

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
1 Обзор литературы .....	6
1.1 Требования к проектируемому устройству .....	6
1.2 Микроконтроллеры .....	6
1.3 Датчики температуры воздуха .....	7
1.4 Датчики влажности воздуха .....	7
1.5 Датчики освещенности .....	8
1.6 Датчики атмосферного давления .....	9
1.7 Модули отображения информации .....	9
2 Сравнение особенностей конструкции с аналогами .....	11
2.1 ОВЕН УКТ38 .....	11
2.2 РЭЛСИБ ДВТ-03.НЭ .....	11
2.3 ОВЕН 2ТРМО .....	12
2.4 МЕТЕОСКОП-М .....	12
2.5 Разрабатываемое устройство .....	12
3 Разработка структуры устройства .....	13
3.1 Постановка задачи .....	13
3.2 Определение компонентов структуры устройства .....	13
3.3 Взаимодействие компонентов устройства .....	14
4 Разработка функциональной схемы .....	15
4.1 Датчика влажности .....	15
4.2 Датчик температуры .....	15
4.3 Датчик освещенности .....	16
4.4 Датчик атмосферного давления .....	16
4.5 Микроконтроллер .....	16
4.6 Модуль вывода информации .....	17
5 Разработка принципиальной схемы .....	18
5.1 Расчёт мощности элементов схемы .....	18
5.2 Расчёт нагрузки светодиодов .....	18
5.3 Микроконтроллеры .....	19
5.4 Датчик температуры и влажности воздуха .....	19
5.5 Датчик освещенности .....	20
5.6 Датчик атмосферного давления .....	20
5.7 Модуль вывода информации .....	20
5.8 Модуль управления .....	20
5.9 Модуль питания .....	20
Заключение .....	21
Список использованных источников .....	22
Приложение А (обязательное) .....	24
Приложение Б (обязательное) .....	25
Приложение В (обязательное) .....	26
Приложение Г (обязательное) .....	27
Приложение Д (обязательное) .....	28

## **ВВЕДЕНИЕ**

Темой данного курсового проекта является разработка микропроцессорного устройства на базе микроконтроллера. Задачей является реализация устройства контроля параметров супермаркета.

По статистике, 90 % времени люди проводят в помещениях. Поэтому очень важно в зданиях обеспечить комфортные параметры микроклимата. После дома и работы наиболее популярным местом пребывания являются торгово-развлекательные центры и супермаркеты. Именно мониторинг микроклимата в супермаркетах был выбран в качестве темы курсового проекта.

Главная цель всех требований к микроклимату – обеспечение условий для комфортного пребывания людей. Важно, чтобы значения температуры, влажности, давления и освещенности позволяли посетителям находиться в здании продолжительное время без неприятных ощущений. Однако недоработки в проектировании систем микроклимата влекут за собой целый ряд негативных последствий. Например, пониженная влажность может испортить деревянную мебель, технику, продукты, вызвать статическое электричество. Страдает и имидж торгового зала: покупатели вряд ли захотят возвращаться туда, где слишком душно или жарко. Именно поэтому так важно отслеживать и при необходимости корректировать параметры микроклимата в супермаркетах.

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 Требования к проектируемому устройству

Разрабатываемое микропроцессорное устройство выполняет функции контроля параметров супермаркета: измеряет температуру воздуха, определяет влажность воздуха, измеряет атмосферное давление и определяет уровень освещенности. Также выводит полученную информацию на устройство отображения информации (дисплей), информирует пользователя о несоответствии параметров микроклимата помещения. Для решения этих задач в состав устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- датчик температуры воздуха;
- датчик атмосферного давления;
- датчик влажности воздуха;
- датчик освещенности;
- устройство отображения информации (дисплей);
- светодиоды для индикации;
- органы управления.

