

- Форт-машина класса AFMnano на микроконтроллере STM32F030F4P6:

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

- До 5 КВ постоянной памяти, до 3 КВ ОЗУ секции данных программы пользователя

- Соединители:

- для AFM-Link и терминала
- для подключения к устройствам ввода-вывода
- для подключения внешнего питания

- Питание Форт-машины:

- от соединителя терминала (5В)
- от внешних источников, подключаемых к контактам модуля (5В, 3.3В)

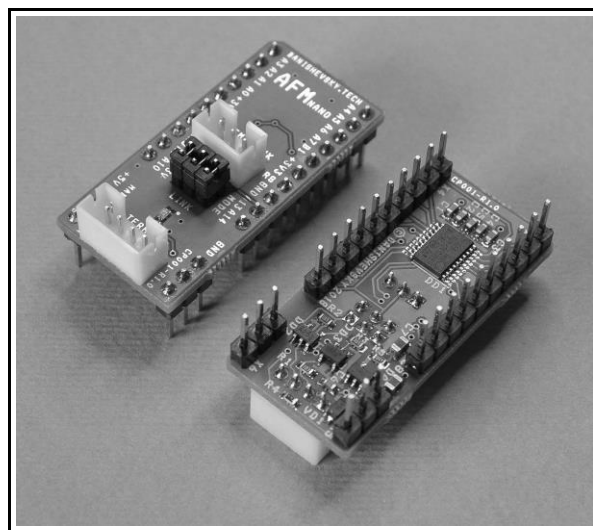
- Стабилизатор напряжения на плате:

- напряжение питания 3.3В для микроконтроллера STM32F030F4P6

- Индикатор:

- наличия напряжения 5В

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



- Назначение:

- прототипирование простых устройств управления
- вычислительное и коммуникационное ядро "умного" датчика
- обучение программированию и основам применения управляющих машин

- Встроенное ПО:

- Advanced Forth System 16 bit Level 0 (AFS-16-L0)
- сокращенный набор функций ввода-вывода

