

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1 Обзор систем моделирования .....	7
1.1.1 EasyEDA.....	8
1.1.2 Proteus.....	9
1.1.3 LTspice.....	10
1.2 Обзор систем проектирования .....	11
1.2.1 Altium Designer .....	12
1.2.2 KiCad EDA .....	13
1.2.3 EasyEDA.....	14
1.3 Сравнение с аналогами на рынке .....	15
1.4 Вывод.....	16

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире без беспроводных технологий невозможно представить повседневную жизнь. Беспроводные сети Bluetooth и Wi-Fi, являются основными каналами передачи данных для множества устройств, от мобильных телефонов и ноутбуков, до домашних умных устройств и промышленного оборудования. С их помощью обеспечивается доступ к каналам связи, необходимым для мобильного образа жизни, позволяя пользователям оставаться подключенными ко всему миру в любой момент времени. Беспроводные сети являются открытыми каналами связи, а это значит, что подключиться к ним могут все, у кого есть пароль.

Однако, с ростом популярности и распространенности беспроводных технологий возникают новые угрозы, связанные с их использованием. Одной из таких угроз является возможность незаконного доступа к данным через сети Bluetooth и Wi-Fi, что может привести к серьезным последствиям для безопасности и конфиденциальности информации. Существует риск подслушивания и шпионажа через эти каналы, особенно в ситуациях, когда данные передаются без должного уровня защиты. Поэтому критически важно обеспечивать безопасность сетей и их недоступность в определенных местах, например, в частных корпоративных средах, в которых важна конфиденциальность информации, в военных целях и даже в школах и университетах.

Целью данного дипломного проекта является разработка аппаратного комплекса генерации помех на частотах Wi-Fi и Bluetooth, который позволит временно прекратить доступ к сети и, соответственно, к конфиденциальным данным, повысив уровень безопасности. Это представляет собой важный шаг в защите как личной и корпоративной, так и государственной информации от потенциального прослушивания и угроз. Так же в результате разработки данного проекта будет достигнута возможность обеспечить чистоту связи на важных мероприятиях, таких как переговоры, заседания или же государственные экзамены.

Для достижения данной цели необходимо провести обширный анализ и исследования в области Wi-Fi и Bluetooth, передачи сигналов на физическом уровне. Так же следует изучить передачу сигнала в эфир, генерацию шумов, а также использование высокочастотных генераторов, управляемых напряжением (в дальнейшем – ГУН). Особенно важно учесть работу на физическом уровне беспроводных сетей в целом, так как генератор будет направлен именно на данный уровень.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

1. Исследование физического уровня протоколов 802.11 и 802.15.
2. Проектирование модуля генерации помех.
3. Реализация прототипа модуля генерации помех.
4. Тестирование и оценка работоспособности модуля.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Обзор систем моделирования

Для начала необходимо дать понятие схемотехническому моделированию и системе моделирования.

Схемотехническое моделирование представляет собой моделирование электрических процессов в электронных устройствах с использованием принципиальных электрических схем. Данные схемы включают в себя соединения условных обозначений электрических элементов, таких как транзисторы, резисторы, конденсаторы, диоды и другие. В отличие от логического моделирования, схемотехническое учитывает физические законы схем. В схемотехническом моделировании могут описываться важнейшие характеристики элементов, большая степень строгости описания электронных схем и элементов позволяют получить более точные сведения о процессах, происходящих в схеме. Цель схемотехнического моделирования – определение формы и параметров величин тока и напряжения, зависимости сигнала от тока и так далее. Из этих параметров можно рассчитать дальнейшие необходимые параметры схемы. [1]

Соответственно, под системой моделирования можно назвать программное обеспечение, которое позволяет инженерам создавать, изменять и проверять функциональность электронных схем, прогнозировать производительность и выявлять потенциальные проблемы прежде, чем переходить к этапу физической реализации [2]. Данные системы позволяют экономить время и ресурсы, что является ключевыми фактами как у огромного предприятия, так и у обычных радиолюбителей. Так же данные системы позволяют подходить к проектированию и расчёту схем с большей надёжностью.

Исходя из вышесказанного, ключевыми факторами при выборе системы моделирования могут стать:

1. Производительность: система должна прогнозировать производительность схем с необходимой точностью.
2. Поддержка анализа результатов: система должна иметь инструмент, для работы над анализом полученных путём моделирования результатов.
3. Полнота описания: в системе должно быть возможным описание как можно большего количества характеристик элементов.
4. Поддержка большой элементной базы.
5. Поддержка аналогового и цифрового моделирования.
6. Удобство в использовании.

