

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка электронных ценников

УДК 004.415.2:681.84.081.4:338.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Стрыгин Юрий Сергееви		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, в том числе их систем управления
P2	Воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и систем
P3	Применять полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных мехатронных и робототехнических устройств и систем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий мирового уровня, современных инструментальных и программных средств
P4	Определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации мехатронных и робототехнических модулей, устройств и систем
P5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических средств и систем с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы
<i>Универсальные компетенции</i>	
P6	Интегрировать знания в области анализа, проектирования, производства и эксплуатации мехатронных и робототехнических устройств и систем со знаниями из смежных областей
P7	Понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в мехатронике и робототехнике и знать области их применения, в том числе в автоматизированных производствах.
P8	Эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий
P10	Проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду.
P11	Следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности
P12	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
25.04.2020	Основная часть	60
04.05.2020	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
13.05.2020	Социальная ответственность	20

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	К.Т.Н.		

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Мамонова Татьяна Егоровна	К.Т.Н.		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.03.06 Мехатроника и робототехника
 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

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Стрыгину Юрию Сергеевичу

Тема работы:

Разработка электронных ценников	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020 №59 - 53/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.05.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом проектирования является программно-аппаратное обеспечение, применяемое для отображения информации о товаре, необходимой для ведения торговли данным товаром.</p> <p>Разработка программно-аппаратного обеспечения должна производиться с учётом имеющейся лабораторной базы, а именно:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Набора разработчика nRF52840 DK. • Паяльная станция <p>Программно-аппаратное обеспечение должно отвечать следующим требованиям:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Обеспечивать корректную работу устройства в течение времени ~1 год ; • Минимизировать дополнительные аппаратные модули для поддержания работы устройства.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>		1. Обзор и анализ существующих решений. 2. Разработка структурной схемы. 3. Выбор программных и аппаратных компонентов. 4. Разработка функциональной схемы. 5. Построение системы приема-передачи данных между
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>		Структурная схема, принципиальная схема
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>		
Раздел	Консультант	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич, доцент ОСГН ШБИП, к.э.н.	
Социальная ответственность	Матвиенко Владимир Владиславович, ассистент ООД ШБИП	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:		
Нет		

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОАР ИШИТР	Беляев Александр Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Стрыгин Юрий Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Стрыгину Юрий Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 мехатроника и робототехника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	—
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Действующие ставки единого социального налога и НДС (см. МУ, ставка дисконтирования $i=0.1$)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Оценка готовности полученного результата к выводу на целевые рынки, краткая характеристика этих рынков</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет величины НДС и цены результата ВКР</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Качественная и количественная характеристика экономического и др. видов эффекта от внедрения результата, определение эффективности внедрения</i>

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 - <u>выполнить</u></i>
5. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ - <u>выполнить</u></i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский Владимир Юрьевич	к. э. н.		26.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Стрыгин Юрий Сергееви		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Е61	Стрыгину Юрию Сергеевичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	15.03.06 Мехатроника и робототехника

Тема ВКР:

Разработка электронных ценников	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является система электронных ценников, построенная для работы по интерфейсу Bluetooth 5.0. Рабочим местом разработчика является аудитория 101 корпуса №10 ТПУ.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).</p> <p>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.</p> <p>Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.</p> <p>Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования ГОСТ 21889-76.</p>

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Поражение электрическим током. — Повышенный уровень ЭМП. — Недостаточная освещённость. — Отклонение показателей микроклимата. — Повышенный уровень шума.
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>На атмосферу влияют вредные выбросы при производстве и установки составных элементов устройства управления, также пагубное влияние на литосферу при их утилизации. Воздействие на гидросферу пренебрежимо мало.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>В аудиторном помещении, возможно, ЧС техногенного характера – пожар (возгорание).</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД ШБИП	Матвиенко Владимир Владиславович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Е61	Стрыгин Юрий Сергеевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 92 страницы, 4 рисунка, 18 таблиц, список используемых источников содержит 23 наименования и приложение на 6 листах.

Ключевые слова: электронный ценник, блютуз, электронная бумага, робототехническая платформа, распределение сообщений.

Цель работы – разработка электронного ценника, в основе обмена данными с сервером которого должен быть bluetooth mesh.

В процессе выполнения работы был проведен обзор и анализ аналогов электронных ценников, на его основе были сформулированы требования к разрабатываемой системе ценников, также были разработаны: структурная схема электронной ценника, функциональные схемы алгоритмов управления, принципиальная электрическая схема системы. Разработана печатная плата и рассчитаны комплектующие.

В будущем планируется продолжение работы по данной тематике.

Дипломная работа в текстовом редакторе Microsoft Word 2007, графический материал – с помощью онлайн-среды разработки easyeda.com.

Содержание

Введение.....	13
1 Комплексный обзор материалов по тематике ВКР	17
1.1 Обзор ситуации на рынке печатных ценников.....	17
1.2 Обзор рынка на предмет аналогов.....	20
1.2.1 Электронные ценники компании Pricer	21
1.2.2 Электронные ценники компании SES ImagoTag	22
1.2.3 Электронные ценники компании Компо	23
1.2.4 Сравнение аналогов	24
1.3 Обзор литературы по беспроводным средствам связи.....	25
1.3.1 IrDA.....	26
1.3.2 Zigbee.....	27
1.3.3 Bluetooth	27
1.3.4 Wi-Fi	29
1.4 Обзор литературы по средствам отображения информации	30
1.4.1 Дисплеи LCD	31
1.4.2 Дисплеи e-Paper	33
2 Разработка системы электронного ценника.....	36
2.1 Выбор направления в разработке.....	36
2.2 Разработка структурной схемы.....	37
2.3 Выбор дисплея	38
2.4 Выбор микроконтроллера.....	43
2.5 Подбор батареи.....	46
2.5.1 Длительность автономной работы устройства	47
2.5.2 Режимы работы.....	47
2.5.3 Энергопотребление EPD дисплея.....	49
2.5.4 Энергопотребление микроконтроллера	50
2.5.5 Расчет минимально необходимой мощности.....	53
2.6 Разработка плат электронных ценников	56
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	57

3.1	Организация и планирование работ	57
3.2	Продолжительность этапов работ.....	58
3.3	Расчет сметы затрат на выполнение проекта.....	61
3.4	Расчет затрат на материалы.....	62
3.5	Расчет заработной платы	62
3.6	Расчет затрат на социальный налог	63
3.7	Расчет затрат на электроэнергию.....	64
3.8	Расчет амортизационных расходов	65
3.9	Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных документов.....	66
3.10	Расчет прочих расходов	66
3.11	Расчет общей себестоимости разработки	67
3.12	Расчет прибыли.....	67
3.13	Расчет НДС.....	67
3.14	Цена разработки.....	68
3.15	Оценка экономической эффективности проекта.....	68
3.16	Заключение по разделу финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	69
4	Социальная ответственность	70
4.1	Введение в раздел.....	70
4.2	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности... ..	70
4.3	Производственная безопасность	71
4.4	Отклонение показателей микроклимата	72
4.5	Превышение уровня шума.....	73
4.6	Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны.....	74
4.7	Поражение электрическим током	76
4.8	Повышенная напряженность электрического поля	77
4.9	Экологическая безопасность	77
4.10	Безопасность в ЧС	78

4.11 Заключение по разделу социальной ответственности.....	80
Заключение	81
Conclusion.....	82
Список источников	83
Приложение А (обязательное) Документация для электронных ценников....	86

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В представляемой работе использовались следующие термины с соответствующими определениями:

EPD (англ. Electronic Paper Display) - дисплей на электронных чернилах;

Bluetooth - беспроводная передача данных по стандарту IEEE 802.15.1;

BLE (Bluetooth low energy) - стандарт Bluetooth с низким энергопотреблением, технология Bluetooth, предназначенная для устройств без постоянного подвода питающего напряжения, либо устройств, работающих от батарей аккумуляторов малой емкости;

RTC (real time clock) - часы реального времени;

RAM (с англ. ОЗУ) - оперативное запоминающее устройство или просто оперативная память.

RC цепь - время задающая электрическая цепь, построенная на элементах сопротивления и емкости, работа которой обусловлена законом об изменении напряжения на обкладках конденсатора;

SPI (bus) - последовательный периферийный интерфейс обмена данными;

В представляемой работе использовались следующие сокращения для удобства составления текста, его проверки и оценки:

МК(микроконтроллер) - микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами [3];

ЭЦ - электронный ценник, разрабатываемый в проекте.

Введение

В современном мире все более актуальными становятся идеи об автоматизации и роботизации. Все чаще в новостях можно узнать, что тот или иной аспект жизни получил развитие благодаря современным достижениям электроники. С другой стороны, за ширмой радужных пророчеств об повышении качеств жизни за счет технологий проглядывается реальность, в которой применение тех или иных новшеств автоматизации попросту не используется. То же положение дел обстоит и с вопросом электронных ценников в России, т.к при наличие на рынке электронных средств для представления товара и его цены покупателю, в подавляющем большинстве современных российских магазинов используется традиционный печатный ценник.

Традиционный печатный ценник зачастую представляет собой фрагмент бумаги, хранящий на себе минимально необходимую информацию о продаваемом товаре в купе с его ценой служит продавцам верную службу по представлению товара потенциальному покупателю вместо самого человека. Но что бы купля-продажа проходила максимально гладко (иными словами без проблем), должны выполняться ряд условий. Часть из них описана в постановление Правительства №55 от 19.01.1998 г.[1] Ценники должны:

- выполняться единообразно и четко читаться
- содержать наименование товара,
- содержать цену за единицу или за конкретный вес и сорт (при наличии), а также указание того, в каких единицах представлена цена и/или вес.

С другой стороны, когда ценники спроектированы, их необходимо корректно распечатать и разделить, а также без ошибок разнести к каждому

товару. Но порой из-за человеческого фактора возникают такие проблемы, как:

- ценник содержит некорректную информацию
- ценник обрезан не по контуру, что в купе с возможным небрежным исполнением может привести к потере некоторой части информации.
- ценник может быть размещен не под тем товаром, что требовалось, либо просто в стороне от выставки товара.
- ценник может быть обновлен во время работы магазина так, что некоторый покупатель берет товар по старой цене, а на кассе оплачивает по уже обновленной (более применимо к продуктовым магазинам).
- из-за особенностей креплений, ценник может быть легко удален человеком, не являющимся работником торговой точки. В случае магазина с большой площадью это может вызвать невозможность приобретения товара.

Некоторые из этих проблем способны привести к штрафу в отношении магазина. Все нарушения и размер штрафов описаны в ст. 14 КоАП РФ[2]:

- из-за обновления ценников покупателю проббили цену в чеке больше, чем та, по которой покупатель изначально брал - штраф составляет от 3 000 до 5 000 рублей для ИП, от 20 000 до 50 000 рублей для организаций (ч. 1 ст. 14.7 КоАП РФ[2])
- при наличии ложной информации на ценнике расценивается как обман о свойствах и качестве товара - штраф от 3 000 до 5 000 рублей для ИП, от 100 000 до 500 000 рублей для организаций (ч. 2 ст. 14.7 КоАП РФ[2])
- на товаре нет ценника - штраф от 5 000 до 10 000 рублей для организаций (ч. 1 ст. 14.8 КоАП РФ[2])

- при отсутствии наименования конкретной денежной единицы в цене товара - штраф от 300 до 1 500 рублей для ИП и от 10 000 до 30 000 рублей для организаций (ст. 14.15 КоАП РФ.[2])

Таким образом, можно видеть, что наличие человеческого фактора при использовании такой казалось бы простой вещи как ценник может привести к ряду проблем при неполном исполнении обязанностей по его формированию и размещению. Именно поэтому разработка электронных систем, способных уменьшить участие человека в данном процессе может считаться актуальной.

1 Комплексный обзор материалов по тематике ВКР

1.1 Обзор ситуации на рынке печатных ценников

Для того, чтобы определить проблему "вживления" электронных ценников в современный рынок, необходимо в первую очередь оценить преимущества и недостатки использования "традиционных" печатных бумажных ценников.

Основные преимущества в использовании печатных бумажных ценников заключается в том, что:

- затраты на их производство значительно ниже, чем на производство того же количества электронных ценников;
- для их размещений необходимо только вытащить из U-образного держателя старый ценник и поместить на его место новый;
- чрезвычайно малая толщина бумажного основания и держателя не выпирает в пространство между стеллажами и не могут быть случайно сбиты со своего места как электронный ценник;

С другой стороны, недостатки в использовании печатных бумажных ценников строятся в основном из их же недостатков и заключается в том, что:

- Для обновления хотя бы одного ценника необходимо, чтобы работник склада потратил лист бумаги и некоторое количество краски в принтере для распечатки ценника, а также пешим ходом достиг места размещения необходимого товара и заменил и заменил старый ценник на новый;
- Сам по себе ценник не крепится к стеллажу - для закрепления на стеллаже ценника используется U-образный держатель на клейкой основе. Если он оторвется, то все размещенные на нем ценники будут "потеряны" для товаров, для которых они были размещены;

- Из-за простоты исполнения U-образного держателя, бумажный ценник может быть извлечен любым желающим и заменен на что угодно другое, что по своим размерам будет удовлетворять внутренние размеры держателя.
- Для проведения каких либо акций или распродаж необходимо дожидаться, когда после обновления цены работник(-и) торгового зала обновят вручную все ценники.
- Из-за метода обновления электронных ценников и периода времени, когда это представляется возможным, появляется возможность того, что товар для покупателя либо временно недоступен, либо что покупатель берет выбирает товар из-за одной цены, а на кассе оплачивает уже по другой цене.

Как можно видеть, основным недостатком в использовании печатных электронных ценников является человеческий фактор из-за существования необходимости в наемном работнике, одной из обязанностей которого является обслуживание ценников в магазине. Из этого рождается необходимость в решении, снижающем или полностью удаляющем человеческий фактор из данного процесса. Технология электронных ценников призвана для того, чтобы снизить как траты на производство новых ценников, так и трудовые и временные затраты на обновление информации на уже имеющихся. Решается этот вопрос путем повышения технологичности ценников, что ведет к удорожанию производства одного конкретного ценника.

