

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Система информирования пассажиров на базе микроконтроллера Arduino Uno

УДК 004.4'275:004.31:656.072

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Соболь Александр Васильевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Фадеев Александр Сергеевич	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОСГН	Хаперская Алена Ва- сильевна	—		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Серге- евич	—		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2018 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Демонстрировать базовые естественнонаучные и математические знания для решения научных и инженерных задач в области анализа, синтеза, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств. Уметь сочетать теорию, практику и методы для решения инженерных задач, и понимать область их применения.
P2	Иметь осведомленность о передовом отечественном и зарубежном опыте в области теории, проектирования, производства и эксплуатации систем автоматизации технологических процессов и производств.
P3	Применять полученные знания для определения, формулирования и решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных систем автоматизации технологических процессов и производств с использованием передовых научно-технических знаний и достижений мирового уровня, современных инструментальных и программных средств.
P4	Уметь выбирать и применять соответствующие аналитические методы и методы проектирования систем автоматизации технологических процессов и обосновывать экономическую целесообразность решений.
P5	Уметь находить необходимую литературу, базы данных и другие источники информации для автоматизации технологических процессов и производств.
P6	Уметь планировать и проводить эксперимент, интерпретировать данные и их использовать для ведения инновационной инженерной деятельности в области автоматизации технологических процессов и производств.
P7	Уметь выбирать и использовать подходящее программно-техническое оборудование, оснащение и инструменты для решения задач автоматизации технологических процессов и производств.
<i>Универсальные компетенции</i>	
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в международной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий.
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы с ответственностью за риски и работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области автоматизации технологических процессов и производств, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам.
P10	Иметь широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4Б	Соболю Александру Васильевичу

Тема работы:

Система информирования пассажиров на базе микроконтроллера Arduino Uno	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№2183/с от 28.03.2018 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.18
--	---------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Техническое задание Техническое описание протоколов I2C, UART, SPI Техническое описание микроконтроллера Arduino Uno Документация по светодиодным матричным дисплеям
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Разработка структуры системы информирования пассажиров. Выбор интерфейса передачи данных. Изучение принципа работы светодиодных дисплеев. Разработка программы управления светодиодными дисплеями. Создание протокола передачи данных.

Перечень графического материал	Презентация в формате *.ppt
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хаперская Алена Васильевна
Социальная ответственность	Невский Егор Сергеевич
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
—	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15.01.18
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Фадеев Александр Сергеевич	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Соболь Александр Васильевич		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
Направление подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»
Уровень образования Бакалавриат
Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники
Период выполнения осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.18
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
8.06.2018 г.	Основная часть	75
14.05.2018 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
16.05.2018 г.	Социальная ответственность	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Фадеев Александр Сергеевич	К.Т.Н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕ-
РЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4Б	Соболю Александру Васильевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклады ТПУ, компоненты системы на сайте aliexpress, прайс-лист интернет-кафе
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Расчетно-аналитические
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Общая система налогообложения с учётом льгот для учебных учреждений (в том числе 27,1% отчислений во внебюджетные фонды)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Потенциальные потребители результатов исследования 2. Анализ конкурентных технических решений 3. SWOT – анализ
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. Основная заработная плата исполнителей 2. Дополнительная заработная плата исполнителей 3. Отчисления во внебюджетные фонды 4. Расчет материальных затрат 5. Прочие расходы 6. Формирование бюджета затрат НИ
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсоэффективности проекта расчётом интегрального показателя

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>Альтернативы проведения НИ</i>
4. <i>График проведения и бюджет НИ</i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>
6. <i>Карта сегментирования рынка</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Хаперская Алена Васильевна	—		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Соболь Александр Васильевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Т4Б	Соболю Александру Васильевичу

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Система информирования пассажиров на базе микроконтроллера Arduino Uno
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Поражение электрическим током	Рассмотрены причины поражения электрическим током. Разработан ряд мер, предотвращающих поражение электрическим током. Дана оценка вреда, причиненного человеку при поражении электрическим током.
2. Освещение информационного табло	Рассмотрены светодиодные матрицы, как источники освещения. Дана оценка показателям освещенности устройства. Предложен ряд мер, позволяющих снизить негативное воздействие при эксплуатации устройства. Приведена оценка контраста объекта с фоном различения.
3. Искажение информации на табло	Приведен ряд мер позволяющих снизить вероятность искажения информации на устройстве.
4. Утилизация устройства	Оценен вред, причиненный устройством при неправильной утилизации. Приведен перечень мер для утилизации устройства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2018
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИШХБМТ	Невский Егор Сергеевич	—		01.03.2018

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Т4Б	Соболь Александр Васильевич		01.03.2018

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 85 страниц, 24 рисунка, 17 таблиц, 16 формул, 25 источников, 5 приложений.

Ключевые слова: платформа Arduino, информационное табло, система информирования пассажиров, протокол передачи данных, контрольная сумма, светодиодный дисплей.

Целью работы – создание системы информирования, отображающей информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта, состоящей из светодиодных дисплеев и управляемой с помощью платформы Arduino.

В процессе исследования производился подбор компонентов системы информирования пассажиров, разработка программного обеспечения на языке программирования платформы Arduino для отображения информации на светодиодных дисплеях, создание протокола передачи данных.

В результате исследований было спроектирована и разработана система, отображающая информацию о конечной и начальной остановках маршрута движения общественного транспорта и о номере маршрута. Был создан протокол на основе протокола I2C, который позволяют не только выявлять, но и предотвращать потерю и искажение информации.

В настоящее время устройство готово к вводу в опытную эксплуатацию.

Обозначения и сокращения

СИП – Системы информирования пассажиров

LED – Light-emitting diode (светодиод)

I2C – Inter-Integrated Circuit (последовательная асимметричная шина)

DMD – Dot matrix display

НР – Научный руководитель

С – Студент

Оглавление

Введение.....	13
1 Система информирования пассажиров	15
1.1 Разработка структуры системы информирования пассажиров... 15	
1.1.1 Структура системы информирования пассажиров.....	15
1.1.2 Способы передачи данных.....	16
1.1.3 Выбор управляющего устройства	16
1.1.4 Выбор интерфейса передачи данных.....	18
1.1.5 Использование интерфейса I2C для передачи данных	19
1.2 Информационное табло	20
1.2.1 Светодиодный матричный дисплей	21
1.2.2 Достоинства и недостатки светодиодных дисплеев.....	22
1.2.3 Классификация светодиодных экранов	23
1.2.4 Принцип работы светодиодной матрицы.....	24
1.3 Подбор компонентов системы информирования пассажиров	25
1.3.1 Светодиодная матрица	25
1.3.2 Сдвиговый регистр	27
1.3.3 Подключение светодиодной матрицы к микроконтроллеру... 29	
1.3.4 Библиотека DMD2	31
1.3.5 Блок питания	31
1.4 Выводы по главе 1	32
2 Реализация системы	34
2.1 Создание программы управления светодиодными дисплеями ... 34	
2.1.1 Подготовка и передача данных между устройствами	34
2.1.2 Отладка кода программы системы информирования пассажиров 35	
2.1.3 Создание русских шрифтов	36
2.1.4 Создание алгоритма бегущей строки.....	37
2.2 Создание протокола передачи данных	38

2.2.1	Технические испытания системы информирования пассажиров	38
2.2.2	Использование CRC8.....	38
2.2.3	Введение функции перезагрузки контроллера	39
2.3	Внешний вид системы информирования пассажиров	39
2.4	Использование Arduino Nano.....	41
2.5	Выводы по главе 2	42
3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	44
3.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	44
3.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	44
3.1.2	Анализ конкурентных технических решений.....	45
3.1.3	SWOT-анализ	47
3.2	Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	48
3.3	Планирование научно-исследовательских работ	49
3.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	49
3.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ.....	50
3.4	Бюджет научно технического исследования (НТИ).....	51
3.4.1	Расчет материальных затрат НТИ.....	51
3.4.2	Основная заработная плата исполнителей темы	52
3.4.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	53
3.4.4	Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	54
3.4.5	Прочие расходы	55
3.4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	56

3.5	Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	56
4	Социальная ответственность	60
4.1	Аннотация	60
4.2	Введение	60
4.3	Поражение электрическим током	60
4.4	Освещение информационных табло	62
4.4.1	Оценка контраста объекта с фоном различения	66
4.5	Искажение информации на табло	66
4.6	Утилизация устройства	67
	Заключение	69
	Список литературы	70
	ПРИЛОЖЕНИЕ А Сравнительная характеристика интерфейсов передачи	
	73	
	ПРИЛОЖЕНИЕ Б Листинг файла шрифта	75
	ПРИЛОЖЕНИЕ В Листинг программы управления светодиодами	
	матрицами	79
	ПРИЛОЖЕНИЕ Г Расчет трудозатрат на выполнение проекта	83
	ПРИЛОЖЕНИЕ Д Линейный график работ	84

Введение

Согласно исследованиям, больше 87% опрошенных томичей использующих общественный транспорт предпочитают пользоваться автобусными маршрутами. Но качество перевозок, по их словам, является удовлетворительным [1].

Одним из критериев качества перевозок является удобство предоставляемой пассажирам информации о маршруте и номере автобуса. В настоящее время большая часть автобусов в городе Томске использует трафареты с информацией о маршруте. Их нужно регулярно менять, если один автобус следует по нескольким маршрутам; при изменении маршрута приходится изготавливать новый трафарет; в темное время суток в большинстве случаев очень сложно увидеть маршрут из-за отсутствия подсветки. Это сильно ухудшает восприятие информации.

Отдельной задачей стоит задача перевозки сотрудников крупных предприятий по протяженным территориям. Некоторые заводы имеют десятки внутренних маршрутов, по которым перевозка пассажиров осуществляется всего несколькими пассажирскими автобусами. Каждый автобус меняет маршрут следования по несколько раз за смену, что делает задачу смены и подготовки большого количества трафаретов ресурсозатратной.

Однако широкое распространение светодиодных дисплеев позволяет создавать различные системы информирования от бегущих строк, до знаков и указателей. Применение таких дисплеев с удобной системой управления позволило бы создать современную и удобную как для водителей, так и для пассажиров информационную систему.

Внедрение системы информирования пассажиров (СИП) обеспечивает отображение информации о маршруте следования и другой дополнительной информации для пассажиров.

СИП состоит из передней и боковой панели индикации (светодиодных дисплеев). Панели индикации фронтальная и боковая предназначены для обеспечения наружной визуальной информации о маршруте следования [2].

Также для информирования пассажиров внутри салонов автобусов могут быть установлены внутренние панели индикации, которые предоставляют дополнительную информацию пассажирам, например, температуру окружающей среды, наименование текущей остановки, изменения в маршруте следования.

Целью данной работы является создание системы информирования, отображающей информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта, состоящей из светодиодных дисплеев и управляемой с помощью платформы Arduino.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выбрать дисплеи для отображения информации о маршруте.
2. Выбрать устройство управления дисплеями.
3. Выбрать способ передачи данных на дисплеи.
4. Выбрать протокол передачи данных между устройством управления и контроллером.
5. Подобрать компоненты системы информирования пассажиров.
6. Сформировать структуру системы информирования пассажиров и собрать устройство.
7. Изучить принцип работы светодиодных дисплеев.
8. Создать и отладить программный код, позволяющий управлять светодиодными дисплеями (в том числе реализовать эффект «бегущей строки»).
9. Создать файл русских шрифтов для светодиодных дисплеев.
10. Разработать протокол помехоустойчивой и бесперебойной передачи информации.
11. Изготовить корпус для защиты оборудования от вредных факторов окружающей среды.
12. Провести технические испытания.

1 Система информирования пассажиров

Объектом исследования является СИП. В настоящей главе приведен обзор компонентов СИП, рассмотрен процесс поиска возможных решений реализации системы, а также представлен процесс проектирования системы в целом и выбор устройства управления.

1.1 Разработка структуры системы информирования пассажиров

Перед началом разработки системы первостепенной задачей является проектирование структуры системы, так как от выбранной структуры зависят как компоненты системы, так и способ передачи информации между компонентами системы.

1.1.1 Структура системы информирования пассажиров

Для организации СИП было решено использовать шинную топологию. Был выбран способ передачи данных по кабелю, так как использование беспроводных технологий подразумевает наличие дополнительного оборудования, что негативно отразится на цене устройства. На рисунке 1 представлена структурная схема СИП.

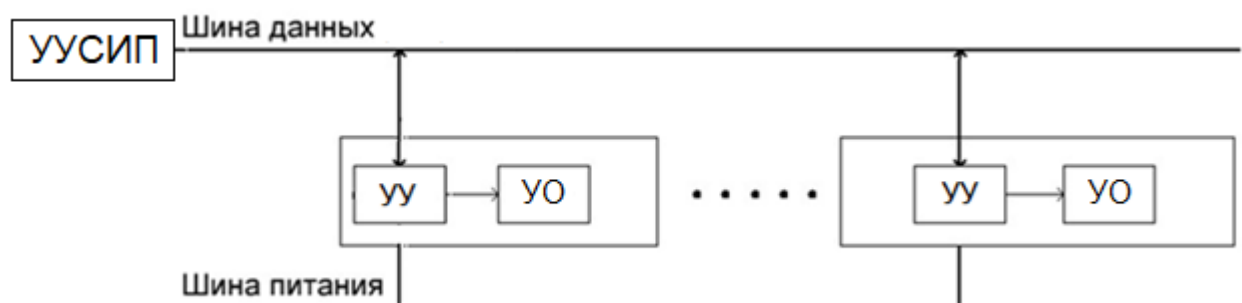


Рисунок 1 – Структурная схема СИП

На рисунке представлено:

УО – устройство отображения информации.

УУ – устройство управления.

УУСИП – устройство управления СИП.

1.1.2 Способы передачи данных

Так как система монтируется в автобусе, то предполагаются повышенные нагрузки компоненты системы из-за вредных факторов окружающей среды, таких как: вибрация, пыль, влага, широкий диапазон рабочих температур, а также высокий уровень электромагнитных помех; из-за чего эффективность использования беспроводных технологий снижается.

Поэтому для простоты монтажа и эксплуатации всей системы было принято решение для передачи данных использовать многожильный износостойкий кабель.

Для обеспечения надежной передачи информации по кабельной системе было решено использовать протокол передачи данных, способный не только выявлять, но и предотвращать потерю и искажение информации.

