

Асатрян А.А., Жижов Н.С.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Якименко К.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: armen_asatryan_5@mail.ru

Разработка системы помощи при парковке автомобиля

Парктроник — это электронное устройство, предназначенное для помощи водителям при парковке и маневрировании автомобилем. Оно использует различные технологии для определения расстояния до близлежащих объектов и предупреждает о потенциальных препятствиях.

Основная функция парктроника заключается в измерении расстояния до объектов с помощью датчиков, таких как ультразвуковые или радарные. При обнаружении препятствий парктроник может издавать звуковые сигналы или отображать информацию на дисплее, чтобы информировать водителя о расстоянии до объекта [1–5].

Парктроники выпускаются как в виде вспомогательных устройств, которые можно установить на машину самостоятельно, так и встроенные в комплектацию современных автомобилей. Для машин, в которых отсутствует установленный парктроник, хорошим решением представляется применение парктроников, устанавливаемых в гараже. Это позволяет не нарушать штатную конструкцию автомобиля, что особенно важно для машин, находящихся на гарантии предприятия-изготовителя. Целью данной работы является разработка системы помощи при парковке автомобиля.

На рис. 1 представлена структурная схема системы помощи при парковке автомобиля. В схеме присутствуют: источник питания; плата Arduino UNO; световая и звуковая индикация и ультразвуковой дальномер.

Принцип работы данного парктроника заключается в том, что ультразвуковой дальномер излучает ультразвуковые волны через специальный датчик. Плата Arduino принимает сигнал, возвращающийся от препятствия. Расстояние l до объекта можно вычислить, используя формулу:

$$l = (t / 2) \cdot V_{зв},$$

где t — время, за которое ультразвук прошел до препятствия и обратно; $V_{зв} = 343$ м/с — скорость звука в воздухе.

Arduino обрабатывает полученные данные и сравнивает расстояние с заданными пороговыми значениями. Например, можно установить три зоны: безопасная, умеренная и опасная.

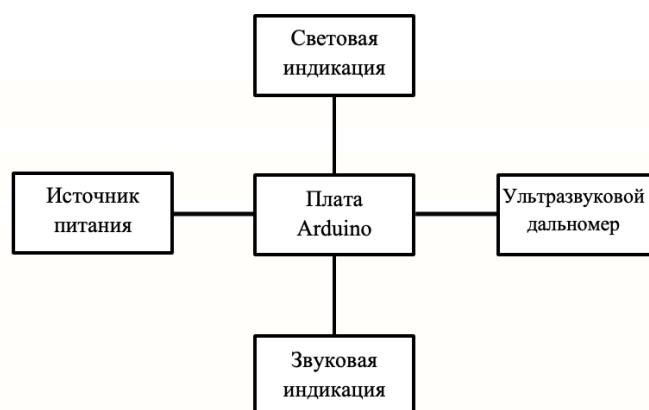


Рис. 1 – Структурная схема парктроника

Прототип устройства собран на макетной плате. В качестве индикатора используется 6 светодиодов. В качестве ограничителя тока светодиодов используются резисторы 220 Ом. В качестве ультразвукового дальномера используется модуль HC-SR04 — это популярный сенсор,

используемый для измерения расстояния до объектов с помощью ультразвуковых волн. Его рабочий диапазон составляет от 2 см до 4 м. В качестве звукового индикатора используется пьезодинамик. На рис. 2 представлен готовый прототип устройства.

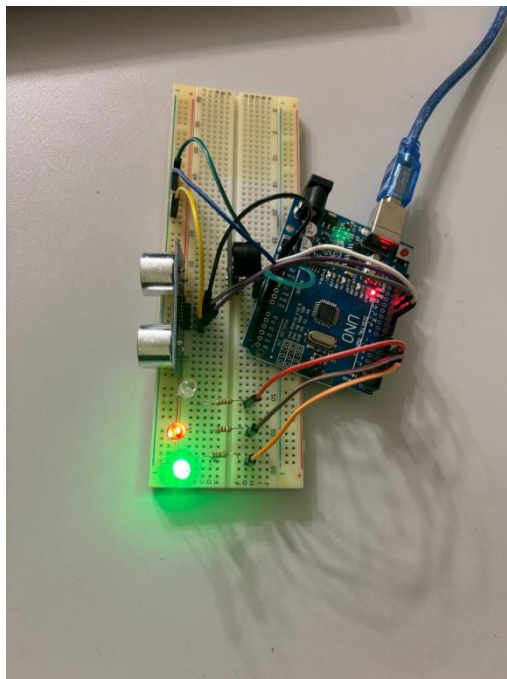


Рис. 2 – Прототип парктроника

Для Arduino была написана программа управления. Была спроектирована печатная плата. Организовано автономное питание парктроника от аккумулятора. Проведены испытания работы устройства.

Литература

1. Иванов, А. В. Автомобильные парктроники: принцип работы и выбор / А. В. Иванов, С. П. Петров. — Москва : Автотехника, 2020. — 145 с. — ISBN 978-5-1234-5678-9.
2. Смирнов, Д. К. Современные системы помощи водителю / Д. К. Смирнов. — Санкт-Петербург : Транспортные технологии, 2019. — 210 с. — ISBN 978-5-9876-5432-1.
3. Parking Sensors: Technology and Application / ed. by John R. Thompson. — Berlin : Springer, 2021. — 180 p. — ISBN 978-3-654-32109-5.
4. Кузнецов, Е. М. Электронные системы автомобиля / Е. М. Кузнецов. — Москва : За рулём, 2018. — 176 с. — ISBN 978-5-8765-4321-0.
5. Горбунов, В. А. Беспроводные парктроники: преимущества и недостатки / В. А. Горбунов // Автомобильная электроника. — 2022. — № 4. — С. 45–52.

Беззубов М.Д.

Научный руководитель к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: zidgeleve@mail.ru

Разработка портативного цифрового осциллографа на основе микроконтроллера STM32F103C8T6

Портативный цифровой осциллограф представляет собой современное устройство, которое находит широкое применение в различных областях науки и техники. Актуальность данного проекта обусловлена следующими факторами:

- мобильность и компактность; высокая точность и чувствительность;
- широкий диапазон измерений; интеграция с другими устройствами;
- современные интерфейсы и программное обеспечение;
- применение в образовании.

Цель работы: собрать и исследовать возможности портативного цифрового осциллографа в различных областях применения, а также разработать рекомендации по его оптимальному использованию для повышения точности и эффективности измерений.

Задачи: – сборка устройства; измерение технических характеристик, таких как частотный диапазон, чувствительность, разрешение и скорость сбора данных; улучшение программного обеспечения.

Была проведена сборка устройства по принципиальной схеме, представленной на рисунке 1:

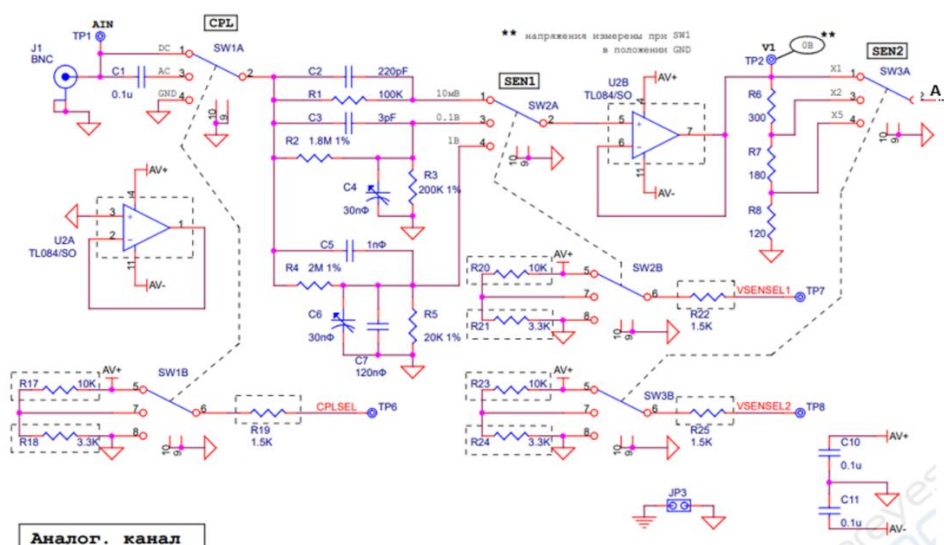


Рисунок 1 а) аналоговая часть принципиальной схемы осциллографа

Технические характеристики данного осциллографа:

- количество выборок 1 млн./сек; полоса пропускания 0...200 кГц;
- диапазон чувствительности 10 мВ/дел...5 В/дел.; макс. входное напряжение 50 В;
- входное сопротивление 1 МОм; разрешение 12 бит; длина записи 1024 точки;
- шкала по времени 500 сек/дел....10 мсек/дел.; питание 9 В.

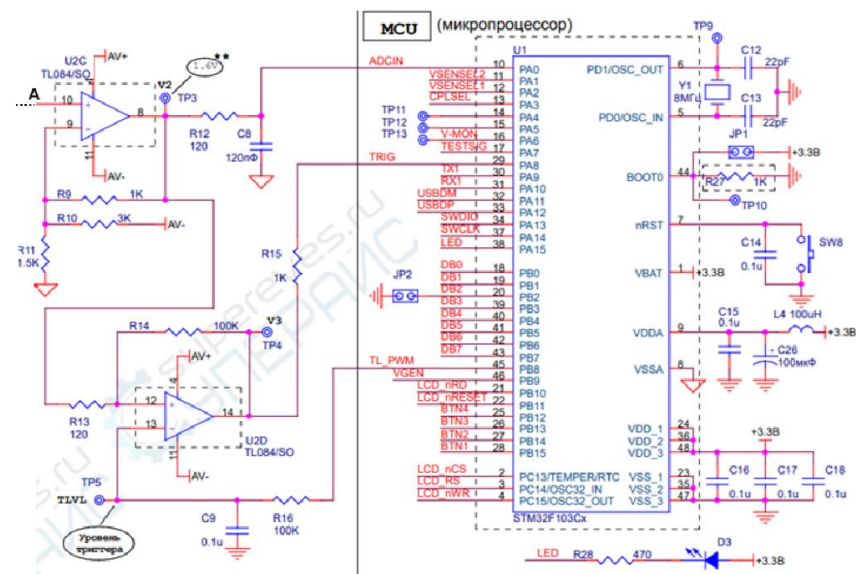


Рисунок 1– Принципиальная схема цифровой части осциллографа

Результат сборки представлен на рисунке 2:



Рисунок 2 – Цифровой осциллограф после сборки

В данной работе производится анализ работы устройства, его функционирование при различных версиях прошивки. Демонстрируются особенности работы цифрового осциллографа.

Таким образом, был разработан, собран и протестирован портативный цифровой осциллограф на основе микроконтроллера STM32F103C8T6, который имеет высокую точность, мобильность и универсальность это делает его незаменимыми в различных областях, способствуя развитию технологий и повышению эффективности работы.

Литература

1. Иванов И.И. Цифровые осциллографы: принципы работы и применение. – М.: Наука и техника, 2021. – 350 с.
2. Петров П.П. Методы измерений в электронике / Под ред. Петрова П.П. – СПб.: Техносфера, 2020. – 420 с

Беркут И.А., Березина Д.М.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Якименко К.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: irinaberkut07@mail.ru

Амплитудные глитчи быстродействующих ЦАП в составе современных систем связи

Важная задача современных телекоммуникационных систем (Wi-Fi, 5G) заключается в увеличении скорости передачи данных. Это достигается за счёт использования квадратурной амплитудной модуляции (QAM – Quadrature Amplitude Modulation) высоких порядков, таких как QAM-1024 и QAM-4096. Однако такие методы модуляции крайне чувствительны к искажениям сигнала, вызванным нелинейностями и шумами в формирователях сигналов. Одними из ключевых элементов таких формирователей являются быстродействующие цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП), работающие в специальных режимах, например, RF (mix mode) [1–3]. Выходной сигнал этих устройств может содержать амплитудные глитчи – кратковременные скачки амплитуды, возникающие в моменты переключения высокочастотных ключей на выходе быстродействующих ЦАП. Глитчи приводят к росту дискретных побочных спектральных составляющих (ДПСС), что вызывает смещение точек в сигнальном созвездии. Если смещение точек достаточно велико, принятые биты идентифицируются неверно. Целью данной работы является оценка амплитуды вектора ошибки систем связи на основе быстродействующего ЦАП в режиме RF при наличии амплитудных глитчей.

Для качественной оценки передачи данных при QAM-модуляции ключевым параметром является модуль вектора ошибки (Error Vector Magnitude, EVM) – это длина вектора, соединяющего точку идеального местоположения символа в созвездии и точку принятого символа. EVM определяется как

$$EVM = \sqrt{\frac{\frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} (I_{err}^2[n] + Q_{err}^2[n])}{EVM_{norm}}} \times 100\%$$

где n – индекс символа; N – количество символов; I_{err} – проекция вектора ошибки на действительную ось; Q_{err} – проекция вектора ошибки на мнимую ось; вектор ошибки – геометрическая разность между идеальным вектором и вектором принятого сигнала; EVM_{norm} – нормализованная величина среднеквадратичного вектора всех точек сигнального созвездия.

Рассмотрим случай, когда глитчи представляют собой прямоугольные импульсы и повторяются с периодом $1/(2f_T)$, то есть с каждым переключением ключей возникает утечка тока, вызывающая глитч.

Математическая модель выходного сигнала быстродействующего ЦАП в режиме RF имеет вид

$$SRF_i = \begin{cases} \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \text{trunc}\left(K_{\text{ЦАП}_\text{ЗН}} \cdot i \cdot \Delta t\right)\right), \\ \text{при } 0 \leq i \cdot \Delta t \leq \frac{1}{2f_T}, \\ -\sin\left(2 \cdot \pi \cdot \text{trunc}\left(K_{\text{ЦАП}_\text{ЗН}} \cdot i \cdot \Delta t\right)\right), \\ \text{при } \frac{1}{2f_T} < i \cdot \Delta t \leq \frac{1}{f_T}, \end{cases}$$

где i – отсчёты времени; $\text{trunc}(x)$ – операция выделения целой части числа x ; $K_{\text{ЦАП}_\text{ЗН}}$ – коэффициент передачи по частоте быстродействующего ЦАП в определённой зоне Найквиста;

$\Delta t < \frac{1}{4f_T}$ – интервал дискретизации для моделирования.

Была создана модель, позволяющая оценить EVM при передаче символов при использовании квадратурной модуляции на выходе ЦАП в режиме RF. Выходной сигнал ЦАП и его спектр представлены на рис. 1.

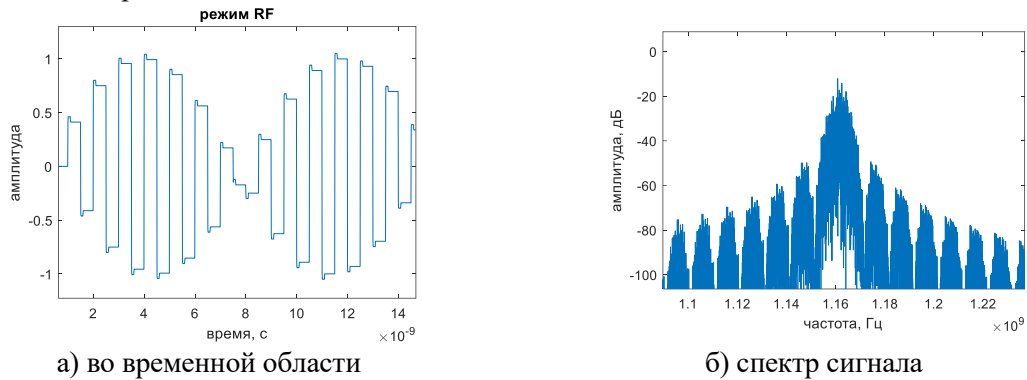


Рис. 1 – Выходной сигнал ЦАП

На рис. 2 показаны зависимости EVM от коэффициента передачи ЦАП, работающего в режиме RF в третьей зоне Найквиста, по основной частоте при квадратурной модуляции QAM-1024 и QAM-4096 при трёх значениях амплитуды глитчей: 2%, 4% и 6% от амплитуды сигнала.

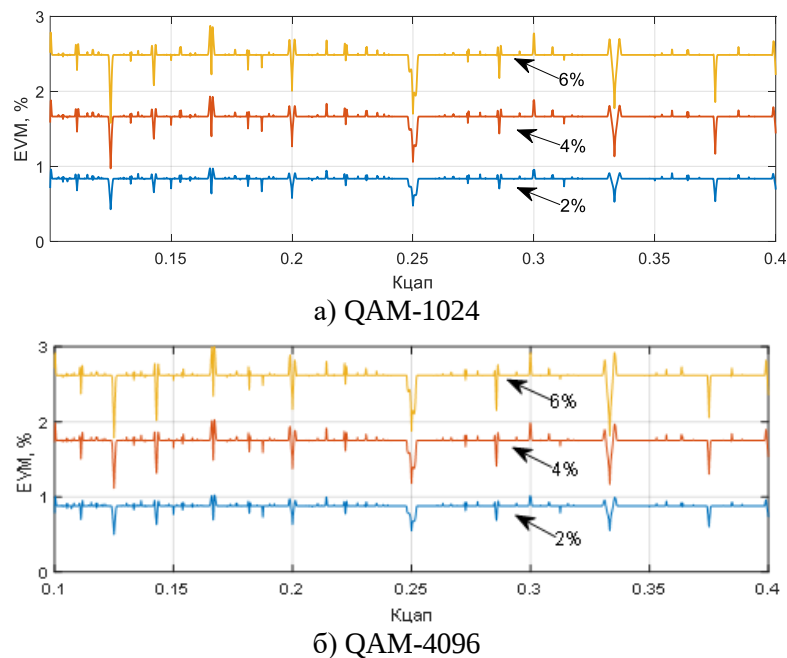


Рис. 2 – Зависимости EVM от коэффициента передачи быстродействующего ЦАП по основной частоте

Исследование показало, что изменение длительности глитчей τ не влияет на значение EVM, но увеличение амплитуды глитчей a приводит к росту модуля вектора ошибки. Изменение коэффициента передачи по основной частоте в общем не влияет на изменение EVM, однако существуют значения коэффициента передачи, при которых наблюдается резкие спады и скачки EVM. Это происходит из-за возникновения ошибок некротности основной частоты ЦАП тактовой частоте.

