

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

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Структурная и функциональная организация
вычислительных машин

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к курсовому проекту
на тему

АППАРАТНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
МИКРОКЛИМАТА В ПОМЕЩЕНИИ

БГУИР КП 1-40 02 01 324 ПЗ

Студент: группы 150503,
Ходосевич М. А.

Руководитель: к.т.н., доцент,
Воронов А. А.

Минск 2024

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

(подпись)

2024 г.

ЗАДАНИЕ
по курсовому проектированию

Студенту Ходосевичу Матвею Александровичу

1. Тема проекта: Аппаратное устройство контроля параметров микроклимата в помещении

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: 4 мая 2024 г.

3. Исходные данные к проекту: Микроконтроллер Arduino Nano, датчик температуры и влажности DHT22, датчик давления BMP180, датчик освещенности GY-302, дисплей LCD1602, стабилизатор напряжения KP142EH5A, источник питания – напряжение 9 В, электромагнитный излучатель HCM1205X, радиомодули NRF24L01+PA+LMA с внешней антенной.

4. Содержание пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов): Введение. 1. Обзор литературы. 2. Разработка структурной схемы. 3. Разработка функциональной схемы. 4. Разработка принципиальной схемы. 5. Разработка программного обеспечения. Заключение. Список использованных источников. Приложения.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): 1. Аппаратное устройство контроля параметров микроклимата в помещении. Схема структурная 2. Аппаратное устройство контроля параметров микроклимата в помещении. Схема функциональная 3. Аппаратное устройство контроля параметров микроклимата в помещении. Схема принципиальная

6. Дата выдачи задания: 27 января 2024 г.

7. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования (с обозначением сроков выполнения и трудоемкости отдельных этапов):

разделы 1, 2 к 24 февраля 2024 г. – 30 %;

раздел 3 к 16 марта 2024 г. – 20 %;

разделы 4, 5 к 13 апреля 2024 г. – 30 %;

создание макета устройства к 27 апреля 2024 г. – 10 %;

оформление пояснительной записки и графического материала к 1 мая 2024 г. – 10 %

Защита курсового проекта с 4 мая 2024 г. по 16 мая 2024 г.

РУКОВОДИТЕЛЬ _____ Воронов А. А.
(подпись)

Задание принял к исполнению _____ М. А. Ходосевич
(дата и подпись студента)

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
1.8 Беспроводные модули	10
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ	11
2.1 Постановка задачи	11
2.2 Определение компонентов структуры устройства	11
2.3 Взаимодействие компонентов устройства	12
3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ	13
3.1 Обоснование выбора датчика влажности	13
3.2 Обоснование выбора датчика температуры	13
3.3 Обоснование выбора датчика освещенности	14
3.4 Обоснование выбора датчика атмосферного давления	15
3.5 Обоснование выбора микроконтроллера	15
3.6 Обоснование выбора модуля вывода информации	15
3.7 Обоснование выбора радиомодулей	16
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ	17
4.1 Расчёт мощности элементов схемы	17
4.2 Расчёт нагрузки светодиодов	17
4.3 Микроконтроллер	18
4.4 Датчик температуры и влажности воздуха	18
4.5 Датчик освещенности	19
4.6 Датчик атмосферного давления	19
4.7 Модуль вывода информации	19
4.8 Модуль управления	19
4.9 Модуль питания	19
4.10 Радиомодуль	19
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ	20
5.1 Требования к разработке программного обеспечения	20
5.2 Исходный код программы	20
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	22
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А	25
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	26
ПРИЛОЖЕНИЕ В	27
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	34

ВВЕДЕНИЕ

Темой данного курсового проекта является разработка аппаратного устройства на базе микроконтроллера. Задачей является реализация устройства контроля параметров микроклимата в помещении.

