

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Факультет «электротехнический»

Кафедра «автоматики»

Направление подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____ Голощапов С.С.

«_____» _____ 2020 г.

Блок приема цифровых потоков

(тема)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ – 27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ ВКР

Руководитель отделения

АО «ГРЦ Макеева»

Первый заместитель генерального
конструктора по телеметрическим системам

_____ / Галимов И.Г. /

«_____» _____ 20 г.

Автор ВКР

студент группы МиЭт-424

_____ / Плеханов Д.Г. /

«_____» _____ 20 г.

Консультант работы

Начальник сектора отдела № 121

_____ / Баграмов С.С. /

«_____» _____ 20 г.

Руководитель работы

Зав.кафедрой, к.т.н., доцент кафедры

_____ / Голощапов С.С. /

«_____» _____ 20 г.

Нормоконтроль

Старший преподаватель

_____ / Елисеев В.П. /

«_____» _____ 20 г.

Начальник отдела № 121

_____ / Мерзляков С.В. /

«_____» _____ 20 г.

Директор ЦНПП АО «ГРЦ Макеева»

_____ / Усачев Д.В. /

«_____» _____ 20 г.

АННОТАЦИЯ

Плеханов Д. Г. Блок приема цифровых потоков (БПЦП)
– Миасс: ЮУрГУ, Автоматика, 2020г. 133 с., 26 ил.

Библиографический список – 20 наименований, 1 лист
чертежа ф. А4, 2 листа чертежей ф. А3, 24 листов
программного кода ф. А4, 2 листа таблиц ф. А4, 2 листа
схем ф. А3, 2 листа схем ф. А2, 1 лист схемы ф. А1.






В данной выпускной квалификационной работе проводится анализ, существующий телеметрических систем, состоящих из блоков, для выполнения задач телеизмерений при отработке на этапах бросковых испытаний, государственных летных испытаний и эксплуатации малой телеметрии.

Разработана и описана принципиальная электрическая схема блока приема цифровых потоков. Подобран и обоснован выбор используемых компонентов в схеме.

Смоделирована 3D модель платы в среде проектирования Altium Designer, а также смоделирована 3D модель корпуса блока приема цифровых потоков в системе трехмерного проектирования КОМПАС-3D.

Выполнен расчет развязки используемых компонентов, а также произведена расчетная оценка надежности аппаратуры.

Разработано программно-математическое обеспечение, которое обеспечивает работу блока приема цифровых потоков.

27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		15.06.20
Провер.		Голощанов С.С.		15.06.20
Т. Контр.		Базрамов С.С.		15.06.20
Н. Контр.		Елисеев В.П.		15.06.20
Утв.		Голощанов С.С.		15.06.20
Блок приема цифровых потоков				
		Лит.	Лист	Листов
		Д	3	133
ЮУрГУ Кафедра Автоматика				

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ	10
1.1 Техническое задание	10
1.2 Анализ технического задания.....	12
2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ «БАРРАКУДА-М»	15
2.1 Система «Барракуда-М».....	15
2.2 Обзор существующих аналогов.....	19
2.3 Назначение устройства.....	22
3. ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ	25
3.1 Выбор элементной базы для построения БПЦП.....	25
3.2 Выбор микросхемы ПЛИС.....	26
3.3 Выбор DC/DC преобразователя.....	28
3.4 Выбор линейных стабилизаторов	29
3.5 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса RS-485 с гальванической развязкой	30
3.6 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса RS-232.....	31
3.7 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070- 2003 («Манчестер-2»)	32
3.8 Выбор драйвера приемопередатчика «SpaceWire»	33
3.9 Выбор резисторов	34
3.10 Выбор конденсаторов.....	35

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

3.11	Выбор внешнего разъема типа СНП	36
3.12	Выбор разъема для соединения печатных плат	37
3.13	Выбор разъема для программирования	38
4.	РАСЧЕТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ БЛОКА.....	39
4.1	Расчет развязки стабилизатора напряжения	39
4.2	Расчет развязки DC/DC преобразователя.....	40
4.3	Расчет развязки интерфейса ГОСТ Р 52070-2003.....	42
4.4	Расчет развязки приемопередатчика интерфейса SpaceWire	44
4.5	Расчет развязки приемопередатчика RS-232	47
4.6	Расчет развязки приемопередатчика RS-485	49
4.7	Расчет развязки ПЛИС	51
4.8	Расчет потребления тока блока БПЦП	53
4.8.1	Участок 1	54
4.8.2	Участок 2	56
4.8.3	Участок 3	58
4.8.4	Участок 4	60
4.8.5	Участок 5	61
4.8.6	Участок 6	63
4.8.7	Участок 7	65
4.9	Требования по надежности	66
4.10	Расчет показателей надежности БПЦП	67
5.	КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ БЛОКА БПЦП.....	70
5.1	Принципиальная схема блока БПЦП.....	70
5.2	Сборка блока БПЦП	74

6.	ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	79
6.1	Состав программных средств	79
6.2	Состав аппаратных средств для программирования блока БПЦП	80
6.3	Состав и назначение прикладного программного обеспечения для блока БПЦП	81
6.3.1	Программа SpaceWire.....	83
6.3.2	Функция nextCRC32_D80	85
6.3.3	Программа RS_232_1	86
6.3.4	Программа RS_485_1	87
6.3.5	Программа MIL_STD_A.....	88
6.4	Описание работы ПЛИС	90
6.5	Временная диаграмма сигнала	91
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	94
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	95
	ПРИЛОЖЕНИЯ	
	ПРИЛОЖЕНИЕ А — Принципиальная электрическая схема.....	98
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б — Чертеж модульной платы	105
	ПРИЛОЖЕНИЕ В — Чертеж соединительной платы.....	106
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г — Габаритные размеры корпуса БПЦП.....	107
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д— Блок схема алгоритма работы программы	108
	ПРИЛОЖЕНИЕ Е — Текст программы.....	109
	ПРИЛОЖЕНИЕ Ж — Список сокращений и специальных терминов	133

ВВЕДЕНИЕ

Блок приема цифровых потоков (БПЦП) предназначен для работы в составе разрабатываемой радиотелеметрической системы «БАСТИОН», которая обеспечивает выполнение задач телеизмерений на этапах бросковых испытаний (БИ), государственных летных испытаний (ГЛИ) и эксплуатации малой телеметрии (МТ). БПЦП предназначен для приема потоков телеметрической информации по последовательным интерфейсам RS-485, RS-232 и ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»). Принятые цифровые потоки телеметрической информации формируются в логический протокол для передачи на блок формирователя кадров по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire.

В настоящее время в существующей телеметрической системе «Барракуда-М», разработанной в АО «ГРЦ Макеева», имеются блоки БМИ (блока магистрального интерфейса) для приема измерительной информации по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») и БВУ (блока внешних устройств) для приема измерительной информации по интерфейсам RS-485, RS-232. Данные блоки построены на импортных компонентах: ALTERA (США), Analog Devices (США), Microchip Technology (США), Texas Instruments (США).

Использование телеметрической системы «Барракуда-М» в перспективных, новых разработках ракетной техники, ограничено следующим требованием: "Сырье, материалы и комплектующие изделия должны быть только российского производства. Поэтому для АО «ГРЦ Макеева» разработка блоков телеметрической системы «БАСТИОН» на базе электронных компонентов российского производства является актуальной. Актуальность задачи связана с общей стратегией перехода российской экономики на импортозамещение.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

Основная часть схемы блока БПЦП реализована на программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС). Для нормальной работы ПЛИС необходимо наличие конфигурационного ПЗУ, которое содержит копию рабочей схемы. При включении питания информация из конфигурационного ПЗУ переписывается в ПЛИС и происходит запуск работы схемы.

Внутренняя программа (прошивка ПЛИС) написана на языке описания аппаратуры Verilog HDL, который полностью интегрирован в среду разработки Quartus II.

Программно-математическое обеспечение обеспечивает:

- Прием двух потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») в режиме оконечного устройства;
- Приём до четырёх потоков информации RS-485 в режиме UART со скоростью не более 115200 бод;
- Приём до четырёх потоков информации RS-232 в режиме UART со скоростью не более 115200 бод;
- Мультиплексирование входящих потоков и передачу информации по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire.

В процессе разработки блока приема цифровых потоков (БПЦП) были учтены основные тактико-технические требования к изделию:

- Элементная база устройства должна быть реализована на отечественных компонентах;
- Высокая надежность решения поставленной задачи;
- БПЦП имеет защиту от короткого замыкания и гальваническую развязку по питанию;
- Прибор имеет гальваническую развязку по интерфейсам;
- Минимизация габаритов устройства;

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

– Устройство работает при напряжении питания от 20 до 34 В с амплитудой пульсаций не более 2 В.

Таким образом, БПЦП (блок приема цифровых потоков) является значительной частью системы «БАСТИОН», который отвечает за прием цифровых потоков телеметрической информации, формирования пакета данных и отправления полученной информации на блок формирования кадров (ФК).

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

1.1 Техническое задание

1. Блок приема цифровых потоков (БПЦП) предназначен для приема потоков телеметрической информации по последовательным интерфейсам RS-485, RS-232 и ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»). Мультиплексирования входных потоков информации и передачи на блок ФК по внутрисистемному интерфейсу.

2. БПЦП должен обеспечивать:

а) Прием четырех потоков RS-232 со следующими параметрами:

– Структура информации – один старт бит, 8 бит данных, 1 или 2 стоп бита;

– Скорость приема 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600 или 115200 бод.

б) Прием четырех потоков RS-485 со следующими параметрами:

– В режиме совместимости с внутрисистемным протоколом МБРТС «Барракуда»;

– В режиме работы аналогичному портам RS-232.

с) Прием двух потоков ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») в зависимости от внутренней микропрограммы (прошивка ПЛИС) БПЦП должен иметь следующие варианты исполнений:

– Вариант «БПЦП-01» - обеспечивает работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме монитора шины без собственного адреса;

– Вариант «БПЦП-02» - обеспечивает работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме оконечного устройства. В данном режиме «БПЦП-01» должен подключаться к магистральной шине с помощью прибора, содержащего согласующий трансформатор, защитные и согласующий резисторы;

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

– Вариант «БПЦП-03» - обеспечивает работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме контроллера шины.

3. БПЦП должен обеспечивать поддержку обмена информацией с блоком ФК по внутрисистемному интерфейсу (SpaceWire) скорость обмена информацией до 51,84 Мбит/с;

4. Устройство должно иметь гальваническую развязку по интерфейсам;

5. БПЦП должен иметь возможность смены программы измерений с помощью специализированного программно-математического обеспечения (ПМО);

6. БПЦП должен иметь возможность изменения внутренней микропрограммы (прошивка ПЛИС) с помощью технологического ПМО;

7. БПЦП должен работать при напряжении питания от 20 до 34 В;

8. Ток потребления при напряжении 27 В должен быть не более 700 мА;

9. Устройство должно иметь гальваническую развязку по питанию;

10. БПЦП должен иметь защиту от подачи питания обратной полярности;

11. Прием данных осуществляется через внешний разъем типа СНП399;

12. Показатель надежности устройства не менее 0.999;

13. Габаритные размеры устройства не должны превышать 105x90x60 мм;

14. БПЦП должен быть разработан с возможностью исполнения в различных вариантах, отличающихся микропрограммой (прошивкой ПЛИС), для обеспечения различных режимов работы и сопряжения с внешними устройствами с разнообразными по логической организации протоколами.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

1.2 Анализ технического задания

В соответствии с требованиями технического задания, блок БПЦП должен соответствовать следующим требованиям назначения:

1. Обеспечивать прием цифровых потоков, их мультиплексирование для последующей передачи в блок ФК. При этом структура телеметрических потоков должна быть установлена программным путем (перепрограммирование ПЛИС);
2. Обеспечивать формирование напряжения питания следующего типа:
 - Питание драйверов приемопередатчиков интерфейса RS-485 осуществляется от напряжения 5В;
 - Питание драйвера приемопередатчика интерфейса RS-232 осуществляется от напряжения 3.3В;
 - Питание драйвера приемопередатчика манчестерского кода осуществляется от напряжения 3.3В;
 - Питание ядра ПЛИС осуществляется от напряжения 1.25В;
 - Питание периферии ПЛИС осуществляется от напряжения 2.5В;
 - Питание ядра SpaceWire осуществляется от напряжения 1.8В;
 - Питание периферии SpaceWire осуществляется от напряжения 3.3В.
3. Обеспечивать прием информации по двум линиям интерфейса RS-232;
4. Обеспечивать прием информации по шести линиям интерфейса RS-485;
5. Обеспечить прием информации по двум линиям интерфейса «Манчестер-2»;
6. БПЦП должно иметь встроенные вторичные источники питания с гальванической развязкой и стабилизаторы напряжения для преобразования напряжения от 20 до 34В в необходимое напряжение (1.25, 1.8, 2.5, 3.3, 5 В). Конкретные типы микросхем вторичного источника питания и стабилизатора напряжения будут определены ниже;

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

7. БПЦП должен иметь встроенный драйвер интерфейса RS-232, выходы которого должны быть подключены к соответствующим портам ПЛИС. Интерфейс информационного обмена RS-232 должен быть реализован с помощью программного обеспечения ПЛИС. Конкретный тип микросхемы драйвера интерфейса RS-232 будет определен ниже;

8. БПЦП должен иметь встроенные четыре микросхемы драйверов преобразователя интерфейса RS-422 в RS-485, а также четыре микросхемы драйверов приемопередатчика RS-485 с гальванической развязкой, выходы которых должны быть подключены к соответствующим портам ПЛИС. Интерфейс информационного обмена RS-485 должен быть реализован с помощью программного обеспечения ПЛИС. Конкретный тип микросхем драйверов интерфейса RS-485, тип микроконтроллеров и их количество будет определен ниже.

9. БПЦП должен иметь встроенный драйвер интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»), выходы которого должны быть подключены к соответствующим портам ПЛИС. Интерфейс информационного обмена ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») должен быть реализован в зависимости от внутренней микропрограммы (прошивки ПЛИС) должен иметь один из следующих вариантов исполнения:

- Обеспечивать работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме монитора шины без собственного адреса;
- Обеспечивать работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме оконечного устройства;
- Обеспечивать работу по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 в режиме контроллера шины.

Конкретный тип микросхем драйверов интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»), тип микроконтроллера и их количество будет определен ниже.

10. Вся принимаемая информация должна обрабатываться при помощи ПЛИС. БПЦП должен иметь размещение в нем микросхемы ПЛИС.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Информационный обмен с источниками информации и блоком ФК реализуется с помощью программного обеспечения ПЛИС. Конкретный тип микросхемы ПЛИС будет определен ниже.

Таким образом, для построения блока БПЦП необходима следующая элементная база:

– Микросхема ПЛИС, содержащая достаточное количество вентилях реализует прием цифровых потоков телеметрической информации по последовательным интерфейсам RS-485, RS-232 и ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») а также передачу потока информации по внутрисистемному интерфейсу на блок ФК;

– Микросхемы драйверов интерфейса RS-485;

– Микросхема драйвера интерфейса RS-232;

– Микросхема драйвера интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);

– Микросхема приемопередатчика SpaceWire;

– Линейные стабилизаторы;

– Вторичные источники питания.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЙ «БАРРАКУДА-М»

2.1 Система «Барракуда-М»

«Барракуда-М» — телеметрическая система, состоящая из блоков, используется для выполнения задач телеизмерений при отработке ракет на этапах наземной отработки, бросковых испытаний, государственных летных испытаний и эксплуатации малой телеметрии изделий. [2]

Система «Барракуда-М» состоит из следующих блоков:

- Блок аналогового сбора (БАС);
- Блок дискретного сбора (БДС);
- Блок виброизмерений (БВИ);
- Блок внешних устройств (БВУ);
- Блок питания датчиков (БПД);
- Блок магистрального интерфейса (БМИ);
- Формирователь кадров (ФК);
- Формирователь видеокода (ФВК);
- Радиопередающее устройство (РПУ);
- Блок сбора сигналов (БСС);
- Блок записи спасаемый (БЗС).

Блок дискретного сбора канальный (БАС) осуществляет программно-управляемый сбор сигналов с аналоговых датчиков в шкале 0...6,2 В, преобразования их в цифровой вид и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS в формирователь кадров (ФК).

Блок аналогового сбора (БДС) осуществляет программно-управляемый сбор сигналов с дискретных датчиков и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS в формирователь кадров (ФК).

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Блок виброизмерений (БВИ) предназначен для преобразования сигналов с пьезоэлектрических датчиков, усиления, их преобразования в цифровой вид и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS в формирователь кадров (ФК).

Блок внешних устройств (БВУ) предназначен для приема потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу RS-485, RS-232. Мультиплексирования входных потоков информации и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS в формирователь кадров (ФК).

Блок питания датчиков (БПД) формирует 16 независимых гальванически развязанных источников напряжения плюс 6,2 В, для питания датчиков. По каждому источнику напряжения обеспечивается ток не более 75 мА.

Блок магистрального интерфейса (БМИ) предназначен для приема двух потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») в режиме оконечного устройства (ОУ). Мультиплексирования входных потоков информации и передачи по внутрисистемному интерфейсу STS в формирователь кадров (ФК).

Формирователь кадров (ФК) определяет общую информативность системы, собирает данные со всех приборов по внутрисистемному интерфейсу STS, из поступающего потока телеметрической информации формирует кадры и субкадры, осуществляет запись телеметрической информации во внутреннее запоминающее устройство и последующее ее воспроизведение в соответствии с программой измерений.

Формирователь видеокода (ФВК) осуществляет прием информационного потока от блока ФК по интерфейсу RS-485, а сформированный видеокод передает на радиопередающее устройство (РПУ).

Радиопередающее устройство (РПУ) предназначено для передачи телеметрической информации с борта ракеты на наземные приемо-регистрирующие станции.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

Блок сбора сигналов (БСС) осуществляет прием телеметрической информации, поступающей по внутрисистемному интерфейсу STS от нескольких блоков ФК, мультиплексирования и выдачи группового телеметрического сигнала по внутрисистемному интерфейсу STS для последующей записи в блок записи спасаемый (БЗС).

Блок записи спасаемый (БЗС) предназначен для регистрации, хранения телеметрической информации, поступающей по высокоскоростному интерфейсу STS от БСС и последующего ее воспроизведения после «спасения» блока.

Режим работы системы и каждого блока в отдельности программируется под конкретные задачи измерений, например, такие как: количество измерительных каналов, их вид, индивидуальная частота опроса, точность преобразования, циклограмма работы программно-временных устройств, аналоговый/цифровой вид передачи параметров, количество задействованных радиолиний и т.д.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		17

На рисунке. 1 представлена структурная схема телеметрической системы «Барракуда-М».

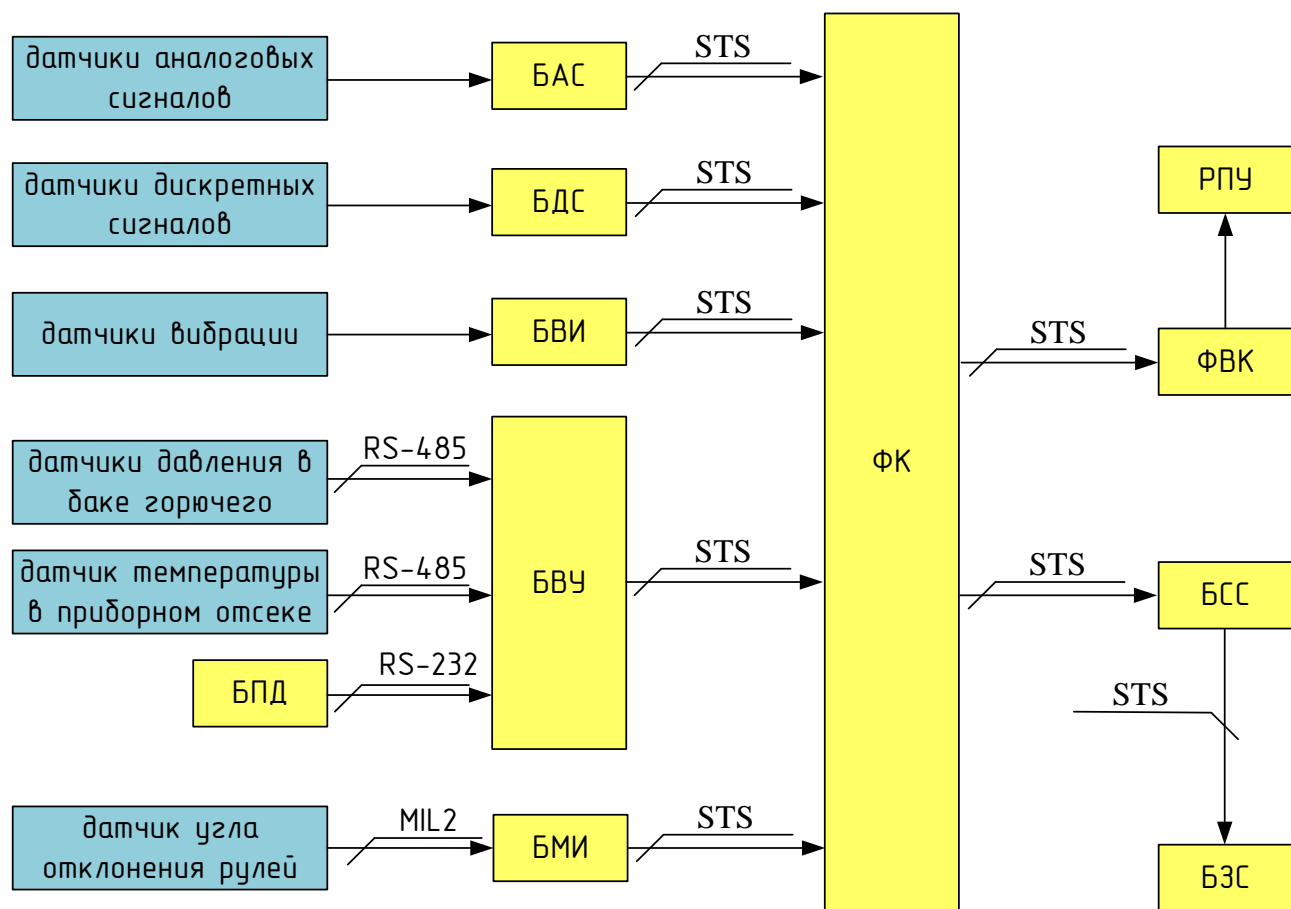


Рисунок 1 — Структурная схема телеметрической системы «Барракуда-М»

2.2 Обзор существующих аналогов

В настоящее время на территории Российской Федерации существует несколько предприятий разрабатывающие и изготавливающие телеметрические системы для отработки и испытаний ракетно-космической техники:

1) Акционерное общество «Научно-производственное объединение измерительной техники» (АО НПО ИТ), г. Королев.

АО НПО ИТ серийно выпускает телеметрические системы «СКУТ», «ПИРИТ» для обеспечения телеметрических измерений на военных и космических ракетах. По теме "Зарядье" АО НПО ИТ разработало пять телеметрических блоков, построенных с использованием отечественной элементной базы. [3]

- БФТК – блок формирования телеметрического кадра;
- БЛК – блок локального коммутатора;
- БПР – блок преобразователей;
- БЗУ – блок запоминающего устройства;
- БСУ-Ц – блок согласующего устройства.

Из перечисленных блоков прием цифровых потоков по интерфейсу RS-485 осуществляет блок БФТК, по интерфейсу "Манчестер" блок БСУ-Ц.

2) Акционерное общество «Особое конструкторское бюро московского энергетического института» (АО «ОКБ МЭИ»), г. Москва.

АО «ОКБ МЭИ» выпускает бортовую малогабаритную систему «Орбита-V» для обеспечения телеметрических измерений при обработке и эксплуатации ракетной, космической и авиационной техники. Система «Орбита-V» осуществляет сбор, преобразование телеметрических данных на борту изделия и передачи их по радиоканалам на наземные средства приема и обработки информации. [4]

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

В данной системе прием цифровых потоков по интерфейсу RS-485 осуществляет блок СРН2, по интерфейсу "Манчестер" блок МКЦ.

3) АО ГРЦ «Макеева» для отработки ракет собственной разработки разработало и изготавливает телеметрическую систему «Барракуда-М» состоящую из блоков, для выполнения задач телеизмерений при отработке на этапах бросковых испытаний (БИ), государственных летных испытаний (ГЛИ) и эксплуатации малой телеметрии (МТ) изделий.

В данной системе прием цифровых потоков по интерфейсу RS-485 осуществляет блок внешних устройств БВУ, по интерфейсу «Манчестер» блок магистрального интерфейса БМИ.

В таблице 1 приведено сравнение трех систем по заданному техническому заданию, где символом ✓ указано соответствие требованиям настоящего технического задания (ТЗ), а ✗ не соответствие требованиям ТЗ.

Таблица 1 – Сравнение телеметрических систем

Показатели	«Барракуда-М» ГРЦ		«Орбита-V» ОКБ МЭИ		«Зарядье» НПО ИТ	
Принимаемые интерфейсы	«Манчестер-2», RS-232, RS-485	✓	«Манчестер-2», RS-232, RS-485	✓	«Манчестер-2», RS-232, RS-485	✓
Интерфейс передачи данных	STS	✗	Интерфейс МПИ	✗	RS-485	✗
Напряжение питания	24-35 В	✓	24-36 В	✓	24-36 В	✓
Управляющее звено	ПЛИС	✓	Микроконтроллер	✗	ПЛИС	✓
Элементная база	Импорт	✗	Импорт	✗	Отечественная	✓

Продолжение таблицы 1

Показатели	«Барракуда-М» ГРЦ		«Орбита-V» ОКБ МЭИ		«Зарядье» НПО ИТ	
Кол-во блоков	2	X	2	X	2	X

Выбранные системы схожи по структуре и работе, но полностью не соответствуют требованиям ТЗ. С целью устранения недостатков вышеприведенных аналогов выполнена разработка блока БПЦП.

2.3 Назначение устройства

Блок приема цифровых потоков (БПЦП) предназначен для работы в составе разрабатываемой радиотелеметрической системы «БАСТИОН». Блок БПЦП разработан на отечественной элементной базе.

БПЦП предназначен для приема потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу RS-485, RS-232 и ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»). Прием двух потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») осуществлен в режиме оконечного устройства (ОУ). Прием до четырех потоков информации RS-485 и RS-232 осуществлен в режиме UART со скоростью не более 115200 бод. Принятые функциональные параметры (углы отклонения рулей, давление в баке горючего, температура в приборном отсеке и другие) формируются в логический протокол. Полученные сигналы обрабатываются в программируемой логической интегральной схеме (ПЛИС). После обработки сигнал отправляется по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire на ФК.

БПЦП представляет собой устройство, оснащенное:

- Программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС);
- ПЗУ для ПЛИС;
- DC/DC преобразователями;
- Стабилизаторами напряжения;
- Приемопередатчиками интерфейса RS-485 с гальванической развязкой;
- Приемопередатчиком интерфейса RS-232;
- Приемопередатчиком манчестерского кода;
- Приемопередатчиком SpaceWire;
- Трансформаторами для гальванической развязки манчестерского кода и SpaceWire.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

В таблице 2 приведены основные характеристики БПЦП.

Таблица 2 – Характеристики БПЦП

Показатели	Значения
Напряжение питания	от 24 до 35 В
Гальваническая развязка питания	есть
Стабилизация напряжения	1.25 В, 1.8 В, 2.5 В, 3.3 В
Интерфейс передачи данных	SpaceWire
Скорость передачи	200 Мбит/сек
Интерфейсы приема данных	ГОСТ Р 52070-2003 RS-232, RS-485
Скорость приема по UART	115200 бод
Режим работы ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»)	в режиме окончного устройства
Гальваническая развязка интерфейсов	есть
Защита от короткого замыкания	есть
Программируемый разъем	есть
Количество выводов у программируемого разъема	6
Количество выводов на входном разъеме	74
Управляющее звено	ПЛИС
Размер ПЗУ	8 Мбит
Элементная база	отечественная
Количество блоков	1
Габариты устройства	100x97x62

На рисунке. 2 схематически изображено применение блока БПЦП в телеметрической системе «БАСТИОН».

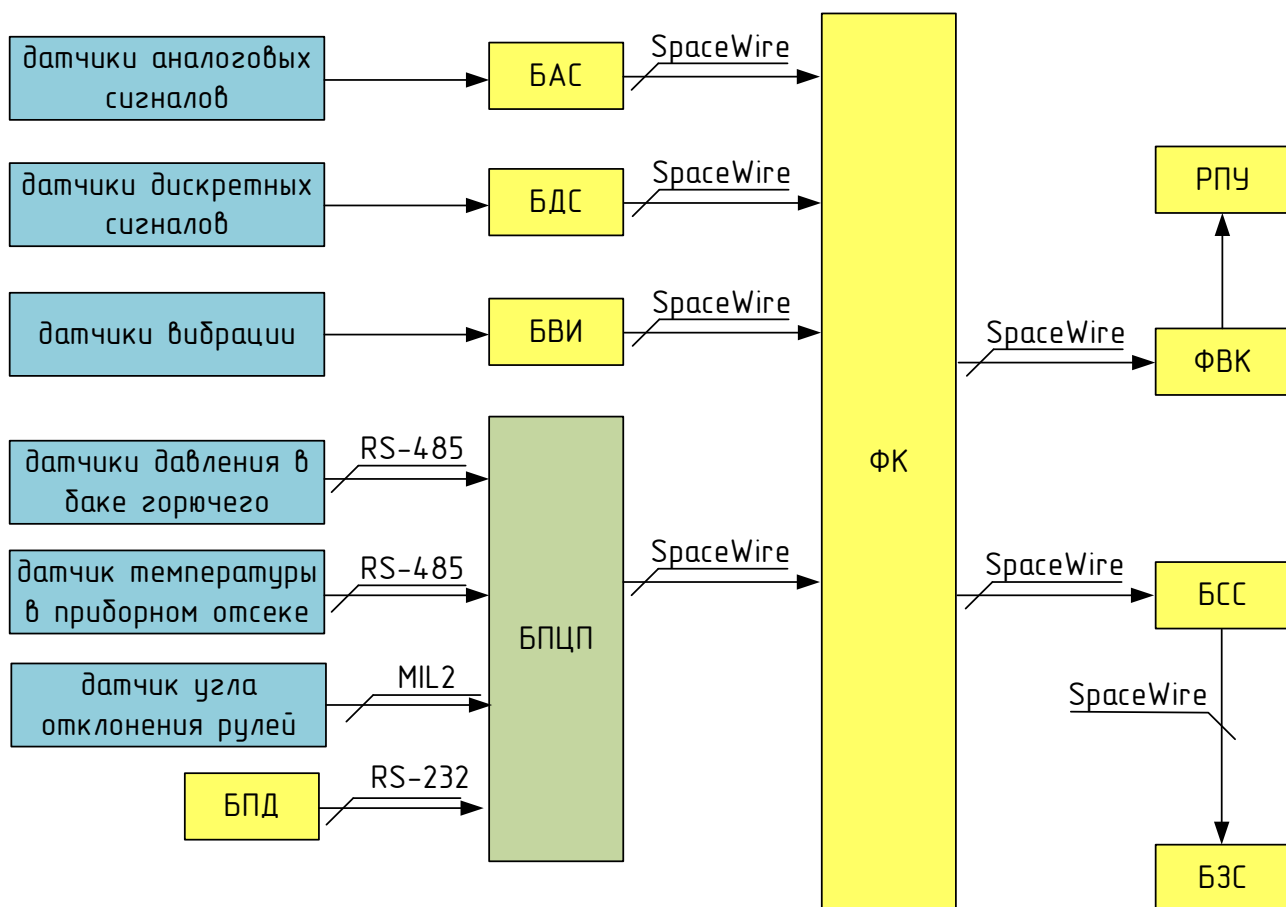


Рисунок 2 — Блок БПЦП в телеметрической системе «БАСТИОН»

3. ОПИСАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ВЫБРАННОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

3.1 Выбор элементной базы для построения БПЦП

В соответствии с проведенными выше анализом требований назначения БПЦП, для их построения необходима следующая элементная база отечественного производства:

- Микросхема ПЛИС;
- Микросхема ПЗУ;
- Микросхема DC/DC преобразователя;
- Микросхемы линейных стабилизаторов;
- Микросхема драйвера приемопередатчика с гальванической развязкой интерфейса RS-485;
- Микросхема драйвера приемопередатчика RS-232;
- Микросхема драйвера приемопередатчика манчестерского кода;
- Микросхема драйвера приемопередатчика «SpaceWire»;
- Кварцевый генератор;
- Кварцевый резонатор;
- Резисторы;
- Конденсаторы;
- Внешний разъем;
- Разъем для программирования.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

3.2 Выбор микросхемы ПЛИС

На территории Российской Федерации выпускают ПЛИС серийно предприятия ОАО «ВЗПП-С» и ОАО «КТЦ «Электроника», г. Воронеж. Типы выпускаемых данными предприятиями ПЛИС и их основные технические характеристики представлены в таблице 3. [5]

Из представленных в таблице 3 параметров отечественного ПЛИС следует, что большинство ПЛИС значительно уступают характеристиками импортным аналогам как по емкости, так и по габаритам. Но есть микросхемы 5578ТС084 и 5578ТС094, которые ближе всего по характеристикам к импортной ПЛИС Altera Cyclone 3. Для реализации функций формирователя телеметрического кадра необходима микросхема ПЛИС, содержащая не менее 500 тысяч логических вентилях. Для формирования, хранения и отправки групп телеметрического кадра блока БПЦП требуется 163840 бит памяти (10 буферов*2048 слов*8 бит).

