mDrive
Руководство пользователя

Выпуск 3.6.5

ООО "СТЭЛМ"

окт. 16, 2026

Содержание:

1 О продукте **1**
- 1.1 Общие сведения . . . 1
- 1.2 Преимущества . . . 2
  - 1.2.1 Основные преимущества . . . 2
  - 1.2.2 Все преимущества . . . 2
- 1.3 Технические характеристики . . . 4
  - 1.3.1 Требования к электродвигателю . . . 4
  - 1.3.2 Электрические характеристики контроллера . . . 4
  - 1.3.3 Возможности управления движением . . . 4
  - 1.3.4 Дополнительные функции прошивки . . . 5
  - 1.3.5 Дополнительные функции, реализованные через разъем DVI-I . . . 5
  - 1.3.6 Программирование . . . 5
- 1.4 Сводная таблица характеристик . . . 6

2 Техника безопасности **7**

3 Инструкция по началу работы **9**
- 3.1 Краткое руководство и начало работы . . . 9
  - 3.1.1 Введение . . . 10
  - 3.1.2 Требования . . . 10
  - 3.1.3 Установка ПО и первый пуск . . . 12
  - 3.1.4 Начало работы в ПО mDrive Direct Control . . . 13
  - 3.1.5 Проверка работоспособности . . . 15
  - 3.1.6 Управление из пользовательских приложений . . . 16
- 3.2 Пример подключения простого двигателя . . . 16
  - 3.2.1 Общий случай . . . 16
  - 3.2.2 Пример . . . 18
    - 3.2.2.1 Подготовка . . . 18
    - 3.2.2.2 Подключение двигателя и энкодера к контроллеру . . . 19
- 3.3 Ручная настройка профиля . . . 23
  - 3.3.1 Введение . . . 23
  - 3.3.2 Подготовка к работе . . . 23
  - 3.3.3 Настройка рабочего тока . . . 23
  - 3.3.4 Настройка базовых параметров . . . 24
  - 3.3.5 Настройка аппаратных концевых выключателей, процедура автокалибровки. . . . 25
  - 3.3.6 Настройка параметров энкодера . . . 28
  - 3.3.7 Настройка кинематических характеристик контроллера . . . 29

3.3.8 Работа с пользовательскими единицами измерения . . . 30
3.4 Расчёт номинального тока . . . 30
3.4.1 Расчеты на базе параметров униполярного полношагового режима . . . 30
3.4.2 Расчеты на базе параметров биполярного полношагового режима . . . 30
3.4.3 Связь со среднеквадратичным током . . . 31
3.4.4 Амплитудный и номинальный ток для BLDC . . . 31
3.4.5 Настройка номинального тока . . . 32

4 Техническое описание устройства 33
4.1 Внешний вид и разъемы . . . 33
4.1.1 Плата контроллера . . . 33
4.1.1.1 Геометрические размеры . . . 33
4.1.1.2 Разъемы подключения плат . . . 34
4.1.1.2.1 Разъем подключения позиционера . . . 34
4.1.2 Одноосная система . . . 36
4.1.2.1 Разъёмы . . . 37
4.1.2.1.1 Разъем подключения позиционера . . . 37
4.1.2.1.2 Разъем силового питания системы . . . 38
4.1.2.1.3 Разъём управления системой . . . 39
4.1.2.1.4 Разъём подключения джойстика . . . 40
4.1.3 Многоосные системы . . . 41
4.1.3.1 Корпус . . . 41
4.1.3.2 Разъёмы . . . 42
4.1.3.2.1 Разъем подключения позиционера . . . 42
4.1.3.2.2 Разъем силового питания системы . . . 44
4.1.3.2.3 Разъём управления системой . . . 45
4.1.3.2.4 Разъём подключения джойстика . . . 45
4.2 Кинематика и режимы движения . . . 46
4.2.1 Движение с заданной скоростью . . . 46
4.2.2 Движение в заданную точку . . . 47
4.2.3 Смещение на заданное расстояние . . . 48
4.2.4 Движение с ускорением . . . 49
4.2.5 Компенсация люфта . . . 50
4.2.6 Реверсирование движения . . . 51
4.2.7 Рекомендации для точного движения . . . 51
4.2.8 PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем . . . 51
4.2.8.1 Описание алгоритма . . . 51
4.2.8.2 Особенности работы алгоритма . . . 52
4.2.8.2.1 Коэффициенты PID-регулятора . . . 52
4.2.8.2.2 Попадание в целевую позицию . . . 52
4.2.8.3 Ручная настройка коэффициентов PID-регулятора . . . 52
4.2.8.3.1 Шаги по настройке коэффициентов: . . . 53
4.2.9 Feedback EMF . . . 54
4.2.9.1 Преимущества . . . 54
4.2.9.2 Поведение двигателя при воздействии внешней силы . . . 54
4.2.9.3 Выбор параметров L, R и backEMF для алгоритма EMF . . . 55
4.2.9.4 Выбор коэффициентов PID для EMF . . . 56
4.2.9.5 Алгоритм работы . . . 56
4.2.10 Feedback encoder . . . 57
4.2.11 Feedback encoder mediated . . . 57
4.2.12 Режимы остановки движения . . . 57
4.2.12.1 Немедленная остановка . . . 58
4.2.12.2 Остановка с замедлением . . . 58
4.3 Основные возможности контроллера . . . 58

4.3.1 Поддерживаемые типы двигателей . . . 58
4.3.1.1 Шаговые двигатели . . . 58
4.3.1.2 BLDC-двигатели . . . 59
4.3.1.3 Критерий выбора двигателя . . . 59
4.3.2 Ограничители на двигателях . . . 61
4.3.3 Концевые выключатели . . . 62
4.3.3.1 Задача концевых выключателей . . . 62
4.3.3.2 Общие настройки . . . 62
4.3.3.3 Программное ограничение диапазона движения . . . 62
4.3.3.4 Аппаратные концевые выключатели . . . 63
4.3.3.5 Подключение концевых выключателей . . . 63
4.3.3.6 Расположение концевых выключателей на трансляторах . . . 64
4.3.4 Автокалибровка домашней позиции . . . 64
4.3.4.1 Стандартный алгоритм поиска домашней позиции . . . 64
4.3.4.2 Точная докалибровка . . . 65
4.3.4.3 Быстрый алгоритм автокалибровки . . . 65
4.3.4.4 Особенности автокалибровки . . . 65
4.3.5 Работа с энкодерами . . . 66
4.3.5.1 Область применения энкодеров . . . 66
4.3.5.2 Что такое квадратурный энкодер? . . . 66
4.3.5.3 Возможности контроллера . . . 67
4.3.5.4 Подключение энкодера . . . 67
4.3.5.4.1 Использование длинных кабелей . . . 68
4.3.5.4.2 Автоматическое определение типа энкодера . . . 69
4.3.6 Датчик оборотов . . . 69
4.3.6.1 Схема подключения . . . 69
4.3.7 Обнаружение потери шагов . . . 69
4.3.8 Управление питанием двигателя . . . 71
4.3.8.1 Снижение тока потребления . . . 71
4.3.8.2 Отключение питания двигателя . . . 71
4.3.8.3 Специфика расчёта временных задержек . . . 72
4.3.8.4 Функция Jerk free . . . 72
4.3.9 Критические параметры . . . 72
4.3.10 Хранение параметров во flash-памяти контроллера . . . 74
4.3.11 Пользовательские единицы координат . . . 74
4.3.12 Использование таблицы коррекции координат для более точного позиционирования . . . 74
4.4 Безопасная работа . . . 75
4.4.1 Границы движения и концевые выключатели . . . 76
4.4.2 Ограничители движения . . . 76
4.4.3 Критические параметры . . . 76
4.4.4 Работа с энкодером . . . 76
4.5 Дополнительные функции . . . 77
4.5.1 Индикация . . . 77
4.5.1.1 Статус контроллера . . . 77
4.5.2 Работа с магнитным тормозом . . . 78
4.5.2.1 Описание работы . . . 78
4.5.2.1.1 Последовательность работы контроллера при отключении позиционера . . . 78
4.5.2.2 Схема подключения магнитного тормоза . . . 79
4.5.3 Управление с помощью джойстика . . . 79
4.5.3.1 Основная информация . . . 79
4.5.3.2 Управление скоростью с помощью кнопок . . . 81
4.5.3.3 Схема подключения . . . 82

4.5.3.3.1 Подключение джойстика, напряжение которого не превышает 3.3 В . . . 82
4.5.3.3.2 Подключение джойстика напряжением 5 В . . . 82
4.5.4 Управление кнопками «вправо» и «влево» . . . 83
4.5.4.1 Схема подключения . . . 84
4.5.4.1.1 Одноосная или многоосная системы . . . 84
4.5.5 TTL-синхронизация . . . 84
4.5.5.1 Принцип работы . . . 84
4.5.5.2 Варианты синхронизации . . . 86
4.5.5.3 Вход синхронизации . . . 87
4.5.5.4 Выход синхронизации . . . 89
4.5.5.5 Схема подключения . . . 92
4.5.6 Создание многоосных систем . . . 93
4.5.7 Цифровой вход-выход общего назначения (EXTIO) . . . 93
4.5.7.1 Схема подключения . . . 94
4.5.8 Аналоговый вход общего назначения . . . 95
4.5.8.1 Схема подключения . . . 95
4.5.8.1.1 Одноосная и многоосная системы . . . 95
4.5.9 Хранение позиции во FRAM-памяти контроллера . . . 95
4.6 Второстепенные функции . . . 96
4.6.1 Установка нулевой позиции . . . 96
4.6.2 Установка пользовательской позиции . . . 96
4.6.3 Статус контроллера . . . 96
4.6.3.1 Статус движения . . . 96
4.6.3.2 Статус питания двигателя . . . 97
4.6.3.3 Статус энкодера . . . 97
4.6.3.4 Статус обмоток двигателя . . . 97
4.6.3.5 Статус положения . . . 98
4.6.3.6 Статус питания контроллера и температура . . . 98
4.6.3.7 Статусные флаги . . . 98
4.6.3.8 Статус цифровых сигналов . . . 99
4.6.4 Автовосстановление USB-соединения . . . 99

5 Руководство по программе mDrive Direct Control 101
5.1 О программе mDrive Direct Control . . . 101
5.2 Основные окна программы mDrive Direct Control . . . 101
5.2.1 Стартовое окно программы mDrive Direct Control . . . 101
5.2.2 Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью 104
5.2.2.1 Блок управления движением двигателя . . . 105
5.2.2.1.1 Движение без точного задания конечного положения . . . 106
5.2.2.1.2 Движение в заданную точку . . . 106
5.2.2.2 Текущая позиция для команд движения . . . 106
5.2.2.3 Состояние контроллера и двигателя . . . 107
5.2.2.3.1 Электропитание контроллера . . . 107
5.2.2.3.2 Состояние двигателя . . . 107
5.2.2.3.3 Состояние программы . . . 108
5.2.2.3.4 Группа кнопок для управления программой . . . 108
5.2.2.4 Статусная строка . . . 109
5.2.3 Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления несколькими осями . . . 110
5.2.3.1 Блок позиции и движения . . . 111
5.2.3.2 Блок виртуального джойстика . . . 112
5.2.3.3 Блок управления . . . 112
5.2.3.4 Блок индикаторов состояния контроллеров и двигателей . . . 113

5.2.4 Настройки программы . . . 115
5.2.5 Графики . . . 116
5.2.5.1 Отображаемые на графиках величины . . . 117
5.2.5.2 Функции кнопок . . . 118
5.2.5.3 Ограничение значения . . . 118
5.2.6 Скрипты . . . 118
5.2.6.1 Функции кнопок . . . 119
5.2.7 Лог mDrive Direct Control . . . 120
5.3 Настройки контроллера . . . 120
5.3.1 Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель) . . . 120
5.3.1.1 Motor parameters - настройки, непосредственно связанные с электродвигателем . . . 122
5.3.1.2 Motion setup - настройки, связанные с кинематикой движения . . . 122
5.3.1.3 Настройки обратной связи . . . 122
5.3.2 Настройка диапазона движения и концевых выключателей . . . 123
5.3.3 Настройка предельных параметров контроллера . . . 124
5.3.4 Настройка параметров энергопотребления . . . 126
5.3.5 Настройка исходного положения . . . 127
5.3.6 Настройки синхронизации . . . 128
5.3.7 Настройка тормоза . . . 130
5.3.8 Контроль позиции . . . 131
5.3.9 Настройка внешних управляющих устройств . . . 132
5.3.10 Настройки цифрового входа-выхода общего назначения . . . 135
5.3.11 Настройка типа двигателя . . . 136
5.3.12 Настройка контуров PID-регулирования . . . 136
5.3.13 О контроллере . . . 137
5.3.14 Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель) . . . 139
5.3.14.1 Motor parameters - настройки электродвигателя . . . 139
5.3.14.2 Motion setup - настройки кинематики движения . . . 140
5.3.14.3 Feedback - настройки обратной связи . . . 140
5.4 Настройки программы mDrive Direct Control . . . 140
5.4.1 Настройки интерфейса абстрактного позиционера . . . 140
5.4.2 Настройка режима циклического движения . . . 141
5.4.3 Настройка логирования . . . 142
5.4.4 Общие настройки отображения графиков . . . 143
5.4.5 Индивидуальные настройки отображения графиков . . . 144
5.4.6 Настройки отображения пользовательских единиц . . . 145
5.4.6.1 Пользовательские единицы . . . 146
5.4.6.2 Таблица коррекции координат для более точного позиционирования . . . 146
5.4.7 О программе . . . 147
5.5 Корректное завершение работы . . . 148
5.6 Установка mDrive Direct Control . . . 148
5.6.1 Установка под Windows . . . 148
5.6.2 Установка под Linux . . . 151
5.6.3 Установка под MacOS . . . 153

6 Программирование **158**
6.1 Руководство по программированию . . . 158
6.1.1 Работа с контроллером в среде Visual Studio . . . 158
6.1.2 Краткое описание работы с поддерживаемыми языками программирования . . . 160
6.1.2.1 Visual C++ . . . 160
6.1.2.2 .NET (C#) . . . 161
6.1.2.3 Python . . . 161
6.2 Описание протокола обмена . . . 162

6.2.1 Описание протокола . . . 166
6.2.2 Исполнение команд . . . 166
6.2.3 Обработка ошибок на стороне контроллера . . . 167
6.2.3.1 Неверные команды или данные . . . 167
6.2.3.2 Расчёт CRC . . . 167
6.2.3.3 Сбои передачи . . . 168
6.2.3.3.1 Исчезновение байта на стороне контроллера . . . 168
6.2.3.3.2 Исчезновение байта на стороне компьютера . . . 168
6.2.3.3.3 Возникновение байта на стороне контроллера . . . 168
6.2.3.3.4 Возникновение байта на стороне компьютера . . . 169
6.2.3.3.5 Изменение байта на стороне контроллера . . . 169
6.2.3.3.6 Изменение байта на стороне компьютера . . . 169
6.2.3.4 Восстановление синхронизации методом таймаута . . . 169
6.2.3.5 Восстановление синхронизации методом очистительных нулей . . . 169
6.2.4 Обработка ошибок на стороне библиотеки . . . 169
6.2.4.1 Возможные значения ответа библиотеки . . . 170
6.2.4.2 Процедура синхронизации очистительными нулями . . . 171
6.2.5 Коды ошибок ответов контроллера . . . 171
6.2.5.1 ERRC . . . 171
6.2.5.2 ERRD . . . 171
6.2.5.3 ERRV . . . 171
6.2.6 Все команды контроллера . . . 172
6.2.6.1 Команда GACC . . . 172
6.2.6.2 Команда GBRK . . . 173
6.2.6.3 Команда GCAL . . . 174
6.2.6.4 Команда GCTL . . . 174
6.2.6.5 Команда GCTP . . . 176
6.2.6.6 Команда GEAS . . . 177
6.2.6.7 Команда GEDS . . . 177
6.2.6.8 Команда GEIO . . . 179
6.2.6.9 Команда GEMF . . . 180
6.2.6.10 Команда GENG . . . 180
6.2.6.11 Команда GENI . . . 183
6.2.6.12 Команда GENS . . . 184
6.2.6.13 Команда GENT . . . 184
6.2.6.14 Команда GEST . . . 185
6.2.6.15 Команда GFBS . . . 185
6.2.6.16 Команда GGRI . . . 187
6.2.6.17 Команда GGRS . . . 187
6.2.6.18 Команда GHOM . . . 188
6.2.6.19 Команда GHSI . . . 190
6.2.6.20 Команда GHSS . . . 190
6.2.6.21 Команда GJOY . . . 190
6.2.6.22 Команда GMOV . . . 191
6.2.6.23 Команда GMTI . . . 193
6.2.6.24 Команда GMTS . . . 193
6.2.6.25 Команда GNET . . . 195
6.2.6.26 Команда GNME . . . 195
6.2.6.27 Команда GNMF . . . 196
6.2.6.28 Команда GNVM . . . 196
6.2.6.29 Команда GPID . . . 197
6.2.6.30 Команда GPWD . . . 197
6.2.6.31 Команда GPWR . . . 198
6.2.6.32 Команда GSEC . . . 199

6.2.6.33 Команда GSNI . . . 200
6.2.6.34 Команда GSNO . . . 201
6.2.6.35 Команда GSTI . . . 203
6.2.6.36 Команда GSTS . . . 203
6.2.6.37 Команда GURT . . . 204
6.2.6.38 Команда SACC . . . 204
6.2.6.39 Команда SBRK . . . 206
6.2.6.40 Команда SCAL . . . 207
6.2.6.41 Команда SCTL . . . 207
6.2.6.42 Команда SCTP . . . 209
6.2.6.43 Команда SEAS . . . 210
6.2.6.44 Команда SEDS . . . 210
6.2.6.45 Команда SEIO . . . 212
6.2.6.46 Команда SEMF . . . 213
6.2.6.47 Команда SENG . . . 213
6.2.6.48 Команда SENI . . . 216
6.2.6.49 Команда SENS . . . 217
6.2.6.50 Команда SENT . . . 218
6.2.6.51 Команда SEST . . . 218
6.2.6.52 Команда SFBS . . . 219
6.2.6.53 Команда SGRI . . . 220
6.2.6.54 Команда SGRS . . . 220
6.2.6.55 Команда SHOM . . . 221
6.2.6.56 Команда SHSI . . . 223
6.2.6.57 Команда SHSS . . . 223
6.2.6.58 Команда SJOY . . . 224
6.2.6.59 Команда SMOV . . . 225
6.2.6.60 Команда SMTI . . . 226
6.2.6.61 Команда SMTS . . . 226
6.2.6.62 Команда SNET . . . 228
6.2.6.63 Команда SNME . . . 229
6.2.6.64 Команда SNMF . . . 229
6.2.6.65 Команда SNVM . . . 230
6.2.6.66 Команда SPID . . . 230
6.2.6.67 Команда SPWD . . . 231
6.2.6.68 Команда SPWR . . . 231
6.2.6.69 Команда SSEC . . . 232
6.2.6.70 Команда SSNI . . . 234
6.2.6.71 Команда SSNO . . . 235
6.2.6.72 Команда SSTI . . . 236
6.2.6.73 Команда SSTS . . . 237
6.2.6.74 Команда SURT . . . 237
6.2.6.75 Команда ASIA . . . 238
6.2.6.76 Команда CLFR . . . 239
6.2.6.77 Команда CONN . . . 239
6.2.6.78 Команда DBGR . . . 239
6.2.6.79 Команда DBGW . . . 240
6.2.6.80 Команда DISC . . . 240
6.2.6.81 Команда EERD . . . 241
6.2.6.82 Команда EESV . . . 241
6.2.6.83 Команда GBLV . . . 241
6.2.6.84 Команда GETC . . . 242
6.2.6.85 Команда GETI . . . 242
6.2.6.86 Команда GETM . . . 243

6.2.6.87 Команда GETS . . . 244
6.2.6.88 Команда GFWV . . . 249
6.2.6.89 Команда GOFW . . . 249
6.2.6.90 Команда GPOS . . . 250
6.2.6.91 Команда GSER . . . 250
6.2.6.92 Команда GUID . . . 251
6.2.6.93 Команда HASF . . . 251
6.2.6.94 Команда HOME . . . 252
6.2.6.95 Команда IRND . . . 252
6.2.6.96 Команда LEFT . . . 252
6.2.6.97 Команда LOFT . . . 253
6.2.6.98 Команда MOVE . . . 253
6.2.6.99 Команда MOVR . . . 253
6.2.6.100 Команда PWOF . . . 254
6.2.6.101 Команда RDAN . . . 254
6.2.6.102 Команда READ . . . 256
6.2.6.103 Команда RERS . . . 256
6.2.6.104 Команда REST . . . 257
6.2.6.105 Команда RIGT . . . 257
6.2.6.106 Команда SARS . . . 257
6.2.6.107 Команда SAVE . . . 258
6.2.6.108 Команда SPOS . . . 258
6.2.6.109 Команда SSER . . . 259
6.2.6.110 Команда SSTP . . . 259
6.2.6.111 Команда STMS . . . 259
6.2.6.112 Команда STOP . . . 260
6.2.6.113 Команда UPDF . . . 260
6.2.6.114 Команда WDAT . . . 260
6.2.6.115 Команда WKEY . . . 261
6.2.6.116 Команда ZERO . . . 261
6.3 Таймауты libximc . . . 261
6.4 Скрипты mDrive Direct Control . . . 262
6.4.1 Краткое описание языка . . . 263
6.4.1.1 Типы данных . . . 263
6.4.1.2 Инструкции . . . 264
6.4.1.3 Объявление переменных . . . 264
6.4.1.4 Ключевые и зарезервированные слова . . . 265
6.4.1.5 Функции . . . 265
6.4.2 Подсветка синтаксиса . . . 265
6.4.3 Дополнительные функции, предоставляемые mDrive Direct Control . . . 266
6.4.3.1 Запись в лог mDrive Direct Control . . . 266
6.4.3.2 Задержка выполнения скрипта . . . 266
6.4.3.3 Создание объекта типа «ось» . . . 267
6.4.3.4 Создание объекта типа «файл» . . . 267
6.4.3.5 Создание структуры калибровки . . . 268
6.4.3.6 Получение следующего серийного номера . . . 268
6.4.3.7 Ожидание остановки движения . . . 268
6.4.3.8 Функции библиотеки libximc . . . 269
6.4.4 Примеры . . . 269
6.4.4.1 Скрипт-пример работы с битовыми масками . . . 269
6.4.4.2 Скрипт сканирования и записи в файл . . . 270
6.4.4.3 Многоосный скрипт циклического движения . . . 271
6.4.4.4 Одноосный скрипт циклического движения . . . 273
6.4.4.5 Скрипт проверки калибровки домашней позиции . . . 273

6.4.4.6 Скрипт для поиска серийных номеров контроллеров . . . 274
6.4.4.7 Скрипт перемещения и ожидания . . . 275
6.4.4.8 Скрипт случайного сдвига . . . 275
6.4.4.9 Скрипт установки нулевой позиции . . . 276
6.4.4.10 Скрипт для автотестирования . . . 278
6.4.4.11 Тест на пересечение границ . . . 278
6.4.4.12 Тест настройки с замкнутым контуром . . . 280
6.4.4.13 Скрипт дискретного движения . . . 283
6.4.4.14 Экспоненциальное изменение позиции, использующее user units . . . 284
6.4.4.15 Шаговый скрипт использующий user units . . . 287
6.4.4.16 Шаговый скрипт . . . 288
6.4.4.17 Тест калибровки домашней позиции по сигналу со входа EXTIO . . . 288
6.4.4.18 Скрипт движения по sin . . . 290
6.4.4.19 Скрипт перемещения по сигналу со входа EXTIO. Движение осуществляется в user units . . . 291
6.4.4.20 Вероятные тесты . . . 293
6.4.4.21 Скрипт выполняющий ряд смещений с калибровкой . . . 293
6.4.4.22 Тест на пропуск шагов . . . 294
6.4.4.23 Скрипт тестирования синхронизации . . . 296

7 Управление контроллером по Ethernet 300
7.1 Общая информация . . . 300
7.2 Подключение устройства . . . 300
7.3 Ошибки при подключении . . . 301
7.4 Примеры схем подключения устройств . . . 302

8 FAQ 305
8.1 Устройство не найдено / Не удается открыть устройство . . . 305
8.1.1 Подключение через USB . . . 305
8.1.1.1 Windows . . . 306
8.1.1.2 Linux . . . 307
8.1.1.3 MacOS . . . 308
8.1.2 Подключение через Ethernet . . . 308
8.1.2.1 Общие рекомендации . . . 308
8.1.2.2 Подключенный к ПК контроллер не отображается . . . 309
8.1.2.3 Подключенный к маршрутизатору контроллер недоступен . . . 310
8.1.2.4 Конфигурация сетевых настроек контроллера . . . 311
8.2 Не удаётся вращать двигатель при помощи контроллера . . . 314
8.2.1 Контроллер в состоянии Alarm . . . 314
8.2.2 Двигатель вибрирует, вращения нет . . . 315
8.2.3 Механическое заклинивание . . . 317
8.3 Зависание операционной системы при использовании библиотеки libximc и ядра Linux с версией менее 3.16 . . . 318
8.4 Потеря USB-соединения . . . 318
8.5 CRC алгоритм на Python . . . 319
8.6 Где я могу найти руководство по программированию для контроллера mDrive? . . . 320
8.7 Как реализовать кнопку экстренной остановки? . . . 320
8.8 Как вернуть окно mDrive Direct Control, которое скрылось за пределами экрана? . . . 320
8.9 Как проверить, установлено ли соединение с mDrive и активно ли оно еще во время моего сеанса с помощью библиотеки libximc? . . . 321
8.10 Управление Raspberry Pi . . . 321

Глава 1

О продукте

1.1 Общие сведения

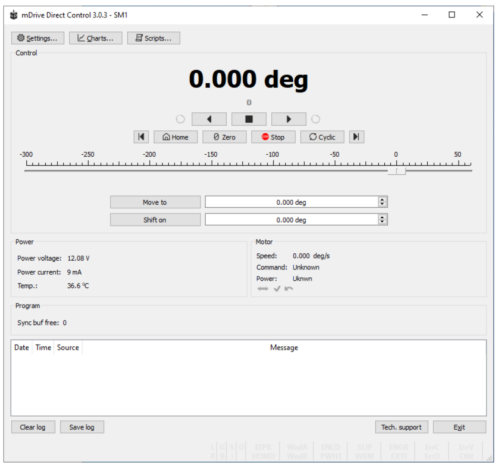


Рис. 1.1: Трехосный контроллер mDrive

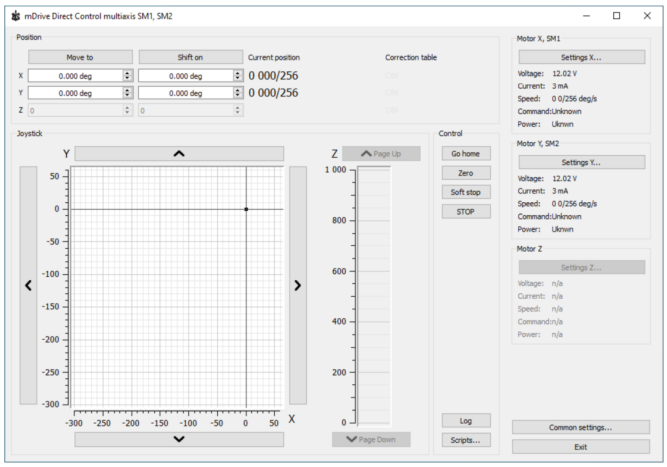
Мы предлагаем недорогой ультракомпактный контроллер с интерфейсом USB и Ethernet для шаговых и BLDC-двигателей с внешним питанием.

Забудьте о громоздких и дорогих контроллерах! Все, что вам нужно, это шаговый или BLDC-двигатель, контроллер, кабель USB/Ethernet и любой стабилизированный внешний источник питания. Не нужно никакого активного охлаждения. Благодаря современной конструкции контроллера можно использовать даже простые и недорогие позиционеры для достижения высокой скорости и точности. Контрол-

лер отлично подходит для управления шаговыми и BLDC-двигателями с номинальным током обмотки до 3 А. Контроллер работает как с шаговыми двигателями без обратной связи, так и с шаговыми двигателями, оснащенными энкодером в цепи обратной связи, в том числе линейным энкодером на позиционере. USB/Ethernet-соединение обеспечивает легкость подключения и простоту работы с компьютером. Несколько контроллеров могут быть подключены к одному компьютеру через несколько USB/Ethernet-портов. Контроллер совместим практически со всеми операционными системами (Windows, Mac OS X, Linux и т. д.)



Главное окно управления mDrive Direct Control (одноосный режим)



Главное окно управления mDrive Direct Control (многоосный режим)

С контроллером предоставляется все необходимое программное обеспечение включая конфигурационные файлы (профили в формате .cfg), чтобы быстро начать работу по принципу «подключил и работает». Поэтому все, что вам нужно - это открыть контроллер в программном обеспечении mDrive Direct Control, загрузить .cfg файл для своего позиционера и нажать «Apply». Теперь ваш контроллер полностью настроен! Введите команды перемещения и контроллер их выполнит.

1.2 Преимущества

1.2.1 Основные преимущества

- *Самый компактный!* Габариты 155 x 112 x 59 мм со всеми разъемами, подходит для всех шаговых двигателей с номинальным током обмоток до 3 А.
- *Помнит все!* Не нужно сохранять текущую позицию на компьютере, контроллер сделает это сам, используя собственную энергонезависимую память даже при неожиданной потере питания.
- Умеет работать с периферией! Поддержка *энкодера*, *магнитного тормоза*, *джойстика*, *концевых выключателей*, датчика нулевой позиции.
- *Встроенная калибровка нуля!* Одной *командой*, по *концевым выключателям*, *датчику оборотов*, *внешнему сигналу* или по их комбинациям!

1.2.2 Все преимущества

- Действительно мощный! Контроллер отлично подходит для управления шаговыми и BLDC-двигателями с номинальным током обмотки до 3 А.
- Выбери свой интерфейс! USB или Ethernet порты встроены и готовы к использованию.
- По настоящему быстрый! До 15 000 полных шагов/сек при любом делении шага!

- Точный! Режимы деления шага: полношаговый, 1/2, 1/8, 1/256 шага на всех скоростях.
- *Помнит все!* Не нужно сохранять текущую позицию на компьютере, контроллер сделает это сам, используя собственную энергонезависимую память даже при неожиданной потере питания.
- Умеет работать с периферией! Поддержка *квадратурного энкодера*, *магнитного тормоза*, *джойстика*, *концевых выключателей*, датчика нулевой позиции. Отдельный стабилизированный выход 5 В 500 мА для периферии.
- *Встроенная калибровка нуля!* Одной *командой*, по *концевым выключателям*, *датчику оборотов*, *внешнему сигналу* или по их комбинациям!
- Автономный! Хотите работать автономно - пожалуйста. Поддерживается внешний *джойстик*, *кнопочное управление* или их комбинация.
- *Экономный!* Снижение тока через обмотку двигателя в режиме удержания. Программно, с шагом 1%.
- Бесшумный! Плавное движение на малых скоростях, отсутствие дополнительных шумов на больших.
- Защищенный! ESD защита по всем контактам внешних разъемов, защита от КЗ в цепях двигателя.
- *Внимательный!* Контролирует температуру процессора, силовой части; токи и напряжения как силового питания, так и USB.
- Современный! *Обновление* микропрограммы в энергонезависимой памяти контроллера по USB.
- Управляющий и управляемый! Встроен *вход и выход синхронизации*, позволяющий начать движение в заданную позицию по внешнему сигналу и/или выдать сигнал при достижении заданной позиции. Встроен *аналоговый вход* общего назначения, *цифровой вход-выход общего назначения*.
- Понятный! *Статусный светодиод* отражает состояние контроллера и наличие электропитания. Для удобства оба сигнала и состояние концевых выключателей также выводятся на внешние светодиоды.
- Работает на любом компьютере! Все программное обеспечение, поставляемое с контроллером, совместимо с *Windows* (XP SP3 - 11), *Linux*, *Mac OS for intel*, в том числе с 64-битными версиями и Apple Silicon (с использованием Rosetta 2).
- Примеры для языков программирования! Контроллер поставляется с кросс-платформенной библиотекой и примерами, которые позволяют быстро начать программирование с использованием C, C#, Python.
- *Полнофункциональный интерфейс!* Контроллер поставляется с интерфейсом пользователя mDrive Direct Control, позволяющим легко управлять всеми функциями устройства без необходимости в разработке собственных программ.
- *Собственный скриптовый язык!* В mDrive Direct Control интегрирован скриптовый язык, позволяющий легко, без компиляции и освоения какого-либо языка программирования задавать последовательности действий, включая циклы и условные переходы.
- *Реализован новый алгоритм управления шаговым двигателем с ведущим энкодером!* На всех контроллерах mDrive управление движением с использованием обратной связи по энкодеру делает перемещения двигателя более быстрыми и более плавными. Никаких проскальзываний, заминок и срывов движения!

1.3 Технические характеристики

1.3.1 Требования к электродвигателю

- Тип электродвигателя: биполярный шаговый, BLDC.
- Номинальный ток в обмотке: не менее 100 мА.
- Номинальное напряжение на обмотке: не менее 2 В.

1.3.2 Электрические характеристики контроллера

- Режимы электропитания: от внешнего источника питания.
- Ток в каждой обмотке шагового двигателя и BLDC-двигателя: до 3 А.
- Максимальная частота следования импульсов с энкодера: 200 кГц для несимметричного и 5 МГц для дифференциального.
- Стабилизированный выход 5 В (для питания энкодера и прочей внешней электроники): выходной ток не более 500 мА, стабильность выходного напряжения не хуже 5%.
- ESD защита по всем контактам внешних разъемов (DVI-I, USB type B, питание).
- Защита от замыкания обмоток двигателя на «землю».
- Защита от замыкания обмоток двигателя между собой.
- Защита от подключения/отключения двигателя к контроллеру в процессе работы.
- Защита от подачи питания неверной полярности (не более 1 сек).
- Защита от подачи напряжения питания больше допустимого (не более 1 сек).
- Ограничение тока, потребляемого от внешнего источника питания.
- Ограничение скорости вращения двигателя.
- Установка программируемого рабочего тока протекающего через обмотки шагового двигателя с точностью до 10 мА.
- Программируемое уменьшение рабочего тока через обмотки шагового двигателя: с математической точностью 1% для режима удержания.

1.3.3 Возможности управления движением

- Режимы деления шага: полношаговый, 1/2, 1/8, 1/256.
- Бесшумное движение на малых скоростях.
- Минимальная скорость: 1/256 полного шага/сек.
- Максимальная скорость: до 15 000 полных шагов/сек при всех режимах деления шага.
- Минимальное смещение: 1/256 шага.
- Максимальное смещение: 2 147 483 647 полных шагов при всех режимах деления шага.
- Режим плавного начала/остановки движения.
- Счетчик позиции: 40 бит (32 бит - полный шаг, 8 бит - микрошаг).
- Режимы движения: движение в направлении, движение в заданную точку, смещение на заданную дельту, поддержание заданной скорости, трапециевидный профиль скорости, режим компенсации люфта.

1.3.4 Дополнительные функции прошивки

- Режим автокалибровки «HOME» на уровне прошивки.
- Сохранение/загрузка настроек в энергонезависимую память контроллера.
- Обновление прошивки в энергонезависимой памяти контроллера по USB.
- Автоматическое сохранение позиции по счетчику шагов и по энкодеру с защитой от неожиданного отключения питания.

1.3.5 Дополнительные функции, реализованные через разъем DVI-I

- Отработка сигналов с одного или двух концевых выключателей. Конфигурируется программно.
- Определение «потери шагов» и восстановление правильной позиции с помощью датчика оборотов или квадратурного энкодера (при поддержке соответствующей возможности в позиционере).
- Определение положения с помощью квадратурного энкодера. Режим x4.
- Движение шагового двигателя в режиме «ведущего энкодера», т.е. с опорой на показания квадратурного энкодера, обеспечивающее движение без потери шагов на максимальной доступной скорости.
- Вход синхронизации – при подаче импульса на этот вход (срабатывание, полярность и длительность настраиваются пользователем) контроллер начинает движение в заранее заданную позицию или на заданное смещение. Уровень сигнала: 5-24 В.
- Выход синхронизации – выдача импульса с этого выхода контроллера (срабатывание, полярность и длительность настраиваются пользователем) производится либо по началу движения, либо завершению движения, либо через заданное перемещение (задается пользователем). Уровень сигнала: 5-24 В (зависит от напряжения, поданного на EXT REF SUPPLY).
- Выходы для подключения кнопок управления («вправо», «влево»). Нажатие на кнопку приводит к движению в заданную сторону с постепенным настраиваемым ростом скорости и в соответствии с настройками ускорения и другими параметрами. Уровень сигнала: 5-24 В (зависит от напряжения, поданного на EXT REF SUPPLY).
- Вход «джойстик». Позволяет работать с джойстиками с диапазоном выдаваемых напряжений не шире 0 - 3.3 В.
- Выход для управления магнитным тормозом. Позволяет управлять магнитным тормозом, установленным на ось шагового двигателя. Уровень сигнала: 5-24 В (зависит от напряжения, поданного на EXT REF SUPPLY).
- Аналоговый вход общего назначения. Позволяет работать с сигналами 0-3.3 В. Частота считывания 1 кГц. Конфигурируется программно.
- Создание многоосных систем. В корпусе mDrive помещается до 3 осей. Для объединения более 3 осей может быть использован стандартный внешний USB-хаб или Ethernet-кабель (для этих целей на корпусе mDrive расположено 2 Ethernet-порта). На ПК многоосная система выглядит как множество виртуальных последовательных портов или как несколько Ethernet-устройств, по числу подключенных осей.

1.3.6 Программирование

- Контроллер поставляется с кросс-платформенной библиотекой и примерами, которые позволяют быстро начать программирование с использованием C, C#, Python.
- Контроллер поставляется с программным обеспечением mDrive Direct Control, в которое интегрирован скриптовый язык, диалект EcmaScript, позволяющий легко без компиляции и освоения какого-либо языка программирования задавать последовательности действий, включая циклы

и условные переходы. Но если вы не хотите программировать, mDrive Direct Control позволяет легко управлять всеми функциями устройства без необходимости разработки собственных программ.

Внимание: Руководство по программированию можно найти на сайте libximc.xisupport.com или Вы можете скачать его PDF версию.

1.4 Сводная таблица характеристик

Количество осей	1 - 3
Система питания	единая на все 3 оси
Поддерживаемые типы двигателей	биполярный шаговый, BLDC
Номинальный ток в обмотке шагового/BLDC двигателя	до 3 А
Режимы деления шага	полношаговый, 1/2, 1/8, 1/256
Максимальная скорость	до 15 000 полных шагов/сек
Диапазон напряжения питания	12 - 36 В
Количество цифровых входов/выходов	3 входа, 1 выход (EXTIO)
Система синхронизации	внутренняя (общая для всех осей, для возможности создания связанного движения по траектории) и внешняя (индивидуальная для каждой оси)
Возможность задавать напряжение	от 5 до 24 В для выходов EXTIO, SYNC, EMBRAKE (зависит от напряжения, поданного на EXT REF SUPPLY)
Подключение к ПК	через USB или Ethernet
Габариты контроллера	155 x 112 x 59 мм
Диапазон температур хранения контроллера	от -20 до +70 ℃
Диапазон рабочих температур контроллера	от +5 до +60 ℃

Примечание: Контроллер не тестировался в вакууме. Скорее всего, контроллер будет работать в вакууме, но важно, как отводится тепло от корпуса.

Вес контроллеров:

Одноосный контроллер	533 г
Двухосный контроллер	603 г
Трехосный контроллер	669 г

Глава 2

Техника безопасности

Требования к блоку питания и заземлению. Подключение контроллера

> Ниже перечислены основные требования к блоку питания для работы с контроллерами в корпусе (*одноосный*, *двухосный и трехосный* контроллер).

Во время работы потребление тока будет зависеть от того, как используется контроллер. Наши контроллеры откалиброваны по номинальному току двигателей с которыми они будут использоваться. Благодаря широтно-импульсной модуляции (ШИМ) наши контроллеры потребляют меньше тока, чем номинальный ток двигателей. Однако во избежание проблем в наихудших сценариях мы рекомендуем выбирать источник питания с максимальным током не менее номинального тока двигателей, которые будут подключены к контроллеру. В случае многоосевых контроллеров вам нужно будет суммировать ток всех контроллеров, подключенных к источнику питания. **Наши контроллеры требуют напряжения 12 - 36 В. Рекомендуемые параметры питания: 24 В; 2.5 А**

Важно: Блок питания должен быть заземлен через розетку 220 В (трехпроводная схема подключения). Убедитесь, что используемый вами блок питания имеет заземленный минусовой выход. Несоблюдение этого правила может привести к снижению стабильности работы контроллера и помехоустойчивости.

Типовые схемы подключения контроллера:

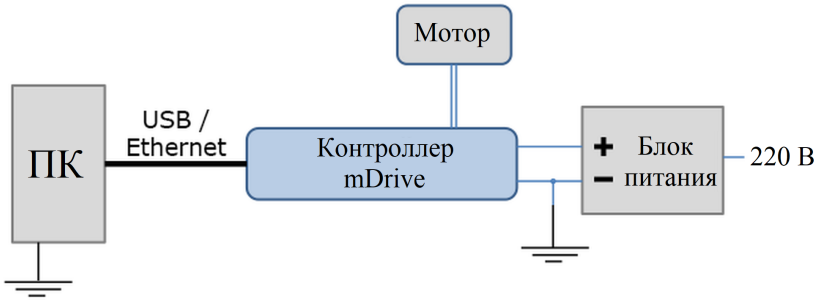


Рис. 2.1: Схема подключения контроллера с заземлением через минусовой провод блока питания

Предупреждение: Блок питания должен обеспечивать необходимый ток для вращения двигателя. Абсолютным минимумом является ток, рассчитываемый по формуле

$$I_{power.min} = \frac{2 * I_{motor} * U_{motor}}{U_{power}}$$

где $I_{power.min}$ это минимальный рабочий ток блока питания, I_{motor} это рабочий ток через обмотку двигателя, U_{power} это стабилизируемое напряжение блока питания, а U_{motor} это номинальное рабочее напряжение двигателя. Рекомендуется использовать блок питания с рабочим током $I_{power} \geq 2 * I_{power.min}$. Напряжение U_{power} должно быть выше U_{motor}. Чем выше напряжение питания, тем большей скорости вращения можно достичь.

Можно использовать параметр мощности блока питания вместо рабочего тока. Абсолютным минимумом мощности блока питания будет:

$$W_{power.min} = I_{power.min} * U_{power} = 2 * I_{motor} * U_{motor}$$

Например, для двигателя с рабочим током в обмотке 1 А и рабочим напряжением 5 В (номинальная мощность 5 Вт), рабочее напряжение блока питания можно взять 20 В с выдаваемой мощностью не менее 10 Вт (максимальный рабочий ток блока питания не менее 0.5 А).

Важно: При работе с *платой контроллера* запрещено трогать плату руками, так как статический разряд может повредить компоненты на ней. Рекомендуется пользоваться антистатическими браслетами. **Запрещено превышать максимально допустимое напряжение 36 В**, превышение этого значения более чем на 2 В может немедленно привести к выходу системы из строя.

Глава 3

Инструкция по началу работы

Данное руководство описывает работу с контроллером многоосных и одноосных систем, настройку основных параметров и начало работы с программным обеспечением mDrive Direct Control для Windows 10.

Внимание: Для быстрого начала работы с контроллером рекомендуем прочитать главу *Краткое руководство и начало работы*. Руководство по программированию можно найти на сайте libximc.xisupport.com или Вы можете скачать его PDF версию.

- *Краткое руководство и начало работы* - краткое описание начала работы с контроллером mDrive для одной оси. Рассмотрена быстрая настройка mDrive Direct Control, перечислено всё необходимое оборудование.
- *Пример подключения простого двигателя* - подключение к mDrive шагового двигателя на примере Nanotec ST5918L3008-B с энкодером CUI INC AMT112S-V. Описано как изготовить собственный кабель, руководствуясь спецификацией на двигатель, даны пояснения характеристикам из спецификации.
- *Ручная настройка профиля* - настройка рабочего профиля для mDrive Direct Control. Обзор основных функциональных возможностей.
- *Расчёт номинального тока* - установка амплитуды номинального тока для шаговых двигателей.

3.1 Краткое руководство и начало работы

- *Введение*
- *Требования*
- *Установка ПО и первый пуск*
- *Начало работы в ПО mDrive Direct Control*

- *Проверка работоспособности*
- *Управление из пользовательских приложений*

Внимание: Это руководство является универсальным для всех контроллеров mDrive.

3.1.1 Введение

Данное руководство описывает установку контроллера и начало работы с программным обеспечением mDrive Direct Control для Windows 10. Установка программы на другие ОС описана в разделе *Установка mDrive Direct Control*. Подробно с характеристиками контроллера вы можете ознакомиться в разделе *Технические характеристики*. Для разработки собственных приложений для контроллера рекомендуем ознакомиться с разделом *Руководство по программированию* и скачать пакет программ для разработки приложений в разделе Программное обеспечение.

3.1.2 Требования

Для успешной настройки контроллера необходимо иметь:

- **Компьютер с наличием USB/Ethernet разъёма**



- **Программное обеспечение** Всё необходимое ПО для работы с контроллером можно скачать по ссылке Программное обеспечение.
- **Кабель USB Type-A - USB Type-B / Кабель Ethernet**



- Контроллер **mDrive**

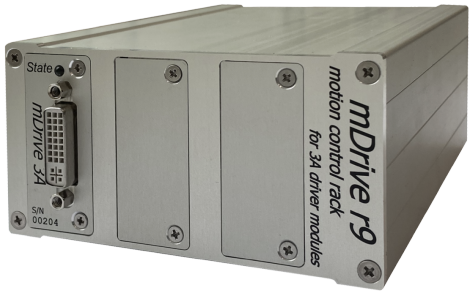


Рис. 3.1: Одноосный контроллер mDrive

- **Позиционер или двигатель**

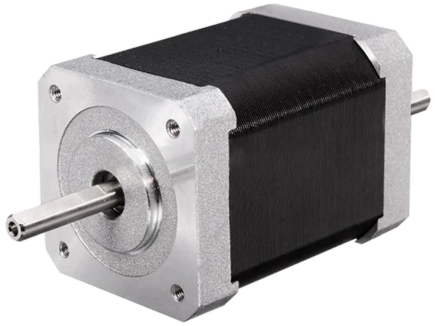


Рис. 3.2: Шаговый двигатель

На рисунке представлен используемый в работе шаговый двигатель, более подробно о требованиях к электродвигателю написано в разделе *Технические характеристики*. Если подразумевается использование собственных кабелей для подключения контроллера к двигателю/позиционеру, пожалуйста, руководствуйтесь *схемой соединения контроллера и двигателя/позиционера*, а также *схемой расположения выводов* контроллера. Для двигателей/позиционеров с конечным диапазоном перемещения следует использовать два *концевых выключателя*: SW1 и SW2. Данные контакты используются для определения границ движения позиционера.

- **Блок питания**



- Используйте стабилизированный источник питания 12 - 36 В. Слишком высокое напряжение

может повредить контроллер. Подробней смотрите *Техника безопасности*. Рабочий ток блока питания должен быть достаточен для стабильного вращения двигателя.

- Заземление контроллера происходит через «землю» блока питания. Более подробную информацию о заземлении можно найти в разделе *Техника безопасности*.
- Убедитесь, что работающий контроллер лежит на диэлектрической поверхности.

3.1.3 Установка ПО и первый пуск

Вы можете скачать необходимое программное обеспечение здесь. Выберите файл «mdrive_direct_control-<version_name>.exe». Инсталлятор автоматически определяет, запущен ли он на 32-битной или 64-битной системе и устанавливает соответствующую версию mDrive Direct Control. Запустите программу установки, появится окно установки (версии программного обеспечения могут отличаться).

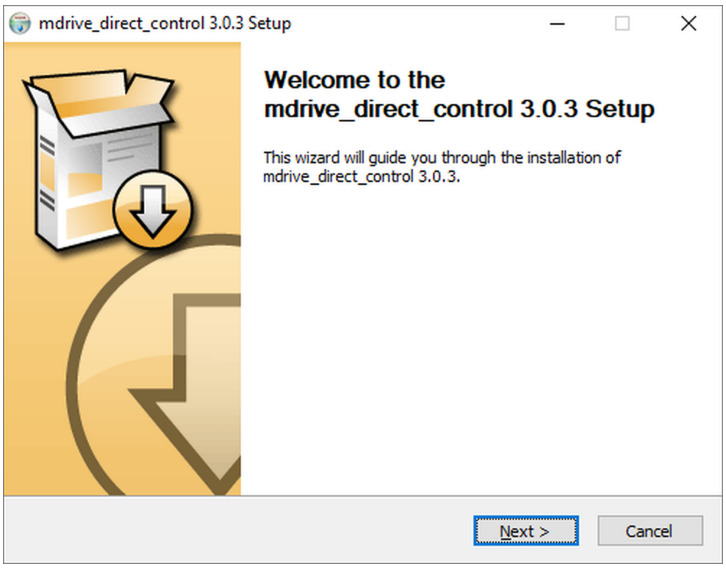


Рис. 3.3: Первое окно установки mDrive Direct Control

Нажмите кнопку «Next>» и следуйте инструкциям на экране. Все необходимое программное обеспечение, включая драйверы, пакеты и программы, будет установлено автоматически. После установки по умолчанию запустится программа mDrive Direct Control и появится следующее окно:

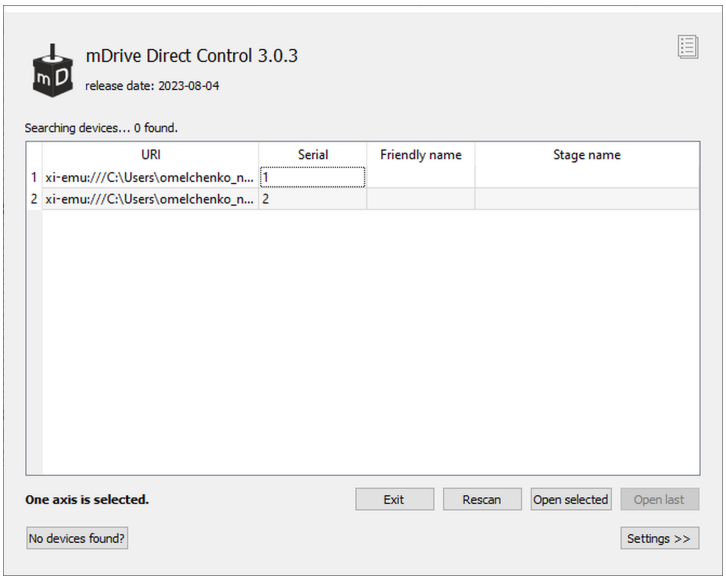


Рис. 3.4: Диалоговое окно программы mDrive Direct Control «Virtual controllers found» (найдены виртуальные контроллеры)

Не нажимайте никаких кнопок. Подключите позиционер к контроллеру. Подключите стабилизированный источник питания к контроллеру. Заземлите контроллер или блок питания. Подключите контроллер к компьютеру, используя USB Type-A – USB Type-B или кабель Ethernet.

LED индикатор на плате контроллера начнет *мигать*. Мастер New Hardware Wizard начнет работать после первого подключения контроллера к компьютеру. Подождите пока Windows обнаружит новое устройство и установит необходимые драйверы для него.

Если драйвер автоматически не установился, то в появившемся окне выберите «No, not this time», затем нажмите «Next>». В следующем окне выберите «Install from a list or specific location (Advanced)» и нажмите «Next>». Выберите **.inf* файл на диске с ПО, поставляемым с контроллером, или в директории **C:\Program Files\mdrive_direct_control\driver** и подождите, пока установка будет завершена.

Вернитесь к диалоговому окну программы mDrive Direct Control «Virtual controllers found» и нажмите «Rescan». Если это окно было закрыто, пожалуйста, снова откройте программное обеспечение mDrive Direct Control. Диалоговое окно откроется снова.

3.1.4 Начало работы в ПО mDrive Direct Control

mDrive Direct Control представляет собой удобный графический интерфейс пользователя для контроля работы, диагностики и настройки двигателей. Он также может быть использован для лёгкой установки и сохранения/загрузки параметров для любого двигателя. В этом разделе рассмотрено начало работы с mDrive Direct Control. Для получения полной информации о работе программы, рекомендуем Вам ознакомиться с разделом *Руководство по программе mDrive Direct Control*.

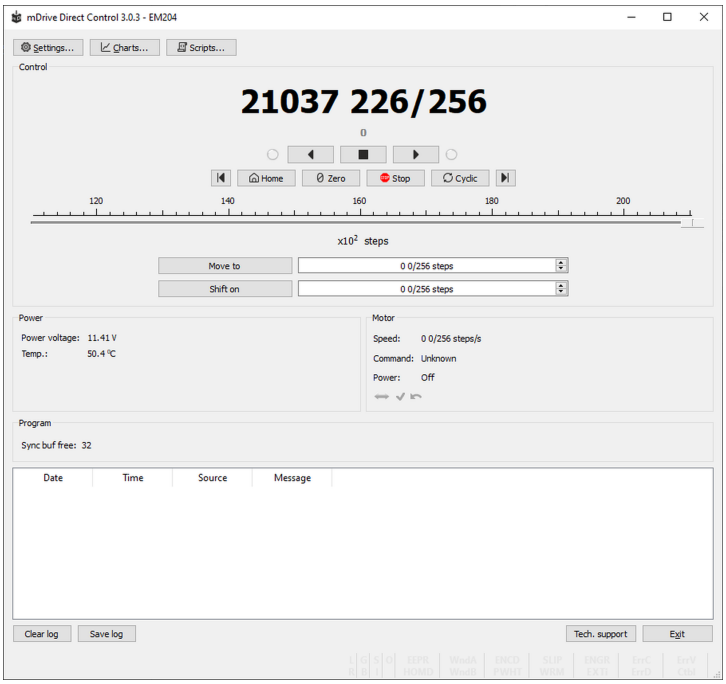


Рис. 3.5: Главное окно mDrive Direct Control

Откройте «Settings...», нажмите на кнопку «Load setting from file...» и выберите конфигурационный файл (профиль) для вашего позиционера из открывшейся папки **C:\Program Files\mdrive_direct_control\profiles**. Все поля меню «Settings...» автоматически будут заполнены значениями, подобранными для вашего позиционера. Если нужный файл не найден, оставьте запрос на нашу почту.

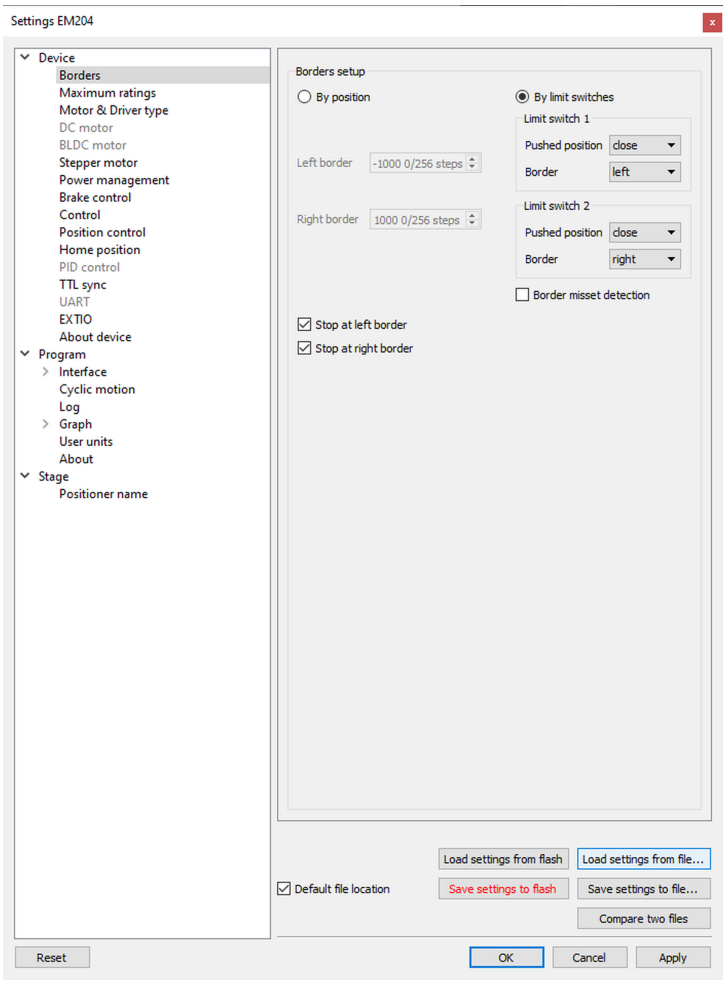


Рис. 3.6: mDrive Direct Control, меню Settings

Предупреждение: Для работы контроллера с двигателями обязательна корректная установка:

- *рабочего тока*,
- *границ движения и концевых выключателей*,
- *критических параметров*,
- *ограничителей*,
- *режима питания двигателя*.

Если вы решили настроить контроллер самостоятельно, обязательно проверьте эти настройки!

Контроллер готов к работе!

3.1.5 Проверка работоспособности

Для проверки правильной настройки контроллера нажмите в главном окне mDrive Direct Control клавишу влево или вправо в центральном ряду клавиш управления. Позиционер должен начать двигаться. Для остановки вращения используйте центральную клавишу плавной остановки.



Рис. 3.7: Кнопки управления движением «влево/вправо»

Обратите внимание на параметры питания контроллера в блоке *Power*. Там можно увидеть напряжение питания, потребляемый ток и температуру контроллера.

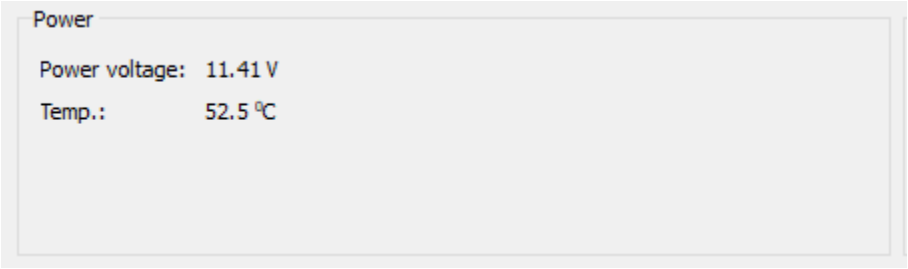


Рис. 3.8: Блок Power

Если при старте движения главное окно mDrive Direct Control окрасилось в красный цвет, то это свидетельствует о сработавшей защите и попадании в режим *ALARM*. Это может быть вызвано неправильными настройками, неверным подключением позиционера или неисправностью контроллера. Подробней смотрите в разделе *Критические параметры*.

3.1.6 Управление из пользовательских приложений

Для удобного управления контроллером mDrive вы можете использовать программу *mDrive Direct Control*. Однако, если у вас есть необходимость управлять контроллером из собственных приложений, вы легко сможете это сделать, используя функции библиотеки libximc. В *комплекте разработчика библиотеки* представлены примеры на различных языках программирования: *C*, *C#*, *Python*. Если Вам необходимо автоматизировать небольшое количество действий, то, возможно, вместо разработки собственной программы вы сочтете более целесообразным использовать для этого *скриптовый язык* программы mDrive Direct Control.

3.2 Пример подключения простого двигателя

- *Общий случай*
- *Пример*
  - *Подготовка*
  - *Подключение двигателя и энкодера к контроллеру*

3.2.1 Общий случай

Для того, чтобы подключить двигатель к контроллеру, необходимо знать распиновку разъёма *подключения позиционера*, а также типовую схему подключения двигателя к контроллеру:

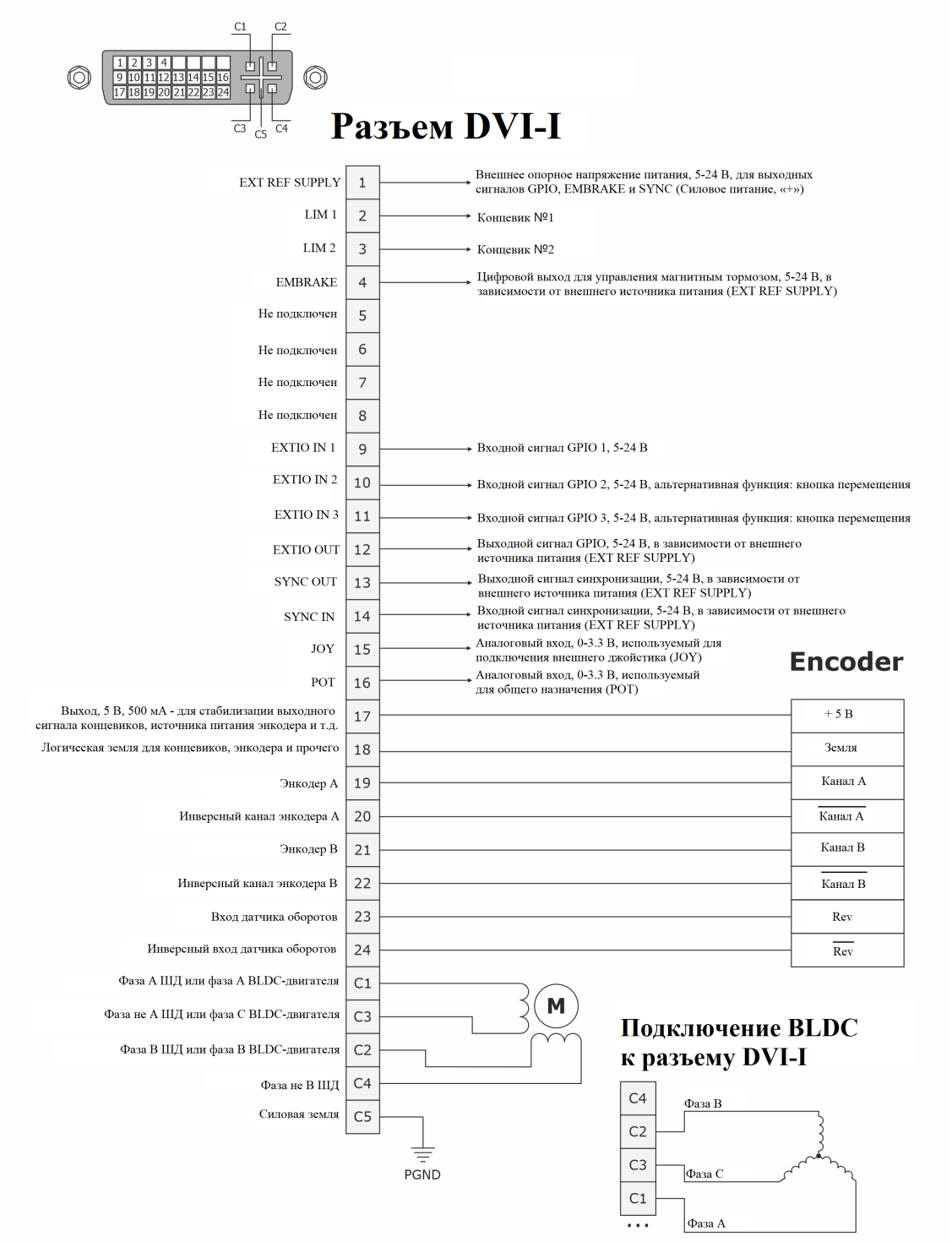


Рис. 3.9: Общая схема подключения позиционера с энкодером через разъем DVI-I

Примечание: Если каналы А и В энкодера работают в режиме открытого коллектора, то для обеспечения максимальной частоты передачи сигнала на высоких скоростях вращения могут потребоваться

дополнительные подтяжки выходов энкодера к питанию 5 В резисторами (см. *Работа с энкодерами*).

3.2.2 Пример

Рассмотрим подключение двигателя с энкодером CUI INC AMT112S-V к контроллеру mDrive на примере двухфазного шагового двигателя Nanotec ST5918L3008-B.

3.2.2.1 Подготовка

Для начала работы вам понадобятся:

- Двигатель;
- Энкодер;
- *Распиновка разъёма DVI-I* для mDrive;
- Спецификация на двигатель;
- Спецификация на энкодер;
- Паяльное оборудование: паяльник, провода, флюс, припой, кусачки, термоусадочные трубки разных размеров;
- Винты M2.5x6 для крепления энкодера;
- Термоклей;
- DVI корпус + разъём (male) и провода для изготовления своего кабеля;



Мама Папа



Корпус Разъем

3.2.2.2 Подключение двигателя и энкодера к контроллеру

- Прежде чем начать работу, соберите энкодер в соответствии с инструкцией по сборке, прилагаемой к нему.

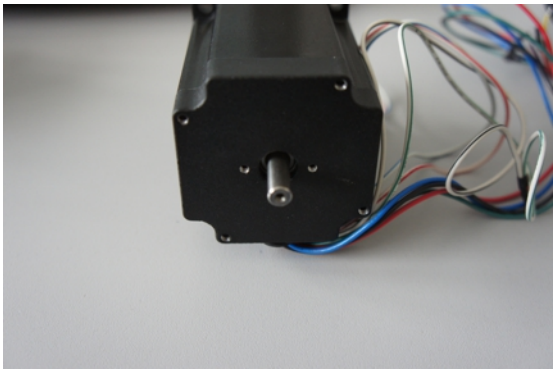


Рис. 3.10: Двигатель без энкодера. Обратите внимание на 2 отверстия M2.5, к которым обычно крепится энкодер

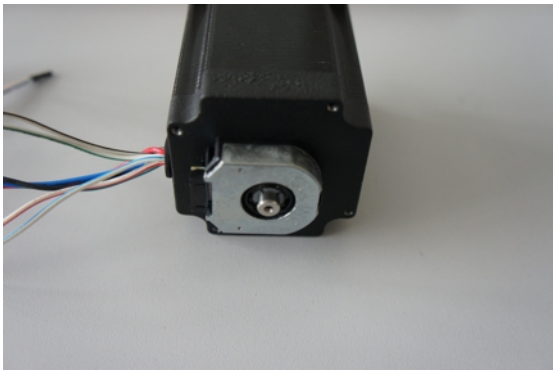


Рис. 3.11: Двигатель с прикреплённым энкодером

- В спецификации двигателя найдите маркировку выводов (для Nanotec ST5918L3008-B она находится справа внизу):

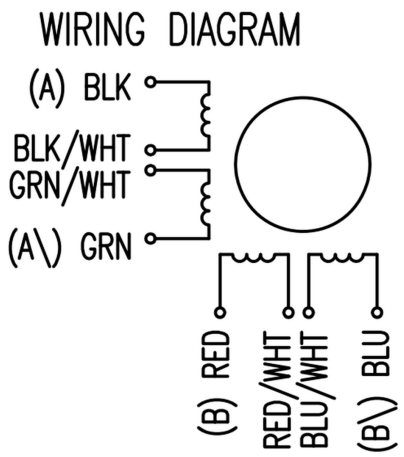


Рис. 3.12: Контакты двигателя

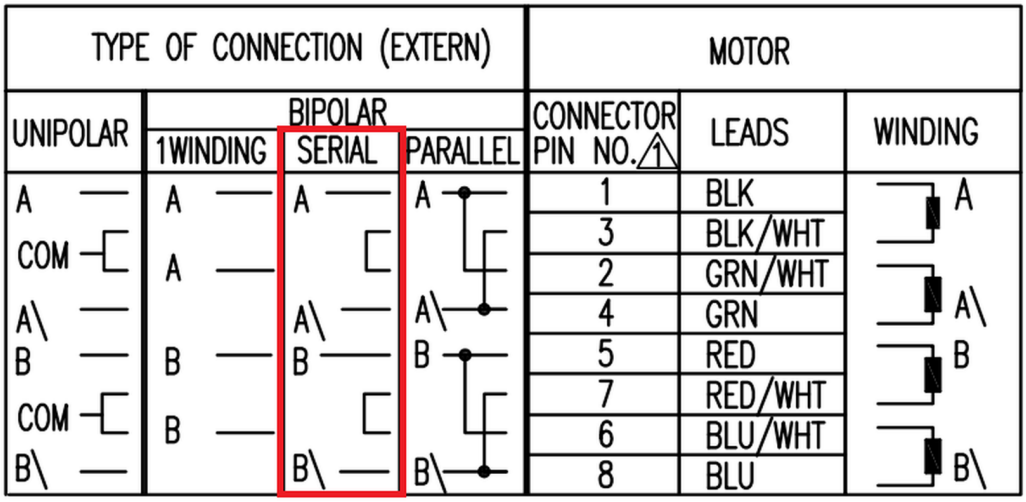


Рис. 3.13: Тип соединения

– Существует последовательное и параллельное соединение обмоток, причём каждое из соединений позволяет получить свои характеристики для двигателя. Соедините обмотки последовательно (на картинке выше обозначено красным). Для этого провода, имеющие два цвета BLK/WHT и GRN/WHT, а также RED/WHT и BLU/WHT надо соединить между собой попарно. Далее необходимо поставить в соответствие *A*, *не A*, *B*, *не B* контактам разъёма контроллера, контакты обмоток двигателя ST5918L3008-B: чёрный, зелёный, красный, голубой. Одна обмотка - это соединение *A* - *не A* или *B* - *не B*. После соединения между собой двухцветных проводов, получится что одна обмотка двигателя - это соединение чёрный - зелёный, а другая красный - голубой. Поэтому соответствие контактов будет таким: чёрный- *A*, зелёный - *не A*, красный - *B*, голубой - *не B*. Это же соответствие видно на картинке «Тип соединения» выше.

– Для подключения энкодера откройте спецификацию на энкодер и найдите на его разъёме 5 контактов: *A+* (канал *A*), *B+* (канал *B*, сдвинутый относительно *A* на 90 град), *Z+* (счётчик оборотов), *5V*, *GND*. Их надо вывести от энкодера 5 проводами и пустить вместе с проводами от двигателя, так как далее они пойдут на один разъём. Энкодер CUI INC AMT112S-V имеет 17-пиновый выход, поэтому надо сделать кабель с таким же разъёмом на конце, чтобы

вывести необходимые сигналы.

Рекомендация по экранированию: Желательно использовать экранированный кабель для сигнальных линий энкодера, особенно если:

- длина кабеля превышает 1,5 метра;
- мотор работает на высоких токах (более 2 А);
- система требует высокой точности позиционирования.

Почему это важно? Неэкранированные провода энкодера могут подвергаться наводкам от силовых кабелей. Это приводит к:

- искажению импульсов (ложные срабатывания, пропуск шагов);
- дребезгу сигналов и снижению точности;
- нестабильной работе привода.

Если кабель короткий (менее 1 м), а мотор маломощный, система может работать и без экрана. Однако экранирование снижает риски сбоев, поэтому его рекомендуют как хорошую практику.

Как правильно экранировать? - Используйте витую пару в экране (STP/FTP) для сигнальных линий; - Заземляйте экран только с одной стороны (обычно на стороне контроллера), чтобы избежать контуров заземления; - По возможности разнесите силовые и цифровые провода в разные кабельные каналы.

Экранирование не является строго обязательным, но сильно повышает надёжность системы, особенно в условиях электромагнитных помех. Если есть возможность – лучше его предусмотреть.

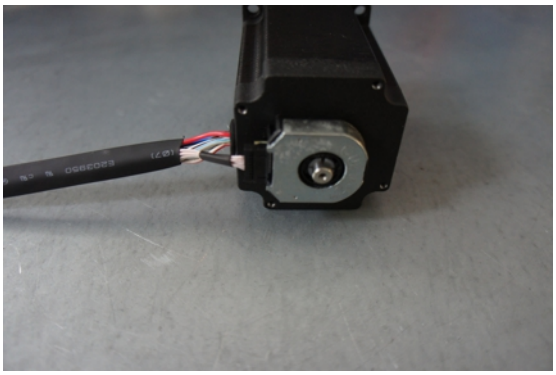


Рис. 3.14: Готовый провод с контактами энкодера

Контакты энкодера A+, B+, Z+, 5V и GND соответствуют контактам 19, 21, 23, 17, 18 *разъёма DVI-I male*.

Для удобства воспользуйтесь таблицами подключения к DVI-I разъёму (в скобках указан номер пина на соответствующем разъёме):

Контакты на разъеме энкодера	**Контакты DVI-I**
A+ (10)	Энкодер A (19)
B+ (8)	Энкодер B (21)
Z+ (12)	Вход датчика оборотов (23)
5V (6)	Выход 5 В, 500 мА (17)
GND (4)	Земля логическая (18)

Контакты двигателя	**Контакты DVI-I**
A (BLK)	ШД фаза *A* (C4)
not A (GRN)	ШД фаза *не A* (C3)
B (RED)	ШД фаза *B* (C2)
not B (BLU)	ШД фаза *не B* (C1)

- Припаяйте вышеуказанные контакты к DVI-I male разъёму:

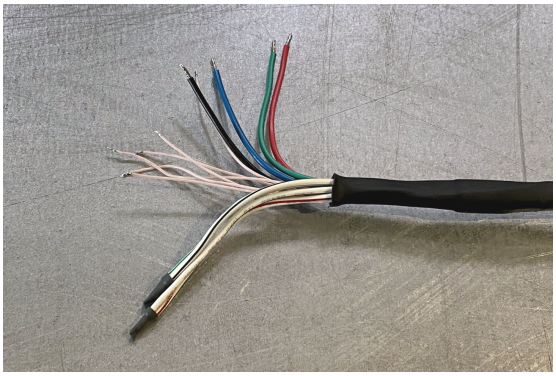


Рис. 3.15: Провода от двигателя и энкодера, собранные при помощи термоусадочной трубки.

Обратите внимание на наличие термоусадочных трубок малого размера на проводах, идущих к обмоткам двигателя (BLK, GRN, RED и BLU), а также на соединённые вместе двухцветные провода (BLK/WHT и GRN/WHT, RED/WHT и BLU/WHT). Тонкие провода — контакты энкодера (5 шт.).

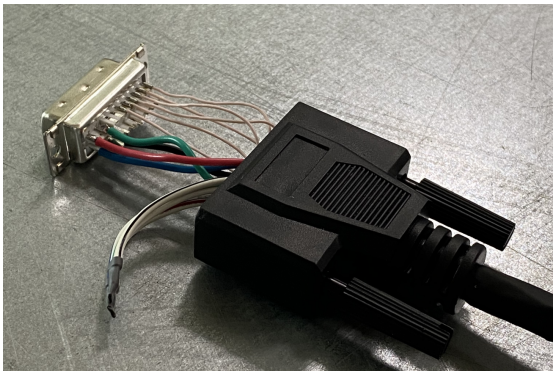


Рис. 3.16: Готовый провод, идущий от двигателя с DVI-I разъёмом на конце

Рекомендация: используйте термоусадочные трубки малого диаметра (2-3 мм) при пайке контактов к DVI-I разъёму и большого диаметра - для того, чтобы через них пропустить все провода, идущие от двигателя и энкодера. Надевайте трубки до пайки.

- Нанесите термоклей на готовую контактную часть и затяните кабель с разъемом вплотную внутрь корпуса.



Рис. 3.17: Готовый провод, соединяющий двигатель с DVI-I разъёмом

- Теперь двигатель можно подключить к контроллеру mDrive.

Описание и настройки профиля даны в следующей главе *Ручная настройка профиля*.

3.3 Ручная настройка профиля

- *Введение*
- *Подготовка к работе*
- *Настройка рабочего тока*
- *Настройка базовых параметров*
- *Настройка аппаратных концевых выключателей, процедура автокалибровки.*
- *Настройка параметров энкодера*
- *Настройка кинематических характеристик контроллера*
- *Работа с пользовательскими единицами измерения*

3.3.1 Введение

После подключения двигателя, настраиваются необходимые для работы параметры (см. *Пример подключения двигателя*). Рассмотрим настройку профиля на примере шагового двигателя **Nanotec ST5918L3008-B**.

3.3.2 Подготовка к работе

- Устанавливаем и запускаем mDrive Direct Control (см. раздел *Краткое руководство и начало работы*).
- Загружаем профиль с выставленными по умолчанию настройками. Для этого откройте **Settings -> Load setting from file...** и выберите mdrivedefault.cfg, лежащий в корне папки с mDrive Direct Control.

3.3.3 Настройка рабочего тока

Первоначально необходимо настроить правильный ток в обмотках двигателя:

- Из спецификации находим **ток фазы 2.1 А** - это максимальное значение тока для данного двигателя при соединении обмоток **последовательно**:

SPECIFICATION \ CONNECTION	UNIPOLAR OR BIPOLAR–1 WINDING	BIPOLAR	
		SERIAL	PARALLEL
VOLTAGE (VDC)	3.0		
AMPS/PHASE	3.0	2.1	4.2
RESISTANCE/PHASE (Ohms)@25°C	1.0±10%	2.0±10%	0.5±10%
INDUCTANCE/PHASE (mH) @1KHz	2.2±20%	8.8±20%	2.2±20%

Рис. 3.18: Скриншот из спецификации на мотор

- Находясь в окне *Settings*, откройте вкладку *Stepper motor*. Тут задаются такие параметры, как скорость вращения, ускорение, режим движения и др. (подробнее см. *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*). В поле *Motor parameters-> Nominal current* выставляется ток фазы для двигателя. В это поле нужно вписать значение, **не превышающее 2.1 А**:

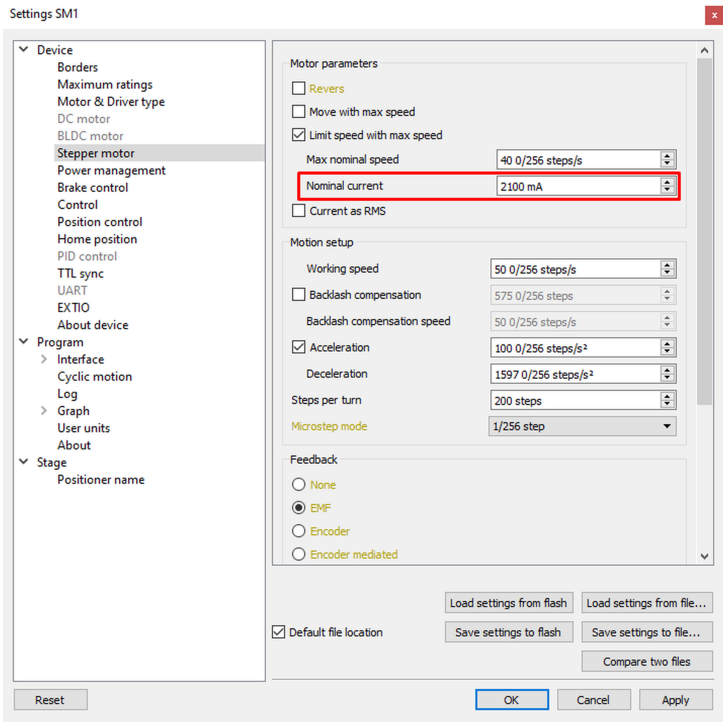


Рис. 3.19: Настройки mDrive Direct Control

3.3.4 Настройка базовых параметров

- Укажем скорость вращения в поле *Working speed*. Рекомендуемая величина скорости не более **1000 steps/s** при первом запуске. В том же окне укажите *Max Nominal Speed* (**5000 steps/s** для большинства двигателей и позиционеров является разумным значением) и установите галочку напротив *Limit speed with max speed*. Данная настройка нужна, чтобы ограничить скорость двигателя, так как некоторые механические системы могут быть не рассчитаны на высокие скорости и слишком быстрое вращение может привести к сильному износу механики позиционера/двигателя.

- Из спецификации двигателя найдём количество шагов на оборот. Для нашего двигателя это значение равно **200 steps**. Укажем его в поле *Steps per turn*. Обычно в описаниях к двигателю приводится величина одного шага в градусах, исходя из которой можно рассчитать количество шагов на оборот, зная, что в одном обороте 360 градусов.
- Проверьте, что при старте движения вправо из главного окна mDrive Direct Control позиционер физически тоже движется вправо. Если это не так, то поставьте галочку Reverse в поле *Stepper motor -> Motor parameters*.

3.3.5 Настройка аппаратных концевых выключателей, процедура автокалибровки.

Примечание: Данный пункт подразумевает использование позиционеров с аппаратными *концевыми выключателями*. Если в вашей системе аппаратные концевые выключатели не предусмотрены, то рекомендуется отключить остановку по концевым выключателям в настройках. Для этого следует убрать галочки *Stop at right border* и *Stop at left border* во вкладке *Borders*.

Позиционеры бывают с ограниченным (трансляторы) и с неограниченным диапазоном движения (ротаторы). Ограничение диапазона перемещения может осуществляться с помощью концевых выключателей или по позиции. При работе с позиционерами первого типа при неправильной настройке концевых выключателей существует риск сломать механику, так как подвижная часть может попытаться выехать за пределы допустимого диапазона движения. У ротаторов такой проблемы нет. Также следует иметь в виду, что у ротаторов может быть всего один концевой выключатель.

- Для работы с концевыми выключателями контроллеру необходимо указать какой из них будет левым, а какой - правым. Иногда это заранее неизвестно, а известно лишь, что оба концевых выключателя подключены и срабатывают каждый по достижении своей границы перемещения. Если неправильно настроить концевые выключатели, то позиционер может заклинить. Поэтому контроллер поддерживает простую функцию обнаружения неверно настроенных концевых выключателей, останавливаясь по любому из них. Убедитесь, что:
  - Подвижная часть находится вдали от концевых выключателей;
  - Полярность концевых выключателей настроена правильно (индикаторы концевых выключателей не горят в главном окне mDrive Direct Control). В случае неправильной настройки, поменяйте их полярность (*Borders -> Pushed position*), индикаторы должны погаснуть.

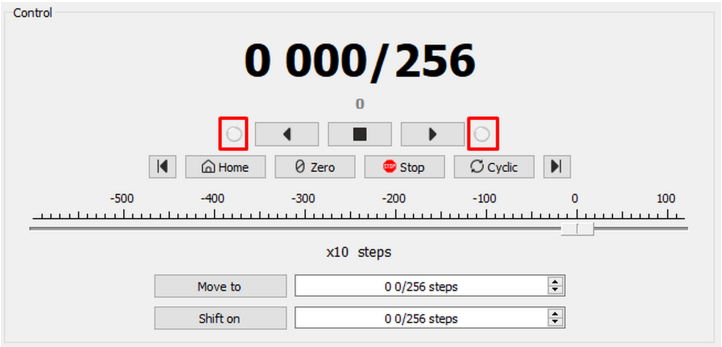


Рис. 3.20: Главное окно mDrive Direct Control

  – Включена остановка по обоим концевым выключателям (галочки напротив *Stop at right border* и *Stop at left border* во вкладке *Borders*).

- Включите флаг обнаружения неправильного подключения концевых выключателей *Border misset detection* во вкладке *Borders*.

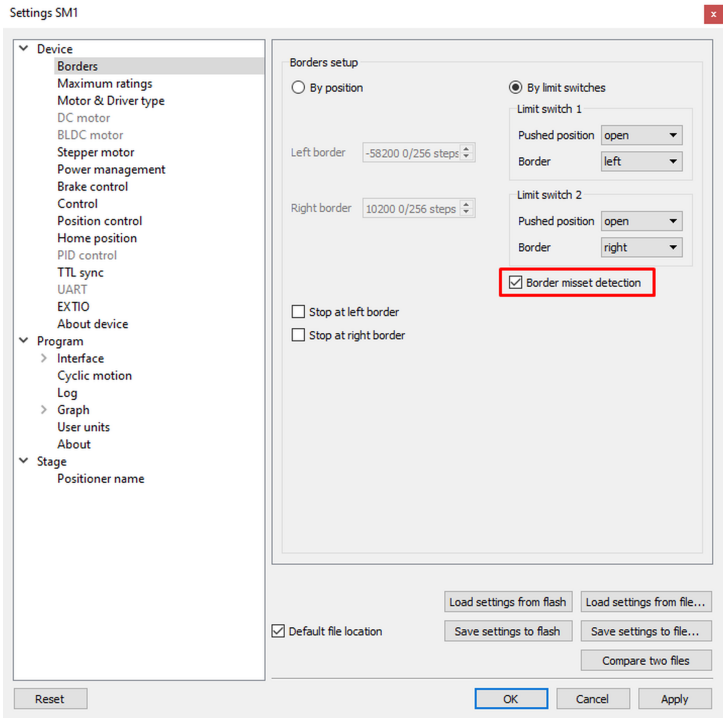


Рис. 3.21: Вкладка с настройками концевых выключателей

- При обнаружении неверного срабатывания концевого выключателя, контроллер может перейти в режим Alarm, если включена настройка *Enter Alarm state when edge misset is detected* в меню *Maximum ratings*. Рекомендуется включить эту опцию. Начните движение в любую сторону из *главного окна mDrive Direct Control* до остановки по концевому выключателю или перехода в режим Alarm. При возникновении Alarm нужно поменять концевые выключатели местами, изменив значения в полях *Borders->Border* на противоположные.

Предупреждение: Защита от неправильного подключения концевых выключателей не гарантирует полного решения проблемы, она лишь упрощает первоначальную настройку. Не начинайте движение при перепутанных концевых выключателях, если хотя бы один из них активен, даже если защита включена.

Существует ещё 2 способа определения того, какой из концевых выключателей правый, а какой левый:

- Необходимо знать, куда подсоединён каждый из концевых выключателей в позиционере. При загрузке профиля с настройками по умолчанию, концевой выключатель, подсоединённый к пину 2 DVI-I разъёма контроллера, считается левым, а к пину 3 - правым. Их расположение относительно позиционера настраивается в полях *Limit switch 1* и *Limit switch 2* (см. скриншот выше). Запустите систему на маленькой скорости (<100 steps/s) вдали от концевых выключателей. Если направление движения к концевому выключателю отличается от ожидаемого, измените значения в полях *Borders->Border* на противоположные.

- При физическом доступе аккуратно активируйте один из концевых выключателей инструментом, например тонкой отверткой, и сопоставьте его с индикатором в главном окне mDrive Direct Control. Затем, вдали от концевых выключателей, запустите систему на малой скорости (<100 steps/s) и убедитесь, что она движется в направлении срабатывания правильного выключателя. Соотнесите это с тем, что видите в главном окне mDrive Direct Control. Если направление движения к концевому выключателю в реальной установке и в главном окне различаются, измените значения в полях *Borders->Border* на противоположные.

Для более подробной информации обратитесь к *соответствующему пункту документации*.

- В контроллере предусмотрена полезная функция *автокалибровки домашней позиции* для установки начального положения позиционера.

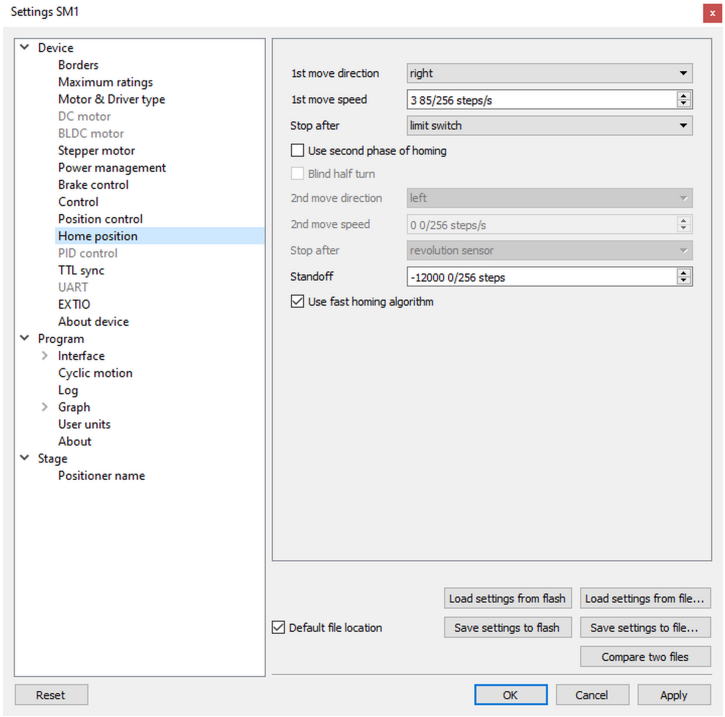


Рис. 3.22: Вкладка с настройками хоминга

Рассмотрим наиболее простой вариант настройки с одной фазой движения. Начать следует с установки скорости первой фазы (*1st move speed*) примерно в 5-10 раз меньшей, чем *Working speed*. Это нужно для более высокой точности процедуры автокалибровки. В поле *Stop after* укажите *limit switch*, чтобы в процессе автокалибровки позиционер доезжал до одного из концевых выключателей (до правого или левого - выбирается в поле *1st move direction*). В поле *Standoff* укажите число в шагах, на которое позиционер должен отъехать от концевого выключателя. Нажмите *Ok* или *Apply*.

Примечание: Значение в поле *Standoff* является знаковым. Положительное направление - право. То есть, если процедура автокалибровки настроена по правому концевому выключателю, то для того, чтобы позиционер отъехал от него влево в поле *Standoff* должно быть отрицательное значение.

- Запустите процедуру автокалибровки, нажав на кнопку *Home* в главном окне mDrive Direct Control. Результатом будет движение позиционера до указанного концевого выключателя с относительно низкой скоростью и смещение от него в сторону на значение, указанное в поле *Standoff*.

- После выполнения автокалибровки нажмите *ZERO* в главном окне mDrive Direct Control для установки начала системы отсчёта.
- Повторите процедуру калибровки второй раз. Позиционер, при этом, должен снова вернуться в нулевую позицию. Обратите внимание, что могут быть небольшие отклонения от нуля, связанные с погрешностью процедуры автокалибровки.

3.3.6 Настройка параметров энкодера

Примечание: Данный пункт подразумевает использование двигателя с энкодером. Если у вас двигатель без энкодера, то описанные ниже параметры можно оставить без изменений.

