

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

ЭНЕРГЕТИКИ И ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

(институт)

Промышленная электроника

(кафедра)

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой «Промышлен-
ная электроника»

А.А. Шевцов

(подпись)

(И.О. Фамилия)

« » 2016 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение бакалаврской работы

Студент Никитин Александр Александрович

1. **Тема Система охранной сигнализации загородного дома**

2. **Срок сдачи студентом законченной выпускной квалификационной работы -**
30.05.2016г

3. **Исходные данные к выпускной квалификационной работе: Система радиока-**
нальная, беспроводная. $U_{вх} = 220 В, 50 Гц. U_{вых1} = +5В; U_{вых2} = -15 В;$

$U_{вых3} = +15 В; U_{вых4} = +9 В. I_{нагр.1} = I_{нагр2.} = I_{нагр3.} = I_{нагр4.}$

4. **Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих раз-**
работке вопросов, разделов) Введение. 1 Обзор радиоканальных систем безопасности..2
Радиопередатчик. 3 Расчёт передатчика. 4 Анализ рассчитанной принципиальной схемы
передатчика охранной сигнализации. 5 Радиоприёмник охранной сигнализации. Рас-
чёт. 6 Анализ рассчитанной принципиальной схемы приёмника 7Изготовление печатных
плат радиопередатчика и радиоприемника.8Расчет блока питанияЗаключение.Литература
Приложение

5. **Ориентировочный перечень графического и иллюстративного материала: Функ-**
циональная схема-1лист; радиопередатчик, радиоприёмник - принципиальные схемы-
2листа; печатные платы-2листа; расположение извещателей-1лист.

Дата выдачи задания « 20 » 12 2015г.

Руководитель выпускной квали-
фикационной работы

А.М.Слукин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Задание принял к исполнению

А.А. Никитин

(подпись)

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ

Разработана универсальная, сравнительно недорогая радиоканальная системы безопасности, предназначенной для охраны удалённых объектов (расстояние до нескольких километров), представляющих собой отдельные коттеджи, квартиры, офисы и т. п.

В задачу входит разработка радиопередающего и радиоприёмного устройств, входящих в состав охранных и пожарных извещателей, применяемых в беспроводной радиоканальной сигнализации.

Ключевые слова: охранная сигнализация, радиоканальная система, загородный дом, радиопередатчик, радиоприёмное устройство, печатная плата, сборочный чертёж.

Произведен расчет стандартных схем радиоприемника и радиопередатчика для системы радиоканальной сигнализации, разработаны и разведены платы приемника и передатчика, выполнен расчет блока питания.

Пояснительная записка содержит 73 страницы, таблиц – 13, илл. - 38, библиография - 25; приложение - 5 стр.; графическая часть - 6 листов формата А1.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР РАДИОКАНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ	6
1.1 Типовое решение серии Magellan	6
1.2 Digiplex.....	8
1.3 Радиоканальная система КОНТУР.....	10
2 Радиопередатчик	18
3 Расчет передатчика	20
3.1 Заданные параметры	20
3.2 Генератор последовательных импульсов (ГПИ)	22
3.3 Расчет генератора частоты.....	22
3.4 Расчёт усилителя мощности	22
4 АНАЛИЗ РАССЧИТАННОЙ принципиальной схемы передатчика ..	41
5 Радиоприёмник.....	44
5.1 Входной усилитель	44
5.2 Смеситель	47
5.3 Расчет опорного генератора.....	54
5.4 Расчет схемы питания.....	59
6 АНАЛИЗ РАССЧИТАННОЙ принципиальной схемы приемника охранной сигнализации	63
7 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ.....	64
8 БЛОК ПИТАНИЯ.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	71
ЛИТЕРАТУРА.....	72

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в радиоканальных системах безопасности получили развитие извещатели и датчики с индивидуальными радиопередатчиками, с питанием радиоустройств от независимых источников[1].

В выпускной квалификационной работе представлена универсальная, сравнительно недорогая радиоканальная система безопасности, предназначенная для охраны удалённых объектов (расстояние до нескольких километров), представляющих собой отдельные коттеджи, квартиры, офисы и т. п.

В основную задачу при выполнении работы входили: обзор известных радиоканальных систем, извещателей с индивидуальными радиопередатчиками, расчёты радиопередатчика и радиоприёмника, источника питания.

1 ОБЗОР РАДИОКАНАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

1.1 Типовое решение серии Magellan

Magellan (PARADOX, Канада) (рисунок 1.1) - это первая система, которая не только обеспечивает безопасность объекта, но и объединяет систему сигнализации с различными устройствами удобными и полезными для потребителя.

Элегантный дизайн пульта Magellan позволяет установить его в любом месте дома или офиса. При помощи пульта Magellan можно слушать до 15 радиостанций, записать голосовое сообщение, чтобы другой пользователь мог прослушать его с пульта или удаленного телефона, использовать пульт как будильник или телефон с громкой связью. С удаленного телефона, позвонив на пульт Magellan, можно прослушать оставленное сообщение, поставить или снять систему с охраны, прослушать, что происходит в помещении, включить телефон с громкой связью, активизировать различные электрические приборы. Используя протокол ХЮ, который поддерживает пульт Magellan, можно легко построить систему домашнее автоматике. Magellan - это намного больше, чем просто система сигнализации.

Система сигнализации Magellan состоит из беспроводных инфракрасных детектором движения и магнитных контактов, которые защищают возможные зоны проникновения. Эти детекторы, защищая охраняемые помещения, постоянно находятся на связи с центральным пультом. Если система стоит на охране, и охранный детектор обнаружил нарушение, будет активизирована встроенная сирена, и пульт позвонит на заранее запрограммированный номер, чтобы известить голосовым сообщением в каком именно месте произошло нарушение. Если пульт подключен и к посту централизованного наблюдения, сообщение в цифровом виде будет немедленно передано на ПЦН.

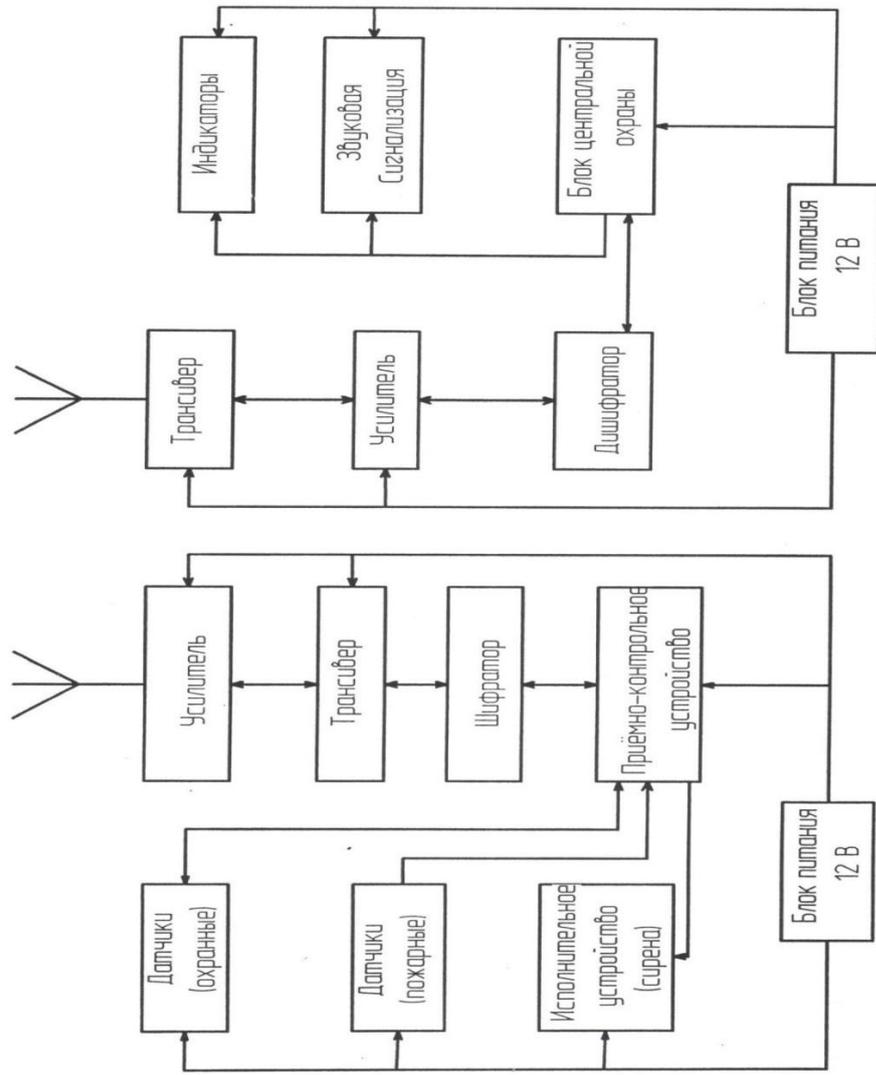


Рисунок 2.1 - Функциональная схема устройств

Широкий выбор беспроводных детекторов движения с невосприимчивостью к животным, магнитных контактов, брелков дистанционного управления и наличие беспроводного дымового пожарного извещателя обеспечат возможность создание эффективного варианта для дома или офиса.

1.2 Digiplex

Интегрированные Digiplex обеспечивают высочайшую степень защиты охраняемых объектов. Поэтому во многих странах мира системы Digiplex устанавливаются в банках, на военных объектах, в правительственных учреждениях и в других местах, где к безопасности и надежности систем предъявляются повышенные требования. Системы Digiplex строятся по модульному принципу. Связь центральной контрольной панели со всеми модулями происходит с использованием технологии GuardWall.

Обмен данными между ПКП и модулями происходит постоянно, независимо произошло что-либо в системе или нет. Тем самым обеспечивается мгновенное обнаружение попытки несанкционированного вмешательства в работу системы.

Расширение системы происходит добавлением в любом месте шины данных дополнительных модулей в любой комбинации. Все модули выполнены по принципу «plug-and-play», поэтому любой модуль, подключенный к шине, будет автоматически прописан в памяти ПКП. Все что необходимо - это закрепить входы модуля, к которым подключаются шлейфы сигнализации, за зонами системы. Выключатели (кнопки), используемые брелки дистанционного управления и свободные входы модулей расширения не занимают зоны системы. Все модули, подключенные к шине данных, включая и адресные охранные датчики, могут быть дистанционно запрограммированы. Digiplex - это решение задачи, когда нужна сигнализация, контроль доступа и автоматика в одной системе. Возможности данной системы (таблица 1.1):

Таблица 1.1 - Digiplex (PARADOX)

Возможности	DGP- 848 плате) 4	DGP-NE96
Зоны *	48 (8 на плате)	96 (8 на плате)
Коды пользователей	96	999
Событий в буфере	1024	2048
Уровни доступа	16	16
Модулей на шине	ДО 95	ДО 127
Виртуальные зоны **	8	32

1.3 Радиоканальная система КОНТУР

Это 3 зонные Контур-1А, 3-6 зонные Контур-4М, 4-8 зонные Контур-4, 4 зонные пожарные Контур-4А. К шине могут подключаться также радиоприемники Контур-4Р, что позволяет эффективно работать со встроенным радиопередатчиком в широком температурном диапазоне: $-30^{\circ}\text{C} \dots +50^{\circ}\text{C}$.

Контрольные панели серии КОНТУР осуществляют полный контроль целостности шлейфов сигнализации. Параметры и свойства зон, функции программируемых выходов задаются пользователем в процессе конфигурирования панели и могут быть многократно изменены. Включение и отключение охраны может осуществляться тумблером, кнопкой, ключом.

Ряд модификаций шинных устройств позволяет управлять состоянием выходного сигнала со стороны центрального пульта охраны. Это дает возможность управлять исполнительными устройствами: видеомониторами, сиренами, блокираторами дверей.

Беспроводные контрольные панели PowerMax. Передача информации от панелей PowerMax на центральный контроллер может передаваться по проводам и радиоканалу.

В системе могут использоваться два варианта центральных контроллеров: Контур-4П, работающий автономно, и Контур-4К, работающий совместно с персональным компьютером. Первый вариант больше подходит для охраны однородных объектов типа гаражей, складов, офисов. Во втором варианте оператору системы предоставляются удобные графические образы охраняемого объекта, что позволяет оперативно контролировать состояние сложных, территориально распределенных объектов.

1.3.1 Принципы передачи данных шиной и центральным контроллером.

Шина данных является двунаправленной,

как от центрального контроллера к шинному устройству, так и в обратном направлении. При включении питания системы передает на центральный контроллер специальное сообщение, в котором содержится его идентификационный номер (число от 1 до 255). Центральный контроллер регистрирует каждое такое сообщение и создает таблицу шинных устройств. В дальнейшем каждое шинное устройство периодически (каждые 90 секунд) посылает на центральный контроллер сигналы автотеста, которые свидетельствуют о его присутствии в системе и нормальной работе. В том случае, если сигнал автотеста от зарегистрированного шинного устройства не приходит, центральный контроллер формирует специальное сообщение о потере данного шинного устройства.

Сообщения от шинных устройств передаются на центральный контроллер. При безуспешности передачи, они выполняют следующую попытку только после завершения обмена информацией с устройством "победителем".

В ответ на каждое сообщение от шинного устройства центральный контроллер направляет подтверждение об успешном приеме сообщения, адресованное этому шинному устройству. До тех пор, пока шинное устройство не получит такого подтверждения, оно будет продолжать попытки связаться с центральным контроллером около 10 сообщений в секунду.

1.3.2 Основные варианты структур

1.3.2.1 На основе КОНТУР-4 обеспечивается подключение к шине данных до 255 устройств (контрольных панелей, радиоприемников, интерфейсных модулей). Отображение событий на охраняемых объектах осуществляется на 2-х строчном жидкокристаллическом дисплее. В энергонезависимой памяти контроллера запоминается до 500 последних событий с указанием адреса объекта, характера, времени и даты события. Осуществляется контроль удаленных контрольных панелей Контур-4Т, оснащенных радиопередатчиками. В зоне действия радиоприемников системы могут приниматься сигналы от радиокнопок тревоги.

При поступлении сигнала тревоги включается сирена, на индикаторе дисплея появляется информация об адресе объекта и характере тревоги с указанием номера зоны объектовой контрольной панели. Любое действие оператора с клавиатурой прекращает звучание сирены. При включении охраны кратковременно звучит сигнал зуммера, и соответствующая информация также выводится на дисплей, при этом активных действий от оператора не требуется.

Центральный контроллер осуществляет контроль за работоспособностью шинных устройств и периодичностью прихода сигналов автотеста от удаленных контрольных панелей, оснащенных радиопередатчиками - коммутаторами. При поступлении сигнала о неисправности или при обнаружении пропавшего устройства формируется сигнал тревоги и на дисплей выводится соответствующее сообщение.

Использование внешних направленных антенн позволяет охранять объекты, удаленные на расстояние до 2 км.

Подобная структура системы эффективна при охране торговых комплексов, гаражей, небольших офисных, производственных и административных зданий.

В небольших поселках и дачах применяется специальная модификация системы - КОНТУР-САД, особенностями которой являются: использование для передачи информации только радиоканала, фиксированные (непрограммируемые) функции шлейфов и упрощенное назначение параметров контрольных панелей Контур-1АТ и Контур-4Т. Центральный контроллер этой системы - Контур-4П не нуждается в конфигурировании от компьютера: его функции неизменны и назначены при изготовлении. Система проста в эксплуатации и не требует специальной квалификации при обслуживании. Общий вид системы на основе КОНТУР-4Р представлен на рисунке 1.2.

1.3.2.2 Система на основе КОНТУР-4К и персонального компьютера.