Из представленных в таблице 3 параметров отечественных ПЛИС, для применения в блоке БПЦП предпочтение можно отдать микросхеме 5578ТС084, так как характеристики микросхем 5576ХС1Т, 5576ХС4Т, 5576ХС6Т, 5576ХС7Т, 5578ТС024, 5578ТС024 не соответствуют предъявляемым требованиям, а микросхема 5578ТС094 избыточна.

Для работы с микросхемой 5578ТС084 необходима также микросхема загрузочного ПЗУ 5578РТ025 производства АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА», г. Воронеж. [6]

ПЗУ 5578РТ025 — загрузочное ПЗУ с электрическим перепрограммированием, последовательным интерфейсом для конфигурирования ПЛИС 5578ТС084. Основные характеристики микросхемы:

- Емкость 8 Мбит;
- Интерфейс JTAG - IEEE Std. 1149.1;

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

- Потребление тока в режиме хранения, ICCS, не более 1мА.

Данная микросхема предназначена для использования в качестве загрузочного ПЗУ для ПЛИС 5578ТС084 и 5578ТС094.

Так же для выполнения работы ПЛИС 5578ТС084 необходим кварцевый генератор ГК326-С с частотой 50 МГц, выпускаемый предприятием АО «Завод «Метеор», г. Волжский.

Таблица 3 – Характеристики отечественных ПЛИС

Наименование ПЛИС	Кол-во вентиляей	Кол-во логических элементов	Объем встроенной памяти, бит	Кол-во линий ввода-вывода	Тип корпуса (размеры)
5576XC1T	50 тыс.	2880	20480	176	4245.240-6 (40x40x5мм)
5576XC4T	200 тыс.	9984	98304	171	4244.256-3 (46x46x5мм)
5576XC6T	50 тыс.	2880	40960	183	4245.240-6 (40x40x5мм)
5576XC7T	30 тыс.	1728	24576	216	4244.256-3 (46x46x5мм)
5578ТС024	500 тыс.	7200	36864	172	4244.256-3 (46x46x5мм)
5578ТС024	100 тыс.	4992	48000	212	4251.304-2 (53x53x5мм)
5578ТС084	800 тыс.	15 408	504000	84	4248.144-1 (33x33x5мм)
5578ТС094	1200 тыс.	24 624	594000	195	4251.304-2 (53x53x5мм)

3.3 Выбор DC/DC преобразователя

На территории Российской Федерации выпускает трехканальные DC/DC преобразователи с гальванической развязкой предприятие ООО «АЭИЭП», г. Москва. [7] В таблице 4 приведены виды и характеристики DC/DC преобразователей, выпускаемых данным предприятием. [8]

Таблица 4 — Характеристики трехканальных DC/DC преобразователей

Наименование	Входное напряжение	Выходное напряжение	Номинальный выходной ток	Тип корпуса (размеры)
МДМ7,5-3А051212МУП	От 10,5 до 15 В	5 В / 12 В / 12 В	0,75 А / 0,15 А / 0,15 А	МДМ7,5-2П (40 х30х 10 мм)
МДМ7,5-3А051515МП	От 10,5 до 15 В	5 В / 15 В / 15 В	0,75 А / 0,12 А / 0,12 А	МДМ7,5-2П (40 х30х 10 мм)
МДМ7,5-3В051212МУП	От 17 до 36 В	5 В / 12 В / 12 В	0,75 А / 0,15 А / 0,15 А	МДМ7,5-2П (40 х30х 10 мм)
МДМ7,5-3В051515МП	От 17 до 36 В	5 В / 15 В / 15 В	0,75 А / 0,12 А / 0,12 А	МДМ7,5-2П (40 х30х 10 мм)

Блок БПЦП должен обеспечивать защиту от перегрузки и напряжения. Иметь гальваническую развязку и малогабаритные размеры. DC/DC преобразователь питается от 27В и должен иметь номинальный выходной ток не менее 0,15.

Целесообразно применять в качестве DC/DC преобразователя микросхему МДМ7,5-3В051212МУП, так как она имеет гальваническую развязку, защиту от перегрузки и перенапряжения и питается от 27 В.

3.4 Выбор линейных стабилизаторов

На территории Российской Федерации линейные стабилизаторы серийно выпускает ОАО «ВЗПП-С», г. Воронеж. В таблице 5 приведены технические характеристики линейных стабилизаторов, выпускаемых данным предприятием. [9]

Таблица 5 — Характеристики линейных стабилизаторов

Наименование	$U_{\text{вых}}, \text{В}$	$I_{\text{вых}}, \text{А}$	$U_{\text{ref}}, \text{В}$	$I_{\text{ref}}, \text{мкА}$	Тип корпуса
1335ЕН1П	1.25	от 0 до 5.0	1.2	100	КТ-28А-2.02
1335ЕН1.8П	1.8	от 0 до 5.0	1.2	100	КТ-28А-2.02
1335ЕН2.5П	2.5	от 0 до 5.0	1.2	100	КТ-28А-2.02
1335ЕН3.3П	3.3	от 0 до 5.0	1.2	100	КТ-28А-2.02

Для питания элементной базы блока БПЦП требуются напряжения 1.25, 1.8, 2.5 и 3.3 В. Их можно получить из напряжения 12 В с помощью линейных стабилизаторов. Основным критерием при выборе является выходной ток и тип корпуса. По руководству пользования ПЛИС, SpaceWire и приемопередатчика RS-485, выходной ток должен быть не менее 1А. Корпус должен быть для поверхностного монтажа.

Предъявляемым требованиям соответствуют линейные стабилизаторы 1335ЕН1П, 1335ЕН1.8П, 1335ЕН2.5П, 1335ЕН3.3П, так как выходное напряжение равно 1.25, 1.8, 2.5 и 3.3 В, а напряжение питания 12 В.

3.5 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса RS-485 с гальванической развязкой

На территории Российской Федерации выпускает драйвер приемопередатчика интерфейса RS-485 с гальванической развязкой предприятие АО «ПКК Миландр», г. Зеленоград. [10]

Основные характеристики приемопередатчика K2011BV024:

- Напряжение питания $5 \pm 10\%$ В;
- Скорость передачи битов данных, не более 25 Мбит/с;
- Количество выводов на микросхеме: 20;
- Пороговое напряжение, от минус 200 до минус 50 мВ;
- Выходное напряжение передатчика RS-485 от 1,5 до 4,5 В;
- Ток потребления в динамическом режиме, не более 170 мА;
- Ток потребления в состоянии пониженного энергопотребления не более 560 мкА;
- Тип корпуса металлокерамический 4140.20-1;
- Температурный диапазон: -60 до +85 °С.

Скорость приема на приемопередатчик интерфейса RS-485 с гальванической развязкой с преобразователя интерфейса RS-422 в RS-485 будет осуществляться приблизительно 0,1Мбит/с ($115200 \text{ бод} * 8 * 10^{-7} = 0.09216 \text{ Мбит/с}$). Данный драйвер выполняет поставленные условия.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		30

3.6 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса RS-232

В таблице 6 представлены технические характеристики драйверов приемопередатчика интерфейса RS-232, выпускаемые, предприятиями АО «ПКК Миландр», г. Зеленоград [11] и ОАО «Интеграл» Беларусь, г. Минск. [12]

Таблица 6 — Характеристики драйвера приемопередатчика интерфейса RS-232

Наименование	Производитель	Максимальная скорость передачи данных, Мбит/с	Кол-во каналов	Напряжение питания, В	Тип корпуса (размеры)
5559ИН4У	АО "ПКК Миландр"	0.1	3-прием 5-передат	от 3 до 5.5	Н09.28-1В (9.4x9.4x3мм)
ILX3221N	ОАО "Интеграл"	0.1	1-прием 1-передат	от 3 до 6	402.16-32 (11.5x9.3x 2.7 мм)
ILX232N	ОАО "Интеграл"	0.25	2-прием 2-передат	от 3 до 6	402.16-32 (11.5x9.3x 2.7 мм)
ILX208DW	ОАО "Интеграл"	0.25	4-прием 4-передат	от 3 до 6	4322.24-В (11.5x9.3x 2.7 мм)

В блок БПЦП поступают данные от блока БПД. Скорость приема будет осуществляться приблизительно 0,1Мбит/с ($115200 \text{ бод} * 8 * 10^{-7} = 0.09216 \text{ Мбит/с}$). Количество каналов необходимо 4.

Целесообразно применять в качестве драйверов RS-232 микросхему ILX208DW, так как она имеет максимальную скорость передачи данных и имеет 4 передатчика и 4 приемника. [13]

3.7 Выбор драйвера приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»)

В таблице 7 представлены технические характеристики драйвера приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»), выпускаемые, предприятиями ЗАО НТЦ «Модуль», [14] г. Москва и ОАО «Интеграл» Беларусь, г. Минск. [15]

Таблица 7 — Характеристики приемопередатчиков

Наименование	Производитель	Кол-во каналов	Напряжение питания, В	Тип корпуса (размеры)
БИС ППУ-02	ЗАО НТЦ «Модуль»	2-прием 2-передача	5	Н14.42-2В (11.5x9.3x 2.7 мм)
5559ИН74Т	ОАО «Интеграл»	2-прием 2-передача	3.3	4153.20-6 (9.4x9.4x3мм)

В блок БПЦП поступает информация с датчиков угла отклонения рулей. Количество каналов 2.

Оба драйвера соответствуют требованию, но целесообразно использовать 5559ИН74Т, так как он имеет наименьшие габаритные размеры.

Для подключения 5559ИН74Т необходим трансформатор ТИЛ6В производства ПАО «Мстатор», г. Боровичи. Данный трансформатор предназначен для гальванической развязки и согласования абонентов с мультиплексным каналом информационного обмена манчестерского кода. Основные характеристики трансформатора:

- Отношение выводов: 1-4:8-5;
- Индуктивность первичной обмотки: не менее 6 мГн;
- Индуктивность рассеяния: не более 6 мкГн;
- Сопротивление обмотки постоянному току выводы 1 – 4 выводы 8 – 5: не более 1,0 не более 3,5 Ом;
- Размер трансформатора: 12x12x6.5.

3.8 Выбор драйвера приемопередатчика «SpaceWire»

На территории Российской Федерации выпускает драйвер приемопередатчика интерфейса SpaceWire предприятие АО НПЦ «Элвис», г. Зеленоград. [16]

Основные характеристики приемопередатчика «SpaceWire» 1892ХД5Т:

- Напряжение питания: 1.8, 3.3В;
- 2 канала SpaceWire;
- Скорость от 2 до 300 Мбит/с;
- Аппаратное детектирование ошибки связи;
- Имеет радиостойкость свыше 300 кад;
- Стойкость к воздействию тяжелых заряженных частиц;
- Температурный диапазон от -60 до +85°С;
- Размер корпуса 35,5 x 35,5 мм.

Данный драйвер выполняет задачи поставленных условий.

Для подключения драйвера 1892ХД5Т необходим трансформатор ТрС-ЛС5. Данный трансформатор предназначен для гальванической развязки в локальных сетях SpaceWire. Основные характеристики трансформатора ТрС-ЛС5:

- Индуктивность обмоток трансформаторов на частоте 100 кГц при токе подмагничивания 8 мА, мкГн: не менее 300;
- Сопротивление обмоток постоянному току: 1-1.5 Ом;
- Габаритные размеры устройства: 21x14x6;
- Интервал рабочих температур: -60 до +85°С.

Для работы драйвера приемопередатчика 1892ХД5Т необходим кварцевый резонатор РК597 с частотой 50 МГц, выпускаемый предприятием АО «Завод «Метеор», г. Волжский.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

3.9 Выбор резисторов

На территории Российской Федерации выпускает «чип»-резисторы предприятие АО «НПО» ЭРКОН», г. Нижний Новгород. Резистор P1-12 предназначенные для работы в электрических цепях переменного и постоянного токов и в импульсном режиме для ручного и автоматизированного монтажа на поверхность печатных плат. [17]

Основные характеристики "чип"-резистора P1-12:

- Диапазон сопротивлений: $0.15 \div 2.7 \times 10^7$ Ом;
- Гарантированная стабильность в течение 1000 ч. при $P=P_{\text{номин.}}$ и $T=85$ °С: не более ± 3 %;
- Диапазон рабочих температур: -60 до +155 °С;
- Теплостойкость при пайке: 260 °С в течение $1 \div 10$ с;
- Допустимая влажность воздуха: 98 % при 35 °С;
- Допускаемое отклонение от номинального сопротивления: $\pm 0.5, \pm 1, \pm 2, \pm 5, \pm 10\%$;
- Максимальное рабочее напряжение: 50 В;
- Минимальный срок хранения: 25 лет;
- Минимальная наработка: 25 000 час;
- Уровень шумов: 1; 10; 30 мкВ/В;
- Габаритные размеры: 3.3x1.6x0.6;
- Корпус резистора: 1206;
- Категория качества: «ВП»;
- Название резистора: P1-12.

Для реализации данного устройства необходимы резисторы номиналом от 100 Ом до 10 КОм с входным напряжением 27 В.

Данный «чип»-резистор выполняет требованиям поставленных условий.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

3.10 Выбор конденсаторов

На территории Российской Федерации выпускает чип-конденсаторы предприятие ООО «Кулон», г. Санкт-Петербург. Керамический «чип»-конденсатор К10-17в предназначен для работы в цепях переменного и постоянного тока и в импульсных режимах. [18]

Изготавливают в трех исполнениях:

- С гальваническим покрытием с подслоем никеля;
- Луженые;
- Нелуженые.

Основные характеристики чип-конденсатора К10-17в:

- Диапазон емкостей: 0.47 пф до 3.3 мкф;
- Напряжение питания: 50 В;
- Допустимое отклонение емкости: $\pm 5\%$; $\pm 10\%$;
- Рабочая температура: от -60 до $+125$ °С;
- Допустимая влажность воздуха: 98 % при 35 °С;
- Минимальный срок хранения: 25 лет;
- Габаритные размеры: 3.2x1.8x1.3;
- Категория качества: «ВП»;
- Корпус конденсатора: 1206;
- Название конденсатора: К10-17в.

Для реализации данного устройства необходимы конденсаторы номиналом от 0.5 пф до 0.1 мкф с входным напряжением 27 В.

Данный «чип»-конденсатор К10-17в. выполняет требованиям поставленных условий.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

3.11 Выбор внешнего разъема типа СНП

По условию технического задания необходимо использовать разъем типа СНП339. На территории Российской Федерации выпускает соединители электрические низкочастотные прямоугольные миниатюрные типа СНП339 завод ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»», г. Каменск-Уральский. Данный разъем предназначен для работы в электрических цепях переменного, постоянного и импульсного тока при напряжении до 150 В и силе тока на контакт до 1 А. В таблице 8 представлены технические характеристики разъемов СНП339. [19]

Таблица 8 — Характеристики разъемов СНП339

Наименование	Производитель	Кол-во выводов	Размеры корпуса
СНП339-21	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	21	38.5x21.5x8 мм
СНП339-42РП11-1Б	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	42	38.5x21.5x8 мм
СНП339-52	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	52	47x21.5x8 мм
СНП339-54	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	54	47x21.5x8 мм
СНП339-76	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	76	61.2x21.5x8.8 мм

Для реализации данного устройства необходим разъем с количеством выводов не меньше 42. Целесообразно применять в качестве разъема СНП339-42РП11-1Б, так как количество выводов соответствует требованию технического задания.

3.12 Выбор разъема для соединения печатных плат

Для выполнения требования ТЗ необходимо сделать модульную сборку печатных плат. Чтобы соединить печатные платы между собой необходим соединитель электрический низкочастотный прямоугольный имеющий малые массогабаритные размеры. Наиболее подходящим вариантом соединителя является РПС1-М выпускаемый заводом ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть», г. Каменск-Уральский. В таблице 9 представлены технические характеристики разъемов РПС1-М.

Таблица 9 — Характеристики разъемов РПС1-М

Наименование	Производитель	Кол-во выводов	Размеры корпуса
РПС1-М-7Ш (розетка) РПС1-М-7Г (вилка)	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	7	13.5x4x10.4 мм
РПС1-М-15Ш (розетка) РПС1-М-15Г (вилка)	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	15	24x4x10.4 мм
РПС1-М-21Ш (розетка) РПС1-М-21Г (вилка)	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	21	31.5x4x10.4 мм
РПС1-М-37Ш (розетка) РПС1-М-37Г (вилка)	ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»	37	31.5x4x10.4 мм

Для реализации данного устройства необходим разъем с количеством выводов не меньше 37. Целесообразно применять в качестве разъема РПС1-М-37Ш (вилка) и РПС1-М-37Г (розетка), так как количество выводов соответствует требованию технического задания.

3.13 Выбор разъема для программирования

По условию технического задания необходимо использовать разъем типа СНП394. На территории Российской Федерации выпускает соединители электрические низкочастотные прямоугольные миниатюрные типа СНП394 завод АО «Карачевский завод «Электродеталь», г. Карачев. Данный разъем предназначен для работы в электрических цепях переменного, импульсного и постоянного тока при напряжении до 400 В и силе тока на контакт до 2 А. В таблице 10 представлены технические характеристики разъемов СНП394. [20]

Таблица 10 — Характеристики разъемов СНП394

Наименование	Производитель	Кол-во выводов	Размеры корпуса
394-6ВП21(3)-1	АО «Карачевский завод «Электродеталь»	6	12.7x7.2x19 мм
394-8ВП21(3)-1	АО «Карачевский завод «Электродеталь»	8	17.7x7.2x24.1 мм
СНП394-14ВП21(3)-2	АО «Карачевский завод «Электродеталь»	14	15.2x9.8x20.5 мм
СНП394-20ВП21(3)-2	АО «Карачевский завод «Электродеталь»	20	22.8x9.8x28.1 мм

Для реализации данного устройства необходим разъем СНП394 с 6 выводами, допускающий входное напряжение 27 В и ток 1 А.

Целесообразно применять в качестве разъема 394-6ВП21(3)-1, так как количество выводов соответствует требованию технического задания.

4. РАСЧЕТЫ, ПОДТВЕРЖДАЮЩИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ И НАДЕЖНОСТЬ БЛОКА

4.1 Расчет развязки стабилизатора напряжения

На рисунке 3 приведена типовая схема подключения нерегулируемого стабилизатора напряжения 1335ЕН1П.

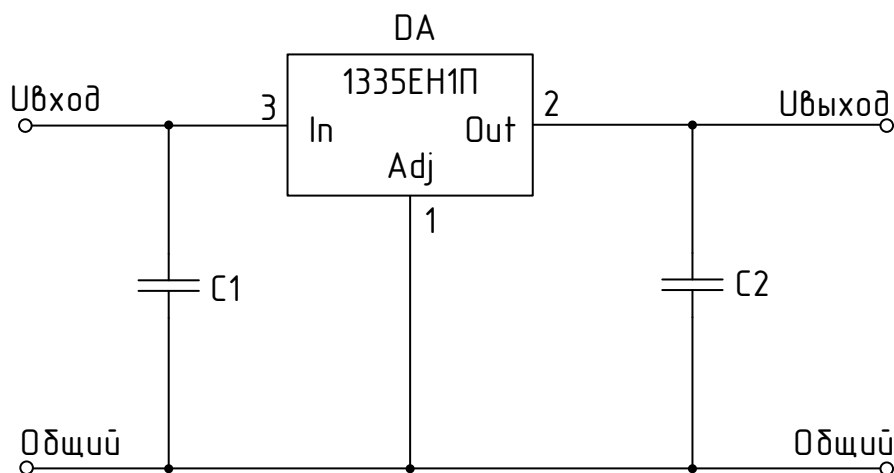


Рисунок 3 — Схема подключения нерегулируемого стабилизатора напряжения

Назначение выводов нерегулируемого стабилизатора напряжения приведены в таблице 11.

Таблица 9 — Назначение выводов нерегулируемого стабилизатора 1335ЕН1П

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	Adj	Регулировка
2	Out	Выход
3	In	Вход

Для правильной и стабильной работы стабилизатора необходимы конденсаторы C_1 и C_2 . Конденсаторы должны располагаться как можно ближе к микросхеме, чтобы обеспечить правильную работу стабилизатора. Размер емкостей рекомендуется использовать $C_1 = 0.1$ мкф и $C_2 = 1$ мкф.

Все конденсаторы подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

4.2 Расчет развязки DC/DC преобразователя

На рисунке 4 приведена типовая схема подключения DC/DC преобразователя МДМ7,5-3В051212МУП.

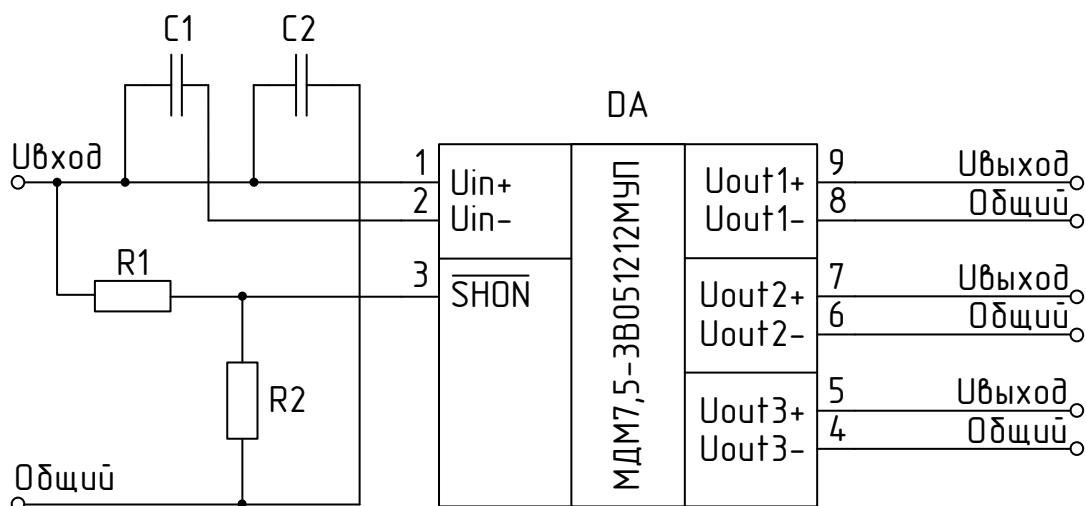


Рисунок 4 — Схема подключения DC/DC преобразователя

Назначение выводов DC/DC преобразователя приведены в таблице 12.

Таблица 10 — Назначение выводов DC/DC преобразователя

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	Uin+	Вход «+»
2	Uin-	Вход «-»
3	\overline{SHON}	Включение
4	Uout1+	Выход 1 «+»
5	Uout1-	Выход 1 «-»
6	Uout2+	Выход 2 «+»
7	Uout2-	Выход 2 «-»
8	Uout3+	Выход 3 «+»
9	Uout3-	Выход 3 «-»

Для включения DC/DC преобразователя необходимо подать напряжение от 1.2 до 8 В на вывод SHON. Включение осуществляется с помощью резистивного делителя напряжения. Так как через все сопротивления проходит один и тот же ток, то падения напряжения на сопротивлениях прямо пропорционально величинам этих сопротивлений.

Формула вычисления выходного напряжения с делителя:

$$U_{out} = U_{in} \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right), \quad (1)$$

где из формулы (1):

U_{out} — выходное напряжение;

U_{in} — входное напряжение;

R_1, R_2 — сопротивление.

Из формулы (1) выразим R_2 :

$$R_2 = R_1 \times \left(\frac{U_{in}}{U_{out}} - 1 \right). \quad (2)$$

Пусть $R_1 = 1000$ Ом, а выходное напряжение $U_{out} = 5$ В, тогда подставив в формулу (2) получим:

$$R_2 = R_1 \times \left(\frac{U_{in}}{U_{out}} - 1 \right) = 1000 \times \left(\frac{27}{5} - 1 \right) = 4400 \text{ Ом.}$$

Так как значение 4400 Ом не соответствует требованию E24, то R_2 заменяется последовательно соединенными резисторами номиналами 2200 и 2200 Ом.

Для устойчивой работы DC/DC преобразователя необходимы конденсаторы C_1 и C_2 равные 1 мкф.

Все резисторы и конденсаторы подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

4.3 Расчет развязки интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»)

На рисунке 5 приведена типовая схема подключения приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») 5559ИН74Т.

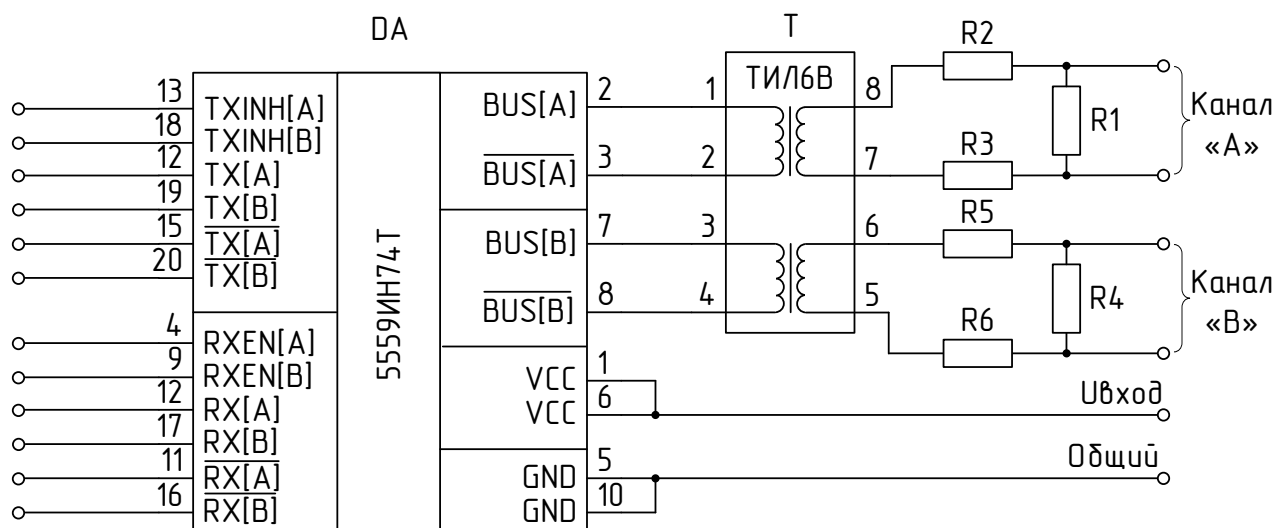


Рисунок 5 — Схема подключения приемопередатчика

Назначение выводов приемопередатчика манчестерского кода приведены в таблице 13.

Таблица 11 — Назначение выводов приемопередатчика

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	VCC	Напряжение питания +3.3В
2	BUS[A]	Прямой вход/выход канала А
3	$\overline{\text{BUS[A]}}$	Прямой вход/выход канала А
4	RXEN[A]	Вход разрешения приемника канала А
5	GND	Напряжение питания «-»
6	VCC	Напряжение питания +3.3В
7	BUS[B]	Прямой вход/выход канала В
8	$\overline{\text{BUS[B]}}$	Прямой вход/выход канала В

Продолжение таблицы 13

Номер ножки	Обозначение	Назначение
9	RXEN[B]	Вход разрешения приемника канала В
10	GND	Напряжение питания «-»
11	$\overline{RX[B]}$	Инверсный выход канала В
12	RX[B]	Прямой выход канала В
13	TXINH[B]	Вход разрешения передатчика канала В
14	TX[B]	Прямой вход канала В
15	$\overline{TX[B]}$	Инверсный вход канала В
16	$\overline{RX[A]}$	Инверсный выход канала А
17	RX[A]	Прямой выход канала А
18	TXINH[A]	Вход разрешения передатчика канала А
19	TX[A]	Прямой вход канала А
20	$\overline{TX[A]}$	Инверсный вход канала А

Для подключения приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») необходим изоляционный трансформатор. По регламенту использования приемопередатчика, производитель рекомендует использовать трансформатор ТИЛ6В производства ПАО «Мстатор», г. Боровичи.

Для стабильного приема сигнала необходимы согласующие резисторы R_1 и R_4 равные 36 Ом. Так же необходимы терминирующие резисторы R_2 , R_3 , R_5 и R_6 равные 56 Ом.

Все резисторы подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

4.4 Расчет развязки приемопередатчика интерфейса SpaceWire

На рисунке 6 приведена упрощённая типовая схема подключения приемопередатчика интерфейса SpaceWire 1892XD5T.

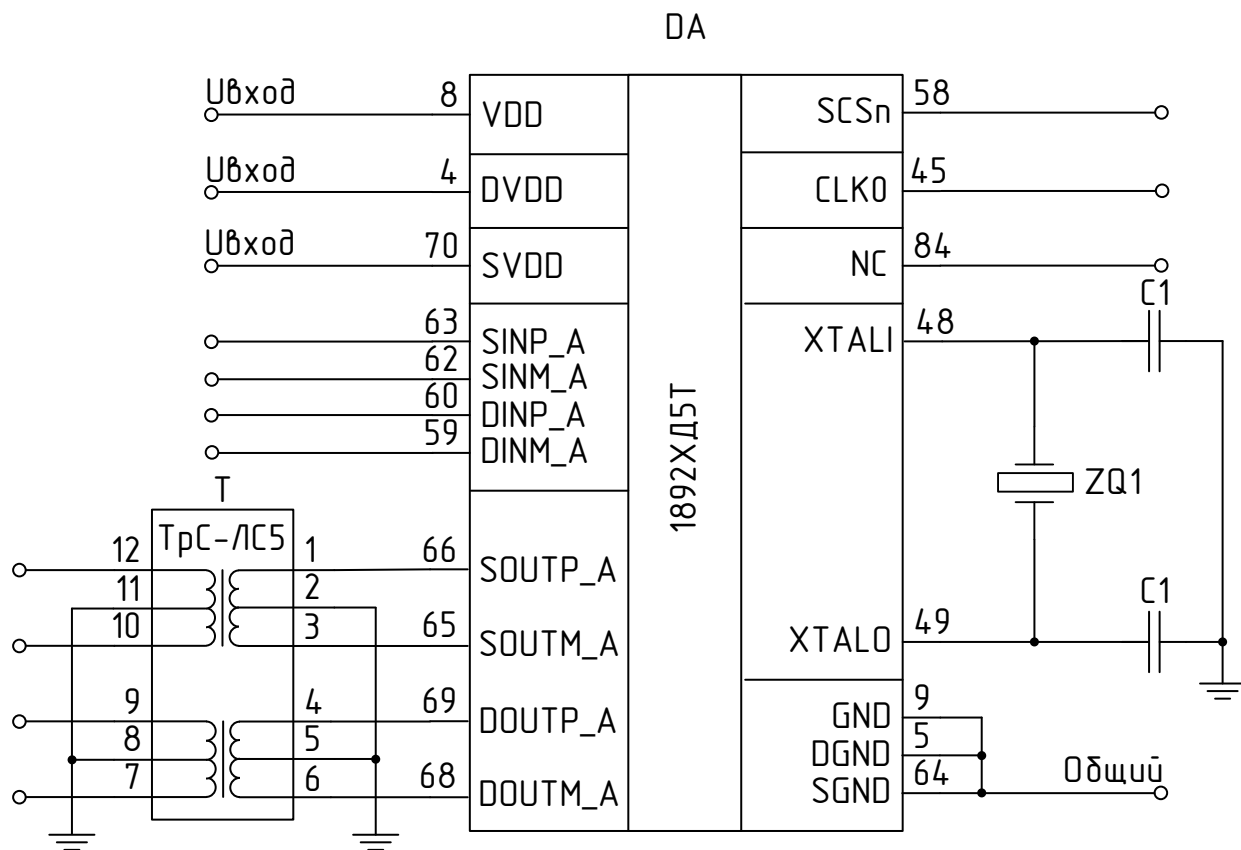


Рисунок 6 — Схема подключения приемопередатчика SpaceWire

Основные назначение выводов приемопередатчика интерфейса SpaceWire приведены в таблице 14.

