

# Спецификация требований к ВПО

## Управление силовой частью

### Инвертор

Для управления используется 6 сигналов ШИМ и 7 сигналов статуса. В момент инициализации все транзисторы закрыты (выводы MCU EPWM притянуты к земле).

#### ШИМ сигналы управления

Порт	Функция	Описание
GPIO9	EPWM5B	Фаза U, верхний ключ
GPIO8	EPWM5A	Фаза U, нижний ключ
GPIO3	EPWM2B	Фаза V, верхний ключ
GPIO2	EPWM2A	Фаза V, нижний ключ
GPIO12	EPWM7A	Фаза W, верхний ключ
GPIO13	EPWM7B	Фаза W, нижний ключ

На каждый драйвер транзистора приходит 1 сигнал ШИМ и снимается 2 сигнала статуса: готов и ошибка.

Работа драйвера разрешена только когда оба сигнала статуса находятся в состоянии "1". Получение состояния сигналов происходит через расширитель портов. Подробнее в разделе "обработка ошибок".

В модуле силовом используется отдельное изолированное питание драйверов, поэтому нет ограничений на коэффициент заполнения, можно использовать 100%.

Обратная связь с датчиков тока поступает с  $\Sigma\Delta$  модуляторов на следующие входы контроллера:

Порт	Функция	Описание
GPIO16	SD1_D1	Ток фазы U, данные
GPIO17	SD1_C1	Ток фазы U, тактирование
GPIO22	SD1_D4	Ток фазы V, данные
GPIO23	SD1_C4	Ток фазы V, тактирование
GPIO24	SD2_D1	Ток фазы W, данные
GPIO25	SD2_D1	Ток фазы W, тактирование

Частота тактирования может быть 10 или 20 МГц. В зависимости от того, какие микросхемы купят. Информация о частоте тактирования необходимо хранить в энергонезависимой памяти модуля силового. Подробнее см. раздел "Взаимодействие с памятью / I2C"

### **Параметры измерения тока**

Форма ШИМ - векторная

Мертвое время - 200 нс. Уточним при макетировании, скорее всего изменится в большую сторону.

Коэффициент передачи 4 мВ/А

Смещение нуля -  $\pm 0,5$  мВ ( $\pm 125$  мА)

Температурный дрейф 3,5 мВ/К (0,875 мА/К)

Ошибка усиления  $\pm 1,5$  мВ (на границе  $\pm 250$  мВ)

### *особенности АЦП*

Для оцифровки тока могут использоваться АЦП MS2400 Ruimeng или AMC1305 "Texas". У MS2400 частота тактирования 10 МГц и данные обновляются каждый такт.

Максимально оцифровываемое напряжение  $\pm 320$  мВ

У AMC1305 частота тактирования 20 МГц, но данные обновляются через такт, то есть частота обновления данных у этих АЦП одинаковая (10 МГц)

Максимально оцифровываемое напряжение у AMC1305  $\pm 312,5$  мВ

### *момент фиксации, усреднение*

После подачи команды на открытие транзистора происходит переходный процесс переключения, который длится ~ 520 нс (30 нс задержка формирователя дифференциального сигнала, 90 нс задержка драйвера транзистора, 400 нс включение транзистора), после чего можно начинать измерения.

Если ШИМ двигателя 16 кГц, то период 62,5 мкс. За это время можно провести 9 измерения с oversampling ration 64 (sinc3, каждое занимает 6,4 мкс), что даст точность на уровне ~12 по err bit ( $\pm 40$  мА). Для получения значения тока за цикл взять среднее значение. От подачи команды до получения информации о формируемом токе 6,9 мкс (520 нс + 6,4 мкс).

Если ШИМ двигателя 4 кГц, то период 250 мкс. За это время можно провести 9 измерения с oversampling ration 256 (sinc3, каждое занимает 25,6 мкс), что даст точность на уровне ~14 по err bit ( $\pm 10$  мА). Для получения значения тока за цикл взять среднее значение. От подачи команды до получения информации о формируемом токе 26 мкс (520 нс + 25,6 мкс).

### **Уставки защиты по току**

Измеренное значение напряжения	Условия измерения	Примечание
$\text{abs}(U) \geq 300 \text{ мВ}$ ( $I \geq 75 \text{ А}$ )	мгновенное значение	время реакции sinc3 фильтра не более 5 мкс
$\text{abs}(U) \geq 160 \text{ мВ}$ ( $I \geq 40 \text{ А}$ )	среднее за 1 с	

Для обеспечения времени реакции использовать OSR 32 и sinc3 фильтр для цифрового компаратора.

В случае превышения значений уставок необходимо останавливать управление двигателем и выводить соответствующие коды ошибок.

Для среднего тока узкое место - разъемы (до 41 А), для мгновенного - транзисторы.

Сами транзисторы выдерживают КЗ в течение 10 мкс. Аппаратная защита драйверов за это время должна снять управление. При этом выставляется в "0" сигнал статуса "ошибка" и сигналы управления от MCU перестают восприниматься до сброса, но не менее 5 мкс.

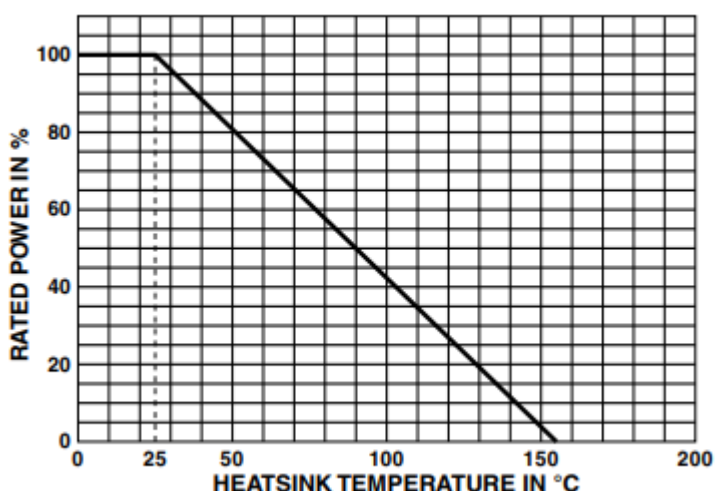
### Прочие защиты

Необходимо реализовать:

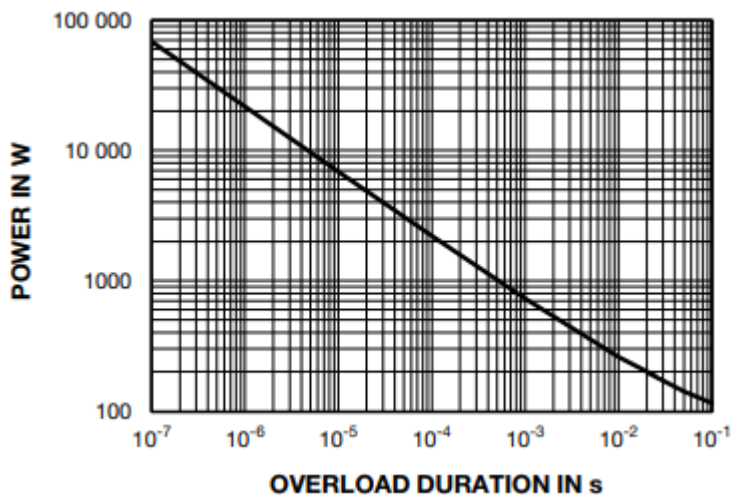
- выключение управления при обрыве фазы
- выключение при пропадании сигнала с датчика тока
- выключение при обрыве управления (4-20, RS или другой активный канал управления)

## Чоппер

В качестве тормозных резисторов используется последовательное соединение 3-х резисторов [RTO050F100R0JTE1](#). Суммарное сопротивление 300 Ом, номинальная суммарная мощность 150 Вт. Выделяющаяся мощность не должна превышать % номинальной мощности в зависимости от температуры радиатора (по показаниям датчика температуры инвертора. См. раздел "Датчик температуры инвертора"):



Для импульсных нагрузок до 0,1 с допустимо превышение мощности в зависимости от длительности импульса:



(на графике перегрузочная способность одного резистора, т.е для всех резисторов в 3 раза больше)

Управление чоппером осуществляется ШИМ сигналом:

Порт	Функция	Описание
GPIO5	EPWM3B	включение чоппера

Сигналы ошибки и готовности драйвера чоппера описаны в разделе "Обработка ошибок".

В ПО необходимо предусмотреть возможность выбора внешнего тормозного резистора с возможностью задания максимальной рассеиваемой мощности и номинального сопротивления (аналогично функции в ПЧК).

## Тормоз

Для управления тормозом применяется обратноходовой DC-DC преобразователь с обратной связью по току. Номинальное напряжение первичной обмотки 24 В ±10%. Индуктивность первичной обмотки 11 мкГн. Для управления ключом в первичной обмотке используется ШИМ сигнал:

Порт	Функция	Описание
GPIO14	EPWM8A	включение тормоза

частота ШИМ постоянная - 100 кГц, меняется коэф. заполнения

Обратная связь от датчика тока тормоза поступает с  $\Sigma\Delta$  модулятора на следующие входы контроллера:

Порт	Функция	Описание
GPIO60	SD2_D3	Ток тормоза, данные

Порт	Функция	Описание
GPIO61	SD2_C3	Ток тормоза, тактирование

Частота тактирования может быть 10 или 20 МГц. В зависимости от того, какие микросхемы купят. Информация о частоте тактирования необходимо хранить в энергонезависимой памяти модуля силового. Подробнее см. раздел "Взаимодействие с памятью / I2C"

Номинальный ток тормоза 1 А  $\pm 5\%$ , т.е. измененное напряжение с датчика тока 220 мВ.

Уставки защиты по току

Измеренное значение напряжения	Условия измерения	Примечание
$U > 300 \text{ мВ}$ ( $I \geq 1.36 \text{ А}$ )	мгновенное значение	время реакции sinc3 фильтра не более 5 мкс
$U < 20 \text{ мВ}$ ( $I < 90 \text{ мА}$ )	среднее за 50 мс	

В случае превышения напряжения вывести ошибку "КЗ тормоза". В случае снижения - "обрыв тормоза".

В случае обрыва тормоза, напряжение на выходе источника будет расти до 33,6 В пока обратная связь по напряжению не вызовет ошибку драйвера.

Программный модуль управления тормозом должен выполнять следующие функции:

- инициализация узла управления тормозом:
  - контроль сигнала ошибки драйвера тормоза (аппаратный сигнал);
  - контроль наличия сигнала DOUT от SDFM (ток тормоза);
  - преобразование сигнала DOUT от SDFM, контроль околонулевого значения;
- формирование сигнала управления драйвером тормоза:
  - высокий уровень сигнала;
  - низкий уровень сигнала;
- технологические и защитные функции:
  - включение драйвера тормоза при активной ШИМ;
  - выключение драйвера тормоза при неактивной ШИМ;
  - задержка времени включения;
  - задержка времени выключения;
  - включение/выключение драйвера тормоза при нулевой скорости двигателя (управление в функции скорости);
  - включение/выключение драйвера тормоза при определенном значении скорости двигателя (управление в функции скорости);

- включение/выключение драйвера тормоза при определенном значении тока статора (управление в функции тока/момента);
- выключение драйвера при превышении уставки по току тормоза, формирование сигнала на отключение ШИМ;
- запрет на выключение драйвера тормоза при активном сигнале STO;
- формирование ошибки при неисправности тормоза (аппаратный сигнал или превышение тока тормоза).

## Обработка ошибок

Для обработки дискретных сигналов ошибок с модуля силового используется расширитель портов [IPT29555-TS5R](#) "3Peak". Такое решение используется из-за необходимости локализации источника ошибки и нехватки портов контроллера.

Расширитель портов находится на шине I2C и имеет выход прерывания. При изменении состояния входов через 4 мкс на выходе прерывания формируется низкий уровень. При получении сигнала о прерывании с расширителя портов контроллер должен остановить управление двигателем, подать сигнал на закрытие всех транзисторов инвертора и считать состояние входов расширителя портов для формирования соответствующей ошибки.

