

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей  
Кафедра электронных вычислительных машин  
Дисциплина: Схемотехника

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
к курсовому проекту  
на тему

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ КА-  
БИНЫ КОМБАЙНА «ГОМСЕЛЬМАШ»

БГУИР КП 1-40 02 01 414 ПЗ

Студент: группы 990541,  
Полховский А. Ф.

Руководитель: доцент каф. ЭВМ  
Селезнев И. Л.

Минск 2022

Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой ЭВМ

(подпись)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**по курсовому проектированию**

Студенту Полховскому Артему Федоровичу  
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта Микропроцессорное устройство контроля параметров кабины комбайна «Гомсельмаш»

2. Срок сдачи студентом законченного проекта с 14.11.2022 по 21.11.2022

3. Исходные данные к проекту:

1. Микроконтроллер (входное напряжение 7-12 В, макс. ток цифрового выхода 40 мА, интерфейсы I2C и SPI, 14 цифр. входов/выходов, 6 аналог. входов/выходов, флэш-память 32 кб, такт. частота 16 МГц)

2. Светодиоды (4 экземпляра, напряжение питания 3-5 В, макс. потребляемый ток 20 мА)

3. Датчик температуры (входное напряжение 3-5 В, диапазон измерения температуры -40 – +125 °С, погрешность  $\pm 0.5$  °С)

4. Датчик влажности воздуха (входное напряжение 3-5 В, диапазон измерения влажности воздуха 0-100 %, погрешность  $\pm 2\%$ )

5. Датчик освещенности (модуль с фоторезистором, сопротивление без освещения 0.2 Мом, сопротивление при 10 лк 2-5 кОм, время нарастания и снижения сопротивления 30 мс)

6. Датчик атмосферного давления (входное напряжение 3.3-5 В, диапазон измерений 300 – 1100 гПа, погрешность 0,1 Па)

7. Символьный модуль отображения информации (входное напряжение 5 В, 2 строки по 16 символов, интерфейс связи I2C, потребляемый ток мм)

8. Датчик обнаружения пламени (входное напряжение 3.3 – 5В, рабочий спектр 760 – 1100 нм, угол обнаружения 0 - 60 град., рабочая температура -25 - +85 °С)

9. Тактовая кнопка (входное напряжение 3.5-5 В)

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

Введение.

1. Обзор литературы по системам контроля параметров тепличного комбината.

2. Разработка структуры устройства системы контроля параметров тепличного комбината.

3. Обоснование выбора узлов, элементов функциональной схемы устройства системы контроля параметров тепличного комбината.

4. Разработка принципиальной электрической схемы устройства системы контроля параметров тепличного комбината.

5. Разработка программного обеспечения.

Заключение.

Литература.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Структурная схема устройства (формат А4)

2. Функциональная электрическая схема заданного блока системы (формат А3)

3. Принципиальная электрическая схема устройства (формат А3)

6. Консультант по проекту (с назначением разделов проекта) И.Л. Селезнёв

7. Дата выдачи задания 03.06.2022

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с назначением сроков исполнения и трудоемкости отдельных этапов):

разделы 1,2 к 28.09 – 20 %;

раздел 3 к 19.10 – 20 %;

разделы 4 к 25.10 – 25 %;

раздел 5 к 09.11 – 20 %;

оформление пояснительной записки и графического материала к 13.11 – 15 %;

защита курсового проекта с 22.11 по 26.11.

РУКОВОДИТЕЛЬ

доцент каф. ЭВМ Селезнёв И.Л.