Таблица 12 — Назначение выводов приемопередатчика SpaceWire

Номер ножки	Обозначение	Назначение
4	DVDD	Напряжение питания периферии +3.3 В
5	DGND	Напряжение питания «←→»
8	VDD	Напряжение питания ядра +1.8 В
9	GND	Напряжение питания «←→»
45	CLK0	Выходная тактовая частота

Продолжение таблицы 14

Номер ножки	Обозначение	Назначение
48	XTALI	Вход для кварцевого генератора
49	XTALO	Выход для кварцевого генератора
58	SCSn	Вход «выбор кристалла»
59	DINM_A	Вход приемника канала А: данные, инверсный
60	DINP_A	Вход приемника канала А: данные, прямой
62	SINM_A	Вход приемника канала А: строб данных, инверсный
63	SINP_A	Вход приемника канала А: строб данных, прямой
64	SGND	Напряжение питания «←→»
65	SOUTM_A	Выход передатчика канала А: строб данных, инверсный
66	SOUTP_A	Выход передатчика канала А: строб данных, прямой
68	DOUTM_A	Выход передатчика канала А: данные, инверсный
69	DOUTP_A	Выход передатчика канала А: данные, прямой
70	SVDD	Напряжение питания передатчиков +3.3 В

Для подключения приемопередатчика SpaceWire необходим изоляционный трансформатор. По регламенту использования приемопередатчика, производитель рекомендует использовать трансформатор ТрС-ЛС5 производства ОАО «Завод Магнетон», г. Санкт-Петербург.

Также необходимо подключение кварцевого резонатора РК597 с нагрузочными конденсаторами C_1 и C_2 .

Вычисление нагрузочной емкости резонатора выполняется по следующей формуле:

$$C_L = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2}} + C_P, \quad (3)$$

где из формулы (3):

C_L — Нагрузочная емкость резонатора, для кварцевого резонатора РК597 равна 30 пФ;

C_P — Паразитная емкость 5 пФ;

C_1 и C_2 — Нагрузочные конденсаторы.

Вычисление нагрузочных конденсаторов выполняется исходя из формулы (3):

$$C_1 = C_2 = 2 \times (C_L - C_P). \quad (4)$$

Подставив в формулу (4) значения C_L и C_P получим:

$$C_1 = C_2 = 2 \times (30 - 5) = 50 \text{ пФ.}$$

Конденсаторы C_1 и C_2 подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

4.5 Расчет развязки приемопередатчика RS-232

На рисунке 7 приведена типовая схема подключения приемопередатчика RS-232 1892ХД5Т.

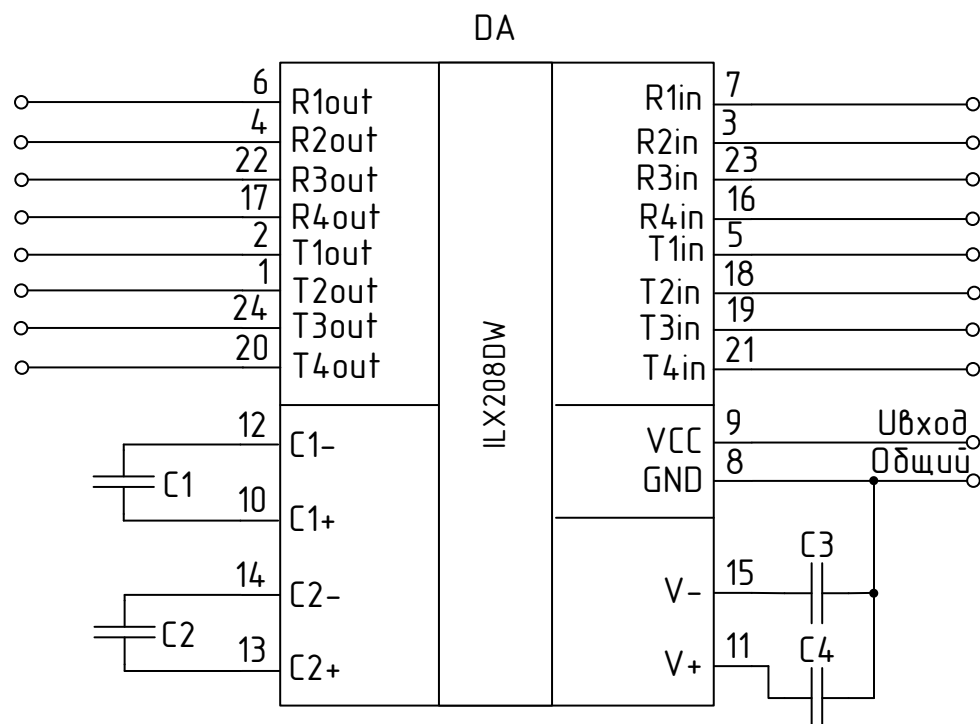


Рисунок 7 — Схема подключения приемопередатчика RS-232

Основные назначение выводов приемопередатчика RS-232 приведены в таблице 15.

Таблица 13 — Назначение выводов приемопередатчика RS-232

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	T2out	Выход данных передатчика
2	T1out	Выход данных передатчика
3	R2in	Вход данных приемника
4	R2out	Выход данных приемника
5	T1in	Вход данных передатчика
6	R1out	Выход данных приемника

Продолжение таблицы 15

Номер ножки	Обозначение	Назначение
7	R1in	Вход данных приемника
8	GND	Общий
9	VCC	Питания от источника напряжения
10	C1+	Вывод внешней емкости блока умножения положительного напряжения
11	V+	Выход положительного напряжения блока умножения
12	C1-	Внешний вывод емкости блока умножения положительного напряжения
13	C2+	Внешний вывод емкости блока умножения отрицательного напряжения
14	C2-	Внешний вывод емкости блока умножения отрицательного напряжения
15	V-	Выход отрицательного напряжения блока умножения
16	R4in	Вход данных с приемника
17	R4out	Выход данных с приемника
18	T2in	Вход данных с передатчика
19	T3in	Вход данных с передатчика
20	T4out	Выход данных с передатчика
21	T4in	Вход данных с передатчика
22	R3out	Выход данных с приемника
23	R3in	Вход данных с приемника
24	T3out	Выход данных с передатчика

По регламенту использования приемопередатчика, производитель рекомендует использовать для стабильного приема сигнала конденсаторы C_1 , C_2 , C_3 и C_4 номиналом в 1 мкФ.

Все конденсаторы подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

4.6 Расчет развязки приемопередатчика RS-485

На рисунке 8 приведена типовая схема подключения приемопередатчика RS-485 K2011BB024.

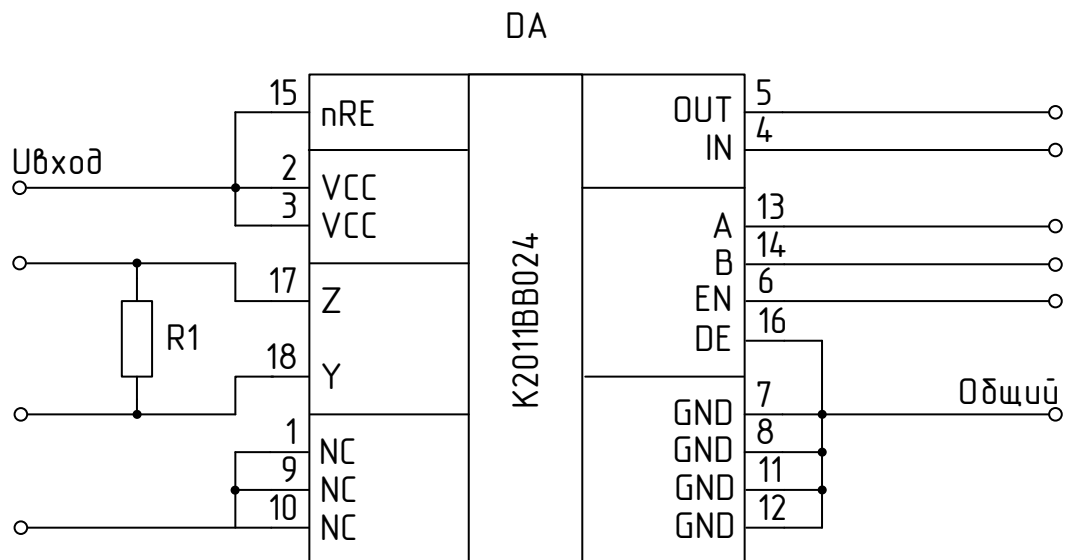


Рисунок 8 — Схема подключения приемопередатчика RS-485

Основные назначение выводов приемопередатчика RS-485 приведены в таблице 16.

Таблица 14 — Назначение выводов приемопередатчика RS-485

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	NC	Не используется
2	VCC	Питание приемопередатчика
3	VCC	Питание приемопередатчика
4	IN	Вход логического информационного сигнала с передатчика
5	OUT	Выход логического информационного сигнала с приемника

Продолжение таблицы 16

Номер ножки	Обозначение	Назначение
6	EN	Вход разрешения работы логического интерфейса с приемника
7	GND	Общий
8	GND	Общий
9	NC	Не используется
10	NC	Не используется
11	GND	Общий
12	GND	Общий
13	A	Прямой вход приемника RS-485
14	B	Инверсный вход приемника RS-485
15	nRE	Вход разрешения выхода кодера аналогового сигнала.
16	DE	Вход разрешения выхода передатчика RS-485
17	Z	Инверсный выход передатчика RS-485
18	Y	Прямой выход передатчика RS-485

Для стабильного приема сигнала необходим согласующий резистор («терминатор») R_1 равный 36 Ом.

Данный резистор был подобран согласно рядам номиналов, E48 и E24.

4.7 Расчет развязки ПЛИС

На рисунке 9 приведена сокращенная типовая схема подключения ПЛИС.

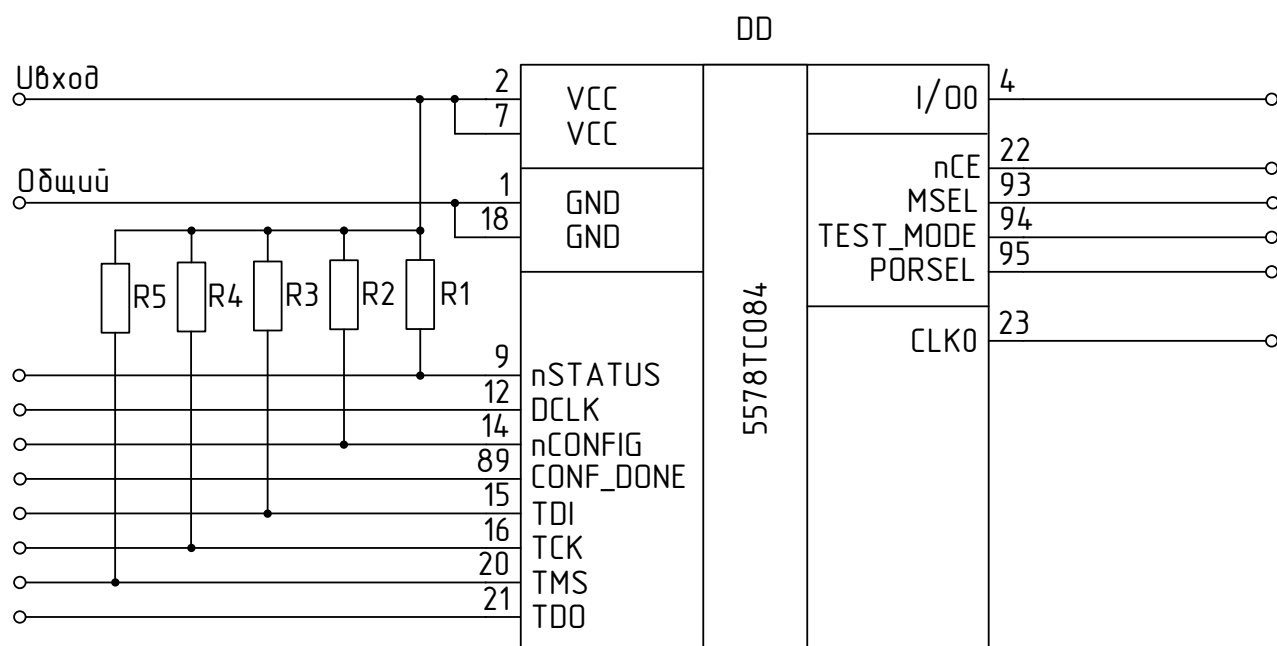


Рисунок 9 — Схема подключения ПЛИС

Основные назначение выводов ПЛИС приведены в таблице 17.

Таблица 15 — Назначение выводов ПЛИС

Номер ножки	Обозначение	Назначение
1	GND	Общий
2	VCC	Питание периферии +2.5 В
4	I/O0	Программируемый вход/выход
7	VCC	Питание ядра +1.25 В
9	nSTATUS	Готовность к конфигурированию или ошибка при конфигурировании
12	DCLK	Тактовый ввод-вывод Download
14	nCONFIG	Сброс конфигурации
15	TDI	Вход данных JTAG

Продолжение таблицы 17

Номер ножки	Обозначение	Назначение
16	TCK	Тактовый вход JTAG
18	GND	Общий
20	TMS	Управление состоянием TAP контроллера JTAG
21	TDO	Выход данных JTAG
22	nCE	Разрешение конфигурирования в режиме Download
23	CLK0	Глобальный тактовый вход
89	CONF_DONE	Окончание конфигурирования
93	MSEL	Типа конфигурирования в режиме Download
94	TEST_MODE	Управление тестовым режимом
95	PORSEL	Управление задержкой глобального сброса

Против возникновения наводок на выводах nSTATUS, nCONFIG, TDI, TCK, TMS использую подтягивающие резисторы R_1 , R_2 , R_3 , R_4 , R_5 равные 10 КОм.

Данные резисторы были подобраны согласно рядам номиналов, E48 и E24.

4.8 Расчет потребления тока блока БПЦП

Для расчета потребления тока БПЦП и проверки на нагрузку используемых компонентов произведено разбиение электрической системы БПЦП на участки с различным напряжением питания. На рисунке 10 представлена электрическая система БПЦП разбитая на участки.

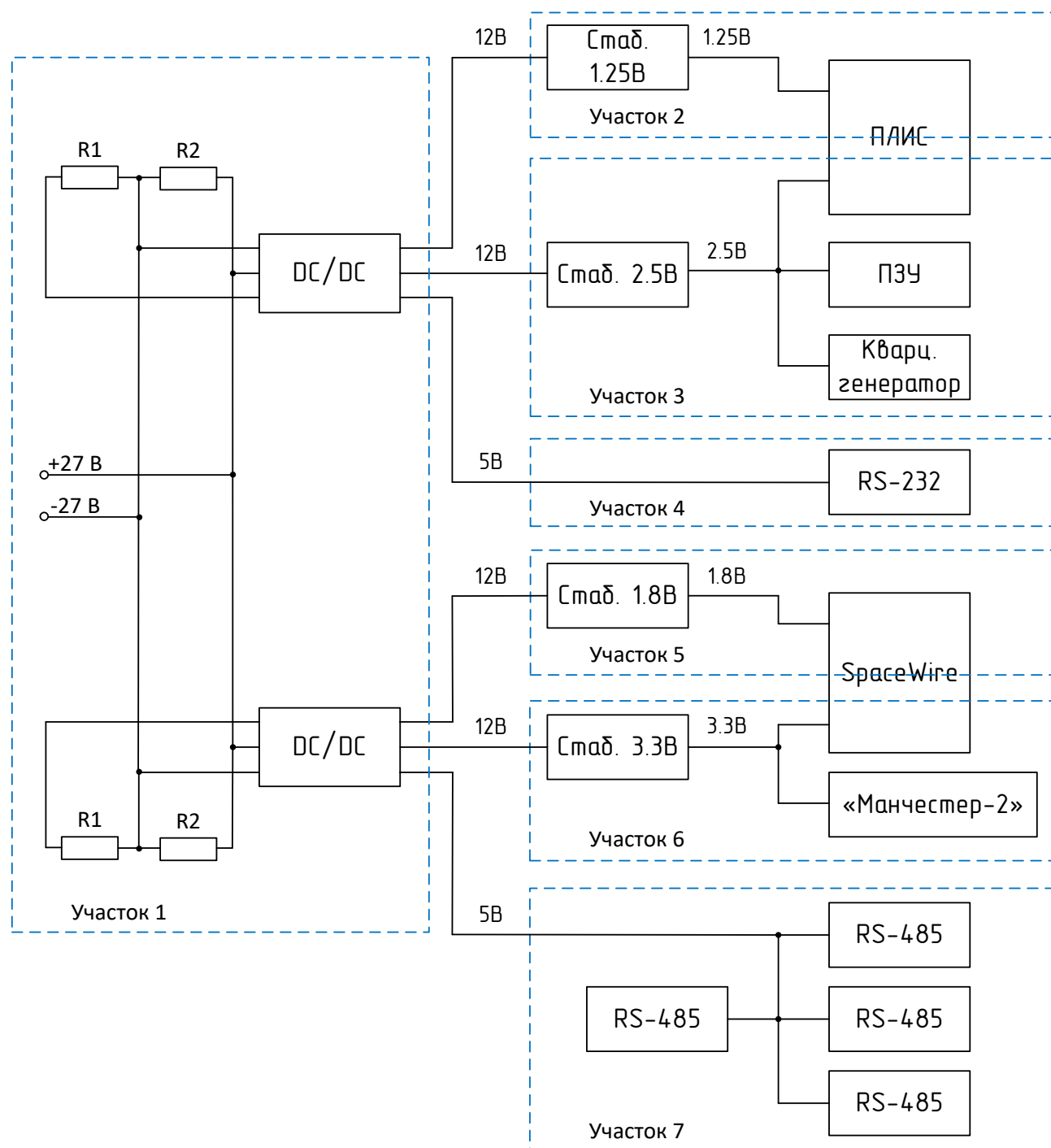


Рисунок 10 — Электрическая схема БПЦП разбитая на участки

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ

Лист

53

4.8.1 Участок 1

На рисунке 11 представлена электрическая схема первого участка. Из рисунка видно, что участок состоит из двух DC/DC преобразователей и двух резистивных делителей. На вход DC/DC преобразователей подается напряжение 27 В и ток 700 мА, на резистивный делитель половина напряжения.

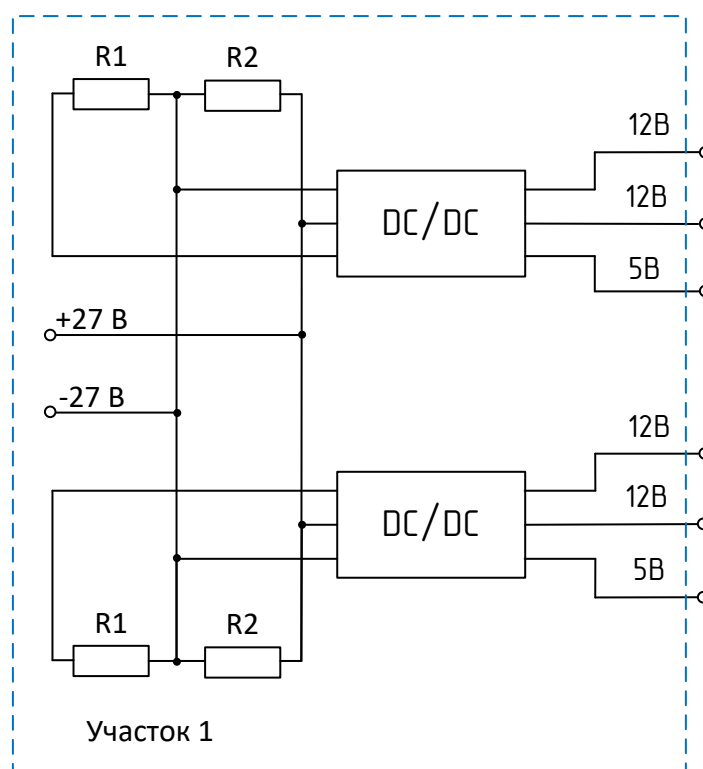


Рисунок 11 — Электрическая схема первого участка

В таблице 18 представлены характеристики потребления питания используемых компонентов.

Таблица 16 — Характеристики потребления питания используемых компонентов на участке 1

Название	Мощность (P) Вт	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
МДМ7,5-3В051212МУП	0.09	0.0033	27	2	DC/DC
R1	0.3645	0.027	13.5	2	Резистор
R2	0.0828	0.0061	13.5	2	Резистор

Выходные показатели мощности и тока 3-х канального DC/DC преобразователя приведены в таблице 19.

Таблица 17 — Выходные показатели DC/DC преобразователя

Название	$P_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}}$	$U_{\text{вых}}$	Кол-во
МДМ7,5- ЗВ051212МУП	3.76	0.752	5	1
	1.872	0.156	12	
	1.872	0.156	12	

По условию технического задания, на вход блока БПЦП поступает входное напряжение 27 В и ток 700 мА. Исходя из этого получим входную мощность:

$$P_{\text{вх}} = I \cdot U = 0.7 \cdot 27 = 18.9 \text{ Вт.} \quad (5)$$

Для расчета мощности БПЦП используем следующую формулу:

$$P_{\text{БПЦП}} = k \cdot \sum P_i, \quad (6)$$

где k — добавочный коэффициент, P_i — мощность потребления или выходная мощность устройства.

По формуле (6) и используя параметры таблиц 18 и 19 рассчитаем мощность БПЦП:

$$P_{\text{БПЦП}} = k \cdot \sum P_i = 1.2 \cdot (1.872 + 1.872 + 1.872 + 1.872 + 3.76 + 3.76 + 0.09 + 0.3645 + 0.0828) = 1.2 \cdot 15.5453 = 18.65 \text{ Вт.}$$

Исходя из полученных результатов выполним сравнение:

$$P_{\text{вх}} > P_{\text{БПЦП}}, \text{ верно.}$$

Следовательно, данное решение выполняет требованием технического задания.

4.8.2 Участок 2

На рисунке 12 представлена электрическая схема второго участка. Из рисунка видно, что участок состоит из стабилизатора напряжения и питания ядра ПЛИС. На вход стабилизатора подается напряжение 12 В с DC/DC преобразователя напряжения.

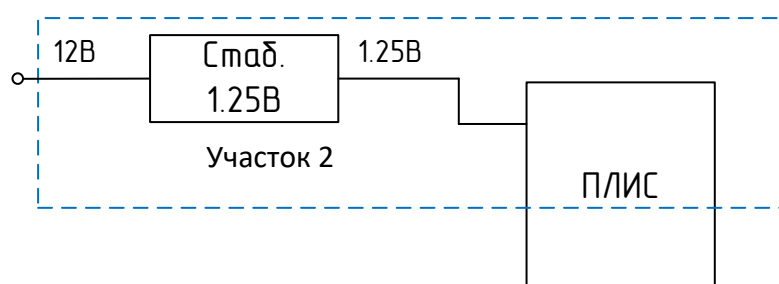


Рисунок 12 — Электрическая схема второго участка

В таблице 20 представлены характеристики потребления питания используемых компонентов.

Таблица 20 — Характеристики потребления питания используемых компонентов на участке 2

Название	Мощность (P) Вт	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
1335ЕН1П	0.0002	0.000014	12	1	Стабилизатор
5578ТС084	0.5	0.4	1.25	1	Ядро ПЛИС

Выходные показатели мощности и тока стабилизатора напряжения приведены в таблице 21.

Таблица 21 — Выходные показатели стабилизатора напряжения

Название	$P_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}}$	$U_{\text{вых}}$	Кол-во
1335ЕН1П	0.9375	0.75	1.25	1

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 12 В равна 1.872 Вт, а стабилизатора напряжения с учетом собственной потребляемой мощностью 0.9377 Вт. Исходя из этого:

$$1.872 > 0.9377, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор 1335ЕН1П можно использовать для решения данного технического задания. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет $\frac{0.9377}{1.872} \cdot 100\% = 50\%$.

Для расчета мощности второго участка используем следующую формулу:

$$P_{\text{уч}n} = \sum P_i, \quad (7)$$

где n — номер участка, P_i — мощность потребления устройства.

По формуле (7) и используя параметры таблиц 20 и 21 рассчитаем мощность второго участка:

$$P_{\text{уч}2} = 0.0002 + 0.5 = 0.5002 \text{ Вт.}$$

Исходя из полученных результатов выполним сравнение:

$$0.9375 > 0.5002, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор напряжения 1335ЕН1П даст необходимую мощность для питания ядра ПЛИС. Процент используемой мощности со стабилизатора составляет $\frac{0.5002}{0.9375} \cdot 100\% = 53\%$.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

4.8.3 Участок 3

На рисунке 13 представлена электрическая схема третьего участка. Из рисунка видно, что участок состоит из стабилизатора напряжения, питания ПЛИС, ПЗУ и кварцевого генератора. На вход стабилизатора подается напряжение 12 В с DC/DC преобразователя напряжения.

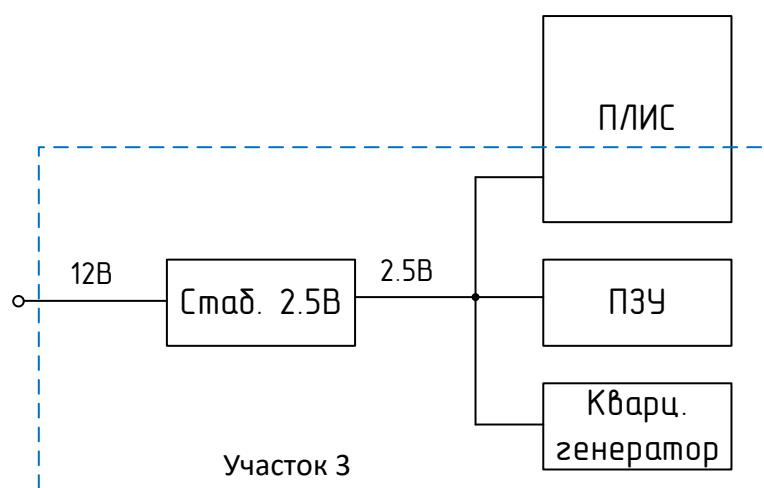


Рисунок 13 — Электрическая схема третьего участка

В таблице 22 представлены характеристики потребления питания используемых компонентов.

Таблица 18 — Характеристики потребления питания используемых компонентов на участке 3

Название	Мощность (P) Вт	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
1335ЕН2.5П	0.00012	0.00001	12	1	Стабилизатор
5578ТС084	1.485	0.594	2.5	1	Питание ПЛИС
5578РТ025	0.1	0.04	2.5	1	ПЗУ
ГК326-С	0.08	0.032	2.5	1	Кварцевый генератор

Выходные показатели мощности и тока стабилизатора напряжения приведены в таблице 23.

Таблица 23 — Выходные показатели стабилизатора напряжения

Название	$P_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}}$	$U_{\text{вых}}$	Кол-во
1335ЕН2.5П	1.75	0.7	2.5	1

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 12 В равна 1.872 Вт, а стабилизатора напряжения с учетом собственной потребляемой мощностью 1.75012 Вт. Исходя из этого:

$$1.872 > 1.75012, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор 1335ЕН2.5П можно использовать для решения данного технического задания. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет $\frac{1.75012}{1.872} \cdot 100\% = 93\%$.

По формуле (7) и используя параметры таблиц 22 и 23 рассчитаем мощность третьего участка:

$$P_{\text{учз}} = 0.00012 + 1.485 + 0.1 + 0.08 = 1.66512 \text{ Вт.}$$

Исходя из полученных результатов выполним сравнение:

$$1.75 > 1.66512, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор напряжения 1335ЕН2.5П даст необходимую мощность для питания ПЛИС, ПЗУ и кварцевого генератора. Процент используемой мощности со стабилизатора составляет $\frac{1.66512}{1.75} \cdot 100\% = 95\%$.

4.8.4 Участок 4

На рисунке 14 представлена электрическая схема четвертого участка. Из рисунка видно, что участок состоит из приемопередатчика RS-232. На вход приемопередатчика RS-232 подается напряжение 5 В с DC/DC преобразователя напряжения.

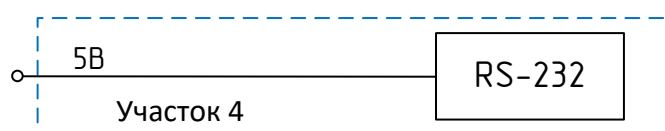


Рисунок 14 — Электрическая схема четвертого участка

В таблице 24 представлены характеристики потребления питания приемопередатчика RS-232.

Таблица 19 — Характеристики потребления питания приемопередатчика RS-232

Название	P (Вт)	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
ILX208DW	1.85	0.37	5	1	Приемопередатчик RS-232

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 5 В равна 3.76 Вт, а приемопередатчика RS-232 составляет 1.85 Вт. Исходя из этого:

$$3.76 > 1.85, \text{ верно.}$$

Следовательно, выходная мощность с DC/DC преобразователя даст необходимую мощность для питания приемопередатчика RS-232. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет

$$\frac{1.85}{3.76} \cdot 100\% = 49\%.$$

4.8.5 Участок 5

На рисунке 15 представлена электрическая схема пятого участка. Из рисунка видно, что участок состоит из стабилизатора напряжения и питания ядра SpaceWire. На вход стабилизатора напряжения подается напряжение 12 В с DC/DC преобразователя напряжения.

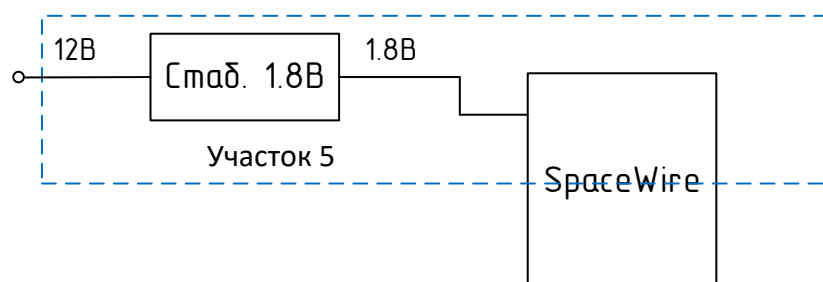


Рисунок 15 — Электрическая схема пятого участка

В таблице 25 представлены характеристики потребления питания используемых компонентов.

Таблица 20 — Характеристики потребления питания используемых компонентов на участке 5

Название	Мощность (P) Вт	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
1335ЕН1.8П	0.00012	0.00001	12	1	Стабилизатор
1892ХД5Т	0.36	0.2	1.8	1	Ядро SpaceWire

Выходные показатели мощности и тока стабилизатора напряжения приведены в таблице 26.

Таблица 26 — Выходные показатели стабилизатора напряжения

Название	$P_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}}$	$U_{\text{вых}}$	КОЛ-ВО
1335ЕН1.8П	1.35	0.75	1.8	1

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 12 В равна 1.872 Вт, а стабилизатора напряжения с учетом собственной потребляемой мощностью 1.35 Вт. Исходя из этого:

$$1.872 > 1.35012, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор 1335ЕН1.8П можно использовать для решения данного технического задания. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет $\frac{1.35012}{1.872} \cdot 100\% = 72\%$.

По формуле (7) и используя параметры таблиц 25 и 26 рассчитаем мощность пятого участка:

$$P_{уч5} = 0.00012 + 0.36 = 0.36012 \text{ Вт.}$$

Исходя из полученных результатов выполним сравнение:

$$1.35 > 0.36012, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор напряжения 1335ЕН1.8П даст необходимую мощность для питания ядра SpaceWire. Процент используемой мощности со стабилизатора составляет $\frac{0.36012}{1.35} \cdot 100\% = 26\%$.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

4.8.6 Участок 6

На рисунке 16 представлена электрическая схема шестого участка. Из рисунка видно, что участок состоит из стабилизатора напряжения, питания периферии SpaceWire и приемопередатчика «Манчестер-2». На вход стабилизатора напряжения подается напряжение 12 В с DC/DC преобразователя напряжения.