Чтобы не быть голословным в отношении преимуществ использования печатных ценников, необходимо произвести расчет финансовых затрат производство и размещение одного ценника:

Размеры для ценников не регламентированы, что дает право продавцу(или хозяину магазина) устанавливать свои размеры ценников. Так же высока неопределенность по вопросы заработной платы для работников

торгового зала, т.к. она в свою очередь во многом зависит от региона и от точки торговой сети, в которой производится работа. Поэтому примером для проведения расчета будут взяты данные по продуктовой сети "Абрикос" по городу Томск.

По данным [3] с августа 2019 года по март 2020 года, (за исключением декабря из-за "аномально высокой" заработной платы) зарплата работника торгового зала колеблется в пределах от 17 750 рублей до 22 650 рублей. В среднем, размер заработной платы равен примерно 19 716 рублей. С учетом налогов [4], а именно пенсионного отчисления (ПО) в размере 22 % от оклада, медицинского отчисления (МО) в 5,1% от оклада, социального отчисления (СО) в 2,9 % от оклада и отчисления от несчастных случаев (ОНС) на производстве 0,2% от оклада, затраты на одного сотрудника в год составляют:

$$\begin{aligned} \text{ЗП}_{\text{год}} &= 12 \text{ месяцев} * (\text{ЗП}_{\text{ср.мес.}} * (100 \% + \text{ПО} + \text{МО} + \text{СО} + \text{ОНС})) = \\ &= 12 \text{ месяцев} * (19716 \text{ руб} * (100 \% + 22 \% + 5.1 \% + 2.9 \% + 0.2 \%)) = \\ &= 12 \text{ месяцев} * 19716 * 130.2\% = 308\,042 \text{ рубля } 78 \text{ копеек} \end{aligned}$$

В данную сумму входит не только обязанность в обслуживании ценников, но и размещение товара. Но годовой расход позволяет оценить порядок затрат в год на их обслуживание.

Как уже говорилось ранее, нет четких стандартов по размерам ценников. Поэтому примем для примера размер ценников из магазина "Абрикос": длина от 50 до 60 мм, ширина от 25 до 35 мм. Лист формата А4 имеет следующие параметра: длина 297 мм, ширина 210 мм. Из-за особенностей в размещении ценников при печати (из наблюдений при посещении магазина), а именно альбомная ориентация ценников на листе с книжной ориентацией, максимальное количество ценников на один лист составляет 24 шт. Если взять за пример цены пачку бумаги А4 "SvetoCopy" в

количестве 500 листов за 250 рублей, можно рассчитать примерную стоимость одного ценника:

$$\text{Стоимость ценника} = \frac{C_{\text{пачка}}}{N_{\text{листов}} * N_{\text{ценников}}} = \frac{250 \text{ руб}}{500 * 24} = 0,021 \text{ рублей},$$

где $C_{\text{пачка}}$ – цена за пачку бумаги, $N_{\text{листов}}$ – количество листов в одной пачке бумаги, $N_{\text{ценников}}$ – количество ценников на одном листе бумаги.

Как можно видеть, стоимость производства одного ценника ничтожно мала. Здесь не берется в расчет стоимость тонера или краски для принтера, а также стоимость принтера, реализация затрат на который может быть распределена и заложена в стоимость товаров. Причиной тому является то, что в каждой розничной сети ценники имеют как свой дизайн и степень заполнения текстом, а значит и краской, что в принципе не возможно отследить и оценить .

1.2 Обзор рынка на предмет аналогов

Для определения полной картины сложившейся проблемы необходимо также проанализировать рынок электронных ценников, рассмотреть преимущества и недостатки каждого из предлагаемых решений и выявить потенциальные проблемы каждого представителя данной технологии, решение которых поможет в их продвижении или в разработке нового образца, учитывающего недостатки предшественников.

На мировом рынке лидерами по производству являются французско-австрийская компания SES Imagotag, шведская Pricer и американская NCR. В России из компаний, занимающихся именно производством, а не перепродажей ценников от вышеперечисленных, является "Компо".

Большинство подобных компаний на рынке предлагают электронные ценники двух форматов: электронный ценник с экраном на электронных чернилах (Electronic Paper Display - EPD) и электронный ценник с LCD дисплеем. Первые удобны тем, что на них можно отобразить любую

необходимую информацию, если она поместиться на дисплей, но за это приходится расплачиваться повышенным потреблением питания относительно ценников с LCD дисплеями, которые способны лишь отображать цену за товар и в некоторых случаях - денежную единицу, в которой производится продажа. Также важным пунктом является то, что в случае установки нового товара на позицию старого в случае с электронными ценниками с EPD дисплеями достаточно загрузить в его память новый ценник, в то время как для ценника с LCD необходимо не только обновить привычным методом цену, но и вручную переклеить этикетку с информацией о товаре на нем.

1.2.1 Электронные ценники компании Pricer

Шведская компания Pricer как один из лидеров на рынке электронных ценников предлагает оба исполнения ценников. Компания предлагает 4 исполнения с EPD дисплеем, различающихся только размерами (размещены в порядке возрастания) [5]: "SmartTAG HD - Graphic Labels", "SmartTAG HD 110 - Large Graphic Labels", "SmartTAG HD 150 - The compromise between Large and Extra Large ESL " и "SmartTAG HD 200 – Extra Large Graphic Label". Основные их качества представлены ниже:

- Полностью графические EPD дисплеи
- 30 000 полных обновлений памяти в час
- Тип используемой батареи - CR2032 2шт (заменяемая)
- Срок службы батареи до 7 лет, а также легкая замена батареи
- Flash-ready и с поддержкой NFC
- Цвета дисплея – черный, белый и красный
- Четыре размера: маленький, средний, большой и высокий
- Специальная, запатентованная этикетка "freezer label"

- Несколько страниц для мерчандайзинга и инвентарной информации
- Также компания предлагает всего одно решение с использованием LCD экрана - "SmartTAG – Segment labels"[6]:
- Промышленные ЖК-дисплеи на 184 сегмента
- Средство беспроводной связи - рассеянное инфракрасное излучение частотой 1.245 МГц
- Мигающий красный сегмент для акционных предложений
- 90 000 полных обновлений памяти в час
- Тип используемой батареи - CR2032 2шт (заменяемая)
- Срок службы батареи до 8 лет и простая замена батареи
- Flash- ready и с поддержкой NFC
- Исполнения в соответствии с требованиями стран реализации
- Три размера: маленький, средний и большой
- Специальная этикетка "freezer label"
- 32 дополнительные страницы для мерчандайзинга и инвентарной информации

1.2.2 Электронные ценники компании SES ImagoTag

Компания SES ImagoTag предлагает линейку ценников "VUSION Electronic Price Tags" в исполнении с EPD дисплеями с диагональю экрана от 1.6" до 12.2". Исполненные в одном стиле и различающиеся только размерами, электронные ценники имеют следующие преимущества[6]:

- Полностью графические EPD дисплеи
- Срок службы батареи до 5 лет при обновлении экрана 2 раза в день
- Используемая батарея - CR2450 от 2 шт до 6 шт (зависит от размера ценника)

- Цвета дисплея - черный, белый и красный.
- Работа беспроводной связи в диапазоне от 2.400ГГц до 2.480ГГц или "двух различных радио частотах"
- Водонепроницаемые и пылезащищенные корпуса
- Система противоугонной защиты Easylock
- Поддержка активного NFC
- Мгновенное мигание светодиода (7 цветов) для помощи в привлечении внимания покупателей и навигации
- Инфраструктура связи IoT ultra-low-power

1.2.3 Электронные ценники компании Компо

Российская компания "Компо" позиционирует себя не как очередную компанию партнера и перекупщика озвученных ранее зарубежных компаний, а в первую очередь именно как производителя. Предлагаемое ими решение в области электронных ценников[7] обладает следующими преимуществами:

- Полностью графические EPD дисплеи
- Срок службы батареи до 5 лет при обновлении экрана 1 раз в день
- Цвета дисплея – черный, белый и красный.
- Bluetooth совместимые устройства и простая интеграция мобильных устройств
- Работа беспроводной связи в диапазоне от 2.400ГГц до 2.480ГГц
- Использование Mesh сети для радиосвязи, для повышения однородности сети Водонепроницаемые и противоударные
- Дешевизна и прочность за счет многослойной ламинированной сборки

1.2.4 Сравнение аналогов

Для определения эффективного пути разработки необходимо сравнить и выявить сильные стороны каждого продукта, а также на основании слабых сторон их потенциальные решения. В качестве объекта сравнения будет выступать решение с EPD дисплеем каждой компании. Также из-за того, что у каждой из компаний различается информирование об параметрах их продуктов, то в сравнении будут участвовать только те, по которым есть информация от каждой из компаний.

Таблица 1– Сравнение аналогов

Параметр	Линейка Pricer "Smart Tag HD"	Линейка SES Imagotag "Vusion"	Ценники Компо
Дисплей	Полностью граф. EPD	Полностью граф. EPD	Полностью граф. EPD
Время работы батареи (тип батареи)	7 лет	5 лет	5 лет
Цвета дисплея	черный, белый, красный	черный, белый, красный	черный, белый, красный
Беспроводная связь	IrDA (1.245 МГц)	ISM частоты +две радио частоты	Bluetooth + BLE
Инфраструктура связи	Не указано	IoT (интернет вещей)	Mesh
Поддержка NFC	Есть	Есть	Нет
Светодиод привлечения	Есть	Есть	Нет

Из данной таблицы видно, что в большинстве своем современным решениям присуще использование трехцветных EPD дисплеев для полноты отображения информации о предлагаемом товаре, качественное расходование батареи в течении длительного срока (до 5-7 лет), использование высокочастотных средств беспроводной связи для обмена данными с сервером, а также поддержка NFC для возможности предоставления большей информации об товаре или магазине покупателям посредством мобильных устройств. Вероятно, слабой стороной всех представленных ценников можно считать то, что выполняются они как одиночные закрытые от внешнего мира модули, поддерживающие связь только с сервером, где хранятся данные об товарах. Поэтому потенциальным решением по снижению стоимости производства ценников, а также снижающим нагрузку на сеть можно считать разработку модуля, поддерживающего работу с несколькими ценниками посредством одного контроллера. Данное решение должно снизить затраты на производство ценников, т.к. появляется два новых формата: модуль с EPD экраном и батареей для поддержки его работы и модуль с контроллером, EPD экраном и более емкой батареей для обеспечения своей работы. Иными словами, имеет смысл взять группу ценников на одной полке продуктового стеллажа и попытаться разгрузить все ценники кроме одного, сделав их зависимыми от последнего, способного "общаться" с сервером и обновлять подвластных ему модули.

1.3 Обзор литературы по беспроводным средствам связи

Для "общения" между различными электронными устройствами существуют различные средства связи. Для устройств, которые по различным причинам не имеют возможности быть соединенными посредством проводов, были разработаны различные беспроводные средства связи, различающиеся по дальности работы (персональные, локальные, городские и глобальные), по топологии сети (точка-точка и точка - много

точек) и по области применения (корпоративные и операторские сети). Так как электронный ценник представляет из себя компактное и закрытое от внешнего мира устройство, которое должно осуществлять связь только с сервером в точке продажи посредством прямой связи "точка-точка" или связи посредством шлюзов, то имеет смысл рассматривать только персональные и локальные сети.

Беспроводные персональные сети представляют собой маломощные сети для обмена информацией между парой устройств "передатчик-приемник". Основанием для данного подкласса сетей служит стандарт IEEE 802.15. Представителями данной сети являются IrDA, ZigBee и Bluetooth. Для охвата большего пространства и кол-ва устройств используются беспроводные локальные сети, базирующиеся на стандарте IEEE 802.11. Единственным представителем данной сети является Wi-Fi.

1.3.1 IrDA

IrDA (англ. Infrared Data Association – Ассоциация инфракрасной передачи данных) – интерфейс передачи данных по топологии "точка-точка", использующий инфракрасное излучение для передачи информации. Для успешной передачи от передатчика до приемника необходим открытый или лишенный преград канал. Иными словами если на пути инфракрасного излучения будет находиться материал, не пропускающий его, то будет нарушена связь устройств, использующих данный метод передачи данных.

Следствием развития данного интерфейса связи является сети четырех типов, различающихся способностью работы в зависимости от качества канала связи: передача при прямой видимости, передача на рассеянном излучении, передача при отраженном излучении и широкополосная передача. Основными преимуществами такого интерфейса связи является то, что нет необходимости в резервировании частотного диапазона для работы, малая

потребляемая мощность, защищенность электромагнитных помех и максимальная скорость передачи данных до 16Мб/с. Главным же недостатком данного метода является зависимость от качества среды, наличия в ней различных паров, аэрозолей и прочих скоплений частиц в воздухе, представляющих собой преграду на пути распространения инфракрасного сигнала.

1.3.2 Zigbee

ZigBee – интерфейс беспроводной передачи данных, поддерживающий различные топологии сетей и использующих сервисы нижних уровней, а именно уровни управления доступом к среде МАС и физического уровня РНУ, регламент которых задается стандартом IEEE 802.15.4. ZigBee и IEEE 802.15.4 описывают беспроводные персональные вычислительные сети. Данный интерфейс в основном ориентирован на устройства с ограниченным доступом к электроэнергии, а также требующих гарантированную безопасную передачу данных, в том числе и устройства "умного дома". Основными преимуществами данного интерфейса связи является то, что при малом потреблении электроэнергии данная сеть поддерживает различные виды топологии, а именно "точка-точка", "звезда", "дерево" и самоорганизующуюся и самовосстанавливающуюся топологию "mesh" сети. Также данная сеть имеет высокую область покрытия до 200 метров. В недостатки данной сети можно записать малую скорость обмена данными в 250 кбит/с, при этом полезная скорость ограничена 30-40 кбит/с в пределах соседних узлов и 5-25 кбит/с при использовании ретрансляторов.

1.3.3 Bluetooth

Bluetooth – интерфейс беспроводной передачи между различными устройствами на частотах 2.4 ГГц, главным свойством является "компромисс" параметров, которыми характеризуется та или иная

беспроводная сеть. Так дальность передачи данных варьируется от 10 метров для старых версий стандарта, до 250 метров в новом стандарте Bluetooth 5; максимальная скорость передачи данных ограничена 720 кбит/с, а энергопотребление одно из самых низких из имеющихся на данный момент средств беспроводной связи. В большей мере данные значения являются заслугой последней версии стандарта Bluetooth. В то же время к недостаткам можно отнести то, что без дополнений данный стандарт поддерживает только топологию "точка-точка", а также то, что из-за уровня энергопотребления время работы устройств от автономных источников питания не велико.

