**АННОТАЦИЯ**

В рамках данной работы были разработаны электрическая структурная и принципиальная схемы устройства передачи данных по Bluetooth. Обоснован выбор элементарной базы, описан принцип работы устройства, спроектирована топология печатной платы устройства в САПР AltiumDesigner 18 и сборочный чертеж изделия.

В результате работы получено устройство, верно работающее по всем показателям, собран макетный образец, проведены экспериментальные исследования его функциональных параметров и сравнение параметров работы устройства с параметрами, полученными при моделировании.

Ключевые слова: транзистор, резистор, потенциометр, напряжение, ток, светодиод, Bluetooth.

**ABSTRACT**

As part of this work has been developed structural and schematic diagrams. Justified the choice of elementary base, the principles of the work of the product are described, the topology of the printed circuit board in CAD AltiumDesigner 18 and the assembly drawing of the product have been designed.

As a result of the work, we obtained a device that works faithfully for all indicators, assembled a model sample, performed experimental studies of its functional parameters and compared the parameters of the device with the parameters obtained in the simulation.

Keywords: transistor, resistor, potentiometer, voltage, current, LED, Bluetooth.

**Содержание**

[Введение 3](#_Toc42005020)

[1 АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH 5](#_Toc42005021)

[2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ 7](#_Toc42005022)

[3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH 9](#_Toc42005023)

[4 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА 11](#_Toc42005024)

[5. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ 13](#_Toc42005025)

[5.1 Разработка принципиальной схемы устройства регулировки температуры 13](#_Toc42005026)

[5.2 Обоснование выбора элементной базы 15](#_Toc42005027)

[6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ 25](#_Toc42005028)

[6.1 Проектирование топологии печатной платы. 25](#_Toc42005029)

[6.2 Изготовление печатной платы 26](#_Toc42005030)

[7 РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH 29](#_Toc42005031)

[7 СБОРКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH 32](#_Toc42005032)

[8 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ 34](#_Toc42005033)

[9 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА 36](#_Toc42005034)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ 39](#_Toc42005035)

# Введение

Актуальность данной работы заключается в росте популярности технологий беспроводной передачи зашифрованных данных. Таким образом предлагается прототип устройства, принимающего зашифрованную известным способом строку с помощью технологии Bluetooth и передающее в последовательный порт контролирующей машины дешифрованную строку.

В рамках данной работы было принято решение создать устройство минимально возможной, с точки зрения рационализма, степени интеграции. Из особенностей данного устройства можно отметить модульную структуру и совместимости с некоторыми модулями передачи данных по Bluetooth.

Цель работы – конструирование и изготовление устройства передачи данных по Bluetooth, собранного с низкой степенью интеграции, имеющее возможность подключения различных модулей передачи данных по Bluetooth, а также возможность передачи информации в последовательный порт компьютера с помощью протокола UART.

Методы исследований: при проведении исследований и разработки устройства применялись методы анализа на основе базовых положений теории цепей и основ аналогово-цифровой схемотехники, а также методы проектирования, основанные на использовании современных систем автоматизированного проектирования (САПР).

Научная и практическая новизна работы состоит в предложенном способе реализации устройства передачи данных по Bluetooth, а также решения сопутствующих проблем при реализации устройства модульной структуры.

Практическая ценность работы заключается в том, что в итоге работы получена рабочая установка передачи данных по Bluetooth, имеющее большой потенциал в сфере беспроводной передачи данных.

Результаты работы:

Создан макет рабочего устройства и комплект схемотехнической и конструкторско-технологической документации на него, которое выполняет заданные в техническом задании функции.

Результаты разработки представлены в виде комплекта конструкторско-технологической и схемотехнической документации:

* Технической задание на разработку устройства;
* Расширенное техническое задание;
* Структурная схема устройства (А3);
* Принципиальная схема устройства (А3);
* Перечень элементов
* Сборочный чертеж макета устройства (А3);
* Спецификация;
* Алгоритм работы устройства;
* Схема измерительного стенда (А3)

Структура и объем работы: работа состоит из n страниц, включает список основных понятий, введение, m глав, заключение, список используемых источников и перечень приложений.

# 1 АНАЛИЗ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH

В результате анализа существующих решений была выявлена типовая структура устройства передачи данных по Bluetooth. Все схемы можно разделить на две группы:

* Устройства высокой степени интеграции (на борту присутствует антенна, чип, отвечающий за передачу данных, и центральный процессор, отвечающий за обработку этих данных). Чаще всего такие устройства имеют контакты расширения и являются программируемыми.
* Устройства низкой степени интеграции. В таких устройствах «мозги» устройства вынесены на отдельную плату. К которой подключается модуль беспроводной передачи данных. На рис. 1.2 представлена типовая схема устройств данного типа.

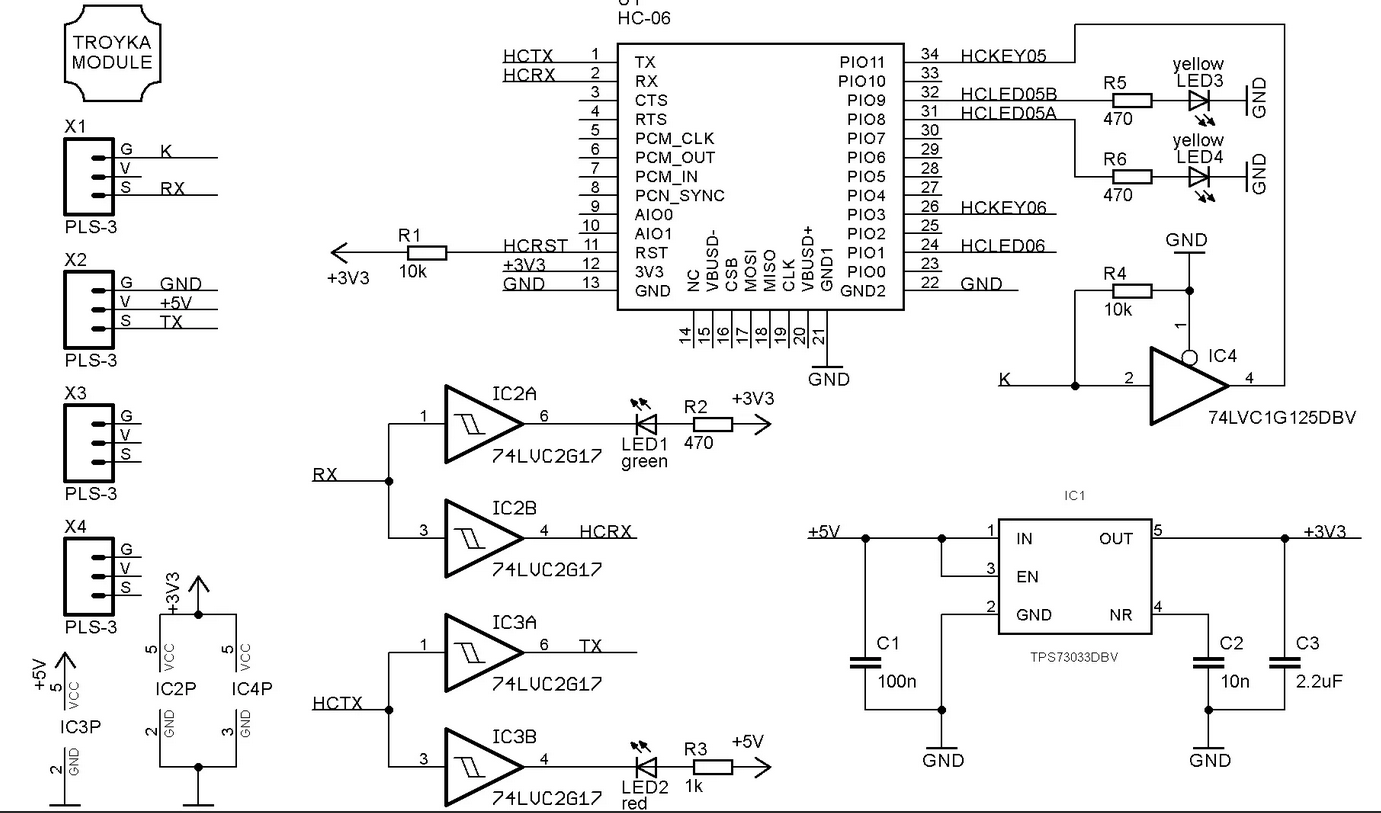


Рисунок 1.1 – Схема типичного устройства беспроводной передачи данных высокой степени интеграции.

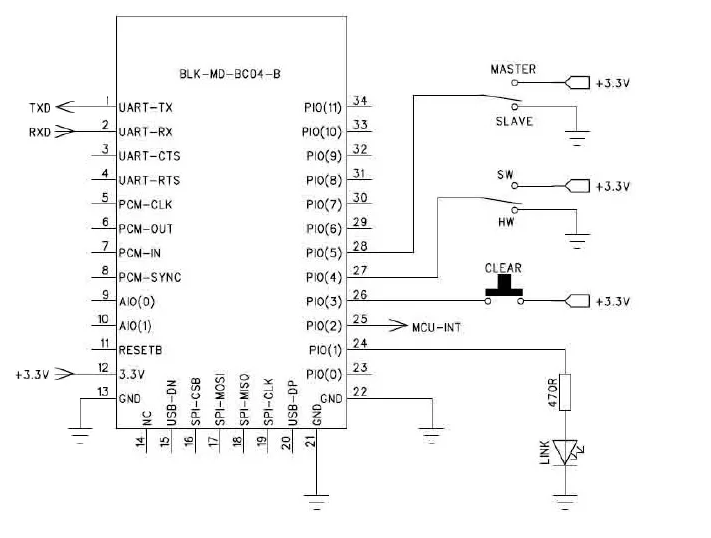


Рисунок 1.2 – Схема типичного устройства беспроводной передачи данных низкой степени интеграции.

Однако, не смотря на разную схемотехнику устройства данных типов обладают одинаковым функционалом и принципом работы. Отличаются они только лишь модульностью, простотой обслуживания и стоимостью.