Общий вид системы на основе контроллера КОНТУР-4К и персонального компьютера представлен на рисунке 1.3

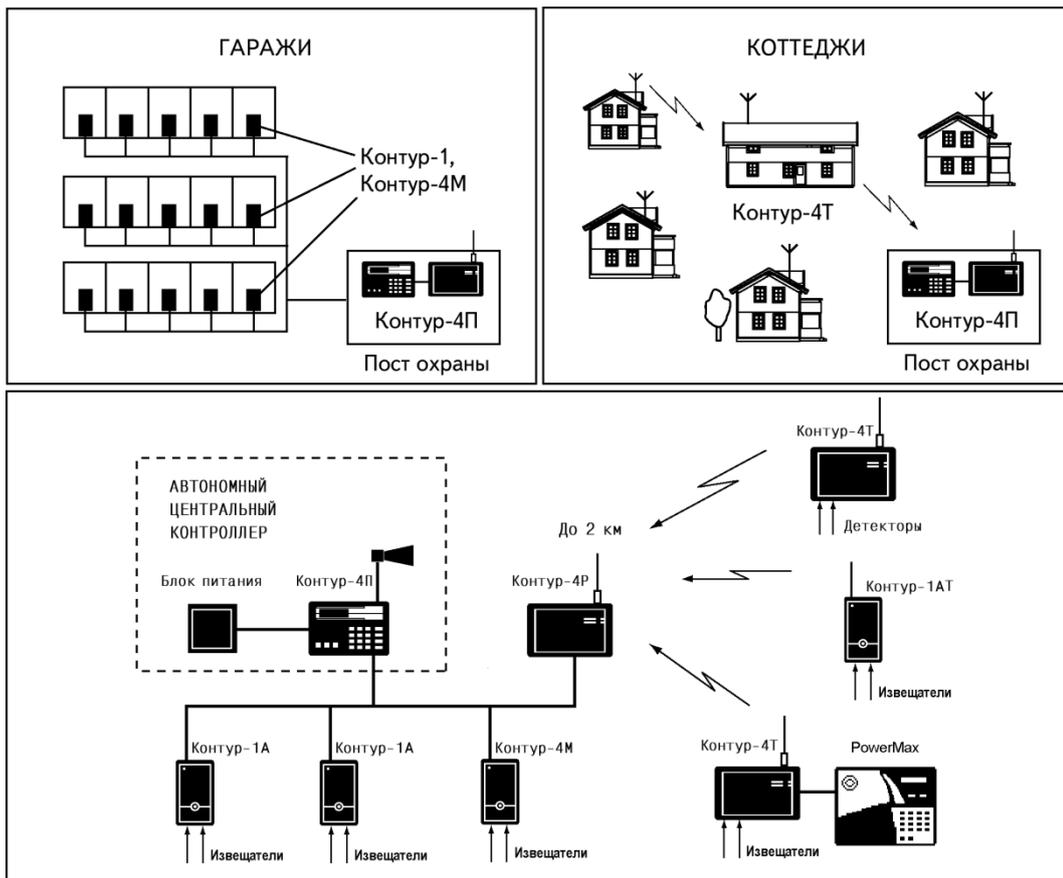


Рисунок 1.2. – Система на основе автономного контроллера КОНТУР 4П

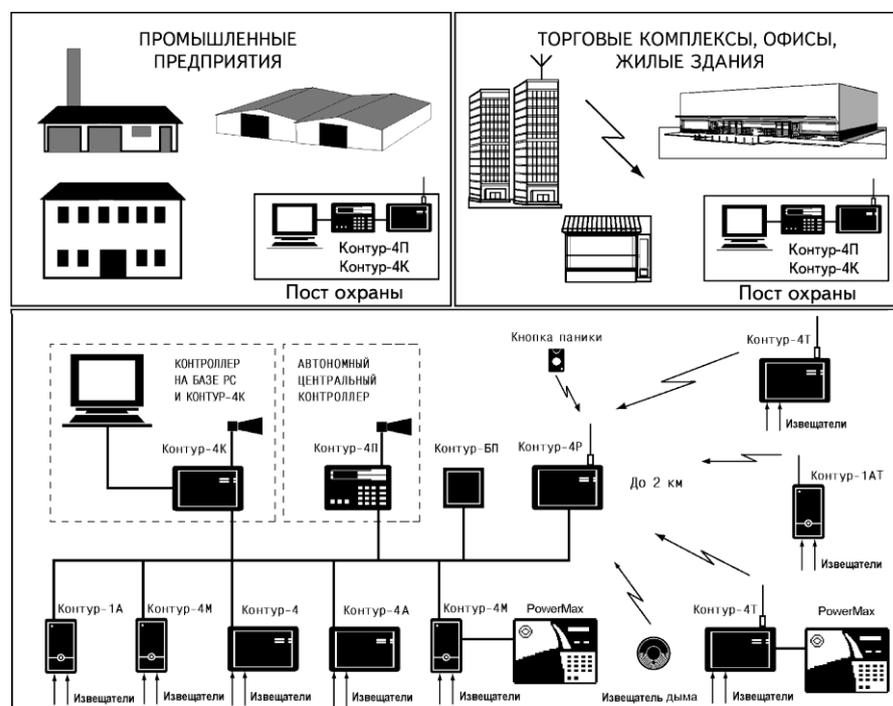


Рисунок 1.3 – Система на основе автономного контроллера КОНТУР-4К

Возможна параллельная работа центрального контроллера на базе РС и автономного Контур-4П, что повышает надежность работы системы и позволяет сохранить работоспособность системы при отключении компьютера или перебоих сетевого электропитания. В такой структуре ведущим является

Контур-4П, а подчиненным —4К с компьютером.

Система такой структуры применяется для охраны офисных и административных зданий, гостиниц, промышленных предприятий, коттеджных поселков.

1.3.3 Система PowerMax

Каждый из автономных извещателей снабжён передатчиком (рисунок 1.4). Для передачи сообщений может использоваться специальный модуль сопряжения LATSH-5PM [4].

1.3.4 Объект охраны

Объектом охраны является двухэтажный отдельно стоящий дачный дом, посещаемый хозяевами периодически (1-2 раза в неделю летом и 1 раз в месяц зимой). Дом подключен к линии электропередачи напряжением 220 В 50 Гц. План дома показан на рисунке 1.5. На плане приведено расположение соответствующих элементов системы охраны.



Радиогеркон
МСТ – 302



Беспроводная клавиатура
MCM-140



Радиобрелок
МСТ - 234

Радиоизвещатели широкого применения



Радиоизвещатели дыма
МСТ-501

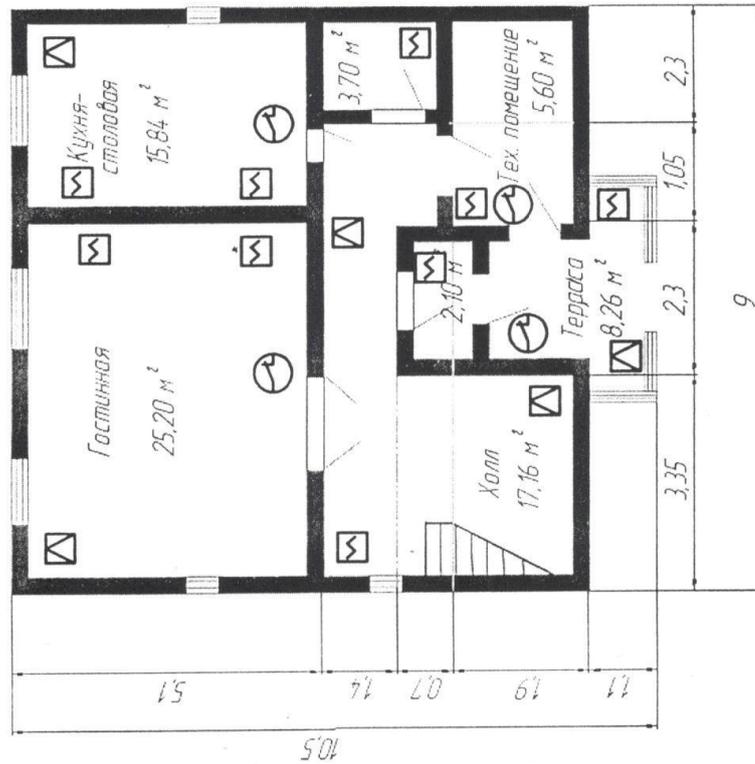
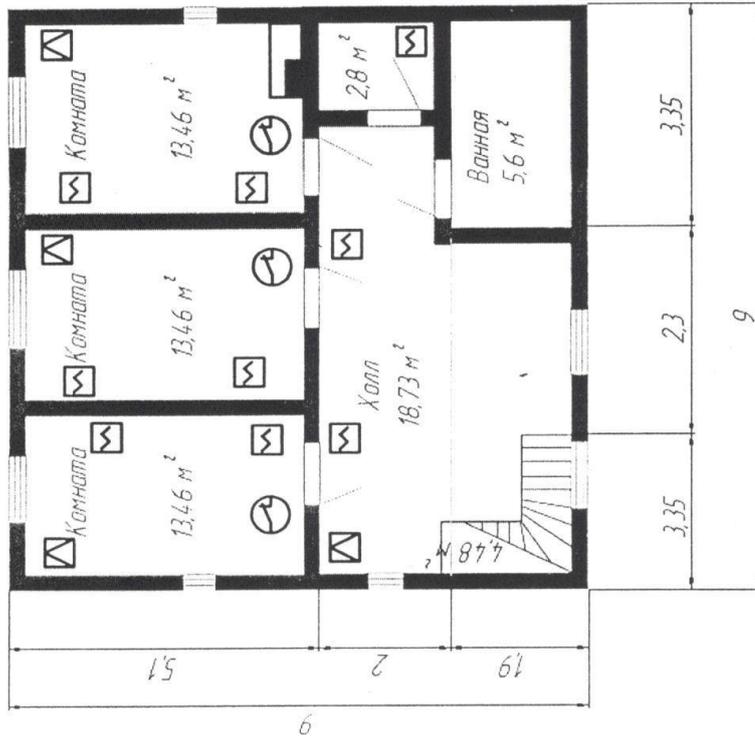


Радиоизвещатели движения
широкого применения,
и не реагирующие на животных
MSPIR-3000, K-940 MCW, K-980 MCW



Радиоизвещатель
разбития стекла
МСТ-423

Рисунок 1.4 Беспроводные элементы радиоканальной системы безопасности



-  — Радиозвещатель охранной объёмный
-  — Радиозвещатель охранной герконобый
-  — Радиозвещатель пожарный
-  — Прибор охранной приёмно-контрольный

Рисунок 1.5— План дома с размещёнными элементами системы охраны

2 Радиопередатчик

Принципиальная схема радиопередатчика[3](рисунок2.1)

состоит из:

- генератора частоты 1 кГц на элементах DD1.3, DD1.4;
- генератора инфранизкой частоты на DD1.1, DD1.2;
- эмиттерного повторителя на транзисторе VT1;
- кварцевого автогенератора на транзисторе VT2;
- усилителя мощности на транзисторе VT3;

при подключении охранного шлейфа к точке «А» схемы и общему проводу радиопередатчик не работает, и вся схема потребляет ток 25 мкА;

при обрыве шлейфа в точке «А» - потенциал логической «1», генератор на DD1.1, DD1.2 «растормаживается» и периодически включает генератор на DD1.3, DD1.4. ЭП на VT1 осуществляет амплитудную модуляцию ВЧ-сигнала;

сигнал радиопередатчика можно принимать на приемники АМ- и ЧМ-сигналов; схема работоспособна при напряжении питания 5...15 В.

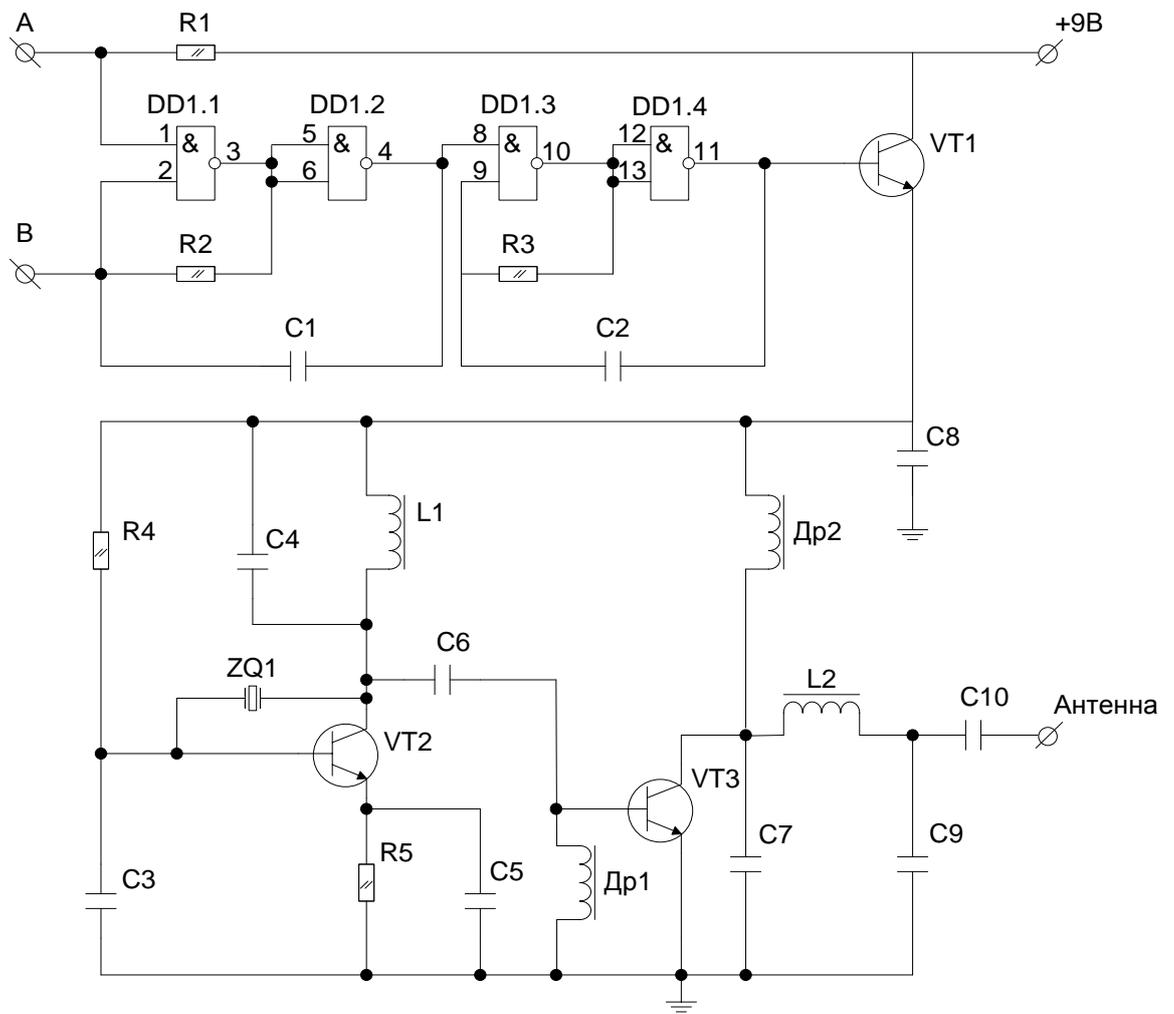


Рисунок 2.1 - Радиопередатчик охранной сигнализации

3 Расчет передатчика

3.1 Заданные параметры

Рабочая частота: $f = 433 \text{ МГц}$;

Частота генератора частоты: $f_0 = 1 \text{ кГц}$;

Частота генератора последовательных импульсов: $f_1 = 1 \text{ Гц}$;

$P_{\text{вых}} = 0,5 \text{ Вт}$;

$U_{\text{П}} = 12 \text{ В}$;

$Z_{\text{WA1}} = 50 \text{ Ом}$.

В «нормальном режиме» передатчик работает, в режиме «тревога» - выключается.

3.2 Генератор последовательных импульсов (ГПИ)

Генератор последовательных импульсов (генератор пачек импульсов) и структурная схема его включения представлены на рисунке 3.1 и 3.2 соответственно. Запуск происходит по высокому уровню.

DD1.1, DD1.2, C1, R1 – генератор последовательных импульсов (f_1).
Зададим $C1 = 1 \text{ мкФ}$.

Время импульса:

$$t_u = \frac{1}{2}T = 0,735 \cdot C_1 \cdot R_1, \quad (3.1)$$

$$t_u = 0,5 \text{ с}.$$

Определим R_1 :

$$R_1 = \frac{t_u}{0,735 \cdot C_1}, \quad (3.2)$$

$$R_1 = 680272 \text{ Ом}.$$

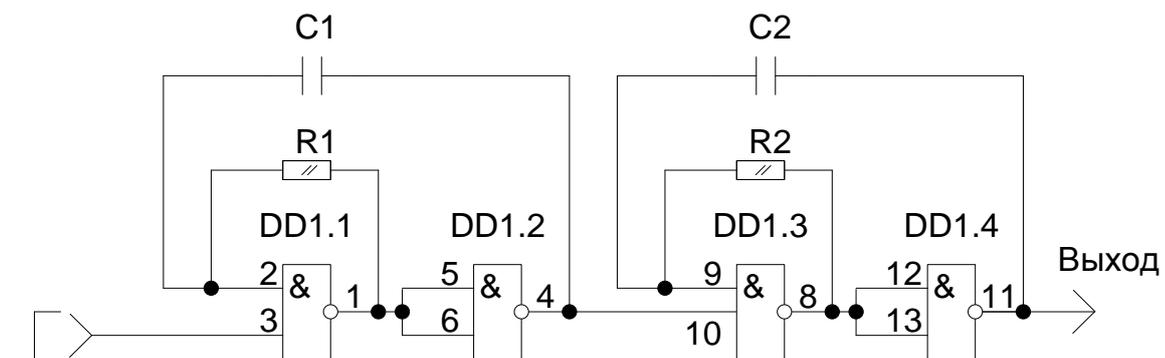


Рисунок 3.1 - Генератор последовательных импульсов

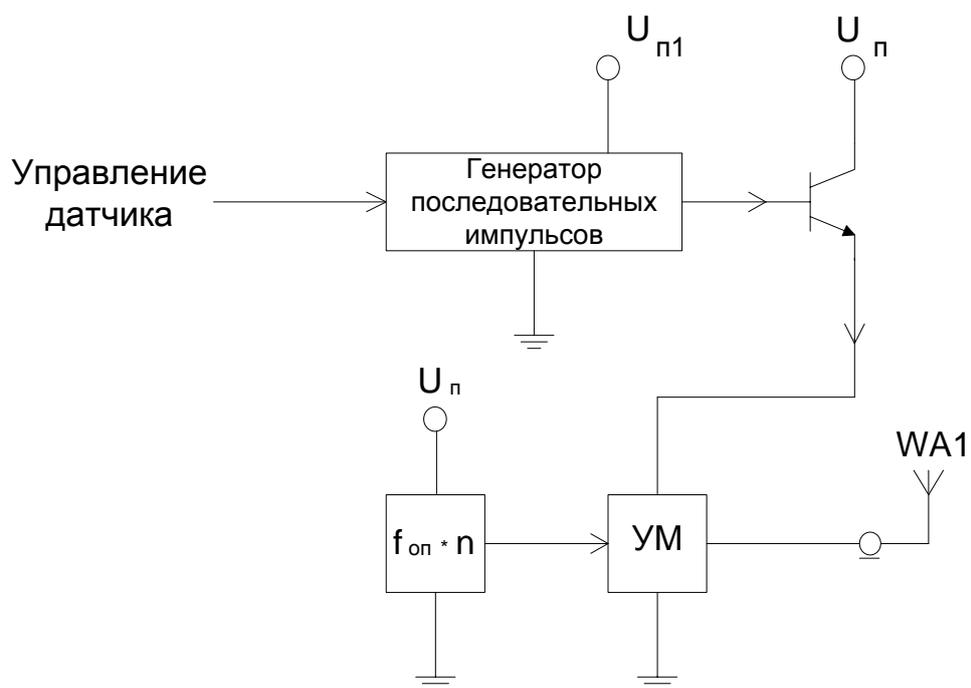


Рисунок 3.2 - Структурная схема включения ГПИ

3.3 Расчет генератора частоты

DD1.3, DD1.4, C2, R2–генератор частоты (f_0).

