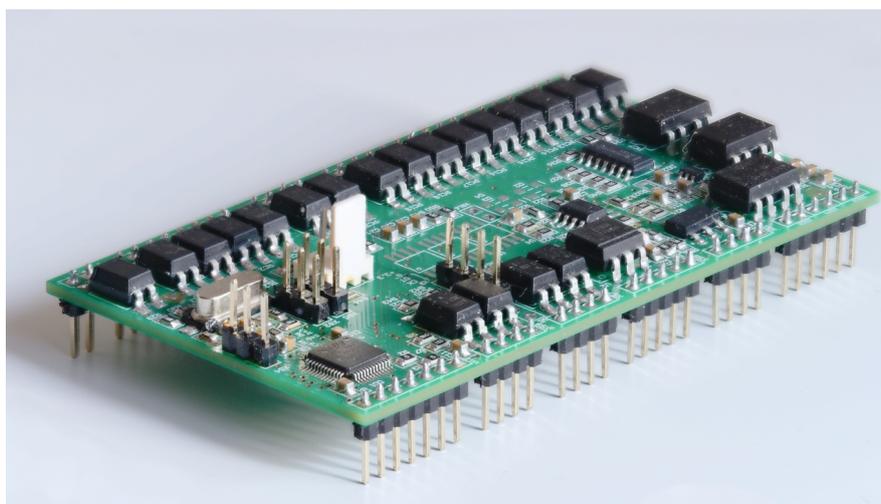


ООО «Актив – ТермоКуб»

Универсальная плата-контроллер Amigo Heart 1.1 Техническое описание



г. Екатеринбург

2020 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Введение	4
2 Общее описание платы	5
2.1 Предлагаемое назначение платы	5
2.2 Общие возможности аппаратной части	6
3 Описание назначения контактов платы	7
3.1 Расположение контактных групп и их функциональные назначения	7
3.2 Описание контактных групп	8
3.2.1 X1 Разъем питания	8
3.2.2 X2 Дискретные входы	8
3.2.2.1 Подключение к дискретным входам	9
3.2.3 X3 Дискретный вход	11
3.2.4 X4 Защищённый псевдо-аналоговый вход/захват ШИМ	11
3.2.5 X5 Аналоговые входы	12
3.2.5.1 Подключение к аналоговому входу с масштабированием ..	12
3.2.5.2 Подключение к защищённому аналоговому входу	14
3.2.6 X6 Прямые входы АЦП	14
3.2.7 X7 Шина I^2C2	15
3.2.7.1 Расширитель портов <i>PCA9555PW</i>	16
3.2.7.2 Микросхемы памяти M24C32	17
3.2.8 X8 Интерфейс программатора SWD	17
3.2.9 X9, X10 Контакты питания +3,3 В и GND	17
3.2.10 X11 Прямые выходы ШИМ с МП	17
3.2.11 X12 Защищённые дискретные выходы	19
3.2.11.1 Подключение к защищённым дискретным выходам	20
3.2.12 X13 Шина I^2C1	21

1 Введение

Наша компания благодарит Вас за приобретение за приобретение контроллера Amigo Heart и надеется что Вам доставит удовольствие его использование. Настоящим сообщаем что данное руководство пользователя не является окончательной версией, поэтому просим вас все появляющиеся у Вас замечания, предложения и просьба направлять по нашему электронному адресу psc@olympus.ru.

На момент выхода этой документации в свет готовится вторая часть руководства по контроллеру, с образцами кода на языке C, для среды разработки STM32CubeIDE, в которой будут показаны примеры кода для работы с различными составляющими контроллера Amigo Heart.

Актуальную версию данного руководства можно получить по [ссылке](#):



2 Общее описание платы

Универсальная плата-контроллер Amigo Heart 1.1 основана на базе микропроцессора (МП) STM32F072 со следующими характеристиками:

Процессор — ARM® 32-bit Cortex®-M0 CPU;

Частота процессора — до 48 МГц;

ОЗУ — от 16 до 64 Кбайт (тип SRAM);

ПЗУ — 128 Кбайт (тип FLASH);

Питание платы — +5...+28 В¹.

С помощью универсальной платы-контроллера Amigo Heart 1.1 возможно организовать управление системами электроприводов: ТП-Д, ТПН-АД, ШИП-ДПТ, ПЧ-АД, а также управление вентильными, шаговыми и синхронными электродвигателями и др. решений и не только в области электропривода.

Габариты платы-контроллера Amigo Heart 1.1:

Ширина — 53 мм;

Длина — 91 мм;

Высота — 23 мм.

2.1 Предлагаемое назначение платы

Плата AMIGO Heart 1.1 предназначена для создания частотных преобразователей до трех выходных фаз, преобразователей напряжения с «чистой» синусоидой. И содержит необходимую для этого обвязку.

¹Далее обозначается как $U_{пит}$

2.2 Общие возможности аппаратной части

Плата оснащена процессором STM32F072 и имеет на борту до трех микросхем памяти с интерфейсом I^2C (в зависимости от исполнения). Позволяет разрабатывать и обслуживать частотные преобразователи с:

- тремя фазами на выходе;
- тормозным резистором;
- двумя датчиками тока нагрузки;
- управляющим заданием по напряжению или току;
- датчиком скорости на основе энкодера;
- дискретным входом пуск/стоп;
- дискретным входом вперед /назад;
- дискретным программируемым входом;
- измерением напряжения в звене постоянного тока;
- несколькими датчиками температуры.

Плата имеет 11 дискретных программируемых выходов, 4 из которых непосредственно подключен к процессору, а остальные через расширитель портов *PCA9555PW*. Благодаря использованию оптопар для усиления выходных сигналов, плата позволяет управлять вентилятором охлаждения, а также тремя реле, и двумя программируемыми реле. Так же плата имеет 4 дискретных входа, 2 из которых подключены непосредственно к процессору.

Плата оснащена шиной *RS-485*¹, двумя шинами I^2C , разъёмом для программирования и отладки *SWD*, джампером сброса программы, разъёмом для подключения *USB* порта и *UART*.

Все контакты на плате сгруппированы по своему назначению в разъёмы на плате, как показано на рис. 3.1 и табл. 3.1.

Установленный на плату светодиод *HL1* сигнализирует о подаче питания на процессор.

¹Без чипа-трансивера, с альтернативным вариантом использования как *RS-232*.

3 Описание назначения контактов платы

3.1 Расположение контактных групп и их функциональные назначения

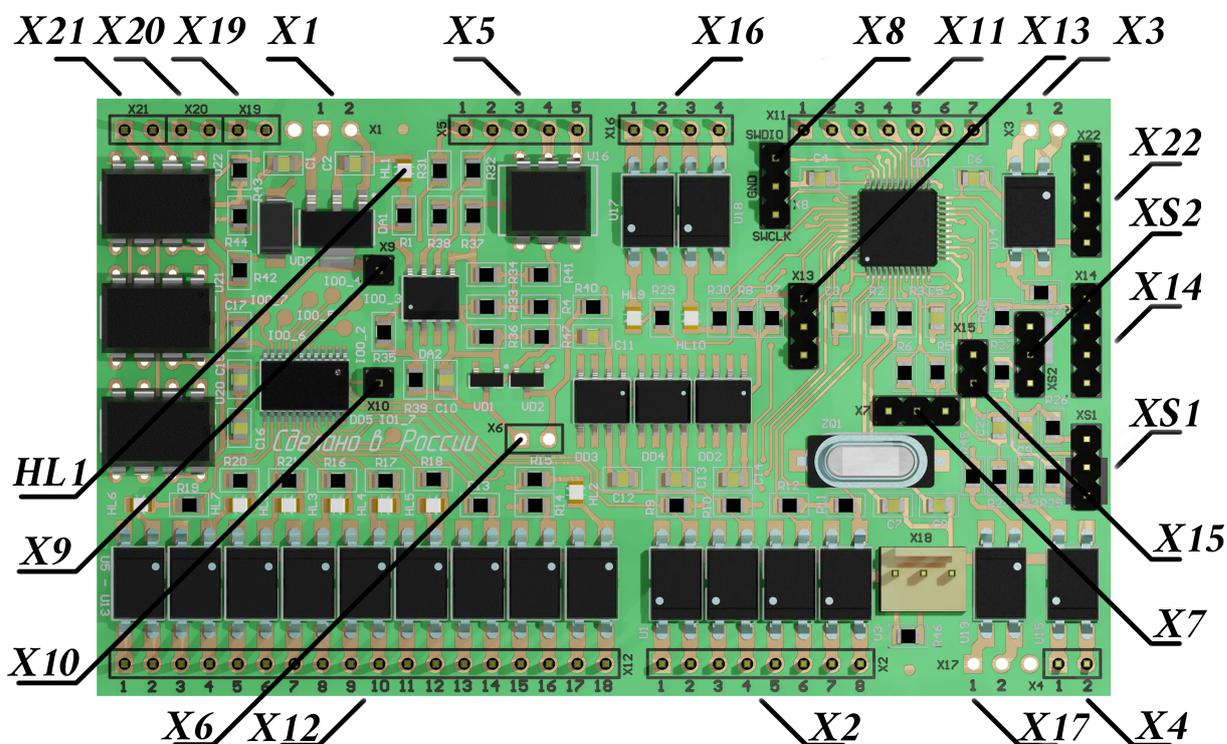


Рисунок 3.1 — Расположение контактных групп на плате Amigo Heart

Таблица 3.1 — Таблица разъемов.