Литература

1. Ромашов В.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Якименко К.А., Сочнева Н.А. Повышение эффективности использования высших зон Найквиста при прямом цифровом синтезе высокочастотных сигналов // Радиотехника, 2022, Т. 86, № 5. – С. 135–144.
2. Якименко К.А., Ромашов В.В., Храмов К.К., Докторов А.Н., Сочнева Н.А. Исследование шумовых характеристик синтезаторов частот на основе быстродействующих цифро-аналоговых преобразователей // Радиотехника, 2023, Т. 87, № 11. – С. 180–191.
3. Якименко К. А., Ромашов В. В., Березина Д. М., Беркут И. А. Оценка влияния амплитудных глитчей и фазового шума формирователей сигналов на основе быстродействующих ЦАП на параметры систем связи с QAM-модуляцией // Радиотехнические и телекоммуникационные системы, 2025, №1. – С. 48–58.

Губочкин А.А., Чугунок А.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: deikobogdan@yandex.ru.

Модернизация тестера электронных компонентов на основе микроконтроллера Atmega328

С развитием микроконтроллеров появились комбинированные приборы для проверки исправности электронных компонентов, такие как транзистор-тестер. Этот прибор широко используется как в радиолюбительской практике, так и в производстве для быстрой диагностики радиоэлементов [3]. Он позволяет проверять исправность различных компонентов: резисторов, конденсаторов, катушек индуктивности, диодов, светодиодов, тиристоров и транзисторов. Тестер также определяет полярность источников питания до 5 В, структуру и цоколёвку биполярных и полевых транзисторов, а также измеряет их коэффициент усиления. Время работы устройства должно составлять от 7 дней и более [1].

На рисунке 1 представлена структурная схема работы модернизированного транзистор-тестера. Аккумулятор служит источником питания тестера, позволяя использовать его без внешнего питания. Плата защиты защищает от перепадов напряжения, перегрузок и короткого замыкания. Повышающий преобразователь увеличивает выходное напряжение аккумулятора до необходимого уровня для работы всех компонентов тестера. Стабилизатор обеспечивает постоянное выходное напряжение для стабильной работы микроконтроллера и других чувствительных элементов. Микроконтроллер управляет функциями устройства, обрабатывает сигналы от тестируемого элемента и отображает информацию на дисплее. Резонатор задает частоту работы микроконтроллера, обеспечивая синхронизацию процессов. Дисплей необходим для отображения характеристик проверяемых компонентов, а цепь защиты предотвращает повреждение других элементов схемы от перегрузок или неправильного подключения. Радиоэлементом называют любой проверяемый тестером компонент [2].

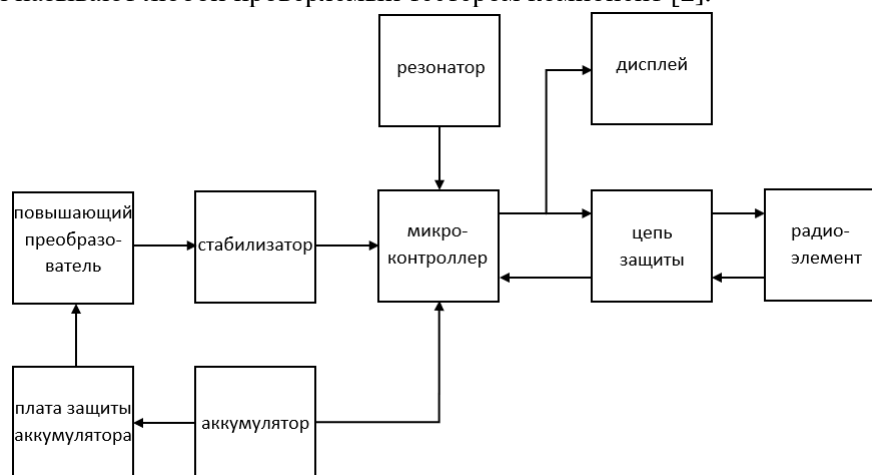


Рисунок 1. Структурная схема устройства.

Микроконтроллер Atmega328 в транзистор-тестере отвечает за обработку и анализ данных от радиоэлемента, выполнение вычислений для определения его характеристик, управление дисплеем для отображения результатов и обеспечение взаимодействия с другими компонентами устройства [4]. На рисунках 2, 3, 4 представлены электрические принципиальные схемы устройства.

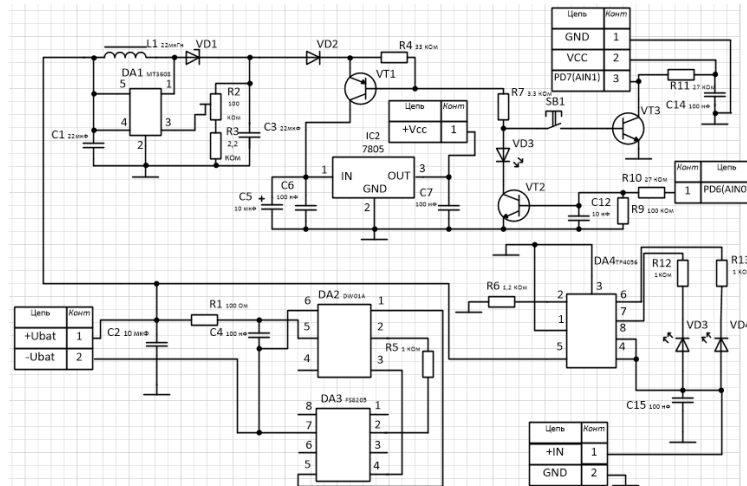


Рисунок 2. Схема питания электрическая принципиальная

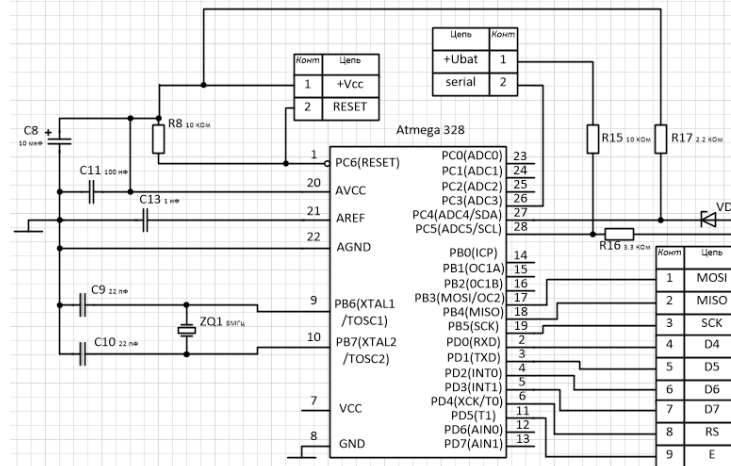


Рисунок 3. Схема микроконтроллера электрическая принципиальная

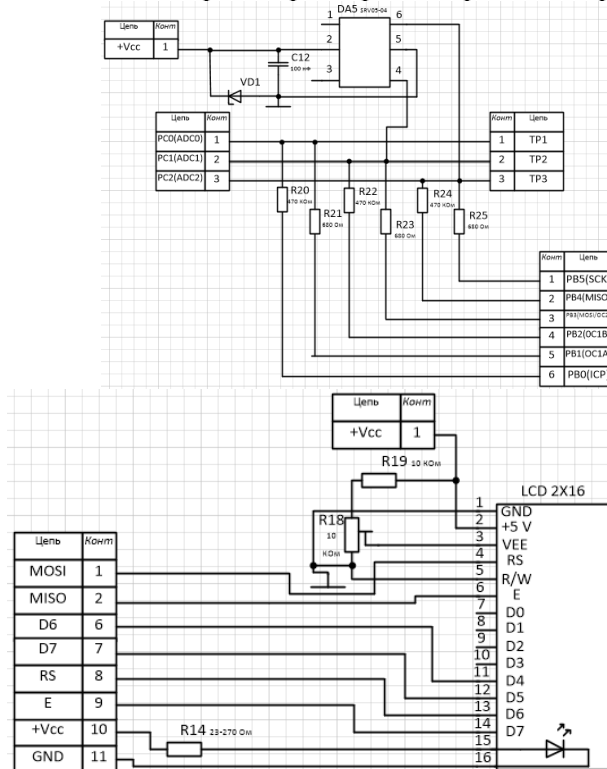


Рисунок 4. Схемы подключения внешних устройств электрические принципиальные

В виду сложности поиска прошивки микроконтроллера устройство находится в разработке.

Литература

1. Морозов, А. В. (2019). Микроконтроллеры: от основ до практического применения. Москва: Издательство "Энергия".
2. Кузнецов, И. Н. (2020). Проектирование и разработка устройств на основе микроконтроллеров. Санкт-Петербург: Издательство "Питер".
3. Смирнов, В. П. (2018). Электронные измерения и приборы. Москва: Издательство "Наука".
4. Лебедев, С. А. (2021). Основы работы с микроконтроллером Atmega328. Екатеринбург: Уральский университет.

Губочкин А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: chugunovandrey.207@gmail.com

Разработка компактного FM-радиопередатчика низкой мощности на основе 3 транзисторов

Радиопередатчики с частотной модуляцией (FM) — это устройства, которые используют метод частотной модуляции для передачи звуковых или других сигналов по радиоканалу. Этот метод модуляции позволяет передавать информацию с высокой устойчивостью к помехам и искажениям, что делает FM радиопередатчики популярными в радиовещании и других приложениях. FM радиопередатчики активно применяются в радиосвязи и радиовещании.

Структурная схема устройства показана на рисунке 1. Принцип работы устройства таков: сигнал с микрофона попадает в УНЧ[1], где усиливается и попадает в автогенератор-модулятор, в котором генерируется несущая частота в FM диапазоне и происходит модуляция сигнала с микрофона[2]. Далее модулированный сигнал попадает в УВЧ, где повторно усиливается и попадает в антенну, откуда излучается в пространство [2].

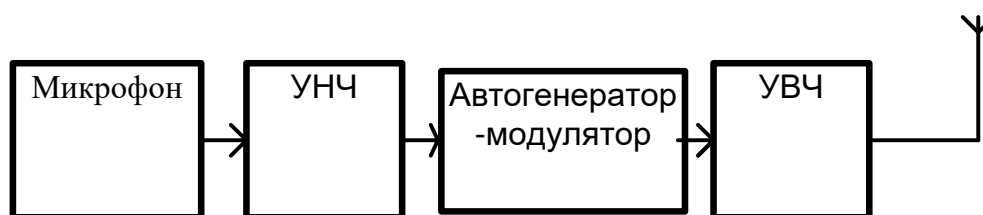


Рис. 1 Структурная схема устройства

Микрофон был выбран электретный, УНЧ был реализован на отечественном транзисторе КТ3102, автогенератор на транзисторе КТ368, а УВЧ на транзисторе КТ368. В результате была создана электрическая схема, представленная на рисунке 2.

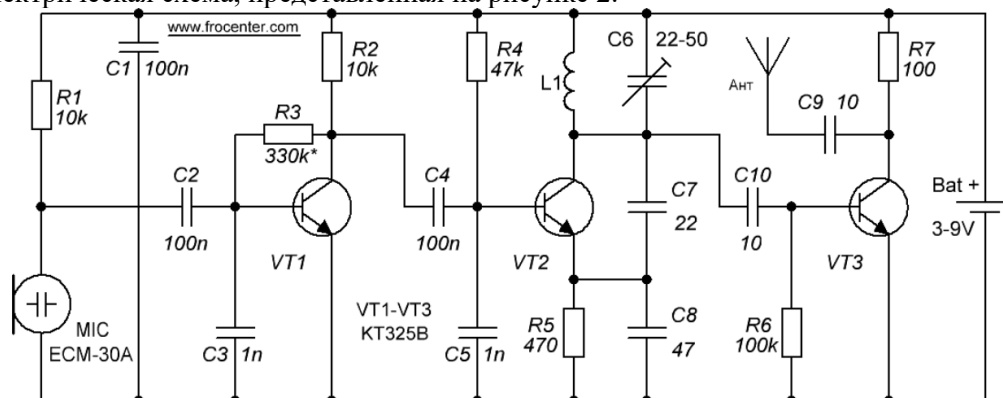


Рис. 2 Схема электрическая принципиальная

В данной схеме, сигнал с микрофона идет на каскад УНЧ на биполярном транзисторе с параллельной ООС по напряжению для термостабилизации параметров транзистора [2]. Усиленный сигнал с УНЧ попадает в автогенератор на ВЧ транзисторе, у которого в цепи коллектора находится параллельный колебательный контур для генерирования несущей частоты, транзистор также имеет термостабилизацию в цепи эмиттера. Далее уже модулированный ВЧ сигнал попадает в усилитель высокой частоты на биполярном транзисторе, в цепи коллектора которого стоит катушка L1 и конденсатор C6. для стабилизирования коэффициента усиления транзистора [3], далее сигнал идет в антенну, откуда излучается в пространство.

Передатчик также имеет подстройку по частоте с помощью растягивания и сжатия витков катушки L1 и смены индуктивности конденсатора С6. Питание устройства осуществляется от источника питания в 8 В, т.е в качестве питающего элемента можно использовать батарейку типа «крона». Антенна представлена отрезком провода длиной 0,55м и сам передатчик настроен на частоту вещания 90,8 МГц. На рисунке 3 представлен внешний вид устройства.



Рис. 3 Внешний вид радиопередатчика

Настройка радиожучка начинается с установки напряжения на коллекторе транзистора VT1 (подбором резистора R3) равному половине напряжения питания, затем, включается радиоприёмник и настраивается на нужную частоту, подстройкой конденсатора С6. После проверки качества звука и дальности связи, растягивается или сжимается катушка L1 до тех пор, пока частота вещания радиопередатчика не попадет в FM диапазон и не будет перекрываться радиостанциями. Далее включаем радиоприемник и настраиваем его на эту же частоту, после настройки динамик в радиоприемнике должен перестать шуметь, а при стуке издаваемом у микрофона, он должен повторяться в динамике радиоприемника. После этого настройку радиопередатчика можно считать оконченной

Устройство, рассмотренное в данной работе, используется для учебных или любительских целей и имеет мощность менее 10 мВт.

Литература

1. Радиопередающие устройства: учебник для вузов / Шахгильдян В. В., Козырев В. Б., Ляховкин А. А. [и др.] ; ред. Шахгильдян В. В. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1990. - 431 с. - Библиогр.: с. 427-
2. Радиопередающие устройства : учебник для вузов / Шахгильдян В. В., Козырев В. Б., Ляховкин А. А., Нуянзин В. П. ; ред. Шахгильдян В. В. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1996. - 559 с. - Библиогр.: с. 553-556. - ISBN 5-256-01237-1.
3. Проектирование радиопередающих устройств: учебное пособие для вузов / Шахгильдян В. В., Власов В. А., Козырев В. Б. [и др.] ; ред. Шахгильдян В. В. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1993. - 512 с. - Библиогр.: с. 503-510. - ISBN 5-256-01025-5..
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. (The Art of Electronics) М.: «Бином», 2015. - 1290 с.

Ерофеев А.М.

Научный руководитель к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

e-mail: arseniierofoev@gmail.com

Исследование модуля RCWL-0516 и способы его применения

Данная работа посвящена модулю RCWL-0516 и возможностям его применения.

Датчик RCWL-0516 — это малогабаритный датчик, основанный на эффекте Доплера, принцип работы которого основан на изменении частоты микроволн, отразившихся от движущегося объекта. [1]

Датчик имеет встроенный генератор, который генерирует сигнал на частоте 3,18 ГГц. Если какой-то объект перемещается в зоне действия датчика, то происходит изменение в отражении волны и встроенный приемник принимает отраженный сигнал и фиксирует изменения частоты. Датчик сравнивает частоту отраженных волн с частотой исходного сигнала. Если частота отраженных волн изменилась, то это укажет на то, что объект движется.

Принципиальная схема модуля, исследованного в данной работе, показана на рисунке 1.

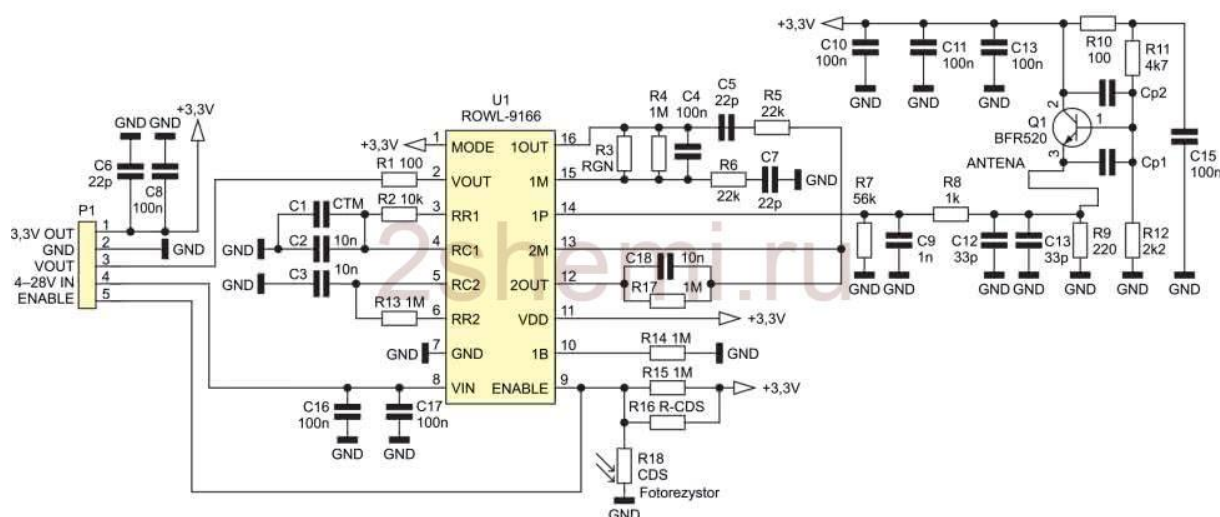


Рисунок 1 – Схема модуля RCWL-0516.