(подпись)

Задание принял к исполнению 03.06.2022

(дата и подпись студента)

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	6
1.1 Состав устройства .....	6
1.2 Микроконтроллеры .....	6
1.3 Датчики температуры воздуха .....	7
1.4 Датчики влажности воздуха .....	7
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА.....	11
2.1 Постановка задачи .....	11
2.2 Определение компонентов структуры устройства.....	11
2.3 Взаимодействие компонентов устройства .....	12
3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА.....	13
3.1 Обоснование выбора микроконтроллера .....	13
3.2 Обоснование выбора датчика температуры воздуха .....	13
3.3 Обоснование выбора датчика влажности воздуха .....	13
3.4 Обоснование выбора датчика атмосферного давления .....	14
3.5 Обоснование выбора датчика освещенности.....	14
3.6 Обоснование выбора модуля вывода информации .....	14
3.7 Обоснование выбора датчика пламени .....	15
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА .....	16
4.1 Расчёт мощности элементов схемы .....	16
4.2 Расчёт нагрузки светодиодов.....	16
4.3 Микроконтроллеры .....	17
4.4 Датчик температуры.....	17
4.5 Датчик температуры, атмосферного давления и влажности.....	17
4.6 Датчик пламени (огня) .....	18
4.7 Модуль вывода информации.....	18
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ .....	19
5.1 Требования к разработке программного обеспечения .....	19
5.2 Блок-схема алгоритма .....	19
5.3 Исходный код программы для устройства управления.....	19
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	20
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....	26
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	29

## ВВЕДЕНИЕ

Темой данного курсового проекта является разработка микропроцессорного устройства на базе микроконтроллера. Задачей является реализация устройства контроля параметров кабины комбайна «Гомсельмаш».

Под устройством контроля параметров кабины комбайна понимается прибор, осуществляющий оценку температуры, влажности воздуха, атмосферного давления, освещенности внутри кабины, а также контроля температуры рабочего отсека и сигнализации в случае возгорания. Данное устройство должно содержать датчики, производящие оценку перечисленных параметров, дисплей, который необходим для вывода результата оценки, произведенной датчиками, светодиодов для сигнализации критичных значений и индикации режима работы устройства, и блок управления, необходимый для переключения режимов работы устройства.

Современные комбайны, если сравнить их с более ранними моделями, оснащены в дополнение к основным компонентам различными дополнительными системами. В их число входят различные дисплеи, отображающие основную информацию, как о состоянии систем комбайна, так и об обстановке за пределами кабины, модули, с поддержкой дистанционной обработки и передачи данных, модулями определения местоположения, GPS-, ГЛОНАСС-модулями и различными другими.

Разработка курсового проекта будет происходить поэтапно. В первую очередь необходимо подобрать элементы устройства, учитывая их надежность, стоимость, функциональность и размеры. Затем необходимо собрать устройство и разработать программное обеспечение для корректной обработки информации и поддержания связи между элементами схемы. В конце устройство подлежит тестированию, чтобы проверить правильность сборки и исключить сбои при эксплуатации.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Состав устройства

Разрабатываемое микропроцессорное устройство выполняет функции контроля параметров кабины, а именно контроль температуры и влажности воздуха, атмосферного давления и освещенности, обнаружение пламени и вывод информации на дисплей. А также как дополнение к устройству, модуль-датчик качества воздуха. Для решения этих задач в состав устройства должны входить:

- микроконтроллер
- датчик температуры воздуха
- датчик влажности воздуха
- датчик атмосферного давления
- датчик освещенности
- датчик обнаружения пламени
- символьный модуль вывода информации

## 1.2 Микроконтроллеры

Существует огромное разнообразие плат с разными микроконтроллерами. Для сравнения был выбран микроконтроллер ATmega328 в платах Arduino NANO, Arduino UNO и аналог другого производителя. Результаты сравнения приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Сравнение микроконтроллеров

Параметры сравнения	ATmega328	ARM Cortex-A7	ATmega328
Плата	Arduino NANO	Raspberry PI-2	Arduino UNO
Входное напряжение	6 – 20 В (предельное) 7 – 12 В (рекомендуемое)	6 – 28 В	6 – 20 В (пре- дельное) 7 – 12 В (рекомендуемое)
Интерфейсы связи	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART	I2C, SPI, UART
Флэш-память	32 Кб	порт для microCD	32 Кб
ОЗУ	2 Кб	1024 Мб	2 Кб
Тактовая частота	16 МГц	900 МГц	16 МГц
Разрядность	8 бит	32 бит	8 бит
Цифровые входы/выходы	14 шт	26 шт	14 шт
Аналоговые входы/выходы	6 шт	0 шт	6 шт
Выходное напряжение	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В