Рассмотрим работу данных схем. Модуль или чип, отвечающие за беспроводную передачу данных, связываются с мастер-устройством и устанавливают устойчивый канал передачи данных. Получив данные передают их по протоколу UART микроконтроллер, который как раз и обрабатывает полученные данные, согласно алгоритму, зашитым в него.

# 2 РАЗРАБОТКА ТЕХНИЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ

Согласно техническому заданию должно быть разработано устройство передачи данных по Bluetooth с использованием модуля беспроводной передачи данных.

В результате проведенного исследования существующих решений, был сделан вывод что разработанное устройство должно относиться к классу устройств с низкой степенью интеграции и модульной структурой. Это обосновано тем, что данный тип устройств является легко обслуживаемым и поддается починке. В то время как в устройствах с высокой степенью интеграции ремонт отдельных частей чаще всего не представляется возможным, в силу их сильной связности. Так же для обеспечения стабильной работы устройства необходим либо внешний источник постоянного напряжения на 3.3 В, либо схемотехническое решение. Было выбрано схемотехническое решение, так как в продаже таких источников электропитания мало, а передача 3.3 В от устройства слежения является непрактичным. Особенно если учитывать, что источники питания 5 В являются более распространенными.

Таким образом в разработанном техническом задании были сделаны следующие требования к конструкции изделия:

* Напряжение питания 5 В (постоянное);
* Максимальный ток потребления 200 мА;
* Рабочий температурный диапазон -25…+55°С;
* Формат получения данных по UART c Bluetooth модуля: 8 – N – 1;
* Формат передачи данных по UART на устройство слежения: 8 – N – 1
* Скорость получения данных по UART c Bluetooth модуля: 7.680 Кбит/cек.
* Скорость передачи данных по UART на устройство слежения: 7.680 Кбит/cек.
* Питание должно осуществляться через стабилизатор напряжения (Выходное напряжение 3.3 В, максимальный ток нагрузки 200 мА, максимальное входное напряжение 6 В, рабочая температура – 40 … +125°С.);

Такая комбинация технических требований позволит создать устройство низкой степени интеграции и с модульной структурой, что удовлетворяет требованиям по ремонтопригодности.

**Вывод**

В данном разделе были синтезированы и обоснованы основные технические требования к разрабатываемому устройству. В результате синтеза получились требования, позволяющие разработать устройство низкой степени интеграции, которое будет легко обслуживаться и при необходимости ремонт пригодным.

# 3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH

Структурная схема была разработана согласно ГОСТ 2.701-84. В качестве среды разработки была выбрана программа «sPlan 7.0». Структурная схема устройства представлена на рис.3.1

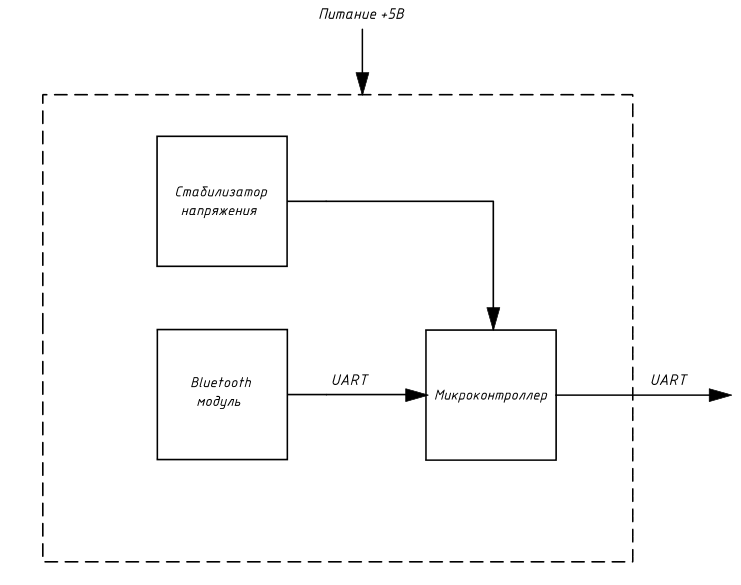


Рисунок 3.1 – Схема электрическая структурная устройства передачи данных по Bluetooth

Устройство можно разделить на несколько основных частей:

* Стабилизатор напряжения;
* Модуль Bluetooth;
* Микроконтроллер;

Как видно из структурной схемы устройства передачи данных по Bluetooth. В конечном исполнении на плате устрйоства будет очень мало дополнительных компонентов, что снижает степень интеграции и повышает ремонтопригодность. Однако, дискретные аналоги стоят дороже, поэтому конечная версия устройства будет дороже аналогичного устройства с высокой степенью интеграции, что не есть хорошо, однако преимущества перевешивают этот незначительный минус.

В качестве модуля Bluetooth выбран модуль CH-05. Который представляет собой модуль управляемого устройства, который связывается с главным устройством, получается от него данные и передает по UART данные вычислительному процессору.

LDO регулятор напряжения TPS73033DBVT используется в качестве стабилизатора, он нужен для подачи напряжения микроконтроллеру, для стабильной и безопасной работы последнего.

В качестве микроконтроллера был выбран 32-битный микроконтроллер STM32F030C8T6. Причина выбора именно этого микроконтроллера заключается, помимо требований ТЗ, в наличии 2х UART, что позволяет отправлять на устройство наблюдения обработанные данные, получая зашифрованные данные с модуля Bluetooth.

**Вывод**

В данном разделе была разработана структурная схема устройства передачи данных по Bluetooth. Оформлена по ГОСТ 2.701-84 в пакете «sPlan 7.0». Были описаны причины использования именно такой структурной схемы. Упомянуты выбранные элементы на каждую позицию. Произведено описание работы устройства в контексте представленной структурной схемы устройства.

# 4 МОДЕЛИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВА

Целью данного раздела является моделирование аналоговых составляющих разрабатываемого устройства передачи данных по Bluetooth. Под этот критерий подходит транзистор в ключевом режиме работы. Моделирвоание производилось в прогрммном пакете «P-Spice». Рабочая область программы со схемой модели предствалена на рис. 4.1.

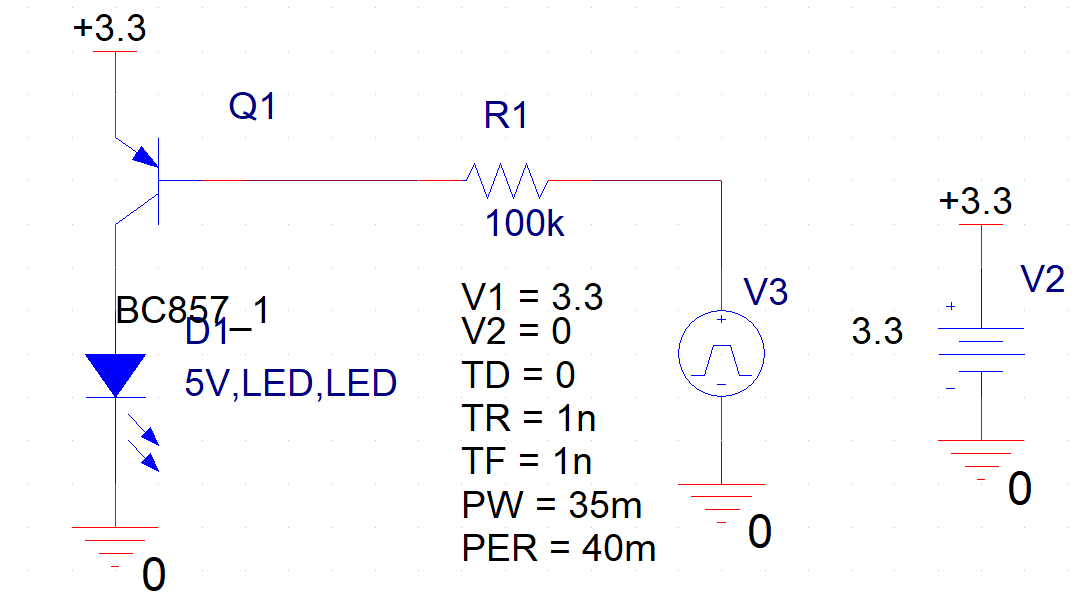


Рисунок 4.1 – Рабочая область программы с моделируемой схемой

Как видно из схемы ожидаемым режим работы данного узла представляет собой свечение светодиода на некоторой яркости, так как через него проходит ток, зависящий от сопротивления в базе и напряжения на генераторе прямоугольного сигнала. Таким образом необходимо выявить зависимость тока через светодиод от сигонала с генератора.

Данная зависимость представлена на рис. 4.2.