Обозначение	Описание
X1	Разъем питания
X2	Дискретные входы
X3	Вход сигнала дискретного
X4	Вход аналоговый
X5	Аналоговые входы с каналами нормализации
X6	Аналоговый вход/выход не нормализованный
X7	Шина I2C №2
X8	Разъем программирования SWD
X9	Разъем питания +3,3В
X10	Разъем питания GND
X11	Прямые входы/выходы на МП.
X12	Дискретный выходы с открытым коллектором
X13	Шина I2C №1
X14	RS485/UART шина

Продолжение на след. стр.

Продолжение таблицы 3.1

X15	Выход прямой ЦАП
X16	Дискретные выходы с открытым коллектором
X17	Аналоговый выход с открытым коллектором
X18	1 wire шина
X19	Вход А энкодера
X20	Вход В энкодера
X21	Вход Z энкодера
X22	USB порт/шина CAN
XS1	Джампер 1
XS2	Джампер 2

3.2 Описание контактных групп

3.2.1 X1 Разъем питания

Предназначен для подачи питания на плату контроллера.

Таблица 3.2 — Список контактов разъёма X1

№ контакта	Назначение
1	+5В (от 5 В до +28 В)
2	GND

При подаче питания от +4,5 В и выше загорается светодиод HL1.

3.2.2 X2 Дискретные входы

Имеет четыре пары ножек, каждая пара ножек предназначена для управления оптопарой и имеет допуск по максимально допустимому току оптопары не более 50 мА. Выходы с оптопар попадают на расширитель портов (далее РП) и управляются МП по I^2C , как описано в разд. 3.2.7.1 и ??.

Таблица 3.3 — Список контактов разъёма X1

	Назначение	Анод/катод	Ножка МП	Номер ножки МП	Адрес в расширителе портов
1	S4	Анод	×	×	IO0_1
2		Катод			
3	S3	Анод	×	×	IO0_0
4		Катод			
5	S2	Анод	PC_13	2	×
6		Катод			
7	S1	Анод	PC_14	3	×
8		Катод			

3.2.2.1 Подключение к дискретным входам

На рис. 3.2 показан пример возможного подключения к изолированному дискретному входу дискретного сигнала напряжением 24 В, формируемого кнопкой SW1. Оптопара U3 предоставляет гальваническое разделение входных контактов 1 (анод) и 2 (катод), от выходных контактов 4 и 3. Это позволяет обеспечить защиту МП от высокого напряжения, статических разрядов и других потенциально опасных явлений. Как видно на рис. 3.2 оптопара состоит из двух частей:

- Входной светодиод;
- Выходной фототранзистор.

Для подключения к дискретному входу следует задаться ограничениями входного светодиода:

Допустимый входной ток — до 50 мА;

Ток включения — 10–15 мА;

Допустимое обратное напряжение — 6 В;

Для выполнения этих ограничений следует обеспечить ограничение тока на допустимом уровне с помощью токоограничивающего резистора R7. Выбор

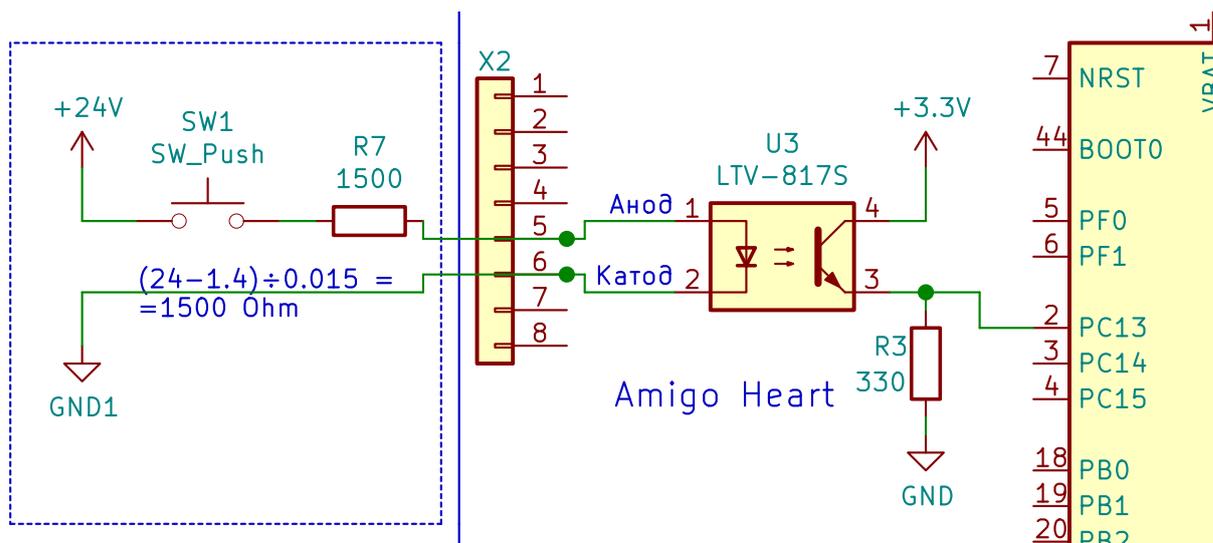


Рисунок 3.2 — Пример подключения кнопки к дискретному входу платы Amigo Heart

его номинала производится в пределах между минимальным и максимальным токами, рассчитываемыми по формулам (3.1) и (3.2).

$$R_{\text{диск.вход.маx}} = \frac{U_{\text{диск.вх}} - U_{f.\text{ОП.мин}}}{I_{\text{диск.вход.мин}}} = \frac{24 - 1,2}{0,010} = 2280, \text{ Ом}; \quad (3.1)$$

$$R_{\text{диск.вход.мин}} = \frac{U_{\text{диск.вх}} - U_{f.\text{ОП.маx}}}{I_{\text{диск.вход.маx}}} = \frac{24 - 1,5}{0,050} = 450, \text{ Ом}, \quad (3.2)$$

где:

$R_{\text{диск.вход.маx}}$ наибольшее допустимое значение токоограничивающего сопротивления. Превышение его приводит к ненадёжному срабатыванию оптопары или отсутствию срабатывания;

$R_{\text{диск.вход.мин}}$ наименьшее допустимое значение токоограничивающего сопротивления. При значении токоограничивающего сопротивления меньше этого, происходит повреждение оптопары, требующее дальнейшей её замены;

$U_{\text{диск.вх}}$ напряжение на дискретном входе. Может находиться в диапазоне от 1,5 В и выше, при наличии корректно выбранного токоограничивающего сопротивления;

$U_{f.оп. min}$ прямое падение напряжения на светодиоде при минимальном допустимом токе. Зависит от температуры, поэтому при применении в экстремальных условиях имеет смысл уточнить значение в документации на оптопару [1, Рис. 4];

$U_{f.оп. max}$ прямое падение напряжения на светодиоде при максимальном допустимом токе. Зависит от температуры, поэтому при применении в экстремальных условиях имеет смысл уточнить значение в документации на оптопару [1, Рис. 4];

$I_{диск.вход. min}$ наименьший ток срабатывания оптопары. Для типовых применений рекомендуется использовать значение 10 мА, при наличии специальной необходимости ознакомьтесь с [1, Рис. 5];

$I_{диск.вход. max}$ наибольший ток срабатывания оптопары. В нормальных условиях это значение составляет 50 мА. Зависит от окружающей температуры, уменьшается с её увеличением. При эксплуатации в условиях высоких температур ознакомьтесь [1, Рис. 2].

3.2.3 X3

Дискретный

вход

Дополнительный дискретный вход с прямым подключением к процессору.

Устройство и способ подключения аналогичен разъёму X2 и описан в разд. 3.2.2.1.

Таблица 3.4 — Список контактов разъёма X3

	Назначение	Анод/катод	Ножка МП	Номер ножки МП
1	S5	Анод	РА_3	13
2		Катод		

3.2.4 X4 Защищённый псевдо-аналоговый вход/захват ШИМ

Разъём X4 предоставляет защищённый вход для цифрового дискретного сигнала на основе оптопары *LTV-817-S*. В стандартной поставке при подаче на вход широтно-импульсно модулированного (ШИМ) сигнала с частотой до

10 кГц возможен аппаратный захват и анализ импульсов с помощью интегрированного таймера *TIM15*.