Продолжение таблицы 1.1

Параметры сравнения	ATmega328	ARM Cortex-A7	ATmega328
Рабочая температура	от -25 до +85 °C	от -40 до +85 °C	от -25 до +85 °C
Встроенный видеочип	Нет	Есть	Нет
Размеры	19 мм × 42 мм	85.6 мм × 56.5 мм	101.6 мм × 86 мм

### 1.3 Датчики температуры воздуха

На сегодняшний день можно найти большое количество различных датчиков температуры. Их основные отличия обусловлены областями применения. Для сравнения была выбрана линейка наиболее распространенных датчиков серии DHT, DSP. Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Сравнение датчиков температуры воздуха

Параметры сравнения	DHT11	DHT22	DS18B20
Диапазон измерения температуры воздуха	0 – +50 °C	-40 – +125 °C	-55 – +125 °C
Точность измерения температуры воздуха	±2 °C	±0.5 °C	±0.5 °C
Частота опроса	1 раз в секунду	1 раз в 2 секунды	3 раза в 4 секунды
Входное напряжение	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3 В, 5,5 В
Максимальный потребляемый ток	2.5 мА	2.5 мА	2.5 мА
Интерфейсы	I2C	I2C, SPI	1-Wire
Габариты	15 x 12 x 5 мм	15 x 25 x 5	24 x 13 x 5 мм

### 1.4 Датчики влажности воздуха

Датчики влажности воздуха представлены различными сенсорами. Для сравнения была выбрана довольно популярная серия датчиков DHT. Для сравнения были выбраны модели DHT11, DHT22 и BMP280. Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Сравнение датчиков влажности воздуха

Параметры сравнения	DHT11	DHT22	BME280
Диапазон измерения влажности воздуха	20 – 80 %	0 – 100 %	0 – 100 %
Точность измерения влажности воздуха	±5 %	±2-5 %	±3 %

Продолжение таблицы 1.3

Параметры сравнения	DHT11	DHT22	BME280
Частота опроса	1 раз в секунду	1 раз в 2 секунды	1 раз в 2 секунды
Входное напряжение	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В
Максимальный потребляемый ток	1.5 мА	2.5 мА	2.5 мА
Интерфейсы	I2C	I2C, SPI	I2C, SPI
Габариты	15 x 12 x 5 мм	15 x 25 x 5	2 x 2.5 x 1 мм

## 1.5 Датчики атмосферного давления

Датчики атмосферного давления представлены широким спектром устройств, которые различаются сферой применения. Для сравнения были выбраны модели BMP180, BMP280 и BME280. Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 — Сравнение датчиков атмосферного давления

Параметры сравнения	BMP180	BMP280	BME280
Диапазон измерения атмосферного давления	30 – 110 КПа	30 – 110 КПа	30 – 110 КПа
Точность измерения атмосферного давления	±1 Па	±10 Па	±10 Па
Рабочее давление	0 – 10 МПа	0 – 10 МПа	0 – 10 МПа
Поддерживаемые интерфейсы	I2C	I2C, SPI	I2C, SPI
Максимальный потребляемый ток	5 мкА	2.7 мкА	3 мкА (340 мкА при измерении влажности)
Дополнительные датчики	Датчик температуры воздуха	Датчик температуры воздуха	Датчики температуры и влажности воздуха
Питание	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В
Габариты	15 x 14мм	2 x 2.5 x 1 мм	2.5 x 2.5 x 1 мм

## 1.6 Датчики освещенности

Наиболее распространёнными моделями датчиков освещенности являются фоторезистивный датчик освещенности на чипе LM393, датчик освещенности SJCSCU-TEMT6000 и модуль освещения GY-302 на чипе BH1750. В таблице 1.5 приведены их сравнительные характеристики.



