Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

|  |  |
| --- | --- |
| Факультет | компьютерных систем и сетей |
|  |  |
| Кафедра | электронных вычислительных средств |

|  |  |
| --- | --- |
|  | *К защите допустить:* |
|  |  |
|  | Заведующий кафедрой ЭВС |
|  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ И. С. Азаров |

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к дипломному проекту

на тему

**ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА НА БАЗЕ ESP32**

БГУИР ДП 1-40 02 02 01 001 ПЗ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Студент |  | С. А. Каленик |
|  |  |  |
| Руководитель |  | М. И. Порхун |
|  |  |  |
| Консультанты: |  |  |
| *от кафедры ЭВС* |  | М. И. Порхун |
|  |  |  |
| *по экономической части* |  | Т. А. Рыковская |
|  |  |  |
| Нормоконтролер |  | … |
|  |  |  |
| Рецензент |  | … |

Минск 2022

**РЕФЕРАТ**

ЭЛЕКТРОННАЯ КНИГА НА БАЗЕ ESP32: дипломный проект / С. А. Каленик. – Минск : БГУИР, 2022, – п.з. – 79 с., чертежей (плакатов) – 6 л. формата А1

CОДЕРЖАНИЕ

[Введение 6](#_Toc101622436)

[1 Обзор аналогичных разработок 7](#_Toc101622437)

[1.1 The Open Book Project 7](#_Toc101622438)

[1.2 ESP32 Based ePub Reader 7](#_Toc101622439)

[1.3 Электронная книга на STM32H750 8](#_Toc101622440)

[2 Анализ технического задания 9](#_Toc101622441)

[3 Разработка структуры системы устройства электронная книга на базе ESP32 10](#_Toc101622442)

[4 Аппартано-Программная реализация системы устройства электронная книга на базе eSP32 11](#_Toc101622443)

[4.1 Разработка алгоритма работы системы устройства электронная книга на базе ESP32 11](#_Toc101622444)

[4.2 Разработка печатного узла электронная книга на базе ESP32 12](#_Toc101622445)

[5 Технико-экономическое обоснование Разработки системы устройства электронная книга на базе ESP32 13](#_Toc101622446)

[6 Анализ результатов Проектирования системы 14](#_Toc101622447)

[Заключение 15](#_Toc101622448)

[Список используемых источников 16](#_Toc101622449)

Введение

Электронная книга – это устройство, использующее экран на электронных чернилах для отображения текста. В отличие от обычных матричных экранов, текст не пропадает при подаче питания, а также не требуется свет для отображения. Благодаря этому уменьшается нагрузка на глаза и читателю приятней использовать электронную книгу, чем, например, телефон. Еще одной отличительной чертой данного типа устройств является низкое энергопотребление, поскольку электричество тратиться лишь на смену текста на экране, в отличие от обычных матричных экранов, в которых включенный экран постоянно потребляет много энергии [[1]](#wikiEreader).

В данном дипломном проекте рассматривается задача реализации электронной книги на базе микроконтроллера ESP32 и E-ink дисплея с сенсорной панелью.

Электронная книга выполняет следующие действия:

– показывает текст книги на экране;

– изменяет страницу в зависимости от того на какую сторону дисплея нажал пользователь;

– визуально отображает номер текущей и последней страницы;

– дает возможность пользователю выбрать необходимую ему книгу из загруженных в памяти книг;

– также присутствует возможность загрузить книгу по средствам telegram бота;

– возможность изменять размер шрифта.

В дипломном проекта приведена структурная схема устройства и её описание, а также обобщённый алгоритм функционирования устройства. Проверка работоспособности устройства выполнена опытным путём.

# Обзор аналогичных разработок

## The Open Book Project

The Open Book [2] — это совместимая с E-ink экранами плата на базе SAMD51, вдохновленная Adafruit PyBadge [3]. В дополнение к стандартным функциям он поддерживает различные периферийные устройства, предназначенные для создания доступного универсального устройства для чтения текста.

Основные характеристики:

– 4,2-дюймовый дисплей электронной бумаги с возможностью частичного обновления, управляемый по выделенной шине SPI;

– семь кнопок (клавиши направления, кнопка выбора и кнопки перелистывания страниц), доступные через сдвиговый регистр, а также восьмая кнопка сброса, подключенная к контакту прерывания на SAMD51;

– cлот MicroSD на основной шине SPI;

– светодиоды для индикации этапов зарядки;

– флэш-чип емкостью 2 МБ.