Характеристики датчика:

Датчик работает при напряжении равном 5 вольтам и токе около 3 миллиампер, имеет рабочую частоту примерно 3,2 ГГц. Максимальная мощность передачи составляет 30 мВт.

Достоинствами этого датчика является угол обзора в 360 градусов, дальность действия до 7 метров и возможностью обнаруживать объекты, движущиеся со скоростью до 2 метров в секунду. Также в схеме предусмотрена задержка, которая предупреждает повторное срабатывание датчика на один и тот же объект [2].

Данный модуль может быть использован в системах охраны и безопасности. Благодаря своей способности обнаруживать движение, он может быть интегрирован в охранные сигнализации, чтобы предупреждать владельцев, когда кто-то входит в защищенную зону. Использование этого модуля позволяет создавать более надежные системы по сравнению с традиционными инфракрасными датчиками, которые могут быть заблокированы препятствиями или изменениями температуры. Во-вторых, такой модуль может найти применение в автоматизации умного дома. Например, он может использоваться для автоматического включения и выключения освещения, когда человек входит или выходит из помещения. Это позволяет не только повысить удобство, но и сэкономить электроэнергию. [3]

На рисунке 2 к исследуемому модулю добавляется схема, позволяющая организовать систему сигнализации. Кнопка SB1 позволяет сбрасывать триггер, который устанавливается после прихода импульса с модуля датчика. Использование триггера позволяет удерживать сигнал тревоги, запускающий звуковой генератор, все время, пока не будет произведен сброс.

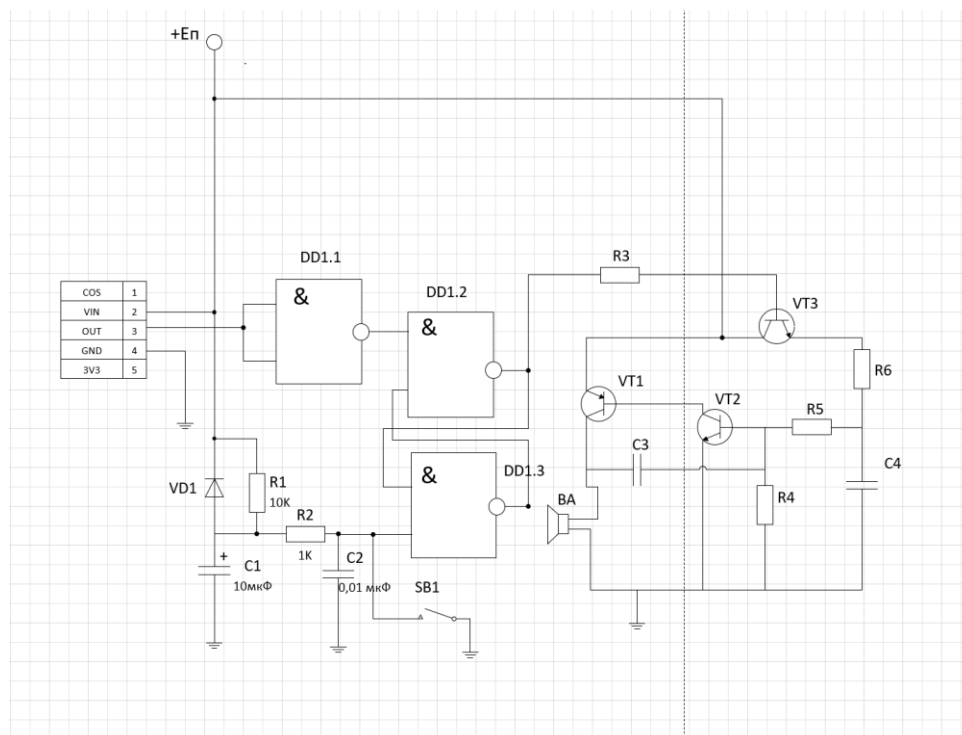


Рис. 2 – система сигнализации с модулем RCWL-0516.

Таким образом, разработана система сигнализации, в которой применяется датчик движения RCWL-0516, работающий на эффекте Доплера. Устройство функционально, произведена сборка на макетной плате. После включения требуется регулировка чувствительности подбором резистора R5 модуля.

Литература

1. СВЧ детектор движения RCWL-0516 [Электронный ресурс]: <https://2shemi.ru/svch-detektor-dvizheniya-rcwl-0516/>
2. Датчик движения RCWL-0516: подключение, настройка и использование [Электронный ресурс]: <https://www.joyta.ru/19504-datchik-dvizheniya-rcwl-0516-podklyuchenie-nastroyka-i-ispolzovanie/>
3. RCWL-0516 [Электронный ресурс]: [https://www.atrinelec.com/download/datasheet/RCWL-%200516\(Atrinelec.com\).pdf](https://www.atrinelec.com/download/datasheet/RCWL-%200516(Atrinelec.com).pdf)

Жижов Н.С, Асатрян А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Якименко К.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: asasa.play@yandex.ru

Разработка аудиосистемы на основе усилителя класса D

Усилители класса D, также известные как цифровые усилители, имеют ряд преимуществ по сравнению с усилителями других классов (например, класса A, B и AB). Основные преимущества данных усилителей: высокая эффективность, компактные размеры, низкое тепловыделение, высокая выходная мощность, широкий диапазон частот, низкие искажения [1–5]. Целью данной работы является разработка аудиосистемы на основе усилителя класса D.

Структурная схема разрабатываемого устройства представлена на рис. 1. Аудиосистема содержит три блока питания, которые подключаются к сети 220 В. Блоки питания формируют постоянное напряжение с номиналами 12 В (для питания беспроводного модуля Bluetooth), 18 В (для питания предварительного усилителя) и 36 В (для питания усилителя класса D для достижения большой выходной мощности).

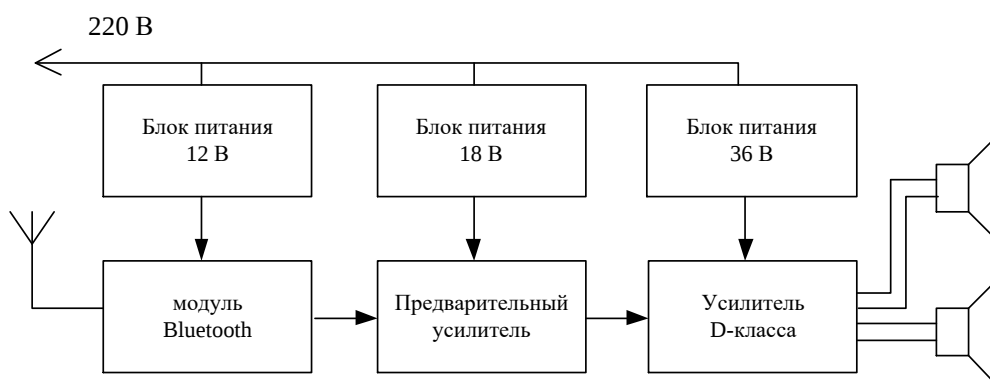


Рис. 1. Структурная схема усилителя

Беспроводной модуль Bluetooth служит для передачи аудиосигнала от источника (например, от телефона) к аудиосистеме, он принимает аудиосигнал в цифровом формате и преобразует его в аналоговый сигнал. Далее предварительный усилитель принимает аналоговый сигнал от модуля Bluetooth и усиливает его до уровня, подходящего для дальнейшей обработки. Предварительный усилитель также выполняет функции управления громкостью и эквализации, после чего сигнал передается на усилитель класса D.

Усилитель класса D принимает усиленный сигнал от предварительного усилителя и усиливает его до уровня, необходимого для работы динамиков. Он работает по принципу широтно-импульсной модуляции (ШИМ), что позволяет ему достигать высокой эффективности (до 90% и выше). Это означает, что он выделяет меньше тепла и может работать с меньшими размерами и весом. Усилитель класса D может быть спроектирован для работы с различными уровнями напряжения, что позволяет ему использовать 36 В от блока питания для достижения высокой выходной мощности.

Основные параметры используемого усилителя класса D:

— напряжение питания: 22...48 В;

— выходная мощность каждого канала:

$P_{\text{вых}} = 120 \text{ Вт}$ (при $R_{\text{н}} = 8 \text{ Ом}$, $K_{\text{ни}} < 1\%$, $U_{\text{пит}} = 45 \text{ В}$);

$P_{\text{вых}} = 200 \text{ Вт}$ (при $R_{\text{н}} = 4 \text{ Ом}$, $K_{\text{ни}} < 1\%$, $U_{\text{пит}} = 45 \text{ В}$);

— отношение сигнал/шум: –111дБ;

— динамический диапазон: –113дБ.

Усилитель собран на печатной плате размером 85х85мм, размер радиатора: 90х30х26 мм.

Динамики принимают сигнал от усилителя класса D и преобразуют его в звуковые волны, которые мы слышим. В зависимости от конструкции динамиков и их характеристик, они могут воспроизводить широкий диапазон частот, от низких басов до высоких частот.

Готовая аудиосистема показана на рис. 2.



Рис. 2. Фото аудиосистемы

Литература

1. Self, D. Audio Power Amplifier Design Handbook. 6th ed. — Focal Press, 2013. — 456 p.
2. Cordell, B. Designing Audio Power Amplifiers. 1st ed. — McGraw-Hill Education, 2011. — 547 p.
3. Putzeys, B. Class D Audio Amplifiers: Theory and Design" // IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers, 2005. — Vol. 52, No. 7. — Pp. 1309-1318.
4. Berkhout, M., Dooper, L. "Class-D Audio Amplifiers in Mobile Applications" // IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010. — Vol. 56, No. 2. — Pp. 795-802.
5. Mellor, P., Hunt, B. "A High-Efficiency Digital Audio Power Amplifier Using a Novel Pulse Width Modulation Scheme" // Journal of the Audio Engineering Society, 2003. — Vol. 51, No. 5. — Pp. 350-364.

Карбаева С.С.

Научный руководитель к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: karbaevasveta76@gmail.com

Разработка измерительного стенда для исследования автомобильного приемника

В современном мире радиоволны играют ключевую роль в различных областях, включая телекоммуникации, навигацию, радиовещание и многие другие. Автомобильные приемники, в частности, являются важным компонентом, обеспечивающим пользователей доступом к радиовещанию и другим услугам, основанным на радиоволнах. Понимание и исследование принимаемых радиоволн имеет важное значение для разработки новых технологий и обеспечения надежной работы систем связи.

Цель данного проекта – разработка измерительного учебного стенда для исследования автомобильного приемника. Стенд будет включать в себя системы управления, позволяющих проводить измерения и анализ работы автомобильного приемника. Это позволит студентам лучше понять принципы работы радиоприемников.

Основные задачи проекта включают:

- Разработка концепции и технического задания на стенд.
- Подбор и настройка необходимого оборудования.
- Проведение тестовых измерений и анализ полученных результатов.
- Создание учебных материалов и методических рекомендаций для использования стенда в образовательных целях.

Реализация данного проекта позволит улучшить образовательный процесс. Введение измерительного учебного стенда в образовательные программы поможет подготовить специалистов, обладающих глубокими знаниями и практическими навыками в области работы с радиоприемниками.

Лабораторная установка позволяет изучить методы электрических высокочастотных измерений радиовещательных приёмников, измерить основные параметры радиоприёмника «Былина РП-320А». Лабораторная установка включает приёмник «Былина РП-320А», генератор сигналов высокочастотный (ГСВ) Г4–158, генератор сигналов низкочастотный (ГСН) ГЗ–118, милливольтметр (МВ) ВЗ–38, измеритель нелинейных искажений (ИНИ) С6–11. Структурная схема представлена на рисунке 1.

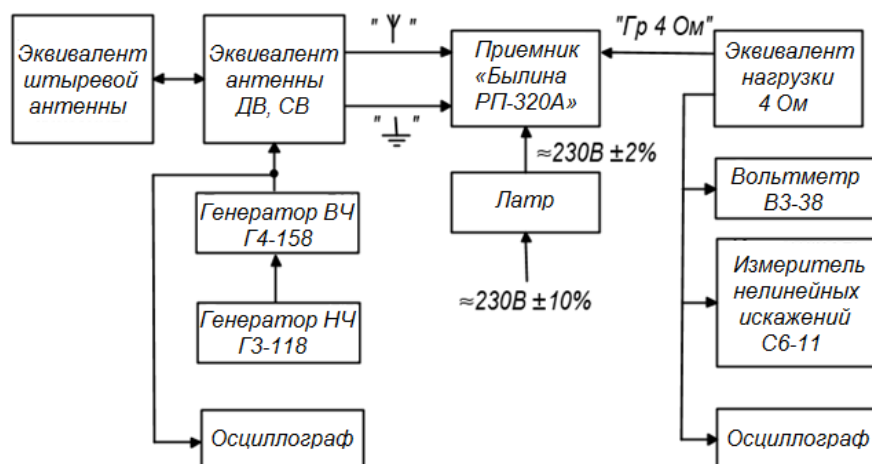


Рисунок 1 – Структурная схема лабораторного стенда

Были проведены следующие измерения автомобильного приемника в соответствии с ГОСТ 9783-88 [1]:

- измерение диапазона принимаемых частот;
- измерение чувствительности, ограниченной шумами (реальная);
- измерение чувствительности, ограниченной усилением;
- измерение избирательности по соседнему, зеркальному каналам и по промежуточной частоте (односигнальный метод);
- измерение эффективности действия автоматической регулировки усиления;
- измерение номинальной и максимальной выходной мощности;
- измерение общей низкочастотной характеристики по электрическому напряжению всего тракта радиоприемника;

В таблице 1 показаны результаты измерения диапазона принимаемых частот, по которым видно, что на ДВ и СВ диапазонах достаточно большое отклонение от нужной частоты, на КВ диапазоне отклонение варьируется от 1 до 3%.

Таблица 1

Диапазон	Паспортные частоты, кГц	Риска на шкале, кГц	Частота ГСВ, кГц
ДВ	148	148	132
		200	271
	285	285	305
СВ	600	600	480
		700	523
	1000	1000	1397
		1400	1655
	1600	1600	1770
КВ	$9,4 \cdot 10^3$	$9,4 \cdot 10^3$	$9,17 \cdot 10^3$
	$9,5 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^3$	$9,57 \cdot 10^3$
	$9,6 \cdot 10^3$	$9,6 \cdot 10^3$	$9,86 \cdot 10^3$
	$9,7 \cdot 10^3$	$9,7 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$
	$9,8 \cdot 10^3$	$9,8 \cdot 10^3$	$10,17 \cdot 10^3$

Итогом работы является лабораторный стенд, на котором опробованы методики односигнальных измерений основных параметров приемников диапазонов АМ (ДВ, СВ, КВ), взятых за основу из ГОСТ 9783-88 и адаптирование под имеющееся измерительное оборудование и под лабораторные условия измерений [1]. Невзирая на повышенную помеховую обстановку в лабораторных условиях, студент, измеряя параметры по разработанным методикам приобретает необходимый объем знаний, дающий ему в последующем оценивать и правильно выбирать радиоаппаратуру по качественным уровням.

Литература

1. ГОСТ 9783–88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы электрических высокочастотных измерений, 1991. – 139 с.

Ким М.К.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: maximkim43@gmail.com

Предварительный ламповый усилитель для электрогитары

Гитарные предусилители, также известные как преампы, играют ключевую роль в формировании звука гитары. Они усиливают сигнал от звукоснимателей до уровня, приемлемого для усилителя мощности, и придают звуку определённый тембр. Рассмотрим основные виды гитарных предусилителей и их особенности. Ламповые предусилители: ламповые модели используют термоэлектронные лампы для усиления сигнала. Они известны своим «теплым» и «жирным» звучанием, которое достигается за счёт постепенного насыщения сигнала гармониками, что приводит к приятному дисторшну [1]. Ламповые предусилители особенно популярны среди музыкантов, играющих в «тяжёлых» жанрах, таких как метал и хард-рок [2]. Транзисторные предусилители: транзисторные модели используют полупроводниковые элементы для усиления сигнала. Они обеспечивают более чистый и отчётливый звук с хорошей атакой. Цифровые и моделирующие предусилители: такие предусилители используют алгоритмы для имитации различных типов усилителей, включая ламповые. Они позволяют легко переключаться между разными настройками. Гибридные предусилители: гибридные модели сочетают преимущества ламповых и транзисторных технологий. Они часто дешевле полностью ламповых моделей и предлагают более надёжную работу [2].

В данной работе была произведена разработка и сборка гитарного предусилителя на сдвоенных триодах 6Н2П. Они активно применяются в гитарных предусилителях благодаря доступности, бюджетной стоимости и характерному звучанию. Эти лампы, разработанные в СССР, отличаются от популярных 12AX7 особенностями конструкции и параметрами. В собранном устройстве реализовано 2 переключаемых канала: «Clean»-канал без искажений, и «Lead»-канал, который обеспечивает перегруженный сигнал на выходе. Принципиальная схема предусилителя приведена на рисунке 1.

