

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.

**«Супергетеродинный приемник вторичного канала для обзорного
диспетчерского радиолокатора»**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ-Д.11.05.01.2016.441.00 ПЗ ВКП

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности

_____/И.С. Окраинская/
«__» _____ 20__ г.

Руководитель проекта

начальник КБ-22

АО ЧРЗ «Полет»
_____/С.Г. Подкорытов/
«__» _____ 20__ г.

Организационно - экономический
раздел

_____/Р.Ш. Закиров/
«__» _____ 20__ г.

Автор проекта

студент группы КЭ-665

_____/А.А.Борисов/
«__» _____ 20__ г.

Нормоконтролер

_____/В.Д. Спицына/
«__» _____ 20__ г.

					ЮУрГУ-Д.11.05.01.2016.441.00 ПЗ	
						5

АННОТАЦИЯ

Борисов А.А. Супергетеродинный приемник вторичного канала приема для диспетчерского обзорного радиолокатора. – Челябинск: ЮУрГУ: ВШЭК, 2016. Пояснительная записка выполнена на 93 листах, содержит 34 иллюстрации и 10 таблиц. Список литературы содержит 12 наименований. Графический материал состоит из 6 листов формата А1.

Дипломный проект посвящен разработке супергетеродинного приемника вторичного канала приема для обзорного диспетчерского радиолокатора с применением цифровой обработки сигналов. Разрабатываемое устройство является перспективным в рамках приема и обработки информации принимаемой с активного ответчика расположенного на летательном аппарате.

В результате анализа технического задания, в основу разработки приемника был взят АОРЛ-1АС. Была разработана структурная, функциональная и электрическая принципиальная схема приемника.

В пояснительной записке содержится экономическое обоснование проведения работ, с выполнением сетевого планирования. Разработанное устройство соответствует требованиям эргономики и эстетики, и обеспечивает удобство и безопасность работы во всех режимах.

					ЮУрГУ-Д.11.05.01.2016.441.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Борисов А.А.				Супергетеродинный приемник вторичного канала приема для ОДРЛ	Лит.	Лист	Листов
Проверил	Подкорытов С.Г.					Д	3	93
Н. Контр.	Спицына В.Д.					ЮУрГУ Кафедра ИКТ		
Утв.	Даровских С.Н.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Анализ технического задания.....	11
2 Приёмник вторичного канала.....	15
2.1 Назначение и состав.....	15
2.2 Общий принцип работы изделия.....	17
3 Устройства высокочастотного преобразования усиления.....	19
3.1 Тракт УВЧ.....	19
3.2 Смеситель.....	24
3.3 Тракт гетеродина.....	26
3.4 Тракт УПЧ.....	30
4 Обнаружитель.....	33
4.1 Аналого-цифровой преобразователь.....	38
4.2 Блок обработки информации.....	48
5 Алгоритм работы обнаружителя.....	50
5.1 Программное обеспечение ПЛИС.....	50
5.2 Структурная схема блока декодирования.....	51
5.2.1 Блок сравнения сигнала ОК и КП.....	52
5.2.2 Блок определения порога.....	53
5.2.3 Блок составления массива.....	53
5.2.4 Блок обнаружения сигнала.....	53
5.2.5 Блок управления обнаружителем.....	54
6 Расчет питания.....	55
6.1 Расчет номиналов.....	59
7 Разработка печатной платы.....	61

8	Организационно-экономический раздел	63
8.1	Сетевое планирование	63
8.2	Расчет параметров работ сетевого графика	64
8.3	Технико-экономические расчеты	68
8.3.1	Расчёт стоимостных параметров сетевого графика	69
8.3.2	Расчет затрат на разработку, внедрение и применение проекта.....	71
8.3.3	Расчет экономического эффекта и срока окупаемости проекта.....	72
9	Безопасность жизнедеятельности и охрана труда	74
9.1	Анализ воздействия электромагнитного поля на организм человека.....	74
9.2	Анализ условий эксплуатации проектируемой системы	77
9.3	Соответствие проектируемого устройства требованиям безопасности.....	78
9.4	Параметры микроклимата.....	79
9.5	Освещение.....	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		84
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		85
ПРИЛОЖЕНИЕ А		86

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АЦП – аналого-цифровой преобразователь;

ВАРУ – временная автоматическая регулировка усиления;

ВОРЛ – вторичный обзорный радиолокатор;

ВЧ – высокая частота;

КП – канал подавления;

ЛА – летательный аппарат;

ОК – основной канал;

ПЧ – промежуточная частота;

ПЛИС – программируемая логическая интегральная схема;

ППВМ – программируемая пользователем вентильная матрица;

УВД – отечественный режим работы вторичного радиолокатора;

УВЧ – усилитель высокой частоты;

УПЧ – усилитель промежуточной частоты;

УВЧУ – устройство высокочастотного преобразования и усиления;

ИКАО – международный нормы гражданской авиации;

RBS – международный режим работы вторичного радиолокатора;

ВВЕДЕНИЕ

Точная дата изобретения радиолокатора является предметом споров и словесного определения. Томас Эдисон взял патент в 1885 г. на использование радио для предотвращения столкновений в море. Такое применение было даже рассмотрено независимо Эдуардом Брэнли, Николой Тесла и Христианом Хальсмейером, с более поздней демонстрацией оборудования на частоте 600 МГц в 1904 г. В 1920-х и начале 1930-х годов разработчики во многих различных странах использовали радиоволны для эхо-зондирования ионосферы, для альтиметрии и для проведения исследований возмущений в радиолиниях, вызванных отражающим объектами. Использование радио для конкретной цели обнаружения объектов было предложено во многих различных странах, включая Германию, Италию, США, Францию, Великобританию, Россию, Японию и Голландию.

Появление радиолокатора было открытием, нежели изобретением. В подготовке ко второй мировой войне многие страны снова признали его военную значимость, хотя по очевидным причинам не придали этого широкой огласке. Роль радиолокатора во время войны хорошо известна. Разработка была быстрой, как это было с другими электронными навигационными средствами, которые образовали основу гражданских систем, когда военные действия прекратились.

Системы авиационного наблюдения являются важным элементом современной аэронавигационной инфраструктуры, необходимым для безопасной организации растущих объемов еще более сложного воздушного движения.

Определение азимута и дальности ЛА, при помощи излучаемых радиосигналов используется в первичном радиолокаторе. В первичном

радиолокаторе импульс высокой мощности радиочастотной энергии передается от вращающейся антенны и, если он достигает корпуса ЛА, то малая часть этой энергии отражается назад к вращающейся антенне. Разработка первичного радиолокатора направлена на обнаружение этой малой части отраженной энергии. Когда ЛА обнаружен подобным способом, то его дальность можно определить, измеряя отсчет времени между передачей и последующим приемом отражения. При этом скорость радиоволны известна. Пеленг ЛА указывается направлением антенны в то время, когда ЛА обнаружен.

Главной положительной стороной при его работе является то, что он не требует ничего особого от ЛА, кроме эффективной отражательной поверхности ЛА от радиоволн радиолокатора. Особенностью первичного радиолокатора заключается в том, что кроме полезного сигнала он также получает отражения от дождя, земли, и даже птиц. Много специальных методов было разработано, чтобы решить эти проблемы. Однако первичный радиолокатор не может отличить один ЛА от другого подобного, и в большинстве случаев не может определить высоту с достаточной точностью. Вторичный радиолокатор преодолевает эти трудности.

Для взаимодействия с ВОРЛ необходимо, чтобы каждый ЛА имел на борту специальное оборудование приема-передачи, известное как ответчик. Наземная станция ВОРЛ передает импульсы радиочастотной энергии из вращающейся антенны таким же образом, как и первичный радиолокатор, за исключением того, что уровень излучаемой мощности гораздо меньше. Требуется только та мощность, которая достаточно для преодоления потерь в одном направлении до ответчика, по сравнению с потерями в двух направлениях для первичного радиолокатора. ВОРЛ излучает импульсы в несколько ватт по мощности, по сравнению с несколькими сотнями или тысячами киловатт в случае первичного радиолокатора. При приеме сигнала

наземной станции ответчик вырабатывает отклик на другой частоте. Применение отдельных частот препятствует искажению отклика от возможных отражений, таких как от дождя, птиц или местности. Дальность и пеленг ЛА определяются из времени задержки и направления антенны так же, как для первичного радиолокатора.[2]

Главным преимуществом ВОРЛ является то, что он может получать дополнительную информацию от ЛА. Наличие оборудования ВОРЛ позволяет к функции радиолокатора добавить получение дополнительной информации. Наземная станция ВОРЛ кодирует его передачу, создавая пару импульсов различного временного разнесения. Во время определения дальности и пеленга ЛА наземная станция может также запросить индивидуальный номер, запас топлива, высоту. Ответ бортового ответчика состоит в виде многоимпульсного кода, в котором содержатся запрашиваемые данные. Способность ВОРЛ получить эту дополнительную информацию о ЛА имеет огромное значение для диспетчера воздушного движения на земле. В результате ВОРЛ становится главным источником информации о ЛА для УВД. Другое преимущество ВОРЛ заключается в способности получать информацию от ЛА на больших расстояниях.[1]

Наземное оборудование ВОРЛ содержит вращающуюся антенну с устройством вращения, передатчик-приемник, который называют запросчиком, и процессор обработки ответного сигнала, известный, как выделитель отметок или дискретизатор [4]. Наземная станция запрашивает информацию от ЛА на частоте 1030 МГц, и получает ответы на частотах 740 МГц и 1090 МГц (в зависимости от режима работы), ВОРЛ рассчитан на то, что ЛА имеет ответчики как для обнаружения запроса с земли, так и для откликов ответами, содержащими запрашиваемые данные.

Многие ЛА участвуют в международных рейсах, которые могут переходить через многие национальные границы. Эти ЛА будут запрашиваться различными наземными станциями ВОРЛ, созданные различными изготовителями. Параметры разрабатываемого устройства также соответствуют требованиям ИСАО и ГОСТам, предъявляемым к ВОРЛ.[2][3][4]

1 Анализ технического задания

Согласно требованиям, предъявляемым к устройству, необходимо разработать супергетеродинный приемник вторичного канала для обзорного радиолокатора, отвечающий следующим требованиям:

– приемное устройство содержит в себе устройство преобразования и усиления RBS центральная частота которого составляет 1090 МГц, и устройство преобразования и усиления УВД центральная частота которого составляет 740 МГц.

– тангенциальная чувствительность ОК и КП приемного устройства на выходе высокочастотного устройства преобразования составляет минус 125 дБВт.

– чувствительность по выходу обнаружителя должна быть не хуже минус 115 дБВт.

– максимальный уровень входного сигнала составляет минус 45 дБВт.

– избирательность по зеркальному каналу приемников RBS и УВД по ОК и КП должна быть не менее 45 дБ.

– комплексное сопротивление ВЧ входа - 50 Ом.

– количество преобразований сигнала осуществляемых в приемнике– 1.

– избирательность по побочным каналам приема должна быть не хуже 60 дБ.

– устройства преобразования и усиления приемников УВД и RBS должны иметь ступенчатые ВАРУ с глубиной регулировки не менее 7 дБ по каналам ОК.

– шаг установки затухания 1 дБ. Закон изменения затухания и время действия ВАРУ определяется протоколом на программном обеспечении.

– напряжение питания – плюс 12.0 В, минус 12.0 В, плюс 5 В.

– на разъеме выхода приемника вторичного канала УВД и выхода приемника вторичного канала RBS должен быть импульс положительной полярности амплитудой не менее 2,4 В при изменении уровня входных сигналов не менее 70 дБ (минус 115...минус 45 дБВт, длительностью 0,8 мкс для УВД или 0,45 мкс для RBS) в полосе частот, если одновременно подать сигнал на входы ОК и КП приемника УВД или приемника RBS, выполнив соотношение при котором уровень сигнала на входе ОК должен превышать уровень сигнала на входе КП не менее чем на 9 дБ. При этом длительность выходного импульса по уровню 0,5 для УВД 0,8...1 мкс, а для RBS 0,45...0,6 мкс.

– на разъеме выхода приемника УВД и выхода приемника RBS должен отсутствовать импульсный сигнал положительной полярности, присутствует постоянное напряжение не более +0,4 В при изменении уровня входных сигналов не менее 70 дБ(минус 115...минус 45 дБВт, длительностью 0,8мкс для УВД и 0,45 мкс для RBS) в полосе частот, если одновременно подать сигнал на входы ОК и КП приемника УВД или приемника RBS, выполнив соотношение при котором уровень сигнала на входе КП должен превышать уровень сигнала на входе ОК не менее чем на 3 дБ.

– задержка обнаружителем сигнала, замеренная по переднему фронту импульса на уровне 0,5 не должна превышать 0,3 мкс для УВД и 0,3 мкс для RBS.[2][3][4]

Для выполнения технического задания необходимо:

–проанализировать техническую документацию, выяснить существуют ли изделия, подобные тому, что требуется в техническом задании. Если таковые имеются, то изучить принцип их работы, выяснить, можно ли взять их за основу или проанализировать все проблемы, возникающие за всё время работы имеющегося оборудования, что бы их избежать при разработке нового изделия;

В соответствии с требованиями технического задания, разработана структурная, функциональная и электрическая схемы новых приемников. Новые приёмники должны быть разработаны на современной элементной базе, иметь меньшие габариты, плата должна соответствовать европейскому стандарту 222,5 мм на 233,35 мм. Подбор элементной базы производится на основе требований технического задания.[2]

2 Приёмник вторичного канала

2.1 Назначение и состав

Приёмник вторичного канала предназначен для приёма сигналов самолётных ответчиков, работающих в режимах УВД и RBS, и для подавления влияния лепестков диаграммы направленности антенны ОК.

В результате разработки удалось сократить элементную базу и расположить ее на одной плате, реализовать ВАРУ в цифровом виде, управление которой осуществляется напрямую в обнаружителе.

Функциональная схема разработанного супергетеродинного приемника вторичного канала изображена на рисунке 1.

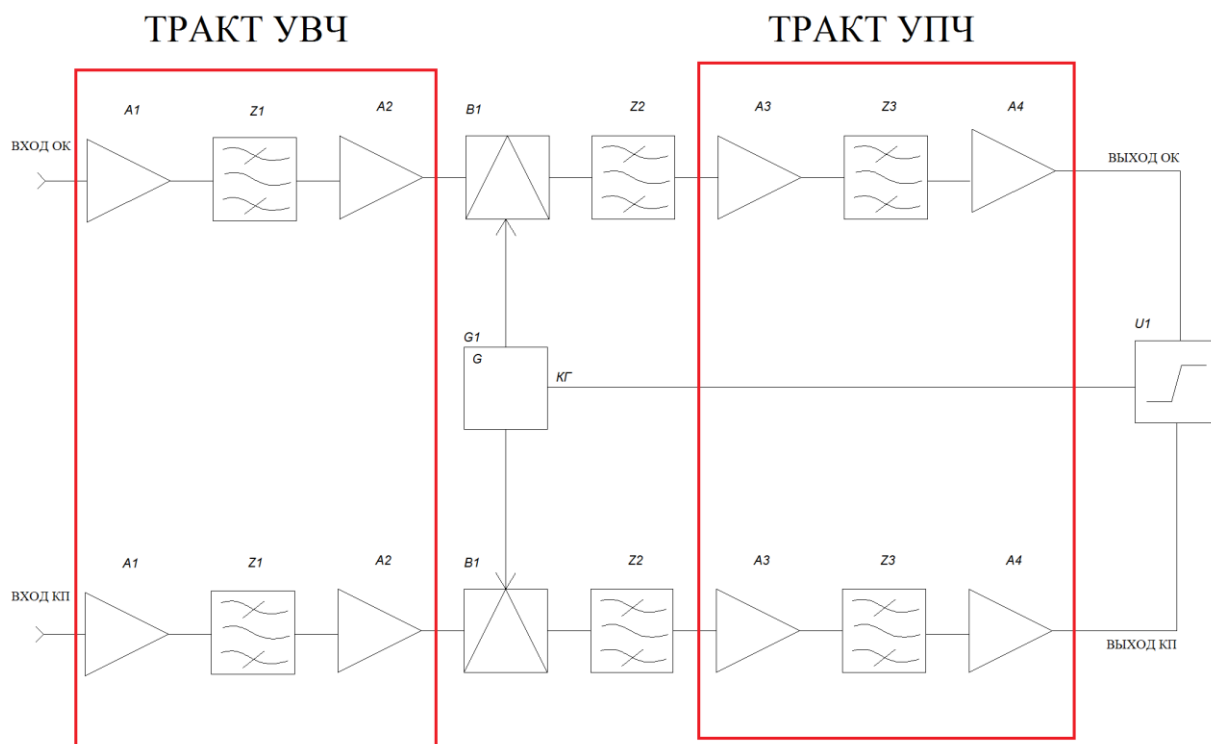


Рисунок 1 – Функциональная схема разработанного приемника вторичного канала

По функциональным узлам приемник можно разделить на следующие элементы

Тракт УВЧ:

- УВЧ (А1) – 2шт. ;
- фильтр высокой частоты (Z1) – 2шт. ;
- УВЧ (А2) – 2шт.;

Смеситель (В1) – 2шт. ;

- фильтр промежуточной частоты(Z2) – 2шт. ;

Гетеродин(G1) – 1шт. ;

Тракт УПЧ:

- предварительный УПЧ (А3) – 2шт.;
- фильтр промежуточной частоты (Z3) – 2шт. ;
- УПЧ (А4) –2 шт. ;

Обнаружитель и ВАРУ(U1) – 1 шт..

