

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1 Структура разрабатываемого устройства	5
1.2 Микроконтроллер	5
1.7 Устройство звукового оповещения	7
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА	9
2.2 Определение компонентов структуры устройства	9
2.3 Взаимодействие компонентов устройства	10
3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	11
3.1 Обоснование выбора микроконтроллера	11
3.5 Обоснование выбора модуля индикации	13
3.6 Обоснование выбора модуля оповещения	13
3.7 Обоснование выбора модуля управления	14
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	15
4.1 Расчет потребляемой мощности устройства	15
4.2 Микроконтроллер Arduino Uno	15
4.3 Светодиод	17
4.4 Считыватель RFID-RC522	17
4.5 Экран OLED SH1106 128x64	19
4.6 Кнопка	20
4.7 Пассивный зуммер КУ-006	20
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА	21
5.1 Алгоритм работы устройства	21
5.2 Схема программы	21
5.3 Исходный текст программы	22
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	26
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	27
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	

ПРИЛОЖЕНИЕ В

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ПРИЛОЖЕНИЕ З

ВВЕДЕНИЕ

Микропроцессорное устройство идентификации проездных билетов – это прибор для считывания и опознавания, в данном случае карт, содержащих RFID-метки.

Радиочастотная идентификация (RFID) – это технология автоматической бесконтактной идентификации объектов при помощи радиочастотного канала связи. Базовая система RFID состоит из:

- радиочастотной метки;
- считывателя информации (ридера);
- микроконтроллера для управления.

Идентификация объектов производится по уникальному цифровому коду, который считывается из памяти электронной метки, находящейся в объекте идентификации. Считыватель содержит в своем составе передатчик и антенну, посредством которых излучается электромагнитное поле определенной частоты. Попавшие в зону действия считывающего поля RFID метки «отвечают» собственным сигналом, содержащим информацию (id проездного билета, банковской карты, пользовательские данные, и т. д.). Сигнал улавливается антенной считывателя. Информация расшифровывается и передается в контроллер для обработки.

подавляющее большинство современных систем контроля доступа (СКД) использует в качестве средств доступа идентификаторы, работающие на частоте 125 кГц. Самыми распространенными являются карты EM-Marlin, HID Prox, Indala. Карты этого стандарта являются удобным средством открывания дверей и турникетов.

Преимущества технологии RFID:

- бесконтактная;
- возможность скрытой установки меток;
- высокая скорость считывания данных;
- возможность установки во вредных средах;
- невозможность подделки.

Существует большое разнообразие RFID-меток. Метки бывают активные и пассивные (без встроенного источника энергии, питаются от тока, индуцированного в антенне сигналом от ридера). Метки работают на разной частоте: LF (125 - 134 кГц), HF (13.56 МГц), UHF (860 - 960 МГц). Приборы, которые читают информацию с меток и записывают в них данные, называются ридерами (считывателями). В проектах Arduino в качестве считывателя очень часто используют модуль RFID-RC522. Модуль выполнен на микросхеме MFRC522 фирмы NXP, которая обеспечивает работу с метками HF.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Структура разрабатываемого устройства

Разрабатываемое устройство идентификации проездных билетов предназначено для считывания, идентификации и отображения информации о картах, содержащих RFID-метки. Для решения этой задачи в состав устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- модуль RFID;
- RFID-метки;
- модуль визуального отображения информации
- средство индикации;
- устройства управления;
- устройство звукового оповещения.

1.2 Микроконтроллер

Микроконтроллеры – это специализированные интегральные микросхемы, предназначенные для управления электронными системами и устройствами. В таблице 1.1 [1, 2, 3] перечислены микроконтроллеры, подходящие для использования в проекте.

Таблица 1.1 — Характеристики микроконтроллеров

Микроконтроллер	ATmega328PU	ATmega2561	STM8S003F3
Напряжение питания	1,8 – 5,5 В	4,5 – 5,5 В	2,95 – 5,5 В
Флэш-память	32 Кб	64/128/256 Кб	8 Кб
Разрядность	8 бит	8 бит	8 бит
Макс. тактовая частота	20 МГц	16 МГц	16 МГц
RAM	2 Кб	8 Кб	1 Кб
EEPROM	1 Кб	4 Кб	0,128 Кб
Архитектура	AVR	AVR	STM8
Типы корпусов	PDIP, TQFP, QFN/MLF,	TQFP	LQFP32, TSSOP, UFQFPN
Количество выводов в соответствии с типом корпуса	28, 32, 28	100	32, 20, 20
Диапазон температур	От -40 до +105 °С	От -40 до +85 °С	От -40 до +85 °С

1.3 Модуль RFID

Модули RFID предназначены для бесконтактной идентификации объектов при помощи радиочастотного канала связи. Для сравнения были выбраны три наиболее подходящих RC522, PN532 и RDM6300. Характеристики данных модулей приведены в таблице 1.2 [4].