1.1.3 Выбор управляющего устройства

При выполнении данной работы был сделан выбор из четырех управляющих устройств:

1. Одноплатный компьютер Raspberry Pi. Изначально разработанный как бюджетная система для обучения информатике, впоследствии получивший намного более широкое применение и популярность, чем ожидали его авторы. Разрабатывается Raspberry Pi Foundation [3].

2. Контроллер серии STM32. STM32 – семейство 32-х битных микроконтроллеров производства STMicroelectronics. Чипы STM32 группируются в серии, в рамках каждой из которых используется одно и то же 32-х битное ядро ARM, например, Cortex-M7F, Cortex-M4F, Cortex-M3, Cortex-M0+ или Cortex-M0. Каждый микроконтроллер состоит из ядра процессора, статической RAM-памяти, флеш-памяти, отладочного интерфейса и различных периферийных устройств [4].

3. Микроконтроллер Atmega 328p на базе Arduino. Arduino – это платформа с открытым программным кодом, состоящая из семейства печатных плат, отличающихся друг от друга по характеристикам (частота процессора, количество

таймеров и т.д.) Программирование и загрузка программного кода в плату осуществляется на языке С++ в специальной среде программирования. Наиболее частое применение платформы – создание небольших автономных проектов автоматизации. Свою популярность приобрела благодаря своей невысокой стоимости и простоте использования [5].

4. Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС). Электронный компонент, используемый для создания цифровых интегральных схем. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования (проектирования). Для программирования используются программатор и IDE (отладочная среда), позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы или программы на специальных языках описания аппаратуры: Verilog, VHDL, AHDL и др. [6].

Основные характеристики устройств, необходимые для выполнения данной работы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики управляющих устройств

Наименование устройства	Arduino Uno	Raspberry Pi Zero	STM32F103C8	ПЛИС Max II EPM240/G/Z
Рабочее напряжение	7-12 В	5 В	2-3,6 В	1,5В 1,8В 2,5В 3,3 В
Цифровые входы/выходы	14	40	26	80
Флеш-память	32 Кб	4 Гб	64 Кб	8 Кб
ОЗУ	2 Кб	512 Мб	20 Кб	—
Тактовая частота	16 МГц	1 ГГц	72 МГц	133 МГц
Поддерживаемые интерфейсы	I2C, SPI, UART	HDMI, USB, Ethernet, UART, JTAG, SPI, I2C, DSI, CSI, WI-FI	UART, I2C, SPI, CAN, USB	PCI
Цена, руб.	990	2090	550	550
Среда разработки	Открытая среда разработки, наличие готовых библиотек, программирование на языке Си	Собственная операционная система, программирование на языке python	Платная среда разработки, программирование на языке Си	Открытая среда разработки, программирование на языке Си, наличие программатора

Исходя из анализа данных таблицы, лучшим управляющим устройством является STM32F103C8. Но было решено использовать для данной работы Arduino Uno, так наличие открытой среды разработки с готовыми библиотеками, позволяющими ускорить процесс разработки проекта, имеют большее значение, чем цена. Также число выводов является удовлетворительным для решения поставленной задачи.

1.1.4 Выбор интерфейса передачи данных

Интерфейсы поддерживаемы Arduino Uno:

1. SPI (Serial Peripheral Interface) — последовательный синхронный стандарт передачи данных в режиме полного дуплекса, предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии. SPI также иногда называют четырёхпроводным интерфейсом. В отличие от стандартного последовательного порта, SPI является синхронным интерфейсом, в котором любая передача синхронизирована с общим тактовым сигналом, генерируемым ведущим устройством (процессором). Принимающая (ведомая) периферия синхронизирует получение битовой последовательности с тактовым сигналом. К одному последовательному периферийному интерфейсу ведущего устройства-микросхемы может присоединяться несколько микросхем [7].

2. UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – универсальный асинхронный приёмопередатчик – узел вычислительных устройств, предназначенный для организации связи с другими цифровыми устройствами. Преобразует передаваемые данные в последовательный вид так, чтобы было возможно передать их по одной физической цифровой линии другому аналогичному устройству. Метод преобразования хорошо стандартизован и широко применяется в компьютерной технике (особенно во встраиваемых устройствах и системах) [8].

3. I2C. Интерфейс использует для передачи данных две двунаправленные линии связи: SDA (Serial Data Signal) – последовательная линия данных и SCL

(Serial Clock Line) – сигнал тактовых синхроимпульсов. Также имеются две линии питания, образующих шину питания. Линии данных подтягиваются к шине питания через резисторы [9].

Сравнительная характеристика интерфейсов приведена в таблице 16 Приложения А.

1.1.5 Использование интерфейса I2C для передачи данных

Для осуществления обмена данными между устройством управления и сетью информационных таблиц был выбран последовательный интерфейс I2C, так как наличие готовых библиотек существенно упростило разработку проекта, а возможность «горячего» подключения обеспечила модульность системы.

При использовании этого протокола обмена информацией, бы одно устройство должно работать в режиме ведущего (Master), которое инициализирует передачу данных и генерирует сигналы синхронизации. Также в сети могут быть ведомые устройства (Slave), которые выполняют определенные действия по запросу ведущего. Схема подключения устройств для использования протокола передачи данных I2C представлена на рисунке 2.

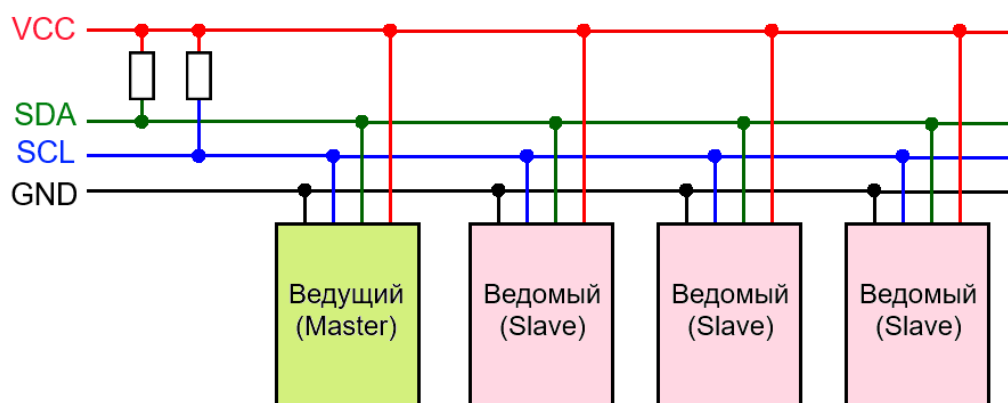


Рисунок 2 – Схема подключения устройств для использования протокола передачи данных I2C

У каждого ведомого устройства есть уникальный адрес, по которому ведущий и обращается к нему. Адреса устройств указываются в паспорте, либо могут быть определены программистом. К одной шине I2C может быть подключено до 127 устройств, в том числе несколько ведущих [9].

Для приема и передачи информации по интерфейсу I2C было решено не создавать собственную библиотеку, а воспользоваться уже созданными Wire и iarduino_I2C_connect.

Были использованы следующие методы при написании программы управления дисплеями:

1. Wire.begin(address). Инициализирует библиотеку Wire и подключается к шине I2C как ведущий (мастер) или ведомый. Address – 7-битный адрес ведомого устройства; если не задан, плата подключается к шине как мастер.

2. iarduino_I2C_connect N. Объявляет переменную для работы с библиотекой iarduino_I2C_connect.

3. N.begin(REG_Massive). Инициализирует возможность чтения или записи данных по шине I2C, в указанный, заранее объявленный, массив [10], [11].

1.2 Информационное табло

Информационное табло — это универсальный информационный носитель, который изготавливается на основе светодиодных дисплеев. Внешний вид информационного табло представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Внешний вид информационного табло

Существуют следующие разновидности информационных табло:

- бегущие строки;
- видеотабло;
- курс обмена валют;
- графический экран;

- текстовый экран;
- часы, термометры, барометры;
- комплексные автоматические системы расписания, прибытия-отправления для вокзалов и аэропортов;
- метеотабло;
- табло для парковок;
- табло для АЗС;
- спортивные табло;
- и другие.

Информационные табло пассажирского транспорта предназначены для визуального воспроизведения нумерации маршрутов следования пассажирского общественного транспорта, отображения наименований остановок, а также могут быть использованы для демонстрации информации социальной и рекламной деятельности [12].

Информационные табло могут иметь в своем составе как один светодиодный дисплей, так и несколько дисплеев.

1.2.1 Светодиодный матричный дисплей

Светодиодные дисплеи – относительно новая технология. Считается, что первый телевизор со светодиодным экраном был создан в США около 35 лет назад. С тех пор новая конструкция постепенно начала развиваться, завоеывая популярность. Светодиодный экран – устройство отображения и передачи визуальной информации (дисплей, монитор, телевизор), в котором каждой точкой (пикселем) является один или несколько полупроводниковых светодиодов [13].

Светодиодные дисплеи получают всё большее распространение, а именно, чаще наблюдается их использование в целях рекламы на улицах крупных городов или в качестве информационных экранов и дорожных знаков. В частности, светодиодные дисплеи можно использовать для трансляций спортивных соревнований, концертов и парадов, что особенно актуально для тематических заведений. Несмотря на то, что при ближайшем рассмотрении пиксели могут быть видны довольно отчетливо, с расстояния они сливаются и создают равномерное,

яркое и контрастное изображение. Эксперты развития рынка рекламы предполагают, что с каждым годом доля светодиодных информационных экранов на рынке рекламных технологий будет возрастать. В действительности, светодиодные табло сочетают в себе все основные преимущества существующих визуальных рекламных технологий. Единственным их недостатком является довольно высокая стоимость по сравнению с другими технологиями рекламы [14].

1.2.2 Достоинства и недостатки светодиодных дисплеев

Светодиодные дисплеи можно использовать как для наружной рекламы, так и для внутренних видео трансляций. В первом случае модуль управления размещается в особом блоке, который находится под защитой, что обеспечивает высокую степень пыле- и влагозащиты. Светодиодные дисплеи отличаются высокой яркостью. Также они надежны в эксплуатации. Даже если часть экрана будет повреждена, ее можно будет оперативно заменить, не приобретая новую конструкцию в целом. Светодиодные экраны могут выпускаться с различными габаритами, достигая по несколько метров в длину и ширину [14].

Однако им также присущи и некоторые недостатки, к которым можно отнести:

- низкое разрешение экрана;
- большой размер зерна у экрана;
- большой вес;
- сложность самостоятельной сборки;
- высокая стоимость [13].

Также, немаловажным недостатком таких дисплеев является калибровка. В настоящее время калибровка большинства или даже всех дисплеев представляет собой проблему, поскольку ее должен выполнять изготовитель, обладающий специальным оборудованием и необходимой подготовкой. Поскольку светодиодные дисплеи нуждаются в периодической повторной калибровке, то расходы на их техобслуживание является важным фактором, который следует учитывать [15].

1.2.3 Классификация светодиодных экранов

Светодиодные экраны по принципу построения классифицируются на два типа – матричные и кластерные [13].

В кластерных экранах каждый пиксель содержит от трех до нескольких десятков светодиодов, объединённых в отдельном конструктивном элементе, который называется кластером. Кластеры, образующие информационное поле экрана, закреплены при помощи винтов на лицевой поверхности экрана. От каждого кластера отходит жгут проводов, подключаемый, посредством электрического разъема, к соответствующей схеме управления (плате).

В матричных светодиодных экранах кластеры и управляющая плата объединены в матрицу, то есть на управляющей плате смонтированы и светодиоды, и коммутирующая электроника, которые залиты герметизирующим компаундом. В зависимости от размера и разрешения экрана, количество светодиодов в одном пикселе может колебаться от трех до нескольких десятков. А распределение количества светодиодов по цветам в пикселе изменяется от типа применяемых светодиодов в интересах соблюдения баланса белого.

Матричные экраны являются более актуальными в настоящее время и постепенно вытесняют кластерные.

Светодиодное табло состоит из светодиодов. Светодиод – полупроводниковый прибор, трансформирующий электроток в видимое свечение. Светодиод состоит из полупроводникового кристалла на подложке, корпуса с контактными выводами и оптической системы. Непосредственно излучение света происходит от кристалла, цвет видимого излучения зависит от его материала и различных добавок. Как правило, в корпусе светодиода находится один кристалл, но при необходимости повышения мощности светодиода или для излучения разных цветов возможна установка нескольких кристаллов. На рисунке 4 представлен внешний вид светодиода.



Рисунок 4 – Внешний вид светодиода

В светодиоде, в отличие от лампы накаливания или люминесцентной лампы, электрический ток трансформируется в видимый свет. В теории такое преобразование возможно без так называемых "паразитных" потерь электроэнергии на нагрев. Это связано с тем, что при корректно спроектированном теплоотводе светодиод нагревается очень слабо. Светодиод излучает свет в узком спектре, что особенно ценно применительно к дизайнерскому освещению. Ультрафиолетовые и инфракрасные излучения, как правило, отсутствуют. Светодиод механически прочен и надежен, его срок эксплуатации в системе освещения теоретически может достигать ста тысяч часов, что примерно в сто раз больше среднего срока эксплуатации обычной лампы. Однако срок службы светодиода может быть разным и напрямую зависит от типа светодиода, силы подаваемого на него тока, охлаждения кристалла светодиода, состава и качества кристалла, компоновки элементов и сборки в целом [16].

1.2.4 Принцип работы светодиодной матрицы

Устройство матрицы размерностью 4x4 представлено рисунке 5.

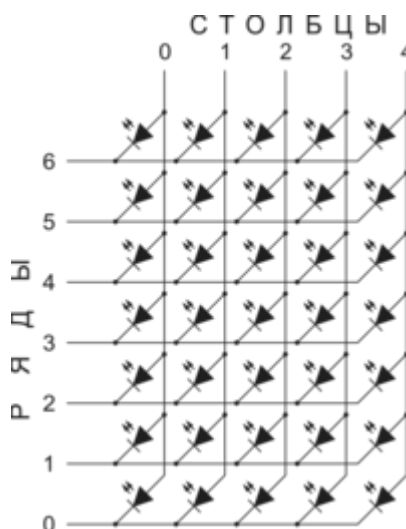


Рисунок 5 – Схема светодиодной матрицы

Как показано на схеме, четыре вывода матрицы соединяются с анодами светодиодов, и еще четыре – с катодами. Таким образом, чтобы зажечь один определенный светодиод, один из анодов соединяется с плюсом питания, а один из катодов – с минусом. Особенность устройства является то, что остальные катоды должны быть отключены либо физически, либо с помощью высокого сопротивления. Если будет превышено максимальное напряжение обратного тока, приложенное к светодиоду, то светодиод выйдет из строя. Чтобы создать иллюзию анимации, было решено переключать каждые 40 миллисекунд питание с катода на анод.