Но как было сказано ранее, Bluetooth имеет ряд недостатков, которые решаются дополнениями в стандарт, расширяющие возможности данного интерфейса связи. Основными расширениями данного стандарта можно считать Bluetooth LE (Low Energy) и Bluetooth Mesh. Первое дополнение в стандарт позволяет существенно снизить энергопотребление устройств за счет снижения нахождения устройств связи в радио эфире или иными словами, разработан и используется устройствами, для которых нет потребности в постоянном приеме и/или передаче данных, что позволяет им значительную часть времени находится в режиме сна или работать без траты ресурсов для поддержания стабильности радиоканала. Второе дополнение в стандарт, а именно Bluetooth Mesh расширяет возможности в плане построения сети. Mesh сеть позволяет добавлять и убирать из сети узлы передачи данных без существенного вреда для самой сети (до некоторого малого количества узлов), а также упрощающих интеграцию новых устройств в данную сеть. Также особенностью данного дополнения можно считать совместимость с Bluetooth LE, позволяя устройствам, работающим от автономных источников питания или имеющих непостоянное питание, "подписываться" на устройства, не имеющим проблем с питанием и составляющим основу Mesh-сети, чтобы те могли накапливать в себе данные

для подписанных на них устройства и выдавать соответствующие данные в момент активации того или иного "подписчика".

1.3.4 Wi-Fi

Wi-Fi - стандарт беспроводной передачи данных, разработанный для объединение некоторого количества компьютеров и прочих устройств в единую локальную сеть. Основой данного метода беспроводной передачи данных является стандарт IEEE 802.11., подразделяющийся на четыре подраздела, отвечающие тем или иным потребностями при формировании радиоканалов связи. Относительно беспроводных персональных сетей, поддерживающих работу малого количества устройств в одной сети и поэтому ограниченных малыми скоростями обмена данными, Wi-Fi способен объединять в одну сеть большое количество устройств, предоставляя максимальную скорость передачи до 54 Мбит/с суммарно для всех устройств[8]. Но данное преимущество порождает соответствующий недостаток - высокое энергопотребление для устройств, подключенных к данной сети. Также недостатком данной сети считается количество поддерживаемых топологий сети, а именно "точка-точка" и "звезда".

Таблица 2 – Сравнение средств беспроводной связи

	IrDA	Bluetooth (LE и Mesh)	ZigBee	Wi-Fi
Частотный диапазон, ГГц	0.016	(2,400 – 2,483)	(2,400 – 2,483)	(2,412 – 2,484)
Скорость передачи, кбит/с	16000	До 2000	250	54000
Дальность связи, м	1,5	250	200	100
Потребление тока работа, мА /сон, мкА	0,17/0,1	70/20	30/1	450/-
Поддерживаемая топология	"точка - точка", "точка - много точка"	"точка-точка", "звезда", "Mesh"	"точка-точка", "звезда", "дерево", "Mesh"	"точка-точка"

В следствие того, что электронный ценник как устройство должен длительное время работать от автономного источника питания, а самих электронных ценников на территории магазина может быть тысячи или десятки тысяч, то использование wi-fi становится невозможным из-за высокого энергопотребления. ZigBee же не подходит по предельной скорости передачи данных, так как в один момент может потребоваться обновления слишком большого количества ценников, а из-за низкой скорости обмена становится необходимым в увеличении времени нахождения устройств в радио эфире, что так же приводит к увеличению затрат электроэнергии. Bluetooth же выигрывает в данном вопросе в основном за счет своих дополнений в стандарт, а именно Bluetooth LE и Bluetooth Mesh, которые позволяют построить качественную mesh сеть для распределения пакетов данных обновлений по шлюзам, которые в свою очередь будут распространять их на подписанных на них ценники.

1.4 Обзор литературы по средствам отображения информации

Для отображения информации существует также широкий перечень различных видов дисплеев. В основном все дисплеи можно разделить на два класса: те, что отображения информации излучают свет, используя светодиоды, и те, что работают с поступающим светом из вне, формируя особую среду для поступающего света, чтобы при отражении формировалась необходимая зрительная картина. Первый класс в основном использует светодиоды и светофильтры в пикселях для формирования изображения, от чего являются менее энергоэффективными по сравнению с со вторым классом, который изменяет состояние пикселей путем изменения состояний веществ внутри этих пикселей. С другой стороны, из-за особенностей строения пикселей, дисплеи второго класса не могут поддерживать столь же высокую частоту смен кадров, а также количество цветов, которые доступны для

использования при формировании изображения, значительно ниже того количества, что доступно дисплеям первого класса.

Для таких автономных устройств, как электронные ценники, в первую очередь необходим тип дисплея с минимально возможным потреблением. Также зачастую при формировании печатных ценников используется в среднем 1-2 цвета помимо цвета фона: 1 цвет для текста и 1 цвет для обозначения акции. Поэтому стоит рассматривать дисплеи только второго класса. Представителями данного класса являются LCD дисплеи и дисплеи e-Paper. Стоит отметить, что LCD так же относится и к первому классу, так как технология данного дисплея имеет две вариации, при которой работа осуществляется либо с генерируемым благодаря светодиоиду светом, либо с поступающим извне светом.

1.4.1 Дисплеи LCD

LCD (англ. Liquid Cristal Display – жидкокристаллический дисплей, ЖК дисплей) – технология построения дисплеев, разработанная в конце 1990х. Основой данного дисплея служит жидкий кристалл, главными свойствами которого является текучесть и анизотропность. Работа данных свойств вместе позволяет создавать ячейки пикселей с переменными оптическими свойствами за счет изменения ориентации кристаллов под действием электрического тока. Как уже было сказано ранее, технология LCD имеет вариации, позволяющие работать со светом разной природы. Но строение и принцип действия мало чем отличаются. Общее строение приведено на рисунке 1.

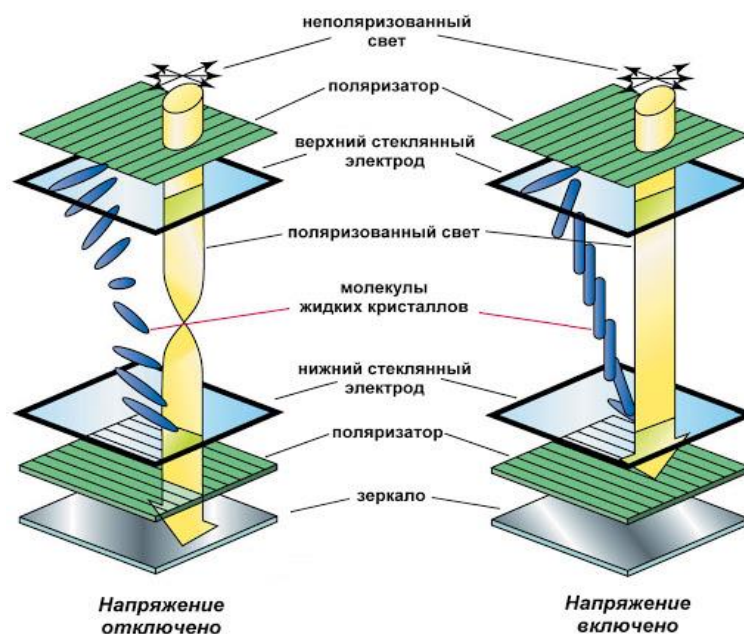


Рисунок 1 – Строение ячейки пикселя LCD дисплея

Принцип работы LCD дисплея заключается в поляризации поступающего извне света (или генерируемого света самим дисплеем через светодиодную подложку) одним образом, пропускании поляризованного света через слой жидкого кристалла и дальше через второй поляризатор, повернутый на 90 градусов относительно первого. В случае, если к жидкокристаллическому слою не приложено напряжение, кристаллы в слое ориентированы так, что образуют собой третий поляризатор, изменяющий поляризацию поступающего не него света так, чтобы был в состоянии пройти через второй статичный поляризатор. Когда же приложения напряжения к слою жидких кристаллов, последний меняет свою ориентацию и поляризованный свет, поступающий на этот слой, не изменяет своих свойств и не проходит через второй поляризатор. В случае использования вариации технологии LCD, работающей с поступающим извне светом, после второго статичного поляризатора находится слой зеркала, отражающий прошедший через все слои свет и ячейка пикселя не видна; если же свет не изменил свою поляризацию и не прошел через второй статичный поляризатор, то на дисплее будет виден черный пиксель. Обратная ситуация с технологией LCD, использующей генерацию света светодиодной подложкой, заменяющий

зеркальный слой в том месте, где он используется в первой вариации. В данном случае, при протекании света через жидкокристаллический слой и изменении своей поляризации, первый проходит через выходной поляризатор и засвечивает цветовой фильтр, создавая тем самым свечение конкретного цвета. Яркость же свечения в обеих вариациях регулируется величиной прикладываемого к жидкокристаллическому слою напряжения, влияя на конечную ориентации кристаллов с слое.

Преимуществом ЖК дисплея, выполненного по технологии, работающей с поступающим из вне светом, состоит в том, что для поддержания работы дисплея необходима относительно малая мощность от единиц мкВт до десятков мВт. Обратной стороной данного вопроса является недостаток, связанный с тем, что для долговечной работы ячеек пикселей или сегментов необходимо прикладывать переменное напряжения к контактам ячейки, а также делать это на протяжении всего времени отображения информации.

1.4.2 Дисплеи e-Paper

E-Paper (англ. electronic paper – электронная бумага) – технология построения дисплеев, основанная на явлении электрофореза, заключающегося в перемещении частиц дисперсионной фазы в жидкостях или газах под действием электрического тока. Формирование зрительной картины на таких дисплеях производится формированием изображения на плоскости экрана за счет перемещения частиц различного окраса в ячейках пикселей. Структура таких дисплеев значительно проще структуры LCD дисплеев, так как работа производится не с самим светом, а со средой, что будет его отражать. Ячейка пикселя такого дисплея (см. рисунок 2) представляет собой капсулу (3), расположенную между парой (или несколькими парами) электродов(2 и 7) на подложке(8). Внутри капсула заполнена масляной жидкостью(6) и частицами различных цветов. В

простейших таких дисплеях используется частицы белого(4) и черного (5) цвета. На поверхности расположен прозрачный защитный слой (1), отделяющий верхний электрод(2) от внешней среды.

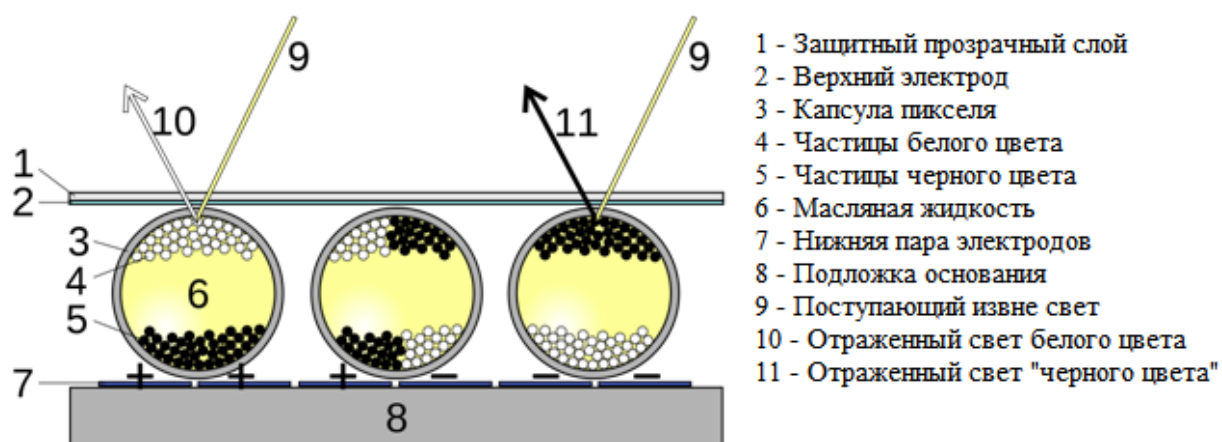


Рисунок 2 – Строение ячейки пикселя e-Paper

Как уже упоминалось, принцип работы данного дисплея основан на явлении электрофореза. А именно при подаче положительного потенциала на нижний электрод(7) относительно верхнего электрода(2), частицы черного окраса будут притягиваться ко дну, а белые к поверхности дисплея, формируя пиксель белого цвета. Напротив, при прикладывании отрицательного потенциала к нижнему электроду(7) относительно верхнего электрода(2), уже черные частицы стремятся к поверхности, меняясь с белыми местами. При необходимости формирования различного градиента серого используется комбинирование потенциалов на нижнем электроде(7).

Одним из главных преимуществ данного дисплея является то, что электроэнергия в таких дисплеях тратится только на изменение изображения. После того, как было стерто старое изображение и установлено новое, дисплей практически не потребляет мощность, а если отключить подачу питания на дисплей, то картинка будет сохраняться бесконечно долго. Но из этого же вытекает недостаток данного дисплея - необходимость проведения стирания старого изображение во избежание сохранения фрагментов предыдущих изображений, которые в отношении данных дисплеев принято

называть "призраками". Также значительным недостатком является необходимость периодически обновлять изображение на дисплее, так как из-за структуры капсулы пикселя в течение длительного периода времени возможно застаивание частиц ухудшение качества работы дисплея в будущем.

2 Разработка системы электронного ценника

2.1 Выбор направления в разработке

Проведя обзор устройств аналогов электронных ценников, представленных на рынке, было выявлено, что в подавляющем большинстве электронный ценник использует в качестве средства отображения информации дисплеи по технологии e-Paper. Также предпочтительным средством беспроводной связи для обновления ценников является частоты 2,4ГГц, в том числе и Bluetooth.

При рассмотрении проблемы продвижения электронных ценников на рынке, в том и на российском рынке, было выявлено, что главной проблемой было и остается высокая стоимость одного электронного ценника. Поэтому разработка в данной области подразумевает поиск путей снижения стоимости производства электронных ценников. Это возможно реализовать лишь за счет снижения стоимости электронного состава самого ценника, а также за счет снижения затрат на производство. Также было замечено, что у всех компаний, которые участвовали в обзоре аналогов, электронные ценники представляют собой конечный узел, закрытый от внешнего мира физически и производящий обмен данными только с узлом распределения данных.

