

■ Форт-машина класса AFMnano на микроконтроллере STM32F030K6:

- ядро процессора ARM Cortex-M0
- встроенные интерфейсы I²C (x1), SPI (x1)
- интерфейс UART/AFM-Link
- таймеры-счетчики (x5)
- четыре канала АЦП (12 разрядов)
- до 15 дискретных линий ввода-вывода
- встроенный датчик температуры кристалла

■ До 20 КВ постоянной памяти, до 3.3 КВ ОЗУ секции данных программы пользователя**■ Двойной драйвер моторов DRV8848:**

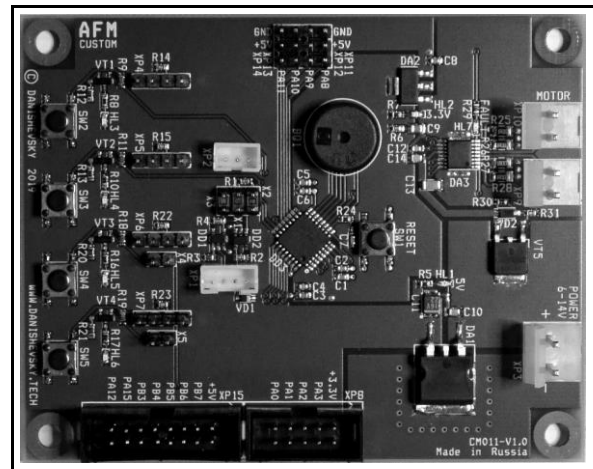
- два независимых полных моста
- встроенные MOSFET
- управление двумя коллекторными моторами или одним шаговым
- управление ШИМ от таймера Форт-машины
- ограничение пускового тока
- защита от перегрева, превышения тока и падения напряжения питания

■ Звуковой пьезоизлучатель:

- управление ШИМ от таймера Форт-машины

■ Соединители:

- для подключения внешних устройств с интерфейсами I²C, SPI, и АЦП, выводов GPIO микроконтроллера
- для подключения дискретных датчиков (x4)



- для подключения сервоприводов с управлением ШИМ (x4)
- для AFM-Link и терминала
- для источника питания и моторов

■ Кнопки, параллельные датчикам (x4)**■ Кнопка сброса Форт-машины****■ Напряжение питания от 6В до 14В****■ Независимое питание Форт-машины от соединителя терминала (5В)****■ Защита от обратной полярности напряжения питания****■ Стабилизаторы напряжений на плате:**

- напряжение питания 3.3В для микроконтроллера STM32F030K6
- напряжение питания 5В для внешних устройств

■ Индикаторы:

- состояния датчиков (кнопок)
- перегрузки драйвера моторов
- наличия напряжений 3.3В и 5В

■ Рабочий температурный диапазон от -40°C до +85°C

1. Описание модуля

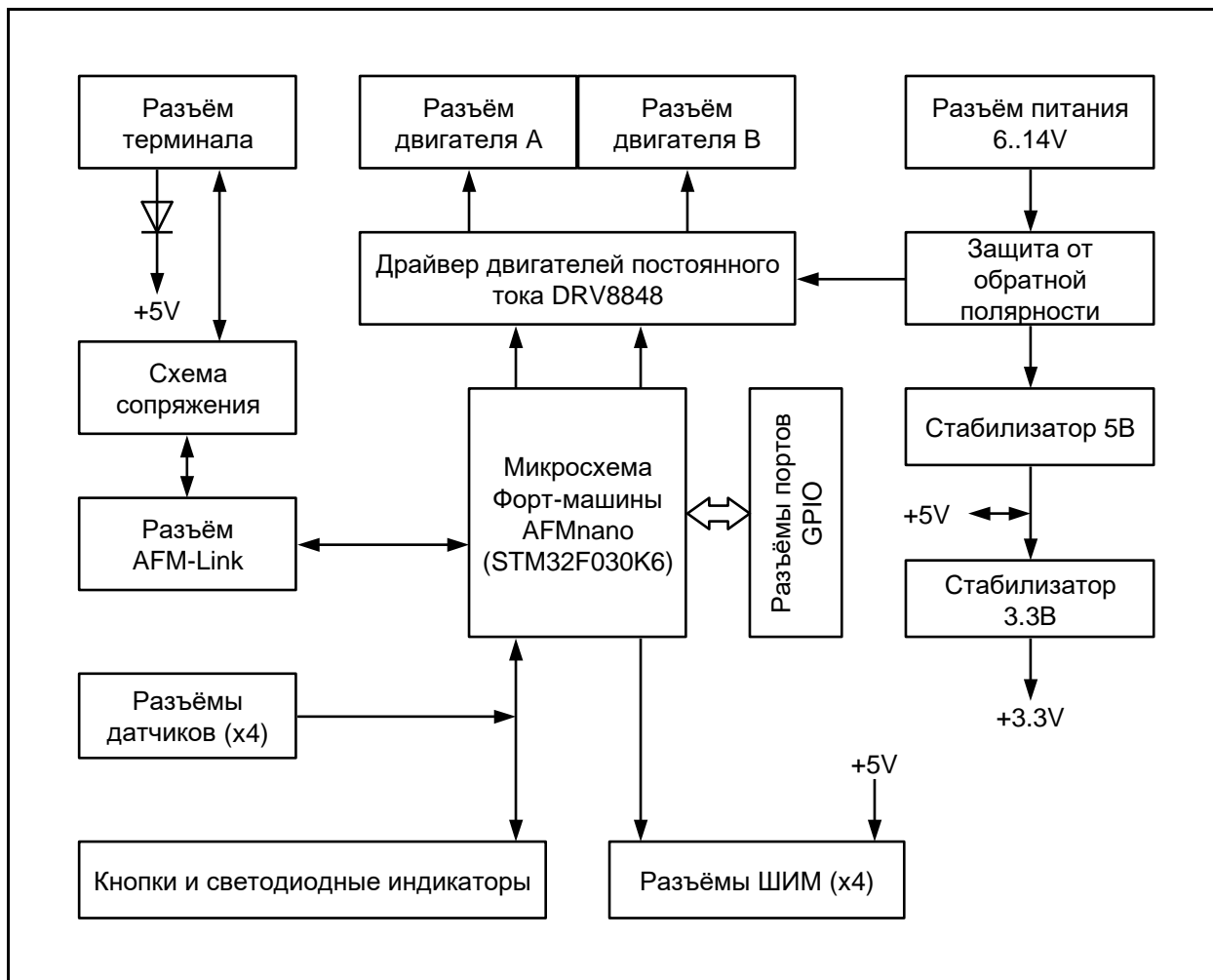


Рисунок 1.1 Блок-схема модуля AFMcustom-M1.10

Модуль AFMcustom-M1.10 выполнен на печатной плате с расположением компонентов с одной стороны.

На плате расположены:

- микросхема Форт-машины класса AFMnano на базе микроконтроллера STM32F030K6;
- микросхема драйвера двигателей постоянного тока DRV8848;
- микросхемы стабилизаторов напряжений 3.3В и 5В;
- схема сопряжения интерфейса AFM-Link с последовательным терминалом;
- схема защиты от обратной полярности напряжения питания;
- светодиодные индикаторы;
- звуковой пьезоизлучатель;
- кнопки и соединители.

Расположение и обозначение компонентов на плате модуля показано на рисунке.

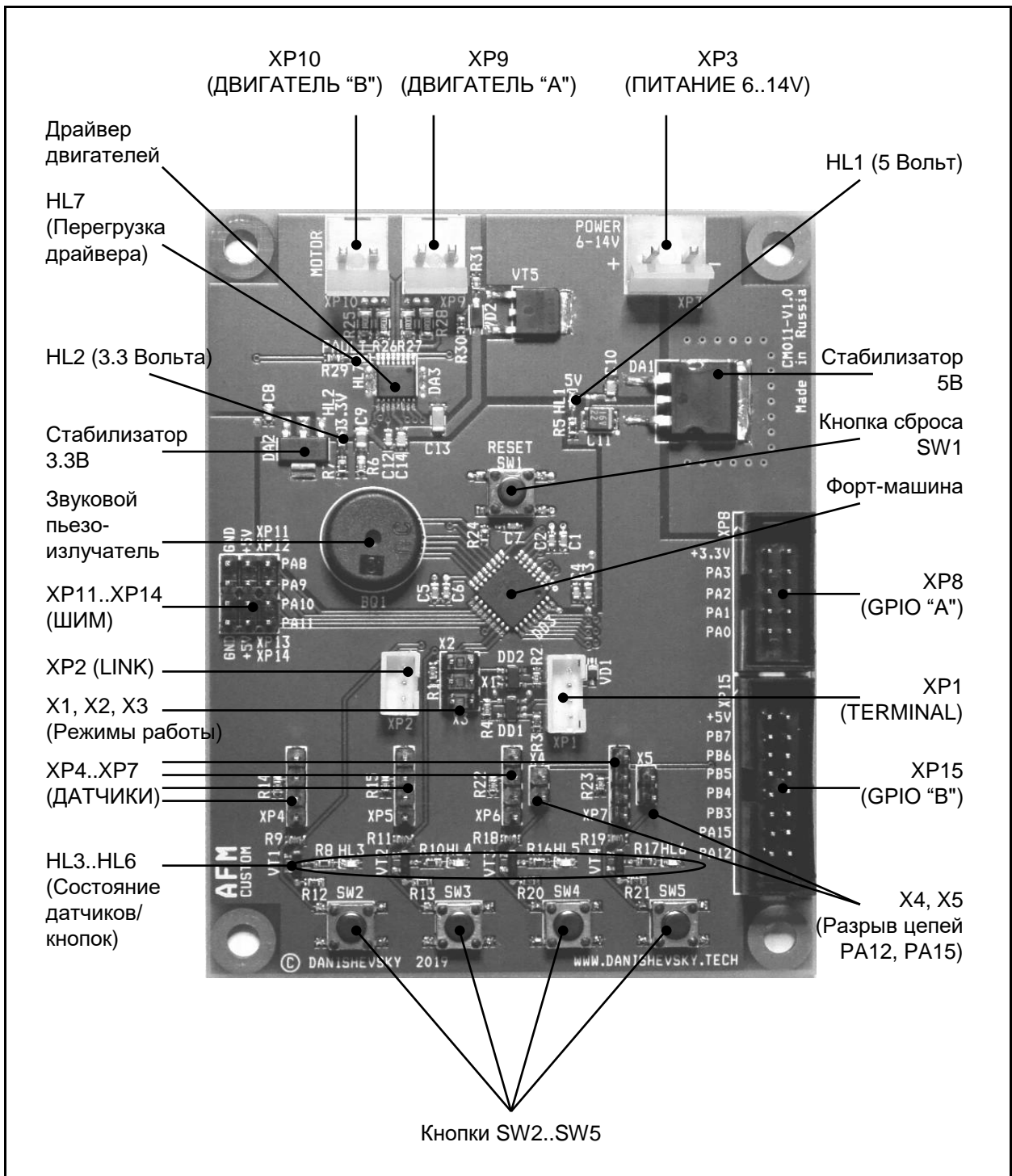


Рисунок 1.2 Компоненты на плате модуля AFMcustom-M1.10

Часть выводов микроконтроллера Форт-машины подключены к драйверу двигателей постоянного тока, звуковому пьезоизлучателю, схемам подключения датчиков и кнопок. Назначение этих выводов определено схемой модуля и не может быть изменено.

Оставшиеся выводы подключены непосредственно к контактам соединителей для внешних устройств. Назначение свободных выводов определяется программными настройками.