Зададим $C_2 = 1000$ пФ.

Время импульса:

$$t_u = \frac{1}{2}T = 0,735 \cdot C_2 \cdot R_2, \quad (3.1)$$

$$t_u = 0,0005 \text{ с.}$$

Определим R_2 :

$$R_2 = \frac{t_u}{0,735 \cdot C_2}, \quad (3.2)$$

$$R_2 = 680272 \text{ Ом.}$$

В качестве элемента DD1 выбираем микросхему КР1533ЛА3. Основу микросхемы составляют четыре одинаковых элемента 2И-НЕ с выходами ТТЛ. Микросхема размещена в корпусе 201.14-1. Основные характеристики выбранной микросхемы:

- Напряжение питания, $U_{\text{пит.}} = 4,5 - 5,5\text{В}$;
- Время задания распределения, $t_{3,р.}$, нс: 8;
- Максимальный ток выхода, $I_{\text{маxвых}}$, мА: 8;
- Максимальный ток потребления, $I_{\text{маxпотр}}$, мА: 3.

Выбранные значения элементов генераторов:

$$C_1 = 1 \text{ мкФ}, C_2 = 1000 \text{ пФ}, R_1 = R_2 = 680 \text{ кОм}; U_{п1} = +5 \text{ В} \pm 5\% [4]$$

3.4 Расчёт усилителя мощности

Транзистор, на котором основан усилитель мощности, должен иметь характеристики:

$$P_{\text{расс}} > \frac{P_{\text{вых}}}{\eta}, \quad (3.3)$$

где η – КПД коллектора;

$$f_{\text{раб}} = 433 \text{ МГц};$$

$$U_{\text{кэ}} \geq 12 \text{ В}.$$

Выбираем транзистор КТ909В со структурой n-p-n, предназначенный для применения в усилителях мощности на частотах 100...500 МГц. Технические параметры выбранного транзистора (при $f = 500 \text{ МГц}$):

- Масса транзистора, m , г: ≤ 4 ;
- $P_{\text{вых}}$, Вт: 12;
- K_p : 1,2;
- η_k : 40%;
- на высокой частоте (при $f = 100 \text{ МГц}$, $I_k = 1,5 \text{ А}$), $|h_{21Э}|_{100\text{МГц}}$: 3;
- $U_{\text{нас КЭ}}$, В: 0,18;
- $U_{\text{нас БЭ}}$, В: 0,85;
- Критический ток ($f = 100 \text{ МГц}$), $I_{\text{кр}}$, А: 2,5 А;
- Постоянная времени ($I_{\text{Э}} = 150 \text{ мА}$, $f = 5 \text{ МГц}$), $\tau_{\text{ос}}$, пс: ≤ 30 ;
- Емкость коллекторного перехода, $C_{\text{кп}}$, пФ: ≤ 35 ;
- Емкость эмиттерного перехода, $C_{\text{эп}}$, пФ: 250;
- $I_{\text{об КЭ}}$, мА: 30;
- Обратный ток эмиттера, $I_{\text{об Э}}$, мА: ≤ 6 ;
- Сопротивление эмиттера, $r_{\text{Э}}$, Ом: 0,15;
- Индуктивность вывода коллектора, $L_{\text{к}}$, нГн: 2;
- Активная емкость коллектора, $C_{\text{к актив}}$, пФ: 5;
- Емкость коллектор-эмиттер, $C_{\text{кЭ}}$, пФ: 1,7;
- В динамическом режиме, $P_{\text{рассеив дин}}$, Вт: 27;
- $R_{\text{Тп-к}}$, °С/Вт: 5;
- $T_{\text{р-п}}$, °С: +120.

Определим по формуле:

$$h_{21Э} = \sqrt{2} \cdot |h_{21Э}| \quad (3.4)$$

$$h_{21Э} = 4,2.$$

Согласно схеме замещения транзистора КТ909В (рисунок 3.3) значение $Z_{вх}^*$:

$$Z_{вх}^* = \left(\frac{1}{j\omega(L_B + L_Э) + \frac{1}{j\omega C_Э} + r_Э + \left(\frac{1}{r_B} + j\omega \frac{C_{кн} + C_{ка}}{C_{кн} C_{ка}} \right)^{-1}} + j\omega C_{БЭ} \right)^{-1} \quad (3.5)$$

$$Z_{вх}^* = 0,155 + 6,656j$$

Найдем значение $Z_{вых}^*$:

$$Z_{вых}^* = \left(\frac{1}{j\omega(L_K + L_Э) + \frac{1}{j\omega C_Э} + \left(\left(\frac{1}{j\omega C_{кн}} + r_B \right)^{-1} + j\omega C_{ка} \right)^{-1}} + j\omega C_{КЭ} \right)^{-1} \quad (3.6)$$

$$Z_{вых}^* = 0,369 - 3,924j$$

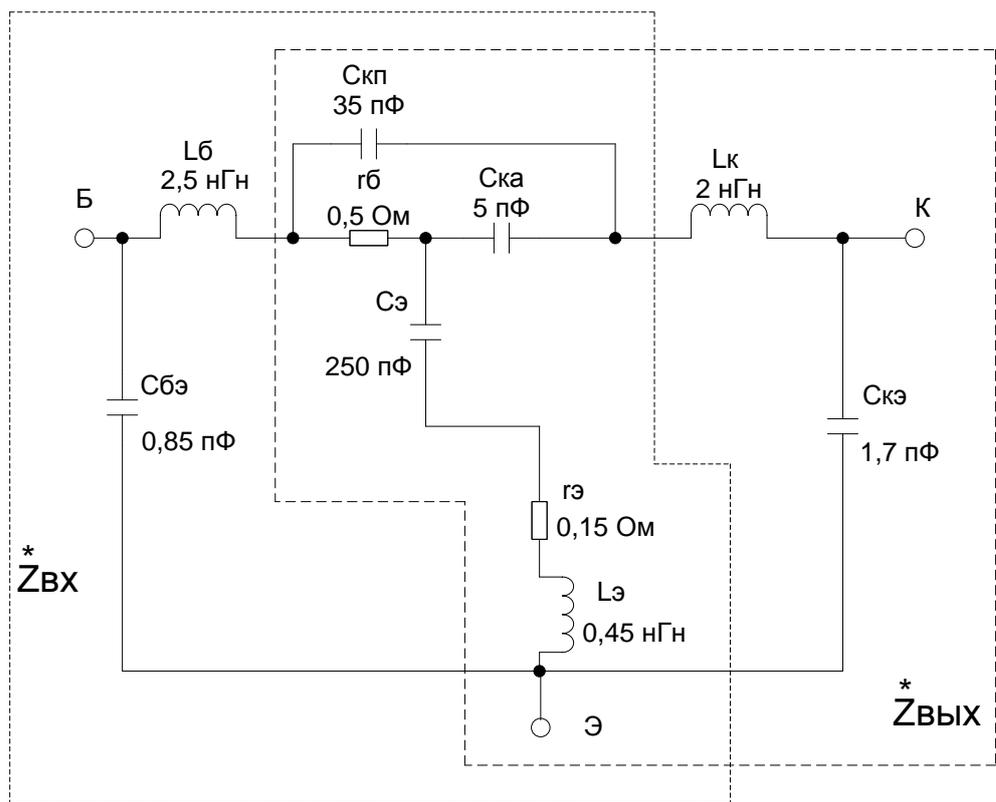
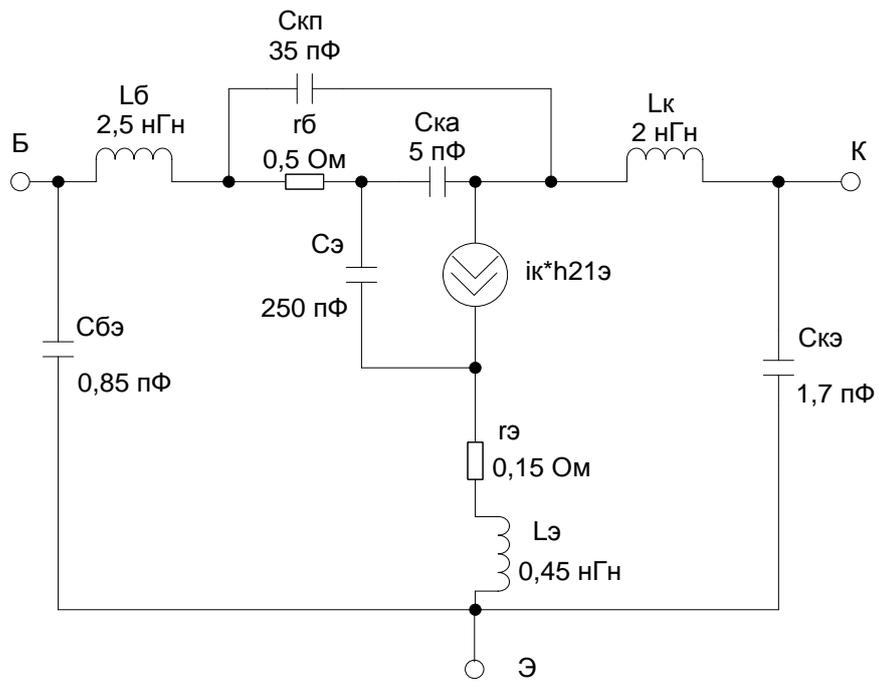


Рисунок 3.3 - Эквивалентная схема транзистора КТ909В

Определим $Z_{вх}^*$ и $Z_{вых}^*$ на частоте 433 МГц.

$$\omega = 2\pi \cdot f \quad (3.7)$$

$$\omega = 2719 \cdot 10^6 \text{ (рад)}$$

Найдем длину волны:

$$\lambda = v_{э.в.}/f, \quad (3.8)$$

где $v_{э.в.}$ – скорость распространения э/м волн ($3 \cdot 10^8$ м/с)

$$\lambda = 0,694 \text{ (м)}$$

Рассчитаем входную цепь. В принципиальной схеме входной цепи (рисунок 3.4):

модуль $Z_{вх}^*$:

$$R = \left| Z_{вх}^* \right| = 6,6578 \text{ (Ом)}$$

Вычислим индуктивность L:

$$L = \frac{x}{\omega}, \quad (3.9)$$

где x – индуктивное сопротивление,

$$x = \omega L = RQ, \quad (3.10)$$

где Q – коэффициент отношения сопротивлений, определяемое как:

$$Q = \sqrt{\frac{R^l}{R} - 1}, \quad (3.11)$$

где $R^l = R_{вх} = 50$ Ом.

$$Q = 2,55;$$

$$x = 16,987 \text{ (Ом)};$$

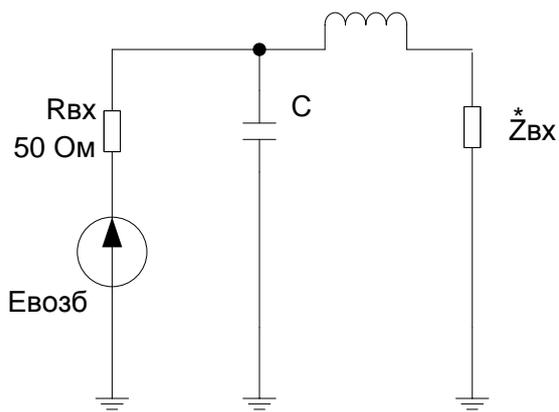


Рисунок 3.4 - Входная цепь УМ

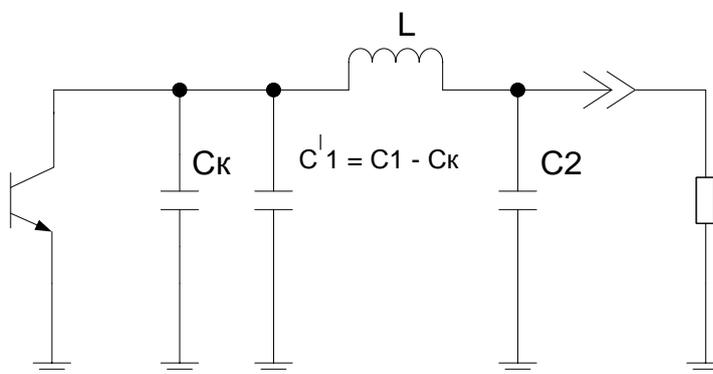


Рисунок 3.5 - Выходная цепь УМ

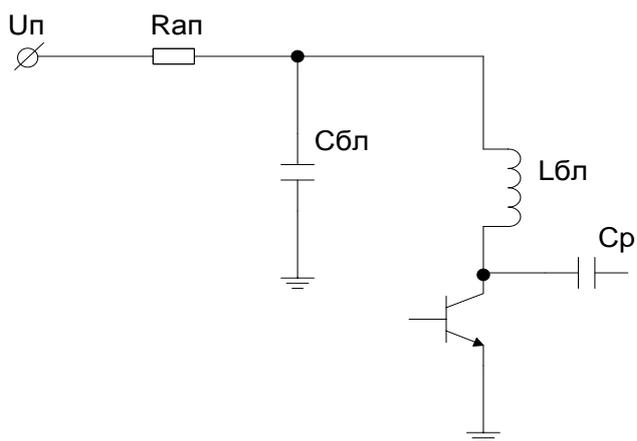


Рисунок 3.6 - Цепь питания УМ

$$,3 \cdot 10^{-9} \text{ (Гн)}$$

Найдем емкостное сопротивление:

$$x^l = -\frac{1}{\omega C} = -\frac{R^l}{Q} \quad (3.12)$$

$$x^l = -19,597$$

По найденному значению емкостного сопротивления вычислим величину емкости конденсатора:

$$C = \frac{1}{x^l \cdot \omega} \quad (3.13)$$

$$C = 18,8 \text{ (пФ)}$$

Рассчитаем выходную цепь (рисунок 3.5). Принципиальная схема входной цепи представлена.

$$R_H = 50 \text{ (Ом)};$$

$$R_K = 0,369 \text{ (Ом)} - \text{активная составляющая } Z_{вых}^*;$$

Определим значение емкостей:

$$C_1 = C_2 = \frac{1}{\omega \rho}, \quad (3.14)$$

где ρ - сопротивление:

$$\rho = \sqrt{R_K \cdot R_H} \quad (3.15)$$

$$\rho = 4,295 \text{ (Ом)},$$

$$C_1 = C_2 = 85,8 \text{ (пФ)}$$

Индуктивность найдем по формуле:

$$L = \frac{\rho}{\omega}, \quad (3.16)$$

$$L = 1,6 \text{ (нГн)}$$

Найдем значение емкости C_1^l :

$$C_1^l = C_1 - C_K \quad (3.17)$$

$$C_1^l = 84,1 \text{ (пФ)}$$

Рассчитаем цепь питания(рисунок 3.6).

$R_k = 0,369$. Т.к. $R_k \ll \omega_{\min} * L_{\text{бл}}$ (активная составляющая выходного сопротивления будет намного меньше сопротивления индуктивного), зададимся величиной $\omega_{\min} * L_{\text{бл}} = 100 * R_k$, $\omega_{\min} = 2\pi f_{\min}$ (где за f_{\min} принимаем частоту 430 МГц).

Активное сопротивление проводников $R_{\text{ап}}$ ничтожно мало, принимаем его равным $R_{\text{ап}} \leq 0,1 R_k$, отсюда $R_{\text{ап}} \approx 0,0369$ (Ом). $R_{\text{ап}}$ можно найти по формуле:

$$R_{\text{ап}} = \sqrt{L_{\text{бл}} / (2 \cdot C_{\text{бл}})}, \quad (3.18)$$

Отсюда:

$$C_{\text{бл}} = \frac{L_{\text{бл}}}{2 \cdot R_{\text{ап}}^2}$$

Величину $L_{\text{бл}}$ найдем согласно условию, оговоренному выше:

$$L_{\text{бл}} = \frac{100 \cdot R_k}{\omega_{\min}}, \quad (3.19)$$

$$L_{\text{бл}} = 13 \text{ (нГн)}$$

$$C_{\text{бл}} = 4,7 \text{ (мкФ)}$$

Величина емкости $C_{\text{бл}} \approx C_p$.