1. Описание модуля

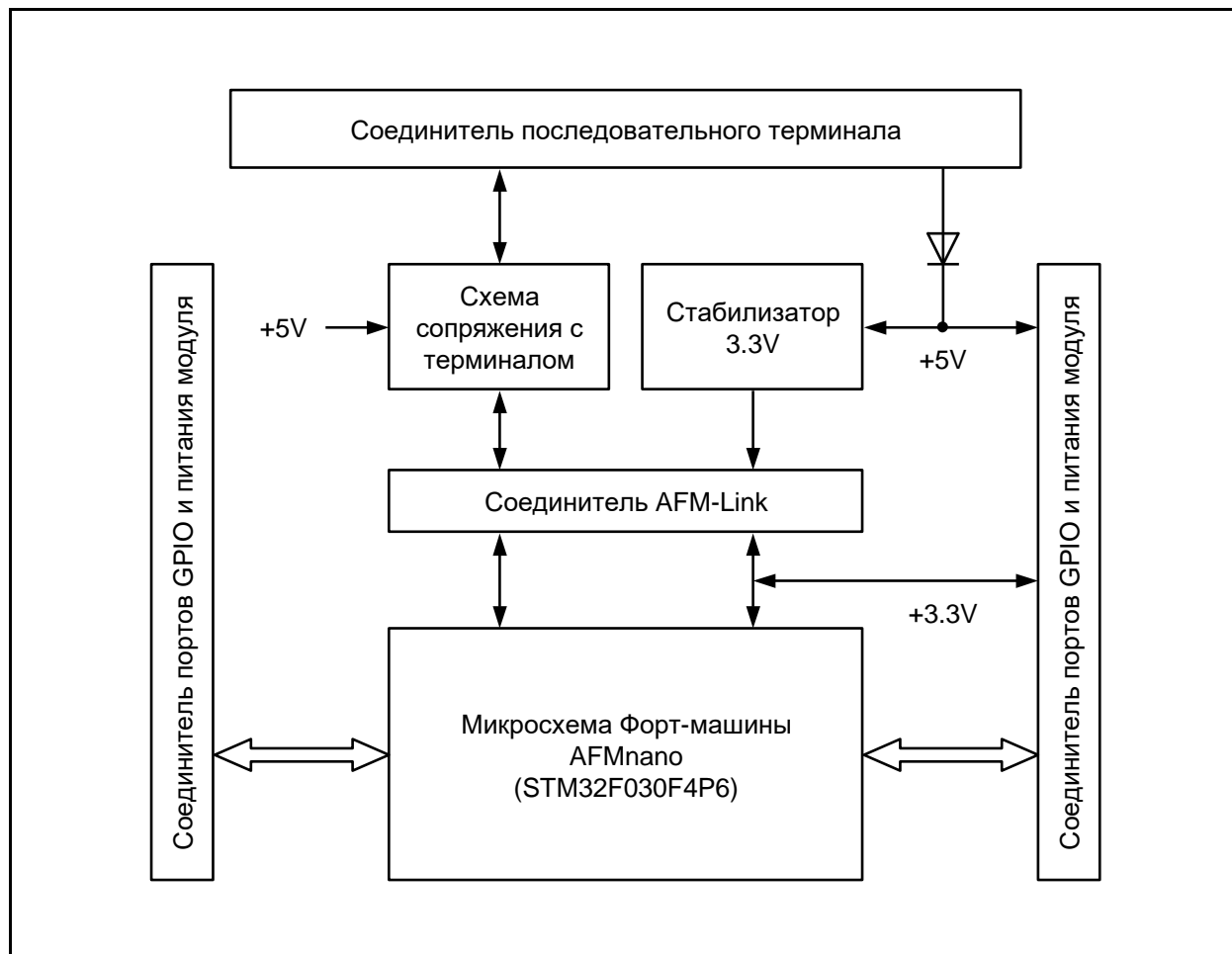


Рисунок 1.1 Блок-схема модуля AFMcustom-M0.10

Модуль AFMnano-M0.10 выполнен на печатной плате с расположением компонентов с двух сторон.

На плате расположены:

- микросхема Форт-машины класса AFMnano на базе микроконтроллера STM32F030F4P6;
- микросхема стабилизатора напряжения 3.3В;
- схема сопряжения интерфейса AFM-Link с последовательным терминалом;
- светодиодный индикатор подключения питания 5V;
- переключки и соединители.

Расположение и обозначение компонентов на плате модуля показано на рисунках.

