

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
«Южно-Уральский государственный университет»
(национальный исследовательский университет)
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Инфокоммуникационные технологии»

ПРОЕКТ ПРОВЕРЕН

Рецензент

_____/_____/

« ____ » _____ 20__ г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

_____/С.Н. Даровских/

« ____ » _____ 20__ г.

«Регистратор интервалов времени на ПЛИС»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ-Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ ВКП

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

_____/И.С. Краинская/

« ____ » _____ 20__ г.

Руководитель проекта

_____/С.В. Воронин/

« ____ » _____ 20__ г.

Организационно - экономический
раздел

_____/Р.Ш. Закиров/

« ____ » _____ 20__ г.

Автор проекта

студент группы КЭ-637

_____/М.О. Фаткулин/

« ____ » _____ 20__ г.

Нормоконтролер

_____/В.Д. Спицына/

« ____ » _____ 20__ г.

АННОТАЦИЯ

Фаткулин М.О. Регистратор интервалов времени на ПЛИС - Челябинск: ЮУрГУ, КЭ, 2019, 110 с., 18 табл., 26 ил., библиографический список - 21 наим., 4 плаката ф. А1.

В данном дипломном проекте рассматривается процесс создания регистратора интервалов времени и разработка программного кода, который осуществляет управление всей системой. Проектирование и разработка по данному проекту осуществляется на основании технического задания. Исходя из требований, указанных в ТЗ формируется структурная схема регистратора интервалов времени.

В технологическом разделе также описаны основные структурные элементы схемы, принципы работы управляющей матрицы, выбор и обоснование выбора элементной базы устройства.

Цель программного раздела – написание программного кода для управляющей матрицы. Разработанный специально для этой матрицы данный код реализует прием данных, поступающих от различных блоков устройства, их логическую и математическую обработку.

В организационно-экономическом разделе приводится экономический анализ и сетевое планирование разрабатываемого устройства. Приводится расчет сетевого графика, затрат на оплату труда разработчиков, себестоимость разработки и экономической эффективности разработки.

В разделе БЖД приводятся основные нормативные документы и правила безопасности при эксплуатации.

В заключительной части подводятся итоги проделанной работы, делаются выводы, демонстрация результатов приведена в разделе «Итоги и результаты».

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Фаткулин</i>				<i>Регистратор интервалов времени на ПЛИС</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Воронин</i>						3	110
<i>Н. Контр.</i>	<i>Спицина</i>					<i>ЮУрГУ кафедра ИКТ</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Даровских</i>							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	6
ВВЕДЕНИЕ	7
1 Постановка задачи.....	9
2 Теоретические основы технологий проектирования на ПЛИС.....	10
2.1 Теоретические основы стандарта интерфейса JTAG	11
2.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений..	12
3 Технологический раздел.....	14
3.1 Разработка структурной схемы устройства.....	14
3.2 Элементы регистратора интервалов времени	15
3.2.1 Управление питанием	15
3.2.2 ПЛИС	16
3.2.3 Делитель напряжения и компаратор	22
3.2.4 Интерфейс RS-485	27
3.2.5 Память	33
3.2.6 Контроль.....	34
3.2.7 Индикация.....	35
4 Программный раздел	36
4.1 Теоретические сведения языка описания аппаратуры VHDL.....	36
4.2 Цели и задачи программного обеспечения ПЛИС	37
4.3 Алгоритм работы программы ПЛИС	38
4.4 Интерфейс и тело объекта.....	40
5 Расчет показателей безотказности РЭУ.....	55
5.1 Определение поправочных коэффициентов для различных классов (групп) изделий.	59
6 Итоги и результаты	65
7 Организационно экономический раздел.....	71
7.1 Элементы сетевого графика	71
7.2 Расчет ожидаемой продолжительности выполнения работ.....	72

										Лист
										4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

7.3 Технико-экономические расчеты	79
7.3.2 Себестоимость разработки	80
7.3.3 Амортизационные отчисления.....	81
7.3.4 Расчёт полной себестоимости и цены на разработку	81
7.3.5 Анализ технико-экономической эффективности.....	82
8 Безопасность жизнедеятельности.....	83
8.1 Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям.....	84
8.2 Меры безопасности	85
8.3 Пожарная безопасность	85
8.3.1 Мероприятия по обеспечению пожаробезопасности при проведении технологических процессов.....	86
8.4 Требования к органам управления.	87
8.5 Охрана труда пользователей ПЭВМ	88
8.6 Производственная санитария	91
8.7 Оказание первой помощи при поражении электрическим током	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	94
ПРИЛОЖЕНИЕ А	96

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

I/O – Input/Output (Вход/Выход);

JTAG – Joint Test Action Group;

UART – Universal Asynchronous Receiver-Transmitter, Универсальный асинхронный приемопередатчик;

VHDL – Very-high-speed Hardware Description Language;

ИМС – интегральная микросхема;

МО – металлизированные отверстия в печатной плате;

ПВМ – программируемые вентиляльные матрицы;

ПЗУ – постоянное запоминающее устройство;

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема;

ПО – программное обеспечение;

ППЗУ – программируемое постоянное запоминающее устройство;

РЭУ – радиоэлектронное устройство;

УРВ – удаленный режим включения;

ЦОС – цифровая обработка сигнала;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

ЭКБ – электронная компонентная база.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

ВВЕДЕНИЕ

Процесс конструирования заключается в разработке печатных плат, и конструкций прибора с учетом технологии единичного изготовления и ее специфики на предприятии. Первым этапом разработки может служить техническое задание (ТЗ), либо уже имеющиеся схемные решения, но требующие доработки. Финальным этапом разработки является готовый функционирующий макет, который проходит серию определенных испытаний, после чего отправляется на выпуск.

В результате такого подхода к проектированию создаются более технически совершенные радиоэлектронные средства (РЭС), отличающиеся от своих аналогов и прототипов улучшенными характеристиками: эффективностью за счёт использования более совершенной элементной базы, усовершенствованной конструкции и подходов к процессам программирования.

Разрабатываемая аппаратура должна обеспечивать требуемые по ТЗ выполнения задач, оптимизирована по таким показателям как функциональным, конструкторским, технологическим и эксплуатационным. Однако устройства РЭС в современном мире не стоят на месте и постоянно усложняются и совершенствуются. Из этого следует, что процессы разработки могут обернуться достаточно сложными расчетами и вычислениями. Подобное положение вызвало интенсивное развитие новой технологии проектирования РЭС, базирующихся на системном подходе и совершенствовании процессов проектирования с применением математических методов и средств вычислительной техники, использованием эффективных методов проектирования и оптимизации, а также повышением качества управления проектированием.

Главным средством автоматизации проектирования являются ЭВМ и управляемые ими другие технические средства. С их помощью осуществляется анализ и синтез схем, их оптимизация, компоновка и размещение элементов конструкции РЭС, находятся оптимальные варианты электрического соединения элементов (трассировки) и решаются многие другие сложные задачи.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>

Для разработки и описания технической документации на изделия также используется всевозможное специализированное программное обеспечение.

Одним из таких примеров при проектировании РЭА можно выделить пакет программ P-CAD фирмы Personal CAD Systems. Система P-CAD предназначена для проектирования многослойных печатных плат (ПП) вычислительных и радиоэлектронных устройств. Встроенные в P-CAD модули осуществляют функции логического моделирования, проверяют соблюдение правил проектирования, создают список соединений для моделирования, автоматически размещают компоненты и трассируют печатную плату.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

1 Постановка задачи

В соответствии с техническим заданием на дипломное проектирование, целью данного дипломного проекта является разработка регистратора интервалов времени на матрице ПЛИС.

В ходе проведения экспериментов зачастую задействовано большое количество электронных устройств. Для своевременного запуска измерительных методик применяется устройство, цель которого – формировать некоторые задержки, тогда как роль регистратора в этом комплексе измерений – проверка правильности и точности запуска регистрирующей аппаратуры.

Чтобы в полной мере обеспечить правильность выполнения тех или иных контрольно-измерительных испытаний находит свое место аппаратура, призванная следить и контролировать работу задающей аппаратуры.

Основное назначение прибора – достоверность и точность запуска регистрирующей аппаратуры, проверка правильности интервалов, которые задаются другой аппаратурой, входящей в комплекс измерений.

Цель работы: спроектировать регистратор интервалов времени, который будет входить в состав специальной аппаратуры, способный регистрировать приходящие на него события наносекундной длительности. Регистрация осуществляется по фронту опорного синхросигнала.

Задачи

1. Знакомство с пакетами программ для проектирования многослойных печатных плат.
2. Расчет и проектирование принципиальных схем устройства.
3. Создание проекта управления устройством на языке описания аппаратуры VHDL.
4. Расчет параметров безотказности радиоэлектронной аппаратуры.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

2 Теоретические основы технологий проектирования на ПЛИС

Проведем классификацию ПЛИС [1] по структурному признаку, так как она дает наиболее полное представление о классе задач, пригодных для решения на той или иной ПЛИС. Следует заметить, что общепринятой оценки логической емкости ПЛИС является число эквивалентных вентилях, определяемое как среднее число вентилях «2И-НЕ», необходимых для реализации эквивалентного проекта на ПЛИС. Эта оценка весьма условна, поскольку ПЛИС не содержат вентилях «2И-НЕ» в чистом виде, однако для проведения сравнительного анализа различных архитектур она вполне пригодна.

Программируемые логические матрицы – наиболее традиционный тип ПЛИС, имеющий программируемые матрицы «И» и «ИЛИ». В зарубежной литературе обозначаются как FPLA (Field Programmable Logic Array) и FPLS (Field Programmable Logic Sequencers). Примерами отечественных микросхем такого типа могут служить схемы КТ556РТ1, РТ2, РТ21.

Дальнейший тип ПЛИС - микросхемы, построенные по архитектуре программируемой матричной логике (ПМЛ – Programmable Array Logic, PAL) – это ПЛИС, имеющие программируемую логическую матрицу «И» и фиксированную матрицу «ИЛИ». К этому классу относятся большинство современных ПЛИС небольшой степени интеграции. Интегральные схемы (ИС) КМ1556ХП4, ХП6, ХП8, ХЛ8, ранние разработки (середина – конец 80-х годов) ПЛИС фирм «Intel», «Altera», «AMD» и др служат примерами реализации микросхем, построенных на программируемой матричной логике. Разновидностью класса ПМЛ являются ПЛИС, имеющие только одну (программируемую) матрицу «И», например схема 85С508 фирмы «Intel».

Описанные выше архитектуры ПЛИС содержат небольшое число ячеек и к настоящему времени морально устарели и применяются для реализации относительно простых устройств, для которых не существует готовых ИС средней степени интеграции. Для реализации алгоритмов цифровой обработки сигналов их использование не целесообразно.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

Можно выделить также Программируемые вентиляные матрицы (ПВМ), тип архитектуры ПЛИС, состоящий из логических блоков (ЛБ) и коммутирующих связей – программируемых матриц соединений. Логические блоки таких ПЛИС состоят их одного или нескольких относительно простых логических элементов, в их основе лежит таблица перекодировки (ТП – Look-up table, LUT), программируемый мультиплексор, D-триггер, а также цепи управления. Таких простых элементов может быть достаточно большое количество. За счет такого большого числа логических элементов они содержат большое число триггеров. Вместе с тем возможности комбинационной части таких ПЛИС ограничены, поэтому совместно с ПВМ применяют ПКМБ (CPLD) для реализации управляющих и интерфейсных схем. В зарубежной литературе такие ПЛИС получили название Field Programmable Gate Array (FPGA). К FPGA (ПВМ) классу относятся ПЛИС XC2000, XC3000, XC4000, Spartan, Virtex фирмы «Xilinx», а также семейства FLEX8000 фирмы «Altera», некоторые ПЛИС фирмы «Atmel».

Множество конфигурируемых логических блоков (Configurable Logic Blocks, CLBs), объединяются с помощью матрицы соединений. Характерными для FPGA архитектур являются элементы ввода-вывода (Input/Output Blocks, IOBs), позволяющие реализовать двунаправленный ввод/вывод, третье состояние и т.п.

Особенностью современных ПЛИС является возможность тестирования узлов с помощью порта JTAG, а также наличие внутреннего генератора и схем управления последовательной конфигурацией.

2.1 Теоретические основы стандарта интерфейса JTAG

Стандарт JTAG позволяет значительно упростить работу за счет встраивания специальной архитектуры в современные чипы, обеспечивающий доступ к выводам (точнее, к специальным блокам ввода-вывода) с помощью четырех проводного последовательного интерфейса. Эта архитектура позволяет не только контролировать их состояние, но и управлять ими.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

Стандарт используют как для целей внутрисхемного программирования и отладки программ, так и при работе с корпусированными микросхемами. Он же используется для проверки на качество припайки микросхем к плате, межплатного и внутрисюточного монтажа плат и блоков.

Интерфейс JTAG имеет следующие сигнальные выводы:

- TDI (Test Data Input) – сигнал данных на вход, данные задвигаются по переднему фронту TCK;
- TDO (Test Data Output) – выход последовательности данных JTAG, выдвигаются по заднему фронту TCK, должен находиться в третьем состоянии Z когда данные не передаются;
- TMS (Test Mode Select) – сигнал управления TAP контроллером;
- TCK (Test Clock) – тактовая частота.

2.2 Сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений

В ходе выполнения дипломного проекта использовались современная элементная база, разрешенная перечнем электронной компонентной базой (ЭКБ). Этот фактор является основополагающим, так как использование зарубежных изделий для проектирования систем, связанных с обработкой защищаемой информации, недопустимо. Все полупроводниковые приборы и интегральные микросхемы, использующиеся в работе, только отечественного производства.

После изучения вопроса характеристик надежности, технических параметров и стойкости, а также опираясь на отечественную элементную базу, был сделан выбор в пользу ПЛИС серии 5576. Основные параметры ПЛИС семейства 5576 приведены в таблице 1.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Таблица 1 – Основные характеристики ПЛИС серии 5576

Параметр	5576XC1T	5576XC4T	5576XC6T	5576XC7T
Логическая емкость, количество эквивалентных вентиляей	50000	200000	50000	30000
Число логических элементов	2880	9984	2880	1728
Число логических блоков	360	1248	360	216
Объем встроенной памяти, бит	20480	98304	40960	24576
Количество триггеров	3184	10155	3063	1898
Число программируемых пользователем выводов	176	171	183	170

Воронежский завод АО «ВЗПП-С» выпускает ПЛИС 5576XC1T, который является функциональным аналогом ПЛИС типа EPF10K50 серии FLEX10K. ПЛИС семейства FLEX10K являются популярной элементной базой для реализации алгоритмов ЦОС, построения сложных устройств обработки данных и интерфейсов. Это объясняется тем, что благодаря большой логической емкости, удобной архитектуре, включающей в себя встроенные блоки памяти (EAB – Embedded Array Block), достаточно высокой надежности и удачному соотношению цена – качество. Логическая емкость ПЛИС удовлетворяют разнообразным требованиям, возникающим у разработчика как систем ЦОС, так и устройств управления, обработки данных и т.п.

Особенностью проектирования на основе ПЛИС 5576XC1T является то, что номера выводов ПЛИС 5576XC1T не соответствуют номерам выводов ПЛИС EPF10K50. Помимо данной особенности ПЛИС 5576XC1T имеет расширенную функциональность элементов ввода-вывода (режимы Pull-up, Pull-down, Bus-Hold), а также дополнительные режимы работы (SCRUBBING, VERIFICATION, FREQ_DIV), которые отсутствуют в аналоге.

3 Технологический раздел

3.1 Разработка структурной схемы устройства

Исходя из требований, указанных в ТЗ формируем структурную схему регистратора интервалов времени, которая приведена на рисунке 1.

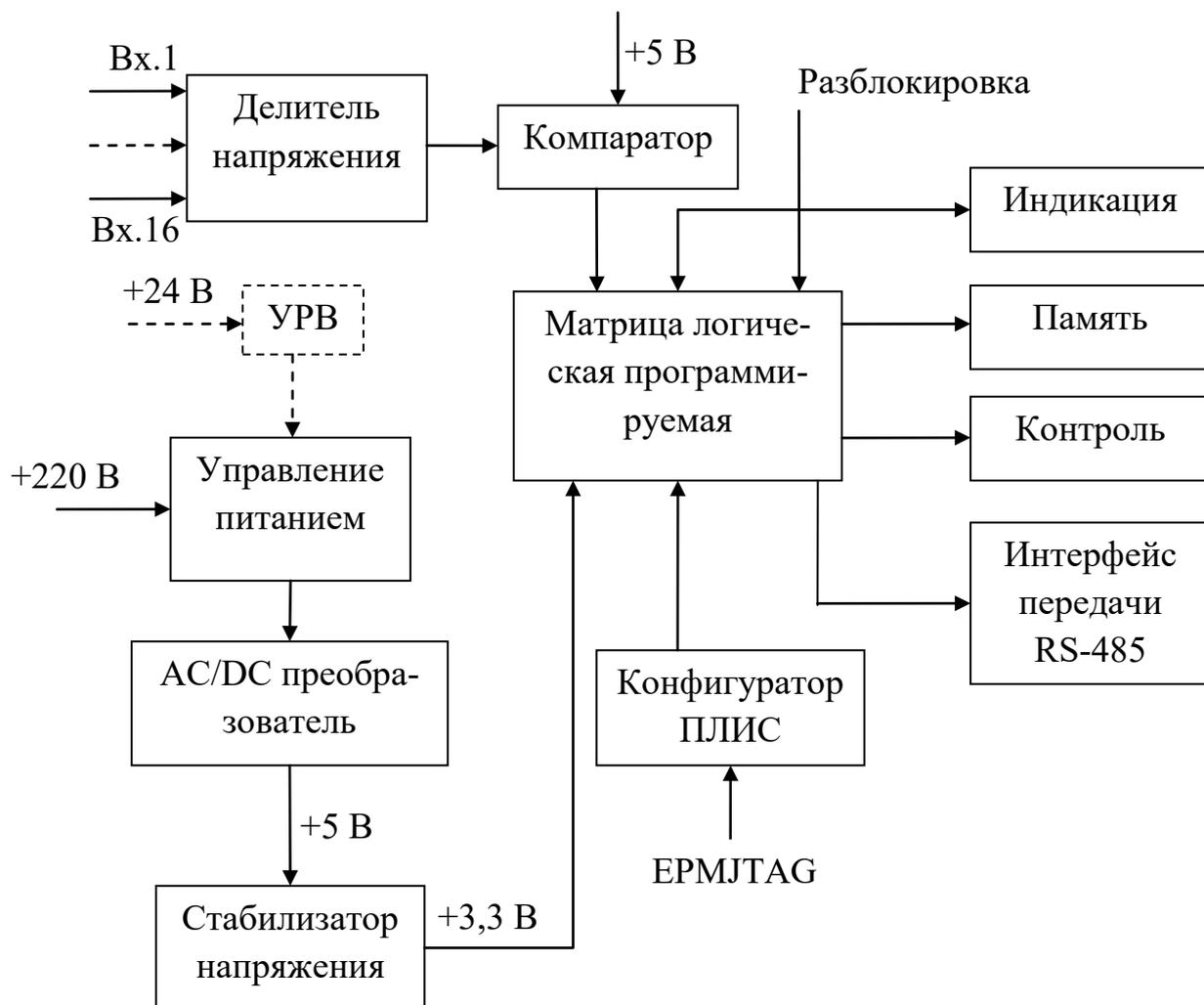


Рисунок 1 – Структурная схема регистратора интервалов времени

3.2 Элементы регистратора интервалов времени

Рассмотрим структурные элементы схемы, изображенной на рисунке 1.

3.2.1 Управление питанием

Подача питания в данном устройстве осуществляется двумя способами: ручным и удаленным. Ручной режим включения реализован с помощью тумблера S1. Удаленный режим включения (УРВ) спроектирован с помощью электромагнитного реле K1.

Наличие в схеме сигнала удаленного включения питания ДУ позволяет расширить функционал устройства. Принцип его работы основан на электромагнитном реле, контакты которого замыкаются при подаче сигнала ДУ = 24 В, и напряжение питания попадает на схему. Покажем это на рисунке 2. Этими двумя способами осуществляется управление питанием устройства.

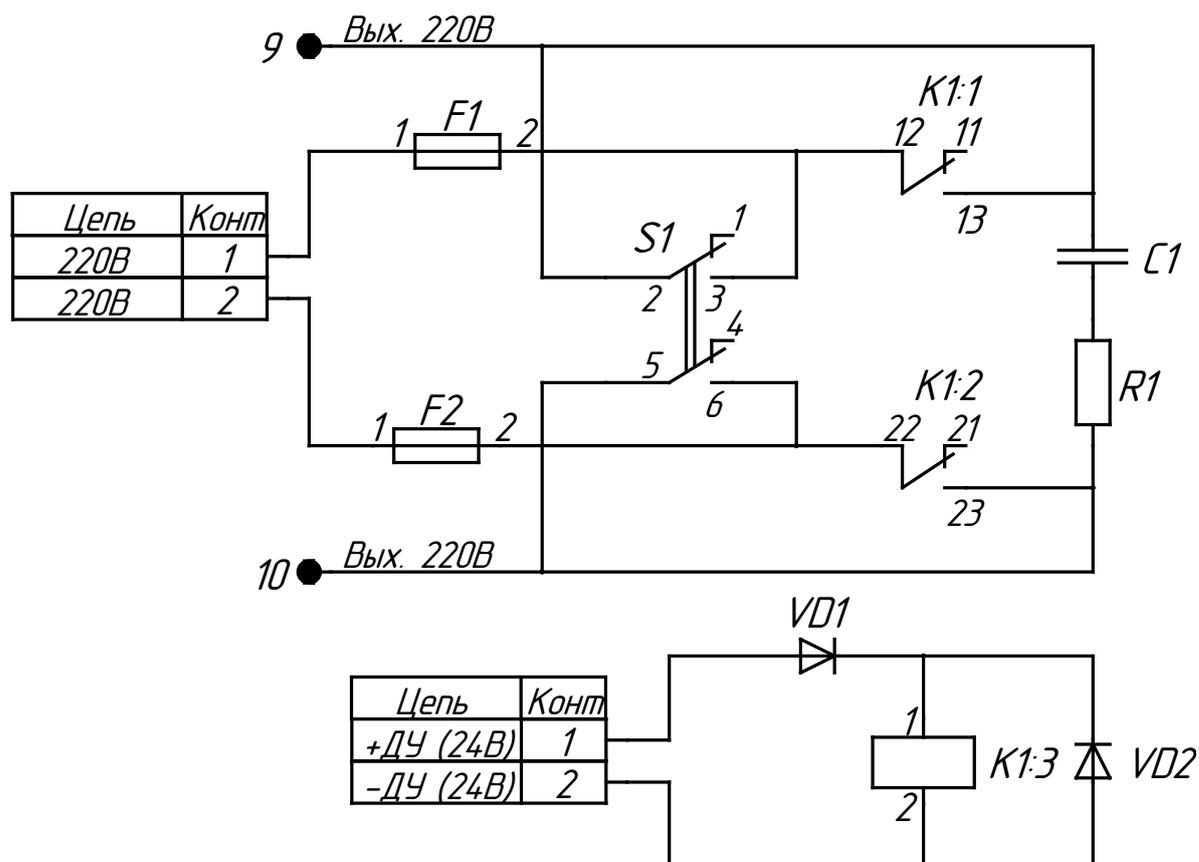


Рисунок 2 – Схема управления питанием

3.2.2 ПЛИС

ПЛИС – основа системы управления регистратором, осуществляющая взаимодействие со всеми исполнительными элементами устройства. Для конфигурирования применяются программаторы и отладочные среды, которые позволяют задавать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры, таких как Verilog, VHDL, AHDL и др. Программный код (прошивка) – это набор алгоритмов, разработанная специально для функциональности устройства. Благодаря этой программе обеспечивается прием данных, поступающих от различных блоков устройства, их логическая и математическая обработка и т.д.