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) и передает ее в последовательный порт ноутбука, 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);
- пьезодатчик;
- радиомодули;
- 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

Продолжение таблицы 1.1

Рабочая температура	от -40 до +85 °С	от -40 до +85 °С	от -40 до +85 °С
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 °С	-40 – +125 °С	-40 – +80 °С
Точность измерения температуры воздуха	±2 °С	±0.5 °С	±0.5 °С
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
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	±5 %	±2-5 %	±3 %
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
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	±60°	±60°	±60°
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
Выводы	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
Точность измерения атмосферного давления	± 1 Па	± 10 Па	± 10 Па
Рабочее давление	0 – 10 МПа	0 – 10 МПа	0 – 10 МПа
Выводы	GND, VIN, SDA, SDL	GND, VIN, SDA, SDL, CSB, SD0	GND, VIN, SDA, SDL, CSB, SD0
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 были выбраны 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)

Продолжение таблицы 1.6

Размер дисплея	3.8 дюйма	2.6 дюйма	1.6 дюйма
Выводы	VCC, GND, SCL, SDA	VCC, GND, SCL, SDA	VCC, GND, SCL, SDA
Тип выходного канала	аналоговый	аналоговый	аналоговый

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

1.8 Беспроводные модули

Среди модулей беспроводной передачи данных для сравнения были выбраны nRF24L01, FS1000A и MX-RM-5V. Основные отличия заключаются в организации сети на одном канале, расстоянии передачи и наличии антенны. В таблице 1.7 приведены основные их характеристики.

Таблица 1.7 — Сравнение беспроводных модулей

Параметры сравнения	nRF24L01	FS1000A	MX-RM-5V
Напряжение питания	1.9 – 3.6 В	3 – 12 В	5 В
Тип модуляции	GFSK	ASK	ASK
Частота приема и передачи	2.4 ГГц	443.9 МГц	443.9 МГц
Наличие антенны	есть	нет	нет
Дальность передачи	1000 м	100 м	-
Скорость передачи данных	250 kbps, 1 Mbps и 2 Mbps	2 Mbps	2 Mbps
Организация сети на одном канале (приемник/передатчик)	1/6	0/1	1/0
Ток потребления	12 мА	25 мА	4 мА
Габариты	41x16x20 мм	19x19x8 мм	30x14x17 мм

Для получения более подробной информации о радиомодулях использовались источники [17, 18].

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

2.1 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;
- передача информации в последовательный порт;
- управление отображаемой информацией;
- световая индикация о состоянии.

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 — 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) Радиомодуль — беспроводной модуль, включающий в себя передатчик и приемник. Данные передаются с передатчика на приемник, после чего отправляются в последовательный порт.

9) Модуль управления — тактовая кнопка, управляющая режимами работы устройства.

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 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.

Радиомодуль-передатчик передает данные о пульсе на радиомодуль-приемник. После чего приемник получает данные и отправляет их в последовательный порт. Далее выполняются дополнительные вычисления на компьютере.

С помощью нажатия тактовой кнопки происходит смена режимов работы устройства, которая отображается на дисплее. Предусмотрено 2 режима работы: вывод информации о температуре и влажности воздуха, вывод информации об освещенности и атмосферном давлении.

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

3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Схема электрическая функциональная представлена в приложении Б.

Ниже, в подразделах, приведены описания требований к компонентам. Требования к влажности и температуре воздуха устанавливает ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [19], к освещенности — ГОСТ Р 55710-2013 «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений» [20], 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.

3.1 Обоснование выбора 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 (см. рис. 3.1, а), так как устройство удовлетворяет всем требованиям стандарта.

3.2 Обоснование выбора датчика 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 (см. рис. 3.1, *а*), так как устройство удовлетворяет всем требованиям стандарта.