Таблица 1.1 Назначение цепей портов ввода-вывода микроконтроллера Форт-машины

Вывод порта	Ограничение по уровню	Цепь	Подключение	Описание
PA0	3VT	PA0	К разъёму XP8	Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 0
PA1	3VT	PA1		Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 1
PA2	3VT	PA2		Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 2
PA3	3VT	PA3		Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 3
PA4	3VT	БЕЕР	К звуковому излучателю	Выход таймера Т14, канал 1
PA5	3VT	DRVON	К драйверу DC-моторов	Выход порта, разрешение драйвера
PA6	3VT	ТЗС1		Выход таймера ТЗ, канал 1, ШИМ мотор А
PA7	3VT	ТЗС2		Выход таймера ТЗ, канал 2, ШИМ мотор А
PA8	5VT	PA8/T1C1	К разъёму XP11	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера Т1, канал 1
PA9	5VT	PA9/T1C2	К разъёму XP12	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера Т1, канал 2
PA10	5VT	PA10/T1C3	К разъёму XP13	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера Т1, канал 3
PA11	5VT	PA11/T1C4	К разъёму XP14	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера Т1, канал 4
PA12	5VT	PA12/T1ETR	К разъёму XP15 К перемычке X4	Дискретный вход/выход порта Вход триггера таймера Т1 Через перемычку: к схеме подключения кнопки SW4, датчика на разъёме XP6, индикатора HL5
PA13	5VT	PA13	К схеме сопряжения AFM-Link с терминалом	Управление режимами AFS и AFM-Link
PA14	5VT	LINK		Данные AFM-Link
PA15	5VT	PA15/NSS	К разъёму XP15 К перемычке X5	Дискретный вход/выход порта Вход/выход выбора устройства SPI Через перемычку: к схеме подключения кнопки SW5, датчика на разъёме XP7, индикатора HL6
PB0	3VT	ТЗС3	К драйверу DC-моторов	Выход таймера ТЗ, канал 1, ШИМ мотор В
PB1	3VT	ТЗС4		Выход таймера ТЗ, канал 2, ШИМ мотор В
PB3	5VT	PB3/SCK	К разъёму XP15	Дискретный вход/выход порта Синхронизация SPI
PB4	5VT	PB4/MISO		Дискретный вход/выход порта Данные SPI
PB5	5VT	PB5/MOSI/SMBA		Дискретный вход/выход порта Данные SPI Сигнал тревоги SMB

Вывод порта	Ограничение по уровню	Цепь	Подключение	Описание
PB6	5VT	PB6/SCL	К разъёму XP15	Дискретный вход/выход порта Синхронизация I ² C
PB7	5VT	PB7/SDA		Дискретный вход/выход порта Данные I ² C
PF0	5VT	PF0	К схеме подключения кнопки SW2, датчика на разъёме XP4, индикатора HL3	Дискретный вход/выход порта
PF1	5VT	PF1	К схеме подключения кнопки SW2, датчика на разъёме XP4, индикатора HL3	Дискретный вход/выход порта

В таблице использованы следующие обозначения совместимости выводов микросхемы с логическими уровнями и напряжением питания внешних схем:

5VT (5 Volt Tolerant) – для выводов, допускающих подключение к логическим схемам с питанием 5В и 3.3В;

3VT (3 Volt Tolerant) – для выводов, допускающих подключение **только** к логическим схемам с питанием 3.3В.

Для цепей, допускающих программную настройку назначения, в описании указаны альтернативные варианты конфигурации.

(См. также принципиальную схему модуля на стр. 27 - 29).

2. Соединители модуля

Для большинства цепей, подключенных к контактам соединителей, на плате модуля имеется маркировка сокращенного обозначения. Полное обозначение цепей приводится в описании соединителей.

2.1. Соединитель XP1 – последовательный терминал

Соединитель XP1 предназначен для подключения последовательного терминала, используемого для обмена информацией с текстовой консолью AFS по умолчанию.

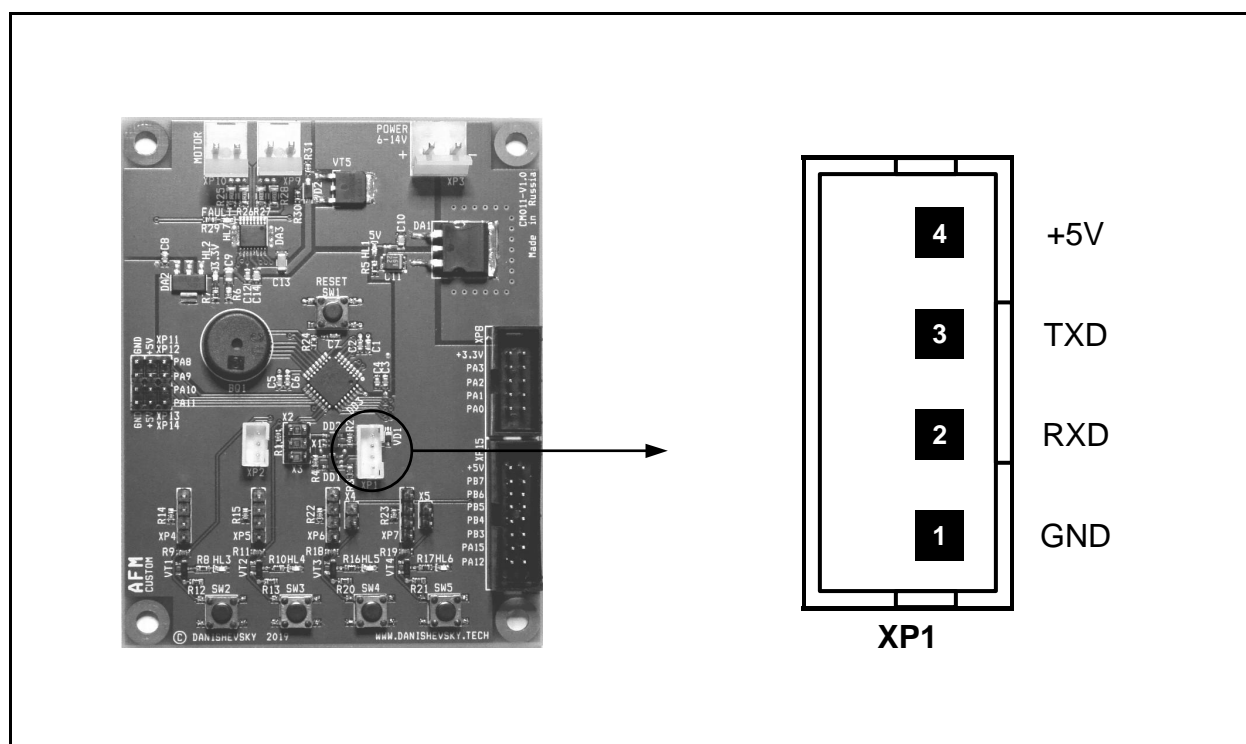


Рисунок 2.1 Соединитель XP1 – последовательный терминал

Таблица 2.1 Назначение контактов соединителя XP1

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	RXD	Вход принимаемых данных последовательного асинхронного канала связи с терминалом
3	TXD	Выход передаваемых данных последовательного асинхронного канала связи с терминалом
4	+5V	Вход напряжения питания 5В от терминального устройства

Цепи RXD и TXD имеют логические уровни, совместимые с логическими схемами CMOS/TTL.

2.2. Соединитель XP2 – межмашинный интерфейс AFM-Link

Соединитель XP2 предназначен для подключения модуля к интерфейсу межмашинного обмена данными AFM-Link.

Интерфейс AFM-Link – полудуплексный канал связи, предназначенный для обмена сообщениями между машинами AFM.

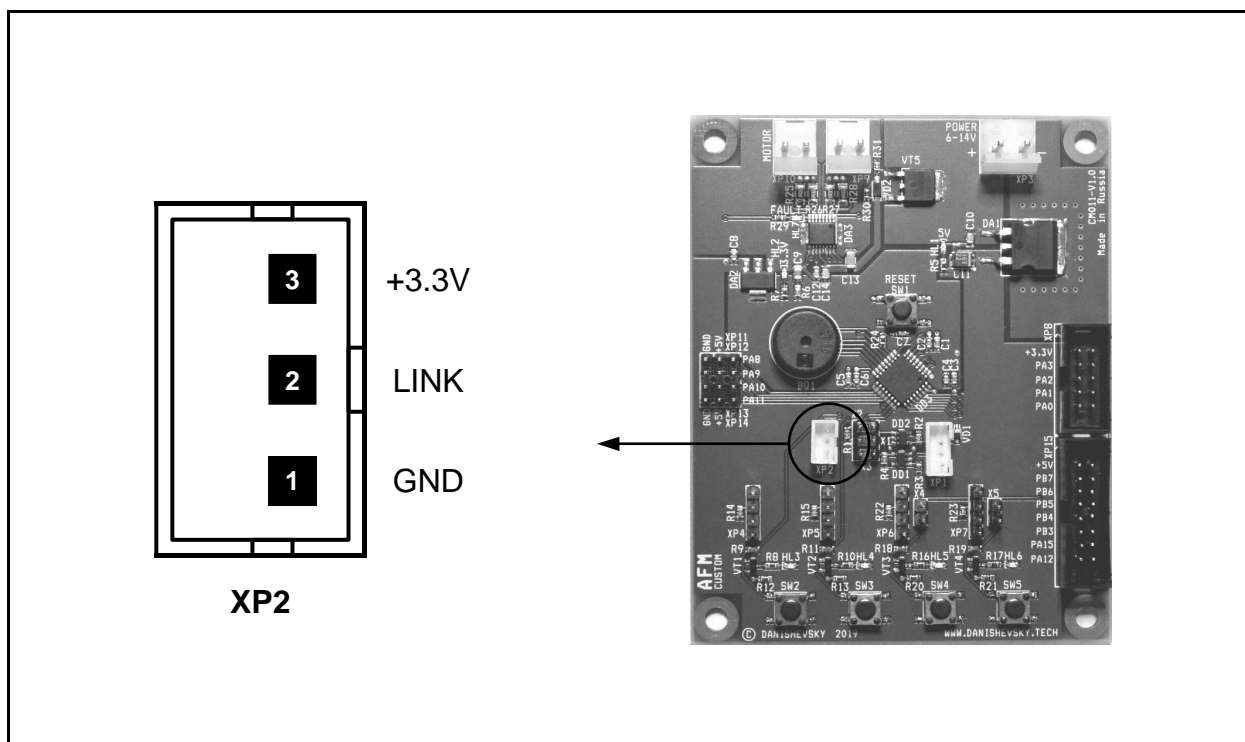


Рисунок 2.2 Соединитель XP2 – межмашинный интерфейс AFM-Link

Таблица 2.2 Назначение контактов соединителя XP2

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	LINK	Данные полудуплексного асинхронного последовательного интерфейса
3	+3.3V	Напряжение питания 3.3V

Цепь LINK имеет логические уровни, совместимые с логическими схемами CMOS/TTL.

Обмен информацией с текстовой консолью AFS по умолчанию осуществляется через AFM-Link. Для подключения стандартного терминала используется схема сопряжения с AFM-Link (см. Рисунок 1.1 и Рисунок 5.1)

2.3. Соединитель XP3 – основное питание

Разъём XP3 предназначен для подключения основного источника питания модуля.