### Управление расширителем портов

Порт	Функция	Описание
GPIO0	I2CA_SDA	данные
GPIO1	I2CA_SCL	тактовый сигнал
GPIO64	дискр. вход	1 → 0 Общий сигнал ошибки

Адрес расширителя на шине I2C: 0100110b

Расширитель портов должен быть настроен следующим способом:

Оба порта P0 и P1 настроены на вход

Порт	Бит	Описание	состояние лог "1"	состояние лог "0"
P1	4	ошибка драйвера фазы U, верхнее плечо	нет ошибки	ошибка
P1	3	ошибка драйвера фазы U, нижнее плечо	нет ошибки	ошибка
P1	5	ошибка драйвера фазы V, верхнее плечо	нет ошибки	ошибка
P1	2	ошибка драйвера фазы V, нижнее плечо	нет ошибки	ошибка
P1	6	ошибка драйвера фазы W,	нет ошибки	ошибка

Порт	Бит	Описание	состояние лог "1"	состояние лог "0"
		верхнее плечо		
P1	1	ошибка драйвера фазы W, нижнее плечо	нет ошибки	ошибка
P1	0	ошибка драйвера чоппера	нет ошибки	ошибка
P1	7	ошибка драйвера тормоза, обрыв тормоза	нет ошибки	ошибка
P0	1	готовность драйверов инвертора	нет ошибки	ошибка
P0	4	готовность драйвера чоппера	нет ошибки	ошибка
P0	0	готовность драйвера тормоза	нет ошибки	ошибка
P0	2	сигнал STO	движение разрешено	движение запрещено
P0	3	заглушка, состояние не учитывается	состояние не учитывается	состояние не учитывается
P0	5	наличие питания выходных интерфейсов	питание подано	питание отключено
P0	6	заглушка, состояние не учитывается	состояние не учитывается	состояние не учитывается
P0	7	заглушка, состояние не учитывается	состояние не учитывается	состояние не учитывается

Сигналы готовности всех драйверов инвертора объединены по логике ИЛИ

### Обратная связь STO

С модуля силового приходит импульсный сигнал диагностики STO FB.

Работоспособность функции STO диагностируется путем подачи через каждую 1 мс команды на отключение электропитания драйверов выходных силовых ключей не более чем на 100 мкс. Если импульсы приходят, значит узел STO функционирует штатно.

Порт	Функция	Описание
GPIO126	GPIO	импульсы STO FB

необходимо контролировать наличие импульсов с модуля силового и при пропадании импульсов более чем на 3 мс отключать управление и выдавать ошибку.

### Датчик температуры инвертора

Для получения значения температуры инвертора используется цифровой датчик [NST1001-QTZB](#).

Температура кодируется количеством импульсов между периодами ~25 мс конвертации, когда выход датчика находится в состоянии "1".

Порт	Функция	Описание
GPIO95	CLB_OUTPUTXBAR5 / GPIO	счет импульсов датчика температуры

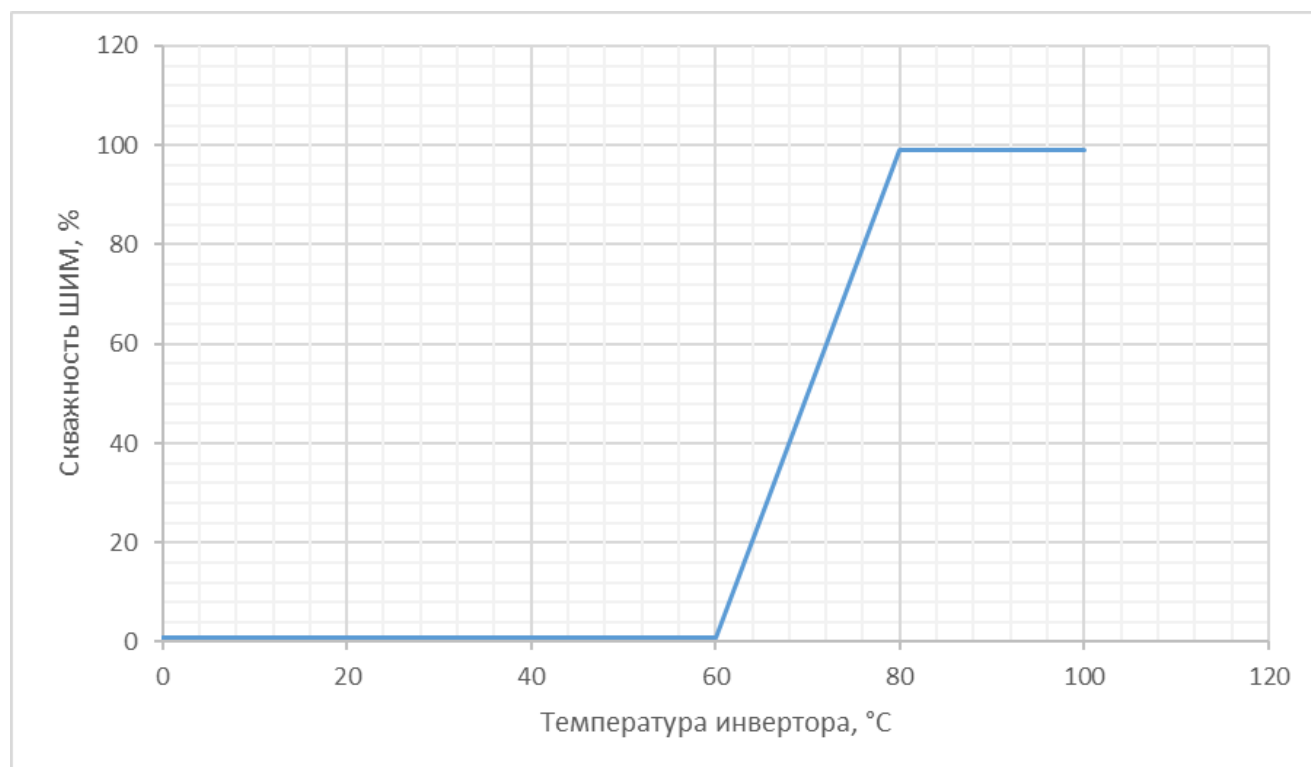
Использовался вывод внутренней FPGA , но возможно, счетчик можно сделать как то иначе.