При замене резистора *R24* на резистор сопротивлением 15 кОм и установке керамического или танталового конденсатора *C22* ёмкостью 4,7 мкФ возможно использование АЦП для считывания усреднённых показаний.

Программирование АЦП показано в ??.

Таблица 3.5 — Список контактов разъёма X4

	Назначение	Анод/катод	Ножка МП	Номер ножки МП
1	A1	Анод	РА_2	12
2		Катод		

3.2.5 X5

Аналоговые

входы

Разъём X5 предоставляет два НЕизолированных аналоговых входа с масштабированием входного сигнала и один изолированный вход с ограниченной областью линейной передачи сигнала.

Контакты 1 и 2 подсоединены к операционному усилителю *LM358*[2] в конфигурации сдвиг и масштабирование. Подключение к данным входам описано в разд. 3.2.5.1.

Контакты 4 и 5 предоставляют подключение к оптопаре *4N25*[3]. Эта оптопара предоставляет гальваническую изоляцию до 5 кВ и имеет линейный участок преобразования тока в напряжение в пределах от 0 до 10 мА. Основное предполагаемое использование данного входа это подключение к нему терморезистора для определения температуры в условиях где есть вероятность появления высокого напряжения.

3.2.5.1 Подключение к аналоговому входу с масштабированием

Аналоговые входы с масштабированием имеют коэффициент усиления вычисляемый по формулам (3.3) и (3.4). Коэффициенты усиления и сдвиг по умолчанию составляют 3 и 1,692 В соответственно, как показано на формуле (3.5). При необходимости изменить коэффициент усиления пользователь

Таблица 3.6 — Список контактов разъёма X5

	Назначение	Катод/анод	Ножка МП	Номер ножки МП
1	A2_scaled	×	PA_4	14
2	A3_scaled	×	PA_7	7
3	GND	×	GND	23
4	A3	Катод	PB_0	18
5		Анод		

может самостоятельно заменить резисторы, в соответствии с формулами.

Структура масштабирующей схемы показана на рис. 3.3.

$$A_2 = \frac{R_{36}}{R_{33} + R_{36}} \cdot \left(\frac{R_{35}}{R_{31}} + 1 \right) \cdot 3,3 - \frac{R_{35}}{R_{31}} \cdot A_{2scl}; \quad (3.3)$$

$$A_3 = \frac{R_{37}}{R_{34} + R_{37}} \cdot \left(\frac{R_{38}}{R_{32}} + 1 \right) \cdot 3,3 - \frac{R_{38}}{R_{32}} \cdot A_{3scl}; \quad (3.4)$$

$$A_{2,3} = \frac{10 \cdot 10^3}{68 \cdot 10^3 + 10 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{30 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} + 1 \right) \cdot 3,3 - \frac{30 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^3} \cdot U_{\text{ВХ2}} = 1,692 - 3 \cdot U_{\text{ВХ2}}; \quad (3.5)$$

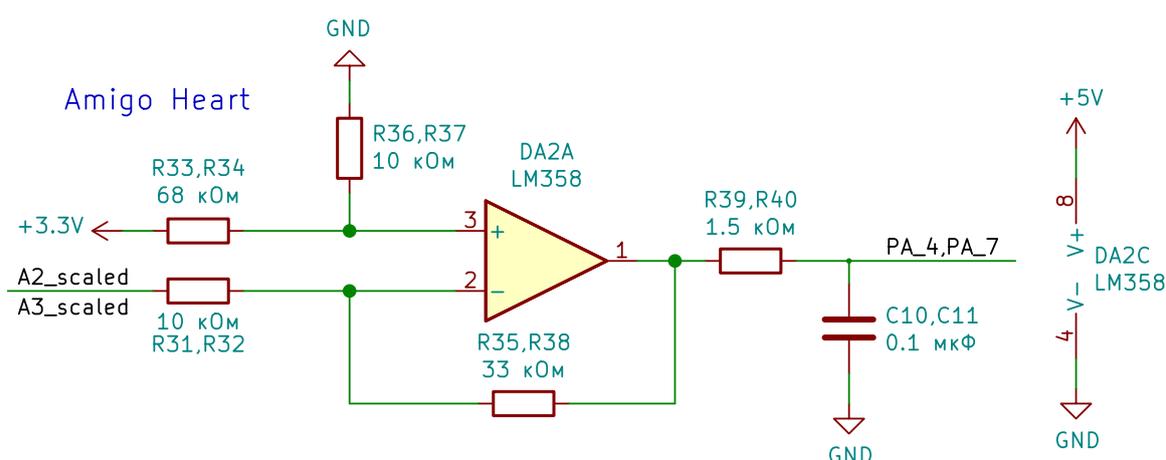


Рисунок 3.3 — Структура аналоговых входов с масштабированием

3.2.5.2 Подключение к защищённому аналоговому входу

Защищённый аналоговый вход предназначен для подключения термистора, как датчика температуры. Рекомендуемая схема подключения показана на рис. 3.4. Термистор TH1 формирует напряжение в делителе состоящем из термистора TH1 и R10. Полученное напряжение повторяется операционным усилителем LM358 (или другим аналогичным усилителем) и идёт на оптопару U16 типа 4N25. Резистор R11 ограничивает ток протекающий через оптопару. Оптопара U16 формирует аналоговый сигнал от 0 3,3 В на ножку процессора PB_0.

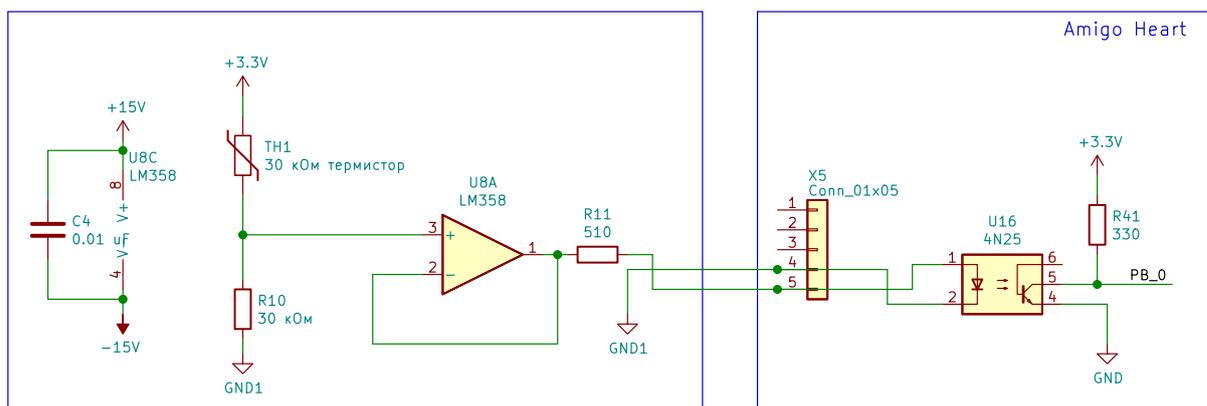


Рисунок 3.4 — Подключение к защищённому аналоговому входу

3.2.6 X6

Прямые

входы

АЦП

Помимо внутренней системы нормирования выведенной на разъём на X5 пользователю доступен не рекомендуемый к использованию способ подключения к АЦП — напрямую. Для этого нужно припаять стандартный разъём типа PLS-2 к установочному месту и удалить резисторы *R39* и *R40* для отключения системы нормирования. При необходимости обработки высокочастотных сигналов следует удалить так же и конденсаторы *C10*, *C11*. Интегрированный АЦП имеет ограничение на допустимое напряжение — от 0 до +3,3 В. При превышении последнего неминуемо повреждение

микроконтроллера. Так же отметим что АЦП однополярен и не будет обрабатывать сигналы с отрицательным напряжением.

Таблица 3.7 — Список контактов разъёма X6

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	A2	PA_4	14
2	A3	PA_7	7

3.2.7 X7

Шина

I^2C2

Разъём X7 предоставляет пользователю доступ к одному из двух используемых интерфейсов I^2C — I^2C2 . Внутри платы установлены терминирующие резисторы 4.7 кОм и расширитель портов *PCA9555PW* по адресу 0100 000xB. Логический уровень шины — 3,3 В. Аналогичный разъём X13 описан в разд. 3.2.12.