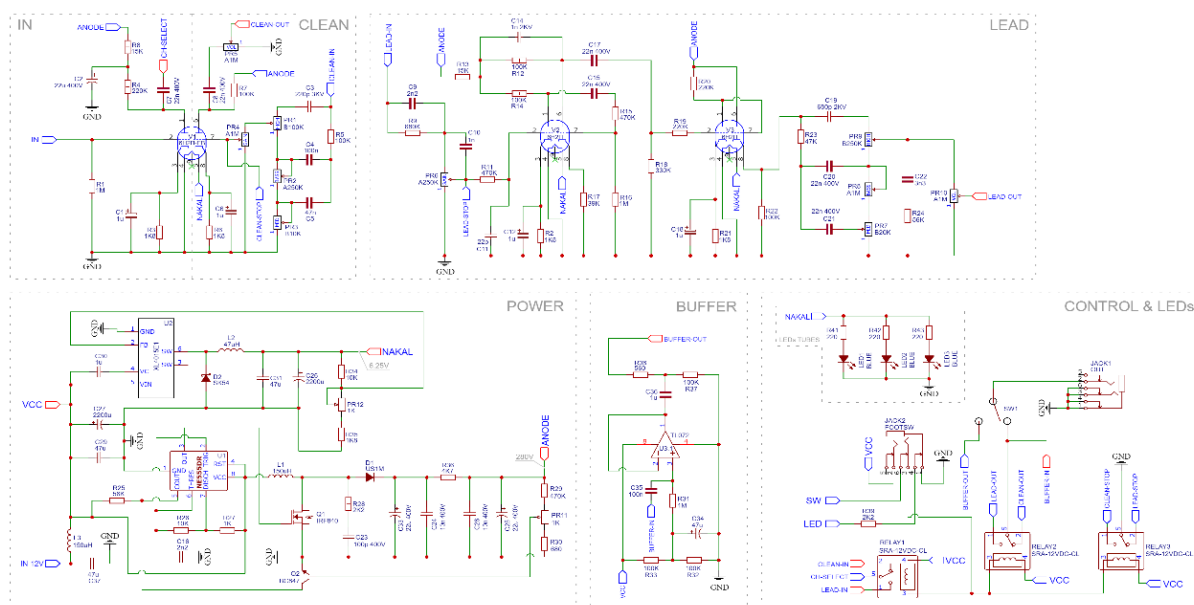


Рисунок 1 – Принципиальная схема гитарного предусилителя

Принцип работы гитарных предусилителей довольно прост. На гитаре устанавливаются электромагнитные звукосниматели, в которых снятие звука происходит вследствие изменения

электромагнитного поля за счёт колебания в нём струны. Далее ток по кабелю проходит в предусилитель, который усиливает сигнал до уровня, приемлемого для дальнейшей обработки. В предусилителе сигнал усиливается за счёт термоэлектронных ламп или полупроводниковых элементов. Затем усиленный сигнал попадает в основной усилитель мощности, который обеспечивает основную громкость. Наконец, усиленный сигнал проходит в динамик, превращая его в звуковые колебания.

Ниже приведены фото готового устройства (рисунок 2-3).



Рисунок 2 – Фото передней панели гитарного предусилителя



Рисунок 3 – Фото задней панели гитарного предусилителя

Таким образом, в данной работе был спроектирован и изготовлен ламповый предварительный усилитель для электрогитары, обладающий широкой функциональностью – двумя каналами усиления звука, с искажениями и без, а также дополнительными настройками эквалайзера.

Литература

1. Руководство по гитарным эффектам [Электронный ресурс] <https://musicmarket.by/blog/takoy-raznyy-peregruz-predusilitel>
2. Назначение гитарных предусилителей [Электронный ресурс] <https://dmtrpedals.ru/dlya-chego-nuzhen-gitarnyj-preamp/>
3. Принципиальная схема гитарного предусилителя [Электронный ресурс] <https://drive.google.com/file/d/1ROe5pUJt9p-32sB4fEpXhhVob9N4CjO6/view>
4. Принцип работы и разновидности гитарных предусилителей [Электронный ресурс] <https://radiomonkeys.blogspot.com/2016/01/tubepre6z1p.html>

Кокуров Н.В.

Научный руководитель: д.т.н. доцент Федосеева Е.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: kokurov.n@yandex.ru

Блок управления антенной СВЧ радиометрической системы

Современные радиометрические системы СВЧ-диапазона находят широкое применение в метеорологии, дистанционном зондировании Земли и других областях науки и техники. Ключевым элементом таких систем является блок управления антенной, обеспечивающий точное позиционирование и корректную обработку принимаемых сигналов.

Разработка эффективного блока управления требует комплексного подхода, включающего анализ существующих решений, выбор оптимальной элементной базы, проектирование электрических схем и создание программного обеспечения. В данной работе проводится исследование существующих аналогов, разрабатывается принципиальная схема нового блока управления и реализуется программный модуль для его работы.

Цель работы – создание высокоточного, надежного и энергоэффективного блока управления антенной для радиометрической системы.

Основными задачами являются:

- Анализ существующих решений;
- Разработка структурной и принципиальной электрической схемы;
- Подбор подходящей радиоэлектронной элементной базы;
- Создание программного обеспечения для управления антенной;
- Проведение тестирования и оценка характеристик разработанной системы.

В настоящее время на рынке представлено множество решений по управлению антеннами радиометрических систем. Большинство современных блоков управления выполняют функции позиционирования, стабилизации и компенсации внешних воздействий. Однако ряд систем имеет ограничения по точности, надежности и энергопотреблению, что требует поиска новых технических решений.

Анализ показал, что:

- Электромеханические системы управления характеризуются высокой инерционностью и требуют значительных энергетических затрат;
- Цифровые системы на базе микроконтроллеров и ПЛИС позволяют повысить точность управления, но сложны в реализации;
- Использование современных алгоритмов адаптивного управления способно минимизировать ошибки позиционирования антенны.

Выбор оптимального подхода зависит от конкретных требований радиометрической системы, включая частотный диапазон, чувствительность и условия эксплуатации.

На основании анализа существующих решений была разработана электрическая структурная схема блока управления. В нее входят следующие основные компоненты:

- Микроконтроллерный модуль – выполняет обработку сигналов управления, реализует алгоритмы стабилизации и позиционирования;
- Приводные механизмы – обеспечивают физическое перемещение антенны в пространстве;
- Датчики положения – обеспечивают обратную связь для корректировки угла наклона и ориентации;
- Система питания – стабилизирует напряжение для всех компонентов системы;
- Интерфейсы связи – позволяют интегрировать блок управления в радиометрическую систему.

На основе структурной схемы была создана принципиальная электрическая схема блока управления. Включены следующие элементы:

- Источник питания с системой стабилизации напряжения;
- Контроллер двигателей с обратной связью по положению;
- Высокочастотные схемы обработки сигнала;
- Интерфейсы связи (UART, SPI, I2C) для передачи данных.

Оптимизация схемы позволила минимизировать энергопотребление и обеспечить высокую точность работы системы.

Для управления блоком антенны разработано программное обеспечение, включающее:

- Алгоритмы позиционирования и стабилизации;
- Модуль калибровки датчиков;
- Интерфейс пользователя для настройки параметров;
- Протокол обмена данными с радиометрической системой.

Программа реализована на языке C++ с использованием библиотеки FreeRTOS для многозадачной работы.

В результате разработан высокоточный блок управления антенной для СВЧ радиометрической системы. Проведен анализ существующих решений, разработаны структурная и принципиальная электрическая схемы, выполнен подбор элементной базы и создано программное обеспечение.

Результаты разработки подтверждают высокую точность и надежность работы системы, а также ее энергоэффективность. Дальнейшие исследования могут быть направлены на интеграцию более сложных алгоритмов обработки данных и использование искусственного интеллекта для автоматической коррекции положения антенны.

Литература

1. Гончаренко Л.П. СВЧ электроника и радиотехнические системы. – М.: Радиотехника, 2012.
2. Киселев А.С., Лебедев В.И. Основы радиометрии и радиотеплолокации. – М.: Радио и связь, 1990.
3. Григорьев В.И., Макаренко С.А. Основы радиофизических методов дистанционного зондирования. – М.: Физматлит, 2007.
4. Погорелов А.И., Калугин И.А. СВЧ-устройства и антенны: теория и практика. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2015.
5. Гуткин А.Л. Радиометрические системы наблюдения. – СПб.: Политехника, 2008.
6. Васильев А.Н., Тихонов В.В. "Радиометрические методы дистанционного зондирования: современные тенденции" // Известия вузов. Радиоэлектроника, 2019, №5.
7. Смирнов О.В., Кузнецов Д.Б. "Автоматизированные системы управления антеннами в радиометрии" // Радиотехника и электроника, 2021, №8.
8. Petrenko S.V., Ivanov A.P. "Microwave Radiometric Systems for Remote Sensing: Current Developments" // IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 2022.

Косяков А.А.

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Субмикрон»
г. Москва, г. Зеленоград, Георгиевский проспект, д.5, стр.2
E-mail: kaamurom@gmail.com

Сравнительный анализ времени релаксации болометрических матриц в системах обработки оптоэлектронных данных

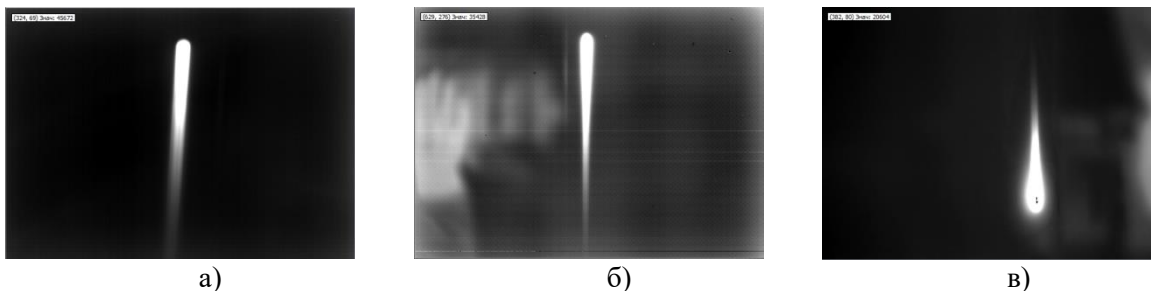
В данной работе представлено экспериментальное исследование, посвящённое сравнению времени релаксации яркостных объектов при использовании различных матриц в системе обработки данных оптоэлектронного датчика. Эксперименты проводились на испытательном стенде с гиостабилизированным подвесом. Основным параметром исследования является время релаксации, определяемое как интервал, необходимый для стабилизации динамических изменений изображения после перемещения объекта.

При проведении испытаний использовалась следующая формула для определения линейной скорости вращения системы:

$$V = r \times (2\pi / T),$$

где r – радиус (0,5 м), а T – период оборота. На основании тестовых данных при периоде обращения $T = 2,3$ с получена скорость $V = 1,36591$ м/с.

Для количественной оценки релаксационных процессов применялась шкала изображения, посредством которой измерялся остаточный тепловой след в пикселях. Полученные пиксельные значения переводились в физические размеры с использованием заданного масштаба, а время релаксации вычислялось как отношение линейного размера хвоста к определённой скорости.



а) б) в)
Рис. 1 – Изображение с трех матриц: а) ТВМ-15, б) ТВМ 25.01, в) iRay.

1. Тест №1 (ТВМ 15):

- Измеренное значение хвоста: 338 пикселей из 480 (0,704 от полной длины).
- При масштабе 90 мм соответствующий линейный размер составил $0,704 \times 90 \text{ мм} = 63,36 \text{ мм}$.

- Время релаксации: $63,36 \text{ мм} / 1,36591 \text{ м/с} \approx 0,0464 \text{ с}$.

2. Тест №2 (ТВМ 25.01):

- Измеренное значение хвоста: 330 пикселей из 480 (0,6875 от полной длины).
- При масштабе 180 мм линейный размер составил $0,6875 \times 180 \text{ мм} = 123,75 \text{ мм}$.
- Время релаксации: $123,75 \text{ мм} / 1,36591 \text{ м/с} \approx 0,0906 \text{ с}$.

3. Тест №3 (iRay):

- Измеренное значение хвоста: 113 пикселей из 288 (относительное значение 0,392).
- При масштабе 150 мм линейный размер равен $0,392 \times 150 \text{ мм} = 58,8 \text{ мм}$.
- Время релаксации: $58,8 \text{ мм} / 1,36591 \text{ м/с} \approx 0,0430 \text{ с}$.

Сравнительный анализ экспериментальных данных показал, что матрица, применённая в тесте №3 (iRay), обеспечивает минимальное время релаксации ($\approx 0,0430 \text{ с}$), что свидетельствует о высокой динамичности отклика системы. Наибольшее время релаксации было зарегистрировано в тесте №2 ($\approx 0,0906 \text{ с}$), что указывает на значительную потерю энергии и, соответственно, негативно сказывается на характеристиках обнаружения. Результаты теста №1 ($\approx 0,0464 \text{ с}$) располагаются между этими вариантами, демонстрируя умеренное время релаксации.

Далее планируется проведение детального анализа характеристик теплового следа, с целью исследования возможности прогнозирования направления вектора движения объекта. Такой подход позволит оптимизировать алгоритмы обработки изображений и повысить точность системы слежения за объектами в реальном времени.

Котов Д.С.

*Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23
E-mail: dmitriykov634@mail.ru*

Разработка системы моделирования радиолокационного наблюдения космических и баллистических объектов

Разработка радиолокационных систем дальнего обнаружения связана со сложностью реализации как на аппаратном, так и на программном уровне. Поэтому особо остро встает задача разработки комплексной системы моделирования сложных радиолокационных станций (РЛС) с возможностью отслеживания и анализа различных объектов в околоземном пространстве, а также спутники на орбите.

Разрабатываемая система позволяет не только оценивать текущие возможности радиолокационных комплексов, но и моделировать различные варианты их модернизации или размещения для достижения оптимального покрытия пространства наблюдения, что делает её незаменимым инструментом для специалистов в области радиолокационного наблюдения и контроля космического пространства.

Для реализации системы был выбран язык Python с использованием OpenGL для трехмерной визуализации и PyQt для создания пользовательского интерфейса. Математические расчеты выполняются с помощью библиотеки NumPy, что обеспечивает высокую производительность при работе с большими массивами данных траекторий.

Система моделирования радиолокационного наблюдения обеспечивает отображение земного шара, РЛС, траекторий движения различных объектов и их текущего положения в заданный момент времени с использованием реалистичного трехмерного представления (рис 1).

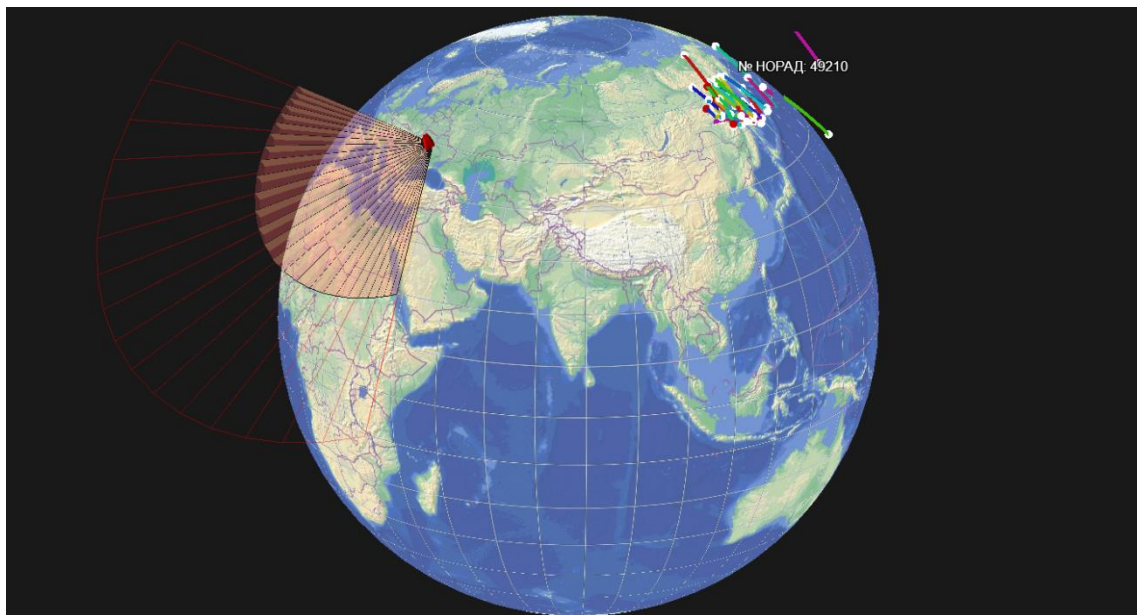


Рис. 1. Интерфейс системы моделирования радиолокационного наблюдения

Особенностью разрабатываемой системы является поддержка работы с несколькими системами координат (геоцентрическая, местная сферическая, прямоугольная, биконическая) и осуществляет преобразования между ними. Это позволяет с высокой точностью моделировать реальные процессы наблюдения, учитывая географическое положение РЛС, вращение Земли и другие факторы, влияющие на точность определения положения объектов.

Разрабатываемая система позволяет моделировать важные моменты работы радиолокационного наблюдения космических и баллистических объектов

В системе имеется симуляция траекторий движения объектов. Для этого алгоритмы расчета баллистических траекторий с учетом гравитационного поля Земли, атмосферного сопротивления и других факторов, влияющих на движение объектов в околоземном пространстве. Система оперирует комплексными данными, включающими идентификационные параметры объектов, их координаты, скоростные характеристики, временные метки и технические показатели.

Система позволяет моделировать различные типы зон обзора РЛС: секторные, барьерные, с учетом особенностей местности и технических характеристик радаров. Визуализация реализована в виде трехмерных полупрозрачных структур с цветовой кодировкой различных граней, что обеспечивает наглядность представления и возможность оценки зон перекрытия.

Также имеется возможность моделирования ситуации на любой момент времени с использованием интерактивной временной шкалы.

Заключение

Разрабатываемая полнофункциональная система моделирования, является уникальной поскольку позволяет с высокой точностью визуализировать процессы радиолокационного наблюдения космических и баллистических объектов.

