Модуль вывода унифицированных аналоговых сигналов

ТПТС55.1663

Назначение

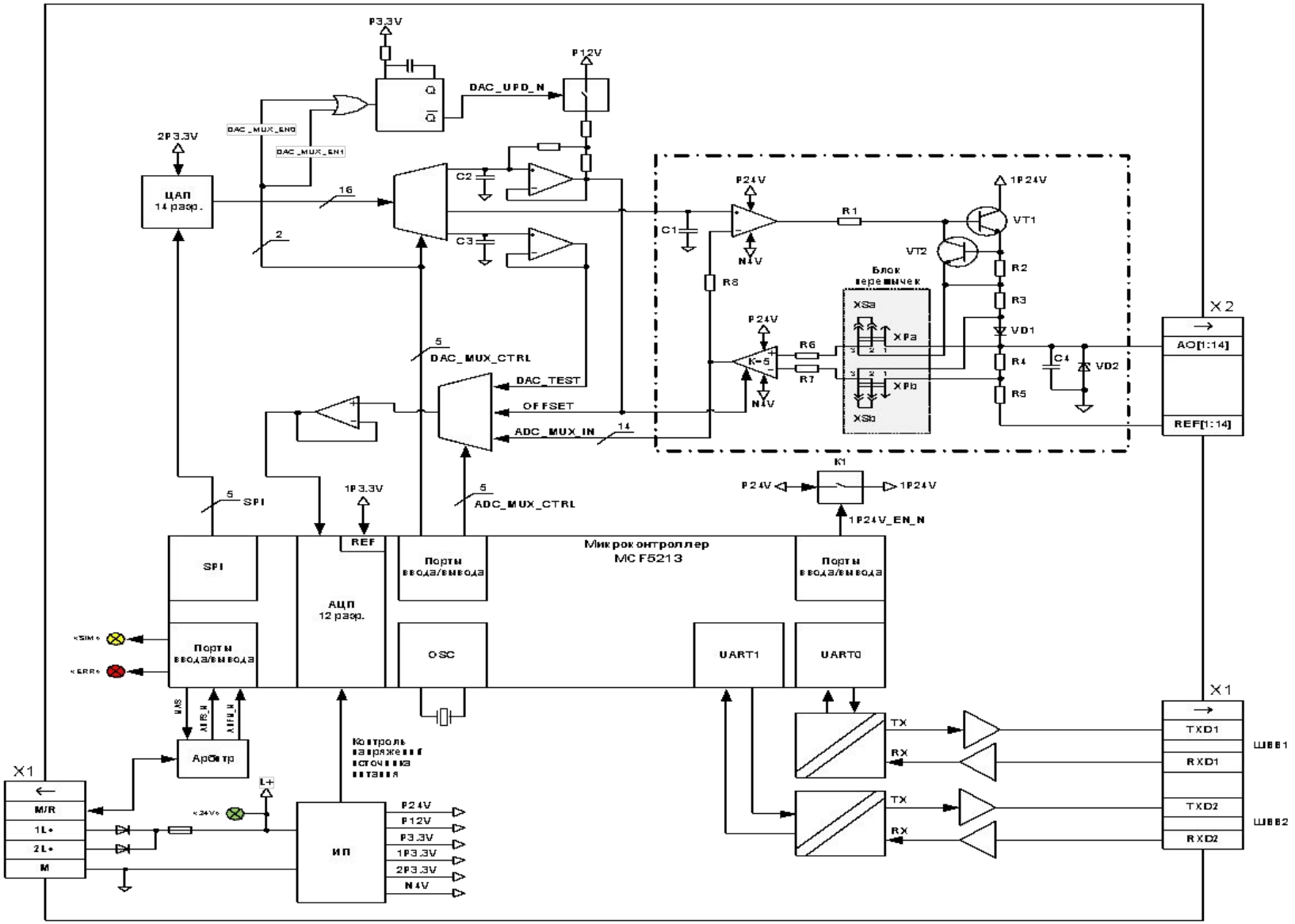
Модуль вывода унифицированных аналоговых сигналов ТПТС55.1663 (далее модуль) предназначен для работы в составе комплекса средств автоматизации ТПТС-НТ.

Модуль осуществляет воспроизведение унифицированных сигналов тока или напряжения по значениям, передаваемым от процессора автоматизации (ПА).

Модуль выполняет следующие функции:

- воспроизведение до 14 унифицированных сигналов тока в диапазонах от 0 до
  20 мА и от 4 до 20 мА;
- воспроизведение до 14 унифицированных сигналов напряжения в диапазонах от 0 до 10 В и от 2 до 10 В.