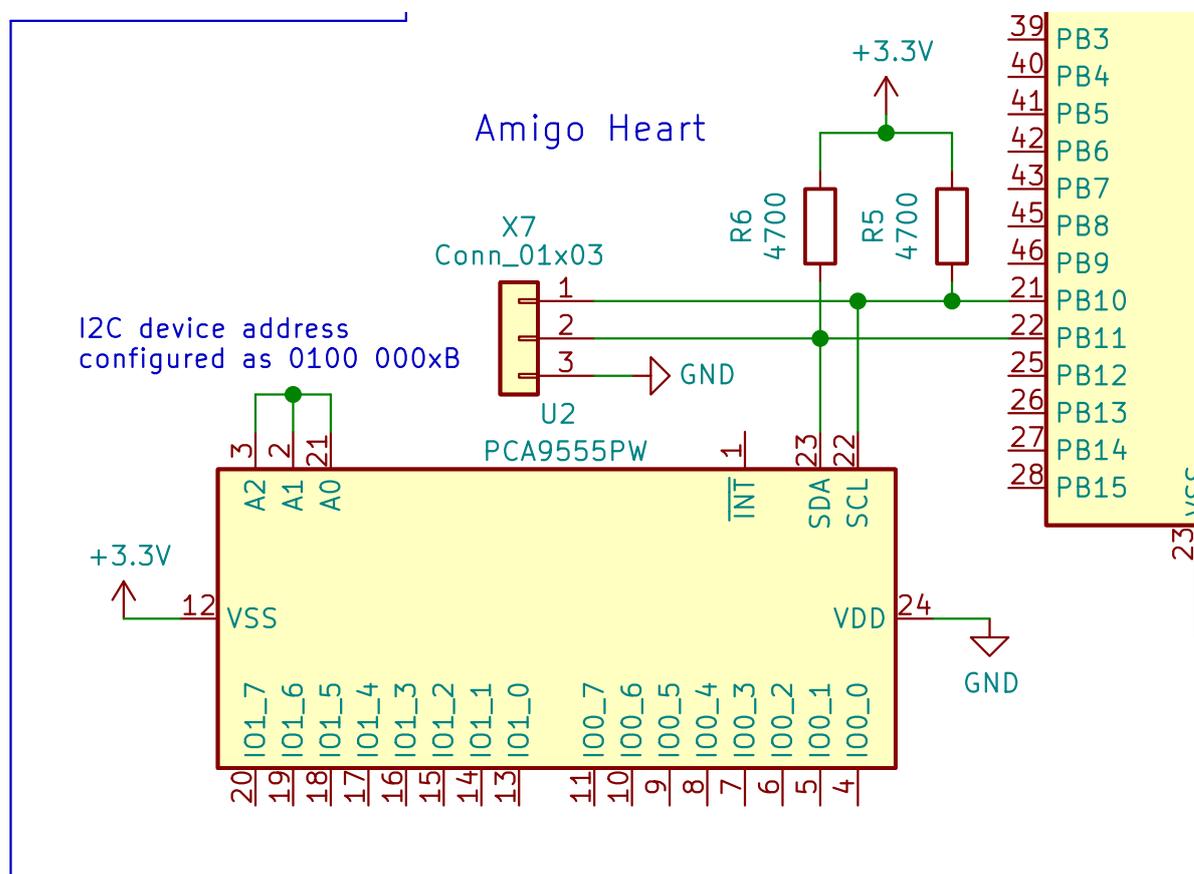


Рисунок 3.5 — Устройство канала I^2C2 платы Amigo Heart

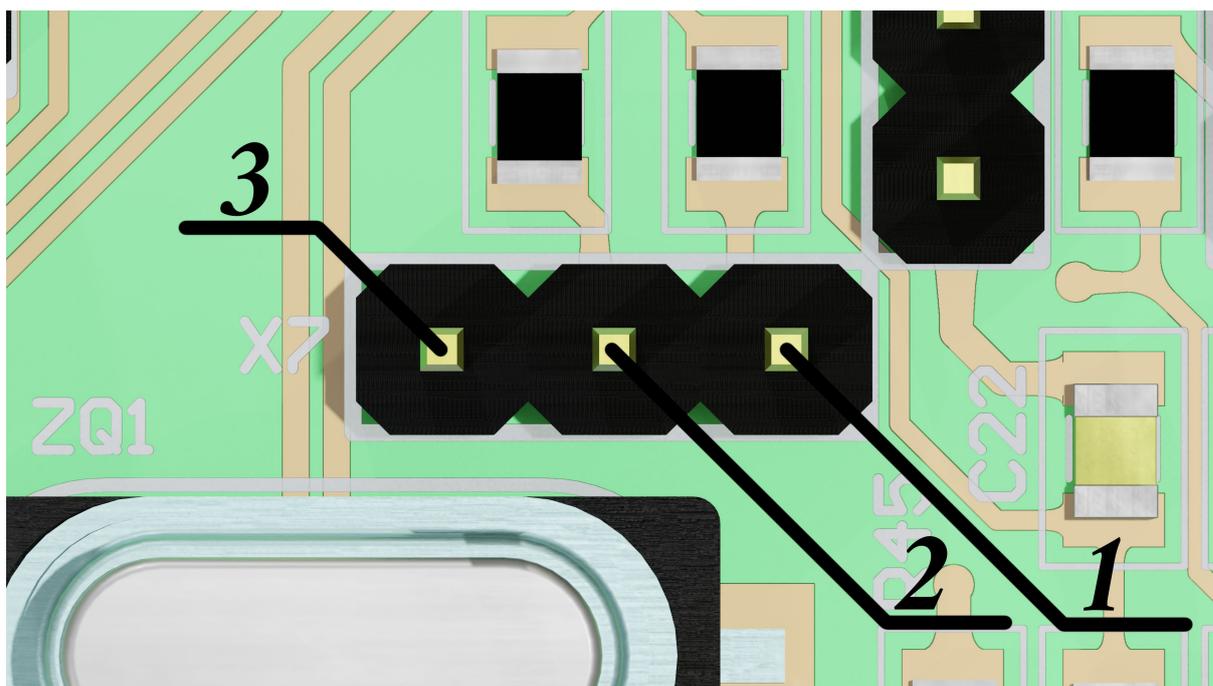


Рисунок 3.6 — Общий вид разъёма X7

Таблица 3.8 — Список контактов разъёма X7

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	I2C2_SCL	PB_10	21
2	I2C2_SDA	PB_11	22
3	GND	GND	23

3.2.7.1 Расширитель

портов

PCA9555PW

Схема подключения расширителя портов *PCA9555PW* к микропроцессору показана на рис. 3.5, сам расширитель имеет адрес на шине 0100 000xВ.

Каждый вход-выход расширителя имеет два возможных состояния, по умолчанию — цифровой вход. Возможны произвольные конфигурации через регистры настройки, описанные в ???. Логический уровень выхода —

3,3 В. Входы могут принимать до 5,5 В без ущерба для расширителя.

Каждая ножка расширителя может отдать до 25 мА тока, с суммарным выходным током расширителя равным 160 мА.

3.2.7.2 Микросхемы памяти M24C32

3.2.8 X8 Интерфейс программатора SWD

Разъём X8 предоставляет стандартный интерфейс для подключения программаторов совместимых с протоколом отладки *SWD* — ST-Link, J-Link, XDS-110 и другие. При проведении отладки рекомендуется так же проводить подключение к центральному контакту разъёма XS1 для обеспечения возможности сброса МП напрямую из среды разработки и к разъёму X14 для работы отладочных сообщений через Virtual Com Port программатора.

Таблица 3.9 — Список контактов разъёма X8

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	SWCLK	PA_14	37
2	GND	GND	23
3	SWDIO	PA_13	34

3.2.9 X9, X10 Контакты питания +3,3 В и GND

Контакт X9 предоставляет питание 3,3 В для внешних устройств подключаемых к плате Amigo Heart. Особое внимание следует уделить потребляемому току нагрузки — преобразователь встроенный в плату способен обеспечить ток до 1 А при условии достаточно низкой температуры окружающей среды. Если внешнее устройство имеет энергопотребление превышающее 500 мА, следует обеспечить ему независимое от платы питание.

3.2.10 X11 Прямые выходы ШИМ с МП

Разъём X11 предоставляет 7 прямых, НЕзащищённых выходов с МП. На которых доступно большое количество периферийных устройств, например при отсутствии необходимости в управлении полупроводниковыми преобразователями (ПП) эти 7 выходов могут быть использованы для

доступа к таким периферийным модулям как *UART1* и *SPI2*, что может быть полезным при использовании платы Amigo Heart для умного дома.

При наличии необходимости управления полупроводниковым преобразователем, рекомендуется вариант использования, например в составе преобразователя частоты, с применением оптической развязки как показано на рис. 3.7.