- Каждый энкодер имеет характеристику, указывающую количество импульсов на оборот (**Pulse Per Turn - PPT**). Для корректной работы энкодера с контроллером, необходимо в интерфейс mDrive Direct Control, в поле **Encoder counts per turn** (вкладка *Stepper motor*) вписать количество отсчётов энкодера на оборот, которое равно **4xPPT**. Например, если ваш энкодер имеет **1024** импульса на оборот, то в поле *Encoder counts per turn* вписывается число **4096**:

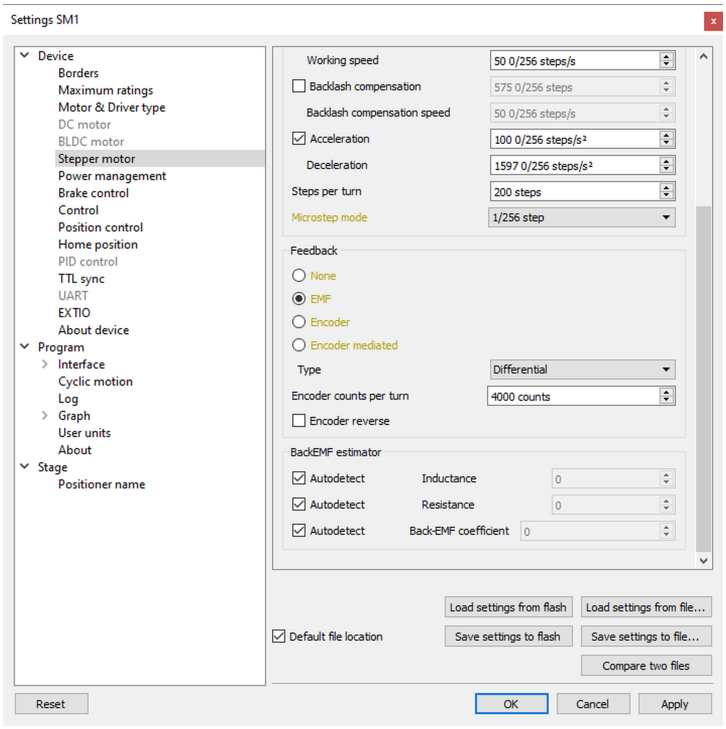


Рис. 3.23: Вкладка с настройками мотора и энкодера

- Запустите вращение из *главного окна mDrive Direct Control*. Если всё настроено правильно, то внизу окна загорится зелёным индикатор ENCD. В случае, если ENCD имеет жёлтый цвет, то следует поставить галочку *Encoder reverse* во вкладке *Stepper motor*, в поле с настройками энкодера. Красный цвет ENCD указывает на наличие проблем с пересчётом позиции по энкодеру.
- Существует возможность активировать контроль позиции по энкодеру. Для этого во вкладке *Position control* следует поставить галочку *Position control* и в поле *Threshold* указать допустимую ошибку в отсчётах энкодера. Тогда при рассогласовании позиции с отсчётами энкодера, в главном окне mDrive Direct Control будет загораться индикатор SLIP и, если стоит галочка

Alarm on errors, контроллер будет переходить в состояние Alarm. Установка *Correct errors* позволяет контроллеру работать в режиме ведущего энкодера, компенсируя разницу между реальной позицией и позицией, соответствующей отсчётам энкодера.

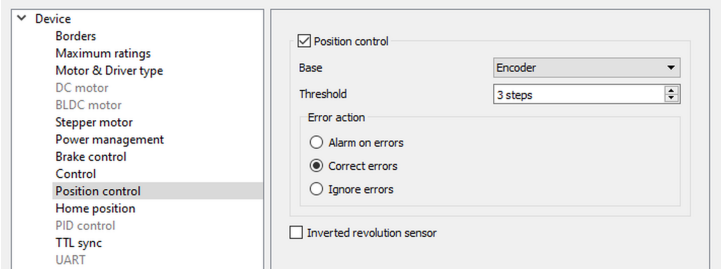


Рис. 3.24: Вкладка настроек Position control

3.3.7 Настройка кинематических характеристик контроллера

- Во вкладке *Stepper motor* можно указать необходимое ускорение (*Acceleration*) и замедление (*Deceleration*) для используемого шагового двигателя. Процедура выбора оптимальных значений следующая:
  - Начиная со значений по умолчанию, делайте небольшие сдвиги двигателя (старт и быстрый стоп), постепенно увеличивая *Acceleration* до тех пор, пока движение при этом не начнёт срываться или быть нестабильным. Примите ускорение равным примерно *половине* этого значения.
  - Замедление можно настроить примерно в **1.5 - 2 раза больше**, чем ускорение.
- Если в вашей механической системе подъезд в желаемую позицию слева и справа неодинаков и присутствует люфт, то есть возможность устранить эту неоднозначность. Для этого поставьте галочку напротив *Backlash compensation* во вкладке *Stepper motor* и укажите значение, превышающее величину люфта. Знак этой настройки определяет направление подхода. Положительный знак означает подход слева, а отрицательный - справа. В поле *Backlash compensation speed* настройте скорость, с которой будет выполняться компенсационное движение. Её величина должна быть маленькой (**значения 50 steps/s достаточно**), чтобы не было «заносов» во время антилюфта.
- После основной настройки позиционера/двигателя можно увеличить рабочую скорость. Процедуру настройки рабочей скорости можно провести экспериментально, подобно процедуре настройки ускорения, т.е. выбрать значение примерно в **2 раза меньшее**, чем то, при котором наблюдается нестабильное движение. Для проверки стабильности вращения рекомендуется воспользоваться функцией *Cyclic* в интерфейсе *главного окна*, предварительно её *настроив*.

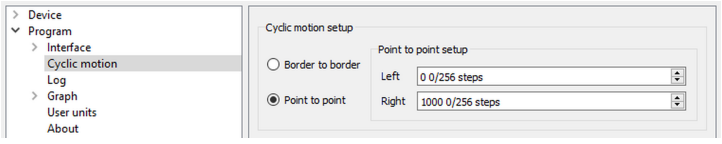


Рис. 3.25: Вкладка настроек Cyclic motion

- В поле *Microstep mode* мы рекомендуем оставить значение **1/256 steps**.

3.3.8 Работа с пользовательскими единицами измерения

Зачастую неудобно работать с шагами и микрошагами, поэтому хочется перейти к более удобным единицам измерения. По этой причине в контроллере есть возможность пересчитывать координаты в привычные единицы измерения, например в миллиметры или градусы. Это делается во вкладке *User units*, где указывается величина шага и соответствующая ей единица измерения. Для более подробной информации обратитесь к *соответствующему пункту документации*.

3.4 Расчёт номинального тока

Для того, чтобы шаговый двигатель выдавал максимальный вращающий момент, но при этом не перегревался, важно правильно задать такую техническую характеристику, как номинальный ток.

Чем больше ток в обмотке двигателя, тем больше вращающий момент на оси. Важно помнить, что с увеличением протекающего через обмотки тока, выделяемая тепловая мощность двигателя увеличивается. Чтобы двигатель мог работать длительное время, выделяемая тепловая мощность (Закон Джоуля — Ленца) должна быть меньше мощности рассеяния. Мощность рассеяния можно рассчитать исходя из документации на двигатель.

3.4.1 Расчеты на базе параметров униполярного полношагового режима

Мощность рассеяния равна

$$P = n \cdot R_u I_u^2,$$

где R_u - сопротивление обмотки в униполярном режиме, I_u - ток через одну обмотку в униполярном режиме, n - количество одновременно работающих обмоток.

Рассмотрим для примера ST2818M1006. Таблица в документации показывает, что в полношаговом режиме одновременно работает две обмотки (n = 2) в униполярном режиме, т.е. $P = 2R_u I_u^2$. Контроллеры двигателей поддерживают только биполярный режим управления. Чтобы перейти от униполярного в биполярный режим, соединим обмотки каждой фазы последовательно, сопротивление возрастёт, $R_b = 2R_u$, где R_b - сопротивление последовательно соединенных обмоток для биполярного режима управления.

Алгоритм управления в контроллерах двигателей работает в микрошаговом режиме и поддерживает ток так, что в одной обмотке ток меняется по функции $I_a \sin(\phi)$, в другой обмотке ток меняется по функции $I_a \cos(\phi)$, где I_a - амплитуда тока. Тепловая мощность, выделяемая двумя обмотками в любой момент времени

$$P = R_b I_a^2 \sin^2(\phi) + R_b I_a^2 \cos^2(\phi) = R_b I_a^2$$

Приравняв мощности, получим уравнение, из которого найдём, что $I_a = I_u$.

3.4.2 Расчеты на базе параметров биполярного полношагового режима

Мощность рассеяния равна $P = n \cdot R_b I_b^2$, где R_b - сопротивление обмотки в биполярном режиме, I_b - ток через одну обмотку в биполярном режиме, n - количество одновременно работающих обмоток.

Рассмотрим для примера ST2018S0604. Таблица в документации показывает, что в полношаговом режиме одновременно работает две обмотки (n = 2) в биполярном режиме, т.е. $P = 2R_b I_b^2$.

Тепловая мощность, выделяемая на обмотках двигателя, управляемого контроллерами двигателей, по-прежнему

$$P = R_b I_a^2 \sin^2(\phi) + R_b I_a^2 \cos^2(\phi) = R_b I_a^2$$

Получим уравнение при равенстве мощностей $2R_b I_b^2 = R_b I_a^2$. Найдем, что $I_a = \sqrt{2} \cdot I_b$.

3.4.3 Связь со среднеквадратичным током

Переменный ток в каждой обмотке двигателя может характеризоваться своим среднеквадратичным значением за период

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi}(I_a \sin(\phi))^2 \, \mathrm{d}\phi} = \frac{I_a}{\sqrt{2}}$$

Тепловое выделение **одной** обмотки связано со среднеквадратичным током через неё $P_1 = R_b I_{rms}^2$. Обе обмотки идентичны $P_1 = P_2$. Общая тепловая мощность двигателя под управлением контроллера двигателей $P = P_1 + P_2 = 2R_b I_{rms}^2$.

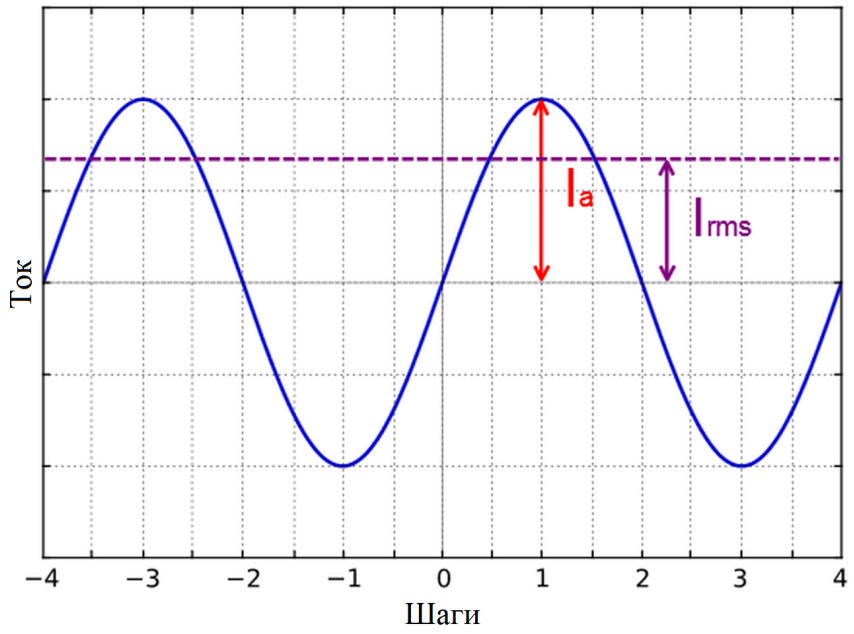


Рис. 3.26: Осциллограмма тока обмотки двигателя и расчёт среднеквадратичного значения

Из вышеописанного следует, что $I_{rms} = \frac{I_u}{\sqrt{2}}$, а также $I_{rms} = I_b$.

3.4.4 Амплитудный и номинальный ток для BLDC

Номинальный ток двигателя рассчитывается из максимально допустимого тепловыделения. Номинальный ток, написанный в документации, рассчитан из ограничения на мощность, выделяемую при подключении источника питания к двум обмоткам.

Запишем формулу для мощности при таком подключении:

$$P_{chop} = 2R_{phase}I_{rate}^2$$

Формула для мощности, выделяемой обмотками для синусоидального управления:

$$P_{sin} = 3R_{phase}I_{rms}^2$$

Номинальный ток двигателя рассчитывается исходя из ограничения на мощность. Приравняем правые части формул:

$$I_{rms} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{rate}$$

Итак,

$$I_{amp} = \frac{2 I_{rate}}{\sqrt{3}}$$

Это означает: если в документации на ваш двигатель сказано, что номинальный ток равен, например, 0.88 А, то в контроллер можно записать значение:

$$I_{amp} = \frac{2 * 0.88}{\sqrt{3}} = 1A$$

3.4.5 Настройка номинального тока

Контроллеры двигателей способны принимать значение номинального тока в виде амплитуды тока I_a или в виде среднеквадратичного значения I_{rms}. Выбор того, каким способом интерпретировать входное значение номинального тока, определяется отсутствием/наличием соответственно флага *ENGINE_CURRENT_AS_RMS* в поле *EngineFlags* структуры *engine_settings*. При *настройке номинального тока в mDrive Direct Control* следует правильно указывать способ интерпретации тока. Контроллеры двигателей в этом случае будут обеспечивать максимальный допустимый момент, не перегревая двигатель.

Этот же флаг определяет смысл значения тока BLDC.

Как и для шагового двигателя, в mDrive Direct Control есть специальная галочка, которая определяет, как трактовать введённое в поле Nominal current значение. Если галочка «Amplitude current» отмечена, введённое значение тока будет амплитудным: максимальная амплитуда синуса будет всегда меньше этого значения. Если галочка «Amplitude current» снята, введённое значение будет пересчитано по приведённой выше формуле и амплитуда тока будет ограничена уже этим пересчитанным значением

Глава 4

Техническое описание устройства

4.1 Внешний вид и разъемы

Контроллеры mDrive выпускаются в 1-2-3-осных версиях. Плату контроллера можно купить отдельно, но для работы с ней необходим корпус mDrive.

- *Плата контроллера*
- *Одноосная система*
- *Многоосные системы*

4.1.1 Плата контроллера

4.1.1.1 Геометрические размеры

Конструктивно контроллер представляет собой печатную плату размером 139,4 x 53 x 22,4 мм, которая содержит логический контроллер, схемы управления, силовую часть. Имеется радиатор в силовой части.

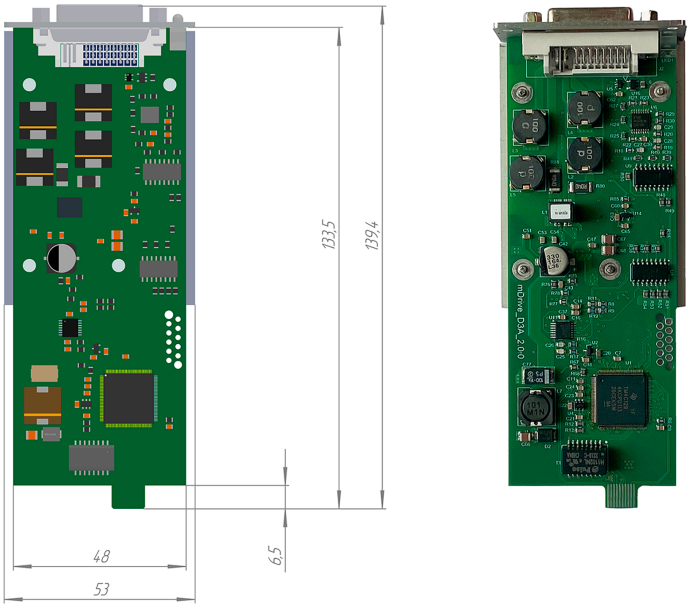


Рис. 4.1: Контроллер, вид сверху со стороны силового модуля и радиатора.

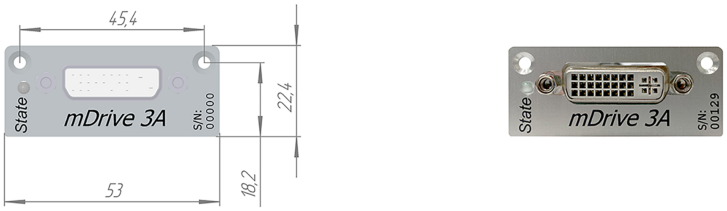


Рис. 4.2: Контроллер, вид спереди со стороны кабеля для подключения позиционера.

Важно: В случае самостоятельной установки радиатора на силовой драйвер, убедитесь, что нет контакта между теплопроводящей поверхностью силового драйвера и другими электропроводящими частями установки. Если такой контакт будет присутствовать, возможно повреждение силовой схемы!

4.1.1.2 Разъемы подключения плат

4.1.1.2.1 Разъем подключения позиционера

Для подключения позиционера используется разъем DVI-I типа «мама».

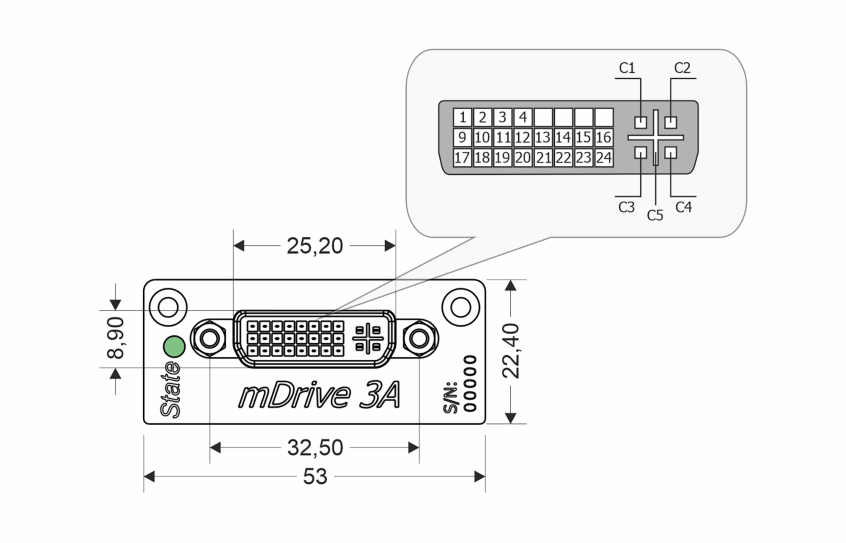


Рис. 4.3: Размеры и нумерация выводов в разъеме DVI-I, вид спереди

Назначение выводов:

1. Внешнее опорное напряжение питания, 5-24 В, для выходных сигналов GPIO, EMBRAKE и SYNC (Силовое питание, «+»)
2. Концевой выключатель №1
3. Концевой выключатель №2
4. Цифровой выход для управления магнитным тормозом, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
5. Не подключен
6. Не подключен
7. Не подключен
8. Не подключен
9. Входной сигнал GPIO 1, 5-24 В
10. Входной сигнал GPIO 2, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
11. Входной сигнал GPIO 3, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
12. Выходной сигнал GPIO, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
13. Выходной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
14. Входной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
15. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для подключения внешнего джойстика (JOY)
16. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для общего назначения (POT)
17. Выход, 5 В, 500 мА - для стабилизации выходного сигнала концевых выключателей, источника питания энкодера и т.д.

18. Логическая земля для концевых выключателей, энкодера и прочего
19. Энкодер A
20. Инверсный канал энкодера A
21. Энкодер B
22. Инверсный канал энкодера B
23. Вход датчика оборотов
24. Инверсный вход датчика оборотов

C1. Фаза A ШД или фаза A BLDC-двигателя C2. Фаза B ШД или фаза B BLDC-двигателя C3. Фаза не A ШД или фаза C BLDC-двигателя C4. Фаза не B ШД C5. Power GND

Предупреждение: Не рекомендуется подключать к контроллеру или отключать от контроллера двигатель, пока на его обмотках есть питание.

4.1.2 Одноосная система

Одноосная версия контроллера представляет собой *плату контроллера* в металлическом корпусе. Размеры корпуса: 155 x 112 x 59 мм.



Рис. 4.4: Внешний вид одноосного контроллера mDrive

На передней панели расположен *разъем подключения позиционера* и светодиод «статус контроллера».

На задней панели расположены *разъем силового питания*, *разъём для подключения к компьютеру типа USB type-B* и 2 порта Ethernet.

4.1.2.1 Разъёмы

4.1.2.1.1 Разъем подключения позиционера

Для подключения позиционера используется разъем DVI-I типа «мама».

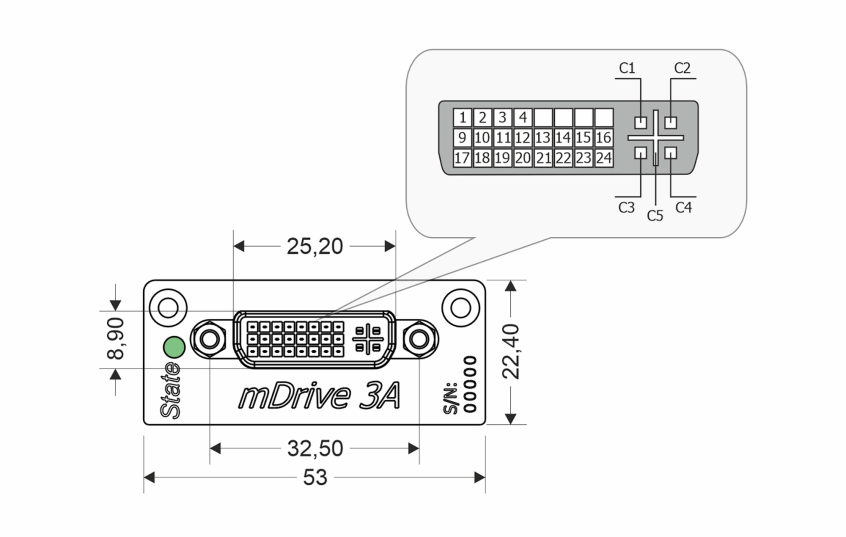


Рис. 4.5: Размеры и нумерация выводов в разъеме DVI-I, вид спереди

Назначение выводов:

1. Внешнее опорное напряжение питания, 5-24 В, для выходных сигналов GPIO, EMBRAKE и SYNC (Силовое питание, «+»)
2. Концевой выключатель №1
3. Концевой выключатель №2
4. Цифровой выход для управления магнитным тормозом, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
5. Не подключен
6. Не подключен
7. Не подключен
8. Не подключен
9. Входной сигнал GPIO 1, 5-24 В
10. Входной сигнал GPIO 2, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
11. Входной сигнал GPIO 3, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
12. Выходной сигнал GPIO, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
13. Выходной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)

14. Входной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
15. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для подключения внешнего джойстика (JOY)
16. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для общего назначения (POT)
17. Выход, 5 В, 500 мА - для стабилизации выходного сигнала концевых выключателей, источника питания энкодера и т.д.
18. Логическая земля для концевых выключателей, энкодера и прочего
19. Энкодер A
20. Инверсный канал энкодера A
21. Энкодер B
22. Инверсный канал энкодера B
23. Вход датчика оборотов
24. Инверсный вход датчика оборотов

C1. Фаза A ШД или фаза A BLDC-двигателя C2. Фаза B ШД или фаза B BLDC-двигателя C3. Фаза не A ШД или фаза C BLDC-двигателя C4. Фаза не B ШД C5. Power GND

Предупреждение: Не рекомендуется подключать к контроллеру или отключать от контроллера двигатель, пока на его обмотках есть питание.

4.1.2.1.2 Разъем силового питания системы

Для подключения силового питания на плате контроллера установлен 4-х контактный разъем семейства Mini-Fit с шагом 4.2 мм типа «папа» (тип MF-4MRA). Этот разъем выгодно отличается от аналогов высоким током на контакт - 8 А, наличием фиксации, возможностью стыковаться как с ответными частями установленными на кабель (тип MF-4F, part number по каталогу Molex 39-01-2040), так и с установленными на плату, в том числе вертикально (part number по каталогу Molex 15-24-7041). Все разъемы семейства Mini-Fit доступны по каталогу Molex, www.molex.com .

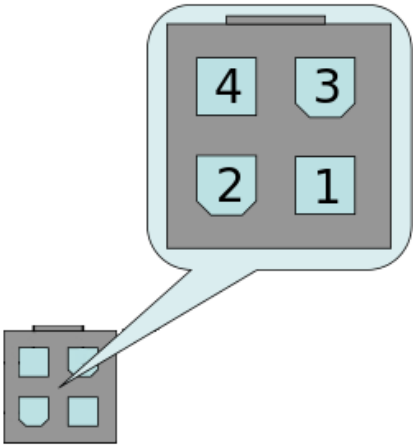


Рис. 4.6: Размеры и порядок нумерации выводов разъёма на стороне контроллера, вид спереди

Назначение выводов:

Пин	Название
1	Силовое питание, «-».
2	Силовое питание, «+». 12-36 В.
3	Силовое питание, «-».
4	Силовое питание, «+». 12-36 В.

Важно: Никогда не подавайте электропитание на контроллер и не подключайтесь к разъему силового электропитания, если вы не уверены, что параметры вашего блока питания соответствуют требуемым. Не пытайтесь подключить электропитание к контроллеру, если не уверены, что разъемы на блоке питания и на корпусе контроллера совместимы друг с другом! Допустимые параметры подключения указаны в разделе *Техника безопасности*.

Важно: Горячее присоединение/отсоединение, а также ненадежное подсоединение силового питания через разъём типа Mini-Fit, может вывести из строя контроллер и/или компьютер. Подробнее смотрите в разделе *Техника безопасности*.

4.1.2.1.3 Разъём управления системой

Контроллеры подключаются через разъём USB type-B или Ethernet.



Рис. 4.7: Кабель USB type-A - USB type-B

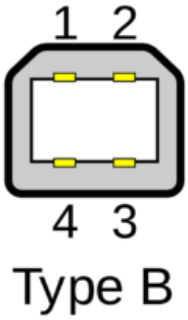


Рис. 4.8: Разъем USB type-B

Назначение выводов:

Номер	Название	Цвет кабеля	Описание
1	VCC	Красный	+5V DC
2	D-	Белый	Data -
3	D+	Зеленый	Data +
4	GND	Черный	Земля

Предупреждение: Используйте только проверенные и заведомо работоспособные USB-кабели! Неисправный или некачественный USB-кабель может стать причиной неправильной работы контроллера, в том числе ошибок при вращении двигателя или при опознавании устройства операционной системой. Для стабильного соединения используйте короткие кабели с толстыми проводниками и экранировкой.

4.1.2.1.4 Разъём подключения джойстика

Для подключения джойстика используется разъем DVI-I типа «мама».

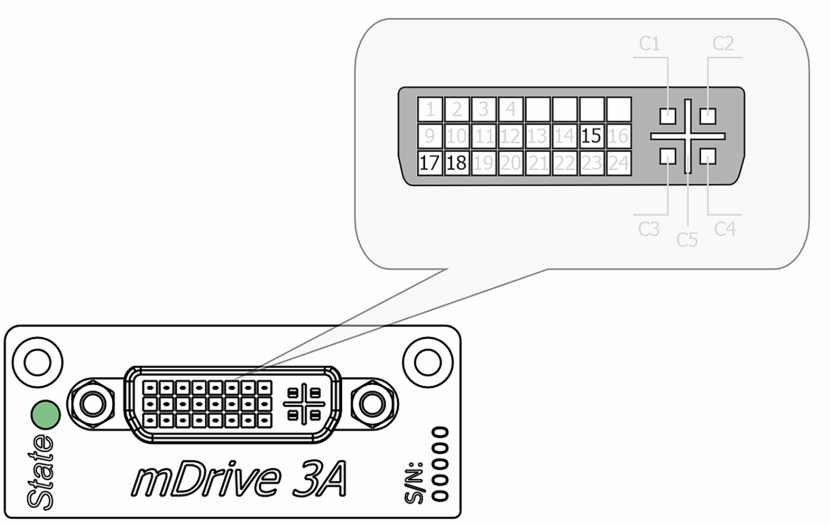


Рис. 4.9: Размеры и нумерация выводов в разъеме DVI-I для подключения джойстика, вид спереди

Таблица расположения пинов разъема DVI-I

Пин	Название
15	JOY, аналоговый вход, 0-3.3 В, используется для подключения внешнего джойстика.
17	Выход, 5 В, 500 мА - для стабилизации выходного сигнала концевых выключателей, источника питания энкодера и т.д.
18	Земля логическая для концевых выключателей, энкодера и прочего.

Подробные схемы подключения джойстиков можно найти в разделе *Управление джойстиком*.

Примечание: Если вы хотите подключить джойстик напряжением 5 В, используйте резисторный делитель напряжения. Сопротивление можно рассчитать, например, в онлайн-калькуляторе.

Примечание: Неиспользуемые контакты внутреннего разъема не требуют никакого дополнительного подключения или подтяжки к земле/питанию. Просто не используйте их.

Важно: Аналоговые входы JOY, POT рассчитаны на работу с напряжением *до* 3.3 В. Никогда не подавайте на эти входы большее напряжение (например, 5 В). Это может нарушить правильную работу всех аналоговых каналов контроллера и вывести из строя контроллер или двигатель.

4.1.3 Многоосные системы

4.1.3.1 Корпус

Многоосная версия контроллера представляет собой две или три *платы контроллера* в металлическом корпусе. Размеры корпуса: 155 x 112 x 59 мм.

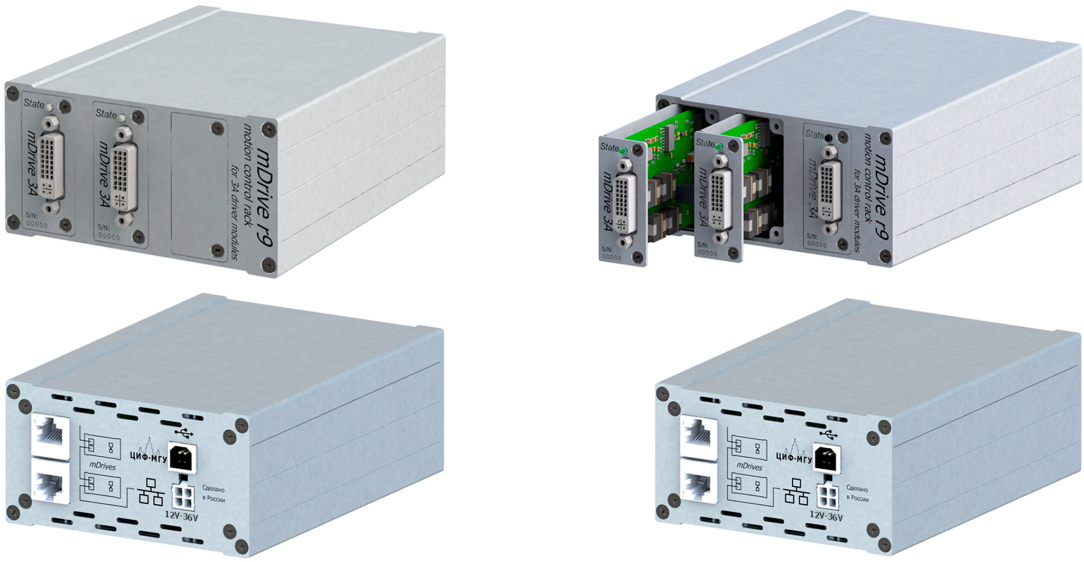


Рис. 4.10: Внешний вид двухосных и трехосных контроллеров mDrive

На передней панели контроллера расположены *разъем подключения позиционера* и светодиод «статус контроллера».

На задней панели расположены *разъем силового питания*, *разъём для подключения к компьютеру типа USB type-B* и 2 порта Ethernet.

4.1.3.2 Разъёмы

4.1.3.2.1 Разъем подключения позиционера

Для подключения позиционера используется разъем DVI-I типа «мама».

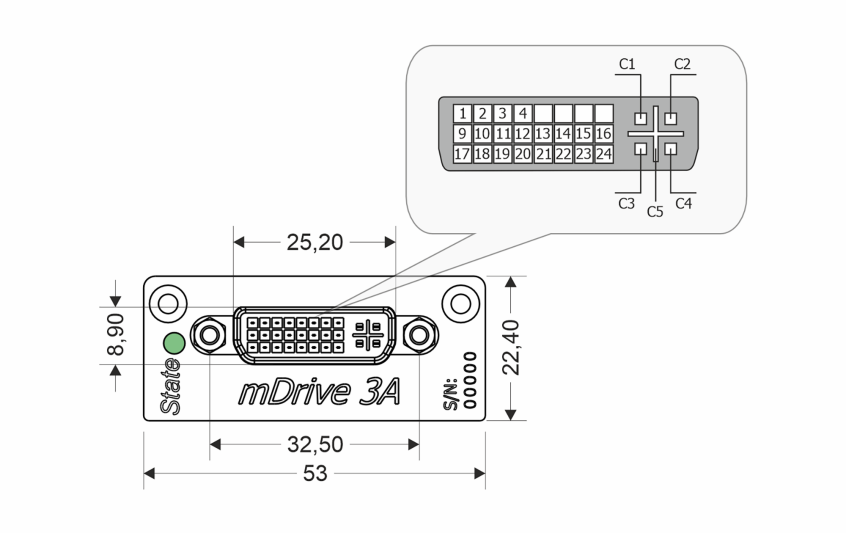


Рис. 4.11: Размеры и нумерация выводов в разъеме DVI-I, вид спереди

Назначение выводов:

1. Внешнее опорное напряжение питания, 5-24 В, для выходных сигналов GPIO, EMBRAKE и SYNC (Силовое питание, «+»)
2. Концевой выключатель №1
3. Концевой выключатель №2
4. Цифровой выход для управления магнитным тормозом, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
5. Не подключен
6. Не подключен
7. Не подключен
8. Не подключен
9. Входной сигнал GPIO 1, 5-24 В
10. Входной сигнал GPIO 2, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
11. Входной сигнал GPIO 3, 5-24 В, альтернативная функция: кнопка перемещения
12. Выходной сигнал GPIO, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
13. Выходной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
14. Входной сигнал синхронизации, 5-24 В, в зависимости от внешнего источника питания (EXT REF SUPPLY)
15. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для подключения внешнего джойстика (JOY)
16. Аналоговый вход, 0-3.3 В, используемый для общего назначения (POT)
17. Выход, 5 В, 500 мА - для стабилизации выходного сигнала концевых выключателей, источника питания энкодера и т.д.
18. Логическая земля для концевых выключателей, энкодера и прочего
19. Энкодер A
20. Инверсный канал энкодера A
21. Энкодер B
22. Инверсный канал энкодера B
23. Вход датчика оборотов
24. Инверсный вход датчика оборотов

C1. Фаза A ШД или фаза A BLDC-двигателя C2. Фаза B ШД или фаза B BLDC-двигателя C3. Фаза не A ШД или фаза C BLDC-двигателя C4. Фаза не B ШД C5. Power GND

Предупреждение: Не рекомендуется подключать к контроллеру или отключать от контроллера двигатель, пока на его обмотках есть питание.

4.1.3.2.2 Разъем силового питания системы

Для подключения силового питания на плате контроллера установлен 4-х контактный разъем семейства Mini-Fit с шагом 4.2 мм типа «папа» (тип MF-4MRA). Этот разъем выгодно отличается от аналогов высоким током на контакт - 8 А, наличием фиксации, возможностью стыковаться как с ответными частями установленными на кабель (тип MF-4F, part number по каталогу Molex 39-01-2040), так и с установленными на плату, в том числе вертикально (part number по каталогу Molex 15-24-7041). Все разъемы семейства Mini-Fit доступны по каталогу Molex, www.molex.com .

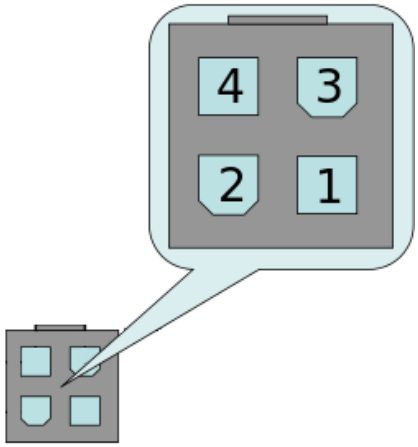


Рис. 4.12: Размеры и порядок нумерации выводов разъёма на стороне контроллера, вид спереди

Назначение выводов:

Пин	Название
1	Силовое питание, «-».
2	Силовое питание, «+». 12-36 В.
3	Силовое питание, «-».
4	Силовое питание, «+». 12-36 В.

Важно: Никогда не подавайте электропитание на контроллер и не подключайтесь к разъему силового электропитания, если вы не уверены, что параметры вашего блока питания соответствуют требуемым. Не пытайтесь подключить электропитание к контроллеру, если не уверены, что разъемы на блоке питания и на корпусе контроллера совместимы друг с другом! Допустимые параметры подключения указаны в разделе *Техника безопасности*.

Важно: Горячее присоединение/отсоединение, а также ненадежное подсоединение силового питания через разъём типа Mini-Fit, может вывести из строя контроллер и/или компьютер. Подробнее смотрите в разделе *Техника безопасности*.

4.1.3.2.3 Разъём управления системой

Контроллеры подключаются через разъём USB type-B или Ethernet.



Рис. 4.13: Кабель USB type-A - USB type-B

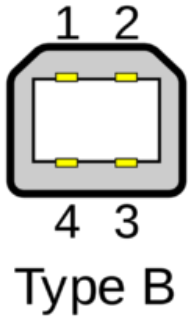


Рис. 4.14: Разъем USB type-B

Назначение выводов:

Номер	Название	Цвет кабеля	Описание
1	VCC	Красный	+5V DC
2	D-	Белый	Data -
3	D+	Зеленый	Data +
4	GND	Черный	Земля

Предупреждение: Используйте только проверенные и заведомо работоспособные USB-кабели! Неисправный или некачественный USB-кабель может стать причиной неправильной работы контроллера, в том числе ошибок при вращении двигателя или при опознавании устройства операционной системой. Для стабильного соединения используйте короткие кабели с толстыми проводниками и экранировкой.

4.1.3.2.4 Разъём подключения джойстика

Для подключения джойстика используется разъем DVI-I типа «мама».

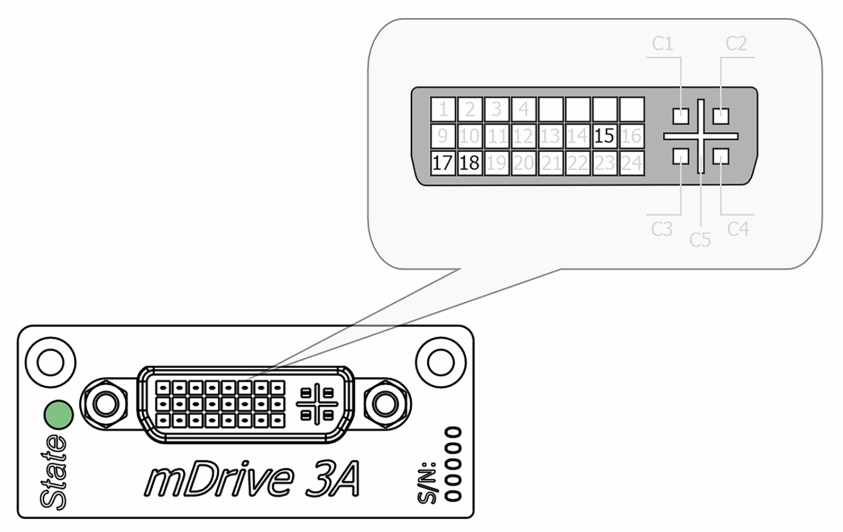


Рис. 4.15: Размеры и нумерация выводов в разъеме DVI-I для подключения джойстика, вид спереди

Таблица расположения пинов разъема DVI-I

Пин	Название
15	JOY, аналоговый вход, 0-3.3 В, используется для подключения внешнего джойстика.
17	Выход, 5 В, 500 мА - для стабилизации выходного сигнала концевых выключателей, источника питания энкодера и т.д.
18	Земля логическая для концевых выключателей, энкодера и прочего.

Подробные схемы подключения джойстиков можно найти в разделе *Управление джойстиком*.

Примечание: Если вы хотите подключить джойстик напряжением 5 В, используйте резисторный делитель напряжения. Сопротивление можно рассчитать, например, в онлайн-калькуляторе.

Примечание: Неиспользуемые контакты внутреннего разъема не требуют никакого дополнительного подключения или подтяжки к земле/питанию. Просто не используйте их.

Важно: Аналоговые входы JOY, POT рассчитаны на работу с напряжением *до* 3.3 В. Никогда не подавайте на эти входы большее напряжение (например, 5 В). Это может нарушить правильную работу всех аналоговых каналов контроллера и вывести из строя контроллер или двигатель.

4.2 Кинематика и режимы движения

4.2.1 Движение с заданной скоростью

Режим движения с заданной скоростью является основным режимом работы контроллера со всеми типами двигателей. Он позволяет поддерживать заданную скорость движения вдали от точки назначения, обычно применяется совместно с режимами *Движение в заданную точку* или *Смещение на заданное расстояние*. Этот режим может быть также вызван командами движения влево или вправо.

Скорость измеряется в шагах шагового двигателя или в отсчётах *энкодера* при его наличии (работает для всех типов двигателей) за единицу времени.

Включение режима *Движение с ускорением* временно дезактивирует *режим движения с заданной скоростью*.

При получении команды для начала движения контроллер перемещает двигатель с заранее настроенной пользователем скоростью. Скорость может быть задана из *соответствующего раздела меню «Settings...» программы mDrive Direct Control* или с помощью вызова функции *set_move_settings()*, (см. раздел *Руководство по программированию*). **Значение скорости** при работе с шаговыми двигателями можно задать в целых шагах и микрошагах в секунду, для BLDC-двигателей скорость задается в оборотах в минуту (RPM).

Скорость специальных движений, таких как *компенсация люфта* или *автоматическая калибровка нулевой позиции*, отличается от общей скорости движения и настраивается отдельно.

Контроллер может ограничивать максимальную скорость, если соответствующая настройка сделана пользователем. В этом случае любое движение, которое бы происходило со скоростью выше максимальной, происходит с максимальной скоростью. Отдельно можно настроить контроллер, чтобы максимальная скорость использовалась для всех обычных движений, за исключением специальных, таких как *компенсация люфта* или *автоматическая калибровка нулевой позиции*. Настроить максимальную скорость и режимы её использования можно на *вкладке меню «Settings...» программы mDrive Direct Control*.

Текущую скорость вы можете увидеть в *Главном окне программы mDrive Direct Control* в поле *Speed* или воспользоваться *графиками отображения основных параметров* работы.

Примечание: Если **стабильность поддержания скорости** при использовании *энкодера* кажется вам недостаточной, то обратитесь к *рекомендациям для точного движения*.

Примечание: Максимально допустимая скорость, которую можно задать это **100000 шагов/сек.** или **100000 оборотов/мин** в зависимости от типа двигателя.

4.2.2 Движение в заданную точку

Режим *движения в заданную точку* является основным режимом работы контроллера со всеми типами двигателей, обычно используется совместно с *режимом движения с заданной скоростью*. Он позволяет перемещать позиционер в заданное положение, причем координата точки назначения имеет **абсолютное значение**, в отличие от режима *Смещение на заданное расстояние*.

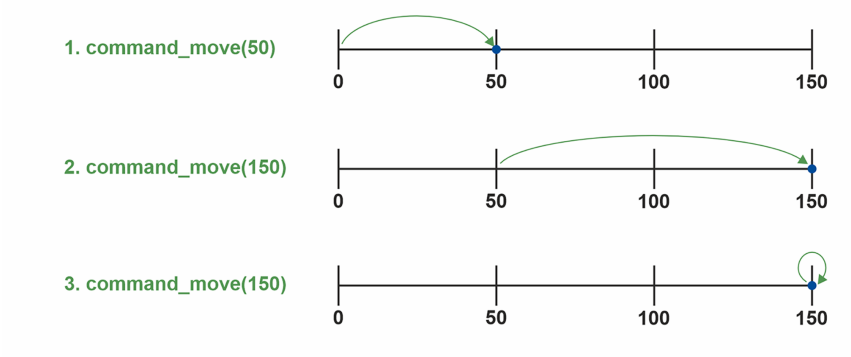


Рис. 4.16: Движение в заданную точку

В режиме *Компенсация люфта* может производиться дополнительное возвратно-поступательное движение вблизи заданной точки.

При использовании *энкодера* для определения текущей позиции, возможно несколько малозаметных «колебаний» прежде чем двигатель остановится в заданной точке.

Также движение в заданную точку для шаговых двигателей может осуществляться в режиме обратной связи *Encoder mediated*. В этом случае движение осуществляется за несколько итераций с контролем положения по завершению каждой итерации по энкодеру, до попадания в заданную координату с определенной точностью.

При получении команды для начала движения контроллер либо переходит в *режим движения с ускорением*, при включении соответствующей настройки, либо сразу поворачивает ось двигателя с заранее настроенной пользователем скоростью. Движение останавливается при достижении заданной точки с переходом в *режим замедления*, если соответствующая настройка включена. **Позиция назначения** задается в *главном окне программы mDrive Direct Control*. Позицию назначения можно задать в целых шагах и микрошагах при работе с шаговыми двигателями, или отсчетах *энкодера* для всех двигателей.

Текущую позицию вы можете увидеть в *главном окне программы mDrive Direct Control* в блоке *Control* или воспользоваться *графиками* отображения основных параметров работы.

Примечание: Если **точность позиционирования** при использовании *энкодера* кажется вам недостаточной, то обратитесь к *рекомендациям для точного движения*.

4.2.3 Смещение на заданное расстояние

Режим Смещение на заданное расстояние обеспечивает смещение для предопределенного значения относительно нуля, если это первая команда с момента запуска контроллера или относительно положения, достигнутого двигателем после завершения предыдущих команд, то есть координата назначения имеет **относительное значение**.

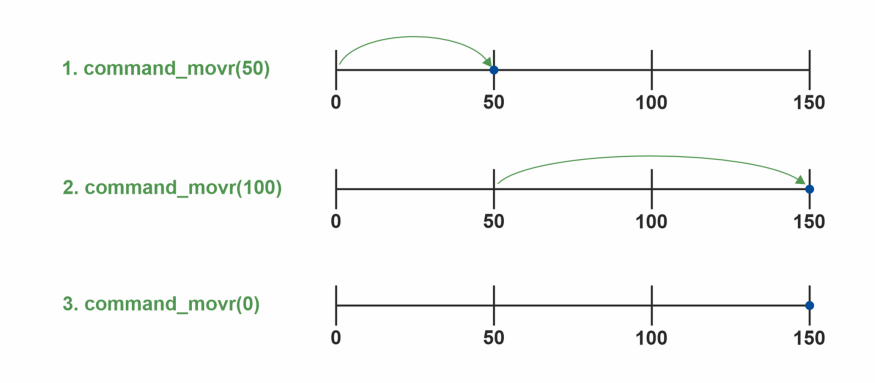


Рис. 4.17: Смещение на заданное расстояние

Этот режим полезен, когда абсолютное положение неизвестно или не имеет значения.

Примечание: Режим смещения на заданное расстояние может быть активирован как соответствующей командой, так и входным синхроимпульсом, подробнее см. раздел *ТТЛ-синхронизация*.

4.2.4 Движение с ускорением

Функция движения с ускорением активирована по умолчанию. Движение с ускорением используется для плавного начала и завершения движения без «толчков», обязательно сопровождающих мгновенный выход на заданную скорость. Кроме того, инерция ротора двигателя и остальных компонентов позиционера обычно просто не позволяет мгновенно набрать высокую скорость, что приводит к потере шагов и срыву движения шагового двигателя в режиме работы без обратной связи. В режиме работы с обратной связью по энкодеру скорость будет набираться максимально быстро, как того позволяют *ограничители движения*. Быстрый набор скорости делает движение менее стабильным и создаёт больше шума и вибраций. Поэтому мы рекомендуем использовать движение с ускорением. Функция движения с ускорением позволяет достигать максимальных скоростей и стабильного движения даже на двигателях со средним значением крутящего момента.

Режим движения с *ускорением/замедлением* работает следующим образом: при разгоне, когда требуемая скорость движения выше текущей по модулю, происходит постепенное ускорение движения на величину *Acceleration*, измеряемую в шагах на секунду в квадрате. При достижении требуемой скорости контроллер переходит в режим *движения с заданной скоростью*. При подходе к позиции назначения контроллер начинает снижать скорость движения так, чтобы замедление равнялось *Deceleration* и остановка произошла ровно в позиции назначения. Таким образом, этот режим обеспечивает трапецеидальный профиль скорости. Если расстояние, на которое требуется сдвинуться мало, то ускорение может непосредственно смениться замедлением, что приведёт к треугольному профилю скорости. Включение/отключение режима движения с ускорением, а также настройку величины ускорения и замедления можно сделать в программе mDrive Direct Control (см. раздел *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*) или командой *set_move_settings()*, описанной в *Руководстве по программированию*.

Ускорение *Acceleration* настраивается независимо от замедления *Deceleration*. Это сделано неспроста. Обычно максимальное возможное ускорение меньше чем максимальное замедление из-за трения, которое препятствует ускорению, но способствует замедлению. Поэтому для максимально быстрого отклика позиционера нужно либо воспользоваться готовыми профилями, либо экспериментально подобрать те значения ускорения и замедления, которые способен обеспечить Ваш позиционер. Для шаговых двигателей, работающих без обратной связи, - это те значения, при которых не происходит потери шагов. Для двигателей с обратной связью нужно проконтролировать трапецеидальность скорости на *графиках mDrive Direct Control*. Стоит брать значения ускорения/замедления в полтора-два раза ниже тех, где наблюдаются искажения профилей скорости или потери шагов.

Примечание: Отключение ускорения/замедления может быть полезно для управления многоосными системами, где движение по многомерным траекториям требует постоянной проекции скорости на каждую из осей.

Примечание: В *Главном окне программы mDrive Direct Control* не отображается значение ускорения.

Примечание: Устанавливаемое ускорение/замедление должно быть рассчитано так, чтобы обеспечить выход на требуемую скорость или замедление с максимально возможной скорости не более чем за **5 мин.** Если установить ускорение/замедление не придерживаясь этого правила в *настройках кинематики* движения, то контроллер вернет ошибку связанную с попыткой задания недопустимых значений, а значение ускорения/замедления будет изменено в контроллере для попадания в допустимый диапазон.

4.2.5 Компенсация люфта

В любом механическом устройстве, например, редукторе или червячной передаче, существует люфт, наличие которого приводит к тому, что при подходе к одной и той же позиции с разных сторон реальное положение позиционера будет отличаться, при том, что ось двигателя находится точно в заданном положении.

Для устранения такой неоднозначности используется режим компенсации люфта, активация которого позволяет пользователю выбрать, с какой стороны нужно приближать позиционер к заданной точке. В дальнейшем при любых движениях позиционер будет подходить к точке останова только с выбранной стороны, устраняя механический люфт. Если естественное направление подхода к заданной точке не совпадает с выбранным направлением подхода, то контроллер заводит двигатель на некоторое расстояние, определяемое пользователем, за заданную точку, разворачивает двигатель и завершает подход к заданной точке с требуемой стороны.

При движении нагруженной механической системы в зоне люфта её динамические характеристики отличаются от обычного движения. Поэтому движение в зоне люфта выполняется с задаваемой пользователем скоростью.

Пользователь может настраивать следующие параметры системы компенсации люфта:

- Флаг включения/выключения компенсации люфта.
- Скорость движения при выполнении компенсационного движения.
- Расстояние, на которое достаточно проехать, чтобы скомпенсировать люфт. Знак этой настройки определяет направление подхода. Положительный знак означает подход слева, а отрицательный - справа.

Контроллер сигнализирует о моментах, когда происходит отработка компенсации люфта в структуре состояния с помощью флага MOVE_STATE_ANTIPLAY. Он также выводится на *главное окно mDrive Direct Control*.

Если нет уверенности, что текущее положение свободно от люфта, то можно совершить вынужденную компенсацию люфта с помощью команды *LOFT*. При выполнении этой команды в режиме остановки происходит сдвиг из текущей позиции на расстояние компенсации антилюфта и возвращение назад. Вызов данной команды во время движения приведет к плавной остановке двигателя. Применение этой команды имеет смысл только при включенной системе компенсации антилюфта.

Примечание: *Режим компенсации люфта* не предусматривает никакой коррекции положения оси, он только позволяет пользователю выбрать, с какой стороны нужно приближать позиционер к заданной точке и всегда придерживаться указанного направления подхода.

Настройка компенсации люфта в программе mDrive Direct Control описана в *настройках кинематики* движения шагового двигателя. Команды включения и определения параметров компенсации люфта описаны в *руководстве по программированию*.

Люфт будет минимальным в том случае, если подход к заданной точке осуществляется с одинаковыми параметрами движения, поэтому оптимальными будут являться следующие значения параметров: скорость в зоне люфта должна быть равна номинальной, расстояние компенсации антилюфта должно быть таково, чтобы устройство успевало набрать номинальную скорость.

По умолчанию в профилях двигателей компенсация люфта задаётся по формуле:

$$S = \frac{U^2}{2}\left[\frac{1}{Ac} + \frac{1}{Dc}\right] + 0.2U$$

где S - компенсация люфта, U - номинальная скорость, Ac, Dc - ускорение и замедление, 0.2 - время, в течение которого двигатель будет ехать с постоянной скоростью.

4.2.6 Реверсирование движения

Считается, что рост координаты соответствует движению вправо, а убывание координаты - движению влево. Если физически позиционер расположен так, что это правило не выполняется, либо на позиционере нанесен репер, направление возрастания которого не совпадает с ростом координаты, то необходимо реверсировать движение.

Реверс движения можно включить в *меню mDrive Direct Control* в блоке Motor parameters. Включение этой настройки поменяет знак текущей координаты и понятия «влево» и «вправо» поменяются местами. Например, первое движение при *калибровке нулевой позиции*, будет выполняться теперь физически в другую сторону, команды *влево* и *вправо* в *главном окне mDrive Direct Control* поменяются местами и т. п.

Предупреждение: Реверс относится к настройкам, изменение которых сказывается на всей работе контроллера. Работавшие ранее *скрипты mDrive Direct Control* или *собственные программы управления* будут вести себя по-иному. В частности *концевые выключатели* настраиваются независимо от реверса движения. При включении или отключении реверса концевые выключатели обязательно нужно перенастроить.

4.2.7 Рекомендации для точного движения

Контроллер способен автоматически подстраиваться под необходимый режим, будь то поддержание скорости или координаты. Но скорость и качество подстройки зависят от настроек контроллера. Практически мгновенно выходить на требуемый режим способен шаговый двигатель в режиме позиционирования по шагам и микрошагам. Если шаговый двигатель физически неспособен обеспечить требуемую скорость или ускорение, то скорее всего движение вовсе остановится (сорвётся). При использовании датчика обратной связи, такого как квадратурный энкодер, в качестве опорного, движение шагового двигателя не сорвётся, но возможно, что контроллер не сможет обеспечить требуемые параметры движения.

Непрямая связь между воздействием управляющей схемы и смещением положения позиционера с BLDC-двигателем приводит к замедлению выхода на требуемую координату или на требуемую скорость. Ускорить этот процесс и сделать его более стабильным можно используя следующие рекомендации:

- В контроллер загружен и используется профиль, соответствующий используемому позиционеру. Если вы не уверены, что профиль верный, загрузите профиль из раздела Конфигурационные файлы.
- Двигатель не попадает в режим ограничения одного из рабочих параметров (ток или напряжение), см. подробнее разделы *Ограничители на двигателях*, *Управление питанием двигателя*. Такое ограничение вы можете заметить по горизонтальной полоске над индикатором *Current* в блоке *Power*, *Voltage* или *Speed* в блоке *Motor* *Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью*, подробнее см. разделы *Ограничители на двигателях*, *Управление питанием двигателя*.
- Отсутствуют механические препятствия для движения, заклинивание оси или позиционера.
- Мощность применяемого блока питания достаточна (см. *Техника безопасности*).

4.2.8 PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем

4.2.8.1 Описание алгоритма

Управление BLDC-двигателем осуществляется с помощью PID-регулятора. Регулируемой величиной является координата. Для обеспечения возможности движения, сама регулируемая координата изменяется в соответствии с установленными настройками движения и поступившими командами. Изменя-

ющуюся во времени регулируемую координату далее будем называть бегущей позицией. Управляющим сигналом регулятора является модуль вектора тока, который (вектор) удерживается перпендикулярно ротору.

$$U(t) = I + P + D = K_p \cdot E(t) + K_i \int E(t)dt + K_d \frac{dE(t)}{dt}$$

где:

$U(t)$ - управляющее воздействие

$E(t)$ - разница между бегущей координатой и текущей координатой двигателя

K_p, K_i, K_d - коэффициенты усиления пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих регулятора, соответственно. Коэффициенты регулятора задаются с помощью *соответствующего меню* программы mDrive Direct Control или с помощью вызова функции set_pid_settings(), (см. раздел *Руководство по программированию*).

4.2.8.2 Особенности работы алгоритма

4.2.8.2.1 Коэффициенты PID-регулятора

Для того, чтобы оптимальные коэффициенты PID-регулятора не выходили из диапазона [0..65535], задаваемые пользователем значения нормируются.

Для лучшего понимания работы регулятора, рассмотрим какое влияние оказывают различные составляющие. Будем считать, что напряжение питания $U_{supp}(t)$ постоянно и равно номинальному напряжению двигателя U_{nom}. При выполнении данного предположения фактор заполнения ШИМ-сигнала будет равен 1 в следующих случаях:

1. $K_p = 1, K_i = 0, K_d = 0$ - если целевая позиция превышает реальную позицию на 256 оборотов ротора
2. $K_p = 0, K_i = 1, K_d = 0$ - если интеграл, приведенный в формуле выше, равен 52,5 оборотов/сек
3. $K_p = 0, K_i = 0, K_d = 1$ - если реальная скорость вращения ротора отличается от правильной скорости на 96000 об/мин.

4.2.8.2.2 Попадание в целевую позицию

Попадание в целевую позицию считается успешным, как только ось двигателя попадает в целевую позицию. При этом возможно наличие некоторых переколебаний около целевой позиции. Если движение производится без ускорения, пришла команда немедленной остановки или происходит экстренная остановка по достижению концевого датчика, то двигателю понадобится некоторое время до полной остановки и возвращения в правильную позицию.

Предупреждение: Если PID-регулятор настроен неправильно, возможно возникновение длительных колебаний около целевой позиции, хотя движение и будет считаться завершённым.

4.2.8.3 Ручная настройка коэффициентов PID-регулятора

Для тонкой настройки коэффициентов PID-регулятора существует специальное окно программы mDrive Direct Control (Settings -> PID control). В окне выводится зависимость от времени скорости BLDC-двигателя и ошибки следования соответствующей координате, вид окна показан на скриншоте ниже.

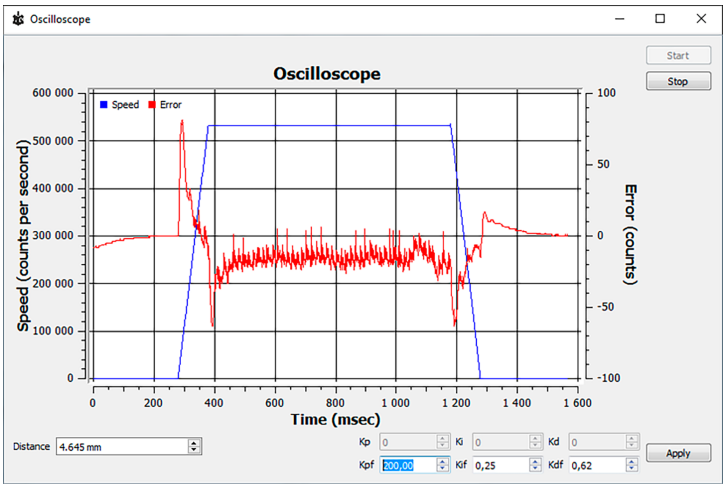


Рис. 4.18: Окно настройки PID-регулятора.

Для корректной работы двигателя нужно добиться устойчивой компенсации ошибки следования.

4.2.8.3.1 Шаги по настройке коэффициентов:

1. Для начала нужно оценить PID-коэффициенты. Учитывая структуру управляемой системы, их можно вычислить по упрощенным формулам. Для этого используются параметры из документации на соответствующий двигатель и позиционер.

   - K_m - электромеханический коэффициент двигателя [Н / А] (момент создаваемый силой тока 1 А). Может быть вычислен как отношение $K_m = \frac{F_n}{I_n}$, где F_n - номинальное (максимальное) усилие создаваемое двигателем, I_n - номинальная (максимальная) сила тока.
   - M - масса нагрузки (кг).
   - $\sigma = \frac{M}{K_m}$.
   - $K_p = 11500\sigma \cdot 1000,\ K_i = 186\sigma \cdot 1000,\ K_d = 12.2\sigma \cdot 1000.$

2. Выставить коэффициенты, рассчитанные по формулам, нажать Apply. В *главном окне mDrive Direct Control* нажать кнопку Zero. В поле Move to выставить 0, отправить команду Move to. Двигатель должен остановиться. Попробовать сдвинуть позицию руками, убедиться, что отклик правильный - двигатель старается вернуться в нулевую позицию (реверс энкодера настроен верно).

3. В *настройках движения* выставить маленькую скорость, нажать Apply. В *главном окне* начать движение в сторону. Если начинаются вибрации и срывы, нужно увеличивать дифференциальный коэффициент (Kdf) до тех пор, пока заметно уменьшение колебаний скорости около требуемого значения.

4. Если вибрации имеют звуковые частоты (позиционер издаёт громкий звук при движении), возможно, следует уменьшить коэффициент Kd или все коэффициенты пропорционально.

5. Интегральный коэффициент (Kif) отвечает за попадание в целевую позицию, для проверки удобно использовать команду Shift on.

6. Для более точной настройки коэффициентов используйте окно Oscilloscope, в этом окне визуализируется ошибка следования для данных параметров движения. Чтобы открыть окно нужно нажать кнопку PID tuning.

7. После того, как коэффициенты настроены, можно их пропорционально менять, это соответствует увеличению/уменьшению массы, отклик на воздействие становится более/менее мощным. Добиться того, чтобы резкие остановки не приводили к срывам движения.

4.2.9 Feedback EMF

4.2.9.1 Преимущества

- Всегда сохраняет синусоидальную форму тока, что обеспечивает бесшумную работу;
- На высоких скоростях он может динамически адаптироваться к внешним нагрузкам, ограничениям тока и напряжения (автоматически снижает скорость);
- На низких скоростях использует частотное управление без контроля позиции ротора. Когда положение ротора начинает выдавать корректные показания алгоритм переключается на полеориентированное управление с обратной связью по позиции ротора. Порог переключения индивидуален для каждого двигателя, он определяется качеством оценки выдаваемой наблюдателем позиции ротора;
- Не использует датчик позиции (encoder);
- Во время движения алгоритм автоматически выбирает один из трех режимов:
  - **MTPA** (Maximum Torque Per Ampere) - наиболее экономичный режим, характеризующийся минимальным током, но напряжение быстро растет со скоростью ($I_d = 0$);
  - **FW** (flux weakening) - режим понижения потокосцепления, используется, когда заданной скорости невозможно достигнуть при текущих ограничениях напряжения, используя MTPA ($I_d < 0$);
  - **Limit** (MTPV, Maximum Torque Per Volt) - режим насыщения, когда движение с заданной скоростью невозможно. Возникает при насыщении напряжения и силы тока. В нем привод выдает максимальный момент, определяемый текущей скоростью и ограничениями по току, и выставляет флаг *PowerLimited*.
- Ненулевая составляющая прямого тока I_d, используемая в режимах FW и Limit, позволяет достигать скоростей, превышающих номинальную скорость двигателя (максимальную скорость, на которой производитель гарантирует работу в разомкнутом контуре), без падения момента на высоких скоростях;
- Контроллер всегда выбирает режим работы, оптимальный по омическим потерям для заданных момента и скорости, что снижает нагрев двигателя;
- Обратная связь по положению позволяет алгоритму адаптироваться к изменениям нагрузки, что помогает избегать потери шагов на высоких скоростях при возникновении внешних возмущений;
- Параметры двигателя и допустимые диапазоны момента и скорости оцениваются автоматически, что упрощает настройку и не требует ручной подгонки.

Важно: Алгоритм не должен использоваться с включенным флагом «Position Control». Для плавности хода в EMF алгоритме реализовано расхождение с реальной позицией, а также позицией по профилю. Если флаг «Position Control» включен, могут быть вызваны ложные срабатывания Alarm.

4.2.9.2 Поведение двигателя при воздействии внешней силы

В режиме частотного управления:

- Положение ротора не контролируется, но ток равен номинальному значению. Только внешняя сила, превышающая момент удержания, может привести к потере шагов

В режиме полеориентированного управления:

- Если сила может быть преодолена, то движение продолжается с заданной скоростью;
- Если сила не может быть преодолена, то устанавливается флаг PowerLimited и установленное значение скорости начинает уменьшаться в соответствии со значением замедления, уставка положения, определяемая логикой генератора профиля скорости (интеграл от скорости), изменяется соответственно;
- Если действие силы прекращается, то расхождение между уставкой и реальной позицией будет компенсировано за счет PID регулятора позиции;
- Если сила не может быть преодолена приводом (превышает удерживающую силу), то на пороге скорости происходит переключение с последующим отказом ротора и потерей шагов.

4.2.9.3 Выбор параметров L, R и backEMF для алгоритма EMF

После включения питания (переключения из состояния Power: Off) и перед началом перемещения параметры R и L автоматически определяются (слышен короткий звуковой сигнал). Если эти параметры устанавливаются через интерфейс mDrive Direct Control, этап пропускается. Для повторной оценки параметров двигатель должен быть возвращен в состояние Power: off.

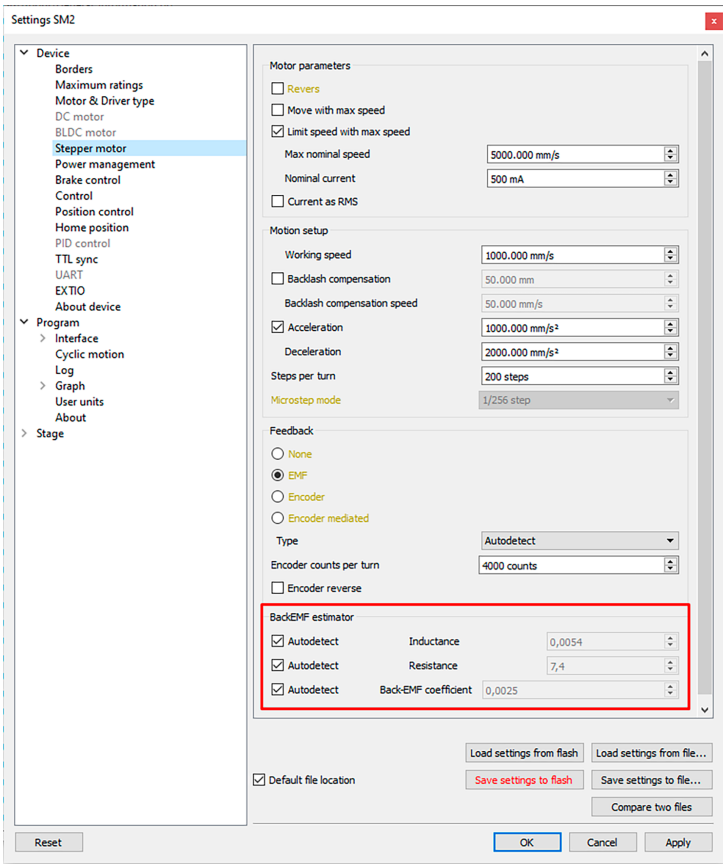


Рис. 4.19: Настройки BackEMF-estimator

На вкладке *Stepper motor* можно дополнительно назначить следующие параметры:

1. Resistance - сопротивление обмотки R Ω
2. Inductance - индуктивность обмотки L Н

3. Back EMF coefficient -потокосцепление ротора λ_m Hm/A
4. Значение всех этих параметров сохраняется в профиле для двигателя.

Для большинства двигателей удовлетворительно работает автоопределение параметра *back-EMF parameter*. Однако назначение параметров через профиль обеспечивает большую устойчивость алгоритма.

Значения R Ω и L следует брать непосредственно из datasheet.

Значение потокосцепления ротора λ_m Hm/A может быть получено следующим образом:

В datasheet дано значение электромеханического коэффициента двигателя K_m (torque constant, Hm/A) или коэффициента противоЭДС K_{emf} (backEMF constant, Vs), тогда

$\lambda_m = \frac{4K}{n}$, где K значение K_{emf} или K_m, а n - число шагов на оборот.

В datasheet дана номинальная сила тока i_n (nominal current, A) и момент удержания T_n (holding torque, Hm), тогда $\lambda_m = \frac{4T_n}{I_n n}$, где n - число шагов на оборот.

4.2.9.4 Выбор коэффициентов PID для EMF

В режиме полеориентированного управления, когда доступна оценка положения ротора, управление позицией осуществляется при помощи стандартного PID-регулятора.

Его коэффициенты обеспечивают устойчивость двигателя в области высоких скоростей.

Точность позиции по профилю определяется многими факторами:

- В режиме удержания - соотношением силы удержания и мешающей силы, так же как у всех алгоритмов открытого контура;
- На низких скоростях - расхождение реальной позиции и позиции по профилю не должно превышать одного шага;
- На высоких скоростях расхождение может составлять несколько шагов, что обусловлено переходными процессами, коэффициентами обратной связи и наличием внешних сил.

Мы предлагаем использовать стандартный набор коэффициентов:

$K_p = 3.6, \quad K_d = 0.028, \quad K_i = 38$

- K_p увеличение коэффициента увеличивает точность (уменьшает ошибку θ_e), уменьшает время регулирования;
- K_d увеличение коэффициента, увеличивает демпфирование системы и снижает вибрации. Неустойчивость может быть следствием слишком маленького значения K_d;
- K_i мало влияет на точность в переходных режимах, но уменьшает постоянную ошибку при движении с постоянной скоростью и ускорением, а также позволяет компенсировать постоянные внешние силы. Во многих приложениях может быть принят нулевым. **Слишком большое значение приводит к потере устойчивости**.

4.2.9.5 Алгоритм работы

Входом регулятора является:

- θ_r - желаемое положение ротора (рад), значение формируется генератором профиля скорости
- ω_r - желаемая угловая скорость ротора (рад/с), значение формируется генератором профиля скорости
- θ_m, ω_r - положение ротора (рад) и его скорость (рад/с), вычисленные оценщиком положения ротора

Выход: I_{qr} - значение тока (A), определяющее момент создаваемый двигателем: $M = k_m I_{qr}$, где k_m электромеханический коэффициент (torque constant) двигателя

Параметры: K_p, K_i, K_d - коэффициенты обратной связи (значения заданные во вкладке *«PID Control»*).

Закон управления:

1. Вычисление ошибки регулирования: $\theta_e = \theta_r - \theta_m, \quad \omega_e = \omega_r - \omega_m,$

2. Расчет силы тока: $I_{qr} = K_p\theta_e + K_d\omega_e + K_i \int_0^t \theta_e d\tau$

Регулятор снабжен контуром противонакопления, на основе алгоритма условного интегрирования. Рост интегральной части прекращается, если произошло насыщение силы тока ($|I_{qr}| > I_{max} and I_{qr} \cdot \theta_e < 0$)

4.2.10 Feedback encoder

В этом случае все параметры двигателя, в том числе положение и скорость движения, измеряются непосредственно с помощью энкодера и имеют размерности, основанные на отсчетах энкодера. Положение отображается непосредственно в отсчетах энкодера, скорости выражаются в RPM - оборотах в минуту. Скорость движения рассчитывается контроллером на основе количества импульсов энкодера на один полный оборот оси двигателя, заданного в блоке настроек обратной связи на вкладке Настройка кинематики движения (*Шаговый двигатель*), (*BLDC-двигатель*). Отметим, что в случае использования BLDC-двигателя *режимы поддержания заданной скорости*, *движения в заданную точку* и все производные от них работают с помощью алгоритмов PID-регулирования и требуют *соответствующих настроек*. Для шаговых двигателей режим ведущего энкодера оптимизирует управление двигателем, что позволяет снизить уровень шумов при движении, обеспечить стабильное прохождение резонансных скоростей и достичь более высокой скорости вращения по сравнению с режимом работы без энкодера без риска потери шагов, приводящей к сбою координаты и необходимости повторной *калибровки*.

Установите параметр Feedback в Encoder в настройках Device -> *Stepper motor page*. Обратите внимание, что эта позиция находится в отсчетах энкодера.

4.2.11 Feedback encoder mediated

Данный режим работы оптимально использовать в системах с большими люфтами для попадания в необходимую координату за несколько итераций, в среднем от 3 до 10. Этот режим используется для шаговых двигателей.

Для этого режима все параметры двигателя, в том числе положение и скорость движения, задаются и отображаются непосредственно с помощью энкодера и имеют размерности, основанные на отсчетах энкодера. Однако в контроллере само движение осуществляется в шагах.

Принцип работы: полученные от внешнего интерфейса значения координат пересчитываются в шаги и производится первая итерация движения, по завершению которой осуществляется проверка положения по энкодеру. Далее определяются значения отклонения для новой итерации и осуществляется новый цикл подъезда. Это происходит до момента попадания с заданной точностью в указанную координату.

Используйте mDrive Direct Control: установите параметр Feedback в Encoder mediated в настройках Device -> *Stepper motor page*.

4.2.12 Режимы остановки движения

В контроллере существует два режима прекращения движения:

- Немедленная остановка;
- Остановка с замедлением.

4.2.12.1 Немедленная остановка

Немедленная остановка движения происходит по команде *STOP*. Контроллер старается мгновенно остановить вращение вала двигателя. Это может привести к пропуску шагов в шаговом двигателе, если не используется обратная связь. Резкое прекращение движения может пагубно влиять на оборудование, например, может произойти сдвиг образцов на предметных столиках микроскопов или потребовать дополнительной юстировки оптической линии после резкой остановки.

Предупреждение: Когда контроллер настроен на остановку по срабатыванию левого/правого *концевого выключателя*, то всегда происходит экстренная остановка при достижении концевого выключателя. Этого надо избегать.

4.2.12.2 Остановка с замедлением

Остановка движения с замедлением выполняется по команде *SSTP*. Полная остановка выполняется после плавного снижения скорости, определяемого значением *Deceleration*, если оно не отключено в настройках *движения с ускорением*.

Предупреждение: Если *движение с ускорением* отключено, то разницы между режимами остановки с замедлением и немедленной остановки не будет. По команде *SSTP* будет происходить резкая остановка.

4.3 Основные возможности контроллера

4.3.1 Поддерживаемые типы двигателей

В настоящий момент контроллер поддерживает шаговые и BLDC-двигатели. Характеристики поддерживаемых двигателей можно посмотреть в разделе *Технические характеристики*.

4.3.1.1 Шаговые двигатели

Основным параметром шагового двигателя является его номинальный ток. Номинальный ток двигателя можно установить во вкладке *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*.

Важно: Установка завышенного тока постепенно приведёт к перегреву мотора и его физической поломке. Обязательно проконтролируйте, чтобы был установлен номинальный ток, соответствующий используемому мотору.

Помимо номинального тока, для шаговых двигателей может быть задан пиковый ток (Peak Current), значение которого задаётся в миллиамперах в диапазоне 15. . . 8000. Этот параметр позволяет кратковременно увеличивать ток в обмотках для повышения крутящего момента в динамических режимах (например, при разгоне или преодолении кратковременной пиковой нагрузки). При использовании пикового тока контроллер автоматически следит, чтобы средний ток за 10 секунд не превышал номинального значения, что предотвращает перегрев двигателя при правильной настройке. Пиковый ток активируется соответствующим флагом в настройках.

Другим важным параметром является режим деления шага. В полношаговом режиме двигатель перемещается на величину угла шага (например, двигатель с шагом 1,8° совершает 200 шагов за один полный оборот). В режиме деления шага основной шаг двигателя может делиться до 256 раз. Деление шага улучшает гладкость перемещений и минимизирует эффекты резонанса на низких скоростях.

Доступны следующие режимы деления шага:

- 1 (полный) шаг
- 1/2 шага
- 1/8 шага
- 1/256 шага

Режим микрошага устанавливается во вкладке *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)* или командами настройки двигателя, см. раздел *Описание протокола обмена* и описание соответствующих функций в разделе *Руководство по программированию*.

Примечание: Контроллер всегда использует внутреннее деление шага 1/256. При смене пользователем деления шага на более грубый, в ПО отображаются только кратные более грубому делению позиции, установка и передача становится возможна только в таких, более грубых делениях. Это сделано для поддержки устаревшего и совместимости с уже существующим ПО, работающим на делениях шага малой кратности. С другой стороны, работа на наибольшем делении шага позволяет двигаться наиболее плавно и тихо на малых скоростях.

Еще одним непосредственным параметром шагового двигателя является количество полных шагов на оборот. Эта настройка не влияет на движение, но используется в блоке *контроля проскальзывания* или при работе с обратной связью по *энкодеру*.

Примечание: Контроллер поддерживает шаговые двигатели с датчиком обратной связи - энкодером. *Энкодер* может использоваться как основной датчик положения (*подробнее*) или для обнаружения проскальзывания, люфта или потери шагов (*подробнее*). Использование энкодера способствует стабильному прохождению резонансных скоростей без срыва движения.

4.3.1.2 BLDC-двигатели

В отличие от шагового двигателя, для управления BLDC-двигателем контроллеру необходимо наличие обратной связи позиции двигателя. В настоящее время, в качестве датчика обратной связи поддерживается только *энкодер*.

Основными параметрами двигателя являются максимальный ток и напряжение, которые устанавливаются во вкладке *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)*. Основным параметром *энкодера* является количество отсчетов на оборот.

Управление BLDC-двигателем производится с помощью *PID-регулятора*. Перед началом работы рекомендуется внимательно ознакомиться с разделом *PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем*.

Важно: Важно установить правильное значение максимального тока, количества импульсов на оборот, PID-коэффициентов. Также важно установить правильное значение количества полюсов. Неправильные значения могут привести к поломке

4.3.1.3 Критерий выбора двигателя

Для управления током в обмотках двигателя используется принцип широтно-импульсной модуляции, приводящий к колебаниям тока на частоте модуляции (так называемый «токовый риппл»). В зависимости от параметров используемого двигателя (индуктивность его обмоток, омическое сопротивление) риппл может быть разным. Такие резкие колебания тока могут приводить к тому, что двигатель нагреется сильнее, чем ожидается при номинальном токе, т.е. $\frac{P_{real}}{RI_s^2} > 1$, где RI_s^2 - мощность, которая

ожидалась бы при прохождении постоянного тока I_s, P_{real} - действительная мощность, выделяемая в двигателе. Чтобы оценить перегрев, рекомендуем воспользоваться следующим графиком:

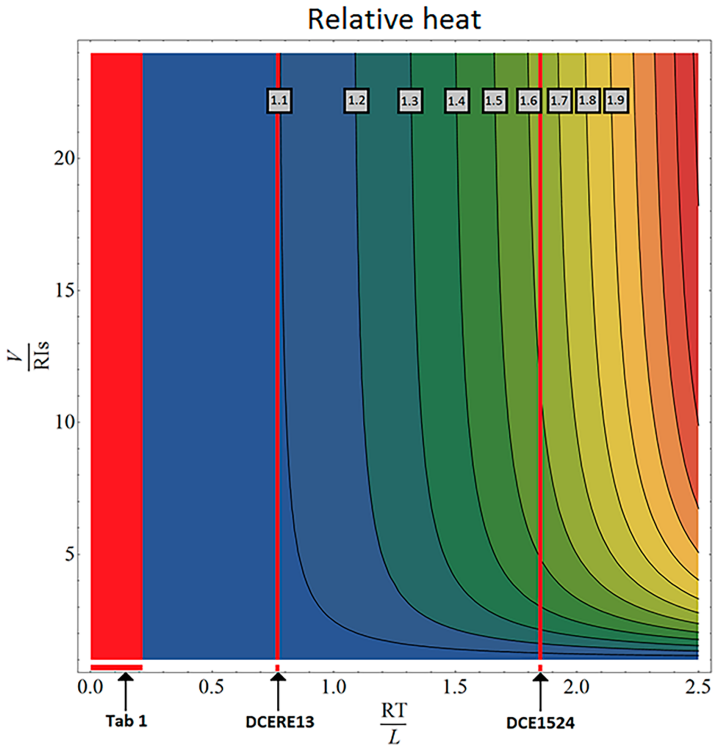


Рис. 4.20: График для оценки перегрева двигателя

Для облегчения работы, все основные двигатели и их параметры приведены в таблице:

Таблица 4.1: Значения параметра RT/L для некоторых двигателей

Двигатель	RT/L
20	0.19576
28	0.07253
28s	0.07168
4118L1804R	0.02715
4118S1404R	0.02844
4247	0.0273
D42.3	0.0223
5618	0.0146
5618R	0.0146
5918	0.0116
5918B	0.012
VSS42	0.029
VSS43	0.0256
ZSS	0.04248

Последовательность действий:

- Расчёт параметра $\frac{RT}{L}$, где R, L - сопротивление и индуктивность обмотки (см. документацию на

соответствующий двигатель), T - время периода модуляции. Его следует взять равным 51.2 мкс для шаговых двигателей и 25.6 мкс для двигателей постоянного тока.

- Расчёт параметра $\frac{V}{RI_s}$, характеризующего превышение питающего напряжения над номинальным. Тут V - напряжение питания, R - сопротивление обмотки, I_s - ток стабилизации.
- Определение перегрева. После первых двух шагов на график можно нанести соответствующую точку. Теперь нужно определить области, которые соответствуют степеням перегрева. Например, области между линиями 1.1 и 1.2 соответствуют значениям перегрева $1.1 * RI_s^2$ и $1.2 * RI_s^2$.

4.3.2 Ограничители на двигателях

Для обеспечения безопасной работы двигателей предусмотрены ограничители по току и напряжению на обмотках двигателя, а также ограничение максимальных оборотов оси двигателя. Данные ограничения, если они активированы, приводят к плавному снижению мощности и скорости вращения до значений, приводящих к снижению ограничиваемых параметров до установленных значений. Данная функция оперирует со значениями токов и напряжений непосредственно на двигателе, в отличие от критических параметров, которые оперируют с токами и напряжениями на входе контроллера. Другим отличием «ограничителей» от *критических параметров* является то, что первые не приводят к остановке двигателя и переходу в состояние **Alarm**, а лишь ограничивают рост тока, напряжения или оборотов двигателя.

Для BLDC-двигателей:

- *Max voltage* - номинальное напряжение питания двигателя. Определяет максимальное напряжение питания на обмотках двигателя. Обычно используется для ограничения роста напряжения при заклинивании или нештатной работе позиционера. *Стоит использовать только в случае, если не известно значение максимального тока на обмотках двигателя.* Данный параметр используется при работе *PID-регулятора*.
- *Max current* - определяет максимальное значение тока на обмотках двигателя. Обычно используется для ограничения роста тока при заклинивании или нештатной работе позиционера. Данное ограничение стоит выбирать исходя из того, какой ток может в течении длительного времени течь через обмотку, не вызывая повреждения двигателя (в первую очередь от перегрева).
- *Max RPM* - максимальная скорость вращения вала двигателя. Обычно используется для ограничения скорости вращения при работе с редукторами и прочими механизмами, обладающими жесткими ограничениями на максимальную скорость вращения.

Примечание: Не стоит путать понятия максимального тока двигателя и номинального тока. В общем случае, они могут отличаться в зависимости от охлаждения двигателя и условий его эксплуатации. Также не стоит путать максимальный ток и стартовый ток, который развивается при неподвижном валу.

Важно: Изменение максимального напряжения питания двигателя может привести к расстройке PID-регулятора. Подробнее смотрите в разделе *PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем*.

Важно: Значение максимального напряжения питания двигателя может превышать значение номинального напряжения питания (обычно на 10-15%). Если вы используете двигатель с малой нагрузкой и вам нужна высокая скорость движения двигателя, то можно повысить максимальное напряжение питания двигателя.

Работа ограничителя тока.

Важно помнить, что ограничитель максимального тока *Max current* при работе с BLDC-двигателями работает не мгновенно. При возникновении превышения тока в обмотке двигателя, напряжение, подаваемое на двигатель, начинает постепенно уменьшаться до тех пор, пока ток через обмотку не будет меньше *Max current*. В случае, если во время быстрого движения произошло резкое заклинивание двигателя (самый худший случай) напряжение на обмотке двигателя может спадать в течение максимум 370 мс. При правильно выбранном ограничении тока, за это время двигатель не перегреется.

Примечание: Если поставить значение максимального тока *Max current* слишком маленьким, то возможно, что при большой нагрузке или высоком трении BLDC-двигатель не сможет сдвинуться с места.

Для ШД:

- *Max(nominal) Speed* - максимальная скорость вращения вала двигателя в шагах в секунду. Текущая скорость ШД определяется параметром *Speed* (см. *Движение с заданной скоростью*)
- *Nominal current* - определяет номинальное значение тока на обмотках двигателя. Это значение не превышается в силу особенностей управления шаговыми двигателями.
- *Peak current* - этот параметр позволяет кратковременно превышать номинальный ток для улучшения динамики, но требует осторожности. Установка слишком высокого значения пикового тока может привести к перегреву и повреждению обмоток двигателя. Рекомендуется устанавливать пиковый ток, не превышающий максимальный кратковременный ток, допустимый для вашего двигателя, и использовать эту возможность только при необходимости.

В программе mDrive Direct Control установки ограничителей описаны в разделах *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)* и в *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*.

4.3.3 Концевые выключатели

4.3.3.1 Задача концевых выключателей

Задача концевых выключателей - предотвратить выход позиционера за допустимые физические границы его перемещения или ограничить диапазон перемещения в соответствии с требованиями пользователя. Неправильная настройка концевых выключателей может привести к заклиниванию позиционера, если контроллер выйдет за границы допустимого диапазона.

4.3.3.2 Общие настройки

Если концевой выключатель считается активным, то в структуре состояния выставляется соответствующий флаг, а на *главном окне mDrive Direct Control* выводится соответствующий значок (левый или правый). Контроллер способен останавливать любое движение в сторону обоих активных концевых выключателей (левого и правого), только одного (левого или правого) или не ограничивать движение. Настройка концевых выключателей может быть выполнена в mDrive Direct Control (см. *Настройка диапазона движения и концевых выключателей*).

4.3.3.3 Программное ограничение диапазона движения

Если аппаратных ограничителей на диапазон движения нет, а позиционер требует такого ограничения, то можно использовать программные ограничители. Для этого концевые выключатели переводятся в режим ограничения по отсчётам позиции (см. *Настройка диапазона движения и концевых выключателей*).

Предупреждение: Программное ограничение диапазона работает надежно только, если не происходит непосредственного задания новой позиции командами ZERO или SPOS, нет потери шагов

или неисправности энкодера, при его использовании для позиционирования, а также не происходит частой потери питания во время движения. Если возникла одна из таких проблем, то программный диапазон надо перенастроить. Автоматически это можно сделать если есть подходящий опорный датчик с помощью *автоматической калибровки нулевой позиции*.

4.3.3.4 Аппаратные концевые выключатели

Контроллер может работать с концевыми выключателями на базе сухих контактов, оптопар, герконов и датчиками любых других типов, способных выдавать электрический сигнал «логическая единица» стандарта TTL 5 В в одном состоянии и «логический нуль» в другом. Причем каждый концевой выключатель может быть сконфигурирован независимо. Также есть возможность программно менять местами концевые выключатели и изменять их полярность.

Примечание: Концевые выключатели также удобно использовать для *автоматической калибровки нулевой позиции*.

4.3.3.5 Подключение концевых выключателей

Концевые выключатели подключаются к выводам в *разъеме DVI-I*. Ниже приведены типовые схемы подключения:

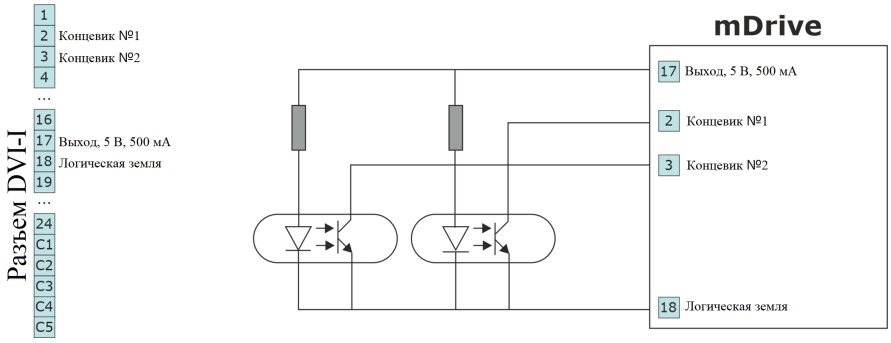


Рис. 4.21: Подключение концевых выключателей типа «оптопара»

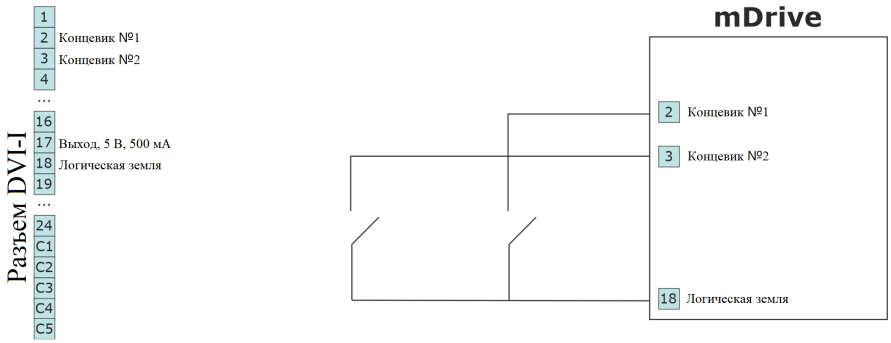


Рис. 4.22: Подключение концевых выключателей типа «сухой контакт»

4.3.3.6 Расположение концевых выключателей на трансляторах

Контроллеру необходимо указать какой из концевых выключателей будет левым, а какой - правым. Иногда это заранее неизвестно, а известно лишь, что оба концевых выключателя подключены и срабатывают каждый по достижении своей границы перемещения. Если неправильно их настроить, то позиционер может заклинить. Поэтому контроллер поддерживает простую функцию обнаружения неверно настроенных концевых выключателей, останавливаясь по обоим из них. Убедитесь, что оба концевых выключателя не активны, их полярность настроена правильно и включена остановка по обоим из них. Включите флаг обнаружения неправильного подключения концевых выключателей в соответствующем *меню mDrive Direct Control*. Начните движение в любую сторону до остановки движения по концевому выключателю. Если движение было вправо, а активным стал левый концевой выключатель, или наоборот, то нужно поменять настройку концевых выключателей местами (см. *Настройка диапазона движения и концевых выключателей*). При обнаружении неверного срабатывания концевого выключателя контроллер может перейти в режим Alarm, если включена соответствующая настройка в меню *критических параметров*.

Предупреждение: Защита от неправильного подключения концевых выключателей не гарантирует полного решения проблемы, она лишь упрощает первоначальную настройку. В частности, не начинайте движение, если какой-либо из концевых выключателей активен, даже если защита включена.