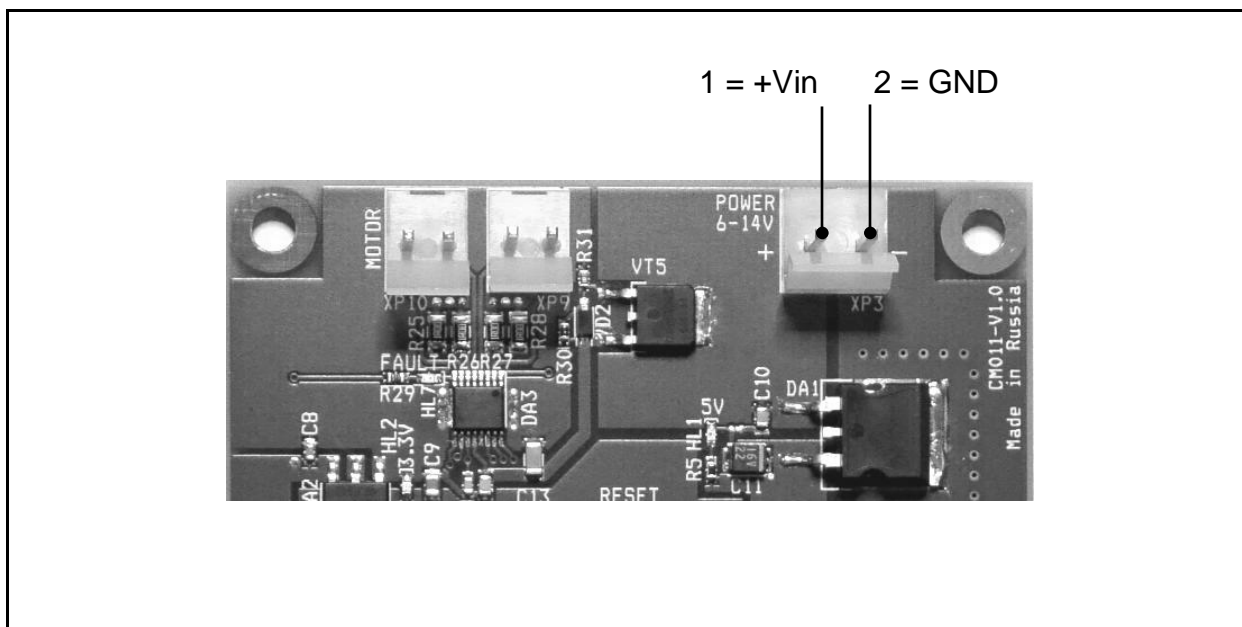


Рисунок 2.3 Соединитель XP3 – основное питание модуля

Таблица 2.3 Назначение контактов соединителя XP3

Номер контакта	Цепь	Описание
1	+Vin	Вход напряжения питания модуля
2	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов

Цепь +Vin имеет защиту от подачи напряжения питания обратной полярности.

2.4. Соединители XP4, XP5, XP6, XP7 – дискретные датчики

Разъёмы XP4, XP5, XP6 и XP7 предназначены для подключения дискретных датчиков.

Допускается использование как механических датчиков (переключатели, герконы), так и электронных (индуктивные, оптические) с напряжением питания 5В.

Каждый датчик подключается к схеме сопряжения с цепью порта ввода-вывода микроконтроллера Форт-машины, имеющей индикатор состояния и кнопку, имитирующую сигнал от датчика (см. Рисунок 5.2).

Все схемы сопряжения одинаковы. Назначение цепей порта ввода-вывода, индикаторов и кнопок для каждого датчика - Таблица 2.5.

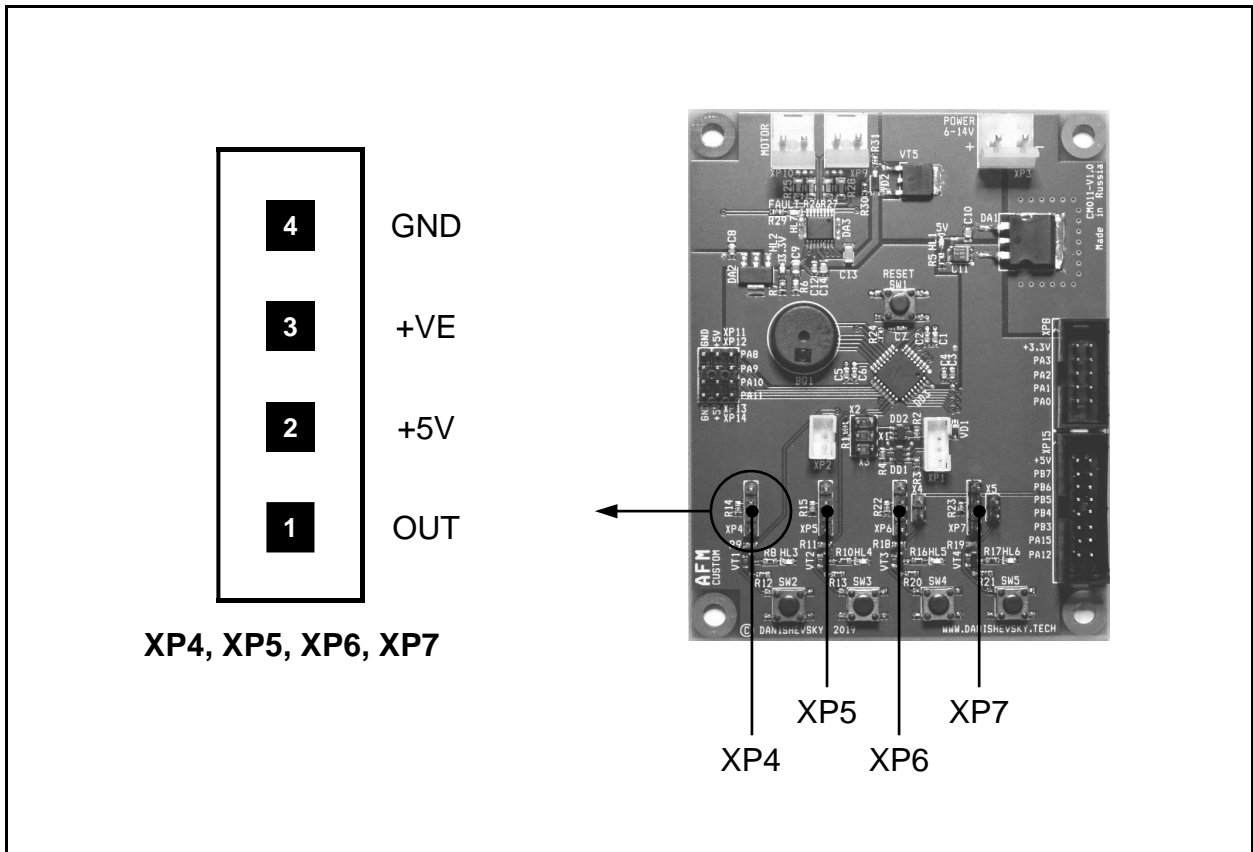


Рисунок 2.4 Соединители XP4, XP5, XP6, XP7 – дискретные датчики

Таблица 2.4 Назначение контактов соединителей XP4, XP5, XP6, XP7

Номер контакта	Цепь	Описание
1	OUT	Выход сигнала датчика (логический уровень)
2	+5V	Вход напряжения питания датчика 5В
3	+VE	Вход напряжения питания излучателя оптического датчика (5В через резистор)
4	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов

Таблица 2.5 Подключение датчиков к цепям управления и индикации

Соединитель датчика	Цепь порта ввода-вывода	Кнопка	Индикатор состояния
XP4	PF0	SW2	HL3
XP5	PF1	SW3	HL4
XP6	PA12/T1ETR (через переключку X4)	SW4	HL5
XP7	PA15/NSS (через переключку X4)	SW5	HL6

2.5. Соединитель XP8 – порт PA

Контакты соединителя XP8 напрямую соединены со свободными цепями порта ввода-вывода PA микроконтроллера Форт-машины.

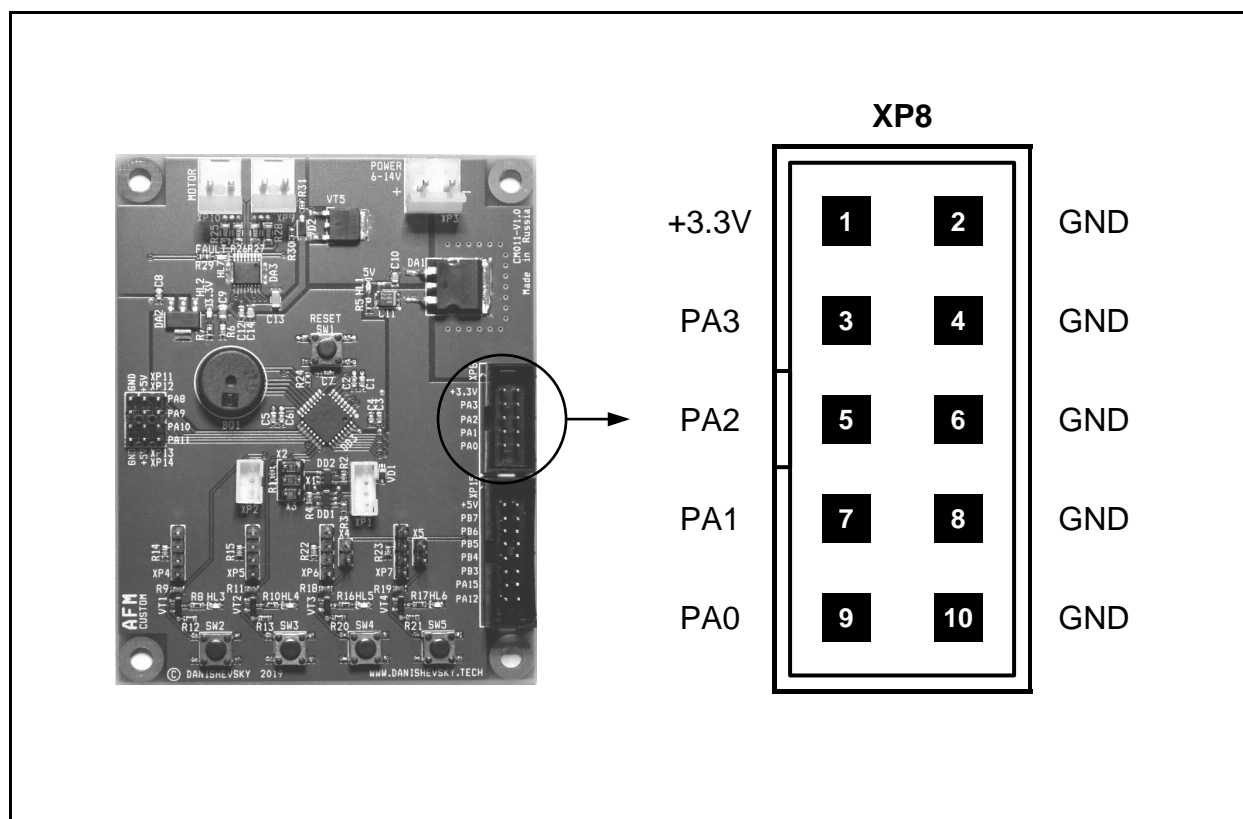


Рисунок 2.5 Соединитель XP8 – порт PA

Таблица 2.6 Назначение контактов соединителя XP8

Номер контакта	Цепь	Описание
1	+3.3V	Выход напряжения питания 3.3В от стабилизатора на плате модуля
2	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
3	PA3	Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 3
4	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
5	PA2	Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 2
6	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
7	PA1	Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 1
8	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
9	PA0	Дискретный вход/выход порта Вход АЦП, канал 0
10	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов

2.6. Соединители XP9, XP10 – двигатели постоянного тока

Соединители XP9, XP10 предназначены для подключения двух коллекторных двигателей постоянного тока либо одного шагового двигателя к мостам драйвера DRV8848.

При подключении коллекторных моторов к соединителю XP9 подключается мотор "А", к соединителю XP10 – мотор "В" (моторы условно обозначены как "А" и "В" в соответствии с технической документацией на драйвер и встроенное программное обеспечение).

При подключении шагового двигателя к соединителю XP9 подключается обмотка "А", к соединителю XP10 – обмотка "В".