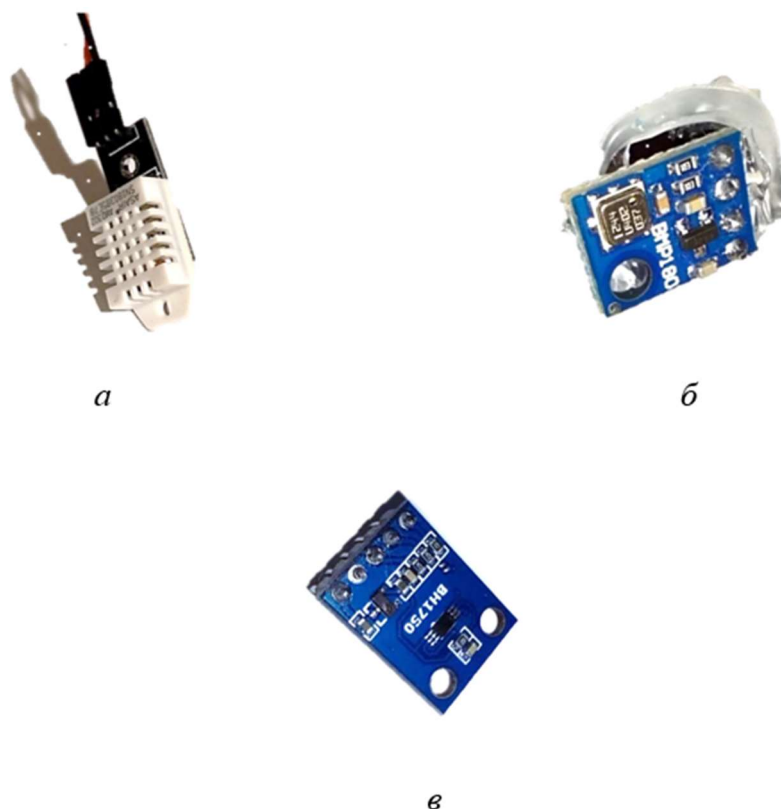


Рисунок 3.1 — Используемые микросхемы: *а* — датчик DHT22; *б* — датчик BMP180; *в* — датчик GY-302

3.3 Обоснование выбора датчика освещенности

По требованиям стандарта измеряемое значение освещенности находится в пределах от 100 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 (см. рис. 3.1, *в*), так как он имеет небольшой

потребляемый ток, а значит это уменьшит затраты при подключении к общей схеме устройства.

3.4 Обоснование выбора датчика атмосферного давления

После сравнения датчиков атмосферного давления (см. таблицу 1.5) можно сразу исключить датчик ВМЕ280, так как его точность измерения атмосферного давления совпадает с датчиком ВМР280, а его главным отличием является наличие встроенного датчика влажности воздуха, из-за чего сильно возрастает максимальный потребляемый ток. Датчики ВМР180 и ВМР280 при сравнении имеют практически идентичные характеристики, различаются только в точности, потребляемом токе и размерах, из-за чего было решено выбрать датчик ВМР180 (см. рис. 3.1, б) из-за его распространенности и небольшой погрешности измерений.

3.5 Обоснование выбора микроконтроллера

Для обработки данных с датчиков и управления внешними системами необходимо использовать микроконтроллер, у которого достаточное количество входов и выходов для подключения датчика и систем управления. Входы должны иметь возможность обрабатывать аналоговый сигнал. В данном курсовом проекте в качестве микроконтроллера был выбран Arduino Nano на микросхеме Atmega328 (см. табл. 1.1). Модель обладает достаточным количеством входов и выходов, диапазон рабочих температур составляет промежуток от -40°C до 85 °C, что удовлетворяет требованиям работы в помещении, объём памяти программ составляет 32 КБ, обладает АЦП, что позволяет работать с входными аналоговыми сигналами. Небольшие размеры микроконтроллера позволяют сделать устройство в маленьком корпусе, что делает его компактным.

3.6 Обоснование выбора модуля 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.

3.7 Обоснование выбора радиомодулей

В таблице 1.7 приведены параметры различных радиомодулей nRF24L01, FS1000A и MX-RM-5V. Все они передают информацию, не используя Wi-Fi, Bluetooth и другое. В качестве радиомодуля для курсового проекта был выбран nRF24L01. Этот модуль имеет наибольшее расстояние передачи за счет наличия антенны среди аналогов, регулируемую скорость передачи данных. Из минусов можно выделить то, что модуль работает на частоте 2.4 ГГц, как и многие другие устройства (например, бытовая техника, Wi-Fi), что может препятствовать правильной передаче данных. Решением этого является возможность выбора одного из 128 каналов передачи. Также этот радиомодуль можно использовать одновременно как 1 передатчик и 6 приемников, в отличие от аналогов, в них 1 модуль используется либо только как приемник, либо только как передатчик. Выбранный радиомодуль соответствует всем требованиям курсового проекта.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Схема электрическая принципиальная приведена в приложении В.