Таблица 1.5 — Сравнение датчиков освещенности

Параметры сравнения	Фоторезистивный датчик освещенности	Датчик освещенности CJMCU-TEMT6000	Датчик интенсивности света GY-302
Угол чувствительности	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$
Напряжение питания	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3 В, 3.3 В, 5 В
Рабочая температура	от 0 до +70 °С	от -40 до +85 °С	от -25 до +85 °С
Максимальный потребляемый ток	15 мА	20 мА	120 мкА
Измеряемые значения	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк
Тип выходного канала	аналоговый и цифровой	аналоговый	цифровой

## 1.7 Модули отображения информации

Для сравнения выберем типовые символьные ЖК дисплеи LCD2004, LCD1602, LCD0802. Основные отличия дисплеев заключаются в количестве одновременно отображаемых символов. В таблице 1.6 приведены их сравнительные характеристики.

Таблица 1.6 — Сравнение ЖК дисплеев

Параметры сравнения	LCD2004	LCD1602	LCD0802
Количество символов	20 x 4	16 x 2	8 x 2
Угол обзора	180°	180°	180°
Напряжение питания	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В
Максимальный потребляемый ток	1.4 мА (120 мА с подсветкой)	1 мА (100 мА с подсветкой)	0.8 мА (50 мА с подсветкой)
Размер дисплея	3.8 дюйма	2.6 дюйма	1.6 дюйма
Интерфейс	I2C	I2C	I2C

## 1.8 Датчики пламени

Наиболее распространёнными моделями датчиков используемых для обнаружения пламени являются инфракрасные датчики пламени на основе ИК-приемников RUICHI EM-134 на чипе LM393, Flame Sensor, датчик пламени (огня) KY-026. В таблице 1.8 приведены их сравнительные характеристики.

Таблица 1.8 — Сравнение датчиков пламени

Параметры сравнения	Датчик пламени RUICHI EM-134	Датчик пламени Flame Sensor	Датчик пламени(огня) KY-026
Дальность обнаружения пламени	0-120 см	0-80 см	0-100 см

Продолжение таблицы 1.8

Параметры сравнения	Датчик пламени RUICHI EM-134	Датчик пламени Flame Sensor	Датчик пламе- ни(огня) KY-026
Чувствительность	760 – 1100 нм	760 – 1100 нм	760 – 1100 нм
Рабочее напряжение	5 В	3.3 В, 5 В	3.3 В, 5 В
Рабочая температура	-25 – +95 °С	-25 – +85 °С	-25 – +85 °С
Угол обнаружения	±60°	±60°	±60°
Габариты	16 x 36 x 9 мм	27.3 x 15.4 x 8 мм	33 x 15 x 8 мм

## **2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА**

### **2.1 Постановка задачи**

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

В рамках данного курсового проекта необходимо разработать устройство контроля параметров кабины комбайна. Для реализации было выбрано устройство, осуществляющее оценку температуры и влажности воздуха, атмосферного давления, освещенности и выводящее результат на дисплей. Исходя из этого, были выделены следующие функции, которые должно выполнять данное устройство:

- получение информации о температуре воздуха
- получение информации о влажности воздуха
- получение информации об атмосферном давлении
- получение информации об освещенности
- получение информации о возможности возгорания
- управление режимами работы
- вывод информации

### **2.2 Определение компонентов структуры устройства**

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

1) Микроконтроллер — ключевой компонент всей схемы. Выполняет функцию обработки поступающей информации и выдает управляющие сигналы.

2) Модуль питания — стабилизатор напряжения и источник питания схемы.

3) Модуль вывода информации — дисплей, на котором отображается полученная информация и светодиоды, отображающие режим работы.

4) Датчик температуры воздуха — датчик, считывающий информацию о температуре воздуха.

5) Датчик влажности воздуха — датчик, считывающий информацию о влажности воздуха.

6) Датчик атмосферного давления — датчик, считывающий информацию об атмосферном давлении.

7) Датчик освещенности — датчик, считывающий информацию об освещенности в кабине.

8) Датчик пламени — датчик, считывающий информацию об возможности возгорания

## **2.3 Взаимодействие компонентов устройства**

Устройство последовательно считывает информацию со всех датчиков, затем эти данные передаются на контроллер, который их анализирует, после чего информация выводится на дисплей.

Контроллер получает полученные значения с датчика пламени, с датчиков температуры и влажности воздуха и выводит результаты на дисплей, аналогично с датчиками освещенности и атмосферного давления. Датчики считывают информацию с определенным интервалом, контроллер обновляет значения и выводит новую информацию на дисплей.