## 1.2 Микроконтроллеры

Существует огромное разнообразие микроконтроллеров. Все они отличаются размерами, количеством памяти, количеством и разнообразием входов/выходов и другими характеристиками. Для сравнения были выбраны микроконтроллеры ATmega328, ATmega32A и ARM Cortex-A7. Результаты их сравнения приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 — Сравнение микроконтроллеров

Параметры сравнения	ATmega328	ATmega32A	ARM Cortex-A7
Входное напряжение	7 – 12 В	4,5 – 5,5 В	6 – 28 В
Флэш-память	32 Кб	32 Кб	порт для microCD
ОЗУ	2 Кб	2 Кб	1024 Мб
Тактовая частота	16 МГц	16 МГц	900 МГц
Разрядность	8 бит	8 бит	32 бит
Количество входов/выходов	28 шт	40 шт	26 шт
Выходное напряжение	3.3В, 5 В	3.3В, 5 В	3.3В, 5 В
Рабочая температура	от -40 до +85 °С	от -40 до +85 °С	от -40 до +85 °С

### Продолжение таблицы 1.1

Параметры сравнения	ATmega328	ATmega32A	ARM Cortex-A7
Размеры	39.75 мм × 14.73 мм	45,4 мм × 18,5 мм	85.6 мм × 56.5 мм

Для получения более подробной информации о рассмотренных микроконтроллерах использовались источники [2, 3, 4].

### 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. Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 — Сравнение датчиков температуры воздуха

Параметры сравнения	DHT11	DHT22	DHT21
Диапазон измерения температуры воздуха	0 – +50 °C	-40 – +125 °C	-40 – +80 °C
Точность измерения температуры воздуха	±2 °C	±0.5 °C	±0.5 °C
Частота опроса	1 раз в секунду	1 раз в 2 секунды	1 раз в 2 секунды
Выводы	VCC, GND, DATA	VCC, GND, DATA	VCC, GND, DATA
Входное напряжение	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В
Максимальный потребляемый ток	2.5 мА	2.5 мА	2.5 мА
Интерфейсы связи	GPIO	GPIO	GPIO
Габариты	15 x 12 x 5 мм	15 x 25 x 5	60 x 27 x 13 мм
Выходной сигнал	цифровой	цифровой	цифровой

Для получения более подробной информации о данных датчиках использовались источники [5, 6, 7].

### 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 DHT21. Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 — Сравнение датчиков влажности воздуха

Параметры сравнения	DHT11	DHT22	DHT21
Диапазон измерения влажности воздуха	20 – 80 %	0 – 100 %	0 – 100 %
Точность измерения влажности воздуха	$\pm 5$ %	$\pm 2-5$ %	$\pm 3$ %
Частота опроса	1 раз в секунду	1 раз в 2 секунды	1 раз в 2 секунды
Выходы	VCC, GND, DATA	VCC, GND, DATA	VCC, GND, DATA
Входное напряжение	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В
Максимальный потребляемый ток	2.5 мА	2.5 мА	2.5 мА
Интерфейсы связи	GPIO	GPIO	GPIO
Выходной сигнал	цифровой	цифровой	цифровой

Для получения более подробной информации о данных датчиках использовались источники [5, 6, 7].

### 1.5 Датчики освещенности

Наиболее распространёнными моделями датчиков освещенности являются фоторезистивный датчик освещенности AMP-B004, датчик освещенности CJMCU-TEMT6000 и модуль освещения GY-302 на чипе BH1750FVI. В таблице 1.4 приведены их сравнительные характеристики.

Таблица 1.4 — Сравнение датчиков освещенности

Параметры сравнения	Модуль освещения GY-302	Датчик освещенности CJMCU-TEMT6000	Датчик освещенности AMP-B004
Угол чувствительности	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$	$\pm 60^\circ$
Напряжение питания	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В	3.3 – 5 В
Рабочая температура	от 0 до +70 °C	от -40 до +85 °C	от -30 до +70 °C
Поддерживаемые интерфейсы связи	I2C	ADC	ADC
Выходы	VCC, GND, SCL, SDA, ADDR	VCC, GND, OUT	VCC, GND, OUT
Максимальный потребляемый ток	15 мА	20 мА	10 мА
Измеряемые значения	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк	от 0 до 65535 лк
Выходной сигнал	аналоговый	аналоговый	аналоговый

Для получения более подробной информации о данных датчиках использовались источники [8, 9, 10].