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 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
Радиомодуль nRF24L0	3.3	13.5	2	89.1
Светодиод	3,3	30	3	297
Суммарная мощность, мВт				979,45

Таким образом, потребляемая мощность будет равна:

$$P = 5 \cdot 16 + 5 \cdot 0,12 + 5 \cdot 2,5 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 100 + 3,3 \cdot 13,5 \cdot 2 + 3,3 \cdot 30 \cdot 3 = 979,45 \text{ мВт.}$$

Учитывая поправочный коэффициент в 20%, максимальная потребляемая мощность составит 1175,34 мВт.

Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{1,1753}{5} = 0.2351 \approx 0,235 \text{ А}$$

4.2 Расчёт нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется 3 светодиода различных цветов, подключенные к соответствующим пинам микроконтроллера (см. рисунок 4.1).

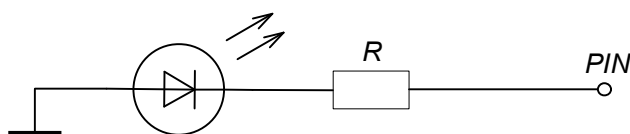


Рисунок 4.1 — Схема подключения светодиодов

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

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

где U_{Π} — 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.

4.3 Микроконтроллер

Информация о выбранном микроконтроллере Arduino Nano на микросхеме Atmega328 представлена в пункте 3.5 раздела 3.

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

В схеме устройства датчик температуры и влажности воздуха подключен к D2, датчик атмосферного давления к A4 и A5, датчик освещенности к A4 и A5, для подключения радиомодуля используются D13, D12, D11, D10, D9, светодиоды подключены к D4 и D5, пьезодатчик – к D6. ЖК символьный дисплей подключен к аналоговым выходам A4 и A5 с поддержкой I2C. Тактовая кнопка подключена к D3. Данный микроконтроллер питается от напряжения 5 В.

4.4 Датчик температуры и влажности воздуха

Информация о выбранном датчике температуры и влажности воздуха DHT22 представлена в пунктах 3.1 и 3.2 раздела 3. Данный датчик подключен к D2 на плате микроконтроллера. Питается датчик от напряжения 5 В.

4.5 Датчик освещенности

Информация о выбранном датчике освещенности GY-302 представлена в пункте 3.3 раздела 3. Данный датчик подключается к A4 и A5 платы микроконтроллера. Питается датчик от напряжения 5 В.

4.6 Датчик атмосферного давления

Информация о выбранном датчике BMP180 представлена в пункте 3.4 раздела 3. Данный датчик в схеме питается от напряжения 5 В и подключен к A4 и A5 на плате микроконтроллера.

4.7 Модуль вывода информации

Информация о выбранном модуле вывода информации представлена в пункте 3.6 раздела 3. На устройстве используется экран LCD1602 I2C, который питается от напряжения 5 В. Экран соединен с микроконтроллером через конвертор в I2C, который сокращает количество выходов. На модуле есть 2 входа Data, они подключены к аналоговым выходам A4 и A5 платы микроконтроллера, через них осуществляется передача данных с микроконтроллера на модуль. Светодиоды питаются от напряжения 5 В и подключены к D4 и D5 платы микроконтроллера.

4.8 Модуль управления

В качестве модуля управления используется тактовая кнопка KLS7-TS6601-4.3-180. Данный модуль потребляет меньше тока и имеет среднее время отклика (среди аналогов). Требованиям проекта удовлетворяет. Для управления режимами работы тактовая кнопка подключается к D3 входу платы микроконтроллера. Кнопка питается от напряжения 5 В.