Входная мощность определяется как:

$$P_{\text{вх}} = P_{\text{вых}} / K_p, \quad (3.20)$$

$$P_{\text{вх}} = 0,42 \text{ (Вт)}$$

$R_{\text{вх}} = 50$ (Ом). По закону Ома:

$$P_{\text{вх}} = UI = \frac{U^2}{R} \quad (3.21)$$

Согласно формуле (3.21) находим $U_{\text{вх}}$ и $I_{\text{вх}}$:

$$U_{\text{вх}} = \sqrt{P_{\text{вх}} \cdot R_{\text{вх}}} \quad (3.22)$$

$$I_{\text{вх}} = \frac{P_{\text{вх}}}{U_{\text{вх}}} \quad (3.23)$$

$$U_{ex} = 4,58 \text{ (В)}$$

$$I_{ex} = 0,092 \text{ (А)}$$

Найдем ток коллектора:

$$I_K \approx \sqrt{\frac{P_H}{|Z_H^*|}}, \quad (3.24)$$

где $P_H = 0,5$ Вт – мощность нагрузки,

$Z_H^* = Z_{вых}^* = 0,369 - 3,924j$ – полное сопротивление нагрузки.

$$I_K = 0,356 \text{ (А)}$$

Найдем мощность коллектора (мощность рассеивания):

$$P_{K \text{ расс}} = \frac{P_H}{\eta_K}, \quad (3.25)$$

где $\eta_K = 40 \%$

$$P_{K \text{ расс}} = 1,25 \text{ (Вт)}$$

Найдем тепловое сопротивление (охлаждение) по формуле:

$$R_{охл} = \frac{T_{p-n} - T_{cp}}{P_{K \text{ расс}}} - R_{Tn-k}, \quad (3.26)$$

где $R_{Tn-k} = 5$ °C/Вт.

$T_{p-n} = 120$ °C;

$T_{cp} = 40$ °C - температура среды.

$$R_{охл} = 59 \text{ °C/Вт}$$

Выбор элементов УМ. В конечной принципиальной схеме УМ (рисунок 3.7) величина емкости конденсатора $C_{p1} = C_{p2} = 1,5$ мкФ.

Выбираем следующие параметры емкостей:

$$C_1^l = C_2^l = C_3^l = 5...25 \text{ (пФ)};$$

$$C1 = 8,5 \text{ (пФ)};$$

$$C2 = C3 = 75 \text{ (пФ)};$$

$$C_{бл} = 4,7 \text{ (мкФ)}$$

Выбираем величину индуктивностей (расчеты индуктивностей проводились при помощи программы RFSim99):

$L1 = 6,3 \text{ нГн}$: без сердечника. Число витков $N = 2$, $d = 3 \text{ мм}$,

$L2 = 1,6 \text{ нГн}$ – микрополосковая., $A = 6 \text{ мм}$,

$L_{\text{бл}} = 13 \text{ нГн}$. $d = 3 \text{ мм}$, $l = 5 \text{ мм}$,

Начальные параметры

Из расчетов, произведенных выше, берем данные:

$R_{\text{вых}} = 50 \text{ Ом}$;

$U_{\text{вых}} = 4,58 \text{ В}$;

$P_{\text{вых}} = 0,42 \text{ Вт}$;

$f_{\text{вых}} = 432 \text{ МГц}$.

В основе генератора используем осциллятор SG-531PHC48,0000 МГц.

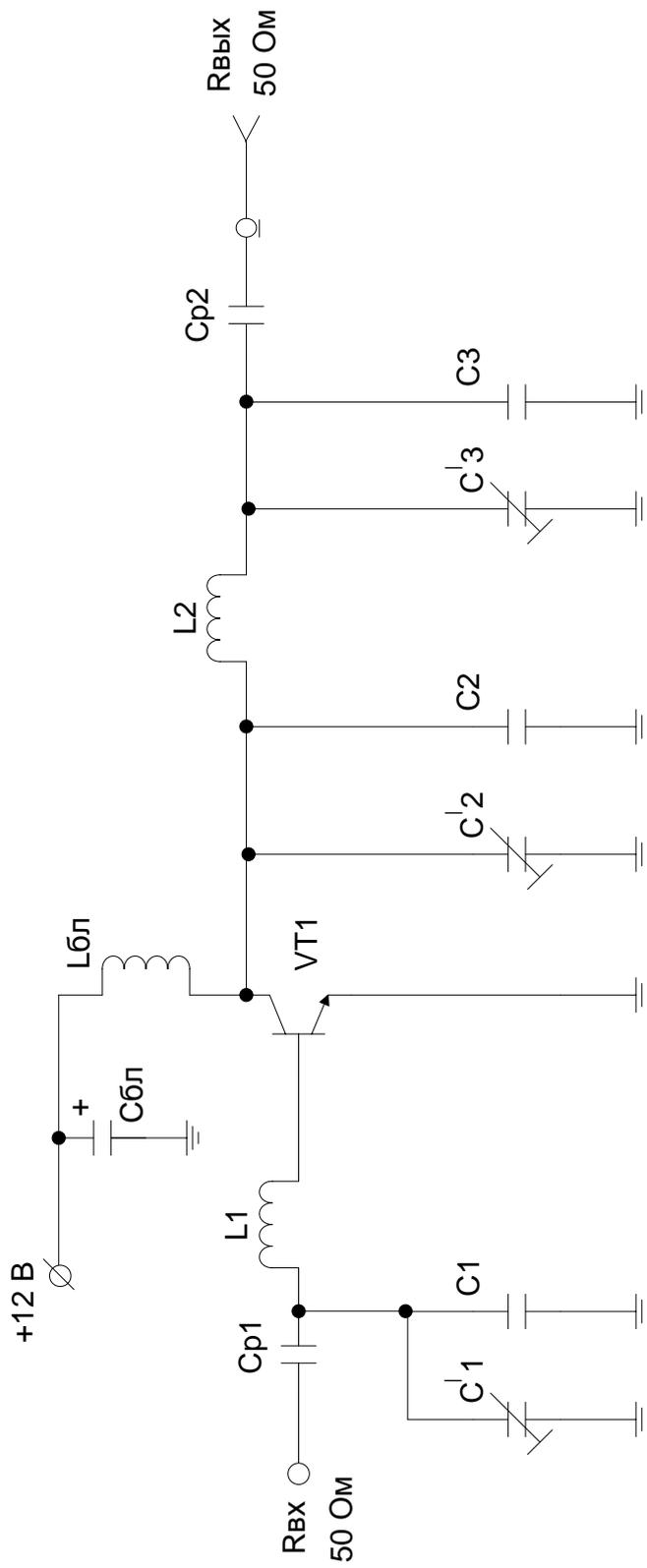


Рисунок 3.7 - Принципиальная схема УМ

Основные параметры осциллятора:

Выходная частота, f_{zQ} , МГц: 48,0000;

Ток потребления, $I_{потр}$, мА: 35;

Корпус: DIP8;

Напряжение питания, $U_{п}$, В: $5 \pm 0,5$;

Рабочие температуры, $T_{раб}$, °С: -20... +70;

Нестабильные частоты, $f_{нест}$, мкГц: ± 100 ;

Выходные импульсы: прямоугольные;

Выходное напряжение, $U_{вых}$, В: 3,5;

Совместимость логик: ТТЛ, КМОП.

Назначение выводов:

№	Вывод
1	управления
4	общий
5	выхода
8	питания

На рисунке 3.8 приведена схема включения осциллятора. На рисунке 3.9 – структурная схема генератора на осцилляторе.

Определим необходимую гармонику:

$$n = \frac{f_{вых}}{f_{zQ}} \quad (3.27)$$

$$n = 9$$

В результате расчетов, произведенных с помощью программы MathCAD, получили:

$$U_{(1)} = 2,228 \text{ (В)};$$

$$U_{(9)} = 0,248 \text{ (В)}.$$

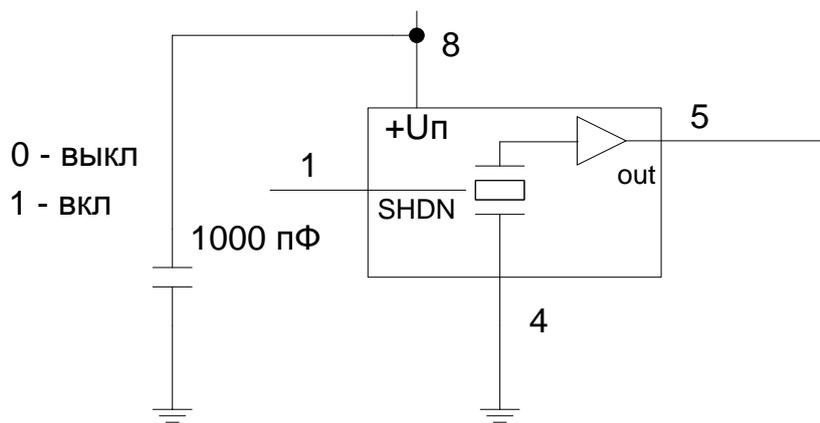


Рисунок 3.8 - Схема включения осциллятора

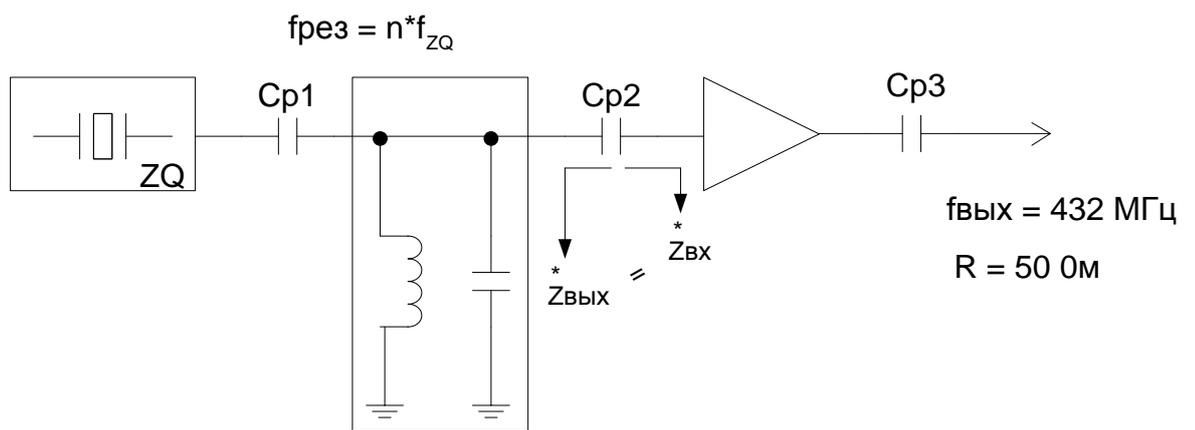


Рисунок 3.9 - Генератор на осцилляторе

ВычлмLколебательного контура. Принимаем величину емкости колебательного контура равной $C = 27$ пФ.

$$f_{рез} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

Отсюда:

$$L = \frac{1}{(2\pi f_{рез})^2 \cdot C} \quad (3.28)$$

$$L = 5 \text{ (нГн)}.$$

Выберем индуктивность. L – микрополосковая. $N = 0,75$, $A = 10$ мм, $\epsilon = 4$. Величина параллельно включенных емкостей между краями полосы индуктивности, соответственно: $C = 10$ пФ и $C^I = 4...24$ пФ.

Определим сопротивление колебательного контура на первой и девятой гармонике по формуле:

$$Z_{LC} = \left(\frac{1}{j\omega L} + j\omega C \right)^{-1}, \quad (3.29)$$

Частоты первой и девятой гармоник определяем по формулам:

$$\omega_1 = 2\pi f_{ZQ}, \quad (3.30)$$

$$\omega_9 = 2\pi f_{ВЫХ} \quad (3.31)$$

$$Z_{LC(1)} = j1,527;$$

$$Z_{LC(9)} = j2527.$$

Емкость C_{p1} :

$$C_{p1} = \frac{1}{-Z_{Cp1(1)} \cdot j\omega_{(1)}}, \quad (3.32)$$

где Z_{Cp1} – емкостное сопротивление, равное $Z_{Cp1(1)} = j50 - j1,527 = j48,47$

$$C_{p1} = 68 \text{ (пФ)}$$

Найдем Z_{Cp1} для девятой гармоники:

$$Z_{Cp1(9)} = \frac{1}{j\omega_{\max(9)} \cdot C_{p1}} \quad (3.33)$$

$$Z_{Cp1(9)} = -j5,42.$$

Емкость C_{p2} :

$$C_{p2} = \frac{1}{10 \cdot f_{\max}}, \quad (3.34)$$

где $f_{\max} = f_{\text{вых}}$

$$C_{p2} = 23 \text{ (пФ)}.$$

Согласно формуле (3.33), подставляя значения емкости C_{p2} и частоты для первой и девятой гармоник, находим емкостные сопротивления Z_{Cp2} :

$$Z_{Cp2(1)} = -j144;$$

$$Z_{Cp2(9)} = -j16.$$

Найдем выходное сопротивление по формуле для девятой гармоники:

$$Z_{\text{вых}(9)} = Z_{LC(9)} + Z_{Cp2(9)} \quad (3.35)$$

$$Z_{\text{вых}(9)} = j2511$$

Т.к. $Z_{\text{вых}(9)} \gg Z_{Cp1(9)}$ принимаем $U_{\text{вых}(9)}$, согласно рассчитанному выше 0,248 В.

Согласование генератора с УМ

Принципиальная схема согласующего звена представляет собой полосно-пропускающий фильтр (рисунок 3.10).

Исходные данные для фильтра берем из рассчитанных выше:

Выходное сопротивление генератора: $Z_{\text{вых}} = 2511 \text{ (Ом)}$;

Входное сопротивление УМ: $Z_{\text{вх}} = 50 \text{ (Ом)}$;

Рабочая частота: $f = 432 \text{ МГц}$;

Диапазон частот: 430...440 МГц;

Цепь согласования: П-тип.

Расчет индуктивностей и емкости был произведен с помощью программы RFSim99.

$C = 5,6 \text{ пФ}$;

Индуктивность $L1 = 21,4 \text{ нГн}$. Число витков $N = 4$, $d = 3 \text{ мм}$, $l = 5,5 \text{ мм}$, $d_{\text{провода}} = 1 \text{ мм}$. Индуктивность $L2 = 3,1 \text{ нГн}$. Число витков $N = 1,5$, $d = 3$

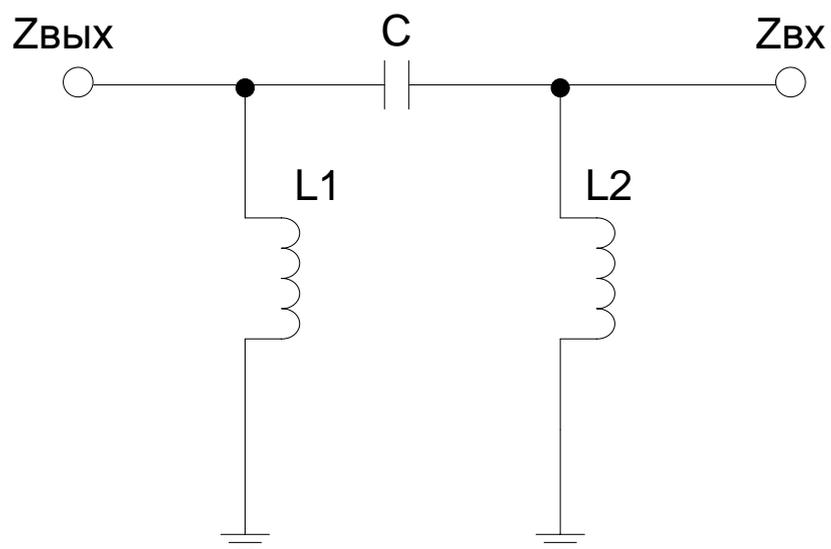


Рисунок 3.10 - Полосно-пропускающий фильтр

мм, $l = 5$ мм, $d_{\text{провода}} = 1$ мм. Итоговая принципиальная схема генератора представлена на рисунке 3.11.

Выбор схемы питания

Т.к. для функционирования схемы требуется две величины напряжения $+5$ и $+12$ В, то выбираем схему (рисунок 3.12) на двух микросхемах: 78L05ACD и L7812ABV, выходное напряжение которых составляет 5 и 12 В соответственно, потребляемое напряжение составляет 13,5 В. Величины емкостей берем из справочника [4].

Характеристики микросхем.

78L05ACD:

Корпус: S08;

Выходное напряжение: $U_{\text{вых}} = +5$ В;

Выходной ток: $I_{\text{вых}} = 100$ мА;

Рабочие температуры: $T_{\text{раб}} = -45 \dots +70$ °С.

L7812ABV:

Корпус: TO220;

Выходное напряжение: $U_{\text{вых}} = +12$ В;

Выходной ток: $I_{\text{вых}} = 1,5$ А;

Рабочие температуры: $T_{\text{раб}} = -45 \dots +125$ °С.

На вход схемы питания ставим диод марки КД208 1,5 А, имеющий характеристики:

Величина обратного напряжения: $U_{\text{обр}} = 100$ В;

Максимальный прямой ток: $I_{\text{прям}} = 1,5$ А;

$I_{\text{обр}} = 100$ мкА.