Таблица 1.2 — Характеристики RFID модулей

Параметры	RC522	PN532 NFC	RDM6300
Напряжение питания	2,5 – 3,3 В	3.3 – 5В	5 В
Потребляемый ток	13 – 26 мА	100 –150 мА	< 50 мА
Рабочая частота	13.56 МГц	13.56 МГц	125 кГц
Дальность считывания	0 – 60 мм;	50 – 70 мм	20 – 50 мм
Интерфейс	SPI/UART/I2C	I2C / SPI / HSU	UART
Режимы работы	RFID чтение/запись	RFID чтение/запись P2P соединения NFC для работы со смартфонами на платформе Android	только чтение RFID-меток EM4100/TK4100

1.4 Модуль визуального отображения информации

Модули визуального отображения информации предназначены для визуального отображения информации электронных устройствах, они играют ключевую роль в визуализации данных, делают информацию доступной и понятной для пользователя. В таблице 1.3 перечислены модули визуальной информации, подходящие для использования в проекте.

Таблица 1.3 — Модули визуального отображения информации

Параметры сравнения	LCD 1602	LCD 1602/I2C	OLED 12864
Технология	Жидкокристаллический	Жидкокристаллический	OLED
Разрешение	16 символов 2 стоки	16 символов 2 стоки	128x64
Напряжение питания	3,3-5 В	3,3-5 В	3,3-5В
Интерфейс	Параллельный	I2C	I2C
Рабочая температура	от -20 до +70 °С	от -20 до +60 °С	от -20 до +70 °С

1.5 Средство индикации

Для индикации представлены следующие средства индикации. Ниже, в таблице 1.4, приведены их характеристики.

Таблица 1.4 — Средства индикации

Параметры сравнения	светодиод	RGB светодиод	RGB светодиод, i2c
Угол свечения	120°	120°	120°
Потребляемый ток	< 20мА	< 20мА	< 20мА
Напряжение питания	5 В	5 В	5 В
Интерфейс	2-pin	4-pin	I2C
Рабочая температура	от -40 до +65 °С	от -40 до +65 °С	от -40 до +65 °С

1.6 Устройство управления

В качестве устройств управления представлены следующие средства управления. Ниже, в таблице 1.5, приведены их характеристики.

Таблица 1.5 — устройства управления

Параметры сравнения	Troyka-Button	Keypad 4x3	Button
Потребляемый ток	до 50мА	до 100мА	до 20мА
Напряжение питания	12 В	12 В	5 В
Рабочая температура	от -40 до +65 °С	от 0 до +100 °С	от -40 до +65 °С

1.7 Устройство звукового оповещения

Устройство звукового оповещения предназначено для воспроизведения соответствующих звуковых сигналов согласно роли проектируемого устройства. Простым, недорогим и достаточным решением для проекта могут быть зуммеры — устройства для воспроизведения коротких и простых звуковых сигналов. Зуммер бывает активным и пассивным. Активный зуммер — это электромагнитный элемент, в котором звук создается механическим движением мембраны. Пассивный зуммер — это пьезоэлектрический элемент, который использует электрическую энергию для создания звука.

Главное отличие активного зуммера от пассивного заключается в том, что активный зуммер генерирует звук самостоятельно, пассивный же зуммер требует источника сигнала. Характеристики устройств звукового оповещения представлены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Характеристики модулей воспроизведения звука

Модуль	Активный зуммер TMB-12A05	Пассивный зуммер KY-006	DFPlayer mini
Напряжение питания	4 – 7 В	1,5 – 15 В	3,3 – 5,5 В
Потребляемый ток	До 30 мА	До 30 мА	До 250 мА
Диапазон температур	От -20 до +60 °С	От -20 до +70 °С	От -40 до +80 °С

1.8 RFID-метка

RFID-метка — это запоминающее устройство из микрочипа, который хранит информацию, и антенны для передачи и получения данных. Когда метка попадает в зону действия RFID-считывателя, этот прибор принимает данные и передает их на контроллер для дальнейшей обработки и отображения полученной от метки информации. Характеристики RFID-меток представлены в таблице 1.7 [5, 6].

Таблица 1.7 – Характеристики RFID-меток

Тип карты	Mifare Classic 1k	Mifare Ultralight c	ProxCard II
Рабочая частота	13.56 МГц	13.56 МГц	125 кГц
Организация памяти	16 сект/ 64 байта	36 стр/ 4 байта	—
Длина серийного номера	32 бит	56 бит	85 бит
Циклов перезаписи	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^4$	—

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

2.1 Постановка задачи

Для того, чтобы составить структуру разрабатываемого устройства, необходимо выделить функции, которые будет выполнять устройство, затем определить компоненты и связь между ними исходя из данных функций. Результаты можно посмотреть на структурной схеме, представленной в приложении А.

В рамках данного курсового проекта необходимо разработать микропроцессорное устройство идентификации проездных билетов. Исходя из этого, были выделены следующие функции, которые должно выполнять данное устройство:

- запись в память микроконтроллера UID RFID-метки;
- удаление RFID-метки из памяти микроконтроллера;
- считывание RFID-метки;
- запись данных на RFID-метку;
- вывод визуальной информации об RFID-метке;
- звуковая индикация о считывании, записи и удалении RFID-метки;
- световая индикация о считывании, записи и удалении RFID-метки;
- управление с помощью кнопок.