4.3.4 Автокалибровка домашней позиции

Автокалибровка используется для определения и установки позиционера в начальную позицию (также ее можно назвать «домашней» или «нулевой»). Калибровка сводится к автоматическому точному обнаружению *концевого выключателя*, сигнала *датчика оборотов* или момента поступления *внешнего сигнала*, определяющего нулевую позицию, и смещению от нее на заданное значение отступа. Это позволяет начать работу в ситуации, когда текущее положение позиционера не известно, но известно расположение одной реперной точки (исходного положения) относительно концевого выключателя или какого-либо другого сигнала. Процесс автокалибровки не требует от пользователя навыков программирования.

Реперная точка (сигнал остановки) определяется одним из трех способов в зависимости от выбранных пользователем настроек:

- Движение до *концевого выключателя* - в этом случае используются текущие настройки концевых выключателей (расположение, полярность), см. раздел *Настройка диапазона движения и концевых выключателей*.
- Движение до поступления сигнала с *датчика оборотов* - в этом случае используются текущие настройки датчика оборотов, см. раздел *Контроль позиции*.
- Движение до поступления сигнала на *вход синхронизации* - в этом случае используются текущие настройки входа синхронизации, см. раздел *Настройки синхронизации*, если вход синхронизации программно выключен в соответствующих настройках, то обработка сигнала со входа синхронизации никогда не произойдет.

4.3.4.1 Стандартный алгоритм поиска домашней позиции

В зависимости от настроек процесс автокалибровки может происходить по трем алгоритмам. Стандартный поиск домашней позиции заключается в том, что контроллер начинает перемещение с заданными параметрами скорости и направления движения до получения сигнала остановки. Скорость автокалибровки, как правило, задается более низкой, чем скорость обычного движения, чтобы «не пропустить» приход сигнала и повысить точность калибровки. Затем производится безусловное смещение на обычной рабочей скорости на заданное расстояние отступа.

Полученная точка называется исходным положением или «домашней позицией». Важно отметить, что ее расположение на позиционере не зависит от начального положения, из которого началась калибровка.

4.3.4.2 Точная докалибровка

После поступления сигнала остановки позиция контроллера уже определена. Но прежде чем сделать сдвиг до домашней позиции, можно включить дополнительное движение до следующего сигнала остановки (вторую фазу автокалибровки). Это позволяет выставить домашнюю позицию с точностью, достигающей на некоторых позиционерах 1/256 шага для шаговых двигателей или 1 отсчета энкодера для BLDC-двигателей. Если установлен соответствующий флаг, контроллер вращает двигатель в заданную пользователем сторону с настроенной скоростью до получения сигнала остановки от источника, выбранного пользователем. Затем, как и при использовании стандартного алгоритма, производится смещение на обычной рабочей скорости на заданное расстояние отступа.

Параметры второй фазы автокалибровки (скорость, направление движения и источник сигнала остановки) задаются независимо от настроек параметров первой фазы. При этом разумно использовать сигнал с датчика оборота на валу двигателя до редуктора и совершать движение на маленькой скорости - это обеспечит максимальную точность. Так как сигналы окончания первого движения и второго движения могут совпадать, то в ПО предусмотрен специальный флаг для начала отслеживания сигнала окончания второго движения только после совершения полуоборота вала двигателя. Это позволяет избежать неоднозначной последовательности получения сигналов о завершении первого и второго движений. В результате опционального второго движения калиброванная позиция уточняется.

Примечание: Если используется вторая фаза автокалибровки, то первое перемещение можно выполнять с высокой скоростью, так как оно лишь грубо калибрует позицию, и точность там не требуется. Если использовать для второй фазы движения второй концевой выключатель, повышение точности не произойдет, так как его физические параметры не отличаются от параметров первого.

4.3.4.3 Быстрый алгоритм автокалибровки

При активации функции быстрого алгоритма автокалибровки контроллер начинает вращать двигатель в заданную сторону с обычной рабочей скоростью для быстрого поиска положения реперной точки. После поступления сигнала остановки контроллер отводит двигатель назад на половину оборота и вновь начинает движение в заданном направлении, но уже со скоростью, заданной в настройках первой фазы автокалибровки. После повторного получения сигнала остановки производится смещение на рабочей скорости на заданное расстояние отступа. Источник сигнала остановки также задается настройками стандартного алгоритма.

Быстрый алгоритм автокалибровки является оптимальным для большинства двигателей и позиционеров.

4.3.4.4 Особенности автокалибровки

После успешного завершения калибровки домашней позиции в *структуре состояния контроллера* устанавливается флаг STATE_IS_HOMED. Если после этого домашняя позиция каким-либо образом сбилась (*остановка по концевому выключателю*, *немедленная остановка* во время движения, *обнаружение потери шагов*, переход в *режим Alarm*), то соответствующий флаг снимается и нужно вновь провести калибровку домашней позиции.

Примечание: Получаемая в результате калибровки позиция будет немного зависеть от скорости, с которой выполнялось последнее движение до срабатывания выбранного датчика. Поэтому для точного попадания в ту же позицию не меняйте параметры скорости.

Примечание: Если команда *немедленной остановки движения* или команда *отключения питания* двигателя выполняются в момент, когда двигатель не вращается, то это не сбивает калибровку домашней позиции и флаг STATE_IS_HOMED не снимается.

Описание функций автокалибровки домашней позиции приведено в *руководстве по программированию*.

Команды автокалибровки приведены в разделе *Описание протокола обмена*.

Автокалибровка может быть настроена пользователем в программе mDrive Direct Control на вкладке *Device -> Home position* см. раздел *Настройка исходного положения*, а запущена кнопкой **Home** в *главном окне mDrive Direct Control*.

Для **автоматической установки** настроек домашней позиции в комплект mDrive Direct Control входит *скрипт set_zero*. Этот скрипт изменяет настройку Standoff вкладки *Home position settings* так, что текущая позиция становится домашней.

Использование скрипта:

- установите позиционер в желаемую позицию,
- включите скрипт и дождитесь окончания его выполнения.

В результате позиционер окажется в той же позиции, в которой был запущен скрипт, и все последующие вызовы функции автокалибровки будут приводить её в эту позицию. Не забудьте *сохранить настройки* в энергонезависимую память контроллера.

4.3.5 Работа с энкодерами

4.3.5.1 Область применения энкодеров

Энкодеры применяются для создания точной и быстродействующей обратной связи по координате со всеми типами электродвигателей. Причем обратная связь может осуществляться по положению оси двигателя, по линейному положению позиционера, углу поворота моторизованного столика или по любому параметру, непосредственно связанному с положением оси двигателя и измеряемому с помощью двухканального квадратурного энкодера, удовлетворяющего требованиям описанным в разделе *Технические характеристики* для соответствующего типа контроллера. Контроллер **mDrive** поддерживает как дифференциальные энкодеры, так и простые (single-ended) энкодеры, с возможностью автоопределения типа энкодера.

Предупреждение: Автоопределение типа энкодера работает только с энкодерами на 3.3 В и 5 В (с погрешностью 0.2 В).

4.3.5.2 Что такое квадратурный энкодер?

Энкодер - это датчик механического движения. Квадратурный энкодер предназначен для прямого определения позиции оси. Датчик передает относительное положение оси в виде двух электрических сигналов по каналам CH A и CH B, смещенных относительно друг друга на четверть периода.



Рис. 4.23: Сигналы на выходе CH A и CH B квадратурного энкодера

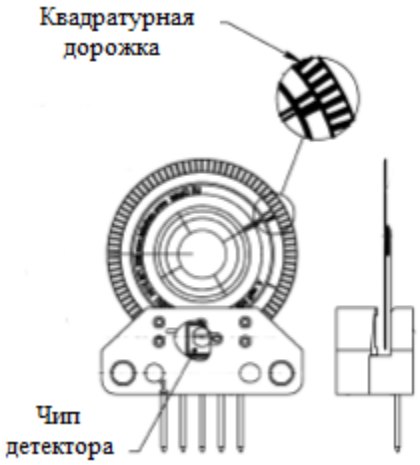


Рис. 4.24: Механика оптического квадратурного энкодера

Механика оптического квадратурного энкодера представлена на рисунке. Используются две оптопары. Принцип работы оптопары: светодиод и детектор расположены напротив друг друга с разных сторон от диска. Когда «окно» диска попадает на детектор, оптопара «открыта» (выходной сигнал - логический 0). Если детектор закрыт непрозрачной частью диска, то выходной сигнал датчика – логическая 1.

Основная характеристика квадратурного энкодера – число шагов на один оборот (CPR). Стандартные значения разрешения для энкодера – от 24 до 1024 CPR. Каждый период изменения сигнала может быть расшифрован 1, 2 или 4 кодами, что соответствует режимам работы X1, X2 и X4. В данном контроллере используется наиболее точный режим X4. Максимальная частота каждого из сигналов энкодера зависит от выбранного энкодера, так, для 200 кГц и режима x4 контроллер способен воспринимать 800 000 отсчётов положения по энкодеру в секунду.

4.3.5.3 Возможности контроллера

Контроллер имеет два режима работы с энкодером:

- использование энкодера как основного датчика положения.
- обнаружение проскальзывания, люфта или потери шагов (рекомендуемый режим работы совместно с шаговыми двигателями, если энкодер не используется как основной датчик положения, *подробнее*).

4.3.5.4 Подключение энкодера

Подключение энкодера к контроллеру осуществляется через *разъем DVI-I* , который есть на *плате контроллера*, в *одноосной* и *многоосных* системах.

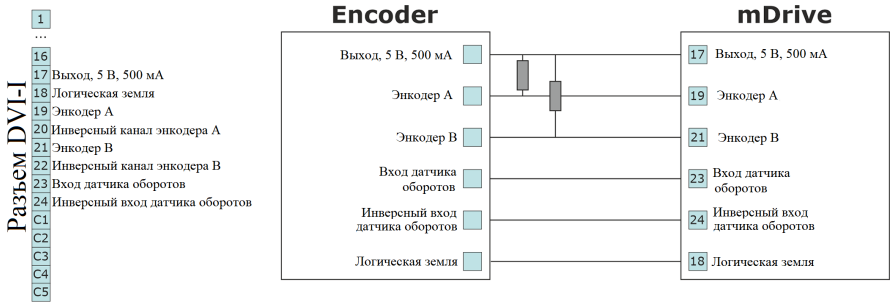


Рис. 4.25: Схема подключения простого энкодера к разъему DVI-I.

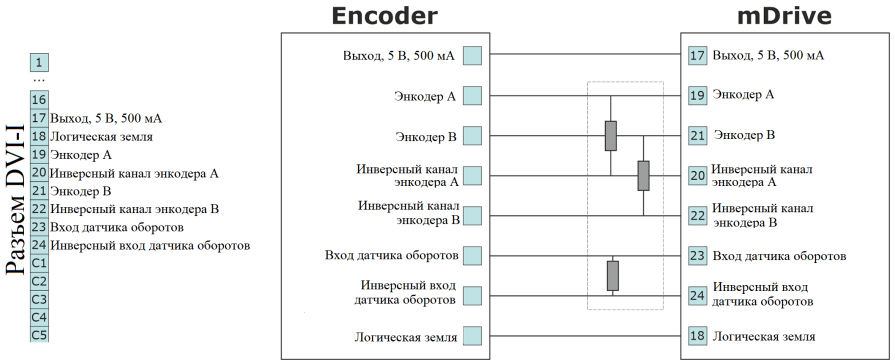


Рис. 4.26: Схема подключения дифференциального энкодера к разъему DVI-I.

Также смотрите раздел *пример подключения простого двигателя*.

Предупреждение: Входы энкодеров контроллера внутренне подтянуты к логической единице сопротивлением 5.1 кОм. Обычно выходы энкодера имеют тип «открытый коллектор» с внутренним подтягивающим резистором. При передаче данных, они обеспечивают хорошие показатели перехода из высокого логического уровня в низкий. Но переход из логического 0 в логическую 1 оказывается более плавным. Он происходит через RC-цепь, образованную сопротивлением подтяжки и ёмкостью кабеля. Это особенно важно для длинных кабелей *(до 5 метров)*. Если встроенной подтяжки недостаточно, то для улучшения показателей скорости перехода 0 - 1 можно добавить подтягивающий резистор R=1.5 кОм к +5 В на каждый выход, проверив, что открытый коллектор энкодера способен пропускать ток 5 мА. Схема включения резисторов показана выше. Максимальной скорости работы инкрементального квадратурного энкодера можно достичь, добавив к его выходу драйвер push-pull с выходным током более 10 мА, который обеспечивает резкие фронты переходов 0 - 1 и 1 - 0.

4.3.5.4.1 Использование длинных кабелей

Для корректной работы энкодеров при использовании кабелей длиннее 5 метров рекомендуется использовать энкодеры с дифференциальным выходом типа RS-485 для снижения влияния электромагнитных наводок. При использовании интерфейса RS-485 все дифференциальные пары должны быть терминированы резистором номиналом 120 Ом, который должен располагаться в разъёме подключения к контроллеру.

Кабель должен иметь дополнительный внутренний экран для цифровых сигналов (пины 2-4, 9-24), подключенный к DGND (пин 18) на стороне контроллера и на стороне позиционера. Внешний экран

должен быть подключен к металлическому корпусу разъёма напрямую на стороне позиционера и к металлическому корпусу разъёма через конденсатор номиналом 47 нФ на стороне контроллера.

4.3.5.4.2 Автоматическое определение типа энкодера

Контроллер mDrive может автоматически определять тип подключенного энкодера, *если соответствующая опция активирована в настройках*. Эта система сконструирована для работы со стандартными кабелями типа CAT-5E длиной до 50 метров и с сопротивлением проводников 80 мОм на метр. Автоматическое определение может работать неправильно, если длина кабеля превышает 50 метров или при использовании нестандартного кабеля с большим удельным сопротивлением. В случае проблем с автоматически определением типа энкодера, тип энкодера может быть принудительно установлен *в настройках обратной связи*.

4.3.6 Датчик оборотов

Датчик оборотов предназначен для обнаружения *потери шагов* шагового двигателя (ШД) и более точной калибровки домашней позиции (см. *Автокалибровка «домашней» позиции*).

Контроллер может получать данные о текущей позиции с внешнего датчика оборотов, установленного на оси ШД. Датчик передает сигналы в контроллер один или несколько раз за один оборот двигателя.

Обычно датчик оборотов представляет собой маленький диск с точной шкалой деления, который устанавливается на ось ШД. С разных сторон диска, напротив друг друга, расположены источник (светодиод) и регистратор оптопары. Когда отсечка шкалы не находится между светодиодом и регистратором, датчик «открыт» (на выход оптопары подается логический нуль). Когда отсечка закрывает источник света от детектора, то датчик на выход подает логическую единицу.

Контроллер по умолчанию воспринимает низкий логический уровень как активное состояние датчика оборотов. Вход контроллера притянут к единичному логическому уровню, так что неподключенный датчик оборотов считается неактивным состоянием. При необходимости можно инвертировать вход контроллера и активным будет считаться логический уровень единицы.

4.3.6.1 Схема подключения

Выводы для подключения датчика оборотов во всех системах (*плата контроллера*, *одноосная* и *многоосные* системы) расположены на *разъёме DVI-I*.

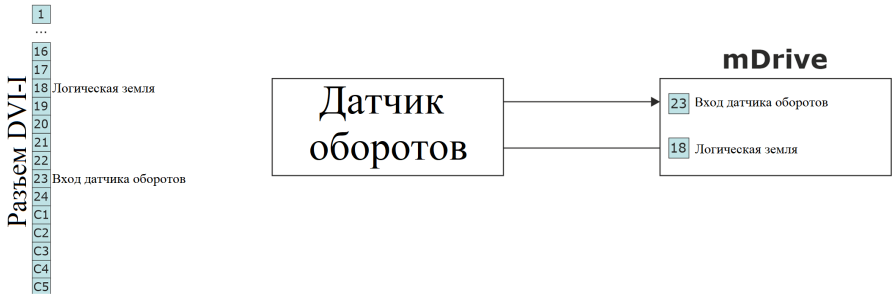


Рис. 4.27: Схема подключения датчика оборотов к системе на базе mDrive

4.3.7 Обнаружение потери шагов

Данный режим используется главным образом если производится работа с шаговым двигателем на предельных скоростях или нагрузках, где возможно застревание оси, приводящее к потере шагов. В этом случае дополнительный датчик положения (*датчик оборотов* или *энкодер*) позволяет отследить этот

момент и уведомить пользователя. Данная функция используется **только совместно с шаговыми двигателями** и позволяет обнаруживать потерю шагов. Все координаты и положения оси двигателя измеряются в шагах и микрошагах.

При использовании энкодера в контроллере сохраняется значение количества шагов двигателя и отсчётов энкодера на оборот (см. вкладку mDrive Direct Control *Настройка кинематики движения*). При включении функции, контроллер сохраняет текущую позицию в шагах ШД и текущую позицию по данным энкодера. Далее, в ходе движения, позиция по энкодеру преобразовывается в шаги и, если разница оказывается больше заданного значения, осуществляется индикация проскальзывания и переход в *режим Alarm*, при включении соответствующей настройки. Подробно использование энкодера как датчика потери шагов описано в разделе *Работа с энкодерами*.

При использовании датчика оборотов позиция контролируется по нему. По активному и неактивному фронтам на входе от датчика оборотов контроллер запоминает текущее положение в шагах. Далее, при каждом обороте (количество шагов на один полный оборот двигателя устанавливается параметром *Steps per turn*, см. *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*) контроллер проверяет, на сколько шагов сместилась ось. При рассогласовании более чем на заданное значение ошибки Minimal error (устанавливается в настройках контроля позиции, см. *Контроль позиции*) осуществляется индикация проскальзывания флагом структуры состояния. Если в настройках установлен соответствующий флаг, то при выявлении ошибки контроллер переходит в *режим Alarm* и двигатель останавливается, иначе продолжает свое движение. Если флаг индикации проскальзывания активен, то контроллер переходит в *режим Alarm* при включении соответствующего параметра в настройках.

Так же в настройках контроля позиции может быть включен режим *автоматической коррекции позиции* в случае потери шагов. Если эта опция включена, то при обнаружении проскальзывания контроллер останавливает вращение, корректирует шаговую позицию на основании данных энкодера и пытается запустить вращение заново. *Флаг ошибки контроля позиции* устанавливается, когда позиция сбивается и автоматически снимается после корректировки. В случае невозможности скорректировать позицию устанавливается *флаг ошибки контроля позиции* и контроллер переходит в *режим Alarm*. Если потеря шагов происходит в процессе движения, то *статус движения* не сбрасывается во время коррекции позиции. Если потеря шагов происходит в режиме удержания позиции, то для восстановления корректной позиции подаётся команда *движения в позицию*, в которой ось двигателя находилась до потери шагов.

Примечание: Для использования функции коррекции позиции нужен энкодер с разрешением не менее двух отсчётов на шаг двигателя.

Примечание: Для корректной работы коррекции позиции контроллеру нужно дать постоять с запитанными обмотками в течение 1 секунды для калибровки. После перехода контроллера в *режим Alarm* или изменения настроек требуется повторная калибровка.

Примечание: При использовании автоматической коррекции позиции не рекомендуется устанавливать значение *Threshold* более 3 шагов так как в этом случае не любое проскальзывание будет скорректировано.

Примечание: Команды резкой и плавной остановки могут быть проигнорированы контроллером во время коррекции позиции. В этом случае можно послать команду плавной остановки дважды, что приведёт к снятию питания с обмоток двигателя.

Примечание: Если Вы пользуетесь *программными концевыми выключателями*, то использовать автоматическую коррекцию позиции не рекомендуется, так как положения программных концевых выключателей будут изменяться в процессе коррекции позиции.

Примечание: Команда резкой остановки запускает процесс перекалибровки положения датчика оборотов, причём калибровка происходит при срабатывании датчика оборотов во время движения, управляемого двигателем. Это значит, что если сразу после резкой остановки повернуть ось руками, то после начала движения проскальзывание не будет обнаружено, так как калибровка ещё не была произведена.

Примечание: Если датчик оборота двигателя подвержен дребезгу (механическому), то на очень малых скоростях возможны ложные срабатывания контроля по датчику оборотов.

Примечание: Контроль позиции по датчику оборотов не может обнаружить вращение оси при нулевой внутренней скорости. Т.е. если остановить двигатель и руками провернуть ось, то это не будет обнаружено.

4.3.8 Управление питанием двигателя

4.3.8.1 Снижение тока потребления

Для уменьшения энергопотребления шагового двигателя в режиме ожидания контроллер позволяет задавать уровень потребляемого тока в состоянии остановки ниже номинального значения. Этот режим по умолчанию активирован. Он повсеместно используется для снижения нагрева шагового двигателя в режиме удержания при сохранении точности нахождения в заданной позиции. Уровень тока удержания задаётся в процентах от номинального уровня тока в обмотках. Также определяется время в миллисекундах, через которое ток будет снижен. Опцию снижения тока можно отключить специальным флагом. Для настройки функции снижения тока удержания смотрите функцию *set_power_settings* (см. раздел *Руководство по программированию*) или вкладку настроек mDrive Direct Control - *Настройка параметров энергопотребления*. Установка номинального тока шагового двигателя осуществляется командой *set_engine_settings* (см. *Руководство по программированию* или раздел *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*).

Разумным значением уровня сниженного тока удержания является 40-70%. Это снижает энергопотребление в 2-4 раза, а сила удержания обычно остаётся достаточной. Время, через которое ток снижается, разумно выбирать в диапазоне 50-500 мс. Это время окончания низкочастотных колебаний механической системы, которые могут сбить позицию удержания в некоторых системах.

4.3.8.2 Отключение питания двигателя

Также для уменьшения энергопотребления шагового двигателя существует режим отключения питания двигателя по таймеру. Это необходимо в основном для предотвращения траты энергии на удержание позиции, когда работа с установкой закончена и никаких движений не происходит долгое время. Этот режим по умолчанию активирован, но может быть отключен пользователем. Время от остановки до отключения настраивается в секундах. Разумным временем является 3600 секунд (один час). Для настройки функции отключения питания двигателя смотрите функцию *set_power_settings* (см. раздел *Руководство по программированию*) или вкладку настроек mDrive Direct Control - *Настройка параметров энергопотребления*.

4.3.8.3 Специфика расчёта временных задержек

Все временные задержки работают следующим образом: при каждом переходе в состояние остановки двигателя запоминается время с точностью до миллисекунды. Далее, при достижении заданных пользователем таймаутов и включенности функций PowerOff/CurrentReduce происходит отключение питания двигателя или снижение тока в обмотках. Все настройки можно менять онлайн. Например, если увеличить время таймаута PowerOff после того, как он уже случился, то обмотки запитаются и функция PowerOff сработает снова по достижению таймаута от момента остановки двигателя. То же самое касается включения и отключения флагов использования режимов PowerOff/CurrentReduce. Отсчёт таймаутов останавливается и функции PowerOff/CurrentReduce отменяются при любом начале движения.

4.3.8.4 Функция Jerk free

Иногда необходимо плавно менять ток в обмотках двигателя для устранения вибраций механической системы. Для этого в контроллере предусмотрена опция *Jerk free*, где можно задать скорость выхода тока через обмотки с нуля на номинальное значение с точностью до миллисекунды. Опция включается соответствующим флагом. При этом все изменения тока стабилизации или отключения обмоток будут проходить с предварительным плавным набором или сбросом тока удержания. Например, если установлена скорость набора тока 100 мс и происходит событие снижение тока удержания до 50%, то он будет снижен плавно за 50 мс (а не 100 мс, ведь 100 мс нужно чтобы полностью сбросить ток до нуля). Также за 50 мс ток будет снова набран до номинального при новом движении. Для настройки функции *Jerk free* смотрите функцию *set_power_settings* (см. раздел *Руководство по программированию*) или вкладку настроек mDrive Direct Control - *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)*.

Функция плавного набора тока работает при любом изменении амплитуды тока в обмотках, например при смене номинального тока удержания. При этом скорость увеличения или уменьшения тока рассчитывается на основе максимального из введённых токов удержания: старого или нового. Если обмотки нужно отключить, то ток снижается до нуля, а только затем силовые выходные цепи контроллера обесточиваются. Если обмотки нужно запитать номинальным током, то они запитываются нулевым током и далее ток растёт до номинального.

Существуют исключения, когда ток мгновенно сбрасывается до нуля и обмотки отключаются, даже когда функция Jerk free включена. Это события опасности и попадание в состояние Alarm (см. *Критические параметры*), а также моменты перезагрузки контроллера для обновления программного обеспечения. Все эти события редки и не должны происходить во время работы с позиционером.

Разумным значением времени Jerk free будет 50-200 мс, так как это приведёт лишь к низкоэнергетичным вибрациям на частоте 3-10 Гц, которые будут значительно меньше вибраций от бытовых шумов (шагов, сквозняка). Установка большого времени Jerk free и функции снижения тока для экономии электроэнергии и снижения нагрева двигателя приведёт к постоянным задержкам для сброса и набора тока. Поэтому время Jerk free не стоит делать большим.

4.3.9 Критические параметры

Для безопасности работы контроллера и двигателя устанавливаются максимальные и минимальные значения токов, напряжений, температур. Выход из допустимого диапазона для любого из этих параметров приводит к тому, что движение прекращается, обмотки двигателя обесточиваются, контроллер переходит в состояние Alarm. Выход из состояния Alarm возможен только при устранении причины превышения критического параметра и посылки команды STOP. Настройки используются для всех типов двигателей.

Доступны следующие параметры:

- *Low voltage off* - определяет минимальное значение напряжения силового питания контроллера (измеряется десятками мВ). Включается флагом *Low voltage protection*. Иначе минимальный порог отключения не действует. Разумное значение 6000-8000 мВ, для рабочего диапазона питания

12-36 В. Эта защита помогает обнаружить момент, когда блок питания отключился из-за срабатывания одной из его защит. Такое может произойти со стабилизированным блоком питания при превышении его рабочей мощности.

- *Max current (power)* - определяет максимальное значение тока силового питания контроллера (измеряется в мА). Устанавливать разумно в два раза выше, чем максимальный зарегистрированный рабочий ток потребления во время тестов. Для регистрации тока потребления используйте *графики mDrive Direct Control*.
- *Max voltage (power)* - определяет максимальное значение напряжения силового питания контроллера (измеряется десятками мВ). Это ограничение разумно брать на 20% выше, чем рабочее напряжение блока питания.
- *Max temperature* - определяет максимальное значение температуры микропроцессора (измеряется десятыми долями градуса Цельсия). Микропроцессор выдерживает рабочую температуру 75 градусов Цельсия, но не перегревается сам по себе. Повышение его температуры может косвенно свидетельствовать о перегреве силовой части платы. Значение порога перегрева разумно выбирать в диапазоне 40-75 градусов.

Флаги:

- *Switch off power driver on overheat* - Входить в состояние Alarm по превышению критической температуры драйвера (более 125 °C). Силовой драйвер сигнализирует о приближении его температуры близко к критической. Если драйвер не отключить, то при дальнейшем нагреве он отключит себя сам. Рекомендуется не доводить до принудительного отключения и установить флаг добровольного отключения.
- *Switch off power driver on H bridge alert* - Входить в состояние Alarm при неполадках в силовом драйвере, вызванных безусловным отключением по перегреву или повреждением платы контроллера. Этот флаг должен быть установлен.
- *Enter Alarm state when edge misset is detected* - Входить в состояние Alarm при срабатывании концевого выключателя противоположного ожидаемому. (см. *Концевые выключатели*). Служит для более понятной индикации срабатывания подсистемы обнаружения перепутанности концевых выключателей. Рекомендуется держать флаг включенным.
- *Sticky Alarm flags* - Этот флаг настраивает «залипание» индикаторов произошедшей ошибки в статусной структуре контроллера. Иначе флаги ошибок активны только пока происходит событие, вызывающее ошибку. Если ошибка носила кратковременный характер и её причина самостоятельно исчезла, то иногда неясна причина попадания в состояние Alarm. Для этого удобно включить «залипание» и на главном окне mDrive Direct Control диагностировать причину попадания в Alarm.
- *Enable Braking Overvoltage Protection (BOP)* - если эта опция включена, скачки напряжения питания приводят к включению нижних ключей Н-моста и замыканию обмоток двигателя на землю. Это помогает предотвратить неисправности силовой цепи, вызванные рекуперацией энергии двигателя при торможении. BOP поддерживается для всех типов двигателей и алгоритмов обратной связи.
- *WRM Alarm* - при установке этого флага контроллер войдет в состояние Alarm, если имеется значительная разница в сопротивлении обмоток шагового двигателя. Флаг реализован для работы в режиме Feedback None.
- *Engine response Alarm* - при установке этого флага контроллер войдет в состояние Alarm в ответ на действие управления двигателем.

Установка параметров описана в меню программы mDrive Direct Control *«Настройка предельных параметров контроллера»*. Команды установки максимально допустимых значений описаны в *руководстве по программированию*.

4.3.10 Хранение параметров во flash-памяти контроллера

Контроллер позволяет сохранять все свои настройки в энергонезависимую память. При подаче питания на контроллер он восстанавливает настройки из этой памяти и мгновенно готов к работе. Не нужно каждое включение питания настраиваться на позиционер заново. Контроллер хранит в своих настройках своё имя, вводимое пользователем. Это удобно для его последующей идентификации.

Важно: В энергонезависимую память сохраняются все текущие рабочие параметры контроллера, относящиеся к вкладке Device из меню настроек программы mDrive Direct Control. Поле *friendly_name* является единственным исключением. Любые изменения, внесенные в настройки mDrive Direct Control из других вкладок, не сохранятся!

Это делается с помощью кнопки **Save settings to flash** в программе mDrive Direct Control или с помощью функции *command_save_settings* (см. *Руководство по программированию*).

Можно восстановить в ОЗУ контроллера все настройки из энергонезависимой памяти не только при подаче питания, но и при нажатии в mDrive Direct Control на кнопку Load settings from flash, что позволяет работать с сохраненными во flash данными. Для загрузки можно использовать функцию *command_read_settings* (см. *Руководство по программированию*). Восстановленные настройки станут активны немедленно. При этом произойдёт переинициализация всех блоков контроллера.

4.3.11 Пользовательские единицы координат

Текущая координата контроллера выводится и задается в шагах шагового двигателя или отсчетах энкодера, если энкодер присутствует и включен. При работе с позиционерами может быть удобно задавать позицию в миллиметрах для трансляторов, в градусах для ротаторов, или в других естественных единицах. Для этого программное обеспечение контроллера позволяет пересчитывать координаты в пользовательские единицы. Если пользователь знает какому линейному перемещению соответствует смещение шагового двигателя на определенное количество шагов, он может задать это соотношение как коэффициент пересчета и далее отдавать команды движения и наблюдать за координатой позиционера в этих единицах. Это касается и интерфейса mDrive Direct Control, и использования в собственных программах и скриптах. Скорость и ускорение также задаются в единицах, производных от пользовательских (например в миллиметрах в секунду). *Установка нулевой позиции* делается одинаково для отсчёта в шагах или в пользовательских единицах.

В *mDrive Direct Control* отображение пользовательских единиц можно включить на вкладке *Настройки отображения пользовательских единиц*. Можно установить подходящее имя пользовательских единиц.

При работе с библиотекой libximc функции, принимающие и возвращающие величины в пользовательских единицах имеют имена оканчивающиеся на _calb. Эти функции дополнительно принимают как параметр калибровочную структуру calibration_t, см. *Руководство по программированию*.

4.3.12 Использование таблицы коррекции координат для более точного позиционирования

Если используется позиционер без линейного энкодера, то точное положение не всегда будет соответствовать показаниям координат по осям. Это связано с точностью изготовления механических деталей, люфтами, температурным расширением. В этом случае для более точного позиционирования можно воспользоваться корректирующей таблицей.

Важно: Таблица является индивидуальной для каждого позиционера. Таблица формируется производителем на высокоточном стенде.

Принцип работы:

Через определенные расстояния, не обязательно равные, начиная с 0 промеряется реальное положение позиционера. Разность между заданным и реальным положением заносится в таблицу. По полученным значениям, с использованием линейной интерполяции, производится пересчет координат при использовании определенных _calb функций. В результате, компенсируются неточности изготовления и другие возможные отклонения положения.

Пример: Предположим для позиционера задана следующая корректирующая таблица.

X	0	5	10	15	20	25
dX	0	0.05	0.02	-0.003	0.01	-0.04

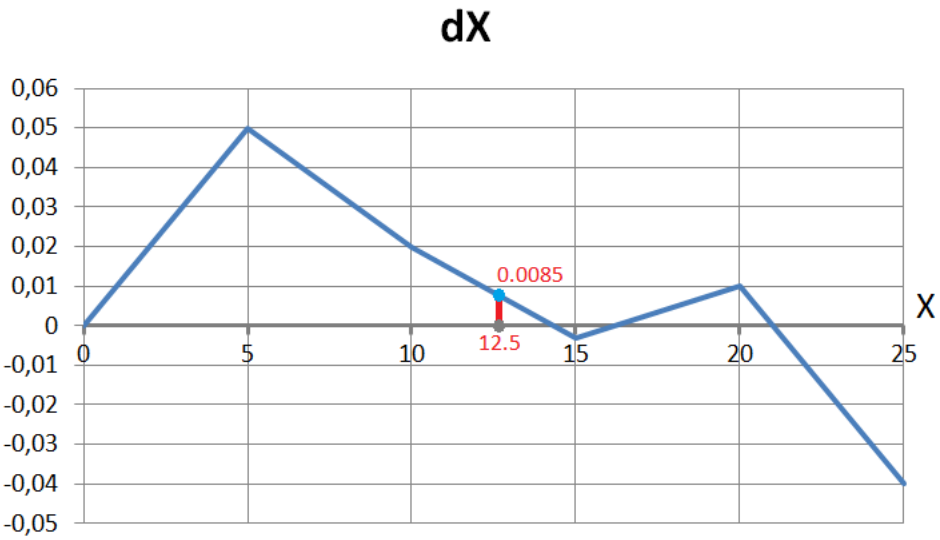


Рис. 4.28: На графике показаны отклонения координат соответствующие таблице

Для перемещения в позицию 12.5 необходимо задать координату на 0.0085 большую то есть 12.5085. Это именно то, что делают алгоритмы некоторых _calb команд, которые используют таблицу коррекции координат.

В *mDrive Direct Control* загрузить и очистить корректирующую таблицу можно на вкладке *Настройки отображения пользовательских единиц*.

Для просмотра списка функций, структур и параметров, которые изменяются при использовании корректирующей таблицы, смотрите руководство по библиотеке libximc.

4.4 Безопасная работа

Несколько настроек контроллера непосредственно связаны с безопасностью работы. Неправильная их установка может повредить позиционер или контроллер. Позиционер можно повредить превышением мощности, скорости вращения и выходом за пределы допустимого диапазона движения. Обычно для безопасной работы достаточно загрузить заранее подготовленный профиль для Вашего позиционера, где все необходимые настройки уже сделаны.

4.4.1 Границы движения и концевые выключатели

Линейные позиционеры имеют ограниченный диапазон перемещения в отличие от круговых ротаторов. Выход такого позиционера за допустимые физические границы его перемещения - основная причина заклинивания или выхода позиционеров из строя. Для предотвращения таких поломок диапазон перемещения позиционера ограничивается в соответствии с требованиями пользователя. Для этого используются *Концевые выключатели*, но в части случаев, например, когда позиционер не оборудован концевыми выключателями или имеет только один концевой выключатель, границы движения могут определяться программно (см. *Концевые выключатели*). Часто бывает, что *концевые выключатели* перепутаны местами. В этом случае воспользуйтесь механизмом обнаружения перепутанности концевых выключателей, описанным в разделе *Концевые выключатели*, чтобы первое же движение до границы не привело к заклиниванию позиционера. Настройка диапазона движения и концевых выключателей описана в соответствующем *разделе* . Команды настройки описаны в *Руководство по программированию*.

4.4.2 Ограничители движения

Шаговый двигатель имеет основную настройку безопасности - номинальный ток в обмотках. Это основной параметр, определяющий мощность, подаваемую на двигатель. Номинальный ток должен быть установлен не выше допустимого для данного двигателя. Подробней смотрите главу *Ограничители на двигателях*. Для BLDC-двигателей максимальный ток является ограничивающим и должен быть установлен согласно максимально допустимому току через BLDC-двигатель. Если не известен максимальный ток, то может быть ограничено максимальное напряжение, подаваемое на двигатель. Это также будет препятствовать его перегреву, хотя ограничение напряжения это более грубый способ, чем ограничение тока. Подробней смотрите главу *Ограничители на двигателях*.

Повредить позиционер или способствовать его быстрому износу может превышение скорости вращения. Необходимо поставить флаг ограничения скорости не выше максимальной и установить правильную максимальную скорость для данного позиционера. Подробней смотрите главу *Ограничители на двигателях*.

4.4.3 Критические параметры

Контроллер отслеживает токи и напряжения, которые возникают в его цепях и способен реагировать на их подозрительные значения. Реакция обесточивает двигатель и препятствует дальнейшему движению, пока причина проблемы не устранена. Это позволяет отследить замыкания обмоток двигателя на друг друга или на землю, которое может возникнуть при повреждении кабеля позиционера или самого позиционера. Также реакция носит информативный характер, позволяя отследить некорректные значения напряжения питания или приближающийся перегрев. Поэтому прочтите главу *Критические параметры* и установите необходимые защиты. При возникновении опасного состояния контроллер переходит в режим Alarm и *главное окно программы mDrive Direct Control* приобретает красный оттенок. Если такое произошло, то отследите и устраните причину опасности прежде чем отключать режим Alarm. Если Вы пользуетесь собственным приложением для управления двигателем, то обращайте повышенное внимание на флаг состояния Alarm (см. *Статус контроллера*).

4.4.4 Работа с энкодером

Если при подключении энкодера перепутать каналы датчика, то при движении двигателя в положительном направлении, энкодер будет показывать уменьшение координаты. Для того, чтобы исправить эти ошибки достаточно установить флаг *Encoder Reverse*, указанный в блоке настроек обратной связи во вкладке *Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)* для шагового двигателя и *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)* для BLDC-двигателя.

Так же возможна ситуация, когда нет контакта с одним из каналов энкодера. В этом случае, при движении двигателя показания датчика будут колебаться в диапазоне [-1..1] от начальной позиции.

При работе с BLDC-двигателем обе эти ошибки приведет к некорректной работе алгоритма управления, описанном в пункте *PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем*. Если вы впервые подключили новый BLDC-двигатель, то перед началом работы настоятельно рекомендуется выполнить проверку подключения энкодера. Для этого, установите следующие значения коэффициентов регулирования: K_p = 1 ,K_i=0 ,K_d=0 и попытайтесь выполнить движение вправо или влево с небольшой скоростью. После начала движения проверьте, что показания энкодера изменяются в соответствии с выбранным направлением. Если необходимо установите флаг *Encoder Reverse*.

4.5 Дополнительные функции

4.5.1 Индикация

4.5.1.1 Статус контроллера

В mDrive предусмотрена индикация. Для этого на передней панели контроллера расположен один двухцветный светодиод.



Рис. 4.29: Передняя панель контроллера mDrive с двухцветным светодиодом

Зелёный индикатор Power показывает наличие питания 3.3 В у контроллера.

Красный индикатор Status - отображает режим работы контроллера. Одновременное горение двух цветов выглядит как **жёлтое свечение**.

Таблица 4.2: Режимы работы индикатора Power/Status :class: longtable :widths: 1 3

Частота	Описание
LED индикаторы не светятся	контроллер выключен, нет питания
Power LED индикатор светится	на контроллер подается питание
Status LED индикатор светится зеленым	в контроллер не загружена прошивка
Status LED индикатор светится желтым	контроллер в состоянии *Alarm*
Status LED мигает желтым, 0.25 Гц	контроллер работает, но нет связи с ПК
Status LED мигает желтым, 1 Гц	контроллер работает, ожидается команда движения
Status LED мигает желтым, 4 Гц	контроллер работает, выполняется команда движения
Status LED мигает желтым, 8 Гц	контроллер находится в режиме перепрошивки
Status LED мигает желтым, 10 Гц	контроллер находится в режиме повторного переподключения

4.5.2 Работа с магнитным тормозом

На разъеме *DVI-I* есть вывод для управления магнитным тормозом, установленным на ось шагового двигателя. Магнитный тормоз используется для удержания положения двигателя при отсутствии питания.

4.5.2.1 Описание работы

Магнитный тормоз состоит из магнита и пружины, осуществляющей остановку оси двигателя. При отсутствии напряжения на магните пружина зажимает ось в текущем состоянии, что позволяет сохранять необходимое положение двигателя. После подачи напряжения на магнит, пружина освобождает ось.

4.5.2.1.1 Последовательность работы контроллера при отключении позиционера

Остановка двигателя (время остановки запоминается в контроллере) -> Отключение магнита от питания, фиксация вала -> Отключение питания платы.

При включении позиционера последовательность работы контроллера обратная.

Поскольку любое движение инерционно, для управления магнитным тормозом и процессом фиксации положения устанавливаются следующие параметры:

- Время между включением питания двигателя и отжатием тормоза (мс)
- Время между отжатием тормоза и готовностью к движению (мс)
- Время между включением питания двигателя и зажатием тормоза (мс)
- Время между зажатием тормоза и отключением питания двигателя (мс)

При отключении функции магнитного тормоза контроллер непрерывно подаёт сигнал отжатия тормоза. Это позволяет запускать двигатель, оснащённый магнитным тормозом, не используя фиксацию ротора при остановках. При отключении функции обесточивания обмоток контроллер отрабатывает только задержки между переключением тормоза и началом/остановкой движения.

Все настройки магнитного тормоза можно изменять онлайн и тормоз будет переключаться в такой режим, который был бы, если бы настройка всегда имела новое значение. Например, значительное увеличение задержки срабатывания тормоза, когда тормоз уже сработал, приведёт к тому, что тормоз снова будет отведён и по достижению новой задержки от момента остановки снова сработает. Так же можно отключать и включать сам магнитный тормоз или функцию запитывания обмоток.

Таблица 4.3: Электрические параметры вывода

Тип	TTL
Тормоз отжат	0 В
Тормоз зажат	5-24 В (зависит от EXT REF SUPPLY)
Рабочий ток	не более 4 мА

Настройка магнитного тормоза в программе mDrive Direct Control описана в *Настройка тормоза*.

4.5.2.2 Схема подключения магнитного тормоза

Контакт, отвечающий за управление магнитным тормозом, расположен на *разъеме DVI-I*. Схема подключения показана ниже.

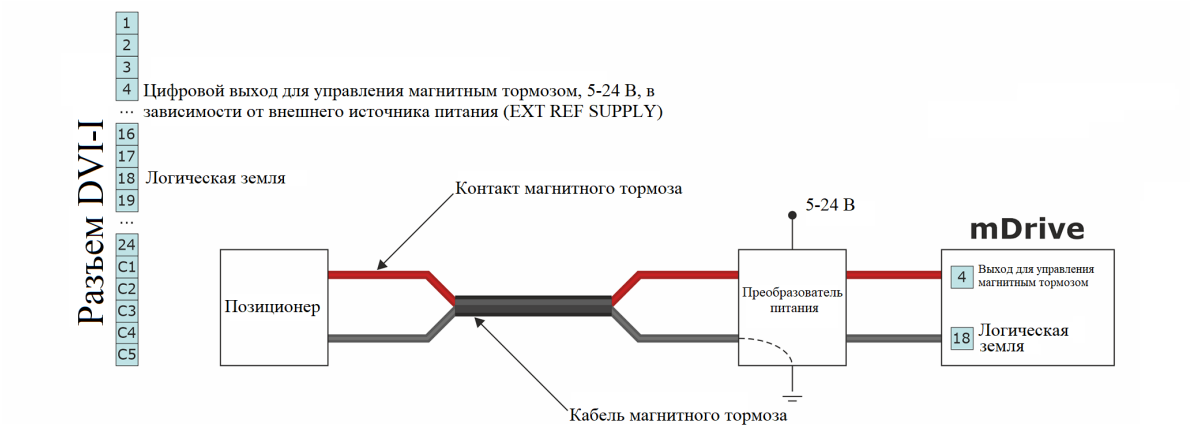


Рис. 4.30: Схема подключения магнитного тормоза к контроллеру mDrive

Power converter - это преобразователь цифровых сигналов в силовые. При высоком уровне на ножке сигнала Magnetic brake control (сигнал EMBRAKE = 0), на контакт магнитного тормоза должно поступить напряжение 24 В, при низком уровне (сигнал EMBRAKE = 5-24 В) с него убирается напряжение. В простейшем случае это схема, построенная с использованием транзисторного ключа и диода.

4.5.3 Управление с помощью джойстика

4.5.3.1 Основная информация

Контроллер позволяет работать с джойстиком, который выдает аналоговое напряжение в диапазоне 0-3.3 В. При этом напряжение в равновесном (центральном) положении, а также напряжения максимального и минимального отклонений могут быть заданы любыми в рабочем диапазоне напряжений, соблюдая условие: минимальное отклонение < центральной позиции < максимальное отклонение. Контроллер использует числовое представление напряжения на выходе джойстика: 0 В контроллер сопоставляет значению 0, а напряжению 3.3 В - 10000.

Установка значений DeadZone описана в разделе *Настройка внешних управляющих устройств*.

Для того, чтобы движение могло остановиться в центральном положении, предусмотрена мертвая зона DeadZone, отсчитываемая от центрального положения и измеряемая в процентах. Внутри DeadZone контроллер вызывает остановку движения. При отклонении джойстика от центрального положения, выводящем его из DeadZone начинается движение со скоростью, определяемой отклонением джойстика от границы DeadZone до максимального отклонения. Диапазоны DeadZone показаны на следующем рисунке.

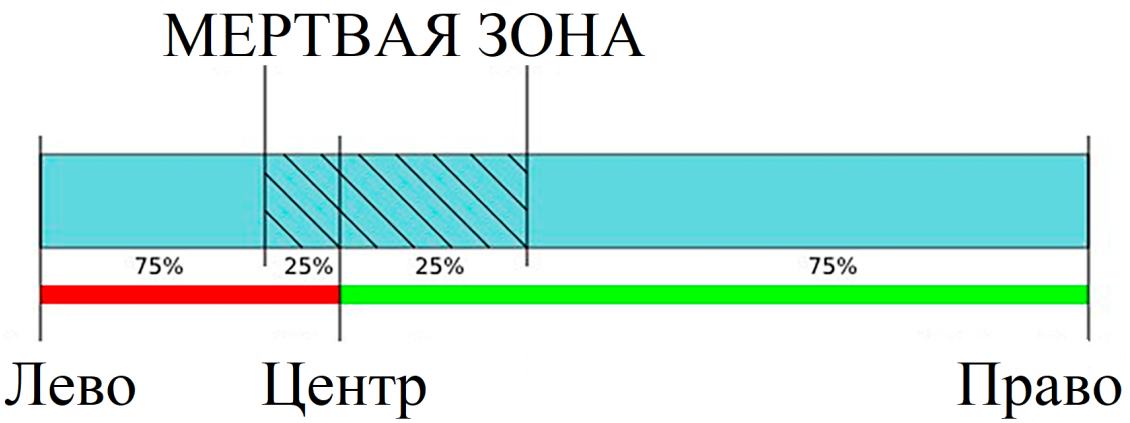


Рис. 4.31: Диапазоны DeadZone

Связью направления движения джойстика и его отклонения можно управлять с помощью флага реверса, что может быть удобно для соответствия: «отклонение вправо» - «движение вправо», - независимо от физической ориентации джойстика и подвижной части.

Скорость движения экспоненциально зависит от отклонения джойстика. Это позволяет небольшими отклонениями достигать высокой точности подводки позиции, а сильными отклонениями джойстика вызывать быстрые перемещения. Параметр нелинейности (*Exp factor*) можно менять. При установке параметра нелинейности в 0 скорость движения двигателя начинает линейно зависеть от отклонения джойстика.

На графике приведён пример зависимости скорости движения от отклонения джойстика для следующих настроек:

Центральное отклонение	4500
Минимальное отклонение	500
Максимальное отклонение	9500
Мёртвая зона	10%
Максимальная скорость	100

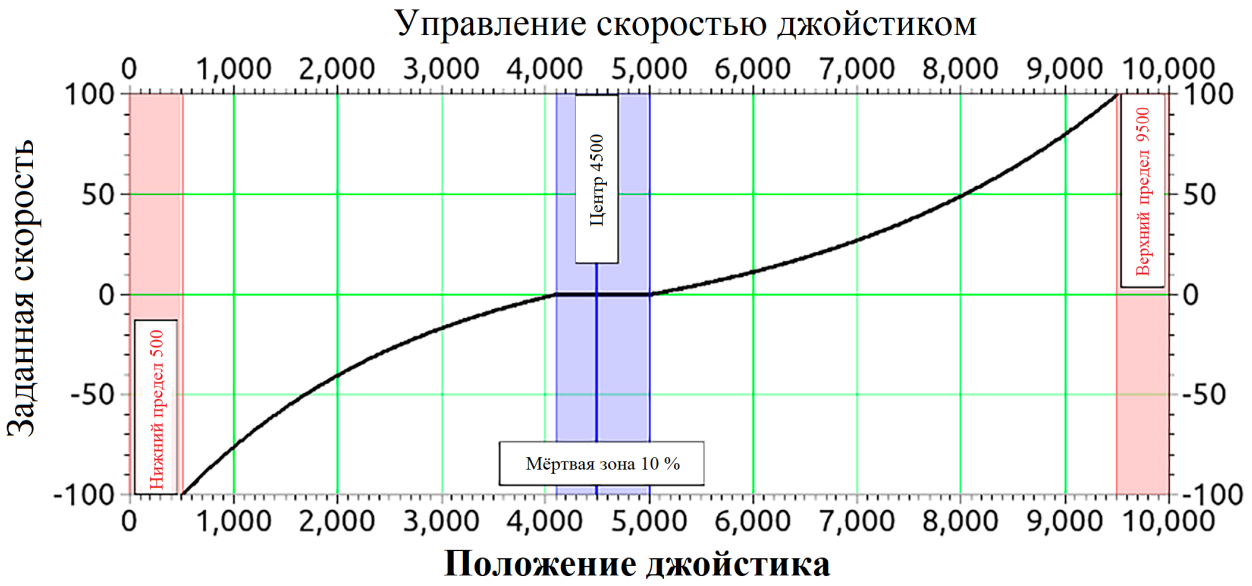


Рис. 4.32: Пример зависимости скорости движения от отклонения джойстика

4.5.3.2 Управление скоростью с помощью кнопок

Экспоненциального отклика джойстика, сочетающего высокую точность и скорость, может быть недостаточно. Поэтому контроллер поддерживает таблицу максимальных скоростей, между которыми можно переключаться кнопками управления «влево» / «вправо» (см. главу *Управление кнопками «вправо» и «влево»*).

В режиме джойстика кнопки управляют скоростью движения. То есть, с помощью кнопок можно увеличить или уменьшить скорость, соответствующую определённому отклонению джойстика.

В памяти контроллера записана таблица скоростей *MaxSpeed[i]*, соответствующих 100% отклонению джойстика. При нажатии на кнопку «вправо» скорость, соответствующая 100% отклонения, меняется с *MaxSpeed[i]* на *MaxSpeed[i+1]*. При нажатии кнопки «влево», максимум скорости меняется с *MaxSpeed[i]* на *MaxSpeed[i-1]*. При старте контроллера i=0. Количество скоростей в таблице - 10. Если *MaxSpeed[x]* равна нулю (целая и дробная части), то перейти на эту скорость с *MaxSpeed[x-1]* нельзя. Это сделано для возможности ограничить таблицу меньшим количеством скоростей. Попытка выйти за границы индекса таблицы скоростей (0-9) также ни к чему не приводит.

Изменение параметров MaxSpeed[i], DeadZone описано в разделе *Настройка внешних управляющих устройств*.

Кнопки настраивают не абсолютную скорость, а коэффициент, связывающий отклонение джойстика со скоростью движения. Поэтому при нулевом отклонении джойстика (а точнее при нахождении джойстика в пределах DeadZone) привести в движение привод только лишь с помощью кнопок не получится.

Контроллер подавляет дребезг контактов на кнопках управления. Для срабатывания кнопок длительность нажатия должна превышать 3 мс.

Если джойстик находится внутри мёртвой зоны более 5 секунд, то он не будет считаться вышедшим из неё, пока он не пробудет вне *DeadZone* более 100 мс. Это позволяет отпустить джойстик и быть уверенным, что даже случайный шум на выходе джойстика не приведет к ненужным сдвигам двигателя. Пока джойстик находится внутри *DeadZone* контроллер способен принимать любые команды с компьютера, в том числе и команды движения, калибровки домашней позиции и т.п. Если при выполнении команды джойстик выводится из DeadZone, то команда движения отменяется и двигатель начинает подчинять-

ся управляющему воздействию джойстика. Это позволяет включить режим управления двигателем с помощью джойстика, но не пользоваться им без надобности. А при касании джойстика он перехватит управление.

К режиму джойстика применимо все, что относится и к движению под воздействием управляющих команд: подчинение ускорению, ограничение максимальной скорости, режимы отключения обмоток при простое, работа с магнитным тормозом, компенсация люфта и т. д. Например, если резко бросить ручку джойстика внутрь DeadZone, то, при включении соответствующих режимов, контроллер плавно замедлит двигатель, отъедет в сторону для компенсации люфта, остановит двигатель, зафиксирует вал двигателя магнитным тормозом, плавно снизит ток и отключит питание обмоток.

Важно: В режиме управления джойстиком виртуальные кнопки остаются в рабочем состоянии.

Предупреждение: Не отсоединяйте и не подсоединяйте джойстик к включенному контроллеру! При отключении/подключении джойстика к включенному контроллеру джойстик или контроллер не сгорят, но позиционеры, подключенные к контроллеру, начнут движение к концевым выключателям.

4.5.3.3 Схема подключения

Контакты джойстика на плате контроллера расположены на *разъеме DVI-I*. Обратите внимание, что джойстику необходимо питание +3.3 В.

Важно: Аналоговые входы для подключения джойстика рассчитаны на диапазон 0-3.3 В. Будьте внимательны и не подавайте на контакты джойстика напряжение больше 3.3 В.

4.5.3.3.1 Подключение джойстика, напряжение которого не превышает 3.3 В



Рис. 4.33: Схема подключения джойстика (до 3.3 В) к mDrive через разъём DVI-I

4.5.3.3.2 Подключение джойстика напряжением 5 В

Если вы хотите подключить джойстик напряжением 5 В, используйте резисторный делитель напряжения. Сопротивление можно рассчитать, например, в онлайн-калькуляторе. Схема подключения приведена ниже.

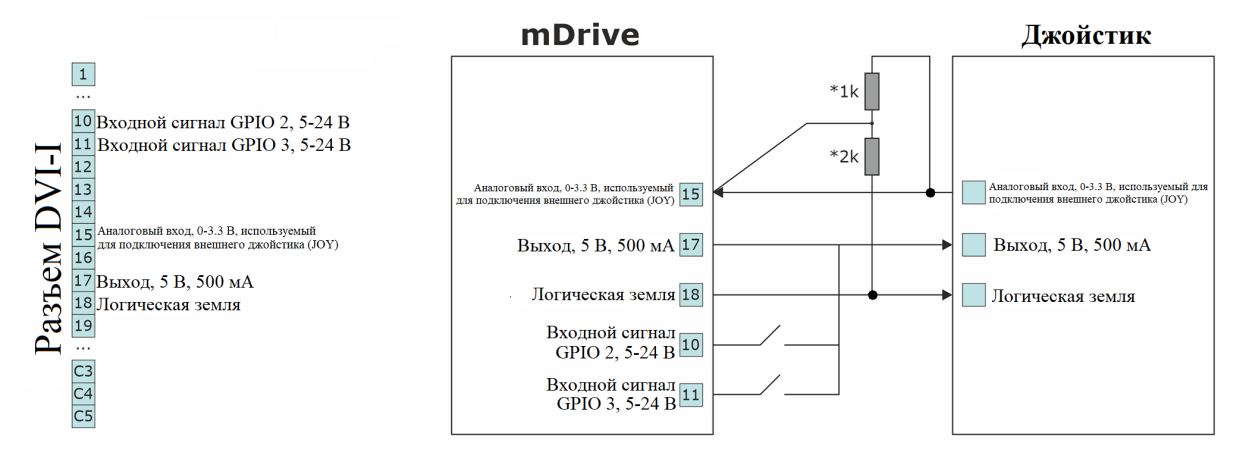


Рис. 4.34: Подключение джойстика (до 5 В) к mDrive через разъем DVI-I (сопротивление «*» рассчитывается индивидуально в зависимости от используемого джойстика)

4.5.4 Управление кнопками «вправо» и «влево»

Для каждой системы существует возможность управлять движением двигателя при помощи кнопок. Контроллер поддерживает таблицу из 10 скоростей движения MaxSpeed[0-9], которые используются и для управления *джойстиком* , и при управлении кнопками.

Настройки кнопок передаются/считываются командами SCTL/GCTL (*set_control_settings* /*get_control_settings*).

- При кратковременном нажатии (менее MaxClickTime) на кнопку вправо или влево двигатель сдвигается на заданное расстояние, если DeltaPosition и uDeltaPosition отличны от нуля.
- При длительном нажатии одной из кнопок, по истечении времени MaxClickTime контроллер запускает движение со скоростью MaxSpeed[0] и начинает отсчитываться таймаут Timeout[0]. По истечении каждого таймаута Timeout[i] скорость меняется с MaxSpeed[i] на MaxSpeed[i+1].
- При одновременном нажатии двух кнопок контроллер совершает *остановку с замедлением*. Удержание двух кнопок в течение 3 секунд запускает *автокалибровку домашней позиции*.

Примечание: Если вся таблица из 10 скоростей не нужна, то достаточно заполнить только её верхнюю часть. Контроллер не будет менять скорость на следующую, если она равна нулю или если таймаут, который для этого надо отсчитать, равен нулю. Например, если MaxSpeed[0] и MaxSpeed[1] ненулевые, а MaxSpeed[2] равно нулю (включая микрошаговую часть), то контроллер начнёт движение на скорости MaxSpeed[0], перейдёт на скорость MaxSpeed[1] и продолжит движение с крайней скоростью до момента отпускания кнопки. Для той же функциональности можно сделать Timeout[1] равным нулю, величина скорости MaxSpeed[2] не будет иметь значения. Движение двигателя подчиняется настройкам движения (за исключением устанавливаемой скорости). Например, при переходе от MaxSpeed[i] на MaxSpeed[i+1] двигатель может ускоряться до достижения нового значения скорости или менять её скачком, если ускорение отключено.

По умолчанию состояние кнопки задаётся уровнями напряжений согласно таблице *Параметры вывода*. Состояние каждой кнопки может быть программно инвертировано. При активном состоянии кнопка считается нажатой. Не имеет значения каким образом состояние становится активным (после изменения настройки инвертирования состояний или же при смене уровня напряжения при физическом воздействии на кнопку). Контроллер использует программное подавление дребезга контактов

на кнопках. Кнопка считается нажатой, если активное состояние на входе кнопки длилось более 3-х миллисекунд.

Таблица 4.4: Параметры вывода

Тип	TTL
Логический нуль	0 В
Логическая единица	3.3 В

Предупреждение: Если при включении контроллера или его перезагрузке на входе кнопки присутствует уровень напряжения, который считается активным, то контроллер воспримет это как сигнал нажатия кнопки и начнёт подчиняться *правилам описанным выше*.

4.5.4.1 Схема подключения

4.5.4.1.1 Одноосная или многоосная системы

К плате контроллера могут быть подключены кнопки управления («вправо», «влево») через *разъём DVI-I*.

Схема подключения

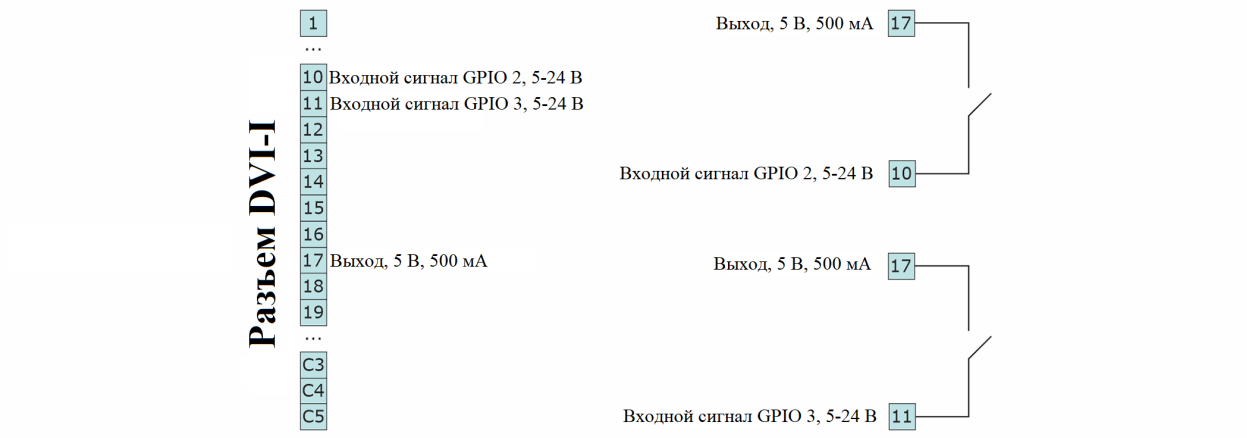


Рис. 4.35: Схема подключения кнопок к разъёму DVI-I к mDrive.

4.5.5 TTL-синхронизация

4.5.5.1 Принцип работы

TTL-синхронизация предназначена для синхронизации производимых контроллером движений с внешними устройствами и/или событиями. Например, контроллер может каждый раз при перемещении на заданное расстояние выдавать импульс синхронизации, запускающий какое-либо измерение. И наоборот, при получении импульса синхронизации от внешнего устройства, например означающего, что экспериментальная установка готова к перемещению в следующую измерительную позицию, контроллер может выполнить смещение на заранее заданное расстояние.

Для работы с входными сигналами синхронизации, генерируемыми с помощью механических контактов, предусмотрена защита от дребезга контактов. Можно установить минимальную длительность входного импульса, после которого сигнал синхронизации считается полученным. По умолчанию активным считается состояние логической единицы (см. *Параметры входа*), а запускающим фронтом

- нарастающий. Если такая логика работы входа и выхода синхронизации не подходит, то её можно инвертировать.

Таблица 4.5: Параметры входа

Тип	TTL
Логический нуль	0 В
Логическая единица	3.3 В

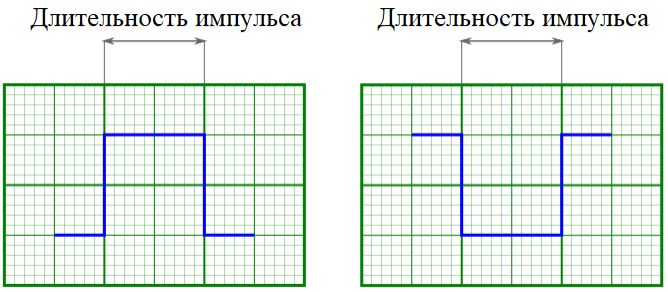


Рис. 4.36: Иллюстрация инвертирования входного или выходного импульса

Примечание: Для одновременности старта многоосных систем минимальная длительность входного сигнала должна быть одинаковой у всех контроллеров. Не следует использовать подавление дребезга механических контактов в системах, где такого эффекта нет, но есть короткие наводки на линию входа синхронизации. Вместо этого достаточно добавить RC-цепь, фильтрующую такие фантомные входные импульсы.

Синхронизация важна при создании многоосных систем, так как позволяет нескольким осям начать движение в один и тот же момент времени, для этого все оси подготавливают к началу движения, во всех ведомых осях устанавливают режим начала движения по входному синхроимпульсу, одну ось, ведущую, настраивают на отправку импульса синхронизации, при начале движения. Выход синхронизации ведущей оси соединяют со входами ведомых. При использовании нескольких осей на одной плате mDrive это соединение осуществляется автоматически по внутренней линии - достаточно выбрать *Source = Internal* в настройках *Sync In* ведомых осей (см. *раздел 4.5.5.2 Варианты синхронизации*). После такой настройки и подключения, движение ведущей оси вызывает мгновенный отклик и начало движения всех ведомых.

Примечание: При таком соединении необходимо установить минимальную длительность входного импульса синхронизации на 0. Это отключает защиту от дребезга входного сигнала, но в описанной конфигурации механических контактов нет, следовательно нет и дребезга. Если минимальная длительность входного сигнала не равна нулю, то чтобы избежать неодновременного старта движения ведущей и ведомых осей, необходимо поставить эту длительность одинаковой у всех контроллеров, соединить выход синхронизации не только со входами ведомых контроллеров, но и со входом ведущего контроллера, а дальше подавать запускающий импульс ручным переключением состояния выхода синхронизации.

Вход и выход синхронизации полностью независимы друг от друга и иных способов управления движением. Так управление движением через mDrive Direct Control (см. *Главное окно* программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью) или пользовательскую программу, управление от джойстика (см. *Управление с помощью джойстика*), от кнопок ручного управления (см. *Управление*

кнопками «вправо» и «влево»), происходит независимо от состояния входа и выхода синхронизации. Всегда выполняется принцип «приоритет у команды пришедшей позднее». То есть, например, команда движения, поданная через mDrive Direct Control, отменит выполняемое по импульсу входной синхронизации движение, но не повлияет на работу выходной синхронизации, а приход входного синхроимпульса, при соответствующей настройке, отменит текущее движение, инициированное пользовательской программой, заменив его на движение, определяемое настройками работы синхровхода.

Примечание: Настройки синхронизации могут быть сохранены энергонезависимой памяти контроллера, в этом случае, все, что касается работы синхронизации будет относиться и к случаю автономной работы контроллера, т.е. вы можете, например, настроить смещение на заданное расстояние по приходу синхроимпульса с выдачей синхроимпульса по завершению смещения, подключить контроллер к измерительной установке, начинающей измерение по входному синхросигналу и выдающему синхроимпульс по завершению измерения и запустить такую измерительную систему без компьютера. После поступления первого импульса, измерения и смещения будут производиться автоматически без участия компьютера.

4.5.5.2 Варианты синхронизации

В контроллерах mDrive предусмотрено два типа синхронизации: *внутренняя* и *внешняя*. Оба варианта используются для согласованного запуска движения нескольких осей и отличаются способом передачи сигнала синхронизации.

Примечание: При установке нескольких осей на одной плате рекомендуется использовать внутреннюю синхронизацию. Внешняя синхронизация применяется при соединении отдельных контроллеров или внешних устройств.

Внутренняя синхронизация Внутренняя синхронизация используется для согласованной работы нескольких осей, установленных на одной материнской плате. Передача сигнала синхронизации осуществляется по внутренним линиям платы без использования внешних разъёмов и проводов.

При внутренней синхронизации одна из осей назначается ведущей (Master) и формирует сигнал *Sync Out*, а остальные оси назначаются ведомыми (Slave) и принимают сигнал *Sync In* по внутренней линии.

Настройка выполняется через программное обеспечение mDrive Direct Control во вкладке TTL Sync:

- для ведущей (Master) оси в блоке *Sync Out* **необходимо включить** флаг *Enabled*;
- для ведомых (Slave) осей в блоке *Sync In* **необходимо включить** флаг *Enabled*, а в поле *Source* выбрать *Internal* (внутренняя линия платы);
- остальные параметры, такие как *Absolute position* и *Speed*, настраиваются в соответствии с разделом *5.3.6 Настройки синхронизации*.

Внешняя синхронизация Внешняя синхронизация используется при подключении контроллера к другим контроллерам или внешним устройствам. В разъёме DVI-I для синхронизации выделены два пина:

- пин **13** - выход синхронизации (*Sync Out*). На этом пине контроллер сам формирует синхроимпульсы для других устройств;
- пин **14** - вход синхронизации (*Sync In*). Через этот пин контроллер принимает синхроимпульсы от других устройств.

Общий провод для всех устройств и источника питания — пин **18** (GND).

Чтобы связать два контроллера внешней синхронизацией, выполните следующее:

1. Определите, какой контроллер будет ведущим, а какой - ведомым.
2. Соедините общие провода: пин 18 ведущего контроллера с пином 18 ведомого.
3. Соедините сигнальную линию: пин 13 (*Sync Out*) ведущего контроллера с пином 14 (*Sync In*) ведомого. Если ведомых контроллеров несколько, выход ведущего подключается к входам всех ведомых параллельно.
4. Подключите лабораторный источник питания (5 В, 500 мА): «+» - на пин 1 (EXT REF SUPPLY) ведущего контроллера, «-» - на общий провод (пин 18). Уровень сигналов синхронизации определяется напряжением, поданным на пин 1: если подать 5 В, сигналы *Sync In* и *Sync Out* будут иметь уровень 5 В.
5. В mDrive Direct Control в блоке *Sync Out* ведущей оси включите флаг *Enabled*. В блоке *Sync In* каждой ведомой оси включите флаг *Enabled* и выберите *Source = External*.

Таблица 4.6: Подключение внешней синхронизации

Что подключается	Куда (пин разъёма DVI-I)
«+» источника питания	1 (EXT REF SUPPLY) ведущего контроллера
«-» источника питания	18 (GND) ведущего контроллера
Общий провод между устройствами	18 (GND) ведущего - 18 (GND) ведомого
Сигнал синхронизации	13 (*Sync Out*) ведущего -> 14 (*Sync In*) ведомого

Подключение также показано на схеме в разделе *4.5.5.5 Схема подключения*.

4.5.5.3 Вход синхронизации

Для входа синхронизации имеется настройка минимальной длительности входного синхроимпульса, который может быть зарегистрирован. Эта длительность задается в микросекундах. Используйте эту настройку для увеличения помехоустойчивости контроллера. Вход синхронизации может быть включен или выключен. Если он включен, то переход из не активного состояния в активное приводит к движению аналогичному выполнению команды *Смещение на заданное расстояние*, в которой значение смещения задается знаковым *Position* с микрошаговой частью, а скорость *Speed* с микрошаговой частью. Изменение настроек входа синхронизации во время выполнения движения не приводит к изменению параметров движения (скорости, целевой координаты). Эти параметры будут применены при приходе следующего фронта активного состояния на вход синхронизации. Это сделано специально, чтобы при выполнении согласованного многокоординатного движения можно было запрограммировать следующий сдвиг для каждой оси во время выполнения текущего сдвига. Тогда не потребуется останавливать движение осей каждый сдвиг.

Предупреждение: Если при включении контроллера или его перезагрузке на входе синхронизации присутствует уровень напряжения, который считается активным, то контроллер воспримет это как сигнал для инициирования движения аналогичного выполнению команды *Смещение на заданное расстояние*.

Примечание: *Position* и *Speed* - отдельные переменные, которые могут быть сохранены в энергонезависимой памяти контроллера, используются только при работе синхровхода.

Примечание: Движение по входному импульсу синхронизации подчиняется настройкам ускорения, максимальной скорости, и другим подсистемам, связанным с движением. Неправильная их настройка может мешать согласованному синхронному движению в многоосной системе.

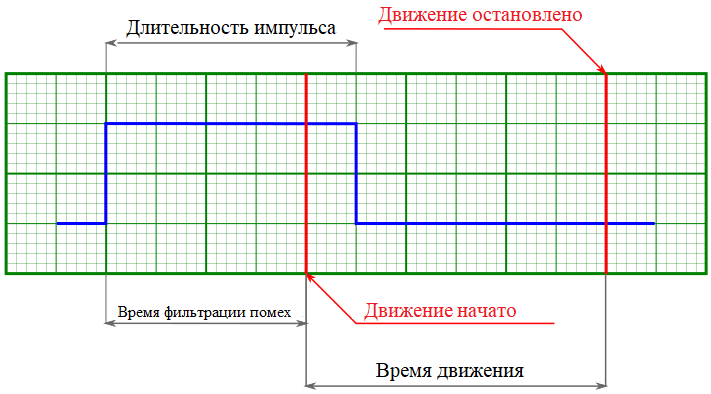


Рис. 4.37: Движение начнётся, если входной импульс дольше времени подавления дребезга

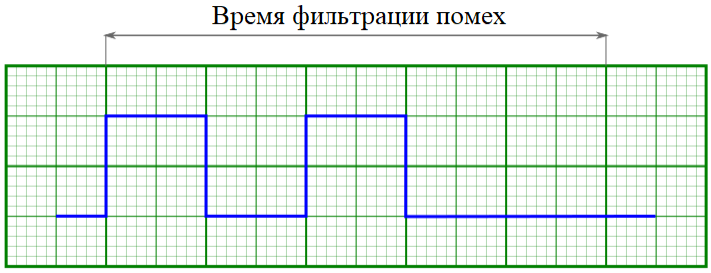


Рис. 4.38: Движение не начнётся так как входные импульсы короче времени подавления дребезга

Предупреждение: Если во время исполнения сдвига пришел еще один входной синхроимпульс, то смещение будет произведено на удвоенное значение, если два - на утроенное и т.д.

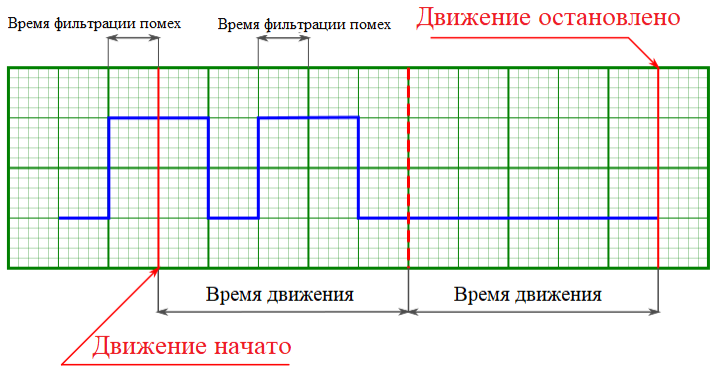


Рис. 4.39: Движение произойдёт один раз на двойное расстояние так как второй импульс синхронизации сработал до окончания первого движения

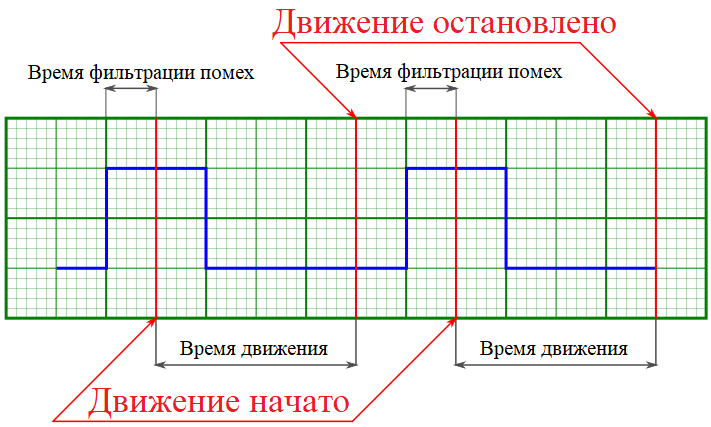


Рис. 4.40: Движение произойдёт два раза с двумя стартами и двумя остановками

По умолчанию активным состоянием считается единичное состояние, а сигнал начала движения это нарастающий фронт. Вход синхронизации может быть инвертирован. При этом активным будет считаться нулевое состояние, а сигналом начала движения спадающий фронт.

Примечание: Инвертирование входа синхронизации приводит к изменению понятий активного и неактивного состояний, проявляющейся, например, в *статусе контроллера*. Однако программное инвертирование само по себе не может являться сигналом начала движения, даже если при этом произошёл переход в активное состояние.

4.5.5.4 Выход синхронизации

Выходная синхронизация используется для управления внешними устройствами, привязанными к определенным событиям движения. Выходной синхроимпульс может подаваться при начале движения и/или при завершении движения, и/или каждый раз при смещении позиционера на заданное расстояние. Настройка ImpulseTime определяет длительность импульса синхронизации (может быть указана в микросекундах или смещении). Выход синхронизации может быть переведен в режим управляемого цифрового выхода. В этом режиме программным способом можно устанавливать единичный или нулевой логический уровень на выводе.

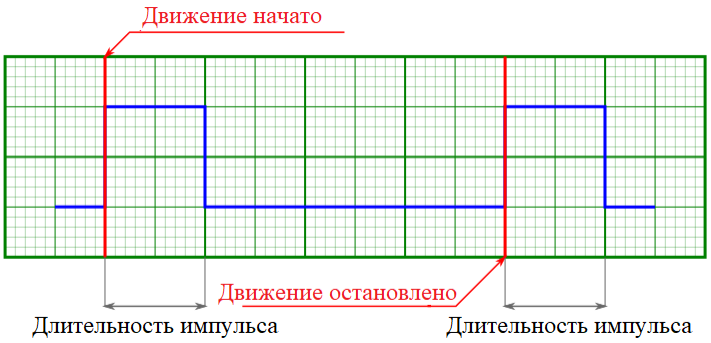


Рис. 4.41: Выходные импульсы синхронизации при генерации их на старте и на остановке движения (импульс фиксированной длительности)

Примечание: Если длительность синхроимпульса выражена в единицах смещения, например 10 шагов шагового двигателя, и поставлен режим «подавать синхроимпульс при завершении движения», то логический уровень на выходе синхронизации будет подан по завершению движения, но снят будет только после 10-ти шагов следующего движения.

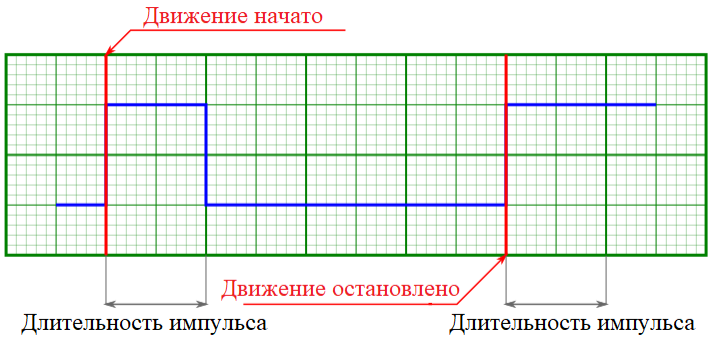


Рис. 4.42: Выходные импульсы синхронизации при генерации их на старте и на остановке движения (импульс измеряется в единицах смещения)

Примечание: Если вы хотите перенастроить синхровыход и не уверены, что знаете в каком состоянии он находится, переведите его в режим выхода общего назначения и установите желаемый логический уровень.

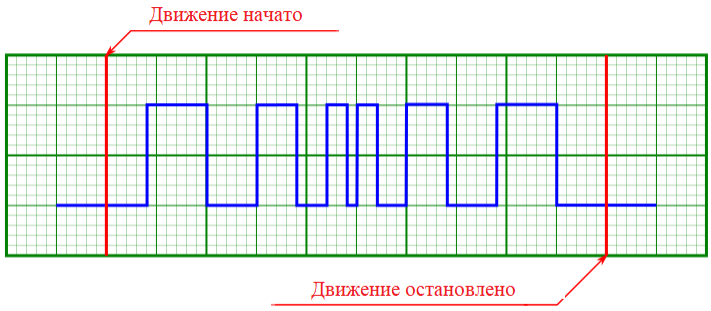


Рис. 4.43: Выходные импульсы синхронизации при движении с ускорением и генерации импульсов каждое смещение на заданное расстояние (импульс измеряется в единицах смещения)

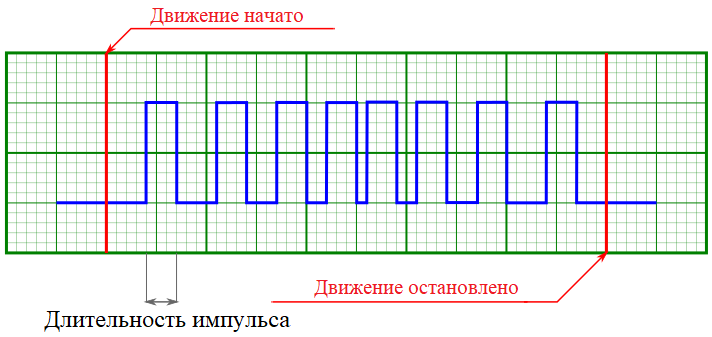


Рис. 4.44: Выходные импульсы синхронизации при движении с ускорением и генерации импульсов каждое смещение на заданное расстояние (импульс измеряется в микросекундах)

Примечание: Периодическая генерация импульсов работает, как имитатор датчика полного оборота с передаточным числом. Координаты, в которых происходит генерация импульсов, отсчитываются от нуля координат, а не от координаты в момент начала движения. Например, если в настройках включена генерация импульсов каждые 1000 шагов, то импульсы будут генерироваться при переходе через точки 0, 1000, 2000, 3000, и т.д. Генерация импульсов происходит при движении в обоих направлениях. Импульс генерируется в момент, когда частное от деления текущей координаты на период изменяется на единицу. Т.е. генерация импульсов при достижении координаты 1000 при движении от меньшей координаты к большей и при покидании координаты 1000 при движении от большей координаты к меньшей. Так же импульс всегда генерируется при переходе в точку 0 из какой-либо другой координаты (в том числе при обнулении координаты кнопкой ZERO).

Примечание: В случае если импульсы на выходе синхронизации накладываются друг на друга, то они сливаются в один импульс.

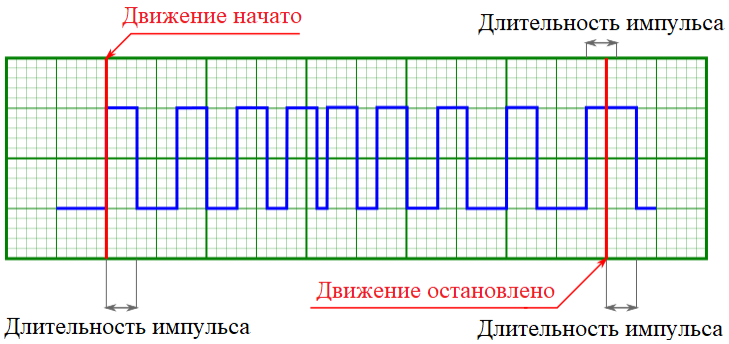


Рис. 4.45: Иллюстрация наложения импульсов синхронизации по старту и по остановке движения, смещение на заданное расстояние (длительность импульса, измеренная в микросекундах)

Начиная с нулевой координаты контроллер будет устанавливать виртуальные метки с заданным шагом, соответствующим значению поля «Every». Синхронизирующий импульс всегда генерируется после прохождения следующей метки. Следовательно, положение импульсов зависит от направления движения:

- При движении в положительном направлении (положение увеличивается, импульсы генерируются в направлении движения), то есть они превышают положение метки
- При движении в отрицательном направлении (положение уменьшается, импульсы генерируются в направлении движения), то есть они меньше положения метки

Пример: Pulse width: 100 Флаг Every: 1000 Контроллер установит виртуальные метки: ..., -2000, -1000, 0, 1000, 2000, ...

- При переходе от -1500 до 1500 на выходе будет логическая единица при прохождении следующих координат: [-1000, -900], [0, 100], [1000, 1100]
- При движении в обратном направлении от 1500 до -1500 будет логическая единица при прохождении следующих координат: [1000, 900], [0, -100], [-1000, -1100]

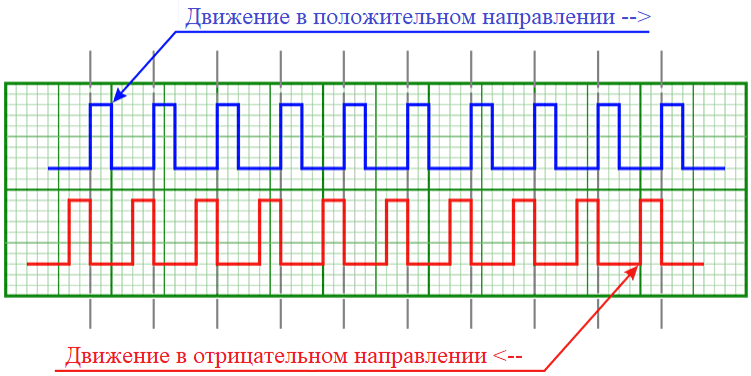


Рис. 4.46: Иллюстрация наложения импульсов синхронизации с заданным шагом соответствующим значению поля «Every» (длительность импульса, измеренная в микросекундах)

Важно: При коротких перемещениях в пределах длительности импульса вокруг метки состояние выхода может не возвращаться в логический нуль, чтобы не создавать лишние шумы при переключении. Флаг «Every» не был рассчитан на одиночные сдвиги, он создан для генерации импульсов на большие расстояния

Абсолютная погрешность длительности импульса - ±25 мкс. Если установить длительность импульса в 30 мкс, то фактическая длительность импульсов будет меняться примерно от 5 мкс до 55 мкс. Величина погрешности от длительности импульса не зависит. Поэтому относительная погрешность для более длинных импульсов будет значительно меньше.

Настройка параметров синхронизации в mDrive Direct Control описана в разделе *Настройки синхронизации*.

4.5.5.5 Схема подключения

В контроллере предусмотрены два TTL-канала синхронизации на *разъеме DVI-I*.

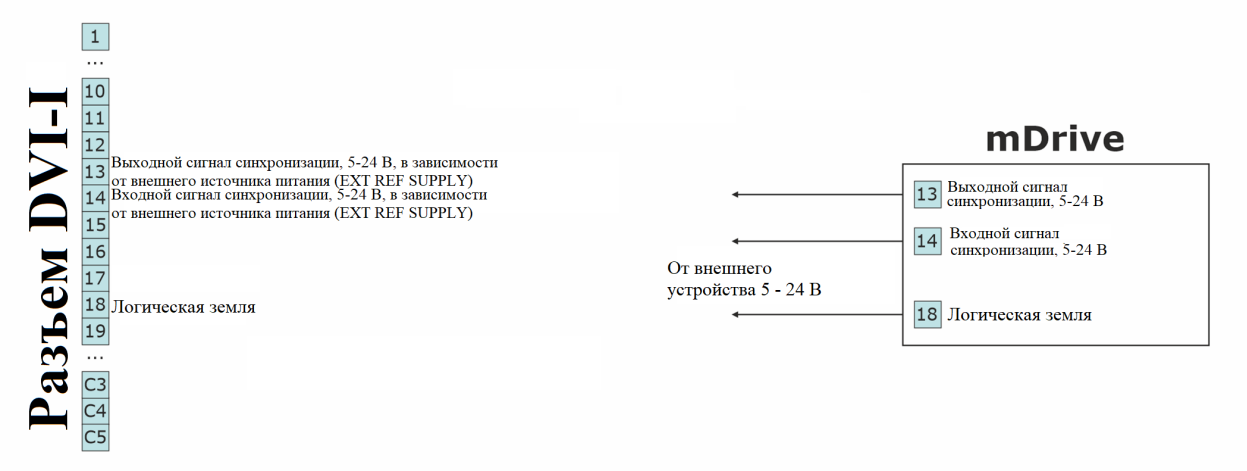


Рис. 4.47: Схема подключения к каналам синхронизации контроллера

4.5.6 Создание многоосных систем

Идентификация осей в составе многоосных систем осуществляется по серийному номеру контроллера. Каждый контроллер имеет свой уникальный серийный номер, который отображается в ПО mDrive Direct Control во вкладке *О контроллере*. Получение серийного номера контроллера возможно с помощью функции **get_serial_number** (см. *Руководство по программированию*).

4.5.7 Цифровой вход-выход общего назначения (EXTIO)

Цифровые вход и выход общего назначения расположены на *разъеме DVI-I*. По умолчанию активным считается уровень логической единицы (см. таблицу *Параметры вывода*). Однако его можно инвертировать так, что активным будет считаться уровень нуля.

Таблица 4.7: Параметры вывода

Тип	TTL
Логический нуль	0 В
Логическая единица	5-24 В

В режиме входа можно либо просто получать информацию о логическом уровне на линии (см. *Статус контроллера*), либо инициировать следующие действия при переходе в активное состояние:

- Выполнить *команду STOP* (быстрая остановка).
- Выполнить *команду PWOF* (отключение питания обмоток).
- Выполнить *команду MOVR* (смещение на заданное расстояние с последними использованными настройками).
- Выполнить *команду HOME* (автоматическая калибровка позиции).
- Войти в *состояние ALARM* (отключение силовых мостов и ожидание переинициализации).

Не имеет значения, каким образом состояние входа становится активным (после изменения настройки инвертирования состояний или же при смене уровня напряжения). Контроллер использует программное подавление дребезга контакта на входе: действие по сигналу инициируется, только если активное состояние на входе длилось более 3-х миллисекунд.

Предупреждение: Если при включении контроллера или его перезагрузке на входе присутствует уровень напряжения, который считается активным, то контроллер воспримет это как сигнал для инициирования какого-либо из действий.

Примечание: Цифровой вход имеет слабую подтяжку к земле.

В режиме вывода можно устанавливать активный или неактивный логический уровень или состояния на выбор:

- EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOVING – Активное состояние пока двигатель находится в движении.
- EXTIO_SETUP_MODE_OUT_ALARM – Активное состояние пока двигатель находится в состоянии Alarm.
- EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOTOR_ON – Активное состояние пока питание подано на обмотки двигателя.
- EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOTOR_FOUND - Активное состояние пока двигатель подключен.