Данные факторы расположены в порядке убывания, что значит, что самый важный фактор – производительность системы, а наименее важный – удобство использования. Кроме того, для данного проекта критически

необходима точность и аналоговое моделирование, что значит, что без соблюдения пунктов 1 и 5 система будет считаться не подходящей.

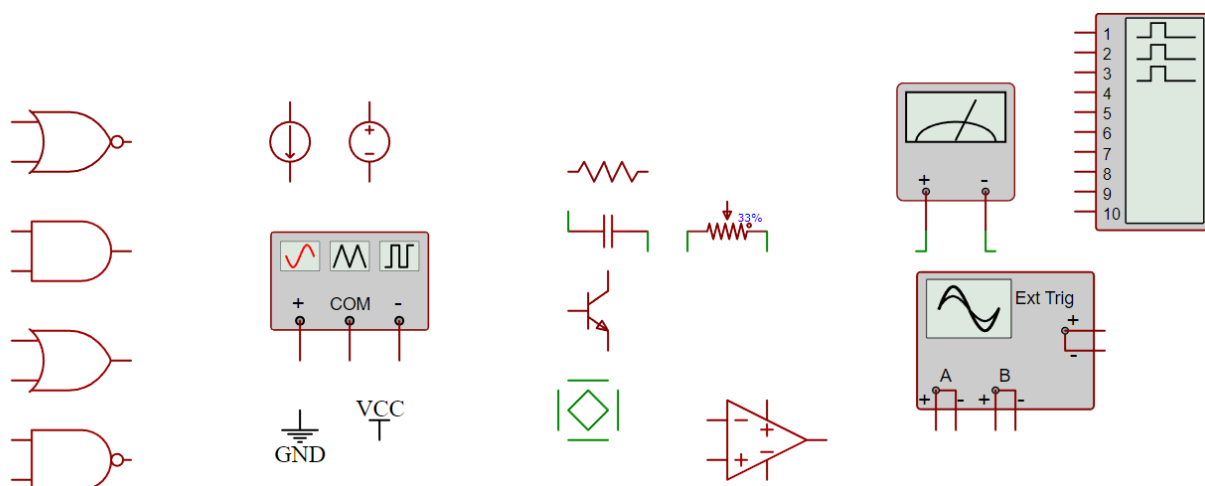
### 1.1.1 EasyEDA

EasyEDA – это веб-среда для автоматизированного проектирования и разработки электронных схем и печатных плат, доступная бесплатно любому человеку. Система бесплатна не только для персонального использования, но и для коммерческих приложений. Данная среда является кроссплатформенной, и доступна даже с телефона в браузере. Так же EasyEDA позволяет конвертировать электрическую схему в шаблон печатной платы, генерировать Gerber-файлы, а также документацию. Главный плюс данной среды – простота и доступность создания принципиальных схем, с возможным дальнейшим заказом печатных плат. Так же все проекты могут храниться в облаке личного аккаунта, что позволяет иметь доступ к проектам лишь с выходом в интернет.

Данная среда так же позволяет моделировать электронные схемы, с помощью SPICE-модели, которая используется практически во всех эмуляторах на данный момент. Модель SPICE была разработана в 1973 году, после чего претерпела два обновления (SPICE 2 и SPICE 3) в 1983 и 1993 годах. Модель обладает открытым исходным кодом и высокой точностью, которая обеспечивается точным математическим прогнозированием поведения элементов в различных условиях. Схемы, описываемые моделью SPICE, могут варьироваться от простейших, как резистор, до огромных корпоративных проектов, описываемых сотнями строк.

Система поддерживает как аналоговые, так и цифровые сигналы, что является обязательным требованием. Для задания и измерения сигналов все провода должны быть подключены к своеобразным устройствам, представляющим генераторы (как переменного, так и постоянного тока), мультиметры, осциллографы и логические анализаторы. Создание схем происходит перетягиванием элементов из специальной SPICE-библиотеки элементов и подключением их с помощью проводов друг с другом, которые могут идти под свободным углом. Библиотека элементов предоставляет доступ к основным элементам, по типу резисторов, конденсаторов, операционным усилителям и так далее. Так же поддерживаются логические элементы (и, или, не и так далее).

Правила моделирования же указываются с помощью специальной строки, именуемой SPICE-директивой. SPICE-директива представляет собой обычную текстовую строку, помещаемую на схему и передаваемую непосредственно в список соединения. Директивы можно задавать как одним сплошным текстом, так и в виде блоков. Директивы необходимы для задания типа, времени, параметров анализа, а также создания специальных функций. Интерфейс EasyEDA показан на рисунке 1.1.