2.2 Определение компонентов структуры устройства

Компоненты структуры устройства выбираются исходя из функций, определенных в постановке задачи. Проанализировав выделенные функции, были определены следующие компоненты:

- 1) Микроконтроллер — ключевой компонент всей схемы. Выполняет функцию обработки поступающей информации и выдает управляющие сигналы;
- 2) Модуль питания — стабилизатор напряжения и источник питания схемы;
- 3) Модуль управления — кнопки, которые управляют состоянием прибора;
- 4) Модуль оповещения — модуль, который оповещает о полученном сигнале;
- 5) Модуль индикации — светодиоды, которые выполняют функцию индикации состояния устройства;
- 6) Модуль вывода информации — экран, который отображает информацию о состоянии прибора;
- 7) RFID модуль — модуль, который считывает/записывает данные с/на RFID-метку;
- 8) RFID-карта — устройство содержащее RFID-метку для хранения данных.

2.3 Взаимодействие компонентов устройства

Микроконтроллер производит периодические запросы на считывания данных с RFID модуля, проверяет наличие RFID-метки в рабочем диапазоне модуля и сигнализирует о работе устройства светодиодом, а также выводит сообщение на модуль отображения информации в соответствии с полученными данными от метки.

В режиме считывания при получении информации о RFID-метке от считывателя, микроконтроллер проверяет наличие UID в своей памяти, и отображает сообщение на модуле вывода информации в соответствии с результатом, также подается соответствующий результату звуковой сигнал.

В режиме записи/удаления микроконтроллер, получая данные от RFID-модуля о наличии метки, удаляет ее если метка уже записана, или записывает ее в свою память если UID данной метки не найден. При успешной записи, или удалении RFID-метки воспроизводится соответствующий звуковой сигнал.

Режимы переключаются нажатием кнопки. Сообщение о действующем режиме выводиться на модуль отображения информации.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

3.1 Обоснование выбора микроконтроллера

Рассматривая микроконтроллеры, представленные в таблице 1.1, можно сделать вывод, что ATmega328PU является более подходящим вариантом. ATmega2561 мощнее и функциональнее по сравнению с ATmega328PU и STM8S003F3. В рамках проекта большая часть вычислительных мощностей, ATmega2561 и возможность подключения большего количества периферийных устройств, чем на других рассматриваемых контроллерах, использоваться не будут, соответственно использование ATmega2561 будет излишней тратой ресурсов. С другой стороны вычислительных мощностей STM8S003F3 в рамках проекта, исходя из предыдущего раздела, будет не хватать.

Из вышеперечисленного для проекта выбран микроконтроллер ATmega328PU, изображенный на рис. 3.1.

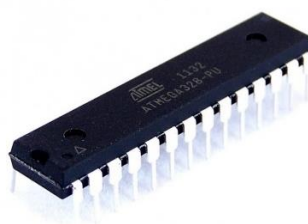


Рисунок 3.1 – Внешний вид ATmega328PU в DIP корпусе [7]

ATmega328PU широко используется в Arduino-совместимых платформах. Среди таких платформ можно выделить Arduino Uno. Arduino Uno имеет необходимое количество выводов, а также необходимые проекту интерфейсы USART, SPI и I2C. В соответствии с вышеизложенным для разработки устройства выбрана платформа Arduino Uno, изображенная на рис 3.2.



Рисунок 3.2 – Внешний вид Arduino Uno [8]

3.2 Обоснование выбора RFID модуля

В данном проекте от RFID модуля требуется соответствие характеристикам: напряжение питания 3,3 В, потребляемый ток не более 30мА, рабочая частота 13,56 МГц, дальность считывания до 60 мм, поддержка интерфейса SPI, чтение/запись RFID-меток.

Рассматривая RFID модули, представленные в таблице 1.2 было принято решение выбрать RC522, представленный на - рисунке 3.3, так как он имеет все необходимые параметры.

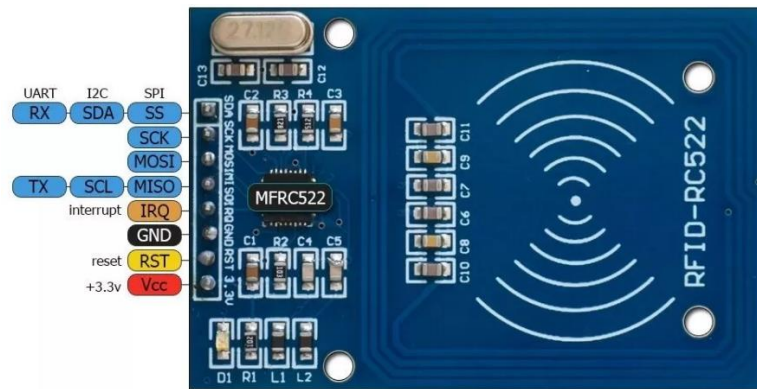


Рисунок 3.3 – Модуль RFID RC522 [9]

3.3 Обоснование выбора RFID-метки

RFID-метка должна соответствовать выбранному RFID модулю то есть работать на частоте 13,56 МГц. В данном проекте RFID-метка используется в качестве проездного билета, следовательно должна иметь возможность чтения и записи для формирования количества поездок, дальность срабатывания не более 60 мм. Так как экономически выгодно использовать проездной билет многократно, то метка должна обладать большим количеством циклов перезаписи.