## 1.6 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 1.5.

Таблица 1.5 — 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
Выходы	GND, VIN, SDA, SDL	GND, VIN, SDA, SDL, CSB, SD0	GND, VIN, SDA, SDL, CSB, SD0
Поддерживаемые интерфейсы	I2C	I2C, GPIO	I2C, GPIO
Максимальный потребляемый ток	5 мкА	2.7 мкА	6 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
Выходной сигнал	аналоговый	аналоговый/цифровой	аналоговый/цифровой
Габариты	15 x 14 мм	2 x 2.5 x 1 мм	2.5 x 2.5 x 1 мм

Для получения более подробной информации о данных датчиках использовались источники [11, 12, 13].

## 1.7 Модули отображения информации

Для сравнения выберем 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 модулей отображения информации

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 – 5 В	3.3 – 5 В	3.3 – 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
Выводы	VCC, GND, SCL, SDA	VCC, GND, SCL, SDA	VCC, GND, SCL, SDA
Интерфейс связи	I2C	I2C	I2C
Тип выходного канала	аналоговый	аналоговый	аналоговый

Для получения более подробной информации о модулях отображения информации использовались источники [14, 15, 16].

## **2 СРАВНЕНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ С АНАЛОГАМИ**

В данном разделе мы рассмотрим существующие аналоги и альтернативные решения, которые предлагаются на рынке или в области нашего курсового проекта. Анализ аналогов является важной частью процесса разработки. Он позволяет исследовать существующие решения, выявить их преимущества и недостатки. Далее будут рассмотрены основные характеристики и особенности аналогов, которые могут помочь принять решение относительно дальнейшего развития проекта.

### **2.1 ОВЕН УКТ38**

УКТ38 – измеритель 8-канальный с аварийной сигнализацией, предназначенный для контроля температуры, давления, влажности или другой физической величины в нескольких зонах одновременно (до 8-ми) и аварийной сигнализации о выходе любого из контролируемых параметров за заданные пределы, а также для регистрации измеренных параметров на ПК.

Преимущества:

- аварийная сигнализация;
- индикация измеренных величин и заданных уставок;
- разнообразие подключаемых датчиков.

Недостатки:

- дорогой в приобретении;
- требует дополнительного программного обеспечения для регистрации параметров на компьютере.

### **2.2 РЭЛСИБ ДВТ-03.НЭ**

Датчик влажности воздуха и температуры ДВТ-03.НЭ – это прибор для контроля влажности и температуры в помещении, на улице, в системах воздухопроводов, термокамерах и т.д. Чувствительный элемент датчика влажности является взаимозаменяемым элементом. Замена чувствительного элемента не влияет на потерю точности прибора. Датчик влажности ДВТ-03.НЭ обеспечивает высокую стабильность показаний.

Преимущества:

- возможность замены чувствительного элементов;
- широкий диапазон напряжения питания.

Недостатки:

- отсутствие индикатора;
- не поддерживает разнообразие подключаемых датчиков.



## **2.3 ОВЕН 2ТРМО**

2ТРМО – двухканальный измеритель, предназначенный для измерения температуры, давления, влажности, метров над уровнем моря и других физических величин в различных отраслях промышленности.

Преимущества:

- улучшенная помехоустойчивость;
- повышенная надежность.

Недостатки:

- требует внешний источник питания в диапазоне 90...245 В;
- сложность настройки и интеграции.

## **2.4 МЕТЕОСКОП-М**

Универсальный измеритель параметров микроклимата для проведения комплексного экологического мониторинга среды в жилых и производственных помещениях, на открытых территориях. Незаменим в области охраны труда для контроля параметров микроклимата, аттестации рабочих мест на промышленных предприятиях, в офисах и общественных учреждениях.

Преимущества:

- запись данных;
- USB-интерфейс для подключения устройства к компьютеру для анализа и хранения данных.