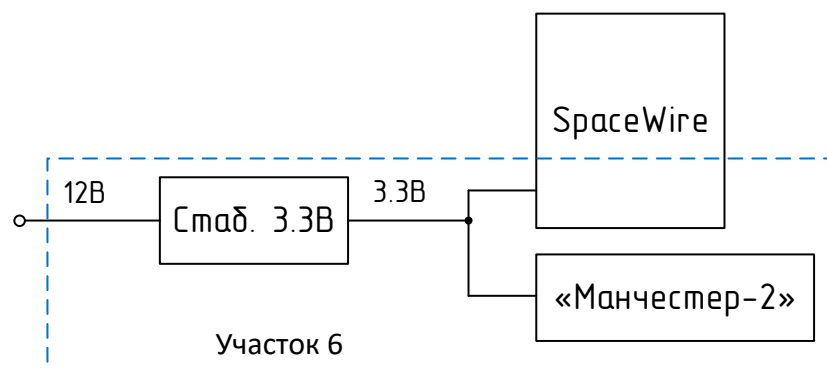


Рисунок 16 — Электрическая схема шестого участка

В таблице 27 представлены характеристики потребления питания используемых компонентов.

Таблица 21 — Характеристики потребления питания используемых компонентов на участке 6

Название	P (Вт)	Ток потребления (I) А	Напряжение питания (U) В	Кол-во	Назначение
1335ЕН3.3П	0.00012	0.00001	12	1	Стабилизатор
1892ХД5Т	0.165	0.05	3.3	1	Периферия SpaceWire
5559ИН74Т	0.561	0.17	3.3	1	Приемопередатчик «Манчестер-2»

Выходные показатели мощности и тока стабилизатора напряжения приведены в таблице 28.

Таблица 28 — Выходные показатели стабилизатора напряжения

Название	$P_{\text{вых}}$	$I_{\text{вых}}$	$U_{\text{вых}}$	Кол-во
1335ЕН3.3П	1.815	0.55	3.3	1

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 12 В равна 1.872 Вт, а стабилизатора напряжения с учетом собственной потребляемой мощностью 1.81512 Вт. Исходя из этого:

$$1.872 > 1.81512, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор 1335ЕН3.3П можно использовать для решения данного технического задания. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет $\frac{1.81512}{1.872} \cdot 100\% = 97\%$.

По формуле (7) и используя параметры таблиц 27 и 28 рассчитаем мощность шестого участка:

$$P_{\text{уч6}} = 0.00012 + 0.165 + 0.561 = 0.72612 \text{ Вт.}$$

Исходя из полученных результатов выполним сравнение:

$$1.81512 > 0.72612, \text{ верно.}$$

Следовательно, стабилизатор напряжения 1335ЕН3.3П даст необходимую мощность для питания периферии SpaceWire и приемопередатчика «Манчестер-2». Процент используемой мощности со стабилизатора составляет $\frac{0.72612}{1.81512} \cdot 100\% = 40\%$.

4.8.7 Участок 7

На рисунке 17 представлена электрическая схема седьмого участка. Из рисунка видно, что участок состоит из четырех приемопередатчиков RS-485. На вход четырех приемопередатчиков RS-485 подается напряжение 5 В с DC/DC преобразователя напряжения.

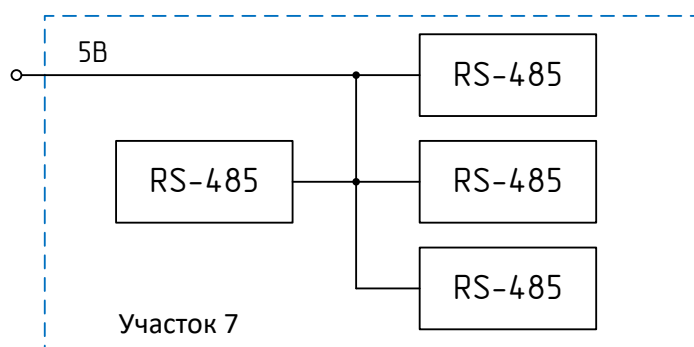


Рисунок 17 — Электрическая схема седьмого участка

В таблице 29 представлены характеристики потребления питания четырех приемопередатчиков RS-485.

Таблица 22 — Характеристики потребления питания четырех приемопередатчиков RS-485

Название	P (Вт)	I (А)	U (В)	Кол-во	Назначение
ILX208DW	2.54	0.508	5	4	Приемопередатчик RS-485

Выходная мощность с канала DC/DC преобразователя на 5 В равна 3.76 Вт, а четырех приемопередатчиков RS-485 составляет 2.54 Вт. Исходя из этого:

$$3.76 > 2.54, \text{ верно.}$$

Следовательно, выходная мощность с DC/DC преобразователя даст необходимую мощность для питания четырех приемопередатчиков RS-485. Процент используемой мощности с DC/DC преобразователя составляет

$$\frac{2.54}{3.76} \cdot 100\% = 67\%.$$

4.9 Требования по надежности

В соответствии с полученным техническим заданием на блок БПЦП установлены следующие требования по надежности:

- Вероятность безотказной работы БПЦП должна быть не менее 0,999 на время работы, равное 1 ч.;
- Критерием предельного состояния телеметрической аппаратуры БПЦП считать отказ одной или нескольких составных частей блока, восстановление или замене которой(-ых) не подлежит.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

4.10 Расчет показателей надежности БПЦП

Расчетная оценка надежности аппаратуры проведена в соответствии с требованием ГОСТ РВ20.57.304-98 элементным методом на основании данных справочника «Надежность ЭРИ» 22 ЦНИИИ МО использованием программы для работы с электронными таблицами Excel.

В основу расчета положена последовательная структурная схема надежности блока БПЦП и это означает, что отказ любого компонента вызывает отказ всего блока.

Расчетная оценка выполнена при следующих предположениях:

- Закон распределения времени между отказами экспоненциальный;
- Поток отказов стационарный;
- Отказы – события случайные и независимые.

Зная значения интенсивности отказов и время работы элемента, можно легко рассчитать его вероятность безотказной работы.

Вероятность безотказной работы рассчитывается по формуле:

$$P(t) = e^{-\lambda_э \times t}, \quad (8)$$

где из формулы (8):

$P(t)$ – Вероятность безотказной работы;

t – Время работы;

$\lambda_э$ – Эксплуатационная интенсивность отказов аппаратуры.

Исходя из данных из справочника «Надежность ЭРИ» 22 ЦНИИИ МО получим таблицу 30 с параметрами значений интенсивности отказов используемых компонентов.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Таблица 30 — Значения интенсивности отказов используемых компонентов

Наименование	Кол-во n (шт.)	$\lambda_3 \times 10^{-6} \times n,$ 1/ч	Назначение устройства
Интегральные микросхемы			
5578TC084	1	2.70523	ПЛИС
5578PT025	1	1.09547	ПЗУ
5559ИН74Т	1	0.54104	Приемопередатчик «Манчестер-2»
ILX208DW	1	0.498596	Приемопередатчик RS-232
K2011BB024	4	0.781056	Приемопередатчик RS-485 с гальванической развязкой
5559ИН28У	4	0.54104	Преобразователь RS-422 в RS-485
SpaceWire	1	1.523947	Приемопередатчик SpaceWire
МДМ7,5-3В051212МУП	2	30.0	DC/DC преобразователь
1335ЕН1П	1	0.392536	Стабилизатор напряжения на 1.25 В
1335ЕН1.8П	1	0.392536	Стабилизатор напряжения на 1.8 В
1335ЕН2.5П	1	0.392536	Стабилизатор напряжения на 2.5 В
1335ЕН3.3П	1	0.392536	Стабилизатор напряжения на 3.3 В
Кварцевый генератор			
ГК326-С	1	0.1	Кварцевый генератор
Кварцевый резонатор			
РК597	1	0.05	Кварцевый резонатор
Конденсаторы			
К10-17в	18	0.429	Конденсаторы
Резисторы			
Р1-12	35	1.8759	Резисторы
Соединители низкочастотные и радиочастотные			
СНП339	1	0.01	Внешний разъем

Продолжение таблицы 30

Наименование	Кол-во n (шт.)	$\lambda_3 \times 10^{-6} \times n,$ 1/ч	Назначение устройства
РПС1-М-37Ш	3	0.03	Розетка для соединения плат
РПС1-М-37Г	3	0.03	Вилка для соединения плат
СНП394	1	0.01	Разъем для программирования
Трансформаторы			
ТИЛ6В	1	0.10337	Трансформатор
ТрЛ-СЛ5	1	0.10337	Трансформатор

Расчетная интенсивность отказов равна сумме всех значений интенсивности отказов используемых компонентов.

$$\lambda_3 = (2.70523 + 1.09547 + 0.54104 + 0.498596 + 0.781056 + 0.54104 + 1.523947 + 30.0 + 0.392536 + 0.392536 + 0.392536 + 0.392536 + 0.1 + 0.05 + 0.429 + 1.8759 + 0.01 + 0.03 + 0.03 + 0.01 + 0.10337 + 0.10337) \times 10^{-6} = 41.998163 \times 10^{-6}.$$

Вероятность безотказной работы блока БПЦП полученная по формуле (8) составляет:

$$P(t) = e^{-41.998163 \times 10^{-6} \times 1} = 0.999958.$$

Таким образом расчетное значение вероятности безотказной работы составной части системы БПЦП в режиме эксплуатации за $t = 1$ ч составляет $P(t) = 0.999958$, что позволяет сделать вывод, что принятые схемно-конструктивные решения и выбранная элементная база блока БПЦП обеспечивает выполнение требований ТЗ.

5. КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ БЛОКА БПЦП

5.1 Принципиальная схема блока БПЦП

Электрическая принципиальная схема блока БПЦП приведена в приложении А.

Блок БПЦП представляет собой модульную сборку, состоящую из трех модулей, соединенных между собой соединительной платой. На каждом модуле выведен соединительный разъем (розетка) РПС1-М-37Г (на схеме – ХТ3, ХТ4, ХТ5). Связь между модулями осуществляется с помощью соединительной платы. На плате расположены ответные разъемы (вилки) РПС1-М-37Ш (на схеме – ХТ6, ХТ7, ХТ8) под каждый соединительный разъем модуля.

Блок БПЦП разработан на основе отечественной ПЛИС 5578ТС084. В ПЛИС реализованы восемь контроллеров UART и два контроллера MIL. Таким образом, БПЦП способен принимать четыре магистрали RS-485, четыре магистрали RS-232 и две магистрали ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»). Цепи «Rx485» и «Tx485», обслуживаемые ПЛИС, подключены к входам и выходам соответствующего драйвера приемопередатчика с гальванической развязкой интерфейса RS-485 (на схеме – микросхемы DA1, DA5, DA7, DA10). Принятый сигнал на драйвер идет от внешнего разъема СНП339-42РП11-1Б (на схеме – ХТ1), и служит для подключения к разъему других цифровых модулей и питания. Цепи «Rx232», обслуживаемые ПЛИС, подключены к выходам соответствующего драйвера приемопередатчика RS-232 (на схеме – микросхема DA12). Контакты «RS232_1», «RS232_2», «RS232_3», «RS232_4» драйвера выведены на внешний разъем СНП339-42РП11-1Б (на схеме – ХТ1). Цепи «RXEN[A]», «RXEN[B]», «RX_[A]», «RX_[B]», «RX[A]», «RX[B]», обслуживаемые ПЛИС, подключены к выходам соответствующего драйвера приемопередатчика манчестерского кода (на схеме – микросхема DA14). Принимаемый сигнал проходит через гальваническую развязку с

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

использованием трансформатора ТИЛ6В (на схеме – Т2). Контакты, «M1A_T_N», «M2A_T_N», «M1A_T_P», «M2A_T_P драйвера выведены на внешний разъем СНП339-42РП11-1Б (на схеме – ХТ1). Получения данных на БПЦП с подключенными к нему цифровыми модулями осуществляется в симплексном режиме по принципу «прием». Управление приемом данных осуществляется с помощью вывода nRE на микросхеме приемопередатчика интерфейса RS-485. Для RS-232 прием данных осуществляется по выводам «Rx232_1», «Rx232_2», «Rx232_3», «Rx232_4», контакт «Tx» отключен (не подключен к схеме). Манчестерский код осуществляется по выводам «RXEN[A]», «RXEN[B]» на микросхеме приемопередатчика.

Выходной кадр аппаратуры также формирует ПЛИС. Электрические сигналы формируются с помощью реализованного в ПЛИС программы, которая осуществляет прием данных от драйверов интерфейса RS-485, RS-232 и ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») и формирует сигнал в виде параллельной тридцатидвухразрядной шины, подключенной к быстродействующему интерфейсу SpaceWire. Передача по интерфейсу осуществляется на микросхему приемопередатчика 1892ХД5Т (на схеме – микросхема DA2) с помощью контактов «SINP_A», «SINM_A», «DINP_A», «DINM_A». Отправка данных осуществляется по выводам «SOUTP_A», «SOUTM_A», «DOUTP_A», «DOUTM_A» на трансформатор ТрС-ЛС5 (на схеме – Т1). Через гальваническую развязку данные отправляются на внешний разъем СНП339-42РП11-1Б (на схеме – ХТ1). Программа для ПЛИС хранится в конфигурационном ПЗУ 5576РС1У (на схеме – микросхема DA13). Программирование ПЛИС осуществляется при помощи разъема СНП-394-НВП21(3)-1 (на схеме – ХТ2).

Тактирование ПЛИС осуществляется от кварцевого генератора (на схеме – ZQ2) на 50 МГц. Тактирование приемопередатчика 1892ХД5Т осуществляется от кварцевого резонатора (на схеме – ZQ1) на 50 МГц.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Питание блока БПЩП осуществляется от входного напряжения 27 В. С помощью трехканального блока DC/DC МДС12-Е05 (на схеме – микросхема DA4 и DA9), осуществляется понижение напряжения до 5, 12, 12 В. Данная микросхема имеет гальваническую развязку, защиту от перегрузок по току и короткого замыкания. DC/DC преобразователь имеет функцию дистанционного включения/выключения. Для включения преобразователя необходимо подать напряжение от 1.2 до 8 В. В качестве включения преобразователя используется резистивный делитель, подключенного к 27 В. Преобразованное напряжение 5 В с DC/DC преобразователей идет на питание микросхем приемопередатчика с гальванической развязкой интерфейса RS-485 и приемопередатчика интерфейса RS-232. Преобразованное напряжение 12 В идет на стабилизаторы напряжения.

Питание микросхем ПЛИС, ПЗУ, SpaceWire и драйвера приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») осуществляется с помощью стабилизаторов напряжения 1335ЕН1.25П (на схеме – микросхема DA3), 1335ЕН2.5П (на схеме – микросхема DA6), 1335ЕН1.8П (на схеме – микросхема DA8) и 1335ЕН3.3П (на схеме – микросхема DA11).

Стабилизатор напряжения 1335ЕН1.25П предназначен для понижения напряжения с 12 до 1.25 В. Полученное напряжения идет на питания ядра ПЛИС.

Стабилизатор напряжения 1335ЕН1.8П предназначен для понижения напряжения с 12 до 1.8 В. Полученное напряжения идет на питания ядра SpaceWire.

Стабилизатор напряжения 1335ЕН2.5П предназначен для понижения напряжения с 12 до 2.5 В. Полученное напряжения идет на питания блоков ПЛИС и ПЗУ.

Стабилизатор напряжения 1335ЕН3.3П предназначен для понижения напряжения с 12 до 3.3 В. Полученное напряжения идет на питания системы

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72

SpaceWire и питание драйвера приемопередатчика интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»).

Блок БПЦП имеет в своём составе два разъёма: внешний и внутренний. Внешний разъем используется для получения данных с датчиков, вывода обработанной информации и питания модуля. Внутренний разъем используется для программирования ПЗУ ПЛИС.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		73

5.2 Сборка блока БПЦП

Блок БПЦП состоит из следующих элементов:

- Плата с замещенными на ней компонентами (3 шт.);
- Основание блока БПЦП (1 шт.);
- Модуль блока БПЦП (3 шт.);
- Крышка блока БПЦП (1 шт.);
- Болты M2 на 5 мм (12 шт.);
- Болты M4 на 5 мм (12 шт.);
- Болты M4 на 45 мм (8 шт.);
- Гайки M4 (2 шт.).

На рисунке 18 приведен внешний вид платы сверху первого модуля с размещенными на ней компонентами.

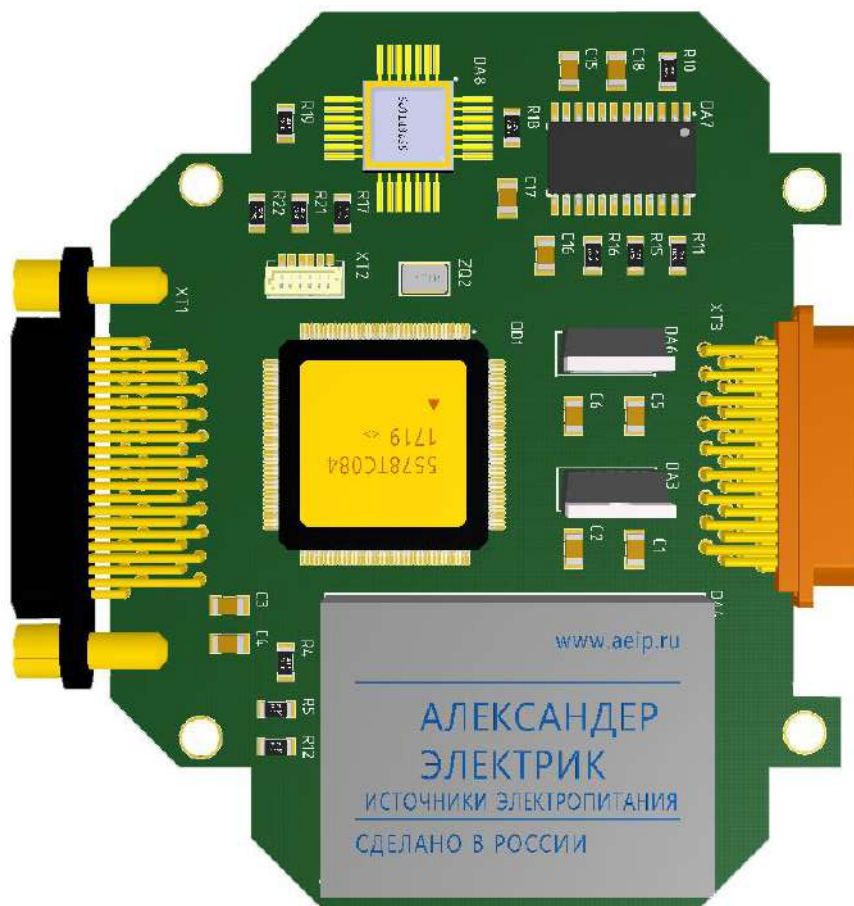


Рисунок 18 — Внешний вид платы сверху первого модуля

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Листм
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		74

На рисунке 19 приведен внешний вид платы сверху второго модуля с размещенными на ней компонентами.

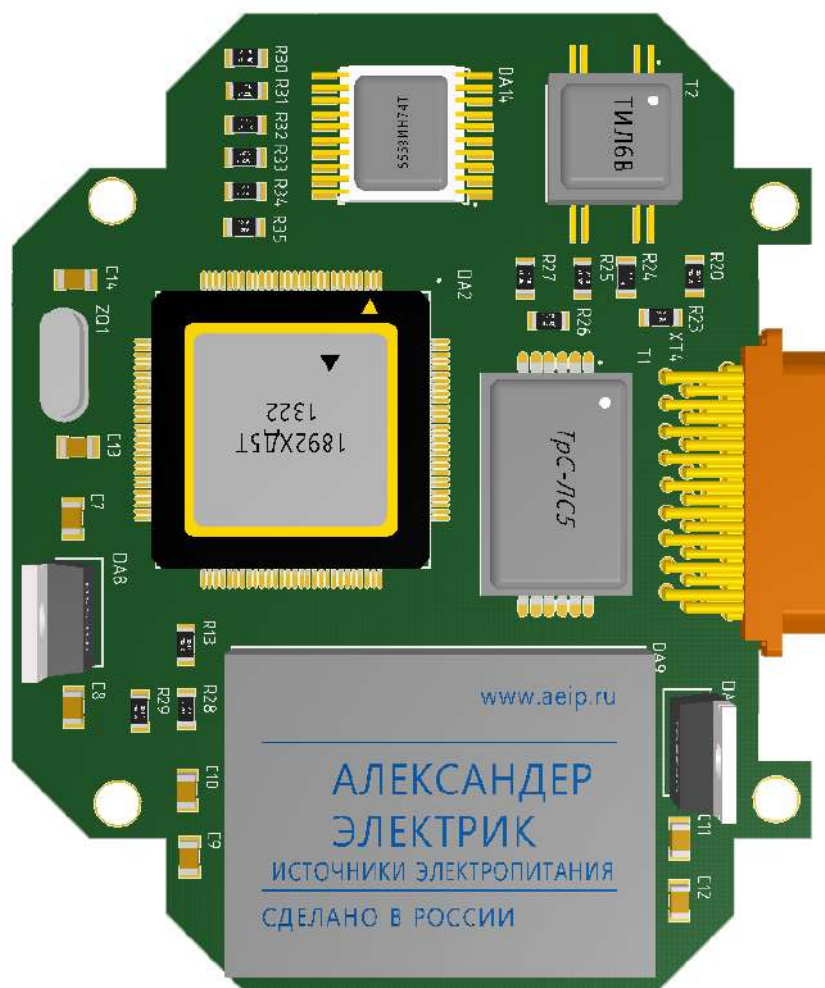


Рисунок 19 — Внешний вид платы сверху второго модуля

На рисунке 20 приведен внешний вид платы сверху третьего модуля с размещенными на ней компонентами.

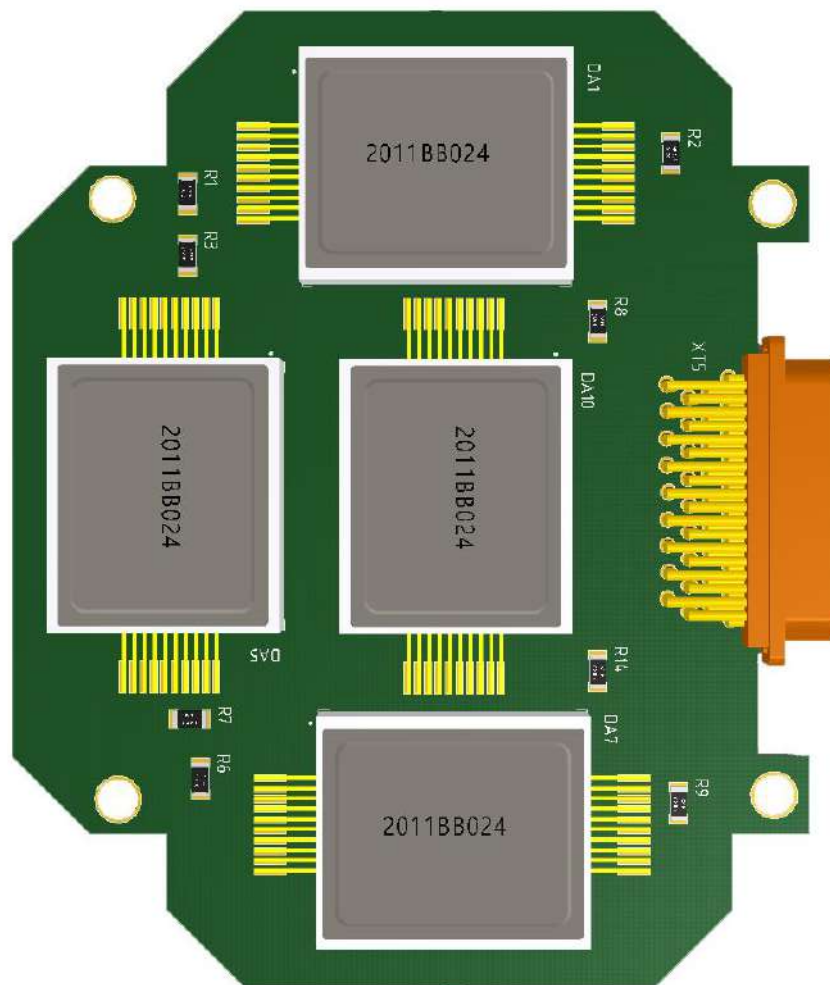


Рисунок 20 — Внешний вид платы сверху третьего модуля

Чертеж модульной платы блока БПЦП приведен в приложении Б.

На рисунке 21 приведен внешний вид соединительной платы сверху модуля с размещенными на ней разъемами.

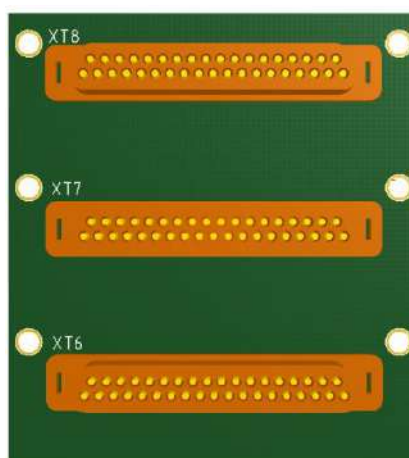


Рисунок 21 — Внешний вид соединительной платы сверху

Чертеж соединительной платы блока БПЦП приведен в приложении В.

На рисунке 22 приведен внешний вид блока БПЦП со стороны внешнего разъема.

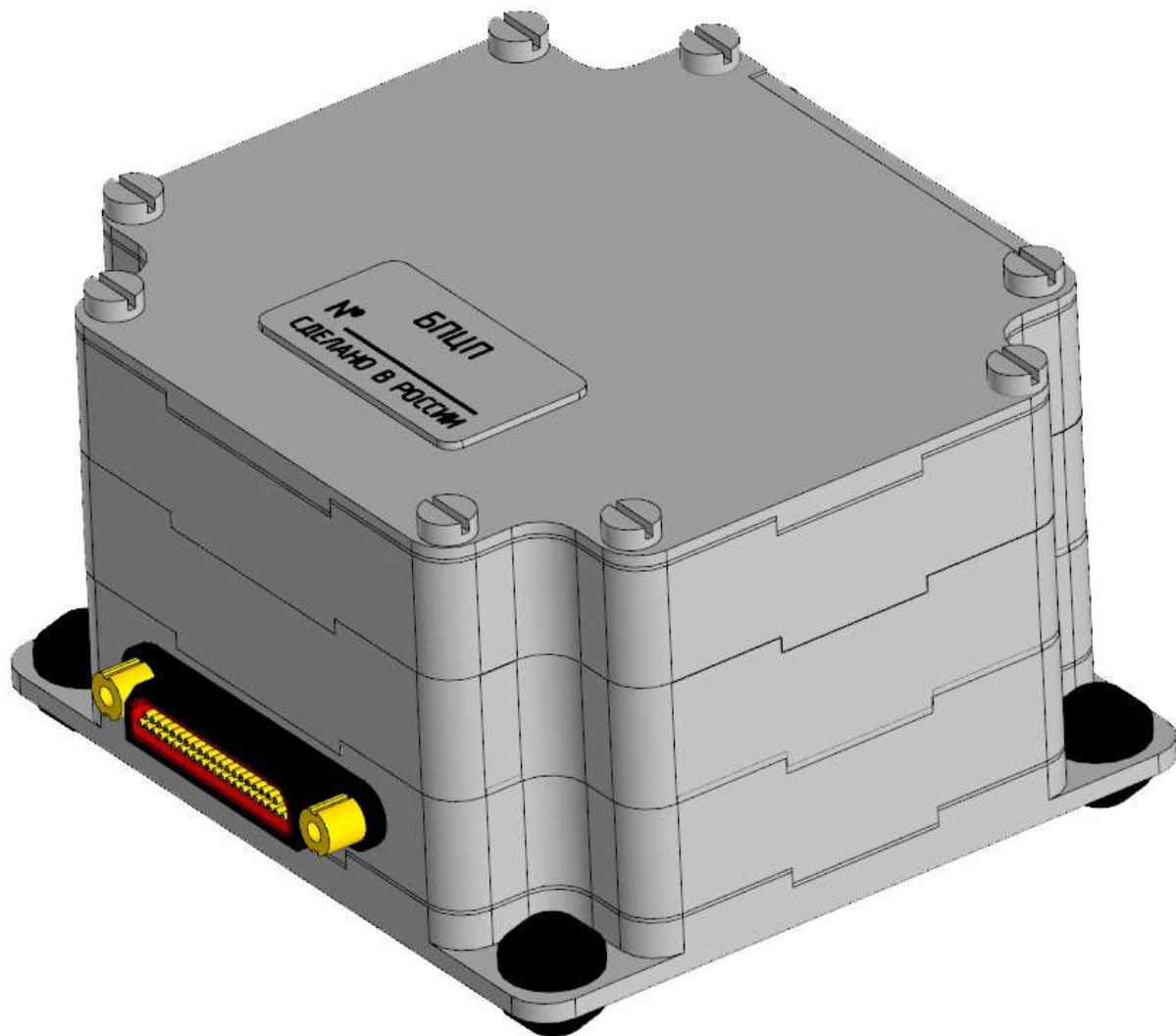


Рисунок 22— Вид блока со стороны внешнего разъема

На рисунке 23 приведен вид блока БПЦП в разборе.

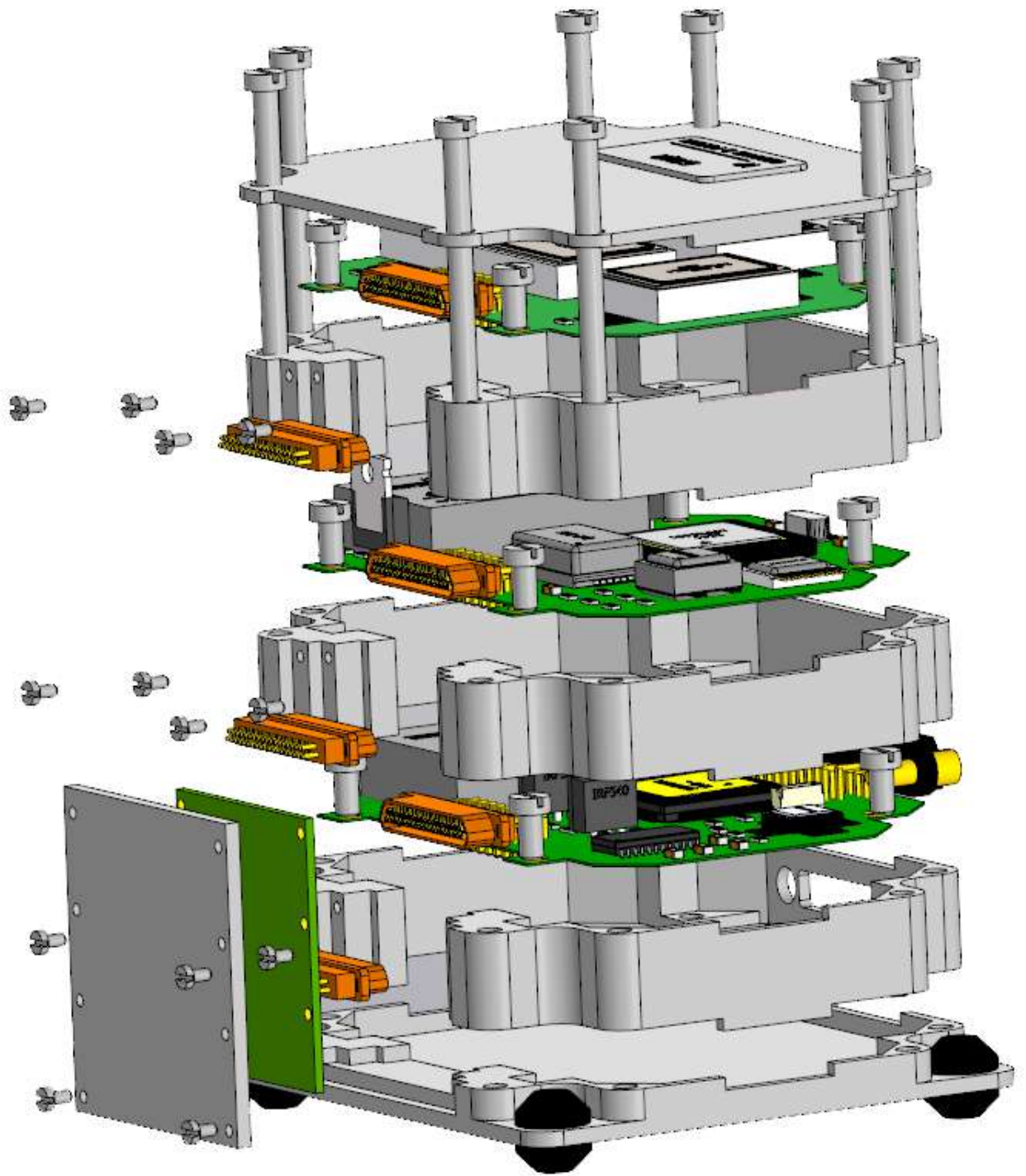


Рисунок 23 — Вид блока БПЦП в разборе

Габаритные размеры корпуса приведены в приложении Г.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ

Лист

78

6. ОПИСАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

6.1 Состав программных средств

Для корректировки программы для блока БПЦП необходимы следующие программные средства:

- Операционная система Microsoft Windows;
- Программное обеспечение для программирования логических устройств Quartus II.