*.tran 10m*

Рисунок 1.1 – Пример интерфейса EasyEDA

Если оценивать параметры моделирования согласно списку, указанному в пункте 1.1 – то подпункты поддержки аналогового и цифрового сигнала, а также простоты использования соблюдаются.

Производительность данной системы слабая, так как моделирование происходит в облаке, и изменить данный параметр нельзя. Соответственно, при больших схемах или при плохом интернете с моделированием могут возникнуть проблемы.

Следующая проблема – анализ результатов не реализован на нужном уровне. При анализе нельзя выбрать конкретную цепь для анализа и разделить несколько графиков. При большом количестве сигналов становится сложно ориентироваться. Так же нельзя измерить частоту сигнала, амплитуду и фазу.

Так же невозможно полностью описать элементы. Доступны лишь базовые характеристики. К примеру, у резистора можно описать лишь сопротивление, однако нельзя описать допуск и номинальную мощность.

Следовательно, дальнейшие пункты рассматривать нет смысла, так как система не подходит для моделирования проекта.

### 1.1.2 Proteus

Proteus – среда для проектирования и моделирования электронных схем, широко используемая в промышленности. Среда предлагает полный процесс проектирования, сочетающий в себе создание электрических схем, интерактивное моделирование, и разводку плат в единой интегрированной среде. Так же данное программное обеспечение поддерживает моделирование микроконтроллеров, таких как Raspberry Pi или различные модели Arduino.

Proteus позволяет производить интерактивное моделирование, что позволяет отлаживать плату в реальном времени, с помощью модели SPICE, что обеспечивает высокую точность моделирования и поддержку как аналоговых, так и цифровых сигналов. Интерфейс Proteus показан на рисунке 1.2

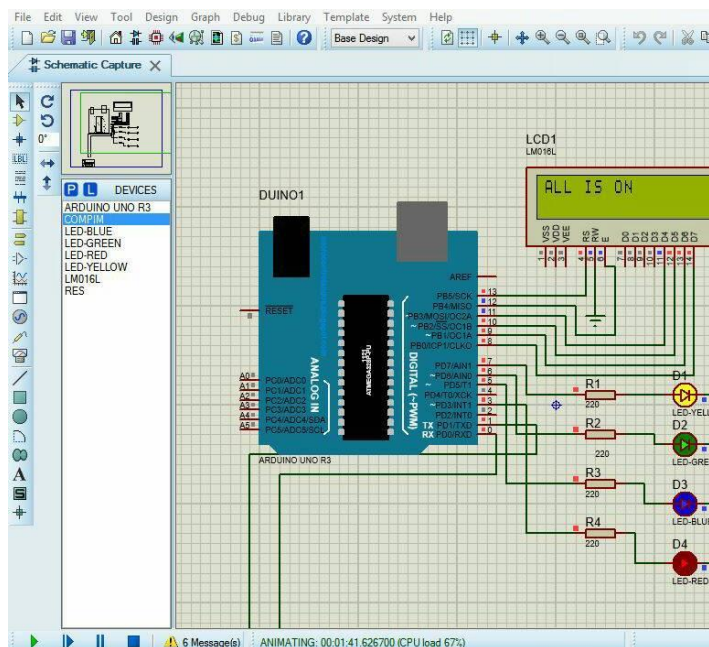


Рисунок 1.2 – Пример интерфейса Proteus

Главными преимуществами данной среды является её интегрированность, которая заключается во встроенных функциях поддержки конструирования печатной платы, моделирования и отладки.

Выполняются требования производительности, поддерживается большая элементная база, многие элементы есть во встроенной библиотечной базе приложения, с самыми различными характеристиками.

Из главных недостатков можно выделить слабую поддержку результата моделирования, так как в данной системе на обычном осциллографе нельзя измерить частоту сигнала, в отличие от физических цифровых осциллографов.

Так же, из минусов можно выделить сложность использования. Данная система является программным обеспечением, использующимся в больших корпорациях, поэтому в среде большой порог входа. К тому же, программа является платной, и специальная бесплатная подписка для студентов отсутствует.

### 1.1.3 LTspice

LTspice – популярное и мощное программное обеспечение для моделирования электронных схем, разработанное компанией Linear Technologies. LTspice является бесплатной средой моделирования,

использующей модель SPICE, захвата схем и просмотра форм сигналов для улучшения схем на этапе моделирования. Среда позволяет составлять платы, задавать точные характеристики каждому из компонентов, не привязываясь к фирме или конкретному компоненту, создавать собственные. LTspice основан на движке SPICE 3. С момента создания LTspice совершенствовался каждый год, в следствие чего на данный момент представляет собой один из лучших симуляторов электронных схем.