Контроллер при каждом считывании анализирует данные с датчика. При нарушении предустановленной границы значением температуры или влажности воздуха, а также при обнаружении возгорания сообщение с соответствующим текстом выводится на дисплей, оповещая оператора о слишком низкой либо высокой температуре, влажности воздуха, о возможном возгорании.

При изменении режима освещенности (день - ночь) на дисплей выводится сообщение с предупреждением и включается подсветка дисплея.

Модуль питания взаимодействует со всеми элементами схемы напрямую или через контроллер, благодаря ему осуществляется питание всех необходимых элементов.

### **3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА**

#### **3.1 Обоснование выбора микроконтроллера**

В данной курсовом проекте в качестве контроллера могла быть использована любая плата из представленных в таблице 1.1 так как устройство не требует больших затрат в памяти и мощности для корректной работы. Контроллер Raspberry PI 2 превосходит Arduino UNO и Arduino NANO по памяти и мощности, но требуют для работы больше входного напряжения и имеют большую стоимость. Так же у Raspberry PI 2 нет аналоговых входов/выходов, которые могут пригодиться при сборке проекта.

Arduino UNO имеет более разветвленную базу для питания, в отличие от Arduino NANO, что предоставляет большую вариативность подсоединения внешних устройств, необходимое для реализации системы любой сложности.

Исходя из вышеперечисленного в данном проекте используется плата Arduino UNO, так как она полностью подходит под поставленные задачи, а также имеет большой потенциал для увеличения функционала устройства. Данный контроллер был выбран также по причине доступности, цены и наличия примеров разработки под данный тип микроконтроллеров.

#### **3.2 Обоснование выбора датчика температуры воздуха**

Рассмотрев сравнительные характеристики датчиков температуры воздуха, представленных в таблице 1.2 обзора литературы, видно, что все датчики имеют одинаковое напряжение питания, потребляемый ток. В свою очередь, DHT11 имеет неполноценный диапазон измерения температуры воздуха, так как отсутствует возможность фиксации значений ниже 0 °C, а также наибольшую погрешность измерений. DHT21 предназначен для работы в условиях наличия внешних раздражителей, из-за чего находится в защитном корпусе и отличается наибольшими размерами среди рассмотренных датчиков. Исходя из вышеперечисленных характеристик, было решено использовать DS18B20, так как устройство удовлетворяет всем запросам курсового проекта, имеет удобный диапазон измерения температуры.

#### **3.3 Обоснование выбора датчика влажности воздуха**

В таблице 1.3 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков влажности воздуха. Как видно из сравнения, все они имеют одинаковый потребляемый ток и входное напряжение. В свою очередь, DHT11 имеет неполноценный диапазон измерения влажности воздуха, так как отсутствует возможность фиксации значений до 20 % и выше

80 %, а также наибольшую погрешность измерений. DHT21 предназначен для работы в условиях наличия внешних раздражителей, из-за чего находится в защитном корпусе и отличается наибольшими размерами среди рассмотренных датчиков. Исходя из вышеперечисленных характеристик, было решено использовать BME280, так как устройство также включает в себя датчик температуры и атмосферного давления и будет использовано также для получения показаний температуры и атмосферного давления в кабине, что является очень удобным решением для проектирования курсового проекта.

### **3.4 Обоснование выбора датчика атмосферного давления**

После сравнения датчиков атмосферного давления (см. таблицу 1.4) можно сразу исключить датчик BMP280, так как его точность измерения атмосферного давления совпадает с датчиком BME280, а его главным отличием является наличие встроенного датчика влажности воздуха, из-за чего сильно возрастает максимальный потребляемый ток.

Датчики BMP180 и BME280 при сравнении имеют практически идентичные характеристики, различаются только в точности, потребляемом токе и размерах, из-за чего было решено выбрать датчик BME280 из-за его распространенности и меньшего потребляемого тока и универсальности.