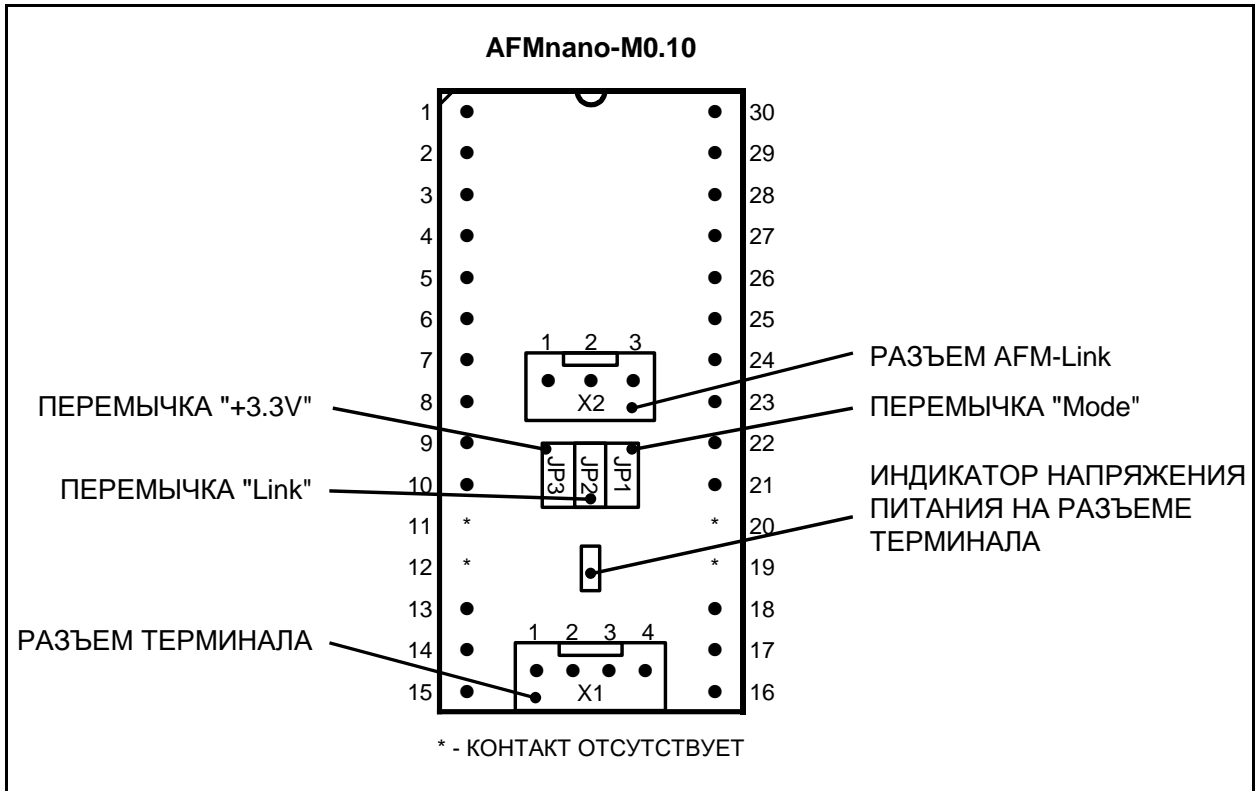


Рисунок 1.2 Компоненты на плате модуля AFMnano-M0.10, верхняя сторона

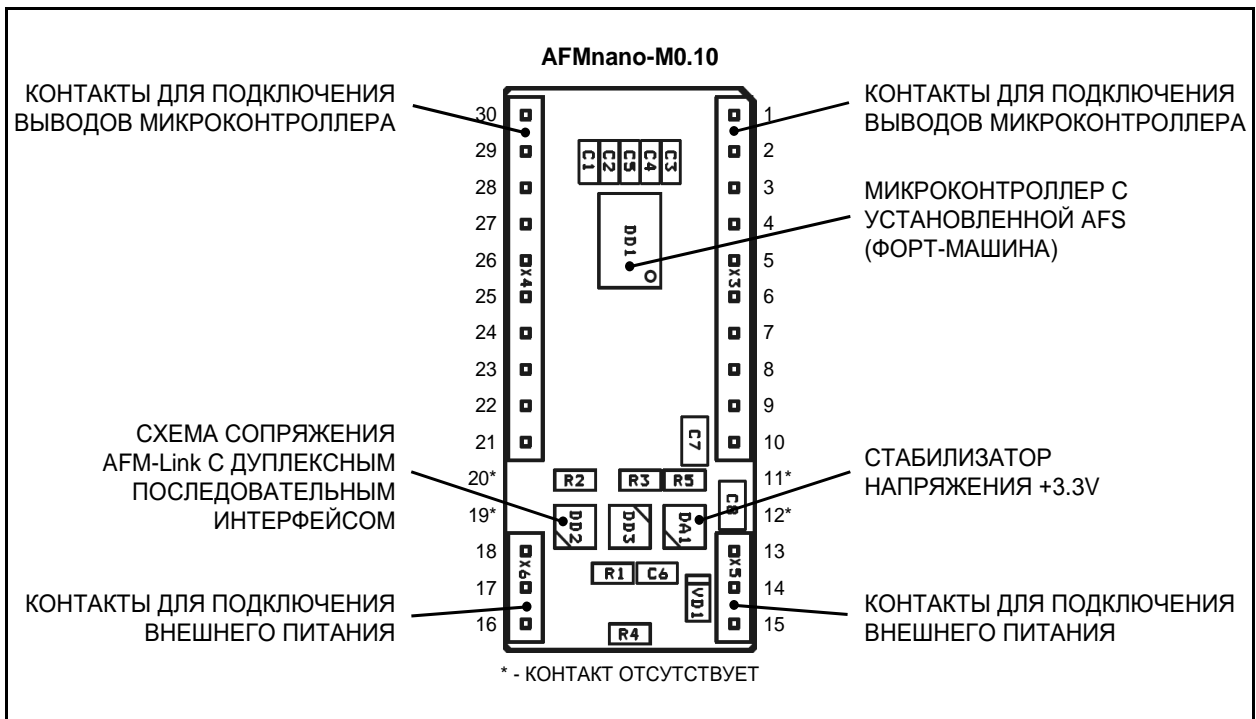


Рисунок 1.3 Компоненты на плате модуля AFMnano-M0.10, нижняя сторона

Выводы микроконтроллера Форт-машины подключены непосредственно к контактам соединителей для внешних устройств. Назначение выводов определяется программными настройками. (См. Типовые конфигурации ввода-вывода, стр. 9)