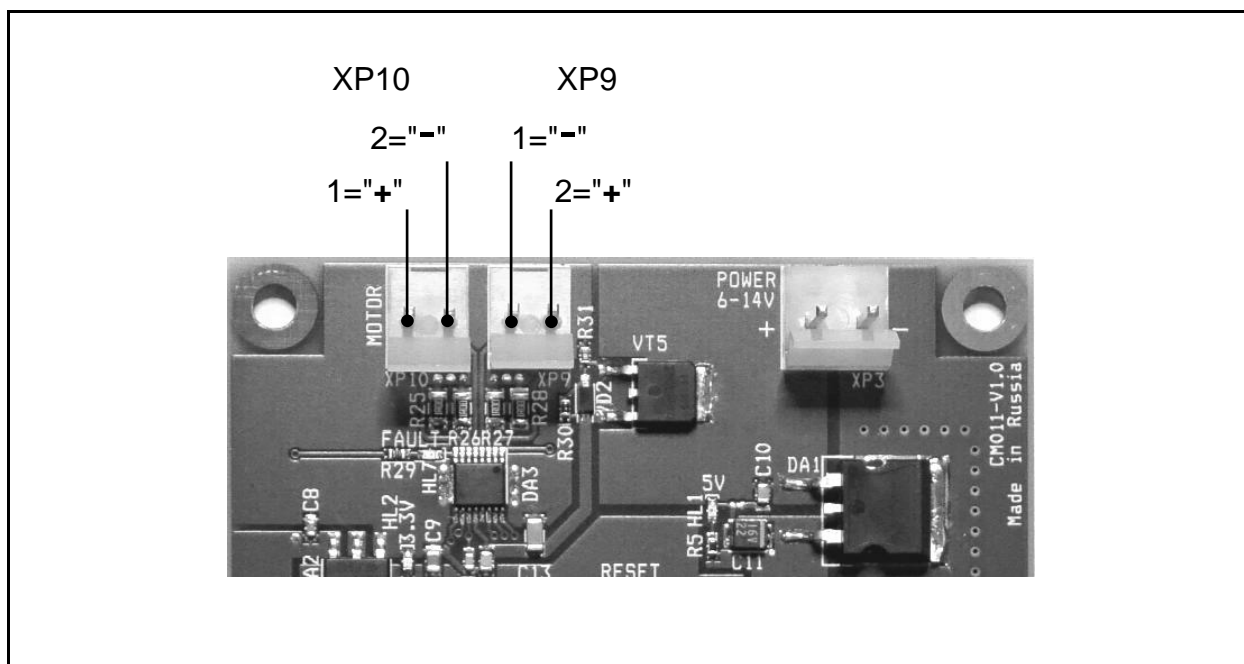


Рисунок 2.6 Соединители XP9, XP10 – двигатели постоянного тока

Таблица 2.7 Назначение контактов соединителя XP9

Номер контакта	Цепь	Описание
1	"–"	Выход моста "А" драйвера, отрицательный полюс
2	"+"	Выход моста "А" драйвера, положительный полюс

Таблица 2.8 Назначение контактов соединителя XP10

Номер контакта	Цепь	Описание
1	"+"	Выход моста "В" драйвера, положительный полюс
2	"–"	Выход моста "В" драйвера, отрицательный полюс

2.7. Соединители XP11, XP12, XP13, XP14 – устройства, управляемые ШИМ

Разъёмы XP11, XP12, XP13 и XP14 предназначены для подключения устройств с управлением широтно-импульсной модуляцией (ШИМ).

Расположение контактов соединителей позволяет напрямую подключать маломощные сервоприводы с напряжением питания 5В.

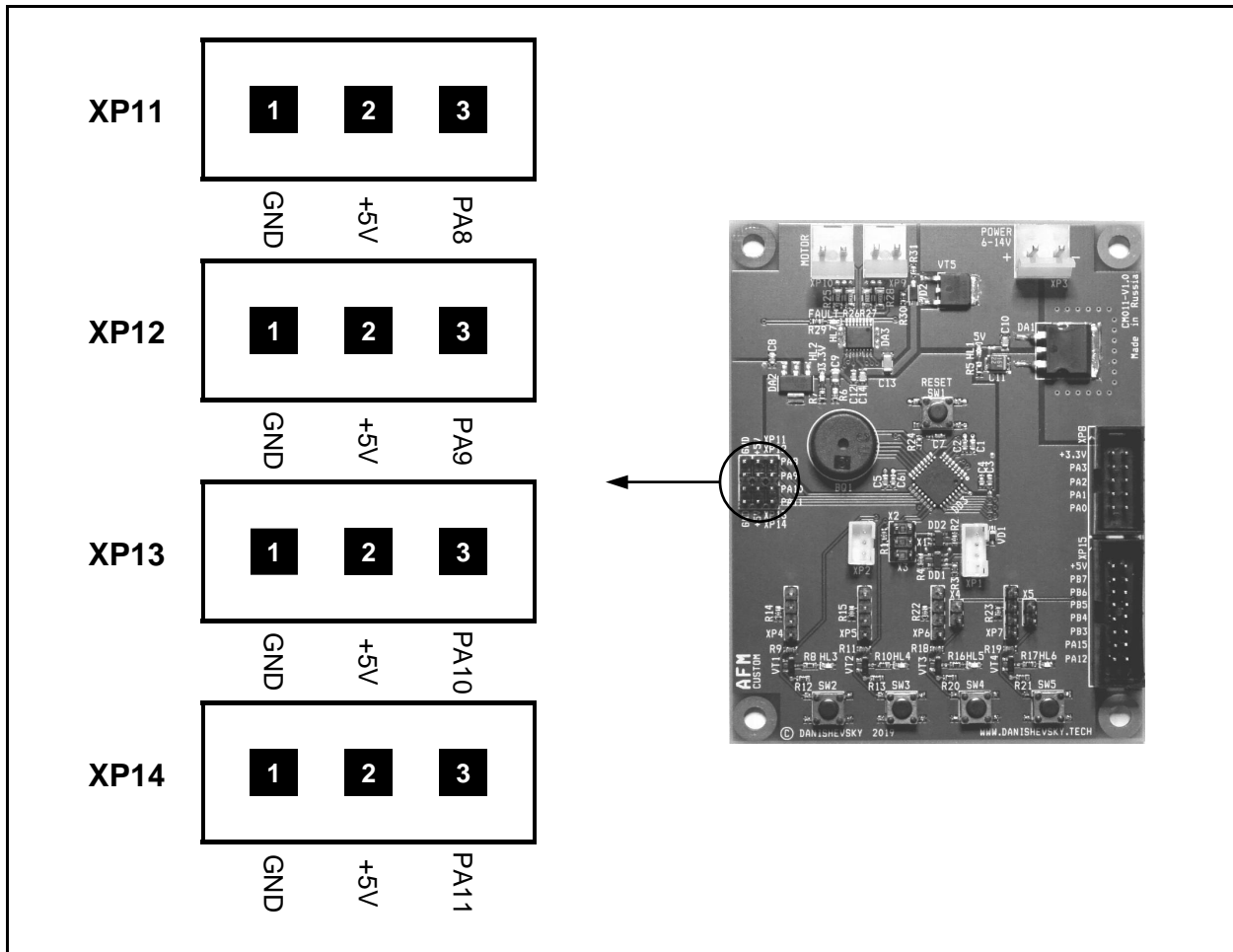


Рисунок 2.7 Соединители XP11, XP12, XP13, XP14 – устройства, управляемые ШИМ

Таблица 2.9 Назначение контактов соединителя XP11

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	+5V	Выход напряжения питания 5В от стабилизатора на плате модуля
3	PA8/T1C1	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера T1, канал 1

Таблица 2.10 Назначение контактов соединителя XP12

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	+5V	Выход напряжения питания 5В от стабилизатора на плате модуля
3	PA9/T1C2	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера T1, канал 2

Таблица 2.11 Назначение контактов соединителя XP13

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	+5V	Выход напряжения питания 5В от стабилизатора на плате модуля
3	PA10/T1C3	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера T1, канал 3

Таблица 2.12 Назначение контактов соединителя XP14

Номер контакта	Цепь	Описание
1	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
2	+5V	Выход напряжения питания 5В от стабилизатора на плате модуля
3	PA11/T1C4	Дискретный вход/выход порта Выход (вход) таймера T1, канал 4

2.8. Соединитель XP15 – порт PB

Контакты соединителя XP15 напрямую подключены к свободным цепям порта ввода-вывода PB и порта PA микроконтроллера Форт-машины.

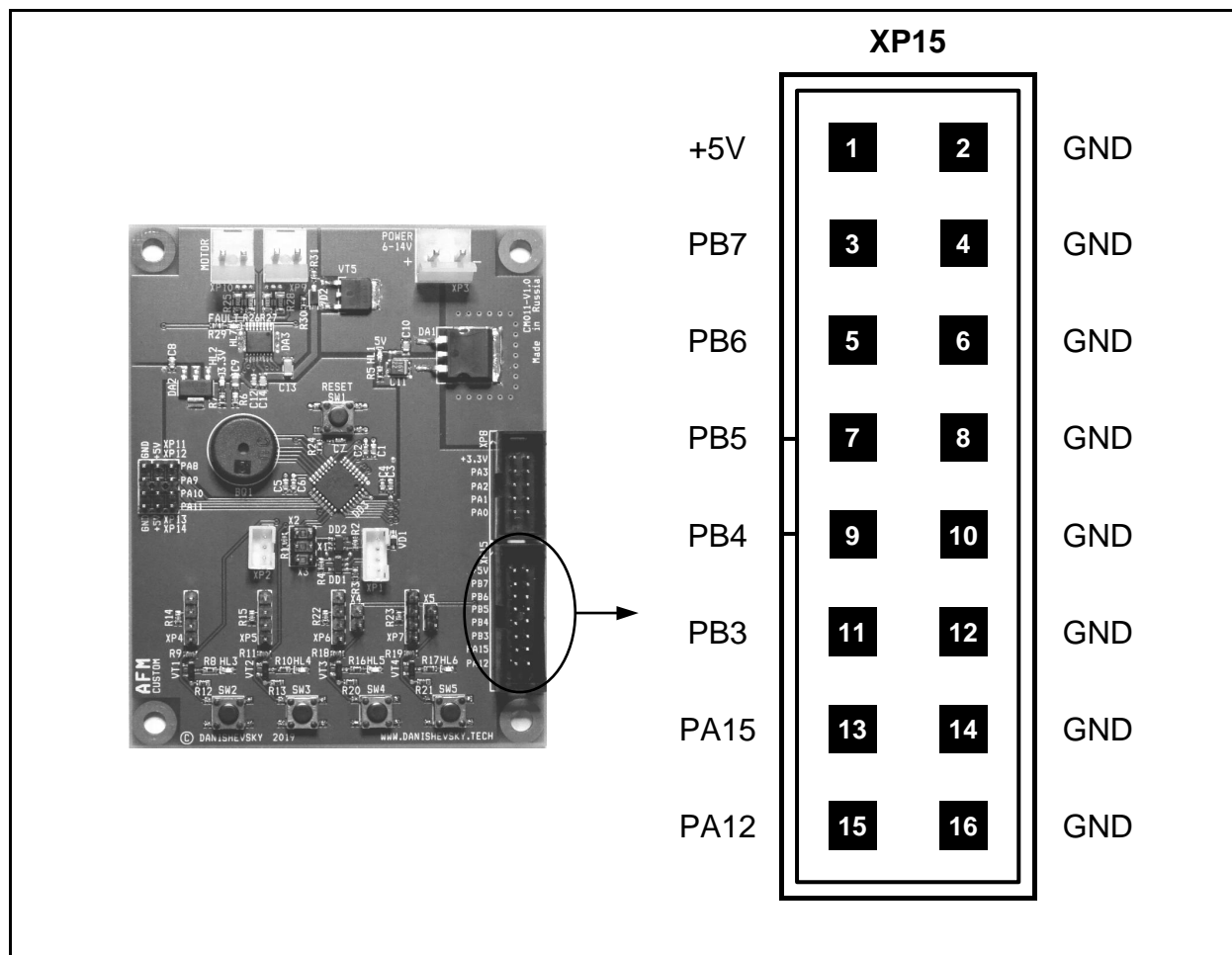


Рисунок 2.8 Соединитель XP15 – порт PB

Таблица 2.13 Назначение контактов соединителя XP15

Номер контакта	Цепь	Описание
1	+5V	Выход напряжения питания 5В от стабилизатора на плате модуля
2	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
3	PB7/SDA	Дискретный вход/выход порта Данные I ² C
4	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
5	PB6/SCL	Дискретный вход/выход порта Синхронизация I ² C
6	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
7	PB5/MOSI/ SMBA	Дискретный вход/выход порта Данные SPI Сигнал тревоги SMB
8	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
9	PB4/MISO	Дискретный вход/выход порта Данные SPI
10	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
11	PB3/SCK	Дискретный вход/выход порта Синхронизация SPI
12	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
13	PA15/NSS	Дискретный вход/выход порта Вход/выход выбора устройства SPI
14	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов
15	PA12/T1ETR	Дискретный вход/выход порта Вход триггера таймера T1
16	GND	"Земля", общий провод питания и сигналов

3. Перемычки (джамперы)

3.1. Перемычки X1, X2, X3 – режимы работы

Перемычки X1, X2 и X3 предназначены для управления режимами работы Форт-машины и схемы сопряжения интерфейса AFM-Link с последовательным терминалом.