Управление матрицей данного типа сопряжено с рядом существенных ограничений:

1. Число входов микроконтроллера. В случае с матрицей размерностью 4x4 будет задействовано 8 выходов.

2. Суммарный порог мощности. У Arduino Uno порог мощности составляет 200 мА, следовательно, максимальное количество зажженных светодиодов – 20 [17].

Поэтому, для управления светодиодными матрицами, как правило, используются сдвиговые регистры.

Сдвиговый регистр представляет собой кольцевой буфер. Для данной работы был выбран сдвиговый регистр 74НС595 принцип работы которого будет рассмотрен в главе, посвящённой выбору компонентов.

1.3 Подбор компонентов системы информирования пассажиров

Для реализации данной системы необходимы следующие компоненты: микроконтроллер, светодиодные матрицы, блок питания и соединительные провода.

1.3.1 Светодиодная матрица

В данной работе были использованы светодиодные матрицы размерностью 32x16, с расстоянием между диодами в 10 мм. Характеристики матрицы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики матрицы

Разрешающая способность	32x16 (512 пикселей)
Напряжение питания	5 В
Габариты	320x160x14

Внешний вид матрицы представлен на рисунке 6.

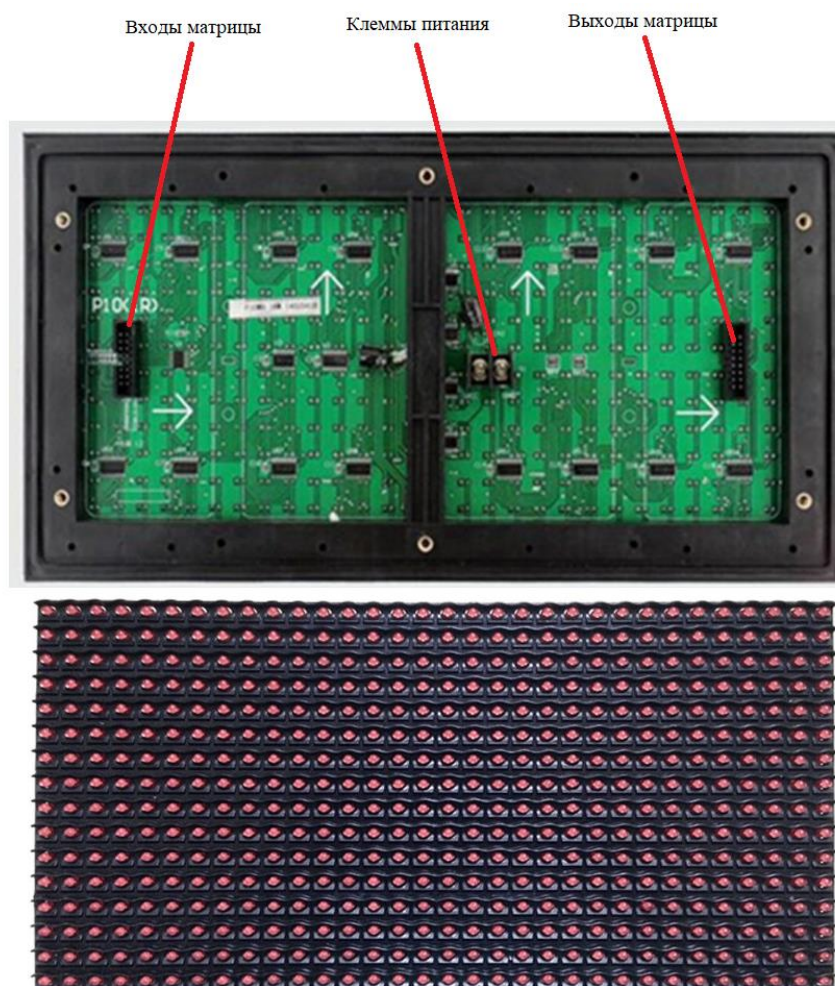


Рисунок 6 – Внешний вид матрицы

Ко входам матрицы можно подключать как контроллер, так и другую такую же матрицу. Что позволяет увеличивать разрешающую способность дисплея путем последовательного соединения нескольких матриц. Аналогично выходы матрицы могут быть не задействованы или подключены к входам другой матрицы [18].

1.3.2 Сдвиговый регистр

Управление светодиодами на светодиодном матричном табло происходит с помощью сдвигового регистра 74НС595.

74НС595 — восьмиразрядный сдвиговый регистр с последовательным вводом и последовательно-параллельным выводом информации. Регистр позволяет управлять 512 светодиодами светодиодной матрицы, используя всего 7 выходов на контроллере.

Данный регистр может передавать сигналы не только параллельно, но и последовательно. Это необходимо при объединении нескольких регистров, для получения 16 и более выходов. В этом случае первые 8 бит сигнала передаются на следующий регистр для параллельного вывода на нем.

Выходы регистра имеют три возможных состояния: логический ноль, логическая единица или высокоомное (высокоимпедансное) состояние (когда выход отключен от схемы). В высокоомное состояние не может быть переведен отдельный выход, а только все выходы регистра разом. При управлении светодиодами, это может быть полезно в случае, при переключении управления светодиодами на другой контроллер. Однако на практике это состояние довольно редко используется.

Характеристики сдвигового регистра 74НС595:

- не требует дополнительных компонентов для работы;
- работает через широкораспространенный интерфейс SPI;
- для управления используется 7 выходов микроконтроллера;
- частота работы до 100 МГц;
- напряжение питания от 2 В до 6 В;
- дешевый — стоит менее 3 рублей;
- выпускается как в планарных корпусах, так и в DIP16.

Сдвиговый регистр 74НС595 состоит из:

- 8-битного регистра сдвига;
- 8-битного регистра хранения;
- 8-битного выходного регистра.

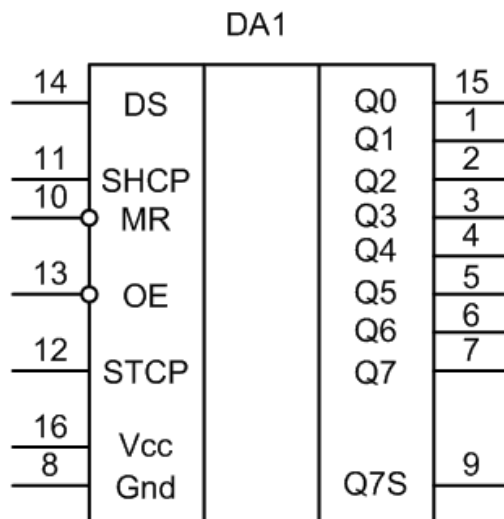


Рисунок 7 – Условное графическое обозначение сдвигового регистра 74HC595

Рассмотрим входы и выходы сдвигового регистра 74HC595:

- GND – земля.
- VCC – питание 5 вольт.
- OE – вход, переводящий выходы из высокоимпедансного состояние в рабочее состояние. При логической единице на этом входе выходы 74HC595 будут отключены от остальной части схемы.
- MR – сброс регистра. Перевод всех выходов в состояние логического нуля.
- DS – вход данных. Последовательно подаваемые на данный вход данные будут появляются на 8-ми выходах регистра в параллельной форме.
- SHCP – вход для тактовых импульсов.
- STCP – вход записывающий данные. Для того, чтобы данные появились на выходах Q0...Q7 нужно подать логическую единицу на вход STCP. Данные поступают в параллельный регистр, который сохраняет их до следующего импульса STCP.
- Выходы 74HC595 Q0...Q7 – выходы, которыми управляют. Q7S – выход, предназначенный для последовательного соединения регистров [19].

Временная диаграмма, на которой показано движение логической единицы по всем выходам регистра представлена на рисунке 8.

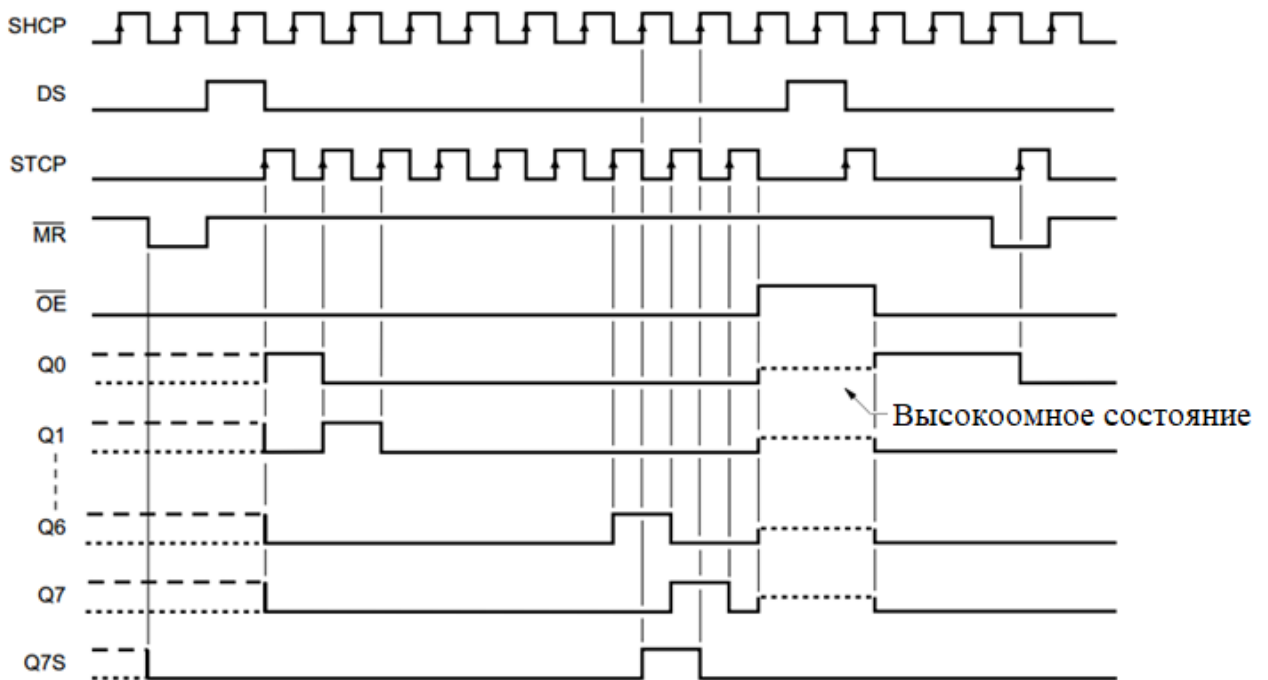


Рисунок 8 – Временная диаграмма сдвигового регистра 74HC595

1.3.3 Подключение светодиодной матрицы к микроконтроллеру

Схема подключения светодиодной матрицы к микроконтроллеру представлена на рисунке 9.

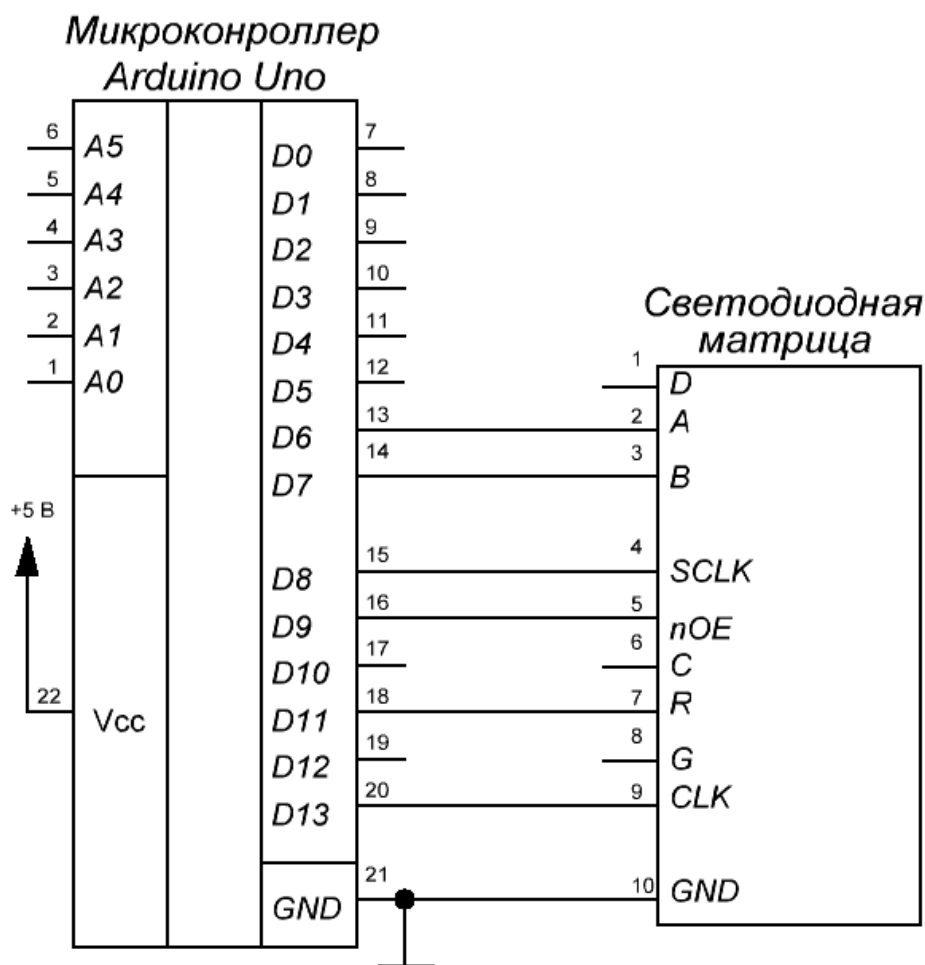


Рисунок 9 – Схема подключения матрицы к микроконтроллеру Arduino Uno

Входы 2 и 4 (A и B) — определяют, какие из четырех групп светодиодов экрана работают в каждый конкретный момент времени. Матрицы используют динамическую индикацию, поочередно переключая 4 группы светодиодов в зависимости от логических уровней на контактах A и B. На плате эти сигналы приходят на дешифратор, который открывает 1 из 4 групп P-канальных полевых транзисторов, тем самым подавая +5В на аноды светодиодов выбранной группы.