В высокочастотную часть приемника входят два идентичных канала усиления, фильтрации и преобразования сигналов, смеситель и гетеродин.

Тракт УВЧ осуществляет усиление и фильтрацию для приемного устройства RBS, центральная частота которой составляет 1090 МГц, и УВД центральная частота которого составляет 740 МГц. Для согласования каналов используются аттенюаторы

Гетеродин осуществляет генерацию ВЧ сигнала для приемных устройств RBS и УВД.

Смеситель осуществляет преобразование ВЧ сигналов, поступающих на его входы из УВЧ и гетеродина. Результирующим сигналом на выходе смесителя В1 и полосового фильтра Z2 является сигнал с промежуточной частотой 63 МГц.

Тракт УПЧ осуществляет усиление и фильтрацию поступающего из смесителя сигнала с промежуточной частотой.

После преобразованный сигнал идет на обнаружитель, в котором происходит обработка сигнала и управление ВАРУ.

Для подавления ложных отметок, которые не соответствуют действительному местоположению реальной воздушной, цели в приемнике используется два канала ОК и КП.[2]

2.2 Общий принцип работы изделия

Входные ВЧ сигналы с центральной частотой 1090 МГц для приемного устройства RBS, и 740 МГц для приемного устройства УВД поступают в тракт УВЧ, где усиливаются и фильтруются в полосе частот. Затем сигналы с УВЧ подаются на смесители, где смешиваются с сигналом от гетеродина, и на выходе смесителя получается сигнал с промежуточной частотой 63 МГц. После сигнал на промежуточной частоте фильтруется и усиливается. С выхода одного канала снимается сигнал "основной", а с другого сигнал "подавления", которые преобразуются с помощью АЦП и обрабатываются в ПЛИС.

В основу разработки, был взят приемник, который был разработан ранее. За это время элементная база изменилась. Появились стабильные малогабаритные высокочастотные каскады с большим коэффициентом усиления, широкополосные покупные малогабаритные смесители с малыми потерями и хорошей развязкой, микросхемы усилителей, работающие на промежуточной частоте, высокостабильные в широком диапазоне температур, малогабаритные высокостабильные покупные генераторы, фильтры на ПАВ, обеспечивающие необходимую фильтрацию и серийную повторяемость параметров, и высококачественные АЦП. Все это, а также необходимость исключения из приемника моточных элементов собственного

производства, таких как индуктивности и дроссели, которые была применены в высокочастотной части приемника, что привело к изменению схемы приемника.

В новом приемнике преобразование сигнала в цифровой вид происходит непосредственно сразу после УПЧ, ранее не применяемое из-за отсутствия АЦП с высоким быстродействием и требуемым динамическим диапазоном работы.

3 Устройство высокочастотного преобразования и усиления

На вход УВЧУ поступает сигнал максимальный уровень которого составляет минус 45 дБВт. Динамический диапазон приемника это отношение максимального сигнала к минимальному сигналу на входе приемника, это отношение составляет 70 дБ согласно ТЗ. Входе преобразования ВЧ сигнала, амплитуда входного сигнала суммарно увеличится на 66,5 дБ, и уровень сигнала по выходу из ОК будет составлять от минус 48,5 дБВт до плюс 21,5 дБВт, а по выходу из КП от минус 49,5 дБВт до плюс 20,5 дБВт. Изменение амплитуды сигнала в результате прохождения через устройство высокочастотного усиления и преобразования изображено на рисунке 13.

3.1 Тракт УВЧ

Основными элементами тракта УВЧ являются фильтры и усилители. На входах приемника двух каналов применены ВЧ фильтры для уменьшения влияния наводок из внешней среды(сотовые, телевизионные волны, и т.п.). Эти фильтры также согласуют входы усилителей по стандартному импедансу 50 Ом.

Поступающий на вход ВЧ сигнал требуется усилить, для дальнейшей его обработки. Основным требованием к выбору первичного усилителя это коэффициент шума. В данном устройстве используется MGA– 633P8, с коэффициентом шума 0,37 дБ [5]. Он обеспечивает оптимальное усиление, удовлетворяющий климатическим условиям. Внешний вид MGA-633P8 представлен на рисунке 2

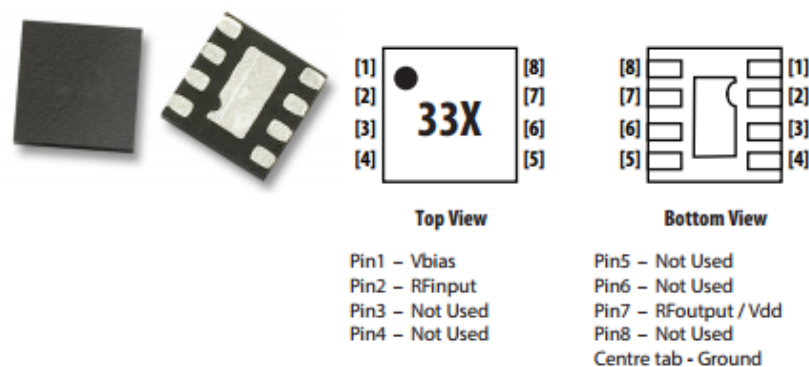


Рисунок 2 – Усилитель MGA-633P8

Основные характеристики усилителя MGA-633P8

количество выводов	8;
максимальная частота, МГц.....	2300;
минимальная частота, МГц.....	150;
усиление, дБ.....	18;
рассеиваемая мощность, мВт.....	500;
максимальный рабочий ток, мА	90;
максимальная рабочая температура, °С	плюс 85;
минимальная рабочая температура, °С.....	минус 40;

Микросхема MGA-633P8 имеет рекомендуемую схему подключения, Входной сигнал усиливается на 18 дБ, амплитуда сигнала на его выходе будет составлять от минус 97 дБВт до минус 27 дБВт.

Для согласования сигнала после его усиления, используем широкополосный аттенюатор LAT-2 [5]. Внешний вид аттенюатора представлен на рисунке 2. Входной сигнал ослабляется на 2 дБ.



Рисунок 3 – Атенюатор LAT-2

Основные характеристики аттенюатора LAT-2

количество выводов	4;
максимальная частота, ГГц.....	2500;
минимальная частота, МГц.....	100;
ослабление, дБ.....	2;
максимальная рабочая температура, °С	плюс 85;
минимальная рабочая температура, °С.....	минус 55;

Амплитуда сигнала на выходе аттенюатора будет составлять от минус 99 дБВт до минус 29 дБВт.

Для задачи высококачественной фильтрацию ВЧ сигнала, используем ПАВ – фильтр АЕ45133-1088 [6]. Внешний вид фильтра представлен на рисунке 4. Большинство преимуществ ПАВ-фильтров исходит от их физической структуры. Они имеют чрезвычайно малые габариты, исключительное внеполосное подавление высокую температурную стабильность, широкий диапазон рабочих частот, внося при этом малые потери, не требовательны к сложной настройке и не расстраиваются в процессе эксплуатации.

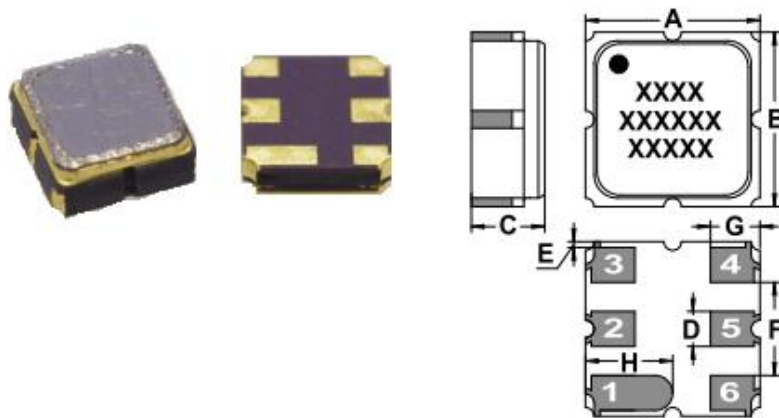


Рисунок 4 – Фильтр ПАВ АЕ45133Н-1088

Основные характеристики ПАВ фильтра АЕ45133Н-1088

- количество выводов6;
- центральная частота, МГц..... 1088;
- полоса пропускания, МГц..... 19;
- ослабление в полосе, дБ4;
- ослабление при отстройке, дБ2;
- максимальная рабочая температура, °С плюс 85;
- минимальная рабочая температура, °С..... минус 55;

Амплитуда сигнала на его выходе ослабляется на 3 дБ. Поэтому амплитуда напряжения на его выходе будет составлять от минус 102 дБВт до минус 32 дБВт.

Для согласования сигнала используем аттенюатор LAT - 2, Уровень сигнала на выходе аттенюатора будет составлять от минус 104 дБВт до минус 34 дБВт. Перед тем как суммировать сигнал тракта УВЧ с сигналом гетеродина необходимо усилить отфильтрованный сигнал с ПАВ фильтра.

Для этого будем использовать монолитный широкополосный усилитель ERA-3SM [5]. Внешний вид усилителя представлен на рисунке 5.

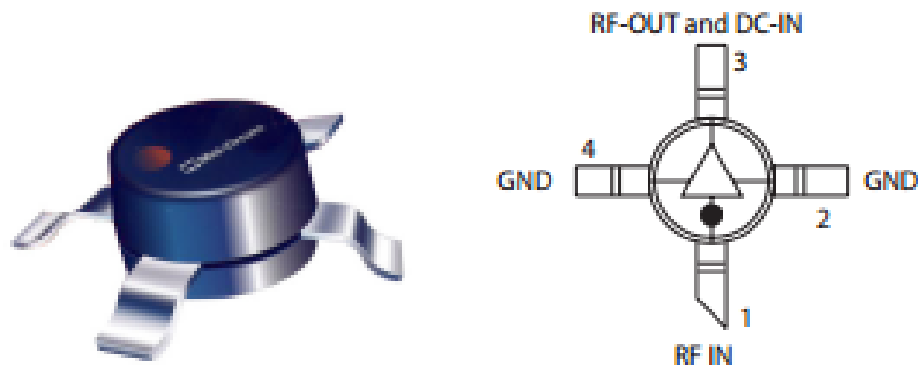


Рисунок 5 – Усилитель ERA-3SM

Основные характеристики усилителя ERA-3SM

- количество выводов 4;
- максимальная частота, МГц..... 3000;
- минимальная частота, МГц..... 1000;
- усиление, дБ..... 22;
- максимальный рабочий ток, мА 75;
- максимальная рабочая температура, °С плюс 85;
- минимальная рабочая температура, °С..... минус 45;

Он использует конфигурацию Дарлингтона и изготовлен с помощью современных технологий. Обладает высоким временем наработки и температурным диапазоном работы. Входной сигнал усиливается на 22 дБ, уровень сигнала на входе смесителя со стороны УВЧ будет составлять от минус 82 дБВт до минус 12 дБВт. Для обеспечения согласования между смесителем и усилителем, используем аттенюатор LAT-0 [5], внешне и структурно он выглядит, как рассмотренный выше аттенюатор LAT-2. Основное его отличие заключается только в том, что ослабление сигнала по его выходу будет составлять 0,1 дБ.

3.2 Смеситель

На следующем этапе комбинируем частоту сигнала с УВЧ с частотой гетеродина. Он должен выдерживать частоту 1090МГц и 740МГц, и подходить по климатическим условиям эксплуатации. В настоящее время из ряда используемых смесителей подходит ADE – 25МН+ [5], внешний вид смесителя изображен на рисунке 6. Амплитуда входного сигнала на смесителе ослабляется на 7 дБ.

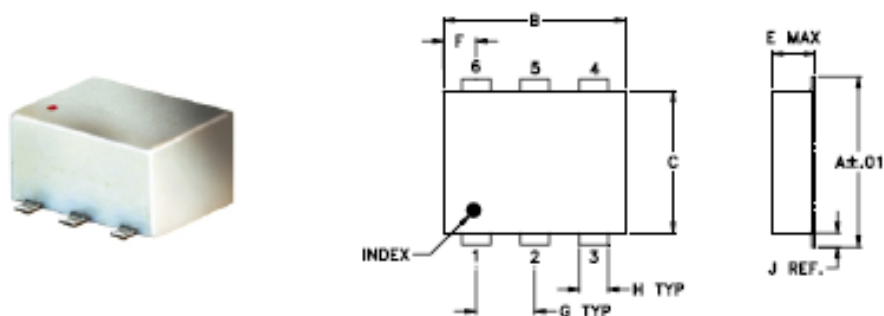


Рисунок 6 – Смеситель ADE – 25МН+

Основные характеристики смесителя ADE – 25МН

- Максимальное напряжение питания, В 5;
- количество выводов 6;
- максимальная частота, МГц..... 3000;
- минимальная частота, МГц..... 5;
- ослабление, дБ..... 7;
- максимальный рабочий ток, мА 40;
- максимальная рабочая температура, °С плюс 85;
- минимальная рабочая температура, °С..... минус 40.

Выход смесителя согласовывается с помощью аттенюатора LAT-0. Полученная частота отфильтровывается. Необходимо иметь центральную частоту 63 МГц для RBS и для УВД. Для выполнения этого требования используем полосовой фильтр BPF-B63+ [5], внешний вид которого представлен на рисунке 7. Сигнал ослабляется на 3 дБ. Данный фильтр обеспечивает отсутствие искаженности передачи фронтов огибающих радиоимпульсов.

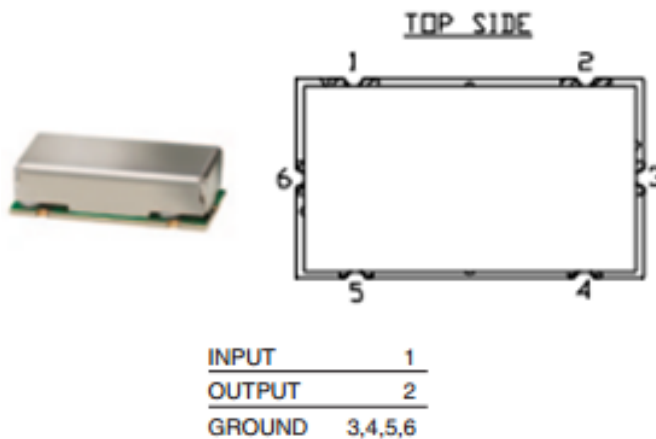


Рисунок 7 – Полосовой фильтр BPF-B63+

Основные характеристики фильтра BPF-B63+

количество выводов	6;
центральная частота, МГц.....	63;
полоса по уровню -3 дБ, МГц.....	7,5;
ослабление в полосе, дБ	3;
максимальная рабочая температура, °С	плюс 85;
минимальная рабочая температура, °С.....	минус 40;

3.3Тракт гетеродина

Для того чтобы смеситель мог работать с сигналами, поступающими с тракта УВЧ и гетеродина, необходимо чтобы с гетеродина на смеситель приходил сигнал, максимальный уровень которого будет составлять минус 12 дБВт. Для этого нужно задать тракт от гетеродина с помощью ответвителей, фильтров и усилителей.

В качестве гетеродина используется кварцевый генератор ГК163, изображенный на рисунке 8.[7]



Рисунок 8– Кварцевый генератор ГК163

Основные характеристики генератора ГК163

Максимальное напряжение питания, Вплюс 5;
количество выводов4;
максимальная частота, МГц.....1200;
выходная мощность, дБмот 0 до 8;
максимальная рабочая температура, °Сплюс 85;
минимальная рабочая температура,°С..... минус 60;
тип выходного сигнала..... синус;
вибрация, Гцот 10 до 500.

Для согласования уровня сигнала с гетеродина используем аттенюатор LAT-1[5]. Основное его отличие от рассмотренных выше аттенюаторов заключается только в том, что ослабление сигнала составляет 1 дБ. Уровень сигнала с выхода аттенюатора будет составлять от минус 31 дБВт до минус 27 дБВт.

Для улучшения спектра напряжения гетеродина пропускаем сигнал через ПАВ фильтр AE45141H-1024 [6]. Характеристики фильтра в тракте гетеродина схожи с характеристиками фильтра используемого в тракте УВЧ, основное отличие заключается в центральной частоте, которая для этого фильтра составляет 1024 МГц. Выходной сигнал ослабляется на 3 дБ. Уровень сигнала с выхода фильтра составляет от минус 34 до минус 30 дБВт.

Для компенсации затухания в разветвителях используем усилитель GALI-24+ [5], который изображен на рисунке 9.