### **3.5 Обоснование выбора датчика освещенности**

В таблице 1.5 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков освещенности. Как видно из сравнения, все они имеют схожие характеристики и отличаются типом выходного сигнала и потребляемым током, а также рабочей температурой. Для работы устройства подойдут диапазоны рабочей температуры всех датчиков так как само устройство не проектируется для работы в экстремальных условиях, поэтому данный параметр при выборе датчиков можно упустить.

В данном проекте используется датчик интенсивности света GY-302, так как он имеет цифровой выход и интерфейс, что может быть простым для программирования и проектирования при работе с данным модулем.

### **3.6 Обоснование выбора модуля вывода информации**

В результате сравнения модулей вывода информации в таблице 1.6, а именно ЖК дисплеев LCD0602, LCD1602 и LCD2004 можно отметить, что основные различия данных модулей заключаются в потребляемом токе и размерах дисплея. Так как нам необходимо считать из окружающей среды данные о температуре воздуха, влажности воздуха, атмосферном давлении и

освещенности, то для вывода информации достаточно двух строк по шестнадцать символов. Этим требованиям соответствует дисплей LCD1602. Его потребление тока является средним, сравнивая с LCD0602 и LCD2004.

### **3.7 Обоснование выбора датчика пламени**

В результате сравнения датчиков пламени в таблице 1.8, а именно, датчиков пламени RUICHI EM-134, Flame Sensor-a, датчика пламени (огня) KY-026, можно отметить, что основные различия данных модулей заключаются в габаритах модулей, из-за функциональных, структурных особенностей, они не отличаются по своим диапазонным характеристикам. Так как необходимо считать данные из рабочего отсека, среды о возможном возгорании, датчик пламени(огня) KY-026 будет хорошим решением, из-за своей доступности и небольших габаритов, что будет удобным, для проектирования и эксплуатации.

## 4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

### 4.1 Расчёт мощности элементов схемы

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

Таблица 4.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства

Блок	U, В	I, мА	Кол-во	P, мВт
Микроконтроллер Arduino UNO	5	24	1	120
Датчик температуры воздуха DS18B20	5	2.5	1	12.5
Датчик температуры, влажности и атмосферного давления BME280	5	1	1	5
Датчик пламени (огня) KY-026	5	15	1	75
Светодиод	5	20	3	200
ЖК дисплей LCD1602	5	100	1	500
Датчик освещенности GY-302	5	0.12	1	0.60
Суммарная мощность, мВт				913.1

Таким образом потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 24 + 5 \cdot 2.5 + 5 \cdot 20 \cdot 2 + 5 + 5 \cdot 15 + 5 \cdot 100 + 5 \cdot 0.12 = 913.1 \text{ мВт.}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 1095.72 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1.095.72}{5} = 0.21914 \approx 0.22 \text{ А}$$

### 4.2 Расчёт нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется четыре светодиода одного цвета, подключенные к соответствующим входам микроконтроллера (см. рисунок 4.2).

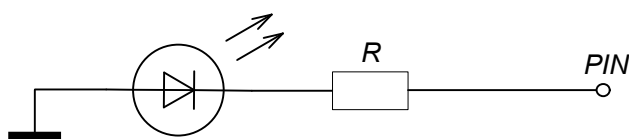


Рисунок 4.2 — Схема подключения светодиодов



Для ограничения тока светодиода используется резистор номиналом, рассчитываемым по следующей формуле:

$$R = \frac{U_{\Pi} - U_{\text{Д}}}{I_{\text{ПР}}},$$

где  $U_{\Pi}$  – напряжения питания,  $U_{\text{Д}}$  – напряжение, падающее на светодиоде,  $I_{\text{ПР}}$  – прямой ток светодиода.

В проекте используются светодиоды синего красного и желтого цвета, со следующими параметрами:  $I_{\text{ПР}} = 20$  мА.  $U_{\text{Д}} = 1$  В.

Получаем:

$$R = \frac{5 - 1}{20 \cdot 10^{-3}} = 200 \text{ Ом.}$$

Следовательно, для того, чтобы светодиод не перегорел, он должен быть подключён через резистор с сопротивлением не менее 200 Ом, однако если взять слишком большое сопротивление, то светодиод будет гореть очень слабо, поэтому светодиоды подключаются через резисторы сопротивлением 1 кОм.