На основании вышеизложенного из таблицы 1.7 были выбраны RFID-метки Mifare Classic 1k. Внутренне устройство проездного билета с RFID-меткой изображено на рисунке 3.4.

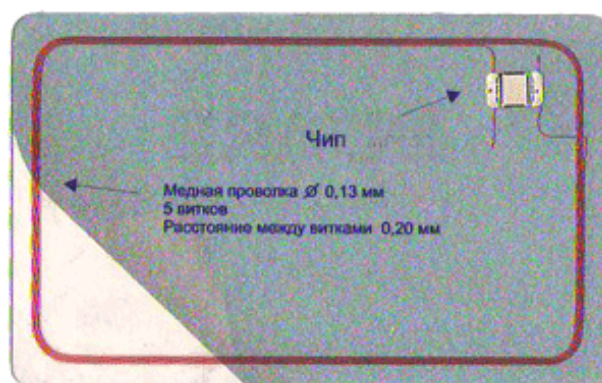


Рисунок 3.4 – Устройство проездного билета с RFID-меткой [10]

3.4 Обоснование выбора модуля визуального отображения информации

В данном проекте требуется вывод сообщений о режиме работы устройства индикации проездных билетов, результатах считывания и перезаписи RFID-меток.

В рамках проекта модуль визуального отображения информации должен обладать следующими характеристиками: напряжение питания не более 5 В, интерфейс I2C. Из рассматриваемых в таблице 1.3 модулей визуального отображения, требованиям для проекта удовлетворяют два модуля LCD 1602/I2C и OLED 12864.

Было принято решение выбрать OLED 12864 представленный на рисунке 3.5.



Рисунок 3.5 – OLED 12864 [11]

3.5 Обоснование выбора модуля индикации

В данном проекте от модуля индикации требуется индикация состояния устройства.

Рассмотрев сравнительные характеристики модулей индикации, представленных в таблице 1.4 обзора литературы, было принято решение выбрать 1 RGB светодиод для индикации чтения/записи RFID-метки и 1 светодиод для индикации инициализации устройства.

3.6 Обоснование выбора модуля оповещения

В данном проекте от модуля оповещения требуется подача звукового сигнала.

В качестве модуля воспроизведения звука в данном курсовом проекте будет использован пьезодинамик.



Рисунок 3.6 – Пьезодинамик

Его характеристики, а также характеристики DFPlayer MP3 mini представлены в таблице 1.6 обзора литературы. Данный модуль был выбран по причине потребления меньшего тока и простоте.

В данном проекте модуль воспроизведения звука нужен только для оповещения о результате чтения RFID-метки, с чем хорошо справляется пьезодинамик.

3.7 Обоснование выбора модуля управления

В данном проекте от устройства управления требуется переключение двух режимов.

Рассмотрев сравнительные характеристики модулей управления, представленных в таблице 1.5 обзора литературы, было принято решение выбрать 1 Button. Данный модуль был выбран по причине потребления меньшего тока и простоте.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

4.1 Расчет потребляемой мощности устройства

Потребляемая мощность разрабатываемого устройства равна сумме мощностей, потребляемых его элементами. Расчет мощности элементов схемы устройства и самого устройства представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства

Компонент	U, В	I, мА	P, мВт
Микроконтроллер Arduino Uno	5	24	120
Экран OLED 128x64	5	16	80
Модуль RFID-RC522	3,3	26	85,8
Красный светодиод	5	20	100
Зеленый светодиод	5	20	100
Желтый светодиод	5	20	100
Зуммер KY-006	5	30	150
Суммарная мощность, мВт			735,8

Потребляемая мощность одного элемента схемы устройства рассчитывается по формуле:

$$P = U \cdot I. \quad (4.1)$$

Таким образом, потребляемая мощность устройства равна:

$$P = 5 \cdot 24 + 5 \cdot 16 + \dots + 5 \cdot 30 = 735,8 \text{ мВт} = 0,7358 \text{ Вт}. \quad (4.2)$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, то максимальная потребляемая мощность составит 0,8829 Вт.

Рассчитаем потребляемый ток устройства:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{0,8829}{5} = 0,1765 \text{ А} \approx 0,18 \text{ А}. \quad (4.3)$$

4.2 Микроконтроллер Arduino Uno

Микроконтроллер Arduino Uno имеет 14 цифровых и 6 аналоговых входов и выходов, а также поддерживает следующие интерфейсы:

Serial (UART) – встроенный серийный интерфейс UART, который используется для связи с компьютером и другими устройствами. Этот интерфейс обычно используется через USB-порт на плате.

SPI – это быстрый серийный интерфейс, который позволяет устройствам общаться друг с другом. Arduino Uno предоставляет поддержку SPI через специальные выводы на цифровых контактах 10-13.

I2C – это двухпроводной серийный интерфейс, используемый для связи между различными периферийными устройствами и микроконтроллером. На Arduino Uno эти контакты находятся на аналоговых входах A4 (SDA) и A5 (SCL).