  Модуль допускает работу в резервированном режиме.



Структурная схема модуля

В состав модуля входят:

-14-ти разрядный цифро-аналоговый преобразователь (ЦАП) с интерфейсом SPI, предназначенный для преобразования кодов аппаратно воспроизводимых значений, передаваемых по интерфейсу SPI от микроконтроллера, в сигнал напряжения;

-выходной мультиплексор, предназначенный для подключения выхода ЦАП к одному из 14 каналов вывода или к одному из двух вспомогательных устройств выборки-хранения (УВХ);

вспомогательные УВХ:

- DAC_TEST (используется для контроля исправности ЦАП);

- OFFSET (используется для смещения выходных сигналов каналов);

14 каналов вывода унифицированных сигналов тока или напряжения, каждый из которых включает:

- устройство выборки-хранения, реализованное на конденсаторе и буферном операционном усилителе (ОУ). Устройство обеспечивает хранение значения выходного сигнала канала пока выход ЦАП с помощью мультиплексора подключен к другому каналу вывода;

- выходной каскад с ограничением величины выходного тока (VT1, VT2, R1, R2);

- резистор R3, предназначенный для реализации обратной связи по току при воспроизведении сигнала тока;

- делитель напряжения (R4, R5), предназначенный для реализации обратной связи по напряжению при воспроизведении сигнала напряжения;

- диод VD1, предназначенный для предотвращения втекания в выход резервного модуля выходного тока основного модуля;

- усилитель обратной связи, предназначенный для формирования сигнала, используемого для контроля и автоматического поддержания величины выходного сигнала канала;

- блок перемычек, предназначенный для аппаратной настройки выходного каскада на воспроизведение сигнала тока или напряжения;

- полупроводниковое устройство подавление импульсных помех (VD2);

входной мультиплексор, предназначенный для подключения ко входу АЦП микроконтроллера выходов усилителей обратной связи каналов и выходов устройств выборки-хранения DAC_TEST и OFFSET;

- микроконтроллер (МК) со встроенными Flash-ПЗУ, ОЗУ, АЦП, портами ввода/вывода, тактовым генератором, последовательными приемо-передатчиками, контроллером SPI, выполняющий программное управление работой модуля в соответствии с встроенным программным обеспечением (ВПО);
- схема гальванической развязки и формирователи сигналов шин ввода/вывода;
- устройство сброса выходных сигналов, реализующее спад до нулевого значения выходных сигналов всех каналов при прекращении обновления информации на устройствах выборки-хранения (при неисправности МК или сбое ВПО);
- источник питания, вырабатывающий все необходимые для работы модуля напряжения;
- схема-арбитр, используемая для организации работы модуля в резервированной конфигурации;
- электронный ключ, предназначенный для отключения питания (1P24V) выходных каскадов резервного модуля;
- светодиодные индикаторы состояния модуля.

В основе воспроизведения лежит цифро-аналоговое преобразование принимаемых от ПА воспроизводимых значений в аналоговый сигнал напряжения. Полученный на выходе ЦАП сигнал напряжения преобразуется выходным усилителем в унифицированный аналоговый сигнал тока или напряжения.

Цепь цифро-аналогового преобразования, общая для всех каналов, последовательно подключается через выходной мультиплексор к выходному усилителю каждого канала. За время цикла модуля однократно обновляются выходные сигналы всех каналов.

Для поддержания значения выходного сигнала канала в течение времени, когда выход ЦАП задействован для воспроизведения сигналов в других каналах, используется устройство выборки-хранения.

Устройство выборки-хранения представляет собой конденсатор, подключенный к высокоомному входу выходного усилителя.

Выходной усилитель выполнен на операционном усилителе, охваченном отрицательной обратной связью, в которую включен инструментальный усилитель с постоянным коэффициентом усиления.

В режиме воспроизведения напряжения входным сигналом усилителя обратной связи является падение напряжения на сопротивлении R4 делителя выходного напряжения (R4, R5), в режиме воспроизведения тока – падение напряжения на сопротивлении R3. Режим воспроизведения определяется положением кодирующих гнезд на вилках XPa, XPb блока перемычек канала.

Сигнал с выхода усилителя обратной связи используется также для обратного чтения и контроля выходного сигнала канала. При обратном чтении цепь обратной связи выходного усилителя через мультиплексор и буферный усилитель подключается к 12-разрядному АЦП микроконтроллера. АЦП преобразует аналоговый сигнал обратной связи в код, а ВПО модуля осуществляет преобразование полученного кода в контрольное значение выхода.