Таблица 3.10 — Список контактов разъёма X11

	Назначение для ПП	Назначение альт.	Ножка МП	Номер ножки МП
1	PWM_4D	ADC_IN6	PA_6	16
2	PWM_1U	UART1_RX	PA_10	31
3	PWM_2U	UART1_TX	PA_9	30
4	PWM_3U	RCC_MCO	PA_8	29
5	PWM_1D	SPI2_MOSI	PB_15	28
6	PWM_2D	SPI2_SIMO	PB_14	27
7	PWM_3D	SPI2_SCK	PB_13	26

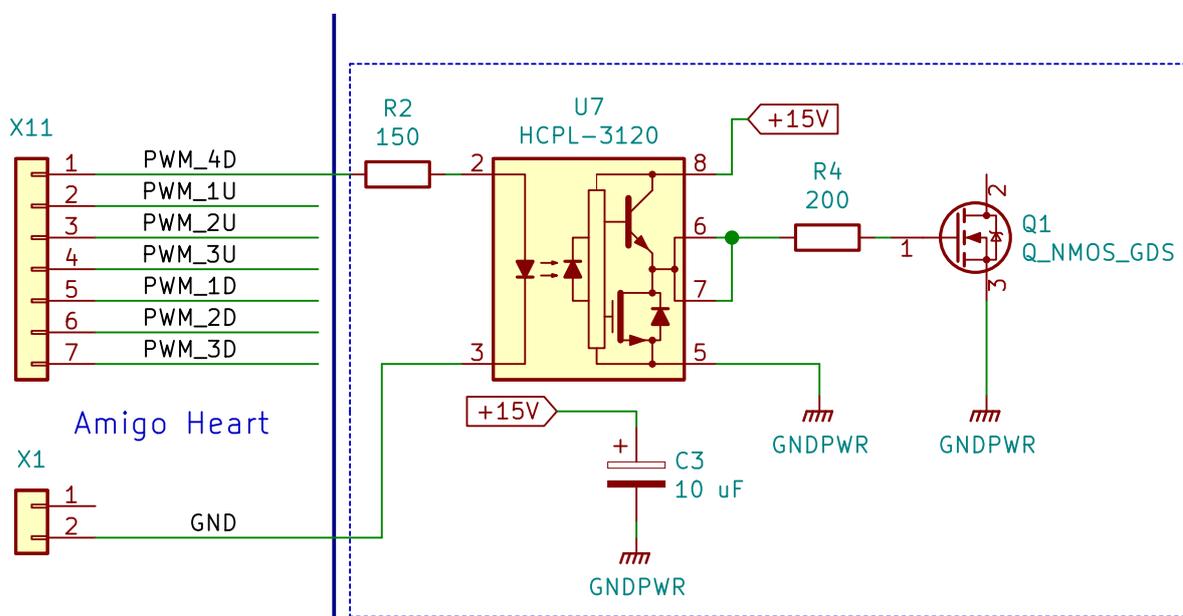


Рисунок 3.7 — Пример подключения разъёма X11 с применением оптодрайвера HCPL-3120

3.2.11 X12 Защищённые дискретные выходы

Разъём X12 предоставляет 7 защищённых оптопарами *LTV-817-S* дискретных выходов с управлением от расширителя портов (подключение к которым описано в разд. 3.2.7.1 и ??), а так же 2 аналогичных выхода с прямым управлением от микроконтроллера. Благодаря этому возможно одновременное использование различных логических уровней напряжений (до 35 В), а так же достижения более высокой нагрузочной способности — до 50 мА на оптопару. Подключение описано в разд. 3.2.11.1.

Таблица 3.11 — Список контактов разъёма X11

	Назначение	Коллектор/ Эмиттер	Ножка МП	Номер ножки МП	Адрес в расширителе портов
1	Q0	Эмиттер	×	×	IO1_0
2		Коллектор			
3	Q1	Эмиттер	×	×	IO1_1
4		Коллектор			
5	Q2	Эмиттер	×	×	IO1_2
6		Коллектор			
7	Q3	Эмиттер	×	×	IO1_3
8		Коллектор			
9	Q4	Эмиттер	×	×	IO1_4
10		Коллектор			
11	Q5	Эмиттер	×	×	IO1_5
12		Коллектор			
13	Q6	Эмиттер	×	×	IO1_6
14		Коллектор			
15	Q7	Эмиттер	PB_12	25	×
16		Коллектор			
17	Q8	Эмиттер	PB_2	20	×
18		Коллектор			

3.2.11.1 Подключение к защищённым дискретным выходам

Для подключения дискретных выходов следует озаботиться ограничениями выходного каскада оптопары, а именно:

Выходной ток — до 50 мА в нормальных условиях, с увеличением температуры уменьшается, согласно [1, Рис. 2]. Для обеспечения длительной работы оптопары рекомендуется ограничивать выходной ток на уровне 30–35 мА;

Выходное напряжение — до 35 В в прямом направлении (коллектор-эмиттер), до 6 В в обратном (эмиттер-коллектор);

Ограниченное быстродействие оптопары — во время включения (4–18 мкс) и отключения (3–18 мкс) на оптопаре наблюдается повышенное выделение энергии, что при частом повторении приводит к дополнительному нагреву оптопары и может привести к выходу её из строя.

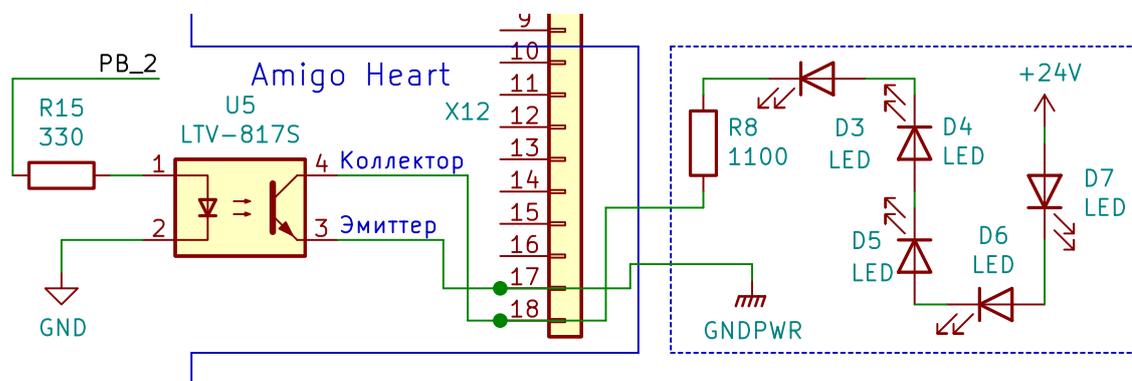


Рисунок 3.8 — Пример подключения нагрузки к защищённому дискретному выходу

Пример подключения нагрузки показан на рис. 3.8. Этапы выбора элементов и анализа цепи:

Проверка напряжения нагрузки — для нагрузки выбрано напряжение 24 В, что входит в границы допустимого напряжения для оптопары;

Ограничение выходного тока — для выбранной нагрузки в виде 5 светодиодов по ф-л. (3.6) рассчитано токоограничивающее сопротивление R_8 , что приводит к току нагрузки 15 мА;

Быстродействие оптопары — для выбранной нагрузки ток много меньше максимально допустимого (50 мА). Таким образом возможно использование ШИМ переключения с малой частотой (до 5-10 кГц) для уменьшения яркости светодиодов. При необходимости использования более высоких нагрузки или частоты следует провести эксперимент с использованием тепловизора для уточнения температуры оптопары.

$$R_{\text{огр.вых.ток.}} = \frac{U_{\text{вых}} - \sum_{i=1}^n U_{\text{пад.нагр.}i}}{I_{\text{вых}}} = \frac{24 - 5 \cdot 1,5}{0,015} = 1100, \text{ Ом}, \quad (3.6)$$

где:

$R_{\text{огр.вых.ток.}}$ расчётное значение токоограничивающего сопротивления, Ом;

$U_{\text{вых}}$ выходное напряжение, В;

$U_{\text{пад.нагр.}i}$ падение напряжения на i -том элементе схемы, из n элементов в цепи нагрузки, В;

$I_{\text{вых}}$ желаемый выходной ток оптопары, А;

3.2.12 X13

Шина

I^2C1

Разъём X7 предоставляет пользователю доступ к одному из двух используемых интерфейсов I^2C — I^2C1 . Внутри платы установлены терминирующие резисторы 4.7 кОм. Логический уровень шины — 3,3 В. Предполагаемое назначение данного разъёма — подключение датчиков, периферийных устройств, дисплеев и пультов управления. Аналогичный разъём X7 описан в разд. 3.2.7.