Таблица 4.8: Технические характеристики вывода

Тип логики	TTL 5-24 В
Частота обновления	1 кГц
Номинальный ток	5 мА

4.5.7.1 Схема подключения

Цифровой вход и выход расположены на разъеме *DVI-I*

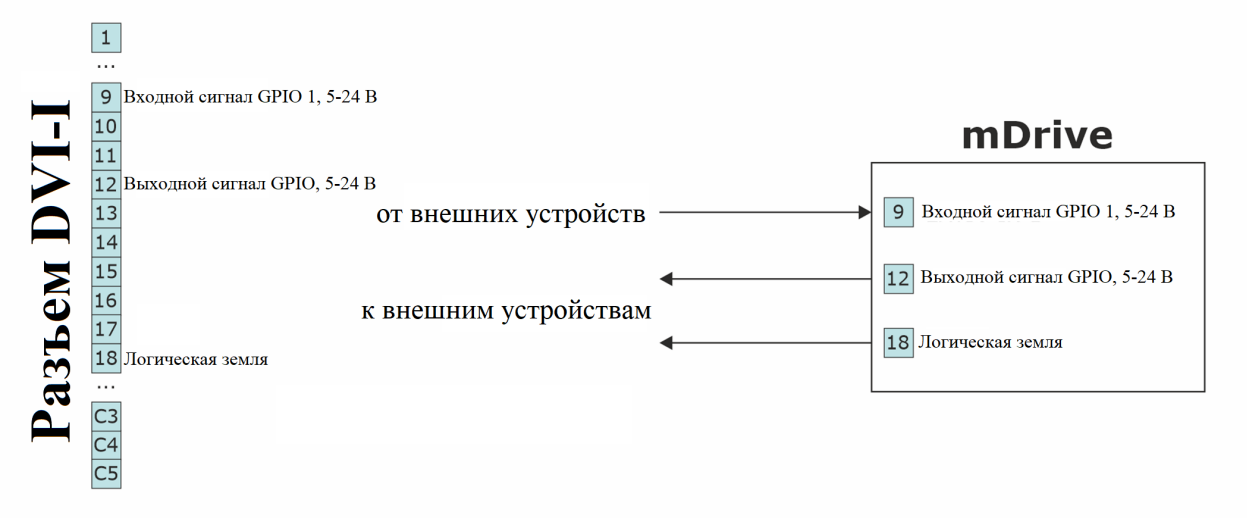


Рис. 4.48: Схема подключения к цифровому входу и выходу на плате контроллера

4.5.8 Аналоговый вход общего назначения

Аналоговый вход общего назначения можно использовать для собственных нужд. Например, для измерения каких-либо внешних сигналов. Полученное значение с аналогового входа можно считать *командой GETC* или посмотреть в *графиках mDrive Direct Control*.

Для данного контроллера диапазон аналогового входа от 0 до 10000 условных отсчетов. Аналоговый вход расположен на *разъёме DVI-I*.

Важно: Напряжение снимаемое с аналогового входа не должно выходить за пределы от 0 до 3.3 В. При подаче на вход напряжения выше 3.3 В возможны ошибки в работе аналогового входа и работе других систем контроллера! Это может привести к выходу из строя как контроллера, так и подключенного к нему двигателя.

Таблица 4.9: Параметры входа.

Напряжение сигнала	0-3.3 В
Частота считывания	1 кГц

4.5.8.1 Схема подключения

4.5.8.1.1 Одноосная и многоосная системы

Для *одноосной* и *многоосных систем* контакт аналогового входа расположен на *разъеме DVI-I*.

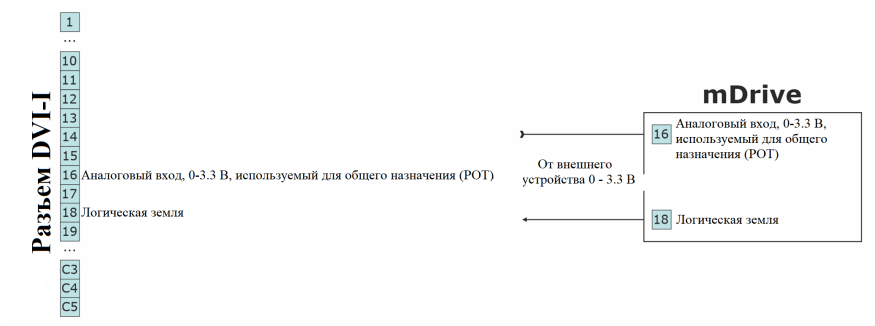


Рис. 4.49: Схема подключения к аналоговому входу в системах mDrive.

4.5.9 Хранение позиции во FRAM-памяти контроллера

Контроллер имеет функцию автоматического запоминания позиции, которая позволяет просто отключать ему питание после остановки и при следующем включении питания, контроллер будет удерживать то же положение двигателя, значение положения и инкрементального счётчика энкодера. Эта функция работает, если в момент, когда контроллер обесточен, не происходит вращения оси двигателя.

Примечание: Для работы этой функции необходимо подождать хотя бы 0.5 секунды после остановки вращения до выключения питания контроллера. Обесточивание контроллера во время вращения также приведёт к сохранению позиции, но она будет лишь примерной и потребуется новая *калибровка*.

4.6 Второстепенные функции

4.6.1 Установка нулевой позиции

Контроллер поддерживает установку нулевой позиции. Эту функцию стоит использовать для позиционеров маркированных репером, чтобы позиция по реперу соответствовала программной. Также эта функция удобна, когда существует одна избранная физическая позиция на диапазоне перемещения.

Для установки нулевой позиции используется *специальная команда*. При этом обнуляются счётчики шагов, микрошагов, энкодера. Установка нулевой позиции происходит одновременно для всех счётчиков позиции и не может привести к их рассогласованию. Влияние на текущую команду движения не оказывается. Если контроллер отрабатывал движение в некоторую физическую позицию в момент, когда текущая позиция была обнулена, то движение завершится в прежней физической позиции. Например, при движении к позиции 1000 в момент прохода 200 была послана команда обнуления позиции. Тогда счётчик позиции уменьшится на 200 и движение завершится в координате 800.

Примечание: Установка нулевой позиции при работе в режиме смещения (см. *Смещение на заданное расстояние*) не изменит физической позиции, к которой осуществлялось движение. Следующее смещение будет происходить к той же физической позиции, что и без использования установки нулевой позиции.

4.6.2 Установка пользовательской позиции

Для установки позиции или счётчика энкодера в пользовательское значение, отличное от нуля, применяется команда SPOS. В данной команде передаются значения счётчиков позиции, микрошагов (для шаговых двигателей) и счётчика энкодера, если он используется как второстепенный датчик положения. При необходимости установки только части значений следует использовать флаги игнорирования соответствующих полей команды.

Отличие этой команды от обнуления позиции, в том, что не происходит обнуление последней позиции, к которой происходило смещение, нет отличия в поведении команды в момент движения и при остановке. Если команду применить в момент движения к позиции, то движение завершится в той же физической точке, в которой оно завершилось бы и без смены позиции командой SPOS.

4.6.3 Статус контроллера

Контроллер отслеживает свой статус и способен передать его в статусной структуре команды *GETS*. Статус контроллера включает в себя информацию о совершаемом движении, его результате, состоянии питания, энкодера, обмоток двигателя, цифровых входов и выходов, числовую информацию о позиции и питающем напряжении и токах, а также флаги ошибок.

4.6.3.1 Статус движения

MoveSts содержит:

- Флаг движения, который устанавливается когда контроллер меняет позицию двигателя.
- Флаг достижения требуемой скорости, который устанавливается если скорость равна той, с которой контроллер должен отрабатывать текущее движение.
- Флаг антилюфта, который устанавливается при подавлении люфта во время заключительной стадии движения (см. *Компенсация люфта*).

MvCmdSts содержит информацию о выполняемой команде. Все движения двигателя вызываются командами движения к целевой позиции *MOVE*, сдвига относительно последней целевой позиции *MOVR*,

движения вправо *RIGT* или влево *LEFT*, плавной *SSTP* или резкой *STOP* остановки, калибровки домашней позиции *HOME* или принудительного подавления люфта *LOFT*. Управление кнопками, джойстиком, импульсами синхронизации и т. п. тоже приводится к этим командам. Например, джойстик вызывает команды движения вправо и влево при отклонении или команду плавной остановки в центральном положении (см. *Управление с помощью джойстика*). В переменной MvCmdSts приведена текущая команда движения или последняя выполненная команда, а также статус команды: выполняется она или уже выполнена. Если команда выполнена, то еще один бит показывает результат её выполнения (успешный или неуспешный). Неуспешное выполнение означает, что мы не попали к той позиции, к которой пытались двигаться или не смогли отработать люфт. Причиной может быть неожиданная остановка по концевым выключателям, попадание в состояние Alarm. Изначальное состояние этого поля показывает неизвестную команду и статус успешного выполнения.

4.6.3.2 Статус питания двигателя

PWRSts содержит информацию о питающем напряжении. Обмотки могут быть:

- Отключены (в этом случае на них не подаётся никакого напряжения).
- Запитаны сниженным током относительно номинального тока (например, при использовании функции снижения тока в обмотках при остановке).
- Запитаны номинальным током.
- Запитаны недостаточным напряжением, чтобы обеспечить установленный номинальный ток.

Последний статус часто появляется при высоких скоростях вращения, ведь чем выше скорость переключения шагов, тем выше должно быть питающее напряжение, чтобы обеспечить нарастание тока в индуктивности обмоток двигателя. Недостаточное питание не означает, что двигатель не будет вращаться, а означает, что двигатель может больше шуметь и падает крутящий момент. (См. *Управление питанием двигателя*).

4.6.3.3 Статус энкодера

EncSts содержит информацию о подключенном энкодере если включен режим управления без обратной связи (например для шаговых двигателей). Состояния энкодера могут быть:

- Не подключен.
- Неизвестное состояние, когда недостаточно данных чтобы определить состояние энкодера.
- Подключен и исправен.
- Подключен и реверсирован (тогда нужно включить в настройках реверс энкодера).
- Подключен и неисправен.

Последнее состояние реализуется, когда на входы энкодера поступают сигналы переключения, но они не соответствуют движению ротора двигателя. Смена состояний проходит после набора достаточной статистики. Поэтому обнаружение происходит немгновенно. Также невозможно точно определить статус энкодера без движения. (См. *Работа с энкодерами*).

4.6.3.4 Статус обмоток двигателя

WindSts содержит информацию о состоянии обмоток. Показывается состояние для каждой из двух обмоток отдельно. Они могут быть:

- Отключены от контроллера.
- Подключены.
- Замкнуты накоротко.

- Их состояние может быть неизвестно.

Замкнутым накоротко считается слишком маленькое сопротивление и индуктивность в обмотке. Отключенными обмотками считается нагрузка с слишком высоким сопротивлением.

4.6.3.5 Статус положения

В статусной структуре выводятся все данные о положении и скорости позиционера. Для этого используются поля основной позиции (CurPosition, uStep), второстепенной позиции (EncPosition), скорости (CurSpeed, uCurSpeed). Основное положение отсчитывается в шагах шагового двигателя и микрошагах, если используется управление без обратной связи. При использовании режима ведущего энкодера в CurPosition хранится счётчик положения по энкодеру, а в uStep записан 0. Поле второстепенной позиции - это поле энкодера, если используется управление шаговым двигателем без обратной связи, или счетчик шагов, если подключен шаговый двигатель в режиме ведущего энкодера. Скорость выводится всегда для основного датчика позиции и измеряется в тех же единицах, что и установленная скорость движения.

4.6.3.6 Статус питания контроллера и температура.

В статусной структуре выводятся:

- Ток потребления контроллера (в мА).
- Напряжение на силовой части (в десятках мВ).
- Ток потребления по USB (в мА).
- Напряжение на USB (в десятках мВ).
- Температура микропроцессора (в десятых долях градуса Цельсия).

4.6.3.7 Статусные флаги

Флаги делятся на ошибки команд управления, ошибки превышения критических параметров, общие ошибки и флаги состояния.

Примечание: Многие флаги не снимаются сами, пока их принудительно не снять командой *STOP*.

Ошибки команд протокола:

- errc - Неопознанная команда протокола. Ошибка возникать не должна если используется софт, совместимый с используемой в контроллере версией протокола. Флаг не снимается самостоятельно.
- errd - Код проверки целостности данных команды не сошёлся. Ошибка возникает при сбоях передачи данных. Флаг не снимается самостоятельно.
- errv - Не удалось применить одно или несколько переданных в команде значений. Возникает когда команда была принята и успешно распознана, но передаваемые в ней данные были некорректны, выходили за допустимый диапазон. Также эта ошибка может означать, что требуемую операцию не удалось выполнить из-за аппаратного сбоя. Например, эта ошибка возникнет при установке режима деления шага, не входящего в список поддерживаемых или при установке нулевого количества шагов на оборот двигателя. Флаг не снимается самостоятельно.

Ошибки превышения критических параметров:

- Флаг, что сейчас контроллер находится в режиме Alarm.
- Флаг, который говорит о том, что сейчас силовой драйвер сигнализирует о перегреве. Флаг снимается сам в зависимости от *настроек критических параметров*.

- Флаг, который говорит о том, что температура микропроцессора вышла за допустимый диапазон. Флаг снимается сам в зависимости от *настроек критических параметров*
- Флаг, который говорит о том, что напряжение питания превысило допустимое значение. Флаг снимается сам в зависимости от *настроек критических параметров*.
- Флаг, который говорит о том, что напряжение питания оказалось ниже допустимого значения. Флаг снимается сам в зависимости от *настроек критических параметров*.
- Флаг, который говорит о том, что потребляемый ток из блока питания превысил допустимое значение. Флаг снимается сам в зависимости от *настроек критических параметров*.
- Флаг, что концевые выключатели перепутаны местами. Флаг не снимается самостоятельно.

Общий флаг ошибок:

- Флаг, что система контроля позиции обнаружила рассогласование позиции по счётчику шагов и датчику положения. Флаг не снимается самостоятельно (если не используется автоматическая корректировка позиции).

Флаг состояния:

- Наличие внешнего питания. Иначе питание внутреннее. Установлен всегда.

4.6.3.8 Статус цифровых сигналов.

Контроллер выводит состояние входных и выходных цифровых сигналов в виде флагов активного состояния или в виде текущего логического уровня. Активное состояние соответствует единице или нулю, в зависимости от настроек конкретного блока, например от настройки инвертирования. Флаги бывают:

- Состояние правого концевого выключателя (1, если активен).
- Состояние левого концевого выключателя (1, если активен).
- Состояние правой кнопки (1, если кнопка нажата).
- Состояние левой кнопки (1, если кнопка нажата).
- 1, если ножка EXTIO работает как выход. Иначе - как вход.
- Состояние ножки EXTIO (1, если активное состояние на входе или на выходе).
- Состояние магнитного тормоза (1, если на тормоз подано питание).
- Состояние датчика полного оборота (1, если датчик активен).
- Состояние входной ножки синхронизации (1, если ножка синхронизации в активном состоянии).
- Состояние выходной ножки синхронизации (1, если ножка синхронизации в активном состоянии).
- Состояние на входе канала энкодера A (1, если на входе логическая единица).
- Состояние на входе канала энкодера B (1, если на входе логическая единица).

4.6.4 Автовосстановление USB-соединения

Данный блок предназначен для перезагрузки USB-шины в случае потери связи (к примеру, это может возникнуть в случае удара статическим разрядом или отключения шины USB без отключения питания). Включение/выключение данного блока определяется флагом *USB_BREAK_RECONNECT* (см. *Критические параметры*). Если блок включен, то он отслеживает потерю связи по шине USB. В случае потери связи через 500 мс выполняется программное переподключение к шине со стороны контроллера, после чего выполняется проверка ее состояния. Если в течение определенного времени не происходит

восстановление связи (т.е. обмена данными), то выполняется повторное переподключение. Таким образом, в случае невосстановления связи по USB, контроллер будет постоянно переподключаться к шине USB до тех пор, пока не произойдет восстановления связи или время между переподключениями не превысит 1 минуту. В итоге в случае отключения шины USB без отключения питания контроллера (к примеру, в случае управления двигателем от джойстика или кнопок) в течение примерно 5 минут контроллер будет находиться в режиме переподключения шины USB.

Примечание: Режим переподключения шины USB никаким образом не влияет на основные характеристики контроллера (к примеру, движение или удержание необходимого тока в обмотках).

Чтобы избежать синхронного переподключения к шине USB как со стороны контроллера, так и со стороны компьютера, время между переподключениями меняется по экспоненциальному закону (см. *Задержка между переподключениями USB*).

Таблица 4.10: Задержка между переподключениями USB

Номер перезагрузки	время ожидания, мс
0 (после потери связи)	500
1	483
2	622
3	802
4	1034
5	1333
6	1718

Визуально определить состояние блока перезагрузки USB можно по частоте мигания светодиода. В случае перехода в режим перезагрузки светодиод начнет мигать с частотой 10 Гц (см. *Индикация режима работы*).

Предупреждение: В силу особенностей строения данного программного блока, а также спецификации шины USB, блок не гарантирует 100% восстановление связи с компьютером после удара статическим разрядом.

Со стороны компьютера mDrive Direct Control также производит попытки восстановления соединения с контроллером, если оно по каким-либо причинам было потеряно. При потере соединения, то есть если библиотека libximc вернула кода ошибки «result_nodevice», сначала происходит ожидание 1000 мс. Затем, если платформа на которой запущен mDrive Direct Control принадлежит семейству Windows, средствами WINAPI опрашивается наличие устройства с соответствующим именем COM-порта в системе. Если такой порт присутствует, но библиотека libximc не может открыть его более двух раз, то вызывается функция ximc_fix_usbser_sys, которая производит ресет драйвера usbser.sys (исправление ошибки драйвера). На платформе Linux или MacOS mDrive Direct Control просто пытается повторно открыть устройство каждые 1000 мс. После успешного открытия в устройство посылаются команды чтения серийного номера, версии прошивки и некоторых настроек, необходимых для отображения интерфейса.

Библиотека libximc считает устройство потерянным (result_nodevice) когда системные функции ReadFile/WriteFile (на Windows) или read/write (на Linux/Mac) возвращают ошибку при чтении или записи данных в соответствующий USB-COM порт.

Глава 5

Руководство по программе mDrive Direct Control

5.1 О программе mDrive Direct Control

mDrive Direct Control представляет собой удобный графический интерфейс пользователя для управления позиционерами, диагностики и настройки двигателей, управляемых данными контроллерами. mDrive Direct Control позволяет быстро настроить подключенный позиционер с помощью загрузки подготовленных заранее конфигурационных файлов. Управление можно автоматизировать с помощью скриптового языка, что может использоваться непосредственно или ускорит процесс разработки собственной программы управления. mDrive Direct Control поддерживает многоосевой режим и многоосевые скрипты управления. Предусмотрена возможность выводить данные о состоянии контроллера и двигателя на графики и сохранять их в файл, экспортировать данные в табличном виде для обработки внешними программами. Программное обеспечение совместимо с операционными системами Windows XP SP3, Windows Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10, Windows 11, Linux, MacOS для intel и Apple Silicon (с использованием Rosetta 2). В зависимости от операционной системы вашего компьютера, вид некоторых окон может отличаться.

Краткое руководство по установке программы приведено *здесь*. В данной главе приведено подробное руководство по работе в ПО mDrive Direct Control.

5.2 Основные окна программы mDrive Direct Control

5.2.1 Стартовое окно программы mDrive Direct Control

При запуске mDrive Direct Control открывается окно поиска контроллеров. mDrive Direct Control с помощью библиотеки libximc опрашивает контроллеры, подключенные к системе, и выводит список найденных и успешно опознанных контроллеров на экран.

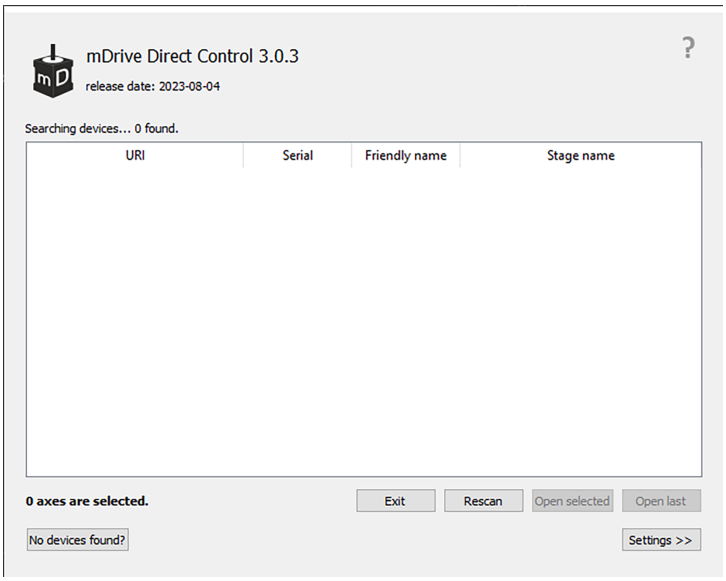


Рис. 5.1: Стартовое окно mDrive Direct Control, найдено 0 контроллеров

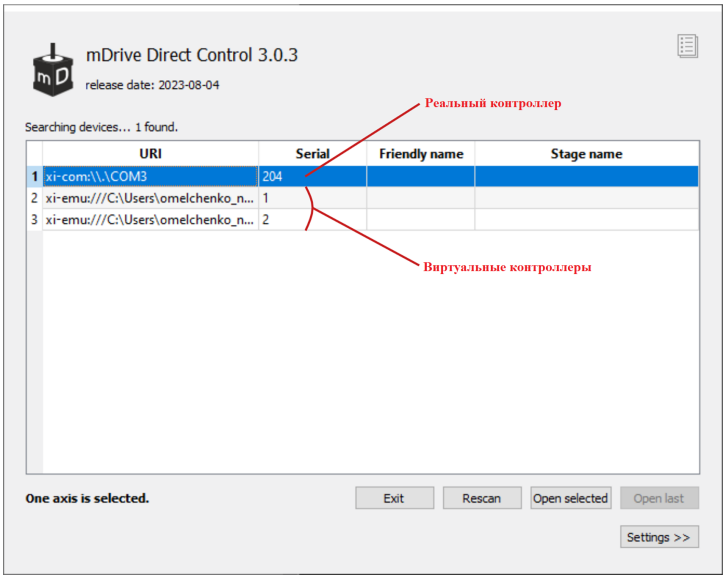


Рис. 5.2: Стартовое окно mDrive Direct Control, показаны 1 реальный контроллер и 2 виртуальных контроллера

Список найденных контроллеров выводится в стартовое окно. Здесь можно выбрать один или несколько контроллеров и открыть их с помощью кнопки *Open selected*. Если выбран один контроллер, то будет открыто *Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью*, если выбрано более одного, то будет открыто *Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления несколькими осями*. Повторный поиск осуществляется нажатием *Rescan*, а выход - нажатием *Exit*. Если активна кнопка *Open last*, то это означает, что найдены все контроллеры, которые были открыты при предыдущем запуске mDrive Direct Control, и нажатие *Open last* откроет эту сохраненную конфигурацию.

mDrive Direct Control может работать с виртуальными контроллерами, которые поддерживают прото-

кол ответов реального контроллера. Виртуальный контроллер может быть полезен для ознакомления с интерфейсом mDrive Direct Control, в случае если к системе не подключены реальные контроллеры.

По кнопке *Settings* открывается вкладка с настройками обнаружения устройств.

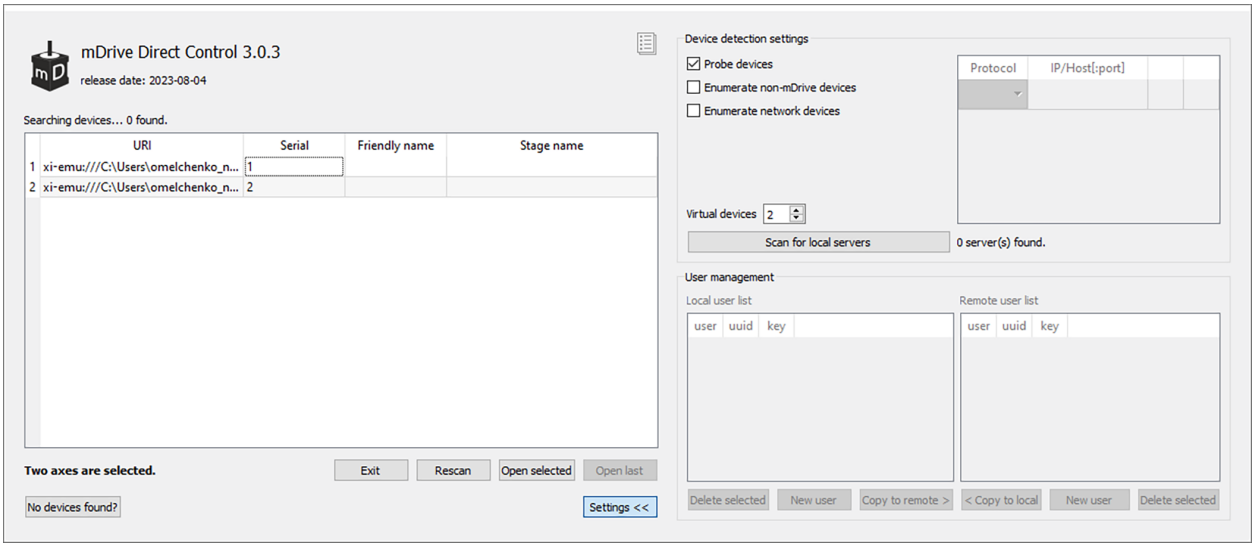


Рис. 5.3: Стартовое окно mDrive Direct Control, вкладка настроек

Блок **Device detection settings** содержит настройки обнаружения устройств.

Probe devices - при включенной опции mDrive Direct Control пытается идентифицировать контроллеры, посылая в них при открытии команды GETI и GSER.

Enumerate non-mDrive devices - при включенной опции опрашивает все устройства типа COM-порт в системе. При отключенной опции опрашивает только устройства, имена которых соответствуют маске устройств mDrive («mDrive Motor Controller» в Windows, /dev/mdrive* и /dev/ttyACM* на Linux/Mac).

Enumerate network devices - при включенной опции опрашивает сетевые устройства. Список адресов доменных имен и/или IP-адресов, на которых производится поиск устройств, находится ниже. Записи в списке можно добавлять как вручную, так и автоматически, нажав на кнопку *Scan for local mDrive servers*. Обратите внимание, что в случае наличия нескольких mDrive-серверов с устройствами в локальной сети будет найден случайный из них и для нахождения всех серверов потребуется несколько попыток автоматического поиска.

Предупреждение: При одновременно включенных опциях *Probe devices* и *Enumerate non-mDrive devices* mDrive Direct Control при старте посылает данные во все COM-порты. При наличии в системе множества Bluetooth COM-портов из-за особенностей работы Bluetooth опрос будет происходить последовательно с затратами от единиц до десятков секунд на одну попытку соединения.

В поле *Virtual devices* указано количество виртуальных контроллеров, которые будут выведены в список доступных для открытия при следующем нажатии *Rescan* или следующем старте mDrive Direct Control.

Примечание: Так как библиотека libximc открывает устройства mDrive в режиме эксклюзивного доступа, при запуске последующих копий программы mDrive Direct Control будут найдены и доступны

для выбора только свободные контроллеры. Это ограничение не распространяется на контроллеры, открытые по Ethernet.

Панель **User management** обеспечивает возможность редактирования списка управления доступом для локальных и удаленных серверов. Эта функция позволяет конечному пользователю выборочно предоставлять разрешения для подключения и управления удаленными устройствами mDrive. Чтобы предоставить разрешение, необходимо создать одного и того же пользователя с одним и тем же паролем локально и удаленно. Удаление пользователя (локально или удаленно) отменяет разрешение. По умолчанию во всех контроллерах mDrive, библиотеках SDK и mDrive Direct Control предварительно установлен пользователь root.

5.2.2 Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью

- *Блок управления движением двигателя*
  - *Движение без точного задания конечного положения*
  - *Движение в заданную точку*
- *Текущая позиция для команд движения*
- *Состояние контроллера и двигателя*
  - *Электропитание контроллера*
  - *Состояние двигателя*
  - *Состояние программы*
  - *Группа кнопок для управления программой*
- *Статусная строка*

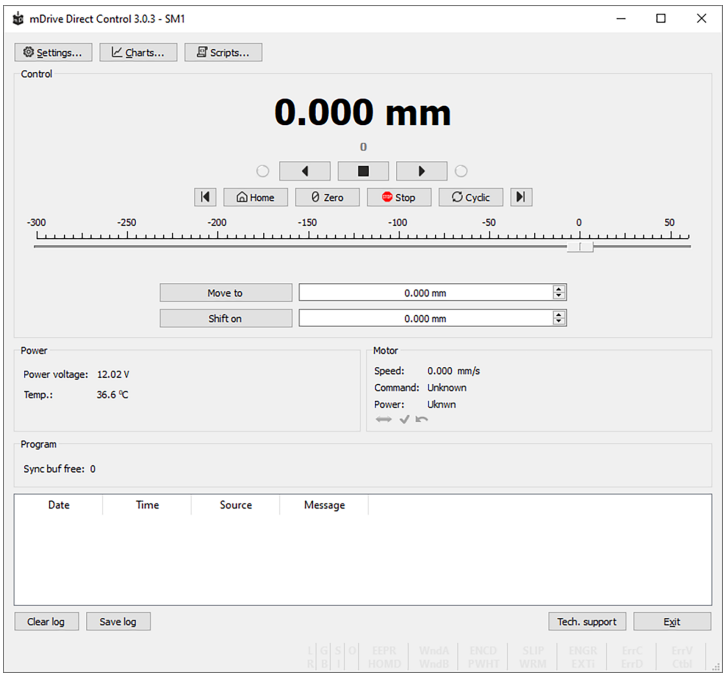


Рис. 5.4: Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления одной осью

В левой части окна в группах параметров **Power** и **Motor** находятся данные о состоянии контроллера и двигателя в настоящий момент. В центральной части окна расположен блок **Control**, содержащий индикаторы текущей позиции и элементы управления движением двигателя. Справа расположена группа кнопок для управления программой в целом. Внизу расположен *лог*, при минимальном размере окна он скрыт. Под логом находится статусная строка. Рассмотрим эти группы более подробно.

5.2.2.1 Блок управления движением двигателя

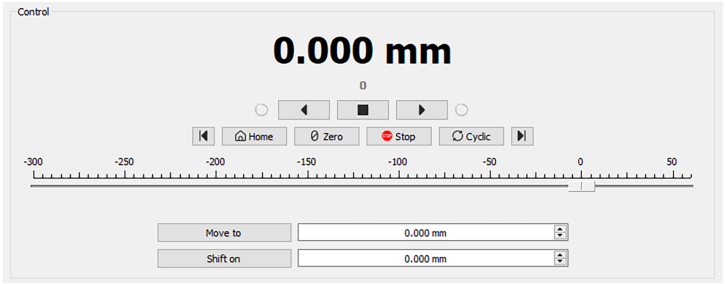


Рис. 5.5: Блок Control

В центральной части блока расположен индикатор текущей позиции. Под ним находятся кнопки управления движением. Ниже, если энкодер включен, располагается индикатор позиции по энкодеру. В режиме ведущего энкодера, см. раздел *Работа с энкодерами*, главный и второстепенный индикаторы меняются местами.

Ниже расположен блок **Control**, содержащий элементы управления движением двигателя. Рассмотрим их более подробно:

5.2.2.1.1 Движение без точного задания конечного положения



Рис. 5.6: Кнопки управления движением

- Находящиеся в верхнем ряду кнопки *Влево* и *Вправо* запускают движение влево и вправо соответственно, без указания конечной позиции. Кнопка *Стоп останавливает с замедлением* начатое движение.
- Также управлять движением можно с помощью клавиатуры компьютера. Для этого область линейки координат в приложении должна быть активной (выделяется рамкой с помощью клавиши *Tab*). При нажатии и удержании на клавиатуре клавиш стрелок *Вправо*, *Влево* движение начинается в соответствующем направлении, увеличивая или уменьшая координаты. Сразу после отпускания клавиши движение прекращается, как будто была нажата кнопка *Стоп* в программе.

5.2.2.1.2 Движение в заданную точку

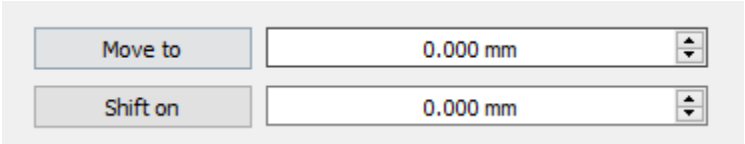


Рис. 5.7: Управление движением в заданную точку

- Кнопка *Move to* запускает процесс перемещения в заданную позицию.
- Кнопка *Shift on* запускает процесс смещения на заданное расстояние от текущей позиции.

5.2.2.2 Текущая позиция для команд движения

Команды *Move to* и *Shift on* используют текущую позицию для расчета движения. Текущая позиция изменяется следующими командами:

Move to <величина>
Текущая позиция = <величина>

Shift on <смещение>
Текущая позиция = текущая позиция + <смещение>

Zero (при условии отсутствия движения в момент посылки команды)
Текущая позиция = 0

Команды *Stop*, *Влево*, *Вправо* не изменяют текущую позицию.

5.2.2.3 Состояние контроллера и двигателя

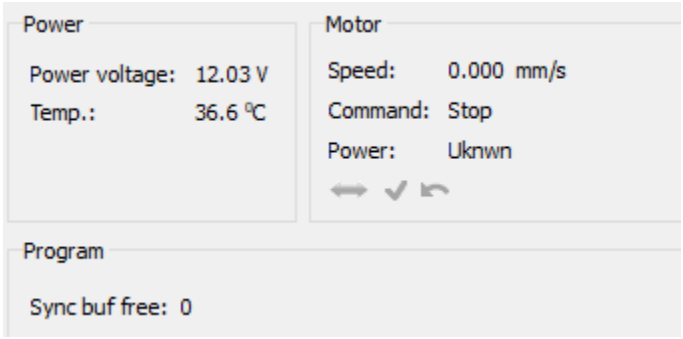


Рис. 5.8: Блоки главного окна mDrive Direct Control отслеживающие состояние контроллера и двигателя

5.2.2.3.1 Электропитание контроллера

Группа параметров **Power** содержит индикаторы:

- *Power voltage* - напряжение на силовой части.
- *Temp.* - температура процессора контроллера.

Изменение цвета индикатора *Power voltage* на красный показывает выход за пределы разрешённого диапазона напряжения источника питания. В этом случае контроллер переходит в состояние *Alarm*. Вы можете изменить этот параметр в разделе *Настройка предельных параметров контроллера*.

Появление горизонтальной черты над индикатором *Power voltage* означает, что напряжение питания контроллера превышает максимальное напряжение двигателя *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)*.

Изменение цвета индикатора *Power current* на красный показывает превышение тока, потребляемого контроллером от источника питания, относительно разрешенного. В этом случае контроллер переходит в состояние *Alarm*. Вы можете изменить этот параметр в разделе *Настройка предельных параметров контроллера*.

Появление горизонтальной черты над индикатором *Power current* означает, что ток, потребляемый контроллером, превышает максимальный ток двигателя, этот параметр можно изменить в разделе *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)*.

Изменение цвета индикатора *Temp* на красный показывает превышение температуры на плате контроллера относительно разрешенной. В этом случае контроллер переходит в состояние *Alarm*. Параметр можно изменить в разделе *Настройка предельных параметров контроллера*.

Важно: Выход из состояния *Alarm* возможен после прекращения событий, вызвавших *Alarm*, при условии, что флаг *Sticky Alarm* не установлен. Если флаг *Sticky Alarm* установлен, используйте кнопку *STOP*, чтобы выйти из состояния *Alarm*.

5.2.2.3.2 Состояние двигателя

Группа параметров **Motor** содержит индикаторы:

- *Speed* - скорость вращения двигателя.

- *Command* - последняя выполняемая (жирный шрифт) или выполненная (обычный шрифт) *команда контроллера*. *Команда контроллера* отображается черным цветом, если флаг ошибки движения MVCMD_ERROR не установлен, в противном случае красным. Может быть одним из следующих вариантов:
  - *Move to position* - перемещение в заданную позицию
  - *Shift on offset* - смещение на заданное расстояние
  - *Move left* - движение влево
  - *Move right* - движение вправо
  - *Stop* - остановка
  - *Homing* - нахождение начальной позиции
  - *Loft* - компенсация люфта
  - *Soft stop* - плавная остановка
  - *Unknown* - неизвестная команда (возможно сразу после включения контроллера)
- *Power* - состояние питания шагового двигателя. Может быть одним из следующих вариантов:
  - *Off* - обмотки двигателя разомкнуты и не управляются драйвером,
  - *Short* - обмотки замкнуты накоротко через драйвер,
  - *Norm* - обмотки запитаны номинальным током,
  - *Reduc* - обмотки намеренно запитаны уменьшенным относительно рабочего током для снижения потребляемой мощности,
  - *Max* - обмотки запитаны максимально доступным током, который может выдать схема при данном напряжении питания.

Примечание: GPIO флаг можно использовать для обнаружения подключенного двигателя

Появление горизонтальной черты над индикатором Speed означает, что достигнута максимальная скорость движения, установленная в поле Max nominal speed настроек двигателя *Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)*.

5.2.2.3.3 Состояние программы

Группа параметров **Program** содержит индикаторы:

- *Sync buf free* - количество свободных ячеек в буфере команд контроллера.

5.2.2.3.4 Группа кнопок для управления программой

- Кнопка *Settings...* открывает настройки контроллера, см. раздел *Настройки программы*.
- Кнопка *Charts...* открывает окно с графиками, см. раздел *Графики*.
- Кнопка *Scripts...* открывает окно работы со скриптами, см. раздел *Скрипты*.
- Кнопка *Home* осуществляет поиск начальной позиции, см. раздел *Настройка исходного положения*.
- Кнопка *Zero* обнуляет текущую позицию двигателя и значение энкодера.

- Кнопка *Stop* посылает команду *немедленной остановки*, сбрасывает состояние Alarm, очищает буфер команд для синхронного движения и останавливает выполнение скрипта, если он запущен.
- Кнопка *Cyclic* включает режим циклического движения, см. раздел *Настройка режима циклического движения*.

Примечание: Команда *Cyclic* является составной командой: при вызове *Cyclic* в mDrive Direct Control на уровне контроллера производится выполнение последовательности из команд *Move to*.

- Кнопка *Clear log* очищает содержимое лога.
- Кнопка *Save log* сохраняет содержимое лога в файл в формате CSV (открывается диалог выбора файла для записи).
- Кнопка *Tech. support* дает возможность связаться с нами.
- Кнопка *Exit* осуществляет корректное завершение работы, см. раздел *Корректное завершение работы*.

5.2.2.4 Статусная строка

В статусной строке находятся индикаторы текущего состояния контроллера. Слева направо это блок из 7 флагов:

- **L** - Левая кнопка нажата
- **R** - Правая кнопка нажата
- **G** - Вход/выход GPIO активен
- **B** - Магнитный тормоз запитан
- **S** - Датчик оборотов активен
- **I** - Вход синхронизации активен
- **O** - Выход синхронизации активен

и отдельные индикаторы (флаги)

- **HOMD** - Загорается после успешного выполнения команды home(), что означает, что шкала относительного положения откалибрована с помощью аппаратного датчика абсолютного положения, такого как концевой выключатель. Погасает после потери калибровки, например, при резкой остановке или при пропуске шагов.
- **WndA/WndB** имеют 1 из 4 состояний: - Обмотка A/B отключена. - Состояние обмотки A/B неизвестно. - Обмотка A/B закорочена. - Обмотка A/B подключена и работает исправно.

Важно: Статус определяется использованием статистических данных во время перемещения, что занимает время и делает этот статус довольно бесполезным в обычных приложениях. Поэтому в данный момент эта функция отключена.

- **ENCD** - Состояние энкодера имеет 1 из 5 состояний: - Энкодер отсутствует. - Состояние энкодера неизвестно. - Энкодер подключен и неисправен. - Энкодер подключен и работает, но считает в другом направлении. - Энкодер подключен и работает исправно.
- **PWHT** - Перегрев силового драйвера. Управление двигателем отключено до восстановления рабочей температуры драйвера. Этого не должно происходить в коробочных версиях контроллера. Это может произойти в версии контроллера с «голой» платой и с пользовательским радиатором. Решение: используйте другой радиатор.

- **SLIP** - Обнаружено проскальзывание двигателя. Флаг устанавливается, когда положение энкодера и положение шага слишком далеки друг от друга. Вы можете отключить флаг «Position control» или увеличить ошибку в поле «threshold» на вкладке «Device -> Position control», чтобы предотвратить возникновение этой ошибки.
- **WRM** - Загорается при существенной разнице между сопротивлениями обмоток шагового двигателя. Обычно это происходит с поврежденным шаговым двигателем, у которого полностью или частично закорочены обмотки. Вы можете диагностировать проблему согласно инструкциям в *нашем руководстве*

Важно: WRM алгоритм изначально не был рассчитан на использование для позиционеров с ременной передачей из-за того что ремень может растягиваться и вибрировать. Вибрация, как правило, происходит на высоких скоростях, что и сбивает работу WRM алгоритма. Для позиционеров ременной передачи это нормальное поведение

- **ENGR** - Загорается красным при возникновении ошибки управления двигателем. Отказ алгоритма управления двигателем означает, что он не может определить правильное решение с помощью полученных данных обратной связи. Единичный отказ может быть вызван механической проблемой. Повторяющийся сбой может быть вызван неправильной настройкой двигателя.
- **EXTI** - Ошибка вызвана игнорированием внешнего сигнала EXTIO, этой ошибкой можно управлять в настройках (Device -> EXTIO)
- **ErrC** - обнаружена ошибка команды. Полученная команда отсутствует в списке известных команд контроллера. Наиболее вероятная причина - устаревшая прошивка, которую можно обновить в настройках mDrive Direct Control -> вкладка About device -> кнопка Autoupdate.
- **ErrD** - обнаружена ошибка целостности данных. Данные внутри команды и ее код CRC не соответствуют, поэтому данные не могут считаться действительными. Эта ошибка может быть вызвана EMI в интерфейсе RS-232.
- **ErrV** - обнаружена ошибка значения. Значения в команде не могут быть применены без корректировки, потому что они выходят за допустимый диапазон. Вместо исходных значений использовались исправленные.
- **Ctbl** - Для данного позиционера загружена и применяется корректировочная таблица.

5.2.3 Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления несколькими осями

Важно: mDrive Direct Control позволяет одновременно открывать до 32 осей, но в многоосевом интерфейсе будут отображаться только первые 3 (оси X/Y/Z). Однако возможно работать и с другими открытыми осями (теми, которые визуально не отображаются в mDrive Direct Control), для этого нужно использовать скриптовый язык mDrive Direct Control. Для визуальной работы с большим количеством осей (более трех) потребуется запустить несколько окон mDrive Direct Control. Например, у вас есть 5-ти осевой контроллер, тогда в первом окне программы вы можете открыть первые три оси, а во втором окне оставшиеся две.

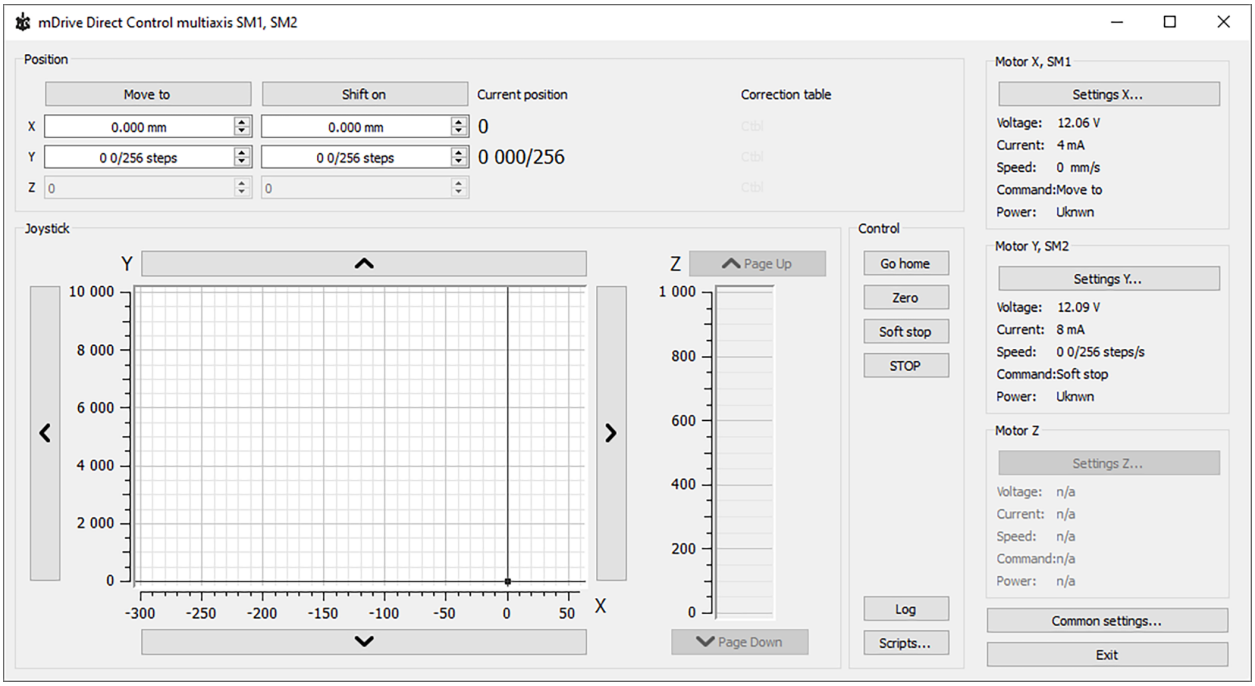


Рис. 5.9: Главное окно программы mDrive Direct Control в режиме управления несколькими осями

В левой верхней части окна в группе параметров **Position** находятся индикаторы текущей позиции. В левой нижней части окна расположены блоки **Joystick** и **Control**, представляющие собой графический элемент управления движением по нескольким осям и блок кнопок соответственно. В правой верхней части в блоках **Motor** находятся данные о состоянии контроллеров и подключенных к ним двигателей в настоящий момент. В правой нижней части окна расположена группа кнопок для управления программой в целом. Рассмотрим эти группы более подробно.

5.2.3.1 Блок позиции и движения

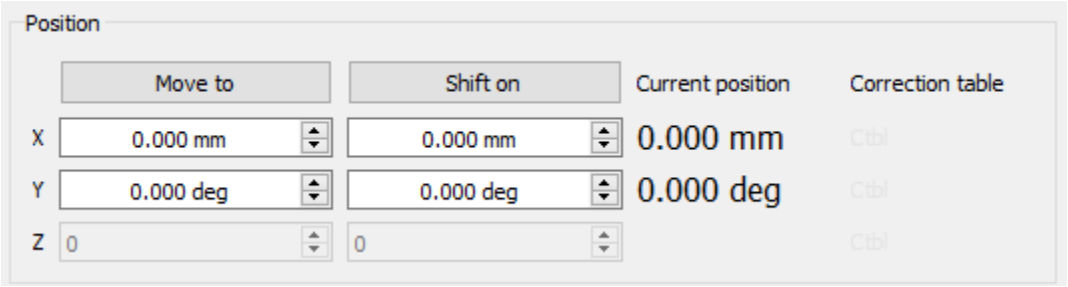


Рис. 5.10: Блок позиции и движения

В столбце *Current position* расположены индикаторы текущей позиции в шагах или калиброванных единицах (см. далее) для осей X, Y и Z сверху вниз. Кнопка *Move to* осуществляет перемещение в координату, задаваемую элементами управления в этом столбце, а кнопка *Shift on* осуществляет смещение на задаваемое расстояние от текущей позиции. Если какой-то из контроллеров отсутствует или временно отключен, то соответствующая ему строка становится недоступной.

5.2.3.2 Блок виртуального джойстика

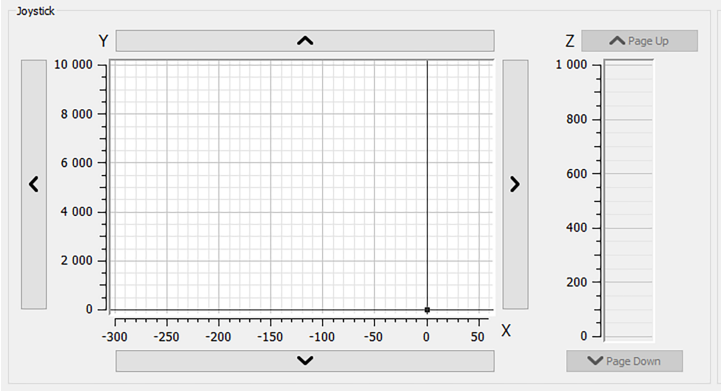


Рис. 5.11: Блок виртуального джойстика

В этом блоке текущая координата контроллеров визуализируется точкой с двумя линиями на плоскости для осей X-Y и линией для оси Z.

Здесь также возможно управлять движением контроллеров несколькими способами:

- При клике мышкой где-либо на плоскости X-Y или в столбце Z соответствующий контроллер или контроллеры начинают движение в выбранную координату со своими настройками движения.
- При нажатии и удержании мышкой экранных кнопок со стрелками вверх, вниз, вправо и влево соответствующая ось начинает движение в выбранном направлении. Движение *прекращается с замедлением* при отпускании кнопки (посылается команда SSTP).
- При нажатии и удержании кнопок клавиатуры вправо, влево, вверх, вниз, PageUp, PageDown при нахождении фокуса ввода в блоке джойстика ось X, Y или Z соответственно начинает движение в направлении увеличения или уменьшения координаты. Движение *прекращается с замедлением* при отпускании кнопки (посылается команда SSTP). Наличие фокуса ввода в блоке джойстика можно отследить по изменению цвета его фона с белого на светло-зеленый.

Масштаб осей задается в блоке «Slider settings» вкладки *General motor* в окне Settings индивидуально для каждого контроллера. Если включена опция *пользовательских единиц*, то координата по соответствующей оси отсчитывается в этих единицах. В случае если считанное из контроллера положение по какой-либо оси выходит за диапазон оси, то соответствующий индикатор не отображается.

5.2.3.3 Блок управления



Рис. 5.12: Блок управления

Кнопка *Home* осуществляет поиск начальной позиции независимо для каждого контроллера, см. раздел *Настройка исходного положения*.

Кнопка *Zero* обнуляет текущую позицию двигателя и значение энкодера для каждого контроллера.

Кнопка *Soft stop* выполняет команду плавной остановки для каждого контроллера.

Примечание: Кнопка *STOP* посылает команду *немедленной остановки* каждому контроллеру, сбрасывает их состояния Alarm, очищает их буферы команд для синхронного движения и останавливает выполнение скрипта, если он запущен.

Кнопка *Log* открывает окно, отображающее лог программы. Сюда попадает диагностическая информация (ошибки, предупреждения, информационные сообщения) от самой программы mDrive Direct Control, от библиотеки libximc, а также от исполняемых скриптов.

Кнопка *Scripts* открывает окно работы со скриптами, см. раздел *Скрипты*.

5.2.3.4 Блок индикаторов состояния контроллеров и двигателей

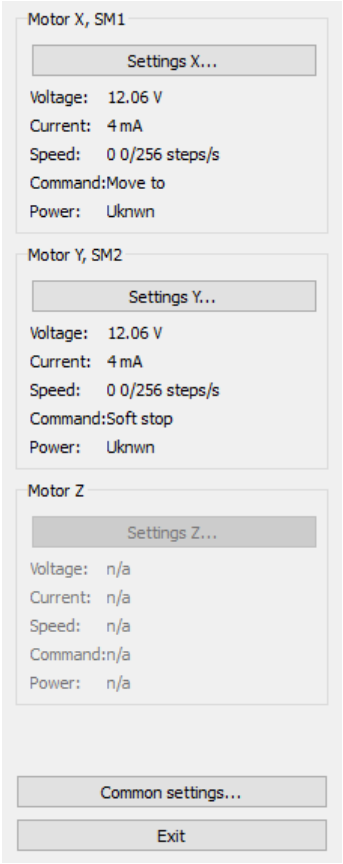


Рис. 5.13: Блок индикаторов состояния контроллеров и двигателей

Здесь расположены три блока индикаторов состояния контроллеров и двигателей для осей X, Y и Z. В заголовке блока расположен серийный номер соответствующего контроллера. Каждый блок содержит индикаторы:

- Voltage - напряжение на силовой части двигателя.

- Current - ток потребления контроллера.
- Speed - текущая скорость двигателя.
- Command - последняя выполненная или выполняемая команда контроллера.
- Power - состояние питания двигателя.

Кнопка Settings X,Y,Z открывает настройки контроллера соответствующего этой оси, см. раздел *Настройки программы*.

Снизу от блоков индикаторов состояния расположены две кнопки: *Common settings* и *Exit*.

Кнопка *Common settings* открывает диалог с общими настройками, включающими в себя настройки логирования и соответствие серийных номеров контроллеров отображаемым осям X, Y и Z.

Кнопка Exit осуществляет корректное завершение работы, см. раздел *Корректное завершение работы*.

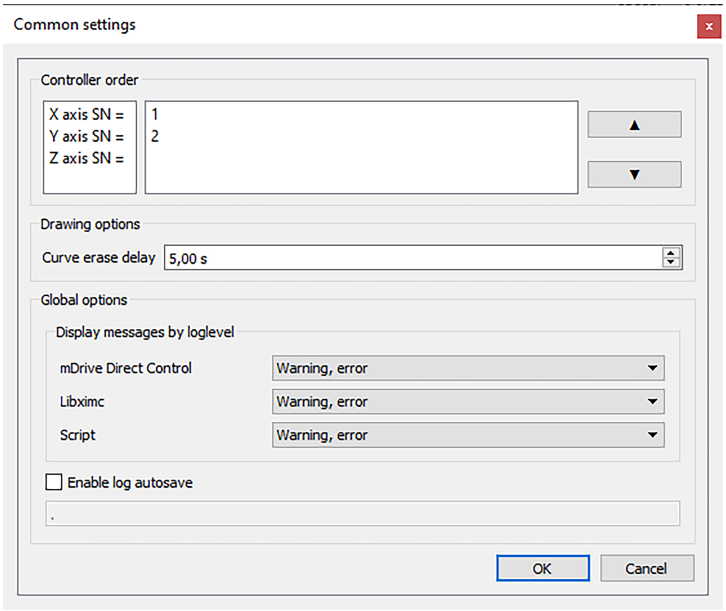


Рис. 5.14: Диалоговое окно общих настроек многоосного интерфейса

В окне общих настроек расположен блок управления порядком отображения осей в интерфейсе, блок настроек отрисовки кривой движения и блок настроек логирования.

Порядок осей можно менять, выбрав серийный номер желаемой оси и нажимая кнопки «вверх» и «вниз», которые расположены справа.

Первая ось в списке, то есть ось с серийным номером в строке справа от надписи «X axis SN = » будет идентифицироваться как «ось X», вторая как «ось Y», третья, если она присутствует, как «ось Z».

Если вы введете значение N, большее нуля секунд в элементе управления «Удержание стирания» в «Параметры рисования», то последние N секунд движения контроллера оси X и Y будут отображаться как траектория в 2D-пространстве, наложенном на виртуальное окно джойстика.

Блок настроек логирования полностью аналогичен *одноосной версии*.

В нем можно настроить уровень подробности логгирования: не выводить ничего (None), выводить только ошибки (Error), ошибки и предупреждения (Error, Warning), ошибки, предупреждения и информационные сообщения (Error, Warning, Info) для каждого из источников: программа mDrive Direct Control, библиотека libximc и модуль скриптов Scripts.

При включенном автосохранении запись в файл производится каждые 5 секунд. Имя файла: «xilab_log_ГГГГ.ММ.ДД.csv», где ГГГГ, ММ и ДД - текущие год, месяц и день соответственно. Формат сохраненных данных: CSV.

5.2.4 Настройки программы

Кнопка Settings из *главного окна программы* открывает окно настроек.

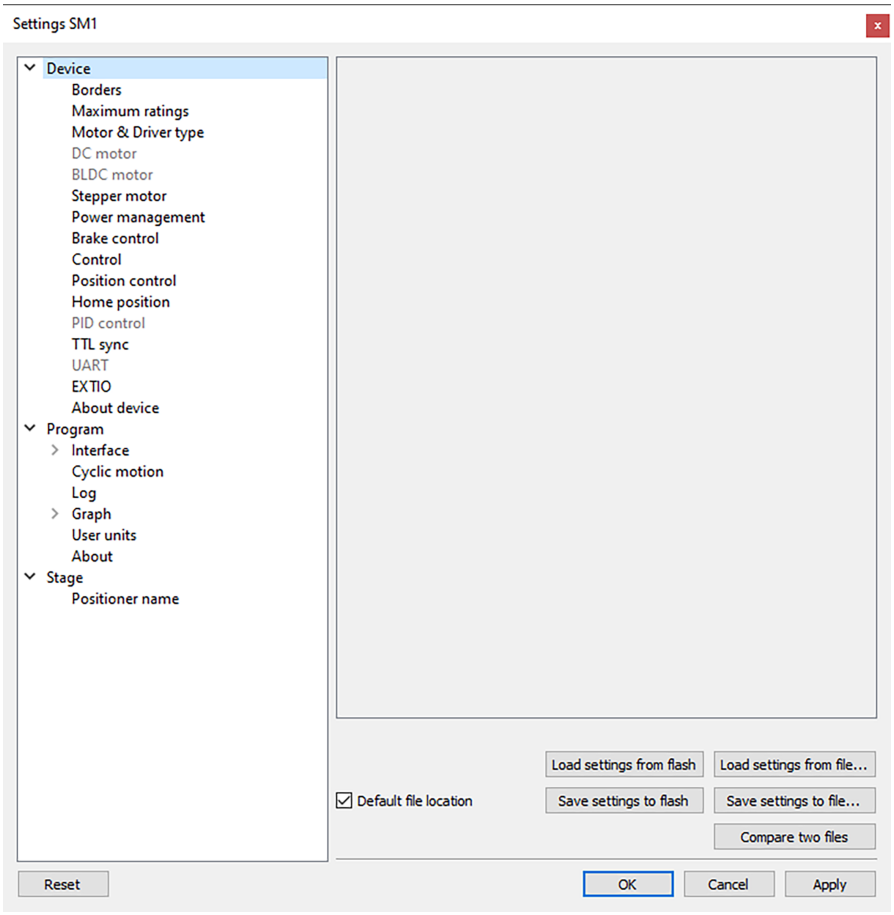


Рис. 5.15: Основное окно настроек mDrive Direct Control

Параметры приложения делятся на три группы: настройки контроллера - группа «Device», настройки приложения mDrive Direct Control - группа «Program», характеристики позиционера - группа «Stage».

В первой группе *Device* находятся параметры, значения которых могут храниться непосредственно в устройстве (во flash-памяти или в ОЗУ контроллера).

Вторая группа *Program* содержит настройки программы mDrive Direct Control, которые не записываются в контроллер, а служат для управления работой самого интерфейса mDrive Direct Control.

Примечание: Информация на вкладке «Stage» временно не используется.

Описание кнопок **Load setting from flash** и **Save settings to flash** находится в разделе *Хранение параметров во flash-памяти контроллера*.

Все настройки программы из первой и второй группы настроек могут быть записаны во внешний файл при нажатии на кнопку **Save settings to file**.

При нажатии в mDrive Direct Control на кнопку **Load setting from file...** настройки программы загружаются в окно Settings.

При нажатии на кнопку **Compare two files** открывается диалог выбора двух файлов, а затем сравниваются все их настройки и выводится список различий. Отсутствующие в одном из файлов ключи помечаются в таблице как «<NO KEY>».

Кнопка **OK** закрывает окно Settings с сохранением всех измененных настроек в контроллер, кнопка **Cancel** закрывает окно без сохранения, кнопка **Apply** сохраняет настройки без закрытия окна.

Кнопка **Reset** сбрасывает все изменения настроек, сделанные после последнего нажатия **Apply**, или после открытия окна **Settings**, если кнопка **Apply** не нажималась.

Примечание: При сохранении настроек в flash-память контроллера туда могут быть записаны только настройки блока Device.

5.2.5 Графики

Кнопка **Charts** из *главного окна программы* открывает окно для работы с графиками.

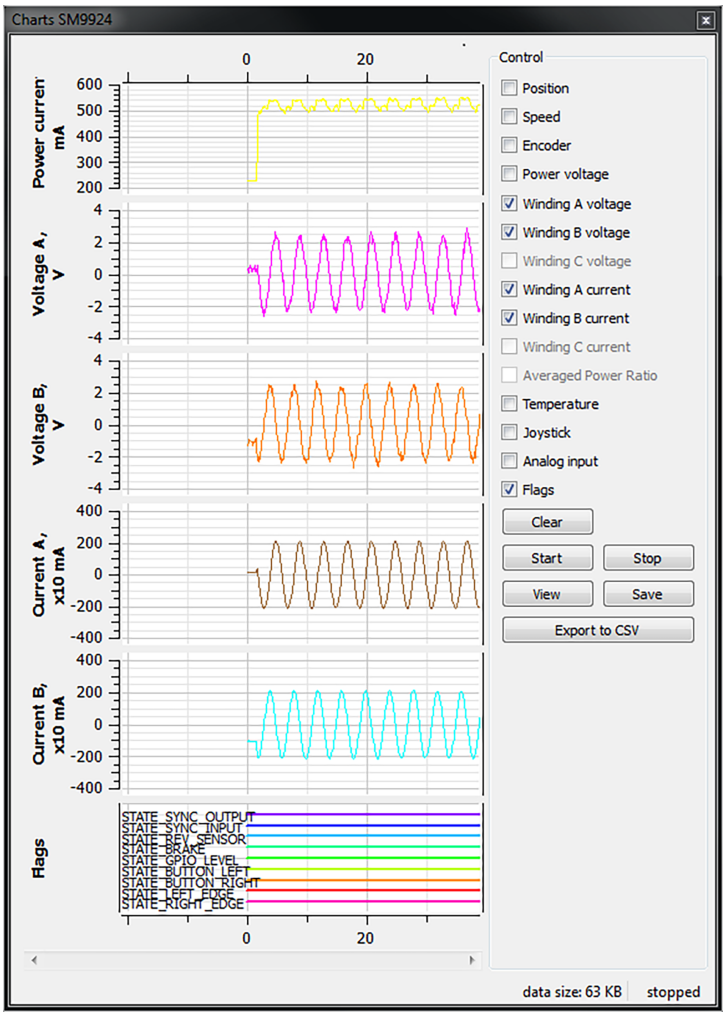


Рис. 5.16: Окно графиков программы mDrive Direct Control

В левой части окна расположены графики величин, в правой части окна расположен блок **Control**, содержащий элементы управления графиками. Вверху блока **Control** расположены флаги включения различных графиков, внизу блока **Control** расположена группа кнопок для управления сохраненными данными графиков.

5.2.5.1 Отображаемые на графиках величины

- *Position* - первичное поле, в котором хранится текущая позиция, как бы ни была устроена обратная связь. В случае работы с BLDC-двигателем в этом поле находится текущая позиция по данным с энкодера, в случае работы с ШД (шаговым двигателем) в этом поле содержится значение текущей позиции в шагах;
- *Speed* - текущая скорость;
- *Encoder* - позиция по второстепенному датчику положения;
- *Power voltage* - напряжение силовой части;
- *Winding A current* - в случае ШД, ток в обмотке А; в случае BLDC, ток в первой обмотке;
- *Winding B current* - в случае ШД, ток в обмотке В; в случае BLDC, ток во второй обмотке;

- *Winding C current* - в случае BLDC, ток в третьей обмотке; в случае ШД не используется;
- *Winding A voltage* - в случае ШД, напряжение на обмотке A; в случае BLDC, напряжение на первой обмотке;
- *Winding B voltage* - в случае ШД, напряжение на обмотке B; в случае BLDC, напряжение на второй обмотке;
- *Winding C voltage* - в случае BLDC, напряжение на третьей обмотке; в случае ШД не используется;
- *Averaged Power Ratio* - отношение мощности, подаваемой на двигатель, к номинальной мощности, в процентах;
- *Temperature* - температура процессора контроллера;
- *Joystick* - значение входного сигнала от джойстика;
- *Analog input* - значение аналогового входа для пользовательских задач;
- *Flags* - состояние флагов контроллера.

5.2.5.2 Функции кнопок

- *Clear* - очищает сохраненные данные и окно графиков;
- *Start* - начинает запись данных и отображение графиков. Если включена опция «Break data update when motor stopped» в **Program -> Graph**, то запись данных и автопрокрутка графиков при остановленном двигателе происходить не будет;
- *Stop* - останавливает считывание данных;
- *Save* - сохраняет данные графиков в файл;
- *View* - открывает новое окно, в котором можно загрузить (с помощью кнопки *Load*) и посмотреть ранее сохраненные графики.
- *Export to CSV* - экспортирует данные графиков в файл формата CSV.

5.2.5.3 Ограничение значения

Если установлено ограничение для скорости, напряжения силовой части или тока потребления силовой части, это ограничение отображается на графике пунктирной линией:

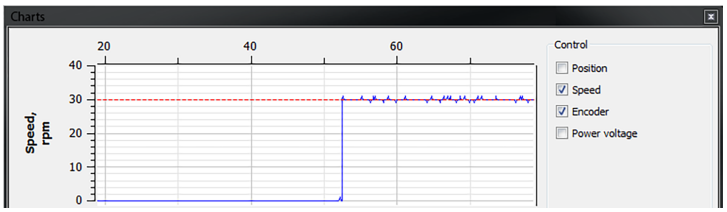


Рис. 5.17: График скорости в программе mDrive Direct Control с ограничением скорости

5.2.6 Скрипты

Кнопка «Scripts...» из *главного окна программы* открывает окно для работы со скриптами.

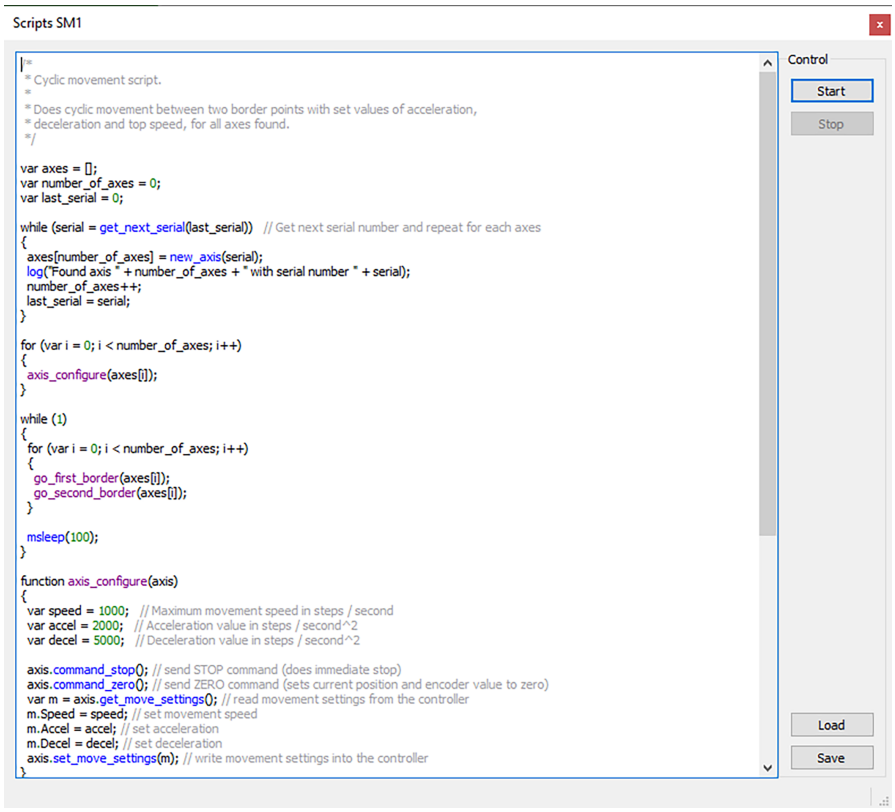


Рис. 5.18: Окно скриптов mDrive Direct Control

В левой части окна расположено поле для редактирования текста скрипта, в правой части окна расположен блок Control, содержащий элементы управления скриптами.

5.2.6.1 Функции кнопок

- *Start* - запускает выполнение скрипта. Неактивна, если скрипт уже выполняется. Сразу после нажатия кнопки и до начала интерпретации скрипта происходит автоматическое сохранение скрипта во временный файл (см. ниже).
- *Stop* - останавливает выполнение скрипта. Неактивна, если скрипт в данный момент не выполняется.
- *Save* - вызывает диалог выбора файла куда будет сохранен текущий скрипт, отображаемый в окне. Неактивна во время выполнения скрипта.
- *Load* - вызывает диалог выбора файла для загрузки в окно скриптов. Неактивна во время выполнения скрипта. Внимание, в случае загрузки все несохраненные изменения текста в окне будут потеряны!

В момент старта программы в окно «Scripting» загружается последнее сохраненное содержимое текста в окне. Автосохранение происходит перед каждым стартом скрипта, а также перед выходом из mDrive Direct Control, файл автосохранения находится в директории пользовательских настроек программы и имеет имя «scratch.txt».

Примечание: Выполнение скрипта останавливается при нажатии кнопки «Stop» в главном окне программы, это сделано для экстренной остановки движения в случае необходимости. Кнопка STOP посылает команду *немедленной остановки* каждому контроллеру, сбрасывает их состояния Alarm,

очищает их буферы команд для синхронного движения и останавливает выполнение скрипта, если он запущен.

Описание языка скриптов находится в разделе *Программирование*.

5.2.7 Лог mDrive Direct Control

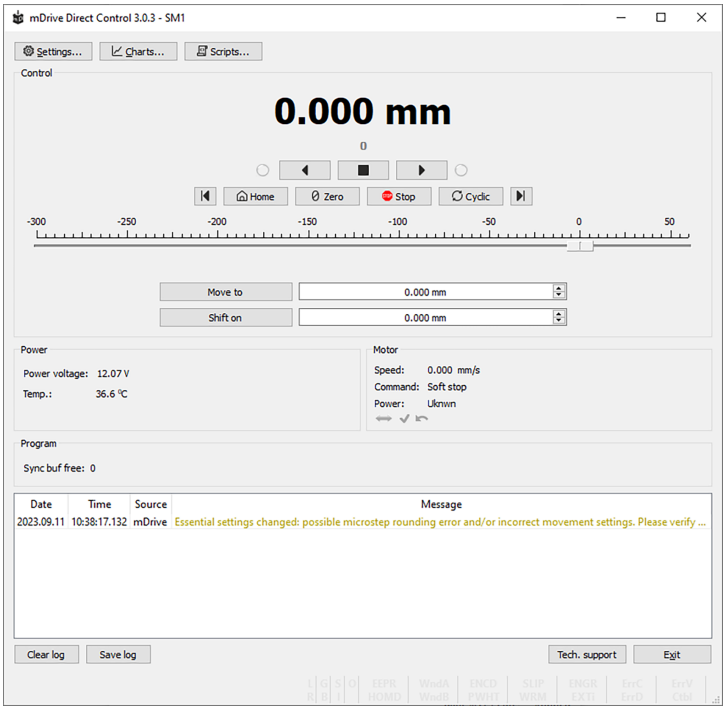


Рис. 5.19: Окно лога программы mDrive Direct Control

В нижней части главного окна mDrive Direct Control расположен лог, в который записываются сообщения от библиотеки libximc. В него также выводятся сообщения самого mDrive Direct Control и *интерпретатора скриптов*.

Лог имеет 3 колонки: дата и время возникновения записи, источник и текст сообщения.

Сообщения имеют уровень логгирования, означающий важность сообщения: ошибка, предупреждение и информационное сообщение. Сообщения ошибок выводятся красным цветом, предупреждения желтым, информационные сообщения зеленым.

Настроить тип выводимых сообщений в лог можно на вкладке *Настройка логирования* в окне настроек программы.

5.3 Настройки контроллера

5.3.1 Настройка кинематики движения (Шаговый двигатель)

В окне *Настройки программы* **Device -> Stepper motor**

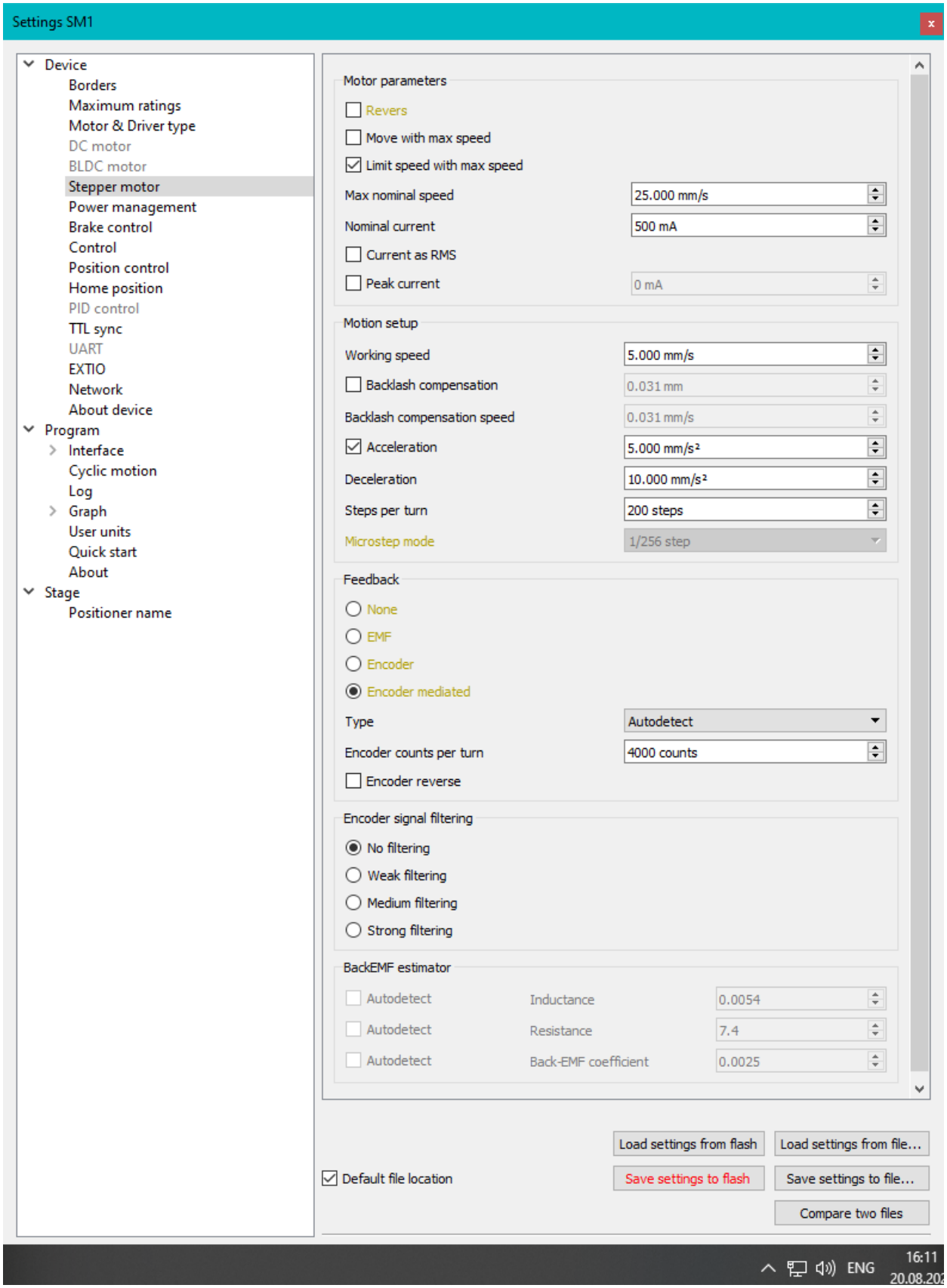


Рис. 5.20: Окно настроек кинематики движения шагового двигателя

5.3.1.1 Motor parameters - настройки, непосредственно связанные с электродвигателем

Revers - установка этого флага позволяет связать направление вращения двигателя с направлением счета текущей позиции. Измените состояние флага, если положительное вращение двигателя уменьшает счетчик позиции. Действие этого флага равносильно подключению обмотки двигателя в обратной полярности.

Move with max speed - при установленном флаге двигатель игнорирует заданную скорость и вращается с максимальной допустимой скоростью.

Limit speed with max speed - при установленном флаге контроллер ограничивает максимальную скорость по количеству шагов в секунду значением поля *Max nominal speed*. Например, если скорость превысила номинальное значение, контроллер будет снижать выходное воздействие, пока значение скорости не вернется в пределы нормы. Однако при этом контроллер останется в рабочем состоянии и будет выполнять текущую задачу.

Max nominal speed - номинальная скорость работы двигателя.

Nominal current - номинальный ток через двигатель. Контроллер будет ограничивать ток этим значением.

Current as RMS - при установленном флаге задаваемое значение тока интерпретируется как среднеквадратичное значение тока, если флаг снят, то задаваемое значение тока интерпретируется как максимальная амплитуда тока. Подробнее в разделе *Расчёт номинального тока*.

Peak current - при установленном флаге контроллер автоматически контролирует средний ток за последние 10 секунд, чтобы он не превышал номинального значения (заданного в поле «Nominal current»). Это позволяет кратковременно увеличить крутящий момент без риска перегрева двигателя. Диапазон: 15. . . 8000 мА.

5.3.1.2 Motion setup - настройки, связанные с кинематикой движения

Working speed - скорость движения.

Backlash compensation - компенсация люфта. Так как механика позиционера не идеальна, существует различие при подходе к заданной точке справа и слева. При включенном режиме компенсации люфта позиционер будет подходить к точке всегда с одной стороны. Установленное значение определяет количество шагов, на которое позиционер будет проходить заданную точку чтобы возвращаться к ней с одной и той же стороны. Если указанное число больше нуля, позиционер будет подходить к точке всегда справа. Если меньше нуля, то всегда слева.

Backlash compensation speed - скорость компенсации люфта. При включенном режиме компенсации люфта *Backlash compensation* позиционер будет подходить к точке справа или слева с установленной скоростью, определяемой количеством шагов в секунду.

Acceleration - включает режим движения с ускорением, числовое значение поля это величина ускорения движения.

Deceleration - величина замедления движения.

Steps per turn - определяет для контроллера количество шагов для совершения двигателем одного полного оборота. Параметр устанавливается пользователем.

Microstep mode - режим деления шага. Доступно 9 режимов: от целого шага до 1/256 шага. Описание режимов в разделе *Поддерживаемые типы двигателей*.

5.3.1.3 Настройки обратной связи

В качестве датчика обратной связи для шаговых двигателей может использоваться энкодер. Для шаговых двигателей доступно три режима обратной связи.

None - без обратной связи. Движение осуществляется в шагах.

Encoder - режим задания движения в величинах отсчета энкодера. При включении данной опции доступен выбор типа энкодера: недифференциальный, дифференциальный или автоматическое определение.

Encoder mediated - в этом случае движение осуществляется за несколько итераций с контролем положения по завершению каждой итерации по энкодеру.

Encoder counts per turn - параметр определяет количество импульсов *энкодера* на один полный оборот оси двигателя.

Encoder reverse - реверс энкодера.

5.3.2 Настройка диапазона движения и концевых выключателей

В окне *настроек программы* **Device -> Borders**

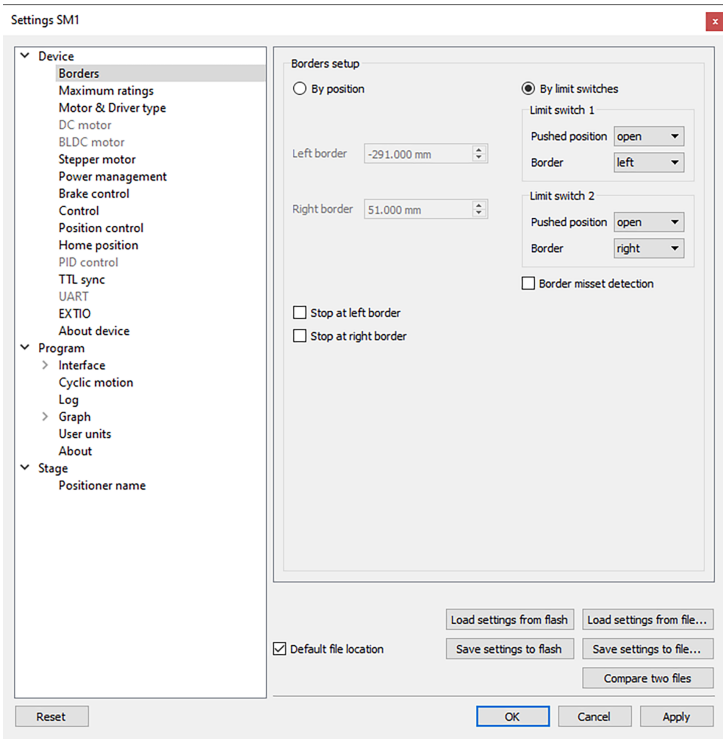


Рис. 5.21: Окно настроек диапазона движения и концевых выключателей

Группа параметров **Borders setup** содержит параметры границ и концевых выключателей. Эти параметры позволяют предотвратить выход позиционера за допустимые физические границы его перемещения или ограничить диапазон перемещения в соответствии с требованиями пользователя. Границы могут определяться либо по положению позиционера (определяемому по внутреннему счетчику шагов контроллера), либо по *концевым выключателям*, установленным в крайних положениях позиционера.

Если аппаратных ограничителей на диапазон движения нет, а позиционер требует такого ограничения, то можно использовать программные концевые выключатели. Для установки границ по виртуальным концевым выключателям необходимо выбрать пункт *By position* и указать значения *Left border* и *Right border*, которые соответствуют левому и правому краю соответственно. Используются поля левой границы и правой границы (значение правой границы должно быть больше левой). В этом режиме левый концевой выключатель считается активным, если текущая позиция меньше левой границы, а правый

- если текущая позиция больше правой границы движения. Срабатывание происходит за время около одной миллисекунды.

Предупреждение: Программное ограничение диапазона работает надежно только, если не происходит непосредственного задания новой позиции командами ZERO или SPOS, нет потери шагов или неисправности энкодера, при его использовании для позиционирования, а также не происходят частые потери питания во время движения. Если возникла одна из таких проблем, то программный диапазон надо перенастроить. Автоматически это можно сделать если есть подходящий опорный датчик с помощью *автоматической калибровки нулевой позиции*.

Для установки границ по концевым выключателям необходимо выбрать пункт *By limit switches* и настроить работу каждого из двух концевых выключателей *Limit switch 1* и *Limit switch 2*.

Pushed position - состояние концевого выключателя, когда он достигнут: замкнутое или разомкнутое.

Border - расположение данного концевого выключателя: слева или справа рабочего диапазона позиционера.

Для принудительной остановки двигателя при достижении границ отметьте *Stop at left border* и/или *Stop at right border*. Тогда контроллер будет игнорировать любые команды, подразумевающие движение в сторону концевого выключателя, если соответствующий концевой выключатель уже достигнут.

При достижении граничного положения загорается соответствующий индикатор в главном окне программы.

Если флаг *Border misset detection* установлен, двигатель останавливается при достижении обеих границ. Эта настройка нужна для предотвращения поломки двигателя при обнаружении потенциально неправильно настроенных концевых выключателей. Обязательно прочитайте подробнее про работу контроллера в этом режиме в разделе *Расположение концевых выключателей на трансляторах*.

5.3.3 Настройка предельных параметров контроллера

В окне *настроек программы* **Device -> Maximum ratings**

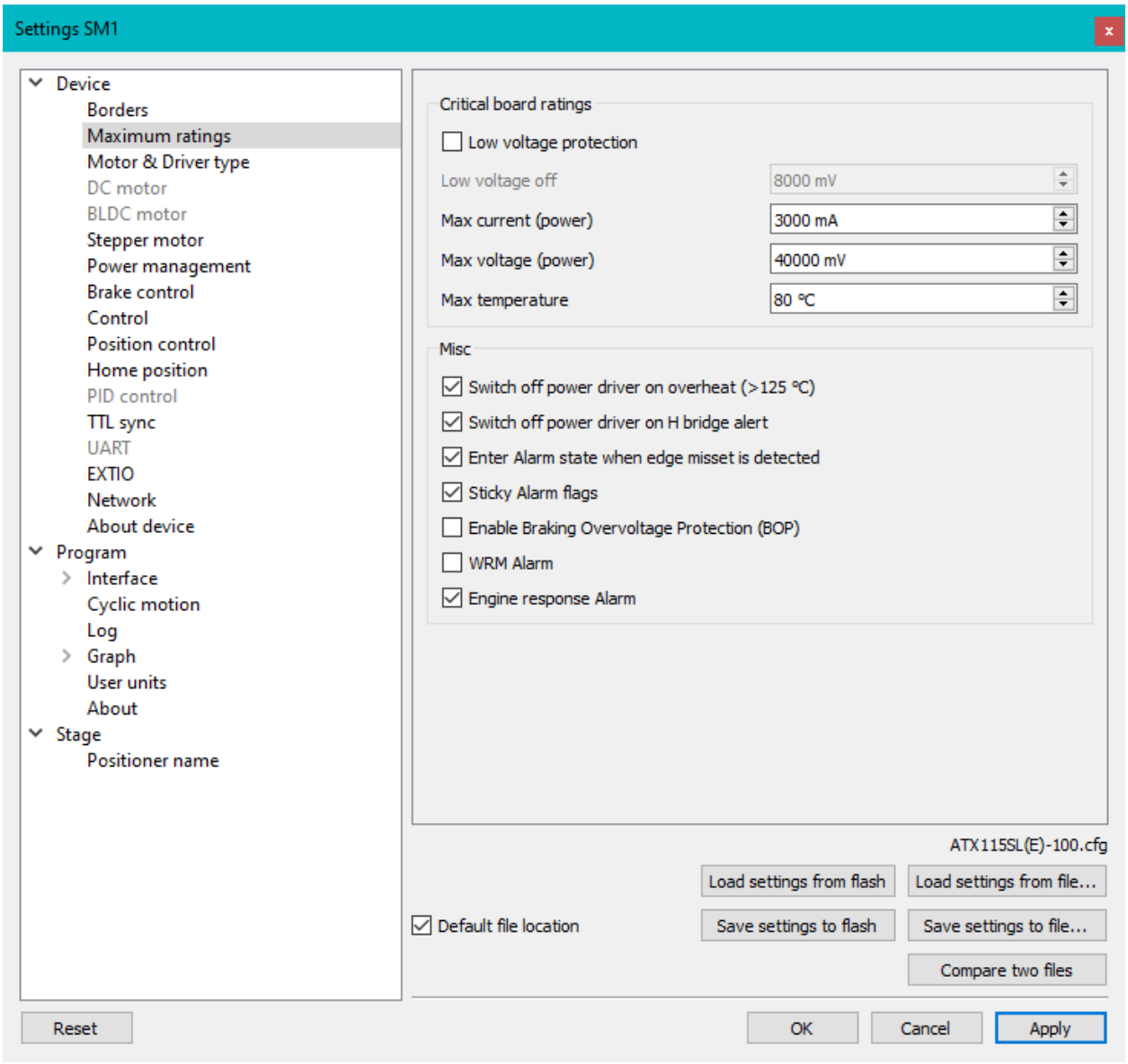


Рис. 5.22: Окно настроек критических параметров контроллера

Critical board ratings - эта группа параметров отвечает за максимальные значения входного тока *Max current (power)*, напряжения *Max voltage (power)* на контроллере и также температуру *Max temperature* платы (если измерение температуры производится у данной версии контроллера).

Если значение тока, потребляемого контроллером, или величина питающего напряжения, или температура выйдут за пределы установленных здесь значений, контроллер отключает все силовые выходы и переходит в состояние *Alarm*. При этом в главном окне также будет информация о состоянии Alarm (фон окна сменится на красный) и у параметра, вышедшего за допустимые границы, значение отображается синим или красным цветом (ниже или выше порога соответственно).

При отмеченном флаге *Low voltage protection* включается защита от низкого напряжения питания. *Low voltage off* это то напряжение питания, при котором контроллер переходит в состояние *Alarm*.

В группу **Misc** входят все остальные настройки критических параметров.

Switch off power driver on overheat (> 125 °C) - установка данного переключателя обеспечивает состояние *Alarm* при перегреве.

Switch off power driver on H bridge alert - установка данного переключателя обеспечивает состояние *Alarm* при сигнале неполадки в силовом драйвере.

Enter Alarm state when edge misset is detected - при установке этого флага контроллер войдет в состояние *Alarm* при обнаружении достижения неверной границы (срабатывание правого концевого выключателя при движении влево, или наоборот).

Sticky Alarm flags - залипание состояния Alarm. При снятом флаге *Sticky Alarm flags* контроллер снимает флаг причины Alarm при её исчезновении (например, превышение тока произошло, а дальше обмотки отключились, и ток снова снизился). При установленном флаге *Sticky Alarm flags* флаги причины Alarm и сам режим *Alarm* очищаются при посылке команды *Stop*.

Enable Braking Overvoltage Protection (BOP) - если эта опция включена, скачки напряжения питания вызывают активацию контроллером нижних ключей H-моста, замыкая обмотки двигателя на землю. Это помогает предотвратить сбои в силовой цепи, вызванные рекуперацией энергии торможения от двигателя. BOP поддерживается для всех типов двигателей и алгоритмов обратной связи.

WRM Alarm - при установке данного флага будет проводиться проверка ошибок, связанных с рассогласованием обмоток двигателя.

Engine response Alarm - при установленном флаге проверяются ошибки реакции двигателя на управляющее воздействие.

5.3.4 Настройка параметров энергопотребления

В окне *настроек программы* **Device -> Power Management**

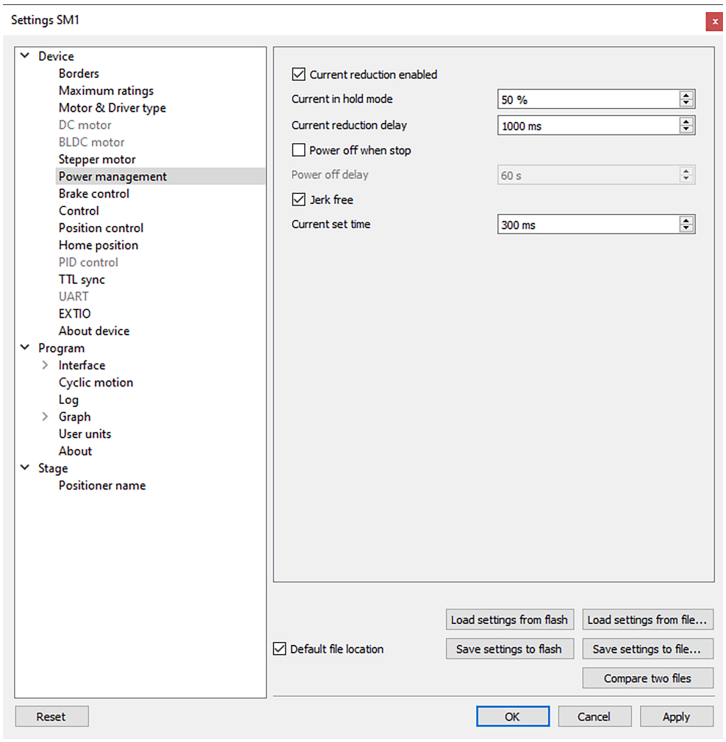


Рис. 5.23: Окно настроек энергопотребления

- *Current reduction enabled* - включение функции снижения энергопотребления.