На вход REF усилителя обратной связи с устройства выборки-хранения OFFSET подаётся напряжение смещения нуля ЦАП, необходимое для исключения использования нелинейной зоны ЦАП. Наличие смещения позволяет удерживать выходы неактивных каналов в отключенном состоянии. В резервном модуле и модуле, выведенном из работы, с помощью напряжения смещения в отключенном состоянии удерживаются все выходы модуля.

При возникновении критической неисправности модуля, работающего в нерезервированном режиме, или в обоих модулях резервированной пары осуществляется программный сброс выходных сигналов в нулевое значение со скоростями, заданными при параметрировании модуля. При неисправности МК или сбое ВПО модуля, приводящих к прекращению обновления информации на УВХ каналов, сброс выходных сигналов осуществляется аппаратно с помощью устройства сброса выходных сигналов. При этом скорость спада выходных сигналов составляет ~ 0,5 В/с или ~ 1мА/с в зависимости от типа выходного сигнала. Устройство сброса реализовано на базе одновибратора, выход которого управляет схемой заряда конденсатора УВХ OFFSET.

В режиме воспроизведения напряжения выходное напряжение снимается с выводов AO[i] и REF[i] соединителя X2. При этом вывод REF[i] должен быть дополнительно соединен с цепью М.

В режиме воспроизведения тока выходной ток снимается с вывода AO[i] соединителя X2. Вывод REF[i] должен быть оставлен неподключенным.

Каждый выходной каскад содержит цепь ограничения выходного тока, обеспечивающую защиту выходного усилителя при замыкании выхода AO[i] на цепь М.

Для резервного модуля резервированной пары производится отключение питания выходных каскадов (1P24V) с помощью электронного ключа К1. Диод VD1 в выходной цепи предотвращает втекание в выход резервного модуля выходного тока основного модуля.

Алгоритм воспроизведения унифицированных аналоговых сигналов

Алгоритм воспроизведения унифицированных аналоговых сигналов выполняет следующие функции:

1 Линейное преобразование воспроизводимого значения (аналогового значения из пользовательского диапазона, полученного от ПА) в аппаратно воспроизводимое значение (значение аналогового сигнала из унифицированного диапазона тока/напряжения);

2 Цифро-аналоговое преобразование аппаратно воспроизводимого значения в выходной сигнал тока/напряжения;

3 Контроль значения выходного сигнала;

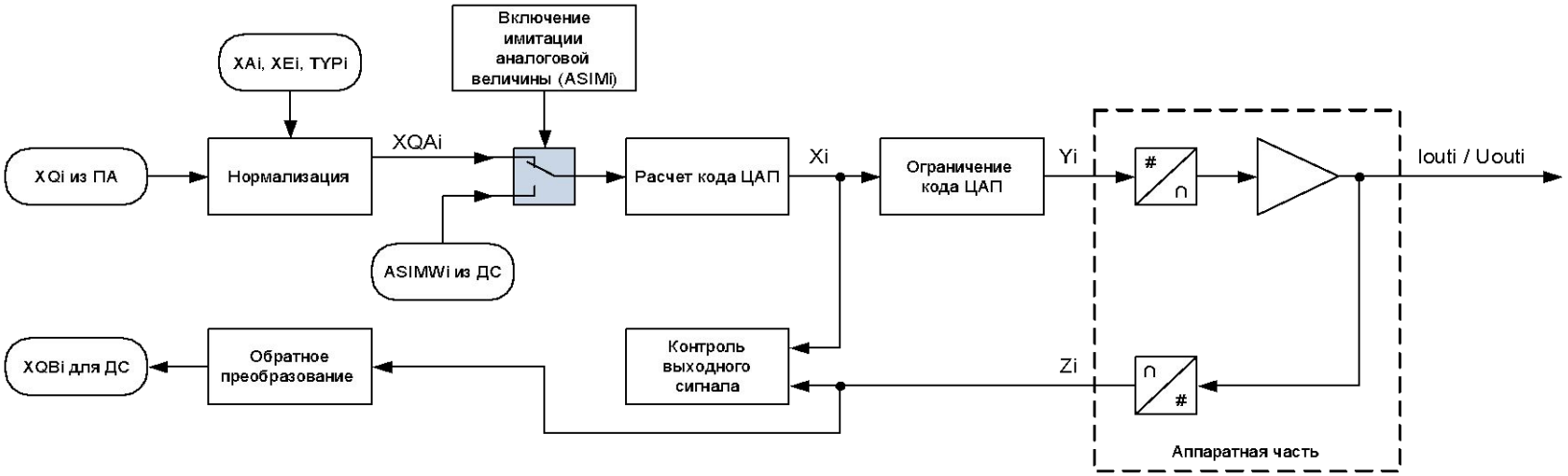
4 Имитация выходного сигнала;

5 Сигнализация неисправностей.