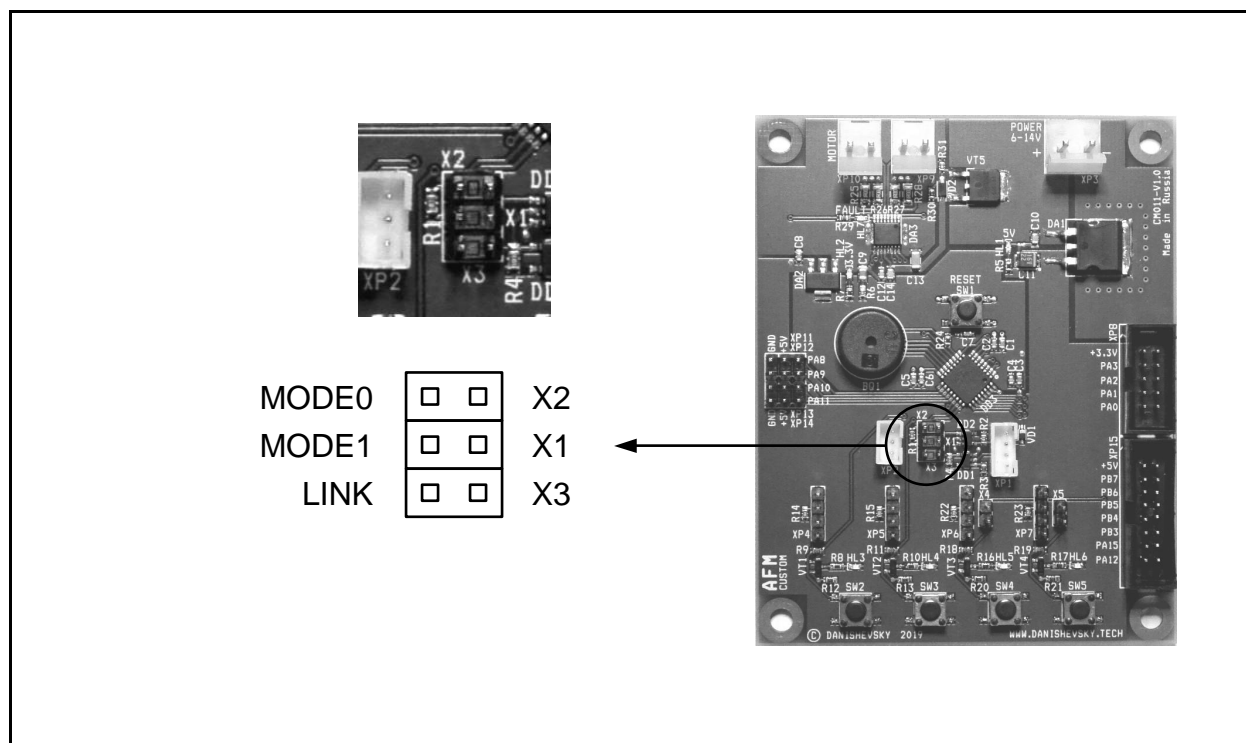


Рисунок 3.1 Перемычки X1, X2, X3 – режимы работы

3.1.1. Перемычки X1 и X2 (MODE1, MODE0) – режим работы AFS

При старте AFS проверяет логический уровень на входе порта ввода-вывода PA13. При высоком логическом уровне на входе Форт-система начинает работу в интерактивном режиме программирования.

При низком логическом уровне или отсутствии сигнала на входе PA13 Форт-система стартует в автономном режиме. В автономном режиме производится копирование программы пользователя из другой машины, или запуск уже сохраненной в памяти программы.

После определения режима загрузки AFS переключает цепь PA13 на выход для управления режимами полудуплексной связи схемы сопряжения с терминалом.

Перемычка X2 (MODE0) разрывает цепь управления между PA13 и схемой сопряжения с терминалом (см. Рисунок 5.1). Отключение схемы сопряжения необходимо при работе с AFM-Link и репликации программ.

Перемычка X1 (MODE1) подключает цепь PA13 к "земле" через резистор, что позволяет получить низкий логический уровень на входе при установленной перемычке X2. Установка перемычки X1 используется для загрузки программы пользователя в автономном режиме с сохранением возможности работы с терминалом.

Возможные режимы работы при различных комбинациях установки переключателей X1 и X2 приведены в таблице.

Таблица 3.1 Режимы работы, определяемые переключателями X1 и X2

X1 (MODE1)	X2 (MODE0)	Режим работы
снята/ установлена	снята	Автономный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом отключена
снята	установлена	Интерактивный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом подключена
установлена	установлена	Автономный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом подключена

3.1.2. Переключатель X3 (LINK) – разрыв цепи данных AFM-Link

Переключатель X3 (LINK) разрывает цепь данных между интерфейсом AFM-Link и схемой сопряжения с терминалом. Отключение схемы сопряжения необходимо при работе с AFM-Link и репликации программ.

3.2. Переключатели X4 и X5 – разрыв цепей PA12 и PA15

Переключатель X4 разрывает цепь PA12/T1ETR между Форт-машиной и схемой сопряжения с датчиком на разъеме XP6, кнопкой SW4 и светодиодом HL5 (см. Рисунок 5.2). Отключение схемы сопряжения необходимо для использования порта PA12 микроконтроллера как входа или выхода встроенного устройства, например таймера T1. На подключение цепи PA12/T1ETR к соединителю X15 переключатель X4 не влияет.

Переключатель X5 разрывает цепь PA15/NSS между Форт-машиной и схемой сопряжения с датчиком на разъеме XP7, кнопкой SW5 и светодиодом HL6. Отключение схемы сопряжения необходимо для использования порта PA15 микроконтроллера как входа или выхода встроенного устройства, например SPI. На подключение цепи PA15/NSS к соединителю X15 переключатель X5 не влияет.

3.3. Установка переключателей по умолчанию

Для работы с Форт-машиной в интерактивном режиме программирования должны быть установлены переключатели X2 и X3 (переключатель X1 снят).

По умолчанию переключатели X4 и X5 должны быть установлены.

4. Встроенное программное обеспечение

Микросхема Форт-машины (микроконтроллер STM32F030K6) на плате модуля поставляется с установленной Форт-системой AFS-16-L1.

4.1. Типовые конфигурации ввода-вывода

Для облегчения настройки выводов микроконтроллера Форт-машины для работы с встроенными устройствами ввода-вывода используются типовые конфигурации.

Типовым конфигурациям ввода-вывода присвоены номера. Для установки желаемой конфигурации выполняется запрос HW_CONFIG системного слова **SYS-CFG!**. Параметр на вершине стека – код запроса (для HW_CONFIG равен 1), второй параметр – номер устанавливаемой типовой конфигурации:

2 1 SYS-CFG!

После выполнения этого примера выводы микроконтроллера будут установлены в типовую конфигурацию 2.

При включении питания или аппаратном сбросе устанавливается конфигурация с номером 0.

Назначение выводов микроконтроллера Форт-машины модуля AFMcustom-M1.10 для различных типовых конфигураций приведены в таблице.

В таблице использованы следующие обозначения электрических цепей, подключаемых к выводам микроконтроллера Форт-машины:

AINx – аналоговые входы мультимплексора АЦП (x – номер канала);

MISO, MOSI, NSS, SCK – входы/выходы интерфейса SPI;

OD – выход с открытым стоком (Open Drain);

PAx, PBx, PFx – входы/выходы портов ввода-вывода общего назначения (x – номер дискретной линии);

SCL, SDA – входы/выходы интерфейса I²C;

T1Cx, T3Cx, T14Cx – входы/выходы таймеров-счетчиков (x – номер канала);

T1ETR – вход триггера таймера-счетчика T1;

TXD – данные UART (двунаправленный в полудуплексном режиме);

Совместимость выводов микросхемы с напряжением питания внешних схем обозначена:

5VT (5 Volt Tolerant) – для выводов, допускающих подключение к логическим схемам с питанием 5V и 3.3V;

3VT (3 Volt Tolerant) – для выводов, допускающих подключение **только** к логическим схемам с питанием 3.3V.

Таблица 4.1 Типовые конфигурации ввода-вывода микроконтроллера Форт-машины

Вывод порта	Ограничение по уровню	Конфигурация 0	Конфигурация 1	Конфигурация 2
PA0	3VT	PA0, вход	AIN0, вход	AIN0, вход
PA1	3VT	PA1, вход	AIN1, вход	AIN1, вход
PA2	3VT	PA2, вход	AIN2, вход	AIN2, вход
PA3	3VT	PA3, вход	AIN3, вход	AIN3, вход
PA4	3VT	PA4, вход	T14C1	T14C1
PA5	3VT	PA5, вход	PA5, выход	PA5, выход
PA6	3VT	PA6, вход	T3C1	T3C1
PA7	3VT	PA7, вход	T3C2	T3C2
PA8	5VT	PA8, вход	T1C1	T1C1
PA9	5VT	PA9, вход	T1C2	T1C2
PA10	5VT	PA10, вход	T1C3	T1C3
PA11	5VT	PA11, вход	T1C4	T1C4
PA12	5VT	PA12, вход	PA12, вход	T1ETR, вход
PA13	5VT	PA13, выход	PA13, выход	PA13, выход
PA14	5VT	TXD, OD	TXD, OD	TXD, OD
PA15	5VT	PA15, вход	PA15, вход	NSS
PB0	3VT	PB0, вход	T3C3	T3C3
PB1	3VT	PB1, вход	T3C4	T3C4
PB3	5VT	PB3, вход	PB3, вход	SCK
PB4	5VT	PB4, вход	PB4, вход	MISO
PB5	5VT	PB5, вход	PB5, вход	MOSI
PB6	5VT	PB6, вход	SCL, OD	SCL, OD
PB7	5VT	PB7, вход	SDA, OD	SDA, OD
PF0	5VT	PF0, вход	PF0, вход	PF0, вход
PF1	5VT	PF1, вход	PF1, вход	PF1, вход

4.2. Драйверы устройств ввода-вывода

Стандартные драйверы устройств ввода-вывода, являющиеся частью AFS, предоставляют программный интерфейс для включения и настройки основных параметров, выполнения базовых функций ввода и вывода данных.