В качестве ПЛИС была выбрана отечественная микросхема серии 5576, в частности 5576XC1T, представляющая собой ПЛИС с возможностью многократного изменения конфигурации на 50000 вентилей. Микросхема выполнена в металл-керамическом корпусе с 240 выводами, 176 из которых программируются пользователем. ПЛИС питается от напряжения 3,3 В. Питание подведено к 21 ножке микросхемы и соединены с землей через блокировочные конденсаторы емкостью 0,1 мкФ. Данной микросхеме требуется внешнее конфигурационное ППЗУ.

Питание ПЛИС осуществляется от источника постоянного напряжения. Для получения постоянного напряжения используется модуль AC/DC преобразователя (A1, рисунок 3) и стабилизатора напряжения (D1) с фиксированным выходным напряжением. Задача AC/DC преобразователя – преобразовать переменное напряжение 220 В в постоянное напряжение 5 В. В качестве стабилизатора напряжения был выбран стабилизатор из серии 1158, в частности 1158ЕН3.3ВХ, который является стабилизатором напряжения с фиксированным выходным напряжением +3,3 В. Таким образом, выходной сигнал стабилизатора обеспечивает требуемое напряжение питания ПЛИС.

						Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ	

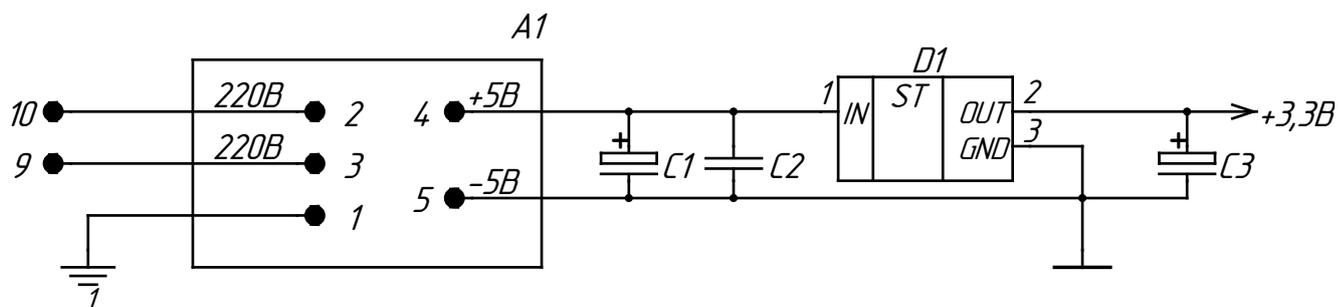


Рисунок 3 – Схема питания микросхемы

На один из выводов I/O ПЛИС подается сигнал СПЗ (сигнал разблокировки ПЛИС) в виде постоянного напряжения 24 В. По приходу этого сигнала начинается отсчет разновременности, т.е., счетчик начинает работу. Схема сигнала разблокировки СПЗ представлена на рисунке 4. В качестве микросхемы D1 используется твердотельное реле 249КП5Р.

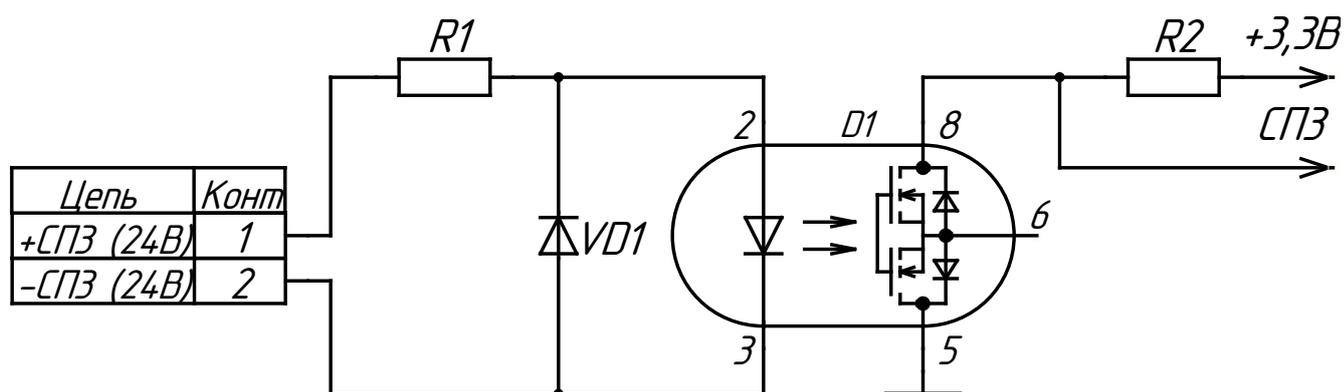


Рисунок 4 – Сигнал разблокировки СПЗ

Конфигуратор ПЛИС

Для конфигурирования ПЛИС используется отечественная микросхема 5576РС1У из серии 5576РС, которая является рекомендованным загрузочным ППЗУ для ПЛИС 5576ХС1Т. Данная микросхема предназначена для использования в аппаратуре специального назначения, в качестве загрузочного ППЗУ с возможностью электрического программирования и стирания, с последовательным интерфейсом для конфигурирования ПЛИС.

Основными характеристиками микросхемы являются:

- емкость накопителя Flash типа 4 Мбит;
- интерфейс JTAG – IEEE Std.1149.1;
- период следования импульсов тактовых сигналов DCLK не более 30 нс;
- период следования импульсов тактовых сигналов на входе TCK не менее 100 нс;
- ток потребления в режиме хранения не более 1 мА;
- динамический ток потребления в режиме конфигурирования не более 50 мА.

Типовая схема включения показана на рисунке 5.

Здесь, конденсаторы C1, C2 – конденсоры фильтра питания. Резисторы R2 – R6 используются в качестве подтягивающих резисторов. Резисторы такого способа применения, как правило, используются во входных цепях микроконтроллеров или у логических микросхем. Их смысл использования заложен в определении логического уровня, так как он характеризуется некоторым диапазоном напряжений. Между логическими уровнями идет зона неопределенности. Свободный вход микроконтроллера может, под действием различных внешних и внутренних помех оказаться в непредсказуемом состоянии. Подобное может вызвать сбой в работе схемы. Следует выбирать подтягивающий резистор таким образом, чтобы протекающий через него ток был очень низкий. Если вывод микроконтроллера будет подтянут сопротивлением, а затем подать на него полезный сигнал, то соотношение между мощностями будет велико, и слабый сигнал будет полностью не виден на фоне полезного.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>18</i>

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>19</i>

Описание функционирования микросхемы

Программируемые логические интегральные схемы должны конфигурироваться данными каждый раз после включения питания, инициализации системы, или когда необходимы новые конфигурационные данные. Конфигурационное устройство хранит конфигурационные данные и обеспечивает конфигурирование ПЛИС серии 5576ХС и аналогичных им.

Все режимы конфигурирования последовательные. Данные поступают на последовательный вывод DATA конфигурационного устройства.

К основным функциям конфигурационного устройства относятся возможности внутрисхемного программирования памяти через JTAG интерфейс и возможность задания задержки схемы формирования сброса, с помощью вывода PORSEL. Устройство конфигурирования имеет встроенный внутренний генератор синхросигнала частотой 5 МГц. Предусмотрена возможность подачи внешнего синхросигнала на вход EXCLK.

Опишем основные назначения выводов микросхемы:

- TDI – вход данных JTAG. Подключается к питанию;
- TCK – Вход синхросигнала JTAG;
- TDO – Выход данных JTAG;
- TMS – Выбор питания JTAG;
- PORS – выбирает время задержки POR при включении питания. Если PORS=0, то время POR от 200 до 325 мс, если PORS=1, то время POR от 2 до 5 мс;
- AS_PS – выбирает режим конфигурации ПЛИС. AS_PS =1 – active serial. AS_PS =0 – passive serial;
- LAST – определяет последнюю конфигурационную схему в цепочке режима каскадирования. При конфигурировании одним устройством LAST=1;
- EX_EN – выбирает источник синхросигнала для выхода DCLK. EX_EN=0 – синхросигнал с внутреннего генератора;

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ				

3.2.3 Делитель напряжения и компаратор

Для качественного приема входных сигналов от контрольной аппаратуры необходимо реализовать систему из двух делителей, способную ослабить высокоамплитудные сигналы до уровня порогового напряжения компаратора.

В первую очередь необходимо определить пороговое напряжение компаратора.

Порог входного сигнала компаратора установлен на уровне $U_1 \approx 1,65$ В. Это значение можно получить, если подключить к входу компаратора резистивный делитель, который можно рассчитать по формуле:

$$U_1 = I \cdot R_1 = U \cdot \frac{R_1}{R_2 + R_1} = 5 \cdot \frac{100}{200 + 100} \approx 1,65 \text{ В}, \quad (1)$$

где U – напряжение питания, подаваемое на отрицательный вход компаратора, $U = 5$ В;

R_1, R_2 – сопротивление резисторов.

Для первой входной контрольной группы необходимое входное пороговое напряжение выбрано на уровне 90 В. Рассчитаем необходимое ослабление сигнала:

$$db = 20 \log \frac{90}{1,65} = 34,73 \approx 35 \text{ дБ}. \quad (2)$$

Исходя из формулы, необходимо спроектировать входную группу, которая обеспечит ослабление сигнала на 35 дБ.

Для этого спроектируем многокаскадный аттенюатор. Аттенюаторы – пассивные устройства, которые используются для ослабления сигналов. Секции аттенюаторов могут быть включены каскадным способом, для получения затухания, большего, чем доступно для одной секции. В этом случае, коэффициенты отношения мощностей, выраженные в децибелах, складываются.

Реализуем аттенюатор, состоящий из трех каскадов. Первый каскад обеспечивает ослабление сигнала в два раза или на 6 дБ. Воспользуемся аттенюатором Т-типа, изображенном на рисунке 6:

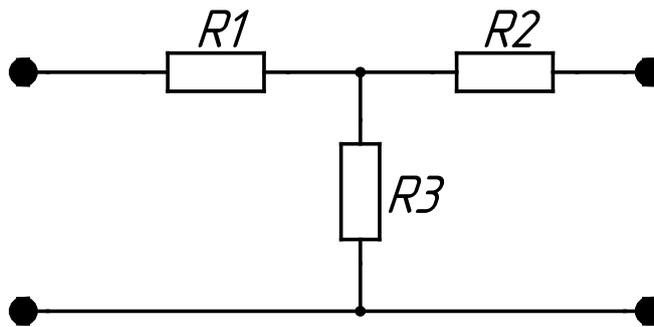


Рисунок 6 – Атенюатор Т-типа

Определим сопротивление резисторов R_1 , R_2 , R_3 . Для этого воспользуемся расчетными соотношениями для аттенюатора Т-типа:

$$R_1 = R_2 = Z \left(\frac{K-1}{K+1} \right), \quad (3)$$

$$R_3 = Z \left(\frac{2K}{K^2-1} \right). \quad (4)$$

где Z – импеданс источника/нагрузки (активное сопротивление), $Z = 75$ Ом;

K – безразмерный коэффициент ослабления напряжения, определяется по формуле:

$$K = \frac{U_{\text{вх}}}{U_{\text{вых}}} = 10^{\frac{db}{20}}. \quad (5)$$

Коэффициент ослабления напряжения для первого каскада равен:

$$K = 10^{\frac{6}{20}} = 10^{0,3} = 1,995. \quad (6)$$

Определим значения сопротивления резисторов:

$$R_1 = R_2 = 75 \left(\frac{1,995-1}{1,995+1} \right) = 75 \cdot 0,33 \approx 24,9 \text{ Ом}, \quad (7)$$

$$R_3 = 75 \left(\frac{2 \cdot 1,995}{1,995^2-1} \right) \approx 100 \text{ Ом}. \quad (8)$$

На двух последующих каскадах необходимо обеспечить ослабление $35 - 6 = 29$ дБ. Пусть каждый из этих каскадов будет ослаблять $29/2 = 14,5$ дБ. В этом случае воспользуемся аттенюатором П-типа, изображенном на рисунке 7.

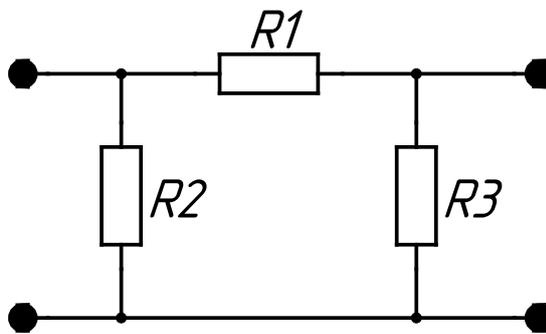


Рисунок 7 – Аттenuатор П-типа

Рассчитаем безразмерный коэффициент ослабления напряжения для аттенюатора П-типа:

$$K = 10^{\frac{14,5}{20}} = 10^{0,725} = 5,3. \quad (9)$$

Воспользуемся расчетными соотношениями для аттенюатора П-типа:

$$R_1 = Z \left(\frac{K^2 - 1}{2K} \right), \quad (10)$$

$$R_2 = R_3 = Z \left(\frac{K + 1}{K - 1} \right). \quad (11)$$

Определим значения сопротивления резисторов и построим схему двухкаскадного аттенюатора П-типа. Его схема представлена на рисунке 8.

$$R_1 = 75 \left(\frac{5,3^2 - 1}{2 \cdot 5,3} \right) \approx 191 \text{ Ом}, \quad (12)$$

$$R_2 = R_3 = 75 \left(\frac{5,3 + 1}{5,3 - 1} \right) \approx 110 \text{ Ом}. \quad (13)$$

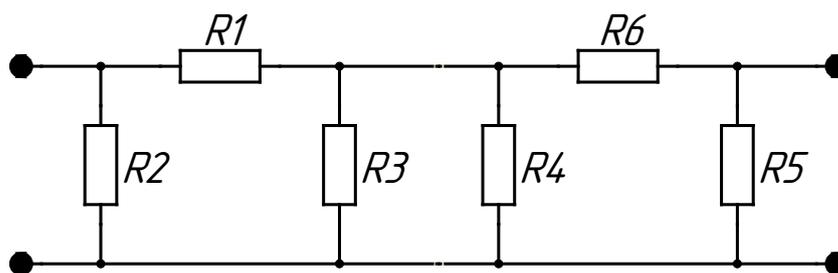


Рисунок 8 – Двухкаскадный аттенюатор П-типа

Из схемы, изображенной на рисунке 8 видно, что резисторы R_3 и R_4 включены параллельно и их номиналы равны 110 Ом. Так как эти резисторы включены параллельно, то целесообразно заменить резисторы R_3 , R_4 одним резистором с эквивалентным сопротивлением:

$$R = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = 54,9 \text{ Ом.} \quad (14)$$

Резистор R_5 необходимо согласовать с импедансом нагрузки $R_z = 75 \text{ Ом}$:

$$R = \frac{R_5 R_z}{R_5 + R_z} = \frac{110 \cdot 75}{110 + 75} \approx 45,3 \text{ Ом.} \quad (15)$$

Для второй входной группы необходимое входное пороговое напряжение выбрано на уровне 45 В. Рассчитаем необходимое ослабление сигнала:

$$db = 20 \log \frac{45}{1,65} = 28,71 \approx 29 \text{ дБ.} \quad (16)$$

Исходя из формулы (16), необходимо спроектировать аттенюатор, который обеспечит ослабление сигнала на 29 дБ. Рассчитывается он так же, как и аттенюатор, изображенный на рисунке 8. Значения $R_1 - R_6$ соответствуют формулам (12-15)

Окончательный результат представлен на рисунке 9.

На рисунке 9 первая группа делителей образована резисторами $R_1, R_3, R_5, R_7, R_9, R_{11}, R_{12}, R_{13}$. Вторая группа делителей состоит из резисторов $R_2, R_4, R_6, R_8, R_{10}$. Резисторы R_{14} и R_{15} образуют резистивный делитель, подключенный к входу $-IN_2$ компаратора.

Через делитель напряжения и детектирующий элемент – компаратор, входные импульсы поступают на вход матрицы.

В качестве компаратора используется отечественная серия микросхем 1481, а именно 1481СА6Р. Микросхема 1481СА6Р является двухканальным быстродействующим компаратором напряжения, предназначенным для применения в трактах обработки аналоговых сигналов наносекундного диапазона и в устройствах временной привязки.

От времени сигнала запуска СПЗ в течение 10 секунд начинают регистрироваться события на 16 входных каналах (Т1-Т8, С1-С8).

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>26</i>

3.2.4 Интерфейс RS-485

Передача измеренных значений осуществляется по интерфейсу RS-485 на компьютер или другое выходное устройство для их дальнейшей обработки.

Интерфейс RS-485 является наиболее распространенным в промышленной автоматизации. Он используется в некоторых промышленных сетях и множестве нестандартных сетей. Связано это с тем, что по всем основным показателям данный интерфейс является наилучшим из всех возможных при современном уровне развития технологии. Основными его достоинствами являются:

- двусторонний обмен данными всего по одной витой паре проводов;
- работа с несколькими трансиверами, подключенными к одной и той же линии, т.е. возможность организации сети;
- большая длина линии связи;
- достаточно высокая скорость передачи.

Принципы построения

В основе построения интерфейса RS-485 лежит дифференциальный способ передачи сигнала, когда напряжение, соответствующее уровню логической единицы или нуля, отсчитывается не от "земли", а измеряется как разность потенциалов между двумя передающими линиями. По одному проводу идет оригинальный сигнал, а по другому - его инверсная копия. Другими словами, если на одном проводе "1", то на другом "0" и наоборот. Таким образом, между двумя проводами витой пары всегда есть разность потенциалов: при "1" она положительна, при "0" - отрицательна. При этом напряжение каждой линии относительно "земли" может быть произвольным. Вид сигналов в линии изображен на рисунке 10.

										Лист
										27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

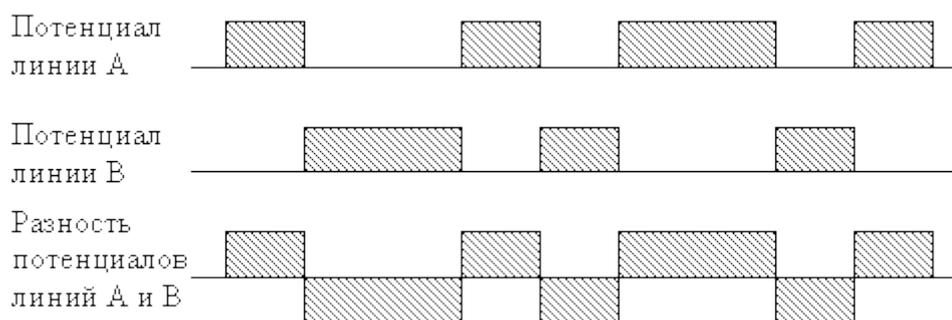


Рисунок 10 – Вид сигналов в линии RS-485

Именно этой разностью потенциалов и передается сигнал. Такой способ передачи обеспечивает высокую устойчивость к синфазной помехе. Синфазной называют помеху, действующую на оба провода линии одинаково. К примеру, электромагнитная волна, проходя через участок линии связи, наводит в обоих проводах потенциал. Если сигнал передается потенциалом в одном проводе относительно общего, то наводка на этот провод может исказить сигнал относительно хорошо поглощающего наводки общего ("земли"). Кроме того, на сопротивлении длинного общего провода будет падать разность потенциалов земель - дополнительный источник искажений. А при дифференциальной передаче искажения не происходит. В самом деле, если два провода пролегают близко друг к другу, да еще перевиты, то наводка на оба провода одинакова. Потенциал в обоих одинаково нагруженных проводах изменяется одинаково, при этом информативная разность потенциалов остается без изменений.

Основные параметры интерфейса RS-485 сведены в таблице 2.

Таблица 2 – Параметры интерфейса RS-485, установленные стандартом

Стандартные параметры интерфейсов	RS-485
Допустимое число передатчиков/приемников	32/32
Максимальная длина кабеля	1200 м
Максимальная скорость связи	10 Мбит/с
Диапазон напряжений "1" передатчика	+1,5...+6 В
Диапазон напряжений "0" передатчика	-1,5...-6 В
Диапазон синфазного напряжения передатчика	-1...-3 В
Допустимый диапазон напряжений приемника	-7...-12 В
Пороговый диапазон чувствительности приемника	±200 мВ
Максимальный ток короткого замыкания драйвера	250мА
Допустимое сопротивление нагрузки передатчика	54 Ом
Входное сопротивление приемника	12 кОм
Максимальное время нарастания сигнала передатчика	30% бита

Приемники сигнала являются дифференциальными, т.е. воспринимают только разность между напряжениями на линии. При разности напряжений более 200 мВ, до плюс 12 В считается, что на линии установлено значение логической единицы, при напряжении менее минус 200 мВ, до минус 7 В – логического нуля. Дифференциальное напряжение на выходе передатчика в соответствии со стандартом должно быть не менее 1,5 В, поэтому при пороге срабатывания приемника 200 мВ помеха (в том числе падение напряжения на омическом сопротивлении линии) может иметь размах 1,3 В над уровнем 200 мВ. Такой большой запас необходим для работы на длинных линиях с большим омическим сопротивлением. Фактически, именно этот запас по напряжению и определяет максимальную длину линии связи (1200 м) при низких скоростях передачи (менее 100 кбит/с).

Благодаря симметрии линий относительно "земли" в них наводятся помехи, близкие по форме и величине. В приемнике с дифференциальным входом сигнал выделяется путем вычитания напряжений на линиях, поэтому после вычитания напряжение помехи оказывается равным нулю. В реальных условиях, когда существует небольшая асимметрия линий и нагрузок, помеха подавляется не полностью, но ослабляется существенно.

						<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			29

Для минимизации чувствительности линии передачи к электромагнитной наводке используется витая пара проводов. Токи, наводимые в соседних витках вследствие явления электромагнитной индукции, по "правилу буравчика" оказываются направленными навстречу друг к другу и взаимно компенсируются. Степень компенсации определяется качеством изготовления кабеля и количеством витков на единицу длины.

