

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	5
1.1. Требования к проектируемому устройству	5
1.2. Микроконтроллеры	5
1.3. Датчики температуры	6
1.4. Датчики освещённости	7
1.5. Датчики утечки жидкости	8
1.6. Дисплеи	8
2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА	10
2.1. Перечень блоков	10
2.2. Взаимодействие блоков	10
3.7. Разработка структурной схемы устройства	10
3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	11
3.1. Микроконтроллер	11
3.2. Датчик температуры	12
3.3. Датчик освещённости	12
3.4. Датчик утечки жидкости	12
3.5. Дисплей	12
3.6. Разработка системы питания	12
3.7. Разработка функциональной схемы устройства	13
4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА	14
4.1. Расчёт нагрузки светодиодов	14
4.2. Подключение блоков к микроконтроллеру	14
4.3. Разработка принципиальной схемы устройства	15

ВВЕДЕНИЕ

Супермаркеты играют важную роль в нашей современной жизни, предоставляя широкий выбор продуктов и товаров для нашего ежедневного потребления.

Для решения задачи контроля параметров микроклимата супермаркета может использоваться микропроцессорное устройство.

Проектируемое устройство позволяет поддерживать оптимальные показатели микроклимата супермаркета с помощью датчиков температуры, освещённости и протечек и фиксировать отклонения от нормальных значений.

Проектируемое устройство должно выполнять ряд задач:

- измерять температуру и выводить информацию на дисплей;
- измерять освещённость помещения и выводить информацию на дисплей;
- проверять объект на отсутствие утечек жидкости;
- сигнализировать о превышении допустимых значений измеряемых параметров посредством светодиодной и звуковой индикации;
- иметь органы управления для переключения отображаемой на дисплее информации.

В состав устройства входят датчики: температуры, влажности, утечки жидкости, микроконтроллер, светодиоды для индикации превышения допустимых пределов измеряемых параметров, ЖКИ-дисплей для отображения информации, органы управления.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1. Требования к проектируемому устройству

Проектируемое устройство должно выполнять ряд задач:

- измерять температуру и выводить информацию на дисплей;
- измерять освещённость помещения и выводить информацию на дисплей;
- проверять объект на отсутствие утечек жидкости;
- сигнализировать о превышении допустимых значений измеряемых параметров посредством светодиодной и звуковой индикации;
- иметь органы управления для переключения отображаемой на дисплее информации.

1.2. Микроконтроллеры

Микроконтроллер - это специальная микросхема, предназначенная для управления различными электронными устройствами.

Существует огромное разнообразие плат с разными микроконтроллерами. Все они отличаются размерами, параметрами, предустановленными интерфейсами и выполняемыми задачами.

Среди микроконтроллеров доступных на рынке были рассмотрены контроллеры ATmega328, ARM Cortex-M4 и RP2040. Их сравнительные характеристики представлены в таблице 1.1. Данные для сравнения были получены из источников [1 – 3]

Таблица 1.1 – сравнение микроконтроллеров

Параметр	ATmega328	ARM Cortex-M4	RP2040
Тактовая частота, МГц	16	84	133
ОЗУ, КБ	2	64	264
Flash-память, КБ	32	128	2048
Ток потребления, мА	40	128	140
Поддерживаемые интерфейсы	I2C, SPI, UART, ADC, PWM	I2C, SPI, UART, USB, Ethernet, CAN, ADC, DAC, PWM	I2C, SPI, UART, ADC, PWM
АЦП	6 каналов, 10 бит	16 каналов, 12 бит	3 канала, 12 бит
Система команд	AVR	ARM	ARM

1.3. Датчики температуры

Датчики температуры имеют встроенный термистор для измерения температуры. Они отправляют сигнал, содержащий данные о температуре окружающей среды, который может быть считан микроконтроллером или другим устройством.

Среди датчиков температуры, доступных на рынке были рассмотрены датчики торговых марок Maxim Integrated, Texas Instruments и Adafruit.

Датчик DS18B20 производится компанией Maxim Integrated и имеет следующие достоинства:

- высокая точность измерения температуры ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$);
- цифровой интерфейс, позволяющий подключать несколько датчиков к одному микроконтроллеру;
- широкий диапазон рабочих температур (-55°C до $+125^{\circ}\text{C}$);
- возможность питания от шины данных.