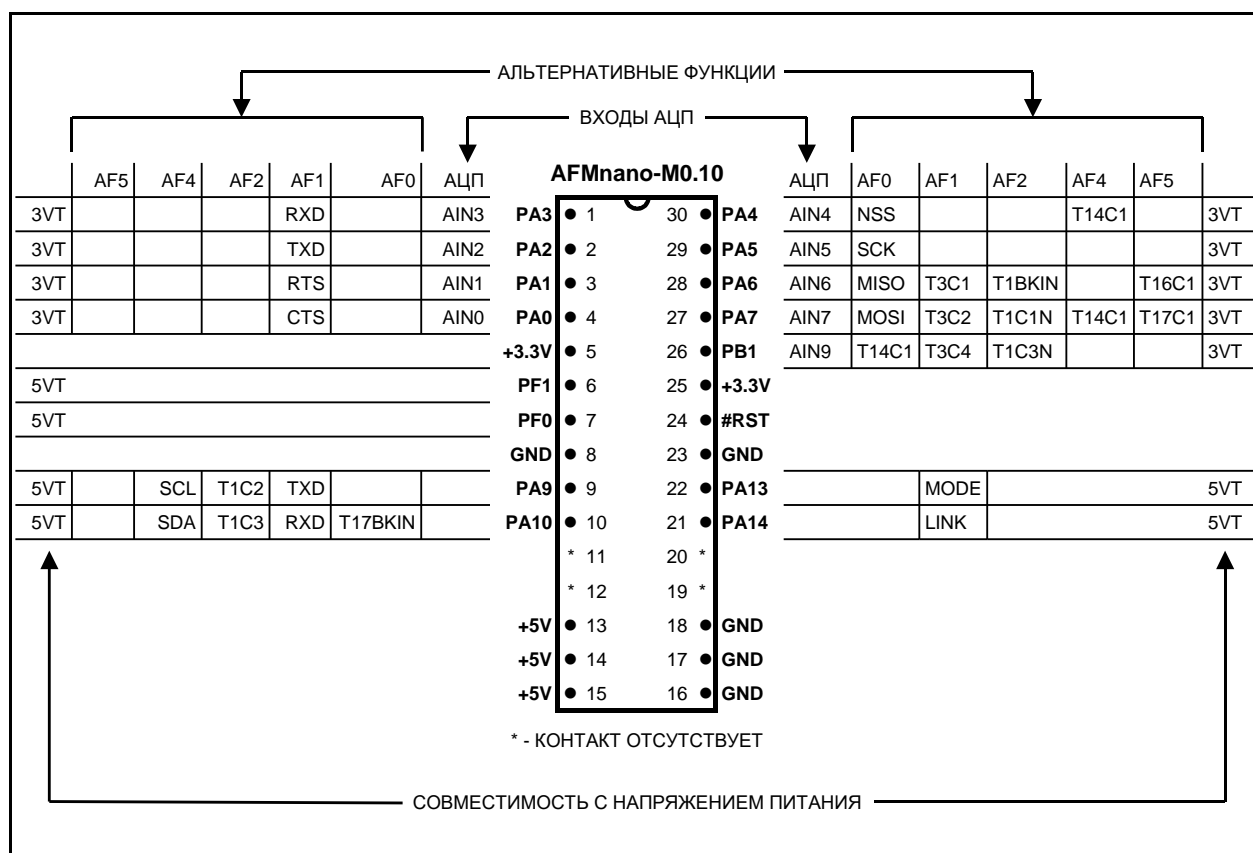


Рисунок 1.4 Назначение выводов модуля

На рисунке использованы следующие обозначения совместимости выводов модуля 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, указаны альтернативные варианты конфигурации.

(См. также принципиальную схему модуля на стр. 16).

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.