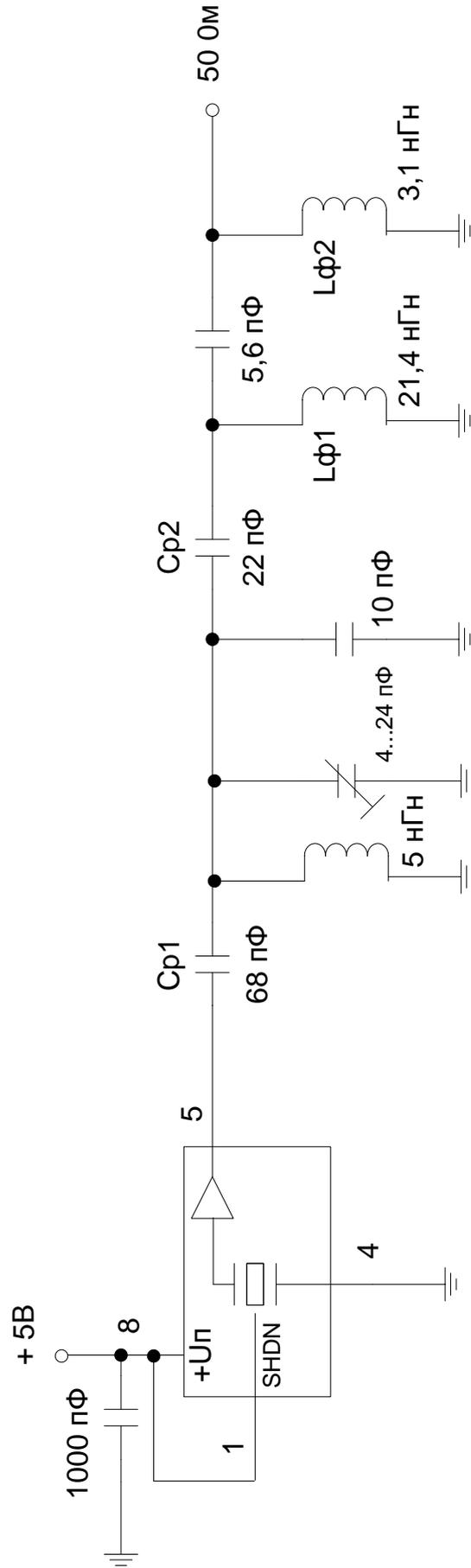


Рисунок 3.11 - Принципиальная схема генератора

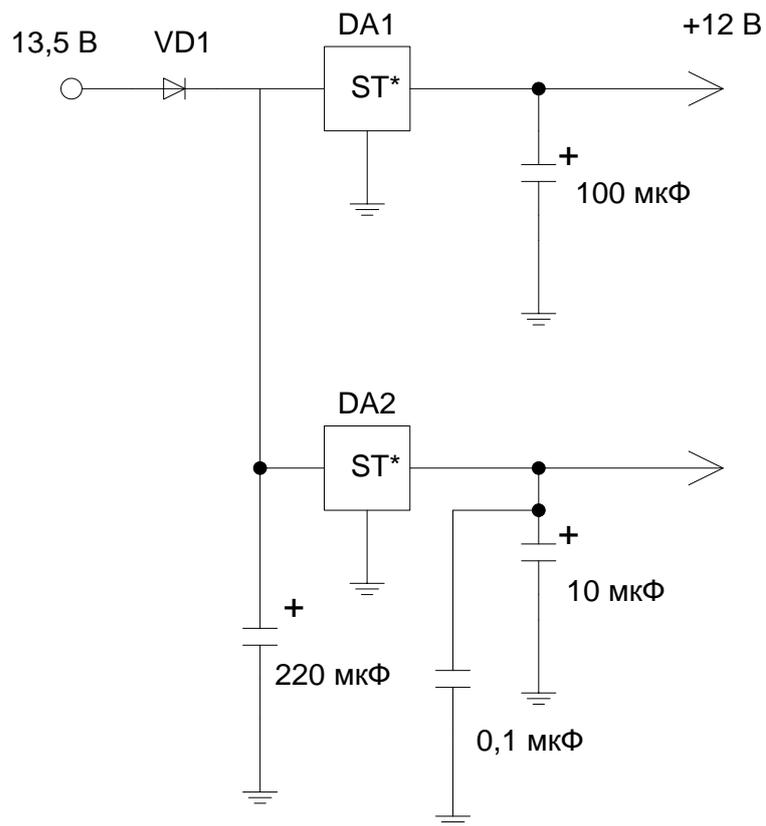


Рисунок 3.12 - Схема питания

4 АНАЛИЗ РАССЧИТАННОЙ принципиальной схемы передатчика

Гальваническую развязку входной цепи от непосредственно передатчика, с целью защиты последнего от превышения входного напряжения, осуществляем с помощью транзисторного оптрона CNY17, имеющего следующие параметры:

Входное прямое напряжение: $U_{вх\ прям} = 1,2\ В$;

$U_{вхобр} = 6\ В$;

Входной обратный ток: $10\ мА$;

Максимальное $U_{кэmax} = 70\ В$;

Максимальное $U_{кб\ max} = 70\ В$.

Для частотной модуляции сигнала (задания пачек импульсов) применим три BCR512. Выбранные транзисторы обладают следующим характеристиками:

$U_{кэ} = 50\ В$;

$U_{кб} = 50\ В$;

$U_{эб} = 10\ В$;

$I_{кп} = 500\ мА$;

Потребляемая мощность: $P_{потр} = 330\ мВт$;

$T_{раб} = -65...150\ ^\circ C$.

Данные по рассчитанным индуктивностям, использованным в схеме и не относящимся к стандартным изделиям, представлены в таблице.

Индуктивности $L1$ и $L6$ – микрополосковые (рисунки 4.1 и 4.2).

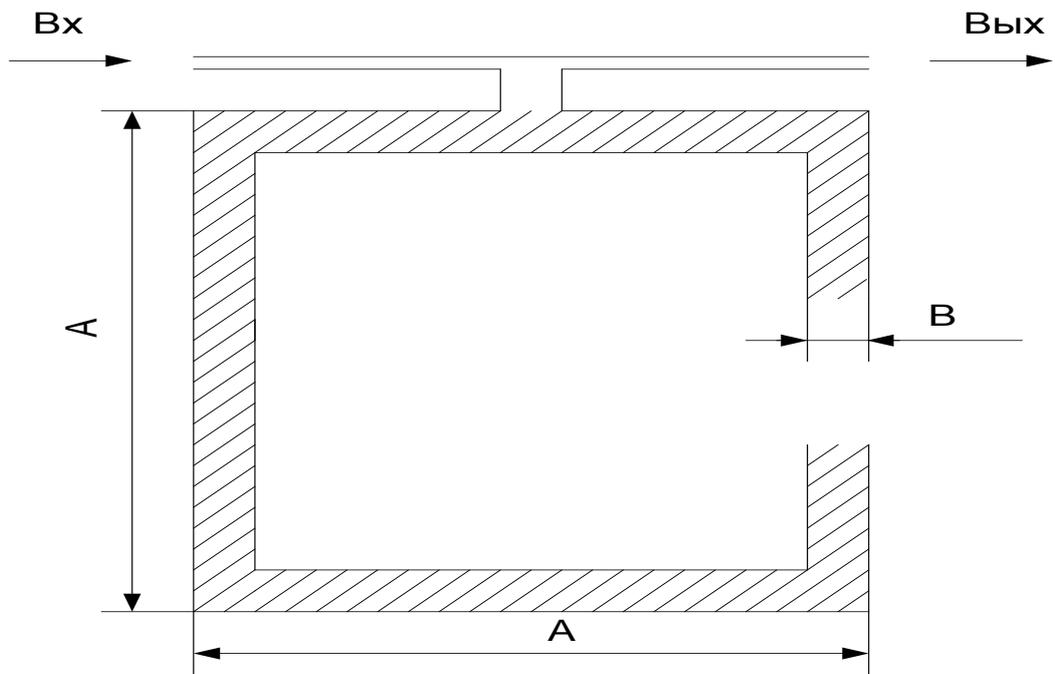


Рисунок 4.1 - Микрополосковая индуктивность L1

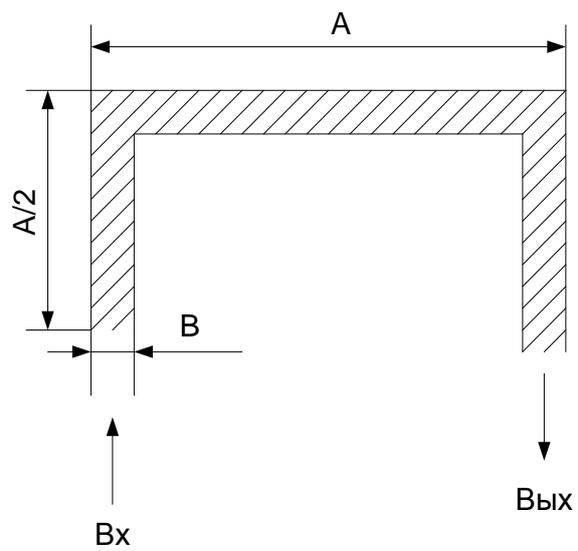


Рисунок 4.2 - Микрополосковая индуктивность L6

Характеристики индуктивностей

Индуктивность	Диаметр провода, $d_{\text{пров, мм}}$	Диаметр витка, d , мм	l , мм	N	Величина индуктивности, L , нГн
L2	1	3	5,5	4	21,4
L3	1	3	5	1,5	3,1
L4	1	3	4,5	2	6,3
L5	1	3	5	3	13

Характеристики микрополосковых индуктивностей

Индуктивность	Длина ребра, A , мм	Ширина полосы, ,мм	N	Величина индуктивности, L , нГн
L1	10	1	0,75	5
L6	6	1,5	0,5	1,6

5 Радиоприёмник

Передатчик, рассчитанный выше, подающий сигналы от датчиков, работает на частоте $f = 432$ МГц, следовательно, приемник должен принимать сигналы данной частоты.

В качестве рассчитываемого приемника выбираем стандартную схему, состоящую из:

- входного усилителя;
- смесителя;
- цепей согласования;
- опорного генератора;
- цепи питания.

5.1 Входной усилитель

Исходные данные:

- Сопротивления вх/вых, $Z_{вх/вых} = 50$ Ом;
- Входная частота, $f_{вх} = 432$ МГц;
- $K_u = 3$ (дБ).

Входной усилитель радиоприемника построен на основе MAX2611, имеющего входное и выходное сопротивление $Z_{вх/вых} = 50$ Ом (рисунок 5.1).

Выводы микросхем и их назначения:

Операционный усилитель MAX2611

Выводы	Назначение
1	IN (вход)
2, 4	GND (земля)
3	OUT (выход)

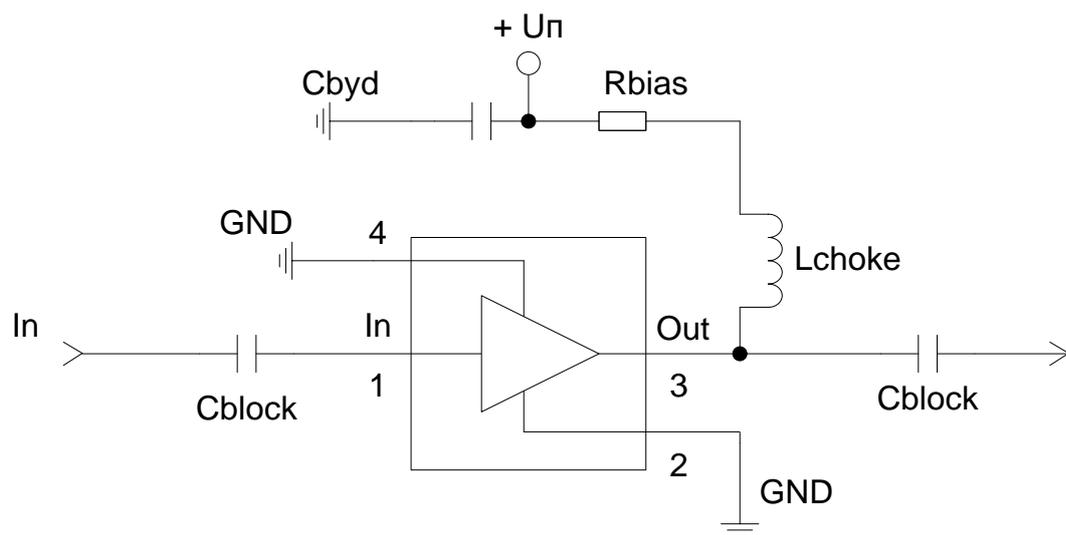


Рисунок 5.1 - Входной усилитель

Параметры ОУ при $f_{вх} = 432$ МГц при $T_a = +25$ °С:

- Напряжение питания, $U_{п} = +5$ В;
- $K_{уu} = 18$ дБ;
- $K_{ур} = 3$ дБ;
- $K_{ШУМА\ f_{вс}} = 3,6$ дБ;
- Ток I_d , ма (при $K_u = 18$ дБ, $f_{вх} = 432$ МГц): 18.
- Напряжение U_d , В: 3,8.

Найдем величины емкостей, индуктивностей и сопротивлений по формулам:

$$C_{block} \geq \frac{53000}{f_{\text{с}}} \quad (5.1)$$

$$C_{block} \approx 0,12 \text{ (пФ)}$$

$$R_{BIAS} = \frac{U_n - U_d}{I_d} \quad (5.2)$$

$$R_{BIAS} = 67 \text{ (Ом)}$$

$$L_{choke} = \frac{1000 \cdot R_{\text{ввх}}}{\omega_{\min}} \quad (5.3)$$

где $\omega_{\min} = 2 \cdot \pi \cdot f_{вх} = 2713 \cdot 10^6$ – минимальная частота

$$L_{choke} = 18,4 \cdot 10^{-6}$$

$$C_{byd} \geq \frac{L_{choke}}{2 \cdot R_{BIAS}^2} \quad (5.4)$$

$$C_{byd} \approx 2 \text{ (нФ)}$$

Выбираем индуктивность:

$L = 18$ мкГн – СВ68 18/1000 180к

Параметры выбранной индуктивности:

- Добротность, Q : 20;
- Максимальное сопротивление R_{max} , Ом: 0,12;
- Максимальный ток, I_{max} , мА: 1000.

Найдем выходное напряжение $U_{\text{вых}}$ при $U_{\text{вх}} = 1$ мкВ

$$U_{\text{вых}} = K_u \cdot U_{\text{вх}}, \quad (5.5)$$

где величину K_u найдем из формулы:

$$K_{u_d} = 20 \lg K_u, \quad (5.6)$$

где $K_{u_d} = 18$ дБ

$$K_u = 7,9$$

$$U_{\text{вых}} = 7,9 \text{ (мкВ)}.$$

5.2 Смеситель

- Входная частота, $f_{\text{вх}}$, МГц: 432;
- Выходная частота, $f_{\text{вых}}$, МГц: 90..108 МГц;
- Частота $f_{\text{оп}} = f_{\text{вх}} - f_{\text{вых}} = 342...324$ МГц;
- $R_{\text{вх}} = 50$ Ом;
- $R_{\text{вых}} = 50$ Ом.

В качестве интегрального смесителя выбираем микросхему AD831.

Принципиальная схема включения смесителя представлена на рисунке 5.2.

Найдем величину емкости C_f :

$$C_f = \frac{1}{2\pi f R}, \quad (5.7)$$

где $R = 14$ Ом (согласно документации на AD831),

$f \approx 2 \cdot f_{\text{оп}} \approx 660$ МГц.

$$C_f = 17 \cdot 10^{-12} \text{ Ф},$$

Принимаем величину емкости C_f равную 18 пФ.