Недостатки:

- дорогой в приобретении;
- сложность для неподготовленных пользователей.

## **2.5 Разрабатываемое устройство**

Компактный и надежный метеостанционный блок, разработанный на базе микроконтроллера ATmega32A, с использованием современных датчиков для измерения температуры, влажности, атмосферного давления и освещенности. Это идеальное решение для мониторинга и анализа метеопараметров в различных сценариях, таких как домашний климат, супермаркет и даже большие промышленные объекты.

Предлагаемое устройство имеет следующие преимущества по сравнению с аналогами:

- бюджетность;
- простота использования.

Недостатки:

- нет возможности подключения к сети;
- не предусмотрена защита от влаги и пыли.

## **3 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА**

### **3.1 Постановка задачи**

Для того, чтобы составить структурную схему разрабатываемого устройства, необходимо выделить функции, которые будет выполнять устройство, затем определить компоненты и связь между ними исходя из данных функций. Структурная схема устройства приведена в приложении А.

В рамках данного курсового проекта необходимо разработать устройство контроля параметров супермаркета. 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;
- вывод информации на дисплей;
- управление отображаемой информацией;
- световая индикация о состоянии.

### **3.2 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 — символьный дисплей, на котором отображается полученная информация, и светодиоды, отображающие режим работы. Данные поступают с микроконтроллера на модуль.

4 Датчик температуры — датчик, считывающий информацию о температуру воздуха. Данные передаются на вход микроконтроллера.

5 Датчик атмосферного давления — датчик, считывающий информацию об атмосферном давлении. Данные передаются на вход микроконтроллера.

6 Датчик влажности воздуха — датчик, считывающий информацию о влажности воздуха. Данные передаются на вход микроконтроллера.

7 Датчик освещенности — датчик, считывающий информацию об освещенности в помещении. Данные передаются на вход микроконтроллера.

8 Модуль управления – тактовая кнопка, управляющая режимами работы устройства.

### **3.3 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 значения с датчика температуры и влажности воздуха и выводит результаты на дисплей, аналогично с датчиками освещенности и атмосферного давления. При выходе полученных значений за установленные границы контроллер посылает сигнал на соответствующий светодиод.

Датчики считывают информацию с определенным интервалом. Контроллер при каждом считывании анализирует данные с датчика. В зависимости от режима работы устройства соответствующие данные выводятся на дисплей.

С помощью нажатия тактовой кнопки происходит смена режимов работы устройства, которая отображается на дисплее. Режим работы можно идентифицировать благодаря светодиодам, которые отображают два возможных режима.

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

## **4 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ**

Схема электрическая функциональная представлена в приложении Б.

Ниже, в подразделах, приведены описания требований к компонентам. Требования основаны на Системе стандартов безопасности труда [18] и Стандарте норм и методов измерения освещения рабочих мест [19], связь компонентов основывается на структурной схеме из предыдущего раздела. Для функциональной схемы выбраны абстрактные очертания будущих компонентов, то есть описываются только основные контакты и связи.

### **4.1 Датчика влажности**

Учитывая требования стандарта к влажности, предельное отклонение от значения относительной влажности воздуха должно составлять  $\pm 5\%$ , диапазон измерений от 10% до 90% относительной влажности включительно. Диапазон рабочих температур примем за наиболее вероятный диапазон температур в помещении – от 0 °С до 40 °С. В таблице 1.3 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков влажности воздуха. Датчик DHT11 имеет неполноценный диапазон измерения влажности воздуха, так как отсутствует возможность фиксации значений до 20 % и выше 80 %, а также он имеет 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. В ходе работы было решено использовать DHT22, так как устройство удовлетворяет всем требованиям стандарта.