В данной среде моделирования доступна точная настройка элементов, большая элементная база, удобное устройство анализа результата моделирования, указанных на рисунке 1.3.

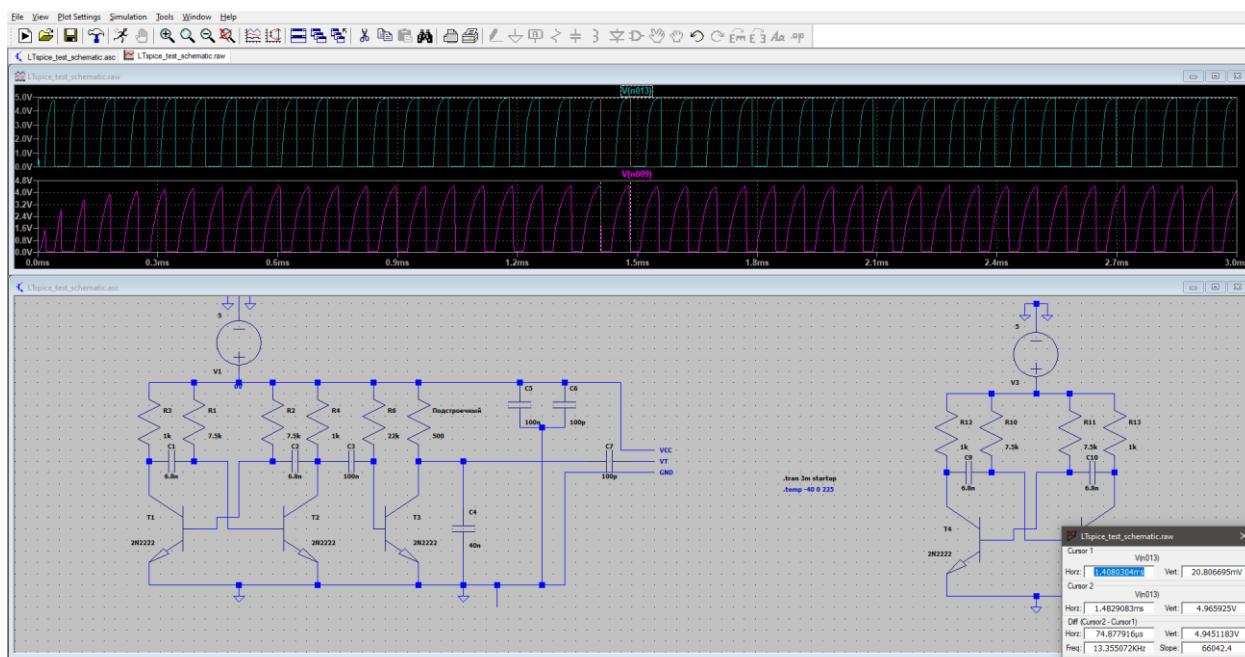


Рисунок 1.3 – Пример интерфейса LTspice

Данная среда использует модель SPICE, что обеспечивает точность, симуляцию как цифровых, так и аналоговых сигналов, имеет большой инструментарий для анализа сигнала, такой как частота сигнала, амплитуду, фазу сигнала и так далее. Кроме того, в среде можно описывать практически каждую характеристику.

В результате было принято использовать данную среду моделирования.

## 1.2 Обзор систем проектирования

Системы проектирования понадобятся для двух этапов разработки устройства:

1. Создание принципиальной схемы устройства.
2. Проектирование печатной платы устройства. [3]

Оба этих процесса выполняются на последнем этапе проектирования.

Создание принципиальной схемы устройства – это процесс разработки конечной основной электрической схемы, которая отображает функциональную структуру устройства, взаимосвязь компонентов и их маркировки. В процессе создания принципиальной схемы определяются функциональные элементы, составляющие устройство, и их взаимосвязь. При этом конкретное расположение на плате не учитывается, так как для этого предназначен следующий этап.