PWM – ШИМ используется для управления аналоговыми устройствами, такими как светодиоды и сервоприводы, с помощью цифровых сигналов. Arduino Uno предоставляет ШИМ на нескольких цифровых выводах.

		AREF
		GND
IOREF		D13
RESET		D12
3.3V		D11
5V		D10
GND		D9
GND		D8
VIN	Arduino	D7
A0	UNO R3	D6
A1		D5
A2		D4
A3		D3
A4		D2
A5		D1
		D0
	DD2	

Рисунок 4.1 – Обозначение микроконтроллера Arduino Uno R3

В таблице 4.2 представлены подробные характеристики микроконтроллера Arduino Uno.

Таблица 4.2 – Характеристики микроконтроллера

Рабочее напряжение	5 В
Входное напряжение	От 7 до 12 В
Цифровые входы/выходы	14 (6 из которых могут быть ШИМ)
Аналоговые входы	6
Ток на выводе I/O	40 мА
Ток на 3,3 В выводе	50 мА
Тактовая частота	16 МГц
Таймеры	3 (1 x 16-битный, 2 x 8-битных)

Считыватель RFID-RC522 подключен по интерфейсу SPI к цифровым входам D13, D12, D11, D10, D9. Экран OLED SH1106 подключен по интерфейсу I2C к аналоговым входам A4, A5. Три светодиода VD1, VD2, VD3

подключены к цифровым входам D4, D3, D2 соответственно. Кнопка КН1 подключена к цифровому входу D8. Зуммер ТМВ12А05 подключён к цифровому входу D6.

4.3 Светодиод

В проекте используется три светодиода красного, зеленого и желтого цветов как устройства индикации. Для ограничения тока светодиода используется резистор номиналом, рассчитываемым по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{\Pi} - U_{\text{Д}}}{I_{\text{ПР}}}, \quad (4.4)$$

где U_{Π} – напряжение питания, $U_{\text{Д}}$ – прямое напряжение светодиода, $I_{\text{ПР}}$ – ток светодиода.

Рассчитываем номинал резистора для ограничения тока светодиода:

$$R = \frac{5 - 1}{0,02} = 200 \text{ Ом}. \quad (4.5)$$

Следовательно, чтобы светодиод не перегорел он должен быть подключен через резистор с сопротивлением не менее 200 Ом. Однако если взять слишком

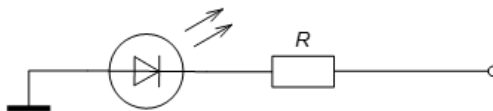


Рисунок 4.2 – Схема подключения светодиода

4.4 Считыватель RFID-RC522

Считыватель RFID-RC522 подключается по интерфейсу I2C и питается от напряжения 3,3 В. Подключение к Arduino Uno R3 представлено в таблице 4.3. Характеристики RC522 представлены в таблице 4.4. Обозначение считывателя на принципиальной схеме представлено на рис 4.3.

	RFID-RC522	RST
VCC		IRQ
GND		MISO
		MOSI
		SCK
	DD1	SDA

Рисунок 4.3 – Обозначение считывателя RFID-RC522

Таблица 4.3 – Подключение RFID-RC522 к Arduino Uno R3

MFRC522	Arduino Uno R3
RST	D9
SDA(SS)	D10
MOSI	D11
MISO	D12
SCK	D13

Таблица 4.4 — Характеристики RFID-RC522

Параметры	RFID-RC522
Напряжение питания	2,5 – 3,3 В
Потребляемый ток	13 – 26 мА
Рабочая частота	13.56 МГц
Дальность считывания	0 – 60 мм;
Интерфейс	SPI/UART/I2C
Режимы работы	RFID чтение/запись

RST — вход для сброса и отключения питания. Когда на этот вывод подается низкий логический уровень, запускается жесткое отключение питания. Оно отключает всех внутренних потребителей тока, включая генератор, и входные выводы отключаются от внешних цепей. Во время нарастающего фронта на этом выводе модуль сбрасывается.

IRQ – вывод прерывания, который может предупредить микроконтроллер, когда поблизости будет RFID метка.

Вывод MISO / SCL / Tx действует либо как Master-In-Slave-Out (вход ведущего – выход ведомого) при включенном интерфейсе SPI, либо как последовательный тактовый сигнал при включенном интерфейсе I2C, либо как выход последовательных данных при включенном интерфейсе UART.

MOSI (Master Out Slave In) – вход SPI для модуля RC522.

SCK (Serial Clock) принимает тактовые импульсы, предоставляемые мастером на шине SPI, то есть Arduino.

Вывод SS / SDA / Rx действует либо как вход, когда включен интерфейс SPI, либо как линия последовательных данных, когда включен интерфейс I2C, либо как вход последовательных данных, когда включен интерфейс UART. Этот вывод обычно помечается заключением в квадрат, чтобы его можно было использовать в качестве опорной точки для идентификации других выводов.

Модуль состоит из микросхемы MFRC522 с небольшой обвязкой в виде резисторов, конденсаторов и кварцевого резонатора на частоту 27,12 МГц. Катушки представляют из себя витки дорожки на печатной плате и играют роль антенны для связи с бесконтактной радиочастотной меткой.