Датчик LM35DZ производится компанией Texas Instruments и имеет следующие достоинства:

- линейная зависимость выходного сигнала от температуры;
- простота подключения и использования;
- высокая точность измерения температуры ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$);
- широкий диапазон рабочих температур (-55°C до $+150^{\circ}\text{C}$).

Датчик DHT22 производится компанией Adafruit и имеет следующие достоинства:

- возможность измерения температуры и влажности воздуха;
- цифровой интерфейс, позволяющий подключать несколько датчиков к одному микроконтроллеру;
- высокая точность измерения температуры ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$) и влажности ($\pm 2\%$);
- широкий диапазон рабочих температур (-40°C до $+80^{\circ}\text{C}$);
- возможность питания от шины данных.

Сравнение данных датчиков приведено в таблице 1.2. Данные для сравнения получены из источников [4], [7], [8]

Таблица 1.2 – сравнение датчиков температуры

Параметр	DS18B20	LM35DZ	DHT22
Диапазон измерения температуры, $^{\circ}\text{C}$	$-55...+125$	$-55...+150$	$-40...+80$
Точность измерения температуры, $^{\circ}\text{C}$	± 1	± 3	± 0.5
Напряжение питания, В	3.3; 5	4; 30	3.3; 5.5
Максимальный потребляемый ток, мА	2.5	10	2.5
Поддерживаемый интерфейс	I2C	аналоговый	I2C

1.4. Датчики освещённости

Датчики освещённости

Датчики освещенности, такие как фоторезисторы, фотодиоды или оптические датчики, работают на основе изменения своего электрического сопротивления в зависимости от уровня освещенности.

На сегодняшний день можно найти большое количество различных датчиков освещенности. Наиболее распространёнными и подходящими моделями датчиков освещенности являются LM393, GL5549 и ТЕМТ6000.

Датчик LM393 производится компанией Texas Instruments и имеет следующие достоинства:

- высокая чувствительность;
- возможность работы в широком диапазоне напряжений;
- низкое энергопотребление;
- простота подключения и использования;
- возможность использования в различных приложениях, например, в системах безопасности, автоматических дверях, робототехнике и т.д.

Датчик GL5549 производится компанией Vishay и имеет следующие достоинства:

- высокая чувствительность к свету;
- широкий диапазон рабочих температур (-30°C до +70°C);
- простота подключения и использования;
- возможность использования в различных приложениях, например, в системах освещения, автоматических дверях, робототехнике и т.д.

Датчик ТЕМТ6000 производится компанией Vishay и имеет следующие достоинства:

- высокая чувствительность к свету;
- возможность работы в широком диапазоне напряжений;
- низкое энергопотребление;
- простота подключения и использования;
- возможность использования в различных приложениях, например, в системах освещения, автоматических дверях, робототехнике и т.д.

Сравнение данных датчиков приведено в таблице 1.3. Данные для сравнения получены из источников [9], [10], [13]

Таблица 1.3 – сравнение датчиков освещённости

Параметр	LM393	GL5549	ТЕМТ6000
Угол чувствительности, °	±60	±60	±60
Напряжение питания, В	3.3; 5	3.3; 5.5	5
Максимальный потребляемый ток, мА	15	15	20

Таблица 1.3 – продолжение

Диапазон измерений, лк	0 - 100000	1 - 100000	1 – 10000
Поддерживаемый интерфейс	аналоговый, I2C	аналоговый	аналоговый

1.5. Датчики утечки жидкости

Датчик утечки жидкости (дождя) позволяет определить появление капель влаги и вовремя отреагировать на это, например, включив оповещение. Когда на датчик попадает вода, сопротивление между его выводами изменяется. Микроконтроллер или другое устройство может измерить это изменение сопротивления и определить, есть ли утечка или нет.

Наиболее распространёнными и подходящими моделями датчиков утечки являются МН-RD, FC-37 и YL-83.

Датчик МН-RD имеет следующие достоинства:

- широкий диапазон рабочих температур (-40°C до $+125^{\circ}\text{C}$),
- возможность работы в широком диапазоне напряжений,
- простота подключения и использования,

Датчик FC-37 имеет следующие достоинства:

- высокая чувствительность к воде,
- простота подключения и использования,
- низкая стоимость.