Максимальная температура радиатора 100 °С, при превышении - отключить управление.

## Вентилятор

Порт	Функция	Описание
GPIO4	EPWM3A	ШИМ вентилятора

коэффициент заполнения от 0 до 100 % соответствует скорости вращения вентилятора от 0 до номинальной.



Настройку уставок производить с учетом гистерезиса или обработки датчика температуры инвертора через фильтр с относительно большой постоянной времени (настраиваемой).

## ЗПТ



## Предзаряд ЗПТ

Порт	Функция	Описание
GPIO15	дискр. выход	1 - отключить предзаряд (сеть напрямую в ЗПТ), 0 - включить

## Напряжение в ЗПТ

Напряжение измеряется через делитель напряжения с помощью  $\Sigma\Delta$  модулятора:

Порт	Функция	Описание
GPIO58	SD2_D2	напряжение в ЗПТ, данные
GPIO59	SD2_C2	напряжение в ЗПТ, тактирование

Частота тактирования может быть 10 или 20 МГц. В зависимости от того, какие микросхемы купят. Информация о частоте тактирования необходимо хранить в энергонезависимой памяти модуля силового. Подробнее см. раздел "Взаимодействие с памятью / I2C"

Зависимость измеренного напряжения от напряжения ЗПТ линейная: 0.403 мВ/В.

Предел измерения 794 В (320 мВ на АЦП).

## Блок дискретного ввода-вывода

В линии дискретных входов добавлена защита от дребезга (задержка ~ 1 мс).

Порт	Функция	Описание
GPIO26	дискр. вход 1	"1" - выход замкнут, "0" - выход разомкнут
GPIO128	дискр. вход 2	-//-
GPIO127	дискр. вход 3	-//-
GPIO125	дискр. вход 4	-//-
GPIO107	дискр. выход 1	"1" - питание на входе отсутствует, "0" - на вход подано питание
GPIO108	дискр. выход 2	-//-
GPIO104	дискр. выход 3	-//-

## Блок BiSS-C

Обработка BiSS-C осуществляется как и в ПЧК с использованием внутренней FPGA микроконтроллера (SPRUI37 - C2000 Position Manager BiSS-C Library). Для получения положения используются следующие выводы:

Порт	Функция	Описание
GPIO96	CLB_OUTPUTXBAR6	BISS-C CLK OUT (FPGA → ЭМП)
GPIO97	CLB_OUTPUTXBAR7	BISS-C CLK OUT (FPGA → МК)
GPIO102	SPIC_CLK	BISS-C CLK IN (МК ← FPGA)
GPIO100	SPIC_SIMO / XBAR → CLB_OUTPUTXBAR8	BISS-C DATA IN
GPIO101	SPIC_SOMI	BISS-C DATA OUT
GPIO99	дискр. выход	направление передачи ("1" - передача, "0" - прием)
GPIO103	дискр. выход	выбор напряжения питания энкодера ("1" - 12 В, "0" - 5В)
GPIO57	дискр. выход	питание энкодера ("1" - включено, "0" - выключено)

Перед включением питания энкодера необходимо установить требуемый уровень напряжения. Если оставить вывод GPIO103 в Z состоянии, то будет подано 5 В.

Наибольшая частота тактирования 10 МГц (ограничено применяемым микросхемами передатчиков и гальванической развязки), скважность – 50%.

Программный модуль обработки датчика BISS-C должен выполнять следующие функции:

- автоматическая конфигурация внутренних переменных в соответствии с EDS датчика;
- обработка пакетов в соответствии с EDS датчика;
- контроль четности данных;
- проверка CRC;
- выдача предыдущего результата измерения в случае ошибки пакета;
- выдача ошибки обработки датчика в случае последовательной фиксации нескольких ошибок в пакете (настраиваемый параметр);
- изменение полярности счета (1 бит);
- подсчет числа оборотов (внутренний счетчик 10 бит);
- сохранение числа оборотов в энергонезависимую память;
- обнуление внутреннего счетчика оборотов;
- обработка координаты со смещением нуля (отрицательные значения позиции);
- запись требуемых значений регистров в датчик (команды):
  - обнуление счетчика оборотов;
  - запись профиля в EDS датчика;
- расчет угловой частоты вращения путем численного дифференцирования измеренной позиции (точность не менее 0,001 рад/с, время счета – 2 цикла опроса

датчика);

Процедура инициализации:

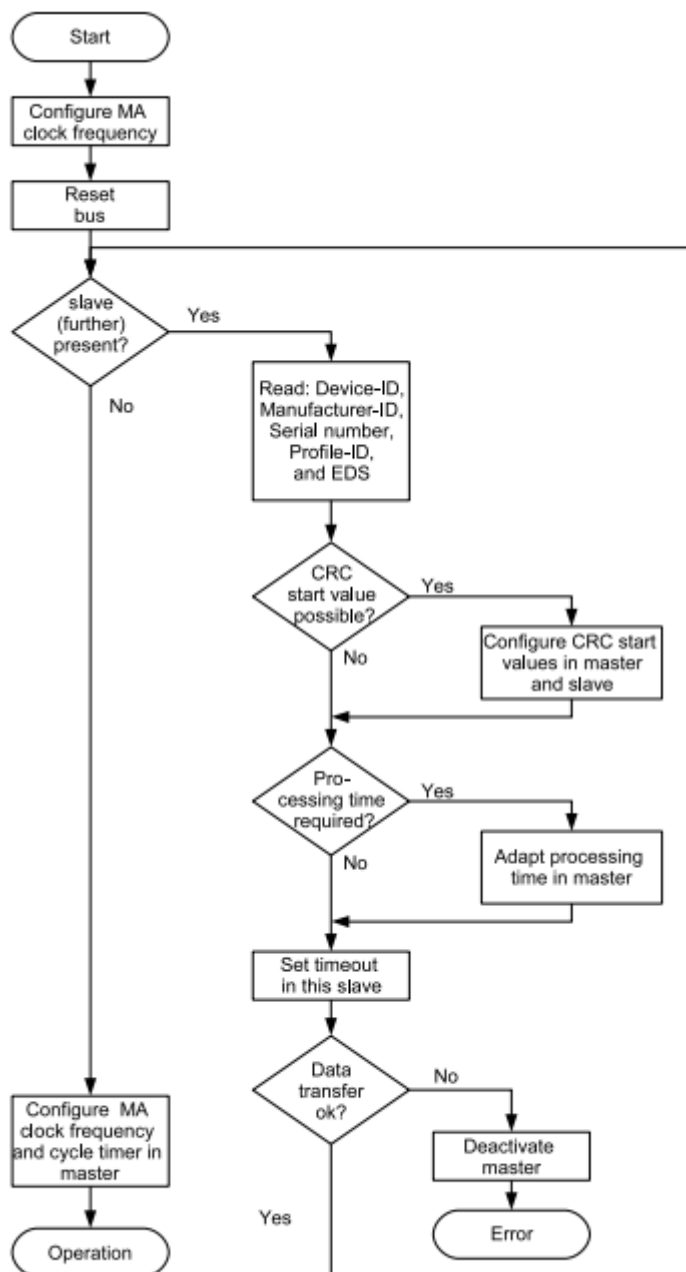


Figure 21: Procedure for a bus establishment

## Блок обработки температуры двигателя

Напряжение, пропорциональное температуре двигателя подается на АЦП микроконтроллера в дифференциальном виде:

Порт	Описание
ADCINB0	EMA Temp+
ADCINB1	EMA Temp-

Опорное напряжение АЦП 2,5 В  $\pm 0,5\%$ .

Для гальванической изоляции сигнала с датчика температуры используется линейная оптопара [HPC300-2](("\\Datastrv\\дивизион эп\\works\\Департамент разработки\\ALTIUM DESIGNER\\Прочая документация\\Xiamen Hualian-HPC300.pdf"). Она обладает хорошей линейностью, но большим разбросом коэф. передачи (от 0,75 до 1,15), поэтому требуется калибровка.

Калибровка производится замыканием переключателя SA700 в положение "калибр.". При этом на вход схемы измерения сопротивления подключается эталонное сопротивление 1000 Ом, соответствующее сопротивлению PT1000 при 0 °C.

Если принять коэффициент передачи равным 1, то зависимость напряжения от температуры будет иметь линейный вид со следующими граничными точками:

0,843 В → -40 °C

1,573 В → +150 °C

## Блок RS485

Используется полнодуплексная схема включения:

Порт	Функция	Описание
GPIO85	UARTA_RX	прием данных
GPIO84	UARTA_TX	передача данных
GPIO83	дискр. выход	разрешение приема ("1" - прием запрещен, "0" - прием разрешен)
GPIO21	дискр. выход	разрешение передачи ("1" - передача разрешена, "0" - передача запрещена)

Максимальная скорость передачи 20 Mbps (ограничена передатчиком).

Терминатор в линии TX подключается переключателем SA800, в линии RX - SA801.

## Блок CAN-FD

Передатчик поддерживает повышенную скорость передачи по CAN до 5 Mbps.

Порт	Функция	Описание
GPIO18	MCAN_RX	прием данных
GPIO19	MCAN_TX	передача данных

Терминатор в линии подключается переключателем SA802.

## Блок Ethernet

Схемотехника узла повторяет решения из отладочной платы для F28388D:

Порт	Функция
GPIO105	ENET_MDIO_CLK
GPIO106	ENET_MDIO_DATA
GPIO109	ENET_MII_CRS
GPIO110	ENET_MII_COL
GPIO111	ENETMII_RX CLK
GPIO112	ENETMII_RX DV
GPIO113	ENETMII_RX ERR
GPIO114	ENETMII_RX DATA0
GPIO115	ENETMII_RX DATA1
GPIO116	ENETMII_RX DATA2
GPIO117	ENETMII_RX DATA3
GPIO118	ENETMII_TX EN
GPIO119	ENETMII_TX ERR
GPIO120	ENETMII_TX CLK
GPIO121	ENETMII_TX DATA0
GPIO122	ENETMII_TX DATA1
GPIO123	ENETMII_TX DATA2
GPIO124	ENETMII_TX DATA3

У Ethernet PHY [YT8512](#) нет входа TX\_ER из за экономии ног, поэтому этот сигнал сбрасывает микросхему.

Источник тактирования для Ethernet PHY и контроллера один и тот же.

## Блок EtherCAT

Схемотехника узла повторяет решения из отладочной платы для F28388D:

Порт ECAT	Порт	Функция
P0/P1	GPIO145	ESC_LED_ERR
P0/P1	GPIO146	ESC_LED_RUN
P0/P1	GPIO150	ESC_I2C_SDA
P0/P1	GPIO151	ESC_I2C_SCL
P0/P1	GPIO152	ESC_MDIO_CLK
P0/P1	GPIO153	ESC_MDIO_DATA
P0/P1	GPIO154	ESC_PHY_CLK
P0/P1	GPIO155	ESC_PHY_RES ETn

Порт ECAT	Порт	Функция
P0	GPIO143	ESC_LED_LINK 0_ACTIVE
P0	GPIO148	ESC_PHY0_LINKSTATUS
P0	GPIO156	ESC_TX0_ENA
P0	GPIO157	ESC_TX0_CLK
P0	GPIO158	ESC_TX0_DATA 0
P0	GPIO159	ESC_TX0_DATA 1
P0	GPIO160	ESC_TX0_DATA 2
P0	GPIO161	ESC_TX0_DATA 3
P0	GPIO162	ESC_RX0_DV
P0	GPIO163	ESC_RX0_CLK
P0	GPIO164	ESC_RX0_ERR
P0	GPIO166	ESC_RX0_DATA1
P0	GPIO165	ESC_RX0_DATA0
P0	GPIO167	ESC_RX0_DATA2
P0	GPIO168	ESC_RX0_DATA3
P1	GPIO129	ESC_TX1_ENA
P1	GPIO130	ESC_TX1_CLK
P1	GPIO131	ESC_TX1_DATA 0
P1	GPIO132	ESC_TX1_DATA 1
P1	GPIO134	ESC_TX1_DATA 2
P1	GPIO135	ESC_TX1_DATA 3
P1	GPIO136	ESC_RX1_DV
P1	GPIO137	ESC_RX1_CLK
P1	GPIO138	ESC_RX1_ERR
P1	GPIO139	ESC_RX1_DATA0
P1	GPIO140	ESC_RX1_DATA1
P1	GPIO141	ESC_RX1_DATA2
P1	GPIO142	ESC_RX1_DATA3
P1	GPIO144	ESC_LED_LINK 1_ACTIVE
P1	GPIO149	ESC_PHY1_LINKSTATUS

В основном исполнении платы тактирование EtherCAT PHY и контроллера сделаны из одного источника, но установкой перемычек можно тактировать EtherCAT PHY с помощью GPIO154.