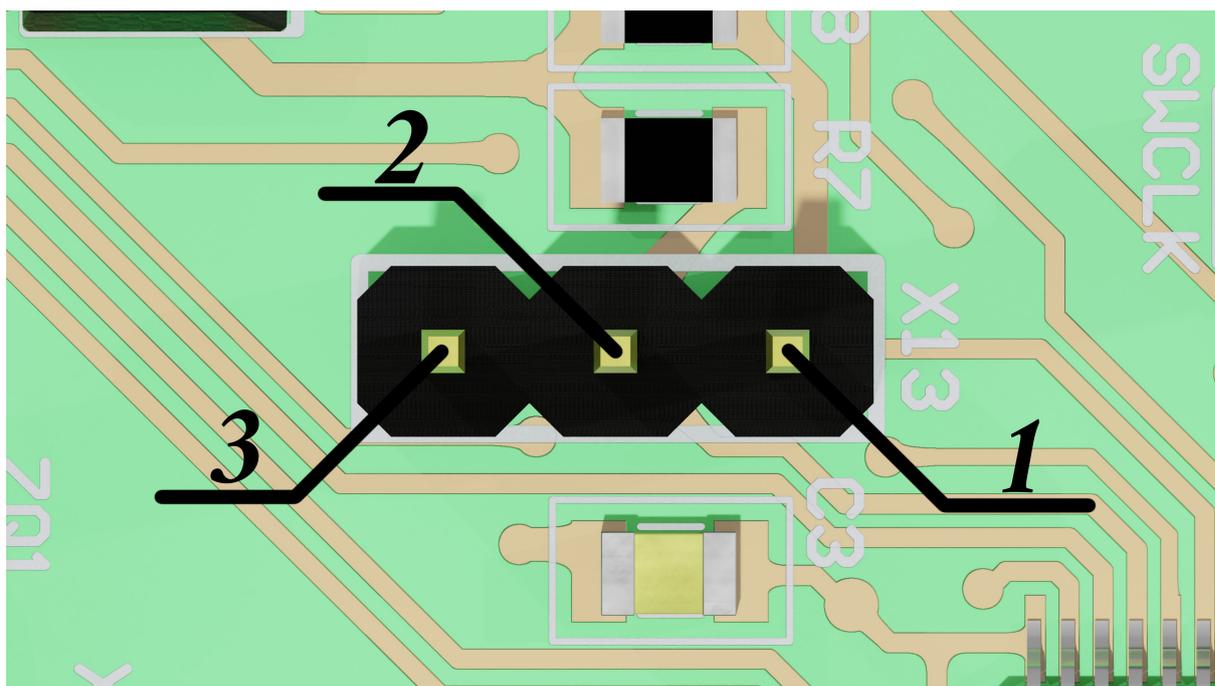


Рисунок 3.9 — Общий вид разъёма X14

Таблица 3.12 — Список контактов разъёма X13

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	I2C1_SDA	PB_7	43
2	I2C1_SCL	PB_8	45
3	GND	GND	23

3.2.13 X14

RS-485/RS-232/UART

Разъём X14 предоставляет возможность использования серийных шин RS-485 и RS-232 при использовании внешних чипов-трансиверов. Без них доступен вариант использования шины UART для связи с внешними устройствами и/или программатором при отладке приложений.

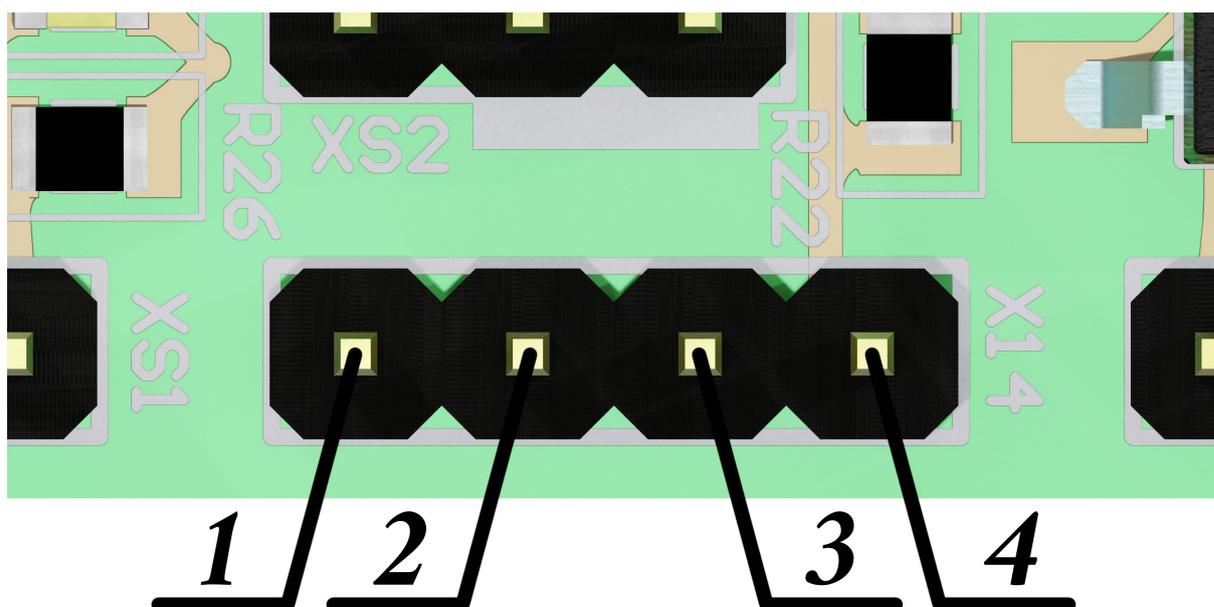


Рисунок 3.10 — Общий вид разъёма X14

Таблица 3.13 — Список контактов разъёма X14

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	USART4_TX	PA_0	10
2	USART4_RX	PA_1	11
3	USART4_DE	PA_15	38
4	GND	GND	23

3.2.14 X15

Прямой

выход

ЦАП

Разъём X15 предоставляет прямой доступ к выходу ЦАП, без защит или усилений сигнала. Диапазон выходных напряжений составляет от 0 до 3,3 В. Особое внимание следует уделить крайне низкой нагрузочной способности интегрированного ЦАП — он способен предоставить ток до 2 мА, что приводит к необходимости использования операционного усилителя для повторения/усиления/сдвига сигнала чтобы повысить нагрузочную способность.

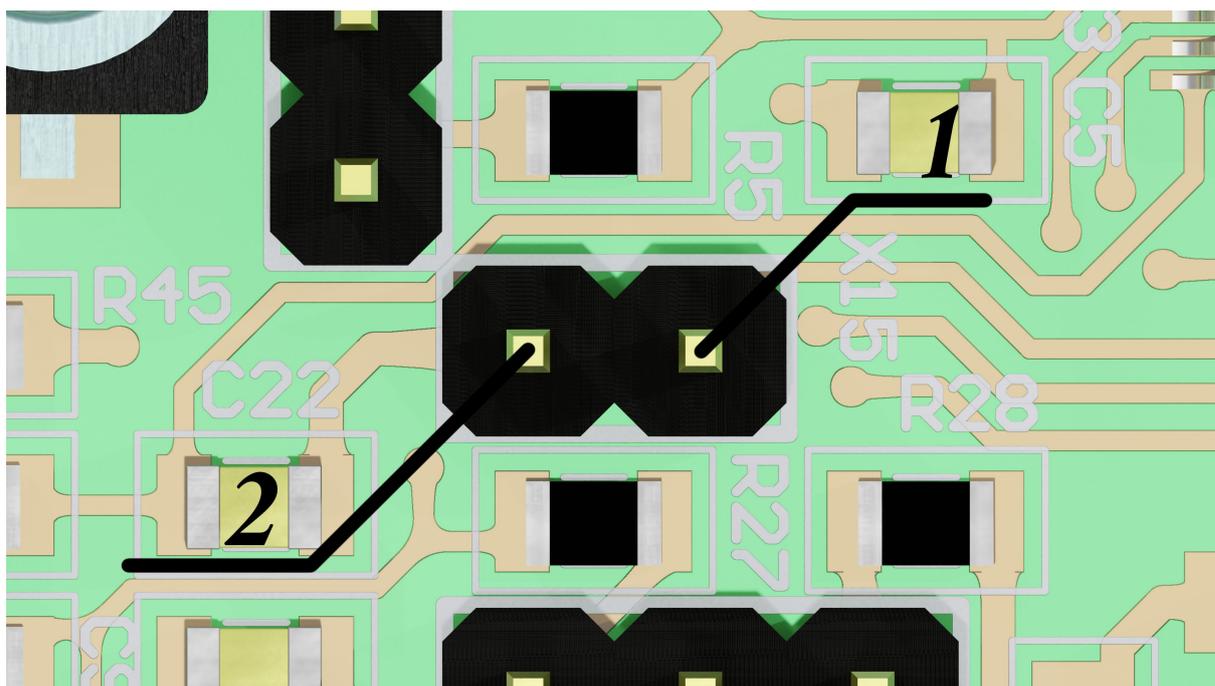


Рисунок 3.11 — Общий вид разъёма X15

Таблица 3.14 — Список контактов разъёма X15

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	DAC_OUT	PA_5	15
2	GND	GND	23

3.2.15 X16 Дополнительные изолированные дискретные выходы

Разъём X16 предоставляет два прямых изолированных выхода с прямым подключением к процессору. Расположение контактов показано в табл. 3.15.