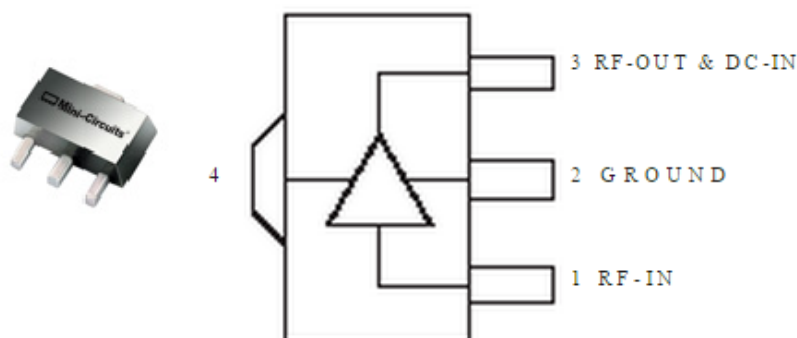


Рисунок 9–Усилитель GALI-24+

Основные характеристики усилителя GALI-24+

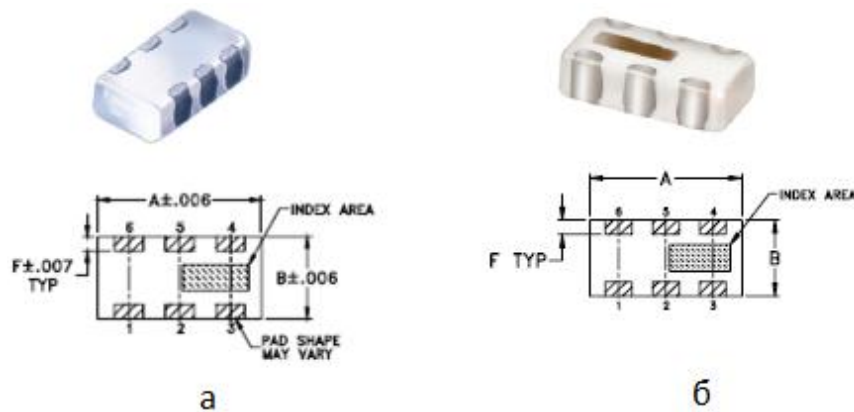
Максимальное напряжение питание, В5;
 количество выводов3;
 максимальная частота, МГц.....6000;
 усиление, дБ.....24;
 минимальная частота, МГц.....1000;

максимальная рабочая температура, °Сплюс 85;

минимальная рабочая температура, °С..... минус 45;

Входной сигнала усиливается на 24 дБ, уровень сигнала входах ответвителей будет составлять от минус 10 дБВт до минус 6 дБВт.

Для того чтобы распределить мощность с гетеродина между ОК и КП, в устройстве используются два ответвителя BDCN-7-25+ и QCN-12A, внешний вид которых изображен на рисунке 10 (а, б).[5]



а) Внешний вид ответвителя BDCN-7-25+;

б) Внешний вид ответвителя QCN-12A

Рисунок 10

Основные характеристики ответвителя BDCN-7-25+

Максимальное напряжение питания, В 15;

количество выводов 6;

максимальная частота, МГц 1250;

ослабление, дБ 3;

минимальная частота, МГц 824;

максимальная рабочая температура, °С плюс 100;

минимальная рабочая температура, °С минус 55;

Основные характеристики ответвителя QCN-12A

Максимальное напряжение питание, В 15;
 количество выводов 6;
 максимальная частота, МГц..... 1200;
 ослабление, дБ..... 3;
 минимальная частота, МГц..... 800;
 максимальная рабочая температура, °С плюс 100;
 минимальная рабочая температура, °С..... минус 55;

В ответвителях осуществляется суммарное ослабление уровня сигнала на 6 дБВт. С выхода тракта гетеродина на смеситель поступает сигнал с максимальной амплитудой минус 12дБВт.

В устройстве реализован процесс контроля гетеродина. Часть энергии гетеродина через ответвитель BDCN-7-25+ подается на детектор уровня гетеродина, используем для этого микросхему LTC5535 [5], внешний вид которого представлен на рисунке 11. С выхода детектора сигнал идет на вход обнаружителя для вывода уровня мощности гетеродина. Другая часть энергии гетеродина подается на разветвитель QCN-12А.

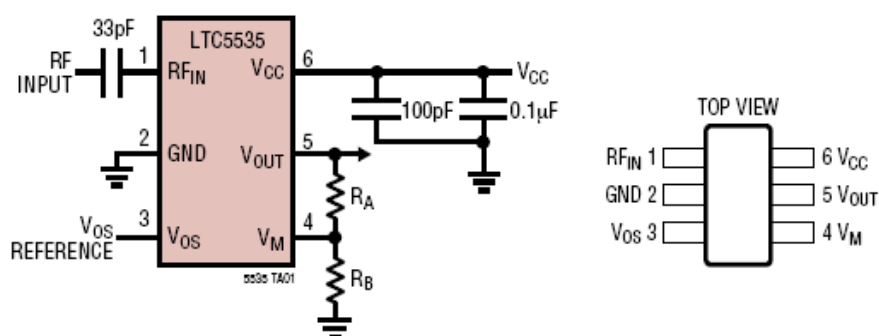


Рисунок 11 – Детектор LTC 5535

Основные характеристики детектора LTC 5535

Максимальное напряжение питание, В плюс 5,5;
 количество выводов 6;
 максимальная входная мощность, дБм..... минус 12;

минимальная входная мощность, дБм..... минус 32;
рабочая температура, °С..... от минус 40 до плюс 85;

3.4 Тракт УПЧ

Для компенсации ослабления после прохождения сигнала через фильтр ВРФ-В63, с выхода которого мы получаем сигнал с промежуточной частотой в 63 МГц, необходимо компенсировать ослабление сигнала с помощью усилителя ERA-50SM+[5], структурно и внешне выглядит как ERA-3SM.

Основные характеристики усилителя ERA-50SM+

количество выводов.....4;
максимальная частота, МГц.....2000;
усиление, дБ.....22;
минимальная частота, МГц.....1000;
максимальный рабочий ток, мА.....85;
максимальная рабочая температура, °Сплюс 85;
минимальная рабочая температура, °С..... минус 45;

Для того чтобы продолжать работу на промежуточной частоте в 63 МГц, необходимо использовать фильтр нижних частот LFCN80+ [5], который пропускает сигнал ниже частоты в 80 МГц, внешний вид фильтра представлен на рисунке 12. Для согласования сигнала между каналами используем аттенюатор LAT-0.



Рисунок 12 – Фильтр LFCN80+

Основные характеристики фильтра LFCN80+

количество выводов.....4;

максимальная частота, МГц.....80;
 ослабление, дБ.....0,5;
 минимальная частота, МГц.....50;

После фильтрации необходимо компенсировать ослабление сигнала, с помощью ERA-50SM, основные параметры и внешний вид которого был рассмотрены выше. Данный ряд элементов позволит получить максимально одинаковый динамический диапазон для ОК и КП. В результате с выхода УВЧУ на обнаружитель поступает сигнал с максимальной амплитудой плюс 21,5 дБВт и минимальной минус 48,5 дБВт. Для того чтобы преобразовать дБВт в мВт используем формулу (1)

$$\text{мВт} = 10^{\frac{\text{дБВт}}{10}}, \quad (1)$$

$$10^{2,15} = 141,3 \text{ мВт.}$$

Тогда на выходе получается сигнал с максимальной мощностью в 141,30 мВт, и минимальным 0,01413 мкВт. Используя формулу (2) найдем значение амплитуды сигнала в вольтах.

$$P = \frac{U^2}{R}, \quad (2)$$

где $R = 50 \text{ Ом}$ это комплексное сопротивление ВЧ.

$$U = \sqrt{P \cdot R} = \sqrt{0,1413 \cdot 50} = 2,7 \text{ в.}$$

Следовательно, на вход АЦП будет приходить сигнал, амплитуда которого будет составлять 2.7 В.

Здесь должен быть рисунок 13 устройство высокочастотного преобразования и усиления.

					ЮУрГУ-Д.11.05.01.2016.441.00 ПЗ	
						32

4 Обнаружитель

Электрическая схема обнаружителя представлена на плакате ЮУрГУ – 11.05.01.2016.894.00 ЭЗ на втором и третьем листах.

Рассмотрим принцип работы предыдущего варианта приемника. Основной канал с УВЧУ заводился на линию задержки. Каждый виток линии задержки задерживал сигнал на 0,05 мкс. После прохождения сигналом линии задержки он имел следующие временные характеристики, приведенные рисунке 14 и 15, для RBS (длительность импульса 0,4 мкс) и УВД (длительность импульса 0,8 мкс) соответственно.

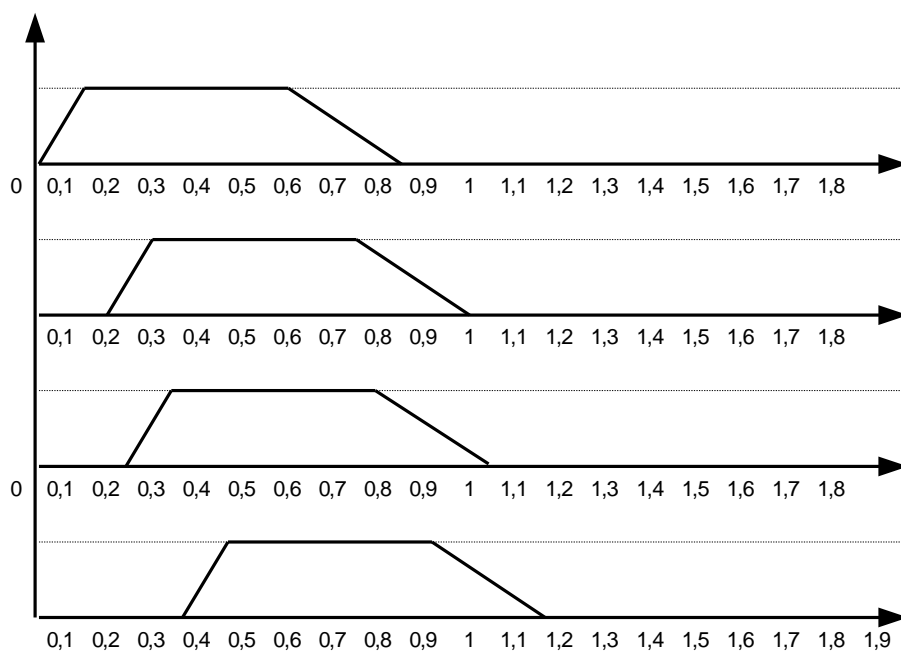


Рисунок 14 – Импульсы RBS

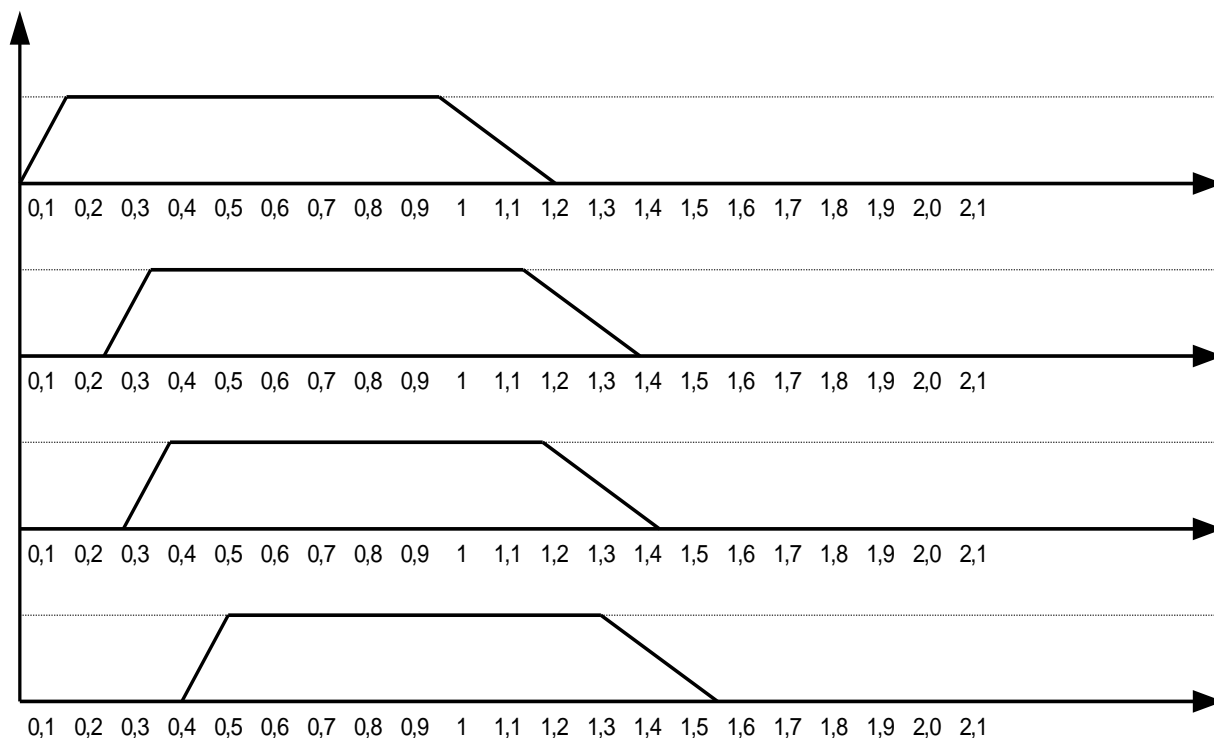
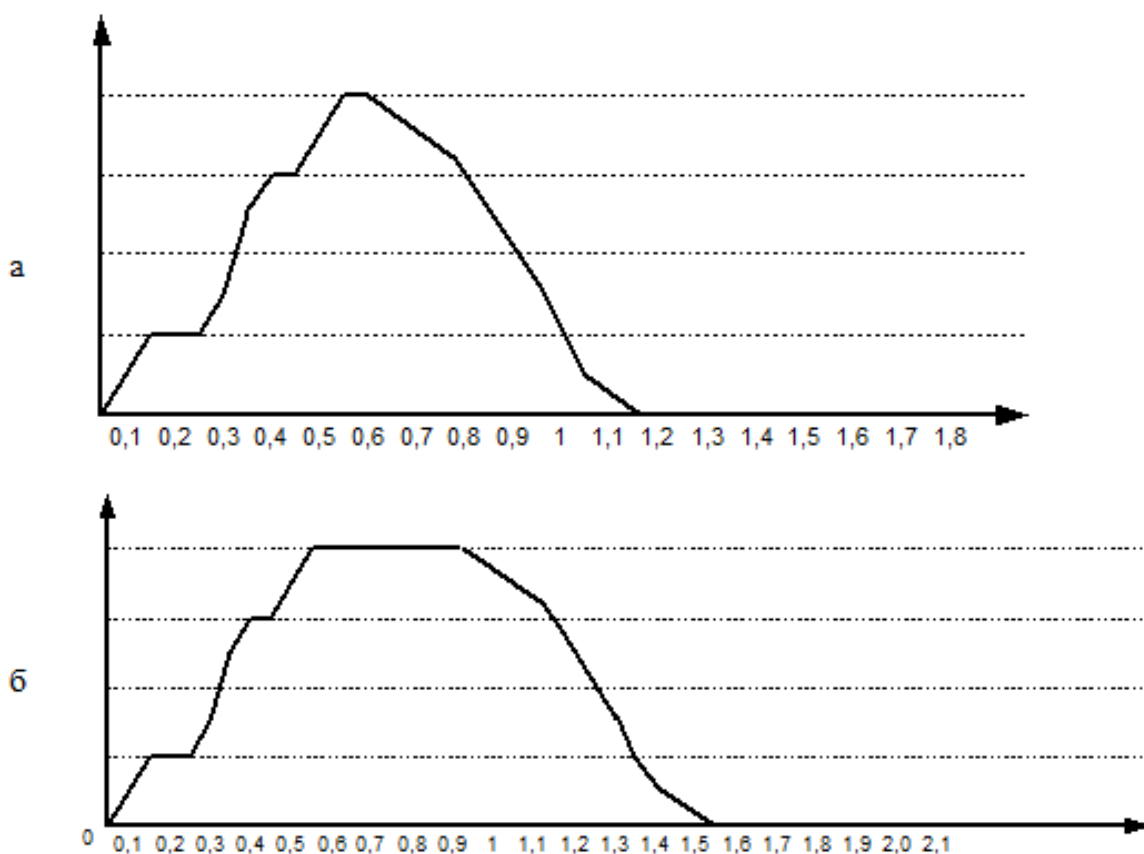


Рисунок 15 – Импульсы УВД

После прохождения линии задержки все задержанные импульсы и первый импульс поступали на усилитель, где производилось суммирование всех импульсов. В итоге получается растянутый и приподнятый импульс (рисунке 16 а и б).

С помощью резисторов на линии задержки задавался нулевой уровень, и производилась регулировка амплитуды импульса. С помощью компараторов, на который подавался отрегулированный и задержанный сигнал во времени основного канала, выделяется импульс по уровню 0,5 от максимума амплитуды. Полученный сигнал подавался на схему сравнения, в тоже время задавались окно разрешения.