Аппаратная реализация интерфейса

Аппаратная реализация интерфейса – микросхемы приемопередатчиков с дифференциальными входами/выходами (к линии) и цифровыми портами (к портам UART контроллера).

RS-485 – полудуплексный интерфейс. Прием и передача идут по одной паре проводов с разделением по времени. В сети может быть много передатчиков, так как они могут отключаться в режиме приема. Общий вид схемы приемопередатчика интерфейса RS-485 представлен на рисунке 11.

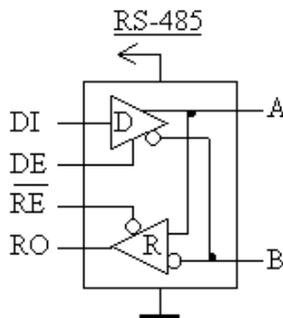


Рисунок 11 – Схема приемопередатчика RS-485

Назначение портов:

- D (Driver) – передатчик;
- R (Receiver) – приемник;
- DI (Driver Input) – цифровой вход передатчика;
- RO (Receiver Output) – цифровой выход приемника;
- DE (Driver Enable) – разрешение работы передатчика;
- RE (Receiver Enable) – разрешение работы приемника;

- А – прямой дифференциальный вход/выход;
- В – инверсный дифференциальный вход/выход.

Цифровой выход приемника (RO) подключается к порту приемника (RX). Цифровой вход передатчика (DI) к порту передатчика (TX). Поскольку на дифференциальной стороне приемник и передатчик соединены, то во время приема нужно отключать передатчик, а во время передачи – приемник. Для этого служат управляющие входы – разрешение приемника (RE) и разрешения передатчика (DE). Так как вход RE инверсный, то его можно соединить с DE и переключать приемник и передатчик одним сигналом с любого порта контроллера. При уровне "0" – работа на прием, при "1" – на передачу. Соединение микроконтроллера и приемопередатчика показано на рисунке 12

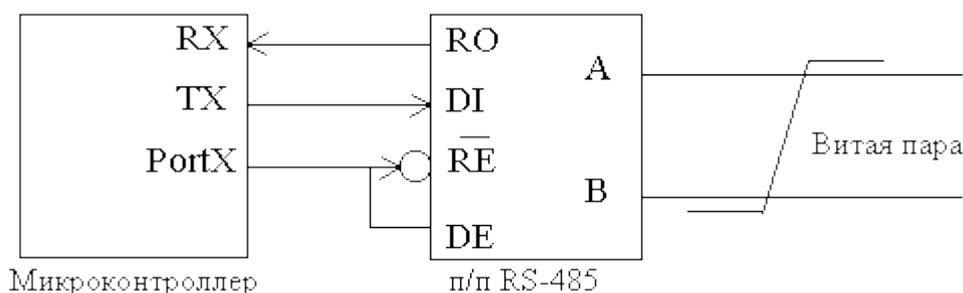


Рисунок 12 – Соединение микроконтроллера и приемопередатчика

В качестве приемопередатчика была выбрана отечественная микросхема серии 5559, а именно 5559ИН28У, которая предназначена для использования в аппаратуре специального назначения, в качестве приемопередатчика по стандарту RS-485 со скоростью передачи данных до 30 Мбит/с. Условно-графическое изображение микросхемы изображено на рисунке 13.

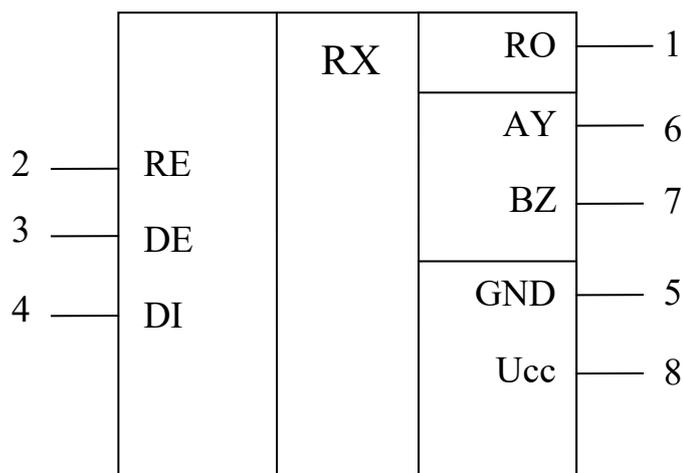


Рисунок 13 – Условно-графическое обозначение микросхемы 5559ИН28У

Схема подключения микросхемы к интерфейсу RS-485 показана на рисунке 14.

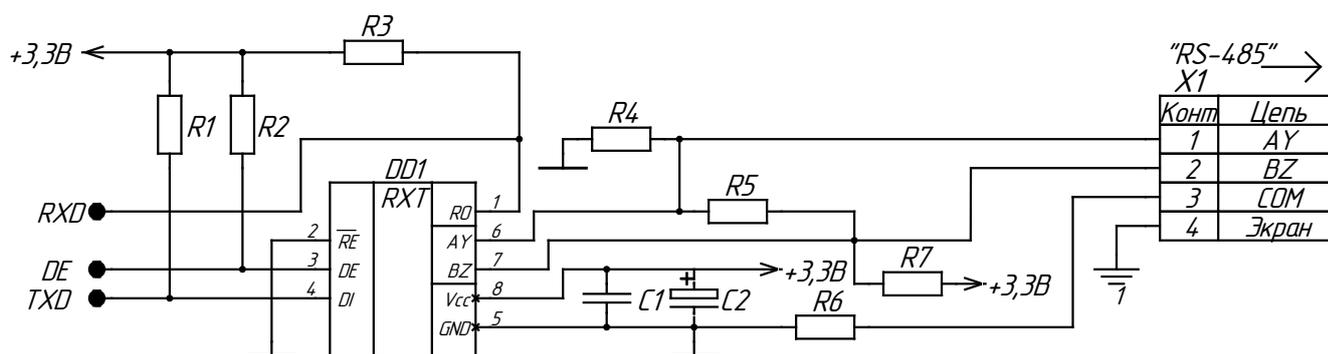


Рисунок 14 – Схема включения микросхемы 5559ИН28У

Назначение выводов микросхемы 5559ИН28У показано в таблице 3.

Таблица 3 – Описание выводов микросхемы

Вывод корпуса	Условное обозначение	Функциональное назначение выводов
1	RO	Выход приемника
2	RE	Разрешение выхода приемника. Активный логический уровень низкий
3	DE	Разрешение выхода передатчика. Активный высокий уровень
4	DI	Вход передатчика
5	GND	Общий
6	AU	Прямой вход приемника, прямой выход передатчика
7	BZ	Инверсный вход приемника, инверсный выход передатчика
8	Vcc	Питание

При включении микросхемы необходимо использование внешних резисторов для того, чтобы в случае обрыва в линии на выходе RO микросхемы жестко определить состояние логической «1» или «0».

Входной импеданс приемника RS-485 по стандарту не должен быть меньше 12 кОм (одна единица нагрузки), стандартный передатчик способен работать на 32 единицы нагрузки. Входной импеданс данного приемопередатчика составляет 1/8 единицы нагрузки (менее 96 кОм).

3.2.5 Память

На основе требований технического задания сформируем плату памяти, которая будет отвечает за возможность сохранения измеренных значений на память flash-типа.

Для этого воспользуемся микросхемой серии 1636, в частности 1636PP1AU, которая представляет собой ПЗУ с электрическим перепрограммированием flash-типа на (512Кх8) бит. Схема включения данной микросхемы представлена на рисунке 15.

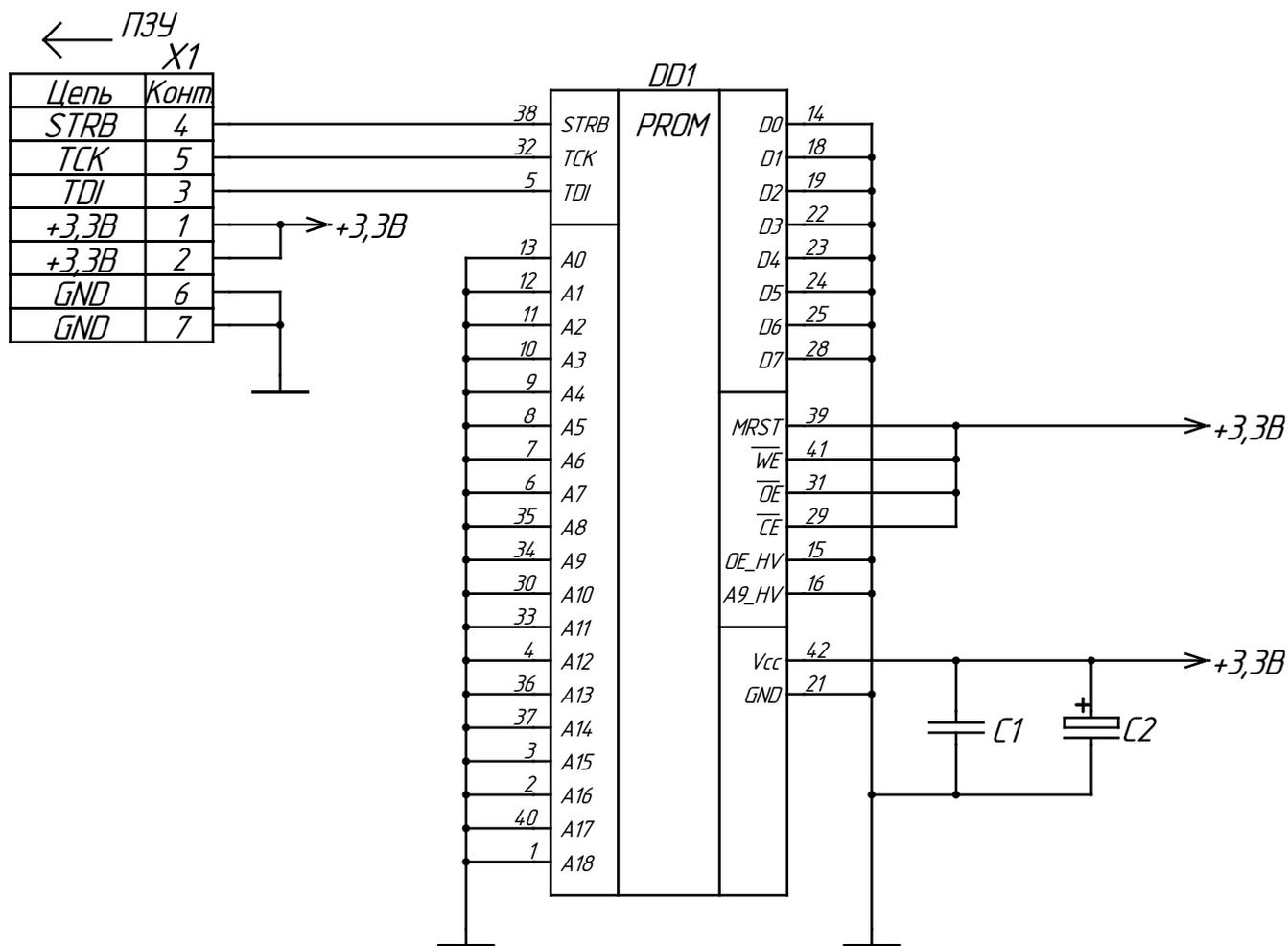


Рисунок 15 – Схема включения микросхемы 1636PP1AU

3.2.6 Контроль

Блок «Контроль» позволяет следить за тем, на какие входные каналы поступают сигналы.

В состав данного блока входят три микросхемы 1554ЛИ9ТБМ, которые представляют собой шесть логических повторителей каждая. Условно-графическое обозначение микросхемы представлено на рисунке 16.

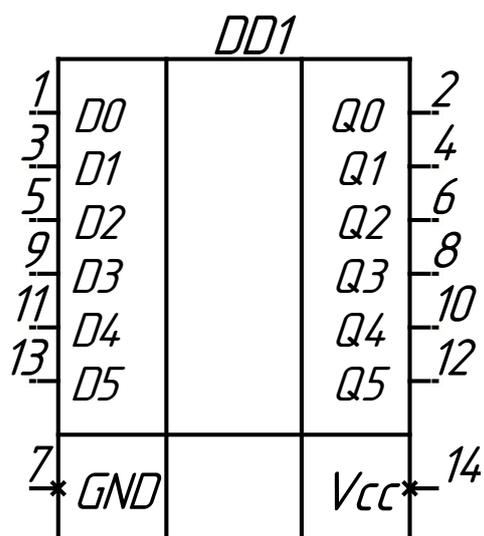


Рисунок 16 – Условное графическое обозначение микросхемы 1554ЛИ9ТБМ

Назначение выводов микросхемы:

- D0, D1, D2, D3, D4, D5 – вход;
- Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 – выход;
- GND – общий вывод;
- Vcc – вывод питания от источника напряжения.

Таблица истинности микросхемы 1554ЛИ9ТБМ показана в таблице 4.

Таблица 4 – Таблица истинности 1554ЛИ9ТБМ

Вход	Выход
D	Q
L	L
H	H

L – низкий уровень напряжения;

H – высокий уровень напряжения.

3.2.7 Индикация

Блок «Индикация» обеспечивает индикацию сигналов питания, ПЗУ и сигнала разрешения работы матрицы. Индикация осуществляется светодиодами.

4 Программный раздел

4.1 Теоретические сведения языка описания аппаратуры VHDL

Языки описания аппаратуры (Hardware Description Language) являются формальной записью, которая может быть использована на всех этапах разработки цифровых электронных систем. Такой язык легко воспринимается как машиной, так и человеком, он может использоваться на различных этапах проектирования, верификации, синтеза и тестирования устройства, а так же для передачи данных о проекте и его модификации. Наиболее универсальным и распространенным языком описания аппаратуры является язык VHDL. На этом языке возможно как поведенческое, так структурное и потоковое описание цифровых схем.

Язык VHDL используется во многих системах для моделирования всевозможных интегральных схем. С точки зрения программиста, язык VHDL состоит как бы из двух компонент – общеалгоритмической и проблемно-ориентированной.

Общеалгоритмическая компонента VHDL – это язык, близкий по синтаксису и семантике к современным языкам программирования типа «Паскаль», «С» и др. Язык относится к классу строго типизированных. Помимо встроенных, простых типов данных таких как целый, вещественный, битовый, булев, данных типа время, данных типа ссылка (указатель), пользователь может вводить свои типы данных (перечислимый, диапазонный и др.).

Проблемно-ориентированная компонента позволяет описывать цифровые системы в привычных для разработчика понятиях и терминах. Сюда можно отнести:

- понятие модельного времени;
- данные типа (Time), позволяющие указывать время задержки в физических единицах;
- данные вида сигнал (Signal), значение которых изменяется не мгновенно, как у обычных переменных, а с указанной задержкой, а также специальные операции и функции над ними.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>36</i>

Полное VHDL описание объекта состоит как минимум из двух отдельных описаний: описание интерфейса объекта и описание тела объекта (описание архитектуры). Интерфейс описывается в объявлении объекта и определяет входы и выходы объекта, его входные и выходные порты и параметры настройки. Параметры настройки отражают тот факт, что некоторые объекты могут иметь управляющие входы, с помощью которых может производиться настройка экземпляров объектов, в частности, задаваться время задержки.

4.2 Цели и задачи программного обеспечения ПЛИС

Цели ПО – измерение от одного до шестнадцати интервалов времени с общим импульсом запуска (начало отсчетов интервалов времени) и сохранением результатов измерения.

Выделим основные задачи программного обеспечения.

1. Перед началом процесса регистрации (когда сигнал запуска еще не поступил) необходимо организовать чтение энергонезависимой памяти и определить адрес первого свободного для записи сектора.

2. По сигналу запуска СПЗ запустить счетчик интервалов времени и остановить (сбросить) его через 10 секунд после начала запуска.

3. По переднему фронту первого импульса в каждом из 16 каналов необходимо регистрировать значение счетчика интервалов времени.

4. После завершения режима регистрации записать в энергонезависимую память значения счетчика интервалов времени по всем 16 каналам.

5. Организовать передачу данных по протоколу интерфейса RS-485 со скоростью 9600 бод.

6. Каждые 200 мс отправлять по интерфейсу RS-485 данные о текущем состоянии работы ПЛИС: адрес сектора энергонезависимой памяти и зарегистрированные значения счетчика интервалов времени каждого из 16 каналов.

7. Индикация светодиодов.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

Сигнал запуска СПЗ считается установившемся (или сброшенным), если в течение 50 мс он не изменял своего значения (см. T10, Sc5 и SP3).

На рисунке 17 приведена блок-схема алгоритма работы программы.

4.3 Алгоритм работы программы ПЛИС

При подаче питания на ПЛИС включается светодиод «ПИТ.» на передней панели блока. Включенный светодиод свидетельствует не только о том, что питание на блок подано, но и о том, что программа ПЛИС запущена.

С каждым тактом генератора определяется, присутствует ли сигнал запуска на входе блока, по которому задается режим работы ПЛИС. Если сигнал запуска отсутствует, то запускается процесс чтения внешнего ПЗУ. Отсутствие сигнала запуска соответствует стандартному режиму работы блока с момента подачи на него питания.

Память ПЗУ состоит из четырех блоков памяти, емкостью 1 Мбит или 1048576 бит каждый. Для записи значения счетчика используется 32 бита. Для сохранения 16 значений со всех 16 входных каналов регистрации требуется $16 \times 32 = 512$ бит памяти. Исходя из этого, можно определить, что один блок памяти рассчитан для записи $1048576 / 512 = 2048$ процессов регистрации, что вполне достаточно для тех условий, в которых будет применяться данный регистратор.

Чтение памяти организовано по последовательному интерфейсу (три линии связи TCK, TDI, STRB):

- TCK – тактовая частота 5 МГц. Формируется из частоты кварцевого генератора CLK = 50 МГц;
- TDI – двунаправленная линия данных, по которой ПЛИС сначала передает команды ПЗУ, а затем принимает от нее данные;
- STRB – сигнал разделения пакетов для ПЗУ. Устанавливается в значение '1' перед каждой командой на ПЗУ и сбрасывается в '0' с началом передачи данных.

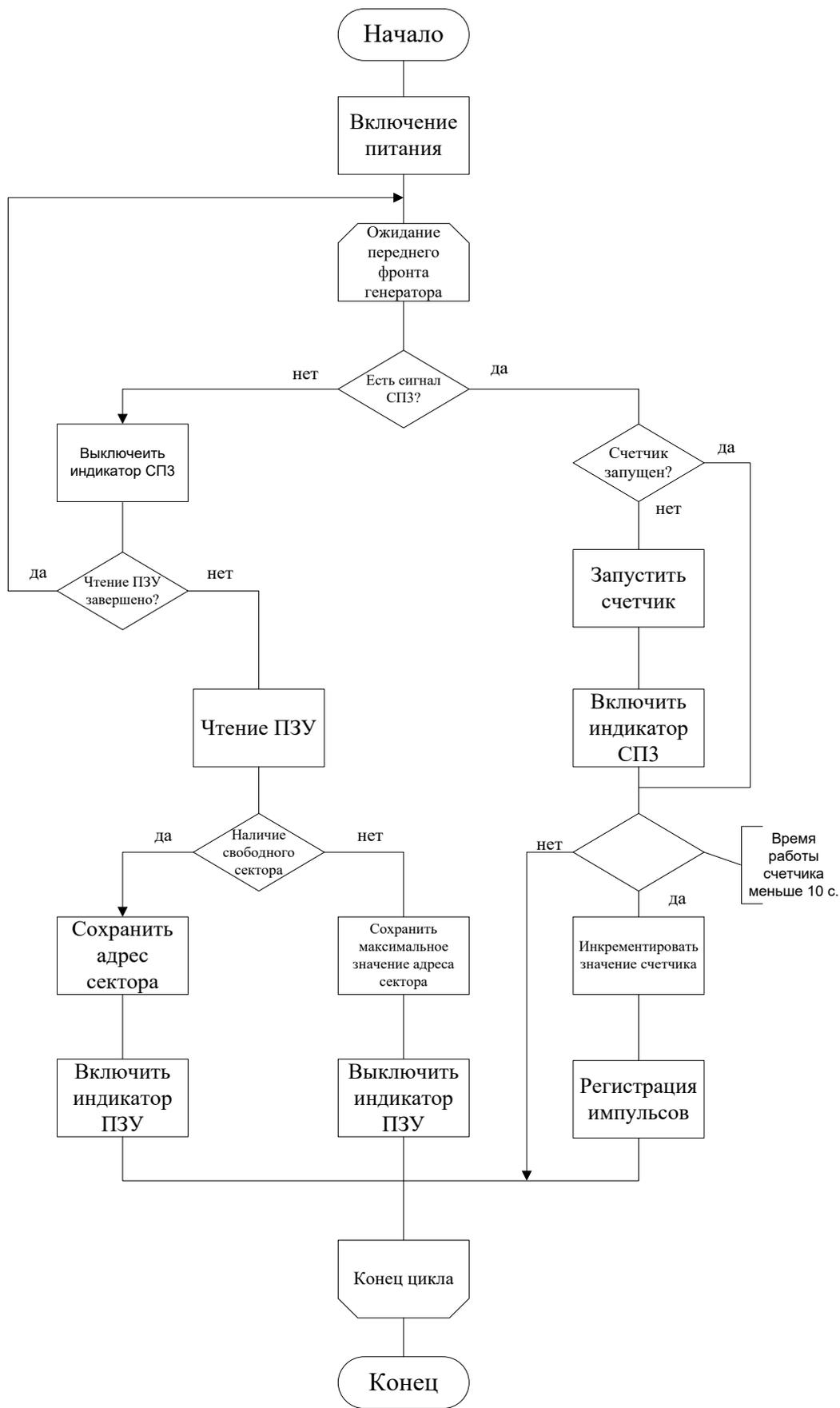


Рисунок 17 – Блок схема программы

Для старта режима чтения на ПЗУ по линии TDI передается 16-ти битная команда, затем 16-ти битное значение адреса, с которого начнется чтение (нулевое значение). Далее, ПЛИС последовательно считывает значение шестнадцати битных данных ($R1 \leq TDI$) по указанному нулевому адресу. Каждый считанный бит R1 проверяется на нулевое значение и если хотя бы один бит равен '0', то сигнал R2 устанавливается в '0'. Затем, сигнал STRB устанавливается в '1' и на следующем такте ТСК сбрасывается в '0', тем самым оповещая ПЗУ о начале следующего пакета. Последующие такты состоят из трех битной команды, которая указывает ПЗУ, что продолжается режим чтения, и адрес в ней автоматически инкрементируется. Далее ПЛИС последовательно считывает значение шестнадцати битных данных ($R1 \leq TDI$) и проверяет их на нулевое значение (R2).

Чтение ПЗУ разделено сектора по 512 бит каждый. Если хотя бы один из 512 бит окажется нулевым, то сектор будет считаться занятым, и режим чтения продолжится. Как только в секторе все 512 бит в секторе будут равны '1', процесс чтения останавливается и в памяти ПЛИС сохраняется адрес начала сектора ($ADR \leq ADR-32$).