По принципиальной схеме полного входного сопротивления смесителя AD831 (рисунк 5.3) полное входное сопротивление можно рассчитать по формуле:

$$Z_{\text{вх}} = \left(\frac{1}{R_{\text{вх}}} + \frac{1}{jX_{C_{\text{вх}}}} \right)^{-1} \quad (5.8)$$

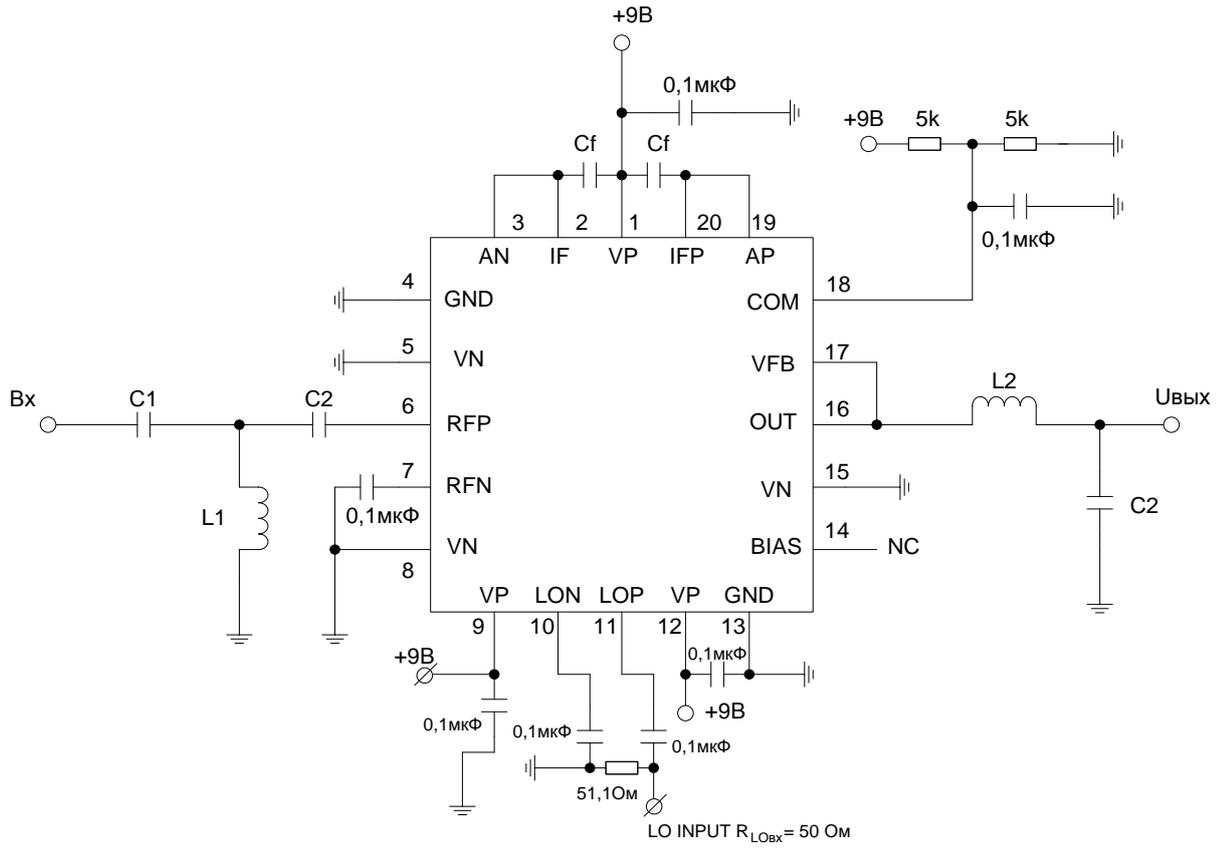


Рисунок 5.2 - Схема включения смесителя

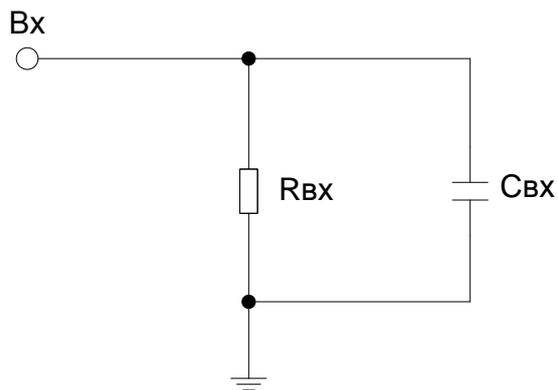


Рисунок 5.3 - Входное сопротивление смесителя

где $R_{вх}$ и $X_{свх}$ определяем из графика зависимости для микросхемы AD831 (рисунок 5.4):

$$Z_{ex} = 2,22 \cdot 10^{-3} + j2;$$

$$|Z_{ex}| = 2 \text{ Ом.}$$

Входная цепь согласования смесителя

Исходные данные:

- $R_{вх}$, Ом: 50;
- Выходное сопротивление, $R_{вых} = |Z_{вх}|$, Ом: 2;
- Частота, $f_{вх}$, МГц: 432.

Расчет был произведен в программе RFSim 99, полученные данные:

Величины элементов:

- Емкость $C1$, пФ: 1,751;
- Емкость $C2$, пФ: 8,5328;

Обозначим параметры рассчитанной индуктивности $L1$:

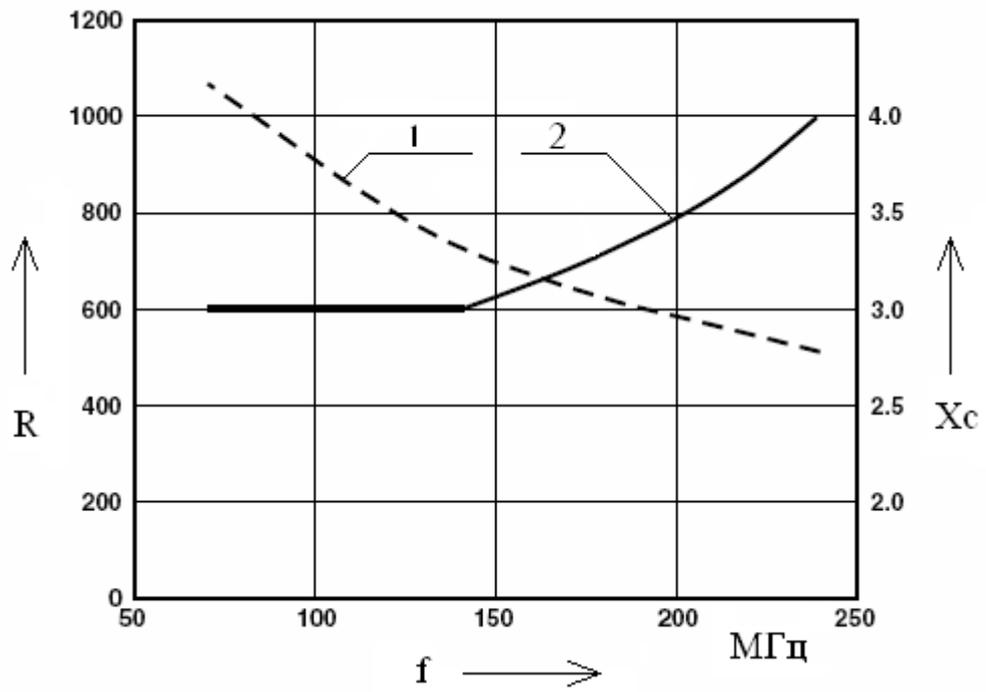
$L1$: микрополосковая, внешний вид данной индуктивности представлен на рисунке (5.5). Характеристики:

- Длина ребра, A , мм: 8;
- Меереберное расстояние / толщина дорожки, B , мм: 1,143.

Вход опорной частоты LO .

Исходные данные:

- Максимальное входное напряжение, $U_{вх_{maxLO}}$, В: ± 1 ;
- Входная частота $f_{вх_{LO}}$, МГц: ≈ 330 ;
- Входное сопротивление, $|Z_{вх}|$, Ом: 50;
- Напряжение входа LO относительно входного напряжения $U_{вх}$, $U_{вх_{LO}}$, дБ: - 3.



1 – входное сопротивление;

2 – входная емкость

Рисунок 5.4 - График зависимостей (при $Z_{вх} = R_{вх} \parallel C_{вх}$)

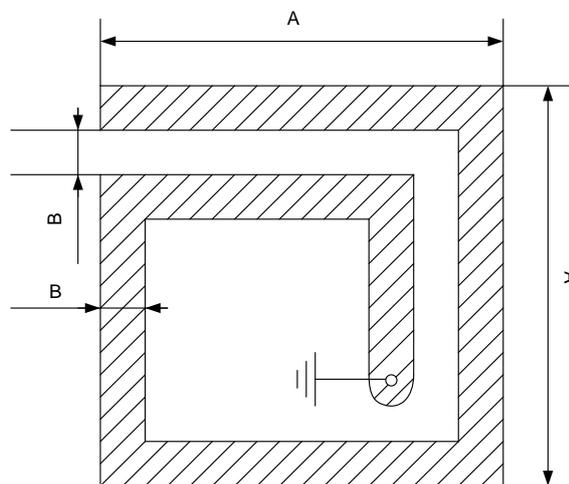


Рисунок 5.5 - Индуктивность L_1

Величину входного напряжения $U_{вх_{LO}}$ (согласно исходным данным)

$$U_{вх_{LO}} = \frac{U_{вых}}{1,41}, \quad (5.9)$$

где $U_{вых}$ было рассчитано выше (по формуле 5.5)

$$U_{вх_{LO}} = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ В}$$

С выхода смесителя напряжение подается на УКВ приемник ТА2003, принципиальная схема которого изображена на рисунке 5.6.

$R_{вх_{FM}} = 1 \text{ кОм}$.

В схеме:

- контур $C1, C2, L1$: резонансный контур, настроенный в резонанс с входной частотой;

- Q2 – фильтр, $f_{ц} = 10,7 \text{ МГц}$.

Рассчитаем цепь согласования смеситель – ТА2003 Г-типа (элементы $C2 - L2$).

Определим частоту по формуле:

$$f = f_{вх} - f_{вх_{LO}} \quad (5.10)$$

$$f = 102 \text{ МГц}$$

- $R_{вх} = 1,1 \text{ (Ом)}$ (равно $R_{вых}$ ОУ смесителя);

- Выходное сопротивление $R_{вых} = 1 \text{ кОм}$.

Расчет произвели в программе RFSim 99.

Элементы:

- Емкость: $C2 = 47 \text{ пФ}$;

- Индуктивность $L2 = 52 \text{ нГн}$, $N = 6$, $l = 4,8 \text{ мм}$, $D = 3 \text{ мм}$, $d_{пров} = 0,8$

мм.

Рассчитаем резонансный контур $C1, C2, L1$.

Частоту контура определяем по формуле (5.10), $f_{рез} = 102 \text{ МГц}$.

Т.к. входная частота $f_{вх}$ напрямую зависит от $f_{оп}$ смесителя, то

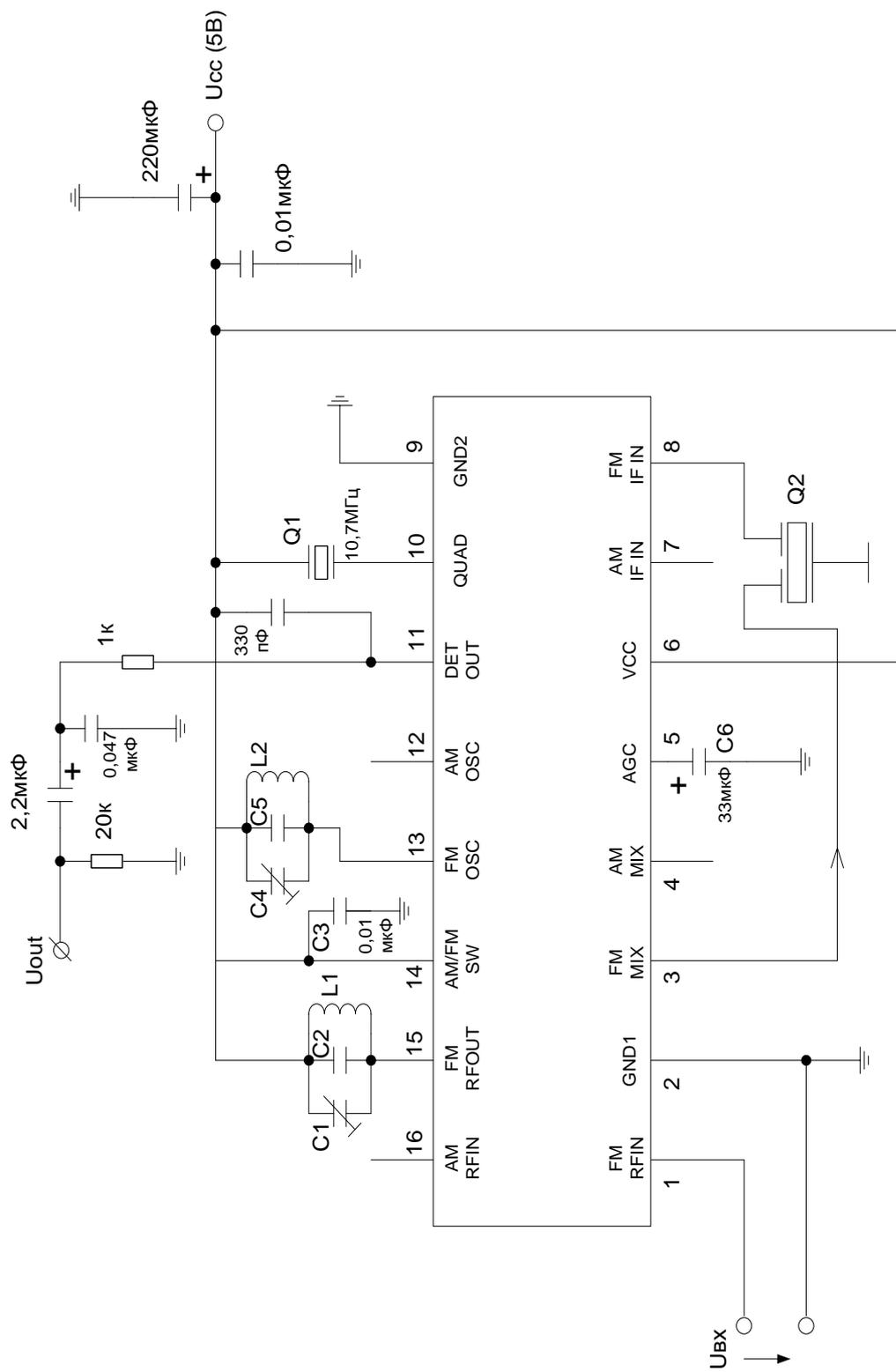


Рисунок 5.6 - Принципиальная схема приемника

обеспечим перестройку контура в диапазоне $f_{вх}$ ТА2003:

$$f_{вхmin} = 96 \text{ МГц};$$

$$f_{вхmax} = 107 \text{ МГц}.$$

Находим \min и \max значения $C1^l$:

$$C_{1max}^l = \frac{1}{4\pi^2 L f_{min}^2} \quad (5.11),$$

$$C_{1max}^l = 80 \text{ пФ}$$

$$C_{1min}^l = \frac{1}{4\pi^2 L f_{max}^2} \quad (5.12),$$

$$C_{1min}^l = 20 \text{ пФ}$$

Принимаем значение емкости $C2 = 4 \text{ пФ}$, следовательно значение емкости $C1 = 16..76 \text{ пФ}$.

Выбираем 2 параллельно включенные емкости $C1$ величиной: $8..40 \text{ пФ}$ КТ4-25б;

Индуктивность $L1$: $N = 4$, $l = 4 \text{ мм}$, диаметр витка $D = 3 \text{ мм}$, $d_{пров} = 0,8 \text{ мм}$.

Рассчитаем резонансный контур $C4, C5, L2$.

Частота контура

$$f_{рез} = f_{вх} - f_{\parallel}, \quad (5.13)$$

где $f_{вх}$ находится в диапазоне

$$f_{рез} = 85,3..96,3 \text{ МГц}$$

Аналогично найдем \min и \max величины $C5^l$:

$$- C_{5max}^l = 99 \text{ пФ};$$

$$- C_{5min}^l = 78 \text{ пФ}.$$

Выбираем значение емкости $C5$ и далее находим величину $C4$:

Принимаем $C5 = 75 \text{ пФ}$, следовательно $C4 = 3..24 \text{ пФ}$.

Выбираем емкость $C4$: $5..25 \text{ пФ}$ КТ4-24.

Индуктивность $L2$: $N = 5$, $l = 5 \text{ мм}$, диаметр витка $D = 3 \text{ мм}$, $d_{пров} = 0,8 \text{ мм}$.

Характеристики приемника:

- Частота выхода, $f_{\text{вых}}$, Гц: 30..16000;
- Напряжение выхода, $U_{\text{вых}}$, В.

5.3 Расчет опорного генератора

Параметры генератора:

- Частота, f , МГц: 330;
- Выходное сопротивление, $|Z_{\text{вых}}| = R_{\text{вых}}$, Ом: 50;
- Напряжение выхода, $U_{\text{вых}}$, мкВ: $\geq 5,6$.

Опорный генератор (рисунок 5.7) строим на основе осциллятора MAX2620.

Найдем величину индуктивности L_1 :

$$L_1 = \frac{10}{f} \quad (5.14)$$

$$L_1 = 30 \text{ нГн}$$

Параметры индуктивности L_1 : $N = 4$, диаметр витка $D = 4$, $l = 7$, диаметр провода $d_{\text{пров}} = 1 \text{ мм}$.