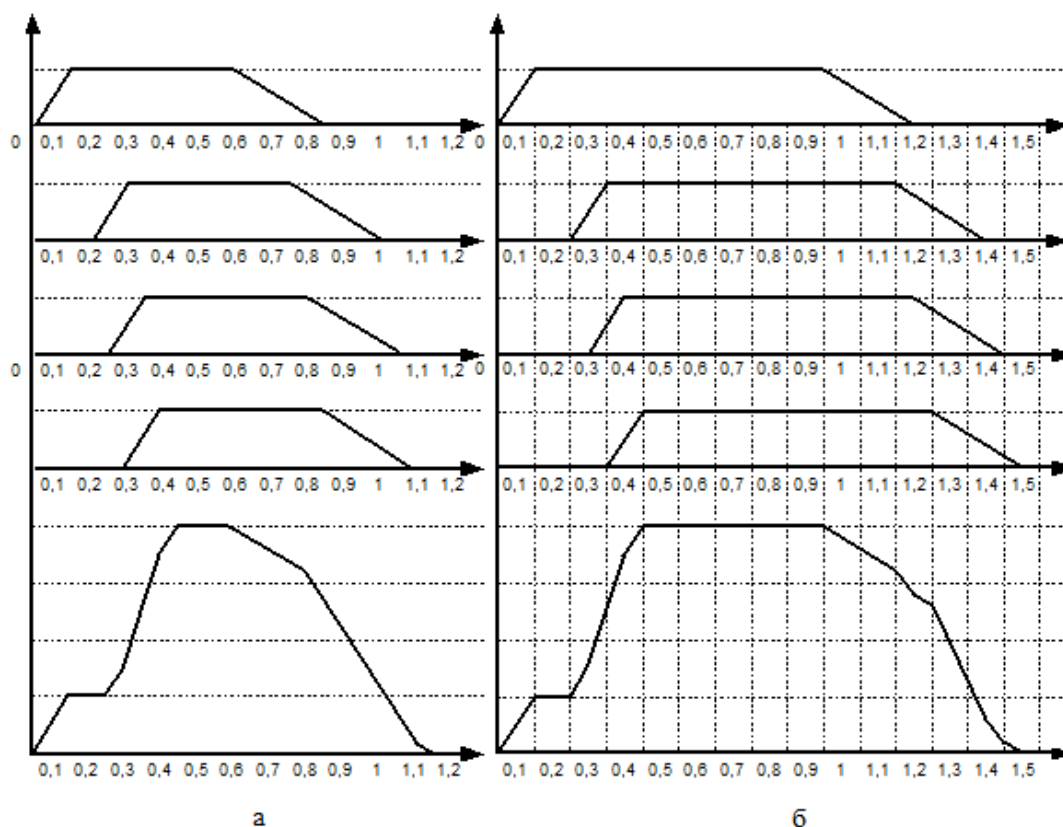


а) Суммарный сигнал RBS, б) Суммарный сигнал УВД

Рисунок 16

Окно разрешения задается другим компаратором на который приходят основной сигнал с линии задержки (рисунок 17 а,б) и сигнал с детектора шума. Сигнал основного канала на доли микросекунд короче, чем основной сигнал, выходящий с линии задержки на усилитель, потому что выходящий импульс компаратора меньше чем импульс, выходящий с линии задержки. Тем самым обеспечивалось оптимальное временное окно.

Если основной канал преобладает над подавления, то на схему сравнения приходит широкий импульс. Это является признаком того, что окно разрешения открыто. В обратном случае окно будет закрыто, и с выхода платы сигналов поступать не будет.



а)RBS, б) УВД

Рисунок 17 – Задержка для временного окна

Другим разрешающим условием выхода сигнала с платы, является в не превышении уровня ВАРУ и наличия разрешения видео. Эти сигналы приходят с другой платы. В УВЧУ сигнал ВАРУ подавался на компаратор и сравнивался с сигналом основного канала. Если сигнал основного канала превышал уровень ВАРУ, то с компаратора выходит импульс логической единицы. Он подавался на схему сравнения вместе с сигналом запрета видео. Сигнал логической единицы означал, что в УВЧУ разрешено пропускать сигналы основного канала. Наличие хотя бы одного сигнала логического нуля на схеме сравнения означало, что окно пропускания закрыто, и сигнал не выходит с платы УВЧУ. Окно пропускания задается другой линией задержки, для окна подавления. Если окно подавления открыто, то сигнал с УВЧУ выходит. Пока на линию

задержки подается логический ноль, на ее выходе получается единица. Как только подается сигнал логической единицы, этот сигнал на выходе увеличивался на время задержки сигнала, а затем понижается до нуля. Время задержки рассчитывается так, чтобы выделенный сигнал с компаратора успевал закрыть задний фронт до того, как окно по подавлению и окно разрешению по ВАРУ закроется. Все взятые значения импульсов и динамического диапазона соответствуют ГОСТу вторичной радиолокации.[4]

Принцип работы разработанного приемника аналогичен предыдущему варианту, но его реализация задержки, определения порога принимаемого сигнала и его выделения по уровню 0,5, вместе с управлением ВАРУ задается программно в ПЛИС.

ВАРУ разработанного приемника вторичного канала УВД и RBS формируется и задается цифровым способом. ВАРУ вторичного канала генерирует управляющее напряжение для RBS и УВД. Управляющее напряжение задается отдельно. В данном приемнике используется два типа ВАРУ.

Первый тип - это основное ВАРУ, его запоминание в устройстве и дальнейшая регулировка по порогу чувствительности тракта приема в течении каждого зондирования по одному закону за полный оборот антенны. Данный закон изменения является основным законом.

Второй тип - это секторная ВАРУ, его запоминание в устройстве и дальнейшая регулировка порога чувствительности тракта приема УВД и RBS, в определенных секторах приема по азимуту и дальности дополнительно к основному закону ВАРУ. Секторная ВАРУ используется для исключения ложных отметок от целей в результате переотражений сигналов от местных предметов в отдельных секторах, на определенных дальностях. Установка законов ВАРУ производится с помощью компьютера на работающем приемнике. Сформированное ВАРУ транслируется в память устройства.

4.1 Аналого-цифровой преобразователь

Для преобразования аналогового сигнала с амплитудой 2,7 В, необходимо подобрать АЦП. При выборе АЦП нужно понимать его характеристики и соотносить их с параметрами входного сигнала. Одним из главных параметров это частота дискретизации. Теорема Котельникова гласит, что "любую функцию $F(t)$, состоящую из частот от 0 до f_l можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, следующих друг за другом через $1/(2f_l)$ секунд". Другими словами, частота дискретизации f_d должна быть не менее, чем в два раза больше максимальной частоты в спектре входного сигнала. По техническому заданию полоса частот входного сигнала равна 63 МГц. Следовательно, f_d должна составлять не менее 126 МГц. В нашем случае значение f_d будет равно 150 МГц. Это первое требование к АЦП. Вторым требованием является отношение сигнал/шум (SNR) АЦП. Известно что по SNR АЦП должно быть не меньше 70 дБ[2]

Динамический диапазон работы рассчитывается по формуле

$$SNR = 6,02N + 1,76, \quad (3)$$

где N - разрядность АЦП. [8]

Подставим в данное выражение найденное значение отношения сигнал/шум и найдем требуемую разрядность АЦП:

$$N = \frac{SNR - 1,76}{6,02} = 14,1 \text{ бит}. \quad (4)$$

Таким образом, цифро-аналоговый преобразователь должен оцифровывать сигнал с частотой дискретизации 150 МГц и иметь разрядность не менее 14 бит. Под эти требования подходит АЦП LTC2107 производства фирмы Linear Technology [5]. Структурная схема АЦП приведена на рисунке 18.

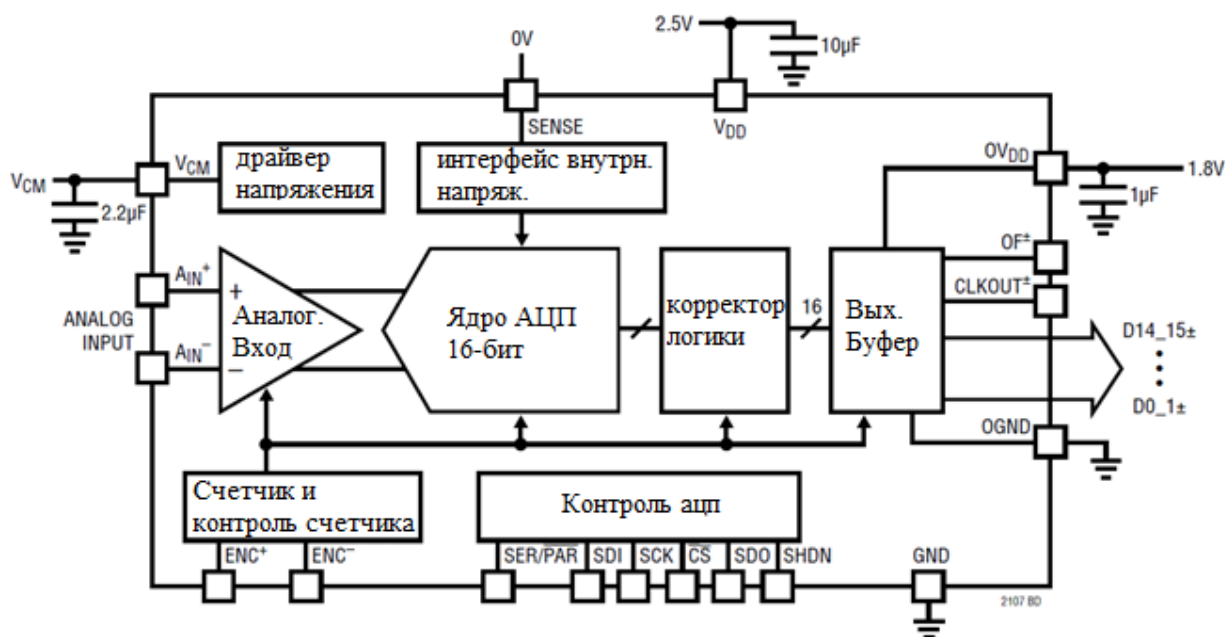


Рисунок 18 – Структурная схема LTC2107

LTC2107 это высокопроизводительный 16 разрядный АЦП. Данный тип АЦП благодаря сочетанию высокой частоты дискретизации, низким уровнем шумов и высокой линейной характеристикой позволяет в полной мере воспользоваться его функциями. Характеристики данного АЦП позволяют осуществлять прямую выборку ПЧ с частотой до 500 МГц с отличной производительностью.

LTC2107 относится к группе последовательно-параллельных, конвейерных АЦП. Аналоговые входы дифференциальные, для улучшенного подавления шума общего режима. Дифференциальными в АЦП являются также тактируемые входы для еще большего подавления шумов и обеспечения оптимальной производительности. Цифровые выходы могут выдавать преобразованный сигнал в виде CMOS или LVDS, для снижения цифрового шума во всей системе. Назначение выводов микросхемы LTC2107 представлены на рисунке 19.

Выходные сигналы двух параллельных преобразователей объединяются в один выходной код. Такие функции АЦП, как внутренне подмешивание

псевдослучайного числа, добавление случайного шума небольшой амплитуды, позволяет увеличить эффективную разрядность АЦП. Режимом работы можно управлять через последовательный SPI интерфейс. Удвоенная скорость передачи данных (DDR) низкого дифференциального напряжения (LVDS) на цифровых выходах помогают уменьшить количество цифровых линий и позволяют сэкономить на расположении всей конструкции.

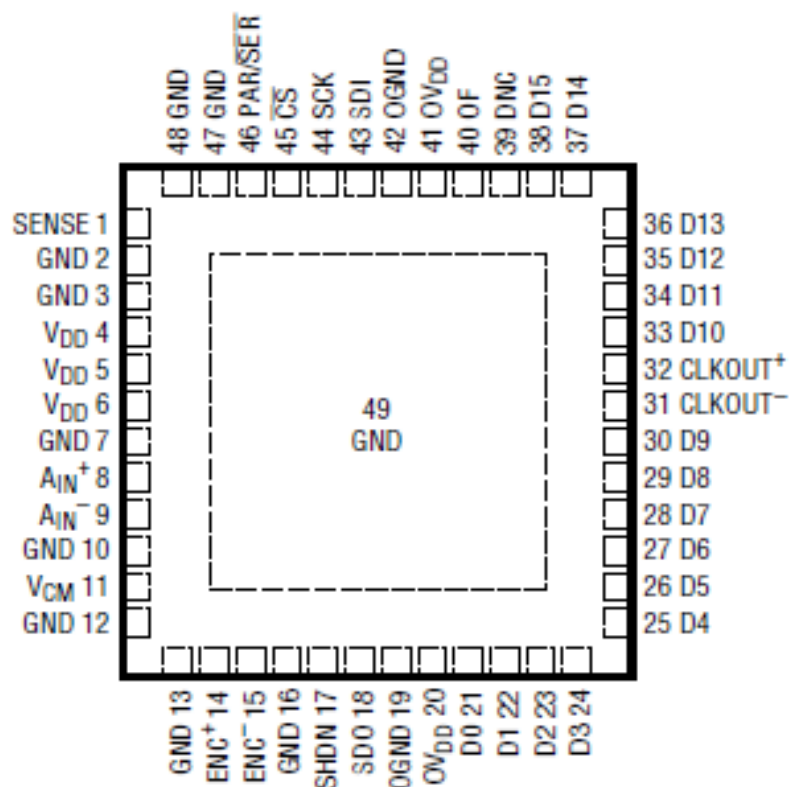


Рисунок 19 – Назначение выводов микросхемы LTC2107

Таблица 1 - Назначение выводов микросхемы LTC2107

№ вывода	Название	Назначение
1	SENCE	пин опорного напряжения
2,3	GND	аналоговая земля
4,5,6	VDD	вход аналогового питания
7	GND	аналоговая земля
8	A_{IN}^+	пин аналогового сигнала (+)
9	A_{IN}^-	пин аналогового сигнала (-)
10	GND	аналоговая земля
11	VCM	пин напряжения смещения
12,13	GND	аналоговая земля
14	ENC ⁺	пин входного тактируемого сигнала (плюс)
15	ENC ⁻	пин входного тактируемого сигнала(минус)
16	GND	аналоговая земля
17	SHDN	пин контроля питания
18	SDO	пин последовательного ввода данных интерфейса
19	OGND	цифровая земля
20	OVDD	цифровое питание
21-30	D0-D9	выходные биты
31	CLKOUT ⁻	выход тактового генератора (минус)
32	CLKOUT ⁺	выход тактового генератора (плюс)
33-37	D10-D15	выходные биты
38	DNC	не подключать
40	OF	пин переполнения
41	OVDD	цифровое питание
42	OGND	цифровая земля
43,44,45	SDI,SCK,CS	пин последовательного ввода данных интерфейса
46	PAR/SER	пин выбора режима программирования
47,48,49	GND	аналоговая земля

Основные параметры микросхемы LTC2107

диапазон напряжения питания, В..... от 2,3 до 3;
аналоговое входное напряжение, В от 0,3 до 3,2;
разрядность, бит 16;
дифференциальная нелинейность, МЗР 0,25;
интегральная нелинейность, МЗР ±0,5;
отношение сигнал/шум, дБ 78;
полоса пропускания, МГц..... 210;
погрешность квантования, МЗР 0,45;

4.2 Блок обработки информации

После оцифровки сигнала, выходные данные должны быть обработаны. При этом важными требованиями к блоку обработки являются скорость декодирования сигнала и постоянная готовность к приему сигнала. Микроконтроллер должен будет пропускать сигналы во время выполнения программы прерывания. Поэтому главным элементом этого блока является ПЛИС. Главное отличие заключается в том, что логика работы ПЛИС определяется не при изготовлении, а задаётся при проектировании.

Для проектирования используются программаторы и отладочные среды, которые позволяют задать необходимую структуру устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания, в данном проекте используется VHDL. В приемнике используется ПЛИС EP2C8Q208I8N фирмы Altera, которая относится к типу - программируемые пользователем вентильные матрицы [5]. Они могут быть модернизированы в любой момент в процессе их эксплуатации. ПЛИС содержат конфигурируемые логические блоки, подобны переключателям с множеством входов и одним выходом (логические вентили). В цифровых

схемах такие переключатели реализуют двоичные операции AND, NAND, OR, NOR и XOR. Внешний вид EP2C8Q208I8N представлен на рисунке 20

В современных микропроцессорах логические блоки зафиксированы и не могут модифицироваться. Главное отличие ППВМ заключается в том, что функции блоков, конфигурации соединений между ними могут изменяться при помощи специальных сигналов, отправляемых в схеме. В разных специализированных интегральных схемах (ASIC) эксплуатируются логические матрицы, аналогичные ППВМ структурно, но они конфигурируются один раз в процессе их изготовления, в то время как ППВМ могут постоянно модернизироваться и изменять топологию соединений в процессе их использования. Данная гибкость требует значительного увеличения количества транзисторов в микросхеме.



Рисунок 20– Внешний вид микросхемы EP2C8Q208I8N

Основные характеристики ПЛИС EP2C8Q208I8N.

СемействоCycloneII;
количество логических элементов.....8256;
количество блоков логических массивов516;
количество блоков встроенного ОЗУ36;
количество умножителей 18x18/9x918/36;

режим двухпортовой памяти блоков ОЗУ.....есть;
 количество цепей тактирования 8;
 общий объем памяти, бит.....165888;
 максимальная тактовая частота, МГц.....402 ;
 количество входов/выходов:208;
 рабочее напряжение питания, Вот 1,15 до 3,465;
 максимальная рабочая температура, °Сплюс 85;
 минимальная рабочая температура,°С минус 40 С;
 вид монтажаSMD;
 интерфейсы внешней памяти.....QDRII, DDR2, DDR, SDR;
 Программируемая нагрузочная способность выходов есть.

ПЛИС тактируется от внешнего тактового генератора ГК154, изображенного на рисунке 21.[7]



Рисунок 21 – Внешний вид генератора ГК154-П-М1.

Основные параметры микросхемы ГК154-П-М1.

частота тактирования, МГц.....150;
 нестабильность, МГц..... 10^{-6} ;
 максимальная рабочая температура, °Сплюс 85;
 минимальная рабочая температура,°С минус 40;
 напряжение питания, Вплюс 3,3;
 потребляемый ток, мА.....7...25;
 выходной сигналКМОП или ТТЛ;

уровень логического "0" вых. сигнала, В0,4;
уровень логической "1" вых. сигнала (ТТЛ), В.....2,4;
длительность фронта/спада импульса,нс4;
периодический джиттер,пс8;

Для ПЛИС типа FPGA необходима внешняя энергонезависимая FLASH память для хранения прошивки, с которой она запускается при включении питания. Для данной ПЛИС, самой фирмой производителем рекомендуется память EPCS4SI8N [5], изображенная на рисунке 22.