Как следует из названия, целью этой платы является создание доступного устройства с открытым исходным кодом для чтения книг. Эти периферийные устройства были выбраны с учетом этого варианта использования (экран для отображения слов; MicroSD для хранения книг для чтения; Flash-чип для хранения системных данных).

## ESP32 Based ePub Reader

Целью этого проекта стала сделать электронную книгу с поддержкой формата ePub на базе существующих аппаратных платформ, таких как EPDiy V6, M5 Epaper и Lilygo EPD [4].

Проект имеет ограниченную поддержку форматирования — CSS-содержимое файла ePub не анализируется, поэтому просто используются стандартные теги HTML, такие как <h1>, <b>, <i>.

Автор включил только 4 стиля шрифта — обычный, полужирный, курсив и полужирный курсив. Шрифты поддерживают только латинские символы и знаки припинания.

Файлы Epub довольно сложно анализировать. Несмотря на расширение файла epub, на самом деле это zip-архивы, содержащие несколько файлов. Чтобы прочитать файл, автор использует zip-библиотеку. Эта библиотека была модифицирована для работы на ESP32 с PSRAM.

## Электронная книга на STM32H750

В данном проекте автор решил с нуля разработать электронную книгу и поставил перед собой следующие задачи [5]:

– необходимо разработать электронную книгу с экраном 8 дюймов;

– поддержка формата FB2;

– считывание файлов с SD-карты;

– поддержка кириллицы;

– низкое энергопотребление;

– навигацию по пунктам меню сделать светодиодами. Имеется в виду, что отображенные на экране списки для выбора (файлы, список действий) будут статичными, и навигация по ним не будет заставлять перерисовывать экран. Выбор производится включением светодиода напротив списка;

– для управления книгой использовать 4 кнопки — «вперед(вверх)», «назад(вниз)», «меню», «функция»;

– различать на кнопках длинное и короткое нажатие. Кнопку «вперед(вверх)» разместить под пальцем левой руки, держащей книгу, чтобы для перехода на следующую страницу не требовалось перехватывать книгу (это я совсем под себя делаю);

– корпус из дерева.

Для создания книги он использовал следующие компоненты:

– экран E-ink — Waveshare 7.5inch E-ink raw display 800×480;

– микроконтроллер STM32H750VBT6;

– энергонезависимое хранилище для запоминания служебной информации. Их два — EEPROM — AT24C02D и FLASH — W25Q64.

# Анализ технического задания

В данном дипломном проекте разработана и реализована система для чтения электронных книг на базе микроконтроллера ESP32 и E-ink экран с сенсорной панелью.

Электронная книга обладает следующими функциональными возможностями:

– показывает текст книги на экране;

– изменяет страницу в зависимости от того на какую сторону дисплея нажал пользователь;

– визуально отображает номер текущей и последней страницы;

– дает возможность пользователю выбрать необходимую ему книгу из загруженных в памяти книг;

– также присутствует возможность загрузить книгу по средствам telegram бота;

– возможность изменять размер шрифта.

Для выполнения дипломного проекта потребовалось приобрести следующие электрические компоненты:

– LILYGO T5-4.7 inch E-Paper ESP32;

– LILYGO T5-4.7 inch Capacitive Touch Cover;

– LILYGO T5-4.7 inch T-FH Interface RF Card Expansion Module;

– аккумулятор 18650.

Все вышеперечисленные электрические компоненты были приобретены в соответствии с условиями эксплуатации, которые указаны в техническом задании.

# Разработка структуры системы устройства электронная книга на базе ESP32

Структурная схема устройства представлена на рисунке 3.1.