Вход 1 (nOE) — разрешает работу матрицы (логический ноль гасит все матрицы в цепочке).

Входы 8 и 12 (CLK и R) — линия, по которой передается тактовый импульс, и линия данных синхронного последовательного интерфейса.

Вход 10 (SCLK) — осуществляет по переднему фронту передачу данных, полученных сдвиговыми регистрами, на их выходы. Сдвиговые регистры подключены к катодам светодиодов матрицы. По этой причине передаваемые данные нужно инвертировать (светодиод будет гореть при логическом нуле) [20].

1.3.4 Библиотека DMD2

Под используемую в данном проекте платформу Arduino существует библиотека DMD2, написанная Александром Марком, которая позволяет упростить процедуру вывода на светодиодную матрицу изображения [21]. В данной библиотеке заранее определены входы микроконтроллера для подключения к матрице.

При написании программы управления светодиодной матрицей использовались следующие методы:

1. NAME `dmd(x,y)`. Инициализирует дисплей, состоящий из матрицы устройств.

2. `dmd.setBrightness(N)`. Задаёт яркость светодиодов дисплея в виде 8-битового числа.

3. `dmd.begin`. Инициализирует библиотеку DMD2.

4. `dmd.clearScreen`. Очищает экран дисплея (гасит все светодиоды).

5. `dmd.selectFont(Font)`. Осуществляет выбор шрифта из уже подключённых.

6. `dmd.drawString(a,b,string)`. Выводит на дисплей строку символов, сдвинутую на `a` светодиодов вправо и на `b` светодиодов вниз (начало отсчёта – верхний левый угол).

1.3.5 Блок питания

Для работы корректной работы СИП нужно наличие источника питания мощностью 50 Вт. Для данной цели был выбран источник питания NES-50-5 [22].

1.4 Выводы по главе 1

В настоящей главе представлена структура системы информирования пассажиров, был произведен и описан выбор управляющего устройства, способ передачи данных на дисплеи и выбор интерфейса передачи данных, а также были рассмотрены светодиодные дисплеи и приведен принцип их работы.

В результате анализа существующих СИП можно выделить достоинства и недостатки светодиодных дисплеев.

Достоинства:

1. Информация хорошо видна на дальнем расстоянии, особенно в темное время суток.

2. Имеется возможность редактировать текстовую информацию в короткие сроки, а также использования бегущей строки для большого объема данных.

Недостатки:

1. Сложность перепрограммирования, связанная с отсутствием прямого доступа к контроллеру во время эксплуатации или отсутствием специального ПО.

2. Фирмы, производящие данные устройства хранят в тайне алгоритмы, при помощи которых работает их устройства, что усложняет модернизацию и модификацию пользователями.

Для того чтобы избавиться от данных недостатков был решено программировать устройство при помощи открытой среды разработки, что упрощает доступ к алгоритмам пользователей. Также при использовании контроллер Arduino Uno имеется возможность загрузки нового кода в контроллер при помощи flash-карт памяти, что упрощает процедуру загрузки нового кода в контроллер.

Исходя из подобранных компонентов, была разработана структурная схема СИП, представленная на рисунке 10.

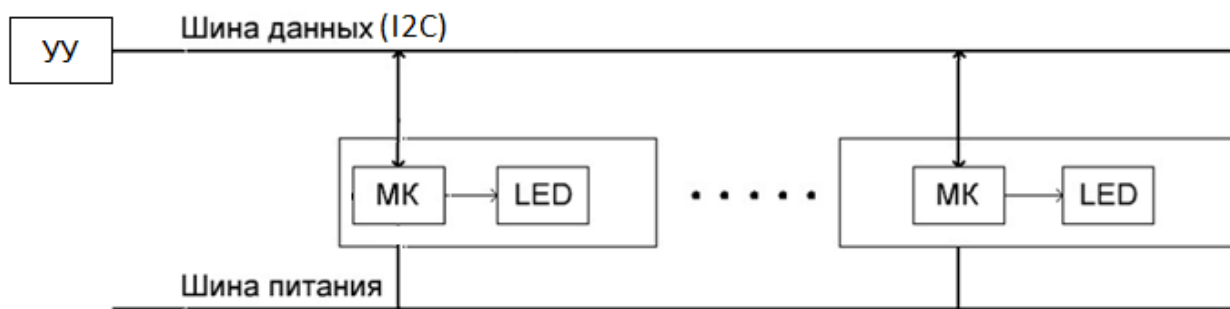


Рисунок 10 – Структурная схема СИП

На рисунке представлено:

МК – микроконтроллер Arduino Uno.

УУ – устройство управления.

LED – светодиодный дисплей.

Каждое табло имеет свой микроконтроллер, который обеспечивает отображение информации.

2 Реализация системы

2.1 Создание программы управления светодиодами дисплеями

В процедуру создания программы управления светодиодами матрицами входит: создание алгоритмов приема и передачи информации между устройством управления и микроконтроллером, создание алгоритма, реализующего функцию бегущей строки, а также разработка шрифтов для библиотеки DMD2.

2.1.1 Подготовка и передача данных между устройствами

Для осуществления процедуры передачи данных между устройством управления и микроконтроллером, информацию необходимо преобразовать в вид удобный для передачи. Преобразование информации происходит в соответствии с алфавитом кодирования символов, представленным в таблице 3.

Таблица 3 – Алфавит кодирования символов

Символ	Код символа	Символ	Код символа
А	1	Ч	25
Б	2	Ш	26
В	3	Щ	27
Г	4	Ъ	28
Д	5	Ы	29
Е	6	Ь	30
Ё	7	Э	31
Ж	8	Ю	32
З	9	Я	33
И	10	.	34
Й	11	Пробел	35
К	12	-	36
Л	13	^	37
М	14	1	38
Н	15	2	39
О	16	3	40

Символ	Код символа	Символ	Код символа
П	17	4	41
Р	18	5	42
С	19	6	43
Т	20	7	44
У	21	8	45
Ф	22	9	46
Х	23	0	47
Ц	24		

Результатом преобразования является массив, состоящий из байтов данных, которые несут в себе информацию о закодированном символе. Символ «^» используются в качестве разделителя начальной и конечной остановок, так как они выводятся на разных строках информационного табло. После преобразования полученный массив добавляются в код микроконтроллера в виде исходных данных.

2.1.2 Отладка кода программы системы информирования пассажиров

Для осуществления процедуры отладки кода светодиодный дисплей был подключен к микроконтроллеру Arduino Uno. После разработки и загрузки в контроллер кода, для корректной работы дисплей был подключен к источнику питания. Данные, переданные по I2C шине принимаются контроллером и, после обработки, передаются на светодиодный дисплей. Схема подключения светодиодного матричного дисплея для отладки представлена на рисунке 11.

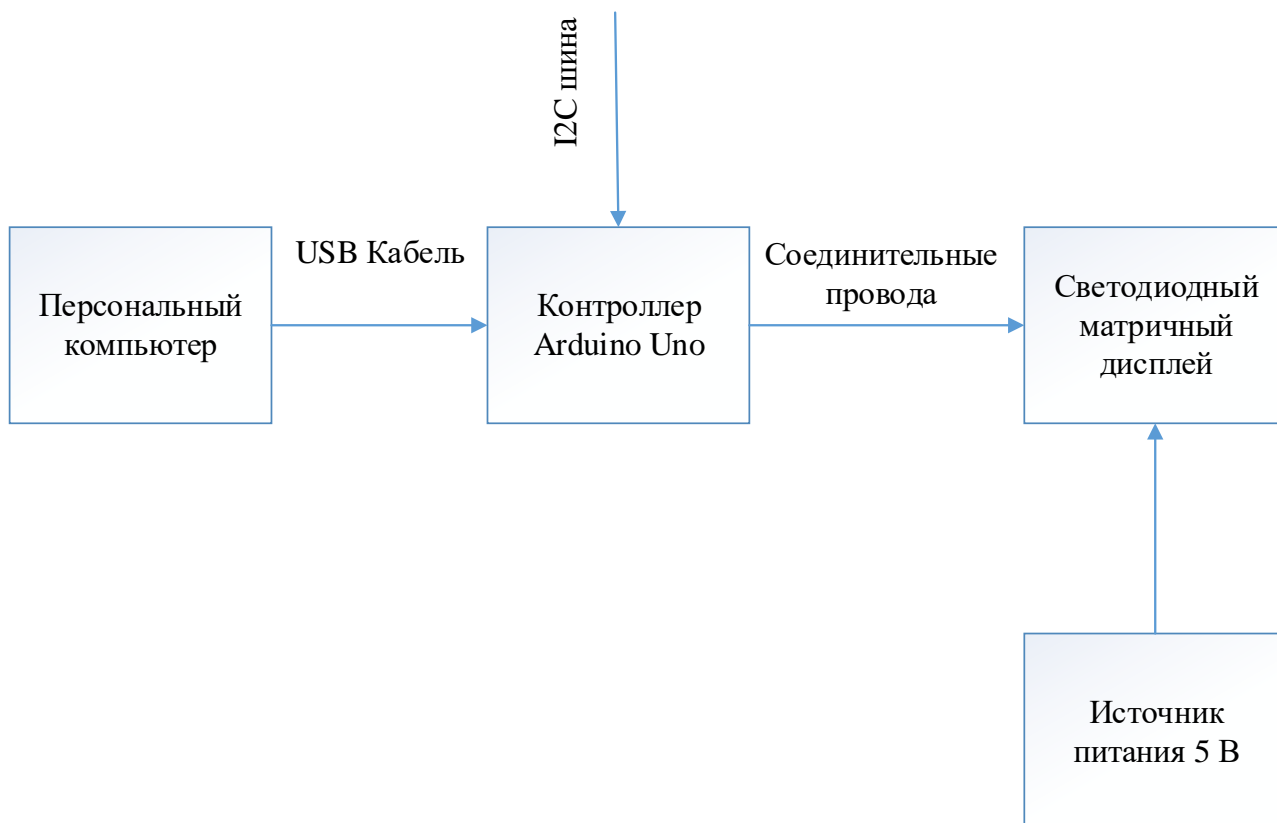


Рисунок 11 – Схема подключения светодиодного дисплея

2.1.3 Создание русских шрифтов

Так как в библиотеке DMD2 отсутствовали русские шрифты было решено создать собственный файл на базе шрифта SystemFont.

Файл представляет собой текстовый документ, в котором были описаны характеристики шрифта, такие как высота, ширина и число символов в шрифте. Также в файле был прописан шестнадцатеричный код каждого символа, что в переводе в двоичный будет отражать состояние каждой точки символа, то есть 1 – светодиод горит, 0 – светодиод не горит. Процедура получения шестнадцатеричного кода символа «Б»:

1. Рисуем спрайт символа, который хотим записать в файл шрифтов. Закрашенные квадраты – это горящие на матрице светодиода (рис. 12).

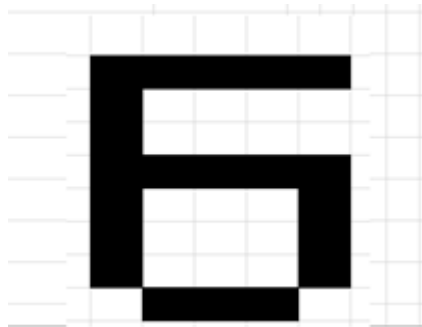


Рисунок 12 – Спрайт символа «Б»

2. Так как сдвиговый регистр выводит битовые последовательности горизонтально, то поворачиваем спрайт символа, при помощи программы редактирования изображения, вправо на 90° (рис. 13).

Основание															
16	2														
0x7F	01111111														
0x89	10001001														
0x89	10001001														
0x89	10001001														
0x71	01110001														

Рисунок 13 – Процесс получения кода символа

3. Заменяем закрашенные квадраты на «1» и не закрашенные на «0», соответственно.

4. Получаем двоичное восьмибитовое число, которое при переводе в шестнадцатеричную систему представляет собой код вертикальной части символа.

Шрифты были прописаны в коде программы, отвечающей за вывод информации на светодиодный дисплей. Было использовано несколько шрифтов и реализовано переключение между ними. Листинг файла шрифта представлен в Приложении Б.

2.1.4 Создание алгоритма бегущей строки

В данной работе была реализована функция бегущей строки, которая создает иллюзию анимации. Использование бегущей строки целесообразно, если текст сообщения, отображаемого на светодиодном дисплее больше разрешающей способности дисплея. В настоящей работе информационное табло состоит

из трех светодиодных матриц размерностью 16x32, располагающее разрешением 16x96, позволяет отобразить 16 символов в одной строке, если учесть, что при создании шрифта, размер символа был задан 6x8 светодиодов, учитывая расстояние между символами по вертикали и горизонтали.

В данной работе был разработан алгоритм, который проверяет количество символов в строке, и если число символов больше 12, то реализуется функция бегущей строки. Так как мы разделяем текст сообщения на две строки, то и проверка делается, соответственно, дважды. Сам алгоритм бегущей строки реализован при помощи функции «попиксельного» сдвига изображения, то есть, изображение, выводимое на матрицы, каждый рабочий цикл контроллера сдвигается на один светодиод вправо, и при достижении определённого значения, возвращается в изначальное положение. Так как быстродействие контроллера достаточно велико, то проблем создать иллюзию анимации не возникло.

Листинг программы управления светодиодными дисплеями представлен в Приложении В.

2.2 Создание протокола передачи данных

2.2.1 Технические испытания системы информирования пассажиров

Были проведены технические испытания, в которых передавались данные от устройства управления к микроконтроллеру. При изменении маршрута следования автобуса в ряде случаев наблюдалось искажение и потеря информации, связанные с помехами. Для решения данной проблемы было решено создать протокол на основе протокола I2C, который позволяют не только выявлять, но и предотвращать потерю и искажение информации.

2.2.2 Использование CRC8

Для обеспечения целостности передачи данных между устройствами было решено использовать алгоритм контрольного суммирования CRC8. Использование алгоритма CRC8 обусловлено тем, что по шине I2C передается массив байтов, который затем преобразуется в информацию, выводимую на табло. Данный

алгоритм широко используется в проводных и беспроводных сетях, и в устройствах хранения данных, для проверки информации на подлинность и защиты от несанкционированного изменения [23].

Перед отправкой данных устройством управления происходит подсчет контрольной суммы CRC-8. Устройство управления рассчитывает при помощи алгоритма [24] контрольную сумму и отправляет её вместе с информационными битами. Принимающее устройство рассчитывает контрольную сумму информационных битов по тому же алгоритму и, при совпадении контрольных сумм выводит переданную информацию на светодиодный дисплей, если контрольные суммы не совпали, то происходит повторный запрос данных. Микроконтроллер не выводит информацию на светодиодный дисплей, пока не совпадут контрольные суммы.