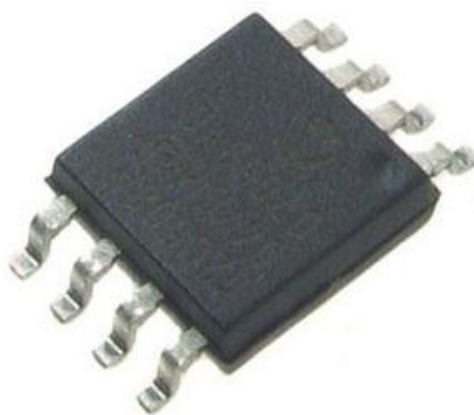


Рисунок 22 - Внешний вид памяти EPCS4SI8N.

Основные характеристики микросхемы EPCS4SI8N.

тип памяти флэш;
объем памяти, Мбит.....4;
тактовая частота, МГц 150;
диапазон напряжения питания, В..... от 3 до 3,6;
максимальная рабочая температура,°Сплюс 85;
минимальная рабочая температура,°С минус 40;
конфигурация памяти 512К x 8b;
поддерживаемые интерфейсыJTAG, Serial;

Микросхема имеет 8 выводов, изображенных на рисунке 23.

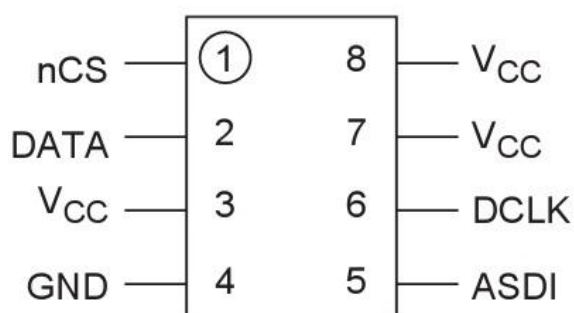


Рисунок 23– Назначение пинов ввода/вывода микросхемы EPICS4SI8N

DATA–пин вывода, передающий последовательно данные о конфигурации на ПЛИС при её запуске. При операции считываемый вывод nCS должен быть подключен к уровню логического нуля. Данные принимаются по спадающему фронту тактового сигнала.

ASDI–пин вывода, на вход которого последовательно поступает информация о конфигурации ПЛИС при прошивке. Данные принимаются по переднему фронту тактового сигнала.

nCS– пин, который активирует работу микросхемы. При подаче на него напряжения логической единицы, вывод DATA будет находиться в третьем состоянии, то есть неактивен. При подаче на вход логического нуля, память начинает работать в активном режиме.

DCLK – вход тактового сигнала, обеспечивающий работу внутреннего генератора ПЛИС. Он необходим для синхронизации информации, поступающей при прошивке на вход ASDI и информации, считываемой с вывода DATA при загрузке конфигурации ПЛИС.

VCC - питание плюс 3,3 В.

GND–земля.

Прошивка ФЛЭШ памяти производится при помощи интерфейса USB BLASTER [5], разъем соединен с ПЛИС через стандартный интерфейс JTAG, изображенный на рисунке 24.



Рисунок 24 – Программатор USB BLASTER

Для контроля опорного напряжения на плис используется устройство мониторинга LTC1326IMS8 [5], изображенное на рисунке 25.



Рисунок 25 – Устройство мониторинга LTC1326IMS8

Основные характеристики микросхемы LTC1326IMS8.

- максимальное напряжение питание, В7;
- минимальное напряжение питания, В4;
- количество выводов8;
- корпус цифровой ИСMSOP;
- время задержки, мс200;
- количество устройств мониторинга.....3;

В случае если опорное напряжение превысит допустимые значение, замыкается ключ, и идет сброс работы ПЛИС.

Для контроля по питанию ПЛИС используется устройство мониторинга MAX 8215 [5], внешне он похож на LTC1326IMS8.

Основные характеристики микросхемы MAX 8215.

- максимальное напряжение питания, В 12;
- минимальное напряжение питания, В 2,85;
- количество выводов 14;
- корпус цифровой ИС MSOIC;
- количество устройств мониторинга 5;

Если питание падает ниже требуемого значения, то на выходе устройство выводится логический "0", соответственно в ПЛИС при обработке, выдается сигнал аварии.

Информационные обработанные сигналы с ПЛИС идут на 8-битный буфер SN74LVC8T245PW [5], изображенный на рисунке 26.



Рисунок 26 – Буфер SN74LVC8T245PW

После буффер передает сигналы: obn, vkn, getn, shn, pn, на индикаторы HL1-HL5, которые сигнализируют :

- о обнаружении;
- о нормальной работе устройства высокочастотного усиления;
- о нормальной генерации сигнала гетеродина;
- о нормальной шумовой составляющей всего приемника;
- о нормальном питании всего устройства.

В случае нормального функционирования устройства все индикаторы должны гореть.

Основной информационный сигнал out_prm с буфера идет на LVDS драйвер DS90C031TM [5], изображенный на рисунке 27. Основные характеристики представлены ниже.

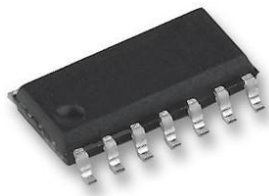


Рисунок 27 –Драйвер LVDS DS90C031TM

Основные характеристики микросхемы DS90C031TM.

тип устройства,линейный;
рабочая температура, °С..... минус 40...минус 85;
максимальное напряжение питания, В ...от 4,5 до 5,5;
количество выводов 16;
тип входного сигнала..... CMOS, TTL;
тип уровня выхода LVDS;
максимальный ток питания, мА21;
характеристика скорости сигнала, Мбит/с 155,5;
максимальный размах дрожания, пс21;

Устройство преобразует сигнал из уровня TTL в уровень LVDS, на выходе приемника сигнал будет представлен в дифференциальном виде, такой вид сигнала используется с целью уменьшения помех. В итоге на выходе мы будем иметь два сигнала out_prm (+) и out_prm (-).

5 Алгоритм работы обнаружителя

5.1 Программное обеспечение ПЛИС

Разработка ПО для ПЛИС будет выполняться в САПР Quartus II версии 11.1, который является основной средой проектирования и отладки проектов на СБИС ПЛ фирмы Altera. Данный программный пакет представляет собой полную, много платформенную среду проектирования, легко адаптируемую к требованиям конкретного проекта. Это комплексная среда для разработки систем на программируемом кристалле (SOPC). Пакет Quartus II включает в себя все утилиты, необходимые для работы с микросхемами FPGA. На рисунке 28 показаны основные этапы проектирования в среде Quartus II.



Рисунок 28 - Процесс проектирования в Quartus

Процесс проектирования состоит из следующих основных шагов.

Создание проекта – разрабатываемые схемы описываются с помощью языка описания устройств при помощи различных языков (в нашем случае VHDL).

Синтез – инструмент синтеза КАД синтезирует схему в список соединений, который определяет логические элементы (ЛЭ), необходимые для реализации схемы, а также соединения между этими ЛЭ;

Размещение и трассировка – инструмент компоновки КАД определяет размещение ЛЭ, описанных в списке соединений, в выбранном чипе FPGA, он также определяет цепи разводки и создаёт необходимые соединения между ЛЭ;

Моделирование - синтезированные цепи тестируются на функциональную корректность, при этом не учитываются временные характеристики схемы;

Временной анализ – служит для определения временной задержки распространения сигнала в различных путях, необходим для определения ожидаемых характеристик схемы;

Программирование и конфигурирование - финальный шаг проектирования, когда написанная и протестированная конфигурация прошивается во FLASH память и тем самым переносится на реальное устройство.

5.2 Структурная схема блока декодирования

В обнаружителе ПЛИС выполняет главную роль, так как помимо самого процесса декодирования на неё возлагается задача обнаружения входного сообщения. По этой причине программа будет состоять из нескольких модулей (блоков), каждый из которых выполняет определенную функцию. На рисунке 29 изображена блок-схема конфигурации ПЛИС, состоящая из пяти блоков.



Рисунок 29 - Блок схема программы ПЛИС

Как видно, на вход ПЛИС по 16-ти разрядной шине подаются отсчеты с АЦП. Разберем основные блоки определяющие работу ПЛИС.

5.2.1 Блок сравнения сигнала ОК и КП

Сигнал с АЦП по 16-ти разрядной шине поступает на блок сравнения каналов, где задаются условия, того, что сигнал с ОК (ADC_IN_O) больше чем сигнал с КП (ADC_IN_P). В случае выполнения условия сигнал с ОК идет в следующий блок, где определяется его уровень, если же условие не выполняется, то выходному сигналу ADC_OUT присваивается значение логического нуля.

5.2.2 Блок определения порога

Данный блок является одним из важнейших ПЛИС, в котором рассчитывается порог, определяемый динамически, а также некоторые

дополнительные параметры, такие как средний уровень мощности. На блок поступают выборки с АЦП с частотой 150 МГц. Он состоит из двух параллельных процессов, которые запускаются по переднему фронту тактового сигнала. В первом процессе каждую микросекунду определяется порог по уровню 0.5 (levels_out_ends), а за 12,8 мкс средний и максимальные уровни. Во втором происходит задержка выборок с АЦП на 1 мкс.

5.2.3 Блок составления массива

На данный модуль с блока определения порога поступают выборки АЦП задержанные на 1 мкс, а также само значение порога. Когда сигнал разрешения чтения меняет свое значение с логического "0" на логическую "1", начинается сравнение выборок АЦП с принятым порогом. При сравнении с порогом $ADC_IN \geq LEVELS_INs$ в старший 9-ый разряд и 10-ый разрядного массива OUT_RAM записывается предыдущее значение логического уровня, а в младшие 8 разрядов заносится число тактов, соответствующих интервалу времени, при котором логический уровень был неизменен. Далее сформированный массив передается в следующий блок.

5.2.4 Блок обнаружение сигнала

Затем данный массив(IN_RAM) поступает на блок обнаружение сигнала, в котором полученная информация сравнивается со следующими временными интервалами: $T_1=0,3$ мкс, $T_2=0,5$ мкс. Каждой длительности соответствует определенное количество нулей или единиц, которые формируются на выходе модуля и отправляются по одnorазрядной шине (сигнал LOGIC_LEVEL). Для импульса 0,5 мкс будет передана одна единица, а для паузы длительностью 3 мкс, будет передано шесть нулей. Если логический уровень сигнала IN_RAM равен логическому "0", то с выхода ПЛИС ничего выходить не будет, если же IN_RAM равен логической "1", то с выхода ПЛИС мы получим сигнал обработанный сигнал. Также на вход данного модуля с блока управления

обнаружителем поступает одnorазрядный сигнал MANUAL и шестнадцатиразрядный сигнал BORDER_MANUAL, в котором содержатся ручные значения интервалов T_1 и T_2 . MANUAL включает ручной режим (логическая "1") или отключает его (логический "0").

5.2.5 Блок управления обнаружителем

Последний блок в конфигурации ПЛИС, осуществляет управление за обнаружителем. В этом блоке с помощью сигнала restbor, происходит обнуление всех принятых значений, и при необходимости задается порог вручную с помощью LEVEL_MANUALbor.

6 Расчет питания

От источников питания в плюс 5 В, для получения питания +3 В, необходимого для АЦП, используется регулятор ADP3303ARZ-3 [5] основные характеристики которого изложены ниже. Внешний вид микросхемы представлен на рисунке 30.



Рисунок 30– Внешний вид микросхемы ADP3303ARZ-3

Основные характеристики микросхемы ADP3303ARZ-3.

- Максимальный ток нагрузки, мА.....300;
- Диапазон входных напряжений, В.....от 3,2 до 12;
- Выходное напряжение, В3;
- Рабочая температура, С^о от минус 20 до плюс 85;

На рисунке 31 изображена схема подключения стабилизатора.

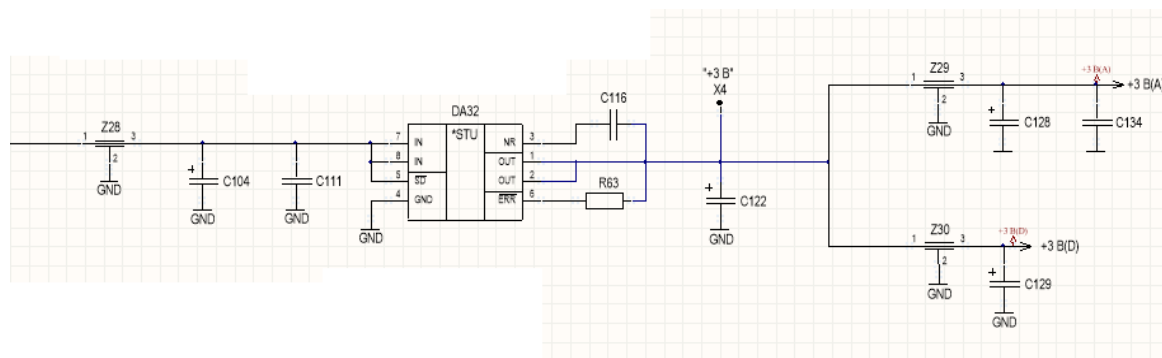


Рисунок 31 – Схема подключения микросхемы ADP3303ARZ-3

На входы IN через фильтр Z28 и конденсаторы $C_{104} = 4,7 \text{ мкФ}$ и $C_{111} = 4,7 \text{ мкФ}$ подаётся напряжение плюс 5 В. Вход SD неактивен и подсоединен ко входу IN. Вход NR используется для подавления шума и подсоединен к выходу OUT через конденсатор $C_{116} = 0,01 \text{ мкФ}$. Выход ERR сигнализирует о неполадках и по рекомендации производителя подключен к выходу OUT через резистор $R_{89} = 330 \text{ кОм}$. Напряжение с выхода OUT проходит через конденсатор $C_{122} = 4,7 \text{ мкФ}$ и фильтры Z29 и Z30.

От источников питания в плюс 5 В, для получения питания 1,2 В, необходимого для ПЛИС, применен понижающий преобразователь TPS62040DGQ [5].

Основные параметры TPS62040DGQ

Максимальный ток нагрузки, А 1,2;

Диапазон входного напряжения, В от 2,5 до 6;

Выходное напряжение, В 0,7...6;

Рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$ от минус 40 до плюс 150;

На рисунке 32 показана схема подключения TPS62040DGQ. Входное напряжение подается на входы VIN. Номинал конденсатора $C_{93} = 22 \text{ мкФ}$, и фильтр Z26 взяты, исходя из рекомендации фирмы-производителя. Вход активации микросхемы EN подсоединен к VIN.

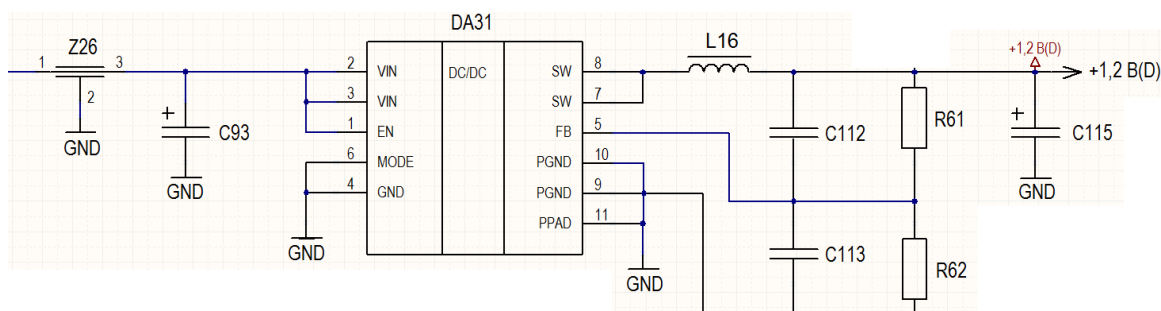


Рисунок 32 – Схема подключения микросхемы TPS62040DGQ

Основной особенностью данной микросхемы является возможность задания различного выходного напряжения, которое рассчитывается по формуле:

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \left(1 + \frac{R_{61}}{R_{62}}\right), \quad (5)$$

где $V_{REF} = 0,5 \text{ В}$, а сумма номиналов резисторов R_{61} , R_{62} не должна превышать 1 МОм.

Возьмем номиналы резисторов $R_{61} = 232 \text{ кОм}$, $R_{62} = 165 \text{ кОм}$ с погрешностью в 1%. [5] Тогда

$$V_{OUT} = 0,5 \cdot \left(1 + \frac{232}{165}\right) = 1,2 \text{ В}. \quad (6)$$

Параллельно резисторам производитель рекомендует поставить два конденсатора, которые рассчитываются по следующим формулам:

$$C_{112} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^4 \cdot R_{61}} = 68 \text{ пФ}. \quad (7)$$

$$C_{113} = \frac{R_{61}}{R_{62}} \cdot C_{112} = 100 \text{ пФ}. \quad (8)$$

От источников питания в плюс 5 В, для получения питания +3,3 В используется микросхема TPS62046 [5], параметры которой аналогичны TPS62040DGQ за исключением того, что её фиксированное выходное напряжение составляет плюс 3,3 В и пин обратной связи FB напрямую подсоединяется к выходу SW. В остальном схема подключения аналогична изображенной на рисунке 32. Энергопотребление элементов представлено в таблице 2.