4.9 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, радиомодуль, ЖК дисплей и кнопку.

4.10 Радиомодуль

Информация о выбранном модуле беспроводной передачи данных представлена в пункте 3.7 раздела 3. Питание 5 В на радиомодуль поступает с микроконтроллера. Данные поступают на радиомодуль с цифровых входов микроконтроллера D13, D12, D11, D10, D9.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1 Требования к разработке программного обеспечения

Разработанное устройство собирает информацию о четырех параметрах: температуре и влажности воздуха, атмосферном давлении и освещенности.

Устройство работает следующим образом. При включении устройства на нем начинает мигать светодиод, который сигнализирует о том, что питание подключено. Затем происходит инициализация датчиков. После этого инициализированные датчики начинают считывать из внешней среды информацию, которая отображается на дисплее. Тактовая кнопка, находящаяся рядом с дисплеем меняет режимы отображения информации. Присутствует 2 режима: вывод информации о температуре и влажности воздуха и вывод информации об атмосферном давлении и освещенности.

При включении устройства запрашиваются показания со всех датчиков а затем поочередно выводятся на экран и отправляются в последовательный порт ноутбука. В течение всего времени работают 3 потока, которые отвечают за подачу сигналов на светодиоды и обновление показаний датчиков в режиме реального времени. При получении информации о высоких или низких показаниях температуры, влажности воздуха, атмосферного давления или освещенности начинают мигать соответствующие светодиоды и издается звук на пьезодатчике. Если устройству не поступает никакая из вышеперечисленных информации, то оно работает в обычном режиме без индикации.

5.2 Исходный код программы

Устройство собирает информацию о температуре, влажности воздуха, атмосферном давлении. Сигналы о повышении или понижении допустимых параметров посылаются на светодиоды. В программе есть 3 потока, один из них отвечает за обновление данных, два другие — за включение светодиодов. Описание основных функций приведено ниже. Листинг программы приведен в приложении Г.

В начале в коде объявляются переменные, которые будут использованы датчиками, переменные, ограничивающие диапазон допустимых значений, создаются потоки для синхронной работы устройства.

В функции void dataUpdates() происходит повторное считывание данных с датчиков и отправка этих данных с радиомодуля-передатчика на

радиомодуль-приемник. Это функция вызывается потоком, когда пришло время обновления данных.

Функции `void ledPin1Updates()` и `void ledPin5Updates()` меняют состояние светодиода, когда это необходимо. Эти функции вызываются в соответствующих потоках.

Функции `void showHumidity()`, `void showTemperature()`, `void showLux()` и `void showPressure()` нужны для вывода полученной информации на дисплей.

В функции `void setup()` происходит инициализация всех датчиков и дисплея, объявляются порты для работы со светодиодами. Также в этой функции происходит первоначальное считывание показаний с датчиков

В функции `void loop()` запускается поток для обновления данных, полученные данные анализируются. Если показания какого-либо из датчиков выходят за допустимые пределы, то в зависимости от того, какой параметр был превышен, запускается соответствующий поток. Также в этой функции происходит обработка нажатия на тактовую кнопку. В зависимости от выбранного пользователем режима работы данные выводятся на дисплей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над данным курсовым проектом было разработано работоспособное аппаратное 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 световым и звуковым сигналом. Производится индикация при помощи светодиодов и вывод информации на дисплей. Значения с датчиков по радиомодулям передается на ноутбук, где они анализируются и выводятся в виде графиков. Данный проект был спроектирован в соответствии с поставленными задачами, функционал был реализован в полном объеме.