Рассчитаем максимально возможное время чтения блока памяти ПЗУ. Для чтения 16 бит данных требуется 20 тактов на частоте 5 МГц («1» - сигнал STRB, «2 – 4» - команда, «5 – 20» - 16 бит данных).

Время чтения 16 бит данных:

$$200 \text{ нс} \cdot 20 = 4 \text{ мкс.} \quad (17)$$

Время чтения одного сектора:

$$4 \text{ мкс} \cdot 32 = 128 \text{ мкс.} \quad (18)$$

Время чтения блока памяти ПЗУ:

$$128 \text{ мкс} \cdot 2048 = 262,144 \text{ мс.} \quad (19)$$

4.4 Интерфейс и тело объекта

Теперь перейдем конкретно к описанию программы.

									Лист
									40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ				

Полное VHDL-описание объекта состоит как минимум из двух отдельных описаний: описание интерфейса объекта (ENTITY) и описание архитектуры объекта (ARCHITECTURE). Интерфейс описывается в объявлении объекта Entity Declaration и определяет входы и выходы объекта, его входные и выходные порты Ports. В декларативной части ENTITY описываются объекты, типы, подпрограммы и прочие элементы, которые будут использованы при описании устройства. Для сигналов, подаваемых или снимаемых с портов указывается вид (режим, направление) сигнала: входной (IN), выходной (OUT), двунаправленный (INOUT) и его тип. Помимо представленных в проекте видов сигнала, существуют и другие, описанные в [2, стр. 39].

В нашем случае, описание объекта проекта PROG на VHDL имеет вид:

```

ENTITY PROG IS                                  -- декларация имени объекта проекта
PORT
  (
    clk : IN std_logic;                          -- декларация входных портов
    KN1 : IN std_logic;
    KN2 : IN std_logic;
    KN3 : IN std_logic;
    KN4 : IN std_logic;
    BXOD : IN std_logic_vector (1 to 16);
    VD1 : OUT std_logic;                          -- декларация выходных портов
    VD2 : OUT std_logic;
    VD3 : OUT std_logic;
    VD4 : OUT std_logic;
    TCK : OUT std_logic;
    TDI : INOUT std_logic;                       --декларация двунаправленного порта
    STRB : OUT std_logic;
    data_in : IN std_logic;
    DIG : OUT std_logic_vector (0 to 3);
    SEG : OUT std_logic_vector (0 to 7);
    data_out : OUT std_logic
  );
END PROG;

```

В тексте программы присутствуют комментарии. Комментарий начинается двумя символами тире («--»). Компилятор игнорирует текст начиная с символов «--» до конца строки, т.е. комментарий может включать в себя символы, не входящие в алфавит языка, в частности русские буквы.

В данном примере `std_logic`, `std_logic_vector` – это тип сигнала. Тип `std_logic` представляет один бит данных. Объекты данного типа могут принимать 9 состояний, однако для синтеза логических схем используются только четыре. Описание всех состояний представляется в [2, стр. 124]. Тип `std_logic_vector` является одномерным массивом элементов типа `std_logic`.

Описание структуры объекта строится как описание связей конкретных компонент, каждая из которых имеет имя, тип и карты портов. Структура или поведение устройств описываются с помощью конструкции ARCHITECTURE. Архитектурное тело (ARCHITECTURE) определяет тело объекта, т.е. раскрывает внутренность «черного ящика». В архитектурном теле описываются функции (поведение) либо структура объекта проекта. После ключевого слова BEGIN с помощью параллельных операторов описываются параллельно работающие части устройства.

Сигналы – это объекты, обладающие историей изменения (прошлым и текущим состояниями). В процессе моделирования возникают события, которые являются причинами возникновения новых событий. При возникновении события, приводящего к изменению сигнала, это изменение происходит не мгновенно, а через некоторое оговоренное время. Это свойство сигнала позволяет учесть при моделировании причинно-следственные связи между воздействием и откликом.

Декларация и инициализация сигналов выглядит следующим образом:

```

ARCHITECTURE maxpld OF RUPI IS      --декларация архитектуры
    type Mem is array (0 to 16) of std_logic_vector (31 downto 0);--декларация
-- типа «массив»
    signal ramTmp : Mem;
    signal Reg : std_logic_vector (8 downto 1) := "00000000";
    signal SP3 : std_logic := '0';      --декларация внутренних сигналов
    signal Test : std_logic := '0';
    signal a1 : std_logic := '0';
    signal a2 : std_logic := '0';
    signal a3 : std_logic := '0';
    signal pp : std_logic := '0';
    signal c1 : std_logic := '0';
    signal c2 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
    signal c3 : std_logic := '0';
    signal Stread : std_logic := '0';
    signal Stopread : std_logic := '0';
  
```


сигналом (чаще, с сигналом CLK). Для обращения к атрибутам объекта используется символ «'» (например, CLK'event). Этот атрибут имеет тип BOOLEAN со значением TRUE, когда значение CLK изменилось. Полное описание типов атрибутов изложено в [2, стр. 45].

Последовательные операторы

Такие операторы используются для описания алгоритма функционирования параллельных процессов и подпрограмм. Их использование происходит в той последовательности, в которой они описаны в программе. Последовательными операторами, используемыми в программе, являются:

- условный оператор IF;
- оператор выбора CASE;
- оператор цикла LOOP;
- пустой оператор NULL.

Условный оператор IF

Данный оператор языка VHDL подобен операторам if в других языках программирования.

Выражение, представляющее собой «условие» должно иметь тип BOOLEAN. В одном if операторе может быть одна (или ни одной) либо более частей elsif. Следует отличать ключевое слово elsif от слов else if. Часть else может быть только одна (или ни одной). Также должен присутствовать разделитель между ключевыми словами в заключительной фразе end if.

Оператор выбора CASE

Оператор CASE (случай) выбирает одну из альтернатив. Выбранная альтернатива определяется значением выражения. Это выражение должно быть дискретного типа или типа одномерного массива символов, значения которых могут быть представлены как строки или строка битов. Выбор должен иметь такой же тип, как и выражение. Все возможные выборы (случаи) должны быть перебраны.

Для случая «others» (другие) должно быть такое значение, которое не будет соответствовать предыдущим альтернативам.

Оператор цикла LOOP

Этот оператор позволяет описать часть устройства, алгоритм работы которой представляет собой повторяющиеся действия.

Оператор NULL

Данный оператор не представляет действий. Он используется, чтобы точно специфицировать, что нет действий. Его типичное применение – в операторе CASE, чтобы определить действия во всех случаях.

Генерация частоты

Для того чтобы организовать чтение памяти, в первую очередь необходимо получить частоту ТСК = 5 МГц, которая формируется из частоты кварцевого генератора CLK = 50 МГц.

```
process (clk)
  Begin
  if (clk'event and clk = '1') then
    if (T5M = 9) then
      T5M <= 0;
    else
      T5M <= T5M + 1;
    end if;
  end if;
end process;
process (clk)
  Begin
  if (clk'event and clk = '0') then
    if (T5M < 5) then
      ТСК <= '0';
    else
      ТСК <= '1';
    end if;
  end if;
end process;
```

Также реализован сигнал выдержки T150. Эта выдержка в 150 мкс необходима для того, чтобы команды за время в 150 мкс успели передаться в память:

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

```

process (clk)
  Begin
  if (clk'event and clk = '0') then
  if (T5M = 0) then
    if (fl1 = '1' and fl2 = '0') then
      if (SchTCK > 170 and (SchTCK rem 32) = 0 and T150 < 750) then
        T150 <= T150 + 1;
      else
        SchTCK <= SchTCK + 1;
        T150 <= 0;
      end if;
    end if;
    if (fl1 = '0') then
      SchTCK <= 0;
    end if;
  end if;
  end if;
  end process;

```

Для записи значения счетчиков требуется 1184 бит информации:

```

process (clk)
  Begin
  if (clk'event and clk = '0') then
  if (T5M = 5) then
    if (SchTCK = 1184) then
      fl2 <= '1';
    else
      fl2 <= '0';
    end if;
  end if;
  end if;
  end process;

```

Затем, сигнал STRB устанавливается в '1' и на следующем такте TCK сбрасывается в '0', тем самым оповещая ПЗУ о начале следующего пакета. Сигнал STRB служит сигналом разделения пакетов для ПЗУ. Устанавливается в значение '1' перед каждой командой на ПЗУ и сбрасывается в '0' с началом передачи данных. Здесь стоит отметить, что сигнал STRB формируется каждые 32 бита (см. case SchTCK).

```

process (clk)
  Begin
  if (clk'event and clk = '1') then
  if (fl1 = '1') then

```

case SchTCK is

when 0 => STRB <= '1';
when 40 => STRB <= '1';
when 80 => STRB <= '1';
when 120 => STRB <= '1';
when 193 => STRB <= '1';
when 225 => STRB <= '1';
when 257 => STRB <= '1';
when 289 => STRB <= '1';
when 321 => STRB <= '1';
when 353 => STRB <= '1';
when 385 => STRB <= '1';
when 417 => STRB <= '1';
when 449 => STRB <= '1';
when 481 => STRB <= '1';
when 513 => STRB <= '1';
when 545 => STRB <= '1';
when 577 => STRB <= '1';
when 609 => STRB <= '1';
when 641 => STRB <= '1';
when 673 => STRB <= '1';
when 705 => STRB <= '1';
when 737 => STRB <= '1';
when 769 => STRB <= '1';
when 801 => STRB <= '1';
when 833 => STRB <= '1';
when 865 => STRB <= '1';
when 897 => STRB <= '1';
when 929 => STRB <= '1';
when 961 => STRB <= '1';
when 993 => STRB <= '1';
when 1025 => STRB <= '1';
when 1057 => STRB <= '1';
when 1089 => STRB <= '1';
when 1121 => STRB <= '1';
when 1153 => STRB <= '1';
when others => STRB <= '0';

END CASE;

end if;

if (fl1 = '0' and Stread = '0' and Stopread = '0') then

if (TR = 0) then

STRB <= '1';

else

STRB <= '0';

end if;

end if;

if (fl1 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '0') then

if ((TR rem 19) = 0) then

STRB <= '1';

else

STRB <= '0';

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>47</i>

```

        end if;
    end if;
    if (fl1 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '1') then
        STRB <= '0';
    end if;
    end if;
    end process;

```

Запись в память

Описание процесса записи в память выглядит следующим образом:

```

process (clk)
    Begin
    if (clk'event and clk = '0') then
    if (fl1 = '1' and T5M = 2) then
        if (SchTCK < 152) then
            TDI <= RAM(SchTCK);
        elsif (SchTCK < 168) then
            TDI <= ramTmp(1)(SchTCK - 152);
        elsif (SchTCK < 193) then
            TDI <= RAM(SchTCK);
        else
            if ((SchTCK rem 64) < 2) then
                TDI <= '0';
            elsif ((SchTCK rem 64) < 4) then
                TDI <= '1';
            elsif ((SchTCK rem 64) < 20) then
                TDI <= ramTmp((SchTCK-96)/64)((SchTCK rem 64) + 12);
            elsif ((SchTCK rem 64) < 34) then
                TDI <= '0';
            elsif ((SchTCK rem 64) < 36) then
                TDI <= '1';
            elsif ((SchTCK rem 64) < 52) then
                TDI <= ramTmp((SchTCK-96)/64)((SchTCK rem 64) - 36);
            elsif ((SchTCK rem 64) < 64) then
                TDI <= '0';
            end if;
        end if;
    end if;
    if (fl1 = '0' and T5M = 2) then
        if (Stread = '0' and Stopread = '0') then
            if (TR < 32) then
                TDI <= RD(TR);
            else
                TDI <= 'Z';
            end if;
        elsif (Stread = '1' and Stopread = '0') then
            if (TR = 0) then
                TDI <= '0';
            end if;
        end if;
    end if;
end process

```

```

        if (TR = 1 or TR = 2) then
            TDI <= '1';
        end if;
        if (TR > 2) then
            TDI <= 'Z';
        end if;
    end if;
end if;
end if;
end process;

```

Такой способ описания вызван особенностями используемой микросхемы памяти 1636PP1AU, из-за чего запись в память имеет довольно сложную структуру. Сначала необходимо передать определенную последовательность данных, которая занимает первые 171 бит данных. Сама последовательность данных является служебной. Она требуется для правильного функционирования микросхемы памяти. Затем передаются данные, измеренные на 16-ти входных каналах. Также следует выдержать время в 150 мкс, чтобы все описанные команды успели обработаться памятью.

Отправка данных о текущем состоянии работы

Исходя из поставленных задач ПО, описанных в п.4.2 пояснительной записки, сформируем передачу по интерфейсу RS-485 данных о текущем состоянии работы ПЛИС через каждые 200 мс, а именно: адрес сектора энергонезависимой памяти и зарегистрированные значения счетчика интервалов времени каждого из 16 каналов. Такая запись будет выглядеть следующим образом:

```

process (clk)
    Begin
        if (clk'event and clk = '1') then
            if (T200(23) = '1') then
                T200 <=(others => '0');
                b1 <= not b1;
            else
                T200 <= T200 + '1';
            end if;
            if (b1 = '0' and b2 = '0') then
                pp <= '0';
            end if;
            if (b1 = '1' and b2 = '0') then

```

					<i>Лист</i>
					<i>49</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>

```

        pp <= '1';
    end if;
    if (b1 = '1' and b2 = '1') then
        pp <= '0';
    end if;
    if (b1 = '0' and b2 = '1') then
        pp <= '1';
    end if;
end if;
end process;

```

Проверка каждые 10 мс

Реализована возможность запустить счетчик по сигналу запуска СПЗ.

```

process (clk)
    begin
        if (clk'event and clk = '1') then
            if (SP3 = '1' and start_in = '0') then
                rT <= "00000000000000000000000000000000";
                start_in <= '1';
            end if;

            if (SP3 = '1' and start_in = '1' and rT(29) = '0') then
                rT <= rT + '1';
            end if;
            if (SP3 = '1' and start_in = '1' and rT(29) = '1') then
                ramTmp(0)(29) <= '0';
            end if;
            if (SP3 = '0') then
                start_in <= '0';
                rT <= "00000000000000000000000000000000";
                ramTmp(0)(29) <= '1';
            end if;
        end if;
    end process;

```

Регистрация импульсов

Импульс в канале регистрации считается принятым, если два такта подряд значение кварцевого генератора 50 МГц принималось значение '1' (см. x1(i), x2(i), BXOD(i)). Это будет выглядеть следующим образом:

```

process (clk, sp3, start_in, x1, x2, x3, bxod, rT)
    begin
        if (clk'event and clk = '0') then
            if (SP3 = '1' and start_in = '1') then
                for i in 1 to 16 loop

```

					<i>Лист</i>
					<i>50</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>

```

        if (x1(i) = '0' and BXOD(i) = '0') then
            x1(i) <= '1';
        end if;
        if (x1(i) = '1' and x2(i) = '0' and BXOD(i) = '0') then
            x2(i) <= '1';
        end if;
        if (x1(i) = '1' and x2(i) = '0' and BXOD(i) = '1') then
            x1(i) <= '0'; x2(i) <= '0'; x3(i) <= '0';
        end if;
        if (x1(i) = '1' and x2(i) = '1' and x3(i) = '0') then
            ramTmp(i)(28 downto 0) <= rT(28 downto 0);
            ramTmp(i)(31 downto 29) <= "000";
            x3(i) <= '1';
        end if;
    end loop;
end if;
if (SP3 = '0') then
    for i in 1 to 16 loop
        x1(i) <= '0'; x2(i) <= '0'; x3(i) <= '0';
        ramTmp(i) <= "00000000000000000000000000000000";
    end loop;
end if;
end if;
end process;

```

Чтение памяти

Чтение памяти необходимо организовать перед началом процесса регистрации импульсов, когда сигнал запуска СПЗ еще не поступил. Необходимо также определить адрес первого свободного сектора для записи:

```

process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then
if (T5M = 8) then
    if (f11 = '0' and Stread = '0' and Stopread = '0') then
        if (TR < 48) then
            TR <= TR + 1;
            ADR <= (others => '0');
        else
            Stread <= '1';
            TR <= 0;
            ADR <= ADR + '1';
        end if;
    end if;
end if;
if (f11 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '0') then
    if (TR < 18) then
        TR <= TR + 1;
    else

```

					<i>Лист</i>
<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>					<i>51</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	

```

        TR <= 0;
        ADR <= ADR + '1';
    end if;
end if;
if (fl1 = '1') then
    Stread <= '0';
    TR <= 0;
    ADR <= (others => '0');
end if;
end if;
end if;
end process;

```

Каждый считанный бит R1 проверяется на нулевое значение и если хотя бы один бит равен '0', то сигнал R2 устанавливается в '0'.

```

process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (fl1 = '0' and T5M = 3) then
    if (Stread = '0' and Stopread = '0') then
        if (TR > 31) then
            if (R1 = '0') then
                R2 <= '0';
            end if;
        else
            R2 <= '1';
        end if;
    elsif (Stread = '1' and Stopread = '0') then
        if (TR = 0 and (conv_integer(adr) rem 32) = 0) then
            R2 <= '1';
        end if;
        if (TR > 2) then
            if (R1 = '0') then
                R2 <= '0';
            end if;
        end if;
    end if;
end if;
end if;
if (fl1 = '1') then
    R2 <= '1';
end if;
end if;
end process;

```

Как только в секторе все 512 бит в секторе будут равны '1', процесс чтения останавливается и в памяти ПЛИС сохраняется адрес начала сектора (ADR1 <= ADR-100000).

```

process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (fl1 = '0' and T5M = 9) then
if (Stread = '1' and Stopread = '0') then
if (TR = 0) then
if ((conv_integer(adr) rem 32) = 0 and R2 = '1') then
adr1 <= adr - "100000";
Stopread <= '1';
else
adr1 <=(others => '0');
end if;
end if;
end if;
elsif (fl1 = '1' and T5M = 9) then
Stopread <= '0';
end if;
end if;
end process;

```

Во фрагменте кода, представленном ниже, описывается полный состав передаваемой посылки:

```

-- ramTmp(0)(28 downto 0) <=(others => '1');
ramTmp(0)(15 downto 0) <= RAM(136 to 151);
VD1 <= ramTmp(0)(29);
VD2 <= ramTmp(0)(30);
VD3 <= ramTmp(0)(31);
ramTmp(0)(30) <= '1';
RAM(0 to 15) <= "0010000110111111";
RAM(16 to 39) <= "101010101010010101010000";
RAM(40 to 55) <= "0010000110111111";
RAM(56 to 79) <= "010101010101101010100000";
RAM(80 to 95) <= "0010000110111111";
RAM(96 to 119) <= "101010101010000001010000";
RAM(120 to 135) <= "0000100110111111";
-- RAM(136 to 151) <=(others => '0');
RAM(136) <= ADR1(16);
RAM(137) <= ADR1(15);
RAM(138) <= ADR1(14);
RAM(139) <= ADR1(13);
RAM(140) <= ADR1(12);
RAM(141) <= ADR1(11);

```

```

RAM(142) <= ADR1(10);
RAM(143) <= ADR1(9);
RAM(144) <= ADR1(8);
RAM(145) <= ADR1(7);
RAM(146) <= ADR1(6);
RAM(147) <= ADR1(5);
RAM(148) <= ADR1(4);
RAM(149) <= ADR1(3);
RAM(150) <= ADR1(2);
RAM(151) <= ADR1(1);
RAM(152 to 167) <= "000000000000000000";
RAM(168 to 192) <=(others => '0');
RD(0 to 15) <= "0100101010111111";
RD(16 to 31) <= "000000000000000000";
R1 <= TDI;
end maxpld;

```

Строки от RAM(0 to 15) до RAM(136 to 151) записывают специальную последовательность данных, которые занимают первые 171 бит памяти (см. пункт «Запись в память»). Далее ПЛИС последовательно считывает значение 16-ти битных данных (R1 <= TDI) и проверяет их на нулевое значение. Остальные команды являются специальными и служебными, которые необходимы для правильного функционирования микросхемы памяти.

5 Расчет показателей безотказности РЭУ

Расчет показателей безотказности РЭУ выполнялся на основе учебно-методического пособия за авторством С.М. Боровикова «Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств».

При расчете показателей надежности устройств необходимо располагать справочными данными о показателях надежности элементов.

В настоящее время основной справочной характеристикой безотказности элементов, приводимой в технических условиях или других технических документах, является интенсивность отказов λ_0 . Значение λ_0 принимается постоянным в течение определенной наработки, также указываемой в технической документации, и соответствует номинальному электрическому режиму и нормальным (лабораторным) условиям эксплуатации, если явно не указано иное. В настоящее время значения λ_0 , приводимые в технической документации и справочниках по надежности, характеризуют безотказность элементов с учетом как внезапных, так и постепенных отказов [3 – 5]. Обоснование выбора λ_0 в качестве основной справочной характеристики безотказности элементов приводится в [6].

Размерность интенсивности отказов: $[\lambda] = 1/\text{ч} = \text{ч}^{-1}$.

Справочные значения λ_0 современных элементов занимают диапазон примерно $10^{-10} \dots 10^{-5} 1/\text{ч}$.

В качестве примера, рассчитаем показатели безотказности схему преобразователя импульсов.

Рассмотрим уточненный расчет показателей безотказности функционального модуля, выполненного с использованием печатного монтажа. Печатная плата двухслойная. Электрическое соединение модуля с РЭУ, в составе которого он будет функционировать, осуществляется посредством соединителя типа СНП347. Уровень качества элементов (компонентов), используемых в модуле, соответствует приемке «ВП». Заданное для расчета время работы составляет $t_p = 3000$ ч.

									Лист
									55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ				

Интересующие показатели безотказности – наработка на отказ T_0 , вероятность безотказной работы за время $t_p P(t_p)$, гамма-процентная наработка до отказа T_γ при $\gamma = 95\%$.

Считаем, ИМС работают в типовых электрических режимах, а информация об элементах (компонентах), входящих в модуль соответствует таблице 5.

Таблица 5 – Элементы и компоненты, входящие в модуль

Элемент, компонент	Позиционное обозначение	Тип	Функциональное назначение	Количество	Примечание
ИМС	DA1 – DA8	1481СА6Р	Компаратор напряжения	8	
Диоды	VD1 – VD32	2Д922А	-	32	$I_{пр.ср.макс.TU} < 0,03 \text{ А.}$
Конденсатор танталовый	С1	К53-67	-	1	$C = 10 \text{ мкФ};$ $U = 16 \text{ В.}$
Конденсаторы керамические	С2 – С17	К10-79	-	16	$C = 0,1 \text{ мкФ};$ $U = 25 \text{ В.}$
Резисторы	R1 – R40	Р1-12	Постоянные, непроволочные	40	Допуск $\pm 1\%$ $R < 1\text{кОм};$ $R_{ном} > 1 \text{ Вт}$
Резисторы	R41-R152	Р1-12	Постоянные, непроволочные	112	Допуск $\pm 1\%$ $R < 1\text{кОм};$ $R_{ном} < 0,5 \text{ Вт}$
Соединитель (вилка)	X1	СНП347	-	1	34 контакта
МО	-	-	-	50 10	
Соединения пайкой	-	-	-	466	

Расчет показателей безотказности РЭУ производится в несколько этапов:

1) Находятся коэффициенты электрической нагрузки элементов, используя карты электрических режимов и эксплуатационные электрические характеристики элементов, используемых в модуле.