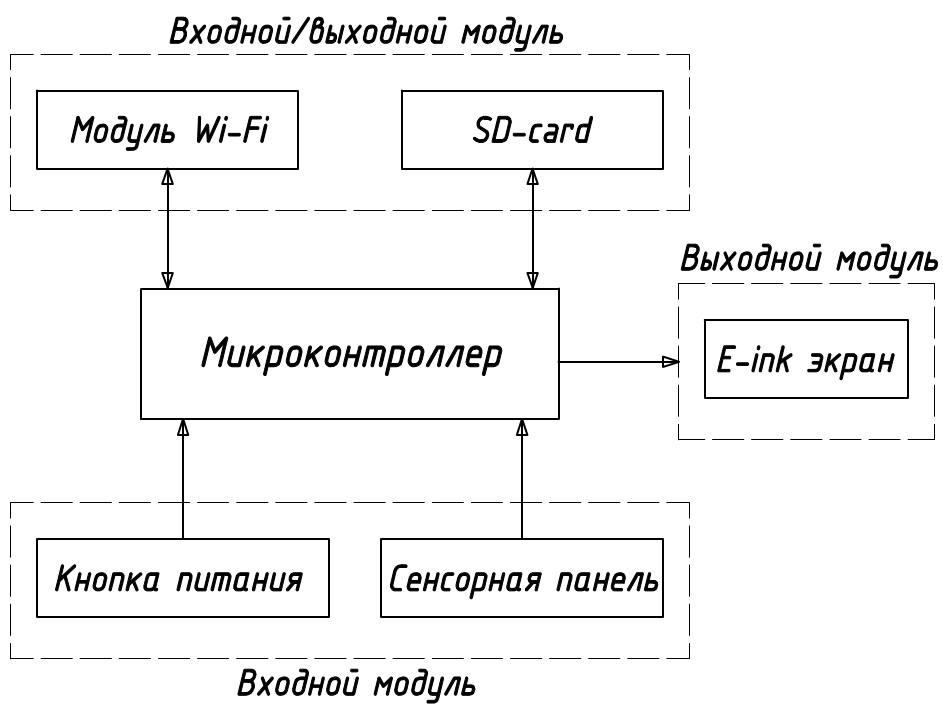


Рисунок 1 – Структурная схема электронной книги

Центральной частью схемы является микроконтроллер. Он обеспечивает взаимодействие всех элементов устройства. Микроконтроллер взаимодействует с Wi-Fi модулем для предоставления возможности загружать книги при помощи телеграмм-бота. Также микроконтроллер связан с модулем SD-карты для чтения и записи книг. На E-ink экране [[6]](#displayDataSheet) отображается текст книги, выбранной пользователем. Управление электронной книгой осуществляется при помощи сенсорной панели. Также для экономии заряда батареи используется кнопка питания для включения/выключения устройства.

# Аппартано-Программная реализация системы устройства электронная книга на базе eSP32

## Разработка алгоритма работы системы устройства электронная книга на базе ESP32

Обобщённый алгоритм работы системы приведён ниже:

1. На первом этапе устройство сканирует все файлы в памяти и добавляет их имена в список книг, если формат файла поддерживается;

2. Далее формируется главное меню устройства, в центре которого отображается список из 3 книг, а также указатели для перемещения по списку книг (указатель слева – отображение предыдущих 3 книг из общего списка, справа – следующие 3 книги). Список книг отображается в виде вытянутого по горизонтали прямоугольника, в центре которого указано название книги без учёта формата файла и пути к нему;

3. На следующем шаге пользователь должен при помощи нажатия на соответствующие пункты меню на экране выбрать книгу из отображаемых или сменить страницу для дальнейшего поиска и выбора нужной книги;

4. Далее, когда выбрана необходимая книга, по её полному пути в директории происходит чтение файла;

5. На следующем этапе происходит обработка текста входе которой определяется, сколько слов поместится в одну строку на экране. Определение происходит следующим образом:

5.1. За стартовый индекс начала строки принимается ноль;

5.2. Выбирается N следующих символов. Число N задаётся больше максимального количества символов в строке. Индекс конца строки равен сумме стартового индекса и N;

5.3. Производится проверка поместится ли текст, размещенный между стартовым и конечным индексами;

5.4. Если текст не помещается, тогда происходит смещение конечного индекса таким образом, чтобы сместить конечный индекс ровно на длину одного слова с конца. Далее происходит выполняется возвращение к пункту 5.3;

5.5. Сохранение индексов начала и конца итоговой строки;

5.6. Если индекс конца строки меньше, чем длинна текста книги, тогда стартовый индекс равен конечному. Переход к пункту 5.2;

6. Далее необходимо рассчитать итоговое количество страниц книги, которое равно общему количество строк, деленное на количество строк, которые можно отобразить на экране. Результат округляется в большую сторону;

7. Происходит отображение текста текущей страницы при помощи индексов, подсчитанных в 5 пункте. Также отображается номер текущей страницы относительно количества всех страниц в книге;

8. В случае нажатия на экран происходит переход на следующую или предыдущую страницу. Левая сторона сенсора отвечает за переход назад, а правая – вперёд;

9. В случае нажатия на текущий номер страницы или общее количество страниц происходит возвращение к пункту 1;

10. В случае нажатия на кнопку питания происходит отображение рисунка уведомляющего пользователя об включении/выключении устройства.