Таблица 2 - Энергопотребление элементов

Номер	Обозначение элемента	Потребляемый ток,мА	Линия питания, В	Номер	Обозначение элемента	Потребляемый ток,мА	Линия питания
DA1,DA2	MGA633P8	36	5	DA27,DA28	ERA50SM	36	12
DA3,DA4	LAT-2		5	DD1	MAX9203	1	5
DA5,DA6	LAT-2		5	DD2,DD3	LTC2107		5
DA7,DA8	ERA-3SM	36	12	DD4	EPCS4SI8N	1	5
DA9,DA10	LAT-0		5	DD5	EP2C8Q208I8N	1	5
DA11	ADE25-MH		5	DD6	AM29F04CE-70JF		5
DA12	QCN-12A		5	DD7	SN74LVC8T245PW		5
DA13	ADE-25MH		5	DD8	MAX 8215		5
DA14	LAT-0		5	DD9	ОД109А	10	5
DA15	BDCN7-25		5	DD10	DS90C031TM	10	5
DA16	LAT-2		5	DD11	SN74ALVC164245DL	10	5
DA17	GALI-24+	36	12	HL1...HL5	Low current LED green	16	5
DA18	LTC5535		5				
DA19,DA20	LAT-0		5				
DA21,DA22	ERA-50SM	36	12				
DA23	LAT-1		5				
DA24,DA25	LAT-0		5				
DA26	LAT-1		5				

6.1 Расчет номиналов

Для защиты микросхем от пульсаций по питанию было принято решение установить конденсаторы. Учитывая стандартные номиналы конденсаторов для ТТЛ логики и рекомендуемые схемы подключения импортных микросхем, выбирая конденсаторы, ограничились одним керамическим конденсатором номиналом 0,1 мкФ для каждой микросхемы и одним электролитическим конденсатором номиналом 33 мкФ. По схеме включения микросхемы необходимо было выбирать тот или иной номинал элементов. Рассчитаем остальные номиналы.

На входе ОК и КП имеются ВЧ фильтры L1 и C1, L2 и C2 для уменьшения влияния наводок помех из внешней среды. Номиналы катушек и конденсаторов выбраны из расчета, что f_k много меньше $f_{раб}$, где рабочая частота равна 740 МГц и 1090 МГц. Достаточно поставить конденсатор большим номиналом, к примеру, на 1000 пФ и катушку на 33 нГн для получения $f_k = 1/2\pi\sqrt{L \cdot C} = 25$ МГц. Считается, что это достаточная частота.

Для обеспечения надежности работы питание подается через несколько проводов на разные части схемы. На каждой линии питания установлена П-образная LC-цепочка на 12 В и на плюс 5 В для питания генератора, и Г-образная LC-цепочка на плюс 5 В и минус 5 В. Такой прием позволяет избежать падения напряжения при постоянном токе, при этом также обеспечивает защиту от переменного тока и от пульсаций. Номинал LC рассчитывается из условия, что он должен быть много больше

$$L = \frac{T_{имп}^2}{4 \cdot \pi^2} = 62 \text{ нГн.} \quad (9)$$

$$T_{имп}^2 = \frac{1}{F_{ПЧ}} \cdot \quad (10)$$

Получаем, что $C_{144} \dots C_{148} = 15$ мкФ, $C_{139} \dots C_{143} = 0,15$ мкФ, $C_{50} = 0,1$ мкФ, $C_{52} = 0,47$ мкФ. Индуктивность чипов дроселей, установленных по питанию, равна 62 нГн.

Сопротивления резисторов на усилителе рассчитываем так, чтобы они обеспечивали заданный коэффициент усиления. Регулируемый резистор, который используем для регулировки микросхемы детектора DD1, необходимо брать номиналом 2 кОм [5]. При проведении тестирования никаких отклонений от намеченных показаний не было замечено.

Для обеспечения нужного значения тока на светодиодах все светодиоды подключаются через резисторы номиналом 300 Ом. При напряжении в 5 В на светодиод приходит ток в 16 мА.

7 Проработка печатной платы

Материал печатной платы стеклотекстолит FR4-1,5-35/35.

Размеры платы 222,5 мм (длина) на 233,35 мм (высота). Фильтры Z6 и Z7 имеют различия в применении в зависимости от варианта приемника УВД или RBS по этой причине, необходимо предусмотреть при разработке печатной платы возможность установки обоих вариантов фильтров. Генератор, имеющие позиционное обозначение G1 имеют один тип, а также габаритные и посадочные размеры. Они различаются обозначением и рабочей частотой, поэтому применяются в зависимости от варианта исполнения приемника, согласно перечня элементов. На лицевую панель платы должны быть выведены светодиоды HL1 – HL5, а также гнезда XS1, XS2, XS7, XS8 и разъемы XW1, XW2, XW9 согласно эскизу. Разъёмы XW1, XW2 и XW9 подключаются к печатному монтажу через кабель, со стороны обратной стороне установки радиоэлементов, при этом неэкранированный конец кабеля в точке подключения должен быть минимальным.

Высокочастотные каскады должны быть разделены экранирующими перегородками. Экраны выполнены из латуни с покрытием олово-висмут и припаяны к плате. Высота экранов 25-30 мм. Отверстия в местах пайки экранов металлизированы, диаметр 0,5 мм. Расстояние между отверстиями 2 мм. Экран накрывается сверху крышкой. В крышке должна применяться подпружиненная фольга. Печатный монтаж высокочастотных цепей каскадов, которые находятся в экране, должен производиться на стороне установки радиоэлементов, ширина проводников 1,76 мм, расстояние между проводником и экраном со стороны монтажа 0,40 мм. Это связано с тем, чтобы проводник обеспечивал сопротивление 50 Ом. Подсчёт был осуществлён в программе TXLINE 2003 на рисунке 33.

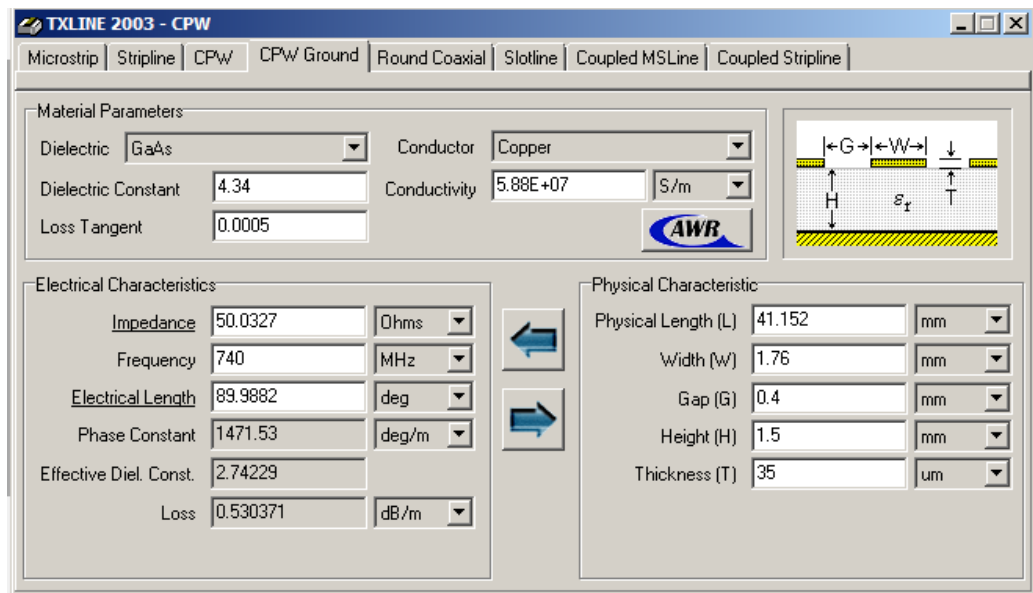


Рисунок 33 – Принтскрин программы, где рассчитана ширина проводников.

Проводники должны быть минимальны по длине и по возможности прямолинейны. Для высокочастотных каскадов, находящихся в экранах, со стороны обратной установке радиоэлементов должен быть сплошной проводящий медный слой, являющийся корпусом. Соединение корпусов первого слоя платы со вторым должно производиться металлизированными отверстиями диаметром 0,5 мм с шагом 5 мм. Вблизи радиоэлементов шаг должен составлять 2 мм. При этом расстояние между сквозными отверстиями в заземляющем проводнике и его краем 0,5 мм. Печатные проводники каскадов вне экранов могут располагаться с двух сторон. Ширина сигнальных проводников каскадов вне экрана не менее 0,4 мм. Проводники питания и корпуса каскадов вне экрана не менее 2 мм. Гнёзда X1...X9 должны быть выполнены, как площадки проводников размером 2 мм на 2 мм. Выходные контакты фильтров Z6, Z7, Z11, Z12, Z15 должны быть расположены как можно ближе к экранирующей перегородке. Близость определяется возможностью установки и припайки фильтров. Контакты вилок XP3, XP4, XP5 и XP6 нужно соединить между собой джамперами XS3, XS4, XS5 и XS6.

8. Организационно-экономический раздел

В организационно–экономическом разделе проведено планирование работ методом сетевого планирования, рассчитана себестоимость работ, стоимостная оценка результатов, экономический эффект разработки

8.1 Сетевое планирование

При создании объектов новой техники необходима координация деятельности.

С целью обеспечения максимальной эффективности разработок деятельность коллектива должна быть скоординирована в плане, предусматривающем окончание всего комплекса работ в заданные сроки.

Данный метод основан на принципе графического изображения определенного комплекса работ, отражающего их логическую последовательность, взаимосвязь и длительность. Модель процесса создания данного объекта изображается в виде ориентированного графа, называемого сетевым графиком.

В качестве исполнителей работ необходимо привлечь одного руководителя (рук.), двух инженеров (инж.) и одного лаборанта (лаб.). В таблице приведен перечень работ сетевого графика дипломной работы с указанием кода работы, исполнителей, а также продолжительностью в днях каждой работы. При этом предполагается, что минимальная оценка соответствует наиболее благоприятным, а максимальная - наиболее неблагоприятным условиям работы.

8.2 Расчет параметров работ сетевого графика

Ранний срок начала работы $T_{рнij}$ совпадает с ранним сроком свершения его начального события.

Поздний срок начала работы $T_{пнij}$ можно получить, если из позднего срока свершения её конечного события вычесть её ожидаемую продолжительность.

Ранний срок окончания работы $T_{роij}$ образуется прибавлением её продолжительности к раннему сроку свершения её начального события.

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

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.

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

Частный резерв времени второго рода $R^2_{пij}$ равен разности ранних сроков свершения её конечного и начального событий за вычетом её ожидаемой продолжительности. А свободный резерв времени работы $R_{сij}$ образуется вычитанием из раннего срока свершения её конечного события позднего срока свершения её начального события её ожидаемой продолжительности. В таблице 3 приведен перечень, параметры и вероятностные работ СГ

Таблица 3 – Перечень, параметры и вероятностные работ СГ

Код	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел.			СКО, дн	Дисперсия, дн ²
		Мин	Макс	Ожид	Рук	И н ж.	Ла б.		
0, 1	Получение и анализ ТЗ	1	4	3	1	2	1	0,6	0,36
1, 2	Подбор литературы	3	6	5	-	1	-	0,6	0,36
1, 5	Анализ существующих решений	2	4	3	-	1	1	0,4	0,16
2, 3	Анализ литературы	3	6	5	-	1	-	0,6	0,36
2, 4	Анализ литературы по БЖД	3	4	4	-	1	1	0,2	0,04
2, 5	Анализ технической документации	4	8	6	1	1	1	0,8	0,64
3, 5	Выбор среды разработки	1	2	2	1	1	-	0,2	0,04
4,5	Разработка мероприятий БЖД	4	6	5	1	1	-	0,4	0,16
5,6	Разработка общей логики работы устройства	4	6	5	1	1	-	0,4	0,16
5, 7	Детальное изучение работы АОРЛ	3	5	4	-	1	-	0,4	0,16
5, 8	Изучение климатических условий эксплуатации	3	5	4	1	1	1	0,4	0,16
6,8	Разработка структурной схемы	3	4	4	1	1	-	0,2	0,04
7,8	Подбор элементной базы	3	4	4	1	1	1	0,2	0,04
8,9	Распределение аппаратных и программных ресурсов устройства	2	3	3	1	1	-	0,2	0,04
8, 10	Разработка блок схемы общего алгоритма работы устройства	4	6	5	1	1	-	0,4	0,16
9,1 0	Разработка электрической принципиальной схемы	3	6	5	1	1	-	0,6	0,36
10, 11	Разработка ТУ	3	4	4	1	1	-	0,2	0,04
10, 12	Оформление графического материала	3	4	4	0	1	1	0,2	0,04
10, 13	Расчет показателей Эффективности	3	4	4	0	1	1	0,2	0,04
11, 13	Экспериментальная часть	3	6	5	1	1	0	0,6	0,36
12, 13	Расчет экономических показателей	3	5	4	0	1	1	0,4	0,16
13, 14	Оформление ПЗ	5	7	6	1	2	1	0,4	0,16
14, 15	Сдача заказчику	1	2	2	1	2	0	0,2	0,04

Для работ, лежащих на критическом пути коэффициент напряжённости $K_{нij}$ равен 1. Коэффициент напряжённости всегда меньше либо равен 1, его величина подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путём $t_{максij}$ к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путём, проходящим через эту работу $t_{криj}$.

В зависимости от коэффициента напряжённости все работы попадают в одну из трёх зон напряжённости:

- критическую, $k_{нij} > 0,8$;
- промежуточную, $0,5 \leq k_{нij} \leq 0,8$;
- резервную, $k_{нij} < 0,5$.

Результаты расчётов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Параметры работ графика

Код работы	Ожидаем. продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени			Свободный	Коэфф напряжённости
		Ранний	Поздний	Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода		
0,1	3	0	0	3	3	0	0	0	0	1
1,2	5	3	3	8	8	0	0	0	0	1
1,5	3	3	14	6	17	11	0	0	-11	0,3
2,3	5	8	10	13	15	2	0	0	-2	0,8
2,4	4	8	8	12	12	0	0	0	0	1
2,5	6	8	11	14	17	3	0	0	-3	0,8
3,5	2	13	15	15	17	2	0	0	-2	0,8
4,5	5	12	12	17	17	0	0	0	0	1
5,6	5	17	17	22	22	0	0	0	0	1
5,7	4	17	18	21	22	1	0	0	-1	0,9
5,8	4	17	22	21	26	5	0	0	-5	0,8
6,8	4	22	22	26	26	0	0	0	0	1
7,8	4	21	22	25	26	1	0	0	-1	0,9
8,9	3	26	26	29	29	0	0	0	0	1
8,10	5	26	29	31	34	3	0	0	-3	0,9
9,10	5	29	29	34	34	0	0	0	0	1
10,11	4	34	34	38	38	0	0	0	0	1

Продолжение таблицы 4.

Код работы	Ожидаем. продолжительность	Сроки начала		Сроки окончания		Резервы времени			Свободный	Коэфф напряженности
		Ранний	Поздний	Ранний	Поздний	Полный	Частный 1 рода	Частный 2 рода		
10,12	4	34	35	38	39	1	0	0	-1	0,9744
10,13	4	34	39	38	43	5	0	0	-5	0,8837
11,13	5	38	38	43	43	0	0	0	0	1
12,13	4	38	39	42	43	1	0	0	-1	0,9767
13,14	6	43	43	49	49	0	0	0	0	1
14,15	2	49	49	51	51	0	0	0	0	1

Количество событий $n_c = 16$. Количество работ $n_p = 23$.

Коэффициент сложности СГ, равный отношению количества работ к количеству событий в СГ: $K_c = 1.4374$. Критический путь $L_{кр} = 51$ дня.

Сетевой график изображен на рисунке 34.