Подключение нагрузки к данному выходу описано в разд. 3.2.11.1.

Таблица 3.15 — Список контактов разъёма X16

	Назначение	Коллектор/ эмиттер	Ножка МП	Номер ножки МП
1	Q9	Коллектор	PB_1	19
2		Эмиттер		
3	Q10	Коллектор	PB_3	39
4		Эмиттер		

3.2.16 X17

Изолированный

ШИМ-выход

Разъём X17 предоставляет защищённый оптопарой ШИМ-выход, позволяющий осуществлять передачу ШИМ-сигнала с его усилением. Используемая оптопара имеет малую полосу пропускания (до 80 кГц при работе на максимально допустимую нагрузку[1]), что приводит к значительному ограничению несущей частоты ШИМ. Подключение нагрузки к данному выходу аналогично описанному в разд. 3.2.11.1.

Таблица 3.16 — Список контактов разъёма X17

	Назначение	Коллектор/ эмиттер	Ножка МП	Номер ножки МП
1	Q11	Коллектор	PB_9	46
2		Эмиттер		

3.2.17 X18

Интерфейс

1-Wire

Разъём X18 предоставляет интерфейс 1-Wire, предназначенный для связи с датчиками и питание 3,3 В. Данный разъём НЕ оснащён дополнительной изоляцией, поэтому напряжение на нём не должно превышать 3,3 В.

В связи с тем что микроконтроллеры STM32 не предоставляют аппаратной поддержки данного протокола, данный разъём выводит UART1 в однопроводном режиме, для частично-аппаратного формирования сигнала передачи данных.

Таблица 3.17 — Список контактов разъёма X18

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	+3.3 В	-	-
2	DQ (1-wire)	PB_6	33
3	GND	GND	23

3.2.18 X19, X20, X21 Входы для подключение импульсного датчика скорости/положения

Входы X19, X20, X21 предоставляют возможность подключения импульсного датчика скорости через защищённый интерфейс на основе оптопар 6N137. При подключении следует ограничить ток протекающий через оптопары с использованием токоограничивающих резисторов, с учётом рабочего напряжения датчика скорости.

Таблица 3.18 — Список контактов разъёма X18

	Разъём	Назначение	Анод/катод	Ножка МП	Номер ножки МП
1	X19	A	Анод	PB_4	40
2			Катод		
1	X20	B	Анод	PB_5	41
2			Катод		
1	X21	Z	Анод	PC_15	4
2			Катод		

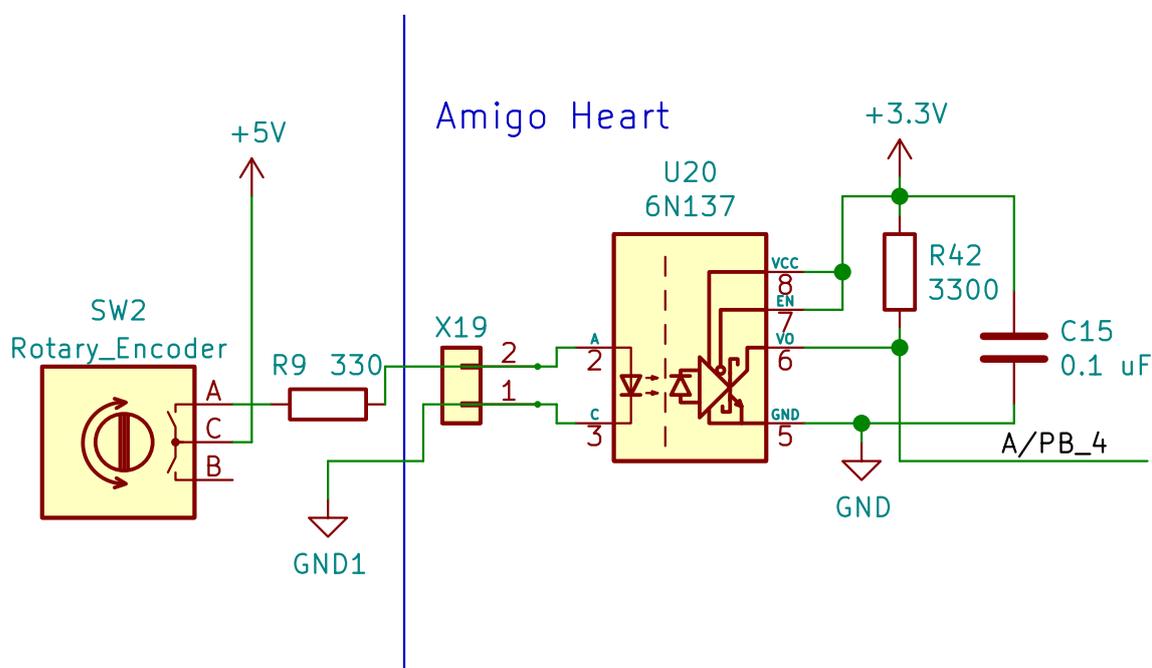


Рисунок 3.12 — Пример подключения канала А механического импульсного датчика скорости к разъёму X19

3.2.19 X22

Интерфейс

USB/CAN

Вход X22 предоставляет возможность для подключения разъёма USB или чипа-трансивера протокола CAN. Входы не оснащены изоляцией, но контакт +5 В оснащён диодом Шоттки для защиты от переплюсовки.

Таблица 3.19 — Список контактов разъёма X22

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	+5 В	×	×
2	USB_DP/CAN_TX	PA_12	33
3	USB_DM/CAN_RX	PA_11	32
4	GND	GND	23

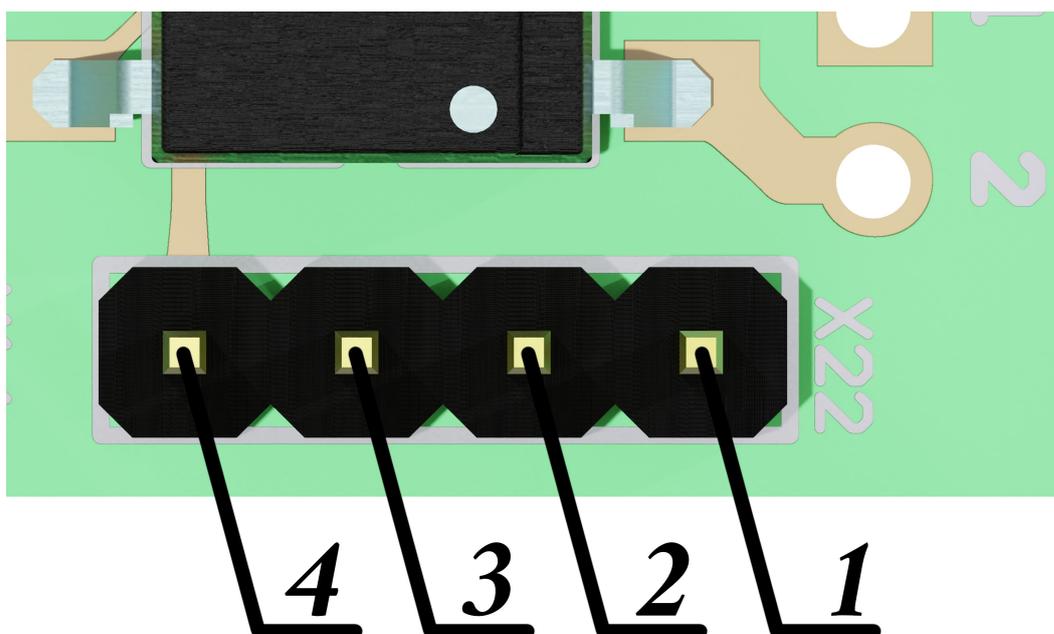


Рисунок 3.13 — Общий вид разъёма X22

3.2.20 XS1

Джампер

NRST

Джампер XS1 предоставляет доступ к ножке МП NRST, позволяющей провести перезагрузку без отключения питания. В рабочем режиме следует замыкать перемычкой контакты 1 и 2, для сброса — 2 и 3. Эксплуатация платы без перемычки не рекомендуется, в связи с вероятностью

нестабильной работы из-за наведения низкого уровня электромагнитными помехами.

Выведенные в данном разъёме потенциалы +3,3 В и GND оснащены токоограничивающими резисторами 10 кОм, а следовательно несут только сигнальную функцию, без возможности питания внешних устройств.