Реальный уровень безотказности элементов зависит от коэффициентов их электрической нагрузки, определяемых отношением

$$K_H = \frac{F_{раб}}{F_{ном}}, \quad (20)$$

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

где $F_{\text{раб}}$ – электрическая нагрузка элемента в рабочем режиме, т.е. фактическая нагрузка на рассматриваемом схемном элементе;

$F_{\text{ном}}$ – номинальная или предельная по ТУ электрическая нагрузка элемента, выполняющего в конструкции функцию схемного элемента.

В качестве F выбирают такую электрическую характеристику элемента, которая в наибольшей степени влияет на его безотказность [7, табл 3.1.]

Недопустимо использовать элементы с коэффициентом электрической нагрузки $K_n > 1$ даже по одному их параметров электрического режима. Считают [6], что для типовых элементов РЭС оптимальные значения коэффициентов нагрузки $K_{n.\text{опт}} = 0,2 \dots 0,6$.

Считаем, что полученные данные соответствуют значениям, указанным в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет эксплуатационной безотказности элементов модуля

Позиционное обозначение	Количество, n_j	K_n	$\lambda_6, \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$	Вид математической модели
DA1 – DA8	8	-	0,028	$\lambda_3 = \lambda_B K_t K_{\text{ис}} K_{\text{корп}} K_V K_3 K_{\text{П}}$
VD1-VD32	32	0,4	0,025	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_{\Phi} K_D K_U K_3 K_{\text{П}}$
C1	1	0,2	0,173	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_C K_3 K_{\text{П}}$
C2-C17	16	0,2	0,022	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_C K_3 K_{\text{П}}$
R1-R40	40	0,6	0,034	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_R K_3 K_{\text{П}}$
R41-R152	112	0,1	0,034	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_R K_3 K_{\text{П}}$
X1	1	0,2	0,0041	$\lambda_3 = \lambda_B K_P K_K K_n K_3 K_{\text{П}}$
Печатная плата с МО	N1=50 N2=10	-	0,000017	$\lambda_3 = \lambda_B [N_1 K_{\text{СЛ}} + N_2 (K_{\text{СЛ}} + 13)] K_t K_3 K_{\text{П}}$
Соединения пайкой	466	-	0,0013	$\lambda_3 = \lambda_B K_t K_3 K_{\text{П}}$

2) Определяем максимальную температуру элементов модуля при работе в составе РЭУ. Для учета влияния температуры на эксплуатационную интенсивность от-

казов элементов λ_3 принято во внимание верхнее значение предельной рабочей температуры ($t_{\text{раб.мах}} = +45 \text{ }^\circ\text{C}$), и возможное увеличение предельной рабочей температуры на значение $\Delta t_c = 10^\circ\text{C}$ за счет нагрева (солнечными лучами) РЭУ и, следовательно, модуля в составе РЭУ.

Предельная рабочая температура $t_{\text{эл.мах}}$ теплонагруженных элементов (ИМС, диоды, мощные резисторы) определена как

$$t_{\text{эл.мах}} = (t_{\text{раб.мах}} + \Delta t_c) + \Delta t_3 = (45 + 10) + 15 = 70 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (21)$$

где Δt_3 – перегрев в нагретой зоне конструкции РЭУ.

Значение величины $t_{\text{эл.мах}}$ для нетеплонагруженных элементов (конденсаторы, слабонагруженные резисторы, соединитель) подсчитано как

$$t_{\text{эл.мах}} = (t_{\text{раб.мах}} + \Delta t_c) + \Delta t_b = (45 + 10) + 10 = 65 \text{ }^\circ\text{C}, \quad (22)$$

где Δt_b – средний перегрев воздуха внутри конструкции РЭУ.

3) Пользуясь таблицами 5.3 [7] находим справочные значения интенсивностей отказов λ_3 элементов модуля. Полученные данные внесены в таблицу 6.

4) По таблице 5.1 [7] выбираем математические модели расчета эксплуатационной интенсивности отказов элементов λ_3 . Выбранные модели записаны в таблице 6.

5) Определяем значения поправочных коэффициентов, входящих в выбранные модели расчета эксплуатационной интенсивности отказов элементов λ_3 . Номера формул или таблиц, используемых для определения поправочных коэффициентов, находим по таблице 5.1 [7] в зависимости от класса (группы) элементов модуля.

5.1 Определение поправочных коэффициентов для различных классов (групп) изделий.

Интегральные микросхемы

Определим коэффициент $K_{ис}$, учитывающего количество элементов в ИМС или бит (для ИМС памяти):

$$K_{ис} = AN^S, \quad (23)$$

где A, S – постоянные коэффициенты модели [7, табл. 5.4];

N – количество элементов в ИМС или бит.

Значения коэффициента K_t могут быть получены по выражению

$$K_t = \exp[B(t_{окр} - 25)], \quad (24)$$

где B – константа, зависящая от функционального назначения ИМС [5, табл. 5.4];

$t_{окр}$ – температура среды, окружающей ИМС, °С.

Значение $t_{окр}$ может определяться по выражению

$$t_{окр} = t_{раб.мах} + \Delta t_3, \quad (25)$$

где $t_{раб.мах}$ – верхнее значение рабочей температуры РЭУ;

Δt_3 – перегрев в нагретой зоне конструкции РЭУ (обычно $\Delta t_3 \leq 25 \dots 30$ °С).

Значения коэффициента $K_{корп}$ в зависимости от типа корпуса ИМС приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Значения коэффициента $K_{корп}$

Корпус	$K_{корп}$	Корпус	$K_{корп}$
Все корпуса, кроме пластмассовых (полимерных)	1,0	Пластмассовые (полимерные)	3,0

Значение коэффициента K_v в зависимости от максимальных значений напряжения питания выбирается по данным таблицы 8.

Таблица 8 – Значение коэффициента K_V

Технология	Значение K_V для напряжений источника питания, В		
	До 10	> 10 до 12,6	> 12,6 до 15
КМОП	1,0	3,0	10,0
Прочие виды технологий	1,0		

Полупроводниковые приборы

Значения коэффициента K_p могут быть рассчитаны с помощью математической модели:

$$K_p = A \cdot \exp \left[\frac{N_T}{273 + t_{\text{окр}} + \Delta t K_H} + \left(\frac{273 + t_{\text{окр}} + \Delta t K_H}{T_M} \right)^L \right], \quad (26)$$

где A , N_T , T_M , L , Δt – константы модели;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды;

K_H – коэффициент электрической нагрузки;

Подставляя все значения, получим:

$$K_p = 44,1025 \cdot \exp \left[\frac{-2138}{273 + 50 + 150 \cdot 0,4} + \left(\frac{273 + 50 + 150 \cdot 0,4}{448} \right)^{17,7} \right] = 0,176. \quad (27)$$

Значения констант, входящих в модель приведены в таблице 5.7 [7].

Значения коэффициента K_{ϕ} следует выбирать из таблицы 5.8 [7].

При выборе коэффициента K_d следует руководствоваться таблицей 5.9 [7].

Конденсаторы

Значения коэффициента K_p могут быть рассчитаны с помощью математической модели:

$$K_p = A \left[\left(\frac{K_H}{N_s} \right)^H + 1 \right] \exp \left[B \left(\frac{t_{\text{окр}} + 273}{N_T} \right)^G \right], \quad (28)$$

где $t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды (корпуса элемента), °С;

K_H – коэффициент электрической нагрузки конденсаторов по напряжению;

A , B , N_T , G , N_s , H – постоянные коэффициенты. (таблица 5.11 [7]).

Подставив значения в формулу, получим:

$$K_p = 5,909 \cdot 10^{-7} \left[\left(\frac{0,2}{0,3} \right)^3 + 1 \right] \exp \left[B \left(\frac{50 + 273}{358} \right)^1 \right] = 0,084. \quad (29)$$

Резисторы

Значения коэффициента K_p рассчитывают по модели:

$$K_p = A \cdot \exp \left[B \left(\frac{t_{\text{окр}} + 273}{N_T} \right)^G \right] \cdot \exp \left\{ \left[\left(\frac{K_H}{N_S} \right) \left(\frac{t_{\text{окр}} + 273}{273} \right)^J \right]^H \right\}, \quad (30)$$

где K_H – коэффициент электрической нагрузки резистора по мощности;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды (корпуса элемента), °С;

A, B, N_T, G, N_S, J, H – постоянные коэффициенты [7, табл. 5.13].

Значения коэффициентов K_M, K_R, K_U выбирают из [7, табл. 5.14 – 5.16].

Подставляем значения в формулу и получаем:

$$K_p = 0,06 \cdot \exp \left[1,616 \left(\frac{50 + 273}{328} \right)^{2,746} \right] \exp \left\{ \left[\left(\frac{0,6}{0,622} \right) \left(\frac{50 + 273}{273} \right)^{1,198} \right]^{0,77} \right\} = 0,87. \quad (31)$$

Соединители (разъемы)

Значение K_p определяют по модели:

$$K_p = \left[9000 \left(\frac{1}{298 + t_{\text{п}}} - \frac{1}{273 + t_{\text{окр}} + t_{\text{п}} \cdot \exp \left[-1,8(1 - K_H) \right]} \right) \right], \quad (32)$$

где $t_{\text{п}}$ – температура перегрева контактов по ТУ при максимальной токовой нагрузке, по ТУ $t_{\text{п}} = 10 \dots 30$ °С;

$t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °С;

K_H – коэффициент электрической нагрузки по току.

Подставляя значения в формулу, получим:

$$K_p = \left[9000 \left(\frac{1}{298 + 20} - \frac{1}{273 + 50 + 20 \cdot \exp \left[-1,8(1 - 0,2) \right]} \right) \right] = 2,318. \quad (34)$$

Значение коэффициента, учитывающего влияние на надежность соединителя количества задействованных контактов N , могут быть рассчитаны как

$$K_k = \exp \{ [0,1(N - 1)]^{0,51064} \}. \quad (35)$$

$$K_k = \exp \{ [0,1(34 - 1)]^{0,51064} \} = 6,295. \quad (36)$$

Значение коэффициента, учитывающего влияние на надежность соединителя количества сочленений-расчленений n , рассчитываются по модели

$$K_n = 0,32 \exp(0,0028n). \quad (37)$$

Предполагаем, что количество сочленений-расчленений $n = 100$ раз, получим:

$$K_n = 0,32 \cdot \exp(0,0028 \cdot 100) = 0,423. \quad (38)$$

Многослойные платы с металлизированными сквозными отверстиями

Значения коэффициентов K_t рассчитывают по формуле

$$K_t = 0,061 \cdot t_{\text{окр}} - 0,525, \quad (39)$$

где $t_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды, °С.

Найденные значения поправочных коэффициентов сведем в таблице 9.

Таблица 9 – Поправочные коэффициенты, входящие в модели расчета

Поз. обозн.	DD1-DD8	VD1-VD32	C1	C2-C17	R1-R40	R41-R152	X1	
Значение поправочного коэффициента	K_n	1,932						
	K_p		0,176	0,349	0,084	0,879	2,318	
	K_t	1,77						
	$K_{\text{корп}}$	3						
	K_v	1						
	K_ϕ		1,5					
	K_d		2					
	K_u		0,7					
	K_c			0,339	1			
	K_R					0,7	1	
	K_M					0,7		
	K_Δ					1		
	K_k							6,29
	K_n							0,42
	K_Σ	1,2	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2
	K_Π	1	1	1	1	1	1	1

Пояснения величин (параметров), входящих в математические модели приводятся в таблице 5.2 [7].

б) Для каждого элемента находится произведение поправочных коэффициентов и значение эксплуатационной интенсивности отказов λ_j . Значение суммарной эксплуатационной интенсивности отказов элементов группы (λ_{Σ}) получено как

$$\lambda_{\Sigma} = \lambda_{\Sigma j} \cdot n_j = (\lambda_{Bj} \prod_i K_i) n_j, \quad (40)$$

где $\lambda_{эj}$ – эксплуатационная интенсивность отказов элементов j-й группы;

n_j – количество элементов в j-й группе (см таблицу 6).

Если в группе один элемент ($n_j = 1$), то для нее $\lambda_{э\Sigma} = \lambda_{эj}$.

Результаты расчетов внесены в два последних столбца таблицы 10.

7) Определяем эксплуатационную интенсивность отказов печатной платы, используя модель, приведенную в табл. 5.1 [7]. Значения коэффициента K_t определяем по выражению (22) при значении $T_{окр} = 65 \text{ }^\circ\text{C}$ (см пункт 2). Учитывая, что для одно- и двусторонних печатных плат коэффициент $K_{СЛ} = 1$, получаем

$$\lambda_{э} = 0,000017 \cdot [50 \cdot 1] + 10(13 + 1) \cdot 3,44 \cdot 1,2 \cdot 1 = 0,013 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.} \quad (41)$$

Печатная плата как компонент конструкции модуля образует отдельную группу, значение которой записывают в таблицу 10.

8) Определяем общую эксплуатационную интенсивность отказов соединений пайкой для отверстий, где нет металлизации, и результат заносим в таблицу 10.

$$\lambda_{э\Sigma} = 446 \cdot \lambda_{Б} \cdot K_t \cdot K_{э} \cdot K_{П} = 466 \cdot 3,44 \cdot 0,0013 \cdot 1,2 \cdot 1 = 2,5 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{ч}} \quad (42)$$

Таблица 10 – Произведение поправочных коэффициентов и значение эксплуатационной интенсивности

Позиционное обозначение	$\prod_i K_i$	$\lambda_{эj} n_j, \times 10^{-6} \text{ 1/ч}$
DD1-DD8	12,363	2,769
VD1-VD32	0,445	0,356
C1	0,142	0,024
C2-C17	5,192	1,827
R1-R40	0,738	1,004
R41-R152	0,451	1,717
X1	29,228	0,119
Соединения пайкой	4,128	2,5
Печатная плата с МО	4,128	0,013

9) Подсчитываем эксплуатационную интенсивность отказов модуля (Δ_M). Для этого просуммируем значения, приведенные в последнем столбце таблицы 10:

$$\Delta_M = 8,45 \cdot 10^{-6} \text{ 1/ч.} \quad (43)$$

10) В предположении экспоненциального закона надежности находим расчетные значения других показателей безотказности:

Наработка на отказ:

$$T_0 = \frac{1}{\Delta_m} = \frac{1}{8,45 \cdot 10^{-6}} = 118342,9 \text{ ч.} \quad (44)$$

Вероятность безотказной работы за время $t_p = 3000$ ч:

$$P_M(t_p) = e^{-\frac{t_p}{T_0}} = e^{-\frac{3000}{118342,9}} = 0,974. \quad (45)$$

Гамма процентная наработка до отказа при $\gamma = 95\%$:

$$T_\gamma = -T_0 \ln\left(\frac{\gamma}{100}\right) = -118342,9 \cdot \ln 0,95 = 2636,2 \text{ ч} \quad (46)$$

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		64

6 Итоги и результаты

Для того чтобы проверить правильность проектирования регистратора, воспользуемся осциллографом и подключим к нему плату регистрации импульсов, чтобы замерить входное напряжение до резистивного делителя и после него. Результаты измерений представлены на рисунках 18...21.

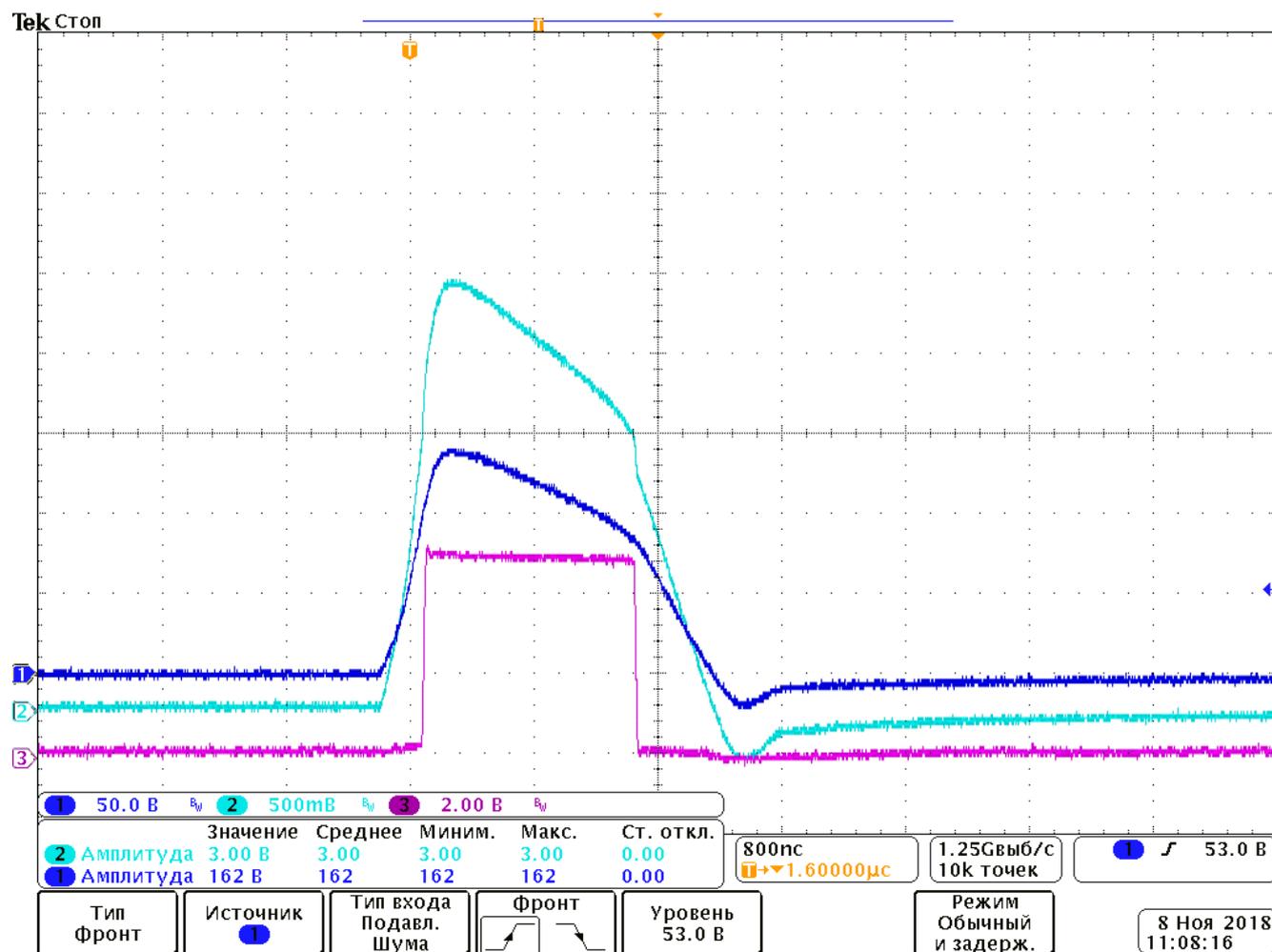


Рисунок 18 – Входной импульс с амплитудой 170 В

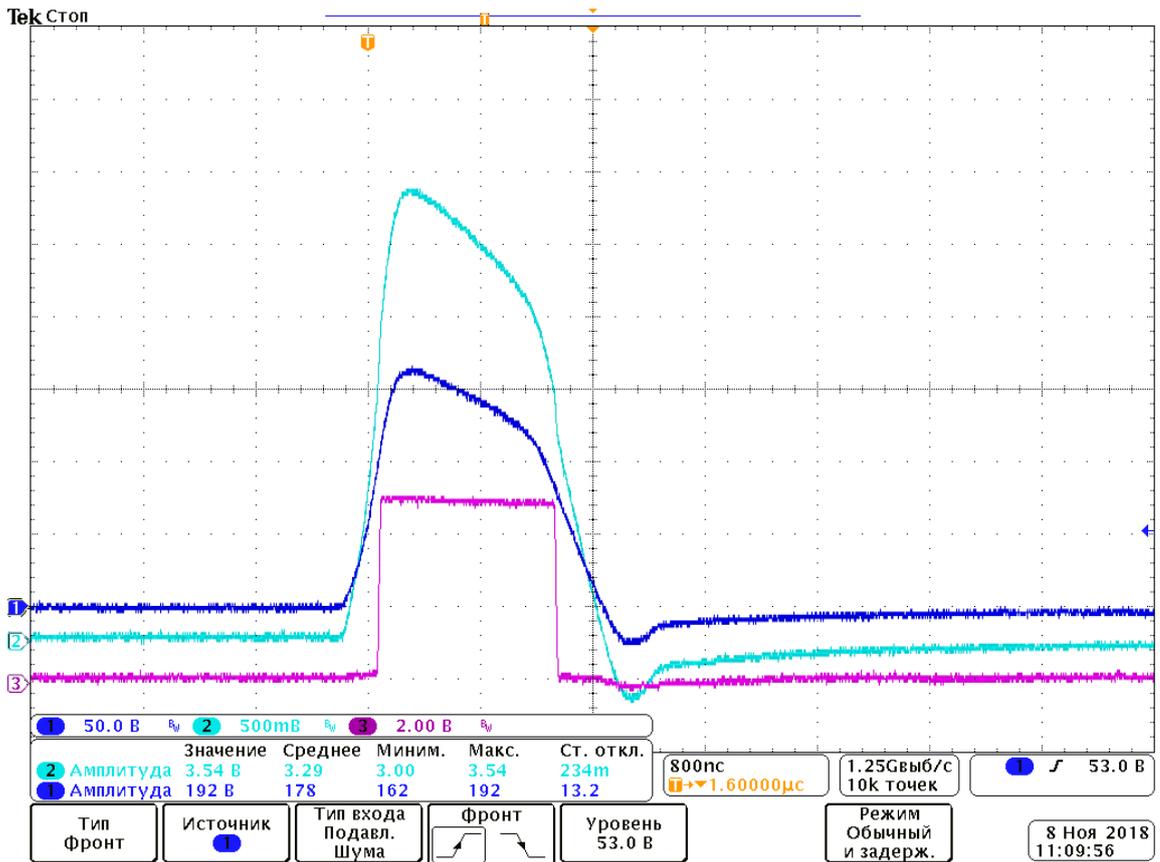


Рисунок 19 – Импульс с амплитудой 200 В

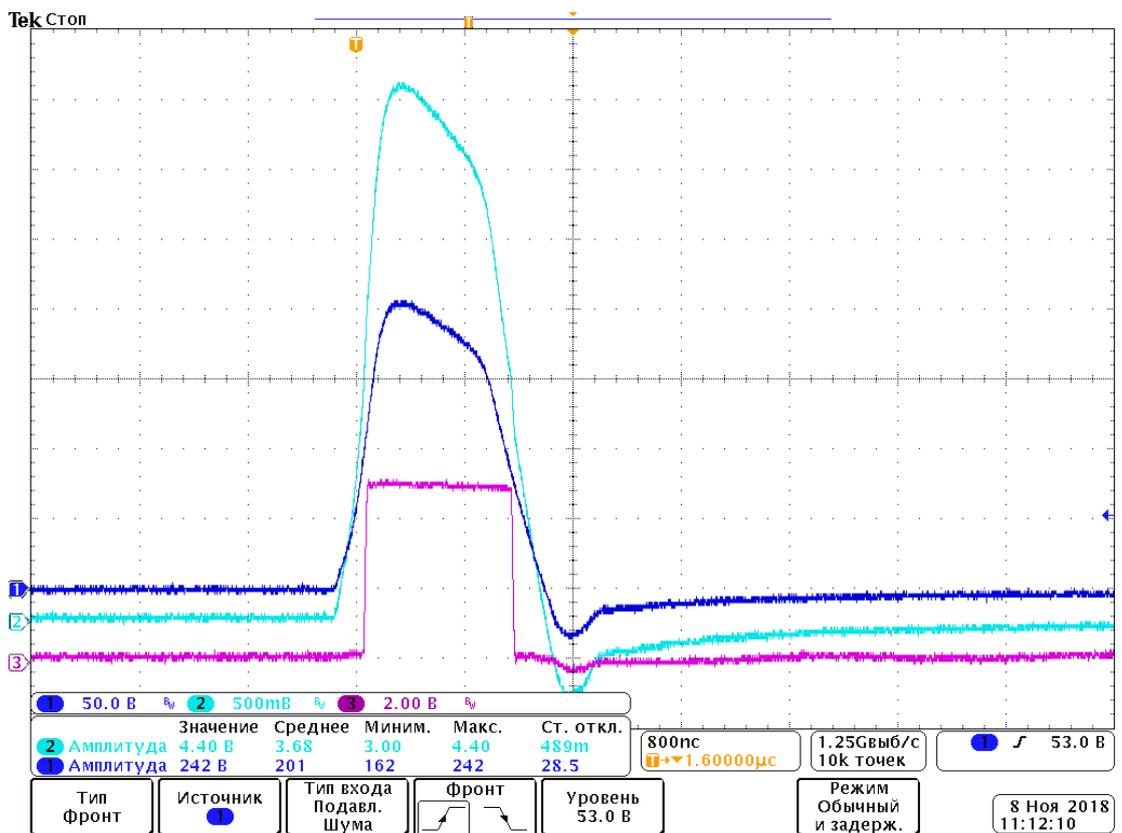


Рисунок 20 – Импульс с амплитудой 250 В

Также проверим вторую группу делителей.