2.2.3 Введение функции перезагрузки контроллера

В ходе технических испытаний алгоритма контрольного суммирования возникли ситуации, в которых совпадение контрольных сумм занимало больше времени, чем предполагалось, вследствие чего была выявлена закономерность: если значение контрольных сумм не совпадает в длительном промежутке времени, то возникает необходимость перезагрузить микроконтроллер.

Было решено реализовать функцию перезагрузки контроллера при помощи устройства управления.

2.3 Внешний вид системы информирования пассажиров

Внешний вид системы информирования пассажиров представлен на рисунке 14. На данном рисунке представлена СИП, состоящая из двух панелей индикации передней (слева на рисунке), отвечающей за отображение номера маршрута, и боковой (справа на рисунке), отвечающей за отображение конечной и начальной остановки.

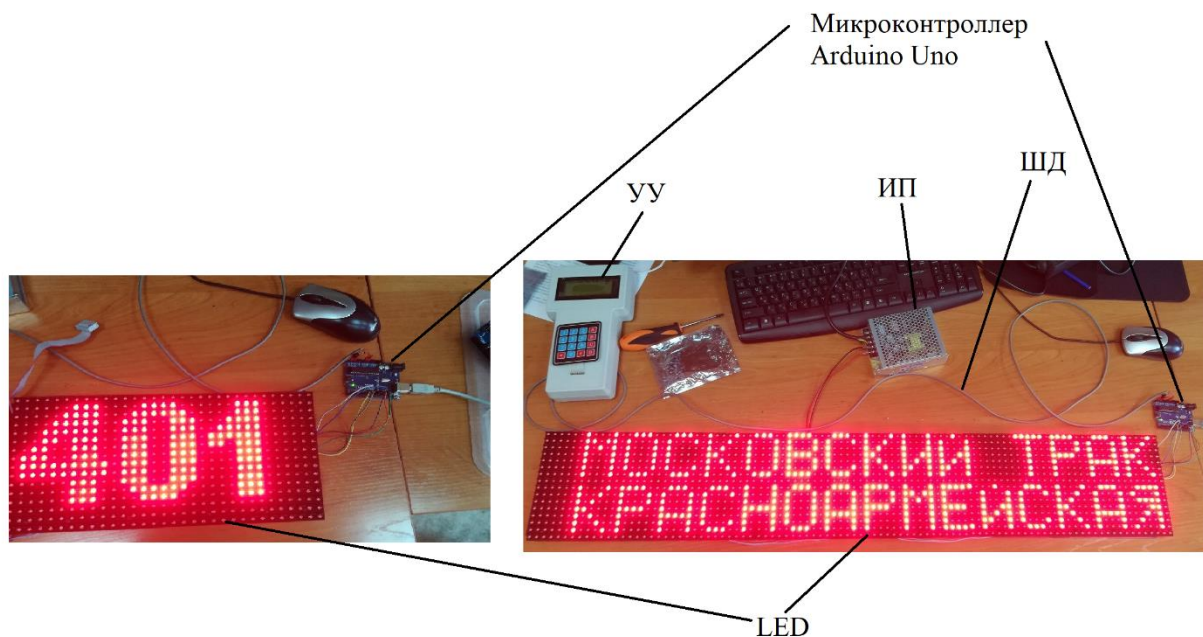


Рисунок 14 – Внешний вид СИП

На рисунке 14 представлено:

УУ – устройство управления.

LED – светодиодный дисплей.

ИП – источник питания 5 В.

ШД – шина данных I2C

Было реализовано и запрограммировано в память контроллера три маршрута.

На рисунках 15 и 16 представлены светодиодные дисплеи с маршрутами №401 «Московский тракт – Красноармейская» и №19 «Московский тракт – Ф. Мюнниха» с функцией бегущей строки.



Рисунок 15 – Маршрут №401



Рисунок 16 – Маршрут №4

На рисунке 17 представлено светодиодное дисплей с маршрутом №19 «Томск-2 – Мокрушина» без функции бегущей строки.

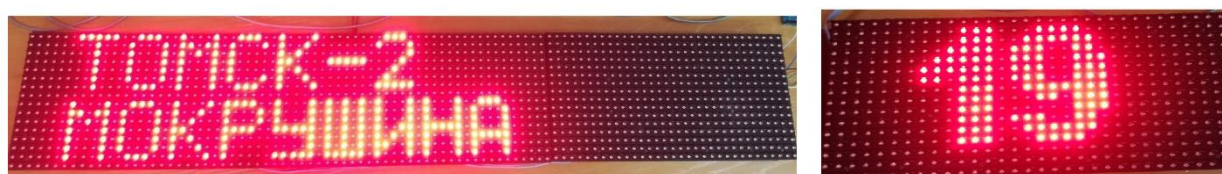


Рисунок 17 – Маршрут №19

2.4 Использование Arduino Nano

При создании корпуса устройства было решено использовать Arduino Nano вместо, Arduino Uno, так как размеры Arduino Uno не позволяют поместить контроллер в корпус устройства (корпус светодиодных матриц).

Внешний вид контроллера представлен на рисунке 18.

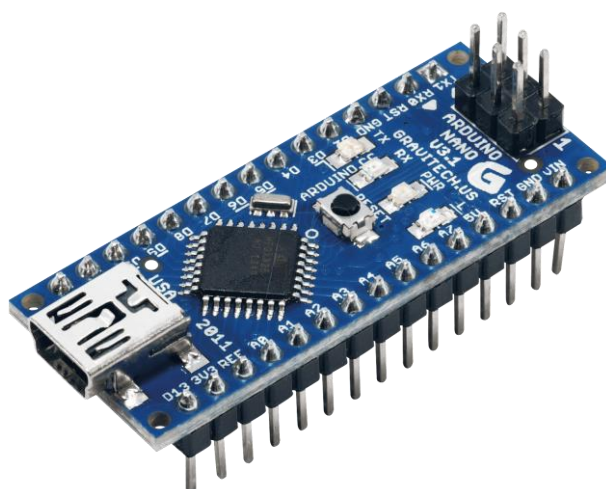


Рисунок 18 – Внешний вид Arduino Nano

Сравнение характеристик Arduino Uno и Arduino Nano приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение характеристик Arduino Uno и Arduino Nano

Микроконтроллер	Arduino Nano	Arduino Uno
Рабочее напряжение	5 В	5 В
Входное напряжение	7-12 В	7-12 В
Цифровые входы/выходы	14	14
Аналоговые входы	8	6
Постоянный ток через вход/выход	40 мА	40 мА
Флеш-память	32 Кб	32 Кб
ОЗУ	2 Кб	2 Кб
EEPROM	1 Кб	1 Кб
Тактовая частота	16 МГц	16 МГц
Размеры	1,85 см x 4,2 см	6,9 см x 5,3 см

Исходя из таблицы, характеристики контроллеров совпадают по всем параметрам, кроме числа аналоговых входов, но так как аналоговые входы не задействованы в данной работе, то можно считать, что контроллер взаимозаменяемы, следовательно, для создания устройства могут использовать контроллеры Arduino Nano.

2.5 Выводы по главе 2

В настоящей главе были рассмотрен процесс создания кода программы управления светодиодными матрицами, был разработан протокол, предотвращающий и исправляющий ошибки при передаче информации. Представлено само устройство с предложенной для него модификацией (использование в качестве управляющего устройства Arduino Nano).

Был разработан файл русских шрифтов, представляющий собой текстовый документ, в котором были описаны характеристики шрифта, такие как высота,

ширина и число символов в шрифте. Шрифты были прописаны в коде программы, отвечающей за вывод информации на светодиодный дисплей. Было использовано несколько шрифтов и реализовано переключение между ними. На основе данного файла пользователь может создавать собственные файлы шрифтов.

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательских работ проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности. Целью данной работы является создание системы информирования, управляемой с помощью платформы Arduino, отображающей информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта. В итоге получается продукт в виде автономного устройства, отображающего информацию.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями данного продукта могут быть промышленные предприятия, производственные фирмы и различные коммерческие организации.

На рисунке 19 представлена карта сегментации рынка для предприятий по применению информационных табло.

		Виды информационных табло			
		Табло-часы	Табло для транспорта	Табло для вызова клиентов	Табло для рекламы
Потребители	Крупные предприятия				
	Средние предприятия				
	Мелкие предприятия				

Рисунок 19 – Карта сегментирования рынка

Из приведенного выше рисунка можно сделать следующие выводы:

1. Крупные предприятия предпочитают использовать все виды табло, кроме рекламных. Потребность в хороших средствах информирования вызвана: большой клиентской базой, многочисленным персоналом и наличием темных и запыленных помещений, что характерно предприятий. А использование рекламных табло является не самым эффективным средством привлечения клиентов.

2. Средние предприятия используют все виды информационных табло.

3. Мелкие предприятия не могут позволить себе информационные табло, из-за повышенной стоимости. Что делает задачу создания дешевых аналогов актуальной.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Существует много компаний, которые полностью специализированы на выпуске информационных табло.

В большинстве случаев подобные компании пользуются разработками других компаний, специализированных именно на электронных компонентах и программном коде, отвечающих за работу табло.

Так как в данной работе помимо сборки был произведен и обоснован выбор основных электронных компонентов, таких как матрицы и микроконтроллера управления.

Оценка конкурентоспособности технических решений показана в таблице 5, где $B_{к1}$ – «НПП «Электронные табло», $B_{к2}$ – «НПП «Электроникс Групп», $B_{ф}$ – собранная СИП на базе Arduino Uno.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Таблица 5 – Оценочная карта сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Возможность подключения дополнительных модулей	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
2. Мощность установленного процессора на плате	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
3. Простота чтения и модификации кода прошивки	0,15	4	3	3	0,6	0,45	0,45
4. Компактность	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,15	5	4	4	0,75	0,6	0,6
2. Уровень востребованности среди потребителей	0,1	4	4	3	0,4	0,4	0,3
3. Цена	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
4. Срок выхода на рынок	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Итого	1	34	34	31	4,3	4,2	3,85

По итогам оценочной карты можно сказать, что СИП, рассматриваемая в данной работе, имеет ряд преимуществ перед своими конкурентами и, несмотря на то, что она проигрывает по некоторым позициям, обладает способностью конкурировать с существующими решениями на рынке.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта.

Матрица SWOT представлена в таблице 6.

Таблица 6 – SWOT анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>C1 – По сравнению с ближайшими конкурентами, система имеет невысокую стоимость компонентов.</p> <p>C2 – Модули системы являются автономными и могут быть дополнены или заменены в случае неисправности. Решения же конкурентов предполагают полную замену всей платы.</p> <p>C3 – Алгоритм вывода информации не имеет избытка кода.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1 – Ограничения по объему кода, который может быть загружен в микроконтроллер.</p> <p>Сл2 – Малоизвестность разработки на этапах внедрения.</p> <p>Сл3 – Отсутствие хорошей документации по матрицам.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1 – Самостоятельное изменение кода прошивки, загруженного в микроконтроллер.</p> <p>V2 – Получение финансирования для дальнейших исследований.</p>	<p>V1C3 – самостоятельное изменение кода становится возможным благодаря его грамотной структуре.</p> <p>V2C1C2 – Подключение дополнительных модулей и низкая себестоимость позволит привлечь потребителей из смежных областей. Что увеличит шансы на получение финансирования</p>	<p>V1Сл1Сл3 – ограничения, накладываемые на объем кода и отсутствие хорошей документации, могут мешать пользователям при выполнении большого проекта.</p> <p>V2Сл2 – неизвестность разработки или ее не идеальность может отпугнуть потенциальных инвесторов.</p>

Продолжение таблицы 6

<p>Угрозы:</p> <p>У1 – Колебание валютного рынка.</p> <p>У2 – Развитая конкуренция на рынке.</p>	<p>У1С1 – Колебание валютного рынка может сказаться на себестоимости конечного продукта</p> <p>У2С2С3 – развитая конкуренция способна со временем повлиять на появление более качественных аналогов.</p>	<p>У1Сл2 – колебания валютного рынка может повлиять на спрос продукта, что в свою очередь может сказаться на снижении спроса на малоизвестный продукт.</p>
---	--	--

3.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. В данном случае объектом исследования являются экспериментальные данные, полученные опытным путем. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес.

Реализация метода предусматривает следующие этапы:

1. Точная формулировка проблемы исследования – определение параметров объекта управления по экспериментальным данным с малой ошибкой идентификации и расчет корректирующего устройства, который бы обеспечил заданные показатели качества.

2. Раскрытие всех важных морфологических характеристик объекта исследования.

3. Раскрытие возможных вариантов по каждой характеристике. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица.

В таблице 7 приведена морфологическая матрица.

Таблица 7 – Морфологическая матрица для определения и улучшения СИП

	1	2	3
А. Средство отображения	LED экран	Светодиодная матрица	ЖК экран
Б. Микропроцессорное управляющее устройство	Arduino Nano	Arduino Uno	Arduino Mega

4. Выбор наиболее желательных функционально конкретных решений.

Для данной матрицы предложена три варианта решения технической задачи.

1. А-1, Б-3.

2. А-2, Б-2.

3. А-3, Б-1.

3.3 Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Перечень этапов и работ в рамках проведенного научного исследования по созданию СИП приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень выполняемых работ с указанием доли участия исполнителей (НР – Научный руководитель, С – студент)

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1. Постановка целей и задач	НР, С	НР – 90% С – 10%
2. Обзор литературы по предмету исследования	С	С – 100%
3. Разработка тех. задания	НР, С	НР – 15% С – 85%
4. Составление календарного плана	НР, С	НР – 30% С – 70%
5. Проведение работ по сборке системы	С	С – 100%

Продолжение таблицы 8

6. Написание программного обеспечения	С	С -100%
7. Анализ результатов	НР, С	НР – 20% С – 80%
8. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	С – 100%
9. Подведение итогов	НР, С	НР – 90% С – 10%

3.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для расчета продолжительности этапов работ воспользуемся экспертным методом, так как он позволяет производить расчеты при отсутствии необходимой нормативной базы или информации о процессе выполнения аналогичных исследовательских работ.