## Разработка печатного узла электронная книга на базе ESP32

# Технико-экономическое обоснование эффективности разработки и использования электронной книги на базе ESP32

## Характеристика программно-аппаратного комплекса

Разрабатываемая в дипломном проекте электронная книга представляет собой устройство, состоящее из готовой аппаратной платформы, модуля для подключения SD карты, E-ink экрана и сенсорной панели.

Предполагаемый тип производства будет единичным и будет основываться на заказе конечного потребителя. Потребитель устройства – это пользователь, часто читающий книги в электронном формате. Пользователь получает компактное и легкое устройство, которое можно использовать как дома, так и брать с собой. Устройство способно держать заряд значительно дольше, чем смартфон, а также имеет E-ink экран, который из-за своей специфики меньше нагружает глаза пользователя.

Пользователь получает электронную книгу, которая позволяет выбирать и читать книги в электронном формате. Загрузка книг доступна при помощи telegram бота. Преимущество в том, что пользователь получает недорогое специализированное устройство для чтения книг в электронном формате.

Главным преимуществом разрабатываемого устройства значительно меньшая цена, чем у аналогичных устройств, представленных на рынке на сегодняшний день, и при этом устройство будет иметь более широкий функционал по сравнению с наиболее дешевыми из аналогичных устройств.

## Расчет экономического эффекта от производства программно-аппаратного комплекса

Для определения результата от вложения инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса необходимо определить отпускную цену программно-аппаратного комплекса на основе расчета затрат на производство аппаратной части и разработку программной части [ссылка на методу].

### Расчет прямых затрат на комплектующие изделия для производства аппаратной части комплекса

Расчет прямых затрат на комплектующие изделия для производства аппаратной части комплекса осуществляется в соответствии с количеством комплектующих на изделие и рыночными ценами. Коэффициент транспортных расходов равен 1,1. Результаты расчётов приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет затрат на комплектующие изделия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование специальных инструментов, приспособлений, приборов, стендов, устройств и другого специального оборудования | Количество, шт. | Цена, р. | Сумма,  р. |
| 1. Аппаратная платформа LILYGO T5-4.7 inch E-Paper ESP32 | 1 | 89,42 | 89,42 |
| 1. Сенсорная панель LILYGO T5-4.7 inch Capacitive Touch Cover | 1 | 36,82 | 36,82 |
| 1. Разъем для чтения SD карт LILYGO T5-4.7 inch T-FH Interface RF Card Expansion Module | 1 | 7,89 | 7,89 |
| 1. Аккумулятор Panasonic NCR18650B 3350 mAh | 1 | 10,52 | 10,52 |
| Итого | | | 144,65 |
| Всего с учетом транспортных расходов | | | 159,11 |

### Расчет затрат на заработную плату разработчиков программной части комплекса

Для создания и длительной поддержки продукта необходима команда разработчиков из трех человек: бизнес-аналитик, программист, тестировщик.

Величина затрат определяется исходя из численности различных категорий исполнителей, дневных тарифных ставок и должностных окладов.

При расчете заработной платы используется среднемесячная заработная плата в Республике Беларусь для сотрудников различных категорий ИТ-отрасли. Результаты расчётов затрат на заработную плату команды разработчиков приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Расчет затрат на заработную плату команды разработчиков

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Категории исполнителей | Месячный  оклад (тарифная ставка), р. | Часовой  оклад (тарифная ставка), р. | Трудоемкость, ч | Сумма, р. |
| Бизнес-аналитик | 2893 | 17,22 | 24 | 413,28 |
| Программист | 4208 | 25,04 | 80 | 2003,2 |
| Тестировщик | 2805 | 16,69 | 80 | 1335,2 |
| Итого | | | | 3751,98 |