### **4.2 Датчик температуры**

Согласно стандарту, отклонение температуры от рекомендуемой в супермаркете не должно превышать 0.5 °С, следовательно точность датчика должна составлять минимум аналогичное значение. Диапазон измерения согласно стандарту от 0 °С до +50 °С. Из таблицы 1.2 обзора литературы видно, что датчик DHT11 имеет наибольшую погрешность измерений, что не подходит для данной работы по требованиям стандарта. DHT21 предназначен для работы в условиях наличия внешних раздражителей, из-за чего находится в защитном корпусе и отличается наибольшими размерами среди рассмотренных датчиков. Было решено использовать DHT22, так как устройство удовлетворяет всем требованиям стандарта.

### **4.3 Датчик освещенности**

По требованиям стандарта измеряемое значение освещенности находится в пределах от 10 до 500 лк. Диапазон рабочих температур примем за наиболее вероятный диапазон температур в помещении – от 0 °С до 40 °С. В таблице 1.4 обзора литературы приведены сравнения наиболее распространенных датчиков освещенности. Как видно из сравнения, все они имеют схожие характеристики и отличаются максимальным потребляемым током, а также рабочей температурой. Для работы устройства подойдут диапазоны рабочей температуры всех датчиков, так как устройство не проектируется для работы в экстремальных условиях, поэтому данный параметр при выборе датчиков можно упустить. Измеряемые значения также находятся в одинаковом диапазоне – от 0 до 65535 лк. Было решено использовать датчик GY-302, так как он имеет небольшой потребляемый ток, а значит это уменьшит затраты при подключении к общей схеме устройства.

### **4.4 Датчик атмосферного давления**

После сравнения датчиков атмосферного давления (см. таблицу 1.5) можно сразу исключить датчик BME280, так как его точность измерения атмосферного давления совпадает с датчиком BMP280, а его главным отличием является наличие встроенного датчика влажности воздуха, из-за чего сильно возрастает максимальный потребляемый ток. Датчики BMP180 и BMP280 при сравнении имеют практически идентичные характеристики, различаются только в точности, потребляемом токе и размерах, из-за чего было решено выбрать датчик BMP180 из-за его распространенности и небольшой погрешности измерений.

### **4.5 Микроконтроллер**

Для обработки данных с датчиков и управления внешними системами необходимо использовать микроконтроллер, у которого достаточное количество входов и выходов для подключения датчиков и систем управления. Входы должны иметь возможность обрабатывать аналоговый сигнал. В данном курсовом проекте в качестве микроконтроллера была выбрана микросхема Atmega32A. Модель обладает достаточным количеством входов и выходов, диапазон рабочих температур составляет промежуток от -40°С до 85 °С, что удовлетворяет требованиям работы в помещении, объём памяти программ составляет 32 КБ, обладает АЦП, что позволяет работать с входными аналоговыми сигналами.

## **4.6 Модуль вывода информации**

Наиболее удобным решением для отображения информации с датчиков является дисплей. Дисплей должен иметь заднюю подсветку, для комфортного восприятия информации при условиях искусственного освещения.

В результате сравнения модулей вывода информации в таблице 1.6, а именно символьных ЖК дисплеев LCD0802, 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, что олицетворяет 2 режима работы устройства, то для вывода информации достаточно двух строк по шестнадцать символов. Этим требованиям соответствует дисплей LCD1602. Так же его потребление тока является средним, сравнивая с LCD0602 и LCD2004.

## 5 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Схема электрическая принципиальная приведена в приложении В.

### 5.1 Расчёт мощности элементов схемы

Потребляемая мощность разрабатываемого устройства равна сумме мощностей, потребляемых его элементами. Расчет мощности элементов схемы устройства представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Расчет мощности элементов схемы устройства

Блок	U, В	I, мА	Кол-во	P, мВт
Микроконтроллер ATmega32A	5	16	1	80
Датчик освещенности GY-302	5	0.12	1	0.6
Датчик температуры и влажности воздуха DHT22	5	2,5	1	12,5
Датчик атмосферного давления BMP180	5	0.05	1	0.25
Модуль отображения LCD1602 I2C	5	100	1	500
Светодиод	5	20	3	300
Суммарная мощность, мВт				893,35

Таким образом, потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 16 + 5 \cdot 0,12 + 5 \cdot 2,5 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 100 + 5 \cdot 20 \cdot 3 = 893,35 \text{ мВт.}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 1072,02 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1,072}{5} = 0.214404 \approx 0,21 \text{ А}$$

### 5.2 Расчёт нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется 3 светодиода различных цветов, подключенные к соответствующим пинам микроконтроллера (см. рисунок 5.1).