Адреса EtherCAT PHY:

Port 0 - 00000b

Port 1 - 00001b

Адрес EtherCAT I2C EEPROM: 000b

## Взаимодействие с памятью

### RAM + FLASH

Для взаимодействия с RAM ([LY61L102416ALL-10I](#)) и FLASH ([MX29LV160DBTI-70G](#)) с конфигурацией используется интерфейс EMIF1 и дискретные сигналы:

Порт	Функция	Есть в RAM	Есть во FLASH	Описание
GPIO38	EMIF1_A0	+	+	шина адреса
GPIO39	EMIF1_A1	+	+	
GPIO40	EMIF1_A2	+	+	
GPIO41	EMIF1_A3	+	+	
GPIO44	EMIF1_A4	+	+	
GPIO45	EMIF1_A5	+	+	
GPIO46	EMIF1_A6	+	+	
GPIO47	EMIF1_A7	+	+	
GPIO48	EMIF1_A8	+	+	
GPIO49	EMIF1_A9	+	+	
GPIO50	EMIF1_A10	+	+	
GPIO51	EMIF1_A11	+	+	
GPIO52	EMIF1_A12	+	+	
GPIO86	EMIF1_A13	+	+	
GPIO87	EMIF1_A14	+	+	
GPIO88	EMIF1_A15	+	+	
GPIO89	EMIF1_A16	+	+	
GPIO90	EMIF1_A17	+	+	
GPIO91	EMIF1_A18	+	+	
GPIO92	EMIF1_A19	+	+	
GPIO55	EMIF1_D0	+	+	шина данных
GPIO56	EMIF1_D1	+	+	
GPIO82	EMIF1_D2	+	+	
GPIO81	EMIF1_D3	+	+	

Порт	Функция	Есть в RAM	Есть во FLASH	Описание
GPIO80	EMIF1_D4	+	+	
GPIO79	EMIF1_D5	+	+	
GPIO78	EMIF1_D6	+	+	
GPIO77	EMIF1_D7	+	+	
GPIO76	EMIF1_D8	+	+	
GPIO75	EMIF1_D9	+	+	
GPIO74	EMIF1_D10	+	+	
GPIO73	EMIF1_D11	+	+	
GPIO72	EMIF1_D12	+	+	
GPIO71	EMIF1_D13	+	+	
GPIO70	EMIF1_D14	+	+	
GPIO69	EMIF1_D15	+	+	
GPIO31	EMIF1_WEn	+	+	разрешение записи
GPIO37	EMIF1_OEn	+	+	разрешение выхода
GPIO28	EMIF1_CS2n	+	-	выбор RAM
GPIO29	EMIF1_CS3n	-	+	выбор FLASH
GPIO36	EMIF1_WAIT	-	+	FLASH WAIT
GPIO133	дискр. выход	-	+	FLASH RESET ("0" активный)
GPIO147	дискр. выход	-	+	FLASH Word/Byte ("1" - Word, "0" - Byte)

## SPI

На шине SPI-A сидит 3 устройства:

### Boot flash

[GD25Q16ETIGR](#)

Порт	Функция
GPIO32	SPIA_SIMO
GPIO33	SPIA_SOMI
GPIO34	SPIA_CLK
GPIO35	SPIA_STEn

Выбор источника загрузки описан далее



Для включение защиты от записи перевести переключатель SA1300 в положение WP ON.

## Temp flash

### [BL25CM1A-PARC](#)

Порт	Функция	Описание
GPIO32	SPIA_SIMO	
GPIO33	SPIA_SOMI	
GPIO34	SPIA_CLK	
GPIO15	дискр. выход	Temp flash chip select

Скорость тактирования ограничена 2 МГц

## SD card

Порт	Функция	Описание
GPIO32	SPIA_SIMO	
GPIO33	SPIA_SOMI	
GPIO34	SPIA_CLK	
GPIO20	дискр. выход	SD card chip select
GPIO27	дискр. вход	1 - нет карты, 0 - карта вставлена

## I2C

На шине сидят 2 микросхемы памяти [ZD24C02A-SSGMB](#).

Адрес на шине		Расположение микросхемы
100b		Модуль управления
000b		Модуль силовой
Порт	Функция	Описание
GPIO0	I2CA_SDA	данные
GPIO1	I2CA_SCL	тактовый сигнал

Для включение защиты от записи микросхемы на модуле управления перевести переключатель SA1301 в положение WP ON.

В микросхеме модуля силового необходимо хранить следующую информацию:

- тип модуля (2 кВт / 8 кВт)
- серийный номер

- частота тактового сигнала  $\Sigma\Delta$  модуляторов

## Блок USB

Порт	Функция	Описание
GPIO42	USB0DM	data-
GPIO43	USB0DP	data+

## Блок RTC

Часы реального времени сделаны на микросхеме [CBM1307AS8](#).

Порт	Функция	Описание
GPIO0	I2CA_SDA	данные
GPIO1	I2CA_SCL	тактовый сигнал

Адрес на шине: 1101000b

Вопрос: у микросхемы есть тактовый выход с частотами 1 / 4096 / 8192 / 32768 Гц, нужно ли его завести в микроконтроллер для каких-то задач (отмерять длительность чего-нибудь)?

## Блок выбора загрузки

Предполагается что первоначальная прошивка контроллера осуществляется через интерфейс JTAG. При этом устанавливается 2 возможных варианта загрузки: из SPI FLASH или USB, зависимости от состояния GPIO6 (после загрузки используется функция EPWM4A STS\_LED\_R).