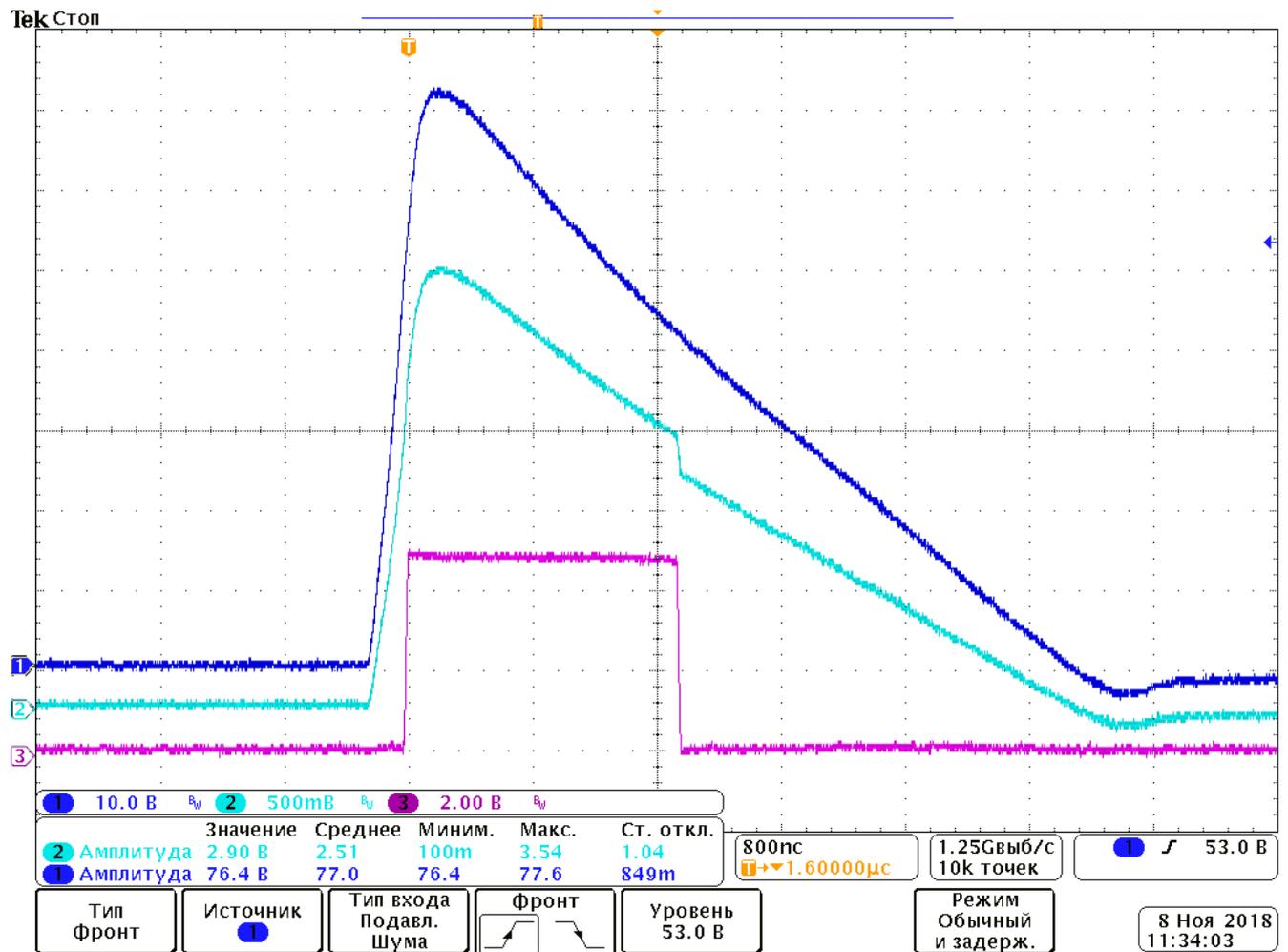


Рисунок 21 – Импульс с амплитудой 80 В

Из графиков видно, что для выбранных значений напряжений импульсы регистрируются нормально, без заметных отклонений в работе компаратора.

Результат работы программы ПЛИС можно продемонстрировать с помощью временных диаграмм, изображенных на рисунках 22, 23.

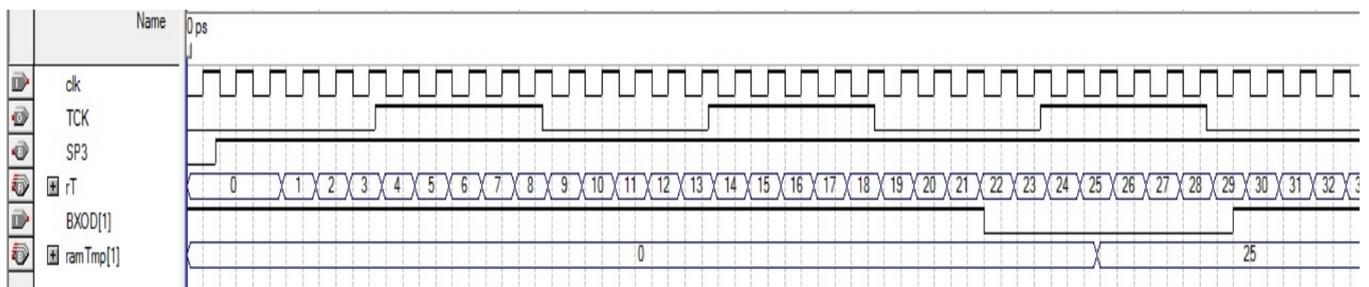


Рисунок 22 – Временные диаграммы регистрации одного канала

Описание сигналов, изображенных на рисунке 22:

- clk – тактовый сигнал, с периодом $T = 20$ нс.
- TCK - тактовая частота 5 МГц. Формируется из частоты кварцевого генератора $CLK = 50$ МГц;
- СПЗ – сигнал разрешения работы;
- rГ – счетчик;
- ВХОД(i) – номер канала входного импульса.

Из диаграммы видно, что сигнал, приходящий на первый вход преобразователя импульсов (ВХОД(1)) записывается в память ramTmp(1). Как только сигнал ВХОД(1) приходит на матрицу (уровень сигнала логическая единица – сигнал отсутствует, уровень сигнала логический нуль – сигнал присутствует) в память записывается значение счетчика.

Смоделируем ситуацию, когда на матрицу приходят несколько входных импульсов.

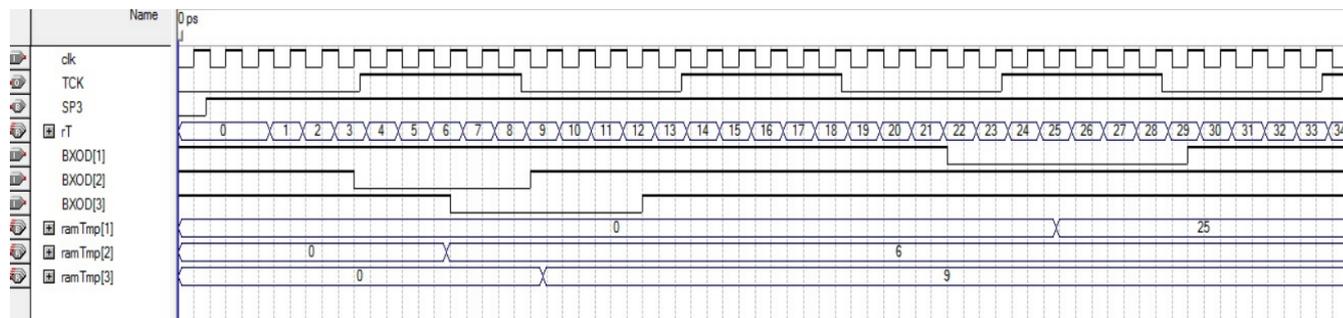


Рисунок 23 – Временные диаграммы регистрации нескольких каналов

На рисунке 23 видно, что при попадании нескольких входных импульсов, регистрация также проходит без каких-либо ошибок.

Результаты монтажа

Наглядно продемонстрируем некоторые элементы готового изделия.

На момент окончания преддипломной практики монтаж элементов выполнен только на двух платах. Это платы преобразователя входных импульсов и плата регистрации. Их изображения приводятся на рисунках 24 и 25.

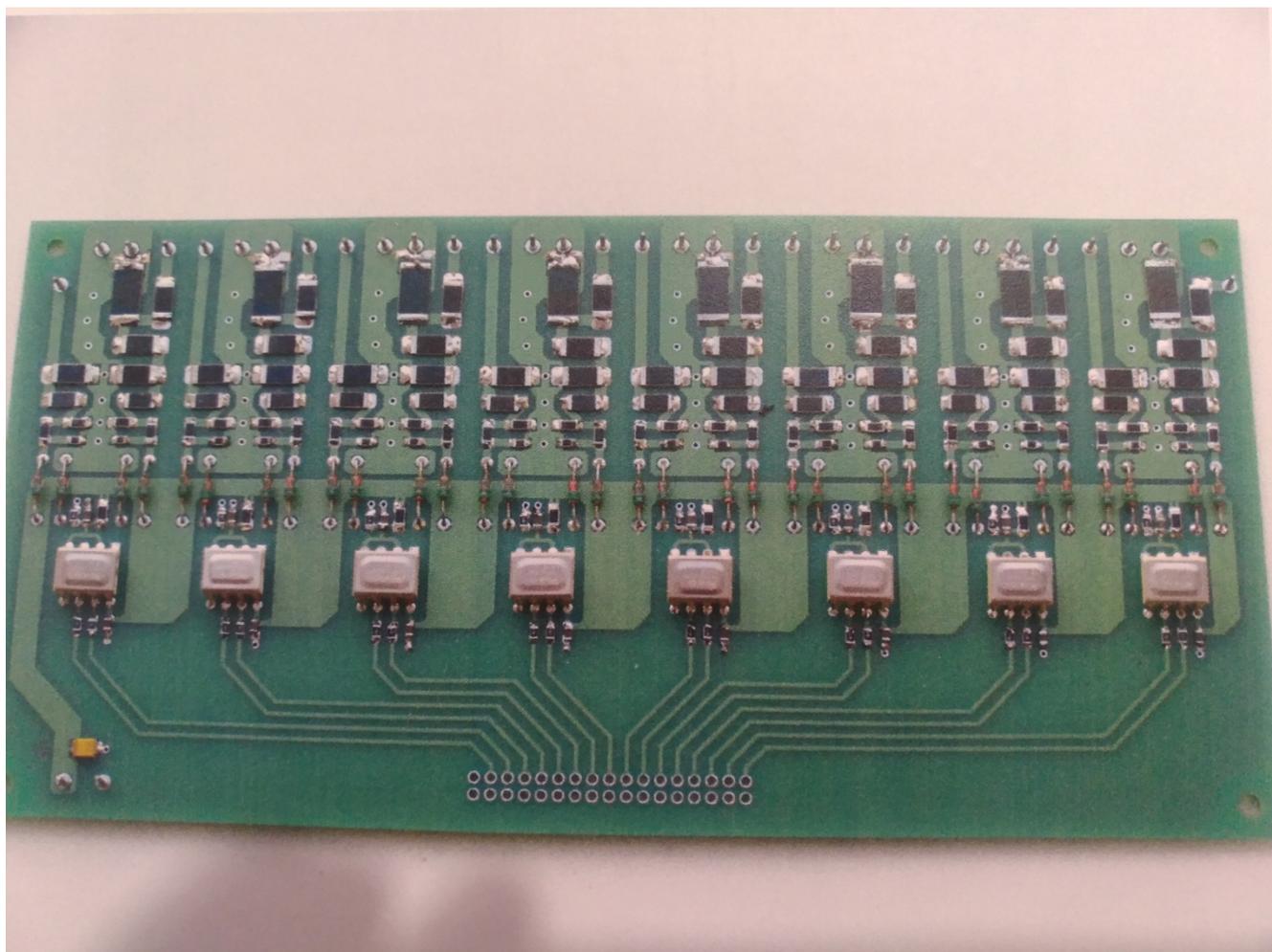


Рисунок 24 – Плата преобразователя импульсов

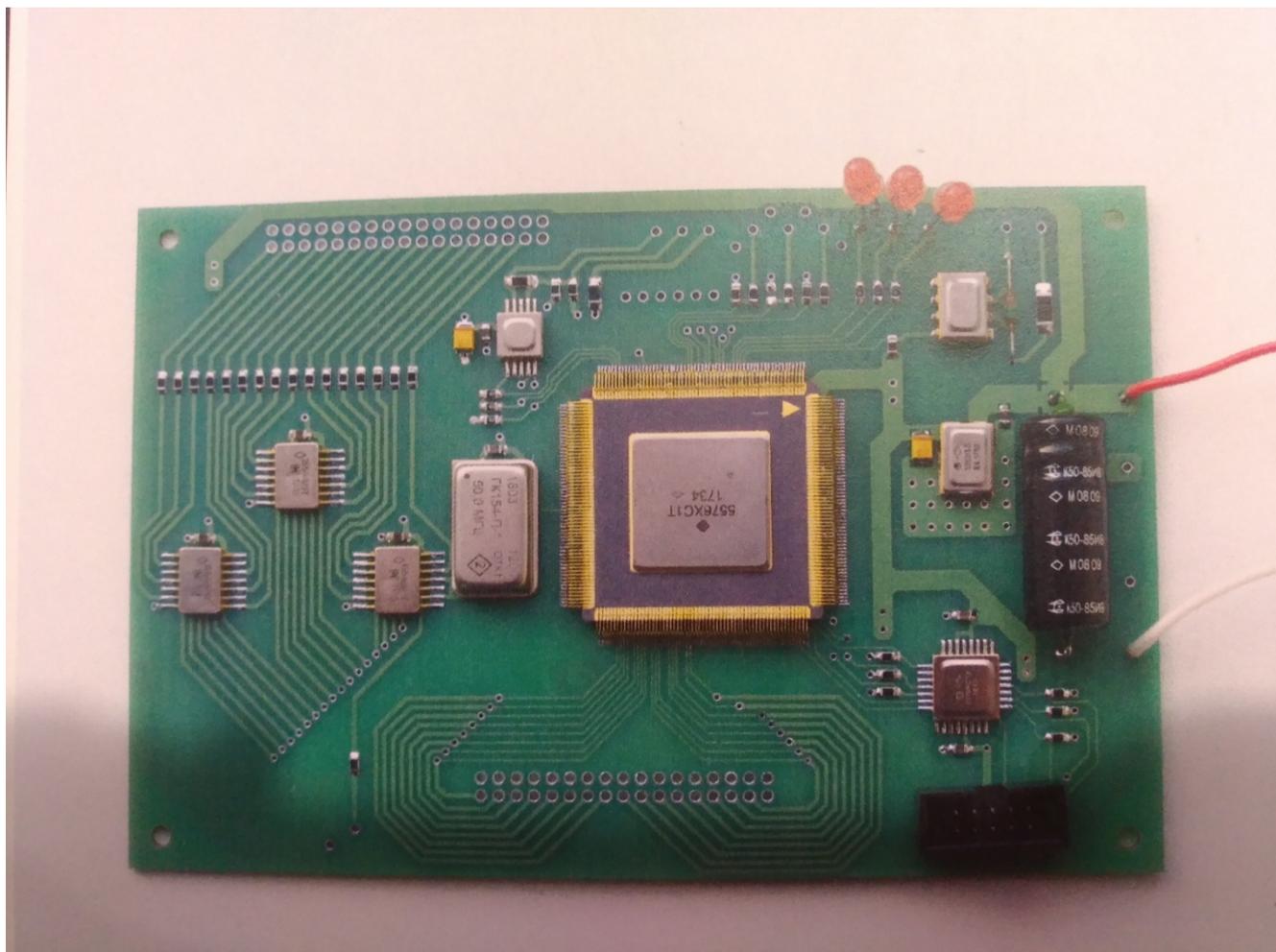


Рисунок 25 – Плата регистрации

Так как над устройством проводится активная разработка, отразить все платы с монтажными элементами не имеется возможности.

					ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

7 Организационно экономический раздел

В данном разделе приводится экономический и сетевой анализ разрабатываемого проекта. Он позволяет выявить оценки экономического эффекта от производства проектируемого изделия. В процессе выполнения данного раздела проведен расчет основных этапов экономического планирования, по итогам которого построен сетевой график, отражающий время выполнения работ. Также проведен расчет сметы производства и себестоимости готового изделия.

При расчете организационно-экономического раздела использовались методические указания к курсовому проекту «Сетевые методы планирования и управления». Составители: Л.А. Баев, С.Ю. Лелекова, Н.С. Дзензелюк.

7.1 Элементы сетевого графика

Сетевой график является схемой выполнения отдельных работ в процессе проектирования. Для расчётов сетевых графиков применяются определённые обозначения:

Событие – это момент времени, означающий окончание какой-либо работы и начало следующей. Событие может иметь следующие значения:

Исходное событие – событие, означающие начало работы, является единственным событием;

Завершающее событие – событие, означающие окончание всех работ и достижение цели всего комплекса работ, единственное событие на сетевом графике.

Событие не может свершиться, пока не закончатся все предшествующие ему работы. Пока не свершится данное событие, ни одна из работ, следующих за ним, не может начаться.

Работа – процесс, требующий определенного количества работников и времени. Любая работа сетевого графика связывает только два события;

Путь – выстроенная последовательность выполненных работ. Продолжительность любого пути равняется сумме работ, которые входят в данный путь. Пол-

							<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				71

ный путь имеет максимальную продолжительность и называется критическим путем. Продолжительность критического пути определяют как общую продолжительность выполнения всего комплекса работ.

7.2 Расчет ожидаемой продолжительности выполнения работ

Ожидаемая продолжительность работы t_{ij} в СГ рассчитывается по двухоценочной методике, исходя из минимальной $t_{ij\text{мин}}$ и максимальной $t_{ij\text{макс}}$ оценок продолжительности. Оговаривается, что минимальная оценка соответствует наиболее благоприятным условиям работы, а максимальная – наиболее неблагоприятным [8].

Первый этап построения сетевого графика - составление таблицы, содержащей перечень и продолжительность работ, а также количество исполнителей.

При определении продолжительности работ исходят из предыдущего опыта либо рассчитывают её по трудоемкости и количеству исполнителей.

Ожидаемая продолжительность каждого вида работ определяется по формуле:

$$t_{ij\text{ож}} = 0,6t_{ij\text{мин}} + 0,4t_{ij\text{макс}}, \quad (47)$$

где: $t_{ij\text{ож}}$ – ожидаемая продолжительность выполнения работ;

$t_{ij\text{мин}}$ – минимальная оценка продолжительности выполнения работ;

$t_{ij\text{макс}}$ – максимальная оценка продолжительности выполнения работ.