Составили эквивалентную входную цепь генератора(рисунок 5.8),

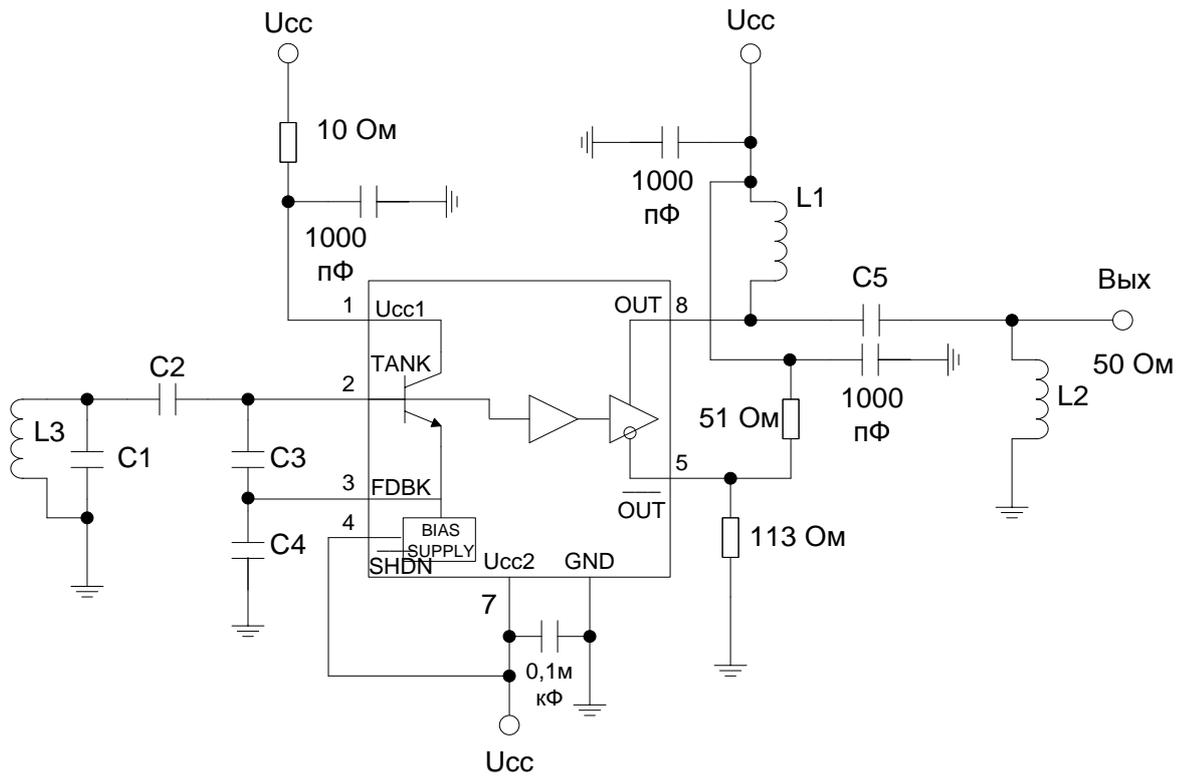


Рисунок 5.7 - Опорный генератор

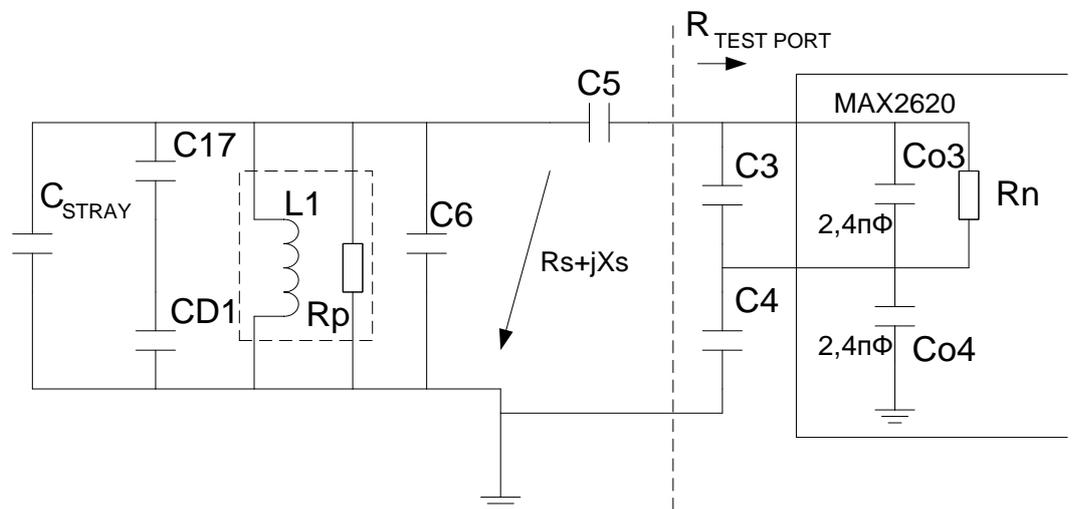


Рисунок 5.8 - Эквивалентная входная цепь генератора

Рассчитаем сопротивление R_n :

$$R_n = g_m \left(\frac{1}{2\pi f (C_3 + C_{o3})} \right) \cdot \left(\frac{1}{2\pi f (C_4 + C_{o4})} \right), \quad (5.15)$$

где $g_m = 18$ пСм;

$C_{o3} = C_{o4} = 2,4$ пФ.

Величина $R_{testport} = 100 + j210$.

Принимаем величину индуктивности $L_3 = 16,7$ нГн.

Подставляя в (5.15) значения емкостей $C_3=C_4=10$ пФ (задаемся данными значениями для определения минимального сопротивления R_n), получим:

$$R_n = 275,3 \text{ Ом}$$

Емкость C_{STRAY} – емкость монтажа, зададимся величиной в 2,7 Уравнение для резонанса:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_1 \left(C_{STRAY} + \frac{C_{17} \cdot C_{D1}}{C_{17} + C_{D1}} + C_6 + \frac{C_5 \cdot C_n}{C_5 + C_n} \right)}}, \quad (5.16)$$

где C_n определим по формуле:

$$C_n = \frac{(C_3 + C_{o3})(C_4 + C_{o4})}{C_3 + C_{o3} + C_4 + C_{o4}}, \quad (5.17)$$

где $C_3=C_4=10$ пФ,

$$C_n = 6,2 \text{ пФ}$$

Свернем цепь $C_{17}-C_{D1}$ в C_D , тогда формула (5.16) преобразуется к виду:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_1 \left(C_{STRAY} + C_D + C_6 + \frac{C_5 \cdot C_n}{C_5 + C_n} \right)}}, \quad (5.18)$$

Принимаем величину емкости $C_5 = 4,7$ пФ и из уравнения резонанса (5.18) находим величину параллельно включенных емкостей $C_9 = C_D + C_6$:

$$C_9 = 8,55 \text{ пФ}$$

- Микрополосковая;

- Длина ребра, A , мм: 10;

- Число витков, N: 1,5;

- Ширина дорожки, B, мм: 1,429

Внешний вид индуктивности L3 представлена на рисунке 5.9.

Выходное сопротивление генератора берем из таблицы выходных сопротивлений осциллятора MAX2620 на частоте 450 МГц.

$$Z_{\text{ВЫХ}} = 60 + j96$$

$$R_{\text{ВЫХ}} = |Z_{\text{ВЫХ}}| = 113,2 \text{ Ом}$$

Выходные сопротивления осциллятора

Частота, МГц	Активная составляющая	Мнимая составляющая
250	106	163
350	68	102
450	60	96
550	35	79
650	17.5	62.3
750	17.2	50.6
850	10.9	33.1
950	7.3	26.3
1050	6.5	22.7

Рассчитаем цепь согласования

- Частота, f, МГц: 330;

- R_{ВХ}, Ом: 113,2;

- Выходное сопротивление, R_{ВЫХ}, Ом: 50;

Для величин индуктивности L2 и емкости C5 принимаем следующие значения:

L2: 48,6нГн;

C5: 8,6 пФ.

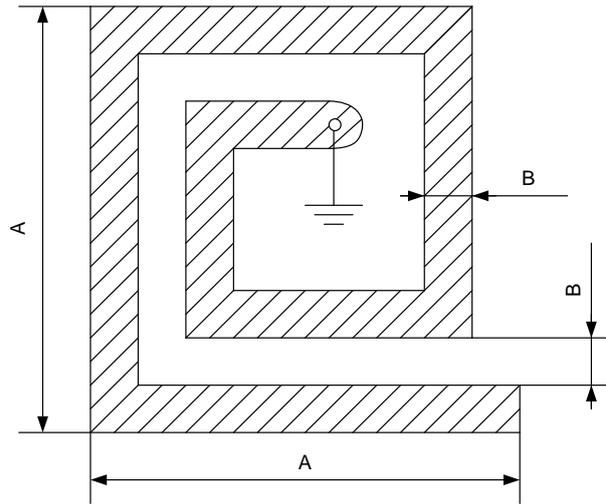


Рисунок 5.9 - Индуктивность L_3

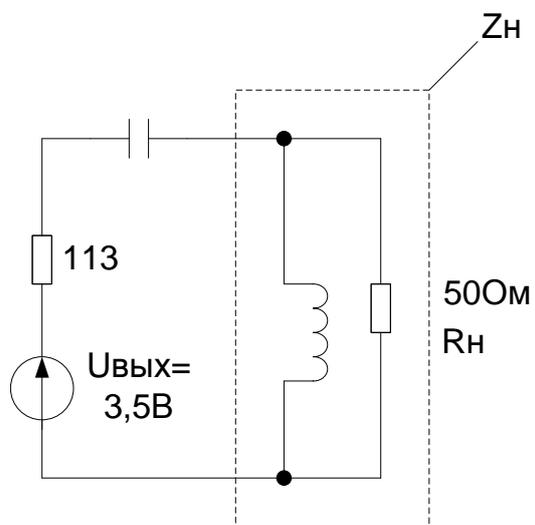


Рисунок 5.10 - Принципиальная схема выхода генератора

Принципиальная схема выхода генератора изображена на рисунке 5.10. Из схемы:

$$Z = R_{ex} + \frac{1}{j\omega \cdot C_5} + \left(\frac{1}{j\omega \cdot L_2} + \frac{1}{R_{вых}} \right)^{-1} \quad (5.19)$$

$$Z = 153,122 + j19,908$$

$$i = \frac{U_{вых}}{Z} \quad (5.20)$$

$$i = 0,022 - j2,922 \cdot 10^{-3}$$

$$U_{Z_H} = i \cdot Z_H, \quad (5.21)$$

где $Z_H = 40,122 - j19,908$ – выходное сопротивление

$$U_{Z_H} = 0,941 + j0,321$$

Отсюда:

$$|U_{Z_H}| = 0,994 \text{ В}$$

Т.к. $0,994 < 1$ – поставленное условие соблюдено.

Определим параметры индуктивности L_2 :

- 48,6 нГн;
- N: 5;
- l, мм: 6,5;
- Диаметр витка, D, мм: 4;

5.4 Расчет схемы питания

Использованные в расчете микросхемы имеют следующие токи потребления:

- MAX2611 (DA5): 18 мА;
- AD831 (DA6): 125 мА;
- MAX2620 (DA7): 12,5 мА;
- TA2003 (DA8): 16,5 мА.

Т.к. для функционирования схемы требуется две величины напряжения +5 и +9 В, то выбираем схему на микросхемах: L78M09ABV и

трех 78L05, выходное напряжение которых составляет 9 и 5 В соответственно, потребляемое напряжение составляет 13,2 В. Величины включаемых емкостей берем из справочника [4].

Характеристики микросхем.

L78M09ABV:

Корпус: TO220;

Выходное напряжение: $U_{\text{вых}} = +9 \text{ В}$;

Выходной ток: $I_{\text{вых}} = 500 \text{ мА}$;

Рабочие температуры: $T_{\text{раб}} = -45 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$.

78L05:

Корпус: S08;

Выходное напряжение: $U_{\text{вых}} = +5 \text{ В}$;

Выходной ток: $I_{\text{вых}} = 100 \text{ мА}$;

Рабочие температуры: $T_{\text{раб}} = -45 \dots +70 \text{ }^\circ\text{C}$.

На вход схемы питания ставим диод марки КД208 1,5 А, имеющий характеристики:

Величина обратного напряжения: $U_{\text{обр}} = 100 \text{ В}$;

Максимальный прямой ток: $I_{\text{прям}} = 1,5 \text{ А}$;

$I_{\text{обр}} = 100 \text{ мкА}$;

Принципиальная схема питания представлена на рисунке 5.11.

Падение напряжения на стабилизаторе:

$$U_{DA2} = U_{\text{вых}DA1} - U_{\text{вых}DA2} \quad (5.22)$$

$$U_{DA2} = 4 \text{ В}$$

Аналогично рассчитываем U_{DA1} :

$$U_{DA1} = U_{\text{пит}} - U_{VD1} - U_{\text{вых}DA1}, \quad (5.23)$$

где $U_{\text{пит}} = 13,2 \text{ В}$

$U_{VD1} = 0,8 \text{ В}$ – падение напряжения на диоде

$$U_{DA1} = 3,4 \text{ В}$$

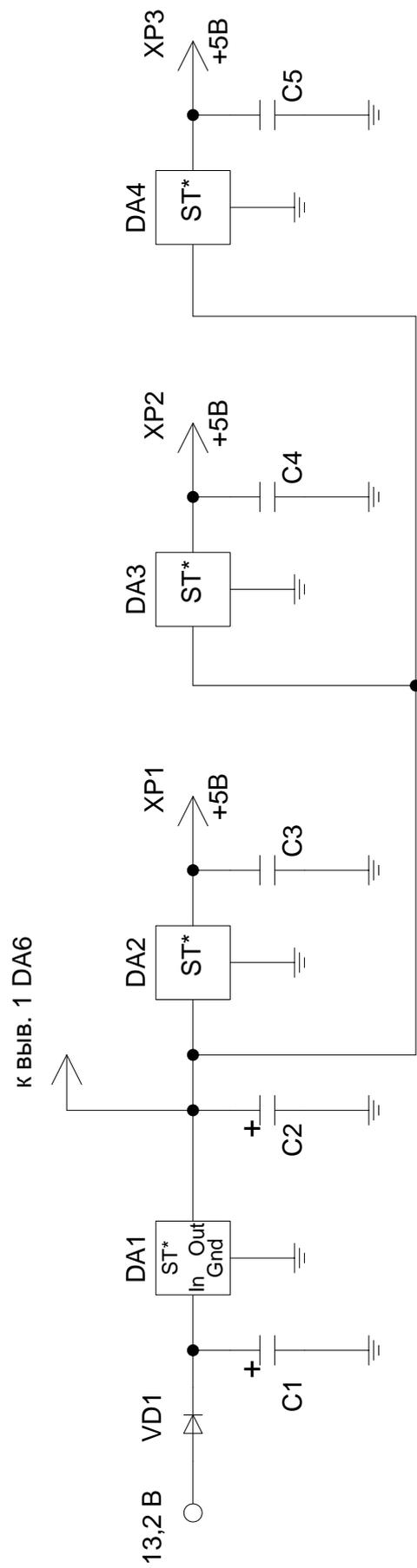


Рисунок 5.11 - Принципиальная схема питания

Мощность, потребляемую с каждой микросхемы 78L05, согласно току потребления микросхем передатчика, рассчитаем по формуле:

$$P_H = U * I, \quad (5.24)$$

где U – напряжение выхода микросхемы 78L05,

I – ток потребления микросхемы

$$P_{HDA2} = 0,09 \text{ Вт},$$

$$P_{HDA3} = 0,0625 \text{ Вт},$$

$$P_{HDA4} = 0,0825 \text{ Вт}.$$

Мощность рассеивания микросхем 78L05 (DA2-DA4):

$$P_{\text{расс}DA} = U_{DA2} * I \quad (5.25)$$

$$P_{\text{расс}DA2} = 0,072 \text{ Вт},$$

$$P_{\text{расс}DA3} = 0,05 \text{ Вт},$$

$$P_{\text{расс}DA4} = 0,066 \text{ Вт}.$$

Суммарная мощность DA1:

$$P_{HDA1} = P_{HDA2} + P_{HDA3} + P_{HDA4} + P_{\text{расс}DA2} + P_{\text{расс}DA3} + P_{\text{расс}DA4} + U_{HDA1} \cdot I_{DA6} \quad (5.26)$$

$$P_H = 1,548 \text{ Вт}$$

Ток микросхемы DA1:

$$I_{DA1} = \frac{P_{HDA1}}{U_{\text{вых}DA1}} \quad (5.27)$$

$$I_{DA1} = 0,172 \text{ А}$$

Мощность рассеивания DA1 найдем по формуле (5.25) подставляя значение тока и напряжения для микросхемы DA1:

$$P_{\text{расс}DA1} = 0,5848 \text{ Вт}$$

Мощность, потребляемая устройством:

$$P = P_{\text{расс}DA1} + P_{HDA1} \quad (5.28)$$

$$P = 2,1328 \text{ Вт}$$

Ток потребления:

$$I = P / U_{\text{пит}} \quad (5.29)$$

$$I = 0,16 \text{ А}.$$

БАНАЛИЗРАСЧИТАННОЙ принципиальной схемы приемника охранной сигнализации

Данные по рассчитанным индуктивностям, использованным в схеме и не относящимся к стандартным изделиям, сведены в таблицу 6.1

Индуктивности L3 и L6 – микрополосковые, параметры сведены в таблицу 6.2.

Таблица 6.1 - Характеристики индуктивностей

Индуктив- ность	Диаметр провода, $d_{\text{пров}}, \text{мм}$	Диаметр витка, d , мм	l , мм	N	Величина индуктив- ности, L , нГн
L2	0,8	3	4,8	6	52
L4	1	4	7	4	30
L5	1	4	6,5	5	48,6
L7	0,8	3	4	4	27
L8	0,8	3	5	5	35

Таблица 6.2 - Характеристики микрополосковых индуктивностей

Индуктивность	Длина реб- ра, A , мм	Ширина по- лосы, мм	N	Величина ин- дуктивности, L , нГн
L3	8	1,143	1	13,35
L6	10	1,429	1	16,7

Подача напряжения от цепи питания на схему производится не через печатную плату, а отдельным проводом.

7 ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

Радиопередатчик охранный - это первое проектируемое устройство предназначено для передачи радиосигналов приемнику в зависимости от изменения входных параметров.

Радиоприемник - это устройство принимает радиоволновой сигнал определенного частотного диапазона и передает его дальше какому-то исполняющему устройству.