Разработанное аппаратное 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 было усовершенствовать в следующих направлениях:

- повышение точности измерений;
- создание 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 – Дата доступа: 29.02.2024

[2] Cortex-A7 MPCore Technical Reference Manual r0p5 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://developer.arm.com/documentation/ddi0464/latest/> – Дата доступа: 29.02.2024

[3] ATmega328p | Microchip documentation [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.microchip.com/en-us/product/atmega328p#document-table> – Дата доступа: 10.03.2024

[4] ATmega32A Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmega32A-DataSheet-Complete-DS40002072A.pdf> – Дата доступа: 10.03.2024

[5] DHT11 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Dht11%20datasheet&gad=1&gclid=Cj0KCQjwhfipBhCqARIsAH9msbna8OSBAwHqq66X0p7nUmWcSKLtj p34lyrfNnvF76b-pgDvGu4xsM0aAijdEALw_wcB – Дата доступа: 10.03.2024

[6] DHT22 Datasheet pdf [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf> – Дата доступа: 10.03.2024

[7] DHT21 Datasheet [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://datasheetspdf.com/datasheet/DHT21.html> – Дата доступа: 10.03.2024

[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 – Дата доступа: 14.04.2024

[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: 14.04.2024

[10] Датчик освещенности TEMP6000 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-lab.pw/index.php/2022/08/19/datchik-osveshennosti-temt6000/> – Дата доступа: 14.04.2024

[11] Датчик давления BMP280 и Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://hobbyprojects.home.blog/2019/06/17/BMP180-280/> – Дата доступа: 14.04.2024

[12] BMP180 – барометр Arduino [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino-master.ru/uroki-arduino/bmp-barometr/> – Дата доступа: 14.04.2024

[13] BME280 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.mouser.com/datasheet/2/783/BST-BME280-DS002-1509607.pdf/> – Дата доступа: 14.04.2024

[14] Specification for LCD Module 1602 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.openhacks.com/uploads/productos/eone-1602a1.pdf> – Дата доступа: 14.04.2024

[15] Specification for LCD Module 2004 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://uk.betalayout.com/download/rk/RK-10290_410.pdf – Дата доступа: 14.04.2024

[16] LCD 0802 HWv1 Datasheet [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.embeddedadventures.com/datasheets/LCD-0802_hw_v1_doc_v1.pdf – Дата доступа: 14.04.2024

[17] Радио модуль 1100м. 2.4G NRF24L01+PA+LNA [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://iarduino.ru/shop/Expansion-payments/radio-modul-rf-2400-wireless-module-2-4g-1000m.html> – Дата доступа: 14.04.2024

[18] Беспроводной передатчик + приемник 433Mhz [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://iarduino.ru/shop/Expansion-payments/besprovodnoy-peredatchik-priemnik-315-433mhz-dc5v.html> – Дата доступа: 14.04.2024

[19] 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: 14.04.2024

[20] 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: 14.04.2024

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)

Структурная схема устройства

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Схема электрическая функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Схема электрическая принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Листинг кода

```
#include <Thread.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_BMP085.h>
#include <BH1750.h>
#include <SPI.h>;
#include <nRF24L01.h>;
#include <RF24.h>;

#define DHTPIN 2
#define BUTTONPIN 3
#define DHTTYPE DHT22
#define ledPin1 4
#define ledPin2 5
#define ZUMPIN 6
#define PIN_CE 10
#define PIN_CSN 9

LiquidCrystal_I2C lcd(0x3F,16,2);
BH1750 lightMeter;
Adafruit_BMP085 bmp;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
RF24 radio(PIN_CE, PIN_CSN);

Thread threadUpdates = Thread();
Thread threadLed1 = Thread();
Thread threadLed2 = Thread();
Thread threadZum = Thread();

char buffer[10];

float temperature = 0;
float humidity = 0;
float lux = 0;
double pres = 0;
double pressure = 0;

byte lowTemperature = 15;
byte highTemperature = 30;

byte lowHumidite = 30;
byte highHumidite = 60;

byte lowLux = 400;
byte highLux = 1000;

double lowPressure = 720;
double highPressure = 760;
```

```

int regim=1;
int flag=0;

int arrayNRF[4];

void dataUpdates() {

    temperature = dht.readTemperature();
    humidity = dht.readHumidity();

    lux = lightMeter.readLightLevel();
    lightMeter.configure(BH1750::ONE_TIME_HIGH_RES_MODE);
    pres = bmp.readPressure();
    pressure = pres / 133.322;

    arrayNRF[0] = humidity;
    arrayNRF[1] = temperature;
    arrayNRF[2] = lux;
    arrayNRF[3] = pressure;
    radio.write(arrayNRF, sizeof(arrayNRF));

}

void ledPin1Updates() {
    static bool ledStatus = false;
    ledStatus = !ledStatus;
    digitalWrite(ledPin1, ledStatus);
}

void ledPin2Updates() {
    static bool ledStatus = false;
    ledStatus = !ledStatus;
    digitalWrite(ledPin2, ledStatus);
}

void zumPinUpdates() {
    digitalWrite(ZUMPIN, HIGH);
    delay(30);
    digitalWrite(ZUMPIN, LOW);
}

void setup() {

    Serial.begin(9600);
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    lcd.clear();
    Wire.begin();

    pinMode(ledPin1, OUTPUT);
    pinMode(ledPin2, OUTPUT);
    pinMode(ZUMPIN, OUTPUT);

    dht.begin();