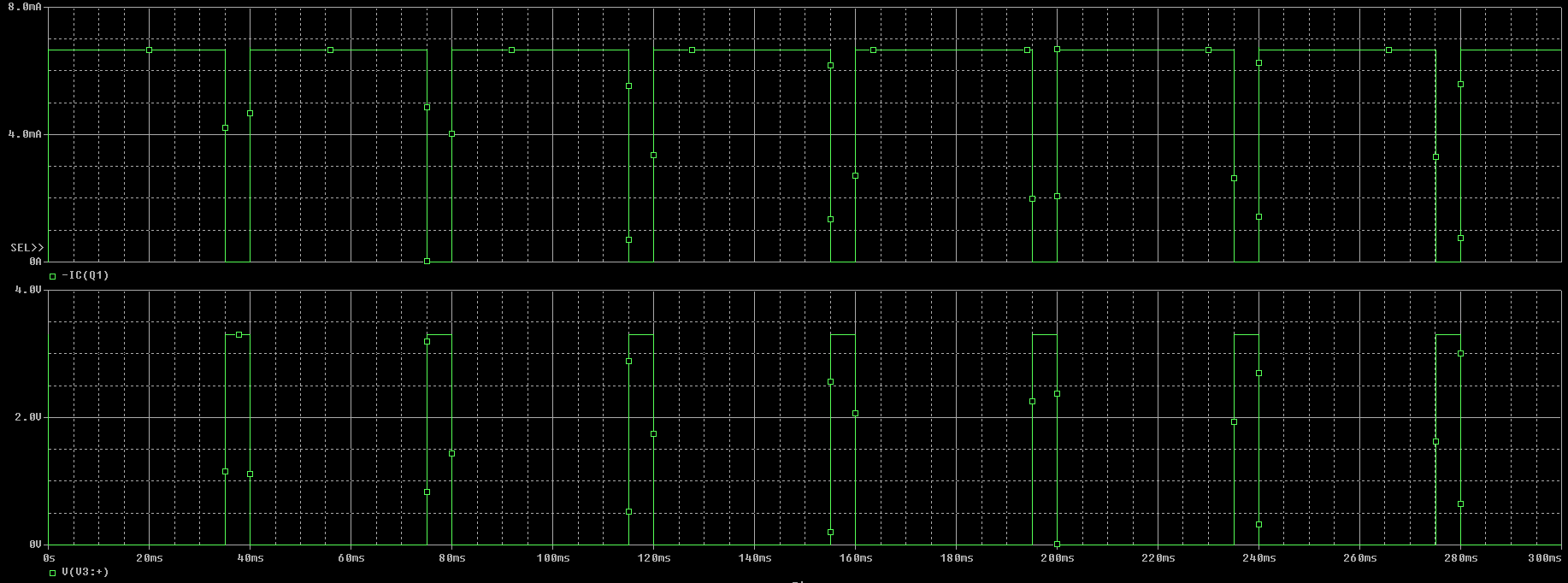


Рисунок 4.2 – Зависимость тока через светодиод от сигнала на генераторе

В нижней части графика представлена зависимость напряжения на выводе генератора от времени. А в верхней части графика представлена зависимость тока через светодиод от времени. Таким образом мы получаем ток через светодиод напрямую зависит от сигнала с генератора, а также его амплитуда не превышает 8мА. Таким образом в дальнейшем надо будет выбрать светодиод, который обладает напряжением прямого пробоя эквивалентному 2м Вольтам и максимальным током, большим 8мА.

**Вывод**

В данном разделе было проведено моделирование транзистора в ключевом режиме работы. Это было сделано для выявления необходимых характеристик светодиода и резистора. Были приведены критерии выбора светодиода, ими являются: максимальный ток прямого пробоя больше 8мА, напряжение прямого пробоя эквивалентное 2 В. Таким образом при верном подборе цифровых компонентов, таких как микроконтроллер и верном выборе стабилизатора напряжения устройство будет функционировать согласно заявленным характеристикам.

# 5. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

## 5.1 Разработка принципиальной схемы устройства регулировки температуры

Принципиальная схема устройства была разработана согласно ГОСТ 2.701-84 на основе структурной схемы (рис. 3.1). В качестве среды разработки был выбран программный пакет «sPlan 7.0».

Принципиальная схема устройства передачи данных по Bluetooth представлена на рис 4.1.

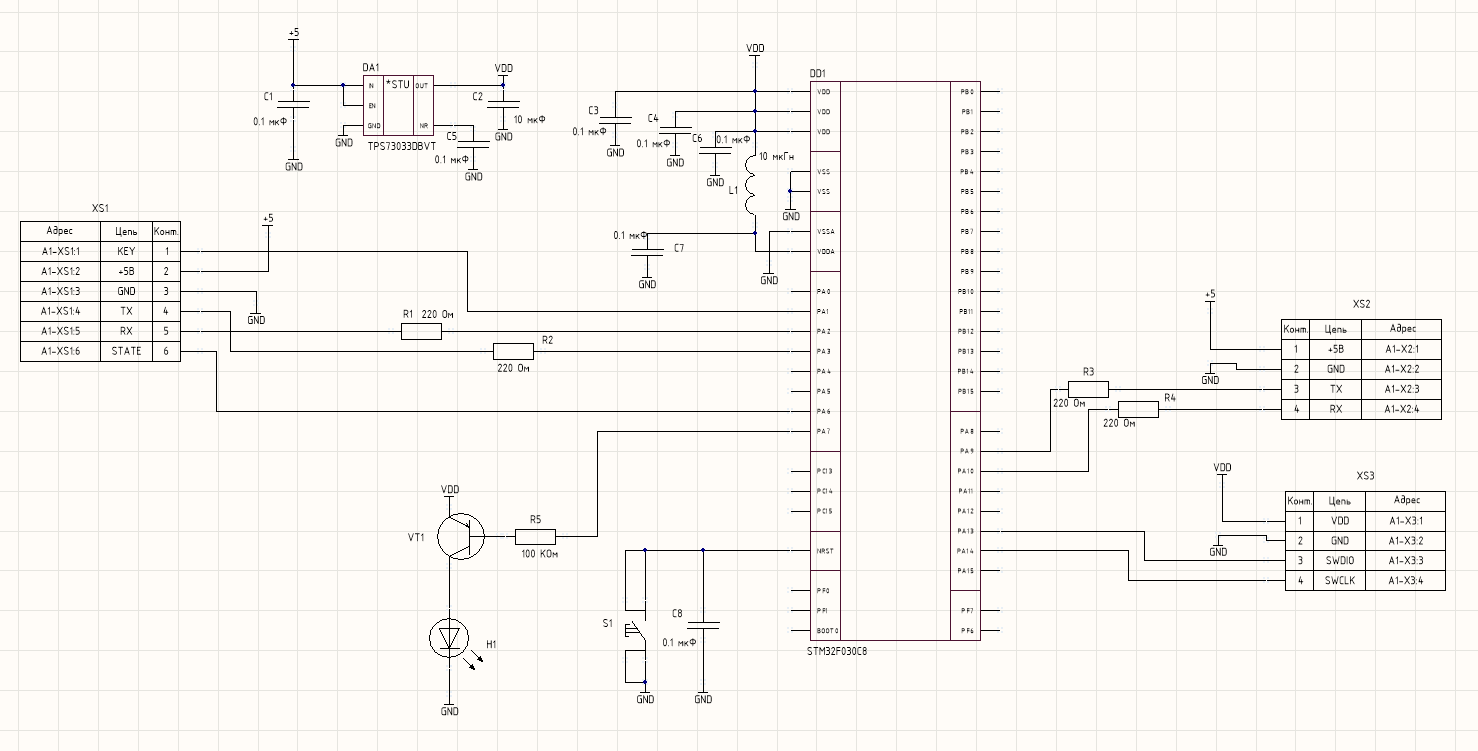


Рисунок 4.1 – Схема электрическая принципиальная устройства передачи данных по Bluetooth

Рассмотрим принцип работы приведенной схемы. Начнем с обеспечения электрической энергией всю схему. Устройство питается от вывода 1 выхода XS3, который является выходом к последовательному порту сканирующего устройства. Напряжение 5 вольт с этого вывода поступает на LDO регулятор напряжения, вследствие чего на его выходе OUT формируется 3.3 В, что достаточно для питания микроконтроллера. Модуль Bluetooth потребляет электроэнергию непосредственно из последовательного порта сканирующего устройства, как и регулятор напряжения. Это обусловлено тем, что модуль Bluetooth снабжен собственным регулятором напряжения, что позволяет оному питаться независимо от регулятора напряжения на плате вычислительного модуля.

После обеспечения напряжением всех узлов системы устройство выходит на рабочий режим. Микроконтроллер получается данные с последовательному порта Bluetooth модуля, которому соответствует разъем XS1. Затем обрабатывает их и предает сканирующему устройству по UART, чему соответствует разъем XS3.

Выход XS2 предназначен для программирования микроконтроллера.

Для обеспечения корректной работы всей периферии микроконтроллера не обходимо схемотехнически решить проблему возникновения помех от работы самого микроконтроллера. Для этого используются конденсаторы C3, C4, C6, C8, которые представляют собой фильтры низких частот, что качественно сказывается на количестве помех выбрасываемыми микроконтроллером на линию питания. Индуктивность L1 служит для индуктивного разъединения питания цифровой части микроконтроллера и аналоговой. В схеме не используются возможности микроконтроллера по считыванию аналогового напряжения, однако эта развязка рекомендуется документацией на микроконтроллер.

Так же в соответствии с документацией на регулятор с малым падением напряжения появляется необходимость в конденсаторах C1, C2, C5.

Для того чтобы микроконтроллер корректно работал вывод RESET необходимо подключить к земле через конденсатор, для того чтобы на вывод в обрыве не наводились дополнительные помехи от работы всех устройств на плате, что неизбежно приводило бы к перезагрузке самого микроконтроллера.

Также процесс обработки данных сигнализируется свечением светодиода: начало соответствует началу свечения, конец соответствует затуханию. Таким образом, для обеспечения данного функционала необходимо поставить транзистор, который будет работать в ключевом режиме: при подаче на его базу высокого напряжения он будет закрываться, а при подаче низкого напряжения будет открываться и как следствие зажигаться сигнальный светодиод. Для корректной работы этой схемы необходимо поставить резистор R5, который обладает номинальным сопротивлением в 100Ком.

Резисторы R1, R2, R3, R4 нужны для улучшения частотных характеристик линий передачи информации. Помимо этого, они так же являются перемычками, обеспечивающими возможность однослойной топологии печатной платы.

## 5.2 Обоснование выбора элементной базы

В качестве стабилизатора напряжения был выбран LDO регулятор TPS73033DBVT. Цоколевка данного регулятора напряжения представлена на рис. 4.2 [1].

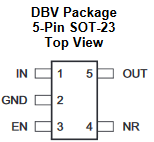


Рисунок 4.2 – Внешний вид и цоколевка стабилизатора напряжения [1].

Как описывалось ранее стабилизатор напряжения нужен для обеспечения, требуемого микроконтроллером напряжения.

Конденсаторы в схеме нужны для подавления помех на тех или иных устройствах. В качестве конденсатора для погашения помех на линии питания (С1), конденсатора для подавления помех, наводимых на микроконтроллер (С4) и для подавления помех, наводимых работой микроконтроллера (С5, С6) был выбран керамический GRM219F51H104Z номиналом 0.1 мкФ и рабочим напряжением 50 В. В качестве конденсаторов для подавления помех наводимых стабилизатором напряжения (С2) и для подавления помех от индуктивной нагрузки – вентилятора (С3) был выбран керамический GRM21BR61C106K номиналом 10 мкФ и рабочим напряжением 16 1В.

Внешний вид и цоколевка конденсаторов представлены на рис. 3.3 [4].