Воспроизведение по каждому каналу осуществляется независимо. Настройка каналов производится также независимо. Настройка производится путем пересылки в модуль двоичных и аналоговых настроечных параметров алгоритма воспроизведения из ПА.

Воспроизведение по каждому каналу осуществляется независимо. Настройка каналов производится также независимо.

Настройка производится путем пересылки в модуль двоичных и аналоговых настроечных параметров алгоритма воспроизведения из ПА.



Сигнал	Единица измерения	Описание
ASIMWi	мА или В	Имитируемое значение
XQi		Воспроизводимое значение из параметрируемого диапазона [XA; XE]
XQAi	мА или В	Аппаратно воспроизводимое значение из унифицированного диапазона
XQBi	мА или В	Контрольное значение выхода
Xi		Рассчитанное значение кода ЦАП
Yi		Код ЦАП
Zi		Код АЦП

Нормализация

На вход алгоритма воспроизведения из ПА поступает сигнал «Воспроизводимое значение» XQi. Диапазон [XA; XE] сигнала XQi определяется пользовательской структурой ПА, поэтому при воспроизведении выполняется нормализация – приведение воспроизводимого значения к унифицированному диапазону аналогового сигнала.
Нормализация представляет собой линейное преобразование воспроизводимого значения (XQi) в аппаратно воспроизводимое значение (XQAi)
XQAi = Ki*XQi + Bi (1)
Сигнал «Аппаратно воспроизводимое значение» XQAi формируется в единицах тока (мА) или напряжения (В) в зависимости от того, как алгоритм воспроизведения канала настроен с помощью параметра «Тип выхода».

Параметр «Тип выхода»	**Тип выходного сигнала**	**Нижняя граница диапазона выходного сигнала (WA)**	**Верхняя граница диапазона выходного сигнала (WA)**	**Единица измерения**
DZ	Ток	0	20	мА
LZ	Ток	4	20	мА
DZU	Напряжение	0	10	В
LZU	Напряжение	2	10	В

При параметрировании ВПО модуля осуществляет расчет коэффициентов Ki и Bi для параметрируемых каналов по формулам
Ki = (WEi – WAi) / (XEi – XAi), (2)
Bi = WAi – Ki * XAi, (3)
где XAi – параметр «Нижняя граница диапазона воспроизведения», задающий значение воспроизводимого сигнала, при котором на аппаратном выходе модуля формируется нижнее граничное значение WAi диапазона, определенного параметром «Тип выхода» (таблица 1.2);
XEi – параметр «Верхняя граница диапазона воспроизведения», задающий значение воспроизводимого сигнала, при котором на аппаратном выходе модуля формируется верхнее граничное значение WEi диапазона, определенного параметром «Тип выхода» (таблица 1.2).

Ограничение кода ЦАП

По аппаратно воспроизводимому значению XQAi производится расчет кода ЦАП Xi. В алгоритме воспроизведения не предусмотрено ограничение воспроизводимого значения XQi или аппаратно воспроизводимого значения XQAi при выходе за диапазоны [XAi; XEi] и [WAi; WEi], соответственно, но осуществляется ограничение кода ЦАП при выходе за диапазон допустимых для кодов ЦАП значений.
Гарантируется воспроизведение аналоговых сигналов в диапазонах значений [XQA_min; XQA_max], превышающих рабочие диапазоны [WA; WE].

Параметр «Тип выхода»	**XQA_min**	**XQA_max**	**Единица измерения**
DZ, LZ	0	20,5	мА
DZU, LZU	0	10,5	В

Контроль значений выходных сигналов

В основе контроля лежит обратное чтение и сравнение значения выходного сигнала с заданным на воспроизведение значением (аппаратно воспроизводимым значением).

Если значение выходного сигнала превышает аппаратно воспроизводимое значение более чем на 1% от верхней границы диапазона воспроизведения, то формируется сигнал **AAZHi** – «Значение выходного сигнала больше заданного». Если значение выходного сигнала меньше аппаратно воспроизводимого значения более чем на 1% от верхней границы диапазона воспроизведения, то формируется сигнал **AAZNi** – «Значение выходного меньше заданного».

При формировании любого из сигналов неисправности **AAZHi**, **AAZNi** формируется сигнал канальной ошибки **KFi**.