Проектирование печатной платы – это комплексный процесс создания электрических схем и расположения компонентов на специальной печатной плате (PCB). Данный этап не включает в себя подбор конкретных элементов, так как должен выполняться после разработки принципиальной схемы, в котором должны быть указаны конкретные элементы. Этап характеризуется выбором конструкции платы (выбор формы, размеров и слоёв), компоновку и размещение компонентов, трассировку, и при необходимости развод дорожек вручную, необходимые расчёты и документацию для конструкторов. Данный этап критически важен при изготовлении устройства, так как при неправильном проектировании на этапе печатной платы чревато нарушением работоспособности не только разрабатываемой платы, но и устройства в целом.

Из вышесказанного можно выделить некоторые факторы, которым должна удовлетворять система проектирования:

1. Интегрированность: система должна предоставлять возможность создания как принципиальных схем, так и проектирование печатных плат.
2. Поддержка обширной элементной базы.
3. Автоматизация процессов: система должна предоставлять базовую автоматизацию процессов, такую как автоматическая трассировка дорожек.
4. Проверка и анализ: система должна иметь базовый функционал проверки принципиальных схем.
5. Простота использования.

Как и с предыдущим подразделом, факторы строятся от самого важного к наименее важным.

### **1.2.1 Altium Designer**

Altium Designer – это комплексная система проектирования электронных устройств, включающая в себя инструменты и средства создания принципиальных схем, проектирования печатных плат, симуляции, анализа и создания производственной документации. Эта одна из самых популярных и мощных систем в области электронного проектирования по всему миру.

Altium Designer обладает широкой элементной базой, что облегчает выбор и проектирование принципиальных схем и печатных плат. Система имеет интегрированную систему, которая может помочь выбором и организацией компонентов. Данная среда пользуется большой популярностью в коммерческих организациях при разработке устройств.



Система позволяет создавать новые схемы, добавлять компоненты из встроенных библиотек или собственных скриптов, создавать производственные файлы по типу Gerber, Pick and Place, BOM и так далее. Так же имеет удобный пользовательский интерфейс, показанный на рисунке 1.4.

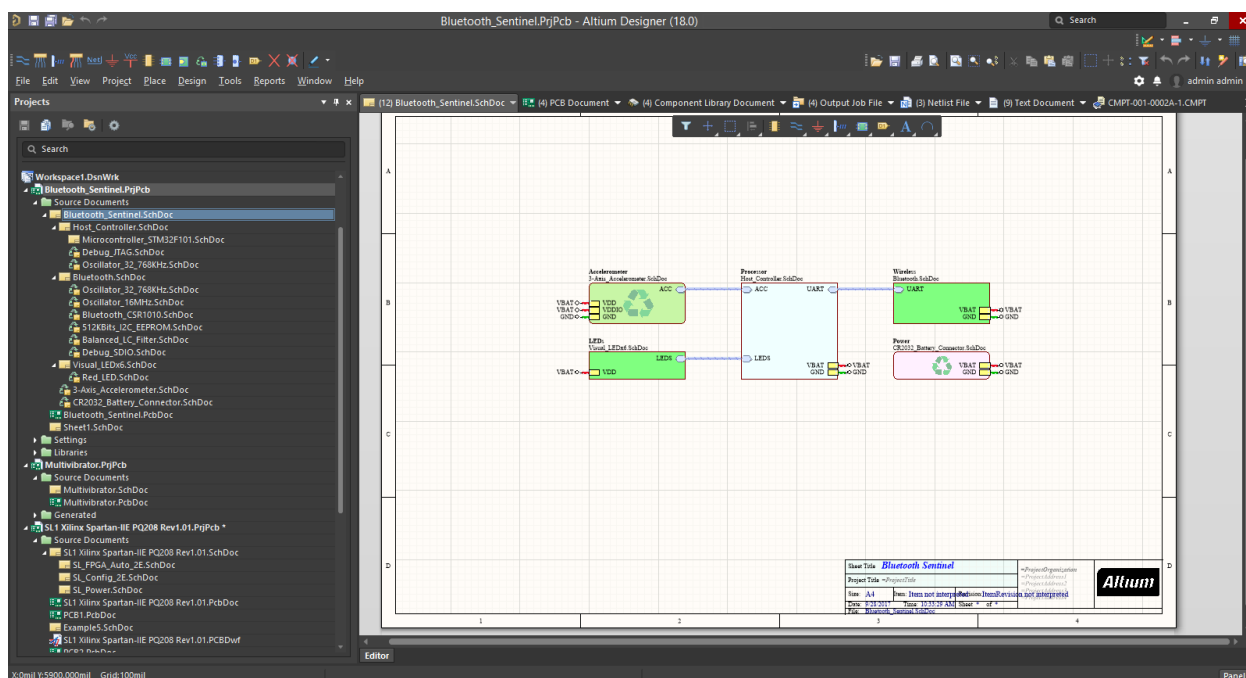


Рисунок 1.4 – Пример интерфейса Altium Designer

Однако, данная система имеет некоторые минусы, о которых нельзя не упомянуть:

1. Большая цена: самая обычная версия стоит \$358 в месяц, что по сравнению с конкурентами – слишком много.
2. Сложность в создании новых компонентов.
3. Система требует большого количества ресурсов.