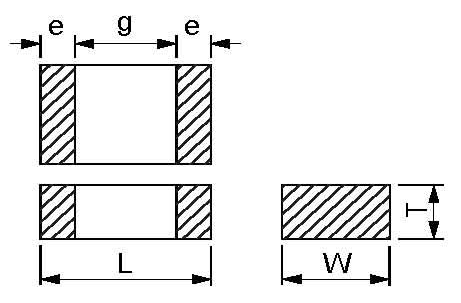


Рисунок 3.3 - Внешний вид конденсатора GRM [4].

Конденсаторы серии GRM имеют превосходные импульсные характеристики и малый уровень собственных шумов благодаря низкому импедансу на высоких частотах, предназначены для работы в электрических цепях постоянного, переменного и пульсирующего тока, а также в импульсных режимах.

Основные технические характеристики конденсатора GRM:

- номинальная емкость:

С1, С4, С5, С6: 0.1 мкФ;

С2, С3: 10 мкФ.

- допускаемые отклонения:

С1, С4, С5, С6: +80, -20%;

С2, С3: ±10%.

- рабочее напряжение:

С1, С4, С5, С6: 50В;

С2, С3: 16В.

Индуктивность требуется для индуктивного разъединения питание цифровой части микроконтроллера и аналоговой. Выбрана LQM21FN100N номиналом 10 мкГн. Внешний вид индуктивности LQM21FN100N представлены на рис. 3.6 [5].

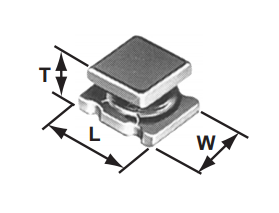


Рисунок 3.6 - Внешний вид индуктивности LQM21FN100N. [5]

Основные технические характеристики индуктивности LQM21FN100N:

- номинал: 10 мкГн;

- допускаемые отклонение: 30%.

В качестве резистора, задающего ток в базе транзистора VT1 был выбран P1-12, номиналом 100кОм (расчет номинала приведен в обосновании выбора транзистора VT1). В качестве резисторов, служащих частотных характеристик (R1, R2, R3, R4), выбран Р1-12 номиналом 220 Ом, мощностью 0,125 Вт. Внешний резисторов представлен на рис. 3.8 [7].

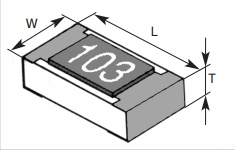


Рисунок 3.8 - Внешний вид и цоколевка резистора Р1-12 [7]

Бескорпусные толстопленочные резисторы предназначены для работы в цепях постоянного, переменного и импульсного тока. Используются для поверхностного монтажа.

Основные технические характеристики резисторов:

- номинальное сопротивление

R1, R2, R3, R4: 220 Ом;

R5: 100кОм

- точность: 10%;

- номинальная мощность: 0.125 Вт

В качестве кнопки был выбрана тактовая KLS7-TS6604-4.3-180. Внешний вид и цоколевка кнопки тактовой KLS7-TS6604-4.3-180 представлены на рис. 3.10 [9].

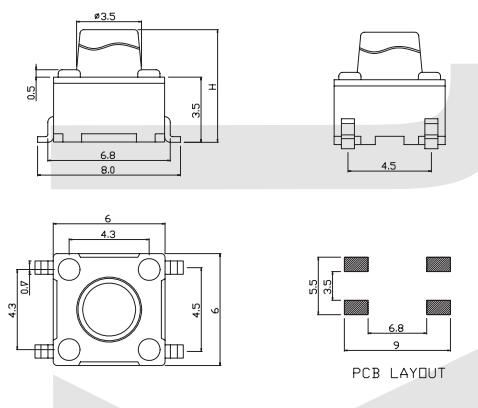


Рисунок 3.10 - Внешний вид и цоколевка кнопки тактовой KLS7-TS6604-4.3-180. Все размеры указаны для справки. [9]

Основные технические характеристики кнопки тактовой KLS7-TS6604-4.3-180:

- рабочее напряжение: 12 В;

- рабочий ток: 0,05 А.

В качестве разъемов (XS1 - XS5) были выбраны штыревые вилки типа PLS-2 с различным количеством выводов. Внешний вид и цоколевка штыревой вилки типа PLS-2 представлены на рис. 3.12 [11].

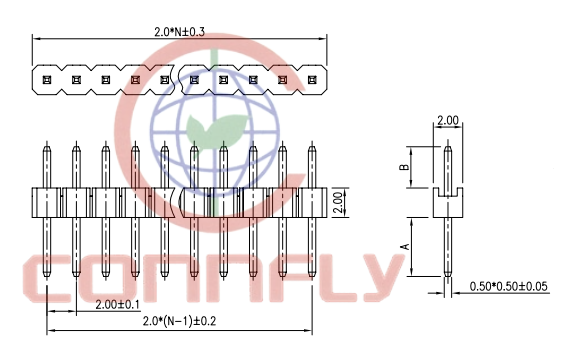


Рисунок 3.12 - Внешний вид и цоколевка аудио штекера KLS1-PLG-002A-3.5-G. Все размеры указаны для справки. [11]

В качестве транзистора (VT1) был выбран биполярный pnp транзистор BC587BMTF. Критерием выбора именного этого транзистора послужил расчет максимальных токов в цепи светодиода:

, где – коэффициент усиления по току транзистора, примем его равным 475, т е максимальному, тогда для максимального рекомендуемого тока светодиода:

Таким образом, сопротивления резистора в базе должно равняться:

Примем для снижения яркости светодиода.

Внешний вид и цоколевка транзистора представлены на рис. 4.11 [10].

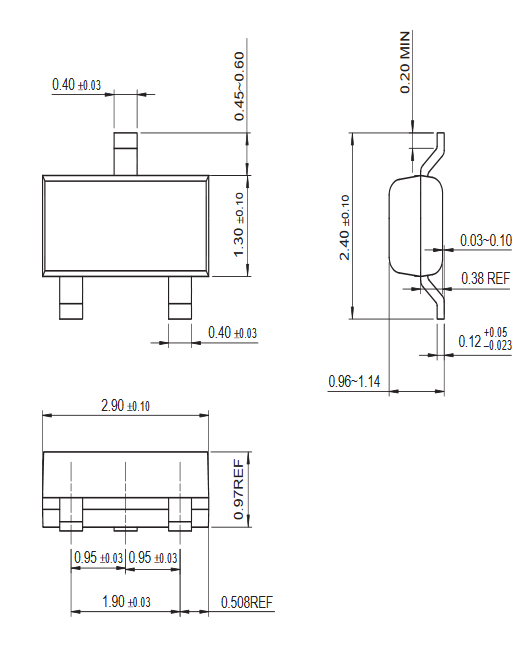


Рисунок 4.11 – Внешний вид и цоколвка транзисторов BC587BMTF

Основные технические характеристики транзисторов BC857BMTF:

* Структура: pnp;
* Максимально допустимый ток колектора – 100 мА;
* Статический коэфициент передачи тока – 200-475.

В качестве светодиода (HL1) был выбран зеленый BL-LS1311PGC-3. Внешний вид и цоколевка светодиода приведены на рис. 4.12 [3].

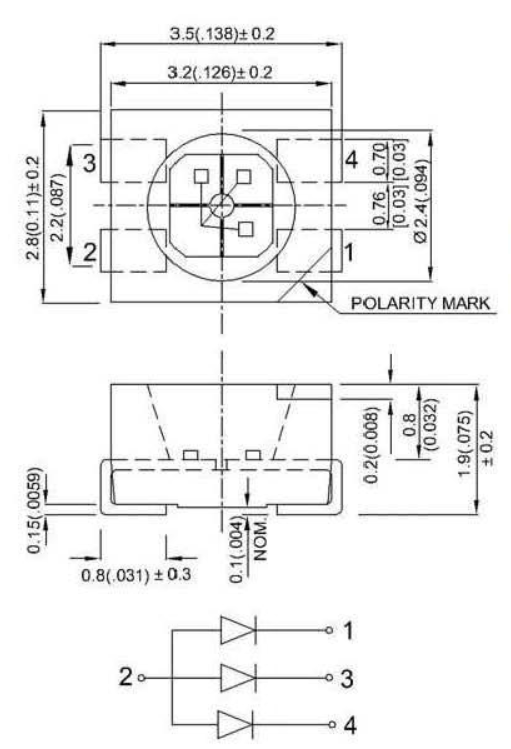


Рисунок 4.12 Внешний вид и цоколевка светодиода BL-LS1311PGC-3[3]

Технические характеристики:

* Цвет свечения – зеленый;
* Типичный ток – 20мА;
* Падение напряжение при прямом пробое при типичном токе – 2.2 В;
* Напряжение обратного пробоя – 5 В;
* Длина волны – 525 нм.

В качестве микроконтроллера был выбран 32-битный микроконтроллер STM32F030C8T6. Цоколевка микроконтроллера приведены на рис 4.13 [8].

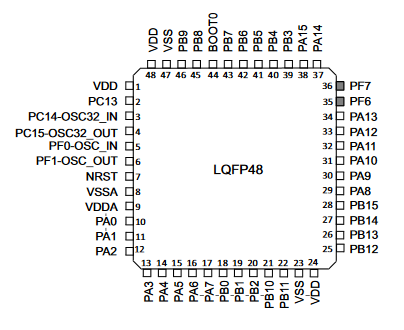


Рисунок 4.13 – цоколевка 32-битного микроконтроллера STM32F030C8T6[8]

Технические характеристики выбранного микроконтроллера:

* напряжение питания: 2.4…3.6 В;
* ширина шины данных: 32-бит;
* тактовая частота: 48 МГц;
* объем flash памяти: 64 КБайт;
* объем RAM: 8 Кбайт;
* встроенные интерфейсы: i2c, spi, uart.

**Выводы**

В данном разделе была разработана схема электрическая принципиальная, при помощи программного пакета «sPlan 7.0». Рассмотрен схемотехнический принцип работы устройства. Произведено обоснование использования тех или иных элементов. Помимо этого был произведен расчет цепи транзистора в ключевом режиме работы, для того чтобы убедиться в правильности его выбора и подобрать соответствующее сопротивления цепи базы, при котором транзистор и светодиод не выйдут из строя, для чего были взяты максимальные допустимые характеристики исследуемых компонентов цепи.