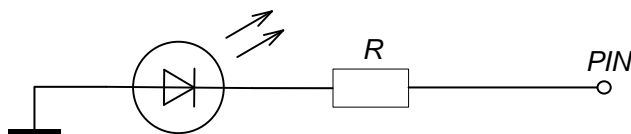


Рисунок 5.1 — Схема подключения светодиодов

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 красного, синего и зеленого цветов, 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 в данном проекте светодиоды подключаются через резисторы сопротивлением 220 Ом.

### 5.3 Микроконтроллеры

Информация о выбранном микроконтроллере ATmega32A представлена в пункте 4.5 раздела 4.

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

В схеме устройства датчик температуры и влажности воздуха подключен к PD2, датчик атмосферного давления к SCL и SDA, датчик освещенности к SCL и SDA, светодиоды подключены к PD4 и PD5. ЖК символьный дисплей подключен к аналоговым выходам SCL и SDA с поддержкой I2C. Тактовая кнопка подключена к PB3. Данный микроконтроллер питается от напряжения 5 В.

### 5.4 Датчик температуры и влажности воздуха

Информация о выбранном датчике температуры и влажности воздуха DHT22 представлена в пунктах 4.1 и 4.2 раздела 4. Данный датчик подключен к PD2 на плате микроконтроллера. Питается датчик от напряжения 5 В.



### **5.5 Датчик освещенности**

Информация о выбранном датчике освещенности GY-302 представлена в пункте 4.3 раздела 4. Данный датчик подключается к SCL и SDA платы микроконтроллера. Питается датчик от напряжения 5 В.

### **5.6 Датчик атмосферного давления**

Информация о выбранном датчике BMP180 представлена в пункте 4.4 раздела 4. Данный датчик в схеме питается от напряжения 5 В и подключен к SCL и SDA на плате микроконтроллера.

### **5.7 Модуль вывода информации**

Информация о выбранном модуле вывода информации представлена в пункте 4.6 раздела 4. На устройстве используется экран LCD1602 I2C, который питается от напряжения 5 В. Экран соединен с микроконтроллером через конвертор в IIC/I2C, который сокращает количество выходов. На модуле есть 2 входа Data, они подключены к аналоговым выходам SCL и SDA платы микроконтроллера, через них осуществляется передача данных с микроконтроллера на модуль. Светодиоды питаются от напряжения 5 В и подключены к PB4, PB5 и PB6 с поддержкой генерации ШИМ-сигнала.

### **5.8 Модуль управления**

В качестве модуля управления используется тактовая кнопка IT-1102K. Данный модуль потребляет меньше тока и имеет среднее время отклика (среди аналогов). Требованиям проекта удовлетворяет. Для управления режимами работы тактовая кнопка подключается к PB3 входу платы микроконтроллера. Кнопка питается от напряжения 5 В.

### **5.9 Модуль питания**

Питание схемы осуществляется от батарейки кроны 9 В. Для преобразования напряжения в 5 В, которое необходимо всем элементам устройства, используется стабилизатор напряжения. Питание 5 В подается на микроконтроллер, все датчики, ЖК дисплей и кнопку.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над данным курсовым проектом было разработано работоспособное устройство контроля параметров микроклимата в помещении со своим программным обеспечением. Устройство отслеживает показания влажности, освещенности, атмосферного давления и температуры, сигнализирует о превышении нормального уровня показателей. 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.

Данный проект можно быть усовершенствован в следующих направлениях:

- повышение точности измерений;
- созданий более дружелюбного интерфейса;
- вывод дополнительной информации о микроклимате;
- оптимизация алгоритма анализа полученных данных;
- защита от влаги и пыли;
- возможность подключения к сети и сохранения данных.