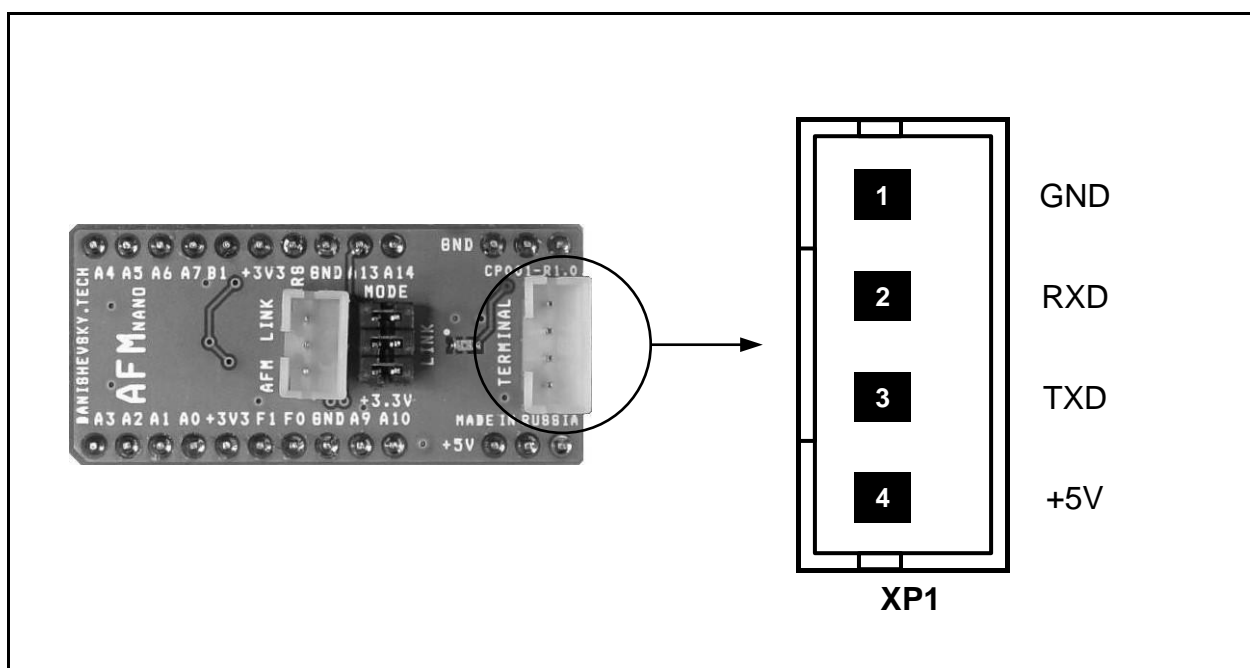


Рисунок 2.1 Соединитель XP1 – последовательный терминал

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.

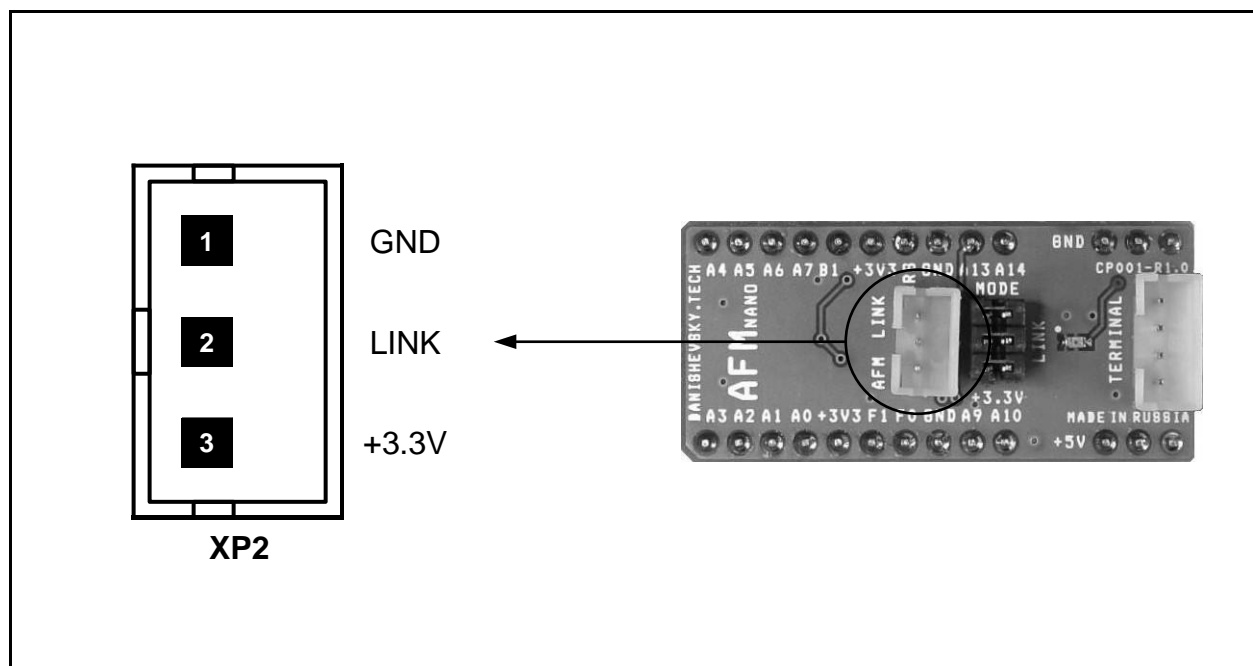


Рисунок 2.2 Соединитель XP2 – межмашинный интерфейс AFM-Link

Таблица 2.2 Назначение контактов соединителя XP2

Номер контакта	Цель	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)