Лагунов И.Р.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Храмов К.К.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: Plavina175@gmail.com

Оперативное изменение конфигурации активной фазированной антенной решётки на основе турникетных излучателей

Активная фазированная антенная решётка (АФАР) представляет собой тип антенной системы, где изменение направления излучения (в определённых пределах) как по вертикальной, так и по горизонтальной оси происходит за счёт сдвига фаз излучаемого сигнала между отдельными элементами антенной решётки. Наиболее широко такой тип антенн применяется в радиолокации, по причине сокращения числа подвижных соединений в системе, что позволяет уменьшить энергетические потери при изменении направления излучения [1]. Кроме того, при использовании АФАР появляется возможность создавать антенны с крупной апертурой, способные осуществлять сканирование пространства на больших дальностях.

Исследование различных конфигураций АФАР обусловлено необходимостью оптимального по ряду критериев выбора формы излучающего полотна, так как она напрямую влияет на характеристики и параметры антенной решётки в целом. Физическая перестройка АФАР является слишком трудо- и время затратной, поэтому для оперативного изменения конфигурации полотна используется метод выборочного отключения отдельных излучающих элементов.

Исследование проводилось путём моделирования полотна плоской, эквидистантной, квадратной АФАР, состоящей из 1024 излучателей в виде турникетных антенн. Как известно, турникетные антенны относятся к антеннам с вращающейся поляризацией [1-3]. Поле их излучения способно иметь эллиптическую поляризацию. Анализируемые конфигурации представлялись в матричной форме, где рабочему элементу соответствовала «1», а отключенному «0». Моделирование проводилось для дальней зоны, в среде Matlab при помощи пакетов Antenna Toolbox и Phased Array System Toolbox.

Основной интерес для анализа представляют такие параметры АФАР как коэффициент усиления в направлении главного максимума, уровень боковых лепестков и ширина главного луча. Были рассмотрены следующие конфигурации антенных решеток: квадратная, круглая, псевдокруглая, кольцевая и гексагональная (рис. 1).

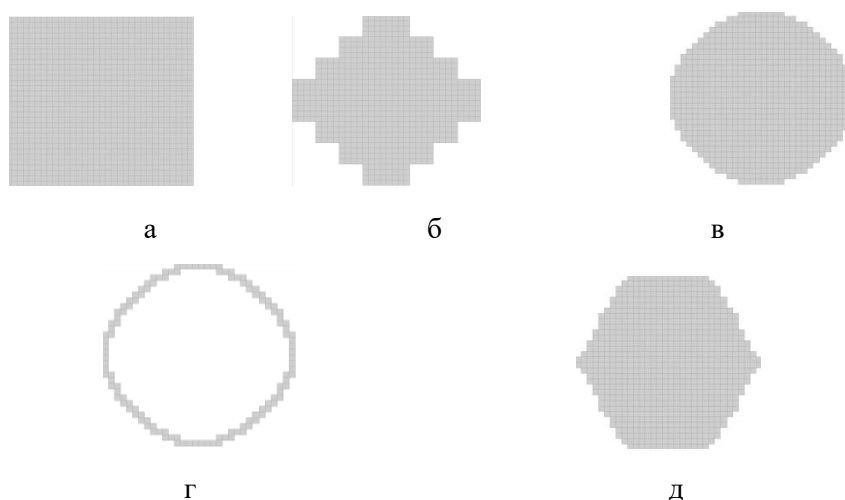


Рис. 1. Конфигурации антенных решеток (активные элементы закрашены):

а) квадратная (базовая); б) псевдокруглая; в) круглая; г) кольцевая; д) гексагональная

Исходя из полученных в ходе моделирования результатов, сделан вывод о том, что использование кольцевой конфигурации позволяет уменьшить ширину главного луча более чем

на 25% по сравнению с базовой (квадратной), для которой этот параметр равен 5,5 градусов, и как следствие повысить точность определения координат целей. Сравнивая нормированные диаграммы направленности, получили, что псевдокруглая конфигурация АФАР имеет наименьший уровень боковых лепестков (меньше на 10,8 дБ по сравнению с базовой). Применение такой формы излучающего полотна АФАР позволит уменьшить вероятность обнаружения ложных целей и помех, **повысить точность угловых измерений и улучшить помехозащищённость радиолокатора**. Однако при этом ширина главного луча диаграммы направленности антенны такой конфигурации превосходит аналогичный параметр базовой апертуры на 27%. Результаты моделирования круглой и гексагональной конфигураций АФАР показали, что их параметры достаточно близки: уровень боковых лепестков составил минус 6,91 дБ и минус 6,89 дБ, а ширина главного лепестка – 6,3 и 6 градусов, соответственно.

Стоит понимать, что достижение таких показателей происходит путём отключения отдельных элементов и как следствие происходит уменьшение коэффициента усиления антенны и мощности излучаемого сигнала [4].

Полученные в ходе исследования результаты демонстрируют перспективность применения сложных конфигураций АФАР в радиолокации, а возможность оперативного переключения между ними позволяет своевременно реагировать на изменяющиеся условия. Выбор той или иной конфигурации зависит от решаемой задачи.

В докладе сравниваются параметры конфигураций антенных решёток, приводятся диаграммы направленности. Оценивается перспективность применения той или иной конфигурации для оперативного решения задач радиолокации.

Литература

1. Романюк В.А. Основы радиосвязи: учебник для вузов / В.А. Романюк. – Москва: Издательство Юрайт, 2024. – 288 с.
2. Шаров Г.А., Гладейчук В.В., Гусинский А.В., Кондрашов Д.А., Свирид М.С. Апертурные антенны сантиметровых и миллиметровых длин волн. – Санкт-Петербург: Горячая линия – Телеком, 2017. – 332 с.
3. Татаринов В.Н., Татаринов С.В., Лигтхарт Л.П. Введение в современную теорию поляризации радиолокационных сигналов (Том 1. Поляризация плоских электромагнитных волн и её преобразования). – Томск: Изд. Томского университета, 2012. – 380 с.
4. Вендик О.Г., Парнес М.Д. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию) / Под ред. Л.Д. Бахраха // М.: Сайнс-пресс. – 2002. – Т. 4.

Мотина И.С

Научный руководитель: д.т.н., профессор Ромашов В.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail ir.motina2012@yandex.ru

Расчет спектральной плотности мощности (СПМ) фазовых шумов ЦАП

Влияние фазовых шумов на характеристики формирователя сигналов критически важно. Фазовые шумы, представляющие собой стохастические флуктуации фазы сигнала, могут существенно ухудшить спектральную чистоту и стабильность выходного сигнала. Соответственно, точный расчет и минимизация фазовых шумов являются важной задачей.

Математическое представление спектральной плотности мощности (СПМ) фазового шума: описывается степенной моделью, где важны верхняя граничная частота (F_h), уровень шума (h_α) и показатель степени (α), определяющий тип шума. Для построения математических моделей шумовых характеристик специальных режимов работы необходимо получить коэффициенты передачи фазовых шумов для каждого из режимов работы цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП) (NRZ, 2xNRZ, RZ, RF, RFZ, RFZ2, RFZ3, RFZ4). Описание СПМ основано на обратной величине квадрата коэффициента передачи фазовых шумов.

Математическое представление СПМ фазовых шумов описывается с использованием степенной модели:

$$S_y(F) = \begin{cases} \sum_{\alpha=-2}^{+2} h_\alpha F^\alpha, & 0 \leq F \leq F_h, \\ 0, & F > F_h \end{cases}, \quad (1)$$

где F_h – верхняя граничная частота резкого спада; h_α – величина, определяющая уровень шума; α – показатель степени, принимающий значения -2, -1, 0, +1, +2 для различных типов шума.

На основе предыдущей работы [3] было проведено моделирование шумовых характеристик и построены спектральные плотности мощности фазовых шумов для ЦАП AD9164 и AD9172 при различных частотах опорного генератора (ГОЧ): 50 и 100 МГц – и выходных частотах: 950 МГц, 3950 МГц и 8950 МГц. В качестве примера приведем СПМ фазовых шумов ЦАП AD9164 в специальных режимах работы при $f_{\text{ГОЧ}} = 50$ МГц, $f_\Phi = 8950$ МГц, смотреть рис.1.

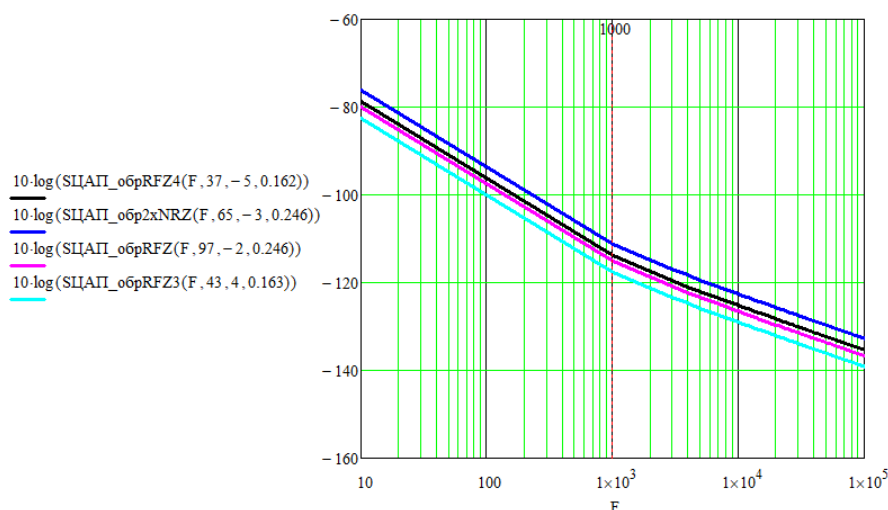


Рис. 1. СПМ фазовых шумов ЦАП AD9164 в специальных режимах работы при $f_{\text{ГОЧ}} = 50$ МГц, $f_\Phi = 8950$ МГц

Анализ рис. 1 показывает, что режимы работы RFZ3 и RFZ демонстрируют наилучшие шумовые характеристики, в то время как наименьший уровень шума наблюдается в режиме RFZ4.

Частотное планирование, разработанное в работе [2], позволило получить варианты, и для этих вариантов были рассчитаны фазовые шумы с использованием следующей формулы:

$$S_{\text{ЦАП_обр}}(F) = \left[\left(\frac{f_{\text{out}}}{f_r} \right)^2 \left(\frac{10^{k_2}}{F^2} + \frac{10^{k_1}}{F} + 10^{k_4} \right) + \left(10^{k_3} + 2^{-2N-0,59} \left(\frac{f_{\text{out}}}{f_r^2} \right) \right) \right] \cdot \frac{1}{K^2 NRZ} \quad (2)$$

Результаты проведенного исследования показали, что при увеличении выходной частоты возрастает количество используемых режимов работы, а также повышается номер образа. Таким образом, исследование подтвердило эффективность использования частотного планирования для выбранных наилучших вариантов с точки зрения минимума фазовых шумов

Литература

1. Ромашов В.В., Храмов К.К. Частотное планирование диапазонных формирователей радиосигналов с использованием образов основной частоты ЦВС // Проектирование и технология электронных средств. 2013, № 3. С.38-43.
2. Мотина И.С., Сочнева Н.А., Ромашова Л.В. Алгоритм частотного планирования формирователя сигналов на основе быстродействующих ЦАП // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2024, №26. С.15-23.
3. Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. XVI Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской научной конференции. Муром, 31 янв. 2025 г.– Муром: МИ ВлГУ, 2025.– 416 с.: ил.– [Электронный ресурс].

Пантелеева А. В.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: anastasi8shui35@gmail.com, doctorov_a_n@mail.ru

Индикатор скрытой электропроводки с светодиодной индикацией на микросхеме AN6884

В данной работе исследуется схема индикатора скрытой проводки на микросхеме AN6884. Индикатор собран на микросхеме AN6884 и используется 5 светодиодов вместо 1, что позволяет увеличить точность определения проводки.

Индикатор скрытой проводки - прибор, который определяет, где внутри стены пролегает кабель. Задачи, для которых используют индикаторы скрытой проводки, избежать повреждений проводов ручным электроинструментом, облегчить демонтаж старой проводки и сократить время на её удаление, обнаружить места обрыва сети, выявить точное расположение проводки в стенах.

Принцип работы индикатора скрытой проводки довольно прост. Обычно он состоит из трех элементов: датчик электромагнитного поля, усилитель, индикатор. Срабатывание электростатических устройств обеспечивается свойством транзистора изменять сопротивление при наводках на выходе затвора. Металлодетекторные датчики основаны на фиксации токов, возникающих в металлическом предмете под действием магнитного поля катушки индуктивности самого ИСП. Приборы с регулированием чувствительности и дополнительными функциями имеют более сложные схемы [1].

Принципиальная схема исследуемого индикатора представлена на рисунке 1. Прибор имеет в своем составе два каскада – первый это каскад усилителя на полевом транзисторе, включенном по схеме истокового повторителя, а второй представляет собой систему индикации на пяти светодиодах и микросхеме AN6884. Истоковый повторитель позволяет усилить сигнал антенны W1, наведенный от проводки. AN6884 - драйвер светодиодных дисплеев. Это интегральный драйвер 5-ти светодиодов с логарифмическим отображением входного сигнала. Из технических характеристик данной микросхемы следует отметить большой диапазон рабочего напряжения 3,5 - 16 вольт, небольшой ток включения светодиодов, что защищает их от перегорания, всего 15 мА, хорошая чувствительность за счёт встроенного усилителя, логарифмическая шкала отображения. На рисунке 2 показана функциональная схема данной микросхемы [2].

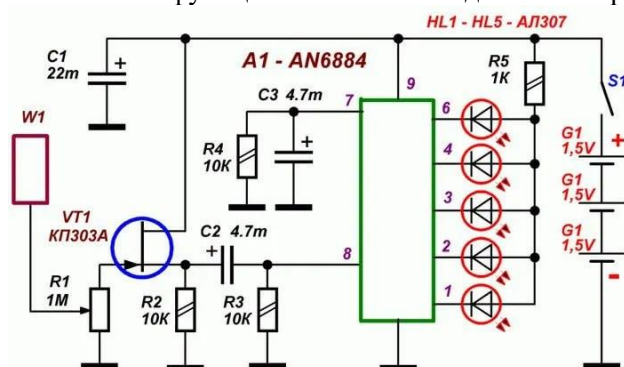


Рисунок 1 - Принципиальная схема индикатора скрытой проводки

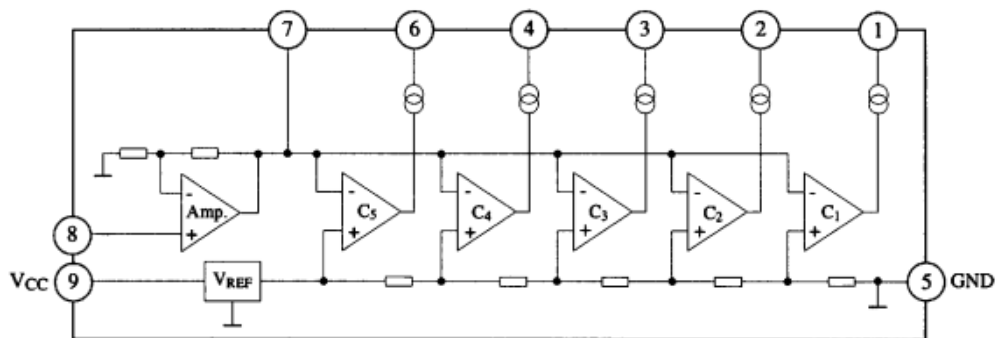


Рисунок 2 – Функциональная схема AN6884

В основе микросхемы используется ряд компараторов на операционных усилителях, позволяющих реализовать логарифмическую индикацию уровня входного сигнала путем сравнения с рядом постоянных напряжений, сформированных с помощью деления опорного напряжения постоянными резисторами.

Внешний вид собранного на макетной плате устройства представлен на рисунке 3.

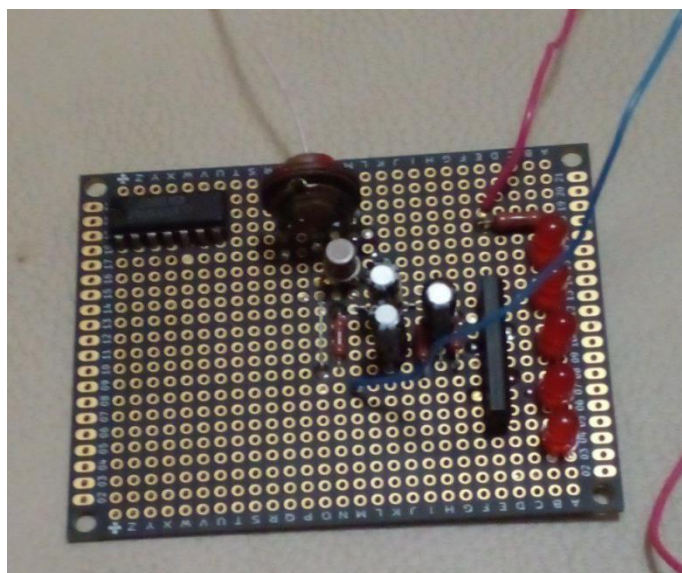


Рисунок 3 – внешний вид собранного устройства.

После сборки устройство было протестировано. Оно полностью функционально, при приближении к кабелям и элементам проводки происходит плавное зажигание светодиодов пропорционально уровню входного сигнала. Регулировать чувствительность можно с помощью подстроечного резистора R1, позволяющего изменять коэффициент включения антенны к затвору транзистора, и в случае необходимости дополнительно ослаблять входной сигнал.

Таким образом, в ходе работы было собран, налажен и протестирован индикатор скрытой проводки с логарифмической индикацией уровня сигнала, позволяющий более точно определить местоположение скрытых силовых проводов.