Так же из минусов можно выделить плохие отзывы на автоматическую трассировку и жалобы на обязательные облачные сервисы [4].

## 1.2.2 KiCad EDA

KiCad EDA – свободная открытая система автоматизированного проектирования печатных плат. С 7 февраля 2023 года была разработана версия 7.0.0, сформированная после перехода проекта в организацию Linux Foundation. Система распространяется для различных дистрибутивов Linux, Windows и macOS.

KiCad предоставляет полную поддержку разработки плат, в том числе создание принципиальных схем, разработка печатных плат, просмотр Gerber-файлов и лёгкое создание собственных элементов с функцией задания макета на печатной плате. Так же KiCad предоставляет функции конвертации

изображений, для ручного создания плат или создания масок для плат. Так же система обладает менеджером плагинов, которые могут создаваться другими пользователями и загружаться в сеть. Пример интерфейса KiCad 8.0 показан на рисунке 1.5.

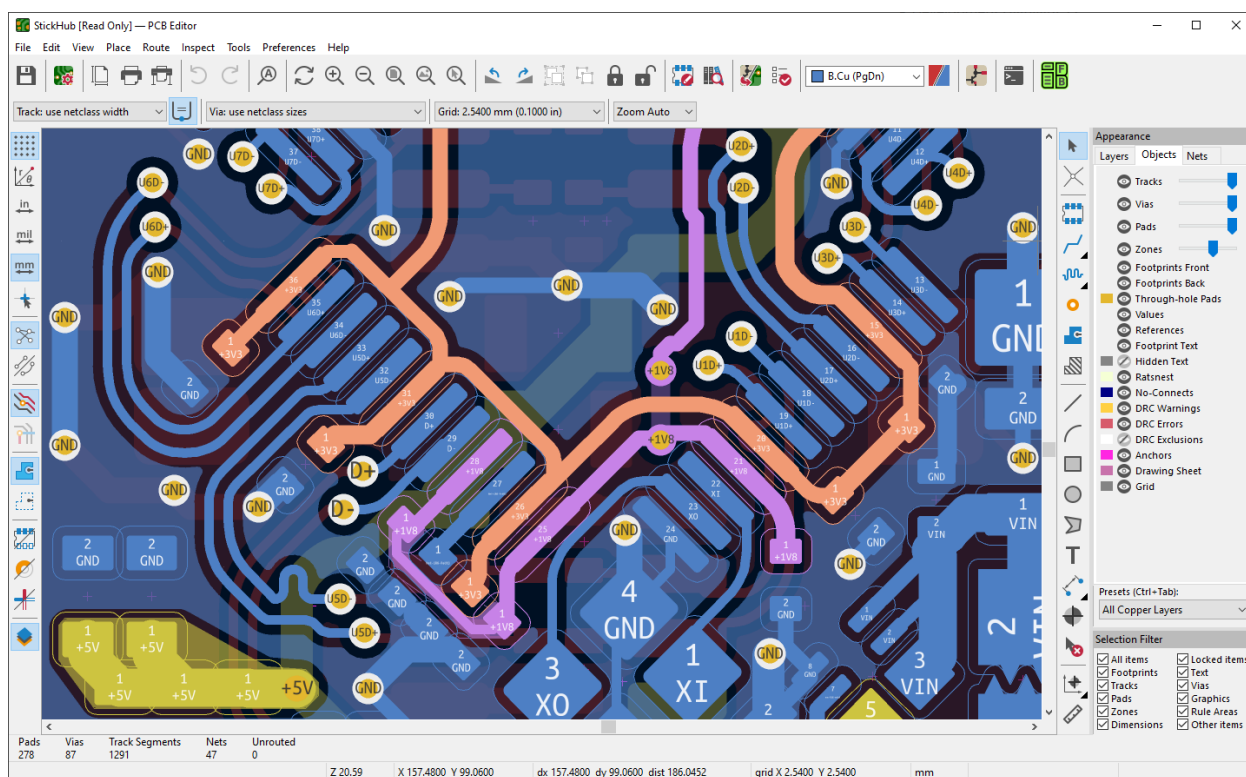


Рисунок 1.5 – Пример интерфейса KiCad EDA

Хоть KiCad EDA и является мощным и бесплатным инструментом проектирования, в нём присутствует ряд недостатков:

1. Малая элементная база.
2. Ограниченная документация: большинство информации, найденное во время использования данной среды было взято из форумов.
3. Интерфейс пользователя: среда имеет менее интуитивный пользовательский интерфейс по сравнению с конкурентами.