Описание слов драйверов устройств ввода-вывода приведено в Руководстве программиста AFS.

4.2.1. Аналогово-цифровой преобразователь

Микроконтроллер модуля AFMcustom-M1.10 имеет один аналогово-цифровой преобразователь (АЦП, ADC).

Слова драйвера АЦП в системном словаре начинаются с префикса **ADC-** . При обращении к драйверу на вершине стека должен находиться номер блока АЦП. Для модуля AFMcustom-M1.10 с единственным АЦП используется номер ноль.

4.2.2. Интерфейс Inter-integrated Circuit (I2C)

Микроконтроллер модуля AFMcustom-M1.10 имеет один блок интерфейса I2C. Слова драйвера I2C в системном словаре начинаются с префикса **I2C-** . При обращении к драйверу на вершине стека должен находиться номер блока I2C. Для модуля AFMcustom-M1.10 с единственным блоком I2C используется номер ноль.

4.2.2.1 Прямой доступ к регистрам I2C

Драйвер интерфейса I2C предоставляет возможность прямого доступа к регистрам устройства для чтения и записи с помощью слов I2C-REG@ (reg dev -- xx) и I2C-REG! (xx reg dev --) соответственно.

Регистры блока I2C имеют размер 32 бита. Для представления их содержимого требуется пара ячеек.

Номера регистров (параметр reg) и их соответствие документации изготовителя микроконтроллера приведены в таблице. Подробную информацию о назначении регистров см. в Справочном руководстве STMicroelectronics для микросхем STM32F030 (RM0360 Reference manual) на сайте www.st.com .

Таблица 4.2 Номера регистров I2C для драйвера AFS

Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics	Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics
0	Control register 1 (I2C_CR1)	6	Interrupt and status register (I2C_ISR)
1	Control register 2 (I2C_CR2)	7	Interrupt clear register (I2C_ICR)
2	Own address 1 register (I2C_OAR1)	8	PEC register (I2C_PECR)
3	Own address 2 register (I2C_OAR2)	9	Receive data register (I2C_RXDR)
4	Timing register (I2C_TIMINGR)	10	Transmit data register (I2C_TXDR)
5	Timeout register (I2C_TIMEOUTR)		

4.2.3. Последовательный (синхронный) периферийный интерфейс (SPI)

Микроконтроллер модуля AFMcustom-M1.10 имеет один блок SPI. Слова драйвера SPI в системном словаре начинаются с префикса **SPI-** . При обращении к драйверу на вершине стека должен находиться номер блока SPI. Для модуля AFMcustom-M1.10 с единственным блоком SPI используется номер ноль.

4.2.3.1 Прямой доступ к регистрам SPI

Драйвер SPI предоставляет возможность прямого доступа к регистрам устройства для чтения и записи с помощью слов SPI-REG@ (reg dev -- x) и SPI-REG! (x reg dev --) соответственно.

При обращении к блоку SPI через драйвер используются только младшие 16 бит регистров.

Номера регистров (параметр `reg`) и их соответствие документации изготовителя микроконтроллера приведены в таблице. Подробную информацию о назначении регистров см. в Справочном руководстве STMicroelectronics для микросхем STM32F030 (RM0360 Reference manual) на сайте www.st.com.

Таблица 4.3 Номера регистров SPI для драйвера AFS

Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics	Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics
0	SPI control register 1 (SPIx_CR1)	4	SPI CRC polynomial register (SPIx_CRCPR)
1	SPI control register 2 (SPIx_CR2)	5	SPI Rx CRC register (SPIx_RXCR)
2	SPI status register (SPIx_SR)	6	SPI Tx CRC register (SPIx_TXCR)
3	SPI data register (SPIx_DR)		

4.2.4. Таймеры-счетчики

Микроконтроллер модуля AFMcustom-M1.10 имеет пять блоков таймеров-счетчиков различного назначения.

Слова драйвера таймеров-счетчиков в системном словаре начинаются с префикса **TIM-**. При обращении к драйверу на вершине стека должен находиться номер блока таймера-счетчика. Используемые номера устройств для модуля AFMcustom-M1.10 и их соответствие документации изготовителя микроконтроллера приведены в таблице.

Таблица 4.4 Номера таймеров-счетчиков для драйвера AFS

Номер устройства	Краткое обозначение	Обозначение в документации STMicroelectronics
0	T1	TIM1
1	T17	TIM17
2	T16	TIM16
3	Отсутствует в модуле AFMcustom-M1.10	
4	T3	TIM3
5	T14	TIM14

Краткие обозначения применяются в именовании выводов таймеров-счетчиков.

4.2.4.1 Прямой доступ к регистрам таймеров-счетчиков

Драйвер предоставляет возможность прямого доступа к регистрам таймеров-счетчиков для чтения и записи с помощью слов `TIM-REG@ (reg dev -- x)` и `TIM-REG! (x reg dev --)` соответственно.

При обращении к таймеру-счетчику через драйвер используются только младшие 16 бит регистров.

Номера регистров (параметр `reg`) и их соответствие документации изготовителя микроконтроллера приведены в таблиц. Подробную информацию о назначении регистров см. в Справочном руководстве STMicroelectronics для микросхем STM32F030 (RM0360 Reference manual) на сайте www.st.com.

Таблица 4.5 Номера регистров таймеров-счетчиков для драйвера AFS

Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics
0	TIM1 control register 1 (TIM1_CR1) TIM3 control register 1 (TIM3_CR1) TIM14 control register 1 (TIM14_CR1) TIM16 and TIM17 control register 1 (TIM16_CR1 and TIM17_CR1)
1	TIM1 control register 2 (TIM1_CR2) TIM3 control register 2 (TIM3_CR2) Регистр отсутствует в TIM14 TIM16 and TIM17 control register 2 (TIM16_CR2 and TIM17_CR2)
2	TIM1 slave mode control register (TIM1_SMCR) TIM3 slave mode control register (TIM3_SMCR) Регистр отсутствует в TIM14, TIM16 и TIM17
3	TIM1 DMA/interrupt enable register (TIM1_DIER) TIM3 DMA/Interrupt enable register (TIM3_DIER) TIM14 interrupt enable register (TIM14_DIER) TIM16 and TIM17 DMA/interrupt enable register (TIM16_DIER and TIM17_DIER)
4	TIM1 status register (TIM1_SR) TIM3 status register (TIM3_SR) TIM14 status register (TIM14_SR) TIM16 and TIM17 status register (TIM16_SR and TIM17_SR)
5	TIM1 event generation register (TIM1_EGR) TIM3 event generation register (TIM3_EGR) TIM14 event generation register (TIM14_EGR) TIM16 and TIM17 event generation register (TIM16_EGR and TIM17_EGR)
6	TIM1 capture/compare mode register 1 (TIM1_CCMR1) TIM3 capture/compare mode register 1 (TIM3_CCMR1) TIM14 capture/compare mode register 1 (TIM14_CCMR1) TIM16 and TIM17 capture/compare mode register 1 (TIM16_CCMR1 and TIM17_CCMR1)
7	TIM1 capture/compare mode register 2 (TIM1_CCMR2) TIM3 capture/compare mode register 2 (TIM3_CCMR2) Регистр отсутствует в TIM14, TIM16 и TIM17
8	TIM1 capture/compare enable register (TIM1_CCER) TIM3 capture/compare enable register (TIM3_CCER) TIM14 capture/compare enable register (TIM14_CCER) TIM16 and TIM17 capture/compare enable register (TIM16_CCER and TIM17_CCER)
9	TIM1 counter (TIM1_CNT) TIM3 counter (TIM3_CNT) TIM14 counter (TIM14_CNT) TIM16 and TIM17 counter (TIM16_CNT and TIM17_CNT)
10	TIM1 prescaler (TIM1_PSC) TIM3 prescaler (TIM3_PSC) TIM14 prescaler (TIM14_PSC) TIM16 and TIM17 prescaler (TIM16_PSC and TIM17_PSC)

Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics
11	TIM1 auto-reload register (TIM1_ARR) TIM3 auto-reload register (TIM3_ARR) TIM14 auto-reload register (TIM14_ARR) TIM16 and TIM17 auto-reload register (TIM16_ARR and TIM17_ARR)
12	TIM1 repetition counter register (TIM1_RCR) Регистр отсутствует в TIM3 и TIM14 TIM16 and TIM17 repetition counter register (TIM16_RCR and TIM17_RCR)
13	TIM1 capture/compare register 1 (TIM1_CCR1) TIM3 capture/compare register 1 (TIM3_CCR1) TIM14 capture/compare register 1 (TIM14_CCR1) TIM16 and TIM17 capture/compare register 1 (TIM16_CCR1 and TIM17_CCR1)
14	TIM1 capture/compare register 2 (TIM1_CCR2) TIM3 capture/compare register 2 (TIM3_CCR2) Регистр отсутствует в TIM14, TIM16 и TIM17
15	TIM1 capture/compare register 3 (TIM1_CCR3) TIM3 capture/compare register 3 (TIM3_CCR3) Регистр отсутствует в TIM14, TIM16 и TIM17
16	TIM1 capture/compare register 4 (TIM1_CCR4) TIM3 capture/compare register 4 (TIM3_CCR4) Регистр отсутствует в TIM14, TIM16 и TIM17
17	TIM1 break and dead-time register (TIM1_BDTR) Регистр отсутствует в TIM3 и TIM14 TIM16 and TIM17 break and dead-time register (TIM16_BDTR and TIM17_BDTR)

Обращение к отсутствующему регистру может вызвать сбой в работе аппаратуры, фиксируемый системой как критическая ошибка.

4.2.5. Последовательный асинхронный приемопередатчик

Микроконтроллер модуля AFMcustom-M1.10 имеет один универсальный асинхронный последовательный приемопередатчик (UART).

Слова драйвера UART в системном словаре начинаются с префикса **UART-**. При обращении к драйверу на вершине стека должен находиться номер блока UART. Для модуля AFMcustom-M1.10 с единственным UART используется номер ноль.

Примечание: в документации изготовителя микросхемы данное устройство называется "Universal synchronous asynchronous receiver/transmitter (USART)".

4.2.5.1 Прямой доступ к регистрам UART

Драйвер UART предоставляет возможность прямого доступа к регистрам устройства для чтения и записи с помощью слов UART-REG@ (reg dev -- xx) и UART-REG! (xx reg dev --) соответственно.

Регистры UART имеют размер 32 бита. Для представления их содержимого требуется пара ячеек.

Номера регистров (параметр `reg`) и их соответствие документации изготовителя микроконтроллера приведены в таблице. Подробную информацию о назначении регистров см. в Справочном руководстве STMicroelectronics для микросхем STM32F030 (RM0360 Reference manual) на сайте www.st.com.

Таблица 4.6 Номера регистров UART для драйвера AFS

Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics	Номер регистра	Обозначение в документации STMicroelectronics
0	Control register 1 (USART_CR1)	6	Request register (USART_RQR)
1	Control register 2 (USART_CR2)	7	Interrupt and status register (USART_ISR)
2	Control register 3 (USART_CR3)	8	Interrupt flag clear register (USART_ICR)
3	Baud rate register (USART_BRR)	9	Receive data register (USART_RDR)
4	Регистр отсутствует	10	Transmit data register (USART_TDR)
5	Receiver timeout register (USART_RTOR)		

Обращение к отсутствующему регистру может вызвать сбой в работе аппаратуры, фиксируемый системой как критическая ошибка.

4.3. Кастомизированный словарь

Модуль AFMcustom-M1.10-T01 поставляется в составе наборов "Конструктор электромеханический "Технолидер-1"" и содержит дополнительный набор слов (кастомизированный словарь).

Дополнительные слова кастомизированной версии словаря AFS для модуля AFMcustom-M1.10-T01 приведены в таблице.