Литература

1. Индикатор скрытой проводки: принцип работы и инструкция по применению [электронный ресурс]: <https://soviet-ingenera.com/santeh/tools/indikator-skrytoj-provodki.html#i-7>
2. Описание микросхемы AN6884 – [электронный ресурс]: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/13421/PANASONIC/AN6884.html>

Петракова Д.Д.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жиганова Е.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: radio@mivlgu.ru

Разработка моделей сигналов для схемотехнического моделирования в среде Mathcad

В современном схемотехническом моделировании предъявляются высокие требования к точности и адекватности представления реальных сигналов. Mathcad, сочетая вычислительные возможности с удобным интерфейсом, предоставляет эффективный инструментарий для создания и анализа разнообразных моделей сигналов, применяемых для исследования электронных схем. Выбор из большого числа типов сигналов, доступных для моделирования в Mathcad, определяется конкретной задачей исследования. Для анализа линейных цепей в установившемся режиме часто используются гармонические сигналы, позволяющие получить амплитудно-частотные и фазо-частотные характеристики. Моделирование более сложных систем, например, систем связи, может потребовать использования модулированных сигналов или сигналов, заданных таблично из экспериментальных данных.

От правильного выбора и точности моделирования сигналов напрямую зависит достоверность результатов схемотехнического моделирования. Недостаточно точная модель сигнала может привести к некорректным выводам о работе схемы и, как следствие, к ошибкам в проектировании. Mathcad позволяет минимизировать этот риск, предоставляя широкие возможности для создания разнообразных моделей сигналов с учетом специфики исследуемой схемы.

В современном схемотехническом моделировании предъявляются высокие требования не только к точности представления сигналов, но и к гибкости инструментов моделирования. Mathcad отвечает этим требованиям, позволяя создавать и комбинировать различные типы сигналов, учитывать шумы и искажения, а также анализировать полученные результаты с помощью мощного математического аппарата.

Выбор из большого числа типов сигналов, доступных в Mathcad, для схемотехнического моделирования диктуется, прежде всего, целью исследования. Различные типы сигналов позволяют получить информацию о разных аспектах поведения схемы.

Выбор той или иной модели сигнала в Mathcad для схемотехнического моделирования определяется конкретной задачей исследования и типом анализируемой схемы.

В данной работе выполнен анализ возможностей Mathcad для моделирования различных типов сигналов, используемых в схемотехническом моделировании. Рассмотрены основные типы сигналов, такие как простые сигналы, с различными видами сигналы, специализированные сигналы.

Простые сигналы реализованы в Mathcad с использованием встроенных функций и операторов, обеспечивая базу для построения более сложных моделей.

В ходе работы рассмотрены различные аспекты моделирования сигналов в Mathcad, начиная с простых сигналов и заканчивая более сложными и специализированными, а также способы их комбинирования и анализа. Особое внимание уделено связи между выбором модели сигнала и задачей исследования.

В работе выполнены действия: анализ возможностей Mathcad, классификация сигналов, реализация простых, сложных, специализированных сигналов, описание методики выбора сигнала, учет шумов и искажений, описание этапов моделирования, демонстрация комбинирования сигнала, использование инструментов анализа, разработка комплексного подхода.

Работа показала, Mathcad является мощным и универсальным инструментом для моделирования разнообразных сигналов, применяемых в схемотехнике. Его гибкость и богатый

функционал позволяют эффективно решать широкий спектр задач, связанных с анализом и проектированием электронных схем.

Писный А.С.

Научный руководитель: д.т.н. доцент Федосеева Е.В.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: art.pisny2020@gmail.com

Исследование характеристик системы внешней калибровки СВЧ радиометрического комплекса дистанционного зондирования атмосферы

Разработка системы калибровки СВЧ радиометрического комплекса при включении в его состав внешнего генератора шума определило необходимость оптимизации конструкции по условиям передачи сигнала калибровки. Для решения данной задачи в программе CST Studio Suite 2019, на основе численного моделирования, проведены множественные испытания с применением различных исходных условий.

Антенная система радиометрического комплекса состоит из следующих элементов: зеркала (антенны), рупора (источника шумового сигнала) и облучателя (модового разделителя).

В СВЧ радиометрическом комплексе применен метод внешней калибровки, основанный на использовании отдельного источника шумового сигнала с фиксированным уровнем спектральной плотности, расположенного на определенном расстоянии от облучателя антенны. В ходе моделирования необходимо определить оптимальное расстояние от рупора до облучателя антенны [1-2].

Для анализа влияния пространственного рассеяния излучения рупора источника шумового сигнала в зависимости от выбранного расстояния до облучателя были получены частотные зависимости коэффициентов передачи сигнала калибровки при выбранном расстоянии 170 мм (Рисунок 1а) и 312 мм (Рисунок 1б). Сравнение проводилось по облучателю одного частотного канала.

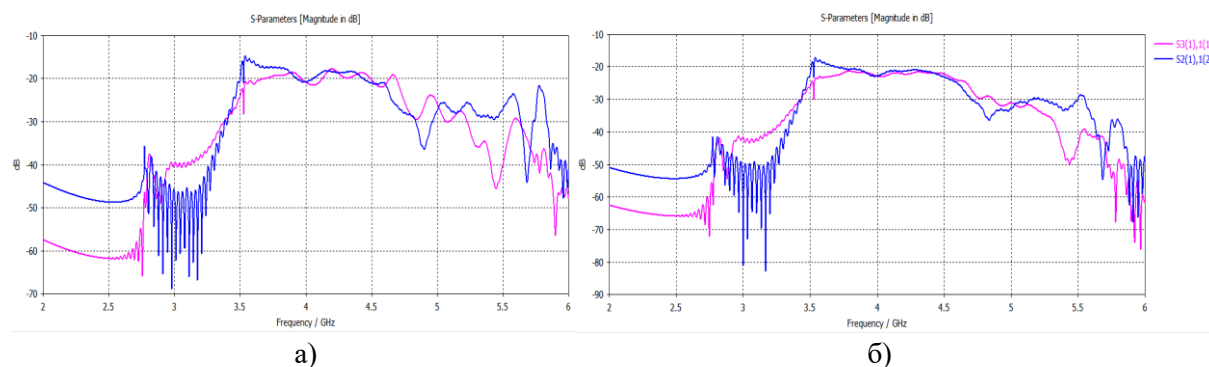


Рис. 1 – Коэффициенты передачи сигнала при расстоянии от рупора до облучателя 170 мм (а) и 312 мм (б)

На основании полученных характеристик можно заключить, что при увеличении расстояния от источника шумового сигнала до облучателя с 170 мм до 312 мм наблюдается снижение мощности излучения на -3 дБ. Это свидетельствует об ослаблении сигнала в 2 раза.

Для оптимизации антенной системы осуществили исследование распределения поверхностных токов, индуцированных электромагнитным полем на проводящей поверхности рупора. Поверхностные токи, возникающие на проводящих материалах антенн, формируют электромагнитное поле, которое отвечает за радиоволновое излучение. Эффективный анализ этих токов позволяет выявить особенности взаимодействия токов с элементами системы, что в свою очередь способствует улучшению таких характеристик антенны, как коэффициент усиления, поляризация и ширина полосы частот [3].

Структура распределения поверхностных токов по рупору представлена на рисунке 2.

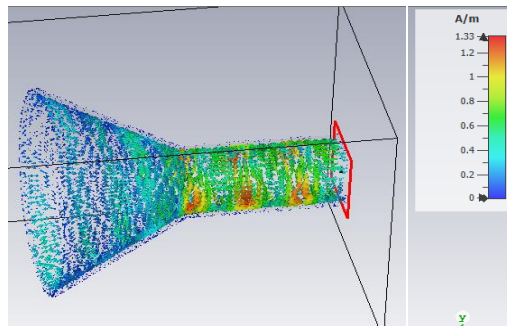


Рис. 2 – Распределение поверхностных токов по рупору

Визуализация распределения токов демонстрирует цветовая градация, что позволяет на основе оценки величины плотности тока на единицу длины выявить участки рупорной антенны, где наблюдаются максимальные значения тока (например, красные и жёлтые зоны с плотностью тока 1.33 A/m) и минимальные значения (синие и зелёные зоны с плотностью тока в диапазоне от 0.01 до 0.8 A/m).

По результатам исследования сформулированы следующие выводы:

1. Определение зон высокой и низкой плотности тока – важно для понимания механизма излучения и передачи энергии.
2. Анализ возможных потерь продемонстрировал, что высокие токи на определённых участках рупора могут приводить к паразитным эффектам, например, нагреву и потерям.
3. Оптимизацию конструкции системы калибровки можно выполнить при изменении геометрии рупора с целью минимизации отражений в антенне радиометрической системы и улучшения КПД.

Далее выполнено исследование диаграммы направленности рупора (Рисунок 3).

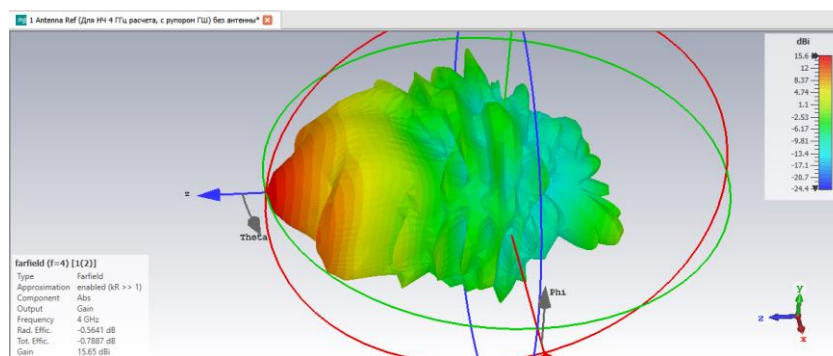


Рис. 3 – Диаграмма направленности рупора на частоте 4 ГГц

Результаты моделирования диаграммы направленности показывают, что рупор обладает высоким направленным усилением в 15,65 dBi. Радиоэффективность в -0,0561 dB указывает, что потери в процессе излучения минимальны, это подтверждает высокую эффективность излучения. КПД в -0,7887 dB, что соответствует примерно 83% эффективности.

Результаты, полученные в ходе исследования влияния исходных параметров, дают возможность оптимизировать вариант конструкции системы калибровки СВЧ радиометрического комплекса, что обеспечит повышение точности измерений с учетом калибровки.

Литература

1. Степаненко В.Д., Щукин Г.Г., Бобылев Л.П., Матросов С.Ю. Радиотеплолокация в метеорологии. Л.:Гидрометеиздат, 1987.
2. A network suitable microwave radiometer for operational monitoring of cloudy atmosphere // t.Rose, et.al. Atmospheric Research. 2005. PP. 183-200.

3. Краус, Дж. Д., & Фостер, Р. Дж. (2008). Антенны и радиоволновая техника. М.: Радио и связь.

Сытов К.Д.

Научный руководитель к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

arseniirofeev@gmail.com

Сборка и анализ электронных часов на микроконтроллере

Данная работа посвящена сборке простых электронных часов на микроконтроллере, которые могут показывать время и обладают возможностью настройки.

Данные часы представляет собой набор для сборки. Принцип работы заключается в использовании простого микроконтроллера AT98C2051, внутри которого заложена определенная программа. Настройка и управление схемой осуществляется с помощью кнопок S1 и S2.

Принципиальная схема электронных часов на микроконтроллере, которую использовали в данной работе, показана на рисунке 1.

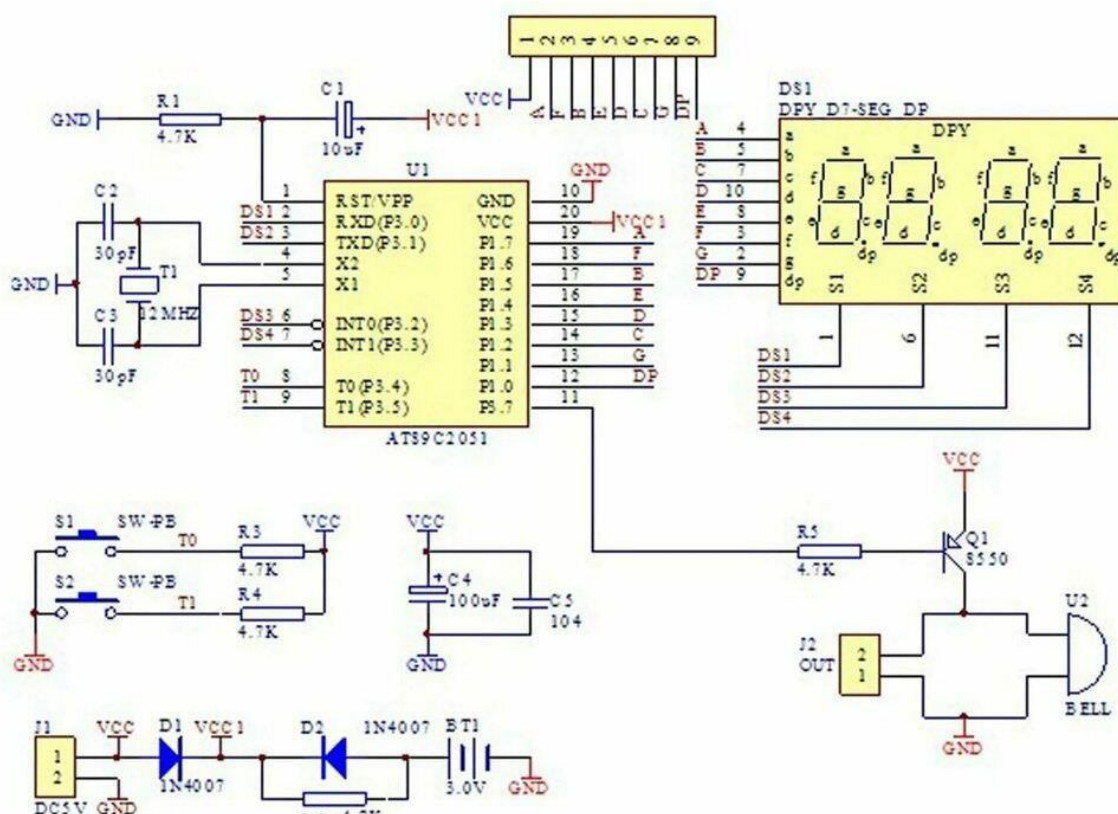


Рис. 1 – Принципиальная схема электронных часов на микроконтроллере

Схема работает следующим образом: питание подается от источника 5В через защитные диоды D1 и D2, которые предотвращают повреждения при неправильной полярности. После этого напряжение поступает на микроконтроллер AT98C2051, дисплей и остальные элементы. Конденсаторы C4 и C5 сглаживают пульсации, обеспечивая стабильную работу схемы.

AT98C2051 – это КМОП микроконтроллер, оснащенный Flash программируемым и стираемым ПЗУ, совместим по системе команд и по выводам со стандартными приборами семейства MCS-51. Микроконтроллер содержит 2 Кбайт Flash ПЗУ, 128 байтов ОЗУ, 15 линий ввода/вывода, один 16-разрядный таймера/счетчика событий, полнодуплексный порт (UART) пять векторных двухуровневых прерываний, встроенный прецизионный аналоговый компаратор,

встроенные генератор и схему формирования тактовой последовательности. Программирование Flash памяти программ ведется с использованием напряжения 12 В, ее содержимое может быть защищено от несанкционированных записи/считывания. Имеется возможность очистки Flash памяти за одну операцию, возможность считывания встроенного кода идентификации.[1]

Микроконтроллер управляет всей системой, получая тактовые импульсы от кварцевого резонатора Т1 и конденсаторов С2 и С3, которые формируют стабильный сигнал для его работы. Кварцевый резонатор в данной схеме работает на частоте 12 МГц. Микроконтроллер получает команды от кнопок S1 и S2, подключенных через резисторы R3 и R4. В обычном состоянии резисторы удерживают высокий уровень сигнала, но при нажатии одной из кнопок ток уходит в землю, и микроконтроллер фиксирует это как команду пользователя.

Для отображения времени используется семисегментный индикатор DPU. Управляющие сигналы для отдельных сегментов подаются с портов P1.0 – P1.7, а кнопки S1-2, позволяют настроить пользователю время и функцию будильника. Контроллер быстро включает и выключает разряды, таким образом, индикатор показывает «непрерывное» изображение, однако это не так.



Рис. 2 – Внешний вид устройства

Когда срабатывает будильник, микроконтроллер подает сигнал на базу транзистора Q1 через резистор R5. Это открывает транзистор, позволяя току протекать через реле, которое замыкает контакты и включает звонок (BELL). Как только сигнал отключается, транзистор закрывается, реле размыкает цепь, и звонок выключается.

Таким образом, ток сначала идет от источника питания через защитные элементы, затем распределяется между микроконтроллером, дисплеем, кнопками и будильником. Контроллер управляет всей схемой, обрабатывая входные сигналы, управляя дисплеем и при необходимости активируя будильник.

Исходя из выше описанного, можно сделать вывод, что данные часы могут быть отличным и компактным вариантом для людей, у которых на рабочем месте мало места. Так же они просты в сборке и ремонте, что лишь показывает хорошее соотношение цена-качество.

Литература

1. Справочник по электронным компонентам [Электронный ресурс]: сайт https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.bd979c4b-67eada90-1834c1e4-74722d776562/https/en.wikipedia.org/wiki/Regulated_power_supply

Сытов К.Д.

Научный руководитель к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: arseniierofoev@gmail.com

Сборка и анализ калькулятора на микроконтроллере STC15W408AS.

Данная работа посвящена сборке простого калькулятора на микроконтроллере, который может выполнять базовые математические действия, такие как сложение, умножение, вычитание и деление.

Этот калькулятор представляет собой набор для сборки. Принцип работы заключается в использовании в схеме китайского микроконтроллера STC15W408AS, который запрограммирован специальной программой. Настройка и управление схемой осуществляется с помощью кнопок S1-S16.

Принципиальная схема калькулятора на микроконтроллере STC15W408AS, которую использовали в данной работе, показана на рисунке 1.