Данный контроль позволяет осуществлять диагностику цепей подключения нагрузки. При этом сигнал **AAZNi** и, как следствие, сигнал **KFi** формируются в случаях:

отсутствие подключения выхода AO[i] в режиме воспроизведения тока;

замыкание выхода AO[i] на цепь L+ в режиме воспроизведения тока;

отсутствие подключения выхода REF[i] в режиме воспроизведения напряжения;

замыкание выхода AO[i] на цепь M в режиме воспроизведения напряжения;

замыкание выхода AO[i] на цепь L+ в режиме воспроизведения напряжения.

В последнем случае происходит формирование сигнала **AAZNi** вместо **AAZHi** вследствие срабатывания встроенной защиты микросхемы усилителя обратной связи от перенапряжения.

Аналоговые сигналы, передаваемые из ПА в модуль

Сигнал	Маркер ПА	Описание
XQi	AAS,x,y,10*i+1	Воспроизводимое значение

Двоичные сигналы, передаваемые из ПА в модуль

Сигнал	Маркер ПА	Описание
NVi	AS,x,y,10*i	Признак недостоверности
FEKFi	AS,x,y,10*i+1	Свободный вход канальной ошибки

Двоичные сигналы, передаваемые из модуля в ПА

Сигнал	Маркер ПА	Описание
BGA	-	Неработоспособность модуля
BGF	-	Неисправность модуля
BSP	-	Блокировка выполнения функции
FUAS	-	Обобщенный сигнал перемежающейся неисправности
M5	-	Обобщенный сигнал неисправности канала
M6	-	Обобщенный сигнал имитации
KFV	-	Обобщенная логически обработанная канальная ошибка
KFVi	ES,x,y,10*i+1	Логически обработанная канальная ошибка
AAZNi	ES,x,y,10*i+2	Значение выходного сигнала меньше заданного
AAZHi	ES,x,y,10*i+3	Значение выходного сигнала больше заданного
ASIMi	ES,x,y,10*i+4	Имитация выходного сигнала
FUAi	ES,x,y,10*i+5	Перемежающаяся неисправность канала
M5i	-	Неисправность канала

Основные технические характеристики

Число каналов воспроизведения унифицированных сигналов тока и напряжения	14
Диапазоны воспроизведения унифицированного сигнала напряжения	От 0 В до 10 В; От 2 В до 10 В
Диапазоны воспроизведения унифицированного сигнала тока	От 0 мА до 20 мА; От 4 мА до 20 мА
Предел основной[1] приведенной[2] погрешности воспроизведения унифицированного сигнала напряжения	Не более 0,20 %
Предел основной[1] приведенной[2] погрешности воспроизведения унифицированного сигнала тока	Не более 0,20 %
Предел дополнительной температурной приведённой[2] погрешности воспроизведения унифицированного сигнала напряжения	Не более 0,007 %/ºС
Предел дополнительной температурной приведённой[2] погрешности воспроизведения унифицированного сигнала тока	Не более 0,015 %/ºС
Допустимое сопротивление нагрузки при воспроизведении унифицированного сигнала напряжения	Не менее 1 кОм
Допустимое сопротивление нагрузки при воспроизведении унифицированного сигнала тока	Не более 600 Ом
Разрешение ЦАП	14 бит
Период цикла обновления воспроизводимых сигналов	Не более 20 мс
Средняя наработка между отказами при Т=55 ºС	Не менее 165000 ч

———————

[1] В диапазоне температур от 10 до 45 ºС

[2] К верхнему пределу диапазона воспроизведения

Дополнительные технические характеристики

Диапазон рабочих температур	От 1 ºС до 55 ºС
Климатическое исполнение ПС, в составе которой применяется модуль	УХЛ4 4.1 4.2
Напряжение питания модуля UL+ (относительно цепи М)	От 19 В до 30 В
Допускаемая максимальная длительность провалов напряжения питания	10 мс, период повторения не менее 1 с; Выходной ток на время провала прерывается
Предохранитель модуля	1 А
Потребляемый модулем ток при отключенных входах и выходах	Не более 0,15 А
Выходной ток при замыкании выхода на цепь М	Не более 0,035 А
Тип интерфейса шины ввода/вывода	Последовательный
Скорость передачи данных по шине ввода/вывода	1 000 000 бит/с
Напряжение гальванической изоляции шины ввода/вывода	> 500 В
Масса	Не более 300 г

Установка кодирующих гнезд

Перед вводом модуля в эксплуатацию на вилки XP100 - XP127 должны быть установлены кодирующие гнезда, задающие тип выходного сигнала (сигнал тока или сигнал напряжения) для каждого из 14-ти каналов модуля.