Программа написана на языках описания аппаратуры Verilog HDL.

Программное обеспечение предназначено для записи в конфигурационное EEPROM ПЛИС.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		79

6.2 Состав аппаратных средств для программирования блока БПЦП

Для корректировки программ дополнительно потребуются следующие аппаратные средства:

- Персональный компьютер со следующими характеристиками: процессор не хуже intel core i3 или аналогичный, оперативная память должна быть не менее 4 Гб, объем жёсткого диска должен быть не менее 200 Гб;
- Кабель для программирования PRO-Relay ЕКР.

Схема подключение компьютера к блоку БПЦП приведено на рисунке 24.

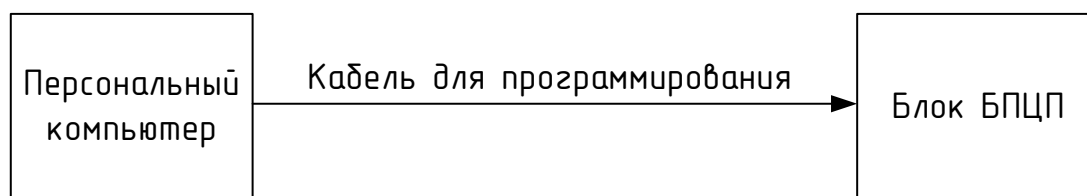


Рисунок 24 — Схема подключения компьютера к блоку БПЦП

6.3 Состав и назначение прикладного программного обеспечения для блока БПЦП

Блок схема алгоритма работы программы приведена в приложении Д.

В состав программного обеспечения входят следующие программы:

- Программа SpaceWire — формирует все собранные данные в один кадр и осуществляет дальнейшую передачу сигнала по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire;
- Функция nextCRC32_D80 — осуществляет подсчет контрольных сумм по полиному;
- Программа RS_232_1 — осуществляет прием данных с блока БПД по 1-му каналу связи, по интерфейсу RS-232;
- Программа RS_232_2 — осуществляет прием данных с блока БПД по 2-го канала связи, по интерфейсу RS-232;
- Программа RS_232_3 — осуществляет прием данных с блока БПД по 3-го канала связи, по интерфейсу RS-232;
- Программа RS_232_4 — осуществляет прием данных с блока БПД по 4-го канала связи, по интерфейсу RS-232;
- Программа RS_485_1 — осуществляет прием данных с датчика давления в баке горючего по 1-му каналу связи, по интерфейсу RS-485;
- Программа RS_485_2 — осуществляет прием данных с датчика давления в баке горючего по 2-му каналу связи, по интерфейсу RS-485;
- Программа RS_485_3 — осуществляет прием данных с датчика температуры в приборном отсеке по 3-му каналу связи, по интерфейсу RS-485;
- Программа RS_485_4 — осуществляет прием данных с датчика температуры в приборном отсеке по 4-му каналу связи, по интерфейсу RS-485;
- Программа MIL_STD_A — осуществляет прием данных с датчика отклонения рулей по 1-му каналу связи, по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

– Программа MIL_STD_B — осуществляет прием данных с датчика отклонения рулей по 2-му каналу связи, по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»).

Полный текст программ приведен в приложении Е.

Данное программное обеспечение обеспечивает:

– Приём до четырёх потоков информации RS-485 в режимах UART, со скоростью не более 115200 бод;

– Приём до четырёх потоков информации RS-232 со скоростью не более 115200 бод;

– Прием двух потоков телеметрической информации по последовательному интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»), обеспечив работу в режиме оконечного устройства;

– Мультиплексирование входящих потоков и передачу информации по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

6.3.1 Программа SpaceWire

В качестве передачи данных по протоколу SpaceWire используют контакты:

- 59 – строб данных, прямой;
- 60 – строб данных, инверсный;
- 61 – данные, прямой;
- 62 – данные инверсный;
- 23 – вход тактовой частоты.

В регистрах: Rx_232_1_Reg, Rx_232_2_Reg, Rx_232_3_Reg, Rx_232_4_Reg хранятся данные принятые по интерфейсам: RS-232_1, RS-232_2, RS-232_3, RS-232_4.

В регистрах: Rx_485_1_Reg, Rx_485_2_Reg, Rx_485_3_Reg, Rx_485_4_Reg хранятся данные принятые по интерфейсам: RS-485_1, RS-485_2, RS-485_3, RS-485_4.

В регистрах: MIL_A_Reg, MIL_B_Reg хранятся данные принятые по интерфейсам ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») канал А, ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») канал В.

В регистре SpaceWire_Reg хранятся данные передаваемые по интерфейсу SpaceWire.

В регистре OldSTSceWire_Reg хранятся предыдущие данные регистра SpaceWire_Reg.

В регистрах CRC80_0, CRC80_1, CRC80_2, CRC80_3 находятся контрольные суммы, вычисленные по полиному: $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$.

В регистр Receiver_reg80 используется для приема данных по интерфейсу SpaceWire.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

Регистр Contr ведет подсчет принятых тетрад. Тетрад – это таблица, в первом столбце которой написано восемь нулей и восемь единиц, при каждом новом столбце количество чередующийся нулей и единиц уменьшается в двое. То есть происходит разбиение в написание числа: четыре нуля, четыре единицы, числе четыре нуля, четыре единицы. Такая таблица упрощает перевод из различных систем счисления.

Локальная переменная Tact осуществляет подсчет количества тактов.

Программа выполняет проверку достоверности, принимаемой и отправляемых данных путем подсчета контрольных сумма. Для проверки подсчета контрольных сумм вызывается функция nextCRC32_D80.

Таким образом программа SpaceWire собирает данные с интерфейсов RS-232, RS-485, ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») в виде кадров и передает их по внутрисистемному интерфейсу SpaceWire.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

6.3.2 Функция nextCRC32_D80

Данная функция используется для подсчета контрольных сумм по полиному:

$$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1.$$

Вычисление осуществляется при добавлении новых данных, то есть пришел новый байт происходит перевычисление контрольной суммы.

При вычислении контрольной суммы необходимо учитывать следующие параметры:

- Начальное значение регистра собирающего контрольную сумму должно быть равно 0FFFFFFh;
- Подсчет контрольной суммы осуществляется по приему байта;
- Принятый байт нужно передавать инверсным путем.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		85

6.3.3 Программа RS_232_1

В качестве приема данных по протоколу RS-232 используют контакты:

- 5 – входящий порт передачи;
- 23 – вход тактовой частоты.

Скорость приема сигнала осуществляется с помощью локальной переменной baud равной 9600 бод.

Локальная переменная CLK_IN применяется для внутренних расчетов, где необходимо знать входную тактовую частоту.

Локальные переменные Value_reg и Size_reg служат расчетом регистра CLK_counter. Данный регистр используется для формирования сигнала.

Регистр Rx_232_1_Reg используется для сдвига (регистр сдвига).

Локальная переменная Tact осуществляет подсчет количества тактов.

Переменная Rx_232_1_bit присваивает значение количества бит.

Программа осуществляет прием, данных по интерфейсу RS-232, формирует сигнал и осуществляет проверку количества принятых бит. Проверенные биты формируются в кадр и записываются в память, для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Таким образом программа RS_232_1 получает данные с интерфейса RS-232 и записывает в память для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Аналогично программе RS_232_1 написаны программы RS_232_2, RS_232_3 и RS_232_4 с использованием других контактов.

6.3.4 Программа RS_485_1

В качестве приема данных по протоколу RS-485 используют контакты:

- 42 – прямой вход сигнала;
- 43 – инверсный вход сигнала;
- 23 – вход тактовой частоты.

Скорость приема сигнала осуществляется с помощью локальной переменной baud равной 9600 бод.

Локальная переменная CLK_IN применяется для внутренних расчетов, где необходимо знать входную тактовую частоту.

Локальные переменные Value_reg и Size_reg служат расчетом регистра CLK_counter. Данный регистр используется для формирования сигнала.

Регистр Rx_485_1_Reg используется для сдвига (регистр сдвига).

Локальная переменная Tact осуществляет подсчет количества тактов.

Переменная Rx_485_1_bit присваивает значение количества бит.

Программа осуществляет прием, данных по интерфейсу RS-485, формирует сигнал и осуществляет проверку количества принятых бит. Проверенные биты формируются в кадр и записываются в память, для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Таким образом программа RS_485_1 получает данные с интерфейса RS-485 и записывает в память для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Аналогично программе RS_485_1 написаны программы RS_485_2, RS_485_3 и RS_485_4 с использованием других контактов.

6.3.5 Программа MIL_STD_A

В качестве приема данных по протоколу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») используют контакты:

- 27 – порт включения приема;
- 29 – инверсный вход сигнала;
- 33 – прямой вход сигнала;
- 23 – вход тактовой частоты.

Переменная RXEN_A необходима для включения приемопередатчика в режиме приема сигнала.

Регистры RX_IA_1 и RX_IA_2 необходимы для приема последовательных данных в манчестерский код.

Регистр CLK_orop предназначен для отсчета, когда есть сигнал с RX_A.

Регистр MIL_Lock предназначен для выборки в точках 1/4 и 3/4 через ячейки данных.

В регистр MIL_A_Reg хранится информация, полученная по интерфейсу ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»).

Регистр NRZ предназначен для декодирования манчестерского кода в код nrz. Такой код более удобен в дальнейшей обработке сигнала. Код nrz представляет собой цифровой сигнал. Где высокий уровень напряжения соответствует логическому нулю, а низкий уровень напряжения соответствует логической единице.

Регистр Bit_no предназначен для запоминания отсутствующего бита в дальнейшей проверке полученного сигнала.

Локальная переменная Tact осуществляет подсчет количества тактов.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		88

Локальная переменная CLK_IN применяется для создания внутреннего таймера.

Программа осуществляет преобразование из последовательного кода в параллельный. Преобразованный код переносится из сдвигового регистра в регистр данных для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Таким образом программа MIL_STD_A получает данные с интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2») и записывает в память для дальнейшей обработки и передачи сигнала.

Аналогично программе MIL_STD_A написана программа MIL_STD_B с использованием других контактов.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		89

6.4 Описание работы ПЛИС

Основная часть схемы прибора реализована в ПЛИС. Для нормальной работы ПЛИС необходимо наличие конфигурационного ПЗУ, которое содержит копию рабочей схемы. По включению питания информация из конфигурационного ПЗУ переписывается в ПЛИС и происходит запуск работы схемы.

Работа ПЛИС осуществляется в соответствии с функциональной схемой, представленной на рисунке 25.

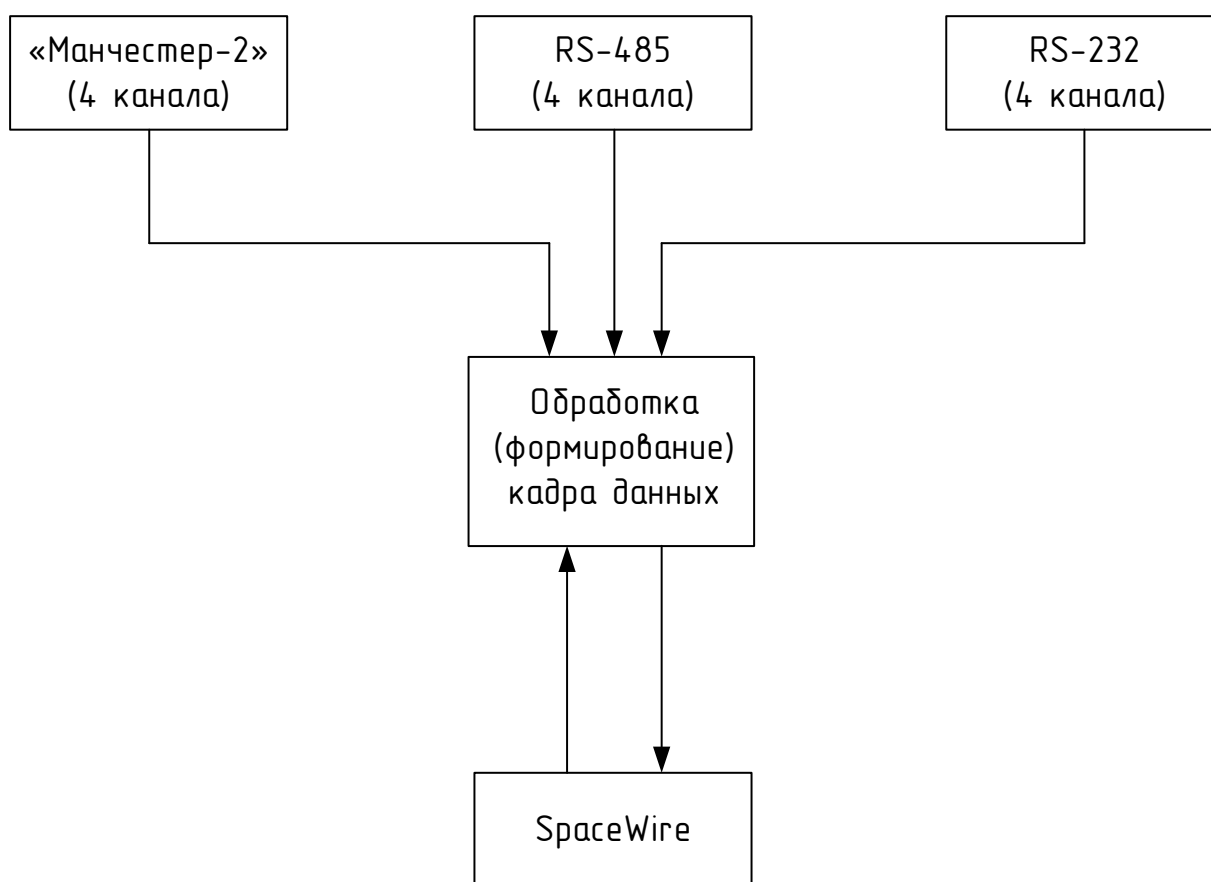


Рисунок 25 — Функциональная схема ПЛИС

Программное обеспечение ПЛИС запускается при подаче питания на БПЦП.

6.5 Временная диаграмма сигнала

На рисунке 26 приведена временная диаграмма работы программы.

Где из диаграммы:

- RS_232_1 — входной сигнал по 1-му каналу интерфейса RS-232;
- RS_232_2 — входной сигнал по 2-му каналу интерфейса RS-232;
- RS_232_3 — входной сигнал по 3-му каналу интерфейса RS-232;
- RS_232_4 — входной сигнал по 4-му каналу интерфейса RS-232;
- Rx_485_1 — прямой входной сигнал по 1-му каналу интерфейса RS-232;
- Tx_485_1 — инверсный входной сигнал по 1-му каналу интерфейса RS-232;
- Rx_485_2 — прямой входной сигнал по 2-му каналу интерфейса RS-232;
- Tx_485_2 — инверсный входной сигнал по 2-му каналу интерфейса RS-232;
- Rx_485_3 — прямой входной сигнал по 3-му каналу интерфейса RS-232;
- Tx_485_3 — инверсный входной сигнал по 3-му каналу интерфейса RS-232;
- Rx_485_4 — прямой входной сигнал по 4-му каналу интерфейса RS-232;
- Tx_485_4 — инверсный входной сигнал по 4-му каналу интерфейса RS-232;
- RXEN[A] — включение режима приема сигнала по каналу «А» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);
- Rx[A] — прямой входной сигнал по каналу «А» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

- Rx_[A] — инверсный входной сигнал по каналу «А» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);
- RXEN[B] — включение режима приема сигнала по каналу «В» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»)
- Rx[B] — прямой входной сигнал по каналу «В» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);
- Rx_[B] — инверсный входной сигнал по каналу «В» интерфейса ГОСТ Р 52070-2003 («Манчестер-2»);
- SINP_A — выход на приемопередатчик SpaceWire. Строб данных, прямой по каналу «А»;
- SINM_A — выход на приемопередатчик SpaceWire. Строб данных, инверсный по каналу «А»;
- DINP_A — выход на приемопередатчик SpaceWire. Данные, прямой по каналу «А»;
- DINM_A — выход на приемопередатчик SpaceWire. Данные, инверсный по каналу «А»;
- CLK — входная тактовая частота.

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

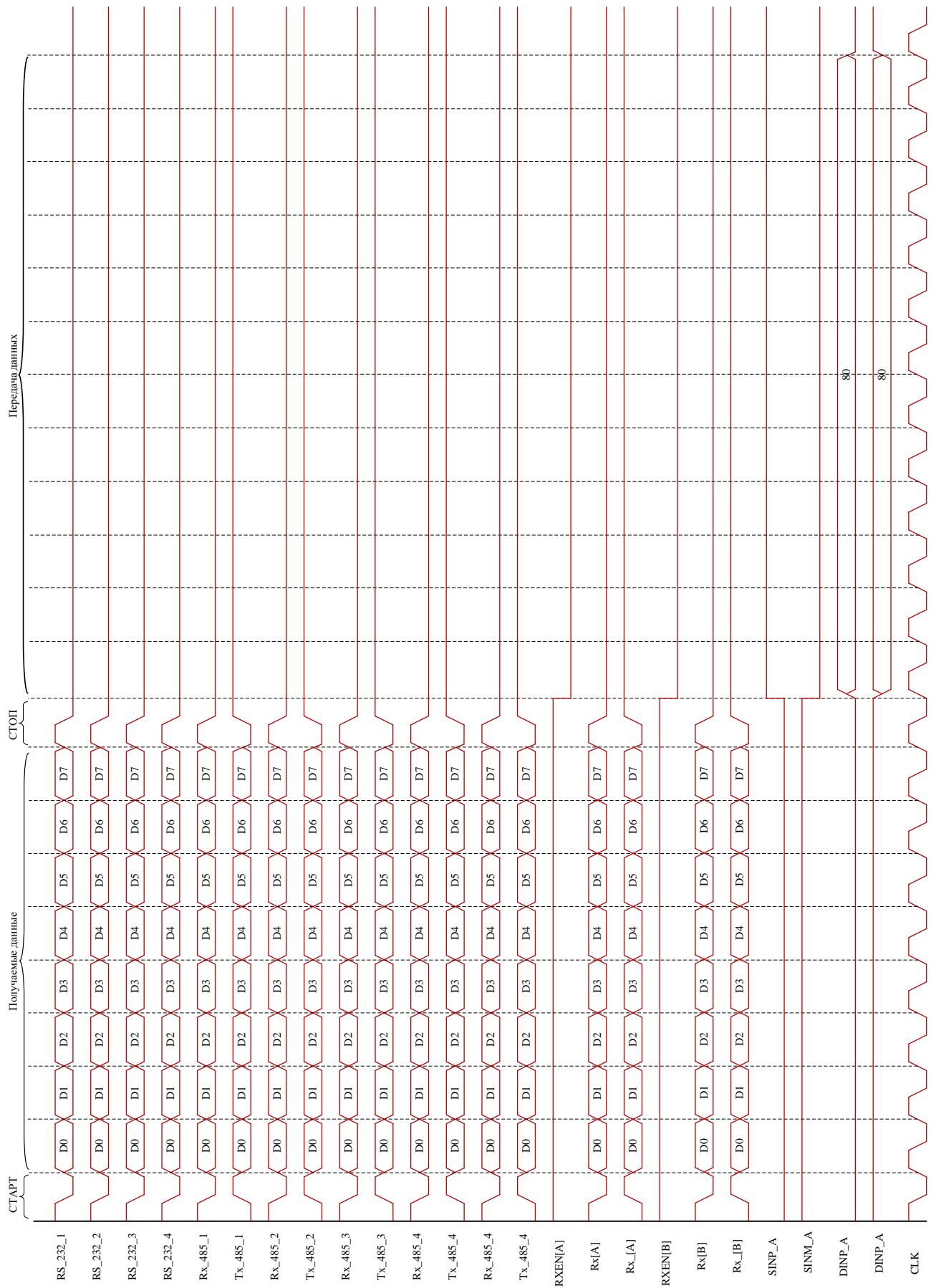


Рисунок 26 – Временная диаграмма работы программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с требованиями ТЗ по разработке и изготовлению блока БПЦП на этапе эскизного проекта были выполнены следующие работы:

- Проведен анализ требований технического задания и разработаны предложения по их реализации;
- Проведен анализ существующих отечественных телеметрических систем и их сравнение с блоком БПЦП;
- На основе проведенного анализа разработаны общие принципы построения блока телеметрической аппаратуры;
- На основе разработанных принципов построения блока телеметрической аппаратуры разработано конструктивное исполнение блока телеметрической аппаратуры, а также приведены схмотехнические решения;
- Проведен подбор отечественной элементной базы для построения блока телеметрической аппаратуры;
- Выполнен расчет надежности и потребляемой мощности блока телеметрической аппаратуры БПЦП;
- Разработано программное обеспечение для блока БПЦП.

Таким образом, в результате выполненной выпускной квалификационной работы (ВКР) была разработана принципиальная электрическая схема устройства, промоделирована 3D модель платы и корпуса устройства, осуществлен выбор отечественной элементной базы, выполнен расчет надежности и потребляемой мощности, а также разработано программное обеспечение. Расчетное значение вероятности безотказной работы составной части системы БПЦП в режиме эксплуатации за $t = 1$ ч составляет $P(t) = 0.999958$. Потребляемая мощность блока БПЦП составляет 18,65 Вт при напряжении 27 В. Исходя из проведенной работы следует, что созданный телеметрический блок БПЦП, в соответствии с представленными требованиями, возможен в реализации телеметрической системы «БАСТИОН».

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1) СТО ЮУрГУ 04–2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с

2) Обзор системы «Барракуда-М»: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oborona.ru/includes/periodics/defense/2015/0722/145816325/print.shtml>

(Дата обращения: 26.02.2020)

3) Телеметрическая система «Зарядье»: [Электронный ресурс]. URL: <http://russianspacesystems.ru/bussines/dzz/>

(Дата обращения: 28.02.2020)

4) Телеметрическая система «Орбита-V»: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.okbmei.ru/071217.html>

(Дата обращения: 01.03.2020)

5) Документация на ПЛИС 5578ТС084: [Электронный ресурс]. URL: http://www.vzpp-s.ru/docs/novye_izdelia/5578%D0%A2%D0%A1084.pdf

(Дата обращения: 03.03.2020)

6) Документация на ПЗУ 5578РТ025 предприятия АО «КТЦ «ЭЛЕКТРОНИКА»: [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.edc-electronics.ru/Production/>

(Дата обращения: 03.03.2020)

7) Продукция ООО «АЭИЭП»: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.aeip.ru/production/podbor/filter/type-is-dcdcm/apply/>

(Дата обращения: 04.03.2020)

8) Документация на МДМ7,5-3В051212МУП: [Электронный ресурс]. URL:

<http://radiant.su/files/images/AEIP/mdm-p7,5.pdf>

(Дата обращения: 04.03.2020)

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		95

9) Продукция АО «ВЗПП-С»: [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.vzpp-s.ru/production/catalog.pdf>

(Дата обращения: 05.03.2020)

10) Документация на драйвер приемопередатчик интерфейса RS-485 K2011BB024: [Электронный ресурс]. URL:

https://ic.milandr.ru/products/interfeysnye_mikroskhemy/rs485-rs422/2011vv024/#docs_tab

(Дата обращения: 05.03.2020)

11) Документация на драйвер 5559ИН4У: [Электронный ресурс]. URL:

https://ic.milandr.ru/products/interfeysnye_mikroskhemy/rs232/5559in4u/

(Дата обращения: 06.03.2020)

12) Продукция ОАО «Интеграл»: [Электронный ресурс]. URL:

<https://integral.by/ru/products/interfeysnye-ims>

(Дата обращения: 06.03.2020)

13) Документация на драйвер приемопередатчик интерфейса RS-232 ILX3483N: [Электронный ресурс]. URL:

https://integral.by/sites/default/files/ILX34XX-TSr_0.pdf

(Дата обращения: 09.03.2020)

14) Документация на БИС ППУ-02 предприятия ЗАО НТЦ «Модуль»: [Электронный ресурс]. URL:

https://www.module.ru/upload/files/bis_ppu_0240.pdf

(Дата обращения: 09.03.2020)

15) Документация на драйвер приемопередатчик манчестерского кода 5559ИН74Т: [Электронный ресурс]. URL:

https://integral.by/sites/default/files/pdf/23_specifikaciya_5559in73t-74t_0.pdf

(Дата обращения: 11.03.2020)

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

16) Документация на драйвер приемопередатчик интерфейса SpaceWire 1892ХД5Т: [Электронный ресурс]. URL:

<http://multicore.ru/index.php?id=1371>

(Дата обращения: 11.03.2020)

17) Документация на чип-резистор P1-12: [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.erkon-nn.ru/catalog/10/r1-12vp/>

(Дата обращения: 15.03.2020)

18) Документация на чип-конденсатор К10-17в: [Электронный ресурс]. URL:

<https://doc.platan.ru/pdf/datasheets/russia/K10-17v.pdf>

(Дата обращения: 15.03.2020)

19) Документация разъемов СНП339 ОАО «Уральский завод электрических соединителей «Исеть»: [Электронный ресурс]. URL:

<http://www.radiant.su/files/images/iset/2009.10.15-snp339.pdf>

(Дата обращения: 17.03.2020)

20) Документация разъемов СНП394 АО «Карачевский завод «Электродеталь»: [Электронный ресурс]. URL:

<https://www.elektrodetal.com/catalog/snp394/>

(Дата обращения: 17.03.2020)

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Лист № 1

Лист № 1

Лист № 1

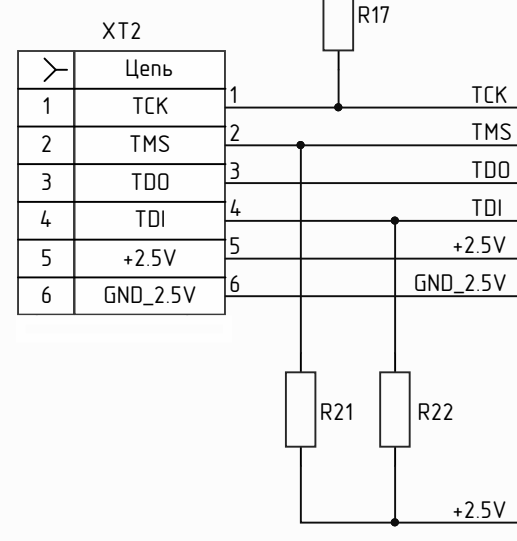
Лист № 1

Лист № 1

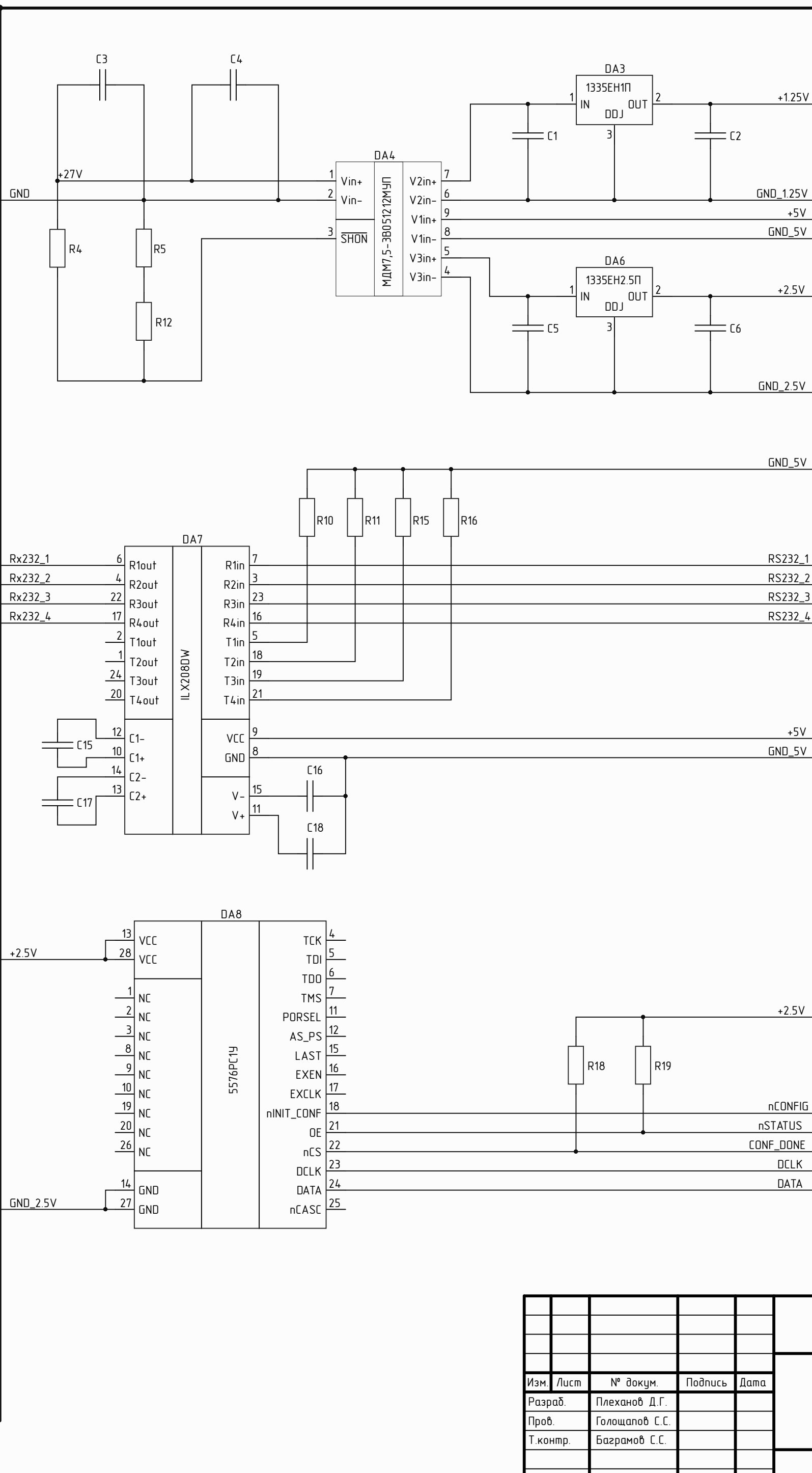
Лист № 1

Лист № 1

XT1			
Цепь	Номер	Цепь	Номер
+27V	1	+27V	1
+27V	2	+27V	2
+27V	3	+27V	3
+27V	4	+27V	4
KS	5	KS	5
GND_2.5V	6	GND_2.5V	6
+2.5V	7	+2.5V	7
TDI	8	TDI	8
TDO	9	TDO	9
TMS	10	TMS	10
TCK	11	TCK	11
NC	12	NC	12
DOUTM_A	13	DOUTM_A	13
DOUTP_A	14	DOUTP_A	14
SOUTM_A	15	SOUTM_A	15
SOUTP_A	16	SOUTP_A	16
NC	17	NC	17
M1A_T_N	18	M1A_T_N	18
M1A_T_P	19	M1A_T_P	19
M2A_T_N	20	M2A_T_N	20
M2A_T_P	21	M2A_T_P	21
NC	22	NC	22
RS232_1	23	RS232_1	23
RS232_2	24	RS232_2	24
RS232_3	25	RS232_3	25
RS232_4	26	RS232_4	26
NC	27	NC	27
RS485_1_Rx	28	RS485_1_Rx	28
RS485_1_Tx	29	RS485_1_Tx	29
RS485_2_Rx	30	RS485_2_Rx	30
RS485_2_Tx	31	RS485_2_Tx	31
RS485_3_Rx	32	RS485_3_Rx	32
RS485_3_Tx	33	RS485_3_Tx	33
RS485_4_Rx	34	RS485_4_Rx	34
RS485_4_Tx	35	RS485_4_Tx	35
NC	36	NC	36
KS	37	KS	37
GND	38	GND	38
GND	39	GND	39
GND	40	GND	40
GND	41	GND	41
Корпус	42	Корпус	42



DD1			
+2.5V	2	VCC	I/O0
+2.5V	3	VCC	I/O1
+1.25V	7	VCC	I/O2
+2.5V	17	VCC	I/O3
+1.25V	19	VCC	I/O4
+1.25V	30	VCC	I/O5
+2.5V	34	VCC	I/O6
+2.5V	35	VCC	I/O7
+2.5V	37	VCC	I/O8
+2.5V	38	VCC	I/O9
+1.25V	44	VCC	I/O10
+2.5V	53	VCC	I/O11
+1.25V	55	VCC	I/O12
+2.5V	66	VCC	I/O13
+1.25V	67	VCC	I/O14
+2.5V	70	VCC	I/O15
+2.5V	73	VCC	I/O16
+2.5V	74	VCC	I/O17
+1.25V	79	VCC	I/O18
+2.5V	90	VCC	I/O19
+1.25V	92	VCC	I/O20
+2.5V	103	VCC	I/O21
+2.5V	106	VCC	I/O22
+1.25V	108	VCC	I/O23
+2.5V	109	VCC	I/O24
+2.5V	115	VCC	I/O25
+1.25V	118	VCC	I/O26
+2.5V	125	VCC	I/O27
+1.25V	127	VCC	I/O28
+2.5V	128	VCC	I/O29
+1.25V	137	VCC	I/O30
+2.5V	142	VCC	I/O31
GND_1.25V	1	GND	I/O32
GND_1.25V	18	GND	I/O33
GND_1.25V	31	GND	I/O34
GND_2.5V	36	GND	I/O35
GND_1.25V	40	GND	I/O36
GND_1.25V	54	GND	I/O37
GND_1.25V	71	GND	I/O38
GND_2.5V	72	GND	I/O39
GND_1.25V	80	GND	I/O40
GND_1.25V	91	GND	I/O41
GND_1.25V	104	GND	I/O42
GND_2.5V	107	GND	I/O43
GND_1.25V	110	GND	I/O44
GND_1.25V	126	GND	I/O45
GND_1.25V	143	GND	I/O46
GND_2.5V	144	GND	I/O47
nSTATUS	9	nSTATUS	I/O48
DCLK	12	DCLK	I/O49
nCONFIG	14	nCONFIG	I/O50
TDI	15	TDI	I/O51
TCK	16	TCK	I/O52
TMS	20	TMS	I/O53
TDO	21	TDO	I/O54
+2.5V	1	CLK0	I/O55
+2.5V	4	CLK1	I/O56
GND_2.5V	2	CLK2	I/O57
		CLK3	I/O58
		CLK4	I/O59
		CLK5	I/O60
		CLK6	I/O61
		CLK7	I/O62
		CLK8	I/O63
		CLK9	I/O64
		CLK10	I/O65
		CLK11	I/O66
		CLK12	I/O67
nCE	22	GND_2.5V	I/O68
CONF_DONE	89	CONF_DONE	I/O69
MSEL	93	GND_2.5V	I/O70
TEST_MODE	94		I/O71
PORSEL	95		I/O72



XT3			
Цепь	Номер	Цепь	Номер
+27V	1	+27V	1
SINP_A	2	SINP_A	2
M1A_T_N	3	M1A_T_N	3
SINM_A	4	SINM_A	4
RS485_1_Rx	5	RS485_1_Rx	5
RS485_1_Tx	6	RS485_1_Tx	6
RS485_2_Rx	7	RS485_2_Rx	7
RS485_2_Tx	8	RS485_2_Tx	8
RS485_3_Rx	9	RS485_3_Rx	9
RS485_3_Tx	10	RS485_3_Tx	10
RS485_4_Rx	11	RS485_4_Rx	11
RS485_4_Tx	12	RS485_4_Tx	12
M2A_T_P	13	M2A_T_P	13
RXEN[A]	14	RXEN[A]	14
RXEN[B]	15	RXEN[B]	15
RX_[A]	16	RX_[A]	16
RX_[B]	17	RX_[B]	17
RX[A]	18	RX[A]	18
RX[B]	19	RX[B]	19
NC	20	NC	20
Rx485_1	21	Rx485_1	21
Tx485_1	22	Tx485_1	22
Rx485_2	23	Rx485_2	23
Tx485_2	24	Tx485_2	24
Rx485_3	25	Rx485_3	25
Tx485_3	26	Tx485_3	26
Rx485_4	27	Rx485_4	27
Tx485_4	28	Tx485_4	28
SOUTP_A	29	SOUTP_A	29
SOUTM_A	30	SOUTM_A	30
DOUTP_A	31	DOUTP_A	31
DOUTM_A	32	DOUTM_A	32
M1A_T_P	33	M1A_T_P	33
GND	34	GND	34
DINP_A	35	DINP_A	35
M2A_T_N	36	M2A_T_N	36
DINM_A	37	DINM_A	37

27.03.04.2020.097.24.06 33

Модуль-1 БПЦП
Схема электрическая принципиальная

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Проб.		Голощапов С.С.		
Т.контр.		Баграмов С.С.		
Н.контр.		Елисеев В.П.		
Умб.		Голощапов С.С.		

