

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
1.1 Проектирование устройства.....	7
1.2 Обзор микроконтроллеров.....	7
1.3 Обзор датчиков температуры и влажности.....	9
1.4 Обзор датчиков дыма.....	10
1.5 Обзор элементов индикации состояния.....	11
1.6 Обзор устройств отображения информации.....	12
1.7 Обзор модулей воспроизведения звука.....	14
2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА.....	16
2.1 Постановка задачи.....	16
2.2 Определение компонентов структуры устройства.....	16
2.3 Взаимодействие компонентов схемы.....	17
2.4 Построение структурной схемы.....	17
3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА.....	18
3.1 Основные элементы устройства.....	18
3.3 Выбор датчика температуры и влажности.....	19
3.4 Выбор датчика дыма.....	19
3.5 Выбор устройства отображения информации.....	20
3.6 Выбор модуля воспроизведения звука.....	20
3.7 Построение функциональной схемы.....	20
4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА.....	21
4.1 Микроконтроллер.....	21
4.2 Датчик температуры и влажности.....	21
4.3 Датчик горючих газов.....	21
4.4 Устройство отображения информации.....	21
4.5 Модуль управления.....	21
4.6 Блок индикации.....	22
4.7 Модуль воспроизведения звука.....	22
4.8 Расчет мощности элементов схемы.....	22
4.9 Расчет нагрузки светодиодов.....	23
4.10 Разработка принципиальной схемы.....	23
5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ.....	24
5.1 Требования к разработке программного обеспечения.....	24
5.2 Блок-схема алгоритма.....	24
5.3 Исходный код программы.....	25
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	30

ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	31
ПРИЛОЖЕНИЕ В .....	32
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	33
ПРИЛОЖЕНИЕ Д .....	34
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж .....	36
ПРИЛОЖЕНИЕ З.....	37

## ВВЕДЕНИЕ

Темой курсового проекта является разработка микропроцессорного устройства контроля параметров элеватора.

Назначение данного устройства – контроль различных параметров элеватора и предупреждение о возможном несоответствии этих показателей допустимым значениям.

Главная задача элеватора – обеспечить оптимальные условия для хранения зерна. Важно не просто сберечь объемы зерна, но и сохранить их качественные характеристики. Процесс хранения необходимо грамотно организовать, и помочь в этом способно устройство, которое будет разработано в данном курсовом проекте.

Основными параметрами для контроля в таких сооружениях, как элеваторы, являются температура, относительная влажность, концентрация газов в воздухе. Эти параметры и были выбраны для отслеживания.

Необходимо разработать устройство, выполняющее ряд следующих функций:

- считывание температуры воздуха;
- считывание влажности воздуха;
- распознавание наличия дыма;
- вывод полученных данных на устройство отображения информации;
- световая индикация состояния;
- звуковая индикация.

В соответствии с поставленной задачей, в состав разрабатываемого устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- датчик температуры и влажности;
- датчик горючих газов;
- элементы индикации состояния;
- устройство отображения информации.

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 Проектирование устройства

Разрабатываемое микропроцессорное устройство предназначено для контроля параметров элеватора. Существует ряд параметров, таких как температура, влажность воздуха, содержание газов в воздухе, которые обеспечивают нормальные условия для хранения и сушки зерна. В курсовом проекте были выбраны несколько главных возможностей для контроля вышеперечисленных параметров. В соответствии с поставленной задачей, в состав разрабатываемого устройства должны входить:

- микроконтроллер;
- датчик температуры и влажности;
- датчик горючих газов;
- элементы индикации состояния;
- устройство отображения информации.

Необходимо проведение сравнительного анализа преимуществ и недостатков моделей, представленных на рынке для выбора наиболее отвечающих требованиям устройства компонентов.

## 1.2 Обзор микроконтроллеров

Основным элементом устройства является микроконтроллер. Данный компонент управляет работой всех элементов устройства, их взаимодействием.

Все микроконтроллеры можно разделить на встраиваемые 8-разрядные, 16- и 32-разрядные микроконтроллеры и цифровые сигнальные процессоры (DSP) [1].

Устройство микроконтроллеров [2]: арифметико-логическое устройство (АЛУ), оперативно запоминающее устройство (ОЗУ), постоянно запоминающее устройство (ПЗУ), порты ввода/вывода, генератор тактовой частоты, таймеры.

На сегодняшний день на рынке представлены различные модели микроконтроллеров, отличающихся стоимостью, размерами, возможностями и назначением.