Некоторые достоинства датчика YL-83:

- большая площадь обнаружения осадков,
- высокая чувствительность,
- устойчивость к внешним воздействиям.

Сравнение датчиков утечки жидкости МН-RD, FC-37, YL-83 приведено в таблице 1.4. Данные для сравнения получены из источников [5], [14 – 16]

Таблица 1.4 – сравнение датчиков утечки жидкости

Параметр	МН-RD	FC-37	YL-83
Напряжение питания, В	3.3; 5	3.3; 5	3.3; 5
Максимальный потребляемый ток, мА	15	15	20
Тип	сенсорный	сенсорный	сенсорный
Поддерживаемый интерфейс	I2C, аналоговый	I2C, аналоговый	I2C, аналоговый

1.6. Дисплей

Для реализации вывода информации с датчиков используется жидкокристаллический дисплей. К преимуществам жидкокристаллических

дисплеев можно отнести: малые размер и масса. У ЖК-мониторов нет видимого мерцания, дефектов фокусировки лучей, помех от магнитных полей, проблем с геометрией изображения и четкостью. Энергопотребление ЖК-мониторов в зависимости от модели, настроек и выводимого изображения может как совпадать с потреблением ЭЛТ и плазменных экранов сравнимых размеров, так и быть существенно — до пяти раз — ниже.

LCD1602 - это дисплей с 16 символами на 2 строки. Он имеет простой интерфейс и легко подключается к Arduino. Достоинства: доступность, низкая стоимость, простота использования.

LCD2004 - это дисплей с 20 символами на 4 строки. Он имеет большой экран и может отображать больше информации, чем LCD1602. Достоинства: большой экран, возможность отображения большого количества информации.

MT-16S2S - это дисплей с 16 символами на 2 строки. Он имеет более высокое разрешение, чем LCD1602, и может отображать более качественную графику. Достоинства: высокое разрешение, возможность отображения качественной графики.

В таблице 1.5 приведены сравнительные характеристики трёх таких дисплеев. Данные для сравнения получены из источников [6], [11], [12]

Таблица 1.5 – сравнение дисплеев

Параметр	LCD1602	LCD2004	MT-16S2S
Символов в строке	16	20	16
Количество строк	2	4	2
Напряжение питания, В	5	5	3; 5
Максимальный потребляемый ток, мА	120	180	100

2. РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

2.1. Перечень блоков

В данном устройстве можно выделить 9 основных блоков:

- 1) блок датчика температуры;
- 2) блок датчика освещённости;
- 3) блок датчика утечки жидкости;
- 4) микроконтроллер;
- 5) органы индикации: светодиоды для индикации отклонения от допустимых параметров;
- 6) информационная панель для вывода информации с датчиков;
- 7) органы управления: кнопки для включения/выключения устройства, задания пределов измеряемых параметров;
- 8) блок питания;
- 9) исполнительное устройство – пьезодинамик.

2.2. Взаимодействие блоков

Датчики температуры, освещённости и утечки жидкости снимают показания и передают эту информацию микроконтроллеру.

Микроконтроллер обрабатывает информацию, принятую от датчиков, и передаёт её блоку отображения информации. При регистрации отклонения значений, считанных датчиками, от нормы микроконтроллер посылает сигналы органам индикации.

Органы индикации, получая информацию от микроконтроллера, сигнализируют о нарушении допустимых границ путём включения светодиодов и звуковой индикации.

Блок управления указывает, информацию от каких датчиков микроконтроллеру следует передавать блоку отображения информации и с какими параметрами должен работать блок отображения информации. Блок представляет собой матричную клавиатуру 3x4.

Блок отображения информации отображает информацию с датчиков, обработанную микроконтроллером, для пользователя.

Исполнительное устройство сигнализирует об отклонении от допустимых параметров с помощью звукового сигнала.

2.3 Разработка структурной схемы устройства

На основании пунктов 2.1 и 2.2 разработана структурная схема устройства. Схема приведена в приложении А.

3. ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

3.1. Микроконтроллер

Для реализации проекта была выбрана плата Arduino UNO на базе микроконтроллера «CH340G», являющаяся аналогом платы на базе микроконтроллера «ATmega 328», так как плата на базе микроконтроллера «ATmega 328» значительно превосходит плату на базе микроконтроллера «CH340G» по стоимости и менее доступна на рынке.