Таким образом, было выбрано направление разработки электронного ценника путем объединения полочной группы ценников в систему "master-slave" или же "мастер-подчиненный". В данном случае становится возможным произвести упрощение электронного состава устройств всех подчиненных ценников, в то время как устройство "мастера" сохраняет возможность обмена данными с узлами распределения пакетов обновления, а также с подчиненными посредством более дешевых средств связи.

В качестве интерфейса беспроводной связи "мастера" с узлами распределения пакетов обновлений был выбран Bluetooth LE, для связи с "подчиненными ценниками" решено использовать инфракрасный порт IrDA

из-за простоты своего устройства и малых затрат электроэнергии при передаче данных.

2.2 Разработка структурной схемы

Перед тем, как пытаться подбирать компоненты для реализации системы полочной группы электронных ценников, необходимо определиться со структурой каждого из устройств и того, как полученная система устройств будет работать в системе всего магазина.

Для того, чтобы реализовывать свою основную задачу, электронному ценнику необходим дисплей для отображения информации о товаре и цены. Для этого необходим (микро-) контроллер для осуществления приема из внешней среды пакетов обновлений и передача их на дисплей. По заданию от руководителя, для реализации электронных ценников необходимо использовать стандарт Bluetooth 5 в качестве средства обмена данными ценников с сервером. Для этого необходим контроллер, поддерживающий работу с данным стандартом.

Так же согласно выбранной стратегии разработки вся полочная группа ценников делится на одно устройство мастера и некоторое множество ценников подчиненных. Для реализации распределения данных между ними был выбран инфракрасный порт. Для реализации полноценного и не затратного по времени распределения пакетов данных необходимо спроектировать и оснастить электронный ценник ретранслятором инфракрасного сигнала. Для этого ретранслятор должен быть спроектирован так, чтобы выходной с него сигнал не мог быть воспринят как входной, для чего требуется реализовать полноценное разделение областей распространения сигналов, либо расположить приемную и передающую части по разные стороны от электронного ценника. При этом всем ценник "мастер" должен быть оснащен лишь составляющей для отправки сообщений, а замыкающий ценник "подчиненный" - только частью для

приема данных, чтобы не допустить распространения пакетов данных к ценникам, для которых они не предназначены.

Для поддержания работы в подобных устройствах в течение продолжительного времени (от 1 года) требуется емкая батарея аккумуляторов. В то же время электронный ценник должен представлять из себя компактную сборку, от чего батарея аккумуляторов должны быть как можно меньше.

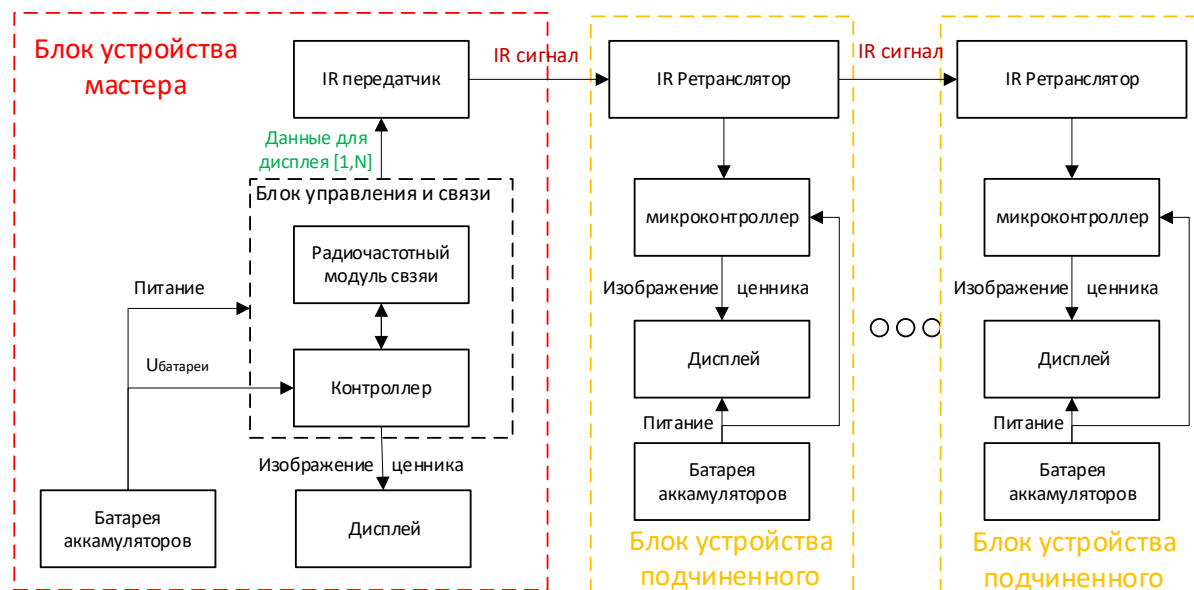


Рисунок 3 – Структурная схема полочной группы ценников

Здесь микроконтроллер, поддерживающий работу с Bluetooth 5 представлен как блок управления и связи, т.к. подразумевается возможность замены такого контроллера на контроллер и модуль связи по данному интерфейсу. Также на данной схеме не приведены элементы поддержания работы микроконтроллера и дисплея в тех или иных режимах функционирования, поскольку они подбираются для каждого органа свои.

2.3 Выбор дисплея

Как уже говорилось ранее, предпочтительным у компаний, производящих электронные ценники, является дисплей на основании технологии e-Paper. Связано это кроме уже перечисленных преимуществ с

тем, что в отличие от сегментных LCD дисплеев, дисплеи e-Paper позволяют выводить не только значение стоимости товара и денежной единицы, в которой производится торговля, но и все прочую информацию по типу наименования товара, акционной окраски ценника, QR кода на подробную информацию и прочего. Также данный дисплей позволяет отображать различные сформированные шаблоны ценников. Поэтому было решено также использовать дисплей e-Paper.

Так как не существует единого регламента к размерам и дизайну печатных ценников, было решено использовать дисплей с размерами близкими к печатным, встречающимися в реальных магазинах. Такими размерами являются длина от 45 до 60 мм и ширина от 20 до 35 мм. Также было необходимо выбрать дисплей с поддержкой трех цветов: 1 цвет фона, 1 цвет текста и 1 цвет обозначения акции по данному товару.

В России на данный момент отсутствует производство дисплеев по технологии e-Paper. Поэтому выбор осуществлялся среди зарубежных производителей. Данным требованиям соответствует e-Paper дисплей компании Waveshare 2.13" e-Paper HAT (B) [9] (рисунок 3).



Рисунок 4 – Дисплей 2.13" e-Paper HAT (B)

Таблица 3 – Параметры выбранного e-Paper дисплей

Параметры	Ед. измерения	Значение
Размеры экрана	мм	48.55(Г)×23.71(В)
Разрешение дисплея	пиксель	212(Г)×104(В)
Макс. напряжение питания	вольт	3,6
Время обновления дисплея	с	12
Интерфейс подключения	–	SPI
Макс. потребляемая мощность	мВт	40
Количество цветов	–	3 (черный, белый, красный)

В данной спецификации указано, что в случае использования режима работы, при котором используется три цвета, то для кодирования одной ячейки пикселя необходимо два бита: один для кодирования черного/белого цвета и один для выбора красного цвета. Также запись изображения на дисплей происходит в два этапа: сначала записывается информация об черно-белой составляющей изображения, после этого записывается информация об красной составляющей изображения.

Из полученных цифр можно рассчитать минимально необходимое количество RAM памяти для хранения изображения, которым должен обладать контроллер:

$$M_{RAM.min} = P_{гор} * P_{верт} * C = 212 * 104 * 2 = 44\ 096 \text{ бит} \approx 5.4 \text{ кБайт}$$

где $M_{RAM.min}$ – рассчитываемое минимально необходимое количество RAM памяти для хранения изображения, $P_{гор}$ – количество пикселей по горизонтали, $P_{верт}$ – количество пикселей во вертикали, C - количество бит для кодирования одного пикселя (зависит от количества цветов)

Но как уже было сказано, изображение записывается в два этапа, из чего становится возможным уменьшить минимально необходимое количество памяти для хранения изображения в двое (2.7 кБ), поскольку появляется возможность по полученной информации сформировать сначала черно-белую составляющую изображения и отправить ее в дисплей и только после сформировать составляющую третьего цвета и заниматься его отправкой.

С другой стороны, красный (или желтый) цвет должны использоваться для обозначения акции по конкретному товару. Зачастую в таком случае белый фон ценника полностью заменяется на цвет обозначения акционной цены, т.е. в нашем случае - красным цветом. Согласно спецификации, кодирование пикселя дисплея возможно настроить так, чтобы для разрешения записи черного цвета (цвета текста) использовалось одно значение из единицы и нуля, а разрешение записи белого или красного – другое значение, но находящееся при этом в разных разрядах. Благодаря этому становится возможным избегание операции формирования красной составляющей изображения, поскольку предыдущая черно-белая составляющая картины в случае повторной записи в качестве цветной составляющей изображения заменит весь белый цвет на красный.

Таким образом, минимально необходимое количество памяти RAM под хранение изображения уменьшается до 22 048 бит или примерно 2,7 кБ.

Преимуществом данного метода формирования изображения будет являться то, что для этого контроллеру необходимо передать лишь информацию об тексте для отображения и цену о товаре. Недостатком же данного метода, происходящим из данного преимущества, является то, что в контроллере или во внешней памяти необходимо хранить библиотеку изображений символов, за счет которых будет формироваться изображение.

Также недостатков такого метода будет являться и то, что во время перехода в режим сна вся оперативная память будет обнуляться, от хранения

библиотек символов становится возможным только в памяти программы контроллера. Для этого необходимо рассчитать минимально необходимое количество памяти для хранения всех символов. Чтобы это сделать, необходимо определиться с размерами шрифта. Эмпирическим путем было выявлено, что наиболее читабельными и соответствующим размерам шрифта в реальных печатных ценниках являются шрифт №16 для текста об товаре и шрифт №40 для значения цены. Оба этих шрифта включены в библиотеки, предлагаемые производителем, но в них включены только символы таблицы ASCII. Т.е. для того, чтобы было возможно использовать эти библиотеки для российского рынка, необходимо дополнить библиотеку шрифта №16 русскими символами в верхнем и нижнем регистре. С библиотекой шрифта № 40 производится обратная операция, а именно удаление неиспользуемых символов, т.к. из нее будет использована лишь символы цифр, запятой и точки. Наличие последних двух символов связано с тем, что в различных магазинах разделение цены на "рубли" и "копейки" осуществляется одним из этих двух символов. Также необходимо учитывать то, что нередко количество копеек пишется на ценнике меньшим по размеру шрифтом, чем составляющая цены в рублях. На этот случай можно использовать шрифт №24, также включенный в пакет библиотек. Как и в случае с шрифтом №40, из шрифта №24 будут использованы лишь символы цифр.

Теперь для того, чтобы рассчитать долю памяти, которую будет занимать вся библиотека изображений символов необходимо обратиться к предоставляемым компанией производителем библиотекам. Так для шрифта №16 количество символов будет равно 158, из которых 95 печатаемых символов из таблицы ASCII и 63 символов русского алфавита в верхнем и нижнем регистре (без верхнего регистра букв "ь", "ы", "ъ"). Размер символа ограничен пространством 16*11 точек, но для кодировки всей горизонтальной строки точек используется два байта , поэтому один символ занимает в памяти микроконтроллера 16*16 бит или 256 бит. Для шрифта

№24 используется 10 символов по 24*17 байт, но строка точек в изображении кодируется 24 битами (3 полных байта), отчего один символ в памяти будет занимать место 24*24 бит, что равно 576 бит. Для шрифта №40 используется 12 символов размером 40*24 точки, что полностью укладывается в такое же количество бит, а именно 960 бит. Таким образом, можно рассчитать долю оперативной памяти, которую будет занимать вся библиотека символов:

$$M_{lib} = S_{16} * M_{S.16} + S_{24} * M_{S.24} + S_{40} * M_{S.40} = \\ = 158 * 256 + 10 * 576 + 12 * 960 = 57\,728 \text{ бит} \approx 7.05 \text{ кБ} ,$$

где M_{lib} – рассчитываемое количество памяти для хранения библиотек, S_{16}, S_{24}, S_{40} – количество используемых символов шрифта №16, №24 и №40, $M_{S.16}, M_{S.24}, M_{S.40}$ – количество бит, необходимое для кодирования изображения одного символа шрифта №16, №24 и №40.

Альтернативой для микроконтроллеров, обладающих недостаточным количеством оперативной памяти для формирования изображения или памяти программы для хранения всей библиотеки символов, является работа в качестве преобразователя интерфейсов IrDA в SPI. Такой вариант работы позволит передавать по инфракрасному каналу уже сформированное изображение, а микроконтроллер будет получать его и отправлять обновлять информацию об изображении по SPI.

2.4 Выбор микроконтроллера

Так как было решено разрабатывать электронные ценники двух форматов, "мастер" и "подчиненный", различающиеся электронным составом, то необходимо произвести выбор микроконтроллеров, которые в свою очередь будут производить управление своими устройствами.

Так как было принято, что устройство "мастер" будет связываться с узлами распределения пакетов обновлений ценников по средством Bluetooth LE, для связи с подчиненными ценниками - посредством IrDA, а также то,

что используемый дисплей использует интерфейс SPI в качестве связи с контроллером, то необходимо выбрать микроконтроллер, отвечающий следующим требованиям:

- возможность беспроводной связи по средством Bluetooth
- наличие встроенных интерфейсов SPI и IrDA
- наличие встроенных часов реального времени, поддерживающих работу в режиме сна
- низкое энергопотребление
- наличие минимум 2.7 кБ оперативной памяти для формирования изображения
- наличие минимум 7.05 кБ памяти программы для хранения библиотек изображений символов

Таким требованиям отвечает микроконтроллер nRF52840[10], предложенный руководителем проекта. Данный микроконтроллер выделяется на фоне всех прочих рассмотренных перед разработкой тем, что имеет низкое энергопотребление, значение которого во время работы достигает насчитывает единицы мА, а во время сна – единицы мкА.