Сравнительная характеристика наиболее используемых микроконтроллеров представлена в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Сравнение параметров микроконтроллеров

Параметры	ATmega328	Xtensa	RP2040
Тактовая частота	16 МГц	240 МГц	133 МГц
Разрядность	8 бит	32 бит	64 бит
ОЗУ	2 Кб	512 Кб	264 Кб

Продолжение таблицы 1.1

Цифровые входы/выходы	14	21	26
Аналоговые входы/выходы	8	15	14
Потребляемый ток	15 – 50 мА	15 – 30 мА	5 – 50 мА
Рабочая температура	от -25 до +80 °С	от -40 до +125 °С	от -40 до +85 °С
Входное напряжение	7 – 12 В	5 – 14 В	1,8 – 5,5 В
Выходное напряжение	3.3 В, 5 В	3.3 В	3.3 В, 5 В
Поддерживаемые интерфейсы	UART, I2C, SPI	SPI, I2C, USART	UART, I2C, SPI

Микроконтроллер ATmega328 создан на базе Atmel 8bitAVR RISC объединяет 32 Кб ISPflash память с возможностью чтения во время записи, 1 Кб EEPROM, 2 Кб SRAM, 23 линии ввода-вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, три гибких таймера-счетчика с режимами сравнения, внутренние и внешние прерывания, последовательное программирование USART, двухпроводной последовательный интерфейс с байтовой ориентацией, SPI последовательный порт, 6-канальный 10-битный аналого-цифровой преобразователь (8 каналов в TQFP и QFN/MLF пакетов), программируемый сторожевой таймер с внутренним генератором и пять программно выбираемых режимов энергосбережения. Устройство работает в диапазоне 1,8-5,5 вольт. Устройство обеспечивает пропускную способность, приближающуюся к 1 MIPS на МГц. Для получения информации о микроконтроллере ATmega328 использовался источник [3].

Микроконтроллеры Xtensa варьируются от небольших, маломощных без кэш-памяти микроконтроллеров до высокопроизводительных 16-процессорных процессоров SIMD, 3 ядра VLIWDSP или 1 TMAC/сек нейронных сетевых процессоров. Все стандартные DSP Cadence основаны на архитектуре Xtensa. Архитектура Xtensa предлагает настраиваемый пользователем набор инструкций автоматической настройки, которые могут расширять базовый набор инструкций Xtensa, включая инструкции SIMD, новые файлы регистров. Для получения информации о микроконтроллере Xtensa использовался источник [4].

RP2040 – первый микроконтроллер от Raspberry Pi. Микроконтроллер сделан по технологии 40-нм и выпускается в корпусе QFN-56 с размерами 7x7 мм. В состав чипа RP2040 входит пара ядер ARM Cortex-M0+ с тактовой частотой до 133 МГц, оперативная память 264 КБ, стандартные интерфейсы, а также – подсистема программируемого ввода/вывода (PIO блоки) на которых

можно реализовать произвольный интерфейс, что выделяет этот микроконтроллер от других решений.

Недостатком микроконтроллера и в то же время плюсом (снижает стоимость изделия) является отсутствие встроенной памяти для записи программ. Для хранения программного кода к RP2040 потребуется подключить внешнюю флэш-память до 16 МБ через шину QSPI. Для получения информации о микроконтроллере RP2040 использовался источник [5].

### 1.3 Обзор датчиков температуры и влажности

Существует большое количество различных датчиков для измерения температуры и влажности. Наиболее распространенными видами датчиков температуры являются [6]: терморезистивные датчики, термопары, оптические датчики температуры, инфракрасные и акустические датчики. Основные виды датчиков влажности [7]: емкостные, резистивные, термисторные, оптические и каналные датчики.

При разработке данного проекта был выбран совмещенный датчик температуры и влажности, что поможет уменьшить размеры устройства и количество подключенных элементов.

Сравнительная характеристика совмещенных датчиков температуры и влажности приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Сравнение параметров датчиков температуры и влажности

Параметры	DHT11	AlertNode TH Standart	SHT20
Рабочее напряжение	3,5 – 5,5 В	3 – 5 В	2,1 – 3,6 В
Ток питания	2,5 мА	2,5 мА	1,5 мА
Диапазон измерения температуры	от 0 до 50 °C	от 2 до 50 °C	от -35 до 55 °C
Диапазон измерения влажности	20..80 %RH	10..90 %RH	0..100 %RH
Погрешность по температуре	$\pm 1$ °C	$\pm 1,5$ °C	$\pm 0,5$ °C
Погрешность по влажности	$\pm 5$ %RH	$\pm 5$ %RH	$\pm 3$ %RH
Частота измерения	одно измерение в секунду	одно измерение в секунду	одно измерение в секунду
Интерфейс	аналоговый	I2C, SPI	аналоговый

DHT11 является широко распространенным датчиком температуры и влажности. Датчик поставляется с резистивным элементом для измерения

влажности и с NTC термистором для измерения температуры. Данные температуры и влажности выводятся в виде последовательных данных.