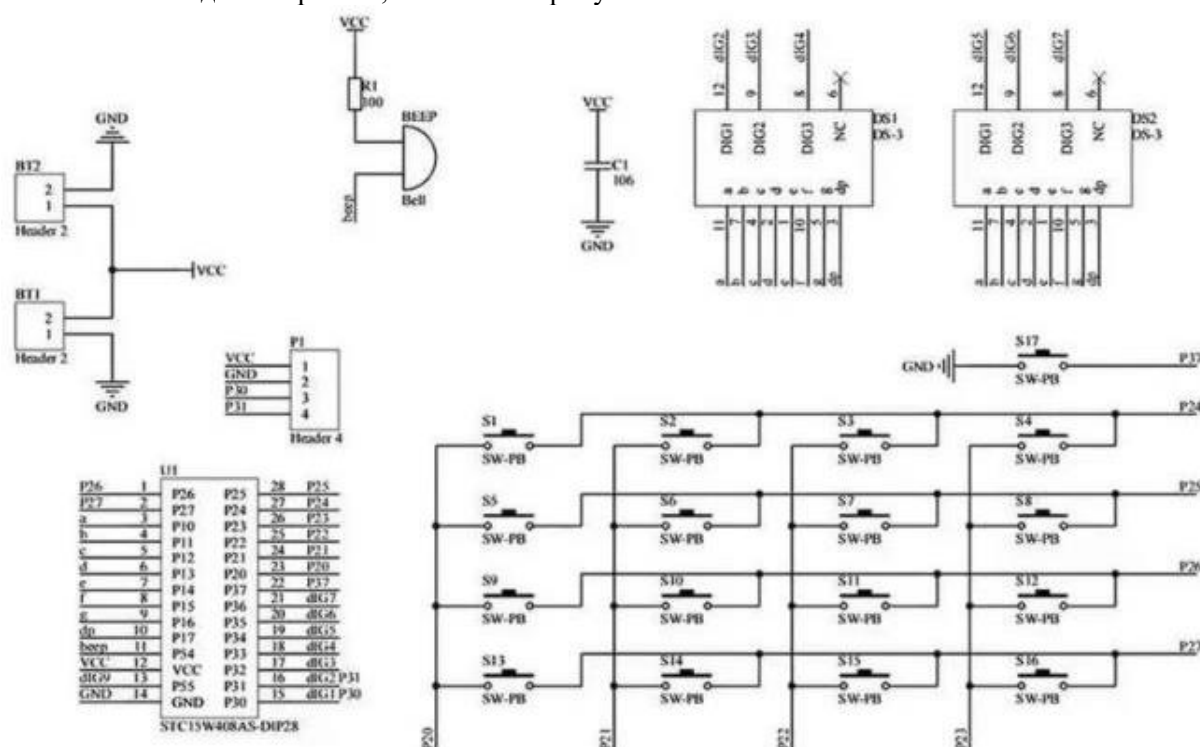


Рис. 1 – Принципиальная схема калькулятор на микроконтроллере STC15W408AS

Эта схема представляет собой электронный калькулятор, основанный на микроконтроллере STC15W408AS-DIP28.

Микроконтроллер STC15W408AS это 8-битный микроконтроллер (МК) разработанная STC (ShengTong Technology Co., Ltd.), китайская компания, известная производством 8051-совместимый микроконтроллеры. [1]

Его характеристики представлены на рисунке 2.

- **Ядро на базе 8051:** Полностью совместим со стандартом **Архитектура MCS-51**.
- **Малая мощность:** Идеально для приложения на **батарейках**.
- **Высокоскоростное исполнение:** Поддерживает **Выполнение инструкции 1T (один такт)**.
- **Флэш-память:** **8KB** программируемого Flash ROM.
- **Оперативная память:** **512 байт** встроенной SRAM-памяти.
- **Порты ввода / вывода:** **32 программируемых ввода/вывода pins**.
- **Таймеры:** **3 усовершенствованных 16-битных таймера/счетчика**.
- **Поддержка ШИМ:** **Улучшенные выходы ШИМ** для управления двигателем.
- **АЦП (аналого-цифровой преобразователь):** **10-битный АЦП с 8 каналами**.
- **UART-связь:** Поддерживает **несколько последовательных интерфейсов**.
- **Поддержка I²C и SPI:** За **внешняя периферийная связь**.
- **Управление электропитанием:** **Несколько режимов с низким энергопотреблением** для энергоэффективности.

Рис. 2 – Характеристики микроконтроллера STC15W408AS

Микроконтроллер выполняет обработку нажатий клавиш, арифметические вычисления и управление отображением результата на семисегментных индикаторах. Клавиатура организована в виде матричной сетки из кнопок SW-PB, соединённых построчно и по столбцам. Контроллер последовательно подаёт сигнал на ряды клавиатуры и считывает ответные импульсы со столбцов, определяя, какая кнопка была нажата. Это позволяет минимизировать количество используемых входов. Обработанные данные отправляются на сдвиговые регистры 74HC595, которые управляют семисегментными индикаторами. Эти регистры работают по принципу последовательного ввода данных и позволяют минимизировать количество задействованных выходных пинов микроконтроллера, преобразуя полученные команды в нужный формат для управления сегментами дисплея. Внешний вид устройства предоставлен на рисунке 3.



Рис. 3 – Внешний вид устройства

При нажатии кнопок контроллер принимает ввод, выполняет вычисления в соответствии с прошитой программой и передаёт результат в регистры. При необходимости подаётся звуковой сигнал через зуммер, который подключён к отдельному выходу микроконтроллера и используется для подтверждения нажатий кнопок или индикации ошибок, например, при делении на ноль. В схеме также присутствует звонок (Bell), который может использоваться для подачи дополнительных сигналов. Питание схемы обеспечивается через разъёмы BT1 и BT2, подающие напряжение на микроконтроллер и периферийные устройства. Фильтрующий конденсатор C1 стабилизирует напряжение и предотвращает шумы в цепи питания.

Таким образом, можно сделать вывод, что данный калькулятор, может подходить школьникам, из-за своей простоты. Он вполне себе подходит для выполнения базовых математических действий.

Литература

1. Tricky Circuit – Разгадайте тайну электроники [Электронный ресурс]: сайт <https://trickycircuit.com/ru/>

Тараскин Д.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Храмов К.К.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: taraskin0320@icloud.com

Лабораторный стенд на базе синтезатора частоты 1508MT015

Синтезаторы частоты являются ключевыми компонентами современных радиоэлектронных устройств, обеспечивая генерацию стабильных сигналов с заданной частотой, фазой и амплитудой [1-2]. В работе рассматривается синтезатор частоты 1508MT015, разработанный российской компанией АО «ПКК Миландр» [3]. Он предназначен для построения блоков генераторов сигнала на основе фазовой автоподстройки частоты и может применяться в различных областях, включая системы связи, беспроводные сети передачи данных и радиолокацию. Синтезатор частоты 1508MT015 обладает диапазоном выходных частот от 23,5 до 6000 МГц и поддерживает опорную частоту до 200 МГц. Он включает в себя встроенный генератор, управляемый напряжением, и реализует ряд функций, в том числе предотвращение проскальзывания циклов и быстрый захват частоты. Использование системы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) позволяет синтезатору поддерживать высокую точность и стабильность выходного сигнала, что является критически важным для современных радиосистем. Структурная схема синтезатора 1508MT015, представленная на рис. 1, иллюстрирует его основные компоненты и их взаимодействие.

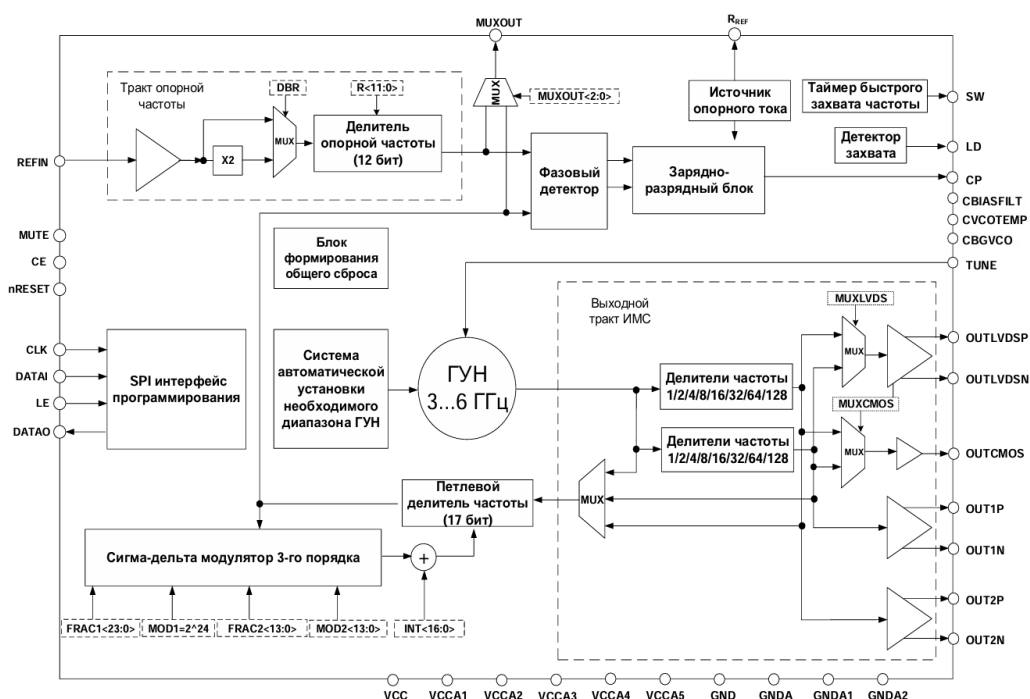


Рис. 1. Структурная блок-схема микросхемы 1508MT015

С учетом растущих требований к точности и стабильности сигналов в современных радиосистемах, глубокое понимание принципов работы синтезаторов частот и их всестороннее исследование становится особенно актуальным.

Целью данной работы является разработка программно-аппаратного лабораторного стенда на основе синтезатора частоты 1508MT015. Такой стенд позволит изучить основы функционирования синтезаторов на основе систем фазовой автоподстройки частоты, их

особенности и характеристики. Он также предоставит возможность ознакомиться со структурой и функционалом интегрального синтезатора, провести экспериментальное исследование его работы, освоить методики измерения и анализа ключевых параметров синтезатора, глубже понять особенности его использования в различных областях радиоэлектроники [4].

Стенд включает в себя необходимые элементы управления и коммутации, что позволяет студентам получить практические навыки работы с устройством, сочетает программное управление и аппаратную часть. Такой подход создает условия для практической подготовки студентов и позволит эффективно осваивать современную элементную базу.

В докладе подробно рассматривается архитектура интегрального синтезатора 1508MT015, его особенности, характеристики и функциональные возможности. Также описывается структура лабораторного стенда, предлагается порядок исследования синтезатора и обсуждаются результаты проведенных измерений.

Литература

1. Методы синтеза частоты / В.Ю. Теплов, А.А. Садыков, Р.Р. Латыпов, Р.С. Кириллов, О.Н. Шерстюков. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 45 с.
2. Радиоэлектроника. Формирование стабильных частот и сигналов: учебник для вузов / Л.А. Белов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2021. 268 с.
3. АО «ППК Миландр»: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.milandr.ru>. – Яз. рус.
4. Проектирование электронных измерительных приборов: учебное пособие / О.Г. Бондарь, Е.О. Брежнева. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2023. – 240с.: ил., табл.

Фомин Б.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Жиганов С.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: bogdan.fomin.2003@bk.ru

Исследование корреляционных свойств широкополосных сигналов

Широкополосные сигналы играют важную роль в современных системах связи, радиолокации и других сферах, где нужна точная передача данных и устойчивость к помехам. Понимание корреляционных свойств этих сигналов важно для их оптимального использования в непростых условиях. В этой работе обсуждаются основные методы анализа корреляционных характеристик широкополосных сигналов, включая автокорреляцию и взаимную корреляцию [1].

Широкополосные сигналы имеют большую ширину спектра, что помогает лучше использовать доступные частоты и снижать влияние помех. Но это также усложняет их обработку и анализ. Корреляционные свойства таких сигналов позволяют оценить их временные и частотные характеристики, что нужно для улучшения систем связи и радиолокации.

Автокорреляционная функция (АКФ) показывает, как сигнал коррелирует сам с собой в разное время. Она помогает оценить временные характеристики сигнала и выявить его периодичность. Взаимная корреляционная функция (ВКФ) измеряет связь между двумя сигналами и используется для анализа их взаимосвязи [2, 3].

Рассматриваются методы анализа АКФ и ВКФ широкополосных сигналов, такие как быстрое преобразование Фурье (БПФ) и цифровая фильтрация. Также обсуждаются алгоритмы оценки корреляционных функций в условиях шума и помех.

Результаты показывают, что использование широкополосных сигналов с хорошими корреляционными свойствами значительно улучшает характеристики систем связи и радиолокации. Это включает в себя повышение точности передачи данных, снижение влияния помех и улучшение разрешения сигналов.

Литература

1. Прокис Дж. Цифровая связь. – М.: Техносфера, 2008. – 960 с.
2. Солонина А.И., Улахович Д.А., Арбузов С.М., Соловьева Е.Б. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций. Изд. 2-е испр. и перераб. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 768 с.
3. Гольденберг Л.М., Матюшкин Б.Д., Поляк М.Н. Цифровая обработка сигналов: Справочник – М.: Радио и связь, 1985. – 312 с., ил.

Чугунов А.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

*E-mail:*chugunovandrey.207@gmail.com

Создание портативного генератора сигналов на микросхеме ICL8038

Лабораторные генераторы сигнала — это устройства, предназначенные для генерации различных типов электрических сигналов, которые используются в научных исследованиях, разработках, тестировании и ремонте электронных устройств. Они являются важным инструментом в электронике и радиотехнике. Вот основные аспекты, связанные с лабораторными генераторами сигнала:

Основные функции: генерация сигналов, регулировка частоты, регулировка амплитуды

Типы генераторов: аналоговые генераторы, цифровые генераторы, функциональные генераторы, сигнальные генераторы [1].

Электрическая схема устройства показана на рисунках 1 и 2. Данный генератор позволяет генерировать синусоидальный, треугольный, прямоугольный сигналы, имеет подстройку сигнала по частоте, амплитуде, нелинейным искажениям и настройку баланса синуса.

Принцип работы устройства таков: сам генератор находится в микросхеме ICL8038, которая выполнена в DIP корпусе и может генерировать синусоидальный, треугольный, трапецидальный, пилообразный, модулированный сигналы. Вокруг микросхемы имеется обвязка из резисторов и конденсаторов для задания диапазона изменения частот, для подстройки искажений, баланса, амплитуды и частоты. С микросхемы сигнал идет на ОУ, выполненным на микросхеме TL082, одна часть которой служит для настройки смещения сигнала, а вторая часть для настройки амплитуды выходного сигнала[2]. Питание микросхем осуществляется с помощью стабилизаторов на микросхемах 78L09 и ICL7660S[3], которые делают питание двухполярным для операционного усилителя и микросхемы ICL8038. Генератор имеет 3 выхода (1 для снятия прямоугольного сигнала, 2 для снятия синусоидального и треугольного сигналов и 3й это общий провод). Также имеется фильтры по питанию на конденсаторах.

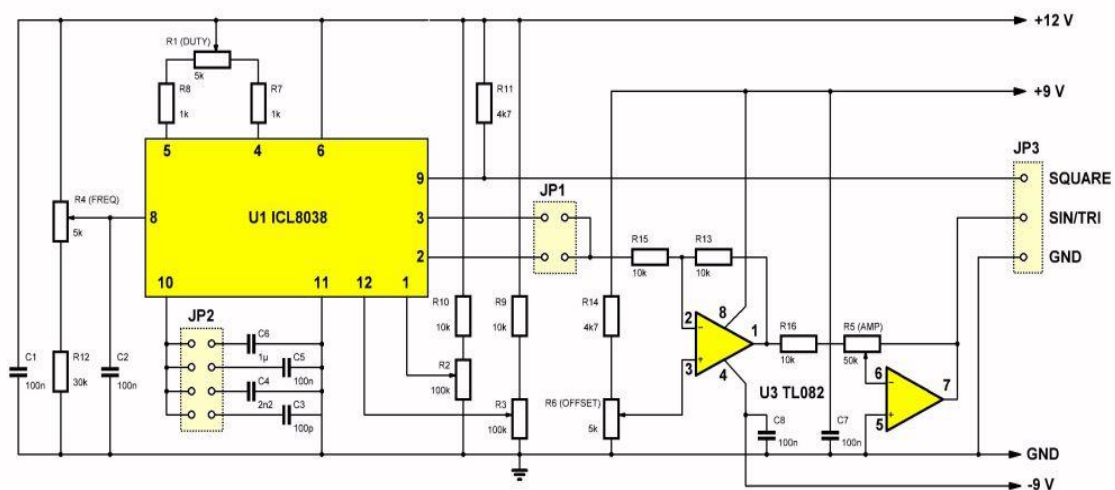


Рис. 1 Схема электрическая принципиальная устройства

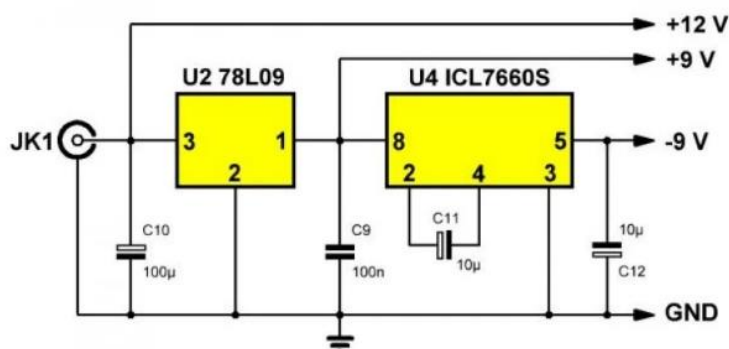


Рис. 2 Схема электрическая принципиальная устройства

Само устройство реализовано на сквозных элементах, также для него сделана печатная плата и имеет габариты 50мм на 80мм, также оно имеет джамперы, для выставления диапазона частоты и переключения между разными формами выходного сигнала. Питается устройство от блока питания на 12В, и имеет следующие характеристики:

Диапазон генерируемых частот: от 5 Гц до 400 кГц (регулируемый);

Уровень нелинейных искажений синусоидального сигнала: 1%;

Линейность выходной треугольной волны: 0.1%;

Диапазон смещения постоянной составляющей: от -7,5 В до 7,5 В;

Диапазон выходной амплитуды: от 0,1 В до 11В;

Прибор находится в акриловом корпусе габаритами 65мм на 90мм, имеет насадки на ручки переменных резисторов. Собранное устройство имеет вид, представленный на рисунке 3.