Таблица 4 – Характеристики микроконтроллера nRF52840

Параметры	Ед. измерения	Значение
Ширина шины данных	бит	32
Частота работы	МГц	64
Размер памяти программы	МБ	1
Объем памяти RAM	кБ	256
Поддерживаемые интерфейсы беспроводная связь	–	Bluetooth 5, Bluetooth mesh
Встроенные интерфейсы	–	UART, SPI, TWI, PDM, I2S, QSPI
Пиковое значение при отправке/приеме данных(Тх/Rx)	мА	4,9/4,8
Потребление в режиме сна с выходом из него по RTC	мкА	1.3
Стоимость компонента	руб	397

В качестве контроллера для управления подчиненным ценником был выбран микроконтроллер stm8l151k6ub [11]. Основой выбора данного микроконтроллера выступает то, что данный микроконтроллер подходит по требованиям, а также имеет минимальную стоимость на рынке.

Таблица 5 – Характеристики микроконтроллера stm8l151k6u6

Параметры	Ед. измерения	Значение
Ширина шины данных	бит	8
Частота работы	МГц	16
Размер памяти программы	кБ	32.77
Объем памяти RAM	кБ	4
Встроенные интерфейсы	–	UART, SPI, TWI, IrDA
Потребление в режиме сна с выходом из него по RTC	мкА	1.3
Стоимость компонента	руб	27

2.5 Подбор батареи

Для того, чтобы оценить минимально необходимую емкость батареи для продолжительной автономной работы электронного ценника необходимо знать следующие параметры устройства:

- режимы работы устройства и их особенности
- приблизительный объем операций в каждом режиме
- время нахождения устройства в том или ином режиме
- объем энергопотребления в каждом из режимов
- необходимый период автономной работы на одной батарее

2.5.1 Длительность автономной работы устройства

Первым и наиболее простым в обосновании параметром является необходимый период автономной работы.

Основная задача электронного ценника как технологичной альтернативы традиционным бумажным ценникам - снизить у персонала до минимума необходимость посещения точек расположения ценников с целью поддержания их работы. Иными словами, могут существовать лишь две причины у персонала подойти к ценнику именно для взаимодействия с ним:

- обновить или забрать на зарядку батарею у разряженного ценника
- обновить на месте вышедший из строя ценник

Поэтому период автономной работы можно оценить в 1 год. При такой длительности работы должны эффективно работать ценники как для продуктов, цены на которые меняются по какому либо ярко выраженному закону, так и для продуктов, цены которых изменяться от силы 1 или 2 раза в год.

2.5.2 Режимы работы

Из-за особенностей работы проектируемого устройства, для дальнейшей оценки необходимо эффективно разделить весь суточный период работы устройства на режимы согласно исполняемых функций:

- режим сна - дисплей обесточен или переведен в режим ожидания с минимальным потреблением, контроллер в спящем режиме, выход из которого осуществляется по счетчику часов реального времени;
- активный режим - режим работы, условно состоящий из режима обмена информацией и режима обновления дисплея;

- режим обмена информацией - режим, в течение которого происходит прием новой информации для отображения и отправка состояния разряда батареи;
- обновление информации на дисплее - режим записи и обновления изображения на дисплее

Для оценки емкости батареи, необходимой для исправной работы устройства в течении дня (как и года), необходимо знать для каждого режима время работы и энергопотребления. Тогда теоретическая минимальная емкость батареи будет находится по формуле:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{год}} &= N_{\text{суток}} * C_{\text{сутки}} = N_{\text{суток}} * (C_{\text{сон}} + C_{\text{обм}} + C_{\text{обн}}) = \\
 &= N_{\text{суток}} * C_{\text{сутки}} = N_{\text{суток}} * (t_{\text{сон}}I_{\text{сон}} + t_{\text{обм}}I_{\text{обм}} + t_{\text{обн}}I_{\text{обн}}) = \\
 &= N_{\text{суток}} * ((t_{\text{сутки}} - t_{\text{обм}} - t_{\text{обн}})I_{\text{сон}} + t_{\text{обм}}I_{\text{обм}} + t_{\text{обн}}I_{\text{обн}}) = \\
 &= N_{\text{суток}} * (t_{\text{сутки}}I_{\text{сон}} + t_{\text{обм}}(I_{\text{обм}} - I_{\text{сон}}) + t_{\text{обн}}(I_{\text{сон}} - I_{\text{обн}})) \quad (1) ,
 \end{aligned}$$

где $C_{\text{год}}$ - искомая емкость батареи, $C_{\text{сутки}}$ - "дневной расход" батареи, $N_{\text{суток}}$ - количество суток в году, берется значение 356 дней, $t_{\text{сон}}$ - время в режиме сна, $I_{\text{сон}}$ - потребление тока в режиме сна, $t_{\text{обм}}$ - время в режиме обмена информацией, $I_{\text{обм}}$ - потребление тока в режиме обмена информацией, $t_{\text{обн}}$ - время в режиме обновления дисплея , $I_{\text{обн}}$ - потребление тока в режиме обновления дисплея, $t_{\text{сутки}}$ - время в часах в сутках (примем 24 ч).

В данной формуле (1) можно видеть, что расчет дневной емкости потребления был преобразован из суммы потреблений каждого режима работы в потребление питания в режима сна за полные сутки (как если бы устройство находилось в режима сна весь день) в сумме с потреблением в каждом режиме с вычетом прежде учтенной в режиме сна составляющей.

2.5.3 Энергопотребление EPD дисплея

Основная особенность EPD дисплея заключается в том, что энергия ему необходима только для обновления отображаемой информации, в то время как для "работы по удержания изображения" энергия не требуется. С другой стороны, в основном EPD дисплей представляет собой запаянный модуль в виде самой матрицы пикселей и электрической цепи, обслуживающей ее работу. И вот эта электрическая цепь уже потребляет некоторую мощность даже во время ожидания.

Для разработки ЭЦ для реальности российского рынка был выбран EPD дисплей компании Waveshare 2.13inch e-Paper HAT (B), так как имеет наиболее близкие к размерам российского ценника размеры рабочей зоны экрана. Обратимся к спецификации[10] на этот дисплей для оценки его энергопотребления. Ниже представлена выписка необходимых параметров из таблицы по пункту 7-2 спецификации[10] при условии номинального напряжения питания 3.3 В (max 3.6 В) и температуры 25 С°:

- $I_{\text{обн}}$ – ток обновления изображения 8мА (max 10 мА)
- $I_{\text{ожид}}$ – ток в режиме ожидания max 5мкА
- $P_{\text{обн}}$ – мощность при обновлении дисплея 26,4 мВт (max 40 мВт)
- $P_{\text{ожид}}$ – мощность в режиме ожидания max 16,5 мкВт
- $t_{\text{обн}}$ – время обновления изображения $t_{\text{обн}}$ 12 сек (max 15 сек) при частоте тактирования внутреннего генератора (таблица из пункта 7-3 [1]) - 1,625 МГц
- $I_{\text{гл.сон}}$ – Ток в режиме глубокого сна (отсутствие тактирования и входной нагрузки, dc/dc преобразователь выключен, данные оперативной памяти не хранятся) 2 мкА (max 5 мкА)
- $I_{\text{сон}}$ – Ток в режиме сна (при отсутствии тактирования и входной нагрузки, dc/dc преобразователь выключен, данные оперативной памяти хранятся) - 35 мкА (max 50 мкА)

2.5.4 Энергопотребление микроконтроллера

Как уже говорилось, контроллером устройства мастера выступает микроконтроллер nRF52840. Прежде чем пытаться оценивать энергопотребление микроконтроллера, необходимо отметить одну хоть и очевидную, но все же важную деталь. Микроконтроллер имеет на борту множество встроенных компонентов, различные комбинации которых дают в результате разное потребление мощности. Поэтому прежде всего необходимо определить то, какие встроенные компоненты МК мы будем использовать в каждом из режимов:

2.5.4.1 Режим сна

Для режима сна строго необходимо наличие некоего алгоритма или компонента встроенной периферии, который бы вводил устройство в данный режим и по истечению необходимого времени производил вывод его из сна. В nRF52840 такая роль возложена компонент RTC, работа которых возможна при одном из режимов работы МК с пониженным электропитанием. Данным режимом является "System On"(см. пункт 16.4)[10]. Судя по спецификации, данный режим не является самым наименее потребляющим режимом сна, но только этот режим поддерживает возможность выхода из режима сна силами самого МК, а не лишь посредством входящих внешних сигналов, как в режиме "System Off". Также для корректного входа и выхода из режима сна необходимо хранение времени выхода из данного режима. Также стоит учесть, что традиционно встроенные элементы для задания скорости тактирования имеют некоторую ощутимую погрешность работы в долгосрочном режиме. Для того, чтобы обеспечить качественный сон устройства с выходом на работу в строго указанное время, необходимо обеспечить МК внешним кварцевым резонатором на 32768 Гц. Для его использования контроллер также потребляет некоторую мощность.

Токи потребления компонентов согласно спецификации[10]:

- $I_{System\ On}$ – ток в режиме "System ON" без поддержки ОЗУ: 0.7мкА
- I_{RTC} – рабочий ток RTC: 0.1мкА
- $I_{кварц}$ – рабочий ток использования кварцевого резонатора 32.768 кГц: 0.23мкА
- $I_{RC.normal}$ – рабочий ток встроенного тактирующего генератора на RC цепи 32.768 кГц в нормальном режиме работы: 0.7мкА
- $I_{RC.ultra-low}$ – рабочий ток встроенного тактирующего генератора на RC цепи 32.768 кГц в режиме сверхнизкой мощности: 0.2мкА

Таким образом, мы можем рассчитать ток потребления МК в режиме сна при напряжении питания 3.3В:

$$I_{сон} = I_{System\ On} + I_{RTC} + \{I_{кварц}; I_{RC.normal}; I_{RC.ultra-low}\} =$$

$$= 0.7\text{мкА} + 0.1\text{мкА} + \{0.23; 0.7; 0.2\}\text{мкА} = \{1.03; 1.5; 1.0\}\text{мкА}$$

По итогу, мы видим, что потребление тока в случае использования внутренней RC цепи в режиме сверхнизкой мощности потребления на 30нА меньше, чем в случае использования внешнего кварцевого резонатора. С другой стороны, ранее было сказано, что погрешность работы RTC в случае использования внешнего резонатора гораздо ниже чем если использовать встроенную RC цепь. Поэтому принимается в учет значение в случае использования внешнего резонатора, а именно 1.03мкА.

2.5.4.2 Режим обмена информации

Изначально режим активной работы был разделен на два побочных из-за того, что возможен ряд ситуаций, когда то или иной действие не будет выполняться. К примеру, в один из вечеров ЭЦ "просыпается", производит запрос об наличии новой информации для него, но получает отказ, после чего перезаписывает изображение на экране для исключения возникновения остаточного следа на EPD дисплее. Или же из-за возросшего объема

обновлений в определенный день работы длительность работы устройства в данном режиме может многократно возрасти. Поэтому расчет данного режима для МК будет производиться для стандартного режима обмена данными. Из-за ряда особенностей работы в данном режиме, объясняющих те или иные затраты по времени обмена данными, и которые объясняются в полном проекте, принимается время работы в режиме обмена данными $t_{обм} = 10$ минут, из которых условно 1 минута на отправку сообщений (t_{Tx}) и 9 минут на прием или ожидание сообщений (t_{Rx}). Из спецификации [10] на микроконтроллер:

- $I_{раб.уд.}$ – удельный рабочий ток Cortex ядра контроллера 52мкА/МГц
- f_{max} – предельная частота тактирования контроллера: 64 МГц
- I_{Tx} – пиковый ток при передаче сообщений (Tx mode) : 4.8 мА
- I_{Rx} – пиковый ток при приеме сообщений (Rx mode) : 4.6 мА

Таким образом, мы можем рассчитать ток потребления МК в режиме обмена данными при напряжении питания 3.3В:

- При отправке сообщений (Tx):

$$I_{обм.Tx} = I_{раб.уд} * f_{max} + I_{Tx} = 52 \frac{\text{мкА}}{\text{МГц}} * 64 \text{МГц} + 4.8 \text{мА} = 8.128 \text{мА}$$

- При приеме сообщений (Rx):

$$I_{обм.Rx} = I_{раб.уд} * f_{max} + I_{Rx} = 52 \frac{\text{мкА}}{\text{МГц}} * 64 \text{МГц} + 4.6 \text{мА} = 7.928 \text{мА}$$

2.5.4.3 Режим обновления изображения на дисплее

Данному режиму присуще только работа самого ядра микроконтроллера и SPI шины работы с EPD дисплеем. Поэтому для оценки энергопотребления МК в данном режиме из спецификации необходимо вынести только потребление Cortex ядра МК, т.к. для использования SPI не требуется дополнительная мощность согласно спецификации [10].

- $I_{\text{раб.уд.}}$ – удельный рабочий ток Cortex ядра контроллера 52мкА/МГц
- f_{max} – предельная частота тактирования контроллера: 64 МГц
- Таким образом, ток потребления МК в режиме обновления изображения дисплея при напряжении питания 3.3В:

$$I_{\text{обн}} = I_{\text{раб.уд}} * f_{\text{max}} = 52 \frac{\text{мкА}}{\text{МГц}} * 64 \text{МГц} = 3.328 \text{мА}$$

2.5.5 Расчет минимально необходимой мощности

После того, как было проанализировано позиции энергопотребления EPD дисплея и микроконтроллера, можно производить расчет теоретической минимально необходимой емкости батареи аккумуляторов для разрабатываемого устройства. Обратимся к формуле (1), составленной в пункте 2.4.2:

$$C_{\text{год}} = N_{\text{суток}} * (t_{\text{сутки}} I_{\text{сон}} + t_{\text{обм}} (I_{\text{обм}} - I_{\text{сон}}) + t_{\text{обн}} (I_{\text{сон}} - I_{\text{обн}}))$$

В процессе анализа спецификации МК выяснилось, что при в режиме обмена информацией токи потребления при отправке и при приеме отличаются. Поэтому требуется модифицировать формулу (1) путем разделения выражения для нахождения ежедневного расхода емкости на обновление информации на два выражения, каждое из которых должно учитывать либо ток при отправке сообщений, либо ток при приеме сообщений:

$$C_{\text{год}} = N_{\text{суток}} * (t_{\text{сутки}} I_{\text{сон}} + t_{\text{обм.Тх}} (I_{\text{обм.Тх.полн}} - I_{\text{сон}}) + t_{\text{обм.Рх}} (I_{\text{обм.Рх.полн}} - I_{\text{сон}}) + t_{\text{обн}} (I_{\text{обн}} - I_{\text{сон}})), (2)$$

где $t_{\text{обм.Тх}}$ - выделенное время для отправки сообщений, $t_{\text{обм.Рх}}$ - выделенное время для приема сообщений, $I_{\text{обм.Тх.полн}}$ - полный ток в режиме обмена информацией при отправке сообщений, $I_{\text{обм.Рх.полн}}$ - полный ток в режиме обмена информацией при приеме сообщений.