## 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: 29.10.2023

[2] Cortex-A7 MPCore Technical Reference Manual r0p5 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://developer.arm.com/documentation/ddi0464/latest/> – Дата доступа: 29.09.2023

[3] ATmega328p | Microchip documentation [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.microchip.com/en-us/product/atmega328p#document-table> – Дата доступа: 29.09.2023

[4] ATmega32A Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmega32A-DataSheet-Complete-DS40002072A.pdf> – Дата доступа: 29.09.2023

[5] DHT11 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Dht11%20datasheet&gad=1&gclid=Cj0KCQjwhfipBhCqARIsAH9msbna8OSBAwHqq66X0p7nUmWcSKLtjp34lyrfNnvF76b-pgDvGu4xsM0aAijdEALw\\_wcB](https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Dht11%20datasheet&gad=1&gclid=Cj0KCQjwhfipBhCqARIsAH9msbna8OSBAwHqq66X0p7nUmWcSKLtjp34lyrfNnvF76b-pgDvGu4xsM0aAijdEALw_wcB) – Дата доступа: 29.09.2023

[6] DHT22 Datasheet pdf [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> – Дата доступа: 29.09.2023

[7] DHT21 Datasheet [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://datasheetspdf.com/datasheet/DHT21.html> – Дата доступа: 29.09.2023

[8] GY-302 BH1750 модуль освещения, Light Sensor для Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [http://www.avrobot.ru/product\\_info.php?products\\_id=4033](http://www.avrobot.ru/product_info.php?products_id=4033) – Дата доступа: 29.09.2023

[9] Датчик освещенности (Тройка-модуль) [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dns-shop.ru/product/dfd63dd055253361/datchik-osvesennosti-troyka-modul/4033> – Дата доступа: 29.09.2023

[10] Датчик освещенности TEMP6000 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-lab.pw/index.php/2022/08/19/datchik-osveshennosti-temt6000/> – Дата доступа: 29.09.2023

[11] Датчик давления BMP280 и Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://hobbyprojects.home.blog/2019/06/17/BMP180-280/> – Дата доступа: 29.09.2023

[12] BMP180 – барометр Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/uroki-arduino/bmp-barometr/> – Дата доступа: 29.09.2023

[13] BME280 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.mouser.com/datasheet/2/783/BST-BME280-DS002-1509607.pdf/> – Дата доступа: 29.09.2023

[14] Specification for LCD Module 1602 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.openhacks.com/uploads/productos/eone-1602a1.pdf> – Дата доступа: 29.09.2023

[15] Specification for LCD Module 2004 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://uk.betalayout.com/download/rk/RK-10290\\_410.pdf](https://uk.betalayout.com/download/rk/RK-10290_410.pdf) – Дата доступа: 29.09.2023

[16] LCD 0802 HWv1 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://www.embeddedadventures.com/datasheets/LCD-0802\\_hw\\_v1\\_doc\\_v1.pdf](https://www.embeddedadventures.com/datasheets/LCD-0802_hw_v1_doc_v1.pdf) – Дата доступа: 29.09.2023

[17] Обзор программатора USBasp v.2.0 – RobotChip [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://robotchip.ru/obzor-programmatory-usbasp-v-2-0/> – Дата доступа: 15.09.2023

[18] ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1) - docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> – Дата доступа: 17.10.2023

[19] ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений - docs.cntd.ru [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200105707> – Дата доступа: 17.10.2023

[20] From Arduino to a Microcontroller on a Breadboard [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://docs.arduino.cc/built-in-examples/arduino-isp/ArduinoToBreadboard> – Дата доступа: 28.10.2023

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**(обязательное)**  
**Структурная схема устройства**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
**(обязательное)**  
**Схема электрическая функциональная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ В**  
**(обязательное)**  
**Схема электрическая принципиальная**

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
**(обязательное)**  
**Перечень элементов**



**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
**(обязательное)**  
**Ведомость документов**