Модули AFMcustom-M1.10 поставляются со стандартной версией словаря AFS.

Таблица 4.7 Слова кастомизированного словаря модуля AFMcustom-M1.10-T01

Описание слова	Описание слова
BEER-INIT (--)	Настраивает таймер-счетчик T14 микроконтроллера Форт-машины для генерации звука с помощью пьезоизлучателя
BEER (--)	Выдает короткий звуковой сигнал с помощью пьезоизлучателя
MOT-INIT (--)	Настраивает таймер-счетчик T3 микроконтроллера Форт-машины для формирования управляющих сигналов (ШИМ) для драйвера моторов
MOT-SPEED (n --)	Устанавливает скорость вращения мотора, подключенного к соединителю XP9 (мотор "А"). На вершине стека передается число, определяющее устанавливаемую скорость в процентах от максимальной
B-MOT-SPEED (n --)	Устанавливает скорость вращения мотора, подключенного к соединителю XP10 (мотор "В"). На вершине стека передается число, определяющее устанавливаемую скорость в процентах от максимальной
MOT-FWD (--)	Включает мотор, подключенный к соединителю XP9 (мотор "А"), для вращения в условном направлении вперед
B-MOT-FWD (--)	Включает мотор, подключенный к соединителю XP10 (мотор "В"), для вращения в условном направлении вперед
MOT-REV (--)	Включает мотор, подключенный к соединителю XP9 (мотор "А"), для вращения в условном направлении назад
B-MOT-REV (--)	Включает мотор, подключенный к соединителю XP10 (мотор "В"), для вращения в условном направлении назад
MOT-STOP (--)	Останавливает вращение мотора, подключенного к соединителю XP9 (мотор "А")
B-MOT-STOP (--)	Останавливает вращение мотора, подключенного к соединителю XP10 (мотор "В")
PWM-INIT (--)	Настраивает таймер-счетчик T1 микроконтроллера Форт-машины для формирования стандартных сигналов ШИМ для сервоприводов, подключенных к соединителям XP11, XP12, XP13 и XP14
PWM1 (u --) PWM2 (u --) PWM3 (u --) PWM4 (u --)	Группа слов для установки длительности активного уровня сигнала ШИМ для сервоприводов, подключенных к соединителям XP11, XP12, XP13 и XP14 соответственно. На вершине стека передается число, определяющее длительность активного уровня ШИМ в микросекундах
SW2 (-- flag) SW3 (-- flag) SW4 (-- flag) SW5 (-- flag)	Группа слов для определения состояния кнопок SW2, SW3, SW4 и SW5, либо состояния датчиков, подключенных к соединителям XP4, XP5, XP6 и XP7 соответственно. Каждое слово возвращает на вершине стека значение, соответствующее текущему состоянию кнопки или датчика. (Для нажатой кнопки возвращаемое значение не равно нулю)

Слова **BEER-INIT**, **MOT-INIT**, **PWM-INIT** не изменяют настройки конфигурации цепей ввода-вывода микроконтроллера Форт-машины. Для использования возможностей кастомизированного словаря необходимо предварительно установить типовую конфигурацию ввода-вывода (кроме конфигурации 0) или настроить порты ввода-вывода индивидуально.

Слово **PWM-INIT** настраивает генерацию сигнала ШИМ на выходах каналов таймера-счетчика T1 с периодом 20 миллисекунд. Шаг изменения длительности активного уровня ШИМ (высокий логический уровень на выходе) равен 1 микросекунде. При инициализации во всех каналах устанавливается длительность активного уровня 1500 микросекунд, что соответствует среднему положению ротора стандартного сервопривода.

5. Схема модуля

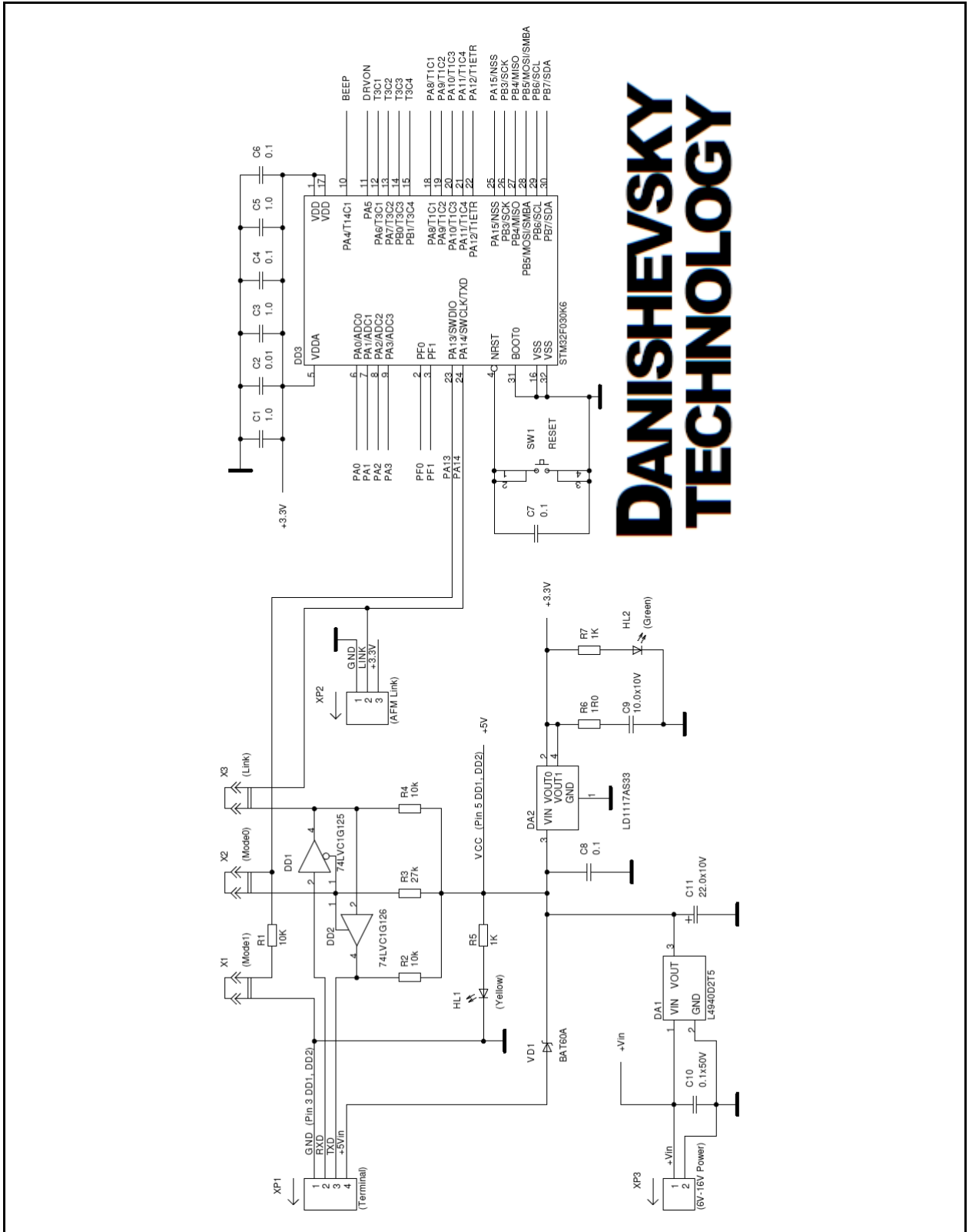


Рисунок 5.1 Принципиальная схема модуля AFMcustom-M1.10

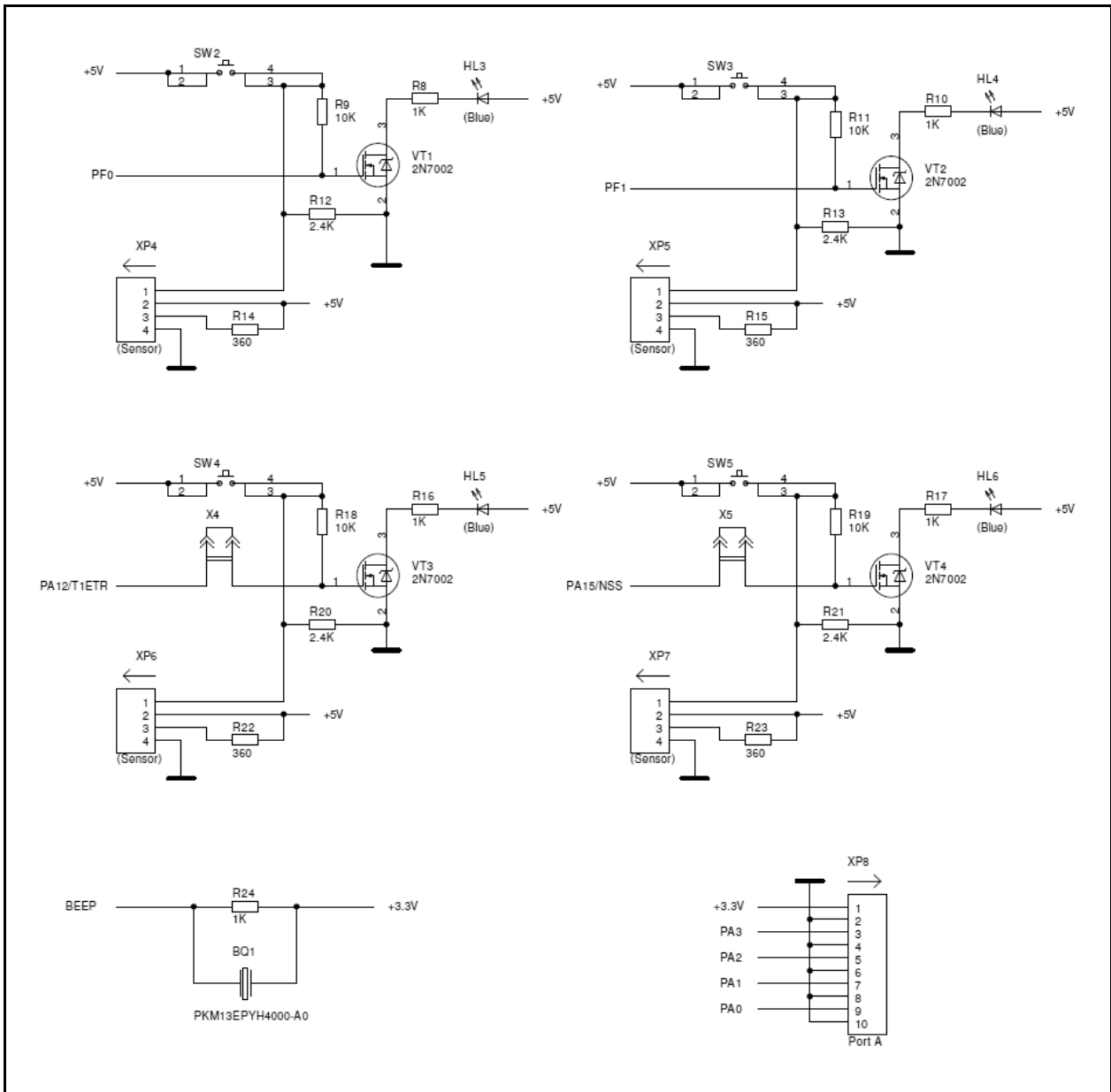


Рисунок 5.2 Принципиальная схема модуля AFMcustom-M1.10 (продолжение)