### **4.3 Микроконтроллеры**

Информация о выбранном микроконтроллере Arduino UNO представлена в пункте 3.1 раздела 3.

Микроконтроллер соединен со всеми модулями схемы через аналоговые или цифровые входы и выходы.

Данный микроконтроллер питается от напряжения 5 В.

### **4.4 Датчик температуры**

Информация о выбранном датчике температуры DS18B20 представлена в пункте 3.2 раздела 3. Данные датчики питаются от 5В с Arduino и общаются по шине OneWire. Данная шина выведена на GPIO D8 платы Arduino. Подключение датчиков приведено на рисунке. Согласно документации к шине OneWire, применена типовая подтяжка информационной линии к линии питания (4.7 кОм).

### **4.5 Датчик температуры, атмосферного давления и влажности**

Информация о выбранном датчике влажности BME280 представлена в пункте 3.3 раздела 3. Данный датчик связан с микроконтроллером через ши-

ну I2C, а значит и подключен к соответствующим пинам (A4 и A5), на который выведен TWI из микроконтроллера. Датчик питается от напряжения 5В, получаемого со встроенного в плату Arduino линейного стабилизатора на 5В.

#### **4.6 Датчик пламени (огня)**

Информация о выбранном датчике влажности KY-06 представлена в пункте 3.7 раздела 3. Данный датчик связан с микроконтроллером через шину OneWire, выведенная на GPIO D2, на который выведен TWI из микроконтроллера. Датчик питается от напряжения 5В, получаемого со встроенного в плату Arduino линейного стабилизатора на 5В.

#### **4.7 Модуль вывода информации**

Информация о выбранном модуле вывода информации представлена в пункте 3.6 раздела 3. Так же, как и датчик BME280, экран LCD1602 общается с микроконтроллером по I2C, а значит подключен к тем же GPIO (пины A4 и A5). Напряжение питания на экран подается с 5В выхода Arduino.

## **5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

### **5.1 Требования к разработке программного обеспечения**

Разработанное микропроцессорное устройство собирает информацию о температуре с двух выносных датчиков, а также о влажности и давлении, содержании в воздухе примесей газов, информацию с датчика огня и, соответственно, отображает показания.

Порядок работы устройства, описанный с помощью блок-схемы, отображен в приложении Г. Код программы приведен в приложении Д.

При включении, работе устройства запрашиваются показания со всех датчиков а затем поочередно выводятся на экран. Опрос и проверка датчика огня происходит после каждого вывода информации, так как при каждом выводе информации используется временная задержка, в случае срабатывания, на экран выводится соответствующее сообщение и включается высокочастотный динамик.

### **5.2 Блок-схема алгоритма**

Блок-схема — это схематичное представление процесса, системы или компьютерного алгоритма. Блок-схемы часто применяются в разных сферах деятельности, чтобы документировать, изучать, планировать, совершенствовать и объяснять сложные процессы с помощью простых логических диаграмм.

Блок-схема алгоритма программного обеспечения данного курсового проекта, представлена в приложении Г.

### **5.3 Исходный код программы для устройства управления**

Устройство собирает информацию о температуре, влажности, атмосферном давлении, освещенности, содержании углекислого газа в воздухе, информацию с датчика огня. Описание основных функций приведено ниже.

В функции `void setup()` происходит первоначальная настройка портов GPIO и инициализация экрана и датчиков.

В функции `void loop()` происходит опрос датчиков и перерисовка экрана. Функция `void readAllSensors()` отвечает за опрос датчиков.

Функция `void readAndProcessFlameSensor()` отвечает за опрос датчика пламени и следующую за ней обработку в случае положительного срабатывания.

Функции `void ledOn()`, `void ledOff()`, `void loopLedOn()`, `void loopLedOff()` отвечают за включение и выключение светодиодов.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате работы над данным курсовым проектом было разработано работоспособное микропроцессорное устройство для контроля параметров кабины комбайна со своим программным обеспечением. Устройство отслеживает показания влажности, освещенности, атмосферного давления и температуры, сигнализирует о возможном возгорании. Производится индикация при помощи светодиодов и вывод информации на дисплей. Данный проект был спроектирован в соответствии с поставленными задачами, функционал был реализован в полном объеме.