Среднеквадратичное отклонение (СКО) δ_{ij} продолжительности выполнения работ в двухоценочной методике определяется по формуле:

$$\delta_{ij} = 0,2 \cdot (t_{ij\text{макс}} - t_{ij\text{мин}}). \quad (48)$$

Дисперсия определяется по формуле:

$$D_{ij} = 0,04 \cdot (t_{ij\text{макс}} - t_{ij\text{мин}})^2. \quad (49)$$

Рассчитанные значения СКО и дисперсии занесены в таблицу 11 и таблицу 12 по возрастанию кодов работ.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

Таблица 11 - Построение сетевого графика

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дней			Исполнители, чел		
		мин.	макс	ожд.	рук.	вед. инж.	дипл.
0,1	Получения задания на дипломное проектирование	1	1	1	1	1	1
1,2	Составление технического задания	1	3	2	0	1	1
1,3	Подбор литературы	1	3	2	0	0	1
2,4	Разработка структурной схемы регистратора	3	6	5	0	1	1
3,4	Изучение литературы, документации на элементы	2	4	3	0	0	1
4,5	Разработка принципиальных схем в среде P-CAD	3	6	5	0	1	1
5,6	Заказ и поставка элементов поверхностного монтажа и микросхем	8	12	10	1	1	1
6,7	Трассировка печатных плат	4	6	5	1	1	1
7,8	Изучения пакета проектирования Quartus II	1	3	2	0	0	1
7,9	Изучение литературы по языку программирования	1	3	2	0	0	1
8,10	Разработка программы управления матрицей ПЛИС	4	6	5	0	1	1
10,11	Отладка программы управления	4	6	5	0	1	1
11,12	Расчет безотказности модуля	4	6	5	0	0	1
12,13	Установка на ПП микросхем и элементов поверхностного монтажа	3	5	4	1	1	0
13,14	Оформление пояснительной записки	4	6	5	0	0	1
14,15	Консультация по экономической части и ТБ	1	1	1	0	0	1
14,16	Анализ литературы организационно-экономического раздела	1	1	1	0	0	1
15,17	Составление сетевого графика	2	4	3	0	0	1
16,17	Оформление разделов по экономике	1	1	1	0	0	1
17,19	Изучение нормативных документов по ТБ	1	1	1	0	0	1
17,18	Оформление раздела по ТБ	4	6	5	0	1	1
18,20	Редактирование графической части	4	6	5	0	1	1
20,21	Корректировка оформления	1	1	1	0	0	1
21,22	Сдача дипломного проекта на проверку	1	1	1	0	0	1

Таблица 12 – Расчет СКО и дисперсии выполнения работ

Код работы	СКО, δ_{ij}	Дисперсия, D_{ij}
0,1	0	0
1,2	0,4	0,16
1,3	0,4	0,16
2,4	0,6	0,36
3,4	0,4	0,16
4,5	0,6	0,36
5,6	0,8	0,64
6,7	0,4	0,16
7,8	0,4	0,16
7,9	0,4	0,16
8,10	0,4	0,16
10,11	0,4	0,16
11,12	0,4	0,16
12,13	0,4	0,16
13,14	0,4	0,16
14,15	0	0
14,16	0	0
15,17	0,4	0,16
16,17	0	0
17,19	0	0
17,18	0,4	0,16
18,20	0,4	0,16
20,21	0	0
21,22	0	0

Параметры событий сетевого графика сведены в таблице 13.

На основе вышеприведённых данных строится сетевой график.

Таблица 13 – Параметры событий сетевого графика

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	Ранний	Поздний	
0	0	0	0
1	1	1	0
2	3	3	0
3	3	5	2
4	8	8	0
5	13	13	0
6	23	23	0
7	28	28	0
8	30	30	0
9	30	35	5
10	35	35	0
11	40	40	0
12	45	45	0
13	49	49	0
14	54	54	0
15	55	55	0
16	55	57	2
17	58	58	0
18	63	63	0
19	59	68	9
20	68	68	0
21	69	69	0
22	70	70	0

7.3 Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы $T_{рн\ ij}$ совпадает с ранним сроком свершения её начального события:

$$T_{рн\ ij} = T_{рi} \quad (50)$$

Поздний срок начала работы $T_{пн\ ij}$ можно получить, если из позднего срока свершения её конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность:

$$T_{пн\ ij} = T_{пj} - t_{ож\ ij} \quad (51)$$

Ранний срок окончания работы T_{poij} образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события:

$$T_{poij} = T_{pi} + t_{ожij} \quad (52)$$

Поздний срок окончания работы $T_{поij}$ совпадает с поздним сроком свершения её конечного события:

$$T_{поij} = T_{пj} \quad (53)$$

Работы, не лежащие на критическом пути, обладают резервами времени.

Полный резерв времени работы $R_{пij}$ образуется вычитанием из позднего срока свершения её конечного события раннего срока свершения её начального события и её ожидаемой продолжительности:

$$R_{пij} = T_{поij} - T_{рнij} - t_{ожij} \quad (54)$$

Частный резерв времени первого рода $R_{пij}^1$ равен разности поздних сроков свершения её конечного и начального событий за вычетом её ожидаемой продолжительности:

$$R_{пij}^1 = T_{пj} - T_{пи} - t_{ожij} \quad (55)$$

Частный резерв времени второго рода $R_{пij}^2$ равен разности ранних сроков свершения её конечного и начального событий за вычетом её ожидаемой продолжительности:

$$R_{пij}^2 = T_{рj} - T_{рi} - t_{ожij} \quad (56)$$

Свободный (независимый) резерв времени работы $R_{сij}$ образуется вычитанием из раннего срока свершения её конечного события позднего срока свершения её начального события и её ожидаемой продолжительности:

$$R_{сij} = T_{рj} - T_{пи} - t_{ожij} \quad (57)$$

Свободный резерв времени может быть отрицательным.

Для работ, лежащих на критическом пути никаких резервов времени нет и, следовательно, коэффициент напряженности $K_{пij}$ таких работ равен единице. Если работы не лежит на критическом пути, она располагает резервом времени и её коэффициент напряженности меньше единицы. Он рассчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через

данную работу, не совпадающих с критическим путем $t_{\text{макс}ij}$ к сумме продолжительности отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу $t_{\text{кр}ij}$. Результаты расчетов сводятся в таблице 14.

В зависимости от коэффициента напряженности все работы попадают в одну из трех зон напряженности:

- критическую, для которой $K_{\text{н}ij} > 0,8$;
- промежуточную, для которой $0,5 \leq K_{\text{н}ij} \leq 0,8$;
- резервную, для которой $K_{\text{н}ij} < 0,5$.

Таблица 14 – Параметры работ сетевого графика

Код работы	$t_{\text{ож}ij}$	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени				Коэффициент напряженности
		$T_{\text{н}ij}$	$T_{\text{пн}ij}$	$T_{\text{о}ij}$	$T_{\text{по}ij}$	$R_{\text{н}ij}$	$R^1_{\text{н}ij}$	$R^2_{\text{н}ij}$	$R_{\text{с}ij}$	
0,1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1,00
1,2	2	1	1	3	3	0	0	0	0	1,00
1,3	2	3	3	5	5	0	0	0	0	1,00
2,4	5	3	3	8	8	0	0	0	0	1,00
3,4	3	3	5	6	8	2	0	0	-2	0,71
4,5	5	8	8	13	13	0	0	0	0	1,00
5,6	10	13	13	23	23	0	0	0	0	1,00
6,7	5	23	23	28	28	0	0	0	0	1,00
7,8	2	28	28	30	30	0	0	0	0	1,00
7,9	2	28	33	30	35	5	0	0	-5	0,28
8,10	5	30	30	35	35	0	0	0	0	1,00
10,11	5	35	35	40	45	0	0	0	0	1,00
11,12	5	40	40	45	45	0	0	0	0	1,00
12,13	4	45	45	59	49	0	0	0	0	1,00
13,14	5	49	49	54	54	0	0	0	0	1,00
14,15	1	54	54	55	55	0	0	0	0	1,00
14,16	1	54	56	55	57	2	0	0	-2	0,50
15,17	3	55	55	58	58	0	0	0	0	1,00
16,17	1	55	57	56	58	2	0	0	-2	0,50
17,18	5	58	58	63	63	0	0	0	0	1,00
17,19	1	58	67	59	68	9	0	0	-9	0,10
18,20	5	63	63	68	68	0	0	0	0	1,00
20,21	1	68	68	69	69	0	0	0	0	1,00
21,22	1	69	69	70	70	0	0	0	0	1,00

Сетевой график представлен на рисунке 26.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>78</i>

Количество событий СГ, включая исходное: $n_c = 23$.

Количество работ в СГ, включая ожидания и фиктивные работы (логические связи): $n_p = 26$.

Коэффициент сложности СГ: $k_c = \frac{n_p}{n_c} = 1,13$.

7.3 Технико-экономические расчеты

7.3.1 Расчет затрат на оплату труда разработчиков

Произведем расчет потраченных финансовых затрат на оплату труда исполнителей. Группа исполнителей состояла из трех сотрудников. График рабочей смены составлял 8 часов в день пять дней в неделю. Проектирование проекта и монтаж навесных элементов занял 80 рабочих смен. Расчет заработной платы за проектирование представлен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет заработной платы

Категория персонала	Исполнители, чел.	Занятость, дней	Месячный должностной оклад, руб./мес.	Дневная заработная плата, руб./день	Суммарная заработная плата
Руководитель	1	20	42000	1909,09	38181,80
Ведущий инженер	1	51	42000	1909,09	97363,59
Дипломник	1	76	6000	272,72	20727,27
Итого + взносы за страхование (+30 %)					203153,79

7.3.2 Себестоимость разработки

Себестоимость разработки – это затраты предприятия на проектирование и реализацию продукции, будь то изделия, конструкторская документация, отчеты о разработке, технологические процессы и т. д.

Список применяемых в данном дипломном проекте элементов и микросхем, используемых для проектирования, представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Затраты на материалы

Наименование	Количество	Цена за ед., руб.	Стоимость, руб.
Модуль питания МАА200-1С05СУН	1 шт.	8000	8000
Микросхема 249КП5Р	1 шт.	700	700
Микросхема 1158ЕН3.3ВХ	1 шт.	1000	1000
Микросхема 5576РС1У	1 шт.	9000	9000
Микросхема 5576ХС1Т	1 шт.	25000	25000
Кварцевый генератор ГК154-П	1 шт.	4000	4000
Микросхема 5559ИН28У	1 шт.	3000	3000
Микросхема 1554ЛИИ9ТБМ	3 шт.	4000	12000
Микросхема 1481СА6Р	8 шт.	4000	32000
Микросхема 1636РР1АУ	1 шт.	5000	5000
Диод 2Д510А	3 шт.	50	150
Диод 2Д922А/ББ	32 шт.	300	9600
Конденсатор К50-85	1 шт.	500	500
Конденсатор К10-79	47 шт.	130	6110
Конденсатор К53-67	4 шт.	250	1000
Конденсатор К73-17	1 шт.	500	500
Резистор Р1-12	193 шт.	20	3860
Резистор С2-33Н	1 шт.	30	30
Индикатор единичный 3Л336К-К	3 шт.	300	900
Тумблер ПТ57-6	1 шт.	600	600
Вставка плавкая ВП-1-1В	2 шт.	10	20
Реле РЭК94	1 шт.	1000	1000
Вилка СНП347-10ВП22	1 шт.	250	250
Вилка СНП347-34ВП22	3 шт.	600	1800
Вилка 2РМД18Б4Ш5В1	1 шт.	400	400
Вилка 2РМТ14Б4Ш1В1	1 шт.	300	300
Розетка приборная СР-50-73ФВ	17 шт.	300	5100
Розетка СНП-347-34РВ12	3 шт.	400	1200
Розетка СНП-268-9РП32	1 шт.	600	600
Вилка РС4ТВ	1 шт.	500	500
Розетка СНП-37РВ12	1 шт.	900	900
Клемма корпусная РШР1003	1 шт.	100	100
Вилка СНП268-9ВП32	1 шт.	600	600
ИТОГО			135720 руб.

7.3.3 Амортизационные отчисления

В ходе выполнения дипломного проекта для проектирования использовался один стационарный компьютер общей стоимостью в 30000 руб., а также паяльное оборудование для монтажа навесных элементов примерной стоимостью 2000 руб. Общая стоимость оборудования, использованного при проектировании регистратора, в итоге равняется 32000 руб.

Для расчёта амортизации используется метод линейной амортизации.

Рассчитаем затраты на амортизационные отчисления за период проектирования, который составляет 80 дней.

Месячная норма амортизации оборудования составляет:

$$H_a = \frac{1}{80} \cdot 100 = 1,25 \% \quad (57)$$

$$A_{\text{отч}} = \frac{C \cdot H_a}{100} = \frac{32000 \cdot 1,25}{100} \approx 400 \text{ руб.} \quad (58)$$

где C – стоимость объекта амортизации.

Тогда норма амортизации за время проектирования составляет:

$$A_{\text{отч}} = \frac{400 \cdot 80}{30} \approx 1066 \text{ руб.} \quad (59)$$

Таким образом, в затраты на проектирование устройства необходимо включить отчисления на амортизацию оборудования в размере 1066 руб.

7.3.4 Расчёт полной себестоимости и цены на разработку

Себестоимость разработки рассчитывается по формуле:

$$C_p = A_{\text{отч}} + Z_{\text{мат}} + ЗП_{\text{исп.}} \quad (60)$$

$$C_p = 1066 + 135720 + 135600 = 272386 \text{ руб.} \quad (61)$$

7.3.5 Анализ технико-экономической эффективности

Проведя исследование рынка, можно определить, сколько нужно потратить денежных ресурсов для выполнения данного проекта. Учитывая особенности такой разработки, делаем вывод о том, что разработку проекта целесообразнее поручить другим КБ или НИИ. В качестве ориентира возьмем такое же количество рабочих, рабочих смен, равномерно распределим нагрузку между всеми исполнителями и посчитаем итоговую стоимость (значение заработной платы – некоторое среднее значение заработной платы в других КБ или НИИ). Исследование рынка представлено в таблице 17.

Таблица 17 – Исследование рынка стороннего производителя

Категория персонала	Исполнители, чел.	Занятость, дней	Месячный должностной оклад, руб./мес.	Дневная заработная плата, руб./день	Суммарная заработная плата
Руководитель	1	15	50000	2272,72	34090,80
Ведущий инженер	1	40	42000	1909,09	76363,60
Дипломник	1	40	42000	1909,09	76363,60
Итого + взносы за страхование (+30 %)					242863,40

При привлечении стороннего производителя инженерная работа стала обходиться в 242863,4 руб., тогда как работа без привлечения сторонних ресурсов обходилась в 203153,79 руб. Инженерная работа без привлечения сторонних работников обходится в 1,195 раз выгоднее.

8 Безопасность жизнедеятельности

Электротехнические изделия должны соответствовать требованиям настоящего стандарта, ГОСТ Р 12.1.019-2009, ГОСТ 12.1.004-91, а изделия, используемые как производственное оборудование, также требованиям ГОСТ 12.2.003-91.

В соответствии с перечнем физических опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) по ГОСТ 12.0.003-2015 применительно к разрабатываемому изделию можно выделить следующие факторы:

- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- отсутствие или недостаток естественного света.

Данный регистратор интервалов используется в составе контрольно-измерительной аппаратуры. Производство регистратора можно охарактеризовать как единичное или малосерийное. Проектируемый регистратор относится к электротехническим устройствам. Требования по безопасности данных устройств регламентируются ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования».

В соответствии с нормами данного стандарта регистратор относится к классу I по способу защиты человека от поражения электрическим током (изделия, имеющие по крайней мере рабочую изоляцию и элемент для зануления). В случае если изделие класса I имеет провод для присоединения к источнику питания, этот провод должен иметь зануляющую жилу и вилку с зануляющим контактом.

									Лист
									83
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ				

8.1 Требования безопасности к электротехническому изделию и его частям

Общие требования, предъявляемые к устройству:

- используется рабочая изоляция токоведущих цепей;
- низкое напряжение (+3,3 В и +5 В) в электрических сигнальных цепях печатной платы.

Электропитание регистратора осуществляется от генератора переменного напряжения 220 В с частотой 50 Гц.

В целях обеспечения защиты от случайного прикосновения к токоведущим частям предусмотрена их изоляция. Согласно ГОСТ 12.1.030-81, в стационарных электроустановках трехфазного тока в сети с заземленной нейтралью или заземленным выводом однофазного источника питания электроэнергией, а также с заземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление. При занулении фазные и нулевые защитные проводники должны быть выбраны таким образом, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой проводник возникал ток короткого замыкания, обеспечивающий отключение автомата или плавление плавкой вставки ближайшего предохранителя. Ввод проводов в устройство осуществляется через изоляционные детали.

В качестве элемента для присоединения нулевого защитного проводника зануления используется корпусная клемма РШР1003.010-09. Согласно п. 3.3.5 ГОСТ 12.2.007.0-75 диаметр болта (винта, шпильки) выбирается по номинальному току. В нашем данном случае номинальный ток электротехнического изделия равен меньше 5 А. Для такого значения тока, номинальный диаметр резьбы для места присоединения равен не менее М3 с диаметром контактной площадки места присоединения на плоскости поверхности 10 мм.

Болт (винт, шпилька) для зануления должен быть размещен на изделии в безопасном и удобном для подключения зануляющего проводника месте. Возле места, в котором должно быть осуществлено присоединение зануляющего про-

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		84

водника, предусмотренного п.3.3.2, должен быть помещен нанесенный любым способом нестираемый при эксплуатации знак зануления.

8.2 Меры безопасности

Электрическая схема регистратора исключает возможность его самопроизвольного включения и отключения, согласно п. 3.1.5 ГОСТ 12.2.007.0-75.

В качестве защиты от токов короткого замыкания и токов перегрузки в устройстве в цепи питания используются два плавких предохранителя ВП1-1В 1А, которые за счёт расплавления одной или нескольких его деталей, имеющих определённую конструкцию и размеры, размыкает цепь, в которую оно включено, прерывая ток, если он превышает заданное значение в течение определённого времени. Предохранитель включает в себя все детали, образующие готовые изделия. Согласно ГОСТ ИЕС 60127-1-2010.

Конструкция регистратора исключает возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей при монтаже изделий у потребителя.

8.3 Пожарная безопасность

Пожаровзрывоопасность веществ и материалов - совокупность свойств, характеризующих их способность к возникновению и распространению горения. Следствием горения, в зависимости от его скорости и условий протекания, могут быть пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем).

Пожарная безопасность изделия и его элементов должна обеспечиваться как в нормальном, так и в аварийном режимах работы.

Опасными факторами пожара, воздействующими на людей и материальные ценности, являются (согласно ГОСТ 12.1.004-91):

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;

										Лист
										85
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

- токсичные продукты горения и термического разложения;
- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным проявлениям опасных факторов пожара, воздействующим на людей и материальные ценности, относятся:

- осколки, части разрушившихся аппаратов, агрегатов, установок, конструкций;
- радиоактивные и токсичные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных аппаратов и установок;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций, аппаратов, агрегатов;
- опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;
- огнетушащие вещества.

8.3.1 Мероприятия по обеспечению пожаробезопасности при проведении технологических процессов.

В рабочих и служебных помещениях по окончании работы все электроустановки и электроприборы должны обесточиваться, за исключением пожарной и охранной сигнализации и оборудования, которое по условиям эксплуатации не может быть обесточено.

Согласно НПБ 105-03, «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности», помещение, в котором велось проектирование дипломного проекта относится к категории В4 «Пожароопасные». Категория В1 – В4 характеризуются горючими и трудногорючими жидкостями, твердыми горючими и трудногорючими веществами и материалами (в том числе пыли и волокна), веществами и материалами, способными при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращают-

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>86</i>

ся, не относятся к категориям А или Б. Разделение помещений на категории В1 – В4 регламентируется положениями, изложенными в таблице 4 НПБ 105-03[19].

При эксплуатации электроустановок запрещается:

- использовать электроаппараты и приборы в условиях, не соответствующих рекомендациям предприятий-изготовителей, или имеющие неисправности, поврежденной изоляции, потерявшей защитные свойства, которые могут привести к коротким замыканиям и пожару, а так же без соответствующих разрешений и не поставленных на учет в энергогруппе предприятия;
- оставлять без присмотра включенные в сеть электронагревательные приборы;
- эксплуатировать нестандартные (самодельные) электронагревательные приборы и открытую электропроводку.

8.4 Требования к органам управления.

На лицевую панель устройства выведены элементы индикации, отвечающие за индикацию питания, загрузки ПЗУ и сигнала удаленного включения СПЗ. К индикации выполнены соответствующие подписи для указания режима работы (включено или выключено) согласно п. 3.1.8 ГОСТ 12.2.007.0-75 .

Органы управления соответствуют требованиям пп. 3.4.1-3.4.3 ГОСТ 12.2.007.0-75.

В качестве органа управления регистратором применяется тумблер ПТ57-6-3В, который является тумблером питания всего устройства, и снабжается светодиодным индикатором с подписью «ПИТ.», снабжается указателем, показывающим положение и необходимое направление перемещения органа управления. В нашем случае указывается положение «включено», «выключено» с соответствующими подписями у указанных положений.

На лицевую панель также выведены 16 входных розеток, функционально разделенных на две группы по 8 каналов, для приема данных от другой аппара-

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		87

туры. Деление на группы производится по диапазону входного напряжения: у первой группы диапазон равен 180-250 В, у второй группы этот диапазон равняется 80-120 В. В связи с этим целесообразно на лицевой панели графически объединить входные разъемы в две группы, и снабдить поясняющими подписями каждую розетку, чтобы исключить возможность неправильного присоединения сочленяемых токоведущих частей при монтаже изделий.

Конструктивно, входными приборными розетками являются розетки типа СР-50. Согласно ТУ на элемент, изоляционным материалом у розеток данного типа выступает фторопласт, всеклиматическое исполнение по ГОСТ В 20.39.404-81.

Для соединения печатных плат внутри корпуса используются ленточные кабели с розетками типа СНП347. Климатическое исполнение по ГОСТ 15150-69 – всеклиматическое.

8.5 Охрана труда пользователей ПЭВМ

В соответствии с «Методическими указаниями по разработке правил и инструкций по охране труда», СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» можно выделить следующие факторы опасности и производственной вредности при работе на ВДТ и ПЭВМ:

Физические:

- повышение уровня электромагнитного, рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного излучения, статического электричества;
- повышенный уровень прямой и отраженной блескости, пульсации светового потока, а также повышенная яркость светового изображения.

Психофизиологические:

- напряжение зрения и внимания;

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>88</i>

- интеллектуальные, эмоциональные и длительные статические нагрузки, монотонность труда;
- большой объем информации, обрабатываемой в единицу времени.

В ходе выполнения дипломного проекта, большую часть времени работа велась за персональным компьютером. Исходя из этого, можно выделить несколько общих положений из СанПин 2.2.2/2.4.1340-03:

- эксплуатация ПЭВМ в помещениях без естественного освещения допускается только при наличии расчетов, обосновывающих соответствие нормам естественного освещения и безопасность их деятельности для здоровья работающих;

- естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток;

- оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.;

- не допускается размещение мест пользователей ПЭВМ во всех образовательных и культурно-развлекательных учреждениях для детей и подростков в цокольных и подвальных помещениях;

- площадь на одно рабочее место пользователей ПЭВМ с ВДТ на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) должна составлять не менее 6 м², в помещениях культурно-развлекательных учреждений и с ВДТ на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м²;

- помещения, где размещаются рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации;

- Не следует размещать рабочие места с ПЭВМ вблизи силовых кабелей и вводов, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающего помехи в работе ПЭВМ;

- рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева;

- искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения;

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600...700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Пользователь во время работы обязан:

- выполнять только ту работу, которая ему была поручена, и по которой он был проинструктирован;

- содержать в течение всего рабочего дня в порядке и чистоте рабочее место;

- держать открытыми все вентиляционные отверстия устройств;

- включать ВДТ и ПЭВМ строго в соответствии с последовательностью, указанной в руководстве пользования машиной;

- оберегать экраны монитора от ударов и царапин, от попадания прямых солнечных лучей;

- соблюдать установленные режимы рабочего времени, регламентированные перерывы в работе и выполнять рекомендованные упражнения для глаз, шеи, рук, туловища, ног.