- *Current in hold mode* - параметр определяет уровень тока в % относительно номинального значения в режиме удержания (hold mode). Диапазон значений: 0 .. 100%.
- *Current reduction delay* - параметр определяет задержку от перехода в состояние STOP до уменьшения тока. Измеряется в мс. Диапазон значений: 0 .. 65535 мс.
- *Power off when stop* - включение функции выключения питания с обмоток двигателя при переходе в состояние STOP.
- *Power off delay* - параметр определяет задержку в секундах от перехода в состояние STOP до полного отключения питания двигателя. Диапазон значений: 0 .. 65535 с.
- *Jerk free* - включение функции сглаживания тока для устранения вибраций двигателя.
- *Current set time* - параметр определяет время установления тока в миллисекундах. Ток не может меняться быстрее, чем на 100% от номинального за это время. Диапазон значений: 0 .. 65535 мс.

Подробное описание этих параметров находится в главе *Управление питанием двигателя*.

5.3.5 Настройка исходного положения

В окне *настроек программы* **Device -> Home position**

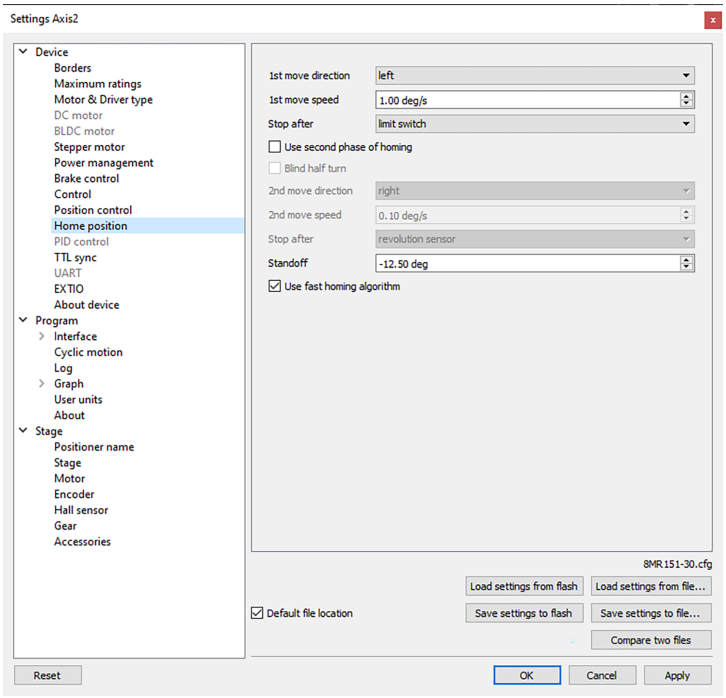


Рис. 5.24: Окно настроек исходного положения

Вкладка **Home position** устанавливает *параметры калибровки исходного положения* позиционера.

- *1st move direction* - задает направление движения двигателя для поиска сигнала остановки (вправо или влево) для *стандартного* и *быстрого* алгоритмов автокалибровки.
- *1st move speed* - задает скорость движения для первой фазы *стандартного алгоритма калибровки* и второй фазы *быстрого алгоритма*.
- *Stop after* - задает источник сигнала остановки (*концевой выключатель*, *датчик оборотов* или *внешний импульс синхронизации*).

- *Use second phase of homing* - установка этого флага включает *точную докалибровку* домашней позиции (вторую фазу стандартного алгоритма калибровки).
- *Blind half turn* - при установленном флаге двигатель игнорирует сигнал об окончании второй фазы калибровки в течение половины оборота. Это сделано для того, чтобы можно было задать однозначный порядок обнаружения датчиков, по которым происходит окончание первой и второй фазы калибровки, в случае, когда эти датчики расположены достаточно близко друг от друга.
- *2nd move direction* - задает направление движения двигателя для поиска сигнала остановки (вправо или влево) для *второй фазы стандартного алгоритма* калибровки.
- *2nd move speed* - задает скорость движения для *второй фазы стандартного алгоритма* калибровки.
- *Stop after* (в блоке настроек для *второй фазы калибровки*) - задает источник сигнала остановки (концевой выключатель, датчик оборотов или внешний импульс синхронизации). Источник сигнала может отличаться от используемого для первой фазы калибровки.
- *Standoff* - задает отступ для финального смещения от реперной точки. Направление смещения задается знаком числового значения отступа (положительный отступ означает смещение вправо, отрицательный - влево).
- *Use fast homing algorithm* - этот флаг включает *быстрый алгоритм автокалибровки* для ускорения процесса поиска исходного положения.

5.3.6 Настройки синхронизации

В окне *настроек программы* **Device -> TTL sync**

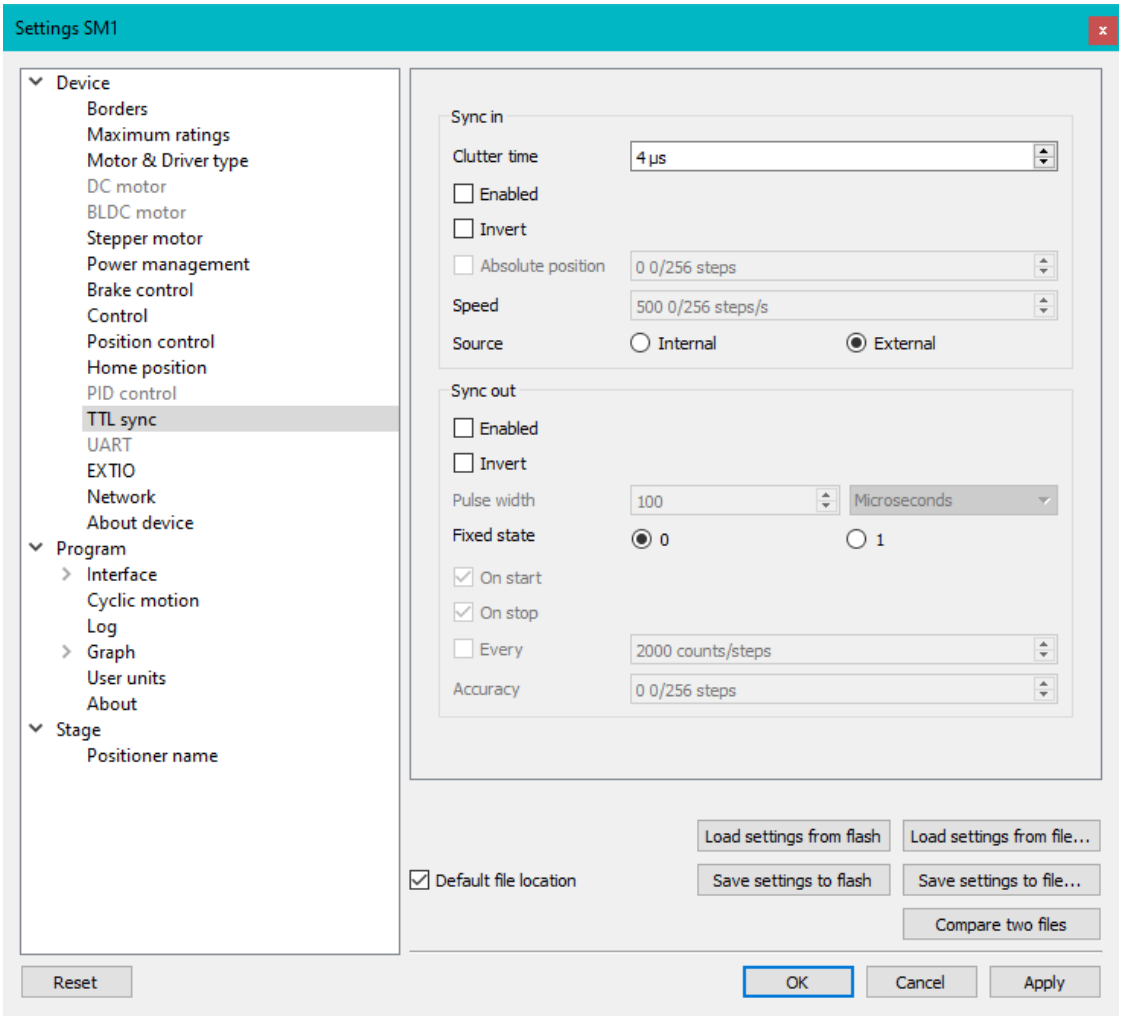


Рис. 5.25: Вкладка «Настройки синхронизации»

Подробно работа синхронизации описана в разделе *TTL-синхронизации*.

Sync in:

- *Clutter time* - настройка минимальной длительности импульса синхронизации (в микросекундах). Определяет минимальную длительность входного синхроимпульса, который может быть зарегистрирован (защита от дребезга).
- *Enabled* - включает работу в режиме входа.
- *Invert* - установленный флаг соответствует срабатыванию по заднему фронту синхроимпульса.
- *Absolute position* - по приходу синхроимпульса при отмеченной настройке смещается в абсолютную координату, задаваемую полем шаг/микрошаг, при снятой настройке осуществляет относительное смещение на задаваемое расстояние.
- *Speed* - определяет скорость с которой производится движение по приходу импульса синхронизации.
- *Source* - выбор источника сигнала синхронизации:
  - *Internal* - сигнал поступает по внутренней линии платы (используется при синхронизации осей внутри одной коробки mDrive)

– *External* - сигнал поступает с внешнего разъёма DVI-I (пин 14)

Важно: Используя синхронизацию по входному импульсу, чтобы мгновенно начать движение, нужно отключить флаг *jerk free*, а также рекомендуется отключить флаг *power off when stop*.

Sync out:

Выход синхронизации может использоваться как «выходной сигнал общего назначения».

- *Enabled* - если флаг установлен, то синхронизация выхода работает согласно настройкам. При снятом флаге значение выхода фиксировано и равно *Fixed state*.
- *Invert* - если флаг установлен, то нулевой логический уровень является активным.
- *Pulse width* - задает длину выходного импульса в микросекундах или шагах/импульсах энкодера.
- *Fixed state* - устанавливает логический уровень выхода в 0 или 1 соответственно.
- *On start* - синхронизирующий импульс генерируется в начале движения.
- *On stop* - синхронизирующий импульс генерируется при окончании движения.
- *Every* - синхронизирующий импульс генерируется каждые n импульсов энкодера.
- *Accuracy* - окрестность вокруг целевой координаты, попадание в которую считается попаданием в целевую позицию и вызывает генерацию импульса по остановке.

5.3.7 Настройка тормоза

В окне *настроек программы* **Device -> Brake control**

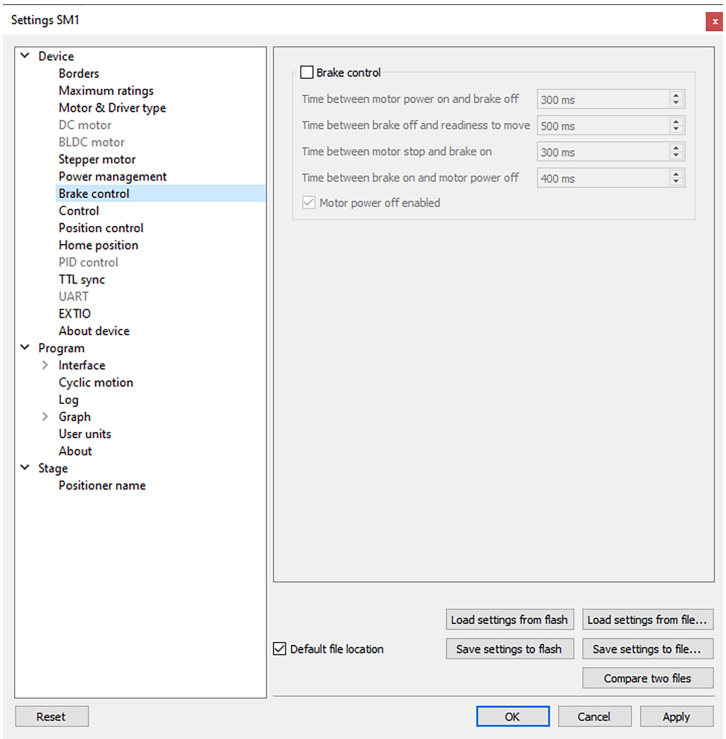


Рис. 5.26: Окно настроек магнитного тормоза

Для включения использования магнитного тормоза необходимо установить флаг *Brake control*.

Параметры:

- *Time between motor power on and brake off* - Время между включением питания двигателя и отключением тормоза (мс).
- *Time between brake off and readiness to move* - Время между отключением тормоза и готовностью к движению (мс). Все команды движения начинают выполняться только по истечении этого времени.
- *Time between motor stop and brake on* - Время между остановкой двигателя и включением тормоза (мс).
- *Time between brake on and motor power off* - Время между включением тормоза и отключением питания (мс). Диапазон значений: от 0 до 65535 мс.
- Флаг *Motor power off enabled* означает, что при снятии питания с магнитного тормоза, тормоз отключает питание двигателя.

Команды настройки описаны в разделе *Описание протокола обмена*.

5.3.8 Контроль позиции

В окне *настроек программы* **Device -> Position control**

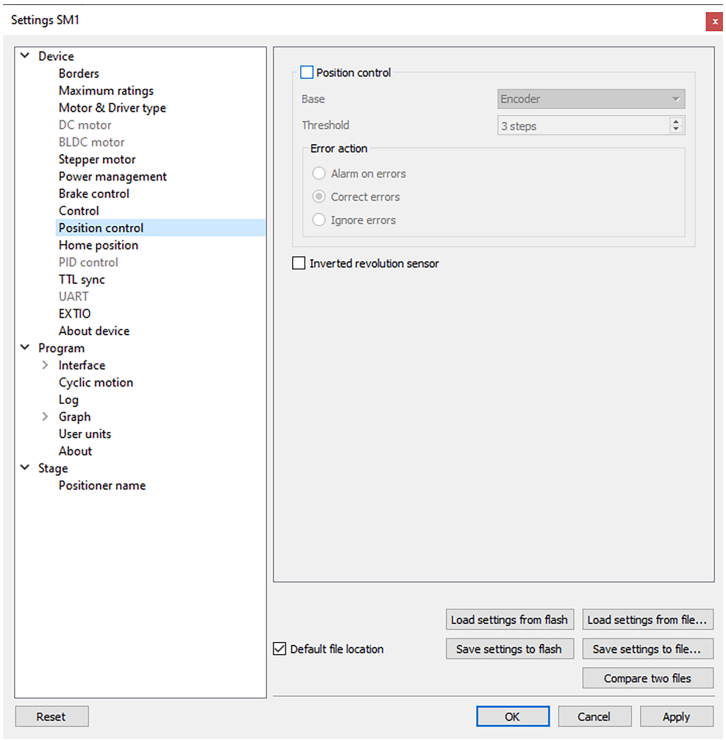


Рис. 5.27: Окно настроек контроля позиции

Для активации контроля позиции необходимо установить флаг параметра *Position control*.

Base - выбор устройства контроля позиции. В выпадающем списке выбирается: энкодер (Encoder) (см. раздел *Работа с энкодерами*) или датчик оборотов (Revolution sensor).

Threshold - определяет количество потерянных шагов (0..255), которое считается ошибочным. Если количество потерь превышает заданное число шагов, то устанавливается флаг рассогласования SLIP. Дальнейшие действия зависят от настройки *Error action*:

Если установлена опция *Alarm on errors*, то контроллер перейдет в состояние *Alarm state*.

Если установлена опция *Correct errors*, то контроллер попытается скорректировать ошибку проскальзывания дополнительным движением (см. раздел *Обнаружение потери шагов*).

Если установлена опция *Ignore errors*, то контроллер не будет производить никаких дополнительных действий.

Inverted revolution sensor - при отмеченном флаге датчик оборотов считается сработавшим по уровню 1, при неотмеченном действует обычная логика: 0 - это срабатывание/активация/активное состояние.

Команды настройки описаны в разделе *Описание протокола обмена*.

Важно:

- **Feedback none**: в этом режиме «Position control» полезен и должен использоваться. «Position control» сравнивает позицию по энкодеру/датчику положения и пересчитывает ее в шаги. Если есть расхождения между позициями, в нижней части главного окна mDrive Direct Control загорится флаг «SLIP». Кроме того, если включен флаг «Alarm on errors», контроллер перейдет в состояние тревоги.
- **Feedback encoder**: «Position control» не нужно использовать, поскольку положение строго контролируется энкодером.
- **Feedback EMF**: алгоритм не должен использоваться с включенным флагом «Position Control». Для плавности хода в режиме EMF реализовано расхождение между фактическим положением и положением по профилю. Если этот флаг включен, могут быть вызваны ложные срабатывания Alarm.
- **Feedback encoder mediated**: не рекомендуется включать флаг «Position Control». Во время движения алгоритм не отличается от режима «none», но когда двигатель приезжает в позицию, реальная позиция сравнивается с желаемой позицией по энкодеру, после чего алгоритм компенсирует расхождение в позициях до момента, пока позиция по энкодеру не станет желаемой.

5.3.9 Настройка внешних управляющих устройств

В окне *настроек программы* **Device -> Control**

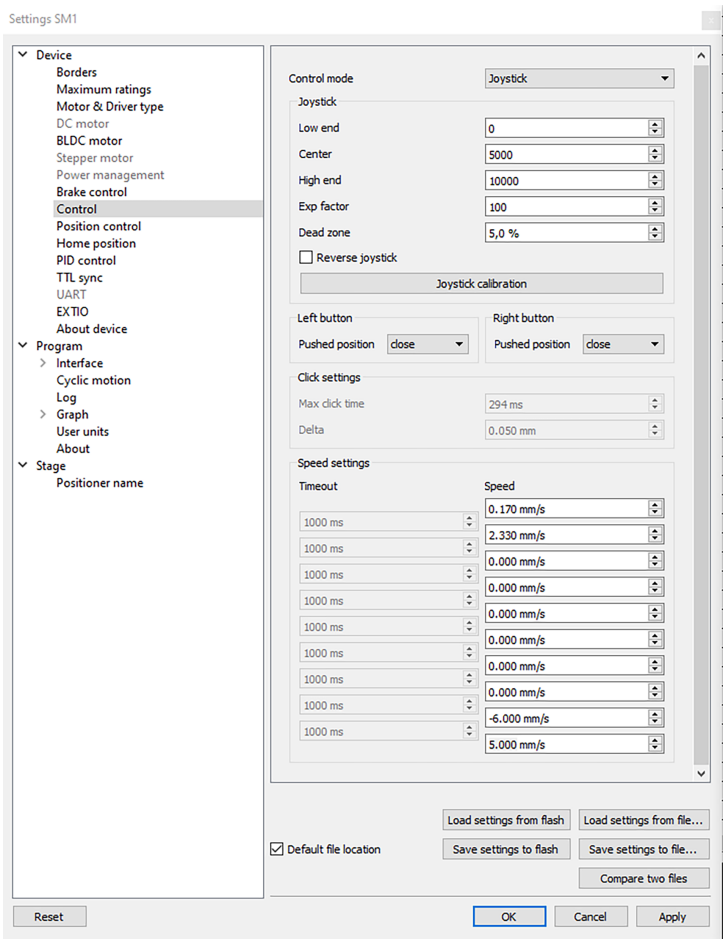


Рис. 5.28: Окно настроек внешних управляющих устройств

Control mode - выбор внешних устройств для управления двигателем.

- *Control disabled* - внешние устройства не используются
- *Joystick* - используется *джойстик*
- *Buttons* - используются *кнопки*

Важно: В режиме управления джойстиком физические и виртуальные кнопки остаются в рабочем состоянии

В блоке **Joystick** содержатся настройки джойстика.

Low end, *Center* и *High end* определяют нижнюю границу, середину и верхнюю границу диапазона джойстика соответственно. То есть нормированное значение АЦП джойстика равное или меньше *Low end* соответствует максимальному отклонению джойстика в сторону меньших значений.

Exp factor - параметр экспоненциальной нелинейности. См. *Управление с помощью джойстика*.

Dead zone - зона нечувствительности к отклонению джойстика от центрального положения. Минимальный шаг изменения: 0.1%, максимальное значение: 25.5%. Отклонению джойстика от положения *Center* на величину меньшую *Dead zone* соответствует нулевая скорость.

Reverse joystick - реверс воздействия джойстика. Отклонение джойстика к большим значениям приводит к отрицательной скорости и наоборот.

Кнопка *Joystick calibration* открывает диалог калибровки джойстика.

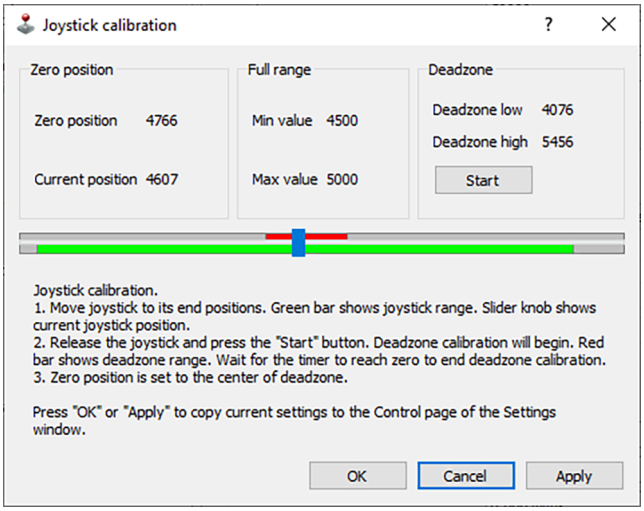


Рис. 5.29: Диалог калибровки джойстика

Калибровка сводится к автоматическому нахождению границ и зоны нечувствительности. Она происходит следующим образом:

Переместите джойстик в крайние положения - это позволит найти границы. Диапазон всех измеренных значений визуализируется зеленой линией.

Отпустите джойстик и нажмите кнопку Start - включится обнаружение зоны нечувствительности. В течение следующих 5 секунд имитируйте случайные воздействия на джойстик, которые не должны быть распознаны как смещение джойстика из нулевого положения. Диапазон зоны нечувствительности визуализируется красной линией.

Нажатие кнопки Apply передаст вычисленные значения в окно настроек, а нажатие OK передаст значения и закроет диалог калибровки.

Блоки **Left button** и **Right button** отвечают за настройку физических кнопок.

Pushed Position - определяет при каком состоянии (нажата кнопка или нет) подается сигнал на движение в контроллер.

- *Open* - отжатая кнопка считается командой движения.
- *Close* - нажатая кнопка считается командой движения.

В блоке **Click settings** настраивается «клик» кнопок. Нажатие кнопки на краткое время интерпретируется как клик.

Max click time - максимальное время клика. До истечения этого времени первая скорость не включается.

Delta - смещение (дельта) позиции. Контроллер смещается на это расстояние при каждом клике.

Блок **Speed settings** содержит настройки таймаутов и скоростей движения.

Timeout [i] - время, по истечении которого скорость переключается со Speed[i] на Speed[i+1]. Если какой-либо из Timeout[i] равен нулю, то переключение на последующие скорости происходить не будет.

Speed[i] - скорость, на которой должен работать двигатель после времени Timeout[i-1]. Если какая-либо скорость равна нулю, то переключение на эту и последующие скорости происходить не будет.

Команды настройки описаны в разделе *Описание протокола обмена*.

5.3.10 Настройки цифрового входа-выхода общего назначения

В окне *Настройки программы* **Device -> EXTIO**

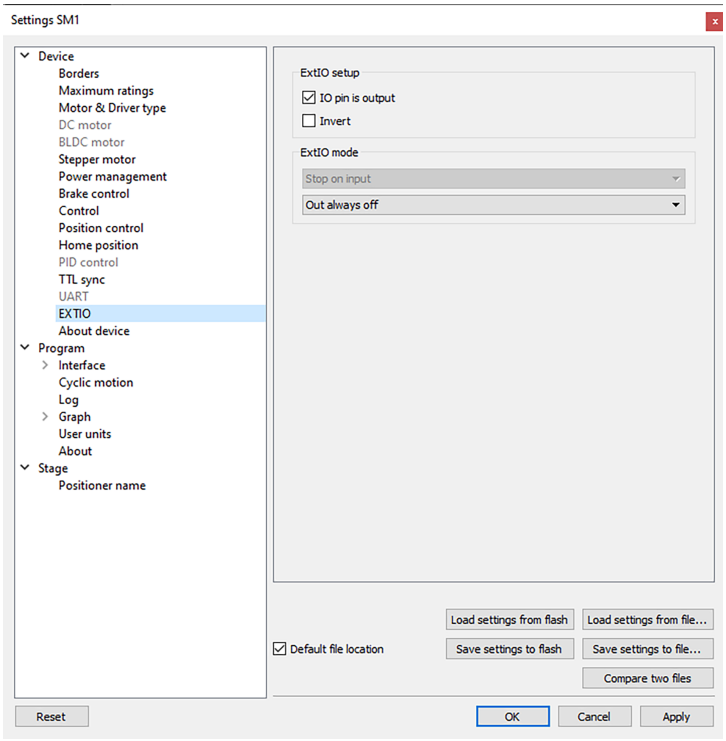


Рис. 5.30: Вкладка «Настройки цифрового входа-выхода общего назначения»

Подробное описание в разделе *Цифровой вход-выход общего назначения*.

ExtIO setup

IO pin is output - если флаг установлен, то ножка ExtIO работает в режиме выхода, иначе в режиме входа.

Invert - если флаг установлен, то переход в нулевой логический уровень приводит к выполнению действия.

ExtIO mode - выбор режима работы

Если ExtIO сконфигурирован в режиме входа, то активен выбор настроек действия контроллера по входному импульсу:

- *Do nothing* - ничего не делать.
- *Stop on input* - выполнить *Команда STOP*.
- *Power off on input* - выполнить *Команда PWOF*.
- *Movr on input* - выполнить *Команда MOVR*.
- *Home on input* - выполнить *Команда HOME*.

- *Alarm on input* - войти в состояние ALARM.

Если ExtIO сконфигурирован в режиме выхода, то активен выбор состояния выхода в зависимости от состояния контроллера:

- *Out always off* - всегда в неактивном состоянии.
- *Out always on* - всегда в активном состоянии.
- *Out active when moving* - в активном состоянии в процессе движения.
- *Out active in Alarm* - в активном состоянии, если контроллер в состоянии Alarm.
- *Out active when motor is on* - в активном состоянии, если запитаны обмотки двигателя.
- *Out active when motor is found* - в активном состоянии, если подключен двигатель.

5.3.11 Настройка типа двигателя

В окне *настроек программы* **Device -> Motor & Driver type**

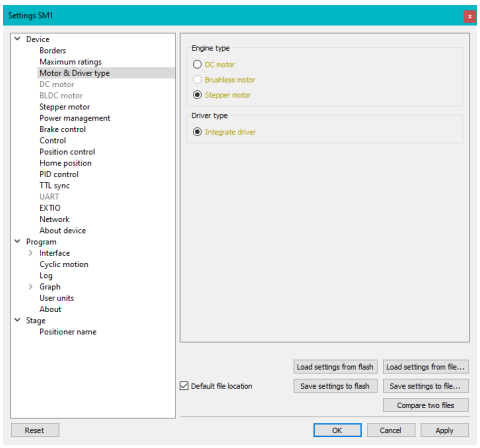


Рис. 5.31: Окно настроек типа двигателя

Индикация типа двигателя - шаговый *Stepper motor* либо *Brushless motor*. Также выбирается силовой драйвер для управления:

- Integrated. Используется в данной модификации контроллера.

Предупреждение: Смена типа драйвера или типа двигателя - это критическая операция, которую не следует выполнять в момент вращения двигателя. Для корректной смены нужно обесточить обмотки текущего двигателя, отключить его, изменить тип двигателя, подключить двигатель другого типа.

5.3.12 Настройка контуров PID-регулирования

В окне *настроек программы* **Device -> PID control**

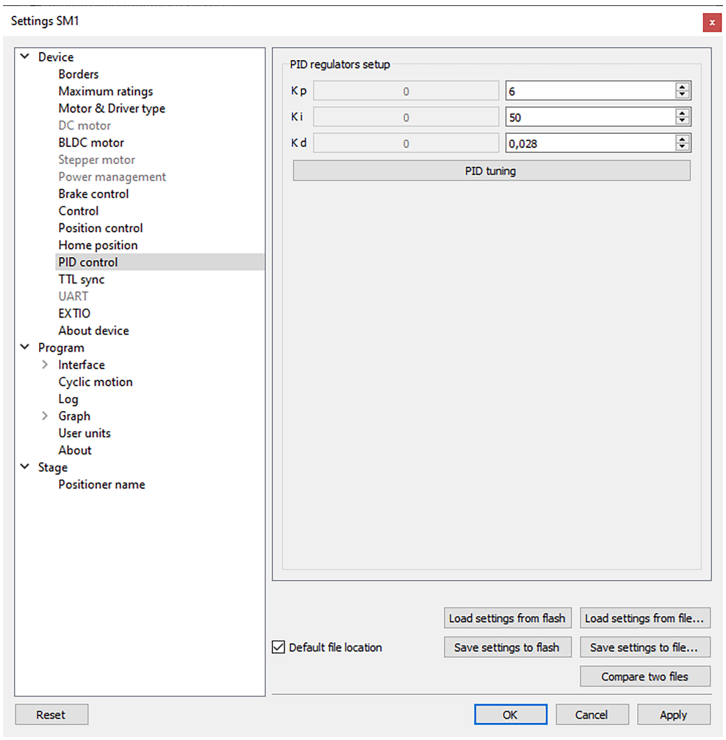


Рис. 5.32: Окно настройки контуров PID-регулирования

В этом разделе вы можете изменить коэффициенты PID-регуляторов. Используется регулятор по напряжению, 3 коэффициента K_p, K_i и K_d могут изменяться в диапазоне 0 .. 65535.

Поля коэффициентов PID с дробной частью используются только для управления BLDC-двигателем.

Предупреждение: Не меняйте настройки PID-регуляторов, если вы не уверены, что знаете, что делаете!

Команды настройки описаны в разделе *Описание протокола обмена*. Настройка PID-регуляторов описана в разделе *PID-алгоритм для управления BLDC-двигателем*.

5.3.13 О контроллере

В окне *настроек программы* **Device -> About device**

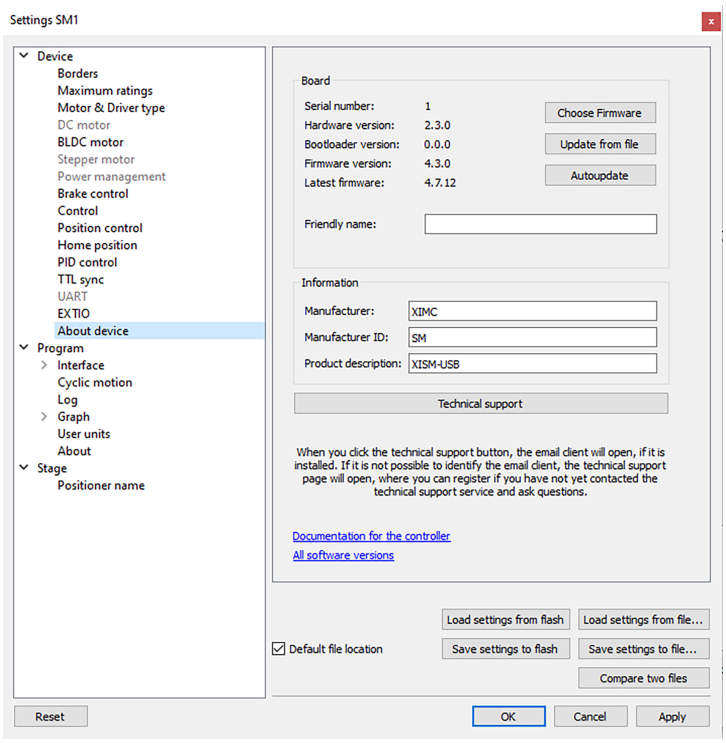


Рис. 5.33: Вкладка «Об устройстве»

В разделе **Board** отображается информация о контроллере:

- *Serial number* - серийный номер устройства.
- *Hardware version* - аппаратная версия.
- *Bootloader version* - версия загрузчика.
- *Firmware version* - версия прошивки.
- *Latest firmware* - последняя доступная версия прошивки для данного контроллера (считывается из интернета при наличии интернет-соединения).
- Кнопка *Update from file* открывает диалог обновления прошивки.

Выберите файл прошивки с расширением .cod и нажмите кнопку Open. mDrive Direct Control запустит обновление встроенного ПО и отобразит сообщение «Please wait while firmware is updating». Не выключайте контроллер во время обновления. После завершения обновления отобразится диалоговое окно «Firmware updated successfully».

Кнопка *Choose Firmware* открывает диалог выбора версии прошивки, на которую будет произведено обновление. Список версий и сами файлы прошивок скачиваются автоматически из интернета. Для работы этого типа обновления необходимо наличие активного интернет-подключения. В диалоговом окне выберите необходимую версию прошивки и нажмите «Update firmware».

Кнопка *Autoupdate* запускает обновление прошивки из интернет на последнюю доступную версию.

Friendly name - позволяет установить произвольное имя контроллера. Если значение имени непусто, то эта строка будет выводиться в заголовках окон вместо идентификатора и серийного номера устройства. Это имя удобно использовать если к компьютеру подключено несколько контроллеров.

В разделе **Information** отображаются данные об устройстве: производитель, идентификатор устройства, тип устройства. Эти данные считываются из внутренней памяти контроллера.

Все эти данные сообщаются программе mDrive Direct Control при подключении устройства.

5.3.14 Настройка кинематики движения (BLDC-двигатель)

В окне *настроек программы* **Device -> BLDC Motor**

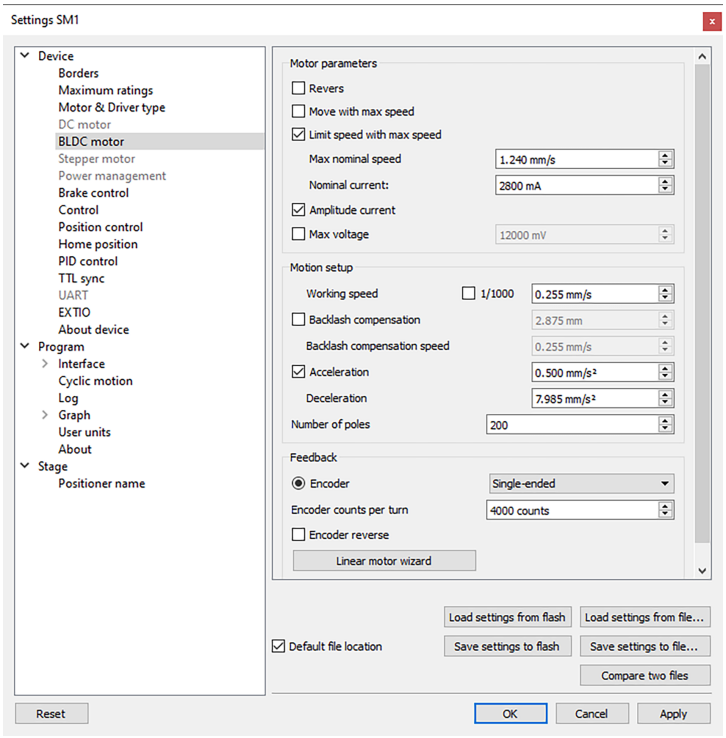


Рис. 5.34: Окно настроек кинематики движения BLDC-двигателя

5.3.14.1 Motor parameters - настройки электродвигателя

Revers - установка этого флага позволяет связать направление вращения двигателя с направлением счета текущей позиции. Измените состояние флага, если положительное вращение двигателя уменьшает счетчик позиции. Действие этого флага равносильно подключению обмотки двигателя в обратной полярности.

Move with max speed - при установленном флаге двигатель игнорирует заданную скорость и вращается с максимальной допустимой скоростью.

Limit speed with max speed - при установленном флаге контроллер ограничивает максимальную скорость по количеству оборотов в секунду значением поля *Max nominal speed*.

Max nominal speed, *Max voltage* - номинальные параметры двигателя. Если они активны и применимы для данного двигателя, то контроллер ограничивает эти параметры в заданных рамках. Например, если скорость и напряжение на двигателе превысили номинальные, контроллер будет снижать выходное воздействие, пока оба значения не будут в пределах нормы. Однако при этом контроллер останется в рабочем состоянии, будет выполнять текущую задачу.

Важно: «Max voltage» это максимальная разность потенциалов между двумя выводами BLDC-двигателя. В то же время, напряжение на каждом выводе двигателя относительно земли контроллера (именно это напряжение отображается на графике «Winding A Voltage», «Winding B Voltage») может

превышать «Max voltage».

Amplitude current - если этот флаг установлен, контроллер интерпретирует настройку тока как максимальный амплитудный ток. Если флаг снят, контроллер интерпретирует введённое значение тока как ток, посчитанный с учётом максимального тепловыделения. Более подробно о номинальном токе и тепловыделении BLDC см. *Расчёт номинального тока*

5.3.14.2 Motion setup - настройки кинематики движения

Working speed - скорость движения.

Флаг 1/1000 - позволяет работать на сверхнизких скоростях. Если флаг установлен, значение из поля «Working speed» будет разделено на 1000.

Backlash compensation - компенсация люфта. Так как механика позиционера не идеальна, существует различие при подходе к заданной точке справа и слева. При включенном режиме компенсации люфта позиционер будет подходить к точке всегда с одной стороны. Установленное значение определяет количество шагов, на которое позиционер будет проходить заданную точку, чтобы возвращаться к ней с одной и той же стороны. Если указанное число больше нуля, позиционер будет подходить к точке всегда справа. Если меньше нуля, то всегда слева.

Backlash compensation speed - скорость компенсации люфта. При включенном режиме компенсации люфта *Backlash compensation* позиционер будет подходить к точке справа или слева с установленной скоростью, определяемой количеством шагов в секунду.

Acceleration - включает режим движения с ускорением, числовое значение поля - величина ускорения движения.

Deceleration - величина замедления движения.

Number of poles - количество полюсов за оборот.

5.3.14.3 Feedback - настройки обратной связи

Encoder - использование *энкодера* в качестве датчика обратной связи. При включении данной опции доступен выбор типа энкодера: недифференциальный, дифференциальный или автоматическое определение.

Encoder counts per turn - количество импульсов энкодера на один полный оборот оси двигателя.

Linear motor wizard - открыть диалог для настройки линейного позиционера.

5.4 Настройки программы mDrive Direct Control

5.4.1 Настройки интерфейса абстрактного позиционера

В окне *настроек программы* **Program -> Interface -> General motor**

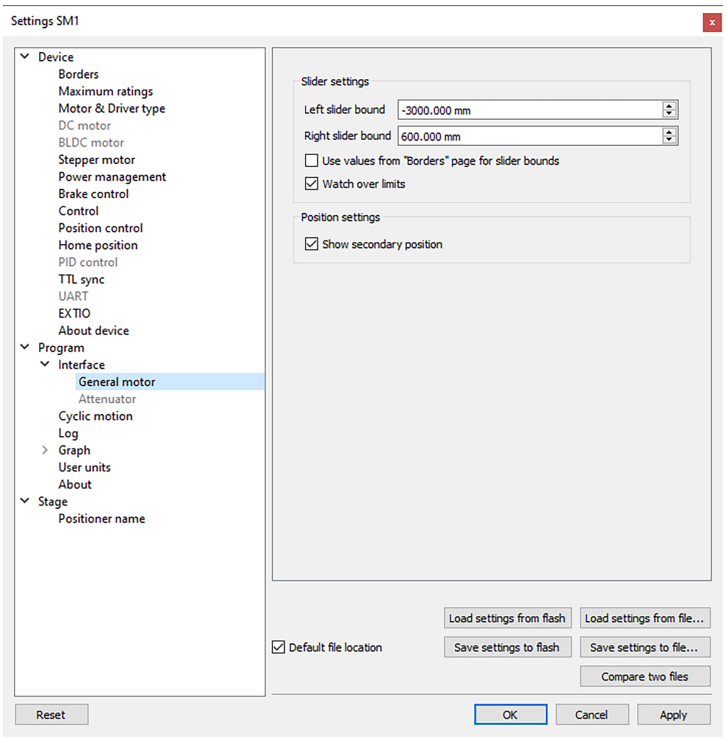


Рис. 5.35: Окно вкладки «Настройки абстрактного позиционера»

В этой вкладке настраиваются параметры отображения слайдера и настройки отображения вторичного положения для всех типов двигателей. Находится в *главном окне* и визуально представляет текущую позицию относительно границ.

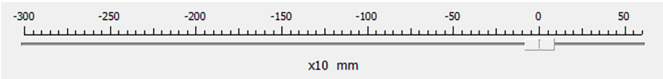


Рис. 5.36: Фрагмент основного окна программы со слайдером

Группа **Slider settings** содержит настройки слайдера:

Left slider bound и *Right slider bound* содержат левую и правую границу слайдера соответственно.

Флажок *Watch over limits* настраивает такое поведение границ слайдера, при котором при выходе текущей позиции за диапазон слайдера, шкала начинает смещаться, чтобы отобразить текущую позицию. Общая отображаемая на слайдере дистанция при этом остается неизменной. Не используется по умолчанию. Данный флажок удобен когда вы знаете диапазон перемещения позиционера, но не знаете привязку этого положения к значениям, отображаемым в mDrive Direct Control, например, до проведения калибровки. Часто используется совместно с настройками из вкладки *Настройка исходного положения*.

Группа **Position settings** содержит настройки отображения второстепенной позиции.

Флажок *Show secondary position* включает отображение второстепенной позиции по энкодеру в главном окне программы.

5.4.2 Настройка режима циклического движения

В окне *Настройки программы* **Program -> Cyclic motion**

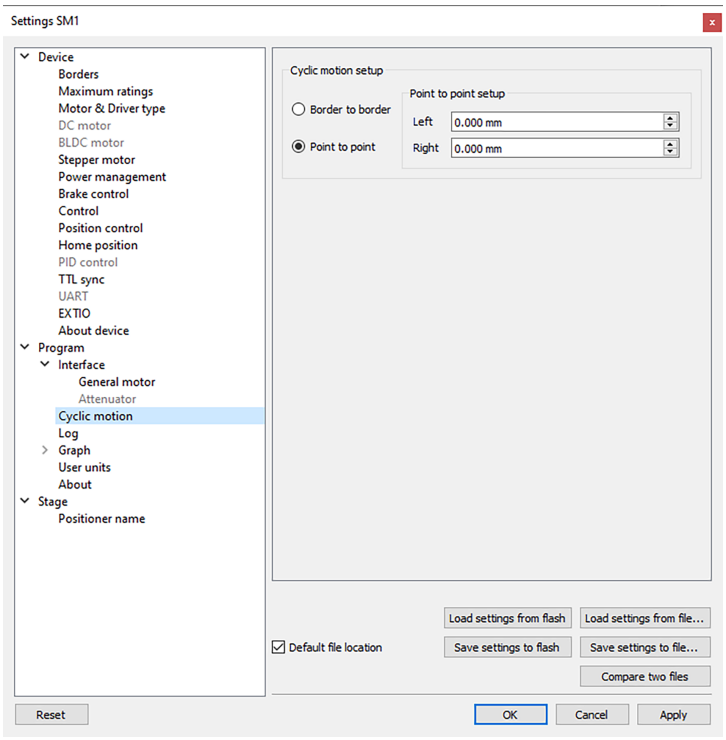


Рис. 5.37: Окно вкладки «Режим циклического движения»

Данная вкладка предназначена для настройки циклического перемещения между двумя заданными положениями. Используется главным образом в демонстрационных целях. Режим включается кнопкой *Cyclic* в *главном окне*, выключается кнопкой *Stop* в *главном окне*.

Настройки режима циклического движения:

Border to border - циклическое перемещение между границами настроенными во вкладке *Настройка диапазона движения и концевых выключателей*. Движение начинается к левой границе.

Point to point - циклическое перемещение между заданными в группе *Point to point setup* точками. Позиционер перемещается в левую точку, останавливается в ней, после этого перемещается в правую точку, останавливается, далее цикл повторяется.

5.4.3 Настройка логирования

В окне *настроек программы* **Program -> Log**

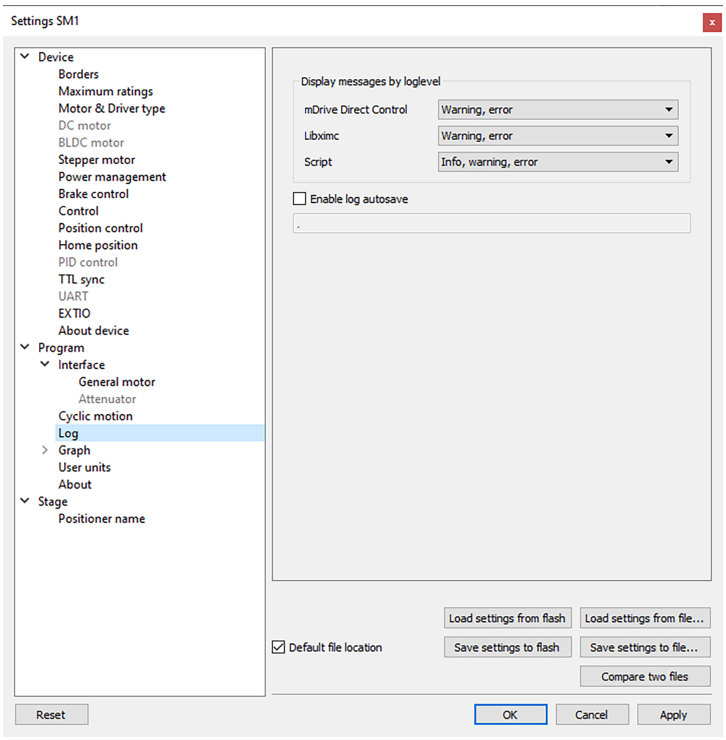


Рис. 5.38: Окно настроек лога программы mDrive Direct Control

Данная вкладка предназначена для настройки уровня подробности логирования.

В блоке *Display messages by loglevel* возможные опции:

- не выводить ничего (None),
- выводить только ошибки (Error),
- ошибки и предупреждения (Error, Warning),
- ошибки, предупреждения и информационные сообщения (Error, Warning, Info) для каждого из источников, таких как программа mDrive Direct Control, библиотека libximc и модуль скриптов Scripts.

При включении опции *Enable log autosave* включается автосохранение лога в файл, путь к директории хранения файла задается в строке ниже. Запись в файл производится каждые 5 секунд.

Имя файла: «xilab_log_ГГГГ.ММ.ДД.csv», где ГГГГ, ММ и ДД - текущие год, месяц и день соответственно. Формат сохраненных данных: CSV . В файл записываются все сообщения лога независимо от уровня логирования.

5.4.4 Общие настройки отображения графиков

В окне *Настройки программы* **Program -> Graph**

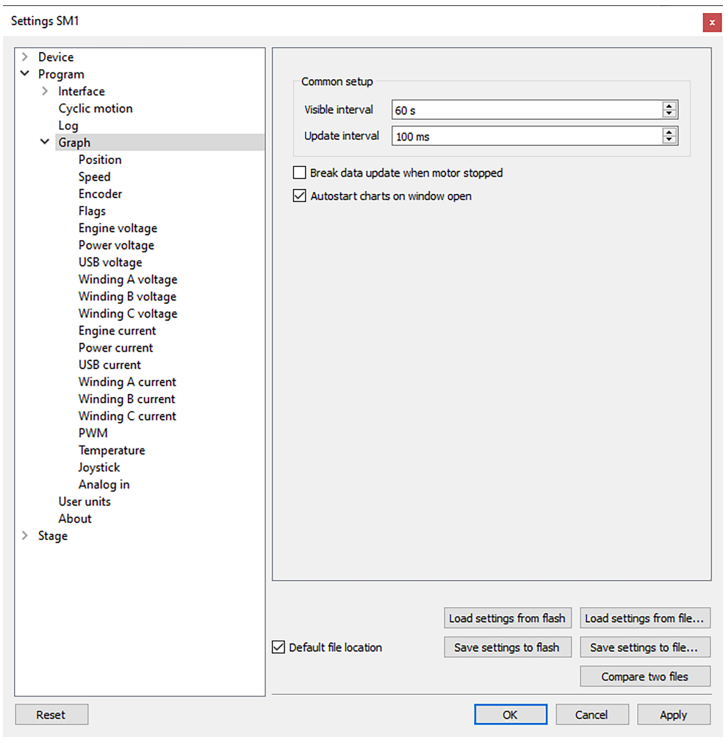


Рис. 5.39: Вкладка общих настроек отображения графиков

Visible interval - интервал времени, отображаемый на графиках по горизонтальной оси.

Update interval - период обновления данных графиков.

Break data update when motor stopped - остановка отрисовки графиков, когда двигатель остановлен. Данный флаг позволяет более рационально использовать площадь графика, удаляя области, когда движение двигателя отсутствует.

Autostart charts on window open - автоматическое начало отображения данных на графиках при открытии окна. Если вы хотите включать графики вручную, отключите эту опцию.

5.4.5 Индивидуальные настройки отображения графиков

Индивидуальные настройки отображения графиков задаются в *окнах настроек программы* **Program -> Graph -> ...**

Настройка отображения графика включает в себя стиль линии и настройки масштабирования графика по вертикальной оси.

Например, вкладка Position:

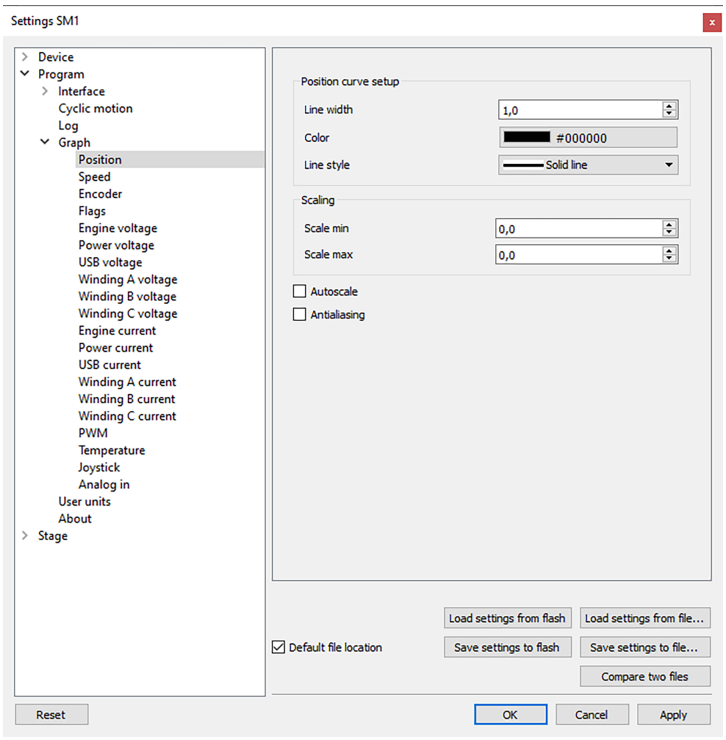


Рис. 5.40: Вкладка индивидуальных настроек на примере графика отображения положения

Группа параметров **Position curve setup** позволяет менять параметры кривой. Они включают в себя толщину **Line width**, цвет **Color** и тип линии **Line style**.

Группа параметров **Scaling** позволяет менять диапазон отображения кривой по вертикальной оси установкой значений *Scale min* и *Scale max*.

При выбранном флаге *Autoscale* производится автомасштабирование пределов шкалы в соответствии с пределами изменения переменной по оси Y. В этом случае параметры *Scale min* и *Scale max* игнорируются.

Флаг *Antialiasing* включает сглаживание линий графика, позволяющее добиться более качественного отображения, но несколько замедляющее процесс рисования графика.

Аналогичные параметры отображения графиков могут быть заданы и в остальных вкладках раздела Graph, таких как Speed, Encoder, Flags, Engine voltage и других.

5.4.6 Настройки отображения пользовательских единиц

В окне *настроек программы* **Program -> User units**

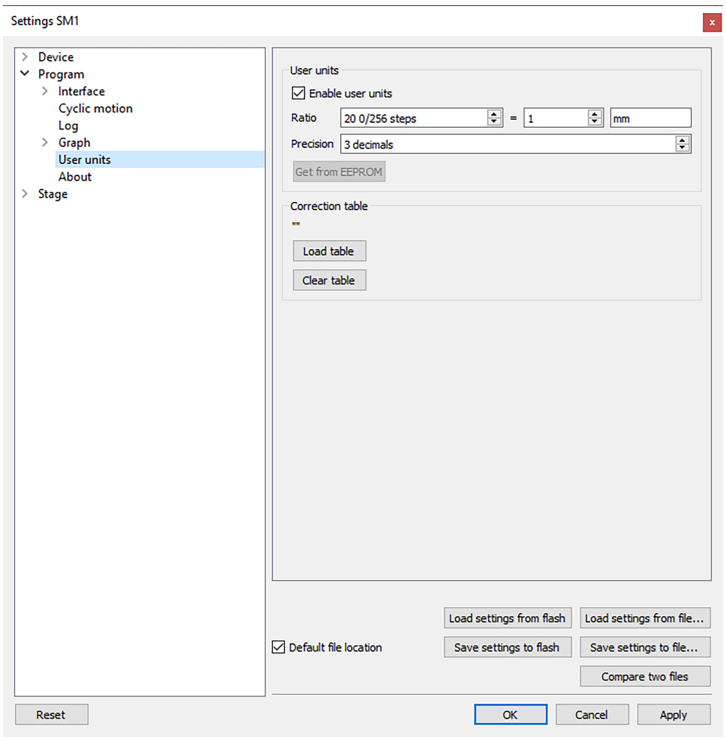


Рис. 5.41: Окно вкладки «Настройки отображения пользовательских единиц»

Данная вкладка предназначена для настройки отображения пользовательских единиц. Используется для удобства задания и считывания координат в привычных пользователю единицах. Эта вкладка также позволяет использовать *таблицу коррекции координат* для пользовательских единиц. Таблица коррекции координат позволяет значительно повысить точность позиционирования при использовании пользовательских единиц измерения.

5.4.6.1 Пользовательские единицы

Enable user units - включает отображение пользовательских единиц вместо шагов/микрошагов (в случае шагового двигателя) или отсчетов энкодера (в случае BLDC). Пользовательские единицы заменяют собой шаги (отсчеты) только для отображения в главном окне программы и не влияют на настройки вкладок Settings.

Ratio - коэффициент пересчета из шагов или отсчетов в пользовательские единицы, задается как отношение «x шагов = y единиц». Величины x, y, а также отображаемое название единицы вводятся пользователем.

Precision - точность отображения, количество знаков после запятой.

5.4.6.2 Таблица коррекции координат для более точного позиционирования

Некоторые функции для работы с пользовательскими единицами позволяют использовать таблицу коррекции координат для более точного позиционирования.

Load table - загружает *таблицу коррекции координат*. В случае ее успешной загрузки справа от кнопки появится имя файла загруженной таблицы. С этого момента определенные _calb функции, которые выполняют пересчет координат с использованием корректировочной таблицы, будут производить пересчет, вплоть до очистки таблицы с помощью *Clear table*.

Clear table - очищает корректирующую таблицу. Все _calb функции работают в обычном режиме.

5.4.7 О программе

В окне *настроек программы* **Program -> About**

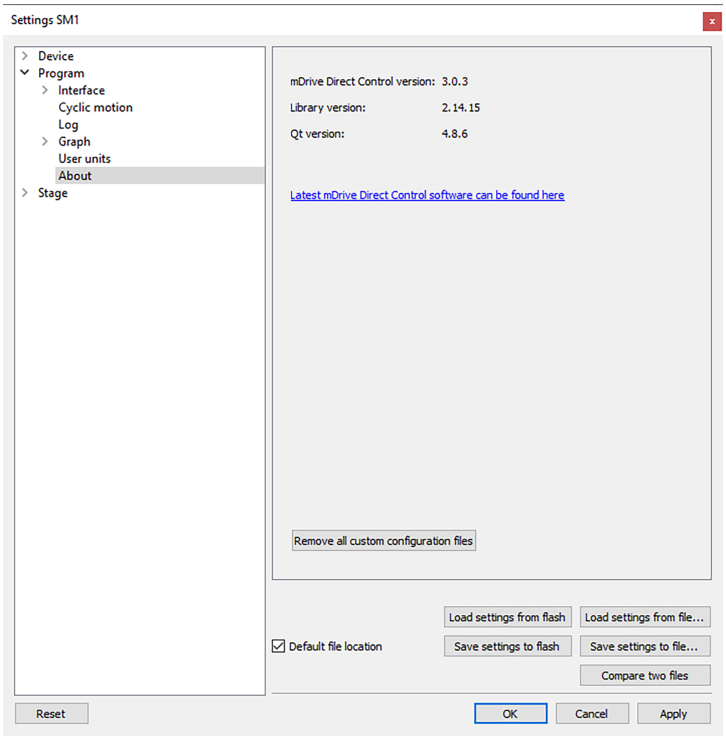


Рис. 5.42: Вкладка «О программе»

В этом разделе отображается версия программы mDrive Direct Control. Также дана ссылка на страницу с последней версией программного обеспечения.

Кнопка «Remove all custom configuration files» отображает диалог с возможностью удаления всех конфигурационных файлов, созданных после инсталляции как результат запусков mDrive Direct Control.

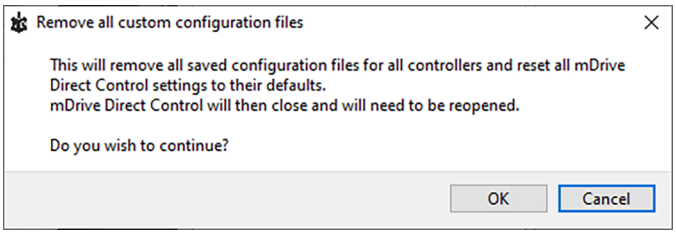


Рис. 5.43: Диалог очистки пользовательских конфигураций

Файлы, которые могут быть удалены, находятся в директории настроек mDrive Direct Control, а именно:

- файл «settings.ini», хранящий общие настройки программы,
- файлы «SMnnn.cfg», хранящие индивидуальные настройки контроллеров,
- файлы «V_nnn», хранящие внутренние состояния виртуальных контроллеров («nnn» здесь означает любое число),

- файл «scratch.txt», хранящий последний запущенный на выполнение скрипт (см. окно *Скрипты*).

Нажатие OK в диалоге «Remove all custom configuration files» выполнит удаление файлов и закроет mDrive Direct Control, нажатие Cancel отменит удаление и закроет диалог.

5.5 Корректное завершение работы

Корректное завершение работы подразумевает остановку двигателя и сохранение текущей позиции контроллером. Текущая позиция сохраняется автоматически, см. *Хранение позиции во FRAM-памяти контроллера*.

Кнопка *Exit* осуществляет корректное завершение работы и выход из программы. При нажатии на неё программа отдает контроллеру команду плавной остановки, а после завершения остановки команду отключения питания. Выход отменяется, если выполнение плавной остановки было прервано каким-либо событием, например подачей команды движения *джойстиком*, или сигналом *TTL-синхронизации*, а также если была получена ошибка от библиотеки при посылке команды плавной остановки или команды отключения питания в контроллер. В этом случае необходимо проверить настройки *джойстика и кнопок «вправо» и «влево»* и *настройки синхронизации*.

5.6 Установка mDrive Direct Control

5.6.1 Установка под Windows

Скопируйте файл с программой установки на компьютер. Программа установки называется «mdrive_direct_control-<version_name>-win32_win64.exe». Инсталлятор автоматически определяет, запущен ли он на 32-битной или 64-битной системе и устанавливает соответствующую версию.

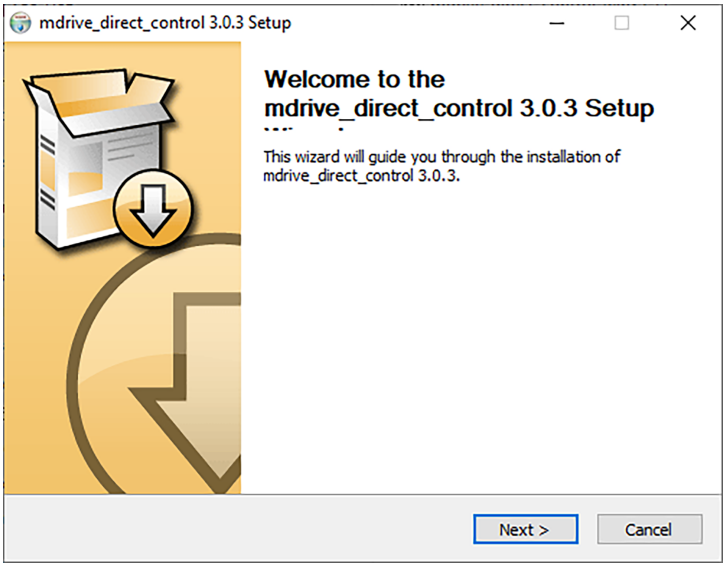


Рис. 5.44: Окно инсталлятора mDrive Direct Control

Запустите программу установки и следуйте инструкциям на экране.

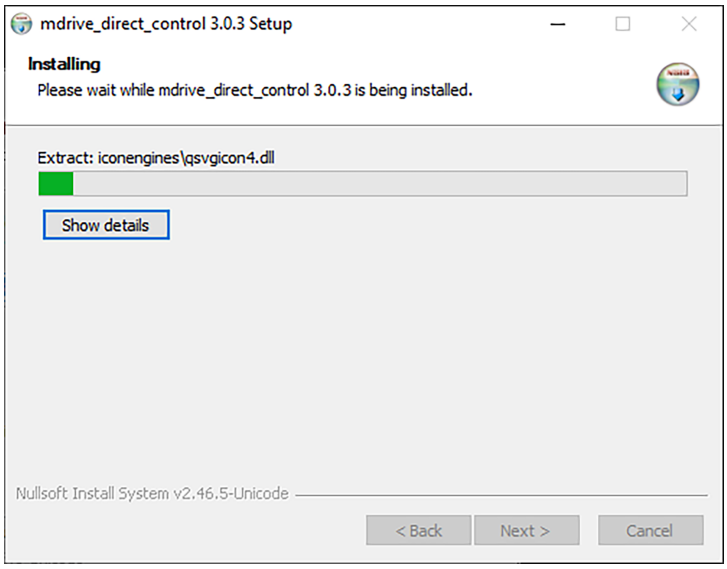


Рис. 5.45: Процесс установки mDrive Direct Control

Все необходимое программное обеспечение, пакеты и программы будут установлены автоматически. Нажмите кнопку Install, чтобы установить драйвер контроллеров mDrive.

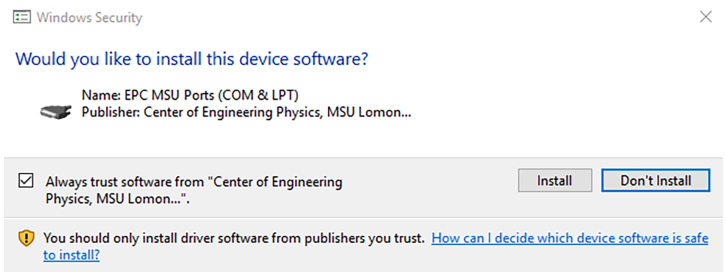


Рис. 5.46: Окно установки драйвера

Дождитесь окончания установки.

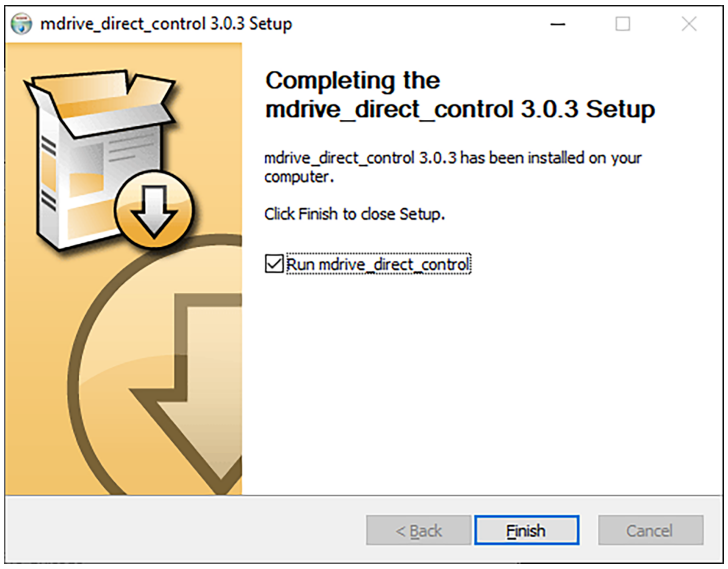


Рис. 5.47: Окончание установки mDrive Direct Control

После установки программа mDrive Direct Control запустится по умолчанию.

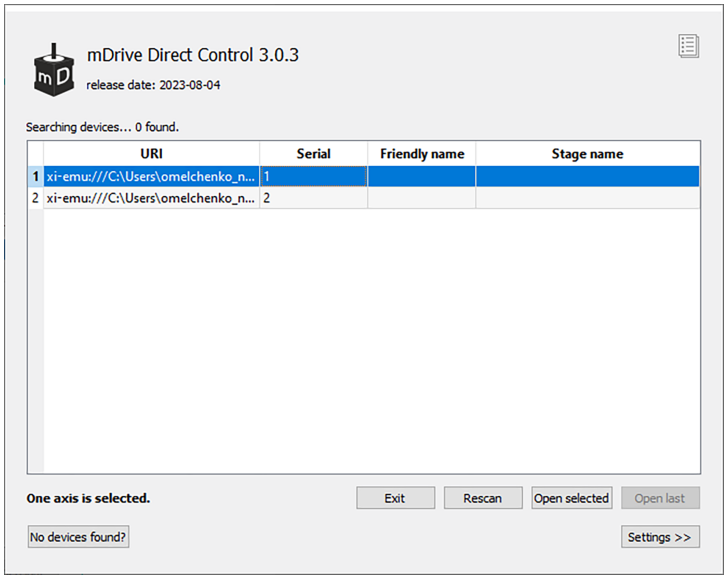


Рис. 5.48: Окно поиска и выбора контроллеров mDrive

Подключите позиционер к контроллеру. Подключите стабилизированный источник питания к контроллеру. Заземлите контроллер или блок питания. Подключите контроллер к компьютеру, используя кабель USB-A — USB-B. LED-индикатор на плате контроллера начнет мигать.

Подождите пока Windows обнаружит новое устройство и нажмите кнопку Rescan или снова запустите программу mDrive Direct Control, если она была закрыта. Будет обнаружен подключенный контроллер и откроется главное окно программы.

5.6.2 Установка под Linux

Пакет mDrive Direct Control для Linux распространяется в формате AppImage - файл Linux, содержащий приложение и все, что нужно для его запуска (например, библиотеки, значки, шрифты, переводы и т. д.). Чтобы запустить mDrive Direct Control просто скачайте приложение, сделайте его исполняемым и запустите. Формат AppImage не требует установки, изменения системных библиотек или системных настроек.

Существует два основных способа сделать файл AppImage исполняемым:

1. Используя графический интерфейс:

- Откройте диспетчер файлов и перейдите к местоположению файла AppImage;
- Щелкните правой кнопкой мыши на AppImage и нажмите кнопку «Свойства»;
- Перейдите на вкладку «Права» и установите флажок «Разрешить запуск этого файла в качестве программы», если вы используете файловый менеджер на основе Nautilus (Files, Nemo, Caja) или установите флажок «Is executable», если вы используете Dolphin, или выберите в раскрывающемся списке «Execute» пункт «Anyone», если вы используете PCManFM;
- Закройте диалоговое окно;
- Запустите AppImage двойным щелчком по файлу.

2. С использованием командной строки:

```
chmod a+x mdrive_direct_control-<version>-x86_64.AppImage
./mdrive_direct_control-<version>-x86_64.AppImage
```

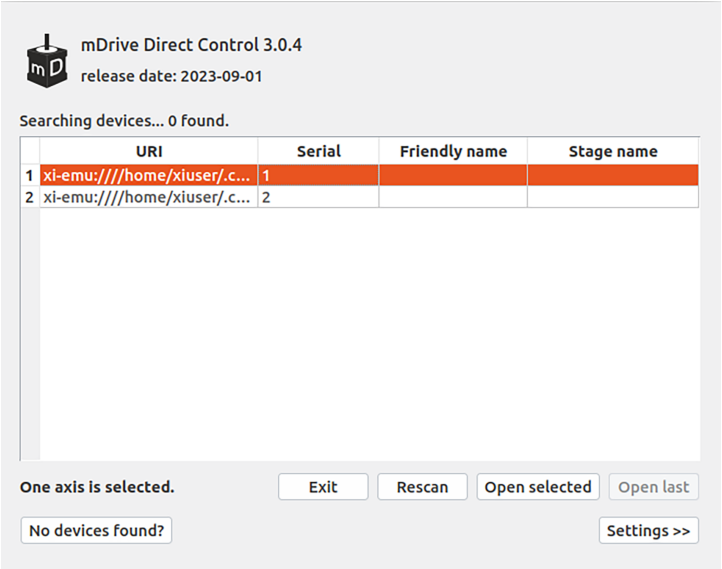


Рис. 5.49: Окно поиска и выбора контроллеров mDrive (контроллер не найден)

При первом запуске mDrive Direct Control может не найти контроллеры, подключенные через USB. Для обнаружения устройств mDrive Direct Control требуется список устройств udev. В качестве автономного приложения AppImage, mDrive Direct Control не имеет этапа установки, который может добавить в систему правила udev. Нажмите кнопку *No devices found?* в стартовом окне mDrive Direct Control, затем нажмите *Add udev rule file to the system.*

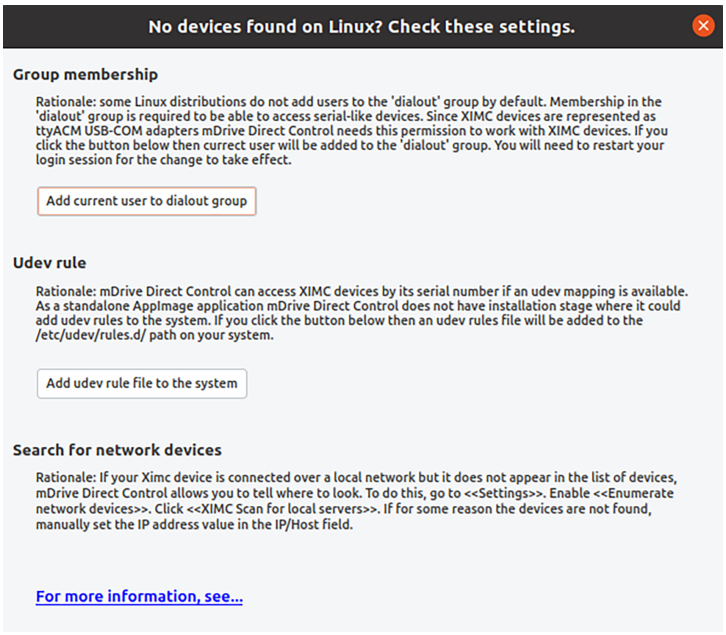


Рис. 5.50: Окно No devices found

Некоторые дистрибутивы Linux не добавляют пользователей в группу «dialout» по умолчанию. Членство в группе «dialout» необходимо для доступа к последовательным портам. Программе mDrive Direct Control необходим этот доступ, поскольку устройства представляются в системе как ttyACM USB-COM адаптеры. Нажмите *Add current user to the dialout group* и перезагрузите систему для применения изменений.

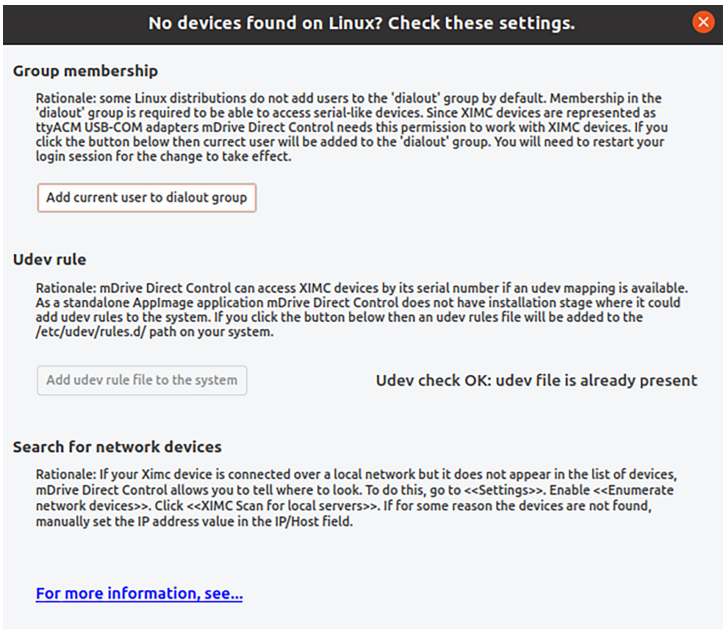


Рис. 5.51: Окно No devices found

Важно: Программа mDrive Direct Control для работы требует наличия X-сервера (графического

режима).

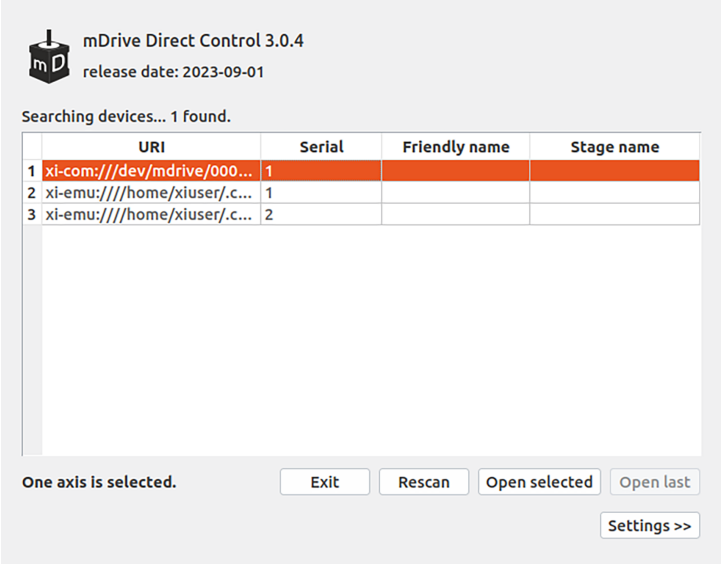


Рис. 5.52: Окно поиска и выбора контроллеров mDrive (контроллер найден)

5.6.3 Установка под MacOS



Рис. 5.53: Файл с архивом программы установки mDrive Direct Control

Скопируйте файл с архивом программы установки на компьютер. Архив с программой установки имеет название «mdrive_direct_control-<номер_версии>-osx64.tar.gz».



Рис. 5.54: Распакованный файл программы установки mDrive Direct Control

Распакуйте архив щелчком мыши.



Рис. 5.55: Распаковка архива щелчком мыши

Щелкните правой кнопкой мыши на появившемся installer.pkg.

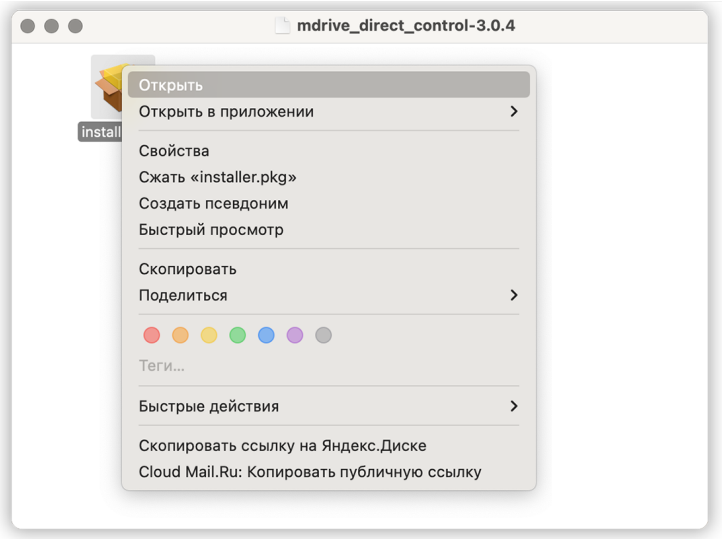


Рис. 5.56: Контекстное меню установочного файла installer.pkg

Выберите «Открыть».



Рис. 5.57: Системное предупреждение macOS о безопасности при установке приложения (нажмите «Открыть»)

Выберите «Открыть».

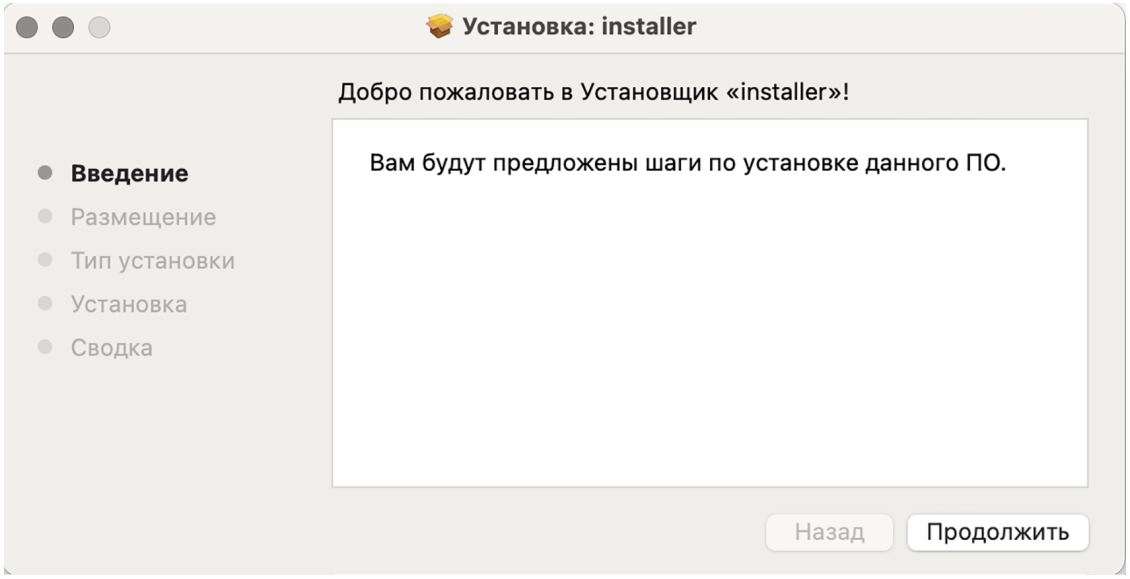


Рис. 5.58: Окно установки mDrive Direct Control (вкладка «Введение»)

В главном окне установщика выберите «Продолжить».

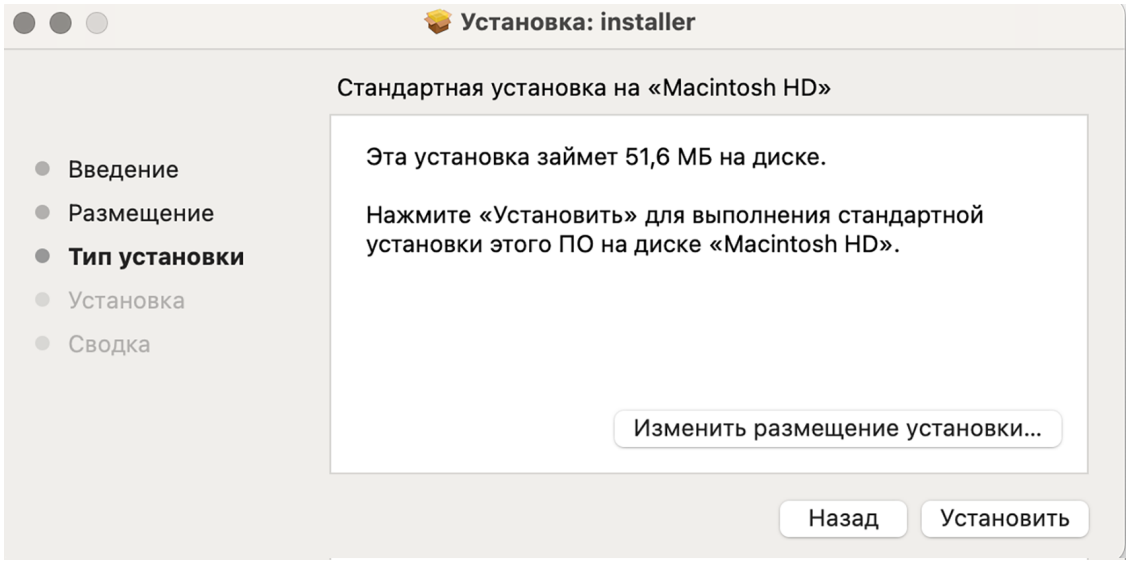


Рис. 5.59: Окно установки mDrive Direct Control (вкладка «Тип установки»)

Далее выберите «Установить».

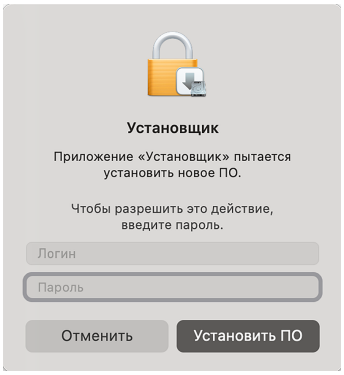


Рис. 5.60: Окно ввода пароля

Введите пароль.

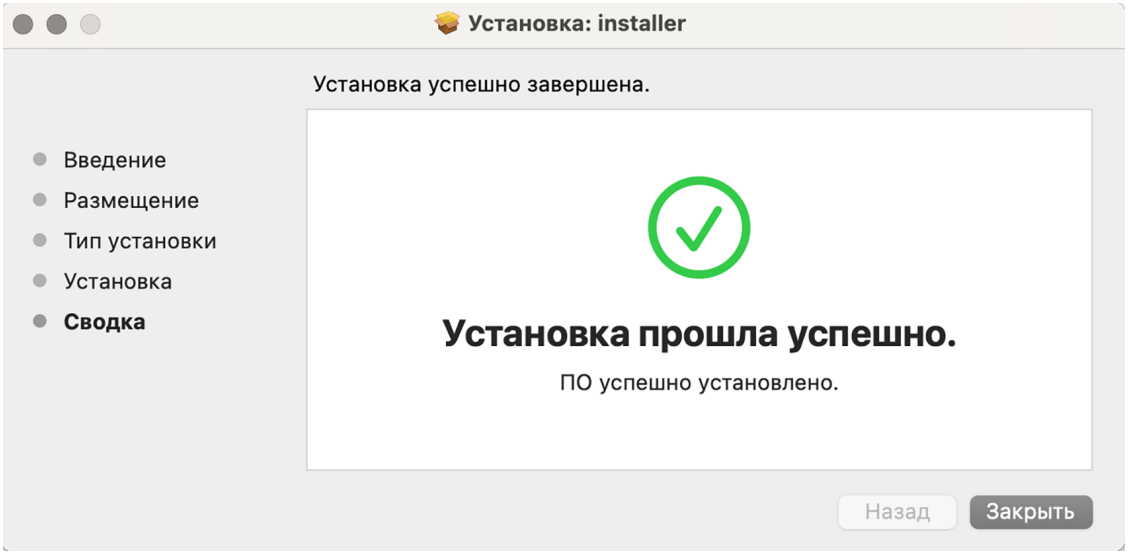


Рис. 5.61: Окно успешного завершения установки mDrive Direct Control

Дождитесь успешного завершения установки.

Выберите приложение mDrive Direct Control в разделе «Программы».

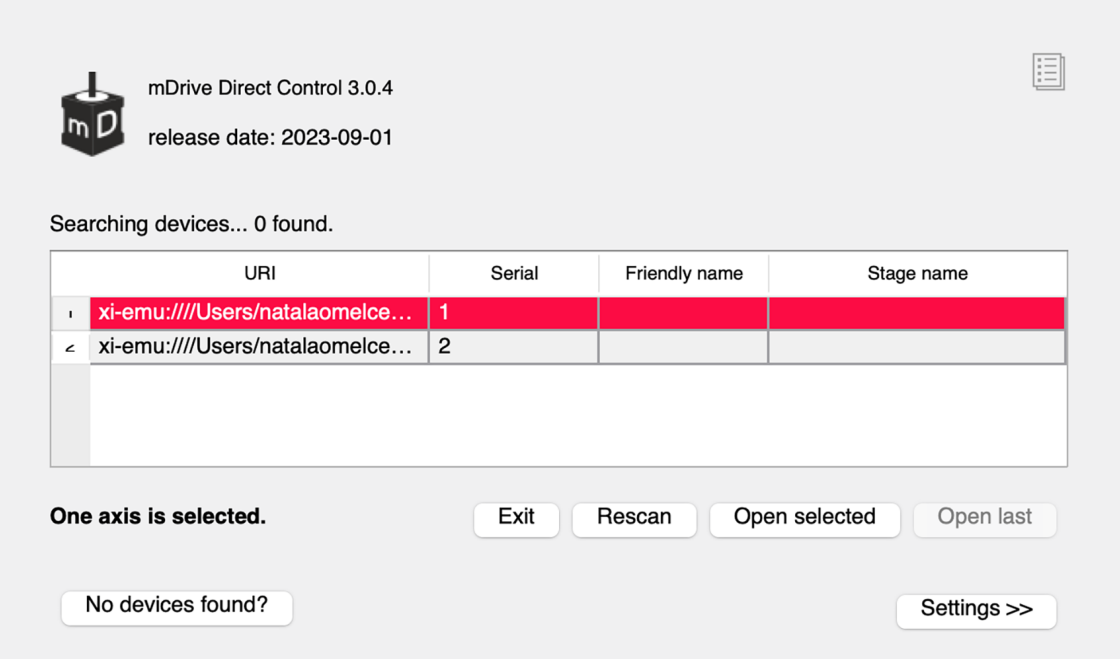


Рис. 5.62: Окно поиска и выбора контроллеров mDrive

Запустите.

Глава 6

Программирование

6.1 Руководство по программированию

6.1.1 Работа с контроллером в среде Visual Studio

Скачайте пример программы для Visual Studio со страницы Программное обеспечение.

Примечание: Тестовое приложение может быть собрано с помощью *testapp.sln*. Для компиляции необходимо использовать также MS Visual C++. Убедитесь, что Microsoft Visual C++ Redistributable Package 2013 установлен.

Откройте проект *examples/testapp/testapp.sln*, выполните сборку и запустите приложение из среды разработки.

Распакуйте архив и запустите *«testapp»*.

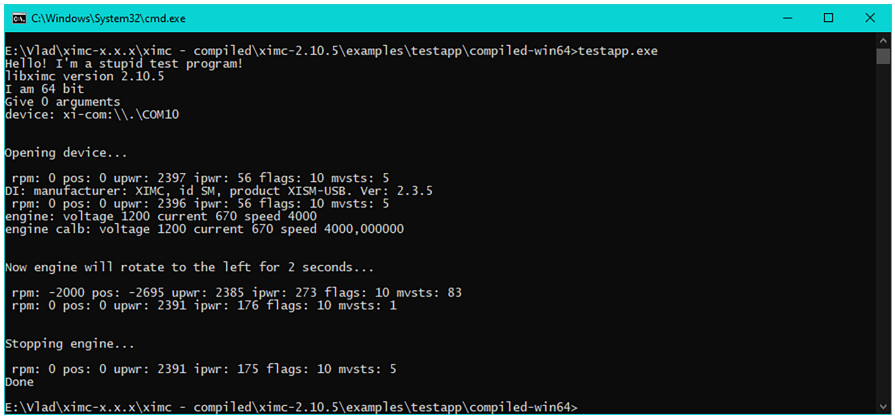


Рис. 6.1: Окно запуска примера testapp

После запуска программы откроется командная строка. В ней Вы увидите сообщение: «Hello! I'm a stupid test program!»

Программа *«testapp»* сообщает версию используемой библиотеки, а также сообщает свою битность. Также *«testapp»* указывает, какой порт она удерживает.

После открытия устройства программа считывает поля данных из ссылки на структуру *«status_t»*.

rpm	int CurSpeed	Текущая скорость
pos	float CurPosition	Первичное поле, в котором хранится текущая позиция, как бы ни была устроена обратная связь
upwr	int Upwr	Напряжение на силовой части, десятки мВ
ipwr	int Ipwr	Ток потребления контроллера
flags	unsigned int Flags	Флаги состояния
mvsts	unsigned int MvCmdSts	Состояние команды движения

*Функция result_t XIMC_API get_device_information (device_t id, device_information_t *device information)* - Возвращает информацию об устройстве

*Функция result_t XIMC_API get_engine_settings (device_t id, engine_settings_t *engine settings)* - Считывает настройки двигателя

Структура engine_settings_calb_t - result_t XIMC_API set_engine_settings_calb (device_t id, const engine_settings_calb_t *engine_settings - calb, const calibration_t *calibration)

После этого программа *testapp* отправляет в контроллер команду движения влево в течение 2 секунд *«command_left»*. После успешного выполнения команды *«command_left»*, вызывается команда остановки *«command_stop»*.

Важно: В конце на устройство отправляется команда *«command_stop»*. *«Close_device»* закрывает указанное устройство.

Программа *«testappeasy»* не так уж сильно отличается от программы *«testapp»*. Откройте проект *examples/testappeasy/testappeasy.sln*, выполните сборку и запустите приложение из среды разработки.

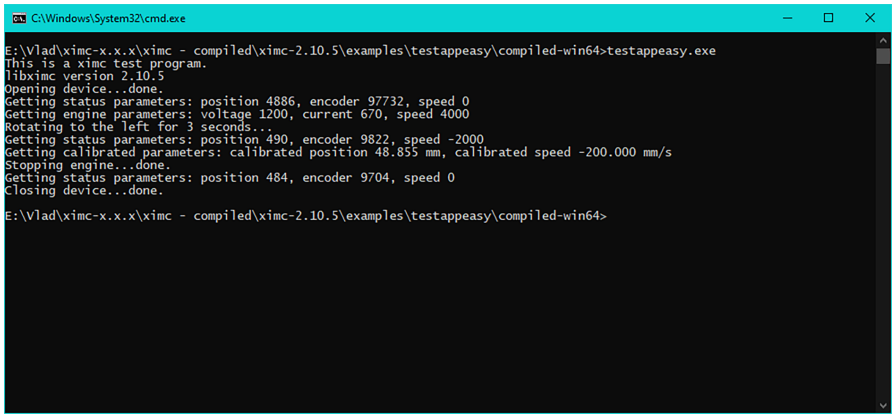


Рис. 6.2: Окно запуска примера testappeasy

После запуска программы откроется командная строка. В ней Вы увидите сообщение: «This is a ximc

test program.»

Программа умеет сообщать версию используемой библиотеки.

С помощью команды *«open_ device»* программа *«testappeasy»* открывает устройство в режиме эксклюзивного доступа.

Предупреждение: Библиотека Libximc работает с контроллером в режиме эксклюзивного доступа. Каждый контроллер, открытый библиотекой libximc (mDrive Direct Control тоже использует эту библиотеку), должен быть закрыт, прежде чем может быть использован другим процессом.