Arduino UNO имеет множество преимуществ перед другими платами, такими как Raspberry Pi. Во-первых, Arduino UNO более прост в использовании и настройке, что делает его идеальным выбором для начинающих разработчиков. Во-вторых, он обладает меньшим размером и потребляет меньше энергии, что делает его идеальным для создания небольших устройств, которые не требуют большой мощности. В-третьих, Arduino UNO имеет большое сообщество разработчиков, что обеспечивает доступность множества библиотек и документации для начинающих разработчиков. И, наконец, Arduino UNO является более доступным по цене в сравнении с Raspberry Pi, что делает его более привлекательным для тех, кто хочет создать небольшое устройство без больших затрат.

Характеристика платы Arduino UNO приведены в таблице 3.1. Данные получены из источника [1].

Таблица 3.1 – характеристики платы Arduino UNO

Микроконтроллер	CH340G
Тактовая частота, МГц	16
ОЗУ, КБ	2
Flash-память, КБ	32
Выходное напряжение, В	3,3; 5
Количество цифровых входов	14
Количество аналоговых входов	6
Ток потребления, мА	40
Поддерживаемые интерфейсы	I2C, SPI, UART, ADC, PWM
АЦП	6 каналов, 10 бит
Система команд	AVR
Среда программирования	Arduino IDE
Язык программирования	Arduino Language (основан на C/C++)
Размер, мм	69 x 53
Подключение к ПК	USB Type-B

3.2. Датчик температуры

В качестве датчика температуры был выбран датчик DHT22. Этот датчик имеет высокую стоимость, однако обладает большим диапазоном измерения и большой точностью, а также широко представлен на рынке.

3.3. Датчик освещённости

В качестве датчика освещённости был выбран датчик LM393. Этот датчик обладает большой чувствительностью, прост в подключении и является самым доступным на рынке среди представленных в п.1.4.

3.4. Датчик утечки жидкости

В качестве датчика утечки жидкости был выбран датчик MH-RD. Этот датчик прост в подключении и использовании и является самым доступным на рынке среди представленных в п.1.5.

3.5. Дисплей

В качестве устройства вывода выбран дисплей LCD1602. Он лёгок в управлении и весьма гибок в плане отображения данных, так как имеет достаточное разрешение и площадь для отрисовки двух строк текста друг под другом с легко читаемым размером шрифта и 16 символами в строке. Связь с управляющим устройством осуществляется посредством I2C (Inter-Integrated Circuit) — последовательной асимметричной шины для связи между интегральными схемами в электронных приборах.

3.6. Разработка системы питания

Для выбора напряжения и мощности источника питания требуется произвести анализ потребления электрической энергии отдельными модулями устройства. Для расчёта характеристик источника питания была составлена таблица 3.2.

Таблица 3.2 – параметры питания модулей устройства

Название модуля	Рабочее напряжение, В	Максимальный потребляемый ток, мА	Максимальная потребляемая мощность, мВт
Arduino Uno R3	9	40	360
MH-RD	5	15	75
LM393	5	15	75
LCD1602	5	120	600
DHT22	5	2,5	12,5
Светодиод (3 шт)	5	60	300

Таблица 3.2 – продолжение

Пьезодинамик	5	30	150
Итого:			1572,5

В качестве источника питания выбрана батарейка напряжением 9 В. Анализ показывает, что требуется мощность 1572.5 мВт. Для обеспечения надёжности работы устройства увеличиваем полученную мощность на 20%. Получаем мощность 1887 мВт.

Требуется произвести расчёт максимального выходного тока для получения напряжения 5 В по формуле 3.1

$$I_{\max} = \frac{P}{U} \quad (3.1)$$

Получено значение: $I_{\max} = \frac{1887 \text{ мВт}}{9 \text{ В}} = 209.7 \text{ мА}$.

Для обеспечения надёжности работы устройства увеличиваем полученную силу тока на 20%. Получаем значение 251.7 мА.

3.7. Разработка функциональной схемы устройства

На основании пунктов 3.1 – 3.6 разработана функциональная схема устройства. Схема приведена в приложении Б.

4. РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

4.1. Расчёт нагрузки светодиодов

В устройстве используется три светодиода различных цветов, подключенные к разъемам микроконтроллера. Для ограничения тока светодиода используется резистор номиналом, рассчитываемым по формуле 4.1:

$$R = \frac{(U_{\text{п}} - U_{\text{д}})}{I_{\text{пр}}} \quad (4.1)$$

В данной формуле:

- $U_{\text{п}}$ – напряжение питания
- $U_{\text{д}}$ - напряжение, падающее на светодиоде
- $I_{\text{пр}}$ – прямой ток светодиода.

В проекте использовались светодиоды трех цветов: белого, оранжевого и зелёного. Для оранжевого и зелёного светодиодов $I_{\text{пр}} = 20 \text{ мА}$, $U_{\text{д}} = 2.1 \text{ В}$. Для белого светодиода $I_{\text{пр}} = 20 \text{ мА}$, $U_{\text{д}} = 3.1 \text{ В}$. Подставляя значения в формулу 4.1, получим необходимые сопротивления:

$$R_{\text{св. з. о.}} = \frac{(5 \text{ В} - 2.1 \text{ В})}{20 \text{ мА}} = 145 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{св. б.}} = \frac{(5 \text{ В} - 3.1 \text{ В})}{20 \text{ мА}} = 95 \text{ Ом}$$

Ближайшее большее значение номинала сопротивления для всех светодиодов – 220 Ом. Соответственно светодиоды будут подключаться через резисторы с $R = 220 \text{ Ом}$

4.2. Подключение блоков к микроконтроллеру

Аналоговые входы платы Arduino UNO:

- На аналоговый вход A0 поступает сигнал с датчика освещённости LM393,
- На аналоговый вход A2 поступает сигнал с датчика утечки жидкости MH-RD,
- К аналоговым входам A4 – A5 подключается дисплей LCD1602.

Цифровые входы платы Arduino UNO:

- К цифровым входам D0 – D6 подключается матричная клавиатура,
- На цифровой вход D7 поступает сигнал с датчика температуры DHT22,
- К цифровым входам D10 – D12 подключаются светодиоды,
- К цифровому входу D13 подключается пьезодинамик.

4.3 Разработка принципиальной схемы устройства

На основании пунктов 4.1 и 4.2 разработана принципиальная схема устройства. Схема приведена в приложении В.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Arduino UNO [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
- [2]. Контроллер Raspberry Pi Pico [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-pico/>
- [3]. STM32F401CB [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f401cb.html>
- [4]. Сравнение датчиков DHT11, DHT22 и DHT21 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://voltiq.ru/dht11-dht22-and-dht21>
- [5]. Датчик протечки и дождя ардуино [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/datchik-protechki-i-dozhdya-v-arduino-opisanie-shemy-sketchi/>
- [6]. MT-16S2H [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: http://wiki.amperka.ru/_media/products:display-lcd-text-16x2:mt-16s2h-datasheet.pdf
- [7]. DS18B20 – полное описание датчика и его возможностей [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://silines.ru/datchik-ds18b20-opisanie>
- [8]. Датчик температуры LM35. Документация на русском языке. Характеристики, применение. [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <http://mypractic.ru/datchik-temperature-lm35-dokumentaciya-na-russkom-yazyke-karakteristiki-primenenie.html>
- [9]. GL5549, фоторезистор, 100-200 кОм [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://epstik.com/p645045834-gl5549-fotorezistor-100.html>
- [10]. Датчик освещенности ТЕМТ6000 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduinolab.pw/index.php/2022/08/19/datchik-osveshennosti-temt6000/>
- [11]. LCD1602 Module [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=LCD1602_Module
- [12]. LCD2004 Module [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: http://wiki.sunfounder.cc/index.php?title=LCD2004_Module
- [13]. Электронный компонент «LM393» [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.chipfind.ru/datasheet/ti/lm393.htm>
- [14]. YL-83 Rain Detector [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://urolakostapk.files.wordpress.com/2016/10/yl-83-rain-detector-datasheet_low.pdf
- [15]. Rain Drop sensor [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.e->

gizmo.net/oc/kits%20documents/Rain%20drops%20sensor/Rain%20Drop%20sensor.pdf

[16]. Guide for Rain Sensor FC-37 or YL-83 with Arduino [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://randomnerdtutorials.com/guide-for-rain-sensor-fc-37-or-yl-83-with-arduino/>

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(Обязательное)
Структурная схема

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(Обязательное)
Функциональная схема

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(Обязательное)
Принципиальная схема