Как приемник, так и передатчик представляют собой печатные платы, определенным образом связанные с третьими приборами и обменивающиеся между собой информацией. Третьими приборами могут выступать - для передатчика[24]

- Объемный датчик;
- Дымовой датчик;
- Контактный датчик;
- Тепловой датчик и т.д.

- для приемника:

- Контрольная панель;
- Сирена и т.д.

Платы проектируемых устройств находятся в пластиковом (или ином) корпусе и должны эксплуатироваться в помещении, не подвергаясь воздействию крайне низких температур и обильных осадков (дождь).

Данные устройства должны обладать повышенной надежностью (работать без сбоев и помех).

Так как радиоканальная система сигнализации не является общепринятой в отличие, например, от бытовой техники, то зададимся уровнем производства, равным 100 изделий (на каждое изделие – приемник и передатчик) в год.

Однослойные имеют достоинства: простота конструкции, более простой технический процесс (ТП), повышенная надежность, и недостатки: увеличение габаритов.

Для технического исполнения устройств будут использованы две односторонние печатные платы. И на приемнике и на передатчике дополнительно будет использован проводной монтаж из изолированных проводов с целью соединения цепи питания и входов питания микросхем.

Согласно расчетам, максимальное напряжение цепи питания составляет 13,5 В, следовательно выбираем провод марки МГШДО (многопроволочный, изолированный двойной обмоткой и оплеткой из искусственного шелка), обладающий следующими характеристиками[25]:

- максимальное рабочее напряжение, В: 100;
- номинальное сечение жилы, мм²: 0,5;
- -60..+90°С

Для изготовления односторонних ПП применяем самый распространенный промышленный способ – химический.

Данный метод основан на травлении. Рисунок схемы наносится методом трафаретной или сетчатой печати, после чего и осуществляется непосредственно травление.

Достоинства:

- простой ТП;
- быстрота производства.

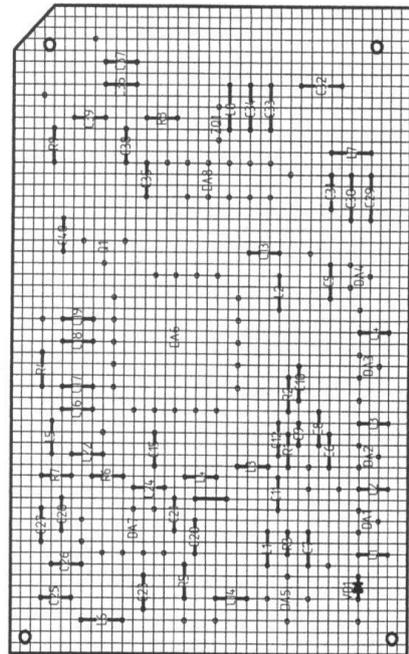
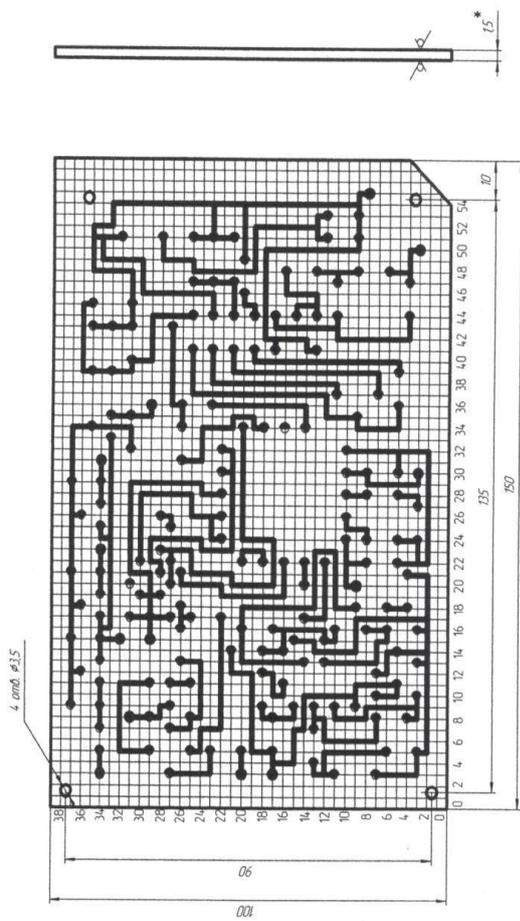
Т.к. используется односторонняя печатная плата, и схемы устройств не представляют особой сложности, то разводка печатной платы была произведена вручную с учетом всех требований, предъявляемых к изготовлению ПП. Размер печатной платы составил:

- для передатчика: 100x100 мм;
- для приемника: 150x100 мм.

В качестве материала для печатной платы используем тонкий фольгированный стеклотекстолит марки ФДТ1 (ТУ ИЖ 47-64), обладающий следующими характеристиками[25]:

- $-60..+120^{\circ}\text{C}$,
- толщина, мм: 0,5 - 0,1;
- удельный вес (с фольгой), г/см^3 : 2,2-3,2;
- пробивное напряжение не менее, кв/мм: 20.

Печатные платы радиоприемника и радиопередатчика со стороны соединений показаны на рисунках 7.1 – 7.2.

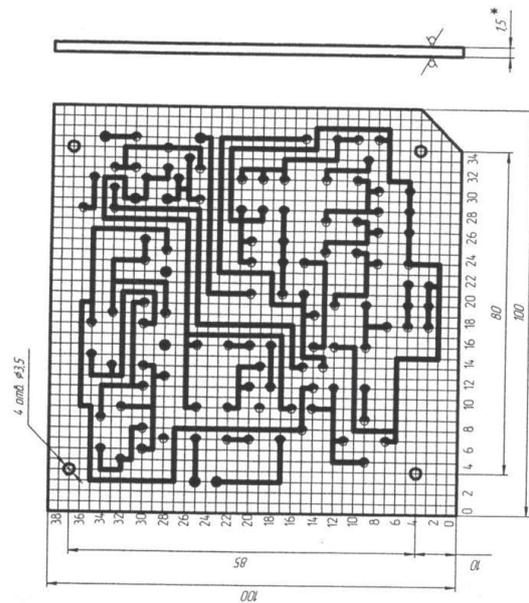


1. Плату изготовить химическим методом
2. Плата должна соответствовать ГОСТ 4.077.000
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм
4. Конфигурация проводников выдерживать по координатной сетке с отклонением от чертежа не более 1мм.
5. Пределные отклонения размеров между центрами отверстий, кроме оголовных осов, в узких местах 0,2мм, в свободных местах 0,3мм.
6. Маркировку производить краской ТНПФ ТУ 29-02-359-70 шрифт 3 по НО.010.007.
7. Размер * указан для справок

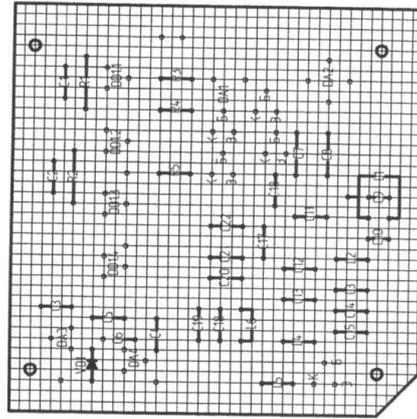
обозначение	толщ. проводника, мм	диаметр отв., мм	диаметр контактной площадки, мм	кол. отв.
●	1,0 ^{±0,1}	2,0 ^{±0,1}	2,0 ^{±0,1}	176
●	2,0 ^{±0,1}	4,0 ^{±0,1}	4,0 ^{±0,1}	11

Перечень элементов платы, кроме мест оголовных осов	Размеры, мм, не менее	
	в свобод. месте	в узких местах
Расстояние между осями проводников	1	0,8
Ширина проводников	1	0,5

Рисунок 7.1 – Печатная плата радиоприёмника



1. Плату изготовить химическим методом
2. Плата должна соответствовать ГОСТ 4.077.000
3. Шаг координатной сетки 2,5 мм
4. Конфигурация проводников выдерживать по координатной сетке с отклонением от чертежа не более 1мм.
5. Предельные отклонения размеров между центрами отверстий, кроме оговоренных осад, в узких местах 0,2мм, в свободных местах 0,3мм.
6. Маркировку производить краской ТМГР ТУ 29-02-359-70 шрифт 3 по НО.010.007.
7. Размер * указан для справок.



обозначение отб.	диаметр отб, мм	диаметр контактной площадки, мм	кол. отб.
●	1,0 ^{±0,1}	2,0 мм	107
●	2,0 ^{±0,1}	4,0 мм	8

Примеры записи плат, кроме мест оговоренных осад	Размеры, мм, не менее	
	в свобод. мест.	в узких мест.
Расстояние между двумя проводниками	1	0,8
Ширина проводника	1	0,5

Рисунок 7.2 – Печатная плата радиопередатчика

8 БЛОК ПИТАНИЯ

Приемник и передатчик потребляют от внешних цепей напряжение равное 13,5 В, однако, согласно заданию на ВКР, источник питания устройства работает на напряжении 220 В, следовательно, необходимо разработать блок питания, преобразующий переменное напряжение высокого уровня в постоянное напряжение низкого уровня.

Напряжение от блока питания необходимо подавать на цепи питания радиоприемника и радиопередатчика, рассчитанные в соответствующих главах.

Для реализации необходимых условий составим принципиальную схему блока питания, представленную на рисунке 8.1.

Для понижения напряжения применяем тороидальный трансформатор питания ТАЛЕМА 70035 с двумя включенными вторичными обмотками. Два независимых выхода выбраны для гальванической развязки питания передатчика и приемника, что связано с различными режимами работы двух приборов при одинаковом напряжении питания.

На первичную обмотку Т1 поступает переменное напряжение 220-230 В. На выходе каждой из вторичных обмоток получаем напряжение равное 22 В (под нагрузкой).

Далее напряжение выпрямляется с помощью однофазной мостовой схемы. В каждой ветви по четыре вентиля собраны по схеме моста, в первой – VD1.1 – VD1.4, во второй – VD2.1 - VD2.4. Выбираем, согласно входному напряжению, диод марки КД903А.

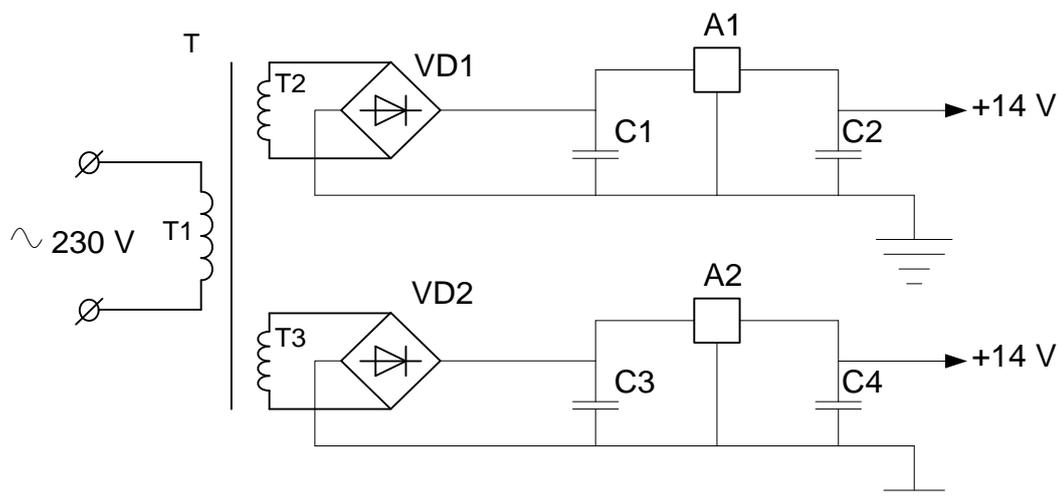


Рисунок 8.1 - Блок питания

Сглаженное напряжение поступает на линейный стабилизатор напряжения А1 для первой ветви (А2 - для второй ветви). Выбрали стабилизатор марки КР142ЕН12А (корпус ТО220). Данный стабилизатор имеет полную защиту от перегрузок, включающую внутрисхемное ограничение по току, защиту от перегрева и защиту выходного транзистора. Все схемы защиты от перегрузок остаются полностью работоспособными даже если вход регулирования отключен. Данные функции защиты вместе с гальванической развязкой цепей питания приемника и передатчика позволяют полностью индивидуализировать работу каждого из двух устройств, фактически исключив влияния напряжение питания одного из них на другое.

Таблица 8.1 - Основные параметры микросхемы КР142ЕН12А

Параметр	Значение
Ток выхода (номинальный), А	1,5
Напряжение выхода, В	1,2-37
Ток выхода (минимальный), мА	10
Разность входного и выходного напряжений, В	5-45
Максимальная рабочая температура, °С	+ 70

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе ВКР была разработана радиоканальная система охранной сигнализации, служащая для обеспечения безопасности частных лиц и организаций.

Правильные выбор и внедрение охранных систем поможет не только сильно снизить риск чрезвычайных ситуаций, но и в некоторых случаях полностью избавить себя от последствий влияния отрицательных факторов (предотвращение взлома, проникновения, своевременное оповещение о пожаре).

Взятая для исследования система сигнализации радиоканального типа в отличие от кабельной системы имеет ряд преимуществ:

- более удобная установка;
- не требуется протяжка соединительных кабелей, а также их замены при старении;
- удобство в обслуживании;
- возможность монтажа после ремонта помещения.

В ВКР были рассчитаны радиопередатчик и радиоприемник охранной сигнализации стандартного варианта для рабочей частоты (частота охранных радиоканальных систем, принятая в РФ, равна 433 МГц). Для питания передатчика и приемника от сети переменного тока 220 В был рассчитан блок питания, выдающий на двух своих выходах 14 В, что и требуется для работы устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рекомендации по применению беспроводного оборудования ближнего действия компании VISONICLtd, ООО «Импалс». – С.-Петербург, 1999. – 135с;
2. <http://www.nelsy.ru/ohrana.html>
3. Радиоловитель: радиотехнический журнал. – 2000, март;
4. Радиопередающие устройства на полупроводниковых приборах: учеб.пособие для радиотех. спец. вузов. – М.: Высш.шк. – 1989. – 232с.: ил.
5. Бирюков С.А., Применение цифровых микросхем ТТЛ и КМОП. – М: ДМК, 1999 – 240 с.: ил.
6. Промышленная электроника, поставщик комплектующих - <http://www.promelec.ru>
7. Стрелец В.М., Безопасность жизнедеятельности для студентов вузов, 2004;
8. Хван Т.А., Хван П.А., Безопасность жизнедеятельности: учеб.пособие для вузов, 2003;
9. Родионова В.Н., Туровец О.Г. Организация производства и управление предприятием: Учебное пособие. – М.: Издательство РИОР, 2005 – 128 с.
10. Экономика предприятия / Под ред. В.Я. Горфинкеля, В.А. Швандара. – М.:ЮНИТИ, 1997.
11. Межгосударственный стандарт (электронная версия) ГОСТ 2.105-95, Общие требования к текстовым документам.: Минск, переизд, 1998.
12. Государственный стандарт (электронная версия) ГОСТ 2.102-68, Виды и комплектность конструкторских документов.: переизд. с изменениями, 1995.
13. Коледов, Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок: учебное пособие для вузов/ изд. 2-е/Л.А.Коледов. – Спб.: Лань, 2008. – 400с.

14. Аксенов, А.И. Отечественные полупроводниковые приборы: справ.кн.1/А.И.Аксенов. – М.: Академия, 2002. – 539с.
15. Транзисторы: справочник / Ред. О.П. Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В.Кондратьев и др. – М.: Радио и связь, 1998. – 272с.
16. Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные, диоды импульсные, оптоэлектронные приборы: Справочник / Под ред. А.Б. Гижцевич, А.А.Зайцев, В.В.Мокряков и др. – М.: Радио и связь, 1998. – 272с
17. Эраносян, С.А. Сетевые блоки питания с высокочастотными преобразователями/ С.А.Эраносян. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 176с.
18. Григорян, С.Г. Конструирование электронных устройств систем автоматизации и вычислительной техники: учебное пособие для вузов / С.Г.Григорян. – Ростов н/Д: Феникс, 2007 – 303с.
19. Полупроводниковые приборы.Диоды выпрямительные, стабилитроны, тиристоры: Справочник – второе издание, стереотип / О.Н. Лебедев и др. – М.: КУБК - а, 1996 – 384с.
20. Полупроводниковые приборы. Диоды высокочастотные, импульсные, оптоэлектронные приборы: Справочник – второе издание, стереотип / Под. Ред. А.В. Голопедова. – М.: КУБК – а, 1996 – 592с.
21. Боготарев, Е.А. Энциклопедия электронных компонентов : Большие интегральные схемы / Е.А. Боготарев, А.Н. Еркин, В.Ю. Ларин, А.Е. Лянин, ред. А.Н. Еркин. Т.1. – М.: ООО Микротим, 2006. – 224с.
22. Расчет электронных схем. Примеры и задачи: Учебное пособие для ВУЗов по специальности электронная техника / Г.И. Изъюрова и др. – М.: Высшая школа, 1987 – 335с.
23. Справочник разработчика и конструктора РЭА. Элементная база: в двух томах. – М.: Энерготомиздат: 1993 – Т2- 300с.
24. Пирогова, Е. В. Проектирование и технология печатных плат: учебник для ВУЗов / Е.В. Пирогова. – М.: ИНФА – М, 2005. – 560с.