Данные для расчета:

- Количество суток в году $N_{\text{суток}} = 365$ суток
- Принятая длина суток в часах $t_{\text{сутки}} = 24$ ч
- Ток потребления в режиме сна у EPD дисплея $I_{\text{сон.EPD}} = 2\text{мкА}$
- Ток потребления в режиме сна у МК $I_{\text{сон.МК}} = 1.03\text{ мкА}$
- Ток потребления в режиме обновления изображения экрана у EPD дисплея $I_{\text{обн.EPD}} = 8\text{мА}$
- Ток потребления в режиме обновления изображения экрана у МК $I_{\text{обн.МК}} = 3.328\text{ мА}$
- Ток потребления в режиме обмена данными при отправке сообщений (Tx) у МК $I_{\text{обм.Tx}} = 8.128\text{мА}$
- Ток потребления в режиме обмена данными при приеме сообщений (Rx) у МК $I_{\text{обм.Rx}} = 7.928\text{мА}$

Найдем общие токи потребления всех органов в каждом из режимов:

- Ток в режиме сна:
- $I_{\text{сон}} = I_{\text{сон.EPD}} + I_{\text{сон.МК}} = 2\text{ мкА} + 1.03\text{мкА} = 3.03\text{мкА}$
- Ток в режиме обновления изображения экрана:
- $I_{\text{обн}} = I_{\text{обн.EPD}} + I_{\text{обн.МК}} = 8\text{мА} + 3.328\text{мА} = 11.328\text{ мА}$
- Полный ток в режиме обмена данными при отправке сообщений (Tx):
 $I_{\text{обм.Tx.полн}} = I_{\text{обм.Tx}} + I_{\text{сон.EPD}} = 8.128\text{мА} + 2\text{мкА} = 8.13\text{ мА}$
- Полный ток в режиме обмена данными при приеме сообщений (Rx):
 $I_{\text{обм.Rx.полн}} = I_{\text{обм.Rx}} + I_{\text{сон.EPD}} = 7.928\text{мА} + 2\text{мкА} = 7.93\text{ мА}$
- Время в режиме обмена данными при отправке сообщений (Tx)
 $t_{\text{обм.Tx}} = 1\text{мин} = 1/60\text{ часа}$
- Время в режиме обмена данными при приеме сообщений (Rx)
 $t_{\text{обм.Rx}} = 9\text{ мин} = 3/20\text{ часа}$

- Время в режиме обновления изображения экрана
 $t_{\text{обн}} = 12 \text{ сек} = 1/300 \text{ часа}$

Теперь можно произвести расчет теоретической минимально необходимой емкости батареи на срок работы ≥ 1 года:

$$\begin{aligned}
 C_{\text{год}} &= N_{\text{суток}} * (t_{\text{сутки}} I_{\text{сон}} + t_{\text{обм.Тх}} (I_{\text{обм.Тх.полн}} - I_{\text{сон}}) + \\
 &\quad + t_{\text{обм.Рх}} (I_{\text{обм.Рх.полн}} - I_{\text{сон}}) + t_{\text{обн}} (I_{\text{обн}} - I_{\text{сон}})) = \\
 &= 356 \text{ суток} * (24 \text{ ч} * 3.03 \text{ мкА} + \frac{1}{60 \text{ ч}} * (8.13 \text{ мА} - 3.03 \text{ мкА}) + \\
 &\quad + \frac{3}{20} \text{ ч} * (7.93 \text{ мА} - 3.03 \text{ мкА}) + \frac{1}{300} \text{ ч} * (11.328 \text{ мА} - 3.03 \text{ мА})) = \\
 &= 356 \text{ суток} * (0,07272 \text{ мАч} + 0.13545 \text{ мАч} + 1.189046 \text{ мАч} + 0.03775 \text{ мАч}) \\
 &= 356 \text{ суток} * 1.434966 \text{ мАч} \approx 510.85 \text{ мАч}
 \end{aligned}$$

Таким образом, мы видим, что минимально необходимая емкость для работы устройства ЭЦ в течении 1 года не имеет заоблачных значений. С другой стороны, это значение емкости, которое точно должно быть, т.к. у разных аккумуляторов существуют свои разбросы значений реальной емкости от номинальной, а также токи разряда, влияющие на процент емкости, реализуемой при той или иной отдаче по току. Для данного проекта наиболее подходящим будет применение литиевого элемента питания CR2450 из-за своих малых размеров, номинальной емкости в 550 мАч и того, что при расчетных значениях отдачи тока будет возможно получить необходимый нам запас энергии. Также из-за того, что в рассмотренных ранее аналогов электронных ценников длительность работы от одной батареи аккумуляторов достигает в среднем 5 лет, то стоит увеличить емкость батареи аккумуляторов хотя бы до 2 аккумуляторов, подняв тем самым срок работы электронных ценников до 2 лет.

2.6 Разработка плат электронных ценников

На основе спецификации на микроконтроллеры nRF52840[10] и STM8L151K6U6[11], а также дисплея 2.13" e-Paper HAT (B)[9], были разработаны принципиальные электрические схемы соответствующих устройств "мастера" и "подчиненного". В качестве части, заимствованной из спецификации на дисплей как рекомендация была взята схема обвязки элементов для корректной работы дисплея (см. пункт 7-5[9]). Также было сделано и в отношении микроконтроллера nRF52840 (см. пункт 56.4[10]). Соответствующие рекомендации в отношении микроконтроллера STM8L151K6U6 были собраны со всей спецификации, отчего ссылка на соответствующие пункты не представляется возможной. Чертежи разработанных принципиальных электрических схем представлены в приложении А. Чертеж ФЮРА.XXXXXXX.001-ЭЗ и спецификация ФЮРА.XXXXXXX.001-ТБ относятся к устройству ценника "мастера", а чертеж ФЮРА.XXXXXXX.002-ЭЗ и спецификация ФЮРА.XXXXXXX002-ТБ – к устройству ценника "подчиненного".

Разработка принципиальной электрической схемы и печатной платы осуществлялась в онлайн редакторе сервиса EasyEDA [12].

3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1 Организация и планирование работ

В таблице 6 представлен полный перечень проводимых работ с указанием их исполнителей и степень занятости.

Таблица 6 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка цели	НР	НР – 100%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 20%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И – 100%
Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной	НР, И	НР – 40% И – 100%
Выбор и расчет элементов	И	И – 100%
Проверка правильности оформления технической документации	НР	НР – 100%
Сборка опытного образца системы	И	И – 100%
Лабораторные испытания системы	НР, И	НР – 10% И – 100%
Составление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

3.2 Продолжительность этапов работ.

Для определения ожидаемых значений продолжительности работ $t_{ож}$ произведем расчеты по следующей формуле:

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

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

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Далее необходимо произвести расчет длительности этапов в рабочих днях, а также осуществить перевод в календарные дни с учетом влияния внешних факторов и времени на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ. Данный расчет производится по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (3)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов;

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ.

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

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad \text{где} \quad (4)$$

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

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

Расчет для выражения продолжительности работ в календарных днях осуществляется по формуле:

$$T_{\text{КД}} = T_{\text{РД}} \cdot T_{\text{К}} , \quad (5)$$

где $T_{\text{КД}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{К}}$ – коэффициент календарности.

С учетом 6-дневной рабочей недели, рассчитаем значение коэффициента календарности по формуле (3):

$$T_{\text{К}} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,205$$

В таблице 7 сведены расчеты продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям. В столбцах 3–5 реализован экспертный способ по формуле (2). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоемкости этапа для научного руководителя и инженера, с учетом коэффициентов $K_{\text{ВН}}$ и $K_{\text{Д}}$, равных 1 и 1,2 соответственно. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоемкости, выраженные в календарных днях согласно формуле (5).

Две последних величины (столбцы 8 и 9) – трудоемкости, рассчитанные на каждого из участников проекта, далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты, а также для построения линейного графика проекта (таблица 8).

Таблица 7 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ			Трудоемкость			
					Т _{РД}		Т _{КД}	
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка цели	НР	1	1	1	1.205	0	1.45	-
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	12	10.80	3.90	13,01	4.70	15.68
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2.80	3.37	0.67	4.07	0.81
Обсуждение литературы	НР, И	2	5	3.20	1.16	3.86	1.39	4.65
Разработка блок-схемы, принципиальной и функциональной	НР, И	14	18	15.60	7.52	18.80	9,06	22.65
Выбор и расчет элементов	НР, И	10	15	12.00	-	14.46	-	17.42
Проверка правильности оформления технической документации	НР, И	5	6	5.40	6.51	-	7.84	-
Сборка опытного образца системы	И	15	16	15.40	-	18.56	-	22.36
Лабораторные испытания системы	И	6	9	7.20	0.87	8.68	1.05	10.45
Составление пояснительной записки	И	4	8	5.60	-	6.75	-	8.13
Подведение итогов	НР, И	3	5	3.80	2.75	4.58	3.31	5.52
Итого				81.80	27.28	89.36	32.87	107.68

Таблица 8 – Линейный график работ

Этап	НР	И	02	Март			Апрель			Май			06
			30	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
1	1.44	-	■										
2	4.67	15.55	■	■									
3	4.03	0.81			■								
4	1.38	4.61			■	■							
5	8.99	22.46				■	■						
6	-	17.28						■	■				
7	7.78	-								■			
8	-	22.18									■	■	
9	1.04	10.37										■	■
10	-	8.06											■
11	3.28	5.47											■

НР – ■ ; И – ■ .

3.3 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки.

3.4 Расчет затрат на материалы

Сумма затрат на материалы складывается из расходов на изделия, полуфабрикаты и другие материальные ценности, расходуемые в процессе выполнения работ. Затраты на ТЗР примем равными 5% от цены материалов.

Таблица 9 – Материальные затраты на создание проекта

Наименование материалов	Цена	Количество	Сумма
ПЭВМ	30000	1	30000
nRF52840 USB DONGLE	1700	2	3400
Микроконтроллер nRF52840	392	2	784
STM8L151K6U6	30	2	60
EPD дисплей 2.13"	615	4	2460
Кварц. резонатор 32 МГц	20	2	40
Кварц. резонатор 16 МГц	15	2	30
Кварц. резонатор 32,768 кГц	20	4	80
Резистор smd 0805	1,5	10	15
Конденсатор smd 0603	1.5	100	150
Индуктивность 0603	20	10	200
CR2450	240	8	1920
AFC24-S24FIC-00	10	4	40
ИТОГО			39179
ИТОГО с учетом ТЗР			41137,95

3.5 Расчет заработной платы

Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Месячный оклад (МО) исполнителя берется равным окладу младшего инженера кафедры.

$$ЗП_{дн-т} = \frac{МО}{25,083}$$

Данная формула учитывает, что в году 301 рабочий день, что означает, в среднем 25,083 рабочих дня в месяце, при 6-ти дневной неделе.

Данные о расчетах затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4. Временные затраты каждого из исполнителей взяты из таблицы 2. В расчетах учтен следующий ряд коэффициентов: КПП = 1,1; Кдоп.ЗП = 1,188; Кр = 1,3, отвечающие за учет содержания в заработной плате премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки использует, соответственно. Следовательно, для перехода от тарифного оклада исполнителя, к соответствующему полному заработку необходимо оклад умножить на коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,188 * 1,3 = 1,699$.

Таблица 10 – Расчет заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	21760.00	867,52	27,28	1,699	40208,44
И	9489	378,30	89,36	1,699	57434,50
Итого:					97642,94

3.6 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включают в себя отчисления в пенсионный фонд, отчисления на социальное и медицинское страхование и составляют 30 % от полной зарплаты.

$$C_{соц} = C_{зн} \cdot 0,3 = 97642,94 \cdot 0,3 = 29292,88$$

3.7 Расчет затрат на электроэнергию

Электроэнергия, потраченная в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot C_{\text{э}}$$

где $P_{\text{об}}$ – потребляемая мощность [кВт·ч];

$t_{\text{об}}$ – время работы [час];

$C_{\text{э}}$ – цена электроэнергии [руб/кВт·ч].

Для ТПУ цена электроэнергии равна 6,59 руб/кВт·ч.

Расчет времени работы оборудования, основывается на данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) с учетом того, что продолжительность рабочего дня равна 8 часам, согласно формуле:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени. В расчетах примем $K_t = 0,6$.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном}} \cdot K_c$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_c \leq 1$ – коэффициент загрузки. При расчетах значение коэффициента $K_c = 1$.

Результаты расчета затрат на электроэнергию приведены в таблице 5.

Таблица 11 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об.}$, руб.
Персональный компьютер	427,2	0,3	844,6
Паяльная станция	132	0,3	260,96
Осциллограф	30	0,04	7,9
Итого:			1113,5

3.8 Расчет амортизационных расходов

Расходы на амортизационные отчисления рассчитываются по следующей формуле:

$$C_{AM} = \frac{N_A \cdot C_{ОБ} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$C_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования;

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Значение действительного годового фонда (F_D) берется из фактического режима его использования в текущем календарном году. Для определения F_D необходимо вычислить количество рабочих часов в году. Количество рабочих дней в году при шестидневной рабочей неделе равно 298. Далее, при учете того, что рабочий день составляет 8 часов, имеем $F_D = 298 * 8 = 2384$ часа.

Для определения значения H_A необходимо использовать рамочные значения сроков амортизации (CA) оборудования.

Вначале были определены значения H_A . Для этого из приложения 2 была взята информация о рамочных значениях сроков для использованного оборудования. Паяльная станция (ПС) – $7 \div 10$. Принято 8 лет, что даёт $H_A = \frac{1}{8} = 0,125$. Для ноутбука и осциллографа был выбран диапазон $2 \div 3$, принято 3 года, что даёт $H_A = \frac{1}{3} = 0,33$. Значения F_D , были использованы по фактическому времени использования оборудования. Результат расчета амортизационных отчислений приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Амортизационные затраты

Оборудование	H_A	$t_{рф}$	n	$Ц_{об}$	F_D	$C_{ам}$
Компьютер	0.33	427,2	1	40000	2384	2365,4
Паяльная станция	0.125	132	1	6500	2384	45,00
Осциллограф	0,33	30	1	43000	2384	178,6
ИТОГО						2588,9

3.9 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных документов

В процессе выполнения данной работы не было командировок, не производилась аренда помещений или оборудования, не использовались услуги связи и услуги сторонних организаций.