4.5 Экран OLED SH1106 128x64

OLED-экран подключается по интерфейсу I2C к аналоговым входам. Подключение к Arduino Uno R3 представлено в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Подключение OLED SH1106 к Arduino Uno R3

MFRC522	Arduino Uno R3
SDA	A4
SCK	A5

В таблице 4.6 представлены характеристики экрана.

Таблица 4.6 — Характеристики OLED SH1106 128x64

Параметры	OLED 12864
Технология	OLED
Разрешение	128x64
Напряжение питания	3,3-5В
Потребляемый ток	16 – 24 мА
Интерфейс	I2C
Рабочая температура	от -20 до +70 °C

Обозначение экрана OLED SH1106 на принципиальной схеме представлено на рис 4.4.

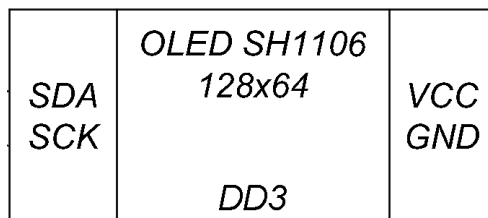


Рисунок 4.3 – Обозначение экрана OLED SH1106

4.6 Кнопка

В проекте используется 3 кнопки для переключения режимов работы считывателя RC522. Что бы предотвратить колебания напряжения когда кнопка не нажата, к ней подключается стягивающий резистор номиналом 10 КОм. На рис. 4.4 представлена схема подключения кнопки.

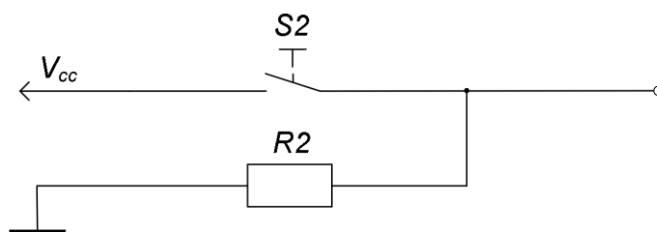


Рисунок 4.4 – Схема подключения кнопки

4.7 Пассивный зуммер КУ-006

Для получения звукового сигнала используется пассивный зуммер, который подключается к цифровому выходу Arduino D6. На рисунке 4.5 представлено обозначение динамика на схеме. Характеристики динамика представлены в таблице 4.7.

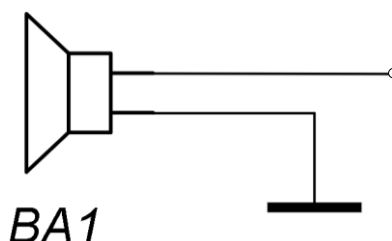


Рисунок 4.5 – Обозначение TMB12A05 на схеме

Таблица 4.7 – Характеристики активного зуммера TMB12A05

Модуль	Пассивный зуммер КУ-006
Напряжение питания	1,5 – 15 В
Потребляемый ток	До 30 мА
Диапазон температур	От -20 до +70 °С

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА

5.1 Алгоритм работы устройства

Программа управления устройством идентификации проездных билетов должна выполнять следующие действия:

1 Инициализация – инициализация серийной связи между платой и другими устройствами USB для диагностики. Настройка выводов для светодиодов, активного зуммера, RFID-считывателя, экрана и кнопки используемые в устройстве. Создание объектов RFID-считывателя для взаимодействия с RFID-метками и объекта экрана. Мигание светодиодов с определенной частотой для демонстрации работоспособности устройства.

2 Смена режимов работы – в программе должно быть предусмотрено 2 режима работы: режим считывания меток, а также режим удаления/записи меток в памяти. Переключение режима работы устройства должно происходить за счет нажатия кнопок.

3 Считывание RFID-меток – программа должна считывать метку и находить ее в памяти Arduino. Если считанная метка присутствует в памяти Arduino, то должно выводиться сообщение о том, что метка найдена, а также подаваться соответствующий сигнал оповещения зуммера. Если метка в памяти не найдена, также должны быть соответствующие сообщения и сигнал. Сообщения выводятся как на экран и в консоль.

4 Удаление/запись метки в EEPROM Arduino – программа должна при поднесении метки к считывателю, эту метку записывать в память, если ее там нет и выдавать соответствующие сообщения и сигнал. Если поднесенная к считывателю метка присутствует в памяти EEPROM, то такая метка должна быть удалена. Если память заполнена, то при поднесении метки к считывателю должны быть соответствующие сообщения и сигнал.

5.2 Схема программы

Рассмотрим схему программы устройства идентификации проездных билетов, представленную в приложении Г.

Блоки 2 – 3 отвечает за инициализацию входных и выходных значений, а также переменных и констант. В этих же блоках происходит инициализация серийной связи между платой и другими устройствами USB, настройка выводов для светодиодов, кнопок, пассивного зуммера и остальных модулей, используемых в устройстве. Создание объектов для управления RFID-считывателем, дисплеем и памятью ПЗУ.