3. Перемычки (джамперы)

3.1. Перемычки JP1, JP2, JP3 – режимы работы

Перемычки JP1, JP2 и JP3 предназначены для управления режимами работы Форт-машины и схемы сопряжения интерфейса AFM-Link с последовательным терминалом.

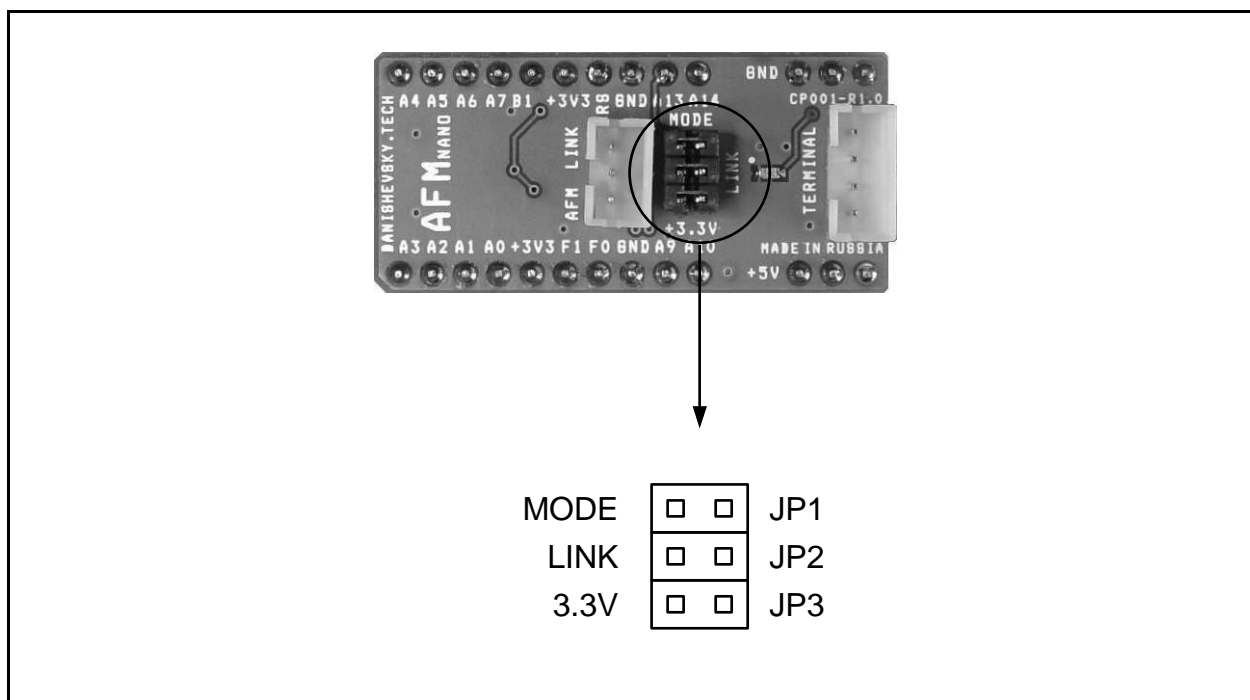


Рисунок 3.1 Перемычки JP1, JP2, JP3 – режимы работы

3.1.1. Перемычка JP1 (MODE) – 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 JP1 (MODE) 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.

3.1.2. Перемычка JP2 (LINK) – разрыв цепи данных AFM-Link

Перемычка JP2 (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.

Возможные режимы работы при различных комбинациях установки переключателей JP1 и JP2 приведены в таблице.