Если при включении GPIO6 в состоянии "0" - загрузка из USB, если в "1" - загрузка из SPI FLASH

На плате предусмотрено автоматическое переключение источников тактирования между 20 и 25 МГц. Модуль управления может быть запитан либо от модуля силового, либо от USB. При включении выполняется проверка наличия питания от модуля силового. Через 1,25 мс после установки питаний 3,3 и 1,2 В, в момент снятия сигнала сброса внешним сторожевым таймером DD1200 или DD1201 (смотря какое напряжение установится позже) в D-триггер D1107 записывается состояние сигнала "5Vext fault" (он же приходит в расширитель портов DD600 порт P0, бит 5). В зависимости от этого сигнала включается генератор на 20 либо на 25 МГц. Если внешнего питания нет, значит тактирование 20 МГц и загрузка из USB, если внешнее питание есть, значит тактирование 25 МГц и загрузка из SPI FLASH

На плате есть переключатель SA1100 с помощью которого можно принудительно включить загрузку с USB даже при наличии штатного питания от модуля силового

# Блок статуса

Для индикации статуса ПЧ используется RGB светодиод KAA-3528EMBSGCT и следующие выводы МК:

Порт	Функция	Описание
GPIO6	EPWM4A	ШИМ красного светодиода
GPIO10	EPWM6A	ШИМ зеленого светодиода
GPIO7	EPWM4B	ШИМ синего светодиода

Частота ШИМ 1 кГц. Управляя соотношением скважностей можно получать различные цвета и необходимые статусы:

- постоянно горящий зеленый при работе (активная ШИМ);
- отсутствие свечения при инициализации ПЧ;
- меандр частотой 1 Гц (зеленый) при готовности и неактивной ШИМ;
- постоянно горящий оранжевый при неисправности (в т.ч. ошибка инициализации).

# Блок резольвера

Обработка резольвера частично взята из TIDA-01527. Добавлена гальваническая развязка и вместо АЦП последовательного приближения в контроллере используются  $\Sigma\Delta$  модуляторы.

На плате предусмотрена возможность учесть погрешность в коэффициентах усиления сигналов SIN/COS при управлении аналоговыми ключами. Необходимость использования данной схемы предлагаю обсудить по результатам макетирования. Пока аналоговыми ключами управлять не требуется (оба сигнала в лог "0").

Порт	Функция	Описание
GPIO65	SD1_D2	данные SIN
GPIO66	SD1_C2	тактовый сигнал SIN
GPIO62	SD2_D4	данные COS
GPIO63	SD2_C4	тактовый сигнал COS
GPIO67	SD1_D3	обратная связь REF, данные
GPIO68	SD1_C3	обратная связь REF, тактирование
GPIO11	EPWM6B	ШИМ опорного сигнала резольвера (REF)
GPIO53	дискр. выход	1 - отключить резольвер от цепи измерения, 0 - подключить
GPIO54	дискр. выход	1 - поменять местами SIN и COS, 0 - прямое подключение

Опорный сигнал REF 4/8 кГц промодулировать ШИМ с переменной скважностью. Частота ШИМ не менее 300 кГц. Амплитуду выходного сигнала контролировать по

обратной связи (должна быть  $\pm 2,5$  В).

Коэф. передачи в цепи обратной связи REF 28 мВ/В, в цепи SIN/COS 100 мВ/В

Частота тактирования  $\Sigma\Delta$  модуляторов может быть 10 или 20 МГц. В зависимости от того, какие микросхемы купят. Информацию о частоте тактирования необходимо хранить в энергонезависимой памяти модуля управления.

Предполагается, что в ПЧ одновременно не будет использоваться 2 датчика обратной связи (или BiSS-C или резольвер). Для питания датчиков обратной связи используется один управляемый источник напряжения. При использовании резольвера его нужно настроить на выдачу 12 В:

Порт	Функция	Описание
GPIO103	дискр. выход	выбор напряжения питания ("1" - 12 В, "0" - 5В)

## Блок 4-20 мА

### Выход 4-20 мА

В узле могут применяться микросхемы [SD2421A](#) "SDIC" или [AD421](#) "Analog Devices", отличающиеся максимальной скоростью информационного обмена:

SD2421A - 3 Mbps

AD421 - 10 Mbps

Для задания выходного тока используются сигналы МК:

Порт	Функция	Описание
GPIO94	SPID_STEn / дискр. выход	защелка выходного регистра
GPIO93	SPID_CLK	тактирование микросхемы
GPIO30	SPID_SIMO	данные выходного тока

Необходимо определить можно ли использовать стандартную функцию SPID\_STEn для защелки выходного регистра микросхемы.