Блок 4 – блок условия нажатия кнопки №3. Если кнопка нажата, то в блоке 5 очищаем ПЗУ, если кнопка не нажата, переходим к следующему блоку 6.

Блок 6 – блок условия нажатия кнопки №2. Если кнопка была нажата в блоке 7 считаем количество меток в ПЗУ. В блоке 8 выводим на экран количество посчитанных меток. Если кнопка не нажата переходим к блоку 9.

Блок 9 определяет есть ли рядом со считывателем RFID-метка и если метка рядом, то в блоке 10 метка читается, а в блоке 11 считанные данные выводятся на экран. Если рядом со считывателем метки нет, то исполнение программы возвращается к началу цикла программы.

В условии блока 12 выбирается режим работы устройства идентификации проездных билетов. Если условие выполнено выбирается второй режим, начинающийся с блока 17, если нет — первый режим, начинающийся с блока 13.

Блоки с 13 по 16 описывают первый режим работы проектируемого устройства. Первый режим работы заключается в получении информации о записанных метках. Если метка найдена/не найдена в памяти ПЗУ, то выдаются соответствующие сообщение и сигнал.

Блоки с 17 по 25 отвечают за второй режим работы проектируемого устройства. Второй режим работы устройства отвечает за удаление/запись RFID-метки в EEPROM. В блоке 18 проверяется наличие UID, поднесенной метки к считывателю, в ПЗУ. Если метка в памяти найдена, то она удаляется, это действие описывают блоки 19, 20. Если метка в памяти не найдена, и в памяти EEPROM есть место то UID метки записывается в EEPROM, эти действия описываются в блоках с 22 по 24 и в блоке 25.

Блок 21 отвечает за завершение работы с меткой.

5.3 Исходный текст программы

Исходный текст программы работы устройства написан с использованием языка программирования C++ и приведен в приложении Д.

Строки 008 – 046 отвечают за инициализацию переменных и констант, создание объектов для управления RFID-считывателем, дисплеем, кнопками и светодиодами. Описанные строк относятся к 2 блоку схемы данных.

В строках 048 – 088 описана функция `void setup()`, отвечающая за инициализацию серийной связи между платой и другими устройствами USB, а также за настройку выводов для светодиодов, пассивного зуммера и остальных модулей, использующихся в устройстве. В этой же функции происходит инициализация памяти EEPROM для чтения, записи и хранения RFID-меток. Описанные строки относятся к 3 блоку схемы данных.

В строках 090 – 207 описана функция `void loop()`, являющаяся основным циклом программы.

В строках 218 – 225 описана функция `boolean debounce()`, отвечающая за сглаживание дребезга кнопки. Код функции представлен в листинге 5.1.

В строках 228 – 235 описана функция `void ledSetup()`, отвечающая за установку состояния зеленого и красного светодиодов. Код функции представлен в листинге 5.2.

Листинг 5.1 – функция сглаживания дребезга кнопки

```
boolean debounce(boolean last, int BTN_PIN_x) {
    boolean current = digitalRead(BTN_PIN_x);
    if (last != current) {
        delay(10);
        current = digitalRead(BTN_PIN_x);
        return current;
    }
}
```

Листинг 5.2 – функция установки состояния зеленого и красного светодиодов

```
void ledSetup(bool state) {
    if (state) {
        digitalWrite(GREEN_LED_PIN, HIGH);
        digitalWrite(RED_LED_PIN, LOW);
    } else {
        digitalWrite(GREEN_LED_PIN, LOW);
        digitalWrite(RED_LED_PIN, HIGH);
    }
}
```

В строках 238 – 276 описана функция `void indicate()`, отвечающая за подачу звукового сигнала и включающая в себя функцию установки красного и зеленого светодиодов. Код функции представлен в листинге 5.3.

Листинг 5.3 – функция индикации

```
void indicate(uint8_t signal) {
    ledSetup(signal);
    switch (signal) {
        case DECLINE:
            Serial.println("DECLINE");
            for (uint8_t i = 0; i < 2; i++) {
                tone(BUZZER_PIN, 100);
                delay(300);
                noTone(BUZZER_PIN);
                delay(100);
            }
            return;
        case SUCCESS:
            Serial.println("SUCCESS");
            tone(BUZZER_PIN, 890);
            delay(330);
            noTone(BUZZER_PIN);
            return;
        case SAVED:
            Serial.println("SAVED");
            for (uint8_t i = 0; i < 2; i++) {
                tone(BUZZER_PIN, 890);
                delay(330);
                noTone(BUZZER_PIN);
            }
    }
}
```

```

        delay(100);
    }
    return;
case DELITED:
    Serial.println("DELITED");

```

Продолжение листинг 5.3

```

for (uint8_t i = 0; i < 3; i++) {
    tone(BUZZER_PIN, 890);
    delay(330);
    noTone(BUZZER_PIN);
    delay(100);
}
return;
}
}

```

В строках 278 – 284 описана функция `bool compareUIDs()`. Эта функция выполняет сравнение двух массивов одинакового размера. Функция используется для поиска идентификатора RFID-метки в памяти EEPROM. Код функции представлен в листинге 5.4.