Лист	1	Листов	7
------	---	--------	---

ЮУрГУ
Кафедра Автоматики

Перв. примен.

Спроб. №

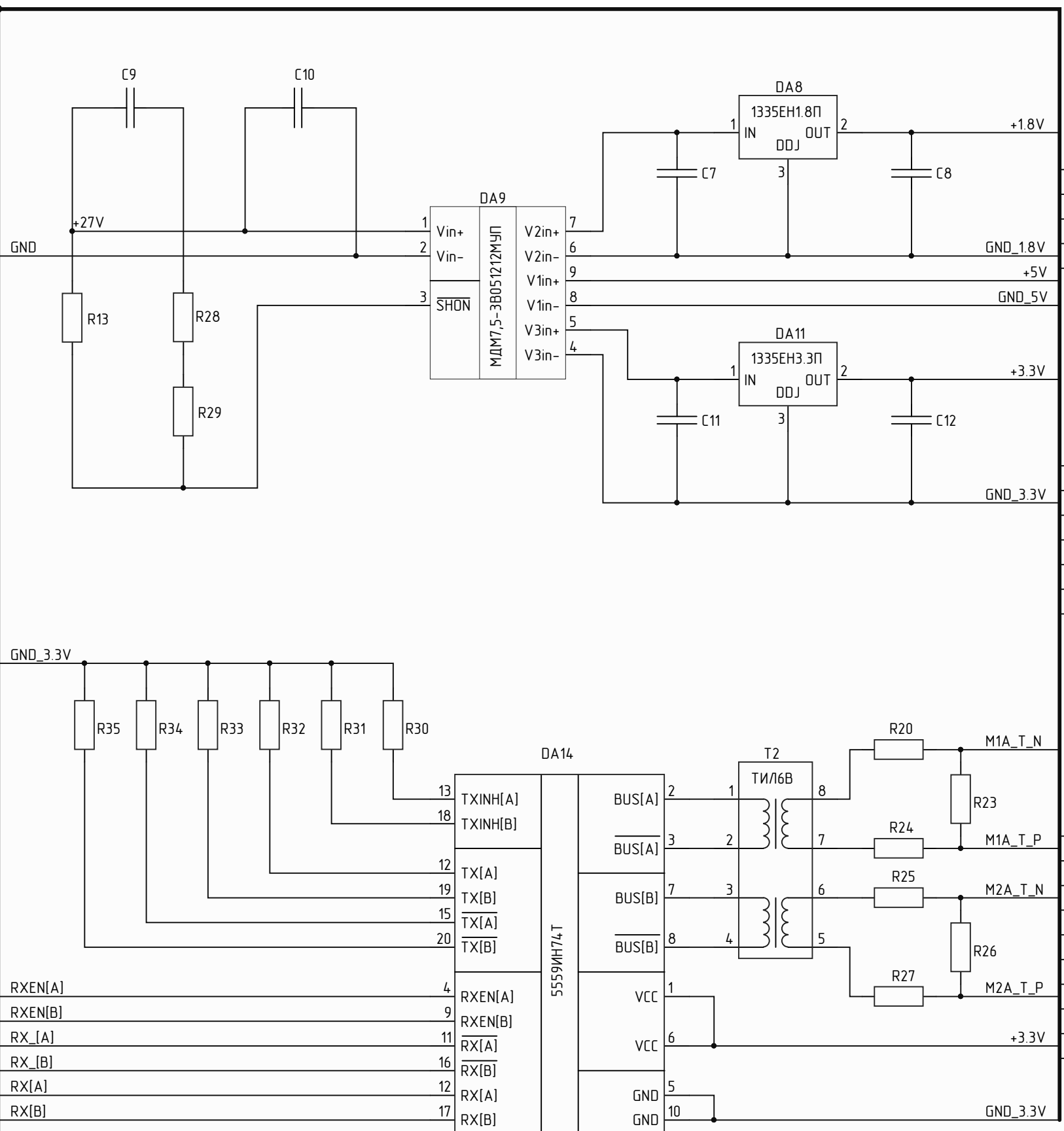
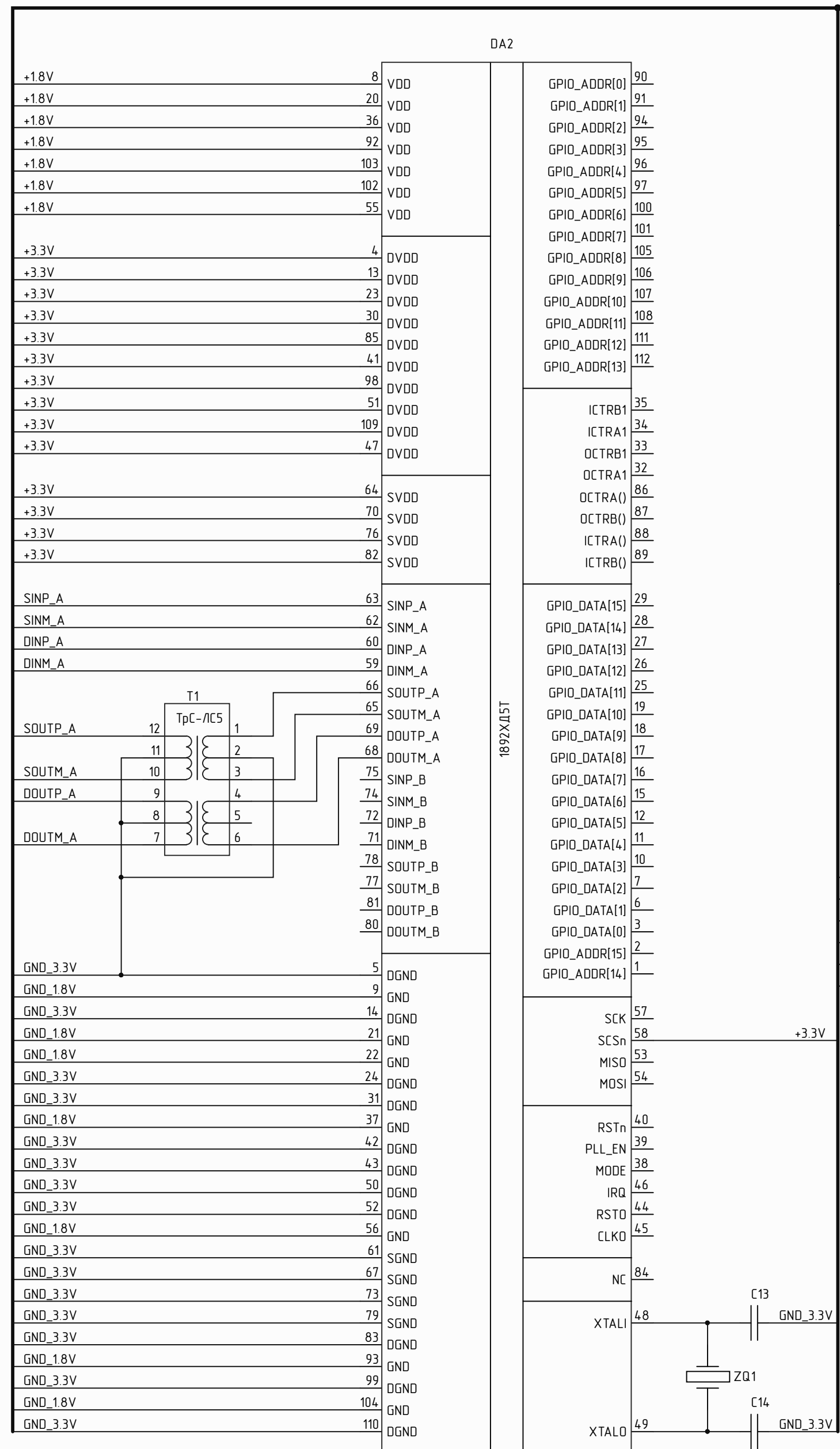
Подп. и дата

Имб. № дубл.

Взам. инб. №

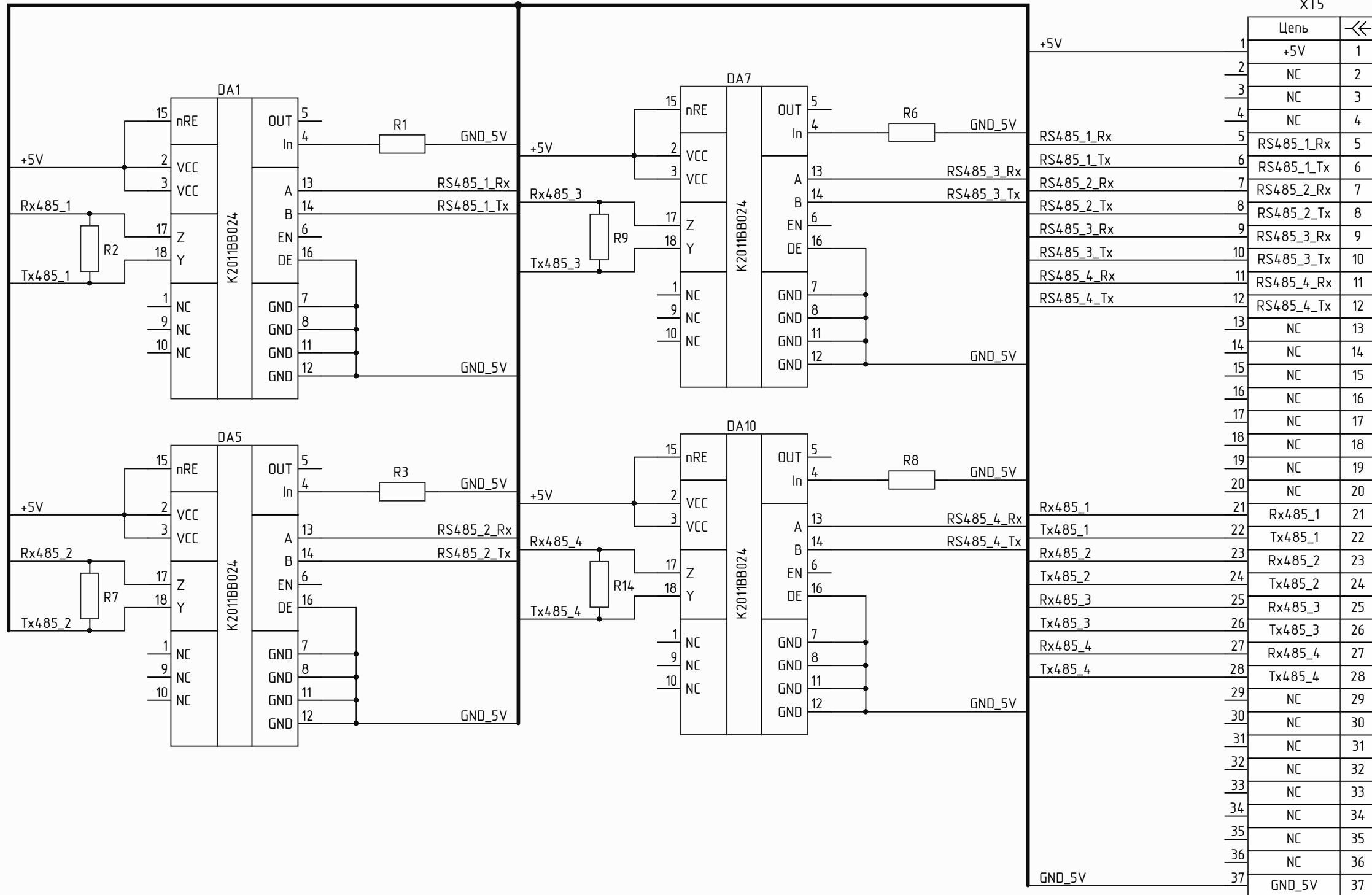
Подп. и дата

Имб. № подл.



Цепь	№	Цепь	№
+27V	1	+27V	1
SINP_A	2	SINP_A	2
M1A_T_N	3	M1A_T_N	3
SINM_A	4	SINM_A	4
+5V	5	+5V	5
	6	NC	6
	7	NC	7
	8	NC	8
	9	NC	9
	10	NC	10
	11	NC	11
	12	NC	12
M2A_T_P	13	M2A_T_P	13
RXEN[A]	14	RXEN[A]	14
RXEN[B]	15	RXEN[B]	15
RX_[A]	16	RX_[A]	16
RX_[B]	17	RX_[B]	17
RX[A]	18	RX[A]	18
RX[B]	19	RX[B]	19
	20	NC	20
	21	NC	21
	22	NC	22
	23	NC	23
	24	NC	24
	25	NC	25
	26	NC	26
	27	NC	27
GND_5V	28	GND_5V	28
SOUTP_A	29	SOUTP_A	29
SOUTM_A	30	SOUTM_A	30
DOUTP_A	31	DOUTP_A	31
DOUTM_A	32	DOUTM_A	32
M1A_T_P	33	M1A_T_P	33
GND	34	GND	34
DINP_A	35	DINP_A	35
M2A_T_N	36	M2A_T_N	36
DINM_A	37	DINM_A	37

27.03.04.2020.097.24.06 33					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист 2 Листов 7 ЮрГУ Кафедра Автоматики
Разраб.	Плеханов Д.Г.				
Проб.	Голощанов С.С.				
Т.контр.	Базарнов С.С.				
И.контр.	Елисеев В.П.				
Умб.	Голощанов С.С.				



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

27.03.04.2020.097.24.06 ЭЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Проб.		Голощапов С.С.		
Т.контр.		Баграмов С.С.		
Н.контр.		Елисеев В.П.		
Утв.		Голощапов С.С.		
Модуль-3 БПЦП Схема электрическая принципиальная				
Лист 3		Листов 7		
ЮУрГУ Кафедра Автоматики				

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

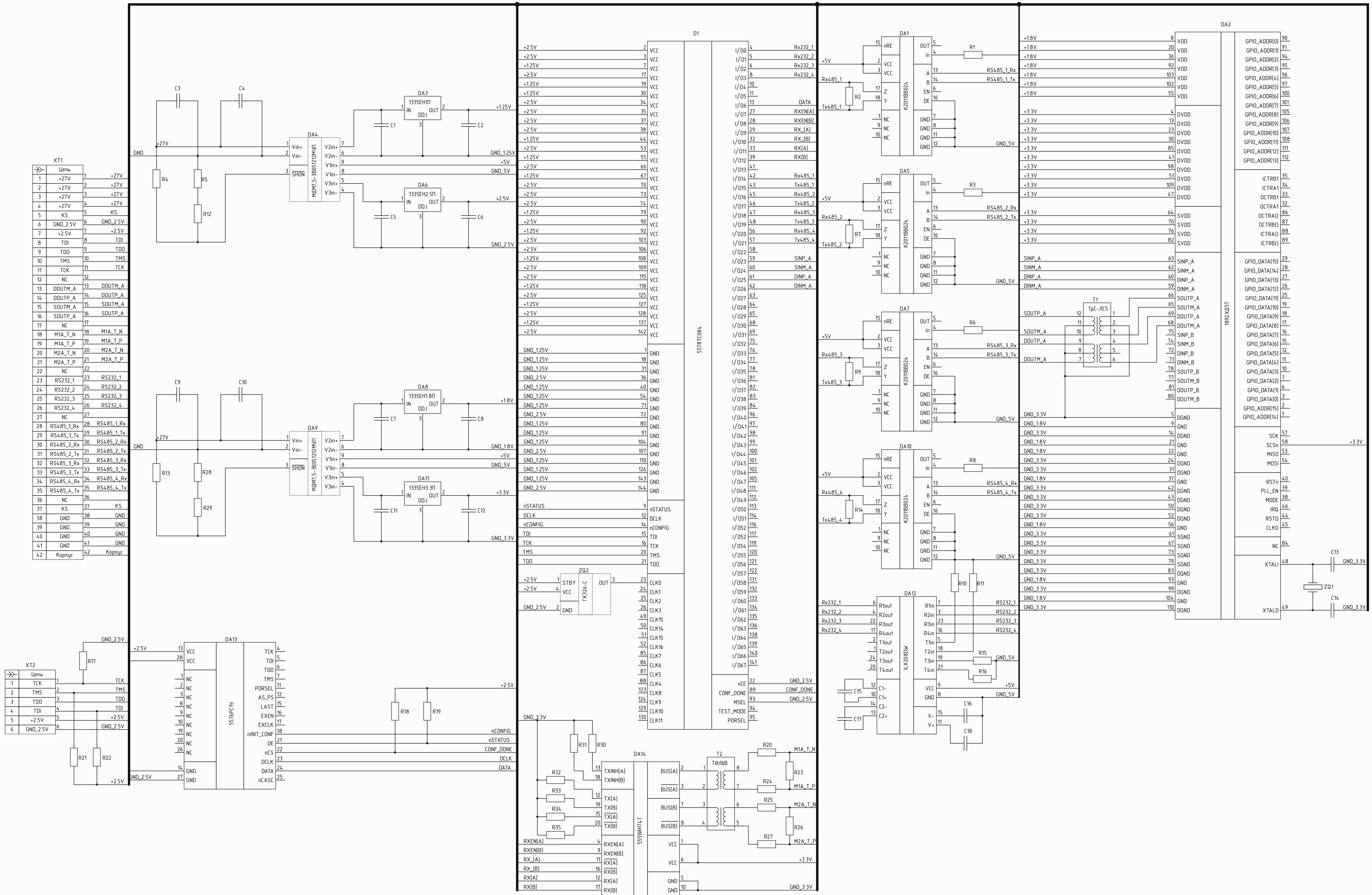
Инд. № подл.

XT6		
	Цепь	→→
+27V	+27V	1
SINP_A	SINP_A	2
M1A_T_N	M1A_T_N	3
SINM_A	SINM_A	4
RS485_1_Rx	RS485_1_Rx	5
RS485_1_Tx	RS485_1_Tx	6
RS485_2_Rx	RS485_2_Rx	7
RS485_2_Tx	RS485_2_Tx	8
RS485_3_Rx	RS485_3_Rx	9
RS485_3_Tx	RS485_3_Tx	10
RS485_4_Rx	RS485_4_Rx	11
RS485_4_Tx	RS485_4_Tx	12
M2A_T_P	M2A_T_P	13
RXEN[A]	RXEN[A]	14
RXEN[B]	RXEN[B]	15
RX_[A]	RX_[A]	16
RX_[B]	RX_[B]	17
RX[A]	RX[A]	18
RX[B]	RX[B]	19
	NC	20
Rx485_1	Rx485_1	21
Tx485_1	Tx485_1	22
Rx485_2	Rx485_2	23
Tx485_2	Tx485_2	24
Rx485_3	Rx485_3	25
Tx485_3	Tx485_3	26
Rx485_4	Rx485_4	27
Tx485_4	Tx485_4	28
SOUTP_A	SOUTP_A	29
SOUTM_A	SOUTM_A	30
DOUTP_A	DOUTP_A	31
DOUTM_A	DOUTM_A	32
M1A_T_P	M1A_T_P	33
GND	GND	34
DINP_A	DINP_A	35
M2A_T_N	M2A_T_N	36
DINM_A	DINM_A	37

XT7		
	Цепь	→→
+27V	+27V	1
SINP_A	SINP_A	2
M1A_T_N	M1A_T_N	3
SINM_A	SINM_A	4
+5V	+5V	5
	NC	6
	NC	7
	NC	8
	NC	9
	NC	10
	NC	11
	NC	12
M2A_T_P	M2A_T_P	13
RXEN[A]	RXEN[A]	14
RXEN[B]	RXEN[B]	15
RX_[A]	RX_[A]	16
RX_[B]	RX_[B]	17
RX[A]	RX[A]	18
RX[B]	RX[B]	19
	NC	20
	NC	21
	NC	22
	NC	23
	NC	24
	NC	25
	NC	26
	NC	27
GND_5V	GND_5V	28
SOUTP_A	SOUTP_A	29
SOUTM_A	SOUTM_A	30
DOUTP_A	DOUTP_A	31
DOUTM_A	DOUTM_A	32
M1A_T_P	M1A_T_P	33
GND	GND	34
DINP_A	DINP_A	35
M2A_T_N	M2A_T_N	36
DINM_A	DINM_A	37

XT8		
	Цепь	→→
+5V	+5V	1
	NC	2
	NC	3
	NC	4
RS485_1_Rx	RS485_1_Rx	5
RS485_1_Tx	RS485_1_Tx	6
RS485_2_Rx	RS485_2_Rx	7
RS485_2_Tx	RS485_2_Tx	8
RS485_3_Rx	RS485_3_Rx	9
RS485_3_Tx	RS485_3_Tx	10
RS485_4_Rx	RS485_4_Rx	11
RS485_4_Tx	RS485_4_Tx	12
	NC	13
	NC	14
	NC	15
	NC	16
	NC	17
	NC	18
	NC	19
	NC	20
Rx485_1	Rx485_1	21
Tx485_1	Tx485_1	22
Rx485_2	Rx485_2	23
Tx485_2	Tx485_2	24
Rx485_3	Rx485_3	25
Tx485_3	Tx485_3	26
Rx485_4	Rx485_4	27
Tx485_4	Tx485_4	28
	NC	29
	NC	30
	NC	31
	NC	32
	NC	33
	NC	34
	NC	35
	NC	36
GND_5V	GND_5V	37

27.03.04.2020.097.24.06 ЭЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Проб.		Голощанов С.С.		
Т.контр.		Баграмов С.С.		
Н.контр.		Елисеев В.П.		
Утв.		Голощанов С.С.		
Соединительная плата БПЦП Схема электрическая принципиальная				
Лист 4		Листов 7		
ЮУрГУ Кафедра Автоматики				



Цепь	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
XT1	+27V	+27V	+27V	+27V	KS	GND_2.5V	+2.5V	T0I	T0D	TMS	TCK	NC	DOUTM_A	DOUTP_A	SOUTM_A	SOUTP_A	NC	M1A_T_N	M1A_T_P	M2A_T_N	M2A_T_P	NC	RS232_1	RS232_2	RS232_3	RS232_4	NC	RS485_1_Rx	RS485_1_Tx	RS485_2_Rx	RS485_2_Tx	RS485_3_Rx	RS485_3_Tx	RS485_4_Rx	RS485_4_Tx	NC	KS	GND	GND	GND	GND	Копусь

Цепь	1	2	3	4	5	6
XT2	TCK	TMS	T0D	T0I	+2.5V	GND_2.5V

27.03.04.2020.097.24.06.33								
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	Модульная сборка блока приема цифровых потоков Схема электрическая принципиальная	Лист	Масса	Масштаб
Разраб	Плеханов Д.Г.					5		7
Проб	Голощапов С.С.							
Т.контр	Вазрамов С.С.							
И.контр	Елисеев В.П.							
Умб	Толочапов С.С.							

Перв. измен. / Справ. № / Подп. и дата / Имя, № док. / Взам. инв. № / Подп. и дата / Имя, № док. / Формат А1

Продолжение приложения А

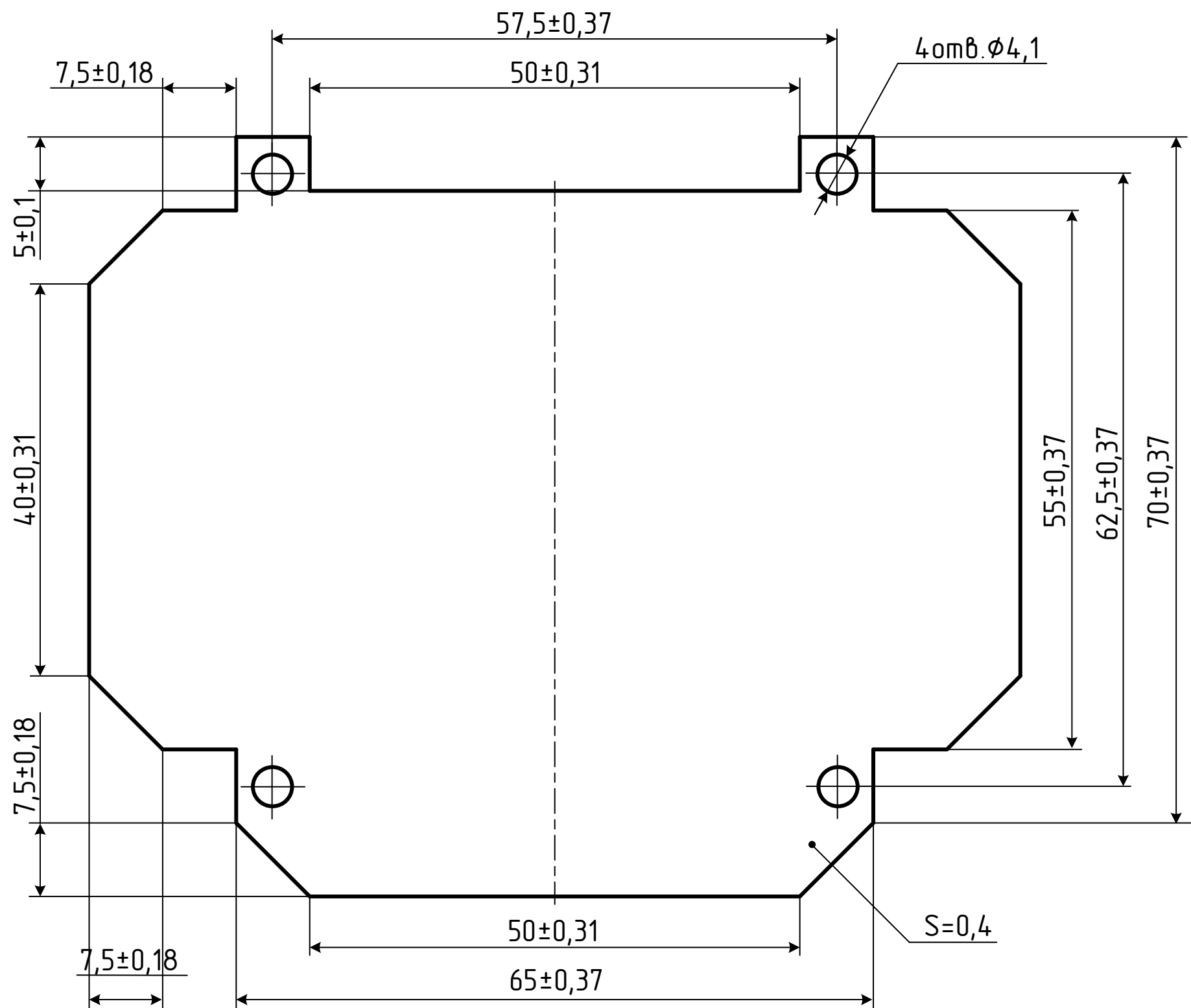
Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Вилки</u>		
ХТ6-ХТ8	РПС1-М-37Ш	3	
	<u>Кварцевый генератор</u>		
ZQ2	50 МГц ±2% – ГК326-С	1	
	<u>Кварцевый резонатор</u>		
ZQ1	50 МГц ±2% – РК 597	1	
	<u>Конденсаторы</u>		
С1, С5, С7, С11	0.1 мкФ ±2% – К10-17б	4	
С2-С4, С6, С8-С10, С12, С15-С18	1 мкФ ±2% – К10-17б	12	
С13, С14	50 нФ ±2% – К10-17б	2	
	<u>Резисторы</u>		
R1, R3, R6, R8, R10, R11, R15-R19, R21, R22, R30-R35	10 кОм ±2% – P1-12	19	
R2, R7, R9, R14, R23, R26	36 Ом ±2% – P1-12	6	
R4, R13	1 кОм ±2% – P1-12	2	
R5, R12, R28, R29	2.2 кОм ±2% – P1-12	4	
R20, R24, R25, R27	56 Ом ±2% – P1-12	4	
	<u>Розетки</u>		
ХТ1	СНП339-42РП11-1Б	1	
ХТ2	394-6ВП21(3)-1	1	
ХТ3-ХТ5	РПС1-М-37Г	3	

27.03.04.2020.097.204.06 ЭЗ ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.	Плеханов Д.Г.			
Провер.	Голощанов С.С.			
Т. Контр.	Базрамов С.С.			
Н. Контр.	Елисеев В.П.			
Учб.	Голощанов С.С.			
Блок приема цифровых потоков			Лит.	Лист
			Д	6
			Листов 7	
ЮУрГУ Кафедра Автоматики				

Окончание приложения А

Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Примечание
	<u>Микросхемы</u>		
D1	5578TC084	1	
DA1, DA5, DA7, DA10	K2011BB024	4	
DA2	1892XD5T	1	
DA3	1335EH1П	1	
DA4, DA9	МДМ7,5-3В051212МУП	2	
DA6	1335EH2.5П	1	
DA8	1335EH1.8П	1	
DA11	1335EH3.3П	1	
DA12	ILX208DW	1	
DA13	5576PC1Y	1	
DA14	5559IH74T	1	
	<u>Трансформаторы</u>		
T1	ТрС-ЛС5	1	
T2	ТИЛ6В	1	

27.03.04.2020.097.204.06 ЭЗ ПЭ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Провер.		Голощанов С.С.		
Т. Контр.		Базрамов С.С.		
Н. Контр.		Елисеев В.П.		
Утв.		Голощанов С.С.		
Блок приема цифровых потоков			Лит.	Лист
			Д	Листов
			7	7
ЮУрГУ Кафедра Автоматики				



Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

Изм.	Лит	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Пров.		Голощанов С.С.		
Т. контр.		Баграмов С.С.		
Н. контр.		Елисеев В.П.		
Утв.		Голощанов С.С.		