Разработанное микропроцессорное устройство обладает следующими достоинствами: относительно низкая стоимость, простота реализации и сборки. Однако существенным недостатком является необходимость в написании собственного программного обеспечения для взаимодействия со всеми подключенными датчиками и анализа полученных данных.

В дальнейшем планируется усовершенствование данного курсового проекта. Одним из таких улучшений является оптимизация алгоритма анализа полученных данных, изготовление более жесткого корпуса, распайки, а также создание более дружелюбного интерфейса, вывод дополнительной информации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Вычислительные машины, системы и сети: дипломное проектирование (методическое пособие) [Электронный ресурс] : Минск БГУИР 2019. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://www.bsuir.by/m/12\\_100229\\_1\\_136308.pdf](https://www.bsuir.by/m/12_100229_1_136308.pdf) – Дата доступа: 20.11.2022
- [2]. Документация Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://docs.arduino.cc/> – Дата доступа: 21.11.2022
- [3]. ATmega328P – 8-bit AVR Microcontroller with 32K Bytes In-System Programmable Flash. Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P\\_Datasheet.pdf](https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf) – Дата доступа: 21.11.2022
- [4]. ESP-01 WiFi Module [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.microchip.ua/wireless/esp01.pdf> – Дата доступа: 20.11.2022
- [5]. STM32F4 Discovery Board Pinout, Features and Examples [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://microcontrollerslab.com/stm32f4-discovery-board-pinout-features-examples/> – Дата доступа: 22.11.2022
- [6]. Датчик атмосферного давления, влажности и температуры BME280 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-datchiki/datchik-bme280/> – Дата доступа: 20.11.2022
- [7]. Датчики влажности HTS221 и атмосферного давления LPS25 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.compel.ru/lib/73833> – Дата доступа: 19.11.2022
- [8]. DHT11 и DHT22 – электронные датчики температуры и влажности [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf> – Дата доступа: 18.11.2022
- [9]. Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> – Дата доступа: 20.11.2022
- [10]. DHT11 и DHT22 – электронные датчики температуры и влажности [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-master.ru/datchiki-arduino/datchiki-temperature-i-vlazhnosti-dht11-dht22/> – Дата доступа: 21.11.2022
- [11]. Сравнение датчиков температур компаний IST AG и Maxim Integrated [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://efo-sensor.ru/sravnenie-datchikov-temperaturi-kompaniy-ist-ag-i-maxim-integrated.html> – Дата доступа: 22.11.2022
- [12]. Relay Shield v3.0, Arduino-совместимая плата с 4-мя реле [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.chipdip.by/product/relay-shield-v3.0> – Дата доступа: 20.11.2022

[13]. Interface Two Channel Relay Module with Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://lastminuteengineers.com/two-channel-relay-module-arduino-tutorial/> – Дата доступа: 24.11.2022

[14]. Relay module 33-1CH 16-channel Relay module Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://dam.bakerhughes.com/m/5602036bd69f0a2e/original/3500-33-16-Channel-Relay-Module-Datasheet-162301-pdf.pdf> – Дата доступа: 20.11.2022

[15]. Жидкокристаллический дисплей и Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-diy.com/arduino-zhidkokristallicheskiy-displey-LCD-1602> – Дата доступа: 21.11.2022

[16]. Символьный дисплей LCD 1602 ИС/I2C [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://robot-kit.ru/2144/> – Дата доступа: 17.11.2022

[17]. CD 128x64 графический LCD12864Z (ST7920) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://iarduino.ru/shop/displays/lcd-128x64-graficheskiy-siniy-cvet-podsvetki.html> – Дата доступа: 17.11.2022

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(обязательное)

**Схема структурная**

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

(обязательное)

### **Схема функциональная**



**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
(обязательное)

**Схема принципиальная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(обязательное)

**Схема программы**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**(обязательное)**

**Листинг кода**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е**  
(обязательное)

**Перечень элементов**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
(обязательное)

**Ведомость документов**