3.10 Расчет прочих расходов

Прочие расходы составляют 10% от суммы всех расходов и отражают неучтенные в ранее рассмотренных пунктах затраты.

$$\text{Спроч.} = (\text{Смат} + \text{Сзп} + \text{Ссоц} + \text{Сэл.об.} + \text{Сам} + \text{Снп}) \cdot 0,1 =$$

$$= 0,1 \cdot (41137,95 + 97642,94 + 29292,88 + 1113,5 + 2588,9 + 0) = 17177,62$$

3.11 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет всех затрат на разработку, можно определить полную себестоимость проекта, являющуюся суммой расходов по всем пунктам, результаты приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Общая себестоимость разработки

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	41137,95
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	97642,94
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	29292,88
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл}}$	1113.5
Амортизационные расходы	$C_{\text{ам}}$	2588.9
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	0
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	17177,62
ИТОГО		188953,8

3.12 Расчет прибыли

Прибыль от реализации проекта во многом зависит от объемов использования каждой из частей проекта и поэтому может определяться различными способами. Поэтому можно прибыль принять равной 20% от полной себестоимости проекта. В данном случае, прибыль составит 37 790,76 рублей.

3.13 Расчет НДС

НДС составляет 20 % от себестоимости и прибыли проекта:

$$0,2 \cdot (188953,8 + 37790,76) = 45348,91 \text{ руб}$$

3.14 Цена разработки

Цена разработки складывается из значений полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$\text{Цена} = 188953,8 + 37790,76 + 45348,91 = 272093,5 \text{ руб.}$$

3.15 Оценка экономической эффективности проекта

Результатом разработки является стенд для имитации всех процессов, которые должны протекать в реальных условиях с электронными ценниками, а также технология групповых электронных ценников. Главной проблемой при оценке экономической эффективности проекта в реальных условиях является то, что том или ином магазине используется неопределенное число ценников от нескольких сотен до нескольких десятков и сотен тысяч штук. Также дополнительно создает трудности в оценке и тот факт, что электронный ценник должен заменять работника торгового зала только в одном из аспектов его работы, а именно в производстве и размещении ценников по местам. С другой стороны данный проект являет собой продукт для продажи, что делает необходимым оценку экономической эффективности. Однако для проведения оценки экономической эффективности необходимо произвести комплексное исследование, затрагивающее такие вопросы, как производство печатных ценников силами самого магазина или силами сторонних типографических предприятий, затраты на содержание оборудования в каждом из вариантов, полные затраты торговых точек на обслуживание печатных ценников, включая заработную работников торгового зала. Подобное исследование не входило в ряд задач данного ВКР ввиду его сложности и высокой затратности. Из-за этого проведение оценки экономической эффективности не представляется возможным.

3.16 Заключение по разделу финансового менеджмента, ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В ходе оценки финансовой эффективности разрабатываемого проекта был разработан календарный план проведения основных работ, количество дней необходимых на разработку составило 107 рабочих дня. Были рассчитаны сметы затрат на разработку проекта, себестоимость проекта и его итоговая цена разработки, которая составила 272 093,50 рублей

4 Социальная ответственность

4.1 Введение в раздел

В ходе данной работы была разработана и изготовлена система электронных ценников. Данные электронные ценники предполагается использовать в магазинах с большой площадью торгового зала. Пользователями разработанных электронных ценников будет персонал магазинов, а именно работники торгового зала. Работы по проектированию и реализации проводились в аудитории 101 корпуса №10 ТПУ.

4.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Государственный надзор и контроль в организациях осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами [13]. К таким органам относятся Федеральная инспекция труда, Государственная экспертиза условий труда, Федеральная служба по труду и занятости населения, Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзор, Госэнергонадзор, Госатомнадзор России) Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Госсанэпиднадзор России) и др. Так же в стране функционирует Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС), положение о которой утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации, в соответствии с которым, система объединяет органы управления, силы и средства.

Основные виды работ с разработанными ценниками производятся посредством работы на персональном компьютере, поэтому важно то, как будет скомпоновано рабочее место студента. Средствами отображения информации является монитор ПК, а часто используемые органы управления — это мышь, клавиатура. Рабочее место оборудуется в соответствии

требованиями [14]. Оно должно занимать площадь не менее 6 м², высота помещения должна быть не менее 4 м, а объем - не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина - 350 мм. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Так же кресло оператора должно соответствовать требованиям [15]. Помимо это рабочее место должно соответствовать гигиеническим нормам СанПиН [16].

4.3 Производственная безопасность

Таблица 14 – Производственная безопасность

Факторы по ГОСТ	Этапы			Нормативные документы
	Разраб.	Произв.	Экспл.	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.029-80 ССБТ. Средства и методы защиты от шума. Классификация. ГОСТ 12.1.019-2017 Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений (1 октября 1996 г. N 21).
Превышение уровня шума	-	+	-	
Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	+	
Поражение электрическим током	-	+	-	
Повышенная напряженность электрического поля	+	+	+	

4.4 Отклонение показателей микроклимата

На микроклимат в рабочем помещении может влиять температура за окном, нагревательные батареи, вентиляция, а также количество включенной техники в лаборатории.

Микроклимат помещения, в котором человек находится долго, играет большую роль в работоспособности, возможности комфортно отдохнуть и расслабиться. Состояние внутренней среды здания может не только плодотворно влиять на здоровье человека, но и оказывать негативное воздействие. Микроклимат любых помещений характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения.

Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата приведены в таблице 15 и таблице 16 соответственно, исходя из требований СанПиН [17]. По степени физической тяжести, работа инженера-программиста относится к категории 1а, категории лёгких работ.

Таблица 15 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1

В целях защиты, работающих от возможного перегревания или охлаждения, при температуре воздуха на рабочих местах выше или ниже допустимых величин, время пребывания на рабочих местах (непрерывно или суммарно за рабочую смену) должно быть ограничено.

Таблица 16 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин			Диапазон температур воздуха ниже оптимальных величин	Диапазон температур воздуха выше оптимальных величин
Холодный	1а (до 139)	20,0-21,9	24,1-25	19-26	15-75	0,1	0,1
Теплый	1а (до 139)	21,0-22,9	25,1-26	20-29	15-75	0,1	0,2

4.5 Превышение уровня шума

Одним из важных факторов, влияющих на качество выполняемой работы, является шум. Шум ухудшает условия труда, оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его

производительность, качество и безопасность труда. Предельно допустимые уровни звукового давления представлены в таблице 17, исходя из источника [18].

Таблица 17 – Допустимые уровни звукового давления

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Распространенные средства индивидуальной защиты от шума – это пробки, наушники, вкладыши (беруши) и шлемы.

Меры коллективной защиты могут включать в себя, в частности:

- Оценку риска потери слуха работником.
- Использование малошумных машин.
- Использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума и вибрации.
- Привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму.
- Контроль правильности использования средств индивидуальной защиты.

4.6 Отсутствие или недостаток естественного света и недостаточная освещенность рабочей зоны

В условиях работы в лаборатории ТПУ, могут возникать проблемы с поступлением естественного света. Согласно нормам освещенности СНиП 23-05-95[19], недостаточная освещенность рабочей зоны является

вредным факторам, который приводит к быстрому утомлению и снижению работоспособности. Плохое освещение негативно воздействует на зрение и приводит к быстрому утомлению. Средствами нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест являются:

- источники света;
- осветительные приборы;
- световые проемы;
- светозащитные устройства;
- светофильтры;
- защитные очки.

В таблице 18 представлены регламентированные допустимые характеристики освещенности рабочих мест в учебных аудиториях в университете.

Таблица 18 – Допустимые характеристики освещенности

Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение				
КЕО, %		КЕО, %		Освещенность, лк		Показатель дискомфорта, М, не более	Коэффициент пульсации и освещенности, Кп, %, не более	
При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении	При комбинированном освещении	При общем освещении			
						Всего	От общего	
3,2	1,2	2,1	0,7	-	-	400	40	10

Для того что бы снизить влияние данного фактора на здоровье, необходимо соблюдать допустимое время нахождения перед монитором компьютера и делать перерывы в работе. Помимо этого, возможно использование дополнительных источников света, таких как настольные лампы.

4.7 Поражение электрическим током

Поражение электрическим током возможно при контакте с силовыми цепями устройства.

Поражение электрическим током является наиболее опасным из всех видов вредного воздействия, по причине того, что электрический ток является невидимым для глаз человека. Действие электрического тока на организм человека носит своеобразный и разносторонний характер. Проходя через организм человека, электрический ток производит термическое, электролитическое и биологическое действие.

Для предотвращения поражения электрическим током помещение, где размещается рабочее место и разрабатываемое устройство, должно быть оборудовано защитным заземлением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации. Основными техническими средствами защиты, являются защитное заземление, как указывалось ранее, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Перед началом работы на стенде необходимо изучить правила электробезопасности, которые описаны в требованиях к электробезопасности ГОСТ 12.1.019-2017[20].

4.8 Повышенная напряженность электрического поля

Повышенная напряженность электрического поля может возникать в аудитории от работы электронных устройств, таких как мониторы и персональные электронно-вычислительные машины.

Негативное воздействие на человека повышенная напряженность электрического поля выражается в виде торможения рефлексов, изменения головного мозга, нарушения памяти, понижения кровяного давления, замедления сокращений сердца, нарушений в печени и селезенке, помутнения хрусталика глаза. Для того что бы уберечь людей от получения хронических заболеваний при эксплуатации стенда существуют временные требования к пребыванию в электрическом поле.

Исходя из гигиенических требований к персональным электронно-вычислительным машинам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03[21] пребывание в электрическом поле напряженностью до 5кВ/м включительно допускается в течение рабочего дня, а нахождение в поле напряженностью от 5 до 20 кВ/м допускается в течение одного часа. Необходимо отслеживать время, проведенное за работой, при необходимости осуществлять перерывы и проветривать помещение.

4.9 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассмотрим характер воздействия проектируемого устройства на окружающую среду, а также выявим предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации стенда.

На этапе разработки электронного ценника наносится вред окружающей среде за счет выбросов, которые сопровождают производство всех деталей, используемых в проектируемой системе, а также при изготовлении самого устройства при пайке компонентов. Так же в процессе

работы электрические узлы стенда потребляют электроэнергию, при выработке которой, наносится вред окружающей среде.

По истечению срока эксплуатации, будет необходимо утилизировать составные компоненты, что повлечет возможное загрязнение литосферы. Поэтому нужно рассмотреть варианты утилизации деталей разрабатываемого устройства. Радиокomпоненты могут быть сданы на переработку и потом вторично использоваться. Печатные платы также сдаются на переработку для разделения на металлы и стеклотекстолит. Металлы в дальнейшем пойдут на переплавку. Стеклотекстолит дробится до состояния порошка, после чего может использоваться для повторного использования в производстве. Помимо этого, переработке подлежит корпус ценника, изготовленный из пластика. В основном пластик имеет короткий жизненный цикл и сразу после использования попадает на свалку. Процесс переработки пластика включает в себя сбор, сортировку, очистку и непосредственно переработку. Для переработки пластик измельчается в порошок или в хлопья, которые затем, можно переплавить его и снова вытянуть нить для 3D-принтера.

4.10 Безопасность в ЧС

При выполнении работ наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в лаборатории. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Исходя из установленной номенклатуры обозначений зданий по степени пожарной опасности, анализируемое в данной работе помещение относится к категории В[22]. Основные источники возникновения пожара:

- Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях;
- Электрические приборы с дефектами;

— Перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке.

Человек, выполняющий работы в аудитории, в случае возникновения пожара или его признаков (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

— Немедленно сообщить об этом по телефону «01» в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность и фамилию);

— Задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации людей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;

— Принять по возможности меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения и сохранности материальных ценностей;

— Известить о пожаре руководителя или другого работника.

Меры безопасности обеспечиваются системами предотвращения пожара и противопожарной защиты исходя из требований пожарной безопасности ГОСТ 12.1.004-91[23].

Средствами обеспечения пожаробезопасности являются:

— Огнетушитель, которым обеспечена аудитория, а также пожарный кран, находящийся в здании;

— Системы автоматической пожарной сигнализации;

— Средства организации эвакуации, в том числе технические;

Мероприятиями обеспечивающие пожаробезопасность являются:

— Обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);

— Пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

— Обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

Перед началом работы необходимо пройти инструктаж и оставить свою роспись в журнале о прохождении инструктажа по пожарной безопасности.

4.11 Заключение по разделу социальной ответственности

В данном разделе были проанализированы основные опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке и эксплуатации устройства, представленного в ВКР. Также были изучены государственные стандарты и нормы.

Заключение

В ходе выполнения данной работы был проведен литературный обзор и поиск по аналогам в области электронных ценников, изучены способы организации распределения информации по электронным ценникам, проведен расчет компонентов электронного ценника и разработаны принципиальные электрические схемы двух типов электронных ценников для системы "мастер-подчиненный", а также разработаны печатные платы проектируемых устройств.

Помимо этого, был проведен анализ финансовой эффективности и социальной значимости проекта.

Conclusion

In the course of this work was carried out a literature review and a search for counterparts in the field of electronic price tags, studied ways of information distribution company for electronic price tag, we calculated the electronic price tag components, and designed circuit diagrams of two types of electronic price tags for the system "master-slave" and PCB`s designed device is also designed.

In addition, the financial efficiency and social significance of the project were analyzed.

Список источников

1. Постановление Правительства №55 от 19.01.1998 г. Общие положения п.19. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <http://base.garant.ru/12108380/> (Дата обращения: 02.03.2020).

2. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях ст. 14. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=338436#h3040> (Дата обращения: 02.04.2020).

3. Статистика зарплат работника торгового зала в Томск. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://www.trud.com/tomsk/salary/909/76890.html> (Дата обращения: 05.04.2020).