### Расчет общей суммы затрат на разработку программной части программно-управляемого комплекса

### Формирование отпускной цены программно-аппаратного комплекса

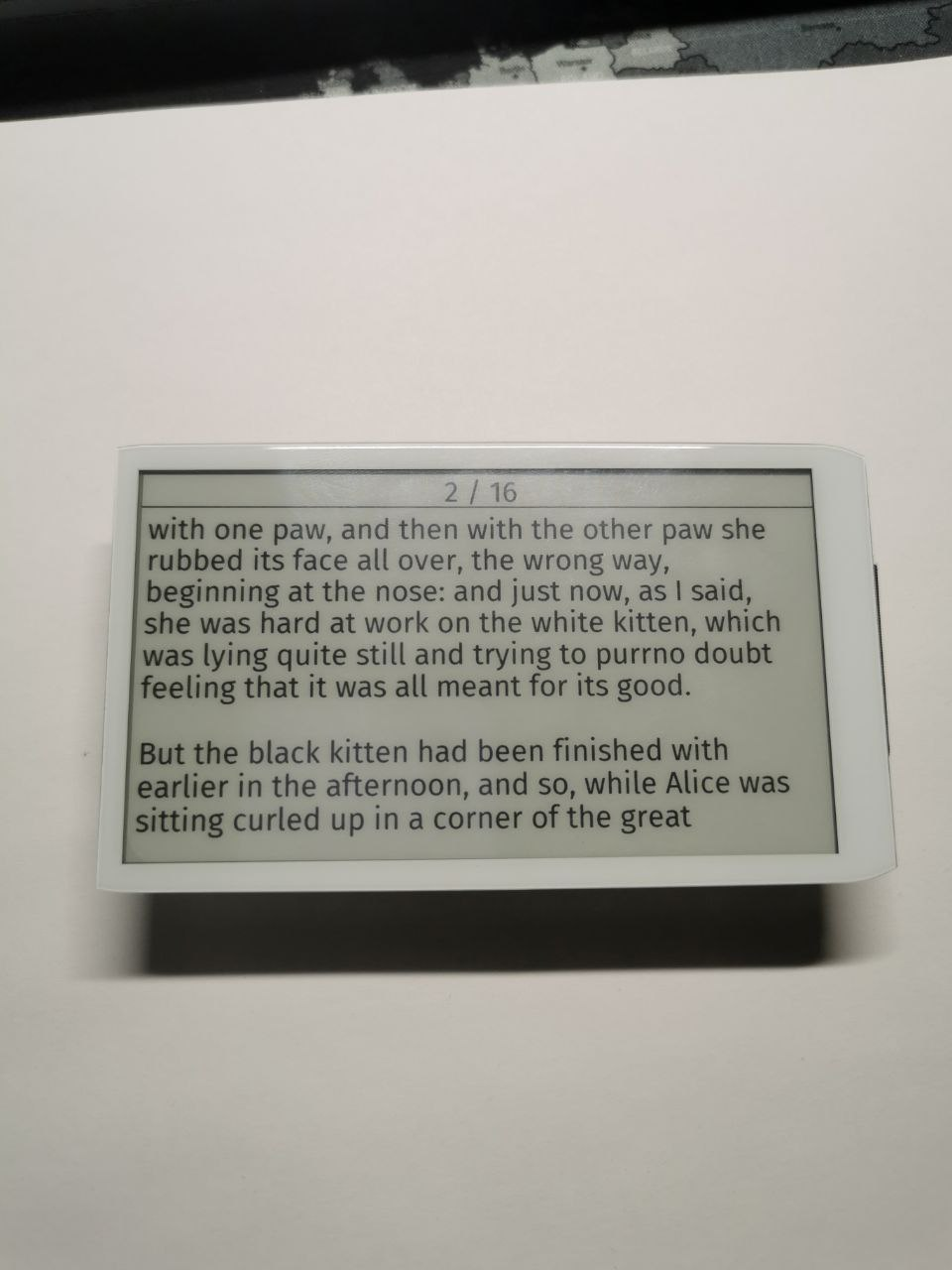
### Результат в сфере производства программно-аппаратного комплекса

## Расчет инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса

## Расчет показателей экономической эффективности инвестиций в производство программно-аппаратного комплекса

# Анализ результатов аппаратной реализации системы

На рисунке 6.1 приведено фото разработанной электронной книги с активным режимом чтения.

Рисунок 6.1 – Пример отображения текста книги

Заключение

В данной работе приведён процесс разработки электронной книги на базе микроконтроллера ESP32 с использованием экрана на электронных чернилах и сенсорной панели. Также приведена структурная схема с кратким описанием взаимодействия элементов в ней. Рассмотрен общий алгоритм функционирования устройства. Также выполнена проверка работоспособности устройства опытным путем.

Список используемых источников

1. Электронная книга (устройство) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikipedia.org/wiki/E-reader>
2. Техническое описание E-ink экрана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://github.com/Xinyuan-LilyGO/LilyGo-EPD47/blob/master/Display_datasheet.pdf>