27.03.04.2020.097.24.06 СБ

Модульная плата

Лит	Масса	Масштаб
Д		2:1
Лист	1	Литов 1

ЮУрГУ
Кафедра Автоматики

27.03.04.2020.097.24.06 СБ

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Перв. примен.

Справ. №

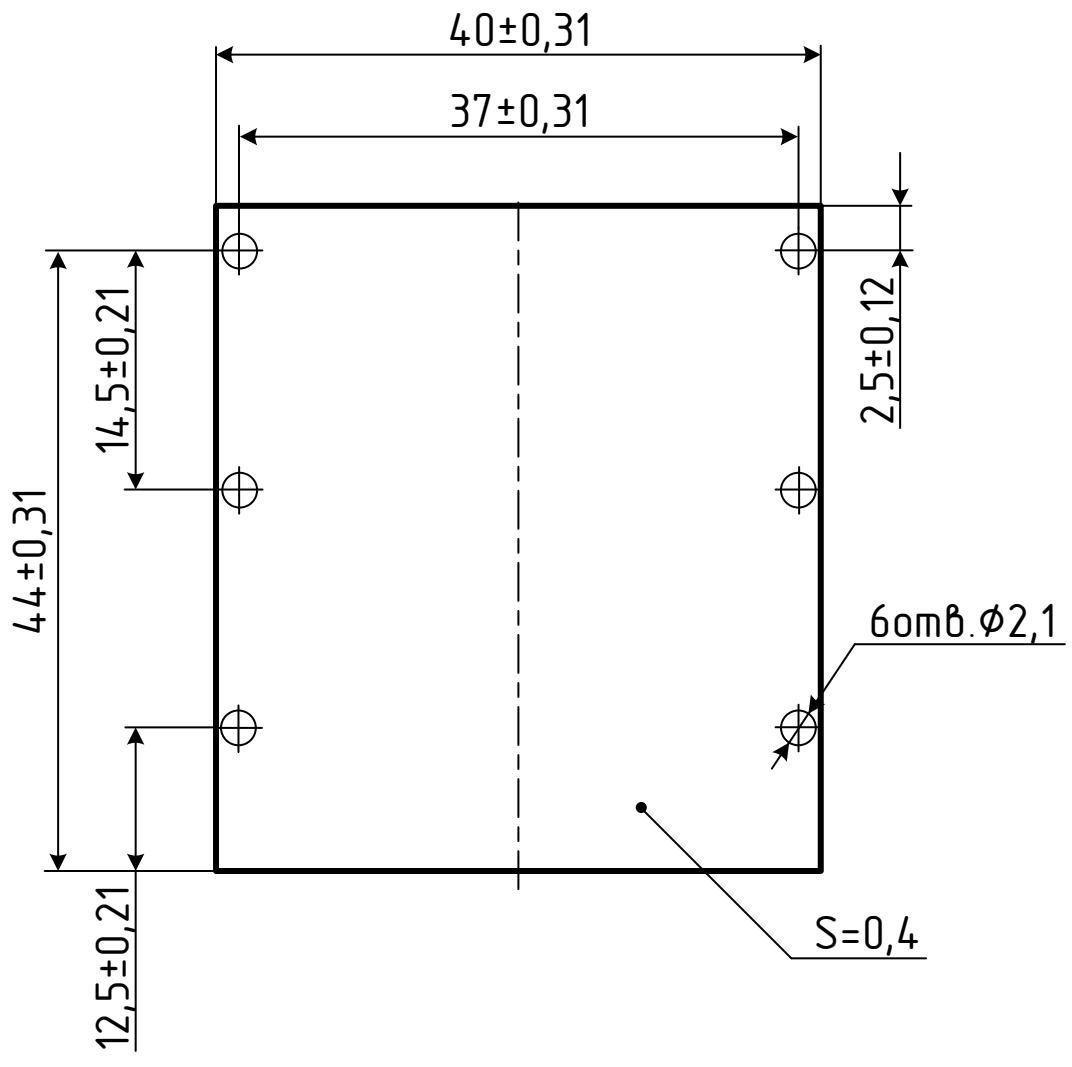
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



27.03.04.2020.097.24.06 СБ

Изм.	Лит	№ докум.	Подпись	Дата
Разраб.		Плеханов Д.Г.		
Пров.		Голощанов С.С.		
Т. контр.		Базрамов С.С.		
Н. контр.		Елисеев В.П.		
Утв.		Голощанов С.С.		

Плата соединительная

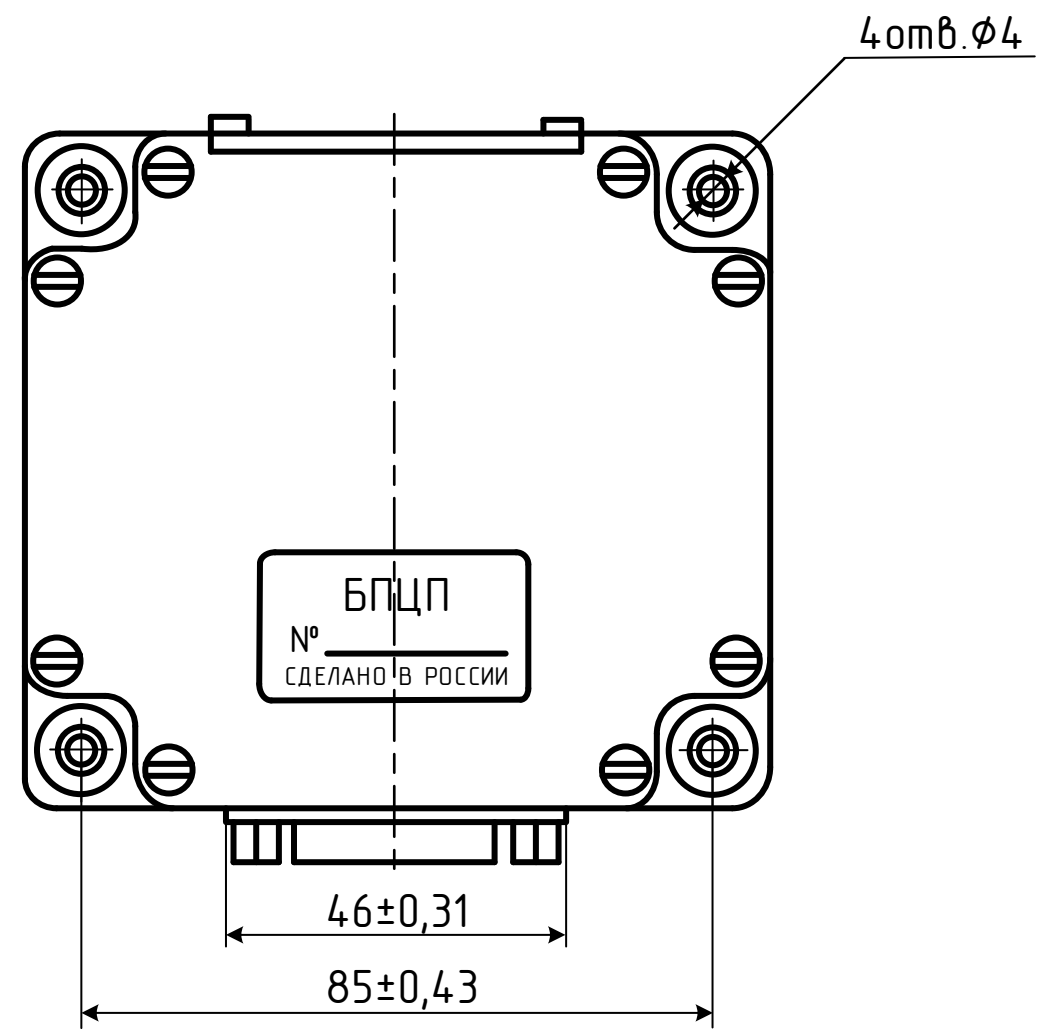
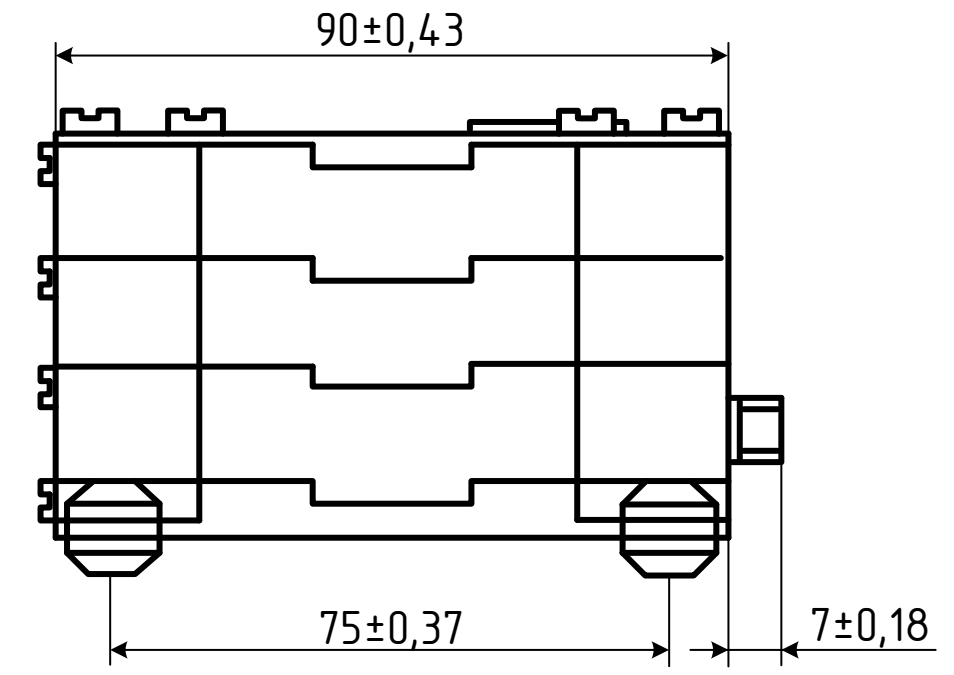
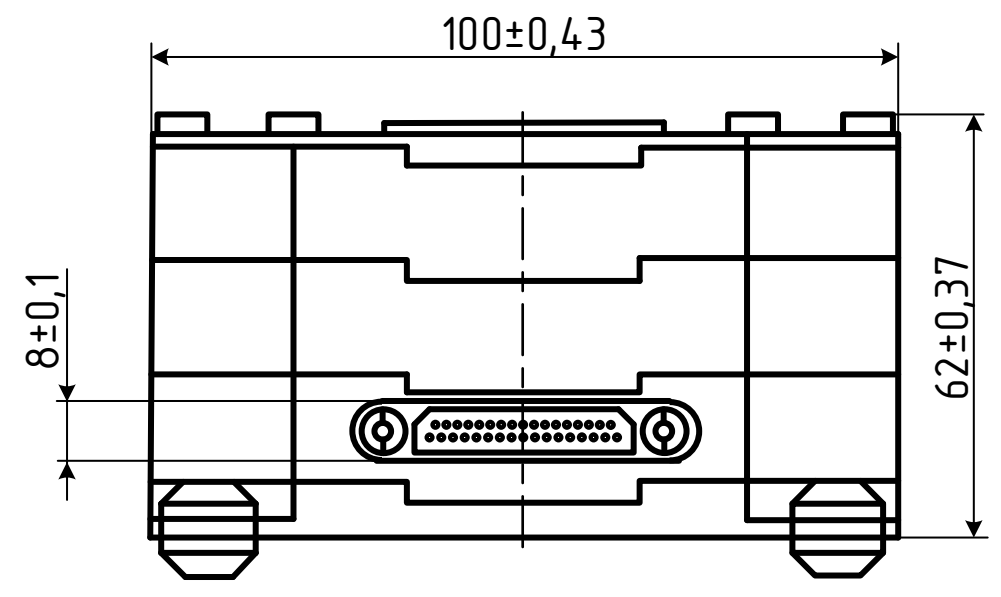
Лит	Масса	Масштаб
Д		2:1
Лист	1	Литов 1

ЮУрГУ
Кафедра Автоматики

27.03.04.2020.097.24.06 СБ

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

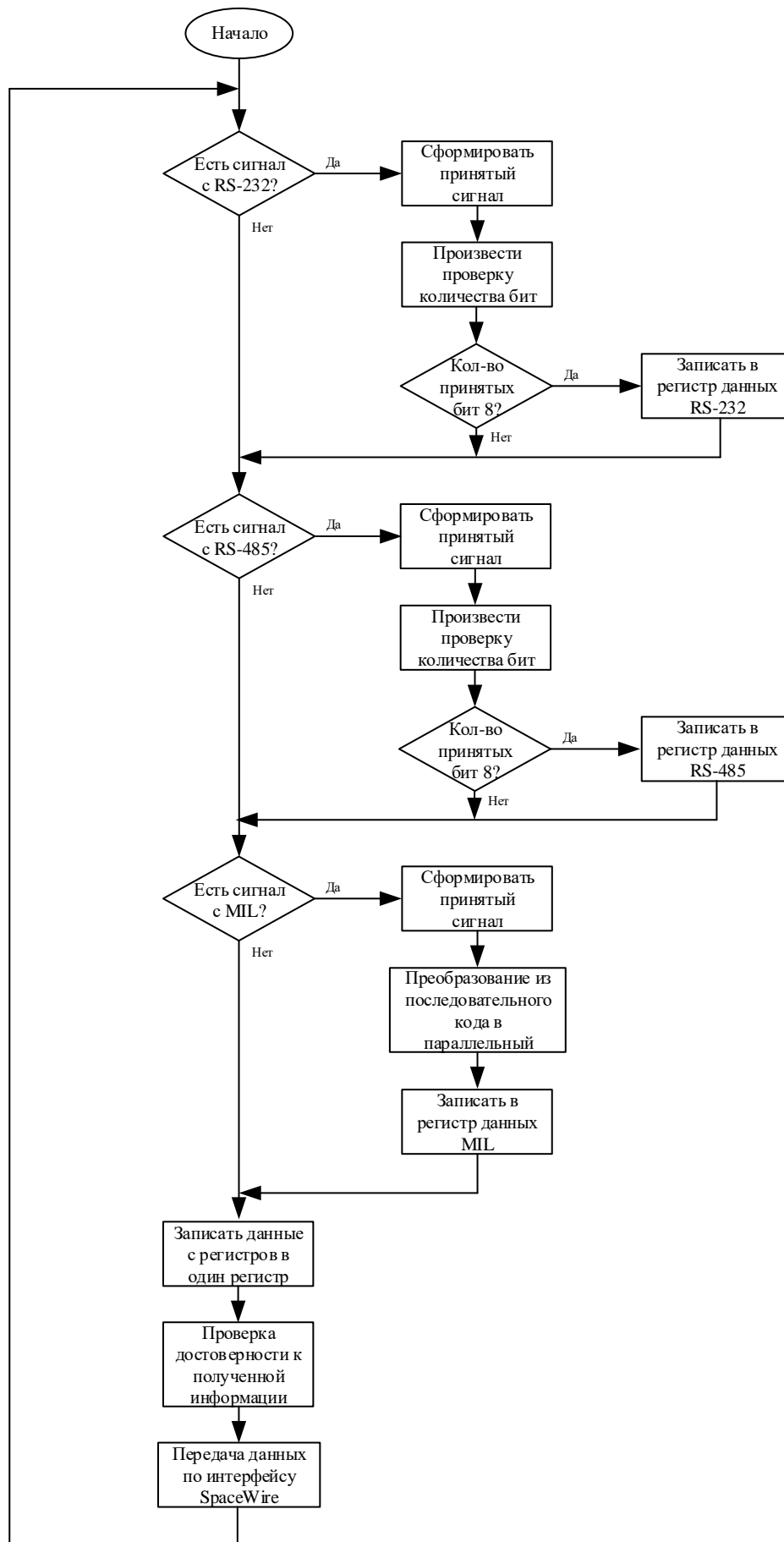
Перв. примен.
Справ. №
Подп. и дата
Инв. № дубл.
Взам. инв. №
Подп. и дата
Инв. № подл.



БПЦП
№ _____
СДЕЛАНО В РОССИИ

					27.03.04.2020.097.24.06 СБ			
Изм.	Лит	№ докум.	Подпись	Дата	Корпус БПЦП	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.		Плеханов Д.Г.				Д	0,474	1:1
Пров.		Голощанов С.С.				Лист	1	Литов
Т. контр.		Баграмов С.С.						1
Н. контр.		Елисеев В.П.			СВАМз6 ГОСТ 4784-97	ЮУрГУ Кафедра Автоматики		
Утв.		Голощанов С.С.			Копировал			Формат А3

(Блок-схема алгоритма работы программы)



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

(Текст программы)

```

//Программный код SpiceWire
module SpiceWire
(
    //Передача данных по SpiceWire
    SINP_A, //Строб данных, прямой
    SINM_A, //Строб данных, инверсный
    DINP_A, //Данные, прямой

    DINM_A, //Данные, инверсный
    CLK, // Вход тактовой частоты 50 МГц  скорость передачи
    составляет 50x4=200Мбит/сек.
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "59" *) output SINP_A;
    (* chip_pin = "60" *) output SINM_A;
    (* chip_pin = "61" *) output DINP_A;
    (* chip_pin = "62" *) output DINM_A;
    (* chip_pin = "10, 11, 41, 58, 63, 64, 65, 68, 69, 75, 76,
77, 78, 81, 82, 83, 84, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 105, 111,
112, 113, 114, 116, 117, 119, 120, 121, 122, 131, 132, 133, 134,
135, 136, 138, 139, 140, 141" *) output
    (* chip_pin = "23" *) input CLK;
    reg [7:0] Rx_232_1_Reg;
    reg [7:0] Rx_232_2_Reg;
    reg [7:0] Rx_232_3_Reg;
    reg [7:0] Rx_232_4_Reg;
    reg [7:0] Rx_485_1_Reg;
    reg [7:0] Rx_485_2_Reg;
    reg [7:0] Rx_485_3_Reg;
    reg [7:0] Rx_485_4_Reg;
    reg [7:0] MIL_A_Reg;
    reg [7:0] MIL_B_Reg;
    reg [79:0]SpiceWire_Reg;
    reg [79:0]OldSpiceWire_Reg;
    reg [79:0]CRC80_0;
    reg [79:0]CRC80_1;
    reg [79:0]CRC80_2;
    reg [79:0]CRC80_3;
    reg [79:0]Receiver_reg80;
    reg [11:0]Contr;
    wire [7:0]Tact;
    integer n;
    integer i;
    Rx_232_1(.Rx_232_1_Reg(Rx_232_1_Reg));
    Rx_232_2(.Rx_232_2_Reg(Rx_232_2_Reg));
    Rx_232_3(.Rx_232_3_Reg(Rx_232_3_Reg));
    Rx_232_4(.Rx_232_4_Reg(Rx_232_4_Reg));
    Rx_485_1(.Rx_485_1_Reg(Rx_485_1_Reg));

    Rx_485_2(.Rx_485_2_Reg(Rx_485_2_Reg));

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		109

```

Rx_485_3(.Rx_485_3_Reg(Rx_485_3_Reg));
Rx_485_4(.Rx_485_4_Reg(Rx_485_4_Reg));
MIL_A(.MIL_A_Reg(MIL_A_Reg));
MIL_B(.MIL_B_Reg(MIL_B_Reg));
assign SINP_A = Receiver_reg80[79:71];
assign Tact =
{SINP_A[0],SINP_A[1],SINP_A[2],SINP_A[3],SINP_A[4],SINP_A[5],SIN
P_A[6],SINP_A[7]};
// Подсчет кол-ва тактов
always @(posedge CLK)
    if(DINM_A)
        Contr <= 0;
    else if(DINP_A)
        Contr <= Contr + 1;
    assign SINM_A = Contr[0] & DINP_A;
always @(posedge CLK)
    if(SINM_A)
    begin
        if(Contr < 16)
            OldSpiceWire_Reg <= 80'hFFFFFFFF;
        else
            OldSpiceWire_Reg <= nextCRC32_D80(Tact ,
OldSpiceWire_Reg);
        end
// Данные со всех регистров
always @ (posedge CLK)
    for(n = 0; n < 80; n = n + 1)
    begin
        if (n < 8)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_232_1_Reg[n];
        else if (n < 16)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_232_2_Reg[n-7];
        else if (n < 24)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_232_3_Reg[n-15];
        else if (n < 32)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_232_4_Reg[n-23];
        else if (n < 40)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_485_1_Reg[n-31];
        else if (n < 48)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_485_2_Reg[n-39];
        else if (n < 56)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_485_3_Reg[n-47];
        else if (n < 64)
            SpiceWire_Reg[n] <= Rx_485_4_Reg[n-55];
        else if (n < 72)
            SpiceWire_Reg[n] <= MIL_A_Reg[n-63];
        else if (n < 80)
            SpiceWire_Reg[n] <= MIL_B_Reg[n-71];
    end
end

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		110

```

//Обратный бит SpiceWire_Reg
always @ (posedge CLK)
begin
    for ( i=0; i < 80; i=i+1 )
        SpiceWire_Reg[i] = OldSpiceWire_Reg[79-i];
    end
always @(posedge CLK)
if(SINM_A)
begin
    CRC80_3 <= CRC80_2;
    CRC80_2 <= CRC80_1;
    CRC80_1 <= CRC80_0;
    CRC80_0 <= SpiceWire_Reg;
end
//Сравнение регистров
assign DINM_A = (CRC80_3^Receiver_reg80);
// Полином:  $x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x^1 + 1$ 
// Ширина данных: 80
// Первый последовательный бит - D[79]
function [31:0] nextCRC32_D80;
input [79:0] Data;
input [31:0] crc;
reg [79:0] d;
reg [31:0] c;
reg [31:0] newcrc;
begin
d = Data;
c = crc;
newcrc[0] = d[79] ^ d[73] ^ d[72] ^ d[68] ^ d[67] ^ d[66] ^
d[65] ^ d[63] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[55] ^ d[54] ^ d[53] ^
d[50] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[45] ^ d[44] ^ d[37] ^ d[34] ^ d[32] ^
d[31] ^ d[30] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[16] ^
d[12] ^ d[10] ^ d[9] ^ d[6] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[2] ^ c[5] ^ c[6] ^
c[7] ^ c[10] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[15] ^ c[17] ^ c[18] ^ c[19] ^
c[20] ^ c[24] ^ c[25] ^ c[31];
newcrc[1] = d[79] ^ d[74] ^ d[72] ^ d[69] ^ d[65] ^ d[64] ^
d[63] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[56] ^ d[53] ^ d[51] ^
d[50] ^ d[49] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[44] ^ d[38] ^ d[37] ^ d[35] ^
d[34] ^ d[33] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[24] ^ d[17] ^ d[16] ^ d[13] ^
d[12] ^ d[11] ^ d[9] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[1] ^ c[2] ^
c[3] ^ c[5] ^ c[8] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[15] ^
c[16] ^ c[17] ^ c[21] ^ c[24] ^ c[26] ^ c[31];
newcrc[2] = d[79] ^ d[75] ^ d[72] ^ d[70] ^ d[68] ^ d[67] ^
d[64] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[55] ^ d[53] ^ d[52] ^ d[51] ^
d[44] ^ d[39] ^ d[38] ^ d[37] ^ d[36] ^ d[35] ^ d[32] ^ d[31] ^
d[30] ^ d[26] ^ d[24] ^ d[18] ^ d[17] ^ d[16] ^ d[14] ^ d[13] ^
d[9] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[2] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[3] ^ c[4] ^

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

```

c[5] ^ c[7] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[16] ^ c[19] ^ c[20] ^
c[22] ^ c[24] ^ c[27] ^ c[31];
    newcrc[3] = d[76] ^ d[73] ^ d[71] ^ d[69] ^ d[68] ^ d[65] ^
d[60] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[56] ^ d[54] ^ d[53] ^ d[52] ^ d[45] ^
d[40] ^ d[39] ^ d[38] ^ d[37] ^ d[36] ^ d[33] ^ d[32] ^ d[31] ^
d[27] ^ d[25] ^ d[19] ^ d[18] ^ d[17] ^ d[15] ^ d[14] ^ d[10] ^
d[9] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[3] ^ d[2] ^ d[1] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^
c[8] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[17] ^ c[20] ^ c[21] ^ c[23] ^
c[25] ^ c[28];
    newcrc[4] = d[79] ^ d[77] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[70] ^ d[69] ^
d[68] ^ d[67] ^ d[65] ^ d[63] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[50] ^
d[48] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[45] ^ d[44] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[39] ^
d[38] ^ d[33] ^ d[31] ^ d[30] ^ d[29] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[20] ^
d[19] ^ d[18] ^ d[15] ^ d[12] ^ d[11] ^ d[8] ^ d[6] ^ d[4] ^
d[3] ^ d[2] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[2] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[15]
^ c[17] ^ c[19] ^ c[20] ^ c[21] ^ c[22] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[29]
^ c[31];
    newcrc[5] = d[79] ^ d[78] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[72] ^
d[71] ^ d[70] ^ d[69] ^ d[67] ^ d[65] ^ d[64] ^ d[63] ^ d[61] ^
d[59] ^ d[55] ^ d[54] ^ d[53] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[46] ^
d[44] ^ d[42] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[39] ^ d[37] ^ d[29] ^ d[28] ^
d[24] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[19] ^ d[13] ^ d[10] ^ d[7] ^ d[6] ^
d[5] ^ d[4] ^ d[3] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[5] ^
c[6] ^ c[7] ^ c[11] ^ c[13] ^ c[15] ^ c[16] ^ c[17] ^ c[19] ^
c[21] ^ c[22] ^ c[23] ^ c[24] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[27] ^ c[30] ^
c[31];
    newcrc[6] = d[79] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[72] ^
d[71] ^ d[70] ^ d[68] ^ d[66] ^ d[65] ^ d[64] ^ d[62] ^ d[60] ^
d[56] ^ d[55] ^ d[54] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[47] ^ d[45] ^
d[43] ^ d[42] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[38] ^ d[30] ^ d[29] ^ d[25] ^
d[22] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[14] ^ d[11] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[6] ^
d[5] ^ d[4] ^ d[2] ^ d[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[6] ^ c[7] ^
c[8] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[16] ^ c[17] ^ c[18] ^ c[20] ^ c[22] ^
c[23] ^ c[24] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[27] ^ c[28] ^ c[31];
    newcrc[7] = d[79] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[71] ^
d[69] ^ d[68] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[54] ^ d[52] ^
d[51] ^ d[50] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[45] ^ d[43] ^ d[42] ^ d[41] ^
d[39] ^ d[37] ^ d[34] ^ d[32] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[25] ^ d[24] ^
d[23] ^ d[22] ^ d[21] ^ d[16] ^ d[15] ^ d[10] ^ d[8] ^ d[7] ^
d[5] ^ d[3] ^ d[2] ^ d[0] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[6] ^ c[8] ^
c[9] ^ c[10] ^ c[12] ^ c[20] ^ c[21] ^ c[23] ^ c[26] ^ c[27] ^
c[28] ^ c[29] ^ c[31];
    newcrc[8] = d[79] ^ d[78] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[73] ^
d[70] ^ d[69] ^ d[68] ^ d[67] ^ d[66] ^ d[65] ^ d[63] ^ d[60] ^
d[59] ^ d[57] ^ d[54] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[46] ^ d[45] ^
d[43] ^ d[42] ^ d[40] ^ d[38] ^ d[37] ^ d[35] ^ d[34] ^ d[33] ^
d[32] ^ d[31] ^ d[28] ^ d[23] ^ d[22] ^ d[17] ^ d[12] ^ d[11] ^
d[10] ^ d[8] ^ d[4] ^ d[3] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^
c[6] ^ c[9] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[15] ^ c[17] ^ c[18] ^ c[19] ^

```