Таким образом результатом являются:

1. Чертеж схемы Электрической принципиальной Э3;
2. Перечень элементов.

# 6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ

## 6.1 Проектирование топологии печатной платы.

Исходя из принципиальной схемы, представленной в п. 4.1 была выполнена трассировка печатной платы. В качестве среды разработки был выбран программный пакет «Altium Designer» [12], результат представлен на рис. 5.1.

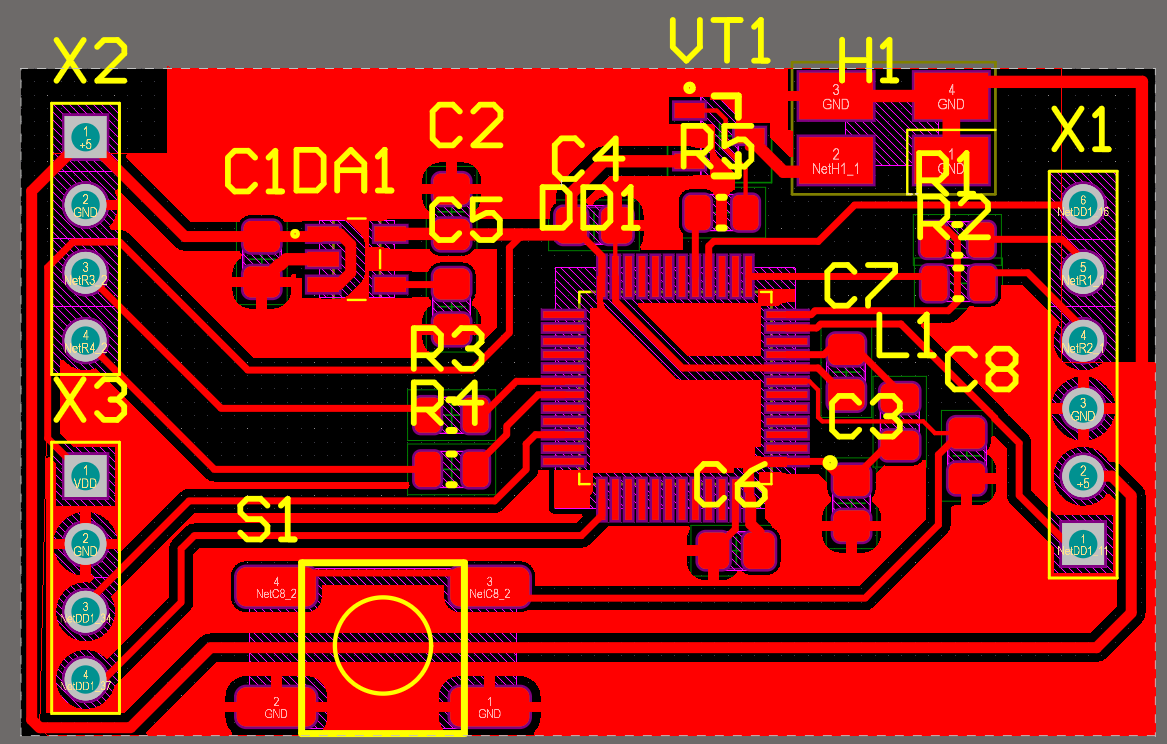


Рисунок 5.1 – общий вид трассировки Печатной платы в пакете «Altium designer»

При трассировке печатной платы основными целями были: компактность изделия, простота изготовления и минимальная длина дорожек передачи данных. Получилась двухсторонняя печатная плата габаритами 42.5 х 60.

Толщина медных дороже варьируется от 0.15 до 0.75 мм, расстояние между печатными проводниками печатной платы не менее 0.15 мм, гарантийный поясок контактной площадки печатной платы не менее 0.05 мм, что соответствует 4 классу точности.

На рис. 5.2 и рис 5.3 представлены шаблоны для верхнего и нижнего слоев печатной платы соответственно. Для уменьшения степени рассеивания света было принято решение сделать шаблоны многослойными. Также для более четкого рисунка необходимо располагать пленку матовой стороной к наклеенному фоторезисту.

## 6.2 Изготовление печатной платы

Для изготовления печатной платы 4-го класса точности было принято наложить фотошаблоны друг на друга, для улучшения контрастности рисунка, полученного путем засвечивания поверхности наклеенного фоторезиста через шаблон топологии печатной платы.

Печатная плата была изготовлена химическим негативным методом в лаборатории кафедры ИУ4 МГТУ им. Н. Э. Баумана. Из стеклотекстолита СФ-2-50 1.5 ГОСТ 10316-78 толщиной 0,5 мм ножницами по металлу была вырезана заготовка габаритными размерами примерно 45 х 70 мм. Поверхность обрабатывалась шкуркой шлифовальной бумажной ГОСТ 6456-82H-3 по ГОСТ 3647—80.Химическая подготовка поверхности состояла из обработки Пемолюкс ТУ 2383-022-89589540-2009 и Миф ТУ 2383-088-00204300-2006. На очищенную поверхность наклеивался сухой пленочный фоторезист Ordyl ALPHA. Производилось ламинирование. Затем заготовка помещалась вместе с фотошаблоном, представленным на рис. 5.2, в установку для экспонирования на 5 секунд для каждой стороны. Лишний фоторезист травился в 2% растворе кальцинированной соды. Травление меди происходило в растворе на основе перекиси водорода, лимонной кислоты и соли. Оставшийся фоторезист удалялся с меди ацетоном ГОСТ 2768-85. Сверление печатной платы не производилось.

Внешний вид печатной платы представлен на рис. 5.2.

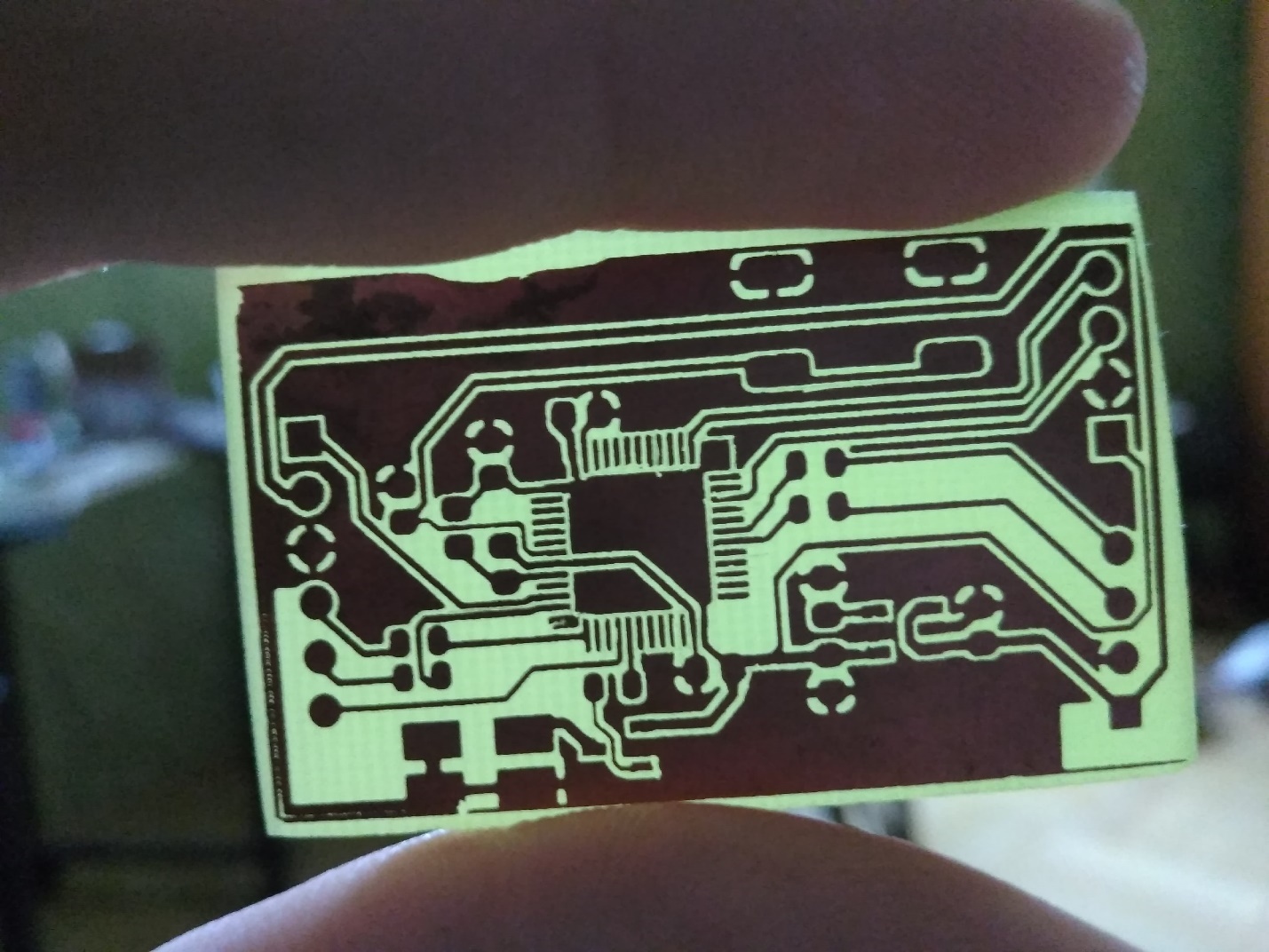


Рисунок 5.2 – Печатная плата прототипа устройства

На представленном выше рисунке видно, что на изготовленной печатной плате присутствуют деффекты травления. Особенно это заметнов правом верхнем углу, где полигон земли почти стравился, эта проблема будет решена пайкой перемычек.

**Вывод**

В данном разделе была произведена разработка топологии печатной платы в соответствии с принципиальной схемой, указанной на рис 4.1. Так же было обосновано то или иное технологическое решение при разработке топологии печатной платы. Было приведено описание технологических и схемотехнических решений, прямым образом влияющих на работу устройства. Таких как расстояние от помех генерирующих выводов до фильтрующих конденсаторов, необходимость в малой длине сигнальных проводников.

Также в соответствии с разработанной топологией печатной платы был изготовлен шаблон. Был объяснены способ и технология изготовления шаблона для печатных плат, класс точности которых выше или равняется четвертому. Так же была изготовлена сама печатная плата химическим негативным методом.