Ожидаемая продолжительность работ определяется по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для удобства построения линейного графика работ, длительность каждого из этапов следует перевести из рабочих дней в календарные. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{кд} = T_{рд} \cdot T_{к} \quad (2)$$

где $T_{кд}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

где $T_{рд}$ – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

$T_{к}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности позволяет перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитывается по формуле:

$$T_{к} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вд} - T_{пд}} \quad (3)$$

где $T_{кал}$ – календарные дни (365);

$T_{ВД}$ – выходные дни (92);

$T_{ПД}$ – праздничные дни (26).

Получили:

$$T_K = \frac{365}{365 - 92 - 26} = 1.48$$

Расчет рабочих дней производится по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_D \quad (4)$$

где $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдения длительностей работ (примем $K_{ВН}=1$);

K_D – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (примем $K_D = 1.1$).

Итоговая формула расчета календарных дней выглядит так:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_K = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_D \cdot T_K = 1.63 \cdot \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5} \quad (5)$$

На основании данных таблицы 8 произведем по приведенным выше формулам расчет продолжительности выполнения работ в календарных днях для исполнителей каждого из этапов проекта, показанный в таблице 17 Приложения Г.

Линейный график работ представлен на рисунке 24 Приложения Д.

3.4 Бюджет научно технического исследования (НТИ)

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья расходов содержит перечень материалов, которые были необходимы для создания объекта проектирования и для общих работ, которые сопутствовали процессу создания.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + K_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх_i} \quad (6)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Цi$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

K_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Перечень необходимых для сборки СИП элементов приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет затрат на материалы

Наименование	Цена за ед., руб.	Количество	Сумма, руб.
Отладочная плата Arduino Uno	765	3	2295
Блок питания NES-50-5	2070	1	2070
Светодиодная матрица (красная)	380	4	1520
Соединительные провода с разъ- емом «папа-папа»	1	100	100
Итого:			5985

Посчитаем материальные затраты по формуле (6):

$$Z_M = (1 + K_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхi} = (1 + 0,15) \cdot 5985 = 6883$$

3.4.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчеты затрат на основную заработную плату приведены в таблице 10. При расчете учитывалось, что в 2018 году 299 рабочих дней.

Основная заработная плата сотрудника от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_r, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

Тр – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником (раб. дн.);

Здн – среднедневная заработная плата работника (руб.).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Здн = \frac{Зм \cdot М}{Fд}, \quad (8)$$

где Зм – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

Fд – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (примем 299 рабочих дней).

Месячный должностной оклад работника:

$$Зм = Зок \cdot Kр, \quad (9)$$

где Зок – оклад (руб.);

Kр – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Зок, руб.	Kр	Здн, руб	Тр, раб. дн.	Зосн, руб
НР	26300	1,3	1189	10	11890
С	17000	1,3	769	161	123648
Итого:					135538

Таким образом, затраты на основную заработную плату составили 135538 рублей.

3.4.3 Дополнительная заработная плата исполнительской темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$\text{Здоп} = K_{\text{доп}} \cdot \text{Зосн}, \quad (10)$$

где $K_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (0,12-0,15), Зосн – основная заработная плата.

$$\text{Здоп} = K_{\text{доп}} \cdot \text{Зосн} = 0,12 \cdot 11890 = 1429 \text{ руб. – для НР.}$$

$$\text{Здоп} = K_{\text{доп}} \cdot \text{Зосн} = 0,12 \cdot 123648 = 14838 \text{ руб. – для С.}$$

Таким образом, получим полную заработную плату сотрудника без вычетов:

$$\text{Ззп} = \text{Зосн} + \text{Здоп}, \quad (11)$$

$$\text{Ззп} = \text{Зосн} + \text{Здоп} = 11890 + 1429 = 13319 \text{ руб. – для НР.}$$

$$\text{Ззп} = \text{Зосн} + \text{Здоп} = 123648 + 14838 = 138486 \text{ руб. – для С.}$$

3.4.4 Отчисление во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$\text{Звнеб} = K_{\text{внеб}} \cdot (\text{Зосн} + \text{Здоп}), \quad (12)$$

где $K_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.), для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность составляет 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды рекомендуется представлять в табличной форме (см. таблицу 11).

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Звнеб, руб.
НР	11890	1429	0,271	3610
С	123648	14838	0,271	37530
Итого				41140

Таким образом, отчисления во внебюджетные фонды составили 41 140 рублей.

3.4.5 Прочие расходы

Данная статья включает стоимость всех материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ. Цена материальных ресурсов определяется по соответствующим ценникам и приведена в таблице 12.

Таблица 12 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб	Количество	Сумма, руб
Блокнот	40	2 шт.	80
Бумага для принтера	150	2 уп.	300
Ручка	10	4 шт.	40
Карандаш	10	2 шт.	20
Итого:			440

Прочие расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы,

размножение материалов и т.д. Будем считать, что данная работа разрабатывалась по услугам интернет-кафе с 10.00 до 17.00. Стоимость одного часа равна 25 рублей. Рабочие дни – 88. Следовательно, услуги интернет-кафе стоили:

$$\text{Зпр} = 25 \cdot 7 \cdot 88 = 15400$$

3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Бюджет затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб. (1 исп.)	Сумма, руб. (2 исп.)	Сумма, руб. (3 исп.)
Материальные затраты НИИ и прочие расходы	22723	28500	23200
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	135538	135538	135538
Затраты по дополнительной заработной плате	16267	16267	16267
Отчисления во внебюджетные фонды	41140	41140	41140
Бюджет затрат НИИ	215668	221445	216145

3.5 Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Научно-технический уровень характеризует, в какой мере выполнены работы и обеспечивается научно-технический прогресс в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод бальных оценок.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 14.

Таблица 14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Объект исследования Критерии		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,3	6	4	4
2. Надежность	0,3	5	4	5
3. Уровень новизны	0,1	5	4	4
4. Возможность реализации	0,3	10	8	8

$$I_p - \text{исп1} = 6 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,3 = 6,8$$

$$I_p - \text{исп2} = 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,3 = 5,2$$

$$I_p - \text{исп3} = 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 4 \cdot 0,1 + 8 \cdot 0,3 = 5,5$$

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (14)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки $I_{испi}$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}}, \text{ и т. д.} \quad (15)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см. таблицу 15) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} \quad (16)$$

Таблица 15 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,974	1	0,976
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	6,8	5,2	5,5
3	Интегральный показатель эффективности	6,99	5,2	5,64
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,34	0.92	0.81

Таким образом, исполнение № 1 является наиболее функциональным и ресурсоэффективным по сравнению с исполнениями № 2 и № 3.

4 Социальная ответственность

4.1 Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с указанным международным стандартом – Социальная ответственность – ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

1. Содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества.
2. Учитывает ожидания заинтересованных сторон.
3. Соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).
4. Интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

4.2 Введение

Целью данной работы является создание системы информирования, отображающей информацию о номере и маршруте движения общественного транспорта, состоящей из светодиодных дисплеев и управляемой с помощью платформы Arduino,

4.3 Поражение электрическим током

При эксплуатации устройства возможно поражение электрическим током при контакте с светодиодными матрицами. Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей про-

является в виде электротравм. Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока, электрической дуги и электромагнитных полей зависит от:

1. Рода и величины напряжения и тока.
2. Частоты электрического тока.
3. Пути тока через тело человека.
4. Продолжительности воздействия на организм человека.

При неисправности каких-либо компонентов корпус устройства может оказаться под током, что может привести к электрическим травмам или электрическим ударам. Так как все токоведущие части матриц и других используемых приборов изолированы, то случайное прикосновение к токоведущим частям исключено. В данном устройстве было реализовано подключение всех компонентов устройства к минусовой клемме аккумулятора автомобиля для предотвращения поражения током при неисправности.

При проведении незапланированного и планового ремонта устройства выполняются следующие действия:

1. Отключение приборов от сети.
2. Проверка отсутствия напряжения.

После выполнения этих действий проводится ремонт неисправного оборудования. Если ремонт проводится на токоведущих частях, находящихся под напряжением, то выполнение работы проводится не менее чем двумя лицами с применением электрозащитных средств.

Напряжением 12 В является не опасным для человека (поэтому дополнительных мер защиты от электрического тока не требуется), но повреждения изоляции могут вызвать сбои в работе матриц.

Причинами ухудшению изоляционных свойств кабелей:

1. Локальные нагревы контактных соединений. Тепло, распространяясь по металлической жиле, нагревает материал покрытия, снижая его изоляционные свойства. Это относится и к соединительным коробкам, и к местам подключения

проводников к автоматическим выключателям, нулевым шинам. Также уменьшению изоляционных свойств содействует перегрев корпусов, обугливание их после коротких замыканий.

3. Влажность. Образование конденсата приводит к появлению капелек воды между выводами электрооборудования, находящихся под разными электрическими потенциалами. Вода в чистом виде электрический ток не проводит. Но, попадая на грязь и пыль, покрывающую корпуса электроприборов, она растворяет находящиеся в ней вещества, становясь проводником электрического тока. Происходит короткое замыкание.

4. Монтажные работы. Второй пик проблем встречается уже в эксплуатации, через некоторое количество лет после монтажа. Отдельным видом выделяются повреждения, связанные с неправильной эксплуатацией электроприборов и электропроводки.

4.4 Освещение информационных табло

Выбор наружных осветительных приборов основывается на их целевом назначении, климатических особенностях освещаемой местности, негативном воздействии окружающей среды. Очевидно, что освещение улиц значительно отличается от внутреннего по техническим характеристикам, конструкции и принципу монтажа приборов, но параметры, по которым оценивают качество освещения, в целом остаются те же. Мы говорим о: светоотдаче (мощности светового потока), цветопередаче (влияющей на восприятие человеческим глазом реальных цветов освещаемых предметов), цветовой температуре (теплый или холодный свет) и сроке эксплуатации, что особенно важно, учитывая усложненный доступ к источнику света в силу обычной удаленности его размещения.

По назначению уличное освещение подразделяют на:

1. Освещение города: тротуаров, проезжей части, площадей, придомовых территорий, спортивных и строительных объектов, общественных учреждений. Каждое место требует особой яркости и мощности освещения.

2. Локальное освещение рекламных носителей и информационных табло, включая дорожные знаки.

3. Направленную декоративную подсветку архитектурных достопримечательностей.

Для направленного освещения используют рефлекторные светильники, прожекторы, точечные источники света, а для рассеянного — светильники с рассеивателями, обеспечивающие равномерное освещение тротуаров, остановок городского транспорта, парковых дорожек и других зон, в которых важно не ослеплять, но создавать достаточную видимость для безопасного передвижения.

Вышеперечисленные виды освещения регламентируются СНиП 23–05–95, в которые не так давно были внесены изменения в связи с внедрением светодиодных светильников.

При организации уличного освещения важно обеспечить световой поток необходимой яркости и мощности с минимальным энергопотреблением, простым уходом и долгим сроком эксплуатации. Оптимальным вариантом, удовлетворяющим базовым требованиям к уличному освещению, являются светодиодные светильники с высокой эффективностью и экономным потреблением электроэнергии. Светодиод демонстрирует отличную производительность при преобразовании электроэнергии в свет, которая в перспективе обещает быть еще больше, что можно утверждать на основании лабораторных исследований.

Еще одна причина высокого КПД — направленность светового потока. При потребности в рассеянном освещении в одном приборе используют несколько разнонаправленных диодов с рефлекторами, позволяющими равномерно распределить свет. Ко всем бесспорным преимуществам нужно добавить тот факт, что, по сравнению с люминесцентными и газоразрядными лампами, световой поток от диодных источников медленнее деградирует в процессе эксплуатации, следовательно, его заявленные характеристики сохраняются.

Основными недостатками светодиодных ламп являются:

1. Неприятный спектр свечения. По свидетельству психологов, более 80% респондентов отрицательно отзываються о применении таких светильников дома.

2. Светодиоды дают весьма направленный свет. Вам может понадобиться больше таких ламп для получения привычной освещенности.

3. Для стабильной и долговечной работы этих светильников нужно применять весьма дорогие источники питания и системы охлаждения. Без этих устройств светодиоды быстро деградируют. Источники питания используются импульсные.

В данной работе были выбраны матрицы с диодами красного цвета, но при внедрении в эксплуатацию рекомендуется использовать светодиоды с теплой цветовой температурой. Стоит отметить что внедрение ультрафиолетовых светодиодов с люминесцентным напылением может снизить вредное воздействие на человеческое зрение, по сравнению с красными светодиодами одного спектра.

Также рекомендуется перед вводом в эксплуатацию использовать люксметр-калориметр, люксметр и яркомер для проверки цвета и яркости светодиодов.

Люксметры предназначены для измерения освещенности, создаваемой естественным светом и различными источниками искусственного освещения, которые могут быть расположены произвольно относительно измерительной головки люксметра (рисунок 20).



Рисунок 20 – Внешний вид люксметра

Яркомеры – компактные лёгкие приборы для измерения яркости источников света или отражающих поверхностей (рисунок 21).



Рисунок 21 – Внешний вид яркомера

Люксметр-колориметр – это прибор, измеряющий цветность, цветовые различия, коррелированную цветовую температуру и освещённость источников света (рисунок 22).



Рисунок 22 – Внешний вид люксметра-калориметра

Благодаря источнику питания диоды светят очень ярко, что способствует лучшему восприятию информации, но снижает срок эксплуатации устройства. Также следует учитывать коэффициент пульсации источника питания и, при внедрении в эксплуатацию, коэффициент пульсации бортовой сети автобусов.

Учет этого коэффициента снизит вредное воздействие на человеческое зрение и улучшит восприятие информации, выводимой на табло.

4.4.1 Оценка контраста объекта с фоном различения

Оценим контраст объекта с фоном различения при помощи сервиса (рисунок 23) [25].

Онлайн проверка контраста цветов

[Онлайн сервисы](#) > Онлайн проверка контраста цветов

Цвет текста: #ff4c4c

Цвет фона: #000000

Это пример текста. Часть его выделены жирным шрифтом. И немного курсивом.

Разница, яркость: 129.521 (оптимально >= 125)

Разница, цвет: 407 (оптимально >= 500)

Цвета совместимые?: вроде ...

Рисунок 23 – Оценка контраста объекта с фоном различения

Выбрав нужные нам цвета, мы можем судить о том, что по критерию цветовой яркости наши матрицы немного превышают норму, но разница в цвете не оптимальна. Это подтверждает наши рекомендации о замене красных светодиодов на люминесцентные лампы теплой световой гаммы.