Следуя из первых двух пунктов, данная среда плохо подходит как для коммерческого использования, так и для любителей.

### 1.2.3 EasyEDA

Так как функции данной среды с точки зрения среды моделирования уже обзвевались, и основная информация была предоставлена ранее – следует сфокусироваться на функциях проектирования принципиальных схем и проектирования печатных плат.

Среда позволяет создавать принципиальные схемы с помощью встроенной библиотеки элементов, которые в последующем можно заказать

как по-отдельности, так и на готовой печатной плате. Так же готовые принципиальные схемы легко изменяются и дополняются. Доступны средства написания документации к схемам.

С точки зрения проектирования печатных плат EasyEDA имеет значительные преимущества с конкурентами. Как говорилось ранее, среда кроссплатформенная и доступна бесплатно как для персонального, так и для коммерческого использования. Система позволяет конвертировать принципиальные схемы в печатные платы и настраивать параметры плат с прецизионной точностью и гибкой настройкой различных характеристик. Так же доступен автоматический трассировщик в двух форматах: в облачном виде и локальном. Среда обладает приятным не перегруженным графическим интерфейсом, показанном на рисунке 1.6.

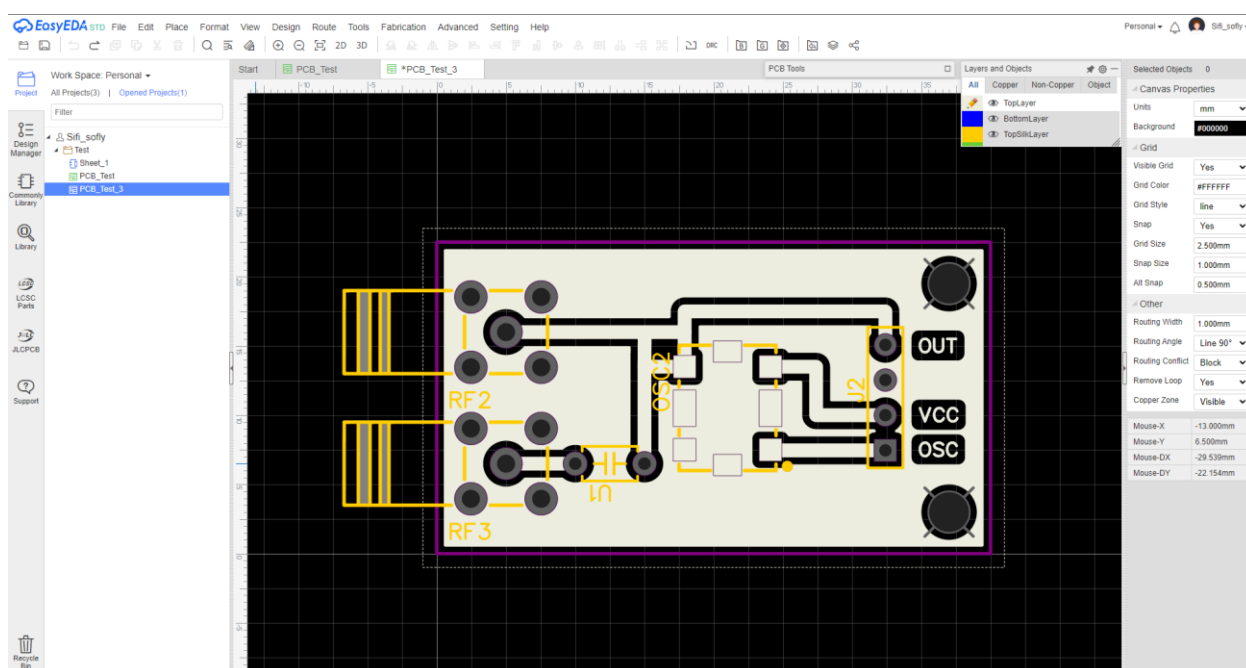


Рисунок 1.6 – Пример интерфейса EasyEDA

Кроме того, среда обладает возможностью загрузки проектов на облако и совместной работой над ними. Так же имеется интегрированная поддержка заказа готовых плат с [jlcpcb.com](http://jlcpcb.com), что позволяет просматривать оставшееся количество определённых элементов, их характеристики в реальном времени.