```

```

bmp.begin();
lightMeter.begin(BH1750::ONE_TIME_HIGH_RES_MODE);

radio.begin();
radio.setChannel(110);
radio.setDataRate(RF24_1MBPS);
radio.setPALevel(RF24_PA_HIGH);
radio.openWritingPipe(0x7878787878LL);
radio.setAutoAck(true);

temperature = dht.readTemperature();
humidity = dht.readHumidity();

threadUpdates.onRun(dataUpdates);
threadUpdates.setInterval(500);

threadLed1.onRun(ledPin1Updates);
threadLed1.setInterval(500);

threadLed2.onRun(ledPin2Updates);
threadLed2.setInterval(500);

threadZum.onRun(zumPinUpdates);
threadZum.setInterval(500);
}

void showHumidity(){
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Humid = ");
}

void showTemperature(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Temp = ");
}

void showLux(){
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Lux = ");
}

void showPressure(){
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("Press = ");
}

void loop() {
  if(threadUpdates.shouldRun())
    threadUpdates.run();

  if (!(temperature <= highTemperature && temperature >=
lowTemperature))
  {

```

```

        if(threadLed1.shouldRun())
            threadLed1.run();
        if(threadZum.shouldRun())
            threadZum.run();
    }
else
{
    digitalWrite(ledPin1, false);
}
if (!(humidity <= highHumidite && humidity >= lowHumidite))
{
    if(threadLed1.shouldRun())
        threadLed1.run();
    if(threadZum.shouldRun())
        threadZum.run();
}
else
{
    digitalWrite(ledPin1, false);
}
if (!(lux <= 800 && lux >= 400))
{
    if(threadLed2.shouldRun())
        threadLed2.run();
}
else
{
    digitalWrite(ledPin2, false);
}
if (!(pressure <= highPressure && pressure >= lowPressure))
{
    if(threadLed2.shouldRun())
        threadLed2.run();
}
else
{
    digitalWrite(ledPin2, false);
}

if(digitalRead(3)==HIGH&&flag==0)
{
    regim++;
    flag=1;
    lcd.clear();
    if(regim>2)
    {
        regim=1;
    }
}

if(digitalRead(3)==LOW&&flag==1)
{
    flag=0;
}

if(regim==1)

```

```

{
    showTemperature();
    lcd.setCursor(7,0);
    dtostrf(temperature, 4, 1, buffer);
    lcd.print(buffer);
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print("C");

    showHumidity();
    lcd.setCursor(8,1);
    dtostrf(humidity, 4, 1, buffer);
    lcd.print(buffer);
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.print("%");
}
if(regim==2)
{
    showLux();
    lcd.setCursor(6,0);
    dtostrf(lux, 4, 1, buffer);
    lcd.print(buffer);
    lcd.setCursor(12,0);
    lcd.print("lx");

    showPressure();
    lcd.setCursor(8,1);
    dtostrf(pressure, 4, 1, buffer);
    lcd.print(buffer);
    lcd.setCursor(13,1);
    lcd.print("mmH");
}
}

```


ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Перечень элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)

Ведомость документов