Пользователю во время работы запрещается:

- переставлять самостоятельно ВДТ и ПЭВМ для включения в другую розетку;

- снимать кожух и защитную панель с ВДТ и ПЭВМ;

- переключать разъемы периферийных устройств при включенном питании;

- оставлять без присмотра включенные ВДТ и ПЭВМ.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>90</i>

При появлении неисправностей прекратить работу, компьютер отключить от электросети. Сообщить руководителю работ или техническому персоналу. До устранения неисправностей компьютер не включать.

По окончании работы пользователь должен:

- отключить ВДТ и ПЭВМ от электросети и убрать рабочее место;
- сообщить руководителю или техническому персоналу обо всех замеченных во время работы неполадках и неисправностях электронных устройств.

8.5.1 Требования безопасности к рабочему месту

ПЭВМ представляет собой электронное устройство, питающиеся от сети 220 В. ПЭВМ должна быть установлена на специальном столе, расположенном вдали от батарей отопления и других нагревательных приборов (для исключения возможности перегрева устройства; попадания пыли, влаги, посторонних предметов внутрь; ударов). ПЭВМ должна содержаться в чистоте. Рабочие места, оборудованные ПЭВМ следует располагать таким образом, чтобы в поле зрения работающего не попадает свет от окна и осветительных приборов, а также на мониторе не было бликов.

В целях защиты организма от электромагнитных и электростатических полей необходимо применять приэкранные фильтры, специальные защитные экраны и другие средства индивидуальной защиты.

Чтобы удовлетворить этому требованию, для защиты от электростатических полей на рабочем столе присутствует антистатический комплект (браслет-коврик и коврик-земля).

8.6 Производственная санитария

СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» устанавливает величины температур, относительной влажности и скорости движения воздуха с учетом избытков явного

					ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

тепла, тяжести выполняемой работы и периода года. Категория тяжести выполняемой работы определяется расходом энергии организмом. Работа за компьютером – это труд сидя, сопровождающаяся незначительными движениями. Такая работа относится к категории 1а. Параметры микроклимата, которые должны обеспечиваться для этой категории работ, приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относ. Влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22...24	21...25	60...40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23...25	22...26	60...40	0,1

8.7 Оказание первой помощи при поражении электрическим током

В процессе работы может возникнуть ситуация, при которой работник попадает под воздействие электрического тока. В этом случае необходимо произвести следующие действия:

- прекратить работу и устранить воздействие на пострадавшего факторов, угрожающих жизни и здоровью;
- определить состояние пострадавшего и характер повреждений, нанесенных пострадавшему электрическим током;
- оказать первую медицинскую помощь (сделать искусственное дыхание, сделать массаж сердца и др.) и вызвать скорую помощь;
- поддерживать основные жизненные функции пострадавшего до прибытия бригады скорой помощи;
- немедленно сообщить о случившемся непосредственному руководителю, диспетчеру.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте рассматривался процесс создания регистратора интервалов времени на ПЛИС и разработка программного кода, который обеспечивает управление всей системой. Проектирование и разработка по данному проекту осуществляется на основании требований, указанных в техническом задании. Рассмотрению подлежали вопросы технологического и программного характера.

В технологическом разделе рассматривались основные структурные элементы схемы, принципы работы управляющей матрицы, метод преобразования входных импульсов, выбор элементной базы устройства.

Назначение программного раздела – написание программного кода для управляющей матрицы. Он разрабатывался специально для правильного функционирования устройства. Прошивка на матрицу разрабатывалась в САПР Quartus II, который обеспечивает доступ ко всем развитым ресурсам микросхем, позволяющий вести проектирование программно-аппаратных систем.

В процессе разработки дипломного проекта также широко использовались компьютерные средства создания электронной документации: пакет программ Microsoft Office Word, Microsoft Office PowerPoint и Microsoft Office Excel, а также пакет программ конструкторского проектирования P-CAD.

В организационно-экономическом разделе приводится экономический анализ и сетевое планирование разрабатываемого устройства. Приводится расчет сетевого графика и его параметров, расчет заработной платы на оплату труда разработчиков, расчет полной себестоимости и цены на разработку, а также анализ технико-экономической эффективности разработки.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» приводятся основные нормативные документы и правила безопасности при эксплуатации. Рассмотрены общие требования безопасности, предъявляемые к устройству, уделено внимание вопросам пожарной безопасности, охраны труда пользователей ПЭВМ и производственной санитарии. В разделе 6 пояснительной записки продемонстрированы некоторые результаты дипломного проектирования.

										Лист
										93
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стешенко В.Б. ПЛИС фирмы «Altera»: Элементная база, система проектирования и языки описания аппаратуры. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 576 с.
2. Бибило П.Н. «Основы языка VHDL» Изд. 3-е, доп. – М. Издательский дом «Додэка-XXI», 2002. – 576 с.
3. Надежность изделий электронной техники для устройств народного хозяйственного назначения: справочник/ Разработан в соответствии с руководящим документом РД 50-670-88. – М.: ВНИИ «Электронстандарт», 1990, - 188 с.
4. Надежность электрорадиоизделий, 2002: справочник/ С.Ф. Прытков [и др.]. – М.: ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2004. – 576 с.
5. Надежность электрорадиоизделий, 2006: справочник/ С.Ф. Прытков [и др.]. – М.: ФГУП «22 ЦНИИ МО РФ», 2008. – 641 с.
6. Боровиков С.М. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности: учеб. Для студентов инж. – тех. спец. вузов/ С.М. Боровиков. – Минск: Дизайн ПРО, 1998. – 336 с.
7. Боровиков С.М. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств: учеб.- метод. пособие / С.М. Боровиков, И.Н. Цырельчук, Ф.Д. Троян; под ред. С.М. Боровикова. – Минск: БГУИР, 2010. – 68 с.
8. Сетевые методы планирования и управления: методические указания к курсовому проекту / составители: Л.А. Баев, С.Ю. Лелекова, Н.С. Дзензелюк. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.– 24 с.
9. Преддипломная практика и выпускная квалификационная работы для студентов специальности «Радиоэлектронные системы и комплексы»: методические указания / сост.: Д.С. Пискорский, Н.В. Вдовина. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2017. – 76 с.
10. СТО ЮУрГУ 04-2008 Стандарт организации. Курсовое и дипломное проектирование. Общие требования к содержанию и оформлению / составители:

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		94

Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, В.И. Гузеев, Л.В. Винокурова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

11. СТО ЮУрГУ 19-2008 Стандарт организации. Выпускная квалификационная научно-исследовательская работа студента. Структура и правила оформления / составители: Т.И. Парубочая, Н.В. Сырейщикова, С.Д. Ваулин, В.Р. Гофман. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 29 с.
12. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
13. ГОСТ 2.701 – 2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению.
14. ГОСТ 12.2.003-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие требования безопасности.
15. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
16. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
17. ГОСТ 12.2.007.0-75 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями N 1, 2, 3, 4).
18. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением N 1).
19. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
21. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

					<i>ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Листинг программы

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_arith.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
ENTITY RUPI IS
PORT
    (
        clk : IN std_logic;
        KN1 : IN std_logic;
        KN2 : IN std_logic;
        KN3 : IN std_logic;
        KN4 : IN std_logic;
        BXOD : IN std_logic_vector (1 to 16);
        VD1 : OUT std_logic;
        VD2 : OUT std_logic;
        VD3 : OUT std_logic;
        VD4 : OUT std_logic;
        TCK : OUT std_logic;
        TDI : INOUT std_logic;
        STRB : OUT std_logic;
        data_in : IN std_logic;
        DIG : OUT std_logic_vector (0 to 3);
        SEG : OUT std_logic_vector (0 to 7);
        data_out : OUT std_logic
    );
END RUPI;
ARCHITECTURE maxpld OF RUPI IS
    type Mem is array (0 to 16) of std_logic_vector (31 downto 0);
    signal ramTmp : Mem;
    signal Reg : std_logic_vector (8 downto 1) := "00000000";
    signal SP3 : std_logic := '0';
    signal Test : std_logic := '0';
    signal a1 : std_logic := '0';
    signal a2 : std_logic := '0';
    signal a3 : std_logic := '0';
    signal pp : std_logic := '0';
    signal c1 : std_logic := '0';
    signal c2 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
    signal c3 : std_logic := '0';
    signal Stread : std_logic := '0';
    signal Stopread : std_logic := '0';
    signal x1 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
```

```

signal x2 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
signal x3 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
signal ADR : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
signal ADR1 : std_logic_vector (1 to 16) := "0000000000000000";
-- signal num : std_logic_vector (1 to 5) := "00000";
signal ccc : std_logic_vector (16 downto 0) := "0000000000000000";
signal T200 : std_logic_vector (23 downto 0) := "000000000000000000000000";
signal RAM : std_logic_vector (0 to 192);
signal RD : std_logic_vector (0 to 31);
signal R1 : std_logic := '1';
signal R2 : std_logic := '1';
signal b1 : std_logic := '0';
signal b2 : std_logic := '0';
signal res : std_logic := '0';
signal kod : std_logic := '0';
signal aaa : std_logic := '0';
signal start_in : std_logic := '0';
signal stop_in : std_logic := '0';
signal fl1 : std_logic := '0';
signal fl2 : std_logic := '0';
signal schet : std_logic_vector (16 downto 0) := "0000000000000000";
signal rT : std_logic_vector (32 downto 0) :=
"00000000000000000000000000000000";
signal segm : integer range 0 to 5208 := 0; -- to 2083
signal bod : integer range 0 to 39 := 0;
signal ch : integer range 0 to 16 := 0;
-- signal T200 : integer range 0 to 1000000 := 0; -- 200 mc
signal T10 : integer range 0 to 500000 := 0; -- 10 mc
signal T5M : integer range 0 to 9 := 0; -- 5МГц
signal Sc : integer range 0 to 10 := 0;
signal Sc5 : integer range 0 to 5 := 0;
signal St5 : integer range 0 to 5 := 0;
signal SchTCK : integer range 0 to 1184 := 0;
signal T150 : integer range 0 to 750 := 0;
signal TR : integer range 0 to 48 := 0;
signal tablo : integer range 0 to 3 := 0;
-- signal ccc : integer range 0 to 49999 := 0;
signal num : integer range 0 to 14 := 0;
BEGIN
-----Генерация частоты 5МГц-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (T5M = 9) then

```

```

        T5M <= 0;
    else
        T5M <= T5M + 1;
    end if;

```

```

end if;
end process;
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then

```

```

    if (T5M < 5) then
        TCK <= '0';
    else
        TCK <= '1';
    end if;

```

```

end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then
if (T5M = 0) then

```

```

    if (f11 = '1' and f12 = '0') then
        if (SchTCK > 170 and (SchTCK rem 32) = 0 and T150 < 750) then
            T150 <= T150 + 1;
        else
            SchTCK <= SchTCK + 1;
            T150 <= 0;
        end if;
    end if;

```

```

    if (f11 = '0') then
        SchTCK <= 0;
    end if;

```

```

end if;
end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then

```

```

if (T5M = 5) then
    if (SchTCK = 1184) then
        fl2 <= '1';
    else
        fl2 <= '0';
    end if;
end if;
end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (fl1 = '1') then
    case SchTCK is
        when 0 => STRB <= '1';
        when 40 => STRB <= '1';
        when 80 => STRB <= '1';
        when 120 => STRB <= '1';
        when 193 => STRB <= '1';
        when 225 => STRB <= '1';
        when 257 => STRB <= '1';
        when 289 => STRB <= '1';
        when 321 => STRB <= '1';
        when 353 => STRB <= '1';
        when 385 => STRB <= '1';
        when 417 => STRB <= '1';
        when 449 => STRB <= '1';
        when 481 => STRB <= '1';
        when 513 => STRB <= '1';
        when 545 => STRB <= '1';
        when 577 => STRB <= '1';
        when 609 => STRB <= '1';
        when 641 => STRB <= '1';
        when 673 => STRB <= '1';
        when 705 => STRB <= '1';
        when 737 => STRB <= '1';
        when 769 => STRB <= '1';
        when 801 => STRB <= '1';
        when 833 => STRB <= '1';
        when 865 => STRB <= '1';
        when 897 => STRB <= '1';
        when 929 => STRB <= '1';
    end case;
end if;
end if;
end process;

```

```

when 961 => STRB <= '1';
when 993 => STRB <= '1';
when 1025 => STRB <= '1';
when 1057 => STRB <= '1';
when 1089 => STRB <= '1';
when 1121 => STRB <= '1';
when 1153 => STRB <= '1';
when others => STRB <= '0';
END CASE;
end if;
if (fl1 = '0' and Stread = '0' and Stopread = '0') then
    if (TR = 0) then
        STRB <= '1';
    else
        STRB <= '0';
    end if;
end if;

if (fl1 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '0') then
    if ((TR rem 19) = 0) then
        STRB <= '1';
    else
        STRB <= '0';
    end if;
end if;

if (fl1 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '1') then
    STRB <= '0';
end if;
end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then

if (fl1 = '1' and T5M = 2) then
    if (SchTCK < 152) then
        TDI <= RAM(SchTCK);
    elsif (SchTCK < 168) then
        TDI <= ramTmp(1)(SchTCK - 152);
    elsif (SchTCK < 193) then
        TDI <= RAM(SchTCK);
    else
        if ((SchTCK rem 64) < 2) then

```

```

        TDI <= '0';
    elsif ((SchTCK rem 64) < 4) then
        TDI <= '1';
    elsif ((SchTCK rem 64) < 20) then
        TDI <= ramTmp((SchTCK-96)/64)((SchTCK rem 64) + 12);
    elsif ((SchTCK rem 64) < 34) then
        TDI <= '0';
    elsif ((SchTCK rem 64) < 36) then
        TDI <= '1';
    elsif ((SchTCK rem 64) < 52) then
        TDI <= ramTmp((SchTCK-96)/64)((SchTCK rem 64) - 36);
    elsif ((SchTCK rem 64) < 64) then
        TDI <= '0';
    end if;
end if;
end if;

if (fl1 = '0' and T5M = 2) then
    if (Stread = '0' and Stopread = '0') then
        if (TR <32) then
            TDI <= RD(TR);
        else
            TDI <= 'Z';
        end if;
    elsif (Stread = '1' and Stopread = '0') then
        if (TR = 0) then
            TDI <= '0';
        end if;
        if (TR = 1 or TR = 2) then
            TDI <= '1';
        end if;
        if (TR > 2) then
            TDI <= 'Z';
        end if;
    end if;
end if;
end if;
end process;
-----Отправка каждые 200 мс-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then

```

						ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			101

```

if (T200(23) = '1') then
    T200 <=(others => '0');
    b1 <= not b1;
else
    T200 <= T200 + '1';
end if;

if (b1 = '0' and b2 = '0') then
    pp <= '0';
end if;
if (b1 = '1' and b2 = '0') then
    pp <= '1';
end if;
if (b1 = '1' and b2 = '1') then
    pp <= '0';
end if;
if (b1 = '0' and b2 = '1') then
    pp <= '1';
end if;
end if;
end process;
-----Проверка каждые 10 мс-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then

    if (T10 = 499999) then
        T10 <= 0;
    else
        T10 <= T10 + 1;
    end if;

    if (KN3 = '0' and T10 = 499000) then
        if (Sc5 /= 5) then
            Sc5 <= Sc5 + 1;
        else
            SP3 <= '1';
            ramTmp(0)(31) <= '0';
        end if;
    end if;

    if (KN3 = '1' and T10 = 499000) then
        if (Sc5 /= 0) then
            Sc5 <= Sc5 - 1;
        end if;
    end if;
end if;
end process;

```

```

else
    SP3 <= '0';
    ramTmp(0)(31) <= '1';
end if;
end if;

end if;
end process;
-----Запуск счетчика по СПЗ-----
process (clk)
begin
if (clk'event and clk = '1') then

    if (SP3 = '1' and start_in = '0') then
        rT <= "00000000000000000000000000000000";
        start_in <= '1';
    end if;

    if (SP3 = '1' and start_in = '1' and rT(29) = '0') then
        rT <= rT + '1';
    end if;

    if (SP3 = '1' and start_in = '1' and rT(29) = '1') then
        ramTmp(0)(29) <= '0';
    end if;

    if (SP3 = '0') then
        start_in <= '0';
        rT <= "00000000000000000000000000000000";
        ramTmp(0)(29) <= '1';
    end if;

end if;
end process;
-----Регистрация импульсов-----
process (clk, sp3, start_in, x1, x2, x3, bxod, rT)
begin
if (clk'event and clk = '0') then
    if (SP3 = '1' and start_in = '1') then
        for i in 1 to 16 loop
            if (x1(i) = '0' and BXOD(i) = '0') then
                x1(i) <= '1';
            end if;
            if (x1(i) = '1' and x2(i) = '0' and BXOD(i) = '0') then

```

					<i>ЮУрГУ – Д. 11.05.01.2019.306.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>103</i>

```

                x2(i) <= '1';
            end if;
            if (x1(i) = '1' and x2(i) = '0' and BXOD(i) = '1') then
                x1(i) <= '0'; x2(i) <= '0'; x3(i) <= '0';
            end if;
            if (x1(i) = '1' and x2(i) = '1' and x3(i) = '0') then
                ramTmp(i)(28 downto 0) <= rT(28 downto 0);
                ramTmp(i)(31 downto 29) <= "000";
                x3(i) <= '1';
            end if;

        end loop;
    end if;

    if (SP3 = '0') then
        for i in 1 to 16 loop
            x1(i) <= '0'; x2(i) <= '0'; x3(i) <= '0';
            ramTmp(i) <=
"00000000000000000000000000000000";
        end loop;
    end if;

    end if;
end process;
----- (передача) -----
process (clk)
begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (pp = '1') then
if (segm = 5208) then
    segm <= 0;
else
    segm <= segm + 1;
end if;
else
    segm <= 0;
end if;
end if;
end process;
process (clk)
begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (pp = '1') then
if (segm = 5200) then

```

```

        if (ch = 16) then

            if (bod = 39) then
                bod <= 0;
                ch <= 0;
                b2 <= not b2;
            else
                bod <= bod + 1;
            end if;

            elsif (bod = 39) then
                bod <= 0;
                ch <= ch + 1;
            else
                bod <= bod + 1;
            end if;
        end if;
    else
        bod <= 0;
    end if;
end if;
end process;
process (bod)
begin
    if (clk'event and clk = '1') then
        if (pp = '1') then
            if (segm = 20) then
                if (bod = 0 or bod = 10 or bod = 20 or bod = 30) then data_out <= '0';
                elsif (bod = 9 or bod = 19 or bod = 29 or bod = 39) then data_out <= '1';
                else data_out <= ramTmp(ch)(bod - 1 - (2 * (bod / 10)));
            end if;
        end if;
    else
        data_out <= '1';
    end if;
end if;
end process;

```

-----Чтение\Запись-----

```

process (clk)
begin
    if (clk'event and clk = '0') then
        if (SP3 = '1' and start_in = '1' and ramTmp(0)(29) = '0') then
            if (T5M = 1) then
                fl1 <= '1';
            end if;
        end if;
    end if;
end process;

```

					ЮУрГУ – Д.11.05.01.2019.306.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105

```

        end if;
    end if;

    if (SP3 = '0' and fl2 = '1' and T5M = 1) then
        fl1 <= '0';
    end if;
end if;
end process;

```

-----Чтение памяти-----

```

process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '0') then
if (T5M = 8) then

    if (fl1 = '0' and Stread = '0' and Stopread = '0') then
        if (TR < 48) then
            TR <= TR + 1;
            ADR <= (others => '0');
        else
            Stread <= '1';
            TR <= 0;
            ADR <= ADR + '1';

        end if;
    end if;
    if (fl1 = '0' and Stread = '1' and Stopread = '0') then
        if (TR < 18) then
            TR <= TR + 1;
        else
            TR <= 0;
            ADR <= ADR + '1';
        end if;
    end if;
    if (fl1 = '1') then
        Stread <= '0';
        TR <= 0;
        ADR <= (others => '0');
    end if;
end if;
end if;
end process;

```

```

process (clk)

```

```

Begin
if (clk'event and clk = '1') then

if (fl1 = '0' and T5M = 3) then
if (Stread = '0' and Stopread = '0') then
if (TR > 31) then
if (R1 = '0') then
R2 <= '0';
end if;
else
R2 <= '1';
end if;
elsif (Stread = '1' and Stopread = '0') then
if (TR = 0 and (conv_integer(adr) rem 32) = 0) then
R2 <= '1';
end if;
if (TR > 2) then
if (R1 = '0') then
R2 <= '0';
end if;
end if;
end if;
end if;
if (fl1 = '1') then
R2 <= '1';
end if;

end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then
if (fl1 = '0' and T5M = 9) then

if (Stread = '1' and Stopread = '0') then
if (TR = 0) then
if ((conv_integer(adr) rem 32) = 0 and R2 = '1') then
adr1 <= adr - "100000";
Stopread <= '1';
else
adr1 <=(others => '0');
end if;

```

```

        end if;
    end if;
    elsif (fl1 = '1' and T5M = 9) then
        Stopread <= '0';
    end if;
    end if;
end process;

```

```

-----
process (clk)
Begin
if (clk'event and clk = '1') then

if (Stread = '1' and Stopread = '1') then
    VD4 <= '0';
end if;

if (Stread = '1' and Stopread = '0') then
    VD4 <= '1';
end if;

if (Stread = '0' and Stopread = '0') then
    VD4 <= '1';
end if;

if (Stread = '0' and Stopread = '1') then
    VD4 <= '1';
end if;

end if;
end process;

```

```

--
    ramTmp(0)(28 downto 0) <=(others => '1');
    ramTmp(0)(15 downto 0) <= RAM(136 to 151);
    VD1 <= ramTmp(0)(29);
    VD2 <= ramTmp(0)(30);
    VD3 <= ramTmp(0)(31);
    ramTmp(0)(30) <= '1';
    RAM(0 to 15) <= "0010000110111111";
    RAM(16 to 39) <= "101010101010010101010000";
    RAM(40 to 55) <= "0010000110111111";
    RAM(56 to 79) <= "010101010101101010100000";
    RAM(80 to 95) <= "0010000110111111";
    RAM(96 to 119) <= "101010101010000001010000";

```

```

--      RAM(120 to 135) <= "0000100110111111";
      RAM(136 to 151) <=(others => '0');
      RAM(136) <= ADR1(16);
      RAM(137) <= ADR1(15);
      RAM(138) <= ADR1(14);
      RAM(139) <= ADR1(13);
      RAM(140) <= ADR1(12);
      RAM(141) <= ADR1(11);
      RAM(142) <= ADR1(10);
      RAM(143) <= ADR1(9);
      RAM(144) <= ADR1(8);
      RAM(145) <= ADR1(7);
      RAM(146) <= ADR1(6);
      RAM(147) <= ADR1(5);
      RAM(148) <= ADR1(4);
      RAM(149) <= ADR1(3);
      RAM(150) <= ADR1(2);
      RAM(151) <= ADR1(1);
      RAM(152 to 167) <= "0000000000000000";
      RAM(168 to 192) <=(others => '0');
      RD(0 to 15) <= "0100101010111111";
      RD(16 to 31) <= "0000000000000000";
      R1 <= TDI;
end maxpld;

```