Таблица 3.20 — Список контактов джампера XS1

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	+3,3 В	×	×
2	NRST	NRST	7
3	GND	GND	32

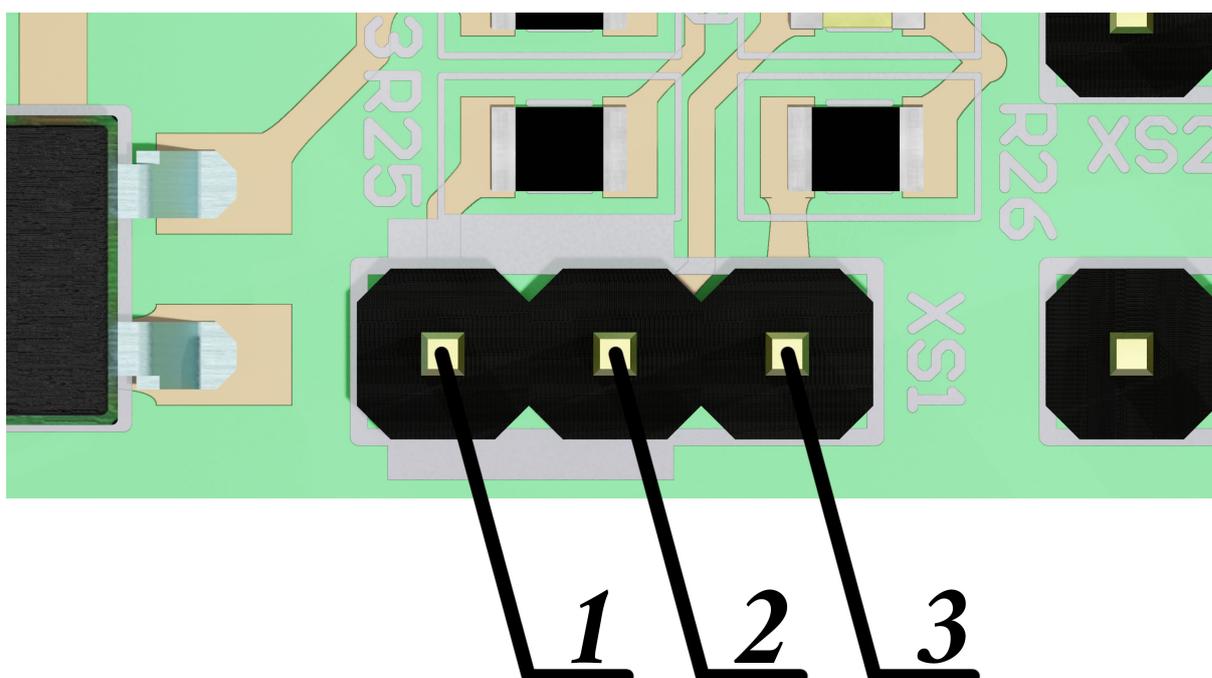


Рисунок 3.14 — Общий вид джампера XS1

3.2.21 XS2

Джампер

BOOT0

Джампер XS2 предоставляет доступ к ножке МП BOOT0, обеспечивая переход между рабочим режимом (при соединении контактов 2 и 3) и запуском системного загрузчика (при замыкании контактов 1 и 3). Переход осуществляется на запуске МП при сбросе или подаче питания. Выбор режима блокируется на четвёртом такте работы МП после сброса/подачи

питания, дальнейшее удержание не требуется. Аналогично джамперу XS1 эксплуатация без установленной перемычки не рекомендуется, в связи с вероятностью нестабильного поведения.

Выведенные в данном разъёме потенциалы +3,3 В и GND оснащены токоограничивающими резисторами 10 кОм и 510 Ом соответственно, а следовательно несут только сигнальную функцию, без возможности питания внешних устройств.

Таблица 3.21 — Список контактов джампера XS2

	Назначение	Ножка МП	Номер ножки МП
1	+ 3,3 В	×	×
2	BOOT0	BOOT0	44
3	GND	GND	32

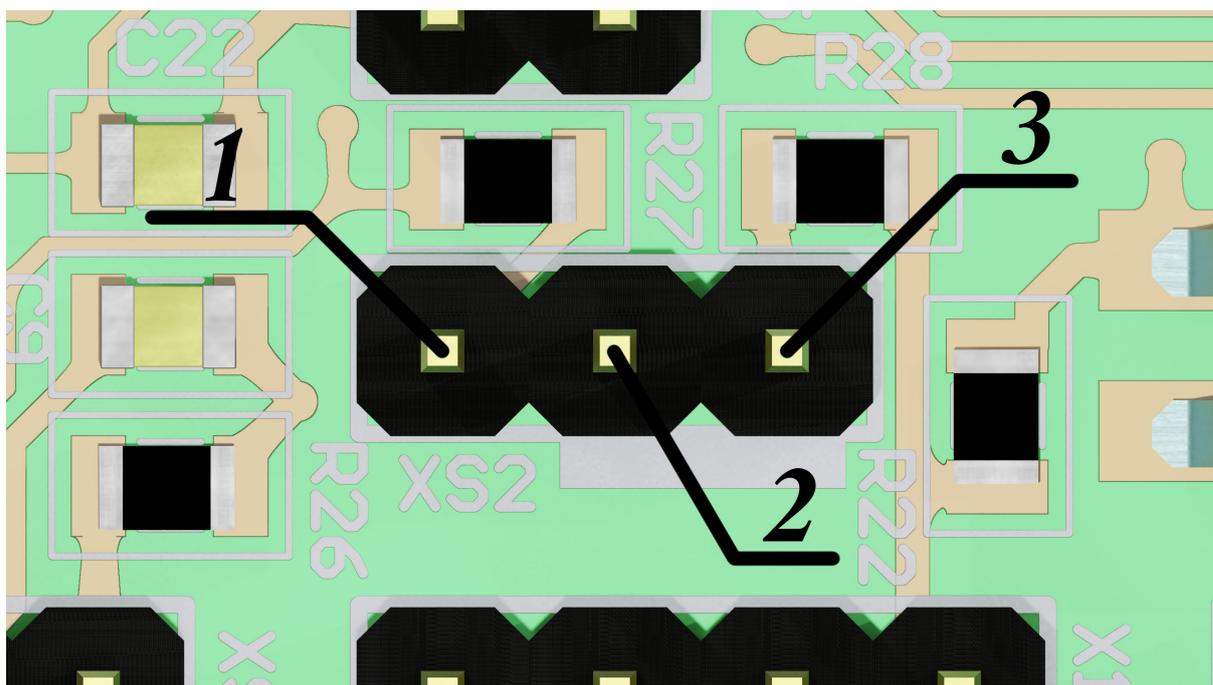


Рисунок 3.15 — Общий вид джампера XS2

3.2.22 Дополнительные контактные площадки расширителя портов

Расширитель портов *PCA9555PW* имеет 16 настраиваемых входов-выходов, из которых используется только 10. Остальные выведены на круглые контактные площадки *IO0_2–IO0_7*, размещённые вокруг расширителя

портов *DD5*. Эти площадки могут работать и как вход и как выход, и предназначены для подпайки пользовательских входов и выходов при недостатке уже выведенных на разъёмы. Дополнительные площадки в отличие от основных входов и выходов не оснащены оптопарами, а значит не предоставляют гальванической развязки и повышенной нагрузочной способности. Это приводит к необходимости самостоятельной реализации пользователем защиты и усиления дополнительных входов-выходов.

3.2.23 Площадки-фиксаторы

Между парами разъёмов X19–X1 и X17–X4 установлены дополнительные технологические отверстия, позволяющие обеспечить улучшенную фиксацию платы путём подпайки в эти технологические отверстия. Это предоставляет возможность установки данной платы в условиях где желательно иметь разъёмное соединение, но сложно обеспечить надёжное соединение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *LITE-ON Technology Corporation*. Photocoupler Product Data Sheet : LTV-817/827/847. — Rev. Q. — 18 с. — URL: <https://optoelectronics.liteon.com/upload/download/DS-70-96-0016/LTV-8X7%20series%20RevQ.PDF>. — BNS-OD-FC001/A4.
2. *Semiconductor Components Industries, LLC, 2016*. LM358 - Single Supply Dual Operational Amplifiers. — Rev. 33. — 16 с. — URL: <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM358-D.PDF>.
3. *VISHAY INTERTECHNOLOGY, INC*. Optocoupler, Phototransistor Output, with Base Connection : 4N25, 4N26, 4N27, 4N28. — Rev. 1.8. — 7 с. — URL: <https://www.vishay.com/docs/83725/4n25.pdf>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ПОЛЕЗНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

А.1 Полезные

видео

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

РЕВИЗИИ ПЛАТЫ И ИХ АППАРАТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Б.1 Ревизия

1.1

Возможно подключение только одной микросхемы памяти M24C32, в связи с тем что всем трём посадочным местам присвоен один и тот же адрес.

ПРИЛОЖЕНИЕ В
ИСТОРИЯ ИЗМЕНЕНИЙ

В.1 Rev.

1.1

Исправлены:

- Полярность в примере схемы подключения к защищённому аналоговому входу;
- Полярность в примере схемы подключения к защищённому дискретному выходу.

Добавлено:

- Добавлена ссылка и QR-код на актуальную версию документа.