Результатом данного раздела являются:

* Gerber-файлы отверстий и проводящего рисунка;
* Фотошаблон проводящего рисунка верхнего слоя печатной платы;
* Фотошаблон проводящего рисунка нижнего слоя печатной платы;
* Прототип печатной платы, изготовленный химическим негативным методом;

# 7 РАЗРАБОТКА СБОРОЧНОГО ЧЕРТЕЖА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH

На основе топологии печатной платы, разработанной в п. 5 был разработан сборочный чертеж печатной платы. На нем указана информация, необходимая для сборки платы. На рис. 6.1 представлена часть сборочного чертежа, где показано расположение всех элементов на устройстве, а также их обозначение в соответствии с принципиальной схемой (рис. 4.1). Печатные проводники условно не показаны. Неуказанные предельные отклонения размеров ±IT12/2.

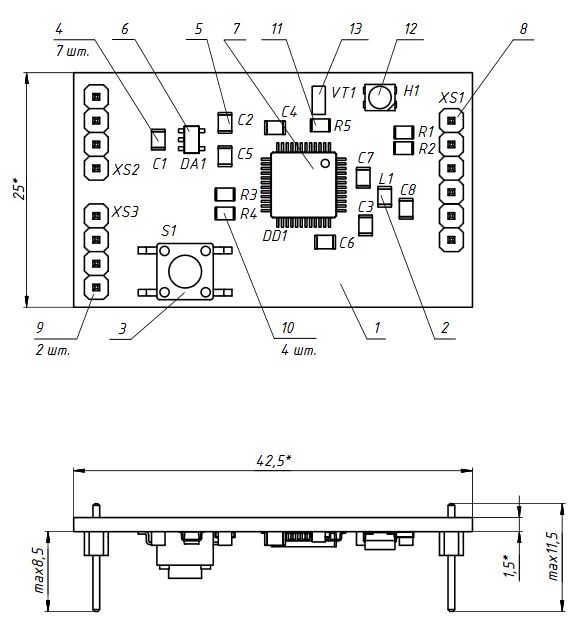


Рисунок 6.1 – Часть сборочного чертежа печатной платы устройства передачи данных по Bluetooth

Пайку выводов стоит производить ПОС-61 ГОСТ 21930-70 согласно ГОСТ 23592-96. Допускается применение импортного припоя с аналогичными характеристиками.

Пайку устройства стоит проводить в следующем порядке:

1. конденсаторы;
2. резисторы;
3. индуктивности;
4. транзистор;
5. микросхемы;
6. кнопки;
7. разъемы;
8. светодиоды.

После сборки устройство промыть в ультразвуковой очистительной ванне со спирто-бензиновой смесью ГОСТ 18300-87.

Контроль паянных соединений проводить визуально-оптическим методом по ГОСТ 24715-81.

Остальные технические требования по ОСТ 4 Г0.070.14-75.

**Вывод**

В данном разделе был разработан технологический маршрут сборки устройства. Был разработан сборочный чертеж, в соответствии с которым должна производиться сборка прототипа устройства. Была указана методика осуществления контроля паяных соединений.

Таким образом, результатом разделается является пакет конструкторской документации на сборку макета устройства, в который входят:

* Сборочный чертеж устройства передачи данных по Bluetooth;
* Спецификация.

# 7 СБОРКА УСТРОЙСТВА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО BLUETOOTH

В серийном производстве подобную двустороннюю плату рекомендуется изготавливать химическим негативным методом.

Химический негативный метод изготовления двусторонних печатных плат состоит из следующих этапов:

1. Раскройка материала на заготовки;
2. сверление отверстий;
3. подготовка поверхности;
4. нанесение фоторезиста;
5. экспонирование;
6. проявление схемы;
7. травление.

При лужении и пайке в качестве использовался паяльный жир нейтральный (канифольно-стеариновый) ГОСТ 19250-73 и в качестве припоя ПОС-61 ГОСТ 21930-76. Пайка проводилась согласно ГОСТ 23592-96 в порядке, указанном в пункте 6. Очистка платы проводилась ацетоном ГОСТ 2768-85.

Внешний вид готового макета устройства передачи данных по Bluetooth представлен на рис. 7.1:

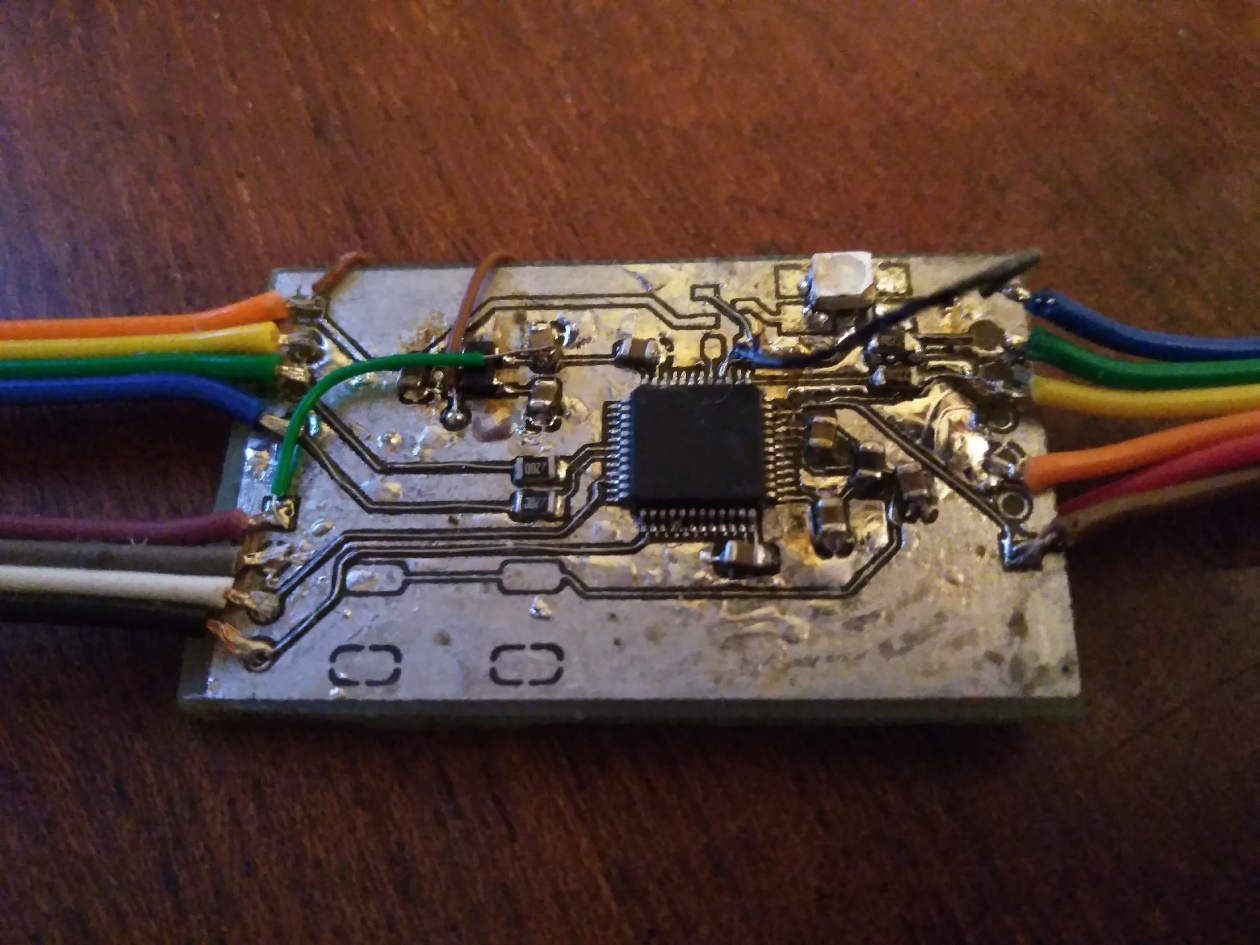


Рисунок 7.1 – Собранный макет устройства передачи данных по Bluetooth.

Как видно из вышепредставленного рисунка, устройство не было продумано до конца и пришлось припаивать соответствующие перемычки, для корректной работы оного. Помимо этого видно, что в процессе лужения некоторые из дорожек отстали от платы, их пришлось восстанавливать с помощью провода мелкого сечения.

**Вывод**

В данном разделе был указан алгоритм изготовления печатной платы устройства передачи данных по Bluetooth. Указаны средства, используемые при лужении платы и пайки компонентов. Так же был приведен вид собранного макета устройства передачи данный по Bluetooth. Рассмотрены проблемы, возникнишные в процесс изготовления устройсва, а также возможные пути их решения.

В процессе изготовления не обошлось без ошибок, некоторые из них были решены посредством навесного монтажа, а другие путем поверхностного монтажа.

Таким образом, результатом раздела является готовый макет конструируемого устройства.

# 8 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Данное устроство позицонируется как дешифрующий мост между модулем беспроводной передачи данных и последовательным портом помьютера. Таким образом, программное обеспечение играет не последнюю роль в этом вопросе, поэтому разработан алгоритм работы устройства передачи данных по Bluetooth, основанный на простых структурах данных и алгоритмов, для повышения скорости пересылки байта информации.

Разработанный алгоритм представлен на рис. 10.1.