Из минусов можно выделить ограниченность среды для больших проектов, так как автоматический трассировщик и среда принципиальных схем могут не справляться с нагрузкой.

### 1.3 Сравнение с аналогами на рынке

Среди аналогов на рынке следует выделить аналоги в низком ценовом диапазоне, так как проект рассчитан на генерацию шумов только на частотах

Wi-Fi и Bluetooth, а современные подавители связи рассчитаны на более широкий спектр.

Среди самых дешёвых – CDMA GSM DCS WIFI 4G [5]. Основные характеристики указаны в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Подавитель CDMA GSM DCS WIFI 4G

Характеристика	Значение
Цена	260,31 бел. руб.
Радиус распространения шумов	От 1 до 15 метров
Выходная мощность	От 10 до 30 Вт
Частоты работы	869-894 МГц, 925-960 МГц, 1805-1880 МГц, 2320-2500 МГц, 2550-2650 МГц
Питание	От сети 220 В

Можно выделить, что данное устройство работает не только на частотах Wi-Fi и Bluetooth, но и на частотах CDMA, GSM и DCS, и работает в радиусе до 15 метров, в следствие чего обусловлена цена в 260 рублей.

Ещё один дешёвый вариант – Wi-Fi 2400. Характеристики указаны в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Подавитель Wi-Fi 2400

Характеристика	Значение
Цена	191 бел. руб.
Радиус распространения шумов	до 20 метров
Выходная мощность	0.8 Вт
Частоты работы	2400-2500 МГц
Питание и время работы	От сети/от батареи до 90 минут

В данном варианте видно, что при уменьшении полосы частот уменьшается и цена товара. При этом, в данном продукте все ещё стоит СВЧ-усилитель, который обеспечивает радиус распространения шумов до 20 метров. Из-за данного усилителя и аккумулятору со временем работы до 90 минут и возникает цена в 191 рубль.

#### 1.4 Вывод

Исходя из вышеперечисленного обзора систем моделирования и проектирования, было выбрано использовать две различные среды, одну для моделирования и вторую для проектирования: LTspice и EasyEDA соответственно.

Так же исходя из обзора аналогов была поставлена цель изготовить продукт, работающий на минимальном расстоянии и использующий минимальное количество ресурсов, что обеспечит приемлемую цену продукта.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

### ДОПОЛНИТЬ

Главными преимуществами аппаратного комплекса является генерация шумов на частотах Wi-Fi и Bluetooth, которая позволяет «заражать» проходящий в эфире сигнал. Таким образом, любой сигнал, попадающий под частоты работы данного аппаратного комплекса будет зашумлён, и передача будет прервана или нарушена. Данные устройства используются для полной блокировки связи в любых целевых местах.

Очевидным недостатком данных комплексов является блокировка абсолютно любой проходящей сети. Таким образом, нельзя выбрать конкретную цель для зашумления или наоборот, для блокировки от шума. Однако, такие генераторы могут послужить созданием уникальных новых устройств, которые будут иметь «иммунитет» к шумам данного типа.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Схемотехническое моделирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/8753/5/Тема\\_4\\_Схемотехнич\\_моделирование.pdf](https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/8753/5/Тема_4_Схемотехнич_моделирование.pdf). – Дата доступа: 01.04.2024

[2] Electronic Circuit Simulation Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electronicsguruji.com/best-circuit-simulation-software/>. – Дата доступа: 01.04.2024

[3] Руководство по проектированию печатных плат [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://resources.altium.com/ru/p/pcb-design-for-manufacturing-guidelines-how-to-avoid-critical-design-mistakes>. – Дата доступа: 02.04.2024

[4] Altium Designer Reviews and Rating [Электронный ресурс]. – <https://www.trustradius.com/products/altium-designer/reviews>. – Дата доступа: - 02.04.2024

[5] TX-E6 Подавитель сигналов [Электронный ресурс]. – <https://ozon.by/product/tx-e6-moshchnyy-podavitel-signalov-cdma-gsm-dcs-wifi-4g-1489728289/>. – Дата доступа: 02.04.2024

[6]

[7]

[8]

[9]

[10]

[11]

[12] 802.11 PHY Layers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://media.techtarget.com/searchMobileComputing/downloads/CWAP\\_ch8.pdf](https://media.techtarget.com/searchMobileComputing/downloads/CWAP_ch8.pdf). – Дата доступа: 18.03.2024