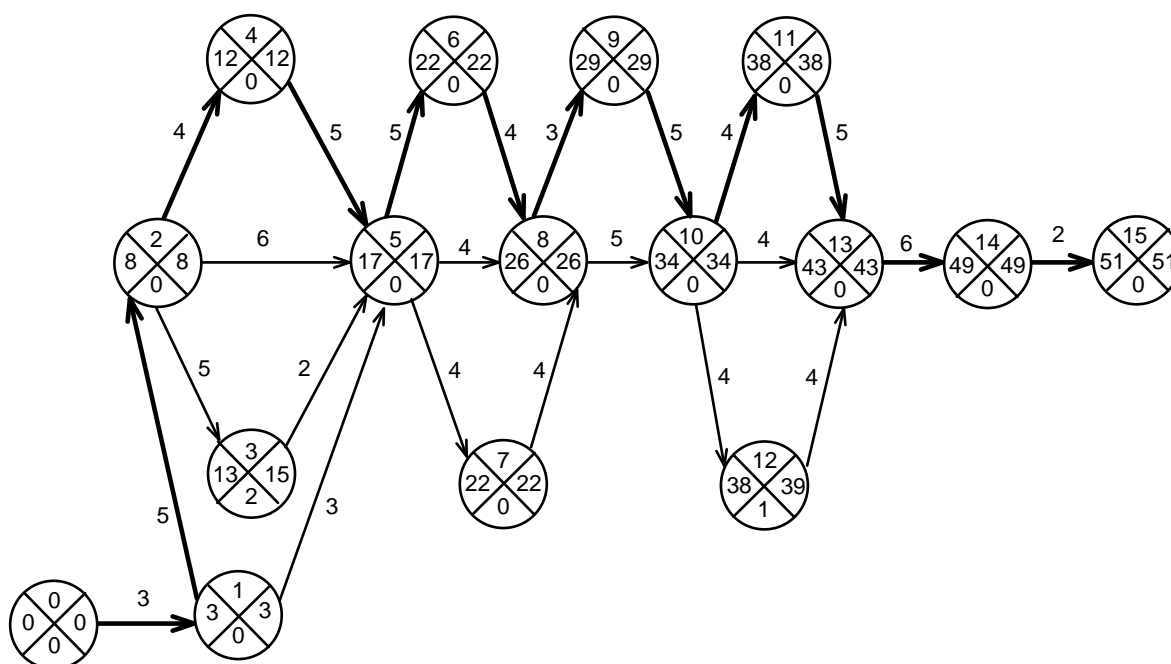


Рисунок 34– Сетевой график работ

Приведённая численность (инж.) рассчитывается так:

$$Ч = Ч_{рук} \cdot k_{рук} + Ч_{инж} \cdot Ч_{лаб} \cdot k_{лаб}. \quad (11)$$

Приведённая трудоёмкость (инж-дн.):

$$T = Ч \cdot t_{ijож} \quad (12)$$

Среднедневная зарплата инженера (руб./дн.):

$$C = \frac{З_{осн} + З_{доп}}{24} = 466,67 \quad (13)$$

Среднедневные прочие затраты (руб.):

$$C_z = \frac{\sum \text{всех статей затрат} - З_{осн} - З_{доп}}{24} = 941,87 \quad (14)$$

Стоимость одного инж-дня (руб./дн.):

$$C_{u/d} = \frac{\sum \text{всех статей затрат}}{24} = 1408,53 \quad (15)$$

Сметная стоимость работы (руб.):

$$C_{см} = C_{u/d} \cdot T. \quad (16)$$

Таблица 7 – Трудоёмкость и сметная стоимость работ СГ

Код работы	Ожидаемая продолжительность, дн	Категория персонала			Приведенная численность, инж	Приведенная трудоемкость, инж-дн	Сметная стоимость работы, руб
		Рук.	Инж.	Лаб.			
0,1	3	1	2	1	4,1	12,2	17283,0
1,2	5	0	1	0	1,0	5,0	7042,7
1,5	3	0	1	1	2,6	8,0	11282,0
2,3	5	0	1	0	1,0	5,0	7042,7,0
2,4	4	0	1	1	2,7	10,6	15043,0
2,5	6	1	1	1	3,1	18,5	26114,0
3,5	2	1	1	0	1,4	2,8	4000,2
4,5	5	1	1	0	1,4	7,1	10001,0
5,6	5	1	1	0	1,4	7,1	10001,0
5,7	4	0	1	0	1,0	4,0	5634,1
5,8	4	1	1	1	3,1	12,3	17409,0
6,8	4	1	1	0	1,4	5,6	8000,5
7,8	4	1	1	1	3,1	12,3	17409,0
8,9	3	1	1	0	1,4	4,2	6000,3
8,10	5	1	1	0	1,4	7,1	10001,0
9,10	5	1	1	0	1,4	7,1	10001,0
10,11	4	1	1	0	1,4	5,6	8000,5
10,12	4	0	1	1	2,6	10,6	15043,0
10,13	4	0	1	1	2,6	10,6	15043,0
11,13	5	1	1	0	1,4	7,1	10001,0
12,13	4	0	1	1	2,6	10,6	15043,0
13,14	6	1	2	1	4,0	24,5	34565,0
14,15	2	1	2	0	2,4	4,8	6817,3
Итого:							286777,7

8.3.2 Расчет затрат на разработку, внедрение и применение проекта.

Расчет суммарных затрат на проект и производство продукции производится по следующей формуле:

$$Z_{\text{сум}} = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{вн}} + Z_{\text{пп}}, \quad (17)$$

где $Z_{\text{пр}}$ — затраты на разработку технической документации проекта;

$Z_{\text{вн}}$ — затраты на внедрение проекта. Это деньги, которые придется потратить на приобретение материальных элементов необходимых для технической реализации проекта и заработная плата работников, занятых на монтаже, отладке и пуске разработанного объекта или устройства;

$Z_{\text{пп}}$ — затраты на производство готовой продукции.

Затраты на внедрение проекта

$$Z_{\text{вн}} = Z_{\text{зм}} + Z_{\text{зп}}, \quad (18)$$

где $Z_{\text{м}}$ — затраты на приобретение материальных элементов (деталей, узлов, комплектующих), которые будут необходимы для создания разработанного объекта или устройства;

$Z_{\text{зп}}$ — затраты на заработную плату работников, которые будут внедрять проект. Данные затраты принимаем как 40% от материальных затрат: $Z_{\text{зп}} = 0,4 \cdot Z_{\text{м}}$.

Стоимости деталей и материалов для изготовления разрабатываемого устройства представлены в таблице 8.

Таблица 8 – стоимость деталей и материалов

Наименование	Стоимость, руб.
Радиоэлементы (включая провода и кабели)	19563,0
Лист текстолита с двухсторонним медным покрытием	700,0
Припой ПОС-60	500,0
Корпус устройства (металл + пластик)	3000,0
Итого:	23763,0

Таким образом, затраты на внедрение

$$Z_{вн} = 23763 + (23763 \cdot 0,4) = 33268,2 \text{ руб.} \quad (19)$$

Затраты на производство готовой продукции (себестоимость) принимаются по данным предприятия:

$$Z_{пр} = 40000 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты:

$$Z_{сум} = 286777 + 33268,2 + 40000 = 360045,2 \text{ руб.} \quad (20)$$

8.3.3 Расчет экономического эффекта и срока окупаемости проекта

Целью дипломной работы на тему "Супергетеродинный приемник вторичного канала приема для обзорного диспетчерского радиолокатора" является разработка устройства, обеспечивающего непрерывное слежение за ЛА и максимальное защита от влияния наводок из внешней среды – Сотовые, телевизионные волны, и т.п.

Разработанное устройство позволяет сократить обслуживающий персонал с двух человек до одного и облегчит настройку параметров. А также ускорит работоспособность приёмника – это позволит наблюдать за ситуациями воздушного полёта в реальном времени, а не с задержкой, что увеличит надёжность воздушных взаимодействий, как в гражданской авиации, так и в военной.

Исходя, из вышесказанного, можем предположить, что данную разработку нужно внедрить в гражданскую и военную авиацию. Если изделие будет изготавливаться для оборонной промышленности, то подсчитать её экономическую эффективность не получится. Но если направить изделие, как в российскую гражданскую авиацию, так и за рубежную (а это возможно, ведь в нём используется как наш стандарт воздушных полётов, так и зарубежный), то его можно продавать. И в таком случае считаем экономический эффект.

Он рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = P - Z, \quad (21)$$

где \mathcal{E} – экономический эффект,

P – результат (доход),

Z – затраты.

Результат – это доход от продажи изделия, затраты – это средства, вложенные в разработку изделия и его производство. Себестоимость одного устройства равна 33268,2 рублей. Произведем расчет экономического эффекта за 1 год. Результат или доход равен произведению цены устройства на объем реализованных изделий. Цена изделия равна 40000 рублей. Ожидаемый спрос на приемник составит 10 штук в год, поэтому доход за год равен

$$P = Q \cdot C = 10 \cdot 40000 = 400000 \text{ рублей.}$$

Поэтому экономический эффект за год составит

$$\mathcal{E} = P - Z = 400000 - 360045,2 = 39954,8 \text{ рублей.}$$

Таким образом, разработка окупится менее чем за год и к концу года будет получена чистая прибыль 39954,8 рублей.

Срок окупаемости – это время через которое доходы станут равны затратам, т.е. когда экономический эффект станет равным нулю. Срок окупаемости вычисляется из пропорции:

$$\frac{12}{T_{OK}} = \frac{400000}{Z_{OKP} + Z_{BH}} \quad (22)$$

Из формулы (7.10) получаем срок окупаемости $T_{OK} = 11$ месяцев.

9 Безопасность жизнедеятельности и охрана труда

В дипломном проекте разрабатывается УВЧУ. Данная плата входит в состав радиопередающего тракта радиолокатора АОРЛ-1АС, поэтому в данном разделе необходимо рассмотреть вопросы, связанные с воздействием электромагнитного излучения радиолокатора на организм человека, с охраной труда при эксплуатации.

9.1 Анализ воздействия электромагнитного поля на организм человека.

Так как данная плата входит в состав передающего тракта, который излучает колебания с частотой 1030 МГц диапазона СВЧ, то в данной главе рассмотрим влияние СВЧ колебаний на организм человека.

В основе биологического действия ЭМИ на живой организм лежит поглощение энергии тканями. При воздействии излучения СВЧ диапазона в биологических тканях проявляются эффекты, которые можно разделить на тепловые и нетепловые, происходящие при малых уровнях мощности излучения. Поглощение электромагнитной энергии биологической тканью при постоянной частоте определяется средними значениями диэлектрической проницаемости, электропроводности и магнитной проницаемости тканей. Наиболее подвержены влиянию ЭМИ кровеносная, сердечно-сосудистая, иммунная, эндокринная и половая системы.

Степень поглощения энергии тканями зависит от веществ находящихся в этих тканях (кровь в кровеносной системе, спинно-мозговая жидкость, воздух в легких и т.д.).

Диэлектрическая проницаемость, электропроводность и магнитная проницаемость для всех тканей различны, что определяет глубину проникновения электромагнитной энергии в биологическую ткань и биологический эффект облучения ЭМИ. Если механизм терморегуляции организма способен путем рассеивания избыточного тепла предупреждать

реактивности и компенсаторно-приспособительных возможностей организма, раннее нарушение обмена липидов и прогрессирующее накопление дисульфидных групп, нарушение репродуктивной функции, развитие возрастной патологии в ранние годы. Можно констатировать общность клинической симптоматики последствий электромагнитного облучения и старения организма.

Экспериментальные исследования, свидетельствуют о возможных онкологических эффектах при воздействии ЭМИ СВЧ-диапазона.

Источником излучения СВЧ диапазона в РЛС является антенно-фидерное устройство, которое располагается на контейнере аппаратной машины РЛС. В результате чего дежурный инженер, рабочее место которого находится в аппаратной РЛС, находится в непосредственной близости от источника излучения. Но так как излучение антенны является узконаправленным, а контейнер аппаратной машины, выполненный из стали, заземляется, в результате чего обладает экранирующим свойством, действие излучения на обслуживающий персонал либо исключается вообще, либо имеет допустимые уровни в соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 "Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов".

В соответствии с СанПиН оценка воздействия электромагнитного поля на человека в диапазоне частот 300 МГц - 300 ГГц осуществляется по средним значениям плотности потока энергии. Предельно допустимый уровень плотности потока энергии равен 200 мкВт/см^2 .

В соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1190-03 для данного диапазона частот предельно допустимый уровень, для более 8 часовой смены, плотности потока энергии составляет 25 мкВт/см^2 .

В соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 для данного диапазона частот максимальный предельно допустимый уровень плотности потока

энергии равен 1000 мкВт/ см². Контроль электромагнитного излучения на рабочих местах необходимо проводить также в соответствии с СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03.

9.2 Анализ условий эксплуатации проектируемой системы

Проектируемая система является стационарным устройством, которое размещается в шкафу АВК (аппаратной вторичного канала).

Для аппаратуры, размещаемой внутри шкафа

- температура окружающего воздуха от минус 10 С до плюс 50 С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 98% при температуре не выше плюс 25° С;

По НПБ105-03 "Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности" помещение аппаратной относится к категории Д .

Для исключения возможности возникновения пожара необходимо выполнять следующие правила:

- следить за исправностью оборудования, надежностью контактов;
- систематически производить чистку вентиляционных каналов от пыли и проверку системы вентиляции;
- при пользовании системой терморегулирования строго соблюдать требования инструкции по эксплуатации;
- иметь вблизи от изделий полный комплект исправных средств пожаротушения (огнетушители углекислотные, лопата, лом и так далее);
- не хранить в контейнере горючие и легковоспламеняющиеся вещества и посторонние предметы.

Для обеспечения защиты от поражения электрическим током, при прикосновении к металлическим нетоковедущим частям, которые могут

оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, применяется зануление, которое обеспечивает быстрое автоматическое отключение поврежденной установки от сети или снижения напряжения на нетоковедущих частях, оказавшихся под напряжением.

9.3 Соответствие проектируемого устройства требованиям безопасности

Проектируемая система как электротехническое устройство соответствует требованиям ГОСТ 12.2.007.0 - 75 ССБТ "Изделия электротехнические. Общие требования безопасности".

В электротехническом изделии используется безопасное сверхнизкое напряжение в электрических цепях (27В);

По способу защиты человека от поражения электрическим током система относится к I классу, так как оснащена рабочей изоляцией и элементами для присоединения нулевого защитного проводника.

Разрабатываемая плата устройства контроля функционирует без участия человека, не имеет органов управления и представляет собой узел, входящий в конструкцию другого изделия (включается в шкаф АВК). Электрическая схема изделия исключает возможность его самопроизвольного включения и отключения. Конструкция изделия исключает возможность неправильного присоединения его сочленяемых токоведущих частей, у потребителя используется соответствующий разъем, что обеспечивает удобство и безопасность при выполнении механосборочных работ и проведения обслуживания за счет маркировки разъёмов. Также в системе существуют зануление металлических нетоковедущих частей изделия, защитный кожух для предотвращения возможности случайного прикосновения к токоведущим частям, а также предупредительные надписи, в местах возможных прикосновений к токоведущим частям устройства.

На приборной панели предусмотрена световая сигнализация, реализованная с помощью мигающих и непрерывно горящих индикаторов:

Красный - аварийный сигнал, оповещающий о неполадках в работе устройства.

Зеленый – сигнал, оповещающий о нормальном функционировании системы.

Оранжевый – сигнал ухудшения работы системы.

Пожарная безопасность обеспечена мерами пожарной профилактики и устройствами пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.1.004 - 91. Пожарная безопасность.

Общие требования: система соответствует требованиям эргономики и эстетики, и обеспечивает удобство и безопасность работы во всех режимах, значит электротехническое устройство соответствует общим требованиям безопасности при эксплуатации электротехнических устройств.

9.4 Параметры микроклимата

В целях создания нормальных условий работы персонала микроклимат аппаратной должен соответствовать требованиям СанПиН 2.2.2.548–96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений". По интенсивности энергозатрат организма работы обслуживающего персонала по эксплуатации установки относятся к категории легких работ (категория 1б) с затратами энергии до 150 Ккал/ч .

В соответствии со СанПиН 2.2.4.548-96"Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений" параметры микроклимата должны соответствовать значениям, приведенным в таблице 9.

Таблица 9 – параметры микроклимата на рабочих местах в помещении

Период года	Категория работ	Темп. воздуха, °С не более	Относит. влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая –1а	22...24	40 ... 60	0,1
	легкая –1б	21...23	40 ...60	0,1
Теплый	легкая –1а	23...25	40 ... 60	0,1
	легкая –1б	22...24	40 – 60	0,2

Примечание: К категории 1а относятся работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч. К категории 1 б относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч.

Рабочее место должно соответствовать СанПиН 2.2.4.548–96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений".

В производственных помещениях, в которых работа связана с нервно-эмоциональным напряжением, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Оптимальные нормы микроклимата для производственных помещений представлены в таблице 8.

В помещениях должна проводиться ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание.

Содержание вредных химических веществ в производственных помещениях не должно превышать предельно допустимых концентраций

загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест в соответствии с действующими гигиеническими нормативами. В помещении предусмотрен кондиционер для вентиляции и поддержания постоянной температуры.

9.5 Освещение

Помещение аппаратной для работы с установкой принадлежит, согласно СНиП 23–05–95 "Естественное и искусственное освещение", по задачам зрительной работы к первой группе, т.е. помещение, в котором производится различение объектов зрительной работы при фиксированном направлении линии зрения работающих на поверхность. Выполняемый тип работ принадлежит к зрительным работам средней точности средней и высокой контрастностью объекта различения с фоном. Нормированные значения освещенности при естественном и совмещенном освещении приведены в таблице 10.

Искусственное освещение в помещении аппаратной должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Значения освещенности, прямой и отраженной блескости, показателя ослепленности и коэффициента пульсации осветительных установок должны соответствовать 4 разряду зрительных работ.

Таблица 10 – нормирование значений освещенности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Контраст объекта с фоном	Искусственное освещение				Естественное освещение	Совмещенное освещение			
			Освещенность, лк		Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации			КЕО, e_n , %			
			при системе комбинированного освещения	при системе общего освещения			P	K_p , %	при верхнем или комбинированном освещении		при боковом освещении
					при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении			при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	
Средней точности	Св.0,3 до 1,0	Средний Высокий	500,0	200,0	40,0	20,0	4,0	1,5	2,5	1,0	

Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Следует ограничивать отраженную блескость на рабочих поверхностях за счет правильного выбора типов светильников и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного освещения, при этом яркость потолка не должна превышать 200 кд/м².

Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях должен быть не более 40. Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90° с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях должна составлять не более 200 кд/м², защитный угол светильников должен быть не менее 40°. Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40°.

Коэффициент запаса для осветительных установок общего освещения должен приниматься равным 1.4. Пульсации не должен превышать 20 %.

В производственных помещениях используется общее искусственное освещение согласно СНиП 23–05–95. Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования регулятора тока следует проводить чистку светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном дипломном проекте, согласно техническому заданию был разработан супергетеродинный приемник вторичного канала приема для обзорного диспетчерского радиолокатора. Проработка приемник позволила значительно сократить элементную базу и расположить на одной плате. Разработка преимущественно осуществлена на базе современных, специализированных микросхем и фильтров, зарубежных и отечественных производителей.