Положение кодирующих гнезд на контактах вилок

Режим работы выхода	XPa	XPb
Воспроизведение напряжения	1-2	1-2
Воспроизведение тока	2-3	2-3
Выход не используется	2-3	2-3

Соответствие каналов и вилок

Канал	XPa	XPb
1	XP100	XP101
2	XP102	XP103
3	XP104	XP105
4	XP106	XP107
5	XP108	XP109
6	XP110	XP111
7	XP112	XP113
8	XP114	XP115
9	XP116	XP117
10	XP118	XP119
11	XP120	XP121
12	XP122	XP123
13	XP124	XP125
14	XP126	XP127

ВНИМАНИЕ: ДЛЯ НЕИСПОЛЬЗУЕМЫХ КАНАЛОВ КОДИРУЮЩИЕ ГНЕЗДА ДОЛЖНЫ БЫТЬ УСТАНОВЛЕНЫ В ПОЛОЖЕНИЕ ПО УМОЛЧАНИЮ

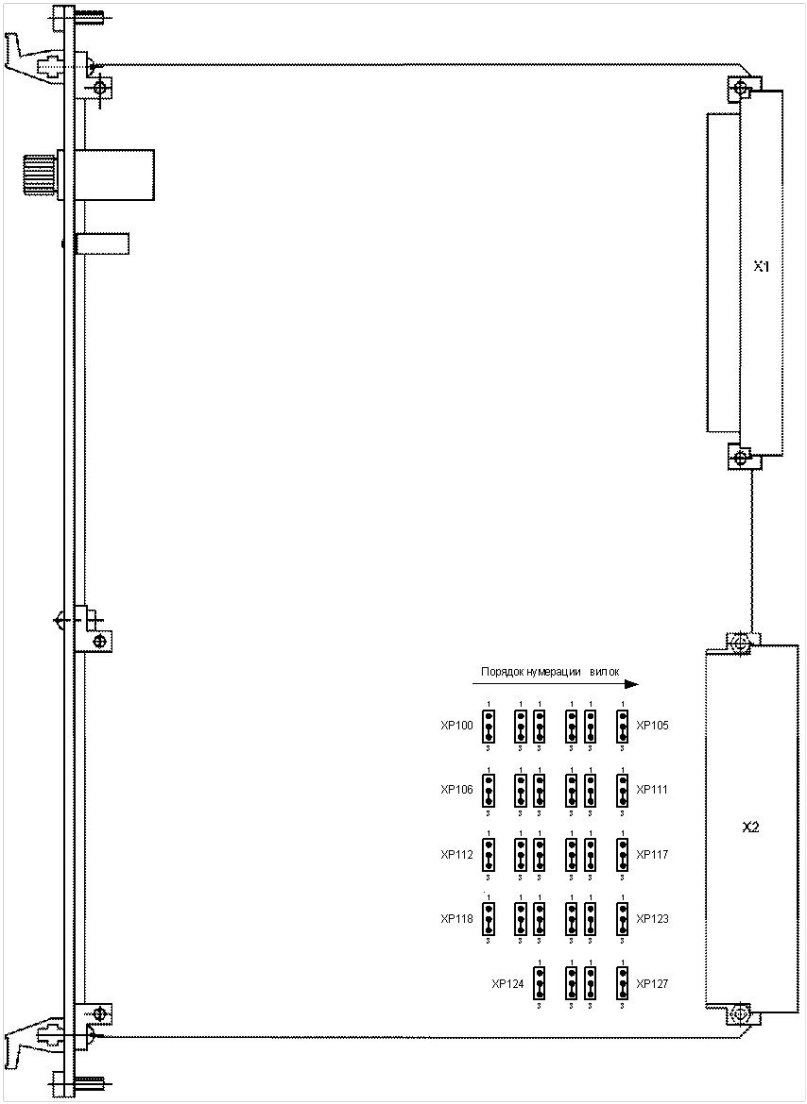


Схема подключения нагрузки при воспроизведении каналом модуля сигнала тока

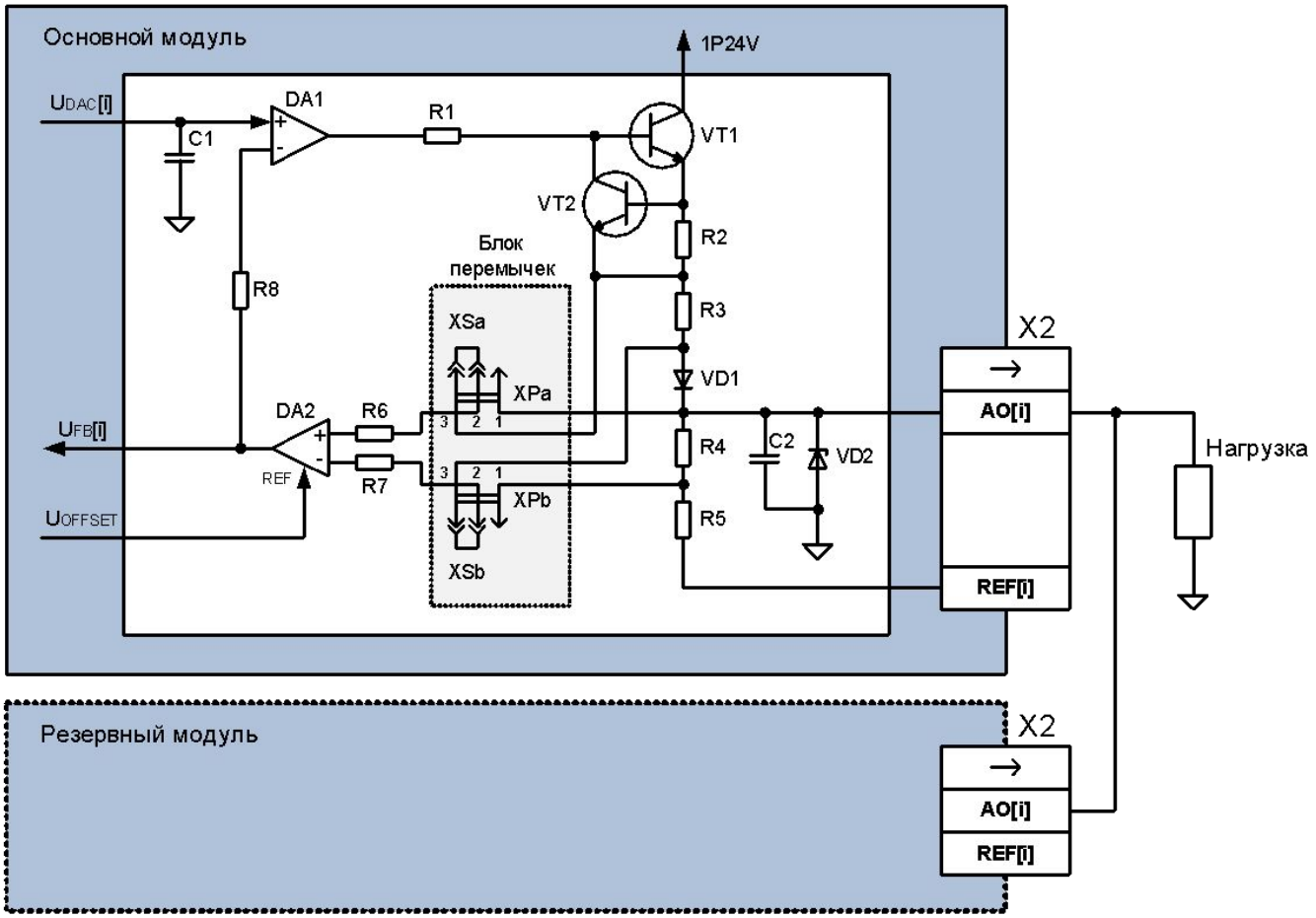
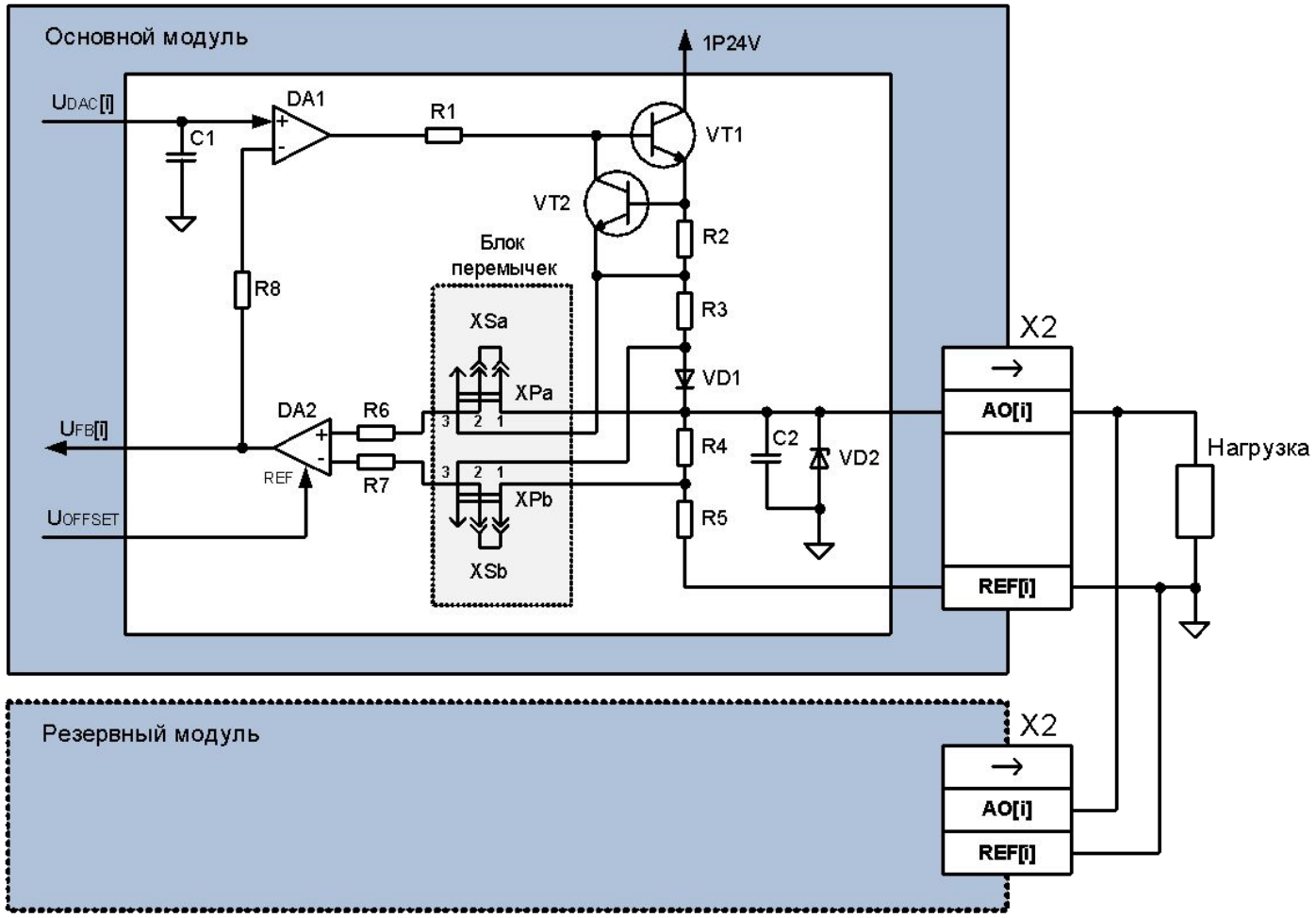