4. Расчет налогов с зарплаты 2019. [Электронный ресурс]. - Режим доступа свободный: <https://1c-wiseadvice.ru/company/blog/raschet-nalogov-s-zarplaty-2019/> (Дата обращения: 05.04.2020).

5. Электронные EPD ценники компании Pricer. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://www.pricer.com/products/digital-price-tags/graphic-price-tags/> (Дата обращения: 02.04.2020).

6. Электронные EPD ценники компании SES Imagotag. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: https://www.ses-imagotag.com/wp-content/uploads/2019/09/Product_Brochure_VUSION_18072019.pdf (Дата обращения: 02.04.2020).

7. Электронные EPD ценники компании "Компо". [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный <https://retail.tools/> (Дата обращения: 02.04.2020).

8. Характеристики современных беспроводных средств связи. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://wireless-e.ru/standarty/short-range-rf/> (Дата обращения: 10.03.2020).

9. Спецификация на дисплей 2.13" e-Paper HAT (B). [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <https://www.waveshare.com/w/upload/d/d3/2.13inch-e-paper-b-Specification.pdf> (Дата обращения: 07.03.2020).

10. Спецификация на микроконтроллер nRF52840. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: https://datasheet.lcsc.com/szlcsc/1810010027_Nordic-Semicon-NRF52840-QIAA-R_C190794.pdf (Дата обращения: 08.03.2020).

11. Спецификация на микроконтроллер STM8L151K6U6. [Электронный ресурс] – Режим доступа свободный: <http://www.farnell.com/datasheets/2281755.pdf> (Дата обращения: 20.04.2020).

12. Онлайн среда разработки EasyEDA. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://easyeda.com/> (Дата обращения: 04.06.2020).

13. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 05.02.2018).

14. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования ГОСТ 12.2.032-78.

15. Система "Человек-машина". Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования ГОСТ 21889-76.

16. Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

17. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96.

18. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ.

19. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95

20. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.019-2017.

21. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

22. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности НПБ 105-03.

23. Пожарная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.004-91.

Приложение А
(Обязательное)

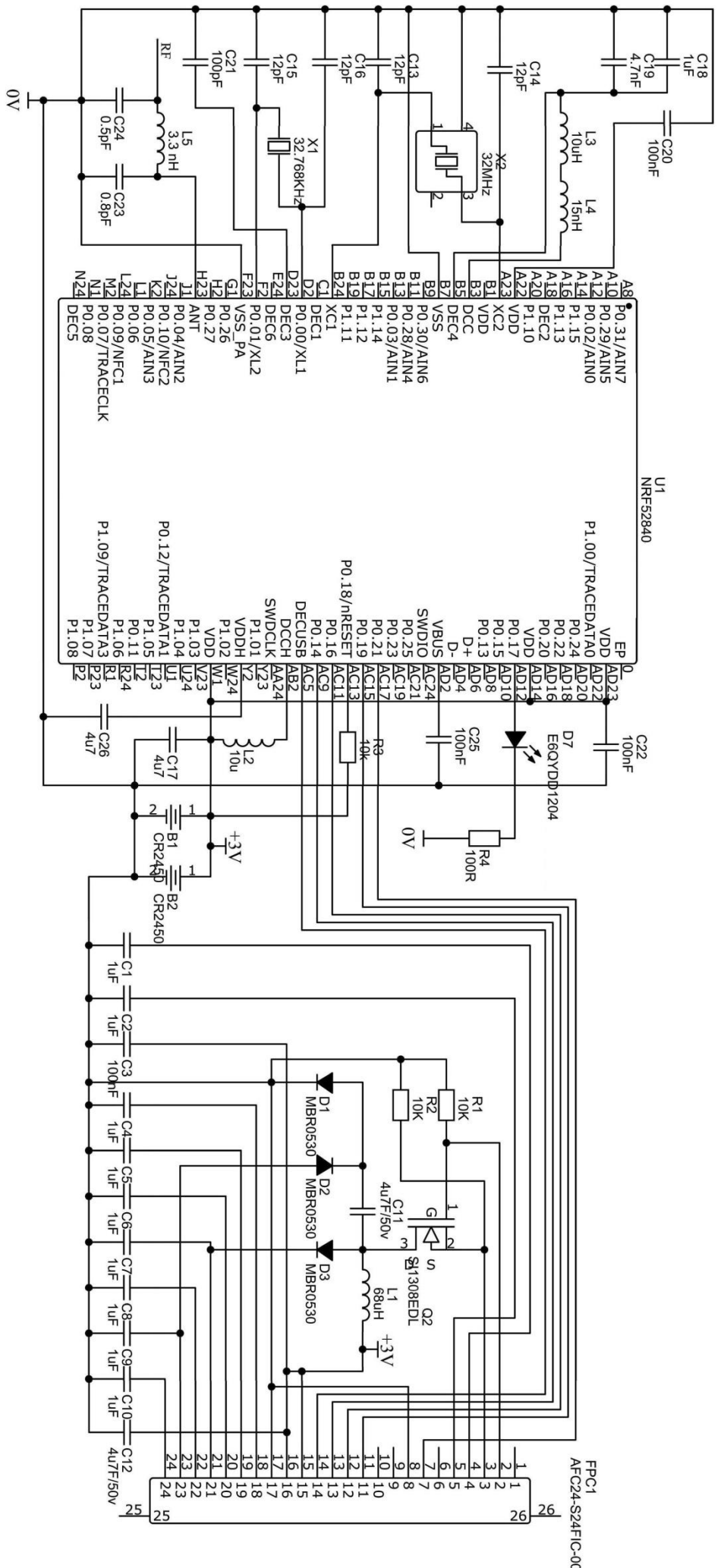
Документация для электронных ценников

ФОР	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
А4						
				<u>Документация</u>		
			ФЮРА.ХХХХХХ.001.33	Схема электрическая принципиальная		
				<u>Детали</u>		
				<u>Диоды</u>		
		1	MBR0530	Диод Шоттки 0.5А,100В	3	D1,D2,D3
		2	E6QYDD1204	Инфракрасный светодиод	1	D7
				<u>Микросхемы</u>		
		3	nRF52840	Микроконтроллер	1	U1
		3	nRF52840	Микроконтроллер	1	U1
				<u>Резисторы</u>		
		4	SMD R0603	10 кОм, 0.1 Вт ±5%	3	R1,R2,R3
		5	SMD R0603	100 Ом, 0.1 Вт ±5%	1	R4
				<u>Индуктивность</u>		
		6	SMD L3.5	68 мкГн, 3Вт ±5%	1	L1
		7	SMD L0805	10 мкГн, 3Вт ±5%	2	L2,L3
		8	SMD L0805	15 нГн, 3Вт ±5%	1	L4
ФЮРА.ХХХХХХ.001.33						
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Электронный ценник ТПУ ИШИТР Группа 8Е61		
Разраб.	Стрыгин Ю.С.					
Проект.	Беляев А.С.					
Утвердил	Беляев А.С.					
				Лит.	Лист	Листов
				9	1	2

Фар.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		9	SMD L0402	3,3 нГн, 0.1 Вт ±5%	1	
				Конденсаторы		
		10	SMD C0603	1 мкФ ±5%, 50В	10	C1,C2,C4-C10 C18
		11	SMD C0603	100 нФ ±5%, 50В	4	C3,C20,C22 C25
		12	SMD C0603	4.7 мкФ ±5%, 50В	5	C11,C12,C17,C19 C26
		13	SMD C0603	12 нФ ±5%, 50В	4	C13-C16
		14	SMD C0603	100 нФ ±5%, 50В	1	C21
		15	SMD C0603	0.8 нФ ±5%, 50В	1	C23
		16	SMD C0603	0.5 нФ ±5%, 50В	1	C24
				Кварцевый резонатор		
		17	SMD 4P-L7.0-W5.0-BL	32 МГц	1	X1
		18	SMD L1.6-W1.0	32,768 кГц	1	X2
				Транзисторы		
		19	SI1308EDL	МОСФЕТ, <u>n-канал</u> , 30В	1	Q2
				Соединители		
		20	AFC24-S24FIC-00	Держатель под шлейф 0.5 мм	1	FPC1
Разр.			Стрыгин Ю.С.	ФЮРА.XXXXXXX.001.33		Лист
Проб.			Беллев А.С.			2
Из	Лист	№ докум.	Подп.			Дата

ЭС.100XXXXX VAD01Ф

Инв. ? подл.	Погн. и дата	Взам. инв. ?	Инв. ? дубл.	Погн. и дата	Справ. ?	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------



Изм.				Лист				Док				Погн.				Дата			
Разраб.				Стрелян Ю															
Проб.				Белая А															
Умр.				Белая А															

ФЮРА XXXXXX.001.ЭЗ		Лист	Масса	Масштаб
Принципиальная		1		
электрическая схема		1		
Электронный ценник		1		
ТТУ ИШТР ОАР		1		
Група 8Е61		1		
Копировал				
Формат АЗ				

Фор	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
А4						
				<u>Документация</u>		
			ФЮРА.ХХХХХХ.002.33	Схема электрическая принципиальная		
				<u>Детали</u>		
				<u>Диоды</u>		
		1	MBR0530	Диод Шотки 0.5А, 100В	3	D4, D5, D6
		2	E6Q YDD1204	Инфракрасный светодиод	1	D8
				<u>Микросхемы</u>		
		3	STM8L151K6U6	Микроконтроллер	1	U2
				<u>Резисторы</u>		
				<u>Резисторы</u>		
		4	SMD R0603	10 кОм, 0.1 Вт ±5%	4	R5, R6, R7, R9
		5	SMD R0603	100 Ом, 0.1 Вт ±5%	2	R8, R10
				<u>Индуктивность</u>		
		6	SMD L3.5	68 мкГн, 3Вт ±5%	1	L6

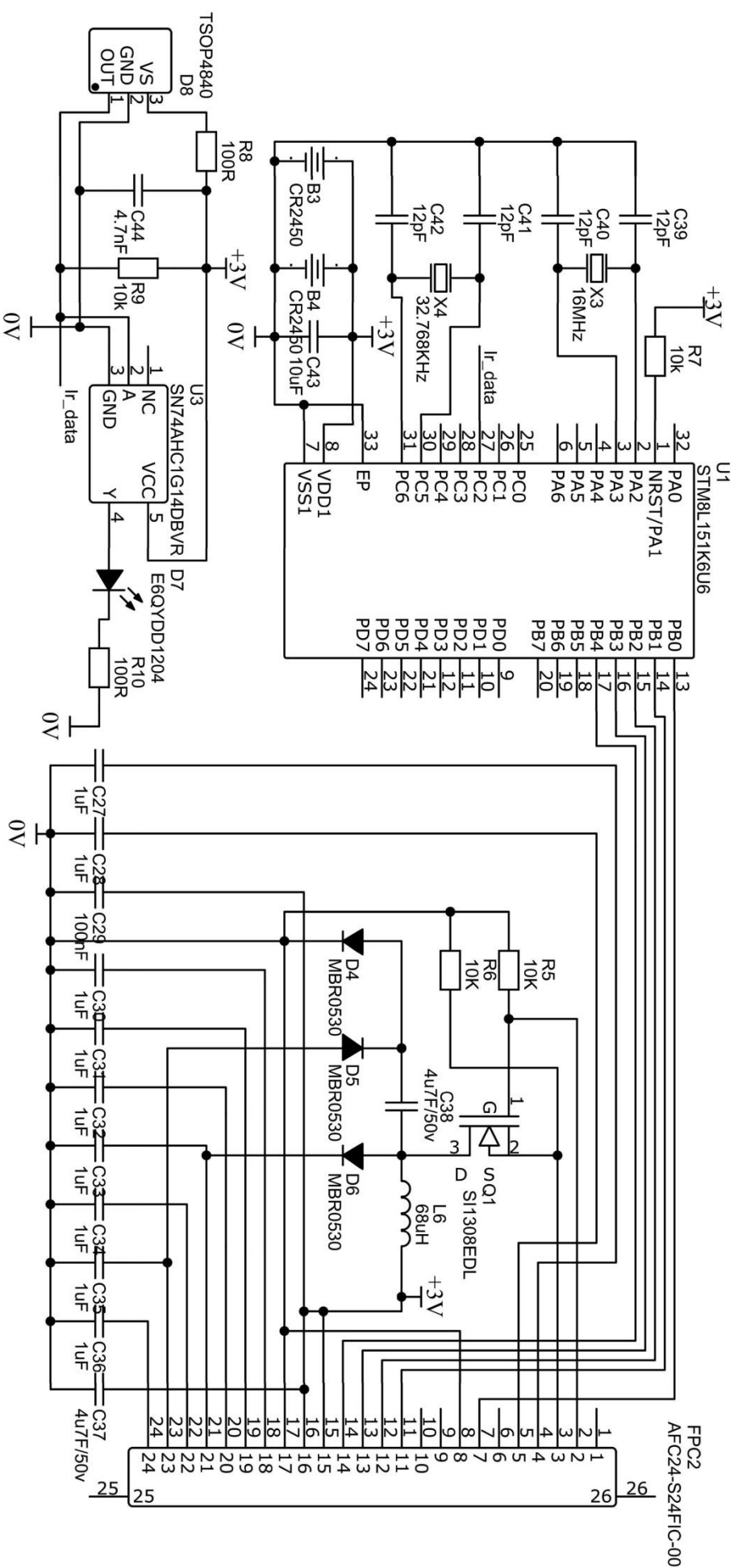
ФЮРА.ХХХХХХ.002.33

Изм/Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Стрыгин Ю.С.		
Провер.	Беляев А.С.		
Утвердил	Беляев А.С.		

Электронный ценник

Лит.	Лист	Листов
9	1	2
ТПУ ИШИТР		
Группа		8Е61

ЭС. 200 XXXXXX VДЮД



Инв. ? подл.	Погн. и дата	Взам. инв. ?	Инв. ? дубл.	Погн. и дата	Справ. ?	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

Изм.				Лист				Док				Погн.				Демо			
Разраб.				Стрелачи Ю.				Беларэ А.											
Проб.				Беларэ А.															
Умб.				Беларэ А.															
ФЮРА XXXXXX 002.ЭЗ																			
Принципиальная																			
электрическая схема																			
Электронный ценник																			
				Лист 1				Листов 1				Масса				Масштаб			
												ТПУ ИШИТР ОАР				Група 8Б61			
																1:1			
Копировал																			
Формат А3																			