После открытия устройства программа *testappeasy* отправляет в контроллер команду движения влево в течение 3 секунд *«command_ left»*. После успешного выполнения команды *«command_ left»* вызывается команда остановки *«command_ stop»*.

Команда *«calibration.A = 0.1;»* устанавливает калибровочную константу 0.1 (один шаг контроллера равен этому количеству единиц)

Команда *«calibration.MicrostepMode = engine_ settings.MicrostepMode;»* - Используется для установки режима микрошагов, используется для правильного преобразования микрошагов в калиброванные единицы измерения.

После программа «testappeasy» считывает состояние калиброванного устройства.

В конце на устройство отправляется команда *«command_ stop»*. *«Close_ device»* - закрывает указанное устройство.

6.1.2 Краткое описание работы с поддерживаемыми языками программирования

- *Visual C++*
- *.NET (C#)*
- *Python*

Для приобретения первых навыков использования библиотеки создано простое тестовое приложение *testapp*. Языки, отличные от C-подобных, поддерживаются с помощью вызовов с преобразованием аргументов типа *stdcall*.

Простое тестовое приложение на языке C расположено в директории *«examples/testapp»*, проект на C# - в *«examples/testcs»*, для Python - *«examples/testpython»*. Библиотеки, заголовочные файлы и другие необходимые файлы расположены в директориях *«win32»/»win64»*, **«MacOSX»** и подобных. В комплект разработчика также входят уже скомпилированные примеры: *testapp* в варианте **32** и **64 бита** под **Windows** и только **64 бита** под **OSX**, *testcs* - **только 32 бита**, **testpython не требует компиляции**. По ссылке также можно скачать руководство по программированию.

Примечание: Для работы с SDK требуется Microsoft Visual C++ Redistributable Package 2013 (поставляется с SDK, файлы vcredist_x86 или vcredist_x64)

6.1.2.1 Visual C++

Тестовое приложение может быть собрано с помощью *testapp.sln*. Для компиляции необходимо использовать также MS Visual C++. Убедитесь, что Microsoft Visual C++ Redistributable Package 2013

установлен.

Откройте проект *examples/testapp/testapp.sln*, выполните сборку и запустите приложение из среды разработки.

6.1.2.2 .NET (C#)

Для использования в .NET предлагается обертка *wrappers/csharp/ximcnet.dll*. Она распространяется в двух различных архитектурах и зависит от .NET 2.0.

Тестовые приложения на языке C# для Visual Studio 2013 расположены в директории *testcs* (*для C#*). Откройте проекты и соберите.

6.1.2.3 Python

Измените текущую директорию на *examples/testpython*. Перед запуском:

На OS X: скопируйте библиотеку *ximc/macosx/libximc.framework* в текущую директорию.

На Linux: может понадобиться установить *LD_LIBRARY_PATH*, чтобы Python мог найти библиотеки с *RPATH*. Например, запустите:

```
export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:`pwd`
```

На Windows: перед запуском ничего делать не нужно. Запустите Python 2 или Python 3:

```
python testpython.py
```

Примечание: Логирование в файл. Если программа, использующая libximc, запущена с установленной переменной окружения XILOG, то это включит логирование в файл. Значение переменной «XILOG» будет использовано как имя файла. Файл будет открыт на запись при первом событии лога и закрыт при завершении программы, использующей libximc. В лог записываются события отправки данных в контроллер и приема данных из контроллера, а также открытия и закрытия порта.

Примечание: Требуемые права доступа: библиотеке не требуются особые права для выполнения, а нужен только доступ на чтение-запись к USB-COM устройствам в системе. Исключением из этого правила является функция только для ОС Windows «fix_usbser_sys()» - если процесс использующий библиотеку не имеет повышенных прав, то при вызове этой функции программная переустановка устройства не будет работать.

Примечание: Си-профили. Си-профили - это набор заголовочных файлов, распространяемых вместе с библиотекой libximc. Они позволяют в программе на языке C/C++ загрузить в контроллер настройки одного из поддерживаемых позиционером вызовом всего одной функции. Пример использования си-профилей вы можете посмотреть в директории примеров «testcprofile».

Комплект разработчика можно скачать на странице программного обеспечения. Он включает в себя скомпилированную библиотеку libximc для систем Windows, Linux и Mac OS, руководство по программированию и примеры. Libximc - это кроссплатформенная библиотека, которая поддерживает языки C++, C# и Python. Примеры, включенные в пакет библиотеки, предназначены для быстрого ознакомления с программированием для контроллеров mDrive. Исходный код libximc также доступен для скачивания.

Внимание: Руководство по программированию включено в архив libximc 2.X.X, где 2.X.X - номер версии. Руководство находится в /ximc-2.X.X/ximc/doc-ru/libximc7-ru.pdf. Также руководство libximc можно скачать по этой ссылке. Руководство по программированию создано в системе Doxygen.

6.2 Описание протокола обмена

Описание протокола v20.15

- *Описание протокола*
- *Исполнение команд*
- *Обработка ошибок на стороне контроллера*
  - *Неверные команды или данные*
  - *Расчёт CRC*
  - *Сбои передачи*
    - *Исчезновение байта на стороне контроллера*
    - *Исчезновение байта на стороне компьютера*
    - *Возникновение байта на стороне контроллера*
    - *Возникновение байта на стороне компьютера*
    - *Изменение байта на стороне контроллера*
    - *Изменение байта на стороне компьютера*
  - *Восстановление синхронизации методом таймаута*
  - *Восстановление синхронизации методом очистительных нулей*
- *Обработка ошибок на стороне библиотеки*
  - *Возможные значения ответа библиотеки*
  - *Процедура синхронизации очистительными нулями*
- *Коды ошибок ответов контроллера*
  - *ERRC*
  - *ERRD*
  - *ERRV*
- *Все команды контроллера*
  - *Команда GACC*
  - *Команда GBRK*
  - *Команда GCAL*
  - *Команда GCTL*
  - *Команда GCTP*

- *Команда GEAS*
- *Команда GEDS*
- *Команда GEIO*
- *Команда GEMF*
- *Команда GENG*
- *Команда GENI*
- *Команда GENS*
- *Команда GENT*
- *Команда GEST*
- *Команда GFBS*
- *Команда GGRI*
- *Команда GGRS*
- *Команда GHOM*
- *Команда GHSI*
- *Команда GHSS*
- *Команда GJOY*
- *Команда GMOV*
- *Команда GMTI*
- *Команда GMTS*
- *Команда GNET*
- *Команда GNME*
- *Команда GNMF*
- *Команда GNVM*
- *Команда GPID*
- *Команда GPWD*
- *Команда GPWR*
- *Команда GSEC*
- *Команда GSNI*
- *Команда GSNO*
- *Команда GSTI*
- *Команда GSTS*
- *Команда GURT*
- *Команда SACC*
- *Команда SBRK*
- *Команда SCAL*

- *Команда SCTL*
- *Команда SCTP*
- *Команда SEAS*
- *Команда SEDS*
- *Команда SEIO*
- *Команда SEMF*
- *Команда SENG*
- *Команда SENI*
- *Команда SENS*
- *Команда SENT*
- *Команда SEST*
- *Команда SFBS*
- *Команда SGRI*
- *Команда SGRS*
- *Команда SHOM*
- *Команда SHSI*
- *Команда SHSS*
- *Команда SJOY*
- *Команда SMOV*
- *Команда SMTI*
- *Команда SMTS*
- *Команда SNET*
- *Команда SNME*
- *Команда SNMF*
- *Команда SNVM*
- *Команда SPID*
- *Команда SPWD*
- *Команда SPWR*
- *Команда SSEC*
- *Команда SSNI*
- *Команда SSNO*
- *Команда SSTI*
- *Команда SSTS*
- *Команда SURT*
- *Команда ASIA*

- *Команда CLFR*
- *Команда CONN*
- *Команда DBGR*
- *Команда DBGW*
- *Команда DISC*
- *Команда EERD*
- *Команда EESV*
- *Команда GBLV*
- *Команда GETC*
- *Команда GETI*
- *Команда GETM*
- *Команда GETS*
- *Команда GFWV*
- *Команда GOFW*
- *Команда GPOS*
- *Команда GSER*
- *Команда GUID*
- *Команда HASF*
- *Команда HOME*
- *Команда IRND*
- *Команда LEFT*
- *Команда LOFT*
- *Команда MOVE*
- *Команда MOVR*
- *Команда PWOF*
- *Команда RDAN*
- *Команда READ*
- *Команда RERS*
- *Команда REST*
- *Команда RIGT*
- *Команда SARS*
- *Команда SAVE*
- *Команда SPOS*
- *Команда SSER*
- *Команда SSTP*

– *Команда STMS*
– *Команда STOP*
– *Команда UPDF*
– *Команда WDAT*
– *Команда WKEY*
– *Команда ZERO*

6.2.1 Описание протокола

Управление контроллером с ПК происходит по интерфейсу последовательного порта (COM-порт). На стороне контроллера жёстко установлены следующие параметры COM-порта:

- Скорость – 115200 бод
- Длина кадра – 8 бит
- Стоп-биты – 2 бита
- Чётность – нет
- Контроль потока – нет (Xon/Xoff, CTS/RTS не используются)
- Таймаут на получение, между байтами одного пакета – 400 мс
- Порядок следования бит – LittleEndian
- Многобайтовые типы данных передаются младшим байтом вперёд

6.2.2 Исполнение команд

Базовый принцип протокола - «Запрос-Ответ», причём все обмены данными инициируются ПК, т.е. ПК посылает команды в контроллер, но не наоборот. Каждая команда подразумевает получение ответа от контроллера (кроме редких случаев специальных команд), т.е. нельзя послать несколько команд подряд, без ожидания ответа на них.

Все команды делятся на сервисные, штатные управляющие и штатные информационные. Команды выполняются сразу после их поступления в контроллер. Установленные командой SXXX параметры начинают влиять на текущее движение в течение 1 мс после установки. Обработка команды не влияет на своевременность выполнения контроллером действий связанных с оперативным управлением и контролем двигателя (работа ШИМ, взаимодействие с энкодером и т.п.).

И контроллер, и ПК обладают буфером обмена. Принятые команды и данные, в случае их наличия в команде, обрабатываются один раз. То есть, после обработки эти данные удаляются из буфера и обрабатываются уже новые пришедшие байты. Каждая команда состоит из четырёхбайтной строки: данных (если команда их предусматривает) и двухбайтного кода контроля CRC (если команда содержит данные). Данные могут пересылаться как из компьютера, так и контроллером. Команда передаётся на обработку, если она распознана и, в случае передачи данных, если код CRC верный. После обработки пришедшей без ошибок команды контроллер посылает в компьютер четырехбайтную строку: наименование выполненной команды, затем данные, если формат команды это предусматривает, затем два байта CRC (если есть данные).

6.2.3 Обработка ошибок на стороне контроллера

6.2.3.1 Неверные команды или данные

Если пришедшая в контроллер команда не может быть интерпретирована как определенная команда управления, то в компьютер посылается строка «errc», команда игнорируется, в данных текущего состояния контроллера выставляется бит «команда не распознана». Если неопознанная команда содержала данные, то возможно неверная интерпретация принятых данных как новых команд. Необходима синхронизация.

Если пришедшая в контроллер команда интерпретирована верно, команда предусматривала данные, они пришли, но два байта CRC не соответствует полученным с ней данным, то в данных текущего состояния контроллера устанавливается флаг ошибки CRC пришедших данных, в компьютер посылается строка «errd», текущая команда игнорируется. Синхронизация приёма/передачи с компьютером не нужна.

6.2.3.2 Расчёт CRC

CRC рассчитывается для передаваемых данных. Четыре байта команды в расчёте не участвуют. Алгоритм CRC на языке Си:

```
unsigned short CRC16(INT8U *pbuf, unsigned short n)
{
  unsigned short crc, i, j, carry_flag, a;
  crc = 0xffff;
  for(i = 0; i < n; i++)
  {
    crc = crc ^ pbuf[i];
    for(j = 0; j < 8; j++)
    {
      a = crc;
      carry_flag = a & 0x0001;
      crc = crc >> 1;
      if ( carry_flag == 1 ) crc = crc ^ 0xa001;
    }
  }
  return crc;
}
```

Функция получает указатель на массив данных pbuf, длину данных в байтах n. Функция возвращает двубайтное слово - код CRC.

Пример расчёта CRC:

Код команды (CMD): «home» или 0x656D6F68

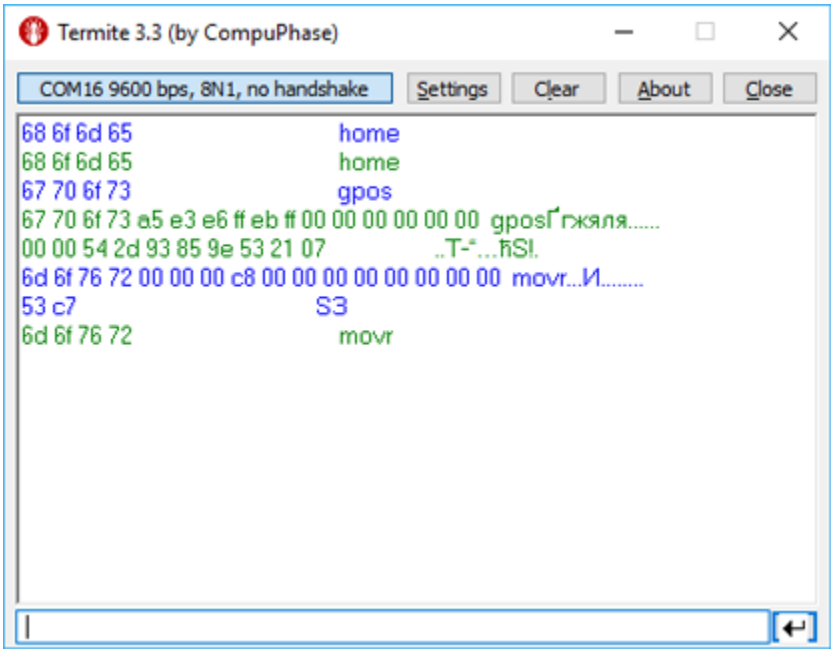
```
0x68 0x6F 0x6D 0x65
CMD
```

Код команды (CMD): «gpos» или 0x736F7067

```
0x67 0x70 0x6F 0x73
CMD
```

Код команды (CMD): «movr» или 0x72766F6D

```
0x6D 0x6F 0x76 0x72  0x00 0x00 0x00 0xC8  0x00 0x00  0x00 0x00 0x00 0x00 0x00 0x00  0x53 0xc7
CMD                  DeltaPosition        uDPos      Reserved                       CRC
```



6.2.3.3 Сбои передачи

Наиболее вероятны следующие сбои в канале связи: исчезновение байта при приёме или передаче контроллером, возникновение лишнего байта при приёме или передаче контроллером и изменение принятого или посланного байта. Сбои происходят при нестандартных условиях и обычно не наблюдаются вообще.

Регулярные сбои возможны при некачественном, сломанном кабеле USB или соединительном кабеле между платами. Протокол не разрабатывался для штатного применения в условиях сильно нестабильной связи. В частности в таких условиях редко возможно выполнение не той команды, что была послана.

6.2.3.3.1 Исчезновение байта на стороне контроллера

Байт, ожидаемый, но не полученный контроллером, приводит к таймауту компьютера. Посылка команды считается компьютером неуспешной. На этот момент синхронизация передачи данных будет нарушена, но восстановится по таймауту (если таймаут контроллера меньше таймаута компьютера с учётом времени пересылки).

6.2.3.3.2 Исчезновение байта на стороне компьютера

Байт, не полученный компьютером, приводит к таймауту компьютера. Синхронизация не нарушена.

6.2.3.3.3 Возникновение байта на стороне контроллера

Лишний байт, возникший при приёме контроллером, приводит к получению компьютером одного или нескольких «errc» либо «errd» (очень редко сочетания «errc» и «errd»). Посылка команды считается неуспешной. В приёмном буфере компьютера может появиться несколько «errc» или «errd» ответов контроллера. На этот момент синхронизация нарушена.

6.2.3.3.4 Возникновение байта на стороне компьютера

Байт, возникший при приёме компьютером, приводит к неверно принятой команде или неверному коду CRC. Кроме того, в приёмном буфере останется лишний байт. На этот момент синхронизация нарушена.

6.2.3.3.5 Изменение байта на стороне контроллера

Байт, изменившийся при приёме контроллером, приводит к получению компьютером одного или нескольких «errc» либо «errd» (очень редко сочетания «errc» и «errd»). Посылка команды считается неуспешной. В приёмном буфере компьютера может появиться несколько «errc» либо «errd» ответов контроллера. Обычно синхронизация не нарушается, но редко она может быть нарушена.

6.2.3.3.6 Изменение байта на стороне компьютера

Байт, изменившийся при приёме компьютером, приводит к неверно принятой команде или неверному коду CRC. На этот момент синхронизация не нарушена.

6.2.3.4 Восстановление синхронизации методом таймаута

Если при получении пакета, время между получением одного или нескольких байт выходит за рамки таймаута, то полученные данные игнорируются, входной буфер очищается. Время таймаута контроллера должно быть меньше таймаута компьютера с учетом погрешности на время пересылки.

6.2.3.5 Восстановление синхронизации методом очистительных нулей

Ни одна команда не начинается нулём („\0“). Поэтому возможен такой метод синхронизации: контроллер на каждый полученный первый байт команды, равный нулю, отвечает нулём, а компьютер игнорирует первый байт ответа, если он равен нулю, и переходит к рассмотрению следующего. Тогда, в случае, когда синхронизация нарушена на стороне компьютера или контроллера, но еще не прошло время таймаута контроллера, возможен следующий алгоритм:

Если компьютером в ответ на переданную команду с данными или без, получен от контроллера ответ не на ту команду, «errc» либо «errd» , то с компьютера в контроллер средствами библиотеки посылается от 4 до 250 нулей (ограничение в 250 байт связано с длиной приёмного буфера и протоколом передачи данных по I2C, а передача менее 4 нулей часто не приведёт к восстановлению синхронизации). При этом происходит постоянное считывание приходящих байт от контроллера до появления первого нуля. После этого и считывание и посылка прекращаются.

Принятый нуль обычно не является частью предыдущей передачи, так как в моменты ошибок контроллер получает ответы «errc» / «errd». В редких случаях (особое изменение байта на стороне контроллера) возможна синхронизация с некоторой попытки. Таким образом, приход первого нуля обычно означает, что приёмный буфер контроллера чист и уже не заполнится, пока не придёт первая значимая команда. Сразу после прихода первого нуля от контроллера компьютер готов передавать следующую команду. Остальные нули, находящиеся в пересылке, будут проигнорированы, так как придут до ответа контроллера.

Синхронизация завершена.

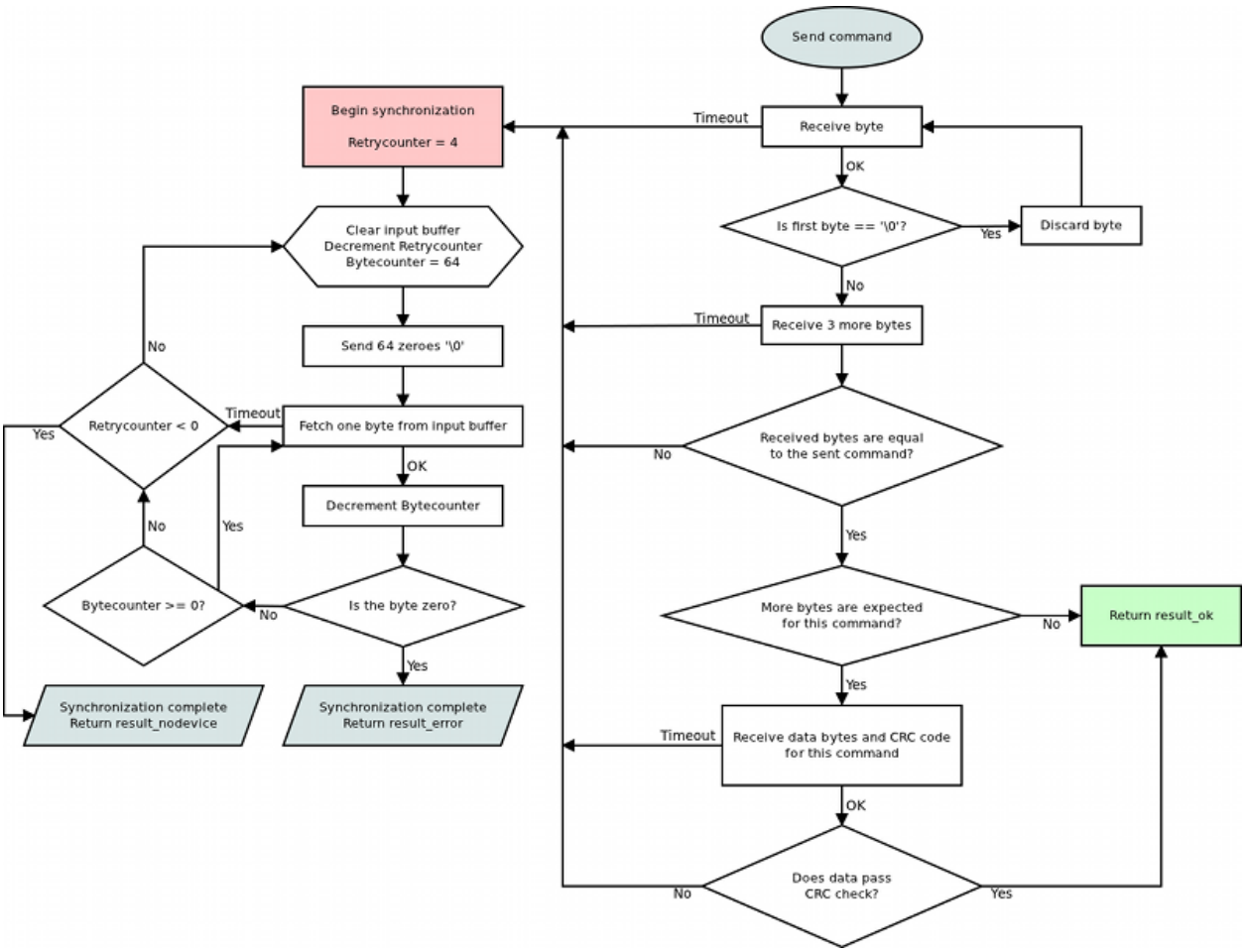
6.2.4 Обработка ошибок на стороне библиотеки

Практически каждая функция библиотеки возвращает статус выполнения типа *result_t*.

После посылки запроса контроллеру библиотека проверяет первые приходящие байты, пока не встретит первое ненулевое значение. Все нулевые байты игнорируются. Остальные приходящие байты считаются значимыми. Библиотека ожидает первые 4 байта ответа. Далее она сравнивает их с кодом запроса

и, при необходимости, ожидает остальные байты пакета данных. Если полученные 4 байта не соответствуют запросу, то запускается процедура синхронизации очистительными нулями, команда выполнена неуспешно. Если полученные первые 4 байта совпадают с кодом запроса и в ответе есть ещё данные, то после их получения проверяется CRC код. Если код неверный, то запускается синхронизация очистительными нулями, выполнение команды считается неуспешным.

Если ошибок не обнаружено, то команда считается выполненной успешно и возвращается *result_ ok*.



6.2.4.1 Возможные значения ответа библиотеки

- *result_ ok*. Ошибок нет.
- *result_ error*. Общая ошибка. Может быть связана с аппаратными проблемами, отсутствием данных в буфере порта, превышением таймаутов. Также может означать сбой синхронизации, который был устранён. Такой сбой мог быть вызван помехами на линии связи с контроллером. Еще одной причиной может быть несоответствие протоколов в прошивке и в контроллере.
- *result_ nodevice*. Невозможность открытия устройства, потеря связи с ним в процессе передачи данных, неудачная синхронизация. Требуется повторное открытие устройства или вмешательство пользователя.

Если функция возвращает ошибку, любые переданные в неё структуры для записи считаются неопределёнными. Возврат кода ошибки может сопровождаться записью подробного сообщения в системный лог на unix или в stderr на windows.

6.2.4.2 Процедура синхронизации очистительными нулями

Восстановление синхронизации осуществляется посылкой нулевых байтов и считывания принимаемых байт до появления первого нулевого значения („\0“). Опционально можно в конце синхронизации очистить буфер порта. Посылается изначально 64 нулевых байта. Если от контроллера не пришло ни одного нулевого байта за время таймаута, то 64 байта посылаются еще 3 раза. После 4 посылки и неполучения нулевого байта устройство считается потерянным и библиотека должна вернуть код ошибки *result_nodevice*. В случае удачной синхронизации возвращаемый код ошибки *result_error*.

6.2.5 Коды ошибок ответов контроллера

6.2.5.1 ERRC

Ответ: (4 байт)

Код: «errc» или 0x63727265

uint32_t	errc	Команда недоступна

Описание:

Ответ на команду в случае, если команда неизвестна, либо не может быть выполнена и/или обработана в данный момент (в данном состоянии). Устанавливает соответствующий бит в поле «flags» структуры состояния.

6.2.5.2 ERRD

Ответ: (4 байт)

Код: «errd» или 0x64727265

uint32_t	errd	Неверные данные

Описание:

Ответ на команду «errd» устанавливается в том случае, если вычисленные контроллером данные CRC не совпадают с полученым полем CRC. В этом случае устанавливает соответствующий бит в поле «flags» структуры состояния.

6.2.5.3 ERRV

Ответ: (4 байт)

Код: «errv» или 0x76727265

uint32_t	errv	Неверное значение

Описание:

Ответ на команду, в случае, если команда корректна и контрольная сумма правильная, но передаваемые значения (хотя бы одно из них) выходят за допустимый диапазон и не могут быть приняты. При этом неверное значение заменяется одним из верных методами округления, ограничения или сбрасывания в некое стандартное состояние. Устанавливает соответствующий бит в поле «flags» структуры состояния.

6.2.6 Все команды контроллера

6.2.6.1 Команда GACC

Код команды (CMD): «gacc» или 0x63636167.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (114 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	MagneticBrakeInfo	Производитель и номер магнитного тормоза, Максимальная длина строки: 24 символов.
float	MBRatedVoltage	Номинальное напряжение для управления магнитным тормозом (В). Тип данных: float.
float	MBRatedCurrent	Номинальный ток для управления магнитным тормозом (А). Тип данных: float.
float	MBTorque	Удерживающий момент (мН м). Тип данных: float.
uint32_t	MBSettings	Флаги настроек магнитного тормоза. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - MB_AVAILABLE	Если флаг установлен, то магнитный тормоз доступен
	0x2 - MB_POWERED_HOLD	Если флаг установлен, то магнитный тормоз находится в режиме удержания (активен) при подаче питания
int8_t	TemperatureSensorInfo	Производитель и номер температурного датчика, Максимальная длина строки: 24 символов.
float	TSMin	Минимальная измеряемая температура (градусов Цельсия). Тип данных: float.
float	TSMax	Максимальная измеряемая температура (градусов Цельсия) Тип данных: float.
float	TSGrad	Температурный градиент (В/градусов Цельсия). Тип данных: float.
uint32_t	TSSettings	Флаги настроек температурного датчика. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x7 - TS_TYPE_BITS	Биты, отвечающие за тип температурного датчика.
	0x0 - TS_TYPE_UNKNOWN	Неизвестный сенсор
	0x1 - TS_TYPE_THERMOCOUPLE	Термопара

Continued on next page

Таблица 6.6 – continued from previous page

	0x2 - TS_TYPE_SEMICONDUCTOR	Полупроводниковый температурный датчик
	0x8 - TS_AVAILABLE	Если флаг установлен, то датчик температуры доступен
uint32_t	LimitSwitchesSettings	Флаги настроек концевых выключателей. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - LS_ON_SW1_AVAILABLE	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, доступен
	0x2 - LS_ON_SW2_AVAILABLE	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, доступен
	0x4 - LS_SW1_ACTIVE_LOW	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, считается сработавшим по низкому уровню на контакте
	0x8 - LS_SW2_ACTIVE_LOW	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, считается сработавшим по низкому уровню на контакте
	0x10 - LS_SHORTED	Если флаг установлен, то концевые переключатели замкнуты.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации о дополнительных аксессуарах из EEPROM.

6.2.6.2 Команда GBRK

Код команды (CMD): «gbrk» или 0x6B726267.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (25 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	t1	Время в мс между включением питания мотора и отключением тормоза.
uint16_t	t2	Время в мс между отключением тормоза и готовностью к движению. Все команды движения начинают выполняться только по истечении этого времени.
uint16_t	t3	Время в мс между остановкой мотора и включением тормоза.

Continued on next page

Таблица 6.8 – continued from previous page

uint16_t	t4	Время в мс между включением тормоза и отключением питания мотора.
uint8_t	BrakeFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BRAKE_ENABLED	Управление тормозом включено, если флаг установлен.
	0x2 - BRAKE_ENG_PWROFF	Тормоз отключает питание шагового мотора, если флаг установлен.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек управления тормозом.

6.2.6.3 Команда GCAL

Код команды (CMD): «gcal» или 0x6C616367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (118 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	CSS1_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений тока в обмотке A.
float	CSS1_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений тока в обмотке A.
float	CSS2_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений тока в обмотке B.
float	CSS2_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений тока в обмотке B.
float	FullCurrent_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений полного тока.
float	FullCurrent_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений полного тока.
uint8_t	Reserved [88]	Зарезервировано (88 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения калибровочных коэффициентов. Команда используется только производителем. Эта функция заполняет структуру калибровочных коэффициентов. Эти коэффициенты используются для пересчёта кодов АЦП в токи обмоток и полный ток потребления. Коэффициенты сгруппированы в пары, XXX_A и XXX_B; пары представляют собой коэффициенты линейного уравнения. Первый коэффициент - тангенс угла наклона, второй - постоянное смещение. Таким образом, XXX_Current[mA] = XXX_A[mA/ADC]XXX_ADC_CODE[ADC] + XXX_B[mA].

6.2.6.4 Команда GCTL

Код команды (CMD): «gctl» или 0x6C746367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (93 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	MaxSpeed	Массив скоростей (в полных шагах), использующийся при управлении джойстиком или кнопками влево/вправо. Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uMaxSpeed	Массив скоростей (в микрошагах), использующийся при управлении джойстиком или кнопками влево/вправо. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	Timeout	timeout[i] - время в мс, по истечении которого устанавливается скорость max_speed[i+1] (используется только при управлении кнопками).
uint16_t	MaxClickTime	Максимальное время клика (в мс). До истечения этого времени первая скорость не включается.
uint16_t	Flags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3 - CONTROL_MODE_BITS	Биты управления мотором с помощью джойстика или кнопок влево/вправо.
	0x0 - CONTROL_MODE_OFF	Управление отключено.
	0x1 - CONTROL_MODE_JOY	Управление с помощью джойстика.
	0x2 - CONTROL_MODE_LR	Управление с помощью кнопок влево/вправо.
	0x4 - CONTROL_BTN_LEFT_PUSHED_OPEN	Нажатая левая кнопка соответствует открытому контакту, если этот флаг установлен.
	0x8 - CONTROL_BTN_RIGHT_PUSHED_OPEN	Нажатая правая кнопка соответствует открытому контакту, если этот флаг установлен.
int32_t	DeltaPosition	Смещение (дельта) позиции (в полных шагах)
int16_t	uDeltaPosition	Дробная часть смещения в микрошагах. Используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)

Continued on next page

Таблица 6.12 – continued from previous page

uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек управления мотором. При выборе CTL_MODE=1 включается управление мотором с помощью джойстика. В этом режиме при отклонении джойстика на максимум двигатель стремится двигаться со скоростью MaxSpeed [i], где i=0, если предыдущим использованием этого режима не было выбрано другое i. Кнопки переключают номер скорости i. При выборе CTL_MODE=2 включается управление мотором с помощью кнопок left/right. При нажатии на кнопки двигатель начинает двигаться в соответствующую сторону со скоростью MaxSpeed [0], по истечении времени Timeout[i] мотор двигается со скоростью MaxSpeed [i+1]. При переходе от MaxSpeed [i] на MaxSpeed [i+1] действует ускорение, как обычно.

6.2.6.5 Команда GCTP

Код команды (CMD): «gctp» или 0x70746367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	CTPMinError	Минимальное отличие шагов ШД от положения энкодера, устанавливающее флаг STATE_RT_ERROR. Измеряется в шагах ШД.
uint8_t	CTPFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - CTP_ENABLED	Контроль позиции включен, если флаг установлен.
	0x2 - CTP_BASE	Управление положением основано на датчике вращения, если установлен этот флаг; в противном случае - на энкодере.
	0x4 - CTP_ALARM_ON_ERROR	Войти в состояние ALARM при расхождении позиции, если флаг установлен.
	0x8 - REV_SENS_INV	Сенсор считается активным, когда на нём 0, инвертирование делает активным уровень 1. То есть если не инвертировать, то действует обычная логика - 0 это срабатывание/активация/активное состояние.
	0x10 - CTP_ERROR_CORRECTION	Корректировать ошибки, возникающие при проскальзывании, если флаг установлен. Работает только с энкодером. Несовместимо с флагом CTP_ALARM_ON_ERROR.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек контроля позиции(для шагового двигателя). При управлении ШД с энкодером (CTP_BASE 0) появляется возможность обнаруживать потерю шагов. Контроллер знает количество шагов на оборот (GENG::StepsPerRev) и разрешение энкодера (GFBS::IPT). При включении контроля (флаг CTP_ENABLED), контроллер запоминает текущую позицию в шагах ШД и текущую позицию энкодера. Далее на каждом шаге позиция энкодера преобразовывается в шаги и, если разница оказывается больше CTPMinError, устанавливается флаг STATE_CTP_ERROR. При управлении ШД с датчиком оборотов (CTP_BASE 1), позиция контролируется по нему. По активному фронту на входе синхронизации контроллер запоминает текущее значение шагов. Далее, при каждом обороте проверяет, на сколько шагов сместились. При рассогласовании более CTPMinError устанавливается флаг STATE_CTP_ERROR.

6.2.6.6 Команда GEAS

Код команды (CMD): «geas» или 0x73616567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (54 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	stepcloseloop_Kw	Используется только производителем. Коэффициент смешения реальной и заданной скорости, диапазон [0, 100], значение по умолчанию 50.
uint16_t	stepcloseloop_Kp_low	Используется только производителем. Обратная связь по позиции в зоне малых скоростей, диапазон [0, 65535], значение по умолчанию 1000.
uint16_t	stepcloseloop_Kp_high	Используется только производителем. Обратная связь по позиции в зоне больших скоростей, диапазон [0, 65535], значение по умолчанию 33.
uint8_t	Reserved [42]	Зарезервировано (42 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение расширенных настроек. Используется только производителем.

6.2.6.7 Команда GEDS

Код команды (CMD): «geds» или 0x73646567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (26 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	BorderFlags	Флаги, определяющие тип границ и поведение мотора при их достижении. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BORDER_IS_ENCODER	Если флаг установлен, границы определяются предустановленными точками на шкале позиции. Если флаг сброшен, границы определяются концевыми выключателями.
	0x2 - BORDER_STOP_LEFT	Если флаг установлен, мотор останавливается при достижении левой границы.
	0x4 - BORDER_STOP_RIGHT	Если флаг установлен, мотор останавливается при достижении правой границы.
	0x8 - BORDERS_SWAP_MISSET_DETECTION	Если флаг установлен, мотор останавливается по достижении любой из границ. Нужен для предотвращения поломки двигателя при неправильных настройках концевых выключателей
uint8_t	EnderFlags	Флаги, определяющие настройки концевых выключателей. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENDER_SWAP	Если флаг установлен, первый концевой выключатель находится справа; иначе - слева.
	0x2 - ENDER_SW1_ACTIVE_LOW	1 - Концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, считается сработавшим по низкому уровню на контакте.
	0x4 - ENDER_SW2_ACTIVE_LOW	1 - Концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, считается сработавшим по низкому уровню на контакте.
int32_t	LeftBorder	Позиция левой границы, используется если установлен флаг BORDER_IS_ENCODER.
int16_t	uLeftBorder	Позиция левой границы в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int32_t	RightBorder	Позиция правой границы, используется если установлен флаг BORDER_IS_ENCODER.

Continued on next page

Таблица 6.18 – continued from previous page

int16_t	uRightBorder	Позиция правой границы в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек границ и концевых выключателей.

6.2.6.8 Команда GEIO

Код команды (CMD): «geio» или 0x6F696567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	EXTIOSetupFlags	Флаги настройки работы внешнего ввода-вывода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - EXTIO_SETUP_OUTPUT	Если флаг установлен, то ножка в состоянии вывода, иначе - ввода.
	0x2 - EXTIO_SETUP_INVERT	Если флаг установлен, то нули считаются активным состоянием выхода, а спадающие фронты - как момент подачи входного сигнала.
uint8_t	EXTIOModeFlags	Флаги настройки режимов внешнего ввода-вывода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0xf - EXTIO_SETUP_MODE_IN_BITS	Биты, отвечающие за поведение при переходе сигнала в активное состояние.
	0x0 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_NOP	Ничего не делать.
	0x1 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_STOP	По переднему фронту входного сигнала делается остановка двигателя (эквивалент команды STOP).
	0x2 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_PWOF	Выполняет команду PWOF, обесточивая обмотки двигателя.
	0x3 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_MOVR	Выполняется команда MOVR с последними настройками.
	0x4 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_HOME	Выполняется команда HOME.
	0x5 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_ALARM	Войти в состояние ALARM при переходе сигнала в активное состояние.

Continued on next page

Таблица 6.20 – continued from previous page

	0xf0 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_BITS	Биты выбора поведения на выходе.
	0x0 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_OFF	Ножка всегда в неактивном состоянии.
	0x10 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_ON	Ножка всегда в активном состоянии.
	0x20 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOVING	Ножка находится в активном состоянии при движении.
	0x30 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_ALARM	Ножка находится в активном состоянии при нахождении в состоянии ALARM.
	0x40 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOTOR_ON	Ножка находится в активном состоянии при подаче питания на обмотки.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения параметров настройки режимов внешнего ввода/вывода.

6.2.6.9 Команда GEMF

Код команды (CMD): «gemf» или 0x666D6567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (48 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	L	Индуктивность обмоток двигателя.
float	R	Сопротивление обмоток двигателя.
float	Km	Электромеханический коэффициент двигателя.
uint8_t	BackEMFFlags	Флаги автонастроек шагового двигателя. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BACK_EMF_INDUCTANCE_AUTO	Флаг автоопределения индуктивности обмоток двигателя.
	0x2 - BACK_EMF_RESISTANCE_AUTO	Флаг автоопределения сопротивления обмоток двигателя.
	0x4 - BACK_EMF_KM_AUTO	Флаг автоопределения электромеханического коэффициента двигателя.
uint8_t	Reserved [29]	Зарезервировано (29 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение электромеханических настроек шагового двигателя. Настройки различны для разных двигателей.

6.2.6.10 Команда GENG

Код команды (CMD): «geng» или 0x676E6567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (34 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	NomVoltage	Номинальное напряжение мотора в десятках мВ. Контроллер будет сохранять напряжение на моторе не выше номинального, если установлен флаг ENGINE_LIMIT_VOLT (используется только с DC-двигателем).
uint16_t	NomCurrent	Номинальный ток через мотор (в мА). Ток стабилизируется для шаговых и может быть ограничен для DC (если установлен флаг ENGINE_LIMIT_CURR). Диапазон: 15..8000
uint32_t	NomSpeed	Номинальная (максимальная) скорость (в целых шагах/с или rpm для DC- и шагового двигателя в режиме ведущего энкодера). Контроллер будет сохранять скорость мотора не выше номинальной, если установлен флаг ENGINE_LIMIT_RPM. Диапазон: 1..100000.
uint8_t	uNomSpeed	Микрошаговая часть номинальной скорости мотора (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	EngineFlags	Флаги, управляющие работой мотора. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENGINE_REVERSE	Флаг реверса. Связывает направление вращения мотора с направлением счета текущей позиции. При сброшенном флаге (по умолчанию) прикладываемое к мотору положительное напряжение увеличивает счетчик позиции. И наоборот, при установленном флаге счетчик позиции увеличивается, когда к мотору приложено отрицательное напряжение. Измените состояние флага, если положительное вращение мотора уменьшает счетчик позиции.

Continued on next page

Таблица 6.24 – continued from previous page

	0x2 - ENGINE_CURRENT_AS_RMS	Флаг интерпретации значения тока. Если флаг снят, то задаваемое значение тока интерпретируется как максимальная амплитуда тока. Если флаг установлен, то задаваемое значение тока интерпретируется как среднеквадратичное значение тока (для шагового) или как значение тока, посчитанное из максимального тепловыделения (BLDC).
	0x4 - ENGINE_MAX_SPEED	Флаг максимальной скорости. Если флаг установлен, движение происходит на максимальной скорости.
	0x8 - ENGINE_ANTIPLAY	Компенсация люфта. Если флаг установлен, позиционер будет подходить к заданной точке всегда с одной стороны. Например, при подходе слева никаких дополнительных действий не совершается, а при подходе справа позиционер проходит целевую позицию на заданное расстояния и возвращается к ней опять же справа.
	0x10 - ENGINE_ACCEL_ON	Ускорение. Если флаг установлен, движение происходит с ускорением.
	0x20 - ENGINE_LIMIT_VOLT	Номинальное напряжение мотора. Если флаг установлен, напряжение на моторе ограничивается заданным номинальным значением (используется только с DC-двигателем).
	0x40 - ENGINE_LIMIT_CURR	Номинальный ток мотора. Если флаг установлен, ток через мотор ограничивается заданным номинальным значением (используется только с DC-двигателем).
	0x80 - ENGINE_LIMIT_RPM	Номинальная частота вращения мотора. Если флаг установлен, частота вращения ограничивается заданным номинальным значением.
	0x100 - ENGINE_USE_PEAK_CURRENT	Разрешить использование пикового тока.
int16_t	Antiplay	Количество шагов двигателя или импульсов энкодера, на которое позиционер будет отъезжать от заданной позиции для подхода к ней с одной и той же стороны. Используется, если установлен флаг ENGINE_ANTIPLAY.

Continued on next page

Таблица 6.24 – continued from previous page

uint8_t	MicrostepMode	Настройки микрошагового режима (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - MICROSTEP_MODE_FULL	Полношаговый режим.
	0x2 - MICROSTEP_MODE_FRAC_2	Деление шага 1/2.
	0x3 - MICROSTEP_MODE_FRAC_4	Деление шага 1/4.
	0x4 - MICROSTEP_MODE_FRAC_8	Деление шага 1/8.
	0x5 - MICROSTEP_MODE_FRAC_16	Деление шага 1/16.
	0x6 - MICROSTEP_MODE_FRAC_32	Деление шага 1/32.
	0x7 - MICROSTEP_MODE_FRAC_64	Деление шага 1/64.
	0x8 - MICROSTEP_MODE_FRAC_128	Деление шага 1/128.
	0x9 - MICROSTEP_MODE_FRAC_256	Деление шага 1/256.
uint16_t	StepsPerRev	Количество полных шагов на оборот (используется только с шаговым двигателем). Диапазон: 1..65535.
uint16_t	PeakCurrent	Номинальный пиковый ток (в мА). Контроллеру разрешается подавать пиковый ток, поддерживая при этом средний ток за 10 секунд ниже номинального, если установлен флаг USE_PEAK_CURRENT.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек мотора. Настройки определяют номинальные значения напряжения, тока, скорости мотора, характер движения и тип мотора. Пожалуйста, загружайте новые настройки когда вы меняете мотор, энкодер или позиционер. Помните, что неправильные настройки мотора могут повредить оборудование.

6.2.6.11 Команда GENI

Код команды (CMD): «geni» или 0x696E6567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.

Continued on next page

Таблица 6.26 – continued from previous page

uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации об энкодере из EEPROM.

6.2.6.12 Команда GENS

Код команды (CMD): «gens» или 0x736E6567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (54 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	MaxOperatingFrequency	Максимальная частота (кГц). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальное потребление тока (мА). Тип данных: float.
uint32_t	PPR	Количество отсчётов на оборот
uint32_t	EncoderSettings	Флаги настроек энкодера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENCSET_DIFFERENTIAL_OUTPUT	Если флаг установлен, то энкодер имеет дифференциальный выход, иначе - несимметричный выход
	0x4 - ENCSET_PUSHPULL_OUTPUT	Если флаг установлен, то энкодер имеет двухтактный выход, иначе - выход с открытым коллектором
	0x10 - ENCSET_INDEXCHANNEL_PRESENT	Если флаг установлен, то энкодер имеет дополнительный индексный канал, иначе - он отсутствует
	0x40 - ENCSET_REVOLUTIONSENSOR_PRESENT	Если флаг установлен, то энкодер имеет датчик оборотов, иначе - он отсутствует
	0x100 - ENCSET_REVOLUTIONSENSOR_ACTIVE_HIGH	Если флаг установлен, то активное состояние датчика оборотов соответствует логической 1, иначе - логическому 0
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение настроек энкодера из EEPROM.

6.2.6.13 Команда GENT

Код команды (CMD): «gent» или 0x746E6567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (14 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	EngineType	Тип мотора. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - ENGINE_TYPE_NONE	Это значение не нужно использовать.
	0x1 - ENGINE_TYPE_DC	Мотор постоянного тока.
	0x2 - ENGINE_TYPE_2DC	Два мотора постоянного тока, что приводит к эмуляции двух контроллеров.
	0x3 - ENGINE_TYPE_STEP	Шаговый мотор.
	0x4 - ENGINE_TYPE_TEST	Продолжительность включения фиксирована. Используется только производителем.
	0x5 - ENGINE_TYPE_BRUSHLESS	Бесщеточный мотор.
uint8_t	DriverType	Тип силового драйвера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x2 - DRIVER_TYPE_INTEGRATE	Силовой драйвер с использованием ключей, интегрированных в микросхему.
	0x3 - DRIVER_TYPE_EXTERNAL	Внешний силовой драйвер. Поддержка этой функции зависит от модификации контроллера.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Возвращает информацию о типе мотора и силового драйвера.

6.2.6.14 Команда GEST

Код команды (CMD): «gest» или 0x74736567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (46 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	Param1	
uint8_t	Reserved [38]	Зарезервировано (38 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение расширенных настроек. В настоящее время не используется.

6.2.6.15 Команда GFBS

Код команды (CMD): «gfbs» или 0x73626667.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	IPS	Количество отсчётов энкодера на оборот вала. Диапазон: 1..65535. Поле устарело, рекомендуется записывать 0 в IPS и использовать расширенное поле CountsPerTurn. Может потребоваться обновление микропрограммы контроллера до последней версии.
uint8_t	FeedbackType	Тип обратной связи. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - FEEDBACK_ENCODER	Обратная связь с помощью энкодера.
	0x4 - FEEDBACK_EMF	Обратная связь по ЭДС.
	0x5 - FEEDBACK_NONE	Обратная связь отсутствует.
	0x6 - FEEDBACK_ENCODER_MEDIATED	Обратная связь по энкодеру, опосредованному относительно двигателя механической передачей (например, винтовой передачей).
uint8_t	FeedbackFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - FEEDBACK_ENC_REVERSE	Обратный счет у энкодера.
	0x2 - FEEDBACK_ENC_ADAPTIVE_HOLDING	Включает алгоритм адаптивного удержания.
	0x0 - FEEDBACK_ENC_FILTER_NONE	Выключает внутренний фильтр сигнала энкодера.
	0x10 - FEEDBACK_ENC_FILTER_WEAK	Слабая фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 3 МГц.
	0x20 - FEEDBACK_ENC_FILTER_MEDIUM	Средняя фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 1 МГц.
	0x30 - FEEDBACK_ENC_FILTER_STRONG	Сильная фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 300 кГц.
	0x30 - FEEDBACK_ENC_FILTER_BITS	Биты, отвечающие за настройку внутреннего фильтра энкодерного сигнала.
	0x0 - FEEDBACK_ENC_TYPE_AUTO	Определяет тип энкодера автоматически.
	0x40 - FEEDBACK_ENC_TYPE_SINGLE_ENDED	Недифференциальный энкодер.
	0x80 - FEEDBACK_ENC_TYPE_DIFFERENTIAL	Дифференциальный энкодер.
	0xc0 - FEEDBACK_ENC_TYPE_BITS	Биты, отвечающие за тип энкодера.

Continued on next page

Таблица 6.34 – continued from previous page

uint32_t	CountsPerTurn	Количество отсчётов энкодера на оборот вала. Диапазон: 1..4294967295. Для использования поля CountsPerTurn нужно записать 0 в поле IPS, иначе будет использоваться значение из поля IPS.
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек обратной связи

6.2.6.16 Команда GGRI

Код команды (CMD): «ggri» или 0x69726767.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации о редукторе из EEPROM.

6.2.6.17 Команда GGRS

Код команды (CMD): «ggrs» или 0x73726767.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (58 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	ReductionIn	Входной коэффициент редуктора. (Выход = (ReductionOut/ReductionIn) вход) Тип данных: float.
float	ReductionOut	Выходной коэффициент редуктора. (Выход = (ReductionOut/ReductionIn) вход) Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.38 – continued from previous page

float	RatedInputTorque	Максимальный крутящий момент (Н м). Тип данных: float.
float	RatedInputSpeed	Максимальная скорость на входном валу редуктора (об/мин). Тип данных: float.
float	MaxOutputBacklash	Выходной люфт редуктора (градус). Тип данных: float.
float	InputInertia	Эквивалентная входная инерция редуктора(г см2). Тип данных: float.
float	Efficiency	КПД редуктора (%). Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение настроек редуктора из EEPROM.

6.2.6.18 Команда GHOM

Код команды (CMD): «ghom» или 0x6D6F6867.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (33 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	FastHome	Скорость первого движения (в полных шагах). Диапазон: 0..100000
uint8_t	uFastHome	Дробная часть скорости первого движения в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint32_t	SlowHome	Скорость второго движения (в полных шагах). Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uSlowHome	Дробная часть скорости второго движения в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int32_t	HomeDelta	Расстояние отхода от точки останова (в полных шагах).

Continued on next page

Таблица 6.40 – continued from previous page

int16_t	uHomeDelta	Дробная часть расстояния отхода от точки останова в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	HomeFlags	Набор флагов, определяющие такие параметры, как направление и условия останова. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - HOME_DIR_FIRST	Определяет направление первоначального движения мотора после поступления команды HOME. Если флаг установлен - вправо; иначе - влево.
	0x2 - HOME_DIR_SECOND	Определяет направление второго движения мотора. Если флаг установлен - вправо; иначе - влево.
	0x4 - HOME_MV_SEC_EN	Если флаг установлен, реализуется второй этап доводки в домашнюю позицию; иначе - этап пропускается.
	0x8 - HOME_HALF_MV	Если флаг установлен, сигналы остановки игнорируются в первой половине второго движения.
	0x30 - HOME_STOP_FIRST_BITS	Биты, отвечающие за выбор сигнала завершения первого движения.
	0x10 - HOME_STOP_FIRST_REV	Первое движение завершается по сигналу с Revolution sensor.
	0x20 - HOME_STOP_FIRST_SYN	Первое движение завершается по сигналу со входа синхронизации.
	0x30 - HOME_STOP_FIRST_LIM	Первое движение завершается по сигналу с концевого переключателя.
	0xc0 - HOME_STOP_SECOND_BITS	Биты, отвечающие за выбор сигнала завершения второго движения.
	0x40 - HOME_STOP_SECOND_REV	Второе движение завершается по сигналу с Revolution sensor.
	0x80 - HOME_STOP_SECOND_SYN	Второе движение завершается по сигналу со входа синхронизации.
	0xc0 - HOME_STOP_SECOND_LIM	Второе движение завершается по сигналу с концевого переключателя.
	0x100 - HOME_USE_FAST	Если флаг установлен, используется быстрый поиск домашней позиции; иначе - традиционный.
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения настроек для подхода в home position. Эта функция заполняет структуру настроек, использующихся для калибровки позиции, в память контроллера.

6.2.6.19 Команда GHSI

Код команды (CMD): «ghsi» или 0x69736867.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации о датчиках Холла из EEPROM.

6.2.6.20 Команда GHSS

Код команды (CMD): «ghss» или 0x73736867.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (50 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	MaxOperatingFrequency	Максимальная частота (кГц). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальное потребление тока (мА). Тип данных: float.
uint32_t	PPR	Количество отсчётов на оборот
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение настроек датчиков Холла из EEPROM.

6.2.6.21 Команда GJOY

Код команды (CMD): «gjoy» или 0x796F6A67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (22 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	JoyLowEnd	Значение в шагах джойстика, соответствующее нижней границе диапазона отклонения устройства. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint16_t	JoyCenter	Значение в шагах джойстика, соответствующее неотклонённому устройству. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint16_t	JoyHighEnd	Значение в шагах джойстика, соответствующее верхней границе диапазона отклонения устройства. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint8_t	ExpFactor	Фактор экспоненциальной нелинейности отклика джойстика.
uint8_t	DeadZone	Отклонение от среднего положения, которое не вызывает начала движения (в десятых долях процента). Максимальное мёртвое отклонение +-25.5%, что составляет половину рабочего диапазона джойстика.
uint8_t	JoyFlags	Флаги управления джойстиком. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - JOY_REVERSE	Реверс воздействия джойстика. Отклонение джойстика к большим значениям приводит к отрицательной скорости и наоборот.
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек джойстика. При отклонении джойстика более чем на DeadZone от центрального положения начинается движение со скоростью, определяемой отклонением джойстика от DeadZone до 100% отклонения, причем отклонению DeadZone соответствует нулевая скорость (при этом постоянно выполняется команда „soft stop“), а 100% отклонения соответствует MaxSpeed [i] (см. команду SCTL), где i=0, если предыдущим использованием этого режима не было выбрано другое i. Если следующая скорость в таблице скоростей нулевая (целая и микрошаговая части), то перехода на неё не происходит. Первая скорость в списке не должна быть нулевой. DeadZone вычисляется в десятых долях процента отклонения от центра (JoyCenter) до правого или левого максимума. Подробнее см. раздел „Управление с помощью джойстика“.

6.2.6.22 Команда GMOV

Код команды (CMD): «gmov» или 0x766F6D67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	Speed	Заданная скорость (для ШД: шагов/с, для DC: rpm). Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uSpeed	Заданная скорость в единицах деления микрошага в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint16_t	Accel	Ускорение, заданное в шагах в секунду^2 (ШД) или в оборотах в минуту за секунду (DC). Диапазон: 1..65535.
uint16_t	Decel	Торможение, заданное в шагах в секунду^2 (ШД) или в оборотах в минуту за секунду (DC). Диапазон: 1..65535.
uint32_t	AntiplaySpeed	Скорость в режиме антилюфта, заданная в целых шагах/с (ШД) или в оборотах/с(DC). Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uAntiplaySpeed	Скорость в режиме антилюфта, выраженная в микрошагах в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint8_t	MoveFlags	Флаги, управляющие настройкой движения. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - RPM_DIV_1000	Флаг указывает на то что рабочая скорость указанная в команде задана в милли rpm. Применим только для режима обратной связи ENCODER и только для BLDC-моторов.
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения настроек перемещения (скорость, ускорение, порог и т.д.).

6.2.6.23 Команда GMTI

Код команды (CMD): «gmti» или 0x69746D67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации о двигателе из EEPROM.

6.2.6.24 Команда GMTS

Код команды (CMD): «gmts» или 0x73746D67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (112 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	MotorType	Тип двигателя. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - MOTOR_TYPE_UNKNOWN	Неизвестный двигатель
	0x1 - MOTOR_TYPE_STEP	Шаговый двигатель
	0x2 - MOTOR_TYPE_DC	DC-двигатель
	0x3 - MOTOR_TYPE_BLDC	BLDC-двигатель
uint8_t	ReservedField	Зарезервировано
uint16_t	Poles	Количество пар полюсов у DC- или BLDC-двигателя или количество шагов на оборот для шагового двигателя.
uint16_t	Phases	Количество фаз у BLDC-двигателя.
float	NominalVoltage	Номинальное напряжение на обмотке (В). Тип данных: float.
float	NominalCurrent	Максимальный постоянный ток в обмотке для DC- и BLDC-двигателей, номинальный ток в обмотке для шаговых двигателей (А). Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.52 – continued from previous page

float	NominalSpeed	Не используется. Номинальная скорость (об/мин). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NominalTorque	Номинальный крутящий момент (мН м). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NominalPower	Номинальная мощность(Вт). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	WindingResistance	Сопротивление обмотки DC-двигателя, каждой из двух обмоток шагового двигателя или каждой из трёх обмоток BLDC-двигателя (Ом). Тип данных: float.
float	WindingInductance	Индуктивность обмотки DC-двигателя, каждой из двух обмоток шагового двигателя или каждой из трёх обмоток BLDC-двигателя (мГн). Тип данных: float.
float	RotorInertia	Инерция ротора (г см2). Тип данных: float.
float	StallTorque	Крутящий момент удержания позиции для шагового двигателя или крутящий момент при неподвижном роторе для других типов двигателей (мН м). Тип данных: float.
float	DetentTorque	Момент удержания позиции с незапитанными обмотками (мН м). Тип данных: float.
float	TorqueConstant	Константа крутящего момента, определяющая коэффициент пропорциональности максимального момента силы ротора от протекающего в обмотке тока (мН м/А). Используется в основном для DC-двигателей. Тип данных: float.
float	SpeedConstant	Константа скорости, определяющая значение или амплитуду напряжения наведённой индукции при вращении ротора DC- или BLDC-двигателя (об/мин / В) или шагового двигателя (шаг/с / В). Тип данных: float.
float	SpeedTorqueGradient	Градиент крутящего момента (об/мин / мН м). Тип данных: float.
float	MechanicalTimeConstant	Механическая постоянная времени (мс). Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.52 – continued from previous page

float	MaxSpeed	Максимальная разрешённая скорость для шаговых двигателей (шаг/с) или для DC- и BLDC-двигателей (об/мин). Тип данных: float.
float	MaxCurrent	Максимальный ток в обмотке (А). Тип данных: float.
float	MaxCurrentTime	Безопасная длительность максимального тока в обмотке (мс). Тип данных: float.
float	NoLoadCurrent	Ток потребления в холостом режиме (А). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NoLoadSpeed	Скорость в холостом режиме (об/мин). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение настроек двигателя из EEPROM.

6.2.6.25 Команда GNET

Код команды (CMD): «gnet» или 0x74656E67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (38 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	DHCPEnabled	Определяет способ получения IP-адреса каналов. Может принимать значения: 0 — статически, 1 — через DHCP
uint8_t	IPv4Address	IP-адрес устройства в формате x.x.x.x.
uint8_t	SubnetMask	Маска подсети в формате x.x.x.x.
uint8_t	DefaultGateway	Шлюз сети по умолчанию в формате x.x.x.x.
uint8_t	Reserved [19]	Зарезервировано (19 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения сетевых настроек. Используется только производителем. Эта функция возвращает текущие сетевые настройки.

6.2.6.26 Команда GNME

Код команды (CMD): «gnme» или 0x656D6E67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	PositionerName	Пользовательское имя подвижки. Может быть установлено пользователем для его удобства. Максимальная длина строки: 16 символов.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение пользовательского имени подвижки из EEPROM.

6.2.6.27 Команда GNMF

Код команды (CMD): «gnmf» или 0x666D6E67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	ControllerName	Пользовательское имя контроллера. Может быть установлено пользователем для его удобства. Максимальная длина строки: 16 символов.
uint8_t	CtrlFlags	Настройки контроллера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - EEPROM_PRECEDENCE	Если флаг установлен, то настройки в EEPROM подвижки имеют приоритет над текущими настройками и заменяют их при обнаружении EEPROM.
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение пользовательского имени контроллера и настроек из FRAM.

6.2.6.28 Команда GNVM

Код команды (CMD): «gnvm» или 0x6D766E67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (36 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	UserData	Пользовательские данные. Могут быть установлены пользователем для его удобства. Каждый элемент массива хранит только 32 бита пользовательских данных. Это важно на системах где тип int содержит больше чем 4 байта. Например это все системы amd64.
uint8_t	Reserved [2]	Зарезервировано (2 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение пользовательских данных из FRAM.

6.2.6.29 Команда GPID

Код команды (CMD): «gpid» или 0x64697067.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (48 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	KpU	Пропорциональный коэффициент ПИД контура по напряжению
uint16_t	KiU	Интегральный коэффициент ПИД контура по напряжению
uint16_t	KdU	Дифференциальный коэффициент ПИД контура по напряжению
float	Kpf	Пропорциональный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
float	Kif	Интегральный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
float	Kdf	Дифференциальный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение ПИД-коэффициентов. Эти коэффициенты определяют поведение позиционера. Коэффициенты различны для разных позиционеров.

6.2.6.30 Команда GPWD

Код команды (CMD): «gpwd» или 0x64777067.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (36 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	UserPassword	Строчка-пароль для доступа к веб-странице, который пользователь может поменять с помощью USB команды или на веб-странице.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения пароля к веб-странице. Используется только производителем. Эта функция позволяет прочитать пользовательский пароль к веб-странице из памяти контроллера.

6.2.6.31 Команда GPWR

Код команды (CMD): «gpwr» или 0x72777067.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (20 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	HoldCurrent	Ток мотора в режиме удержания, в процентах от номинального. Диапазон: 0..100.
uint16_t	CurrReductDelay	Время в мс от перехода в состояние STOP до уменьшения тока.
uint16_t	PowerOffDelay	Время в с от перехода в состояние STOP до отключения питания мотора.
uint16_t	CurrentSetTime	Время в мс, требуемое для набора номинального тока от 0% до 100%.
uint8_t	PowerFlags	Флаги параметров управления питанием. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - POWER_REDUCT_ENABLED	Если флаг установлен, уменьшить ток по прошествии CurrReductDelay. Иначе - не уменьшать.
	0x2 - POWER_OFF_ENABLED	Если флаг установлен, снять напряжение с обмоток по прошествии PowerOffDelay. Иначе - не снимать.

Continued on next page

Таблица 6.66 – continued from previous page

	0x4 - POWER_SMOOTH_CURRENT	Если установлен, то запитывание обмоток, снятие питания или снижение/повышение тока происходят плавно со скоростью CurrentSetTime, а только потом выполняется та задача, которая вызвала это плавное изменение.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения параметров питания мотора. Используется только с шаговым двигателем.

6.2.6.32 Команда GSEC

Код команды (CMD): «gsec» или 0x63657367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (28 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	LowUpwrOff	Нижний порог напряжения на силовой части для выключения, десятки мВ.
uint16_t	CriticalIpwr	Максимальный ток силовой части, вызывающий состояние ALARM, в мА.
uint16_t	CriticalUpwr	Максимальное напряжение на силовой части, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint16_t	CriticalT	Максимальная температура контроллера, вызывающая состояние ALARM, в десятых долях градуса Цельсия.
uint16_t	CriticalIusb	Устарело. Максимальный ток USB, вызывающий состояние ALARM, в мА.
uint16_t	CriticalUusb	Устарело. Максимальное напряжение на USB, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint16_t	MinimumUusb	Устарело. Минимальное напряжение на USB, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint8_t	Flags	Флаги критических параметров. Это битовая маска для побитовых операций.

Continued on next page

Таблица 6.68 – continued from previous page

	0x1 - ALARM_ON_DRIVER_OVERHEATING	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала подступающего перегрева с драйвера. Иначе - игнорировать подступающий перегрев с драйвера.
	0x2 - LOW_UPWR_PROTECTION	Если флаг установлен, то выключать силовую часть при напряжении меньшем LowUpwrOff.
	0x4 - H_BRIDGE_ALERT	Если флаг установлен, то выключать силовую часть при сигнале неполадки в одном из транзисторных мостов.
	0x8 - ALARM_ON_BORDERS_SWAP_MISSET	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала с противоположного концевого выключателя.
	0x10 - ALARM_FLAGS_STICKING	Если флаг установлен, то только по команде STOP возможен сброс всех флагов ALARM.
	0x20 - BRAKING_OVERVOLTAGE_PROTECTION	Если флаг установлен, то микропрограмма контроллера будет замыкать нижние ключи H-моста, отсоединяя мотор от цепи питания, при перенапряжении.
	0x40 - ALARM_WINDING_MISMATCH	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала рассогласования обмоток
	0x80 - ALARM_ENGINE_RESPONSE	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала ошибки реакции двигателя на управляющее воздействие
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда записи установок защит.

6.2.6.33 Команда GSNI

Код команды (CMD): «gsni» или 0x696E7367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (28 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	SyncInFlags	Флаги синхронизации входа. Это битовая маска для побитовых операций.

Continued on next page

Таблица 6.70 – continued from previous page

	0x1 - SYNCIN_ENABLED	Включение необходимости импульса синхронизации для начала движения.
	0x2 - SYNCIN_INVERT	Если установлен - срабатывает на спадающем фронте из 1 в 0. Иначе - на нарастающем фронте из 0 в 1.
	0x4 - SYNCIN_GOTOPOSITION	Если флаг установлен, то двигатель смещается к позиции, установленной в Position и uPosition, иначе двигатель смещается на Position и uPosition
uint16_t	ClutterTime	Минимальная длительность входного импульса синхронизации для защиты от дребезга (мкс).
int32_t	Position	Желаемая позиция или смещение (в полных шагах)
int16_t	uPosition	Дробная часть позиции или смещения в микрошагах. Используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint32_t	Speed	Заданная скорость (для ШД: шагов/с, для DC: rpm). Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uSpeed	Заданная скорость в микрошагах в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint8_t	reserved0	
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек для входного импульса синхронизации. Эта функция считывает структуру с настройками синхронизации, определяющими поведение входа синхронизации, в память контроллера.

6.2.6.34 Команда GSNO

Код команды (CMD): «gsno» или 0x6F6E7367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (16 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	SyncOutFlags	Флаги синхронизации выхода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - SYNCOUT_ENABLED	Синхронизация выхода работает согласно настройкам, если флаг установлен. В ином случае значение выхода фиксировано и подчиняется SYNCOUT_STATE.
	0x2 - SYNCOUT_STATE	Когда значение выхода управляется напрямую (см. флаг SYNCOUT_ENABLED), значение на выходе соответствует значению этого флага.
	0x4 - SYNCOUT_INVERT	Нулевой логический уровень является активным, если флаг установлен, а единичный - если флаг сброшен.
	0x8 - SYNCOUT_IN_STEPS	Если флаг установлен использовать шаги/импульсы энкодера для выходных импульсов синхронизации вместо миллисекунд.
	0x10 - SYNCOUT_ONSTART	Генерация синхронизирующего импульса при начале движения.
	0x20 - SYNCOUT_ONSTOP	Генерация синхронизирующего импульса при остановке.
	0x40 - SYNCOUT_ONPERIOD	Выдает импульс синхронизации после прохождения SyncOutPeriod отсчётов.
uint16_t	SyncOutPulseSteps	Определяет длительность выходных импульсов в шагах/импульсах энкодера, когда установлен флаг SYNCOUT_IN_STEPS или в микросекундах, если флаг сброшен.
uint16_t	SyncOutPeriod	Период генерации импульсов (в шагах/отсчетах энкодера) используется при установленном флаге SYNCOUT_ONPERIOD.
uint32_t	Accuracy	Это окрестность вокруг целевой координаты, попадание в которую считается попаданием в целевую позицию и генерируется импульс по остановке.
uint8_t	uAccuracy	Это окрестность вокруг целевой координаты в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение настроек для выходного импульса синхронизации. Эта функция считывает структуру с настройками синхронизации, определяющими поведение выхода синхронизации, в память контроллера.

6.2.6.35 Команда GSTI

Код команды (CMD): «gsti» или 0x69747367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение информации о позиционере из EEPROM.

6.2.6.36 Команда GSTS

Код команды (CMD): «gsts» или 0x73747367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	LeadScrewPitch	Шаг ходового винта в мм. Тип данных: float.
int8_t	Units	Единицы измерения расстояния, используемые в полях MaxSpeed и TravelRange (шаги, градусы, мм, ...), Максимальная длина строки: 8 символов.
float	MaxSpeed	Максимальная скорость (Units/c). Тип данных: float.
float	TravelRange	Диапазон перемещения (Units). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальный ток потребления (А). Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.76 – continued from previous page

float	HorizontalLoadCapacity	Горизонтальная грузоподъемность (кг). Тип данных: float.
float	VerticalLoadCapacity	Вертикальная грузоподъемность (кг). Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Устарело. Чтение настроек позиционера из EEPROM.

6.2.6.37 Команда GURT

Код команды (CMD): «gurt» или 0x74727567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (16 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	Speed	Скорость UART (в бодах)
uint16_t	UARTSetupFlags	Флаги настройки UART. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3 - UART_PARITY_BITS	Биты, отвечающие за выбор четности.
	0x0 - UART_PARITY_BIT_EVEN	Бит 1, если четный
	0x1 - UART_PARITY_BIT_ODD	Бит 1, если нечетный
	0x2 - UART_PARITY_BIT_SPACE	Бит четности всегда 0
	0x3 - UART_PARITY_BIT_MARK	Бит четности всегда 1
	0x4 - UART_PARITY_BIT_USE	Бит чётности не используется, если „0“; бит четности используется, если „1“
	0x8 - UART_STOP_BIT	Если установлен, один стоповый бит; иначе - 2 стоповых бита
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения настроек UART. Эта функция заполняет структуру настроек UART.

6.2.6.38 Команда SACC

Код команды (CMD): «sacc» или 0x63636173.

Запрос: (114 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	MagneticBrakeInfo	Производитель и номер магнитного тормоза, Максимальная длина строки: 24 символов.

Continued on next page

Таблица 6.79 – continued from previous page

float	MBRatedVoltage	Номинальное напряжение для управления магнитным тормозом (В). Тип данных: float.
float	MBRatedCurrent	Номинальный ток для управления магнитным тормозом (А). Тип данных: float.
float	MBTorque	Удерживающий момент (мН м). Тип данных: float.
uint32_t	MBSettings	Флаги настроек магнитного тормоза. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - MB_AVAILABLE	Если флаг установлен, то магнитный тормоз доступен
	0x2 - MB_POWERED_HOLD	Если флаг установлен, то магнитный тормоз находится в режиме удержания (активен) при подаче питания
int8_t	TemperatureSensorInfo	Производитель и номер температурного датчика, Максимальная длина строки: 24 символов.
float	TSMin	Минимальная измеряемая температура (градусов Цельсия). Тип данных: float.
float	TSMax	Максимальная измеряемая температура (градусов Цельсия) Тип данных: float.
float	TSGrad	Температурный градиент (В/градусов Цельсия). Тип данных: float.
uint32_t	TSSettings	Флаги настроек температурного датчика. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x7 - TS_TYPE_BITS	Биты, отвечающие за тип температурного датчика.
	0x0 - TS_TYPE_UNKNOWN	Неизвестный сенсор
	0x1 - TS_TYPE_THERMOCOUPLE	Термопара
	0x2 - TS_TYPE_SEMICONDUCTOR	Полупроводниковый температурный датчик
	0x8 - TS_AVAILABLE	Если флаг установлен, то датчик температуры доступен
uint32_t	LimitSwitchesSettings	Флаги настроек концевых выключателей. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - LS_ON_SW1_AVAILABLE	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, доступен
	0x2 - LS_ON_SW2_AVAILABLE	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, доступен

Continued on next page

Таблица 6.79 – continued from previous page

	0x4 - LS_SW1_ACTIVE_LOW	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, считается сработавшим по низкому уровню на контакте
	0x8 - LS_SW2_ACTIVE_LOW	Если флаг установлен, то концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, считается сработавшим по низкому уровню на контакте
	0x10 - LS_SHORTED	Если флаг установлен, то концевые переключатели замкнуты.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации о дополнительных аксессуарах в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.39 Команда SBRK

Код команды (CMD): «sbrk» или 0x6B726273.

Запрос: (25 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	t1	Время в мс между включением питания мотора и отключением тормоза.
uint16_t	t2	Время в мс между отключением тормоза и готовностью к движению. Все команды движения начинают выполняться только по истечении этого времени.
uint16_t	t3	Время в мс между остановкой мотора и включением тормоза.
uint16_t	t4	Время в мс между включением тормоза и отключением питания мотора.
uint8_t	BrakeFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BRAKE_ENABLED	Управление тормозом включено, если флаг установлен.
	0x2 - BRAKE_ENG_PWROFF	Тормоз отключает питание шагового мотора, если флаг установлен.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек управления тормозом.

6.2.6.40 Команда SCAL

Код команды (CMD): «scal» или 0x6C616373.

Запрос: (118 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	CSS1_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений тока в обмотке A.
float	CSS1_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений тока в обмотке A.
float	CSS2_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений тока в обмотке B.
float	CSS2_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений тока в обмотке B.
float	FullCurrent_A	Коэффициент масштабирования для аналоговых измерений полного тока.
float	FullCurrent_B	Коэффициент сдвига для аналоговых измерений полного тока.
uint8_t	Reserved [88]	Зарезервировано (88 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи калибровочных коэффициентов. Команда используется только производителем. Эта функция записывает структуру калибровочных коэффициентов в память контроллера. Эти коэффициенты используются для пересчёта кодов АЦП в токи обмоток и полный ток потребления. Коэффициенты сгруппированы в пары, XXX_A и XXX_B; пары представляют собой коэффициенты линейного уравнения. Первый коэффициент - тангенс угла наклона, второй - постоянное смещение. Таким образом, XXX_Current[mA] = XXX_A[mA/ADC]XXX_ADC_CODE[ADC] + XXX_B[mA].

6.2.6.41 Команда SCTL

Код команды (CMD): «sctl» или 0x6C746373.

Запрос: (93 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	MaxSpeed	Массив скоростей (в полных шагах), использующийся при управлении джойстиком или кнопками влево/вправо. Диапазон: 0..100000.

Continued on next page

Таблица 6.85 – continued from previous page

uint8_t	uMaxSpeed	Массив скоростей (в микрошагах), использующийся при управлении джойстиком или кнопками влево/вправо. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	Timeout	timeout[i] - время в мс, по истечении которого устанавливается скорость max_speed[i+1] (используется только при управлении кнопками).
uint16_t	MaxClickTime	Максимальное время клика (в мс). До истечения этого времени первая скорость не включается.
uint16_t	Flags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3 - CONTROL_MODE_BITS	Биты управления мотором с помощью джойстика или кнопок влево/вправо.
	0x0 - CONTROL_MODE_OFF	Управление отключено.
	0x1 - CONTROL_MODE_JOY	Управление с помощью джойстика.
	0x2 - CONTROL_MODE_LR	Управление с помощью кнопок влево/вправо.
	0x4 - CONTROL_BTN_LEFT_PUSHED_OPEN	Нажатая левая кнопка соответствует открытому контакту, если этот флаг установлен.
	0x8 - CONTROL_BTN_RIGHT_PUSHED_OPEN	Нажатая правая кнопка соответствует открытому контакту, если этот флаг установлен.
int32_t	DeltaPosition	Смещение (дельта) позиции (в полных шагах)
int16_t	uDeltaPosition	Дробная часть смещения в микрошагах. Используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек управления мотором. При выборе CTL_MODE=1 включается управление мотором с помощью джойстика. В этом режиме при отклонении джойстика на максимум двигатель стремится двигаться со скоростью MaxSpeed [i], где i=0, если предыдущим использованием этого режима не было выбрано другое i. Кнопки переключают номер скорости i. При выборе CTL_MODE=2 включается управление мотором с помощью кнопок left/right. При нажатии на кнопки двигатель начи-

нает двигаться в соответствующую сторону со скоростью MaxSpeed[0], по истечении времени Timeout[i] мотор двигается со скоростью MaxSpeed [i+1]. При переходе от MaxSpeed [i] на MaxSpeed [i+1] действует ускорение, как обычно.

6.2.6.42 Команда SCTP

Код команды (CMD): «sctp» или 0x70746373.

Запрос: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	CTPMinError	Минимальное отличие шагов ШД от положения энкодера, устанавливающее флаг STATE_RT_ERROR. Измеряется в шагах ШД.
uint8_t	CTPFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - CTP_ENABLED	Контроль позиции включен, если флаг установлен.
	0x2 - CTP_BASE	Управление положением основано на датчике вращения, если установлен этот флаг; в противном случае - на энкодере.
	0x4 - CTP_ALARM_ON_ERROR	Войти в состояние ALARM при расхождении позиции, если флаг установлен.
	0x8 - REV_SENS_INV	Сенсор считается активным, когда на нём 0, инвертирование делает активным уровень 1. То есть если не инвертировать, то действует обычная логика - 0 это срабатывание/активация/активное состояние.
	0x10 - CTP_ERROR_CORRECTION	Корректировать ошибки, возникающие при проскальзывании, если флаг установлен. Работает только с энкодером. Несовместимо с флагом CTP_ALARM_ON_ERROR.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек контроля позиции(для шагового двигателя). При управлении ШД с энкодером (CTP_BASE 0) появляется возможность обнаруживать потерю шагов. Контроллер знает количество шагов на оборот (GENG::StepsPerRev) и разрешение энкодера (GFBS::IPT). При включении контроля (флаг CTP_ENABLED), контроллер запоминает текущую позицию в шагах ШД и текущую позицию энкодера. Далее, на каждом шаге позиция энкодера преобразовывается в шаги и если разница оказывается больше CTPMinError, устанавливается флаг STATE_CTP_ERROR. При управлении ШД с датчиком оборотов (CTP_BASE 1), позиция контролируется по нему. По активному фронту на входе синхронизации контроллер запоминает текущее значение шагов. Далее, при каждом обороте

проверяет, на сколько шагов сместились. При рассогласовании более CTPMinError устанавливается флаг STATE_CTP_ERROR.

6.2.6.43 Команда SEAS

Код команды (CMD): «seas» или 0x73616573.

Запрос: (54 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	stepcloseloop_Kw	Используется только производителем. Коэффициент смешения реальной и заданной скорости, диапазон [0, 100], значение по умолчанию 50.
uint16_t	stepcloseloop_Kp_low	Используется только производителем. Обратная связь по позиции в зоне малых скоростей, диапазон [0, 65535], значение по умолчанию 1000.
uint16_t	stepcloseloop_Kp_high	Используется только производителем. Обратная связь по позиции в зоне больших скоростей, диапазон [0, 65535], значение по умолчанию 33.
uint8_t	Reserved [42]	Зарезервировано (42 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись расширенных настроек. Используется только производителем.

6.2.6.44 Команда SEDS

Код команды (CMD): «seds» или 0x73646573.

Запрос: (26 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	BorderFlags	Флаги, определяющие тип границ и поведение мотора при их достижении. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BORDER_IS_ENCODER	Если флаг установлен, границы определяются предустановленными точками на шкале позиции. Если флаг сброшен, границы определяются концевыми выключателями.
	0x2 - BORDER_STOP_LEFT	Если флаг установлен, мотор останавливается при достижении левой границы.

Continued on next page

Таблица 6.91 – continued from previous page

	0x4 - BORDER_STOP_RIGHT	Если флаг установлен, мотор останавливается при достижении правой границы.
	0x8 - BORDERS_SWAP_MISSET_DETECTION	Если флаг установлен, мотор останавливается по достижении любой из границ. Нужен для предотвращения поломки двигателя при неправильных настройках концевых выключателей
uint8_t	EnderFlags	Флаги, определяющие настройки концевых выключателей. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENDER_SWAP	Если флаг установлен, первый концевой выключатель находится справа; иначе - слева.
	0x2 - ENDER_SW1_ACTIVE_LOW	1 - Концевой переключатель, подключенный к ножке SW1, считается сработавшим по низкому уровню на контакте.
	0x4 - ENDER_SW2_ACTIVE_LOW	1 - Концевой переключатель, подключенный к ножке SW2, считается сработавшим по низкому уровню на контакте.
int32_t	LeftBorder	Позиция левой границы, используется если установлен флаг BORDER_IS_ENCODER.
int16_t	uLeftBorder	Позиция левой границы в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int32_t	RightBorder	Позиция правой границы, используется если установлен флаг BORDER_IS_ENCODER.
int16_t	uRightBorder	Позиция правой границы в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек границ и концевых выключателей.

6.2.6.45 Команда SEIO

Код команды (CMD): «seio» или 0x6F696573.

Запрос: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	EXTIOSetupFlags	Флаги настройки работы внешнего ввода-вывода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - EXTIO_SETUP_OUTPUT	Если флаг установлен, то ножка в состоянии вывода, иначе - ввода.
	0x2 - EXTIO_SETUP_INVERT	Если флаг установлен, то нули считаются активным состоянием выхода, а спадающие фронты - как момент подачи входного сигнала.
uint8_t	EXTIOModeFlags	Флаги настройки режимов внешнего ввода-вывода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0xf - EXTIO_SETUP_MODE_IN_BITS	Биты, отвечающие за поведение при переходе сигнала в активное состояние.
	0x0 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_NOP	Ничего не делать.
	0x1 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_STOP	По переднему фронту входного сигнала делается остановка двигателя (эквивалент команды STOP).
	0x2 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_PWOF	Выполняет команду PWOF, обесточивая обмотки двигателя.
	0x3 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_MOVR	Выполняется команда MOVR с последними настройками.
	0x4 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_HOME	Выполняется команда HOME.
	0x5 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_ALARM	Войти в состояние ALARM при переходе сигнала в активное состояние.
	0xf0 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_BITS	Биты выбора поведения на выходе.
	0x0 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_OFF	Ножка всегда в неактивном состоянии.
	0x10 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_ON	Ножка всегда в активном состоянии.
	0x20 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOVING	Ножка находится в активном состоянии при движении.
	0x30 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_ALARM	Ножка находится в активном состоянии при нахождении в состоянии ALARM.
	0x40 - EXTIO_SETUP_MODE_OUT_MOTOR_ON	Ножка находится в активном состоянии при подаче питания на обмотки.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи параметров настройки режимов внешнего ввода/вывода. Входные события обрабатываются по фронту. Выходные состояния сигнализируются логическим состоянием. По умолчанию нарастающий фронт считается моментом подачи входного сигнала, а единичное состояние считается активным выходом.

6.2.6.46 Команда SEMF

Код команды (CMD): «semf» или 0x666D6573.

Запрос: (48 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	L	Индуктивность обмоток двигателя.
float	R	Сопротивление обмоток двигателя.
float	Km	Электромеханический коэффициент двигателя.
uint8_t	BackEMFFlags	Флаги автонастроек шагового двигателя. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - BACK_EMF_INDUCTANCE_AUTO	Флаг автоопределения индуктивности обмоток двигателя.
	0x2 - BACK_EMF_RESISTANCE_AUTO	Флаг автоопределения сопротивления обмоток двигателя.
	0x4 - BACK_EMF_KM_AUTO	Флаг автоопределения электромеханического коэффициента двигателя.
uint8_t	Reserved [29]	Зарезервировано (29 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись электромеханических настроек шагового двигателя. Настройки различны для разных двигателей. Пожалуйста, загружайте новые настройки, когда вы меняете мотор.

6.2.6.47 Команда SENG

Код команды (CMD): «seng» или 0x676E6573.

Запрос: (34 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Continued on next page

Таблица 6.97 – continued from previous page

uint16_t	NomVoltage	Номинальное напряжение мотора в десятках мВ. Контроллер будет сохранять напряжение на моторе не выше номинального, если установлен флаг ENGINE_LIMIT_VOLT (используется только с DC-двигателем).
uint16_t	NomCurrent	Номинальный ток через мотор (в мА). Ток стабилизируется для шаговых и может быть ограничен для DC (если установлен флаг ENGINE_LIMIT_CURR). Диапазон: 15..8000
uint32_t	NomSpeed	Номинальная (максимальная) скорость (в целых шагах/с или rpm для DC- и шагового двигателя в режиме ведущего энкодера). Контроллер будет сохранять скорость мотора не выше номинальной, если установлен флаг ENGINE_LIMIT_RPM. Диапазон: 1..100000.
uint8_t	uNomSpeed	Микрошаговая часть номинальной скорости мотора (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	EngineFlags	Флаги, управляющие работой мотора. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENGINE_REVERSE	Флаг реверса. Связывает направление вращения мотора с направлением счета текущей позиции. При сброшенном флаге (по умолчанию) прикладываемое к мотору положительное напряжение увеличивает счетчик позиции. И наоборот, при установленном флаге счетчик позиции увеличивается, когда к мотору приложено отрицательное напряжение. Измените состояние флага, если положительное вращение мотора уменьшает счетчик позиции.

Continued on next page

Таблица 6.97 – continued from previous page

	0x2 - ENGINE_CURRENT_AS_RMS	Флаг интерпретации значения тока. Если флаг снят, то задаваемое значение тока интерпретируется как максимальная амплитуда тока. Если флаг установлен, то задаваемое значение тока интерпретируется как среднеквадратичное значение тока (для шагового) или как значение тока, посчитанное из максимального тепловыделения (BLDC).
	0x4 - ENGINE_MAX_SPEED	Флаг максимальной скорости. Если флаг установлен, движение происходит на максимальной скорости.
	0x8 - ENGINE_ANTIPLAY	Компенсация люфта. Если флаг установлен, позиционер будет подходить к заданной точке всегда с одной стороны. Например, при подходе слева никаких дополнительных действий не совершается, а при подходе справа позиционер проходит целевую позицию на заданное расстояния и возвращается к ней опять же справа.
	0x10 - ENGINE_ACCEL_ON	Ускорение. Если флаг установлен, движение происходит с ускорением.
	0x20 - ENGINE_LIMIT_VOLT	Номинальное напряжение мотора. Если флаг установлен, напряжение на моторе ограничивается заданным номинальным значением (используется только с DC-двигателем).
	0x40 - ENGINE_LIMIT_CURR	Номинальный ток мотора. Если флаг установлен, ток через мотор ограничивается заданным номинальным значением (используется только с DC-двигателем).
	0x80 - ENGINE_LIMIT_RPM	Номинальная частота вращения мотора. Если флаг установлен, частота вращения ограничивается заданным номинальным значением.
	0x100 - ENGINE_USE_PEAK_CURRENT	Разрешить использование пикового тока.
int16_t	Antiplay	Количество шагов двигателя или импульсов энкодера, на которое позиционер будет отъезжать от заданной позиции для подхода к ней с одной и той же стороны. Используется, если установлен флаг ENGINE_ANTIPLAY.

Continued on next page

Таблица 6.97 – continued from previous page

uint8_t	MicrostepMode	Настройки микрошагового режима (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - MICROSTEP_MODE_FULL	Полношаговый режим.
	0x2 - MICROSTEP_MODE_FRAC_2	Деление шага 1/2.
	0x3 - MICROSTEP_MODE_FRAC_4	Деление шага 1/4.
	0x4 - MICROSTEP_MODE_FRAC_8	Деление шага 1/8.
	0x5 - MICROSTEP_MODE_FRAC_16	Деление шага 1/16.
	0x6 - MICROSTEP_MODE_FRAC_32	Деление шага 1/32.
	0x7 - MICROSTEP_MODE_FRAC_64	Деление шага 1/64.
	0x8 - MICROSTEP_MODE_FRAC_128	Деление шага 1/128.
	0x9 - MICROSTEP_MODE_FRAC_256	Деление шага 1/256.
uint16_t	StepsPerRev	Количество полных шагов на оборот (используется только с шаговым двигателем). Диапазон: 1..65535.
uint16_t	PeakCurrent	Номинальный пиковый ток (в мА). Контроллеру разрешается подавать пиковый ток, поддерживая при этом средний ток за 10 секунд ниже номинального, если установлен флаг USE_PEAK_CURRENT.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек мотора. Настройки определяют номинальные значения напряжения, тока, скорости мотора, характер движения и тип мотора. Пожалуйста, загружайте новые настройки когда вы меняете мотор, энкодер или позиционер. Помните, что неправильные настройки мотора могут повредить оборудование.

6.2.6.48 Команда SENI

Код команды (CMD): «seni» или 0x696E6573.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.

Continued on next page

Таблица 6.99 – continued from previous page

uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации об энкодере в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.49 Команда SENS

Код команды (CMD): «sens» или 0x736E6573.

Запрос: (54 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	MaxOperatingFrequency	Максимальная частота (кГц). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальное потребление тока (мА). Тип данных: float.
uint32_t	PPR	Количество отсчётов на оборот
uint32_t	EncoderSettings	Флаги настроек энкодера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ENCSET_DIFFERENTIAL_OUTPUT	Если флаг установлен, то энкодер имеет дифференциальный выход, иначе - несимметричный выход
	0x4 - ENCSET_PUSHPULL_OUTPUT	Если флаг установлен, то энкодер имеет двухтактный выход, иначе - выход с открытым коллектором
	0x10 - ENCSET_INDEXCHANNEL_PRESENT	Если флаг установлен, то энкодер имеет дополнительный индексный канал, иначе - он отсутствует
	0x40 - ENCSET_REVOLUTIONSENSOR_PRESENT	Если флаг установлен, то энкодер имеет датчик оборотов, иначе - он отсутствует
	0x100 - ENCSET_REVOLUTIONSENSOR_ACTIVE_HIGH	Если флаг установлен, то активное состояние датчика оборотов соответствует логической 1, иначе - логическому 0
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись настроек энкодера в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.50 Команда SENT

Код команды (CMD): «sent» или 0x746E6573.

Запрос: (14 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	EngineType	Тип мотора. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - ENGINE_TYPE_NONE	Это значение не нужно использовать.
	0x1 - ENGINE_TYPE_DC	Мотор постоянного тока.
	0x2 - ENGINE_TYPE_2DC	Два мотора постоянного тока, что приводит к эмуляции двух контроллеров.
	0x3 - ENGINE_TYPE_STEP	Шаговый мотор.
	0x4 - ENGINE_TYPE_TEST	Продолжительность включения фиксирована. Используется только производителем.
	0x5 - ENGINE_TYPE_BRUSHLESS	Бесщеточный мотор.
uint8_t	DriverType	Тип силового драйвера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x2 - DRIVER_TYPE_INTEGRATE	Силовой драйвер с использованием ключей, интегрированных в микросхему.
	0x3 - DRIVER_TYPE_EXTERNAL	Внешний силовой драйвер. Поддержка этой функции зависит от модификации контроллера.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись информации о типе мотора и типе силового драйвера.

6.2.6.51 Команда SEST

Код команды (CMD): «sest» или 0x74736573.

Запрос: (46 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	Param1	
uint8_t	Reserved [38]	Зарезервировано (38 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись расширенных настроек. В настоящее время не используется.

6.2.6.52 Команда SFBS

Код команды (CMD): «sfbs» или 0x73626673.