Листинг 5.4 – функция сравнения двух одинаковых массивов

```

bool compareUIDs(uint8_t *in1, uint8_t *in2, uint8_t size) {
    for (uint8_t i = 0; i < size; i++) {
        if (in1[i] != in2[i]) return false;
    }
    return true;
}

```

В строках 287 – 296 описана функция `int16_t foundTag()` отвечающая за поиск RFID-метки в памяти EEPROM. Код функции представлен в листинге 5.5.

Листинг 5.5 – функция поиска RFID метки в EEPROM

```

int16_t foundTag(uint8_t *tag, uint8_t size) {
    uint8_t buf[8];
    uint16_t address;
    for (uint8_t i = 0; i < savedTags; i++) {
        address = (i * 8) + EE_START_ADDR + 2;
        EEPROM.get(address, buf);
        if (compareUIDs(tag, buf, size)) return address;
    }
    return -1;
}

```

В строках 299 – 321 описана функция `void saveOrDeleteTag()` отвечающая удаление и запись RFID-метки. Код функции представлен в листинге 5.6.

Листинг 5.6 – функция удаления/записи RFID метки

```

void saveOrDeleteTag(uint8_t *tag, uint8_t size, uint32_t *decUid) {
    int16_t tagAddr = foundTag(tag, size);
    uint16_t newTagAddr = (savedTags * 8) + EE_START_ADDR + 2;
    if (tagAddr >= 0) {
        for (uint8_t i = 0; i < 8; i++) {
            EEPROM.write(tagAddr + i, 0x00);
            EEPROM.write(tagAddr+i,EEPROM.read((newTagAddr - 8) +i));
        }
        EEPROM.write((newTagAddr - 8) + i, 0x00);
        EEPROM.write(EE_START_ADDR + 1, --savedTags);
        PrintOnDisplay("DELITED", decUid);
        indicate(DELITED);
    } else if (savedTags < MAX_TAGS) {
        for (uint16_t i = 0; i < size; i++) EEPROM.write(i + newTagAddr,
tag[i]);
        EEPROM.write(EE_START_ADDR + 1, ++savedTags);
        PrintOnDisplay("SAVED", decUid);
        indicate(SAVED);
    } else {
        PrintOnDisplay("DECLINE", decUid);
        indicate(DECLINE);
        ledSetup(DECLINE);
    }
}

```

Продолжение листинг 5.6

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над курсовым проектом было разработано устройство для идентификации проездных билетов, оснащенное RFID-считывателем, OLED экраном, тремя кнопками и тремя светодиодами.

Разработанное устройство имеет 2 режима работы — режим чтения RFID-меток и режим удаления/записи меток в EEPROM.

Для считывания меток используется RFID-считыватель RC522. При поднесении RFID-метки к считывателю на экран выводиться информация, соответствующая режиму работы устройства и состоянию памяти EEPROM, также загораются соответствующие светодиоды и подается сигнал зуммера.

В дальнейшем планируется усовершенствование данного курсового проекта. Одними из таких улучшений являются замена кнопок на матричную клавиатуру, добавление режима записи информации в RFID-метку, подключение часов реального времени для обозначения срока действия метки, добавление идентификации меток по виду транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1.] ALLDATASHEET.COM [Электронный ресурс]. – Электронные данные.
– Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425635/ATMEL/ATMEGA328P-PU.html>
- [2.] ALLDATASHEET.COM [Электронный ресурс]. – Электронные данные.
– Режим доступа: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/107093/ATMEL/ATMEGA2561.html>
- [3.] ALLDATASHEET.COM [Электронный ресурс]. – Электронные данные.
– Режим доступа: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/933867/STMICROELECTRONICS/STM8S003F3.html>
- [4.] IARDUINO [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://iarduino.ru/shop/Expansion-payments/RFID_/
- [5.] ИТЕМС [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://securityrussia.com/blog/mifare.html>
- [6.] HID Proximity [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://elics.ru/files/instruction/hid/hid-prox.pdf>
- [7.] PotentialLabs [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://potentiallabs.com/cart/components/Atmega-328-ic>
- [8.] Chipdip. [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.chipdip.by/product/arduino-uno-r3>
- [9.] 3DiY shop [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/rfid-modul-rc522/>
- [10.] НПО НЕОПРИНТ [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.neftocard.ru/cards/proximity/>
- [11.] 3DiY shop [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-displei/display-oled-128-64/>
- [12.]
- [13.] ИНТЕМС [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://securityrussia.com/blog/mifare.html>
- [14.] Radio Prog [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://radioprogram.ru/post/816>
- [15.] Robotchip.ru [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-oled-display-na-ssd1306/>
- [16.] Asus [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.asus.com/ru/laptops/for-gaming/tuf-gaming/asus-tuf-gaming-fx505dy/techspec/>
- [17.] Глецевич И. И. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 40 20 01 «Вычислительные машины, системы и сети». – Минск: БГУИР, 2009. - 99 с.
- [18.] Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – 5-е изд., перераб. – М.: Мир, 1998. – 800с.
- [19.] ArduinoMaaster [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/platy-arduino/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Схема структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Схема функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)
Схема принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)
Схема программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Исходный текст программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)
Перечень элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)
Ведомость документов