Схема подключения нагрузки при воспроизведении каналом модуля сигнала напряжения



Объявление модуля

Для объявления модуля ТПТС55.1663 используется инструкция «YAA»

YAA <номер слота> <признак резервирования>

.

Параметр	Допустимые значения	Описание
<номер слота>	От 1 до 16	Номер слота СВВ, в который устанавливается модуль
<признак резервирования>	0, 1	0 – Модуль используется в одиночной конфигурации 1 – Модуль используется в резервированной конфигурации (в этом случае номер слота должен быть нечетным)

Для объявления канала воспроизведения модуля ТПТС55.1663 используется инструкция «AAU»

AAU <номер канала в ПА> <номер канала СПМ> <тип выхода>

<дополнительный параметр 1> <значение>

<дополнительный параметр 2> <значение>

…

<дополнительный параметр N> <значение>

Основные параметры инструкции «AAU»

Параметр	Допустимые значения	Описание
<номер канала в ПА>	От 1 до 8192	Условный номер канала в ПА
<номер канала в СПМ>	От 1 до 14	Номер канала в модуле
<тип выхода>	LZ, DZ, LZU, DZU	Определяет тип и диапазон выходного сигнала: LZ – ток от 4 до 20 мА DZ – ток от 0 до 20 мА ; LZU – напряжение от 2 до 10 В; DZU – напряжение от 0 до 10 В

Двоичные настроечные параметры

Параметр	Значение по умолчанию	Наименование настроечного параметра
NV_A0	0	Сброс выходного сигнала при недостоверности воспроизводимого значения

Аналоговые настроечные параметры

Параметр	**Значение по умолчанию**	Диапазон возможных значений	**Единица измерения**	Наименование настроечного параметра
XA	0	float*		Нижняя граница диапазона воспроизведения
XE	100	float*		Верхняя граница диапазона воспроизведения
SPZFU	10	От 1 до 600	с	Время подавления перемежающейся неисправности
IPANZFU	5	От 2 до 1000		Допустимое количество изменений сигнала канальной ошибки
TZ	60	От 0 до 100	с	Время сброса выходного сигнала

———————

*float: от $\pm 1{,}5 \times 10^{-45}$ до $3{,}4 \times 10^{38}$