Таблица 3.1 Режимы работы, определяемые переключателями JP1 и JP2

JP1 (MODE)	JP2 (LINK)	Режим работы
снята	снята	Автономный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом отключена – выполнение сохраненной программы или прием программы от другой машины (репликация)
снята	установлена	Автономный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом подключена – выполнение сохраненной программы с трансляцией сообщений в терминал (прием сообщений невозможен)
установлена	снята	Интерактивный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом отключена – комбинация не используется
установлена	установлена	Интерактивный режим работы AFS, схема сопряжения с терминалом подключена – программирование в среде AFS или передача программы в другую машину (репликация)

3.2. Переключатель JP3 – разрыв цепи +3.3V от стабилизатора

Переключатель JP3 разрывает цепь +3.3V между выходом стабилизатора на плате модуля и нагрузкой – микросхемой Форт-машины и внешними устройствами. Отключение встроенного стабилизатора необходимо для использования внешнего источника питания 3.3В.

3.3. Установка переключателей по умолчанию

Для работы с Форт-машиной в интерактивном режиме программирования должны быть установлены переключатели JP1 и JP2. При питании от терминального устройства и встроенного стабилизатора переключатель JP3 должна быть установлена.

4. Встроенное программное обеспечение

Микросхема Форт-машины (микроконтроллер STM32F030F4) на плате модуля поставляется с установленной Форт-системой AFS-16-L0 (сокращенная версия).

4.1. Типовые конфигурации ввода-вывода

Для облегчения настройки выводов микроконтроллера Форт-машины для работы с встроенными устройствами ввода-вывода могут использоваться 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 AFMnano-M0.10 для различных типовых конфигураций приведены в таблице.

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	NSS	AIN4, вход
PA5	3VT	PA5, вход	SCK	AIN5, вход
PA6	3VT	PA6, вход	MISO	AIN6, вход
PA7	3VT	PA7, вход	MOSI	AIN7, вход
PA9	5VT	PA9, вход	SCL, OD	SCL, OD
PA10	5VT	PA10, вход	SDA, OD	SCL, OD
PA13	5VT	PA13, выход	PA13, выход	PA13, выход
PA14	5VT	TXD, OD	TXD, OD	TXD, OD
PB1	3VT	PB1, вход	T14C1	T14C1
PF0	5VT	PF0, вход	PF0, вход	PF0, вход
PF1	5VT	PF1, вход	PF1, вход	PF1, вход

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

AINx – аналоговые входы мультиплексора 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;

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

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.

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 AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 с единственным АЦП используется номер ноль.

Прямой доступ к регистрам АЦП в сокращенной версии AFS-16-L0 не используется.

4.2.2. Интерфейс Inter-integrated Circuit (I2C)

Микроконтроллер модуля AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 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_RXCRCR)
2	SPI status register (SPIx_SR)	6	SPI Tx CRC register (SPIx_TXCRCR)
3	SPI data register (SPIx_DR)		

4.2.4. Таймеры-счетчики

Микроконтроллер модуля AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10	
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 AFMnano-M0.10 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 AFMnano-M0.10 с единственным UART используется номер ноль.

Прямой доступ к регистрам UART в сокращенной версии AFS-16-L0 не используется.

4.3. Ограничения в функциях управления устройствами ввода-вывода

Используемый в модуле AFMnano-M0.10 микроконтроллер имеет недостаточно большой объем памяти для установки полной версии AFS. Модуль поставляется с сокращенной версией AFS-16-L0. Кроме перечисленных выше, драйверы устройств ввода-вывода имеют следующие ограничения.

Драйвер I2C сконфигурирован для работы в режиме ведущего (master) устройства по умолчанию.

Драйвер UART сконфигурирован для преимущественного использования текстовой консоли AFS. Большинство функций управления каналом связи заблокировано. Запрос инициализации UART позволяет изменять скорость передачи данных в AFM-Link и в канале терминала.