Рис. 3 Вид собранного устройства

Портативный генератор сигналов, рассмотренный в данной работе, предназначен для настройки, ремонта и отладки других устройств, использования в учебных целях.

Литература

1. Белов Л. А. Формирование стабильных частот и сигналов: учебное пособие для вузов по специальностям "Радиофизика и электроника", "Бытовая радиоэлектронная аппаратура", "Радиоэлектронные системы", "Средства радиоэлектронной борьбы" направления подготовки "Радиотехника" / Л. А. Белов. - М., 2005. - 221, [1] с.: ил.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. (The Art of Electronics) М.: «Бином», 2015. - 1290 с.
3. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория: справ. / Под ред. Я.Д. Ширмана. - М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. - 826 с.
4. Дегтярь Г. А. Устройства генерирования и формирования сигналов: [учебное пособие для вузов по направлению подготовки 654200 "Радиотехника", специальность 200700 "Радиотехника"] / Г. А. Дегтярь; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 997 с. : ил.

Чугунов А.И.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail:chugunovandrey.207@gmail.com

Создание компактного FM-радиопередатчика малой мощности на 3х транзисторах

Радиопередатчики с частотной модуляцией (FM) — это устройства, которые используют метод частотной модуляции для передачи звуковых или других сигналов по радиоканалу. Этот метод модуляции позволяет передавать информацию с высокой устойчивостью к помехам и искажениям, что делает FM радиопередатчики популярными в радиовещании и других приложениях. FM радиопередатчики активно применяются в радиосвязи и радиовещании.

Структурная схема устройства показана на рисунке 1. Принцип работы устройства таков: сигнал с микрофона попадает в УНЧ[1], где усиливается и попадает в автогенератор-модулятор, в котором генерируется несущая частота в FM диапазоне и происходит модуляция сигнала с микрофона[2]. Далее модулированный сигнал попадает в УВЧ, где повторно усиливается и попадает в антенну, откуда излучается в пространство[2].

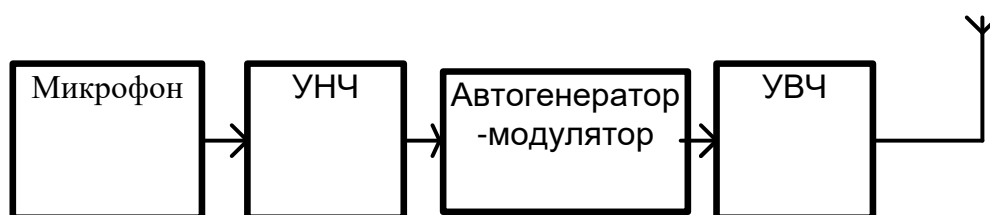


Рис. 1 Структурная схема устройства

Микрофон был выбран электретный, УНЧ был реализован на отечественном транзисторе КТ3102, автогенератор на транзисторе КТ368, а УВЧ на транзисторе КТ3107. В результате была создана электрическая схема, представленная на рисунке 2.

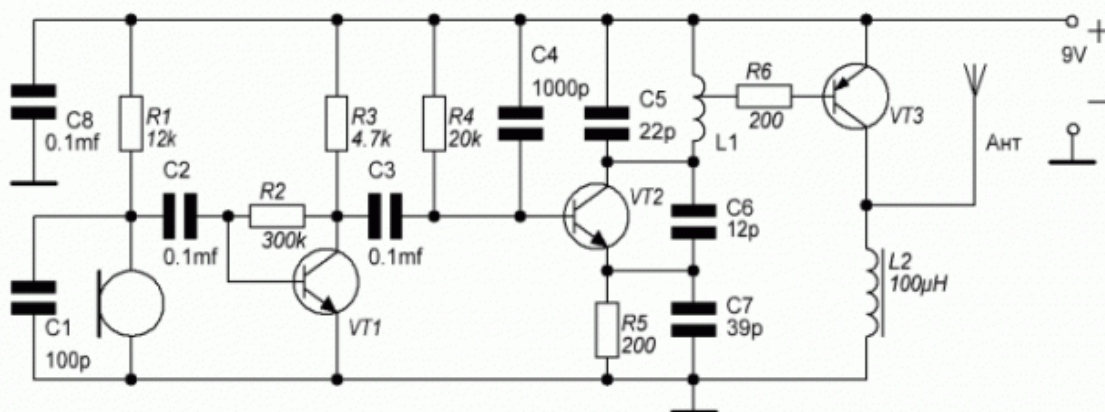


Рис. 2 Схема электрическая принципиальная

В данной схеме, сигнал с микрофона идет на каскад УНЧ на биполярном транзисторе с параллельной ООС по напряжению для термостабилизации параметров транзистора[2]. Усиленный сигнал с УНЧ попадает в автогенератор на ВЧ транзисторе, у которого в цепи коллектора находится параллельный колебательный контур для генерирования несущей частоты, транзистор также имеет термостабилизацию в цепи эмиттера. Далее уже модулированный ВЧ сигнал попадает в усилитель высокой частоты на биполярном транзисторе, в цепи коллектора

которого стоит катушка L2 для стабилизации коэффициента усиления транзистора[3], далее сигнал идет в антенну, откуда излучается в пространство.

Передатчик также имеет подстройку по частоте с помощью растягивания и сжатия витков катушки L1. Питание устройства осуществляется от источника питания в 9 В, т.е в качестве питающего элемента можно использовать батарейку типа «крона». Антенна представлена отрезком провода длиной 0,81 м и сам передатчик настроен на частоту вещания 88,5 МГц. На рисунке 3 представлен внешний вид устройства.

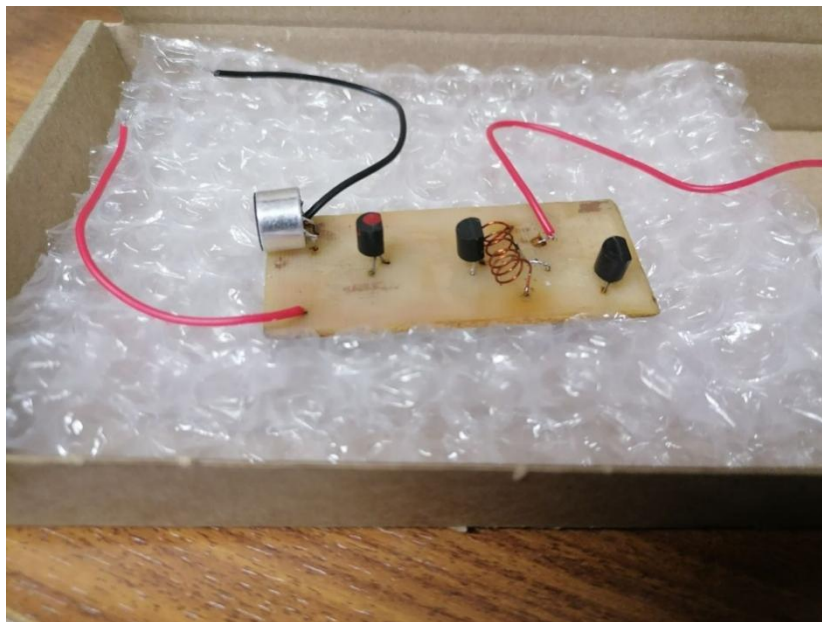


Рис. 3 Внешний вид радиопередатчика

Настройка устройства осуществляется следующим образом: после сборки устройства плата проверяется на наличие остатков флюса, перемычек, которые должны быть убраны и проверяется качество монтажа; далее, подключив выход устройства к высокочастотному анализатору спектра, сжимаем или растягиваем катушку L1 до тех пор, пока частота вещания радиопередатчика не попадет в FM диапазон и не будет перекрываться радиостанциями. Далее включаем радиоприемник и настраиваем его на эту же частоту, после настройки динамик в радиоприемнике должен перестать шуметь, а при стуке издаваемом у микрофона, он должен повторяться в динамике радиоприемника. После этого настройку радиопередатчика можно считать оконченной

Устройство, рассмотренное в данной работе, используется для учебных или любительских целей и имеет мощность менее 10 мВт.

Литература

1. Радиопередающие устройства : учебник для вузов / Шахгильдян В. В., Козырев В. Б., Ляховкин А. А. [и др.] ; ред. Шахгильдян В. В. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1990. - 431 с. - Библиогр.: с. 427-
2. Радиопередающие устройства : учебник для вузов / Шахгильдян В. В., Козырев В. Б., Ляховкин А. А., Нуязин В. П. ; ред. Шахгильдян В. В. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1996. - 559 с. - Библиогр.: с. 553-556. - ISBN 5-256-01237-1.
3. Проектирование радиопередающих устройств : учебное пособие для вузов / Шахгильдян В. В., Власов В. А., Козырев В. Б. [и др.] ; ред. Шахгильдян В. В. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Радио и связь, 1993. - 512 с. - Библиогр.: с. 503-510. - ISBN 5-256-01025-5..
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. (The Art of Electronics) М.: «Бином», 2015. - 1290 с.

Чугунов А.И, Губочкин А.А.

Научный руководитель: к.т.н., доцент Докторов А.Н.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23

E-mail: chugunovandrey.207@gmail.com, agubockin372@gmail.com

Создание и доработка стилофона

Стилофон – это музыкальный инструмент, который относится к группе клавишных инструментов. Он был изобретен в 1948 году и представляет собой электронный инструмент, который использует генератор управляемый напряжением (ГУН) для создания звука разной частоты. Стилофон имеет клавиши и стилус, которые при нажатии на них стилусом замыкают электрическую цепь, начиная генерацию сигнала определенной частоты и, как следствие, генерацию звука.

Инструмент получил популярность в 1960-х годах и использовался в различных музыкальных жанрах, включая поп-музыку и рок. Стилофон отличается характерным, ярким и немного "пластиковым" или ретро звучанием, что делает его очень узнаваемым. Стилофон часто используется в образовательных целях, так как он прост в освоении и может быть интересным для детей и начинающих музыкантов. Кроме того, его компактные размеры делают его удобным для переноски. В последние годы из-за увеличения популярности пиксельной графики стилофон снова стал популярным среди музыкантов и любителей, так как позволяет получить тот самый 8-битный звук.

Структурная схема устройства показана на рисунке 1. Принцип работы устройства таков: клавиатура, представляя собой набор сопротивлений таких номиналов, при которых ГУН генерирует сигнал такой частоты, которая соответствует 20 нотам [1]. С помощью стилуса, который перемещается по клавишам, меняется частота генерации ГУН и следовательно воспроизводится одна из 20 нот. Также к ГУНу, при замыкании тумблера, подключаются фильтры, которые имитируют эффект «вибрато» (превращают прямоугольный сигнал с выхода ГУНа в треугольный) [2]. Далее сигнал с генератора управляемого напряжением попадает в выходной усилитель, который усиливает сигнал по амплитуде и уже передает его в динамик [3]. Также к выходу ГУНа, через тумблер, можно подключить делитель частоты, который разделит частоту сигнала на 2 [4]. Т.е. при использовании делителя, диапазон инструмента будет 40 нот.

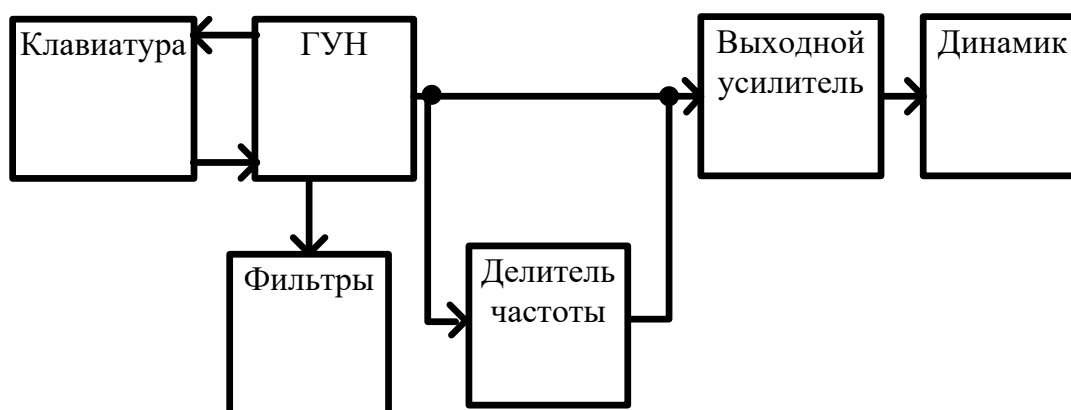


Рис. 1 Структурная схема устройства

ГУН может быть исполнен на микросхеме NE555 или отечественной КР1006ВИ1 или транзисторах. Схема на транзисторах более объемна, а также она морально устарела, поэтому был сделан выбор в пользу микросхемы. Делитель частоты реализован на отечественной микросхеме К561ТМ2, представляющая собой двояный D-триггер. Выходной усилитель реализован на микросхеме зарубежной TL072 в корпусе SOP-8, что позволяет добиться

компактности устройства, она также может быть заменена на любой ОУ с похожими параметрами.

В результате была создана электрическая схема, представленная на рисунке 2

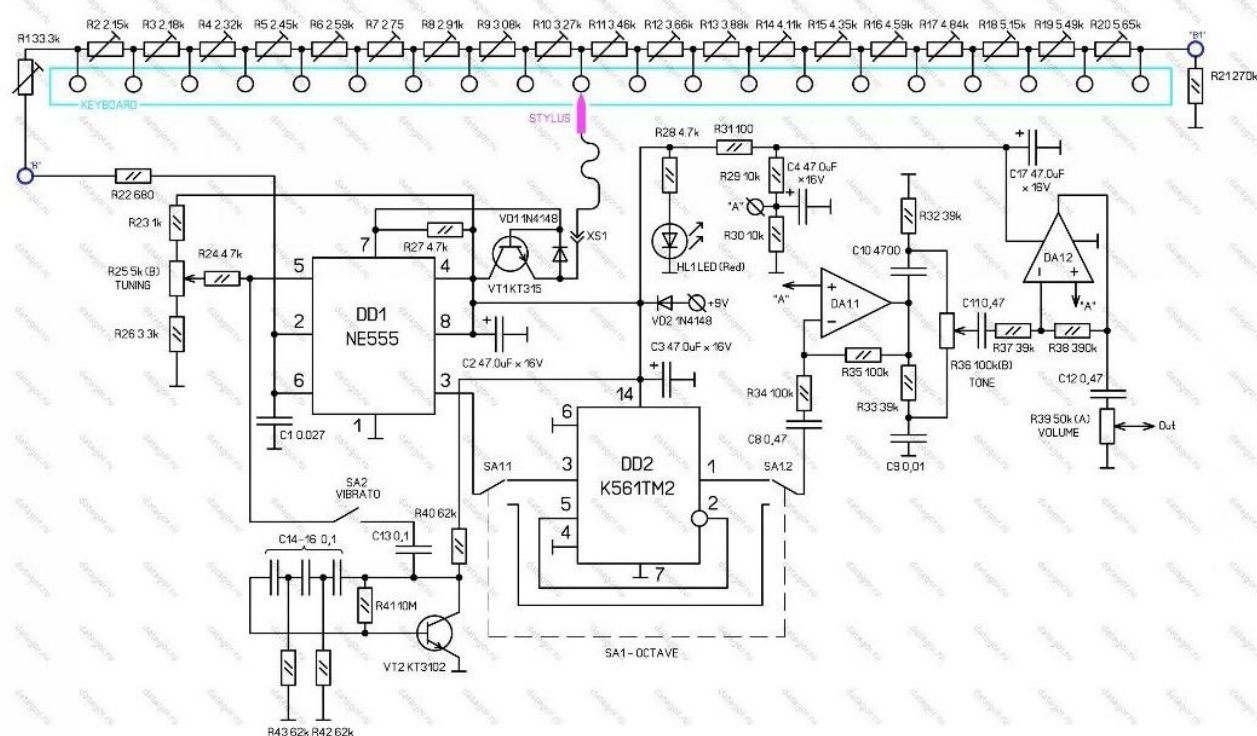


Рис. 2 Схема электрическая принципиальная

Прибор также имеет подстройку по частоте в самом ГУНе, защиту от переполновоспитания[2], регулировку громкости, светодиодный индикатор работы. Также имеется возможность подключения 2 стилисов, для имитации игры аккордами.

Питание устройства осуществляется от источника питания в 9 В, т.е в качестве питающего элемента можно использовать батарейку типа «крона».

Для устройства было разведено 2 печатные платы, для клавиатуры, габаритами 62мм на 137мм, и плата с ГУНом, габаритами 42мм на 92мм. Все пассивные элементы и ОУ представлены в SMDкорпусах, для уменьшения габаритов устройства. Микросхемы NE555 и K561TM2 посажены в колодки, для возможности быстрой замены без использования паяльника.

Стилофон, рассмотренный в данной работе, предназначается для творчества и создание музыкальных треков.

Литература

1. Дегтярь Г. А. Устройства генерирования и формирования сигналов : [учебное пособие для вузов по направлению подготовки 654200 "Радиотехника", специальность 200700 "Радиотехника"] / Г. А. Дегтярь ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2007. - 997 с. : ил.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. (The Art of Electronics) М.: «Бином», 2015. - 1290 с.
3. Баранов, С. П. Основы аудиотехники. — М.: Радио и связь, 2018. — 320 с
4. Кузнецов, А. Н. Электронные музыкальные инструменты: теория и практика. — М.: Музыка, 2019. — 320 с.
5. Изюмов, Н.М. Основы радиотехники / Н.М. Изюмов, Д.П. Линде. - М.: Госэнергоиздат, 2013. - 512 с.
6. Мельников, В.А. Цифровая электроника: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2018. – 432 с.