Запрос: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	IPS	Количество отсчётов энкодера на оборот вала. Диапазон: 1..65535. Поле устарело, рекомендуется записывать 0 в IPS и использовать расширенное поле CountsPerTurn. Может потребоваться обновление микропрограммы контроллера до последней версии.
uint8_t	FeedbackType	Тип обратной связи. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - FEEDBACK_ENCODER	Обратная связь с помощью энкодера.
	0x4 - FEEDBACK_EMF	Обратная связь по ЭДС.
	0x5 - FEEDBACK_NONE	Обратная связь отсутствует.
	0x6 - FEEDBACK_ENCODER_MEDIATED	Обратная связь по энкодеру, опосредованному относительно двигателя механической передачей (например, винтовой передачей).
uint8_t	FeedbackFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - FEEDBACK_ENC_REVERSE	Обратный счет у энкодера.
	0x2 - FEEDBACK_ENC_ADAPTIVE_HOLDING	Включает алгоритм адаптивного удержания.
	0x0 - FEEDBACK_ENC_FILTER_NONE	Выключает внутренний фильтр сигнала энкодера.
	0x10 - FEEDBACK_ENC_FILTER_WEAK	Слабая фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 3 МГц.
	0x20 - FEEDBACK_ENC_FILTER_MEDIUM	Средняя фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 1 МГц.
	0x30 - FEEDBACK_ENC_FILTER_STRONG	Сильная фильтрация шумов: максимальная частота сигнала энкодера 300 кГц.
	0x30 - FEEDBACK_ENC_FILTER_BITS	Биты, отвечающие за настройку внутреннего фильтра энкодерного сигнала.

Continued on next page

Таблица 6.107 – continued from previous page

	0x0 - FEEDBACK_ENC_TYPE_AUTO	Определяет тип энкодера автоматически.
	0x40 - FEEDBACK_ENC_TYPE_SINGLE_ENDED	Недифференциальный энкодер.
	0x80 - FEEDBACK_ENC_TYPE_DIFFERENTIAL	Дифференциальный энкодер.
	0xc0 - FEEDBACK_ENC_TYPE_BITS	Биты, отвечающие за тип энкодера.
uint32_t	CountsPerTurn	Количество отсчётов энкодера на оборот вала. Диапазон: 1..4294967295. Для использования поля CountsPerTurn нужно записать 0 в поле IPS, иначе будет использоваться значение из поля IPS.
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек обратной связи.

6.2.6.53 Команда SGRI

Код команды (CMD): «sgri» или 0x69726773.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации о редукторе в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.54 Команда SGRS

Код команды (CMD): «sgrs» или 0x73726773.

Запрос: (58 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Continued on next page

Таблица 6.111 – continued from previous page

float	ReductionIn	Входной коэффициент редуктора. (Выход = (ReductionOut/ReductionIn) вход) Тип данных: float.
float	ReductionOut	Выходной коэффициент редуктора. (Выход = (ReductionOut/ReductionIn) вход) Тип данных: float.
float	RatedInputTorque	Максимальный крутящий момент (Н м). Тип данных: float.
float	RatedInputSpeed	Максимальная скорость на входном валу редуктора (об/мин). Тип данных: float.
float	MaxOutputBacklash	Выходной люфт редуктора (градус). Тип данных: float.
float	InputInertia	Эквивалентная входная инерция редуктора(г см2). Тип данных: float.
float	Efficiency	КПД редуктора (%). Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись настроек редуктора в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.55 Команда SHOM

Код команды (CMD): «shom» или 0x6D6F6873.

Запрос: (33 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	FastHome	Скорость первого движения (в полных шагах). Диапазон: 0..100000
uint8_t	uFastHome	Дробная часть скорости первого движения в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint32_t	SlowHome	Скорость второго движения (в полных шагах). Диапазон: 0..100000.

Continued on next page

Таблица 6.113 – continued from previous page

uint8_t	uSlowHome	Дробная часть скорости второго движения в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int32_t	HomeDelta	Расстояние отхода от точки останова (в полных шагах).
int16_t	uHomeDelta	Дробная часть расстояния отхода от точки останова в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	HomeFlags	Набор флагов, определяющие такие параметры, как направление и условия останова. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - HOME_DIR_FIRST	Определяет направление первоначального движения мотора после поступления команды HOME. Если флаг установлен - вправо; иначе - влево.
	0x2 - HOME_DIR_SECOND	Определяет направление второго движения мотора. Если флаг установлен - вправо; иначе - влево.
	0x4 - HOME_MV_SEC_EN	Если флаг установлен, реализуется второй этап доводки в домашнюю позицию; иначе - этап пропускается.
	0x8 - HOME_HALF_MV	Если флаг установлен, сигналы остановки игнорируются в первой половине второго движения.
	0x30 - HOME_STOP_FIRST_BITS	Биты, отвечающие за выбор сигнала завершения первого движения.
	0x10 - HOME_STOP_FIRST_REV	Первое движение завершается по сигналу с Revolution sensor.
	0x20 - HOME_STOP_FIRST_SYN	Первое движение завершается по сигналу со входа синхронизации.
	0x30 - HOME_STOP_FIRST_LIM	Первое движение завершается по сигналу с концевого переключателя.
	0xc0 - HOME_STOP_SECOND_BITS	Биты, отвечающие за выбор сигнала завершения второго движения.
	0x40 - HOME_STOP_SECOND_REV	Второе движение завершается по сигналу с Revolution sensor.

Continued on next page

Таблица 6.113 – continued from previous page

	0x80 - HOME_STOP_SECOND_SYN	Второе движение завершается по сигналу со входа синхронизации.
	0xc0 - HOME_STOP_SECOND_LIM	Второе движение завершается по сигналу с концевого переключателя.
	0x100 - HOME_USE_FAST	Если флаг установлен, используется быстрый поиск домашней позиции; иначе - традиционный.
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи настроек для подхода в home position. Эта функция записывает структуру настроек, использующихся для калибровки позиции, в память контроллера.

6.2.6.56 Команда SHSI

Код команды (CMD): «shsi» или 0x69736873.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации о датчиках Холла в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.57 Команда SHSS

Код команды (CMD): «shss» или 0x73736873.

Запрос: (50 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	MaxOperatingFrequency	Максимальная частота (кГц). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.117 – continued from previous page

float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальное потребление тока (мА). Тип данных: float.
uint32_t	PPR	Количество отсчётов на оборот
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись настроек датчиков Холла в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.58 Команда SJOY

Код команды (CMD): «sjoy» или 0x796F6A73.

Запрос: (22 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	JoyLowEnd	Значение в шагах джойстика, соответствующее нижней границе диапазона отклонения устройства. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint16_t	JoyCenter	Значение в шагах джойстика, соответствующее неотклонённому устройству. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint16_t	JoyHighEnd	Значение в шагах джойстика, соответствующее верхней границе диапазона отклонения устройства. Должно лежать в диапазоне 0..10000.
uint8_t	ExpFactor	Фактор экспоненциальной нелинейности отклика джойстика.
uint8_t	DeadZone	Отклонение от среднего положения, которое не вызывает начала движения (в десятых долях процента). Максимальное мёртвое отклонение +-25.5%, что составляет половину рабочего диапазона джойстика.
uint8_t	JoyFlags	Флаги управления джойстиком. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - JOY_REVERSE	Реверс воздействия джойстика. Отклонение джойстика к большим значениям приводит к отрицательной скорости и наоборот.

Continued on next page

Таблица 6.119 – continued from previous page

uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек джойстика. При отклонении джойстика более чем на DeadZone от центрального положения начинается движение со скоростью, определяемой отклонением джойстика от DeadZone до 100% отклонения, причем отклонению DeadZone соответствует нулевая скорость (при этом постоянно выполняется команда „soft stop“), а 100% отклонения соответствует MaxSpeed [i] (см. команду SCTL), где i=0, если предыдущим использованием этого режима не было выбрано другое i. Если следующая скорость в таблице скоростей нулевая (целая и микрошаговая части), то перехода на неё не происходит. Первая скорость в списке не должна быть нулевой. DeadZone вычисляется в десятых долях процента отклонения от центра (JoyCenter) до правого или левого максимума. Подробнее см. раздел „Управление с помощью джойстика“ на сайте https://doc.xisupport.com/ru/8smc5-usb/8SMCn-USB/Technical_specification/Additional_features/Joystick_control.html.

6.2.6.59 Команда SMOV

Код команды (CMD): «smov» или 0x766F6D73.

Запрос: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	Speed	Заданная скорость (для ШД: шагов/с, для DC: rpm). Диапазон: 0..100000.
uint8_t	uSpeed	Заданная скорость в единицах деления микрошага в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint16_t	Accel	Ускорение, заданное в шагах в секунду^2 (ШД) или в оборотах в минуту за секунду (DC). Диапазон: 1..65535.
uint16_t	Decel	Торможение, заданное в шагах в секунду^2 (ШД) или в оборотах в минуту за секунду (DC). Диапазон: 1..65535.
uint32_t	AntiplaySpeed	Скорость в режиме антилюфта, заданная в целых шагах/с (ШД) или в оборотах/с(DC). Диапазон: 0..100000.

Continued on next page

Таблица 6.121 – continued from previous page

uint8_t	uAntiplaySpeed	Скорость в режиме антилюфта, выраженная в микрошагах в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint8_t	MoveFlags	Флаги, управляющие настройкой движения. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - RPM_DIV_1000	Флаг указывает на то что рабочая скорость указанная в команде задана в милли rpm. Применим только для режима обратной связи ENCODER и только для BLDC-моторов.
uint8_t	Reserved [9]	Зарезервировано (9 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи настроек перемещения (скорость, ускорение, порог и т.д.).

6.2.6.60 Команда SMTI

Код команды (CMD): «smti» или 0x69746D73.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации о двигателе в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.61 Команда SMTS

Код команды (CMD): «smts» или 0x73746D73.

Запрос: (112 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	MotorType	Тип двигателя. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - MOTOR_TYPE_UNKNOWN	Неизвестный двигатель
	0x1 - MOTOR_TYPE_STEP	Шаговый двигатель
	0x2 - MOTOR_TYPE_DC	DC-двигатель
	0x3 - MOTOR_TYPE_BLDC	BLDC-двигатель
uint8_t	ReservedField	Зарезервировано
uint16_t	Poles	Количество пар полюсов у DC- или BLDC-двигателя или количество шагов на оборот для шагового двигателя.
uint16_t	Phases	Количество фаз у BLDC-двигателя.
float	NominalVoltage	Номинальное напряжение на обмотке (В). Тип данных: float.
float	NominalCurrent	Максимальный постоянный ток в обмотке для DC- и BLDC-двигателей, номинальный ток в обмотке для шаговых двигателей (А). Тип данных: float.
float	NominalSpeed	Не используется. Номинальная скорость (об/мин). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NominalTorque	Номинальный крутящий момент (мН м). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NominalPower	Номинальная мощность(Вт). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	WindingResistance	Сопротивление обмотки DC-двигателя, каждой из двух обмоток шагового двигателя или каждой из трёх обмоток BLDC-двигателя (Ом). Тип данных: float.
float	WindingInductance	Индуктивность обмотки DC-двигателя, каждой из двух обмоток шагового двигателя или каждой из трёх обмоток BLDC-двигателя (мГн). Тип данных: float.
float	RotorInertia	Инерция ротора (г см2). Тип данных: float.
float	StallTorque	Крутящий момент удержания позиции для шагового двигателя или крутящий момент при неподвижном роторе для других типов двигателей (мН м). Тип данных: float.

Continued on next page

Таблица 6.125 – continued from previous page

float	DetentTorque	Момент удержания позиции с незапитанными обмотками (мН м). Тип данных: float.
float	TorqueConstant	Константа крутящего момента, определяющая коэффициент пропорциональности максимального момента силы ротора от протекающего в обмотке тока (мН м/А). Используется в основном для DC-двигателей. Тип данных: float.
float	SpeedConstant	Константа скорости, определяющая значение или амплитуду напряжения наведённой индукции при вращении ротора DC- или BLDC-двигателя (об/мин / В) или шагового двигателя (шаг/с / В). Тип данных: float.
float	SpeedTorqueGradient	Градиент крутящего момента (об/мин / мН м). Тип данных: float.
float	MechanicalTimeConstant	Механическая постоянная времени (мс). Тип данных: float.
float	MaxSpeed	Максимальная разрешённая скорость для шаговых двигателей (шаг/с) или для DC- и BLDC-двигателей (об/мин). Тип данных: float.
float	MaxCurrent	Максимальный ток в обмотке (А). Тип данных: float.
float	MaxCurrentTime	Безопасная длительность максимального тока в обмотке (мс). Тип данных: float.
float	NoLoadCurrent	Ток потребления в холостом режиме (А). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
float	NoLoadSpeed	Скорость в холостом режиме (об/мин). Применяется для DC- и BLDC-двигателей. Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись настроек двигателя в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.62 Команда SNET

Код команды (CMD): «snet» или 0x74656E73.

Запрос: (38 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	DHCPEnabled	Определяет способ получения IP-адреса каналов. Может принимать значения: 0 — статически, 1 — через DHCP
uint8_t	IPv4Address	IP-адрес устройства в формате x.x.x.x.
uint8_t	SubnetMask	Маска подсети в формате x.x.x.x.
uint8_t	DefaultGateway	Шлюз сети по умолчанию в формате x.x.x.x.
uint8_t	Reserved [19]	Зарезервировано (19 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи сетевых настроек. Используется только производителем. Эта функция меняет сетевые настройки на заданные.

6.2.6.63 Команда SNME

Код команды (CMD): «snme» или 0x656D6E73.

Запрос: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	PositionerName	Пользовательское имя подвижки. Может быть установлено пользователем для его удобства. Максимальная длина строки: 16 символов.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись пользовательского имени подвижки в EEPROM.

6.2.6.64 Команда SNMF

Код команды (CMD): «snmf» или 0x666D6E73.

Запрос: (30 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Continued on next page

Таблица 6.131 – continued from previous page

int8_t	ControllerName	Пользовательское имя контроллера. Может быть установлено пользователем для его удобства. Максимальная длина строки: 16 символов.
uint8_t	CtrlFlags	Настройки контроллера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - EEPROM_PRECEDENCE	Если флаг установлен, то настройки в EEPROM подвижки имеют приоритет над текущими настройками и заменяют их при обнаружении EEPROM.
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись пользовательского имени контроллера и настроек в FRAM.

6.2.6.65 Команда SNVM

Код команды (CMD): «snvm» или 0x6D766E73.

Запрос: (36 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	UserData	Пользовательские данные. Могут быть установлены пользователем для его удобства. Каждый элемент массива хранит только 32 бита пользовательских данных. Это важно на системах где тип int содержит больше чем 4 байта. Например это все системы amd64.
uint8_t	Reserved [2]	Зарезервировано (2 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись пользовательских данных во FRAM.

6.2.6.66 Команда SPID

Код команды (CMD): «spid» или 0x64697073.

Запрос: (48 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Continued on next page

Таблица 6.135 – continued from previous page

uint16_t	KpU	Пропорциональный коэффициент ПИД контура по напряжению
uint16_t	KiU	Интегральный коэффициент ПИД контура по напряжению
uint16_t	KdU	Дифференциальный коэффициент ПИД контура по напряжению
float	Kpf	Пропорциональный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
float	Kif	Интегральный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
float	Kdf	Дифференциальный коэффициент ПИД контура по позиции для BLDC
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись ПИД-коэффициентов. Эти коэффициенты определяют поведение позиционера. Коэффициенты различны для разных позиционеров. Пожалуйста, загружайте новые настройки, когда вы меняете мотор или позиционер.

6.2.6.67 Команда SPWD

Код команды (CMD): «spwd» или 0x64777073.

Запрос: (36 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	UserPassword	Строчка-пароль для доступа к веб-странице, который пользователь может поменять с помощью USB команды или на веб-странице.
uint8_t	Reserved [10]	Зарезервировано (10 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи пароля к веб-странице. Используется только производителем. Эта функция меняет пользовательский пароль к веб-странице.

6.2.6.68 Команда SPWR

Код команды (CMD): «spwr» или 0x72777073.

Запрос: (20 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	HoldCurrent	Ток мотора в режиме удержания, в процентах от номинального. Диапазон: 0..100.
uint16_t	CurrReductDelay	Время в мс от перехода в состояние STOP до уменьшения тока.
uint16_t	PowerOffDelay	Время в с от перехода в состояние STOP до отключения питания мотора.
uint16_t	CurrentSetTime	Время в мс, требуемое для набора номинального тока от 0% до 100%.
uint8_t	PowerFlags	Флаги параметров управления питанием. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - POWER_REDUCT_ENABLED	Если флаг установлен, уменьшить ток по прошествии CurrReductDelay. Иначе - не уменьшать.
	0x2 - POWER_OFF_ENABLED	Если флаг установлен, снять напряжение с обмоток по прошествии PowerOffDelay. Иначе - не снимать.
	0x4 - POWER_SMOOTH_CURRENT	Если установлен, то запитывание обмоток, снятие питания или снижение/повышение тока происходят плавно со скоростью CurrentSetTime, а только потом выполняется та задача, которая вызвала это плавное изменение.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи параметров питания мотора. Используется только с шаговым двигателем.

6.2.6.69 Команда SSEC

Код команды (CMD): «ssec» или 0x63657373.

Запрос: (28 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint16_t	LowUpwrOff	Нижний порог напряжения на силовой части для выключения, десятки мВ.
uint16_t	CriticalIpwr	Максимальный ток силовой части, вызывающий состояние ALARM, в мА.

Continued on next page

Таблица 6.141 – continued from previous page

uint16_t	CriticalUpwr	Максимальное напряжение на силовой части, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint16_t	CriticalT	Максимальная температура контроллера, вызывающая состояние ALARM, в десятых долях градуса Цельсия.
uint16_t	CriticalIusb	Устарело. Максимальный ток USB, вызывающий состояние ALARM, в мА.
uint16_t	CriticalUusb	Устарело. Максимальное напряжение на USB, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint16_t	MinimumUusb	Устарело. Минимальное напряжение на USB, вызывающее состояние ALARM, десятки мВ.
uint8_t	Flags	Флаги критических параметров. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - ALARM_ON_DRIVER_OVERHEATING	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала подступающего перегрева с драйвера. Иначе - игнорировать подступающий перегрев с драйвера.
	0x2 - LOW_UPWR_PROTECTION	Если флаг установлен, то выключать силовую часть при напряжении меньшем LowUpwrOff.
	0x4 - H_BRIDGE_ALERT	Если флаг установлен, то выключать силовую часть при сигнале неполадки в одном из транзисторных мостов.
	0x8 - ALARM_ON_BORDERS_SWAP_MISSET	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала с противоположного концевого выключателя.
	0x10 - ALARM_FLAGS_STICKING	Если флаг установлен, то только по команде STOP возможен сброс всех флагов ALARM.
	0x20 - BRAKING_OVERVOLTAGE_PROTECTION	Если флаг установлен, то микропрограмма контроллера будет замыкать нижние ключи H-моста, отсоединяя мотор от цепи питания, при перенапряжении.
	0x40 - ALARM_WINDING_MISMATCH	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала рассогласования обмоток
	0x80 - ALARM_ENGINE_RESPONSE	Если флаг установлен, то войти в состояние Alarm при получении сигнала ошибки реакции двигателя на управляющее воздействие
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)

Continued on next page

Таблица 6.141 – continued from previous page

uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи установок защит.

6.2.6.70 Команда SSNI

Код команды (CMD): «ssni» или 0x696E7373.

Запрос: (28 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	SyncInFlags	Флаги синхронизации входа. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - SYNCIN_ENABLED	Включение необходимости импульса синхронизации для начала движения.
	0x2 - SYNCIN_INVERT	Если установлен - срабатывает на спадающем фронте из 1 в 0. Иначе - на нарастающем фронте из 0 в 1.
	0x4 - SYNCIN_GOTOPOSITION	Если флаг установлен, то двигатель смещается к позиции, установленной в Position и uPosition, иначе двигатель смещается на Position и uPosition
uint16_t	ClutterTime	Минимальная длительность входного импульса синхронизации для защиты от дребезга (мкс).
int32_t	Position	Желаемая позиция или смещение (в полных шагах)
int16_t	uPosition	Дробная часть позиции или смещения в микрошагах. Используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint32_t	Speed	Заданная скорость (для ШД: шагов/с, для DC: rpm). Диапазон: 0..100000.

Continued on next page

Таблица 6.143 – continued from previous page

uint8_t	uSpeed	Заданная скорость в микрошагах в секунду. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым мотором.
uint8_t	reserved0	
uint8_t	Reserved [7]	Зарезервировано (7 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек для входного импульса синхронизации. Эта функция записывает структуру с настройками входного импульса синхронизации, определяющими поведение входа синхронизации, в память контроллера.

6.2.6.71 Команда SSNO

Код команды (CMD): «ssno» или 0x6F6E7373.

Запрос: (16 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	SyncOutFlags	Флаги синхронизации выхода. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - SYNCOUT_ENABLED	Синхронизация выхода работает согласно настройкам, если флаг установлен. В ином случае значение выхода фиксировано и подчиняется SYNCOUT_STATE.
	0x2 - SYNCOUT_STATE	Когда значение выхода управляется напрямую (см. флаг SYNCOUT_ENABLED), значение на выходе соответствует значению этого флага.
	0x4 - SYNCOUT_INVERT	Нулевой логический уровень является активным, если флаг установлен, а единичный - если флаг сброшен.
	0x8 - SYNCOUT_IN_STEPS	Если флаг установлен использовать шаги/импульсы энкодера для выходных импульсов синхронизации вместо миллисекунд.
	0x10 - SYNCOUT_ONSTART	Генерация синхронизирующего импульса при начале движения.

Continued on next page

Таблица 6.145 – continued from previous page

	0x20 - SYNCOUT_ONSTOP	Генерация синхронизирующего импульса при остановке.
	0x40 - SYNCOUT_ONPERIOD	Выдает импульс синхронизации после прохождения SyncOutPeriod отсчётов.
uint16_t	SyncOutPulseSteps	Определяет длительность выходных импульсов в шагах/импульсах энкодера, когда установлен флаг SYNCOUT_IN_STEPS или в микросекундах, если флаг сброшен.
uint16_t	SyncOutPeriod	Период генерации импульсов (в шагах/отсчетах энкодера) используется при установленном флаге SYNCOUT_ONPERIOD.
uint32_t	Accuracy	Это окрестность вокруг целевой координаты, попадание в которую считается попаданием в целевую позицию и генерируется импульс по остановке.
uint8_t	uAccuracy	Это окрестность вокруг целевой координаты в микрошагах (используется только с шаговым двигателем). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек для выходного импульса синхронизации. Эта функция записывает структуру с настройками выходного импульса синхронизации, определяющими поведение вывода синхронизации, в память контроллера.

6.2.6.72 Команда SSTI

Код команды (CMD): «ssti» или 0x69747373.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель. Максимальная длина строки: 16 символов.
int8_t	PartNumber	Серия и номер модели. Максимальная длина строки: 24 символа.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись информации о позиционере в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.73 Команда SSTS

Код команды (CMD): «ssts» или 0x73747373.

Запрос: (70 байт)

uint32_t	CMD	Команда
float	LeadScrewPitch	Шаг ходового винта в мм. Тип данных: float.
int8_t	Units	Единицы измерения расстояния, используемые в полях MaxSpeed и TravelRange (шаги, градусы, мм, ...), Максимальная длина строки: 8 символов.
float	MaxSpeed	Максимальная скорость (Units/c). Тип данных: float.
float	TravelRange	Диапазон перемещения (Units). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMin	Минимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	SupplyVoltageMax	Максимальное напряжение питания (В). Тип данных: float.
float	MaxCurrentConsumption	Максимальный ток потребления (А). Тип данных: float.
float	HorizontalLoadCapacity	Горизонтальная грузоподъемность (кг). Тип данных: float.
float	VerticalLoadCapacity	Вертикальная грузоподъемность (кг). Тип данных: float.
uint8_t	Reserved [24]	Зарезервировано (24 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устарело. Запись настроек позиционера в EEPROM. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.74 Команда SURT

Код команды (CMD): «surt» или 0x74727573.

Запрос: (16 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	Speed	Скорость UART (в бодах)

Continued on next page

Таблица 6.151 – continued from previous page

uint16_t	UARTSetupFlags	Флаги настройки UART. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3 - UART_PARITY_BITS	Биты, отвечающие за выбор четности.
	0x0 - UART_PARITY_BIT_EVEN	Бит 1, если четный
	0x1 - UART_PARITY_BIT_ODD	Бит 1, если нечетный
	0x2 - UART_PARITY_BIT_SPACE	Бит четности всегда 0
	0x3 - UART_PARITY_BIT_MARK	Бит четности всегда 1
	0x4 - UART_PARITY_BIT_USE	Бит чётности не используется, если „0“; бит четности используется, если „1“
	0x8 - UART_STOP_BIT	Если установлен, один стоповый бит; иначе - 2 стоповых бита
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда записи настроек UART. Эта функция записывает структуру настроек UART в память контроллера.

6.2.6.75 Команда ASIA

Код команды (CMD): «asia» или 0x61697361.

Запрос: (22 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	Position	Желаемая позиция или смещение (в полных шагах)
int16_t	uPosition	Дробная часть позиции или смещения в микрошагах. Используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint32_t	Time	Время, за которое требуется достичь требуемой позиции, в микросекундах.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Это команда добавляет один элемент в буфер FIFO команд, выполняемых при получении входного импульса синхронизации. Каждый импульс синхронизации либо выполнится то действие,

которое описано в SSNI, если буфер пуст, либо самое старое из загруженных в буфер действий временно подменяет скорость и координату в SSNI. В последнем случае это действие стирается из буфера. Количество оставшихся пустыми элементов буфера можно узнать в структуре GETS.

6.2.6.76 Команда CLFR

Код команды (CMD): «clfr» или 0x72666C63.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда очистки FRAM контроллера. Память очищается путем заполнения всего объема памяти байтами 0x00. После очистки контроллер перезагружается. Ответа на эту команду нет.

6.2.6.77 Команда CONN

Код команды (CMD): «conn» или 0x6E6E6F63.

Запрос: (14 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (15 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	sresult	Результат выполнения команды.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда служит для открытия сеанса ISP (in-system programming) при загрузке прошивки. Используется только загрузчиком. Result = RESULT_OK, если команда выполнена загрузчиком. Result = RESULT_SOFT_ERROR, если во время выполнения команды произошла ошибка. Result недоступен через функцию библиотеки command_update_firmware, значение поля обрабатывается внутри функции.

6.2.6.78 Команда DBGR

Код команды (CMD): «dbgr» или 0x72676264.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (142 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	DebugData	Отладочные данные.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение данных из прошивки для отладки и поиска неисправностей. Команда используется только производителем. Получаемые данные зависят от версии прошивки, истории и контекста использования.

6.2.6.79 Команда DBGW

Код команды (CMD): «dbgw» или 0x77676264.

Запрос: (142 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	DebugData	Отладочные данные.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись данных в прошивку для отладки и поиска неисправностей. Команда используется только производителем.

6.2.6.80 Команда DISC

Код команды (CMD): «disc» или 0x63736964.

Запрос: (14 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (15 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	sresult	Результат выполнения команды.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда служит для закрытия сеанса ISP (in-system programming) при загрузке прошивки. Используется только загрузчиком. Result = RESULT_OK, если команда выполнена загрузчиком. Result = RESULT_HARD_ERROR, если во время выполнения команды произошла аппаратная ошибка. Result = RESULT_SOFT_ERROR, если во время выполнения команды произошла программная ошибка. Result недоступен через функцию библиотеки command_update_firmware, значение поля обрабатывается внутри функции.

6.2.6.81 Команда EERD

Код команды (CMD): «eerd» или 0x64726565.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Чтение настроек контроллера из EEPROM памяти позиционера. Эта операция также автоматически выполняется при подключении позиционера с EEPROM памятью. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.82 Команда EESV

Код команды (CMD): «eesv» или 0x76736565.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись настроек контроллера в EEPROM память позиционера. Функция должна использоваться только производителем.

6.2.6.83 Команда GBLV

Код команды (CMD): «gblv» или 0x766C6267.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (10 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Major	Мажорный номер версии загрузчика
uint8_t	Minor	Минорный номер версии загрузчика
uint16_t	Release	Номер релиза версии загрузчика
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение номера версии загрузчика контроллера.

6.2.6.84 Команда GETC

Код команды (CMD): «getc» или 0x63746567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (38 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int16_t	WindingVoltageA	В случае ШД напряжение на обмотке A (в десятках мВ); в случае бесщеточного - напряжение на первой обмотке; в случае DC - на единственной.
int16_t	WindingVoltageB	В случае ШД напряжение на обмотке B (в десятках мВ); в случае бесщеточного - напряжение на второй обмотке; в случае DC - не используется.
int16_t	WindingVoltageC	В случае бесщеточного - напряжение на третьей обмотке (в десятках мВ); в случае ШД и DC не используется.
int16_t	WindingCurrentA	В случае ШД - ток в обмотке A (в мА); в случае бесщеточного - ток в первой обмотке; в случае DC - в единственной.
int16_t	WindingCurrentB	В случае ШД - ток в обмотке B (в мА); в случае бесщеточного - ток в второй обмотке; в случае DC не используется.
int16_t	WindingCurrentC	В случае бесщеточного - ток в третьей обмотке (в мА); в случае ШД и DC не используется.
uint16_t	Pot	Значение на аналоговом входе. Диапазон: 0..10000
uint16_t	Joy	Положение джойстика в десятитысячных долях. Диапазон: 0..10000
int16_t	AveragedPowerRatio	Отношение подаваемой на мотор мощности к номинальной мощности, в процентах.
uint8_t	Reserved [14]	Зарезервировано (14 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения состояния обмоток и других нечасто используемых данных. Предназначена в первую очередь для получения данных для построения графиков в паре с командой GETS.

6.2.6.85 Команда GETI

Код команды (CMD): «geti» или 0x69746567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (36 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int8_t	Manufacturer	Производитель
int8_t	ManufacturerId	Идентификатор производителя
int8_t	ProductDescription	Описание продукта
uint8_t	Major	Основной номер версии железа.
uint8_t	Minor	Второстепенный номер версии железа.
uint16_t	Release	Номер правок этой версии железа.
uint8_t	Reserved [12]	Зарезервировано (12 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Возвращает информацию об устройстве. Доступна как из прошивки, так и из бутлоадера.

6.2.6.86 Команда GETM

Код команды (CMD): «getm» или 0x6D746567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (216 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	Speed	Последовательность измеренных скоростей (в отсчётах энкодера/сек или микрошагах/сек, в зависимости от типа двигателя и режима управления)
int32_t	Error	Последовательность измеренных ошибок позиции (в отсчётах энкодера или микрошагах, в зависимости от типа двигателя и режима управления)
uint32_t	Length	Фактическая длина последовательности. Значения, содержащиеся в ячейках Length, Length + 1, ... 24, не должны интерпретироваться в качестве результатов измерений.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда чтения буфера данных для построения графиков скорости и ошибки следования. Заполнение буфера начинается по команде „start_measurements“. Буфер вмещает 25 точек, точки снимаются с периодом 1 мс. Для создания устойчивой системы следует считывать данные каждые 20 мс, если буфер полностью заполнен, то рекомендуется повторять считывания каждые 5 мс до момента пока буфер вновь не станет заполнен 20-ю точками.

6.2.6.87 Команда GETS

Код команды (CMD): «gets» или 0x73746567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (54 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	MoveSts	Состояние движения. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - MOVE_STATE_MOVING	Если флаг установлен, то контроллер пытается вращать двигателем. Не используйте этот флаг для ожидания завершения команды движения. Вместо него используйте MVCMD_RUNNING из поля MvCmdSts.
	0x2 - MOVE_STATE_TARGET_SPEED	Флаг устанавливается при достижении заданной скорости.
	0x4 - MOVE_STATE_ANTIPLAY	Выполняется компенсация люфта, если флаг установлен.
uint8_t	MvCmdSts	Состояние команды движения (касается command_move, command_movr, command_left, command_right, command_stop, command_home, command_loft). Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3f - MVCMD_NAME_BITS	Битовая маска активной команды.
	0x0 - MVCMD_UKNWN	Неизвестная команда.
	0x1 - MVCMD_MOVE	Команда move.
	0x2 - MVCMD_MOVR	Команда movr.
	0x3 - MVCMD_LEFT	Команда left.
	0x4 - MVCMD_RIGHT	Команда rigt.
	0x5 - MVCMD_STOP	Команда stop.
	0x6 - MVCMD_HOME	Команда home.
	0x7 - MVCMD_LOFT	Команда loft.
	0x8 - MVCMD_SSTP	Команда плавной остановки(SSTP).
	0x40 - MVCMD_ERROR	Состояние завершения движения (1 - команда движения выполнена с ошибкой, 0 - команда движения выполнена корректно). Имеет смысл если MVCMD_RUNNING указывает на завершение движения.
	0x80 - MVCMD_RUNNING	Состояние команды движения (0 - команда движения выполнена, 1 - команда движения сейчас выполняется).

Continued on next page

Таблица 6.178 – continued from previous page

uint8_t	PWRSts	Состояние питания шагового двигателя (используется только с шаговым двигателем). Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - PWR_STATE_UNKNOWN	Неизвестное состояние, которое не должно никогда реализовываться.
	0x1 - PWR_STATE_OFF	Обмотки мотора разомкнуты и не управляются драйвером.
	0x3 - PWR_STATE_NORM	Обмотки запитаны номинальным током.
	0x4 - PWR_STATE_REDUCT	Обмотки намеренно запитаны уменьшенным током от рабочего для снижения потребляемой мощности.
	0x5 - PWR_STATE_MAX	Обмотки двигателя питаются от максимального тока, который драйвер может обеспечить при этом напряжении.
uint8_t	EncSts	Состояние энкодера. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - ENC_STATE_ABSENT	Энкодер не подключен.
	0x1 - ENC_STATE_UNKNOWN	Состояние энкодера неизвестно.
	0x2 - ENC_STATE_MALFUNC	Энкодер подключен и неисправен.
	0x3 - ENC_STATE_REVERS	Энкодер подключен и исправен, но считает в другую сторону.
	0x4 - ENC_STATE_OK	Энкодер подключен и работает должным образом.
uint8_t	WindSts	Состояние обмоток. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x0 - WIND_A_STATE_ABSENT	Обмотка A не подключена.
	0x1 - WIND_A_STATE_UNKNOWN	Состояние обмотки A неизвестно.
	0x2 - WIND_A_STATE_MALFUNC	Короткое замыкание на обмотке A.
	0x3 - WIND_A_STATE_OK	Обмотка A работает адекватно.
	0x0 - WIND_B_STATE_ABSENT	Обмотка B не подключена.
	0x10 - WIND_B_STATE_UNKNOWN	Состояние обмотки B неизвестно.
	0x20 - WIND_B_STATE_MALFUNC	Короткое замыкание на обмотке B.
	0x30 - WIND_B_STATE_OK	Обмотка B работает адекватно.
int32_t	CurPosition	Первичное поле, в котором хранится текущая позиция, как бы ни была устроена обратная связь. В случае работы с DC-мотором в этом поле находится текущая позиция по данным с энкодера, в случае работы с ШД-мотором в режиме, когда первичными являются импульсы, подаваемые на мотор, в этом поле содержится целое значение шагов текущей позиции.

Continued on next page

Таблица 6.178 – continued from previous page

int16_t	uCurPosition	Дробная часть текущей позиции в микрошагах. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым двигателем.
int64_t	EncPosition	Текущая позиция по данным с энкодера в импульсах энкодера используется только если энкодер установлен, активизирован и не является основным датчиком положения, например при использовании энкодера совместно с шаговым двигателем для контроля проскальзования.
int32_t	CurSpeed	Текущая скорость.
int16_t	uCurSpeed	Дробная часть текущей скорости в микрошагах. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым двигателем.
int16_t	Ipwr	Ток потребления силовой части, мА.
int16_t	Upwr	Напряжение на силовой части, десятки мВ.
int16_t	Iusb	Ток потребления по USB, мА.
int16_t	Uusb	Напряжение на USB, десятки мВ.
int16_t	CurT	Температура процессора в десятых долях градусов Цельсия.
uint32_t	Flags	Флаги состояний. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x3f - STATE_CONTR	Флаги состояния контроллера.
	0x1 - STATE_ERRC	Недопустимая команда. Полученная команда отсутствует в списке известных команд контроллера. Наиболее вероятной причиной является устаревшая прошивка.
	0x2 - STATE_ERRD	Обнаружена ошибка целостности данных. Данные внутри команды и ее CRC-код не соответствуют, поэтому данные не могут считаться действительными. Эта ошибка может быть вызвана электромагнитными помехами в интерфейсе UART/RS-232.

Continued on next page

Таблица 6.178 – continued from previous page

	0x4 - STATE_ERRV	Недопустимое значение данных. Обнаружена ошибка в значении. Значения в команде не могут быть применены без коррекции, поскольку они выходят за допустимый диапазон. Вместо исходных значений были использованы исправленные значения.
	0x10 - STATE_EEPROM_CONNECTED	Подключена память EEPROM с настройками. Встроенный профиль подвижки загружается из микросхемы памяти EEPROM, что позволяет подключать различные подвижки к контроллеру с автоматической настройкой.
	0x20 - STATE_IS_HOMED	Калибровка выполнена. Это означает, что шкала относительного положения откалибрована с помощью аппаратного датчика абсолютного положения, такого как концевой переключатель.
	0x1b3ffc0 - STATE_SECUR	Флаги безопасности.
	0x40 - STATE_ALARM	Контроллер находится в состоянии ALARM, показывая, что случилась какая-то опасная ситуация. В состоянии ALARM все команды игнорируются пока не будет послана команда STOP и состояние ALARM деактивируется.
	0x80 - STATE_CTP_ERROR	Контроль позиции нарушен (используется только с шаговым двигателем). Флаг устанавливается, когда положение энкодера и положение шага слишком далеки друг от друга.
	0x100 - STATE_POWER_OVERHEAT	Перегрев силового драйвера. Управление двигателем отключено до восстановления рабочей температуры драйвера. Этого не должно происходить в коробочных версиях контроллера. Это может произойти в версии контроллера с «голой» платой и с пользовательским радиатором. Решение: используйте другой радиатор.
	0x200 - STATE_CONTROLLER_OVERHEAT	Перегрелась микросхема контроллера.
	0x400 - STATE_OVERLOAD_POWER_VOLTAGE	Превышено напряжение на силовой части.
	0x800 - STATE_OVERLOAD_POWER_CURRENT	Превышен максимальный ток потребления силовой части.

Continued on next page

Таблица 6.178 – continued from previous page

	0x1000 - STATE_OVERLOAD_USB_VOLTAGE	Устарело. Превышено напряжение на USB. Это поле оставлено для совместимости. Программное обеспечение не должно полагаться на значение этого поля.
	0x2000 - STATE_LOW_USB_VOLTAGE	Устарело. Слишком низкое напряжение на USB. Это поле оставлено для совместимости. Программное обеспечение не должно полагаться на значение этого поля.
	0x4000 - STATE_OVERLOAD_USB_CURRENT	Устарело. Превышен максимальный ток потребления USB. Это поле оставлено для совместимости. Программное обеспечение не должно полагаться на значение этого поля.
	0x8000 - STATE_BORDERS_SWAP_MISSET	Достижение неверной границы.
	0x10000 - STATE_LOW_POWER_VOLTAGE	Напряжение на силовой части ниже, чем напряжение Low Voltage Protection
	0x20000 - STATE_H_BRIDGE_FAULT	Получен сигнал от драйвера о неисправности
	0x100000 - STATE_WINDING_RES_MISMATCH	Сопротивления обмоток слишком сильно отличаются друг от друга. Обычно это происходит с поврежденным шаговым двигателем, у которого полностью или частично закорочены обмотки.
	0x200000 - STATE_ENCODER_FAULT	Получен сигнал от энкодера о неисправности
	0x800000 - STATE_ENGINE_RESPONSE_ERROR	Ошибка реакции двигателя на управляющее воздействие. Отказ алгоритма управления двигателем означает, что он не может определять правильные решения с помощью полученных данных обратной связи. Единичный отказ может быть вызван механической проблемой. Повторяющийся сбой может быть вызван неправильной настройкой двигателя.
	0x1000000 - STATE_EXTIO_ALARM	Ошибка вызвана внешним входным сигналом EXTIO.
uint32_t	GPIOFlags	Флаги состояний GPIO входов. Это битовая маска для побитовых операций.
	0xffff - STATE_DIG_SIGNAL	Флаги цифровых сигналов.
	0x1 - STATE_RIGHT_EDGE	Достижение правой границы.
	0x2 - STATE_LEFT_EDGE	Достижение левой границы.
	0x4 - STATE_BUTTON_RIGHT	Состояние кнопки „вправо“ (1, если нажата).

Continued on next page

Таблица 6.178 – continued from previous page

	0x8 - STATE_BUTTON_LEFT	Состояние кнопки „влево“ (1, если нажата).
	0x10 - STATE_GPIO_PINOUT	Если флаг установлен, ввод/вывод общего назначения работает как выход; если флаг сброшен, ввод/вывод работает как вход.
	0x20 - STATE_GPIO_LEVEL	Состояние ввода/вывода общего назначения.
	0x200 - STATE_BRAKE	Состояние вывода управления тормозом. Флаг „1“ - если тормоз не запитан (зажат), „0“ - если на тормоз подаётся питание (разжат).
	0x400 - STATE_REV_SENSOR	Состояние вывода датчика оборотов (флаг „1“, если датчик активен).
	0x800 - STATE_SYNC_INPUT	Состояние входа синхронизации (1, если вход синхронизации активен).
	0x1000 - STATE_SYNC_OUTPUT	Состояние выхода синхронизации (1, если выход синхронизации активен).
	0x2000 - STATE_ENC_A	Состояние ножки A энкодера (флаг „1“, если энкодер активен).
	0x4000 - STATE_ENC_B	Состояние ножки B энкодера (флаг „1“, если энкодер активен).
uint8_t	CmdBufFreeSpace	Данное поле служебное. Оно показывает количество свободных ячеек буфера цепочки синхронизации.
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Возвращает информацию о текущем состоянии устройства.

6.2.6.88 Команда GFWV

Код команды (CMD): «gfwv» или 0x76776667.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (10 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Major	Мажорный номер версии прошивки
uint8_t	Minor	Минорный номер версии прошивки
uint16_t	Release	Номер релиза версии прошивки
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение номера версии прошивки контроллера.

6.2.6.89 Команда GOFW

Код команды (CMD): «gofw» или 0x77666F67.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (15 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	sresult	Результат выполнения команды.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда инициирует передачу управления прошивке. Для совместимости эта команда также доступна из прошивки. Используется только производителем. Используется только загрузчиком. Result = RESULT_OK, если переход из загрузчика в прошивку возможен. После ответа на эту команду выполняется переход. Result = RESULT_NO_FIRMWARE, если прошивка не найдена. Result = RESULT_ALREADY_IN_FIRMWARE, если эта команда была вызвана из прошивки.

6.2.6.90 Команда GPOS

Код команды (CMD): «gpos» или 0x736F7067.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (26 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	Position	Позиция в основных шагах двигателя
int16_t	uPosition	Позиция в микрошагах (используется только с шаговыми двигателями). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int64_t	EncPosition	Позиция энкодера.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Считывает значение положения в шагах и микрошагах для шагового двигателя и в шагах энкодера всех двигателей.

6.2.6.91 Команда GSER

Код команды (CMD): «gser» или 0x72657367.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (10 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	SerialNumber	Серийный номер платы.
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение серийного номера контроллера.

6.2.6.92 Команда GUID

Код команды (CMD): «guid» или 0x64697567.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (40 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	UniqueID0	Уникальный ID 0.
uint32_t	UniqueID1	Уникальный ID 1.
uint32_t	UniqueID2	Уникальный ID 2.
uint32_t	UniqueID3	Уникальный ID 3.
uint8_t	Reserved [18]	Зарезервировано (18 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Считывает уникальный идентификатор каждого чипа, это значение не является случайным. Используется только производителем. Уникальный идентификатор может быть использован в качестве инициализационного вектора для операций шифрования бутлоадера или в качестве серийного номера для USB и других применений.

6.2.6.93 Команда HASF

Код команды (CMD): «hasf» или 0x66736168.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (15 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	sresult	Результат выполнения команды.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда определяет наличие в контроллере ПО. Используется только производителем. Данная команда доступна так же из прошивки. Используется только загрузчиком. Result = RESULT_NO_FIRMWARE, если прошивка не найдена. Result = RESULT_HAS_FIRMWARE, если прошивка найдена.

6.2.6.94 Команда HOME

Код команды (CMD): «home» или 0x656D6F68.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Движение в домашнюю позицию. Алгоритм движения: 1) Двигает мотор согласно скоростям FastHome, uFastHome и флагу HOME_DIR_FAST до достижения концевого выключателя, если флаг HOME_STOP_ENDS установлен. Или двигает до достижения сигнала с входа синхронизации, если установлен флаг HOME_STOP_SYNC. Или до поступления сигнала с датчика оборотов, если установлен флаг HOME_STOP_REV_SN 2) далее двигает согласно скоростям SlowHome, uSlowHome и флагу HOME_DIR_SLOW до достижения сигнала с входа синхронизации, если установлен флаг HOME_MV_SEC. Если флаг HOME_MV_SEC сброшен, пропускаем этот пункт. 3) далее двигает мотор согласно скоростям FastHome, uFastHome и флагу HOME_DIR_SLOW на расстояние HomeDelta, uHomeDelta. Описание флагов и переменных см. описание команд GHOM/SHOM

6.2.6.95 Команда IRND

Код команды (CMD): «irnd» или 0x646E7269.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (24 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	key	Случайный ключ.
uint8_t	Reserved [2]	Зарезервировано (2 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение случайного числа из контроллера. Используется только производителем.

6.2.6.96 Команда LEFT

Код команды (CMD): «left» или 0x7466656C.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды „left“ двигатель начинает смещаться, с заранее установленными параметрами (скорость, ускорение), влево.

6.2.6.97 Команда LOFT

Код команды (CMD): «loft» или 0x74666F6C.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды „loft“ двигатель смещается из текущей точки на расстояние Antiplay, заданное в настройках мотора (engine_settings), затем двигается в ту же точку.

6.2.6.98 Команда MOVE

Код команды (CMD): «move» или 0x65766F6D.

Запрос: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	Position	Желаемая позиция (в целых шагах или отсчетах энкодера).
int16_t	uPosition	Дробная часть позиции в микрошагах. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings). Используется только с шаговым двигателем.
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды „move“ двигатель начинает перемещаться (если не используется режим „ТТЛСинхроВхода“), с заранее установленными параметрами (скорость, ускорение, удержание), к точке указанной в полях Position, uPosition. Для шагового мотора uPosition задает значение микрошага, для DC-мотора это поле не используется.

6.2.6.99 Команда MOVR

Код команды (CMD): «movr» или 0x72766F6D.

Запрос: (18 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	DeltaPosition	Смещение (дельта) позиции (в целых шагах или отсчетах энкодера)

Continued on next page

Таблица 6.201 – continued from previous page

int16_t	uDeltaPosition	Дробная часть смещения в микрошагах, используется только с шаговым двигателем. Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
uint8_t	Reserved [6]	Зарезервировано (6 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Перемещение на заданное смещение. При получении команды „movr“ двигатель начинает смещаться (если не используется режим „ТТЛСинхроВхода“), с заранее установленными параметрами (скорость, ускорение, удержание), влево или вправо (зависит от знака DeltaPosition) на количество импульсов указанное в полях DeltaPosition, uDeltaPosition. Для шагового мотора uDeltaPosition задает значение микрошага, для DC-мотора это поле не используется.

6.2.6.100 Команда PWOF

Код команды (CMD): «pwof» или 0x666F7770.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Немедленное отключение питания двигателя вне зависимости от его состояния. Команда предназначена для ручного управления питанием двигателя. Не следует использовать эту команду для отключения двигателя во время движения, так как питание может снова включиться для завершения движения. Для автоматического управления питанием двигателя и его отключения после остановки следует использовать систему управления электропитанием.

6.2.6.101 Команда RDAN

Код команды (CMD): «rdan» или 0x6E616472.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (76 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Continued on next page

Таблица 6.206 – continued from previous page

uint16_t	A1Voltage_ADC	„Выходное напряжение на 1 выводе обмотки A“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	A2Voltage_ADC	„Выходное напряжение на 2 выводе обмотки A“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	B1Voltage_ADC	„Выходное напряжение на 1 выводе обмотки B“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	B2Voltage_ADC	„Выходное напряжение на 2 выводе обмотки B“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	SupVoltage_ADC	„Напряжение питания ключей H-моста“ необработанные данные с АЦП.
uint16_t	ACurrent_ADC	„Ток через обмотку A“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	BCurrent_ADC	„Ток через обмотку B“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	FullCurrent_ADC	„Полный ток“ - необработанные данные с АЦП.
uint16_t	Temp_ADC	Напряжение с датчика температуры, необработанные данные с АЦП.
uint16_t	Joy_ADC	Необработанные данные с АЦП джойстика.
uint16_t	Pot_ADC	Напряжение на аналоговом входе, необработанные данные с АЦП
uint16_t	Enc_Check_ADC	Напряжение на линии проверки типа энкодера, необработанные данные АЦП. Используется для определения типа энкодера: с однофазным выходом или дифференциальный.
uint16_t	deprecated0	
int16_t	A1Voltage	„Выходное напряжение на 1 выводе обмотки A“ - откалиброванные данные (в десятках мВ).
int16_t	A2Voltage	„Выходное напряжение на 2 выводе обмотки A“ - откалиброванные данные (в десятках мВ).
int16_t	B1Voltage	„Выходное напряжение на 1 выводе обмотки B“ - откалиброванные данные (в десятках мВ).
int16_t	B2Voltage	„Выходное напряжение на 2 выводе обмотки B“ - откалиброванные данные (в десятках мВ).
int16_t	SupVoltage	„Напряжение питания ключей H-моста“ - откалиброванные данные (в десятках мВ).
int16_t	ACurrent	„Ток через обмотку A“ - откалиброванные данные (в мА).

Continued on next page

Таблица 6.206 – continued from previous page

int16_t	BCurrent	„Ток через обмотку B“ - откалиброванные данные (в мА).
int16_t	FullCurrent	„Полный ток“ - откалиброванные данные (в мА).
int16_t	Temp	Температура, откалиброванные данные (в десятых долях градуса Цельсия).
int16_t	Joy	Калиброванные данные джойстика в условных внутренних единицах. Диапазон: 0..10000
int16_t	Pot	Аналоговый вход во внутренних единицах. Диапазон: 0..10000
int16_t	Enc_Check	Напряжение на линии проверки типа энкодера, экспонениально сглаженные данные АЦП. Используется для определения типа энкодера: с однофазным выходом или дифференциальный.
uint16_t	deprecated1	
int32_t	R	Сопротивление обмоток двигателя (для шагового двигателя), в мОм
int32_t	L	Псевдоиндуктивность обмоток двигателя (для шагового двигателя), в мкГн
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Чтение аналоговых данных, содержащих данные с АЦП и нормированные значения величин. Эта функция используется для тестирования и калибровки устройства.

6.2.6.102 Команда READ

Код команды (CMD): «read» или 0x64616572.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Чтение всех настроек контроллера из flash-памяти в оперативную, заменяя текущие настройки.

6.2.6.103 Команда RERS

Код команды (CMD): «rers» или 0x73726572.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Чтение важных настроек (калибровочные коэффициенты и т.п.) контроллера из flash-памяти в оперативную, заменяя текущие настройки. Используется только производителем.

6.2.6.104 Команда REST

Код команды (CMD): «rest» или 0x74736572.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда сброса контроллера и перехода в режим загрузчика, добавлена для совместимости с Протоколом Обмена Загрузчика. Ответа на эту команду нет.

6.2.6.105 Команда RIGT

Код команды (CMD): «rigt» или 0x74676972.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды „rigt“ двигатель начинает смещаться, с заранее установленными параметрами (скорость, ускорение), вправо.

6.2.6.106 Команда SARS

Код команды (CMD): «sars» или 0x73726173.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды контроллер выполняет операцию сохранения важных настроек (калибровочные коэффициенты и т.п.) во встроенную энергонезависимую память контроллера. Используется только производителем.

6.2.6.107 Команда SAVE

Код команды (CMD): «save» или 0x65766173.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: При получении команды контроллер выполняет операцию сохранения текущих настроек во встроенную энергонезависимую память контроллера.

6.2.6.108 Команда SPOS

Код команды (CMD): «spos» или 0x736F7073.

Запрос: (26 байт)

uint32_t	CMD	Команда
int32_t	Position	Позиция в основных шагах двигателя
int16_t	uPosition	Позиция в микрошагах (используется только с шаговыми двигателями). Величина микрошага и диапазон допустимых значений для данного поля зависят от выбранного режима деления шага (см. поле MicrostepMode в engine_settings).
int64_t	EncPosition	Позиция энкодера.
uint8_t	PosFlags	Флаги. Это битовая маска для побитовых операций.
	0x1 - SETPOS_IGNORE_POSITION	Если установлен, то позиция в шагах и микрошагах не обновляется.
	0x2 - SETPOS_IGNORE_ENCODER	Если установлен, то счётчик энкодера не обновляется.
uint8_t	Reserved [5]	Зарезервировано (5 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Устанавливает произвольное значение положения в шагах и микрошагах для шагового двигателя и в шагах энкодера для всех двигателей.

6.2.6.109 Команда SSER

Код команды (CMD): «sser» или 0x72657373.

Запрос: (50 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint32_t	SN	Новый серийный номер платы.
uint8_t	Key	Ключ защиты для установки серийного номера (256 бит).
uint8_t	Major	Основной номер версии железа.
uint8_t	Minor	Второстепенный номер версии железа.
uint16_t	Release	Номер правок этой версии железа.
uint8_t	Reserved [4]	Зарезервировано (4 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Запись серийного номера и версии железа во flash память контроллера. Вместе с новым серийным номером и версией железа передаётся „Ключ“, только при совпадении которого происходит изменение и сохранение. Функция используется только производителем. Используется только загрузчиком.

6.2.6.110 Команда SSTP

Код команды (CMD): «sstp» или 0x70747373.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Плавная остановка. Двигатель останавливается с ускорением замедления.

6.2.6.111 Команда STMS

Код команды (CMD): «stms» или 0x736D7473.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Старт измерения и буферизации скорости, ошибки следования.

6.2.6.112 Команда STOP

Код команды (CMD): «stop» или 0x706F7473.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Немедленная остановка двигателя, переход в состояние STOP, ключи в режиме BREAK (обмотки накоротко замкнуты), режим „удержания“ дезактивируется для DC-двигателей, удержание тока в обмотках для шаговых двигателей (с учётом Power management настроек). При вызове этой команды сбрасывается флаг ALARM.

6.2.6.113 Команда UPDF

Код команды (CMD): «updf» или 0x66647075.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Команда переводит контроллер в режим обновления прошивки. Используется только производителем. Получив такую команду, прошивка платы устанавливает флаг (для загрузчика), отправляет эхо-ответ и перезагружает контроллер.

6.2.6.114 Команда WDAT

Код команды (CMD): «wdat» или 0x74616477.

Запрос: (142 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Data	Закодированная прошивка.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание: Записывает данные (прошивку) во Flash память контроллера. Не возвращает результат выполнения, хотя процедура может завершаться ошибкой. Ошибочность записи прошивки и тип ошибки можно узнать после завершения процедуры. Используется только загрузчиком.

6.2.6.115 Команда WKEY

Код команды (CMD): «wkey» или 0x79656B77.

Запрос: (46 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	Key	Ключ защиты (256 бит).
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Ответ: (15 байт)

uint32_t	CMD	Команда
uint8_t	sresult	Результат выполнения команды.
uint8_t	Reserved [8]	Зарезервировано (8 байт)
uint16_t	CRC	Контрольная сумма

Описание: Команда записи ключа для расшифровки прошивки. Result = RESULT_OK, если команда выполнена загрузчиком. Result = RESULT_HARD_ERROR, если во время выполнения команды произошла ошибка. Result недоступен через функцию библиотеки write_key, значение поля обрабатывается внутри функции. Функция используется только производителем. Используется только загрузчиком.

6.2.6.116 Команда ZERO

Код команды (CMD): «zero» или 0x6F72657A.

Запрос: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Ответ: (4 байт)

uint32_t	CMD	Команда

Описание:

6.3 Таймауты libximc

При работе с программой *mDrive Direct Control* или написании собственных приложений с использованием *libximc* действуют таймауты для детектирования ошибок или более стабильной работы контроллера. Ниже приведён список таймаутов, их длительность и условия применения. Таймауты оптимизированы для работы через соединение USB на современном компьютере. При создании собственной цепи передачи управляющего сигнала необходимо учитывать задержки линии связи, чтобы таймауты не срабатывали.

Когда происходит	Название	Время в миллисекундах

Continued on next page

Таблица 6.237 – continued from previous page

Таймаут при перечислении устройств. Если не удаётся определить тип устройства.	ENUMERATE_TIMEOUT_TIME	100
Попытка открыть порт.	DEFAULT_TIMEOUT_TIME	5000
Ожидание данных от устройства.	DEFAULT_TIMEOUT_TIME	5000
От открытия устройства до начала работы с ним.	RESET_TIME/2	50
Ожидание появления устройства при запуске процедуры перезаливки и его перезагрузке.	RESET_TIME * 1.2 + DEFAULT_TIMEOUT_TIME	5120
Ожидание после записи сектора флэш памяти при перезаливке.	FLASH_SECTIONWRITE_TIME	100
Таймаут попыток установить связь с контроллером после его перезагрузки для перезаливки.	XISM_PORT_DETECT_TIME	60000

6.4 Скрипты mDrive Direct Control

- *Краткое описание языка*
  - *Типы данных*
  - *Инструкции*
  - *Объявление переменных*
  - *Ключевые и зарезервированные слова*
  - *Функции*
- *Подсветка синтаксиса*
- *Дополнительные функции, предоставляемые mDrive Direct Control*
  - *Запись в лог mDrive Direct Control*
  - *Задержка выполнения скрипта*
  - *Создание объекта типа «ось»*
  - *Создание объекта типа «файл»*
  - *Создание структуры калибровки*
  - *Получение следующего серийного номера*
  - *Ожидание остановки движения*
  - *Функции библиотеки libximc*
- *Примеры*
  - *Скрипт-пример работы с битовыми масками*
  - *Скрипт сканирования и записи в файл*
  - *Многоосный скрипт циклического движения*
  - *Одноосный скрипт циклического движения*

- *Скрипт проверки калибровки домашней позиции*
- *Скрипт для поиска серийных номеров контроллеров*
- *Скрипт перемещения и ожидания*
- *Скрипт случайного сдвига*
- *Скрипт установки нулевой позиции*
- *Скрипт для автотестирования*
- *Тест на пересечение границ*
- *Тест настройки с замкнутым контуром*
- *Скрипт дискретного движения*
- *Экспоненциальное изменение позиции, использующее user units*
- *Шаговый скрипт использующий user units*
- *Шаговый скрипт*
- *Тест калибровки домашней позиции по сигналу со входа EXTIO*
- *Скрипт движения по sin*
- *Скрипт перемещения по сигналу со входа EXTIO. Движение осуществляется в user units*
- *Вероятные тесты*
- *Скрипт выполняющий ряд смещений с калибровкой*
- *Тест на пропуск шагов*
- *Скрипт тестирования синхронизации*

Скриптовый язык mDrive Direct Control реализован с помощью QtScript, он в свою очередь основан на ECMAScript.

ECMAScript — это встраиваемый расширяемый не имеющий средств ввода/вывода язык программирования, используемый в качестве основы для построения других скриптовых языков. Стандартизирован международной организацией ECMA в спецификации ECMA-262.

Используется третья редакция стандарта.

6.4.1 Краткое описание языка

6.4.1.1 Типы данных

В ECMAScript поддерживаются девять типов данных. Три из них (Reference, List, и Completion) используются только как промежуточные результаты расчета значений выражений. Оставшиеся шесть типов это:

- Неопределённый,
- Нулевой,
- Логический,
- Строковый,
- Числовой,
- Объектный.

6.4.1.2 Инструкции

Наиболее распространенные конструкции языка ECMAScript представлены в таблице ниже:

Название	Применение	Краткие сведения
Блок	{[<список инструкций>]}	Несколько инструкций можно объединить в один блок фигурными скобками.
Объявление переменной	var <список объявления переменных>	Переменная объявляется с помощью ключевого слова «var».
Пустая инструкция	;	Точка с запятой является пустой инструкцией. Заканчивать строки точкой с запятой не обязательно.
Условие	if (<условие>) <инструкция> [else <инструкция>]	Условное выполнение можно производить с помощью ключевых слов «if ... else». Если условие верно, то выполняется инструкция блока if, в противном случае выполняется инструкция блока else, если он присутствует.
Цикл	do <тело цикла> while (<условие>) while (<условие>) <тело цикла> for ([<выражение 1>]; [<условие>]; [<выражение 2>]) <тело цикла>	Цикл можно реализовать несколькими различными способами. Форма «do ... while ...» выполняет тело цикла как минимум один раз и пока условие верно. Форма «while ... do ...» выполняет тело цикла пока условие верно. Форма «for ...» выполняет выражение до начала (выражение 1), а затем выполняет тело цикла каждый раз после выполнения итеративного выражения (выражение 2) и проверки условия на истинность.
Возврат	return [<expression>]	Прекращает выполнение функции и возвращает выражение как результат.
Генерация исключения	throw <выражение>	Генерирует исключение, которое может быть обработано конструкцией try (см.ниже).
Блок try	try <блок> catch (<идентификатор>) <блок> try <блок> finally <блок> try <блок> catch (<идентификатор>) <блок> finally <блок>	Используется совместно с исключениями. Конструкция <try ... catch ... finally> пытается выполнить блок <try>. Если в этом блоке происходит исключение <идентификатор>, выполняется содержимое блока <catch>. После всего безусловно выполняется блок <finally>. Один из блоков <catch> и <finally> может отсутствовать.

6.4.1.3 Объявление переменных

Переменные определяются с помощью ключевого слова var. При объявлении переменная помещается в область видимости, соответствующую функции, в которой она объявляется. Если переменная объявляется вне функций, она помещается в глобальную область видимости. Создание переменной происходит при получении управления функцией с её объявлением. Или программой, если переменная глобальна. При создании переменной в ECMAScript она приобретает значение *Undefined*. Если пере-

менная объявлена с инициализацией, инициализация происходит не в момент создания переменной, а при выполнении строки с инструкцией var.

6.4.1.4 Ключевые и зарезервированные слова

Следующие слова являются ключевыми в языке и не могут быть использованы как идентификаторы:

```
break     else        new     var
case      finally     return  void
catch     for         switch  while
continue  function    this    with
default   if          throw
delete    in          try
do        instanceof  typeof
```

Следующие слова используются как ключевые в предлагаемых расширениях и зарезервированы:

```
abstract  enum        int         short
boolean   export      interface   static
byte      extends     long        super
char      final       native      synchronized
class     float       package     throws
const     goto        private     transient
debugger  implements  protected   volatile
double    import      public
```

6.4.1.5 Функции

Функции в ECMAScript являются объектами. Функции, как и любые другие объекты, могут храниться в переменных, объектах и массивах, могут передаваться как аргументы в другие функции и могут возвращаться функциями. Функции, как и любые другие объекты, могут иметь свойства. Существенной специфической чертой функций является то, что они могут быть вызваны.

В тексте программы именованную функцию в ECMAScript обычно определяют следующим способом:

```
function sum(arg1, arg2) { // a function which takes two parameters
    return arg1 + arg2;    // and returns their sum
}
```

6.4.2 Подсветка синтаксиса

Шрифт текста в окне скрипта имеет подсветку синтаксиса. Цвета:

Тип выражения	*цвет*	*пример отображения*
Произвольные функции	фиолетовый	my_function();
Функции mDrive Direct Control	синий	get_status();
Положительные числа	зеленый	a = 100;
Отрицательные числа	красный	b = -200;
Комментарии	серый	// a comment
Все остальное	черный	var s = "a string";

Во время выполнения скрипта фон строки с последней выполненной командой меняется на тёмно-серый с частотой обновления 1 раз в 20 мс.

6.4.3 Дополнительные функции, предоставляемые mDrive Direct Control

На данной картинке изображены функции, которые mDrive Direct Control предоставляет для использования в скриптах в дополнение к стандартным функциям языка.

```
var s = "a string";
```

- log(string text [, int loglevel]) – запись в лог mDrive Direct Control
- msleep(int ms) - задержка выполнения скрипта
- new_axis(int serial_number) - создание объекта типа «ось»
- new_file(string filename) - создание объекта типа «файл»
- new_calibration(int A, int Microstep) - создание структуры калибровки для передачи калиброванным функциям
- get_next_serial(int serial) - получение следующего серийного номера
- command_wait_for_stop(int refresh_period) - ожидание остановки движения
- а также все функции библиотеки libximc (see *Руководство по программированию*)

Кроме этого, в скриптах определены и доступны для использования все константы протокола обмена. *Пример использования*.

6.4.3.1 Запись в лог mDrive Direct Control

Производится вызовом функции log(string text [, int loglevel]). Дописывает в лог mDrive Direct Control строку *text*. Если передаётся второй параметр *loglevel*, то сообщение получает соответствующий уровень логгирования и отображается соответствующим цветом.

Loglevel	Тип
1	Error
2	Warning
3	Info

Пример:

```
var x = 5;
log("x = " + x);
```

Пример использования

Замечание: не рекомендуется вызывать функции интерфейса mDrive Direct Control (запись в лог) чаще одного раза в 20 мс.

6.4.3.2 Задержка выполнения скрипта

Производится вызовом функции msleep(int ms). Скрипт делает паузу в данном месте выполнения длиной ms миллисекунд.

Пример:

```
msleep(200);
```

Пример использования.

6.4.3.3 Создание объекта типа «ось»

Многоосевой интерфейс mDrive Direct Control также предоставляет возможность управлять контроллерами посредством скриптов. Отличие состоит в том, что необходимо явно указывать, какому контроллеру посылается команда. Для этого вводится новый тип объекта «ось», который имеет методы, совпадающие по именам с функциями *библиотеки*. Идентификация происходит по серийному номеру контроллера.

Пример:

```
var x = new_axis(123);
x.command_move(50);
```

В этом примере в первой строке скрипта происходит создание оси с именем переменной x, которая соответствует контроллеру с серийным номером «123». Если такой контроллер не подключен к компьютеру, то скрипт выдаст ошибку выполнения и завершится. Во второй строке оси x подается команда переместиться в координату 50 [шагов].

Пример использования.

6.4.3.4 Создание объекта типа «файл»

Скрипты mDrive Direct Control имеют возможность чтения из файла и записи в файл. Для этого необходимо создать объект типа файл и работать с ним. Имя файла указывается при создании в конструкторе. Объект имеет следующие функции:

Тип_возврата Имя_функции	Краткие сведения
bool open()	Открывает файл. Файл открывается на чтение-запись, если это возможно; если нет, то только на чтение.
void close()	Закрывает файл.
Number size()	Возвращает размер файла в байтах.
bool seek(Number pos)	Устанавливает текущую позицию в файле в *pos* байт[1].
bool resize(Number size)	Изменяет размер файла до *size* байт. Если *size* меньше текущего размера, то файл обрезается, если больше, то дополняется нулями.
bool remove()	Удаляет файл.
String read(Number maxsize)	Читает строку из файла, но не более *maxsize* байт. Данные читаются в кодировке utf-8.
Number write(String s, Number maxsize)	Записывает строку в файл, но не более *maxsize* байт. Данные записываются в кодировке utf-8, символ конца строки пользователь должен записать самостоятельно. Возвращает количество записанных байт, либо -1,

Все функции работы с файлами, возвращающие значение типа *bool*, возвращают «true» в случае успеха, в противном случае «false».

Используйте символ «/» как разделитель путей для работы скриптов на всех платформах (Windows/Linux/Mac).

[1] Выйти из файла: если позиция находится за пределами файла, то seek() не должен немедленно расширять файл. Если запись выполняется в этой позиции, файл должен быть расширен. Содержимое файла между предыдущим концом файла и новыми записанными данными НЕ УКАЗАНО и варьируется между платформами и файловыми системами.

Пример:

```
var winf = new_file("C:/file.txt"); // An example of file name and path on Windows
var linf = new_file("/home/user/Desktop/file.txt"); // An example of file name and path on Linux
var macf = new_file("/Users/macuser/file.txt"); // An example of file name and path on Mac

var f = winf; // Pick a file name
if (f.open()) { // Try to open the file
  f.write( "some text" ); // If successful, then write desired data to the file
  f.close(); // Close the file
} else { // If file open failed for some reason
  log( "Failed opening file" ); // Log an error
}
```

Пример использования.

6.4.3.5 Создание структуры калибровки

Функция new_calibration(double A, int Microstep) принимает в качестве параметров коэффициент A пересчета из шагов в пользовательские единицы и деление микрошага Microstep (либо полученное ранее вызовом функции get_engine_settings в поле MicrostepMode, либо задаваемое одной из констант *MICROSTEP_MODE_*) и возвращает структуру типа calibration_t, которую необходимо передать в калиброванные get_/set* функции для получения/задания величин в пользовательских единицах. Следующие две записи функционально эквивалентны:

```
// create calibration: type 1
var calb = new_calibration(c1, c2);
```

```
// create calibration: type 2
var calb = new Object();
calb.A = c1;
calb.MicrostepMode = c2;
```

Пример использования.

6.4.3.6 Получение следующего серийного номера

Функция get_next_serial(int serial) принимает в качестве параметра число и возвращает наименьший серийный номер из списка серийных номеров открытых устройств, который больше переданного ей параметра. Если такого серийного номера нет, то возвращается 0. Эта функция удобна для автоматического создания объекта типа «ось» без задания фиксированного серийного номера.

Пример:

```
var first_serial = get_next_serial(0);
var x = new_axis(first_serial);
var y = new_axis(get_next_serial(first_serial));
```

В этом примере в первой строке происходит получение первого серийного номера, во второй - создание объекта оси по этому серийному номеру, в третьей - получение следующего серийного номера и создание оси для него.

Пример использования.

6.4.3.7 Ожидание остановки движения

Функция command_wait_for_stop(int refresh_period) останавливает выполнение скрипта до тех пор, пока контроллер не прекратит движение, то есть, пока флаг MVCMD_RUNNING в

структуре MvCmdSts, возвращаемой функцией get_status(), не будет снят. Функция скриптов command_wait_for_stop напрямую использует функцию command_wait_for_stop библиотеки libximc и принимает в качестве параметра число, означающее периодичность (в миллисекундах) считывания состояния контроллера.

Эта функция также присутствует как метод объекта типа «ось».

Пример использования.

6.4.3.8 Функции библиотеки libximc

Функции библиотеки libximc начинающиеся на «get*» считывают из контроллера настройки и возвращают соответствующую команде структуру данных. Функции библиотеки libximc начинающиеся на «set*» принимают как параметр структуру данных и записывают эти настройки в контроллер. Заполнить структуру данных для set-функций можно двумя способами:

1. вызвать соответствующую get-функцию и модифицировать необходимые поля

```
// set settings: type 1
var m = get_move_settings();
m.Speed = 100;
set_move_settings(m);
```

2. создать объект (Object) и заполнить все его свойства (properties), соответствующие полям структуры, учитывая регистр имен.

```
// set settings: type 2
var m = new Object;
m.Speed = 100;
m.uSpeed = 0;
m.Accel = 300;
m.Decel = 500;
m.AntiplaySpeed = 10;
m.uAntiplaySpeed = 0;
set_move_settings(m);
```

Необходимо помнить, что при использовании первого способа в контроллер посылается дополнительная команда (вызывается не только set-функция, но и get- перед этим), а при использовании второго способа необходимо инициализировать все свойства объекта, соответствующие именам полей структуры. Если в объекте какое-то свойство будет пропущено, то оно будет считаться равным нулю. Если в объекте будет объявлено какое-либо дополнительное свойство, не входящее в структуру данных, то оно будет проигнорировано. Если тип данных какого-либо поля не будет соответствовать типу данных структуры, то будет произведено приведение типов по правилам EcmaScript. Структуры данных для всех команд описаны в главе *Описание протокола*.

Пример использования.

6.4.4 Примеры

В этом разделе приведены примеры типичных действий, которые можно выполнять с помощью скриптов mDrive Direct Control.

6.4.4.1 Скрипт-пример работы с битовыми масками

```
/*
* Bit mask example script
*
* Description of the script:
```

```
*  This script clearly shows how to work with bit masks.
*  This script or part of it may be needed when working with any of our other commands that use␣
↪bit masks. For example, the  «set_home_settings» command
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var a = new_axis(get_next_serial(0)); // take first found axis
var gets = a.get_status(); // read status once and reuse it

var gpio = gets.GPIOFlags;
var left = STATE_LEFT_EDGE;
var right = STATE_RIGHT_EDGE;
var mask = left | right;
var result = gpio & mask;
log( to_binary(left) + " = left limit switch flag" );
log( to_binary(right) + " = right limit switch flag" );
log( to_binary(mask) + " = OR operation on flags gives the mask" );
log( to_binary(gpio) + " = gpio state" );
log( to_binary(result) + " = AND operation on state and mask gives result" );
if ( result ) {
  log("At least one limit switch is on");
} else {
  log("Both limit switches are off");
}

// Binary representation function
function to_binary(i)
{
  bits = 32;
  x = i >>> 0; // coerce to unsigned in case we need to print negative ints
  str = x.toString(2); // the binary representation string
  return (repeat("0", bits) + str).slice (-bits); // pad with zeroes and return
}

// String repeat function
function repeat(str, times)
{
  var result="";
  var pattern=str;
  while (times > 0) {
    if (times&1) {
      result+=pattern;
    }
    times>>=1;
    pattern+=pattern;
  }
  return result;
}
```

6.4.4.2 Скрипт сканирования и записи в файл

```
/*
* A script which scans and writes data to the file
*
* Description of the script:
*  This script scans and writes the data to a .csv file.
```

```
*  The script can be useful if you are using the system to scan an area and/or capture frames
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var start = 0; // Starting coordinate in steps
var step = 10; // Shift amount in steps
var end = 100; // Ending coordinate in steps

var speed = 300; // maximum movement speed in steps / second
var accel = 100; // acceleration value in steps / second^2
var decel = 100; // deceleration value in steps / second^2
var delay = 100;

var m = get_move_settings(); // read movement settings from the controller
m.Speed = speed; // set movement speed
m.Accel = accel; // set acceleration
m.Decel = decel; // set deceleration
set_move_settings(m); // write movement settings into the controller

var f = new_file("C:/a.csv"); // Choose a file name and path
f.open(); // Open a file
f.seek( 0 ); // Seek to the beginning of the file

command_move(start); // Move to the starting position
command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving

while (get_status().CurPosition < end) {
  f.write( get_status().CurPosition + "," + get_chart_data().Pot + "," + Date.now() + "\n" ); //␣
↪Get current position, potentiometer value and date and write them to file
  command_movr(step); // Move to the next position
  command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving
}
f.close(); // Close the file
```

move_and_sleep.csv

- пример файла для использования с приведенным выше скриптом

6.4.4.3 Многоосный скрипт циклического движения

```
/*
* Multi axis cyclic movement script
*
* Description of the script:
*  Does cyclic movement between two border points with set values of acceleration,
*  deceleration and top speed, for all axes found. The script is similar to the "Cyclic"
*  button in mDrive Direct Control
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var axes = [];
var number_of_axes = 0;
var last_serial = 0;

while (serial = get_next_serial(last_serial))   // Get next serial number and repeat for each axes
{
```

```
  axes[number_of_axes] = new_axis(serial);
  log("Found axis " + number_of_axes + " with serial number " + serial);
  number_of_axes++;
  last_serial = serial;
}

for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
{
  axis_configure(axes[i]);
}

while (1)
{
  for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
  {
    go_first_border(axes[i]);
    go_second_border(axes[i]);
  }

  msleep(100);
}

function axis_configure(axis)
{
  var speed = 1000;   // Maximum movement speed in steps / second
  var accel = 2000;   // Acceleration value in steps / second^2
  var decel = 5000;   // Deceleration value in steps / second^2

  axis.command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
  axis.command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)
  var m = axis.get_move_settings(); // read movement settings from the controller
  m.Speed = speed; // set movement speed
  m.Accel = accel; // set acceleration
  m.Decel = decel; // set deceleration
  axis.set_move_settings(m); // write movement settings into the controller
}

function go_first_border(axis)
{
  var first_border = 0; // first border coordinate in steps
  var GETS = axis.get_status();

  if (!(GETS.MvCmdSts & MVCMD_RUNNING) && (GETS.CurPosition != first_border))
  {
    axis.command_move(first_border);  // move towards one border
  }
}

function go_second_border(axis)
{
  var second_border = 25000; // second border coordinate in steps
  var GETS = axis.get_status();

  if (!(GETS.MvCmdSts & MVCMD_RUNNING) && (GETS.CurPosition != second_border))
  {
    axis.command_move(second_border);   // move towards another border
  }
}
```

6.4.4.4 Одноосный скрипт циклического движения

```
/*
* Single axis cyclic movement script
*
* Description of the script:
*  Does cyclic movement between two border points with set values of acceleration,
*  deceleration and top speed. The script is similar to the "Cyclic" button in mDrive Direct␣
↪Control
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var first_border = -10; // first border coordinate in mm
var second_border = 10; // second border coordinate in mm
var mm_per_step = 0.005; // steps to distance translation coefficient
var delay = 100; // delay in milliseconds
var calb = new_calibration(mm_per_step, get_engine_settings().MicrostepMode); // create␣
↪calibration structure
command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)
while (1) { // infinite loop
  command_move_calb(first_border, calb); // move towards one border
  command_wait_for_stop(delay); // wait until controller stops moving
  command_move_calb(second_border, calb); // move towards another border
  command_wait_for_stop(delay); // wait until controller stops moving
}
```

6.4.4.5 Скрипт проверки калибровки домашней позиции

```
/*
* Homing test script
*
* Description of the script:
*  This script tests homing function by repeatedly moving to a random position,
*  doing quick stop and then homing, for all axes found. The script is similar to the GO
*  Home button in mDrive Direct Control
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var axes = [];
var number_of_axes = 0;
var last_serial = 0;
while (serial = get_next_serial(last_serial)) // get next serial number and repeat for each axes.
{
    axes[number_of_axes] = new_axis(serial);
   log("Found axis " + number_of_axes + " with serial number " + serial);
   number_of_axes++;
   last_serial = serial;
}

while (1) { // infinite loop
    for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
   {
        homing_test(axes[i]);
    }
}
```

```
function homing_test(axis)
{
    var shift_low = 0; // minimum shift distance in steps
   var shift_high = 10000; // maximum shift distance in steps
   var speed_low = 100; // minimum movement speed in steps / second
   var speed_high = 5000; // maximum movement speed in steps / second
   var time_low = 1; // minimum wait time in seconds
   var time_high = 10; // maximum wait time in seconds

    axis.command_home(); // send HOME command (find home position)
    axis.command_wait_for_stop(100); // wait until controller stops moving
    var m = axis.get_move_settings(); // read movement settings from the controller
    m.Speed = rnd(speed_low, speed_high); // set random speed from a range of speeds between
↪"speed_low" and "speed_high"
    axis.set_move_settings(m); // write movement settings into the controller
    var shift = rnd(shift_low, shift_high); // pick random shift value from a range of distances␣
↪between "shift_low" and "shift_high"
    if (Math.random() < 0.5) { // pick random direction
       shift = -shift;
    }
    axis.command_movr(shift); // send MOVR command (does a relative shift)
    msleep( rnd(time_low*1000, time_high*1000) ); // pause for a random time from a range between
↪"time_low" and "time_high"
    axis.command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
}

function rnd(min,max) { // "rnd" is a helper function which uses Math.random() and returns a␣
↪uniformly distributed integer random value between "min" and "max"
 var r = Math.random()*(max-min)+min;
 return Math.round(r);
}
```

6.4.4.6 Скрипт для поиска серийных номеров контроллеров

```
/*
* List axis serials script
*
* Description of the script:
*  An example of a script that searches for all the serial numbers of controllers
*  and outputs them to the log.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var i = 0; // Declare loop iteration variable
var serial = 0; // Declare serial number variable
var axes = Array(); // Declare axes array
while (true) { // The loop
 serial = get_next_serial(serial); // Get next serial
 if (serial == 0) // If there are no more controllers then...
     break; // ...break out of the loop
 var a = new Object(); // Create an object
 a.serial = serial; // Assign serial number to its "serial" property
 a.handle = new_axis(serial); // Assign new axis object to its "handle" property
 axes[i] = a; // Add it to the array
 i++; // Increment counter
```

```
}
for (var k=0; k < axes.length; k++) { // Iterate through array elements
  log ( "Axis with S/N " + axes[k].serial + " is in position " + axes[k].handle.get_status().
↪CurPosition ); // For each element print saved axis serial and call a get_status() function
}
```

6.4.4.7 Скрипт перемещения и ожидания

```
/*
* Move and wait script
*
* Description of the script:
*  The script reads the next coordinate and the delay time from the csv file,
*  after which it moves to the specified coordinate with a subsequent delay,
*  and so on until the end of reading the entire file.
*     The script can be useful if you are using the system to scan an area and/or capture frames
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var axis = new_axis(get_next_serial(0)); // Use first available controller
var x; // A helper variable, represents coordinate
var ms; // A helper variable, represents wait time in milliseconds
var f = new_file("./move_and_sleep.csv"); // Choose a file name and path; this script uses a file␣
↪from examples in the installation directory
f.open(); // Open a file
while ( str = f.read(4096) ) { // Read file contents string by string, assuming each string is␣
↪less than 4 KiB long
  var ar = str.split(","); // Split the string into substrings with comma as a separator; the␣
↪result is an array of strings
  x = ar[0]; // Variable assignment
  ms = ar[1]; // Variable assignment
  log( "Moving to coordinate " + x ); // Log the event
  axis.command_move(x); // Move to the position
  axis.command_wait_for_stop(100); // Wait until the movement is complete
  log( "Waiting for " + ms + " ms" ); // Log the event
  msleep(ms); // Wait for the specified amount of time
}
log ( "The end." );
f.close(); // Close the file
```

6.4.4.8 Скрипт случайного сдвига

```
/*
* Random shift script
*
* Description of the script:
*  This script does shifts on random offset from a specified range of distances
*  with a random speed from a chosen range of speeds.

* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var axes = [];
var number_of_axes = 0;
var last_serial = 0;
while (serial = get_next_serial(last_serial)) // get next serial number and repeat for each axes.
{
```

```
   axes[number_of_axes] = new_axis(serial);
   log("Found axis " + number_of_axes + " with serial number " + serial);
   number_of_axes++;
    last_serial = serial;
}

while (1) { // infinite loop
   for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
   {
       go_to_random_shift(axes[i]);
    }
}

function go_to_random_shift(axis)
{
   var shift_low = 0; // minimum shift distance in steps
   var shift_high = 10000; // maximum shift distance in steps
   var speed_low = 100; // minimum movement speed in steps / second
   var speed_high = 5000; // maximum movement speed in steps / second

   var m = axis.get_move_settings(); // read movement settings from the controller
   m.Speed = rnd(speed_low, speed_high); // set random speed from a range of speeds between "speed_
↪low" and "speed_high"
   axis.set_move_settings(m); // write movement settings into the controller
   var shift = rnd(shift_low, shift_high); // pick random shift value from a range of distances␣
↪between "shift_low" and "shift_high"
   if (Math.random() < 0.5) { // pick random direction
       shift = -shift;
   }
   axis.command_movr(shift); // send MOVR command (does a relative shift)
    axis.command_wait_for_stop(100); // wait until controller stops moving
}

function rnd(min,max) { // "rnd" is a helper function which uses Math.random() and returns a␣
↪uniformly distributed integer random value between "min" and "max"
  var r = Math.random()*(max-min)+min;
  return Math.round(r);
}
```

6.4.4.9 Скрипт установки нулевой позиции

```
/*
* Set zero script
*
* Description of the script:
*  This script changes "standoff" setting (found on "Home position" page in the mDrive Direct␣
↪Control "Settings") so that the current position becomes the home position.
*  The script is very convenient for calibrating and configuring new stages, as well as for␣
↪changing the zero position
*
* How to use:
*  - manually move your positioner to a desired position
*  - launch this script and wait for completion
*  As a result your positioner will return to the starting position and all subsequent calls to
↪"homing" function will bring it there.
*
* Note: homing settings are saved into RAM and will be lost when controller is powered down. If␣
↪you wish to save these settings to non-volatile memory you should either pick "Save settings to␣
↪flash" on the mDrive Direct Control main Settings page or call "command_save_settings()" at the␣
↪end of the script.
```

```
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var axes = [];
var number_of_axes = 0;
var last_serial = 0;
while (serial = get_next_serial(last_serial)) // get next serial number and repeat for each axes.
{
    axes[number_of_axes] = new_axis(serial);
   log("Found axis " + number_of_axes + " with serial number " + serial);
   number_of_axes++;
   last_serial = serial;
}

for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
{
   set_zero(axes[i]);
}

function set_zero(axis)
{
    axis.command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)

   var h = axis.get_home_settings(); // read homing settings from the controller
   h.HomeDelta = 0; // set "HomeDelta" parameter in "home_position" structure to 0
   h.uHomeDelta = 0; // set "uHomeDelta" parameter in "home_position" structure to 0
   var saved_fast = h.FastHome; // save "FastHome" parameter from "home_position" structure to a␣
↪variable
   var saved_ufast = h.uFastHome; // save "uFastHome" parameter from "home_position" structure to␣
↪a variable
   if (h.HomeFlags & HOME_MV_SEC_EN != 0) // if homing settings have two homing phases turned on
   {
        h.FastHome = 100; // set "FastHome" parameter in "home_position" structure (first movement␣
↪speed) to 100 steps/s: this is required to avoid slip at the end of the first phase
       h.uFastHome = 0; // set "uFastHome" parameter in "home_position" structure to 0
    }
    axis.set_home_settings(h); // write homing settings into the controller

    var old_pos = axis.get_status().CurPosition; // save whole step part of the initial position␣
↪into a variable
    var old_upos = axis.get_status().uCurPosition; // save microstep part of the initial position␣
↪into a variable
    axis.command_home(); // send HOME command (find home position)
    do { msleep(100); } while (axis.get_status().MvCmdSts == (MVCMD_HOME | MVCMD_RUNNING)); //␣
↪query controller state every 100 ms while movement state is "homing command is being executed"
    if (axis.get_status().MvCmdSts != MVCMD_HOME)  // if current state is not "homing completed␣
↪successfully" (MVCMD_RUNNING unset, MVCMD_ERROR unset, last command MVCMD_HOME) then homing was␣
↪interrupted
    {
        h.FastHome = saved_fast; // set "FastHome" parameter in "home_position" structure to a␣
↪saved value
       h.uFastHome = saved_ufast; // set "uFastHome" parameter in "home_position" structure to a␣
↪saved value
       axis.set_home_settings(h); // write movement settings into the controller (this restores␣
↪the initial settings)
       throw "Script aborted: homing failed."; // throw an exception and terminate
    }
```

```
    var new_pos = axis.get_status().CurPosition; // read whole part of new position into "new_pos"␣
↪variable
    var new_upos = axis.get_status().uCurPosition; // read microstep part of new position into
↪"new_upos" variable
    h.HomeDelta = old_pos-new_pos; // set "HomeDelta" parameter in "home_position" structure to␣
↪this value
    h.uHomeDelta = old_upos-new_upos; // set "uHomeDelta" parameter in "home_position" structure␣
↪to this value
    h.FastHome = saved_fast; // set "FastHome" parameter in "home_position" structure to a saved␣
↪value
    h.uFastHome = saved_ufast; // set "uFastHome" parameter in "home_position" structure to a␣
↪saved value
    axis.set_home_settings(h); // write movement settings into the controller
    axis.command_move(old_pos, old_upos); // move to initial position
    do { msleep(100); } while (axis.get_status().MvCmdSts == (MVCMD_MOVE | MVCMD_RUNNING)); //␣
↪query controller state every 100 ms while movement state is "movement command is being executed"
    if (axis.get_status().MvCmdSts != MVCMD_MOVE)  // if current state is not "movements completed␣
↪successfully" (MVCMD_RUNNING unset, MVCMD_ERROR unset, last command MVCMD_MOVE) then movement␣
↪was interrupted
    {
        throw "Script aborted: return to position failed."; // throw an exception and terminate
    }
    axis.command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)
}

log("Done."); // log success
```

6.4.4.10 Скрипт для автотестирования

```
/*
* Autotester script
*
* Description of the script:
*  The script tests the controller with a stage using a set of tests.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/
```

Посмотреть полный код

6.4.4.11 Тест на пересечение границ

```
/*
* Border crossing test
*
* Description of the script:
*  The script checks the correct operation of the connected external limit switch
*
* How to connect wires?
*  You must connect the limit switch to the DVI-I connector (pins 2 and 3 on the controller␣
↪connector).
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
```

```
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

const MVCMD_ERROR = 0x40;
const MVCMD_RUNNING = 0x80;

var axis = new_axis(get_next_serial(0));
var m = axis.get_extio_settings();
var s = axis.get_status();

var count_error = 0;
var count_good = 0;

function BorderOff()
{
  m.EXTIOSetupFlags = 0x01;
  m.EXTIOModeFlags = 0x10;

  axis.set_extio_settings(m);
}

function BorderOn()
{
  m.EXTIOSetupFlags = 0x01;
  m.EXTIOModeFlags = 0x00;

  axis.set_extio_settings(m);
}

function BorderCycle()
{
  BorderOn();
  msleep(50);

  BorderOff();
  msleep(100);
}

log("You have to connect the common",2);
log("input/output pin on the DVI-I connector to",2);
log("the 2nd limit switch pin on the stage connector", 2);
log("Also its recommended to load the profile for your stage", 2);

log(">>> Start testing", 3);

while (1)
{
  axis.command_left();
  msleep(200);
  BorderOn();
  msleep(200);
  s = axis.get_status();

  if (s.MvCmdSts & MVCMD_RUNNING)
  {
    count_error++;
```

```
    log(">>> ALARM ! Crossing through the limit switch !" ,1);
  }
  else
  {
    count_good++;

    if (!(count_good % 50))
      log(">>> " + count_good + " cycles were done correct, " + count_error + " cycles were done␣
↪incorrect", 3);
  }

  BorderOff();
}
```