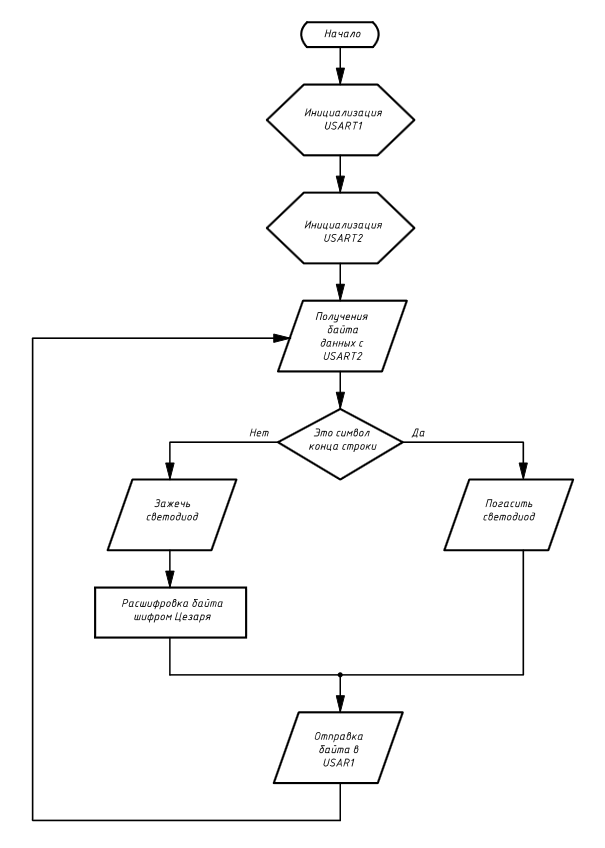


Рисунок 10.1 – Алгоритм работы программного обеспечения устроства передачи данных по Bluetooth

С помощью данного алгоритма мы можем осуществлять быструю дешифровку данных и их мнгновенную оправку. В данном случае потребление памяти константно, а асимптотическая характеристика работы принадлежит классу O(n), где n – число символов для дешифровки.

**Вывод**

В данном разделе был разработан алгоритм работы программного обеспечения, который позволяет с минимальными затратами по памяти осуществлять дешифровку и передачу данных за линейное время. Таким образом в среде с ограниченной памятью и низкими частотами работы микроконтроллеров, данный алгоритм является оптимальным с точки зрения компромисса между потреблением памяти и скоростью работы. Также алгоритм основан на аппаратных прерываниях, которые позволяют избежать потери данных при получении и передачи.

# 9 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УСТРОЙСТВА

Целью данного раздела является экспериментальное исследование устройства для выявления некорректного поведения программной или аппаратной части.

Исследование производилось в соответствии с разработанной схемой измерительного стенда. Которая представлена на рис 11.1.

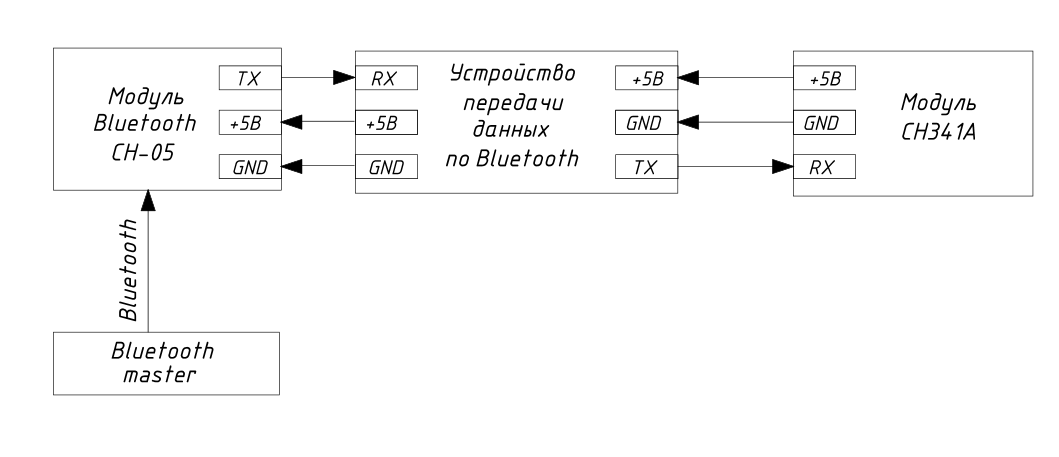


Рисунок 11.1 – Схема измерительного стенда

Как видно из рисунка, источником обрабатываемой информации является устройство master, которое сопрягается с модулем Bluetooth CH-05. После получения модулем данных, он пересылает их по последовательному порту устройство передачи данных по Bluetooth, которое их обрабатывает в соответствии с алгоритмом изложенном в п. 10. После обработки данных они передаются в модуль последовательного порта CH341А, который, в свою очередь, передает их по USB VSP в сканирующее устроство, ролько которого исполняет настольный компьютер.

Исходные данные и обработанные данные можно наблюдать на рис 11.2 и рис. 11.3 соотвественно:

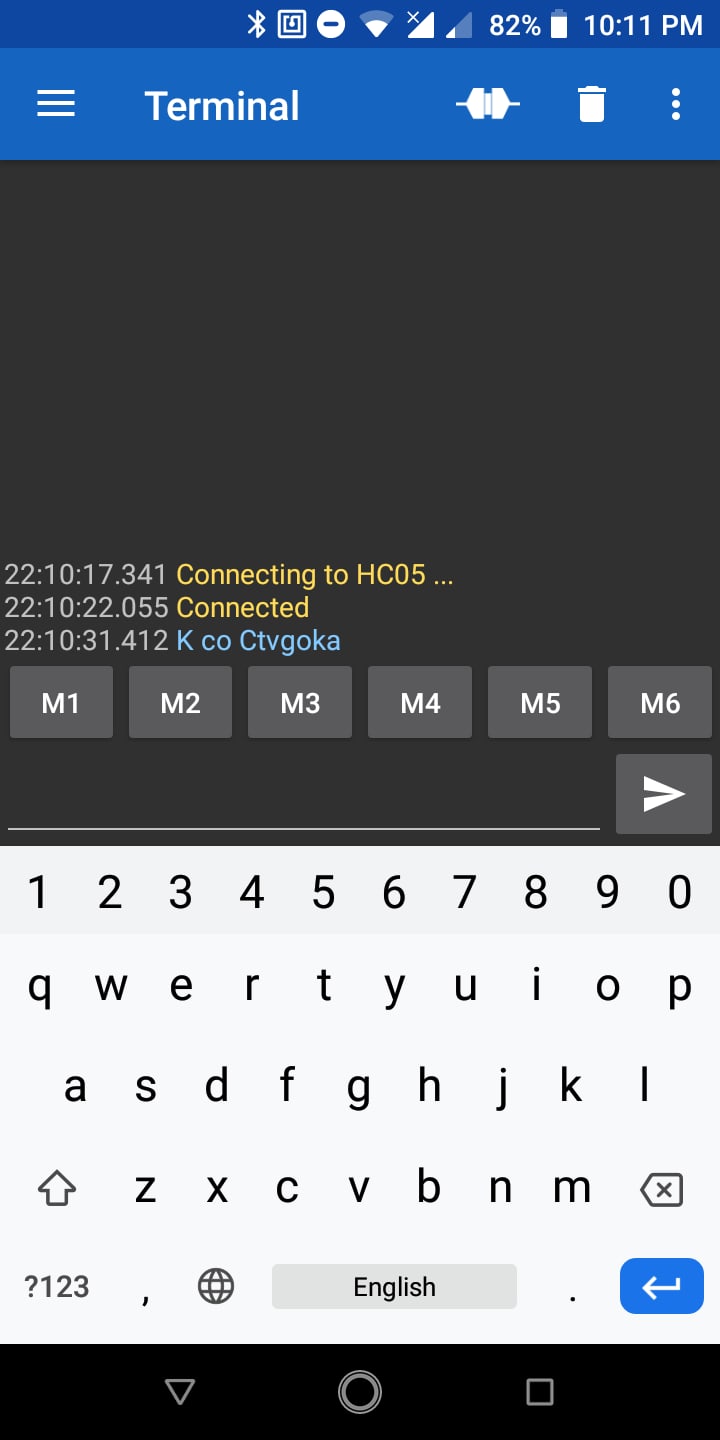


Рисунок 11.2 – Исходные данные, отправленные на устройство передачи данных по Bluetooth с телефона

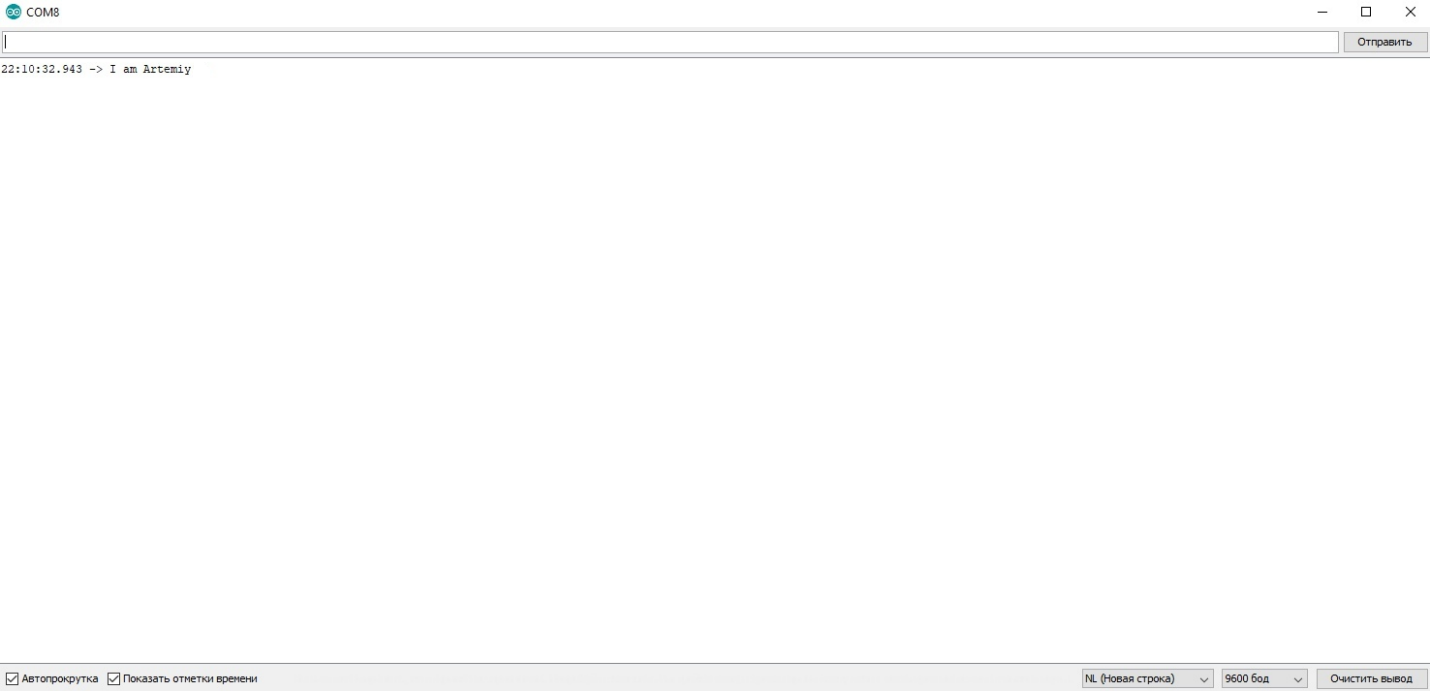


Рисунок 11.3 – Обработанные данные, принятые модулем CH341A с устройства передачи данных по Bluetooth

Дешифровка производилась шифром цезаря с 2м отступом. Как видно из рисунков. Алгоритм работает корректно.