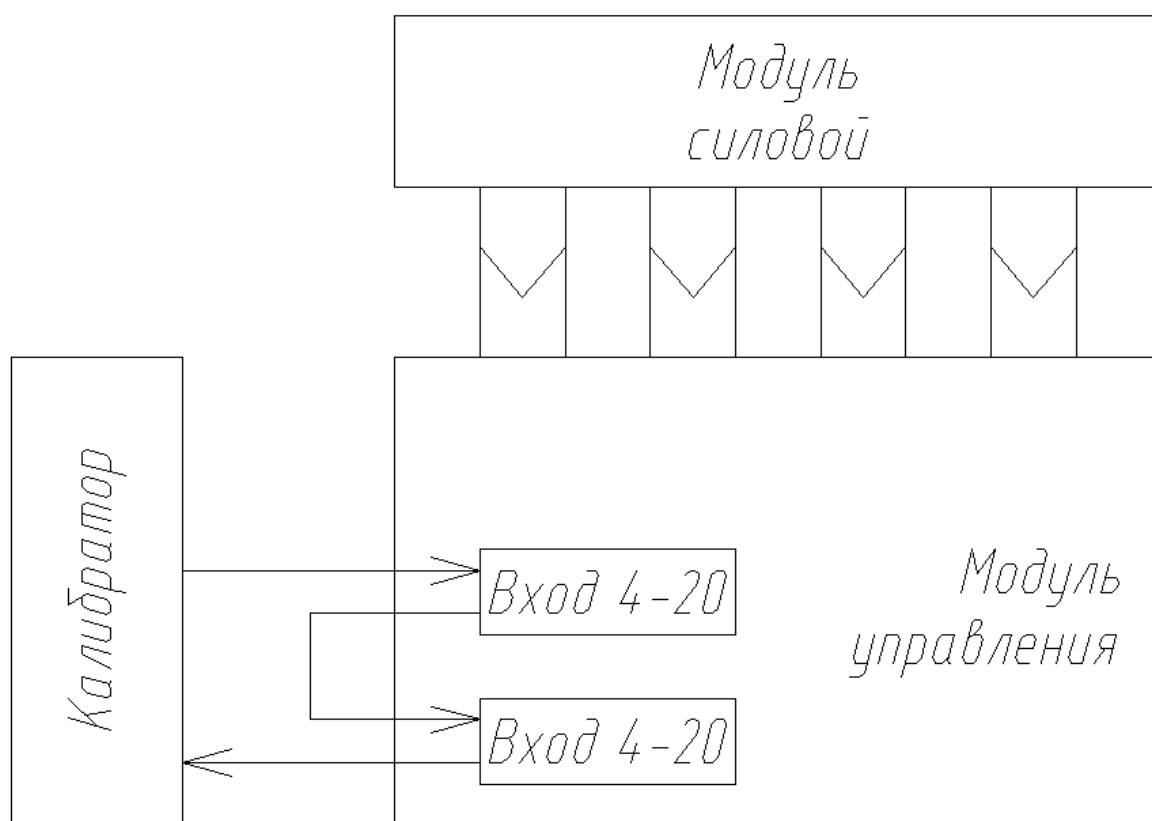
Время установки выходного сигнала 8 мкс.

### Вход 4-20 мА

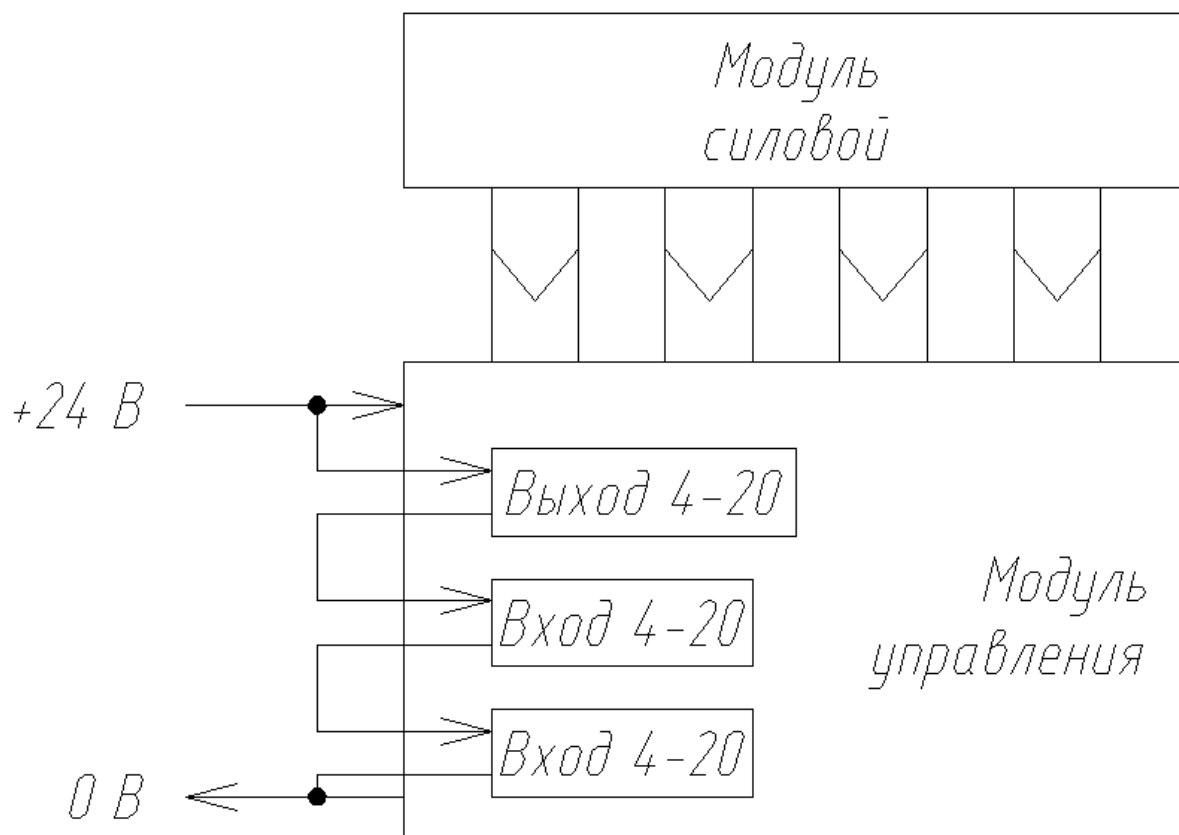
На плате 2 канала приема токовой петли гальванически изолированные от остальных узлов. Для развязки применяются линейные оптопары [HPC300-2](["\\Datastrv\дивизион эп\works\Департамент разработки\ALTIUM DESIGNER\Прочая документация\Xiamen Hualian-HPC300.pdf"](#)). Она обладает хорошей линейностью, но большим разбросом коэф. передачи (от 0,75 до 1,15), поэтому требуется калибровка.

Необходимо предусмотреть возможность провести калибровку двумя способами:

1. При использовании внешнего калибратора:



2. При использовании собственного выхода 4-20:



Если коэф. передачи оптопар =1, то значение входного тока можно получить из соотношения 100 мВ → 1 мА на АЦП.

Для оцифровки используются следующие выводы АЦП:

Порт	Описание
ADCINA0	4-20 IN1+
ADCINA1	4-20 IN1-
ADCINA2	4-20 IN2+
ADCINA3	4-20 IN2-

Опорное напряжение АЦП 2,5 В  $\pm 0,5\%$ . Сигнал дифференциальный.