4.5 Искажение информации на табло

Для исключения случаев искажения информации были предусмотрены алгоритмы проверки информации при передаче на устройство (CRC8), рассмотренные ранее в работе. Также предусмотрен алгоритм проверки всех пикселей матрицы на работоспособность.

Алгоритм реализован следующим образом:

1. В каждом такте работы микроконтроллера перед выводом информации на матрицы проверяется суммарное сопротивление вертикальной и горизонтальной линии светодиодов.

2. При расхождении сопротивлений с номинальным, записанным в память контроллера, осуществляется вывод сообщения об ошибке. При отсутствии расхождений осуществляется вывод необходимой информации на табло.

Для предотвращения проблем, связанных с искажением информации из-за ошибок во внутренней памяти контроллера, было решено использовать сменную flash-память, которая сигнализирует о выходе из строя внутренней памяти и находится в горячем резерве контроллера.

4.6 Утилизация устройства

К электронным отходам относятся все отслужившие свой срок устройства, чья работа зависит от электрического тока или электромагнитного поля. Телефоны, ноутбуки, телевизоры и т.д. превращаются в отходы, устаревая все быстрее и быстрее, приходя в негодность, чтобы обеспечить необходимость покупки новых устройств.

К электронным отходам относятся, в том числе печатные платы, которые хотя и составляют около 3% от общего количества этого вида отходов, благодаря высокой концентрации токсичных веществ являются очень опасными. Подобные отходы без должной утилизации негативно воздействуют на экосистему. Наличие разнообразных высокотоксичных материалов и тяжелых металлов делает захоронение на свалке или простое сжигание неприемлемыми методами управления подобными отходами. Поэтому наиболее оптимальный способ утилизации электронных отходов — это их переработка.

Наиболее распространенные способы воздействия опасных компонентов электронных отходов при переработке — это попадание внутрь опасных веществ при контакте с кожей и при вдыхании, через загрязненный грунт, воду, пищу и воздух.

Опасные химические вещества в электронных отходах могут иметься либо в их компонентах, либо выделяться при их переработке. Основными загрязняющими веществами в электронных отходах являются стойкие органические загрязнители, которые обладают большим периодом полураспада.

Печатные платы является одним из наиболее важных компонентов электронного оборудования. Они представляют собой платформу, на которой устанавливаются и связываются между собой микроэлектронные компоненты, такие как полупроводниковые микросхемы и конденсаторы. Переработка плат включает в себя три типа обработки: предварительная обработка, физическая переработка и химическая переработка. Предварительная обработка включает в себя демонтаж многоразовых и токсичных элементов, измельчение или разделение. Затем следует физическая переработка. Потом материалы извлекают путем химического процесса переработки.

Непосредственная утилизация светодиодных ламп происходит по стандартной схеме утилизации твердых бытовых отходов. Корпус, изготовленный из поликарбоната и алюминия, отправится на переработку вторичного сырья. Стеклоцоколь лампы подвергается измельчению и уходит как расходный материал для производства стройматериалов и новых стеклосодержащих изделий. Отсутствие люминофора и ртути позволит обойтись без затратного метода демеркуризации использованного изделия и особых условий по сбору и транспортировке отходов. При работе с отходами светодиодных трубок отсутствует потребность использования дополнительных средств защиты. Таким образом, использование светодиодных ламп – это не только экономия собственных материальных средств, но и своеобразный существенный вклад в защиту окружающей среды.

Заключение

В ходе выпускной квалификационной работы, объектом исследования которой является СИП, была разработана система, отображающая информацию о конечной и начальной остановках маршрута движения общественного транспорта и о номере маршрута. Была разработана структура системы информирования пассажиров, был произведен и описан выбор управляющего устройства, способ передачи данных на дисплеи и выбор интерфейса передачи данных, а также были рассмотрены светодиодные дисплеи и приведен принцип их работы. Был создан код программы управления светодиодными матрицами и разработан файл русских шрифтов.

При проведении технических испытаний, в которых передавались данные от устройства управления к микроконтроллеру, в ряде случаев наблюдалось искажение и потеря информации, связанные с помехами. Для решения данной проблемы было решено создать протокол на основе протокола I2C, который позволяют не только выявлять, но и предотвращать потерю и искажение информации.

В настоящее время ведутся тестовые испытания СИП в лаборатории, но на следующем этапе планируется введение в опытную эксплуатацию, по результатам которой в будущем возможна модернизация аппаратной и программной части устройства. К примеру, использование в качестве устройства управления STM32F103C8 позволяет не только снизить цену на устройство, но и расширить его функционал. Также создание собственных библиотек для работы со светодиодными дисплеями и протоколами передачи данных не только упростит написание программы управления светодиодными дисплеями, но и избавит контроллер от загрузки функций, которые не задействованы в коде программы.

Список литературы

1. Новость. Политехники опросили томичей о модернизации транспортной сети города [Электронный ресурс] / Служба новостей ТПУ – режим доступа: <https://news.tpu.ru/news/2016/01/21/24538/>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
2. Системы информационные транспорта СИТ-С [Электронный ресурс] / Компания Интеграл – режим доступа: <https://integral.by/ru/products/sistemy-informacionnye-transporta-sit-s/>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
3. Raspberry Pi [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
4. STM32 [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/STM32>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
5. Arduino Uno [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/продукты:arduino-uno>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
6. ПЛИС [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/ПЛИС>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
7. Serial Peripheral Interface [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
8. Универсальный асинхронный приёмопередатчик [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Универсальный_асинхронный_приёмопередатчик, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
9. I2C [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/I2C>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).

10. Библиотека Wire [Электронный ресурс] / Ардуино в Украине – режим доступа: <https://doc.arduino.ua/ru/prog/Wire>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
11. Библиотека Arduino_I2C_connect [Электронный ресурс] / Магазин iarduino.ru – режим доступа: <http://iarduino.ru/file/254.html>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
12. Информационное табло. Как выбрать информационное табло [Электронный ресурс] / Компания ТД Таймер – режим доступа: <http://www.td-timer.ru/info/articles/informatsionnoe-tablo.htm>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
13. Светодиодный графический экран [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Светодиодный_графический_экран, свободный (Дата обращения: 24.05.2018).
14. Светодиодные дисплеи – новая веха в развитии рекламного бизнеса [Электронный ресурс] / Компания Лайт Медиа – режим доступа: <http://lightmedia.su/partner/svetodiodnye-displei-novaya-veha-v-razvitiireklamnogobiznesa.html>, свободный (Дата обращения: 11.05.2018 г.).
15. Преимущества и недостатки светодиодных экранов с малым шагом пикселя [Электронный ресурс] / Mitsubishi Electric US Visual & Imaging Systems – режим доступа: http://www.inavate.ru/site/files/white_papers/Direct_View_LED_Display_White_Paper_RUS.pdf, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
16. Светодиод, история развития, интересные факты, перспективы [Электронный ресурс] / Магазин Svetlix – режим доступа: http://svetlix.ru/articles/about_led, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
17. LED матрица 8x8 и регистры 74НС164 [Электронный ресурс] / Популярная робототехника – режим доступа:

- <http://www.poprobot.ru/home/ledmatrica8x8iregistry74hc164>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
18. Red LED Dot Matrix Display Panel 32x16 (512 LEDs) [Электронный ресурс] / Компания Freetronics – режим доступа: <https://www.freetronics.com.au/collections/display/products/dot-matrix-display-32x16-red#.Ws8AKIhuaCo>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 19. Сдвиговый регистр 74НС595 и семисегментный индикатор [Электронный ресурс] / Практическая электроника – режим доступа: <http://hardelectronics.ru/74hc595.html>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 20. Как применить в своих поделках "рекламные" LED-матрицы индикатор [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.drive2.com/c/3047751/>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 21. Библиотека DMD2 [Электронный ресурс] / GitHub, Inc. – режим доступа: <https://github.com/freetronics/DMD2>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 22. MEAN WELL NES-50-5 [Электронный ресурс] / Компания Mouser Electronics – режим доступа: <https://ru.mouser.com/ProductDetail/MEANWELL/NES-50-5?qs=V9a8iPeg90y7%2FnO%252bFr%252bUhA%3D%3D>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 23. Циклический избыточный код [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия – режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Циклический_избыточный_код, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 24. A simple CRC8 for Arduino [Электронный ресурс] / Leonardomiliani – режим доступа: <http://www.leonardomiliani.com/en/2013/un-semplce-crc8-per-arduino/>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).
 25. Онлайн проверка контраста цветов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.bl2.ru/programing/colourcontrastcheck.html>, свободный (Дата обращения: 24.05.2018 г.).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Сравнительная характеристика интерфейсов передачи

Таблица 16 – Сравнительная характеристика интерфейсов передачи

SPI	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none">– Полнодуплексная передача данных по умолчанию.– Более высокая пропускная способность по сравнению с I²C.– Возможность произвольного выбора длины пакета, длина пакета не ограничена восемью битами.– Простота аппаратной реализации (более низкие требования к энергопотреблению по сравнению с I²C; ведомым устройствам не нужен уникальный адрес, в отличие от такого интерфейса, как I²C).– Используется только четыре вывода, что гораздо меньше, чем для параллельных интерфейсов.– Однонаправленный характер сигналов позволяет при необходимости легко организовать гальваническую развязку между ведущим и ведомыми устройствами.– Максимальная тактовая частота ограничена только быстродействием устройств, участвующих в обмене данными.
	Недостатки
	<ul style="list-style-type: none">– Необходимо больше выводов, чем для интерфейса I²C.– Ведомое устройство не может управлять потоком данных.– Нет подтверждения приема данных со стороны ведомого устройства.– Нет определенного стандартом протокола обнаружения ошибок.– Отсутствие официального стандарта, что делает невозможным сертификацию устройств.– По дальности передачи данных интерфейс SPI уступает такому стандарту, как UART.– Наличие множества вариантов реализации интерфейса.

	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие поддержки горячего подключения устройств
UART	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> – за один шаг передаётся сразу группа битов; – данные передаются и принимаются в удобной форме (внутри процессора используются параллельная передача).
	Недостатки
	<ul style="list-style-type: none"> – биты по проводам могут приходиться не одновременно; – требуется использование дополнительных средств для получения неискаженных сообщений (ограничение максимальной скорости передачи).
I2C	Преимущества
	<ul style="list-style-type: none"> – необходим всего один микроконтроллер для управления набором устройств; – используется всего два проводника для подключения многих устройств; – возможна одновременная работа нескольких ведущих (master) устройств, подключенных к одной шине I²C; – стандарт предусматривает «горячее» подключение и отключение устройств в процессе работы системы; – встроенный в микросхемы фильтр подавляет всплески, обеспечивая целостность данных.
	Недостатки
	<ul style="list-style-type: none"> – ограничение на ёмкость линии – 400 пФ; – несмотря на простоту протокола, программирование контроллера I²C затруднено из-за избытка возможных нештатных ситуаций на шине. По этой причине большинство систем используют I²C с единственным ведущим (Master) устройством, и распространённые драйверы поддерживают только монопольный режим обмена по I²C; – трудность локализации неисправности, если одно из подключенных устройств ошибочно устанавливает на шине состояние низкого уровня.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Листинг файла шрифта

```
/*
 *
 * System5x7
 *
 *
 * File Name      : System5x7.h
 * Date          : 28 Oct 2008
 * Font size in bytes : 470
 * Font width     : 5
 * Font height    : 7
 * Font first char : 32
 * Font last char : 127
 * Font used chars : 94
 *
 * The font data are defined as
 *
 * struct _FONT_ {
 *     uint16_t font_Size_in_Bytes_over_all_in-
 *     cluded_Size_it_self;
 *     uint8_t font_Width_in_Pixel_for_fixed_drawing;
 *     uint8_t font_Height_in_Pixel_for_all_characters;
 *     uint8_t font_First_Char;
 *     uint8_t font_Char_Count;
 *
 *     uint8_t font_Char_Widths[font_Last_Char -
 * font_First_Char +1];
 *     // for each character the separate width in
 *     // characters < 128 have an implicit virtual
 *     // right empty row
 *     uint8_t font_data[];
 *     // bit field of all characters
 */

#include <inttypes.h>
#ifdef __AVR__
#include <avr/pgmspace.h>
#elif defined (ESP8266)
#include <pgmspace.h>
#else
#define PROGMEM
#endif

#ifndef SYSTEM5x7_H
#define SYSTEM5x7_H
```

```

#define SYSTEM5x7_WIDTH 5
#define SYSTEM5x7_HEIGHT 7

/*
 * added to allow fontname to match header file name.
 * as well as keep the old name for backward compability
 */

#define SystemFont5x7 System5x7

static const uint8_t System5x7[] PROGMEM = {
    0x0, 0x0, // size of zero indicates fixed width font, actual
length is width * height
    0x05, // width
    0x07, // height
    0x20, // first char
    0x60, // char count

    // Fixed width; char width table not used !!!!

    // font data
    0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, // (space)
    0x7f, 0x49, 0x49, 0x49, 0x31, // !=Б
    0x7f, 0x01, 0x01, 0x01, 0x01, // "
    0x60, 0x3F, 0x21, 0x3F, 0x60, // #=Д
    0x77, 0x08, 0x7F, 0x08, 0x77, // $=Ж
    0x49, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36, // %=З
    0x7f, 0x01, 0x01, 0x01, 0x01, // &=Г
    0x7f, 0x20, 0x10, 0x08, 0x7f, // '=И
    0x7E, 0x20, 0x11, 0x08, 0x7E, // (=Й
    0x40, 0x3E, 0x01, 0x01, 0x7F, // )=Л
    0x7F, 0x01, 0x01, 0x01, 0x7F, // *=П
    0x0E, 0x11, 0x7F, 0x11, 0x0E, // +=Ф
    0x3F, 0x20, 0x20, 0x3F, 0x60, // ,=Ц
    0x08, 0x08, 0x08, 0x08, 0x08, // -
    0x00, 0x60, 0x60, 0x00, 0x00, // .
    0x1F, 0x10, 0x1F, 0x50, 0x7F, // /=Щ
    0x3E, 0x51, 0x49, 0x45, 0x3E, // 0
    0x00, 0x42, 0x7F, 0x40, 0x00, // 1
    0x42, 0x61, 0x51, 0x49, 0x46, // 2
    0x21, 0x41, 0x45, 0x4B, 0x31, // 3
    0x18, 0x14, 0x12, 0x7F, 0x10, // 4
    0x27, 0x45, 0x45, 0x45, 0x39, // 5
    0x3C, 0x4A, 0x49, 0x49, 0x30, // 6
    0x01, 0x71, 0x09, 0x05, 0x03, // 7
    0x36, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36, // 8
    0x06, 0x49, 0x49, 0x29, 0x1E, // 9
    0x00, 0x36, 0x36, 0x00, 0x00, // :
    0x00, 0x56, 0x36, 0x00, 0x00, // ;
    0x00, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41, // <
    0x14, 0x14, 0x14, 0x14, 0x14, // =
    0x41, 0x22, 0x14, 0x08, 0x00, // >
    0x02, 0x01, 0x51, 0x09, 0x06, // ?