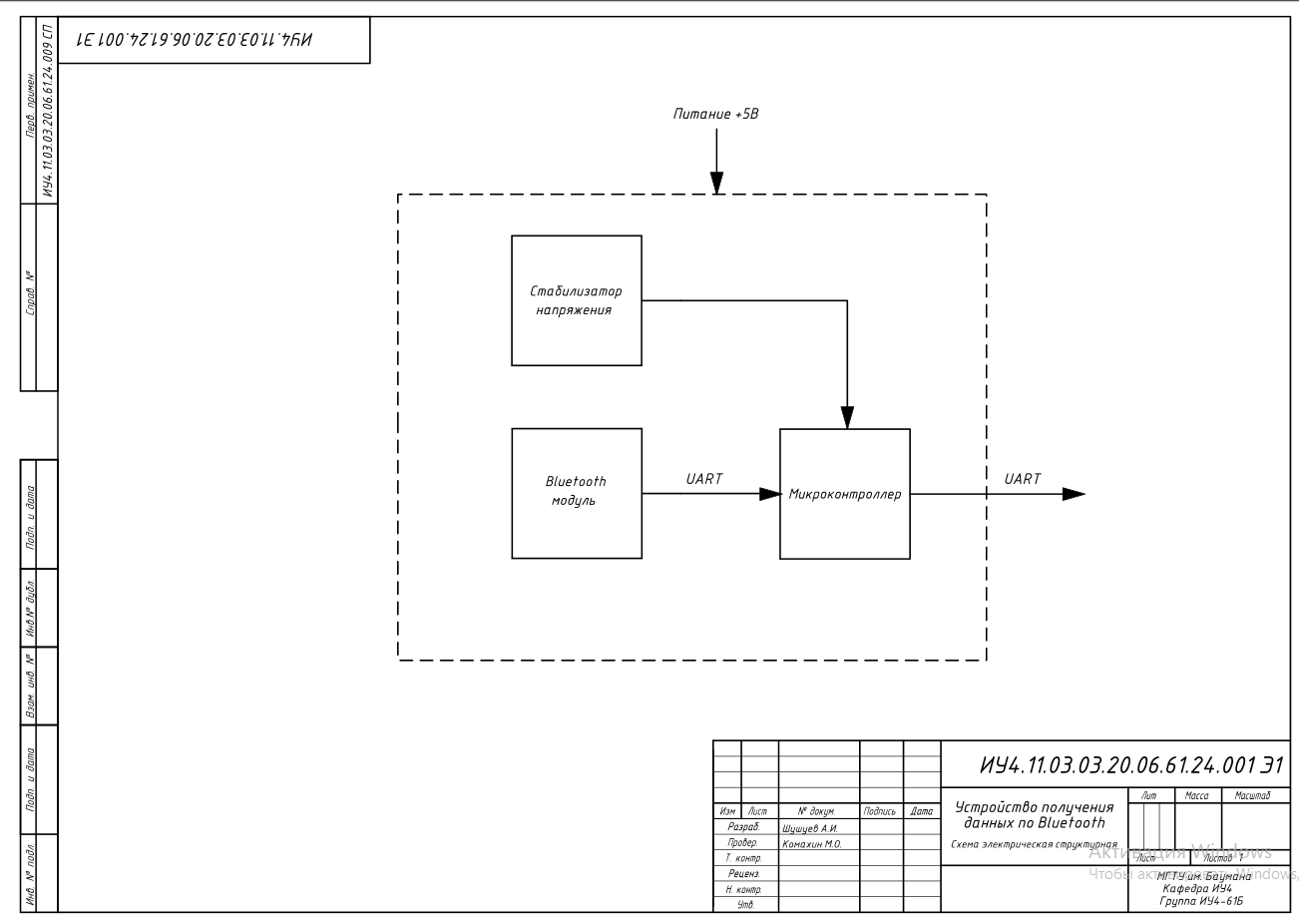
**Вывод**

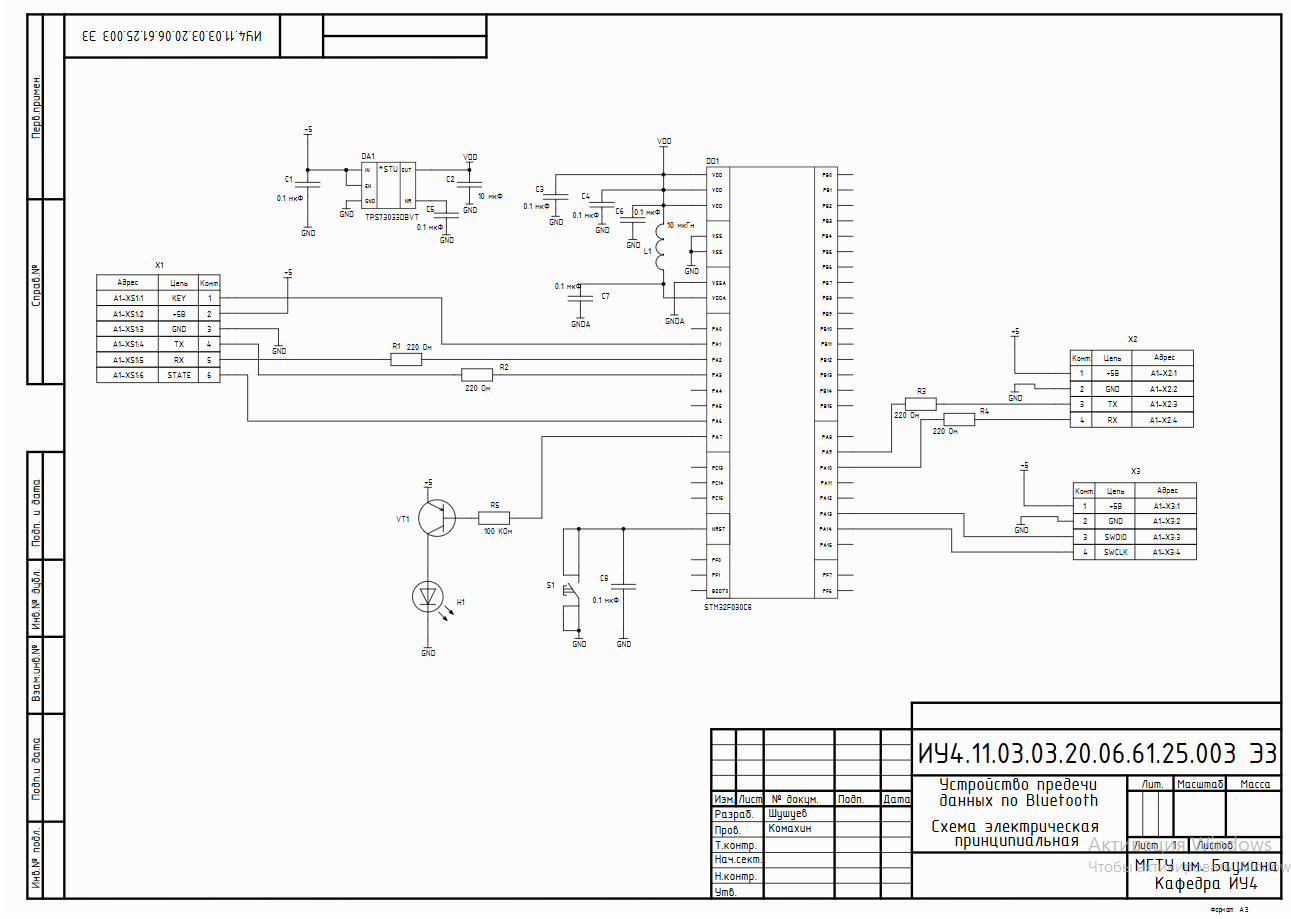
В результате данного раздела было подтверждено корректное функционирование алгоритма. А следовательно и всего устройства в целом. Так же была выявлена средняя задержка передачи информации, равная 1.5 с, с точностью до разницы часов на отправляющем и принимающем устройствах. По результатам данного тестирования можно сделать вывод что устройство удовлетворяет требованиям ТЗ, с точки зрения корректности и качества работы.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Операционный усилитель LMV321ILT. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/458/DOC001458868.pdf». - Проверено 31.05.2020.
2. Керамические чип конденсаторы GRM. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC000235066.pdf». - Проверено 31.05.2020.
3. Стабилизатор напряжения LD1117S33CTR. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/292/DOC000292513.pdf». - Проверено 31.05.2020.
4. Микроконтроллера STM32F030F4P6. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/724/DOC002724291.pdf». - Проверено 31.05.2020.
5. Чип индуктивности LQ. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/052/DOC000052641.pdf». - Проверено 31.05.2020.
6. Светодиод GNL-5013xx. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/235/DOC004235849.pdf». - Проверено 31.05.2020.
7. Чип резисторы. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/788/DOC004788200.pdf». - Проверено 31.05.2020.
8. Резисторы переменные подстроечные непроволочные. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/237/DOC000237859.pdf». - Проверено 31.05.2020.
9. Кнопка тактовая KLS7-TS6604-4.3-180. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/551/DOC001551970.pdf». - Проверено 31.05.2020.
10. Транзистор 2N7002LT1G. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/156/DOC000156771.pdf». - Проверено 31.05.2020.
11. Штыревой вилки типа PLS-2. Электронный ресурс. Режим доступа: «https://static.chipdip.ru/lib/227/DOC000227157.pdf». - Проверено 31.05.2020.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