6.4.4.12 Тест настройки с замкнутым контуром

```
/*
* Closed loop tuning test
*
* Description of the script:
*  The script checks the parameters of a closed loop
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var global_axis;

global_axis = new_axis(get_next_serial(0));
global_axis.command_stop();

const DEBUG = 1;
const MICROSTEPS = 256;
const SKIP_ENCODER_COUNT = 7;
const STORE_COUNT_MICROSTEPS = 19;
const TRUST_INDEX = 15;     // Always TRUST_INDEX < STORE_COUNT_MICROSTEPS

/*
* Save and overwrite settings
*/
var SFBS = global_axis.get_feedback_settings(); // Save information about encoder (IPS)
SFBS.FeedbackType = FEEDBACK_NONE;              // Overwrite feedback type, because in profile␣
↪feedback is encoder

var SENG = global_axis.get_engine_settings();   // Save information about engine (nominal current,␣
↪steps per revolution)

var SENT = global_axis.get_entype_settings();   // Save information about engine type

var SEDS = global_axis.get_edges_settings();    // Save information about edges

/*
* Clear FRAM for synchronization
* real full step with full step of firmware
*/
```

```
log("Clearing FRAM", 1);
global_axis.command_clear_fram();
msleep(4000);

/*
* Restore controller settings
*/
global_axis.set_feedback_settings(SFBS);
msleep(100);

global_axis.set_engine_settings(SENG);
msleep(100);

global_axis.set_entype_settings(SENT);
msleep(100);

global_axis.set_edges_settings(SEDS);
msleep(100);

/*
* Prepare and apply move settings
*/
var SMOV = global_axis.get_move_settings();
SMOV.Speed = 0;
SMOV.uSpeed = 16;
global_axis.set_move_settings(SMOV);
msleep(100);

/*
* Going to the full step and waiting 3 seconds for equilibration
*/
global_axis.command_move(0, 0);
msleep(3000);

/*
* Arrays for measurements and structure for GPOS
*/
var MicroStepsToRight = [];
var MicroStepsToLeft = [];
var EncToRight = [];
var EncToLeft = [];
var GPOS;

/*
* Start moving
*/
global_axis.command_right();

/*
* Skipping a some first counts for the stable experiment
*/
for (var i = 0; i < SKIP_ENCODER_COUNT; i++)
{
  GPOS = global_axis.get_position();
  var EncPos = GPOS.EncPosition;

  while (EncPos == GPOS.EncPosition)
  {
```

```
    msleep(40);
    GPOS = global_axis.get_position();
  }

  EncPos = GPOS.EncPosition;
}

/*
* Start measurements
*/
for (var i = 0; i < STORE_COUNT_MICROSTEPS; i++)
{
  GPOS = global_axis.get_position();
  var EncPos = GPOS.EncPosition;

  while (EncPos == GPOS.EncPosition)
  {
    msleep(40);
    GPOS = global_axis.get_position();
  }

  EncPos = GPOS.EncPosition;

  MicroStepsToRight[i] = GPOS.Position * MICROSTEPS + GPOS.uPosition;
  EncToRight[i] = GPOS.EncPosition;
}

/*
* Stop moving
*/
global_axis.command_stop();

/*
*  Start moving and measurements
*/
global_axis.command_left();

for (var i = 0; i < STORE_COUNT_MICROSTEPS; i++)
{
  GPOS = global_axis.get_position();
  var EncPos = GPOS.EncPosition;

  while (EncPos == GPOS.EncPosition)
  {
    msleep(40);
    GPOS = global_axis.get_position();
  }

  EncPos = GPOS.EncPosition;

  MicroStepsToLeft[STORE_COUNT_MICROSTEPS - 1 - i] = GPOS.Position * MICROSTEPS + GPOS.uPosition;
  EncToLeft[STORE_COUNT_MICROSTEPS - 1 - i] = GPOS.EncPosition;
}

/*
* Stop moving
*/
global_axis.command_stop();
```

```
/*
* Check all values
*/
for (var i = 0; i < STORE_COUNT_MICROSTEPS; i++)
{
  var diffMicrosteps = MicroStepsToRight[i] - MicroStepsToLeft[i];
  var diffConts = EncToRight[i] - EncToLeft[i];

  if (DEBUG)
  {
    log(MicroStepsToRight[i] + " - " + MicroStepsToLeft[i] + " = " + diffMicrosteps + "␣
↪microstep(s)\t" +
      EncToRight[i] + " - " + EncToLeft[i] + " = " + diffConts + " count(s)", 3);
  }

  if (diffConts != 1)
  {
    log("Script error! Try again", 1);
  }
}

var RightB = (MicroStepsToRight[TRUST_INDEX] * EncToRight[0] - MicroStepsToRight[0] *␣
↪EncToRight[TRUST_INDEX]) / (EncToRight[0] - EncToRight[TRUST_INDEX]);
var LeftB = (MicroStepsToLeft[TRUST_INDEX] * EncToLeft[0] - MicroStepsToLeft[0] * EncToLeft[TRUST_
↪INDEX]) / (EncToLeft[0] - EncToLeft[TRUST_INDEX]);

log("Right counts show B = " + RightB, 2);
log("Left counts show B = " + LeftB, 2);
log("Aver B = " + ((RightB + LeftB) / 2), 3);
```

6.4.4.13 Скрипт дискретного движения

```
/*
* Discrete motion script
*
* Description of the script:
*  The script opens two axes by serial numbers. Moves along the X axis to a certain coordinate.␣
↪Then it begins to shift discretely along the Y axis, with a programmable pause after each offset.
*  The script can be useful if you are using the system to scan an area and/or capture frames
*
* Warning: enter the serial numbers of your axes!
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

// Enter the serial numbers of your axes.
serial_number_x = 14889;
serial_number_y = 14888;

var x = new_axis(serial_number_x);
var y = new_axis(serial_number_y);

// Installing the source data
```

```
var x_target_coordinate = 5000; // first border coordinate
var delay = 100; // delay in milliseconds

var y_first_border = 0; // first border coordinate
var y_second_border = 5000; // second border coordinate
var y_step = 100
var y_direct = 1

// Calibration and positioning of the axes to their original positions.
x.command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
x.command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)
y.command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
y.command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)

x.command_move(x_target_coordinate); // move to wards one border
x.command_wait_for_stop(10); // wait until controller stops moving
y.command_move(y_first_border); // move towards one border
y.command_wait_for_stop(10); // wait until controller stops moving

// Movement in discrete samples along one axis from the end to the end
// with a delay after each movement.
while (1) { // infinite loop

// Choosing the direction of travel
if (y.get_position() >= y_second_border)
{
  y_direct = -1
}
if (y.get_status().CurPosition <= y_first_border)
{
  y_direct = 1
}

// Movement in a given direction
y.command_movr(y_step*y_direct); // move towards another border
y.command_wait_for_stop(10); // wait until controller stops moving
msleep(delay);
}
```

6.4.4.14 Экспоненциальное изменение позиции, использующее user units

```
/*
* Exponential position change in user units script
*
* Description of the script:
*  The script performs discrete control of movement according to a certain law of motion. The␣
↪amplitude and the law of displacement are given. A correction speed is used to maintain the␣
↪positioning accuracy.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

// Main characteristics
var time_discre = 10; // Discreteness of movement control(ms)
```

```
var end_err = 0.01; // The accuracy of reaching the final coordinate of the movement.

var full_move = 6; // Total movement in mm

// If you change the equation of motion, you will need to change the equation for the correction␣
↪velocity, since this change is not linear.
var K = 0.4;
var Glob_err = 0;

// Advanced setting.
var mm_per_step = 0.00125; // Distance in gr for 1 completed step.
var calb = new_calibration(mm_per_step, get_engine_settings().MicrostepMode); // create␣
↪calibration structure

// Setting the starting position.
command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
command_wait_for_stop(10); // wait until controller stops moving
command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)


log("Start:");
// Setting 0 speeds and accelerations.
zero_movesettings();

//
go_position(full_move, time_discre)


// Function for calculating the set speed and acceleration
function set_movesettings(time, corr_speed)
{
  // Speed, Accel, Decel setting.
  var m = get_move_settings_calb(calb); // read movement settings from the controller

  // The equation of speed is equal to the derivative of the equation of motion.
  m.Speed =  K*Math.exp(K*time/1000 )+ corr_speed;

  set_move_settings_calb(m, calb); // write movement settings into the controller

log("Speed = " +m.Speed);
log("corr_speed = " +corr_speed);
}

// Set the initial parameters of motion
function zero_movesettings()
{
  var m = get_move_settings_calb(calb); // read movement settings from the controller
  m.Speed = 0.1; // set movement speed

  set_move_settings_calb(m, calb); // write movement settings into the controller
}

// A function of calculating target coordinates from time
function current_target_coordinate(time)
{
  // The equation of motion. The time is set in milliseconds. The position at the initial time is␣
↪0.
  return (Math.exp(K*time/1000) - 1);
```

```
}

// The calculation of the correction speed
function speed_corr(err_pos)
{
  Glob_err = Glob_err + err_pos*0.35;
  return  Glob_err;
}

// The main moving
function go_position(full_time, time_discre)
{
  Glob_err = 0;
  var end_position = full_move;

  // Setting the movement to the desired coordinate.
  command_move_calb(end_position, calb);

  // Pause before starting to move, to turn on the power button.
  msleep(300);
  var mas = 1;
  var basetime = new Date();
  var curr_time = new Date();
  var err_pos = 0;
  var pos = 0;
  var pos1 = 0;
  var i = time_discre;
  do {
    // If you do not need position feedback, you can instead speed_corr(err_pos) write 0
    set_movesettings(i+1, speed_corr(err_pos));

    // Waiting for the end of a discrete time interval
    do {
      curr_time = new Date - basetime;
      msleep(1);
    }
    while ((curr_time) < i); //

    // Reading the actual and calculating the planned coordinate if used.
    pos =  get_position_calb(calb).Position;
    pos1 =  current_target_coordinate(i);

    // Calculation of the position error.
    err_pos =  (pos1 -  pos);

    log("time = " + i);
    log("err_pos = " + err_pos);

    i = i + time_discre
  }
  while (Math.abs(pos - end_position) > end_err); // Completion when the end of the movement is␣
↪reached with the specified accuracy.
}
```

6.4.4.15 Шаговый скрипт использующий user units

```
/*
* For calb step script
*
* Description of the script:
*  In the script, the user units are configured, after which there is a departure to the leftmost␣
↪position and then a certain number of shifts occur until the right position is reached. Each␣
↪position is recorded in a .csv file.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

command_home(); // send HOME command (find home position)
command_wait_for_stop(100);
command_zero();
command_wait_for_stop(100);

// Setting the value to convert to user unit
var mm_per_step = 0.00125; // steps to distance translation coefficient
var calb = new_calibration(mm_per_step, get_engine_settings().MicrostepMode); // create␣
↪calibration structure

// Setting boundaries and movement step
// Boundaries can be set manually or taken from limit constraints
var edge = get_edges_settings_calb(calb);
var first_border = edge.LeftBorder; //0;
var second_board = edge.RightBorder;//23;
var shift = 5;//step move;
var delay = 2000;// The delay of movement

var f = new_file("file.csv"); // Choose a file name and path
f.open(); // Open a file
f.resize(0);
f.seek( 0 ); // Seek to the beginning of the file

command_move_calb(first_border, calb); // Move to the starting position
command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving
var i = 1;
var time = 0;
var step = (second_board - first_border)/shift;
f.write(0+ ","  +  get_status().CurPosition + "," +  get_status().uCurPosition+ "," + "\n" ); //␣
↪Get current position, potentiometer value and date and write them to file
do {
  time = i*delay;
  command_movr_calb(shift, calb); // Move to the next position
  command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving
  f.write(time + ","  +  get_position_calb(calb).Position + "," +  get_position_calb(calb).
↪EncPosition+ "," + "\n" ); // Get current position, potentiometer value and date and write them␣
↪to file
  i = i+1;
} while (  get_position_calb(calb).Position+shift < second_board )
f.close(); // Close the file
```

6.4.4.16 Шаговый скрипт

```
/*
* Step script
*
* Description of the script:
*  In the script, there is a departure to the leftmost position and then a certain number of␣
↪shifts occur until the right position is reached. Each position is recorded in a .csv file.
*
* Note: The script is similar to the "for_calb_step" script, only in this script the offset occurs␣
↪at the step mode
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

command_home(); // send HOME command (find home position)
command_wait_for_stop(100);
command_zero();
command_wait_for_stop(100);
var edge = get_edges_settings();
var first_border = edge.LeftBorder;
var second_board = edge.RightBorder;
var count = 10;
var f = new_file("E:/a.csv"); // Choose a file name and path
f.open(); // Open a file
f.seek( 0 ); // Seek to the beginning of the file

var delay = 2000;
command_move(first_border); // Move to the starting position
command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving
var i = 1;
var time = 0;
var shift = 6;
var step = (second_board - first_border)/shift;
f.write(0+ ","  +  get_status().CurPosition + "," +  get_status().uCurPosition+ "," + "\n" ); //␣
↪Get current position, potentiometer value and date and write them to file
do {
  time = i*delay;
  command_movr(step, 0); // Move to the next position
  command_wait_for_stop(delay); // Wait until controller stops moving
  f.write(time + ","  +  get_status().CurPosition + "," +  get_status().uCurPosition+ "," + "\n" );
↪ // Get current position, potentiometer value and date and write them to file
  i = i+1;
} while (i < shift )
f.close(); // Close the file
```

6.4.4.17 Тест калибровки домашней позиции по сигналу со входа EXTIO

```
/*
* Homing test with extio
*
* Description of the script:
*  The script starts calibration when a signal is received from a general purpose digital input/
↪output (extio)
*
* How to connect wires?
*  You must connect to the EXTIO input on the DVI-I connector (pin 9 on the controller).
*
```

```
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

const MVCMD_ERROR = 0x40;
const MVCMD_RUNNING = 0x80;

var axis = new_axis(get_next_serial(0));
var m = axis.get_extio_settings();
var s = axis.get_status();

var count_error = 0;
var count_good = 0;

function BorderOff()
{
  m.EXTIOSetupFlags = 0x01;
  m.EXTIOModeFlags = 0x10;

  axis.set_extio_settings(m);
}

function BorderOn()
{
  m.EXTIOSetupFlags = 0x01;
  m.EXTIOModeFlags = 0x00;

  axis.set_extio_settings(m);
}

function BorderCycle()
{
  BorderOn();
  msleep(50);

  BorderOff();
  msleep(2500);
}

log(">>> Start testing", 3);

while (1)
{
  axis.command_home();
  msleep(1500);

  BorderCycle();
  BorderCycle();

  command_wait_for_stop(100);

  s = axis.get_status();

  if (s.MvCmdSts & MVCMD_ERROR)
  {
    count_error++;
```

```
    log(">>> Alarm! Homing broken", 1);
  }
  else
  {
    count_good++;

    if (!(count_good % 50))
      log(">>> " + count_good + " cycles were done correct, " + count_error + " cycles were done␣
↪incorrect", 3);
  }
}
```

6.4.4.18 Скрипт движения по sin

```
/*
*  Motion by sin function
*
* Description of the script:
*  A script for moving with a change in speed according to the trigonometric law.
*  The script can be useful for precise positioning of a laser or motorized mirror
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

var delay = 100;

/* Definition of delta and initial phase*/
var df = 0.05;
var f = 0;

/* Definition of package */
var GETS = new Object();

// Initial installations
var move_set = get_move_settings();
var speed = 3000;
var amplitude = 1000;
var number = 100;
var time = 1000;
var pos = 0;
var Pi = 3.1415;
df = Pi/number;

command_zero();

var pos_read = new Object();
while (1)
{
    pos_read = get_position();

    // Movement to a point with an increase in the velocity amplitude
    for (i = 1; i <= number-1; i++)
    {
```

```
      f = df*i;

      move_set.Speed = speed * Math.sin(f);
      pos =  amplitude*i /number;

      set_move_settings(move_set);
      command_move(pos);
      while (Math.abs(pos_read.Position - pos)>move_set.Speed/10)
      {
        pos_read = get_position();
      }

    }

    // Movement to a point with a decrease in the velocity amplitude
    for (i = number-1; i >= 1; i--)
    {
      f = df*i;

      move_set.Speed = speed * Math.sin(f);
      pos =  amplitude*i /number;

      set_move_settings(move_set);
      command_move(pos);
      while (Math.abs(pos_read.Position - pos)>move_set.Speed/10)
      {
        pos_read = get_position();
      }

    }

  msleep(1000);

}
```

6.4.4.19 Скрипт перемещения по сигналу со входа EXTIO. Движение осуществляется в user units

```
/*
* Move EXTIO calb script
*
* Description of the script:
*  The script moves to one of the 2 specified points, depending on the state of the EXTIO input.
↪The movement is carried out in user units.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

// Main characteristics
var time_discre = 10; // Discreteness of movement control(ms)
var nomspeed = 5;
var end_err = 0.015;

var low_position = 0; // Move to position for low EXTIO
var high_position = 180; // Move to position for high EXTIO
```

```
// Advanced setting.
var gr_per_step = 0.015; // Distance in gr for 1 completed step.
var calb = new_calibration(gr_per_step, get_engine_settings().MicrostepMode); // create␣
↪calibration structure

// Setting the starting position.
command_stop(); // send STOP command (does immediate stop)
command_wait_for_stop(10); // wait until controller stops moving
command_home();
command_zero(); // send ZERO command (sets current position and encoder value to zero)


log("Start:");
// Setting 0 speeds and accelerations.
movesettings();

extiosettings();
//
go_position(time_discre)

function extiosettings()
{
  var extsettings = get_extio_settings();
  extsettings.EXTIOSetupFlags = 0x00;
  extsettings.EXTIOModeFlags = 0x00;
  set_extio_settings(extsettings);
}

// Set the initial parameters of motion
function movesettings()
{
  var m = get_move_settings_calb(calb); // read movement settings from the controller
  m.Speed = nomspeed; // set movement speed

  set_move_settings_calb(m, calb); // write movement settings into the controller
}


// The main moving
function go_position(time_discre)
{
  var oldstate = 0;
  var maskstate = 32;

  // Setting the movement to the desired coordinate.
  command_move_calb(low_position, calb);

  // Pause before starting to move, to turn on the power button.
  msleep(300);

  while(1) {

  //
  var status = get_status_calb(calb);
  if ((status.GPIOFlags & maskstate) != oldstate)
  {
    log(status.GPIOFlags);
```

```
    if (oldstate)
      command_move_calb(high_position, calb);
    else
      command_move_calb(low_position, calb);

    oldstate = status.GPIOFlags & maskstate;
  }
  // Waiting for the end of a discrete time interval
  msleep(time_discre);
  }
}
```

6.4.4.20 Вероятные тесты

```
/*
* Probabilistic tests
*
* Description of the script:
*  The script runs a set of repeatable tests a certain number of times and is expected to fail.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/
```

Посмотреть полный код

6.4.4.21 Скрипт выполняющий ряд смещений с калибровкой

```
/*
* Several shifts with calibration script
*
* Description of the script:
*  This program makes shifts given number of times to the specified distance, and stands the␣
↪appointed time after every shift. First it goes left, then it returns back to the origin and␣
↪repeats all movements to right.
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

const LEFT = -1;
const RIGHT = 1;

var axes = [];
var number_of_axes = 0;
var last_serial = 0;
while (serial = get_next_serial(last_serial)) // get next serial number and repeat for each axes.
{
    axes[number_of_axes] = new_axis(serial);
    log("Found axis " + number_of_axes + " with serial number " + serial);
    number_of_axes++;
    last_serial = serial;
}
```

```
// Start the main function for all avaliable axes
for (var i = 0; i < number_of_axes; i++)
{
    main(axes[i]);
}


function main(axis)
{
    axis.command_move(0,0); // Go back to the origin.
    msleep(500);

/* Creating and filling the calibration structure for specifying distances in um */
    var calibration = new Object;
    calibration.A = 5; // 1 step correspond to 5 um
    calibration.MicrostepMode = axis.get_engine_settings().MicrostepMode; // Get MicrostepMode␣
↪from controller settings
/*****************************************************/

/* Main cycle */

    var N = 10; // Number of shifts
    var stand_time  = 3000; // Stand time in ms
    var shift = 10; // Distance of shift in um

    MakeShifts(axis, LEFT,   shift, N, stand_time, calibration); // Make 10 shifts to the left
    MakeShifts(axis, RIGHT, shift, N, stand_time, calibration); // Make 10 shifts to the right
    MakeShifts(axis, RIGHT, shift, N, stand_time, calibration); // Make 10 shifts to the right␣
↪again
    MakeShifts(axis, LEFT,   shift, N, stand_time, calibration); // Make 10 shifts to the left
}

function MakeShifts(axis, Direction, ShiftDistance, ShiftsQuantity, StandTime, Calibration)
{
/**
    This function makes shifts which number is specified by ShiftQuantity and length is specified␣
↪by ShiftDistance. After every shift it stands StandTime miliseconds. Calibration parameter is a␣
↪structure for convertation between steps and micrometers.
*/
    for (var i = 0; i < ShiftsQuantity; i++)
    {
        axis.command_movr_calb(Direction*ShiftDistance, Calibration);
        axis.command_wait_for_stop(100);
        msleep(StandTime);
    }
}
```

6.4.4.22 Тест на пропуск шагов

```
/*
* Steps loss test
*
* Description of the script:
*  The script was written to check for skipping steps
*  It can be useful for diagnosing problematic stages
*
```

```
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

function abs(x)
{
    return ((x > 0) ? x : -x);
}

/*
* Set home settings
*/
var SHOM = get_home_settings()
SHOM.FastHome = 500;
SHOM.uFastHome = 0;
SHOM.SlowHome = 20;
SHOM.uSlowHome = 0;
SHOM.HomeDelta = 300;
SHOM.uHomeDelta = 0;
SHOM.HomeFlags = HOME_STOP_FIRST_LIM;
set_home_settings(SHOM);

/*
* Check for encoder
*/
var encoder = 1
command_zero()
var first = get_status().EncPosition
command_movr(100)
command_wait_for_stop(300)
var second = get_status().EncPosition
if(abs(second - first) < 2)
{
  encoder = 0
  log("It seems like here are no encoder", 2)
}

command_home();
command_wait_for_stop(300);
command_zero();
msleep(200);
// Store old move settings
var MOV = get_move_settings();

// Set fast speed and accel\decel
var MOV2 =get_move_settings();
MOV2.Speed = MOV.Speed * 2;
MOV2.Accel = MOV.Accel * 2;
MOV2.Decel = MOV.Decel * 2;

for(var i=0; i < 1; i++) // Set default settings first
{
  set_move_settings(MOV2);

  // Move long...
  command_move(20000);
```

```
  command_wait_for_stop(300);

  // Set prev settings back
  set_move_settings(MOV);

  // Move back
  command_move(0);
  command_wait_for_stop(300);
}

if (encoder > 0)
{
  var lost = get_status().EncPosition
  if (abs(lost) > 1)
  {
    log("Lost " + lost + " pulses", 1)
  }
  else
  {
    log("All is OK");
  }
}
else
{
  log("Do final homing...")
  command_home()
  command_wait_for_stop(300)
  var  lost = get_status().CurPosition
  if (abs(lost) > 2)
  {
    log("Lost " + lost + " steps", 1)
  }
  else
  {
    log("All is OK");
  }
}
```

6.4.4.23 Скрипт тестирования синхронизации

```
/*
* Sync test script
*
* Description of the script:
*  The script is written to demonstrate the work of synchronization, and also checks its␣
↪operability
*
* For test you must short special pins on the controller. Pin 14 (sync in) and pin 13 (sync out).␣
↪See the chapter One axis system
*
* Note: This is a rather difficult script to learn, since it uses a large number of commands and␣
↪structures.
*
* To run the script, upload it to the mDrive Direct Control software
*/

const dX = 4.5;
```

```
const dot_num = 5;
const micro2mili = 1000;

var ASIA = [];

for (var i = 0; i < dot_num; i++)
  ASIA[i] = new Object();

var calb = new_calibration(1, MICROSTEP_MODE_FRAC_256);

function abs(x)
{
  return (x > 0) ? x : -x;
}

function set_default()
{
  // SSNI settings
  var SSNI = get_sync_in_settings_calb(calb);
  SSNI.SyncInFlags = SYNCIN_ENABLED | SYNCIN_GOTOPOSITION;
  set_sync_in_settings_calb(SSNI, calb);

  // SSNO settings
  var SSNO = get_sync_out_settings(calb);
  SSNO.SyncOutFlags = SYNCOUT_ENABLED;
  SSNO.Accuracy = 0.5;
  set_sync_out_settings(SSNO, calb);

  // SMOV settings
  var SMOV = get_move_settings_calb(calb);
  SMOV.Speed = 1000;
  SMOV.Accel = 500;
  SMOV.Decel = 1000;
  SMOV.AntiplaySpeed = 50;
  set_move_settings_calb(SMOV, calb);

  // SENG settings
  var SENG = get_engine_settings();
  SENG.NomSpeed = 5000;
  SENG.EngineFlags = ENGINE_ACCEL_ON | ENGINE_LIMIT_VOLT | ENGINE_LIMIT_CURR;
  SENG.Antiplay = 50;
  SENG.MicrostepMode = MICROSTEP_MODE_FRAC_256;
  SENG.StepsPerRev = 200;
  set_engine_settings(SENG);
}

function send_all_asia()
{
  for (var i = 0; i < dot_num; i++)
    command_add_sync_in_action_calb(ASIA[i], calb);
}

function check_all_asia()
{
  var GETS;

  for (var i = 0; i < dot_num; i++)
  {
```

```
    log("> Checking movement ASIA[" + i + "]", 3);
    msleep(ASIA[i].Time / micro2mili);
    GETS = get_status_calb(calb);
    if (abs(GETS.CurPosition - ASIA[i].Position) < dX)
      log(">>> OK! GETS.CurSpeed = " + GETS.CurSpeed, 3);
    else
      log(">>> Error! GETS.CurPosition = " + GETS.CurPosition + ", ASIA[" + i + "].Position = " +␣
↪ASIA[i].Position, 1);
    }
}

function test1()
{
  ASIA[0].Position = 22.5;
  ASIA[0].Time = 300000;

  ASIA[1].Position = 45.0;
  ASIA[1].Time = 300000;

  ASIA[2].Position = 32.5;
  ASIA[2].Time =300000;

  ASIA[3].Position = 10;
  ASIA[3].Time = 300000;

  ASIA[4].Position = -11.5;
  ASIA[4].Time = 300000;
}

function test2()
{
  ASIA[0].Position = -22.5;
  ASIA[0].Time = 300000;

  ASIA[1].Position = -45.0;
  ASIA[1].Time = 300000;

  ASIA[2].Position = -32.5;
  ASIA[2].Time =300000;

  ASIA[3].Position = -10;
  ASIA[3].Time = 300000;

  ASIA[4].Position = 11.5;
  ASIA[4].Time = 300000;
}

function test3()
{
  ASIA[0].Position = -6;
  ASIA[0].Time = 300000;

  ASIA[1].Position = 6;
  ASIA[1].Time = 300000;

  ASIA[2].Position = -6;
  ASIA[2].Time =300000;
```

```
  ASIA[3].Position = 6;
  ASIA[3].Time = 300000;

  ASIA[4].Position = -6;
  ASIA[4].Time = 300000;
}

command_zero();
set_default();
log(">>> Function test1() started", 3)
test1();
send_all_asia();
check_all_asia();
msleep(500);

command_zero();
set_default();
log(">>> Function test2() started", 3)
test2();
send_all_asia();
check_all_asia();
msleep(500);

command_zero();
set_default();
log(">>> Function test3() started", 3)
test3();
send_all_asia();
check_all_asia();
msleep(500);
```

Глава 7

Управление контроллером по Ethernet

7.1 Общая информация

Необходимость в подключении контроллера mDrive по Ethernet возникает в случаях, когда ПК, с которого будет осуществляться управление двигателем, установлен в отдалении от него на расстоянии более 5 метров, а также для обеспечения возможности управления двигателем одновременно с нескольких ПК или же множеством двигателей с одного ПК. Подключение по USB хотя и обладает преимуществом простоты конфигурации подключения («plug and play»), а также возможностью одновременного подключения нескольких контроллеров, оказывается менее удобным на практике при монтаже и эксплуатации большого количества (например более 5-10) контроллеров.

7.2 Подключение устройства

Подключите Ethernet кабель одним концом в любой из разъёмов Ethernet mDrive, а вторым — в устройство, с которого будет осуществляться управление двигателем. Таким устройством может быть как непосредственно **рабочий ПК**, так и **маршрутизатор**, в котором настроен доступ к входящим в локальную сеть компьютерам.

Для ПК, у которого отсутствует свободный интерфейс Ethernet (например, интерфейс уже занят другим подключением или отсутствует в принципе как на ноутбуке) подключение по Ethernet можно обеспечить с помощью подключения по USB дополнительной сетевой карты (переходники USB-Ethernet или USB-RJ45).

В большинстве случаев дальнейшая конфигурация подключения после установки сетевого кабеля не требуется, независимо от того к какому устройству было произведено подключение — ПК или к маршрутизатору локальной сети.

По умолчанию сетевой интерфейс ПК настроен на автоматическое получение IP адреса. В этом случае ПК и mDrive после подключения Ethernet кабеля **в течение 45 секунд** попытаются установить связь с внешним DHCP-сервером (в данном варианте неуспешно), а затем назначат себе произвольный IP-адрес в диапазоне **169.254.XXX.XXX** с маской подсети 255.255.0.0. Таким образом, устройства должны **автоматически оказаться в одной сети** спустя 45 секунд после подключения. **В случае маршрутизатора**, как правило, в локальной сети установлен DHCP-сервер, который **автоматически задаёт IP-адреса подключенным устройствам**. После подключения Ethernet кабеля

mDrive должен в течение минуты автоматически получить свой адрес от DHCP-сервера и установить связь с устройствами в локальной сети. Отсутствие DHCP-сервера в локальной сети чаще всего подразумевает статическую адресацию устройств, в связи с чем контроллеру mDrive необходимо установить статический IP-адрес, опираясь на известные и ранее определённые параметры сетевых интерфейсов устройств локальной сети.

Примечание: В случае возникновения проблем обратитесь к следующей главе *Устройство не найдено при подключении через Ethernet*.

Если конфигурация подключения была проведена корректно, то в ПО mDrive Direct Control после установки флага «**Enumerate network devices**» в правой части интерфейса и нажатии кнопки «**Rescan**» должны появиться подключенные контроллеры mDrive с указанием их серийных номеров. Рядом с найденными по сети устройствами по умолчанию всегда будут находиться два виртуальных устройства с типом подключения «xi-emu» и серийными номерами 1 и 2.

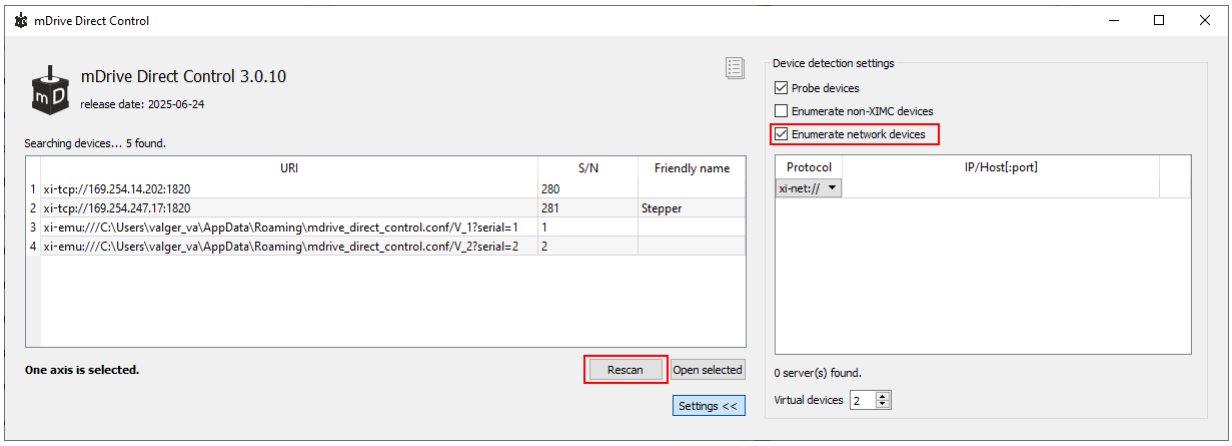


Рис. 7.1: Отображение найденных устройств в ПО mDrive Direct Control

Двойной щелчок по строке найденной оси откроет её окно управления. Вы можете управлять им в *одноосном режиме* или в *многоосевом режиме*, если перетаскиванием курсора или Ctrl+ЛКМ было выделено более одной оси и нажата кнопка «**Open selected**». Дополнительную информацию см. в *Руководстве по началу работы с программным обеспечением mDrive Direct Control* и *Руководство по программе mDrive Direct Control*.

Примечание: Следует понимать, что перемещение обнаруженного в mDrive Direct Control устройства, к которому ранее успешно было совершено подключение, сопровождающееся отключением/подключением портов устройства, может привести к изменению его IP-адреса и потере установленной связи с ПК.

7.3 Ошибки при подключении

Для диагностики проблем подключения воспользуйтесь утилитой «Revealer». Вы можете скачать её по данной ссылке.

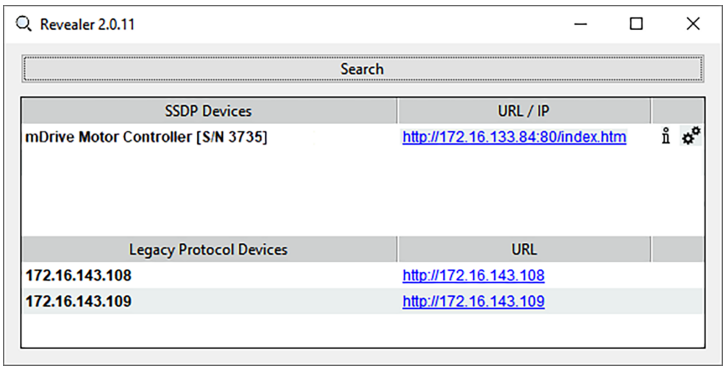


Рис. 7.2: Пользовательский интерфейс ПО Revealer

Нажатие кнопки «**Search**» отобразит список видимых в рамках сетевых интерфейсов ПК сетевых устройств, содержащий краткое описание устройств и их IP-адресов в виде интерактивных ссылок на соответствующий веб-интерфейс устройства (при наличии возможности). Поиск устройств осуществляется не только в рамках собственной, но и в рамках смежных подсетей (ограничено шлюзами), что позволяет определить IP-адреса даже тех устройств, подключение к которым при текущих сетевых настройках недоступно. Информация о фактически установленных IP-адресах устройств в сети поможет быстро решить проблемы конфигурации подключения и наладить связь с устройствами.

ПО «Revealer» позволяет сразу изменить сетевые настройки для обнаруженных контроллеров mDrive, в случае возникновении подобной необходимости. Это исключительно удобно, поскольку устраняет необходимость предварительно организовывать подключение к устройству в рамках одной подсети или подключение через USB для последующего редактирования сетевых параметров. Тем самым, такие типовые действия как перевести устройство с неизвестными сетевыми параметрами в автоматический режим получения IP-адреса или наоборот - задать подобному устройству требуемые статические параметры, чтобы оказаться в одной подсети с управляющим ПК, могут быть крайне быстро выполнены сугубо в пределах ПО «Revealer».

Функционирование ПО «Revealer» основано на работе широковещательных UDP и SSDP протоколов. Подробнее о SSDP можно прочитать по ссылке.

Предупреждение: В некоторых локальных сетях в целях безопасности работа протоколов UDP и SSDP может быть ограничена, что нарушает работу ПО «**Revealer**». Уточните наличие блокировки у сетевого администратора или обратитесь за помощью в вопросе определения IP адресов подключенных устройств в сети. В качестве альтернативного метода определения сетевых параметров контроллера можно рассмотреть кратковременное подключение устройства напрямую к ПК, данная процедура подробнее описана в главе *Подключенный к маршрутизатору контроллер недоступен*.

Примечание: Подробная пошаговая инструкция по устранению проблем подключения контроллеров mDrive приведена в следующей главе - *Устройство не найдено при подключении через Ethernet*.

7.4 Примеры схем подключения устройств

На рисунках ниже приведены различные примеры схем подключения устройств mDrive по Ethernet. Обратите внимание, что на первых двух схемах управление двигателем будет доступно только с ПК,

к которому напрямую подключен mDrive. В случае наличия локальной сети подключение контроллера напрямую к ПК может быть обусловлено желанием исключить даже случайную возможность одновременного управления двигателем из любого другого ПК сети, что может нарушить запущенный технологический процесс.

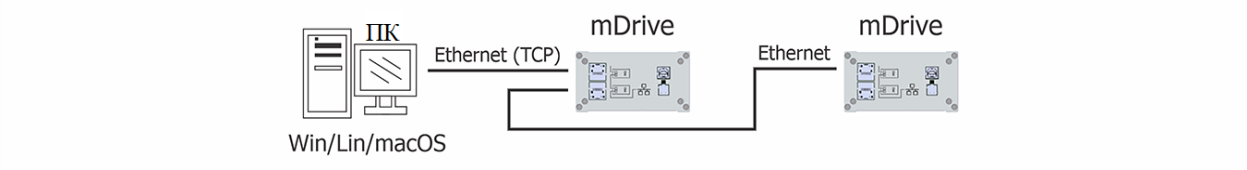


Рис. 7.3: Прямое подключение двух контроллеров mDrive по цепочке к ПК

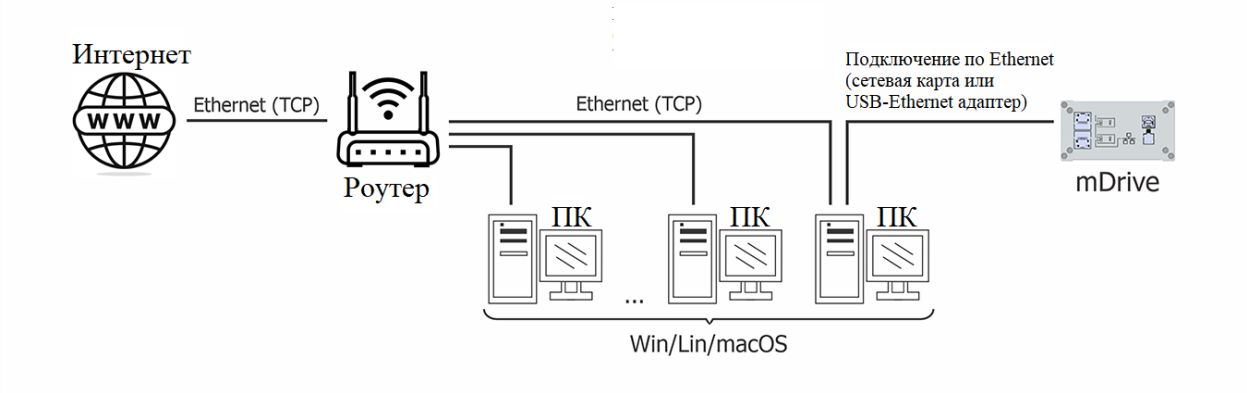


Рис. 7.4: Прямое подключение контроллера mDrive к ПК, подключенному к локальной сети с выходом в сеть Интернет, доступ к управлению ограничен данным ПК

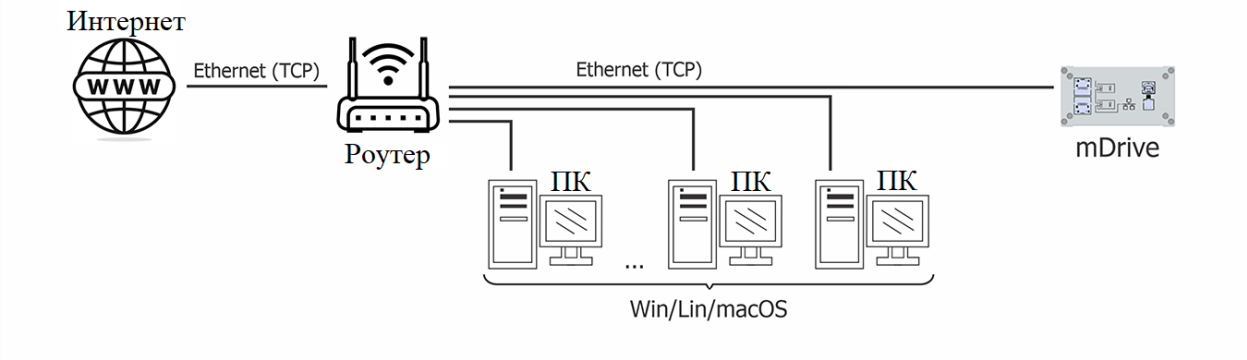


Рис. 7.5: Подключение контроллера mDrive к локальной сети, для обеспечения доступа к управлению из любого ПК сети

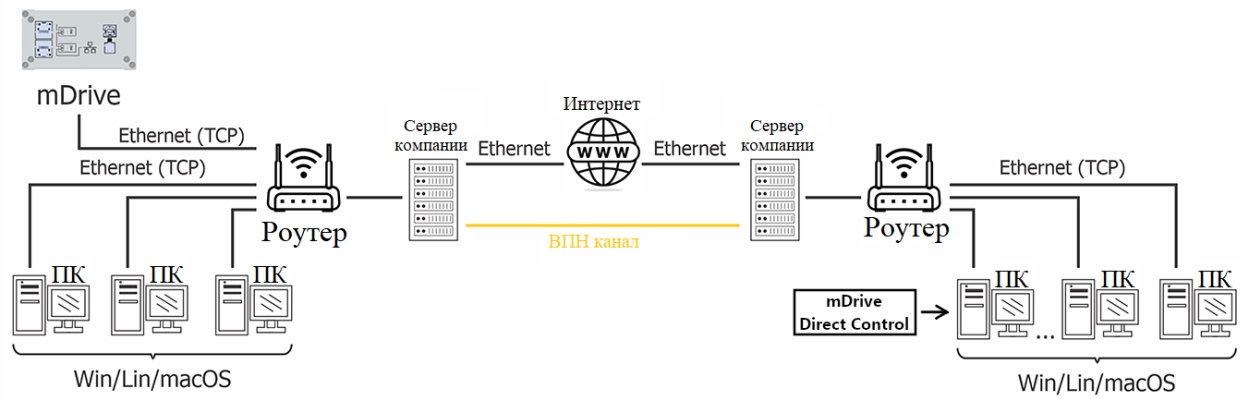


Рис. 7.6: Подключение через VPN к удалённому контроллеру, расположенному в другом офисе

Глава 8

FAQ

8.1 Устройство не найдено / Не удается открыть устройство

- *Подключение через USB*
  - *Windows*
  - *Linux*
  - *MacOS*
- *Подключение через Ethernet*
  - *Общие рекомендации*
  - *Подключенный к ПК контроллер не отображается*
  - *Подключенный к маршрутизатору контроллер недоступен*
  - *Конфигурация сетевых настроек контроллера*

8.1.1 Подключение через USB

mDrive Direct Control или другое программное обеспечение не видит контроллер.

Наиболее распространённые причины подобных ошибок - использование COM-порта контроллера другой программой, сбои в работе USB-хаба или кабеля, а также некорректное определение виртуального COM-порта операционной системой на данном ПК.

- Библиотека Libximc работает с контроллером в режиме эксклюзивного доступа. **Каждый контроллер, открытый библиотекой libximc (mDrive Direct Control тоже использует эту библиотеку) должен быть закрыт, прежде чем может быть использован другим процессом**. Поэтому прежде чем попытаться открыть контроллер заново, проверьте, что mDrive Direct Control или другое программное обеспечение, взаимодействующее с контроллером, закрыто

- Попробуйте воспроизвести данную ошибку на другом компьютере или с другим USB-хабом, если он используется

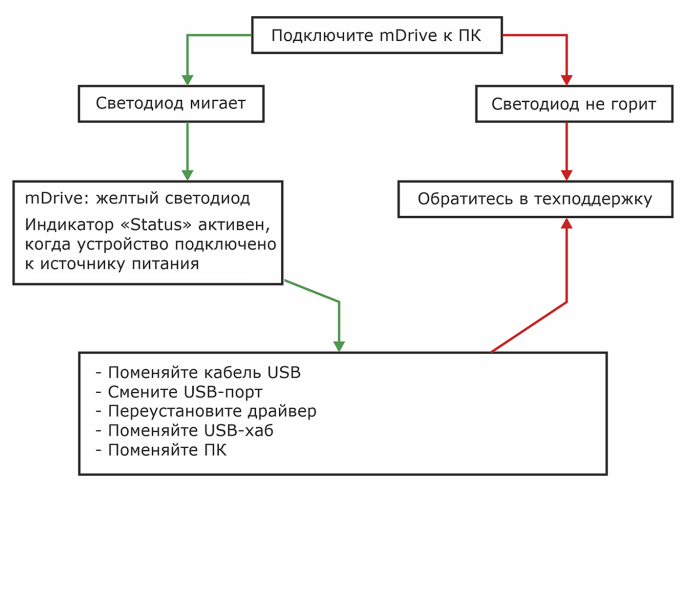


Рис. 8.1: Блок схема диагностики проблем подключения контроллера mDrive через USB (Windows)

Ниже приведены карты действий для ненайденного контроллера.

8.1.1.1 Windows

- Проверьте, что COM-порт, соответствующий вашему контроллеру, присутствует в Диспетчере устройств. Контроллер должен отображаться как *«mDrive Motor Controller (COMn)»*. Если контроллер не распознан, попробуйте переустановить драйвер контроллера вручную.
- Попробуйте открыть COM-порт контроллера в любом простом последовательном эмуляторе (например, PuTTY) и отправить контроллеру одну из простых команд (*«GETS»*, *«GETI»*, «stop», «sstp», «zero»). Параметры подключения описаны *здесь*. Отсутствие ошибок означает, что контроллер работает правильно, и проблема вызвана используемым программным обеспечением.

8.1.1.2 Linux

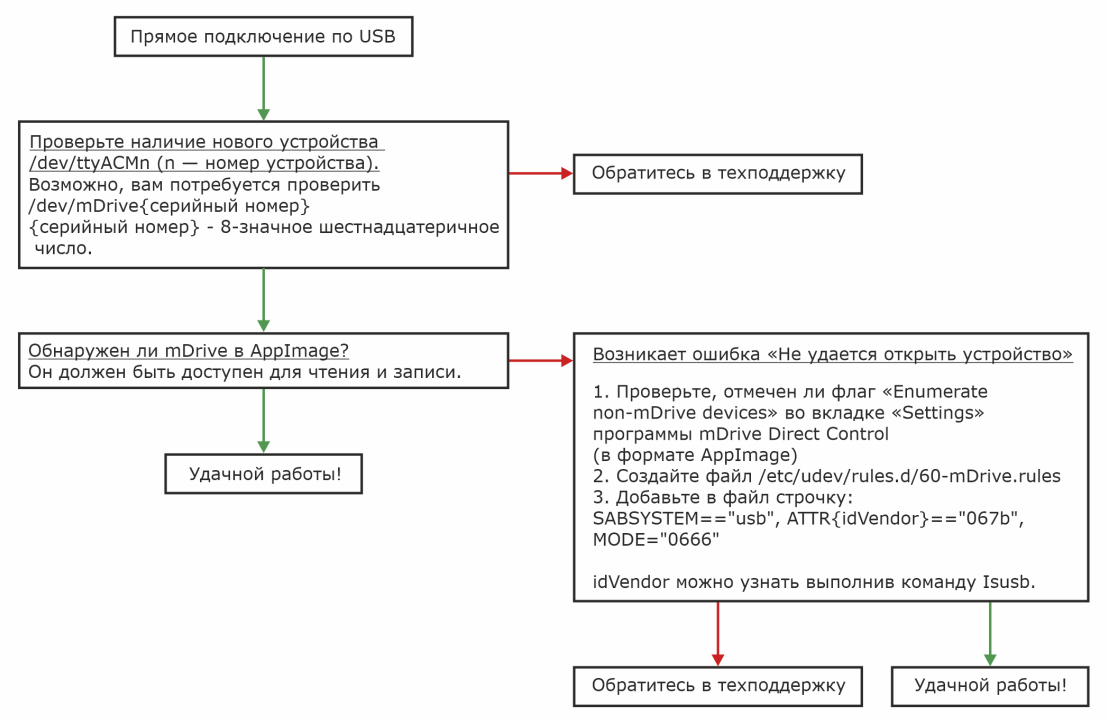


Рис. 8.2: Блок схема диагностики проблем подключения контроллера mDrive через USB (Linux)

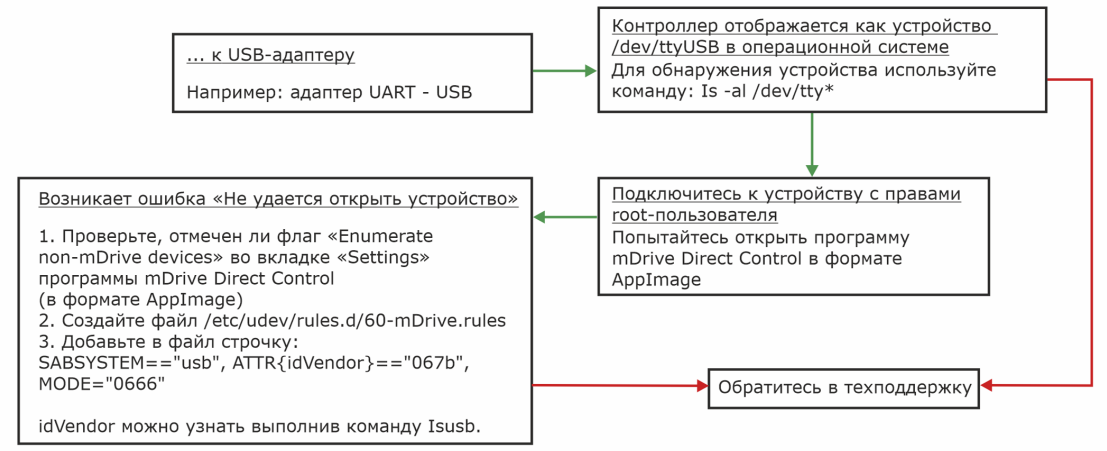


Рис. 8.3: Блок схема диагностики проблем подключения контроллера mDrive через USB-адаптер (Linux)

Комментарий к решению проблемы «Can't open device» (2 ветка):

В **Linux**, при работе с контроллером через USB-... переходник, появляется устройство /**dev/ttyUSB**. mDrive Direct Control отображает его в списке, но при попытке открыть возникает ошибка «can't open device» из-за отсутствия соответствующих прав доступа к устройству.

Для решения данной проблемы создайте файл: /etc/udev/rules.d/60-mdrive.rules и добавьте в него

следующую строку:

```
SUBSYSTEM=="usb", ATTR{idVendor}=="067b", MODE="0666"
```

Идентификатор idVendor можно найти с помощью команды *lsusb*.

Примечание: Одним из возможных вариантов решения проблемы «**device not found**» является добавление пользователя в группу dialout. **Важно**: после добавления в группу необходимо перезагрузить компьютер.

8.1.1.3 MacOS

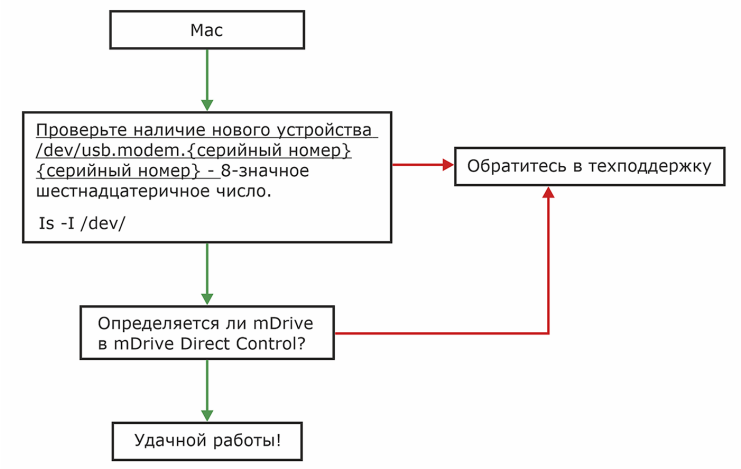


Рис. 8.4: Блок схема диагностики проблем подключения контроллера mDrive через USB (macOS)

8.1.2 Подключение через Ethernet

8.1.2.1 Общие рекомендации

- В первую очередь убедитесь, что светодиоды портов Ethernet (на самом контроллере или подключенном устройстве) мигают — это свидетельствует об исправности кабеля.
- В ПО «**mDrive Direct Control**» убедитесь, что установлена галочка «**Enumerate network devices**», нажимайте «**Rescan**» после выполнения каждого пункта дальнейших рекомендаций. Возможно, выполнение одного из пунктов окажется достаточным для восстановления соединения.

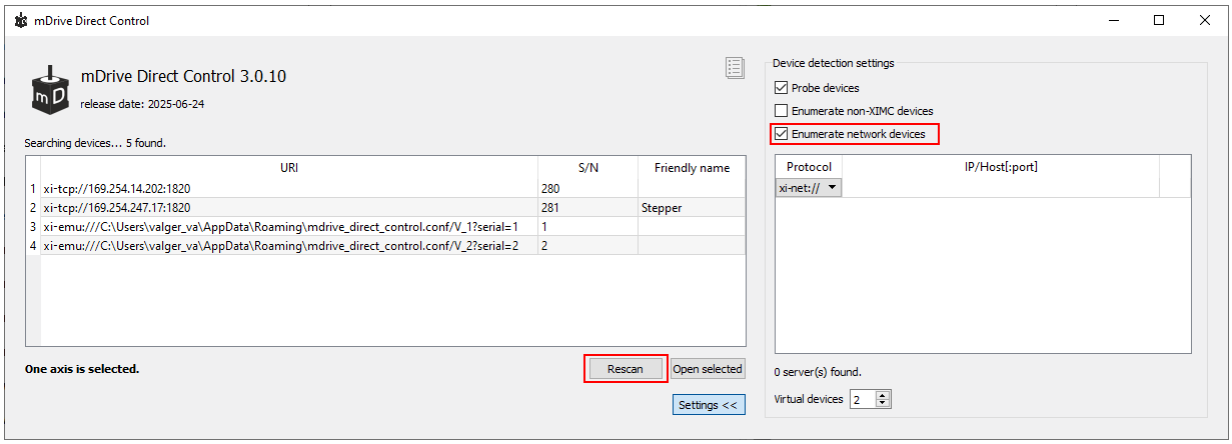


Рис. 8.5: Установка флага «**Enumerate network devices**» в ПО mDrive Direct Control

- На ПК, на котором запущено ПО «**mDrive Direct Control**», попробуйте временно отключить брандмауэр. В случае ОС Windows - «Брандмауэр Защитника Windows».

8.1.2.2 Подключенный к ПК контроллер не отображается

Контроллер, подключённый к некоторому ПК, не отображается в «**mDrive Direct Control**», запущенном на этом же ПК.

- Убедитесь, что сетевой интерфейс ПК находится в режиме автоматического получения IP-адреса. В ОС Windows для этого нажмите комбинацию клавиш Win+R, введите в окне «ncpa.cpl», откройте у соответствующего подключению адаптера «Свойства» -> «Internet Protocol Version 4 (TCP/IPv4)» -> «Получить IP-адрес автоматически».

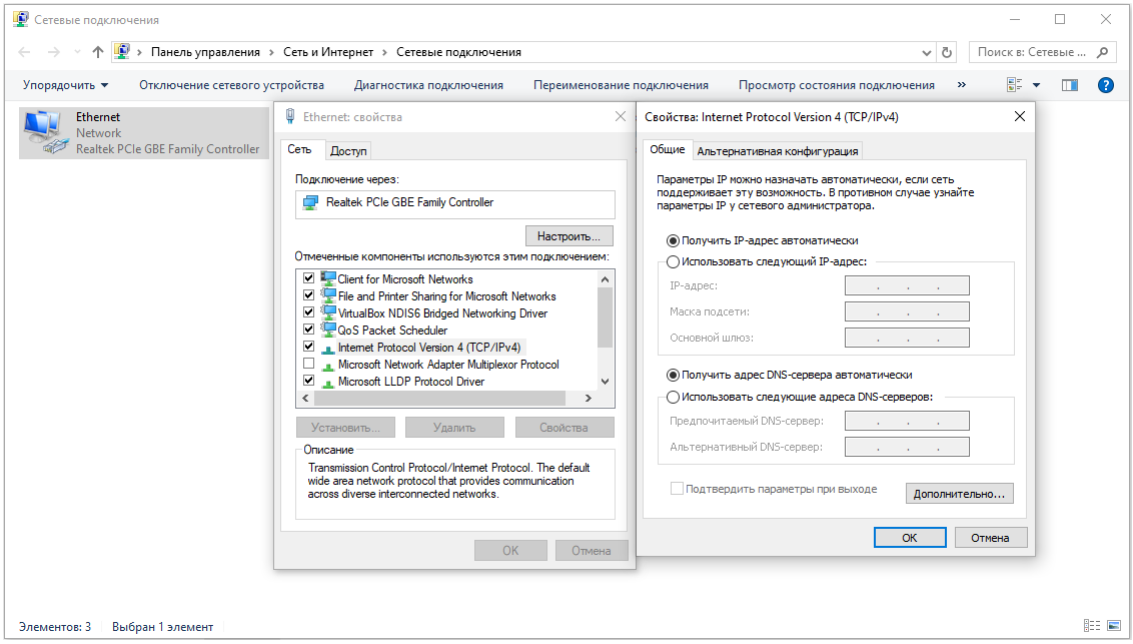


Рис. 8.6: Окно настройки сетевого адаптера в ОС Windows

- Убедитесь в том, что оба устройства находятся в рамках одной подсети. Для этого в ПО «Revealer» запустите поиск устройств, сравните полученный IP-адрес контроллера с текущим

IP-адресом сетевого интерфейса ПК, к которому подключен контроллер. Проверку следует проводить не ранее чем через 45 секунд с момента подключения Ethernet кабеля. Получить IP-адрес сетевого интерфейса ПК в Windows можно запуском команды «ipconfig» в командной строке. Оба устройства должны находиться в **одной сети формата 169.254.XXX.XXX**. Если IP-адрес контроллера отличается от заданного формата, то скорее всего ранее ему был присвоен статический IP-адрес. Верните контроллер в режим автоматического получения IP-адреса *(ссылка на главу)*. В качестве альтернативного способа вместо возврата автоматического сетевого режима для контроллера можно установить статический IP-адрес сетевому интерфейсу ПК таким образом, чтобы ПК оказался в одной сети с контроллером. Например, к контроллеру с IP-адресом 192.168.1.15 можно подключиться из ПК с адресом формата 192.168.1.X, маской 255.255.255.0, где X – число в пределах от 1 до 254, отличное от 15, пустым полем шлюза. Для ОС Windows определение данных параметров осуществляется в том же окне, что было приведено на рисунке выше.

8.1.2.3 Подключенный к маршрутизатору контроллер недоступен

Контроллер, подключенный к маршрутизатору, не отображается в «**mDrive Direct Control**», запущенном на ПК, входящий в локальную сеть маршрутизатора.

- Определите IP-адрес контроллера в ПО «**Revealer**», запустив поиск. Порядок действий в случае, когда устройство не отображается в Revealer будет рассмотрен позднее.
- IP-адрес формата **169.254.XXX.XXX** свидетельствует о том, что по какой-либо причине mDrive спустя минуту после подключения Ethernet кабеля **не удалось автоматически получить IP-адрес** от DHCP-сервера (не дошли пакеты или сервер в принципе отсутствует). Отсутствие DHCP сервера чаще всего подразумевает, что устройствам в данной сети заданы статические IP-адреса. Для корректного подключения контроллера в подобную сеть, необходимо обладать информацией о сетевых настройках окружающих устройств - обратитесь за помощью к сетевому администратору или документации сети. Установите требуемый статический IP-адрес контроллеру *(ссылка на главу)*.
- IP-адрес иного формата может быть в двух случаях - устройство успешно получило IP-адрес от DHCP сервера и соединение нарушено по другим причинам, а также в случае, если контроллеру ранее был задан статический IP-адрес. Если текущий статический адрес контроллера не подходит для данной локальной сети, его нужно соответствующим образом скорректировать *(ссылка на главу)*. В случае автоматически полученного IP-адреса диагностику необходимо продолжать дальше.
- Даже при корректной конфигурации сети контроллера, устройства могут не отображаться в ПО «**mDrive Direct Control**», если ПК, с которого ведётся поиск, и контроллер, подключённый в сеть, соединены через шлюз. Шлюз может ограничивать широковещательные протоколы, которые используются для нахождения устройств mDrive. Если после выполнения предыдущих пунктов устройства так и не обнаружились, в ПО «**mDrive Direct Control**», выбрав опцию «**xi-tcp**», в правом окне добавьте вручную известные IP-адреса контроллеров, (например, перечисленные в «**Revealer**»), повторите нажатие «**Rescan**».

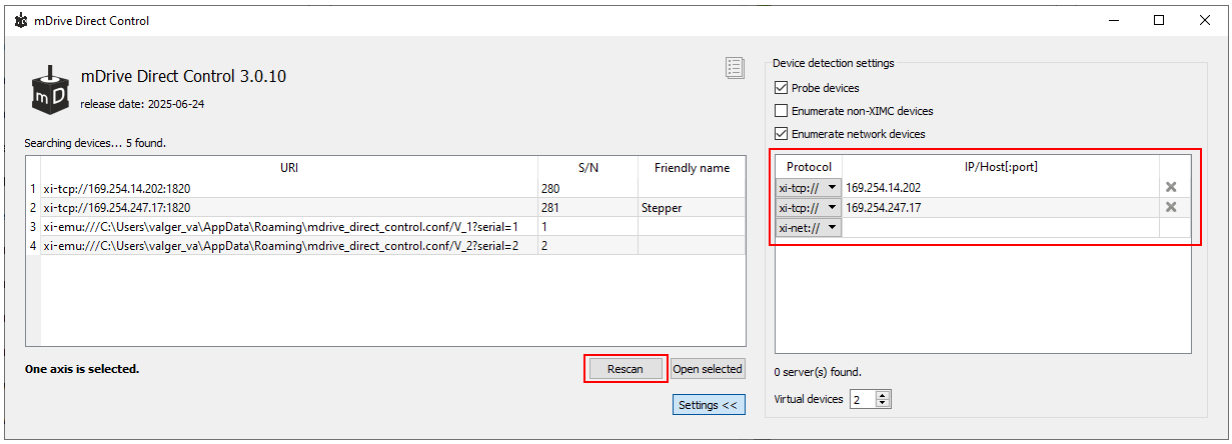


Рис. 8.7: Ручное определение IP-адресов искомых устройств в ПО mDrive Direct Control

- Отсутствие контроллеров в списке обнаруженных устройств ПО «**Revealer**» может свидетельствовать о том, что в сети ограничена работа SSDP протокола или между контроллером и ПК расположен шлюз. В таком случае, чтобы задать корректные сетевые настройки контроллеру, подключите его временно напрямую к ПК (неважно - по USB или Ethernet) (при возникновении проблем, обратитесь к разделу *«Подключенный к ПК контроллер не отображается»*, проанализируйте его текущие сетевые настройки и измените их требуемым образом, если они не обеспечивают корректного подключения к локальной сети *(ссылка на главу)*.

8.1.2.4 Конфигурация сетевых настроек контроллера

В ходе решения проблем подключения возникает необходимость изменить сетевые настройки контроллера. Для установки автоматического режима получения контроллером IP-адреса в любом из описанных далее интерфейсов требуется установить опцию/галочку DHCP - в таком режиме прочие сетевые настройки, приведённые в интерфейсе, будут проигнорированы. Для задания статического IP-адреса необходимо убедиться, что опция/галочка DHCP снята (или выбран режим Static), и задать требуемые значения полей IP address, Network Mask и Default Gateway, подобранные с учётом настроек статических адресов других устройств локальной сети. Осуществить это можно несколькими способами:

- **Конфигурация в ПО «Revealer» по иконке «шестерёнка»**. Предпочтительный способ, наиболее быстрый и доступен в следующих случаях независимо от подключаемого устройства (ПК или маршрутизатор):
  - оба устройства в одной подсети,
  - оба устройства в смежных подсетях, но связь между ними не ограничена шлюзом.

ПО «**Revealer**» можно скачать по ссылке. В ПО «Revealer» нажмите на шестерёнку напротив строки контроллера с требуемым серийным номером. В открывшемся окне введите пароль веб-панели устройства (по умолчанию **0000**) в поле «Password», задайте требуемые сетевые параметры и нажмите кнопку «OK». В результате должно появиться окно с уведомлением об успешном применении новых настроек.

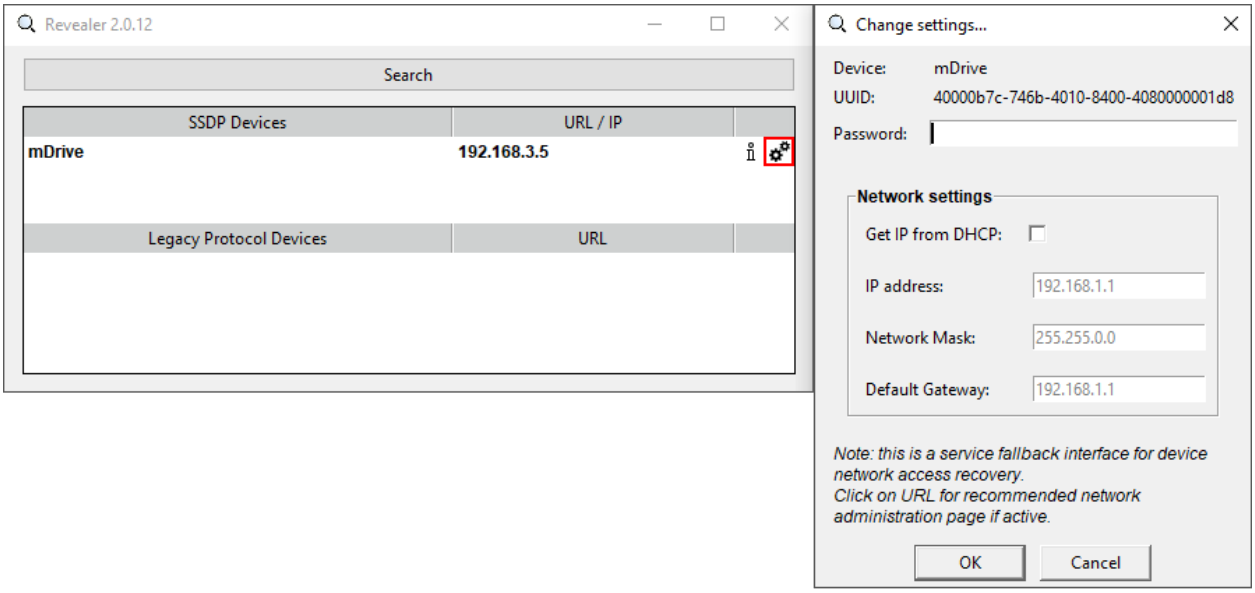


Рис. 8.8: Окно редактирования сетевых параметров в ПО «Revealer»

- **Конфигурация через веб-панель**. Возможна в случае, когда оба устройства находятся в одной подсети. Плохо подходит для решения проблем подключения, поскольку наличие устройств в одной подсети в большинстве случаев уже обеспечивает исправное соединение. Адрес веб-панели имеет вид «http://X.X.X.X:80/index.htm». Узнать IP-адрес панели можно с помощью поиска устройств в ПО «**Revealer**» - при успешном нахождении «**Revealer**» сформирует интерактивную ссылку в столбце IP-адреса, по щелчку на которую можно сразу же попасть на веб-панель. Также, адрес панели может быть известен заранее, если IP-адрес контроллера был ранее статически задан. Для входа в веб-панель укажите пароль (по умолчанию **0000**), задайте требуемые сетевые параметры и нажмите кнопку «Применить». Возникнет всплывающее окно, предупреждающее, что изменение сетевых параметров может привести к потери доступа к веб-панели по старому адресу, нажмите «ОК».



Рис. 8.9: Веб-панель mDrive

- **Временное подключение устройства к ПК через USB**, настройка сетевых параметров в mDrive Direct Control. Опция доступна только в версии mDrive Direct Control 3.1.X и выше! Преимущество способа - гарантированная возможность изменить сетевые настройки контроллера независимо от того, как оно было сконфигурировано ранее. Неудобство способа заключается в том, что скорее всего для подключения к ПК по USB контроллер придётся перемещать. Подключите контроллер по USB, откройте устройство в mDrive Direct Control (для поиска устройства достаточно выбранной опции «**Probe devices**»), нажмите кнопку «**Settings**», перейдите во вкладку **Network**, задайте требуемые сетевые параметры, нажмите кнопку «**Set**», чтобы записать сетевые настройки на контроллер.

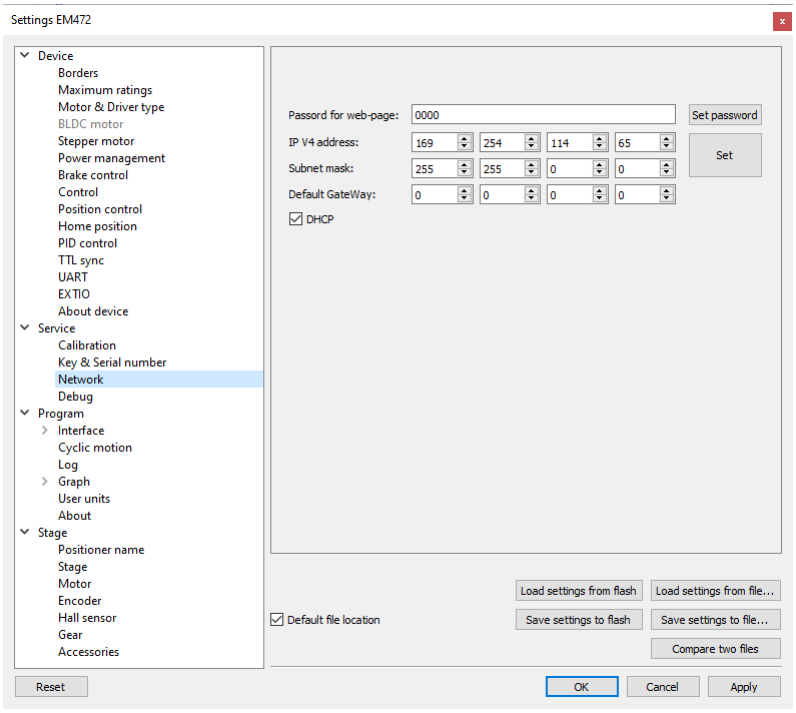


Рис. 8.10: Окно редактирования сетевых параметров в ПО «mDrive Direct Control» при подключении к контроллеру по USB

8.2 Не удаётся вращать двигатель при помощи контроллера

- *Контроллер в состоянии Alarm*
- *Двигатель вибрирует, вращения нет*
- *Механическое заклинивание*

8.2.1 Контроллер в состоянии Alarm

Для безопасности работы контроллера и двигателя устанавливаются максимальные и минимальные значения токов, напряжений, температуры. Выход из допустимого диапазона для любого из этих параметров приводит к тому, что движение прекращается, обмотки двигателя обесточиваются, контроллер переходит в состояние Alarm и *главное окно программы mDrive Direct Control* приобретает красный оттенок.

Для начала следует определить тип Alarm:

1. Залипающий — требует устранения причины возникновения. Например, при перегреве силового драйвера необходимо дождаться снижения температуры до рабочего уровня, после чего **снять Alarm кнопкой STOP**.
2. Причинный — вызывается конкретным событием или действием. Например, неверные настройки двигателя могут вызвать *флаг ENGR*. В этом случае требуется устранить саму причину события (например, исправить параметры двигателя). **Снять Alarm командой STOP**.

Если самостоятельно не получается устранить Alarm, сделайте скриншот главного окна mDrive Direct Control и отправьте его в техподдержку с подробным описание проблемы.

8.2.2 Двигатель вибрирует, вращения нет

У данной проблемы может быть несколько причин:

- Основной причиной некорректной работы позиционеров/моторов является **ошибочный профиль конфигурации**. В качестве исправления предлагается загрузить профиль по полному названию вашего позиционера. Информация по самостоятельной настройке находится в разделе *ручная настройка профиля*.
- **Неправильно настроены концевые выключатели**, в результате чего позиционер уехал в концевой выключатель. Обычно это можно увидеть по загорающимся индикаторам в mDrive Direct Control.

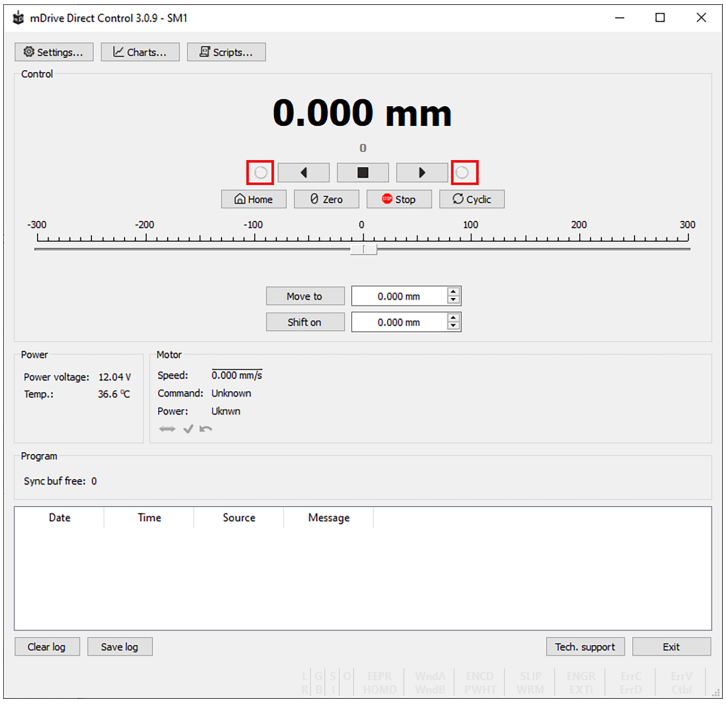


Рис. 8.11: Главное окно mDrive Direct Control с выделенными концевыми выключателями

- **Сгоревшая обмотка** двигателя, проблемы с **контактом в разъёме** и т.п. Диагностировать проблемы такого рода можно самостоятельно. Для этого в mDrive Direct Control есть возможность вывести графики напряжения и тока во время работы двигателя. В исправном двигателе ток в обмотках меняется по синусу или косинусу. В сломанном двигателе будут заметны сильные отличия формы сигналов от гармонической.

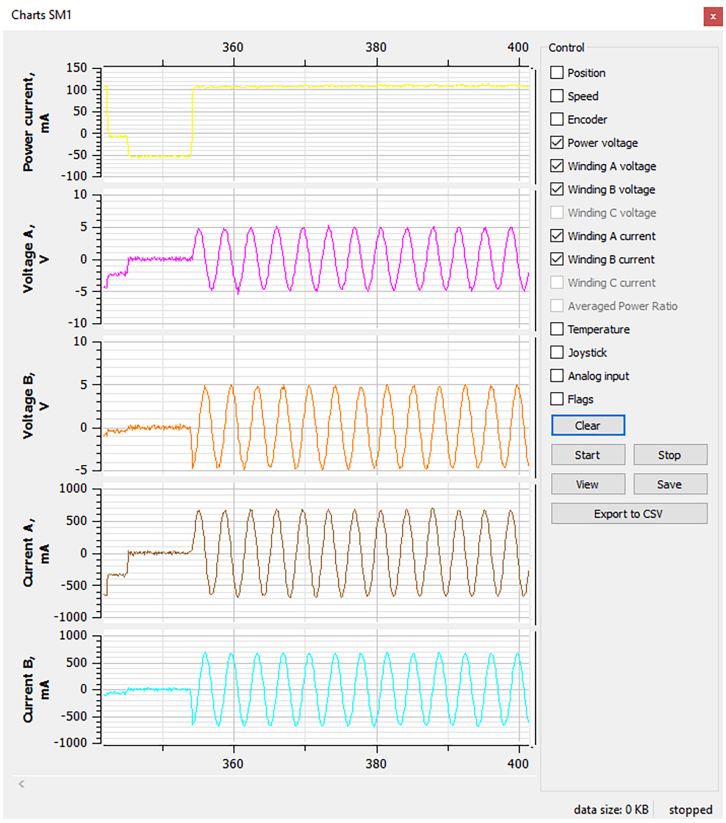


Рис. 8.12: Исправный случай

На графиках ниже видны проблемы. Например, отсутствует ток через обмотку B. Вероятно, в ней имеется разрыв. Также искажены остальные формы напряжений и токов.

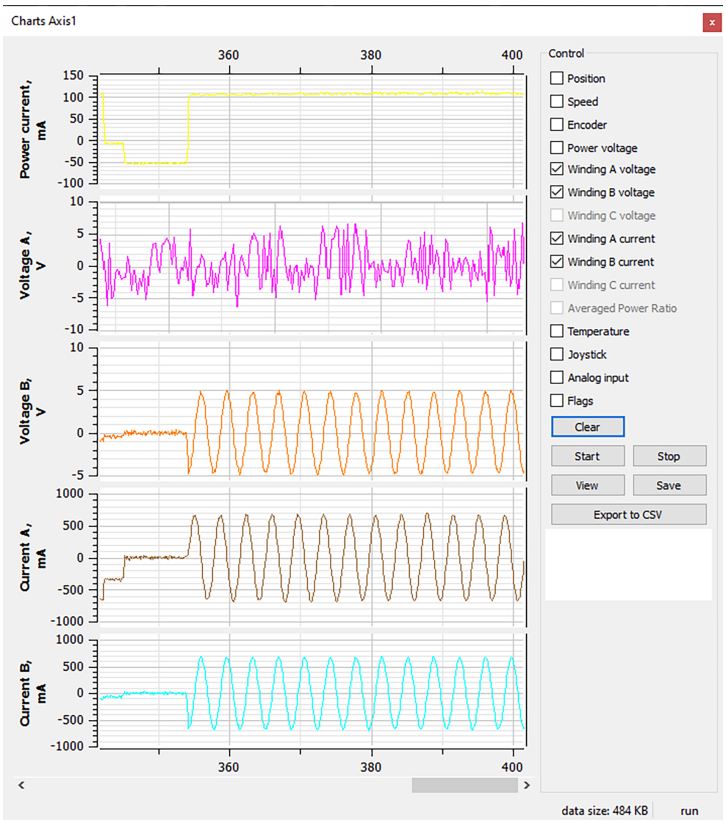


Рис. 8.13: Имеются проблемы с двигателем

Для диагностики проблемы **установите рабочую скорость 1 шаг/сек** и подайте команду движения. Далее включите вывод графиков напряжений и токов в обмотках A и B и график полного тока в mDrive Direct Control (кнопка *Charts*, далее отметьте галочками). Подождите некоторое время, пока графики построятся. После этого рекомендуется отправить их (кнопка *Save* для сохранения) в техподдержку с подробной формулировкой проблемы. Иногда при сгоревшей обмотке невозможно пользоваться mDrive Direct Control из-за постоянной потери устройства, и вывод графиков становится невозможен. В этом случае также обратитесь в техподдержку с подробным описанием проблемы.

8.2.3 Механическое заклинивание

Существует два способа справиться с заклиниванием в позиционере:

- Провернуть мотор руками, если это возможно.
- Увеличить ток в обмотке в 2-3 раза на короткое время (до 5-10 секунд) и подать команду движения в нужную сторону на невысокой скорости (**50-100 шагов/сек** - разумное значение). Через несколько секунд после вращения нажимайте клавишу остановки (чёрный квадратик) в главном окне mDrive Direct Control, до тех пор, пока не появится статус **power off**. Это позволит избежать перегрева двигателя. **После выполнения данной операции не забудьте вернуть настройки обратно!**

8.3 Зависание операционной системы при использовании библиотеки libximc и ядра Linux с версией менее 3.16

Комментарий: Проблема является следствием ошибки в драйвере последовательного порта cdc-acm. Наблюдается при частом последовательном открытии и закрытии нескольких устройств. Зависание проявляется на Debian 7 (ядро 3.2), не проявляется на Debian 8 (ядро 3.16). Дополнительная информация о проблеме находится по следующей ссылке.

Решение: Обновление текущей версии Linux.

8.4 Потеря USB-соединения

Наиболее распространенная причина такого рода проблем заключается в заземлении. Чтобы выяснить причину постоянной потери USB-соединения, следует:

- Если контроллер и/или позиционер крепятся к металлическому столу, временно подложите под них что-нибудь диэлектрическое или полностью перенесите их на диэлектрическую поверхность;
- Заземлите компьютер;
- Заземлите контроллер;
- Заземлите позиционер;

Примечание: Если описанные выше шаги устранили проблему потери USB-соединения, значит проблема заключалась в заземлении вашего металлического стола. На нем возникали колебания электрического потенциала.

- Замените USB-кабель. *Используйте только проверенные и заведомо работоспособные USB-кабели!* Неисправный или некачественный USB-кабель может стать причиной неправильной работы контроллера, в том числе ошибок при вращении двигателя или при распознавании устройства операционной системой. **Супер короткие кабели с толстыми проводами и экранированием** идеально подходят для надежного соединения;
- Используйте другой USB-порт;
- Используйте другой ПК.

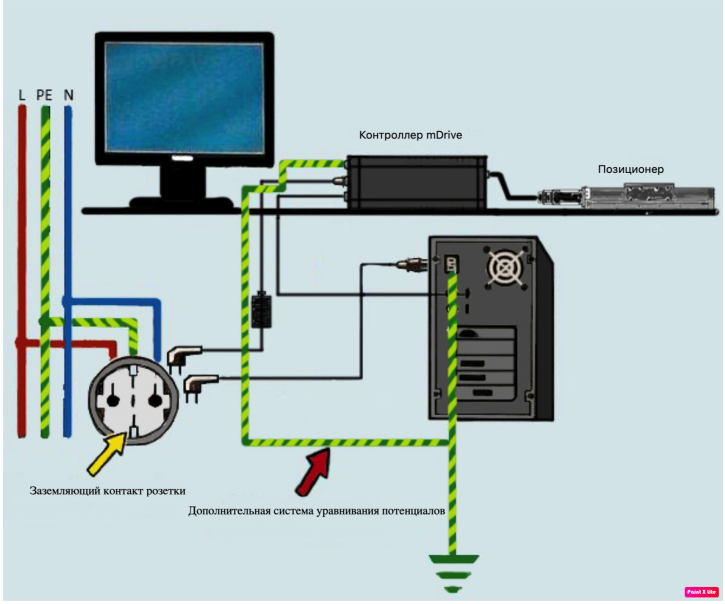


Рис. 8.14: Пример правильного заземления

8.5 CRC алгоритм на Python

Ниже приведен пример используемого нами алгоритма **CRC-16/MODBUS**, который написан на Python.

```
def crc16(data: bytes):
 crc = 0xffff
 for cur_byte in data:
   crc = crc ^ cur_byte
   for _ in range(8):
      a = crc
      carry_flag = a & 0x0001
      crc = crc >> 1
      if carry_flag == 1:
         crc = crc ^ 0xa001
   return bytes([crc % 256, crc >> 8 % 256])


data = b"\x00\x00\x00\xC8\x00\x00\x00\x00\x00\x00\x00\x00"
crc = crc16(data)

crc_str = " ".join("{:02x}".format(x) for x in crc)
print(crc_str)
```

Примечание: По этой ссылке Вы можете найти алгоритм CRC-16/MODBUS написанный на *C#*, *Java* и *PHP*, найденный в интернете с открытым исходным кодом.

За работоспособность кода отвечают его разработчики.

8.6 Где я могу найти руководство по программированию для контроллера mDrive?

Руководство по программированию включено в архив libximc 3.X.X, где 3.X.X - номер версии. Руководство находится в /ximc-3.X.X/ximc/doc-ru/libximc7-ru.pdf. Руководство по программированию можно найти на сайте *files.mdrive.tech <https://files.mdrive.tech/ru/product/mDrive/>*. Руководство по программированию создано в системе Doxygen.

8.7 Как реализовать кнопку экстренной остановки?

Для реализации кнопки аварийной остановки вам потребуется использовать *цифровой вход/выход общего назначения* (контакты **9. Вход GPIO 1** и **18. Логическая земля (GND)**), расположенные на *разъеме DVI-I*.

Используя библиотеку libximc, нужно будет установить флаг **0x5 - EXTIO_SETUP_MODE_IN_ALARM** (см. *Команду SEIO*).

Если вы используете mDrive Direct Control, нужно снять флажок «IO pin is output» в *настройках EXTIO* , а затем из выпадающего списка выбрать «Alarm on input».

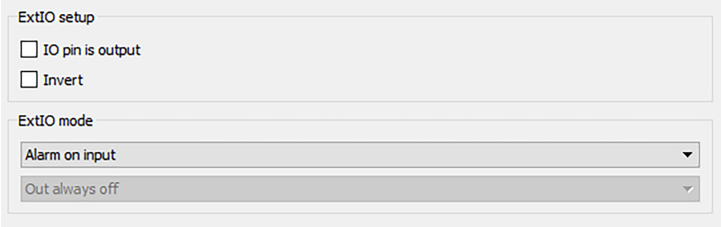


Рис. 8.15: Настройка цифрового входа EXTIO для работы в режиме «Alarm on input» (аварийная остановка)

Важно: Для кнопки аварийной остановки рекомендуется использовать именно ALARM, так как ALARM не позволит выполнять какие-либо действия до тех пор, пока он не будет сброшен (сброс происходит с помощью кнопки stop или при вызове команды stop).

Если вместо ALARM используется другая команда, например «stop» или «power off», то при вызове любой команды движения (MOVE/MOVR/LEFT/RIGT) движение продолжится, несмотря на то, что кнопка осталась нажатой. **В функционал аварийной кнопки не заложена плавная остановка!**

8.8 Как вернуть окно mDrive Direct Control, которое скрылось за пределами экрана?

Все данные установленных программ хранятся в скрытой папке *AppData* (настройки, закладки, история, сохранения и т.д.). Один из следующих шагов поможет вам восстановить потерянное окно mDrive Direct Control:

Настройки mDrive Direct Control по умолчанию. Перейдите в каталог *C:|Users|<your_user>|AppData|Roaming* -> найдите папку *mdrive_direct_control.conf* -> переименуйте или удалите ее. После этого настройки mDrive Direct Control будут восстановлены по умолчанию, и все потерянные окна должны вернуться.

Вы также можете вручную изменить размер окна. Для этого в папке *mdrive_direct_control.conf* найдите файл с серийным номером вашего контроллера, *например: SM123.cfg* , откройте его любым текстовым редактором и измените поля:

```
[settingsWindow_params]
position = @ Point (411 1057)
size = @ Size (722 286)
```

Расположите окна каскадом. Щёлкните правой кнопкой мыши по панели задач. Выберите «Расположить окна каскадом». Все открытые программы появятся перед вами, и можно будет рассортировать их.

Включите обнаружение дисплеев. Нажмите правой кнопкой мыши на рабочем столе и выберите «Параметры экрана». Затем щёлкните «Обнаружить». Windows вернёт пропавшие окна на экран. Помогает, если проблема возникла из-за того, что у вас несколько мониторов.

Измените разрешение экрана. Щёлкните правой кнопкой мыши на рабочем столе и нажмите «Параметры экрана». В открывшемся окне измените разрешение на какое-нибудь другое, доступное вам. Windows переместит все вышедшие за пределы экрана окна обратно на дисплей. После этого можно вернуть то разрешение, что было у вас по умолчанию.

Используйте сочетание клавиш. Первым делом, сделайте «сбежавшее» окно активным. То есть, выделите его мышкой на панели задач или через Alt+Tab переключитесь на него. Нажмите комбинацию Alt+пробел. Она открывает специальное системное меню активного окна. Далее нажимаем стрелку вниз на клавиатуре и выделяем второй пункт — **Переместить**. Нажимаем Enter. Теперь, после нажатия Enter, окно готово к перемещению. Нажмите клавишу влево или вправо на клавиатуре и начните перемещать окно. Вы увидите контур передвигаемой программы. Продолжайте удерживать клавишу со стрелкой до тех пор, пока весь контур не окажется на видимом рабочем столе. После этого нажмите Enter.

8.9 Как проверить, установлено ли соединение с mDrive и активно ли оно еще во время моего сеанса с помощью библиотеки libximc?

Чтобы постоянно проверять наличие соединения между контроллером и библиотекой libximc, регулярно отправляйте команду get_status в цикле.

```
result_t XIMC_API get_status (device_t id, status_t *status)
```

Описанный выше метод может быть реализован в любой программе, использующей библиотеку libximc.

Примечание: Аналогичный метод проверки соединения реализован в mDrive Direct Control

---

8.10 Управление Raspberry Pi

Важно: Поддерживаются почти все одноплатные компьютеры ARM (Raspberry Pi 1/2/3/4/..., NanoPi, Cubieboard и т.д.). Единственным ограничением является то, что ядро ARM должно быть версии 7 или выше.

На платформах с архитектурой ARM программное обеспечение **mDrive Direct Control не поддерживается**. Управление контроллером в этом случае осуществляется с использованием библиотеки

libximc.

Для работы на Linux требуется установить оба пакета **libximc7_x.x.x** и **libximc7-dev_x.x.x** целевой архитектуры **в указанном порядке**. Для установки пакетов можно воспользоваться .deb командой: `dpkg -i filename.deb`, где «filename.deb» - это имя пакета (пакеты в Debian имеют расширение .deb). Запускать dpkg необходимо с правами суперпользователя (root).

В ОС на базе Linux контроллеры mDrive должны распознаваться как устройства **ttyACMn** и иметь символическую ссылку в **/dev/mdrive/**

Контроллер может не видеться в системе из-за отсутствия прав доступа к устройству. Чтобы решить эту проблему, создайте файл: `/etc/udev/rules.d/60-mdrive.rules` и добавьте в него следующую строку: `SUBSYSTEM=="usb ATTRS{idVendor}=="067b MODE="0666"`

Идентификатор *idVendor* можно узнать, выполнив команду `lsusb`. Также одним из возможных решений проблемы «no device found» является добавление пользователя в группу **dialout**. **Важно**: После добавления пользователя в группу необходимо перезагрузить компьютер.

Комплект разработчика можно скачать на странице Программное обеспечение. Он содержит скомпилированную библиотеку libximc для систем Windows, Linux и Mac OS, руководство по программированию и примеры. Libximc — это кроссплатформенная библиотека, поддерживающая языки C++, C#, Delphi, Visual Basic, Matlab, Java и Python. Примеры, включенные в пакет библиотеки, предназначены для быстрого ознакомления с программированием для контроллеров mDrive. Исходники Libximc также доступны для скачивания.