```

0x32, 0x49, 0x79, 0x41, 0x3E, // @
 0x7E, 0x11, 0x11, 0x11, 0x7E, // A
 0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x36, // B
 0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x22, // C
 0x22, 0x41, 0x49, 0x49, 0x3E, // D=Ɔ
 0x7F, 0x49, 0x49, 0x49, 0x41, // E
 0x7F, 0x08, 0x7F, 0x41, 0x7F, // F=Ю
 0x42, 0x25, 0x15, 0x0D, 0x7F, // G=Я
 0x7F, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F, // H
 0x00, 0x41, 0x7F, 0x41, 0x00, // I
 0x7F, 0x44, 0x38, 0x00, 0x7F, // J=Ы
 0x7F, 0x08, 0x14, 0x22, 0x41, // K
 0x01, 0x7F, 0x44, 0x44, 0x38, // L=Ь
 0x7F, 0x02, 0x04, 0x02, 0x7F, // M
 0x7D, 0x54, 0x55, 0x54, 0x44, // N=Ё
 0x3E, 0x41, 0x41, 0x41, 0x3E, // O
 0x7F, 0x09, 0x09, 0x09, 0x06, // P
 0x7F, 0x45, 0x45, 0x45, 0x39, // Q=Б
 0x07, 0x08, 0x08, 0x08, 0x7F, // R=У
 0x7F, 0x40, 0x7F, 0x40, 0x7F, // S=Ш
 0x01, 0x01, 0x7F, 0x01, 0x01, // T
 0x3F, 0x40, 0x40, 0x40, 0x3F, // U
 0x1F, 0x20, 0x40, 0x20, 0x1F, // V
 0x7F, 0x20, 0x18, 0x20, 0x7F, // W
 0x63, 0x14, 0x08, 0x14, 0x63, // X
 0x4F, 0x48, 0x48, 0x48, 0x7F, // Y=У
 0x61, 0x51, 0x49, 0x45, 0x43, // Z
 0x00, 0x00, 0x7F, 0x41, 0x41, // [
 0x02, 0x04, 0x08, 0x10, 0x20, // "\\
 0x41, 0x41, 0x7F, 0x00, 0x00, //]
 0x04, 0x02, 0x01, 0x02, 0x04, // ^
 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, 0x40, //
 0x00, 0x01, 0x02, 0x04, 0x00, //
 0x20, 0x54, 0x54, 0x54, 0x78, // a
 0x7F, 0x48, 0x44, 0x44, 0x38, // b
 0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x20, // c
 0x38, 0x44, 0x44, 0x48, 0x7F, // d
 0x38, 0x54, 0x54, 0x54, 0x18, // e
 0x08, 0x7E, 0x09, 0x01, 0x02, // f
 0x08, 0x14, 0x54, 0x54, 0x3C, // g
 0x7F, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78, // h
 0x00, 0x44, 0x7D, 0x40, 0x00, // i
 0x20, 0x40, 0x44, 0x3D, 0x00, // j
 0x00, 0x7F, 0x10, 0x28, 0x44, // k
 0x00, 0x41, 0x7F, 0x40, 0x00, // l
 0x7C, 0x04, 0x18, 0x04, 0x78, // m
 0x7C, 0x08, 0x04, 0x04, 0x78, // n
 0x38, 0x44, 0x44, 0x44, 0x38, // o
 0x7C, 0x14, 0x14, 0x14, 0x08, // p
 0x08, 0x14, 0x14, 0x18, 0x7C, // q
 0x7C, 0x08, 0x04, 0x04, 0x08, // r
 0x48, 0x54, 0x54, 0x54, 0x20, // s
 0x04, 0x3F, 0x44, 0x40, 0x20, // t

```
0x3C, 0x40, 0x40, 0x20, 0x7C, // u
0x1C, 0x20, 0x40, 0x20, 0x1C, // v
0x3C, 0x40, 0x30, 0x40, 0x3C, // w
0x44, 0x28, 0x10, 0x28, 0x44, // x
0x0C, 0x50, 0x50, 0x50, 0x3C, // y
0x44, 0x64, 0x54, 0x4C, 0x44, // z
0x00, 0x08, 0x36, 0x41, 0x00, // {
0x00, 0x00, 0x7F, 0x00, 0x00, // |
0x00, 0x41, 0x36, 0x08, 0x00, // }
0x08, 0x08, 0x2A, 0x1C, 0x08, // ->
0x08, 0x1C, 0x2A, 0x08, 0x08, // <-
    0x00, 0x00, 0x5F, 0x00, 0x00 // !
};

#endif
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Листинг программы управления светодиодами матрицами

```
#include <iarduino_I2C_connect.h>
#include <DMD2.h>
#include <fonts/SystemFont5x7.h>
#include <fonts/Arial_Black_16.h>

SoftDMD dmd(1,1);
DMD_TextBox box(dmd); // DMD controls the entire display
iarduino_I2C_connect I2C2; // объявляем переменную для работы с
библиотекой iarduino_I2C_connect
byte REG_Massive[100]; // объявляем массив, данные которого бу-
дут доступны для чтения/записи по шине I2C
String str;
int c;
byte a,b;
void setup(){
dmd.setBrightness(255);
dmd.begin();
Wire.begin(0x01); // иницируем подключение к шине I2C в каче-
стве ведомого (slave) устройства, с указанием своего адреса на шине.
I2C2.begin(REG_Massive); // иницируем возможность чтения/за-
писи данных по шине I2C, из/в указываемый массив
}
void loop()
{
if (int(REG_Massive[2]) == 1){
a=REG_Massive[100];
REG_Massive[100]=0;
dmd.clearScreen();
str=DS(REG_Massive);
c=0;
b=CRC8(REG_Massive,100);
if (a == b)
{
REG_Massive[99]=0;
REG_Massive[2]=0;

while (int(REG_Massive[2]) == 0){
scroll(str);}
}
else
{REG_Massive[99]=1;}
str=String();
}
}
```

```

byte CRC8(byte *data, byte len)// функция подсчета контрольной
СУММЫ
{ byte crc = 0x00;
  while (len--) {
    byte extract = *data++;
    for (byte tempI = 8; tempI; tempI--) {
      byte sum = (crc ^ extract) & 0x01;
      crc >>= 1;
      if (sum) {
        crc ^= 0x8C;
      }
      extract >>= 1;
    }
  }
  return crc;
}
void scroll(String str)// функция бегущей строки
{
  int f = str.indexOf('^');
  if (f > 12){

    if (str.length()-f<12){ //низ стат
      dmd.clearScreen();
      dmd.selectFont(SystemFont5x7);
      dmd.drawString(c,8,str.substring(f+1));

      for (int i=0;i<=f*3;i++)
      {dmd.selectFont(SystemFont5x7);
      dmd.drawString(c-i,0,str.substring(0,f));
      delay(100);
      }}
    else
      { for (int i=0; i<=3*max(f,str.length()-f); i++) //верх+низ
        бер
          {dmd.selectFont(SystemFont5x7);
            dmd.drawString(c-i,0,str.substring(0,f));
            dmd.drawString(c-i,8,str.substring(f+1));
            delay(100);
          }
        }
    }
  else
  {dmd.selectFont(SystemFont5x7);
  dmd.drawString(c,0,str.substring(0,f));
  if (str.length()-f<12){ //низ стат
  dmd.selectFont(SystemFont5x7);
  dmd.drawString(c,8,str.substring(f+1));
  }
  else //низ бер
  { dmd.clearScreen();
    for (int i=0; i<=3*(str.length()-f); i++)
  {dmd.selectFont(SystemFont5x7);

```



```

    dmd.drawString(c-i,8,str.substring(f+1));
    delay(100);
  }
}
}
int line(int x){
int y;
if (x <= 9){
  y=22;
}
if (x <=99 && x>=9){
  y=32;
}
if (x<=999 && x>=99)
  {y=32;
  }
return y;
}
String DS( byte massive[100])// функция дешифровки данных
{String str;
for (int i=3; i <= 99; i++){
c=int(massive[i]);
switch (c) {
  case 1:
    str=str + 'A';      break;
  case 2:
    str=str + '!';      break;//Б
  case 3:
    str=str + 'B';      break;
  case 4:
    str=str + '&';      break;//Г
  case 5:
    str=str + '#';      break;//Д
  case 6:
    str=str + 'E';      break;
  case 7:
    str=str + 'N';      break;//Ё
  case 8:
    str=str + '$';      break;//Ж
  case 9:
    str=str + '%';      break;//З
  case 10:
    str=str + "'";      break;//И
  case 11:
    str=str + '(';      break;//Й
  case 12:
    str=str + 'K';      break;
  case 13:
    str=str + ')';      break;//Л
  case 14:
    str=str + 'M';      break;
  case 15:

```

```

    str=str + 'H';           break;
    case 16:
    str=str + 'O';           break;
    case 17:
    str=str + '*';           break;//П
    case 18:
    str=str + 'P';           break;
    case 19:
    str=str + 'C';           break;
    case 20:
    str=str + 'T';           break;
    case 21:
    str=str + 'Y';           break;//У
    case 22:
    str=str + '+';           break;//Ф
    case 23:
    str=str + 'X';           break;
    case 24:
    str=str + ',';           break;//Ц
    case 25:
    str=str + 'R';           break;//Ч
    case 26:
    str=str + 'S';           break;//Ш
    case 27:
    str=str + '/';           break;//Щ
    case 28:
    str=str + 'b';           break;
    case 29:
    str=str + 'J';           break;//Ы
    case 30:
    str=str + 'L';           break;//Ъ
    case 31:
    str=str + 'D';           break;//Э
    case 32:
    str=str + 'F';           break;//Ю
    case 33:
    str=str + 'G';           break;//Я
    case 34:
    str=str + '.';           break;
    case 35:
    str=str + ' ';           break;
    case 36:
    str=str + '-';           break;
    case 37:
    str=str + '1';           break;
    case 38:
    str=str + '2';           break;
    case 39:
    str=str + '^';           break;
    default: break;
}
}
return str;}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Расчет трудозатрат на выполнение проекта

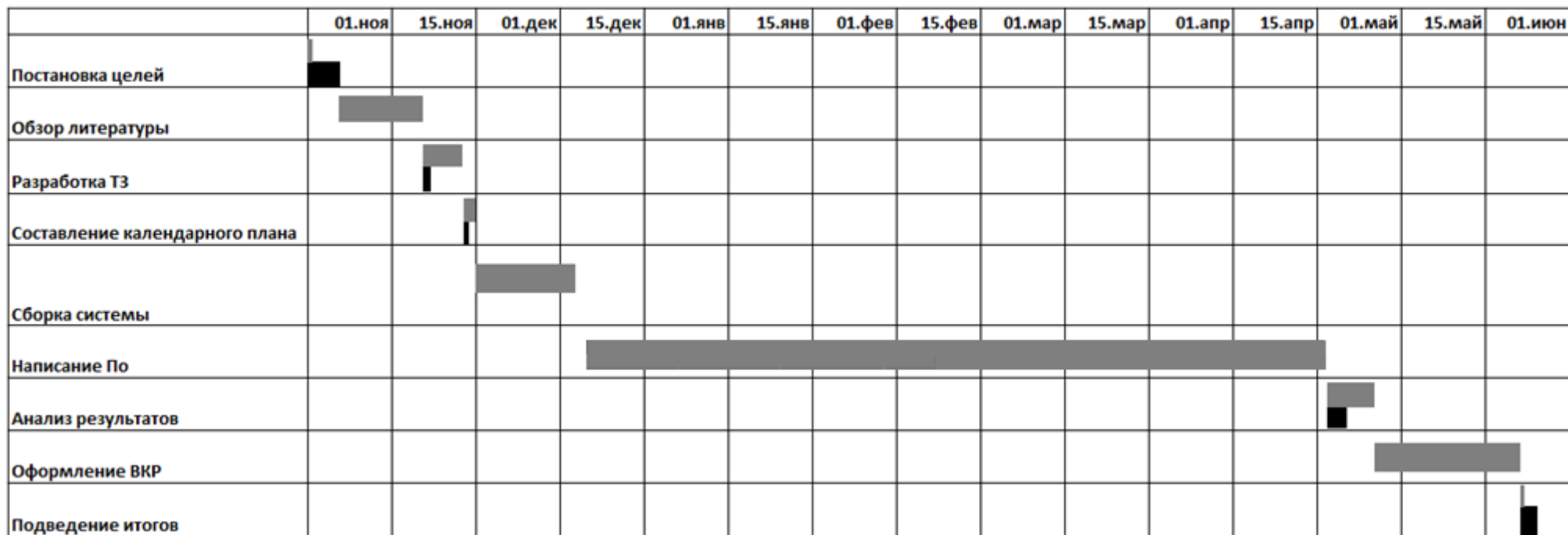
Таблица 17 – Расчет трудозатрат на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	Трд		Ткд	
					НР	С	НР	С
1. Постановка целей и задач	НР, С	2	6	3.6	3.564	0.396	5.2812	0.5868
2. Обзор литературы по предмету исследования	С	7	15	10.2	0	11.22	0	16.626
3. Разработка тех. задания	НР, С	3	6	4.2	0.693	3.927	1.0269	5.8191
4. Составление календарного плана	НР, С	2	3	2.4	0.792	1.848	1.1736	2.7384
5. Проведение работ по сборке системы	С	10	15	12	0	13.2	0	19.56
6. Написание программного обеспечения	С	65	130	91	0	100.1	0	148.33
7. Анализ результатов	НР, С	5	10	7	1.54	6.16	2.282	9.128
8. Оформление расчетно-пояснительной записки	С	15	30	21	0	23.1	0	34.23
9. Подведение итогов	НР, С	2	4	2.8	2.772	0.308	4.1076	0.4564
Итого:				154.2	9.36	160.259	13.87	237.475

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Линейный график работ



Студент



Науч. рук

Рисунок 24 – Линейный график работ