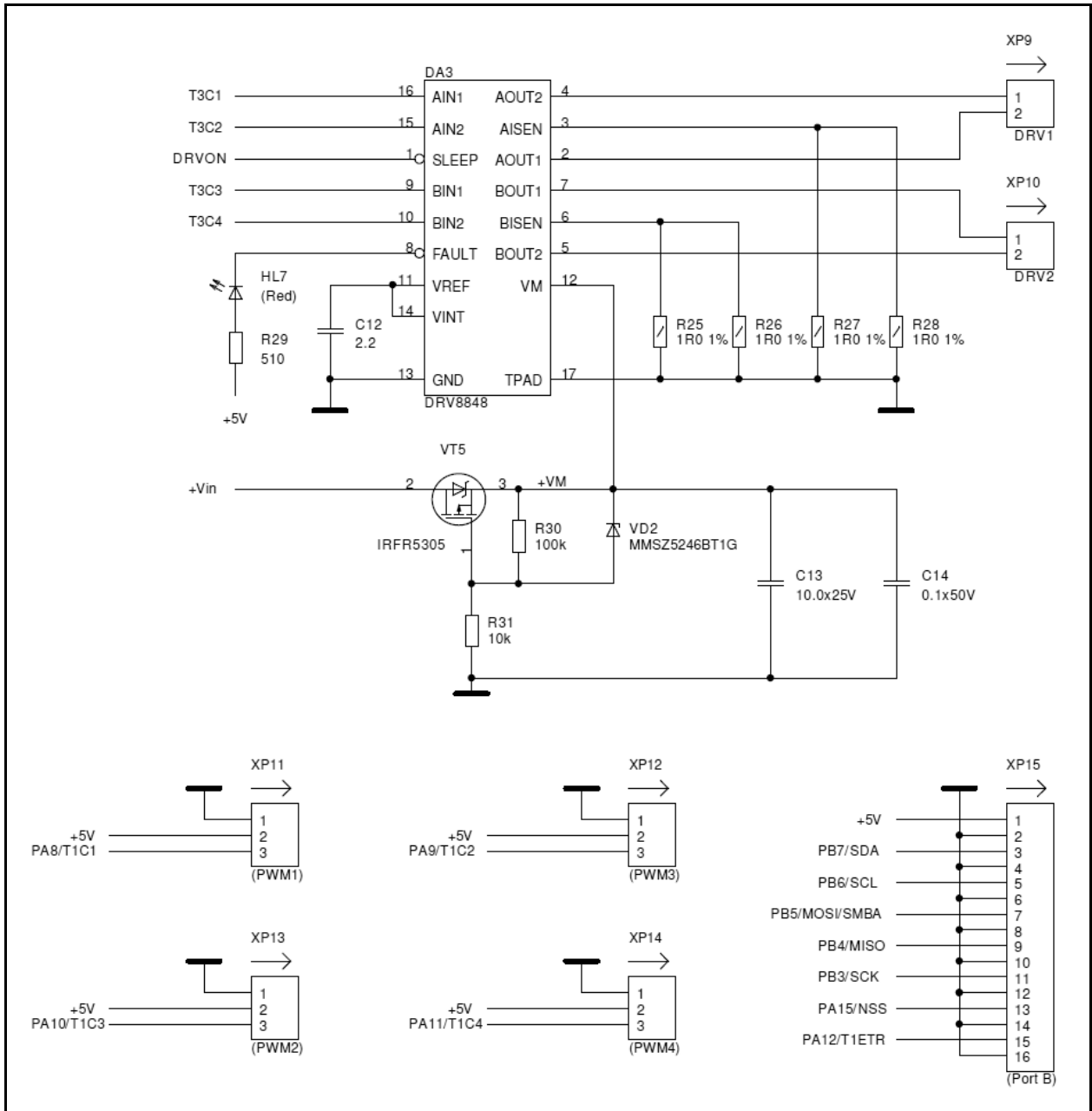


Рисунок 5.3 Принципиальная схема модуля AFMcustom-M1.10 (окончание)

6. Основные характеристики модуля

6.1. Предельные допустимые эксплуатационные параметры

Выход за границы предельных допустимых эксплуатационных параметров может привести к необратимым повреждениям модуля или его отдельных компонентов.

Таблица 6.1 Предельные допустимые эксплуатационные параметры

Параметр	Предельное минимальное значение	Предельное максимальное значение	Единица изм.
Напряжение питания, основное (на соединителе XP3) V_{in}		20	Вольт
Напряжение обратной полярности на соединителе XP3, V_{inrev}	-15		Вольт
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 5В (суммарный ток на контактах соединителей), I_{L5}		1.5	Ампер
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 3.3В (на контактах соединителя XP8), I_{L3}		0.75	Ампер
Температура окружающей среды при хранении и эксплуатации, t_{amb}	-40	+85	°C

6.2. Электрические характеристики

Таблица 6.2 Основные электрические характеристики модуля

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение	Единица изм.
Напряжение питания, основное (на соединителе XP3) V_{in}	5.2	14.8	Вольт
Напряжение питания 5В на соединителе XP1, $V_{interm5}$	4.75	5.5	Вольт
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 5В (суммарный ток на контактах соединителей), I_{L5}		1	Ампер
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 3.3В (на контактах соединителя XP8), I_{L3}		0.5	Ампер
Ограничение тока на обмотках двигателей, подключенных к XP9 и XP10	0.95	1.05	Ампер
Ток нагрузки выходов микроконтроллера, подключенных к соединителям, I_o	-0.008	0.008	Ампер

Электрические характеристики цепей микроконтроллера Форт-машины, непосредственно выведенные на контакты соединителей модуля, см. в технической документации на микросхему STM32F030K6 на сайте изготовителя: www.st.com

6.3. Механические характеристики

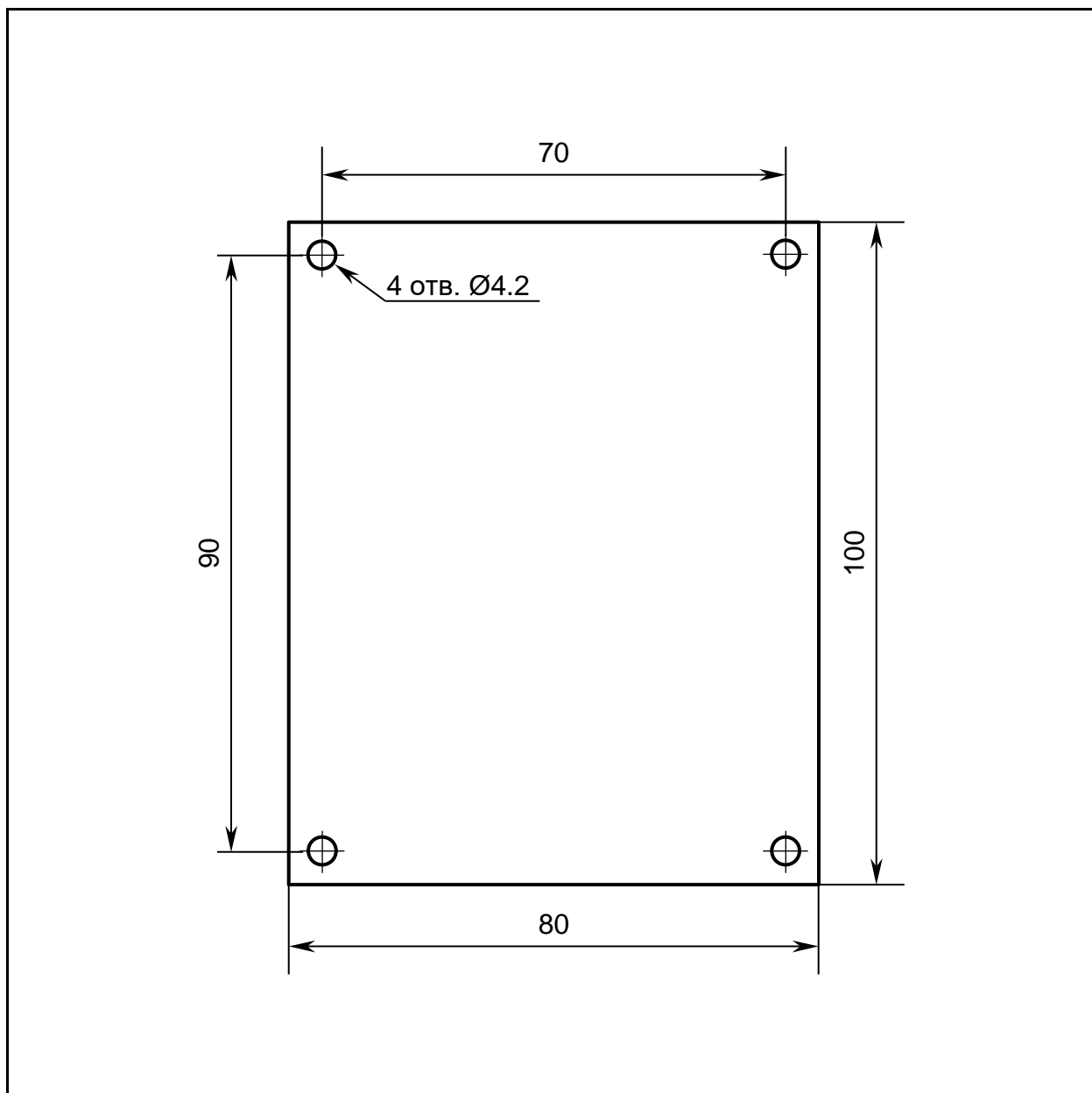


Рисунок 6.1 Габаритные размеры модуля и расположение крепежных отверстий

6.4. Ответные части соединителей модуля

В таблице приведены основные механические характеристики соединителей на плате модуля и справочная информация по ответным частям.

Таблица 6.3 Ответные части соединителей модуля

Соединитель	Характеристики	Ответная часть
XP1 (TERMINAL)	Вилка в корпусе, вертикальная, 4 контакта, шаг 2 мм	Розетка MU-4F или аналогичная (JST: PHR-4; Connfly: DS1066-04F)
XP2 (LINK)	Вилка в корпусе, вертикальная, 3 контакта, шаг 2 мм	Розетка MU-3F или аналогичная (JST: PHR-3; Connfly: DS1066-03F)
XP3 (питание основное)	Вилка с ключом, вертикальная, 2 контакта, шаг 5.08 мм	Розетка MHU-2 или аналогичная (Connfly: DS1074-2F)
XP4, XP5, XP6, XP7 (датчики)	Вилка без корпуса, вертикальная, 4 контакта, шаг 2.54 мм	Розетка BLS-4 или аналогичная (Connfly: DS1071-1x4)
XP8 (порт PA)	Вилка в корпусе с ключом, вертикальная, 10 контактов, двухрядная, шаг 2.54 мм	Розетка для плоского кабеля IDC-10F или аналогичная (Connfly: DS1016-10)
XP9, XP10 (моторы)	Вилка с ключом, вертикальная, 2 контакта, шаг 3.96 мм	Розетка PHU-2 или аналогичная (Connfly: DS1072-2F)
XP11, XP12, XP13, XP14 (ШИМ)	Вилка без корпуса, вертикальная, 3 контакта, шаг 2.54 мм	Розетка BLS-3 или аналогичная (Connfly: DS1071-1x3)
XP15 (порт PB)	Вилка в корпусе с ключом, вертикальная, 16 контактов, двухрядная, шаг 2.54 мм	Розетка для плоского кабеля IDC-16F или аналогичная (Connfly: DS1016-16)

Предприятие-изготовитель оставляет за собой право внесения изменений в конструкцию, внешний вид изделий и упаковки, в документацию, программы и другие материалы без уведомления потребителей.

© Danishevsky Technology, 2019, 2020

www.danishevsky.tech

AFMcustom-M1.10, AFMcustom-M1.10-T01. Специализированный модуль AFM для управления DC-моторами. Техническая спецификация. Ред. 2.00.

История внесения изменений:

Редакция	Дата	Изменения	Код документа
1.00	Мар-2020	Начальная редакция	DS00040100RU
2.00	Ноя-2020	Исправлены замеченные ошибки. Добавлены разделы 4.2 и 4.3.	DS00040200RU