Наряду с разработкой аппаратуры рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности. В организационно-экономическом разделе были рассчитаны основные экономические показатели. Продолжительность опытно-конструкторских работ составляет 51 день, на которые было израсходовано 81,0 тыс. руб. Экономический эффект от внедрения приемника за 1 год составил 39,8 тыс. руб. Срок окупаемости данного устройства составляет 11 месяцев.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стивенс М., Вторичный обзорный радиолокатор/ Стивенс М.– С.: "Артеч Хаус", 1988. – 685с.
2. Doc 9924 AN/474 ИКАО. Руководство по авиационному наблюдению. Международная организация гражданской авиации, 2012. - 320 с.
3. AN10-4 ИКАО. Системы наблюдения и предупреждения столкновений. Международная организация гражданской авиации, 2007. - 315 с.
4. Doc 9684 AN/951 ИКАО. Руководство по вторичным обзорным радиолокационным (ВОРЛ) системам. Международная организация гражданской авиации, 2004. - 256 с.
5. База данных радиоэлектронных компонентов. – <http://www.datasheetlib.com/>
6. Производство акустических компонентов. – <http://аес-pro.com/>
7. Радиоэлектронный генераторы фирмы БМГ ПЛЮС. – <http://www.bmgplus.ru/>
8. Расчет эффективной разрядности для критерий выбора АЦП. – <http://www.russianelectronics.ru/developer-r/review/2190/doc/56546/>
9. Расчет колебательного контура LC. – <http://tel-spb.ru/lc.html/>
- 10.ГОСТ Р 51845–2001. Системы вторичной радиолокации для УВД.
- 11.Методические указания по дипломному проектированию для студентов приборостроительного факультета / Под ред. А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1999 – 16 с.
- 12.СТО ЮУрГУ 04 – 2008: Курсовое и дипломное проектирование: Общие требования к содержанию и оформлению. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2008 – 56 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

листинг программы конфигурации ПЛИС.

```
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use IEEE.std_logic_arith.all;
entity DETECTOR is
Port ( CLKp : in std_logic; -- тактовый сигнал 150 МГц
ADC_CLKp : out std_logic; -- тактовый сигнал на ацп
ADC_IN_Op : in std_logic_vector(15 downto 0); -- вектор текущего отсчета АЦП
ADC_IN_Pp : in std_logic_vector(15 downto 0); -- вектор текущего отсчета АЦП
SWITCH_ADC_Op : out std_logic_vector(3 downto 0); -- вектор управления коммутатором
SWITCH_ADC_Pp : out std_logic_vector(3 downto 0); -- вектор управления коммутатором
DATAp : out std_logic

);
end DETECTOR;
architecture OBN of DETECTOR is
signal CLKs, DATAs, reset_bops, ADC_CLKs, manual_bops, LOGIC_LEVELs, EN_RW_screens :
std_logic;
signal SWITCH_ADC_Os : std_logic_vector(3 downto 0);
signal SWITCH_ADC_Ps : std_logic_vector(3 downto 0);
signal ADC_IN_Os : std_logic_vector(15 downto 0);
signal ADC_IN_Ps : std_logic_vector(15 downto 0);
signal ADC_INs : std_logic_vector(15 downto 0);
signal ADC_delay : std_logic_vector(15 downto 0);
signal LEVEL_POROGs: std_logic_vector(15 downto 0);
signal LEVEL_NOIZES: std_logic_vector(15 downto 0);
signal level_manuals : std_logic_vector(12 downto 0);
signal OUT_VECTORS : std_logic_vector(13 downto 0);
signal RAM_VECTORS : std_logic_vector(13 downto 0);
signal level_maxs : std_logic_vector(15 downto 0);

--#####СОЕДИНЕНИЕ БЛОКОВ#####
begin
CLKs <= CLKp;
SWITCH_ADC_Op <= SWITCH_ADC_Os;
SWITCH_ADC_Pp <= SWITCH_ADC_Ps;
ADC_CLKp <= ADC_CLKs;
ADC_IN_Os <= ADC_IN_Op;
ADC_IN_Ps <= ADC_IN_Pp;
DATAp <= DATAs;
block_sravneniya_kanalov: entity WORK. BSK (OBN) Port Map(CLK => CLKs, SWITCH_ADC_O
=> SWITCH_ADC_Os, SWITCH_ADC_P => SWITCH_ADC_Ps, ADC_IN_O => ADC_IN_Os,
ADC_IN_P => ADC_IN_Ps, ADC_OUT => ADC_INs, ADC_CLK => ADC_CLKs, reset =>
reset_bops);
```

```

block_opredeleniya_poroga: entity WORK. BOP (OBN) Port Map(CLK => CLKs, ADC_IN =>
ADC_INs, LEVEL_OUT(11 downto 0) => LEVEL_POROGs, reset => reset_bops, MANUAL =>
manual_bops, LEVEL_MANUAL => level_manuals, LEVEL_MAX => level_maxs, LEVEL_NOIZE
=> LEVEL_NOIZEs, ADC_DELAY => ADC_delay);
block_sostavleniya_massiva: entity WORK. BSM (OBN) Port Map(CLK => CLKs,
ADC_IN_DELAY => ADC_delay, LEVEL_IN => LEVEL_POROGs, OUT_RAM =>
RAM_VECTORs );
block_obnarujeniya_signala: entity WORK. BOS (OBN) Port Map(CLK => CLKs, IN_RAM =>
RAM_VECTORs, MANUAL => manual_bops, BORDER_MANUAL => level_manuals(11 downto
0), DATA => DATAs);
block_upravleniya_obnarujitelem: entity WORK. BUO (OBN) Port Map(CLK => CLKs, resetbop =>
reset_bops, MANUALbop => manual_bops, LEVEL_MANUALbop => level_manuals );
end OBN; block_upravleniya_obnarujitelem: entity WORK. BUO (OBN) Port Map(CLK =>
CLKs, resetbop => reset_bops, MANUALbop => manual_bops, LEVEL_MANUALbop =>
level_manuals );
end OBN;

```

-- ## блок сравнения каналов

```

library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity BSK is
Port ( CLK : in std_logic;
reset : in std_logic;
ADC_CLK : out std_logic;
SWITCH_ADC_O : out std_logic_vector(3 downto 0);
SWITCH_ADC_P : out std_logic_vector(3 downto 0);
ADC_IN_O : in std_logic_vector(15 downto 0);
ADC_IN_P : in std_logic_vector(15 downto 0);
ADC_OUT : out std_logic_vector(15 downto 0):= "0000000000000000"
);

end BSK;
architecture OBN of BSK is
signal level_9_dB : std_logic_vector(15 downto 0);

begin
Process(CLK, ADC_IN_O, ADC_IN_P)
begin
level_9_dB <="000010010010";
ADC_CLK <= CLK;
SWITCH_ADC_O <= "0111";
SWITCH_ADC_P <= "0111";
if CLK 'event and CLK = '1' then
if ADC_IN_O > ADC_IN_P + level_9_dB then
ADC_OUT <= ADC_IN_O;

```

```

else ADC_OUT <= "000000000000";
end if;
end if;
end Process;
end OBN;

-- ## блок определение порога

library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity BOP is
Port ( CLK : in std_logic; -- тактовый сигнал 150 МГц
reset : in std_logic; -- сигнал перезагрузки (обнуление всех значений)
MANUAL : in std_logic; -- сигнал ручного управления (порог задается пользователем)
ADC_IN : in std_logic_vector(11 downto 0); -- текущий отсчет получаемый от АЦП
LEVEL_MANUAL : in std_logic_vector(12 downto 0); -- порог задаваемый пользователем
LEVEL_OUT : out std_logic_vector(11 downto 0); -- средний уровень сигнала за 12,8 мкс
LEVEL_MAX : out std_logic_vector(11 downto 0); -- максимальный уровень сигнала за 12,8 мкс
LEVEL_NOIZE : out std_logic_vector(11 downto 0); -- уровень нуля (помехи)
ADC_DELAY : out std_logic_vector(11 downto 0) -- задержанный сигнал на 1 мкс
);
type move_array is array (39 downto 0) of std_logic_vector (11 downto 0);

end BOP;
architecture OBN of BOP is
signal ram: move_array; -- сдвиговой массив отсчетов, для формирования задержки
signal ADC_DELAYs : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- задержанный на 1 мкс сигнал
signal addr : std_logic_vector(8 downto 0) := "000000000"; -- индекс (указатель) элементов вектора (счетчик тактов)
signal count_clk : std_logic_vector(8 downto 0) := "000000000"; -- счетчик тактов
signal count : std_logic_vector(8 downto 0) := "000000000"; -- счетчик (для обновления ручного значения)
signal level_manuals : std_logic_vector(12 downto 0) := "0000000000000"; -- вектор хранящий порог заданный пользователем
signal summ_max : std_logic_vector(16 downto 0) := "00000000000000000"; -- сумма отсчетов от АЦП максимальных сигналов
signal max_sig : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- максимальный отсчет (уровень) за 1 мкс
signal max_sig_test : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000";
signal max_sig_test_old : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000";
signal min_sig : std_logic_vector(11 downto 0) := "11111111111"; -- минимальный отсчет (уровень) за 1 мкс
signal level_signal_out : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- измеренный уровень сигнала
signal level_noizes : std_logic_vector(11 downto 0) := "000011111010";--"100011111010"; -- "000011111010";--"100011111001";--min_sig(11 downto 0) + 200; 11111010 -- размах шумов Vp-p

```



```

signal level_multipath : std_logic_vector(11 downto 0) := "011111111111"; -- уровень помехи
(уровень нуля)
signal delta_u : std_logic_vector(11 downto 0) := "000011001000"; -- теоритическое значение 144
мВ, применяемое 200 мВ
signal count_us : std_logic_vector(3 downto 0) := "0000"; -- счетчик 1 мкс
signal count_2us : std_logic_vector(5 downto 0) := "000000"; -- счетчик 2 мкс
signal enable_opr_level : std_logic := '0'; -- флаг - старт измерения уровня сигнала
signal max_sig_2us : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- максимальный сигнал за
2 мкс
signal max_sig_2us_test : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- максимальный
сигнал за 2 мкс
signal enable_rd : std_logic := '0'; -- готовность вывода измеренного уровня
signal level_out_ends : std_logic_vector(11 downto 0) := 2048 + level_noizes; -- порог обнаружения
по уровню 0.5
signal test_up_porog : std_logic := '0';
signal test_up_mul : std_logic := '0';

begin
Process(CLK, ADC_IN, level_out_ends, min_sig)
begin
if CLK 'event and CLK = '1' then
addr <= addr + '1'; -- инкремент адреса
if ADC_IN > max_sig then
max_sig <= ADC_IN; -- поиск максимального значения за 1 мкс
end if;
if ADC_IN > max_sig_2us then
max_sig_2us <= ADC_IN; -- поиск максимального значения за 2 мкс
end if;
if ADC_IN < min_sig then
min_sig <= ADC_IN; -- поиск минимального значения за 1 мкс
end if;

if addr = "000100111" then -- если прошла 1 мкс
addr <= "000000000";

if max_sig_test_old(11 downto 0) - 300 < max_sig(11 downto 0) then -- (max_sig_test(11 downto 0) +
300 > max_sig(11 downto 0)) and
if max_sig(11 downto 0) > min_sig(11 downto 0) + level_noizes(11 downto 0) + delta_u(11 downto 0)
+ 5 then -- если мах превышает порог по шумам с учетом помехи
level_out_ends(11 downto 0) <= max_sig(11 downto 0) - delta_u(11 downto 0); -- получаем порог по
уровню 0.5 (-6дБ) (-144 мВ в даташите, вычитаем реально 200 мВ)
test_up_porog <= not test_up_porog;
max_sig <= "000000000000"; -- прошла 1 мкс и при этом уровень сингнала позволяет вычитать
из него 200 мВ
min_sig <= "111111111111";
end if;
end if;
test_up_mul <= not test_up_mul;
level_multipath(11 downto 0) <= min_sig(11 downto 0); -- уровень помехи
max_sig_test_old <= max_sig_test;

```

```

max_sig_test <= max_sig;

min_sig <= "111111111111"; -- обнуление max и мин
max_sig <= "000000000000";
end if;
LEVEL_OUT(11 downto 0) <= level_out_ends(11 downto 0); -- уровень порога обнаружения -6дБ
LEVEL_NOIZE(11 downto 0) <= level_multipath(11 downto 0);-- level_noizes(11 downto 0);
уровень помехи, или уровень нуля
LEVEL_MAX(11 downto 0) <= level_signal_out(11 downto 0); -- измеренный уровень сигнала за
64 мкс
end if;
end Process;
Process(CLK, ADC_DELAYS)
begin
if CLK 'event and CLK = '1' then -- сдвиговый регистр на 40 элементов (задержка сигнала на 1
мкс = 40 * 0,25нс)
ram(39 downto 1) <= ram(38 downto 0);
ram(0) <= ADC_IN;
ADC_DELAYS <= ram(39);
end if;
ADC_DELAY <= ADC_DELAYS;
end Process;
end OBN;

-- ## Блок составления массива

library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity BSM is
Port ( CLK : in std_logic; -- тактовый сигнал 150 МГц
ADC_IN_DELAY : in std_logic_vector(11 downto 0); -- отсчет от АЦП
LEVEL_IN : in std_logic_vector(11 downto 0); -- средний уровень сигнала (порог)
OUT_RAM : out std_logic_vector(9 downto 0)); -- вектор логического уровня и длительности
XYY...YY (X - лог. уровень, YY...YY - временная задержка)
end BSM;
architecture OBN of BSM is
signal count : std_logic_vector(9 downto 0) := "0000000000"; -- счетчик тактов
signal f : std_logic := '0'; -- логический уровень сигнала
signal LEVEL_INs : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000"; -- записанное значение
порога (среднего уровня)
begin
Process(CLK, f, count)
begin
if CLK 'event and CLK = '1' then
LEVEL_INs <= LEVEL_IN;
if ADC_IN_DELAY >= LEVEL_INs then -- сравнение с порогом
if f = '0' then
--ttl_out <= '1';

```

```

OUT_RAM(9) <= '0'; -- запись предыдущего значения логического уровня
OUT_RAM(8 downto 0) <= count(8 downto 0); -- запись числа тактов
count <= "0000000000"; -- обнуление счетчика
f <= '1';
else
count <= count + '1'; -- инкремент счетчика
end if;
else
if f = '1' then
OUT_RAM(9) <= '1'; -- запись предыдущего значения логического уровня
OUT_RAM(8 downto 0) <= count(8 downto 0); -- запись числа тактов
count <= "0000000000"; -- обнуление счетчика
f <= '0';
else
count <= count + '1'; -- инкремент счетчика
end if;
end if;
end if;
end Process;
end OBN;

-- ## Блок обнаружения сигнала
library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity BOS is
Port ( CLK : in std_logic; -- тактовый сигнал
MANUAL : in std_logic; -- ручная установка временных интервалов
IN_RAM : in std_logic_vector(9 downto 0); -- вектор состояния (несет информацию о начале импульса и его длительности) -- добавить еще один разряд для четности/ нечетности
BORDER_MANUAL : in std_logic_vector(11 downto 0);
DATA : out std_logic := '0' -- выходной сигнал
);
end BOS;
architecture OBN of BOS is
signal border_manuals : std_logic_vector(11 downto 0) := "000000000000";
signal count : std_logic_vector(5 downto 0) := "000000";
signal T1 : std_logic_vector(7 downto 0) := "00000000";
signal T2 : std_logic_vector(7 downto 0) := "00000000";
begin
Process(CLK, IN_RAM(9))
begin
if CLK 'event and CLK = '1' then
if T1 = 0 and T2 = 0 then
T1 <= "00001100"; --0,3 мкс
T2 <= "00010100";--0,5 мкс
end if;
if MANUAL = '1' then

```

```

border_manuals <= BORDER_MANUAL;
end if;
if border_manuals > 0 then
if border_manuals(11 downto 8) = "0000" then
T1 <= border_manuals(7 downto 0);
end if;
if border_manuals(11 downto 8) = "0001" then
T2 <= border_manuals(7 downto 0);
end if;
border_manuals <= "000000000000";
end if;
end if;
end Process;
Process (CLK, IN_RAM(9))
begin
if CLK 'event and CLK = '1' then
if IN_RAM(9) = '0' then -- Логический уровень низкий, ожидаемое состояние высокий -- or
IN_RAM(9) = '0' and f = '1'
end if;
if IN_RAM(9) = '1' then
if (IN_RAM(8 downto 0) <= T2 and IN_RAM(8 downto 0) >= T1) then -- 22/16
count <= count + '1';
if (count <= 16) then
DATA <= '1';
else
DATA <= '0';
count <= "010001";
end if;
end if;
end if;
end if;
end if;
end Process;
end OBN;

```

-- ## Блок управления обнаружителем

```

library IEEE;
use IEEE.std_logic_1164.all;
use IEEE.std_logic_unsigned.all;
use ieee.numeric_std.all;
entity BUO is
Port ( CLK : in std_logic; -- тактовый сигнал 150 МГц
resetbop : out std_logic; -- сигнал перезагрузки (обнуление всех значений)
MANUALbop : out std_logic; -- сигнал ручного управления (порог задается пользователем)
LEVEL_MANUALbop : out std_logic_vector(12 downto 0) -- ручной порог
);
end BUO;
architecture OBN of BUO is
begin

```

```
Process(CLK)
begin
resetbop <= '0';
MANUALbop <= '0';
LEVEL_MANUALbop <= "00000000000000";
end Process;
end OBN;
```