5. Схема модуля

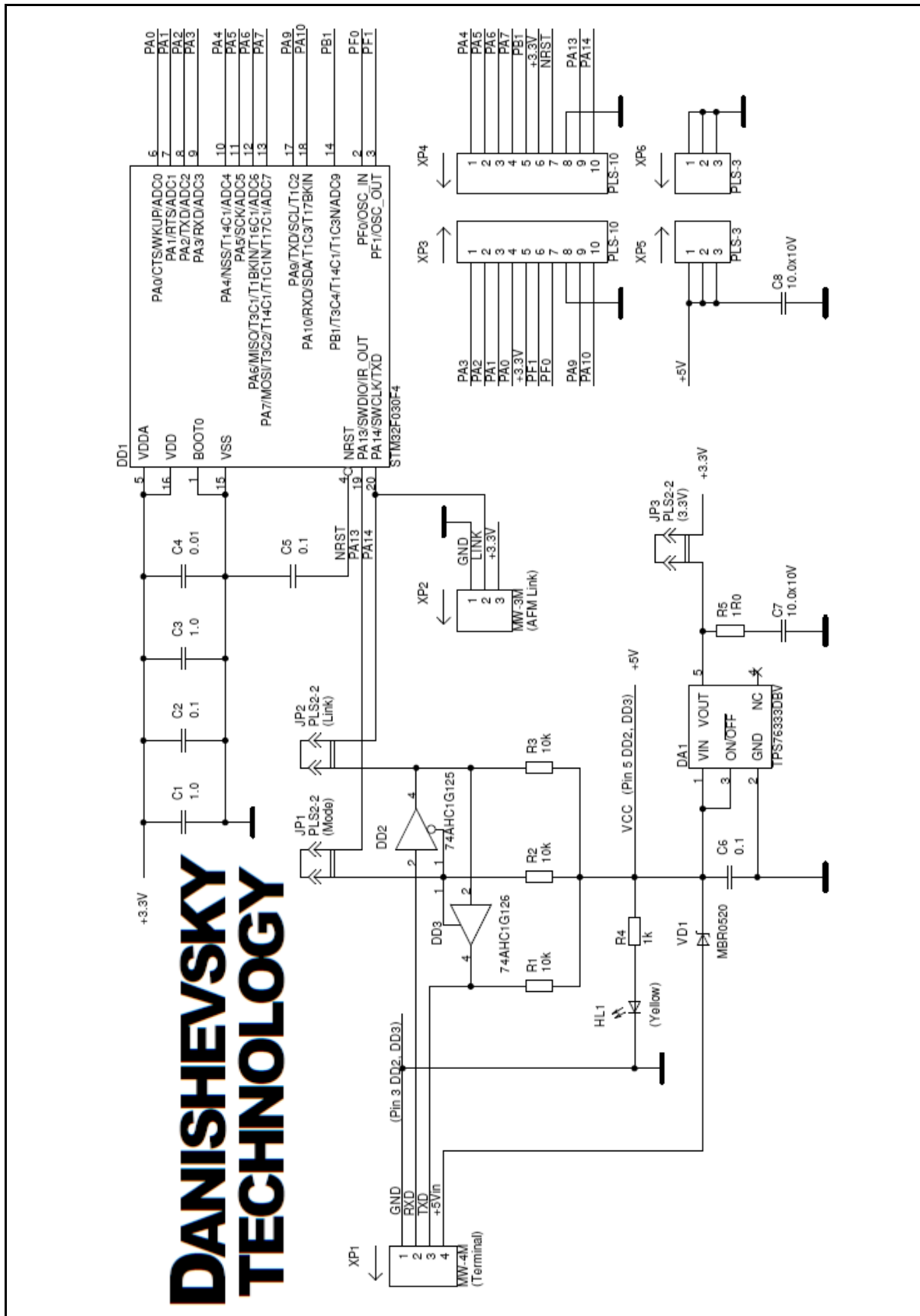


Рисунок 5.1 Принципиальная схема модуля AFMnano-M0.10

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 5В на соединителе XP1, $V_{in_{term5}}$	4.5	5.7	Вольт
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 3.3В, I_{L3}		0.12	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 5В на соединителе XP1, $V_{in_{term5}}$	4.75	5.5	Вольт
Ток нагрузки стабилизатора напряжения 3.3В, I_{L3}		0.1	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 STM32F030F4P6 на сайте изготовителя: www.st.com

6.3. 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)
Соединители внешних устройств	Вилка без корпуса, вертикальная, шаг 2.54 мм	Розетка BLS или аналогичная

ООО "ДАНИШЕВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЯ" оставляет за собой право внесения изменений в конструкцию, внешний вид изделий и упаковки, в документацию, программы и другие материалы без уведомления потребителей.

© Danishevsky Technology, 2018 – 2020

www.danishevsky.tech

AFMnano-M0.10. Модуль Форт-машины AFM. Техническая спецификация. Ред. 2.01.

История внесения изменений:

Редакция	Дата	Изменения	Код документа
1.00	Ноя-2018	Начальная редакция	DS00010100RU
	Авг-2020	Обновление иллюстраций	
2.00	Ноя-2020	Исправлены замеченные ошибки. Добавлены разделы 4.2 и 4.3.	DS00010200RU
2.01	Ноя-2020	Исправлен рисунок 5.1.	DS00010201RU