```

c[20] ^ c[21] ^ c[22] ^ c[25] ^ c[27] ^ c[28] ^ c[29] ^ c[30] ^
c[31];
newcrc[9] = d[79] ^ d[78] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[74] ^ d[71] ^
d[70] ^ d[69] ^ d[68] ^ d[67] ^ d[66] ^ d[64] ^ d[61] ^ d[60] ^
d[58] ^ d[55] ^ d[53] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[44] ^
d[43] ^ d[41] ^ d[39] ^ d[38] ^ d[36] ^ d[35] ^ d[34] ^ d[33] ^
d[32] ^ d[29] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[18] ^ d[13] ^ d[12] ^ d[11] ^
d[9] ^ d[5] ^ d[4] ^ d[2] ^ d[1] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[7] ^
c[10] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[16] ^ c[18] ^ c[19] ^ c[20] ^ c[21] ^
c[22] ^ c[23] ^ c[26] ^ c[28] ^ c[29] ^ c[30] ^ c[31];
newcrc[10] = d[78] ^ d[77] ^ d[75] ^ d[73] ^ d[71] ^ d[70] ^
d[69] ^ d[66] ^ d[63] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[56] ^
d[55] ^ d[52] ^ d[50] ^ d[42] ^ d[40] ^ d[39] ^ d[36] ^ d[35] ^
d[33] ^ d[32] ^ d[31] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[26] ^ d[19] ^ d[16] ^
d[14] ^ d[13] ^ d[9] ^ d[5] ^ d[3] ^ d[2] ^ d[0] ^ c[2] ^ c[4] ^
c[7] ^ c[8] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[15] ^ c[18] ^
c[21] ^ c[22] ^ c[23] ^ c[25] ^ c[27] ^ c[29] ^ c[30];
newcrc[11] = d[78] ^ d[76] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[71] ^ d[70] ^
d[68] ^ d[66] ^ d[65] ^ d[64] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[56] ^
d[55] ^ d[54] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[45] ^ d[44] ^
d[43] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[36] ^ d[33] ^ d[31] ^ d[28] ^ d[27] ^
d[26] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[20] ^ d[17] ^ d[16] ^ d[15] ^ d[14] ^
d[12] ^ d[9] ^ d[4] ^ d[3] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[2] ^ c[3] ^
c[6] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[16] ^ c[17] ^
c[18] ^ c[20] ^ c[22] ^ c[23] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[28] ^ c[30];
newcrc[12] = d[77] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[71] ^ d[69] ^
d[68] ^ d[63] ^ d[61] ^ d[59] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[54] ^ d[53] ^
d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[42] ^ d[41] ^
d[31] ^ d[30] ^ d[27] ^ d[24] ^ d[21] ^ d[18] ^ d[17] ^ d[15] ^
d[13] ^ d[12] ^ d[9] ^ d[6] ^ d[5] ^ d[4] ^ d[2] ^ d[1] ^ d[0] ^
c[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[11] ^
c[13] ^ c[15] ^ c[20] ^ c[21] ^ c[23] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[27] ^
c[29];
newcrc[13] = d[78] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[72] ^ d[70] ^
d[69] ^ d[64] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[55] ^ d[54] ^
d[53] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[43] ^ d[42] ^
d[32] ^ d[31] ^ d[28] ^ d[25] ^ d[22] ^ d[19] ^ d[18] ^ d[16] ^
d[14] ^ d[13] ^ d[10] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[5] ^ d[3] ^ d[2] ^ d[1]
^ c[0] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[7] ^ c[9] ^ c[10]
^ c[12] ^ c[14] ^ c[16] ^ c[21] ^ c[22] ^ c[24] ^ c[26] ^ c[27]
^ c[28] ^ c[30];
newcrc[14] = d[79] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[73] ^ d[71] ^
d[70] ^ d[65] ^ d[63] ^ d[61] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[56] ^ d[55] ^
d[54] ^ d[53] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[44] ^ d[43] ^
d[33] ^ d[32] ^ d[29] ^ d[26] ^ d[23] ^ d[20] ^ d[19] ^ d[17] ^
d[15] ^ d[14] ^ d[11] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[4] ^ d[3] ^ d[2]
^ c[0] ^ c[1] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[10]
^ c[11] ^ c[13] ^ c[15] ^ c[17] ^ c[22] ^ c[23] ^ c[25] ^ c[27]
^ c[28] ^ c[29] ^ c[31];

```


newcrc[15] = d[78] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[74] ^ d[72] ^ d[71] ^
d[66] ^ d[64] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[55] ^
d[54] ^ d[53] ^ d[52] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[45] ^ d[44] ^ d[34] ^
d[33] ^ d[30] ^ d[27] ^ d[24] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[18] ^ d[16] ^
d[15] ^ d[12] ^ d[9] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[5] ^ d[4] ^ d[3] ^ c[1] ^
c[2] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[11] ^ c[12] ^
c[14] ^ c[16] ^ c[18] ^ c[23] ^ c[24] ^ c[26] ^ c[28] ^ c[29] ^
c[30];

newcrc[16] = d[78] ^ d[77] ^ d[75] ^ d[68] ^ d[66] ^ d[57] ^
d[56] ^ d[51] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[44] ^ d[37] ^ d[35] ^
d[32] ^ d[30] ^ d[29] ^ d[26] ^ d[24] ^ d[22] ^ d[21] ^ d[19] ^
d[17] ^ d[13] ^ d[12] ^ d[8] ^ d[5] ^ d[4] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[3]
^ c[8] ^ c[9] ^ c[18] ^ c[20] ^ c[27] ^ c[29] ^ c[30];

newcrc[17] = d[79] ^ d[78] ^ d[76] ^ d[69] ^ d[67] ^ d[58] ^
d[57] ^ d[52] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[45] ^ d[38] ^ d[36] ^
d[33] ^ d[31] ^ d[30] ^ d[27] ^ d[25] ^ d[23] ^ d[22] ^ d[20] ^
d[18] ^ d[14] ^ d[13] ^ d[9] ^ d[6] ^ d[5] ^ d[1] ^ c[0] ^ c[1]
^ c[4] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[19] ^ c[21] ^ c[28] ^ c[30] ^ c[31];

newcrc[18] = d[79] ^ d[77] ^ d[70] ^ d[68] ^ d[59] ^ d[58] ^
d[53] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[46] ^ d[39] ^ d[37] ^ d[34] ^
d[32] ^ d[31] ^ d[28] ^ d[26] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[21] ^ d[19] ^
d[15] ^ d[14] ^ d[10] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[2] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[2]
^ c[5] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[20] ^ c[22] ^ c[29] ^ c[31];

newcrc[19] = d[78] ^ d[71] ^ d[69] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[54] ^
d[51] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[47] ^ d[40] ^ d[38] ^ d[35] ^ d[33] ^
d[32] ^ d[29] ^ d[27] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[22] ^ d[20] ^ d[16] ^
d[15] ^ d[11] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[3] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[6] ^
c[11] ^ c[12] ^ c[21] ^ c[23] ^ c[30];

newcrc[20] = d[79] ^ d[72] ^ d[70] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[55] ^
d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[48] ^ d[41] ^ d[39] ^ d[36] ^ d[34] ^
d[33] ^ d[30] ^ d[28] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[23] ^ d[21] ^ d[17] ^
d[16] ^ d[12] ^ d[9] ^ d[8] ^ d[4] ^ c[0] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^
c[7] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[22] ^ c[24] ^ c[31];

newcrc[21] = d[73] ^ d[71] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[56] ^ d[53] ^
d[52] ^ d[51] ^ d[49] ^ d[42] ^ d[40] ^ d[37] ^ d[35] ^ d[34] ^
d[31] ^ d[29] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[24] ^ d[22] ^ d[18] ^ d[17] ^
d[13] ^ d[10] ^ d[9] ^ d[5] ^ c[1] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[8] ^
c[13] ^ c[14] ^ c[23] ^ c[25];

newcrc[22] = d[79] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[68] ^ d[67] ^ d[66] ^
d[65] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[55] ^ d[52] ^
d[48] ^ d[47] ^ d[45] ^ d[44] ^ d[43] ^ d[41] ^ d[38] ^ d[37] ^
d[36] ^ d[35] ^ d[34] ^ d[31] ^ d[29] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[24] ^
d[23] ^ d[19] ^ d[18] ^ d[16] ^ d[14] ^ d[12] ^ d[11] ^ d[9] ^
d[0] ^ c[0] ^ c[4] ^ c[7] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[14]
^ c[17] ^ c[18] ^ c[19] ^ c[20] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[31];

newcrc[23] = d[79] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[72] ^ d[69] ^
d[65] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[56] ^ d[55] ^ d[54] ^ d[50] ^
d[49] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[42] ^ d[39] ^ d[38] ^ d[36] ^ d[35] ^
d[34] ^ d[31] ^ d[29] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[20] ^ d[19] ^ d[17] ^

d[16] ^ d[15] ^ d[13] ^ d[9] ^ d[6] ^ d[1] ^ d[0] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[6] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[17] ^ c[21] ^ c[24] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[27] ^ c[31];

newcrc[24] = d[76] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[73] ^ d[70] ^ d[66] ^ d[63] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[55] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[43] ^ d[40] ^ d[39] ^ d[37] ^ d[36] ^ d[35] ^ d[32] ^ d[30] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[18] ^ d[17] ^ d[16] ^ d[14] ^ d[10] ^ d[7] ^ d[2] ^ d[1] ^ c[0] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[15] ^ c[18] ^ c[22] ^ c[25] ^ c[26] ^ c[27] ^ c[28];

newcrc[25] = d[77] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[74] ^ d[71] ^ d[67] ^ d[64] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[44] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[38] ^ d[37] ^ d[36] ^ d[33] ^ d[31] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[22] ^ d[21] ^ d[19] ^ d[18] ^ d[17] ^ d[15] ^ d[11] ^ d[8] ^ d[3] ^ d[2] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[13] ^ c[14] ^ c[16] ^ c[19] ^ c[23] ^ c[26] ^ c[27] ^ c[28] ^ c[29];

newcrc[26] = d[79] ^ d[78] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[75] ^ d[73] ^ d[67] ^ d[66] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[57] ^ d[55] ^ d[54] ^ d[52] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[47] ^ d[44] ^ d[42] ^ d[41] ^ d[39] ^ d[38] ^ d[31] ^ d[28] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[22] ^ d[20] ^ d[19] ^ d[18] ^ d[10] ^ d[6] ^ d[4] ^ d[3] ^ d[0] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[4] ^ c[6] ^ c[7] ^ c[9] ^ c[11] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[14] ^ c[18] ^ c[19] ^ c[25] ^ c[27] ^ c[28] ^ c[29] ^ c[30] ^ c[31];

newcrc[27] = d[79] ^ d[78] ^ d[77] ^ d[76] ^ d[74] ^ d[68] ^ d[67] ^ d[63] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[56] ^ d[55] ^ d[53] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[48] ^ d[45] ^ d[43] ^ d[42] ^ d[40] ^ d[39] ^ d[32] ^ d[29] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[19] ^ d[11] ^ d[7] ^ d[5] ^ d[4] ^ d[1] ^ c[0] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[5] ^ c[7] ^ c[8] ^ c[10] ^ c[12] ^ c[13] ^ c[14] ^ c[15] ^ c[19] ^ c[20] ^ c[26] ^ c[28] ^ c[29] ^ c[30] ^ c[31];

newcrc[28] = d[79] ^ d[78] ^ d[77] ^ d[75] ^ d[69] ^ d[68] ^ d[64] ^ d[63] ^ d[62] ^ d[61] ^ d[59] ^ d[57] ^ d[56] ^ d[54] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[49] ^ d[46] ^ d[44] ^ d[43] ^ d[41] ^ d[40] ^ d[33] ^ d[30] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[22] ^ d[21] ^ d[20] ^ d[12] ^ d[8] ^ d[6] ^ d[5] ^ d[2] ^ c[1] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[6] ^ c[8] ^ c[9] ^ c[11] ^ c[13] ^ c[14] ^ c[15] ^ c[16] ^ c[20] ^ c[21] ^ c[27] ^ c[29] ^ c[30] ^ c[31];

newcrc[29] = d[79] ^ d[78] ^ d[76] ^ d[70] ^ d[69] ^ d[65] ^ d[64] ^ d[63] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[58] ^ d[57] ^ d[55] ^ d[52] ^ d[51] ^ d[50] ^ d[47] ^ d[45] ^ d[44] ^ d[42] ^ d[41] ^ d[34] ^ d[31] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[25] ^ d[23] ^ d[22] ^ d[21] ^ d[13] ^ d[9] ^ d[7] ^ d[6] ^ d[3] ^ c[2] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[7] ^ c[9] ^ c[10] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[15] ^ c[16] ^ c[17] ^ c[21] ^ c[22] ^ c[28] ^ c[30] ^ c[31];

newcrc[30] = d[79] ^ d[77] ^ d[71] ^ d[70] ^ d[66] ^ d[65] ^ d[64] ^ d[63] ^ d[61] ^ d[59] ^ d[58] ^ d[56] ^ d[53] ^ d[52] ^

```

d[51] ^ d[48] ^ d[46] ^ d[45] ^ d[43] ^ d[42] ^ d[35] ^ d[32] ^
d[30] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[26] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[22] ^
d[14] ^ d[10] ^ d[8] ^ d[7] ^ d[4] ^ c[0] ^ c[3] ^ c[4] ^ c[5] ^
c[8] ^ c[10] ^ c[11] ^ c[13] ^ c[15] ^ c[16] ^ c[17] ^ c[18] ^
c[22] ^ c[23] ^ c[29] ^ c[31];
    newcrc[31] = d[78] ^ d[72] ^ d[71] ^ d[67] ^ d[66] ^ d[65] ^
d[64] ^ d[62] ^ d[60] ^ d[59] ^ d[57] ^ d[54] ^ d[53] ^ d[52] ^
d[49] ^ d[47] ^ d[46] ^ d[44] ^ d[43] ^ d[36] ^ d[33] ^ d[31] ^
d[30] ^ d[29] ^ d[28] ^ d[27] ^ d[25] ^ d[24] ^ d[23] ^ d[15] ^
d[11] ^ d[9] ^ d[8] ^ d[5] ^ c[1] ^ c[4] ^ c[5] ^ c[6] ^ c[9] ^
c[11] ^ c[12] ^ c[14] ^ c[16] ^ c[17] ^ c[18] ^ c[19] ^ c[23] ^
c[24] ^ c[30];
    nextCRC32_D80 = newcrc;
end
endfunction
endmodule

//Подпрограмма приема RS_232_1
module RS_232_1
(
    Rx_232_1, // Прием данных
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "4" *) input Rx_232_1; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "23" *) input CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

    reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
    reg CLK_baud = 1'b0;
    reg [9:0] Rx_232_1_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
    reg [3:0] Rx_232_1_Lock = 3'b111;
    wire Rx_232_1_bit = Rx_232_1;
    wire Tact; // Получение бита за 1 такт
    assign Rx_232_1_bit = ~Rx_232_1_Reg[0];
    assign Tact = (Rx_232_1_Lock[0] & Rx_232_1_Lock[1]) |
(Rx_232_1_Lock[0] & Rx_232_1_Lock[2]) | (Rx_232_1_Lock[1] &
Rx_232_1_Lock[2]);
    always @(posedge CLK)
        begin
            Rx_232_1_Lock <= {Rx_232_1, Rx_232_1_Lock[2:1]};
        end
//Функция формирования сигнала

```

```

always @(posedge CLK)
  begin
    if(Tact & Rx_232_1_bit)
      begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= 0;
      end
    else if(CLK_counter == 0)
      begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= ~CLK_baud;
      end
    else
      begin
        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
      end
  end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
  case(Rx_232_1_Lock)
    4'b0000: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
    4'b0001: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
    4'b1000: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
    4'b1001: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
    4'b1010: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
    4'b1011: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
    4'b1100: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1110; // Бит
5
    4'b1101: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
    4'b1110: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
    4'b1111: if(Rx_232_1_Reg) Rx_232_1_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
    default: Rx_232_1_Lock <= 4'b0000;
  endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_232_2
module RS_232_2
(
  Rx_232_2, // Прием данных
  CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист 117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

```

);
// Обозначение ножек ПЛИС
(* chip_pin = "5" *) input  Rx_232_2; // Входящий порт
передачи
(* chip_pin = "23" *) input  CLK;
parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
parameter Size_reg  = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию
reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
reg CLK_baud = 1'b0;
reg [9:0] Rx_232_2_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
reg [3:0] Rx_232_2_Lock = 3'b111;
wire Rx_232_2_bit = Rx_232_2;
wire Tact; // Получение бита за 1 такт
assign Rx_232_2_bit = ~Rx_232_2_Reg[0];
assign Tact = (Rx_232_2_Lock[0] & Rx_232_2_Lock[1]) |
(Rx_232_2_Lock[0] & Rx_232_2_Lock[2]) | (Rx_232_2_Lock[1] &
Rx_232_2_Lock[2]);
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
begin
    Rx_232_2_Lock <= {Rx_232_2, Rx_232_2_Lock[2:1]};
end
always @(posedge CLK)
begin
    if(Tact & Rx_232_2_bit)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= 0;
    end
    else if(CLK_counter == 0)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= ~CLK_baud;
    end
    else
    begin
        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
    end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
case(Rx_232_2_Lock)
    4'b0000: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Листм
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		118

Продолжение приложения И

```

0      4'b0001: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1001; // Бит
1      4'b1000: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1010; // Бит
2      4'b1001: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1011; // Бит
3      4'b1010: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1100; // Бит
4      4'b1011: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1101; // Бит
5      4'b1100: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1110; // Бит
6      4'b1101: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b1111; // Бит
7      4'b1110: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b0010; // Бит
      4'b1111: if(Rx_232_2_Reg) Rx_232_2_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
      default: Rx_232_2_Lock <= 4'b0000;
endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_232_3
module RS_232_3
(
    Rx_232_3, // Прием данных
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "6" *) input    Rx_232_3; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

    reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
    reg CLK_baud = 1'b0;
    reg [9:0] Rx_232_3_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
    reg [3:0] Rx_232_3_Lock = 3'b111;
    wire Rx_232_3_bit = Rx_232_3;
    wire Tact; // Получение бита за 1 такт
    assign Rx_232_3_bit = ~Rx_232_3_Reg[0];
    assign Tact = (Rx_232_3_Lock[0] & Rx_232_3_Lock[1]) |
(Rx_232_3_Lock[0] & Rx_232_3_Lock[2]) | (Rx_232_3_Lock[1] &
Rx_232_3_Lock[2]);

```

```

always @(posedge CLK)
  begin
    Rx_232_3_Lock <= {Rx_232_3, Rx_232_3_Lock[2:1]};
  end
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
  begin
    if(Tact & Rx_232_3_bit)
      begin
        CLK_baud <= 0;
        CLK_counter <= Value_reg;
      end
    else if(CLK_counter == 0)
      begin
        CLK_baud <= ~CLK_baud;
        CLK_counter <= Value_reg;
      end
    else
      begin
        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
      end
  end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
  case(Rx_232_3_Lock)
    4'b0000: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
    4'b0001: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
    4'b1000: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
    4'b1001: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
    4'b1010: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
    4'b1011: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
    4'b1100: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1110; // Бит
5
    4'b1101: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
    4'b1110: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
    4'b1111: if(Rx_232_3_Reg) Rx_232_3_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
    default: Rx_232_3_Lock <= 4'b0000;
  endcase
endmodule

```

```

//Подпрограмма приема RS_232_4
module RS_232_4
(
    Rx_232_4, // Прием данных
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "8" *) input    Rx_232_4; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

    reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
    reg CLK_baud = 1'b0;
    reg [9:0] Rx_232_4_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
    reg [3:0] Rx_232_4_Lock = 3'b111;

    wire Rx_232_4_bit = Rx_232_4;
    wire Tact; // Получение бита за 1 такт

    assign Rx_232_4_bit = ~Rx_232_4_Reg[0];
    assign Tact = (Rx_232_4_Lock[0] & Rx_232_4_Lock[1]) |
(Rx_232_4_Lock[0] & Rx_232_4_Lock[2]) | (Rx_232_4_Lock[1] &
Rx_232_4_Lock[2]);

always @(posedge CLK)
    begin
        Rx_232_4_Lock <= {Rx_232_4, Rx_232_4_Lock[2:1]};
    end
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
    begin
        if(Tact & Rx_232_4_bit)
            begin
                CLK_counter <= Value_reg;
                CLK_baud <= 0;
            end
        else if(CLK_counter == 0)
            begin
                CLK_counter <= Value_reg;
                CLK_baud <= ~CLK_baud;
            end
        end
    else
        begin

```



```

        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
    end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
    case(Rx_232_4_Lock)
        4'b0000: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
        4'b0001: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
        4'b1000: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
        4'b1001: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
        4'b1010: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
        4'b1011: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
        4'b1100: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1110; // Бит
5
        4'b1101: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
        4'b1110: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
        4'b1111: if(Rx_232_4_Reg) Rx_232_4_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
        default: Rx_232_4_Lock <= 4'b0000;
    endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_485_1
module RS_485_1
(
    // Прием данных по 4 каналам
    Rx485_1, Tx485_1,
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "42" *) input    Rx485_1; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "43" *) input    Tx485_1;
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

```

```

reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
reg CLK_baud = 1'b0;
reg [9:0] RS_485_1_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
reg [3:0] RS_485_1_Lock = 3'b111;
wire RS_485_1_bit = RS_485_1;
wire Tact; // Получение бита за 1 такт
assign RS_485_1_bit = ~RS_485_1_Reg[0];
assign Tact = (RS_485_1_Lock[0] & RS_485_1_Lock[1]) |
(RS_485_1_Lock[0] & RS_485_1_Lock[2]) | (RS_485_1_Lock[1] &
RS_485_1_Lock[2]);
always @(posedge CLK)
begin
    RS_485_1_Lock <= {RS_485_1, RS_485_1_Lock[2:1]};
end
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
begin
    if(Tact & RS_485_1_bit)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= 0;
    end
    else if(CLK_counter == 0)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= ~CLK_baud;
    end
    else
    begin
        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
    end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
case(RS_485_1_Lock)
    4'b0000: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
    4'b0001: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
    4'b1000: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
    4'b1001: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
    4'b1010: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
    4'b1011: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
    4'b1100: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1110; // Бит
5

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		123

```

4'b1101: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
4'b1110: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
4'b1111: if(RS_485_1_Reg) RS_485_1_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
default: RS_485_1_Lock <= 4'b0000;
endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_485_2
module RS_485_2
(
    // Прием данных по 4 каналам
    Rx485_2, Tx485_2,
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "45" *) input    Rx485_2; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "46" *) input    Tx485_2;
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

    reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
    reg CLK_baud = 1'b0;
    reg [9:0] RS_485_2_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
    reg [3:0] RS_485_2_Lock = 3'b111;
    wire RS_485_2_bit = RS_485_2;
    wire Tact; // Получение бита за 1 такт
    assign RS_485_2_bit = ~RS_485_2_Reg[0];
    assign Tact = (RS_485_2_Lock[0] & RS_485_2_Lock[1]) |
(RS_485_2_Lock[0] & RS_485_2_Lock[2]) | (RS_485_2_Lock[1] &
RS_485_2_Lock[2]);
    always @(posedge CLK)
        begin
            RS_485_2_Lock <= {RS_485_2, RS_485_2_Lock[2:1]};
        end
//Функция формирования сигнала
    always @(posedge CLK)
        begin
            if(Tact & RS_485_2_bit)
                begin
                    CLK_counter <= Value_reg;
                end
        end

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		124

```

        CLK_baud <= 0;
    end
else if (CLK_counter == 0)
begin
    CLK_counter <= Value_reg;
    CLK_baud <= ~CLK_baud;
end
else
begin
    CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
    case (RS_485_2_Lock)
        4'b0000: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
        4'b0001: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
        4'b1000: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
        4'b1001: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
        4'b1010: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
        4'b1011: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
        4'b1100: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1110; // Бит
5
        4'b1101: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
        4'b1110: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
        4'b1111: if (RS_485_2_Reg) RS_485_2_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
        default: RS_485_2_Lock <= 4'b0000;
    endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_485_3
module RS_485_3
(
    // Прием данных по 4 каналам
    Rx485_3, Tx485_3,
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "47" *) input Rx485_3; // Входящий порт
передачи

```

```

(* chip_pin = "48" *) input  Tx485_3;
(* chip_pin = "23" *) input  CLK;
parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
parameter Size_reg  = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
reg CLK_baud = 1'b0;
reg [9:0] RS_485_3_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
reg [3:0] RS_485_3_Lock = 3'b111;
wire RS_485_3_bit = RS_485_3;
wire Tact; // Получение бита за 1 такт
assign RS_485_3_bit = ~RS_485_3_Reg[0];
assign Tact = (RS_485_3_Lock[0] & RS_485_3_Lock[1]) |
(RS_485_3_Lock[0] & RS_485_3_Lock[2]) | (RS_485_3_Lock[1] &
RS_485_3_Lock[2]);
always @(posedge CLK)
begin
    RS_485_3_Lock <= {RS_485_3, RS_485_3_Lock[2:1]};
end
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
begin
    if(Tact & RS_485_3_bit)
        begin
            CLK_counter <= Value_reg;
            CLK_baud <= 0;
        end
    else if(CLK_counter == 0)
        begin
            CLK_counter <= Value_reg;
            CLK_baud <= ~CLK_baud;
        end
    else
        begin
            CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
        end
    end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
    case(RS_485_3_Lock)
        4'b0000: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
        4'b0001: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1001; // Бит
0

```

Продолжение приложения И

```

1      4'b1000: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1010; // Бит
2      4'b1001: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1011; // Бит
3      4'b1010: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1100; // Бит
4      4'b1011: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1101; // Бит
5      4'b1100: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1110; // Бит
6      4'b1101: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b1111; // Бит
7      4'b1110: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b0010; // Бит
      4'b1111: if(RS_485_3_Reg) RS_485_3_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
      default: RS_485_3_Lock <= 4'b0000;
endcase
endmodule

//Подпрограмма приема RS_485_4
module RS_485_4
(
    // Прием данных по 4 каналам
    Rx485_4, Tx485_4,
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "56" *) input    Rx485_4; // Входящий порт
передачи
    (* chip_pin = "57" *) input    Tx485_4;
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    parameter baud = 9600; // Частота приема сигнала
    parameter CLK_IN = 50000000; // Частота кварцевого
генератора 50 МГц
    parameter Value_reg = (CLK_IN / baud / 2 - 1);
    parameter Size_reg = $clog2(Value_reg); // Функция $clog2
возвращает верхний предел логарифма к основанию

    reg [Size_reg-1:0] CLK_counter = 0;
    reg CLK_baud = 1'b0;
    reg [9:0] RS_485_4_Reg = 10'h000; // Регистр сдвига
    reg [3:0] RS_485_4_Lock = 3'b111;
    wire RS_485_4_bit = RS_485_4;
    wire Tact; // Получение бита за 1 такт
    assign RS_485_4_bit = ~RS_485_4_Reg[0];
    assign Tact = (RS_485_4_Lock[0] & RS_485_4_Lock[1]) |
(RS_485_4_Lock[0] & RS_485_4_Lock[2]) | (RS_485_4_Lock[1] &
RS_485_4_Lock[2]);

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		127

```

always @(posedge CLK)
begin
    RS_485_4_Lock <= {RS_485_4, RS_485_4_Lock[2:1]};
end
//Функция формирования сигнала
always @(posedge CLK)
begin
    if(Tact & RS_485_4_bit)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= 0;
    end
    else if(CLK_counter == 0)
    begin
        CLK_counter <= Value_reg;
        CLK_baud <= ~CLK_baud;
    end
    else
    begin
        CLK_counter <= CLK_counter - 1'b1;
    end
end
end
// Заполнение полученных данных
always @(posedge CLK_counter)
case(RS_485_4_Lock)
    4'b0000: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1000; //
СТАРТ бит
    4'b0001: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1001; // Бит
0
    4'b1000: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1010; // Бит
1
    4'b1001: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1011; // Бит
2
    4'b1010: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1100; // Бит
3
    4'b1011: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1101; // Бит
4
    4'b1100: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1110; // Бит
5
    4'b1101: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b1111; // Бит
6
    4'b1110: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b0010; // Бит
7
    4'b1111: if(RS_485_4_Reg) RS_485_4_Lock <= 4'b0000; // СТОП
бит
    default: RS_485_4_Lock <= 4'b0000;
endcase
endmodule

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		128

```

//Подпрограмма приема MIL_STD_A
module MIL_STD_A
(
    // Прием данных по Манчестеру
    RXEN_A,
    RX_I $\bar{A}$ ,
    RX_A,
    CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);
    // Обозначение ножек ПЛИС
    (* chip_pin = "27" *) output    RXEN_A; // Порт передачи
    (* chip_pin = "29" *) input    RX_I $\bar{A}$ ;
    (* chip_pin = "33" *) input    RX_A;
    (* chip_pin = "23" *) input    CLK;
    reg RX_I $\bar{A}$ _1;
    reg RX_I $\bar{A}$ _2;
    reg CLK_open;
    reg [3:0] MIL_Lock;
    reg [7:0] MIL_A_Reg; //Регист данных
    reg NRZ;
    reg [7:0] consist_parall;
    reg [3:0] Bit_no;
    wire Tact;
    wire CLK_IN;
    assign RXEN_A = 1; // Включение режима приемника
    // Создаем выборку в точках 1/4 и 3/4 через ячейку данных
    assign Tact = (!MIL_Lock[3] && !MIL_Lock[2] && MIL_Lock[1]
&& MIL_Lock[0]) || (MIL_Lock[3] && MIL_Lock[2] && !MIL_Lock[1]
&& !MIL_Lock[0])
    // Создаем два регистра для приема последовательных данных в
Манчестер II
always @(posedge CLK)
begin
    if (RX_A)
        begin
            RX_I $\bar{A}$ _1 <= 1'b0;
            RX_I $\bar{A}$ _2 <= 1'b0;
        end
    else
        begin
            RX_I $\bar{A}$ _1 <= RX_I $\bar{A}$ ;
            RX_I $\bar{A}$ _2 <= RX_I $\bar{A}$ _1;
        end
    end
    // Включаем таймер когда есть сигнал с RX_A
always @(posedge CLK)
begin
    if (RX_A)
        CLK_open <= 1'b0 ;
end

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		129


```

else if (!RX_IA_1 && RX_IA_1)
    CLK_open <= 1'b1 ;
else if (!RX_IA_1 && !RX_IA_1 && Bit_no == 4'b1000)
    CLK_open <= 1'b0 ;
end
// Создаем таймер CLK_IN
always @(posedge CLK)
begin
    if (RX_A)
        MIL_Lock = 4'b0 ;
    else if (CLK_open)
        MIL_Lock = MIL_Lock + 1 ;
end
assign CLK_IN = MIL_Lock[3] ;
// Декодируем Манчестер в код NRZ
always @(posedge CLK)
if (RX_A)
    begin
        NRZ = 1'b0 ;
    end
else if (Bit_no > 0 && Tact == 1'b1)
    NRZ = RX_IA_2 ^ CLK_IN ;
// Последовательное в параллельное преобразование
always @(posedge CLK_IN)
if (RX_A)
    begin
        RX_A <= 8'h0 ;
    end
else
    begin
        RX_A[7:1] <= RX_A[6:0];
        RX_A[0] <= NRZ;
    end
// Переносим данные из регистра сдвига получателя в регистр
данных
always @(posedge CLK_IN)
if (RX_A)
    begin
        MIL_A_Reg <= 8'h0 ;
    end
else
    begin
        MIL_A_Reg <= RX_A ;
    end
endmodule

//Подпрограмма приема MIL_STD_B
module MIL_STD_B
(

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		130

```

// Прием данных по Манчестеру
RXEN_B,
RX_IB,
RX_B,
CLK // Вход тактовой частоты 50 МГц
);

// Обозначение ножек ПЛИС
(* chip_pin = "28" *) output   RXEN_B; // Порт передачи
(* chip_pin = "32" *) input    RX_IB;
(* chip_pin = "39" *) input    RX_B;
(* chip_pin = "23" *) input    CLK;
reg RX_IB_1;
reg RX_IB_2;
reg CLK_open;
reg [3:0] MIL_Lock;
reg [7:0] MIL_B_Reg; //Регистр данных
reg NRZ;
reg [7:0] consist_parall;
reg [3:0] Bit_no;
wire Tact;
wire CLK_IN;
assign RXEN_B = 1; // Включение режима приемника
// Создаем выборку в точках 1/4 и 3/4 через ячейку данных
assign Tact = (!MIL_Lock[3] && !MIL_Lock[2] && MIL_Lock[1]
&& MIL_Lock[0]) || (MIL_Lock[3] && MIL_Lock[2] && !MIL_Lock[1]
&& !MIL_Lock[0]);
// Создаем два регистра для приема последовательных данных в
Манчестер II
always @(posedge CLK)
begin
    if (RX_B )
        begin
            RX_IB_1 <= 1'b0;
            RX_IB_2 <= 1'b0;
        end
    else
        begin
            RX_IA_1 <= RX_IB;
            RX_IB_2 <= RX_IB_1;
        end
    end
// Включаем таймер когда есть сигнал с RX_B
always @(posedge CLK)
begin
    if (RX_B)
        CLK_open <= 1'b0 ;
    else if (!RX_IB_1 && RX_IB_1)
        CLK_open <= 1'b1 ;
    else if (!RX_IB_1 && !RX_IB_1 && Bit_no == 4'b1000)

```

```

        CLK_open <= 1'b0 ;
    end
    // Создаем таймер CLK_IN
    always @(posedge CLK)
    begin
        if (RX_B)
            MIL_Lock = 4'b0 ;
        else if (CLK_open)
            MIL_Lock = MIL_Lock + 1 ;
    end
    assign CLK_IN = MIL_Lock[3] ;
    // Декодируем Манчестер в код NRZ
    always @(posedge CLK)
    if (RX_B)
        begin
            NRZ = 1'b0 ;
        end
    else if (Bit_no > 0 && Tact == 1'b1)
        NRZ = RX_IB_2 ^ CLK_IN ;
    // Последовательное в параллельное преобразование
    always @(posedge CLK_IN)
    if (RX_B)
        begin
            RX_B <= 8'h0 ;
        end
    else
        begin
            RX_B[7:1] <= RX_B[6:0];
            RX_B[0] <= NRZ;
        end
    end
    // Переносим данные из регистра сдвига получателя в регистр
    данных
    always @(posedge CLK_IN)
    if (RX_B)
        begin
            MIL_B_Reg <= 8'h0 ;
        end
    else
        begin
            MIL_B_Reg <= RX_B ;
        end
    end
endmodule

```

					27.03.04.2020.097.24.06 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		132

(Список сокращений и специальных терминов)

БАС — Блок аналогового сбора;

БВИ — Блок виброизмерений;

БВУ — Блок внешних устройств;

БДС — Блок дискретного сбора;

БЗС — Блок записи спасаемый;

БИ — Бросковые испытания;

БЛК — Блок обработки значений;

БМИ — Блок магистрального интерфейса;

БПД — Блок питания датчиков;

БПЦП — Блок приема цифровых потоков;

БПР — Блок приема давления и температуры;

БСС — Блок сбора сигналов;

БФВК — Блок формирования видеокода;

БФК — Блок формирователя кадров;

ГЛИ — Государственные летные испытания;

МКТЗ — Блок приема температуры;

МТ — Малая телеметрия;

МУНТ — Блок приема давления;

ПЛИС — Программируемая логическая интегральная схема;

ПЗУ — Постоянное запоминающее устройство;

РПУ — Радиопередающее устройство;

ТЗ — Техническое задание;

22 ЦИИИ МО — 22-й центральный научно-исследовательский
испытательный институт министерства обороны.