Датчик откалиброван на заводе изготовителе и, следовательно, легко взаимодействует с другими микроконтроллерами. Датчик может измерять температуру от 0 °C до 50 °C и влажность от 20% до 90% с точностью  $\pm 1$  °C и  $\pm 1\%$ . Для получения подробной информации о датчике DHT11 был использован источник [8].

Беспроводной датчик температуры и влажности AlertNode TH Standard измеряет температуру и влажность и передает показания на контроллер AlertBox Radio по радиосети LoRaWAN. Возможно подключение внешних сенсоров (опция). Питание от двух батареек CR123A — в среднем 2 года. Дальность связи до 500 м. Частота 868 МГц. Шифрование данных AES-128. Для получения подробной информации о датчике AlertNode TH Standard был использован источник [9].

Датчик температуры и влажности SHT20 использует за исключением датчика влажности емкостного типа и датчика температуры полусового зазора, усилитель, А/Д конвертер, ОЗР память и цифровой блок обработки. По сравнению с ранней серией SHT1х и сериями SHT7х, SHT20 демонстрирует высокую надежность и долгосрочную стабильность. Он может точно измерять температуру окружающей среды и относительную влажность воздуха.

Водонепроницаемый датчик температуры и влажности SHT20 использует двойные методы защиты от воды. Внутренняя печатная плата имеет перфузию и защиту от инкапсуляции, а корпус зонда изготовлен из водонепроницаемых материалов РЕ. Это специальный водонепроницаемый дышащий материал, который позволяет молекулам воды просачиваться во время блокировки капель воды от просачивания в то же время. Также имеется Встроенный 10к выдвигной резистор и 0,1 мкФ фильтрующий конденсатор. Для получения подробной информации о датчике SHT20 был использован источник [10].

#### 1.4 Обзор датчиков дыма

На сегодняшний день можно найти большое количество различных датчиков газов. Из всего множества для сравнения были выбраны три наиболее подходящих (МС-115, MQ-9 и MQ-2). Результаты полученного сравнения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сравнение параметров датчиков дыма

Параметры	MQ-9	МС115	MQ-2
Потребляемый ток	до 150 мА	до 105 мА	до 150 мА
Напряжение питания	5 В	5 В	5 В

### Продолжение таблицы 1.3

Рабочая температура	от -20 до +50 °C	от -20 до +70 °C	от -20 до +50 °C
Диапазон измерений	500 – 10000 ppm	500 – 1000 ppm	300 – 5000 ppm
Интерфейс	аналоговый	аналоговый	аналоговый

Универсальный датчик MQ-9 определяет концентрацию угарного газа, метана, природного газа, сжиженного углеводородного газа (LPG), изобутана, (n)бутана. Датчик построен на базе полупроводникового газоанализатора MQ-9 и выдает аналоговый сигнал, пропорциональный содержанию выбранного газа в окружающей среде. В газоанализатор встроен нагревательный элемент, который необходим для химической реакции: во время работы датчик нагревается. Для получения информации о датчике MQ-9 использовался источник [11].

Датчик MC115 использует принцип каталитического сгорания, и его два плеча электрического моста состоят из испытательного элемента и компенсирующего элемента. Сопротивление испытательного элемента повышается, как только он встречается с горючими газами, в то же время, выходное напряжение моста изменяется, и изменение напряжения повышается прямо пропорционально концентрации газа. Компенсирующий элемент, как Конференция, имеет функцию компенсации температуры и влажности. Обладает хорошей чувствительностью к метану в широком диапазоне и имеет такие преимущества, как длительный срок службы, низкая стоимость и простая схема привода и т. д. Широко используется в промышленных условиях для обнаружения концентрации природного газа, СНГ, угольного газа и алканов. Он также используется в системе сигнализации утечки горючего газа, детекторе горючего газа и измерителях концентрации газа и так далее. Для получения информации о датчике MC115 использовался источник [12].

Датчик широкого спектра газов MQ-2 обнаружит утечки пропана, бутана, метана и водорода. Можно использовать для определения концентрации алкоголя в выдыхаемом воздухе и контроля задымленности производственных помещений. Датчик выдает аналоговый сигнал, пропорциональный содержанию газов в окружающей среде. В газоанализатор встроен нагревательный элемент, который необходим для химической реакции: во время работы датчик нагревается. Для получения информации о датчике MQ-2 использовался источник [13].

## 1.5 Обзор элементов индикации состояния

В качестве элементов для индикации состояния были выбраны светодиоды, они необходимы для сообщения о несоответствии измеряемых



параметров допустимым значениям. Сравнительная характеристика светодиодов представлена в таблице 1.4

Таблица 1.4 – Сравнение параметров светодиодов

Параметры	GNL-3014SRC	RGB / LED Doide RGB	GNL-3014SRD
Ток прямой	20 мА	20 мА	20 мА
Цвет свечения	красный	красный, зеленый, синий	красный
Угол излучения	25°	120°	60°
Рабочее напряжение	2 В	3,2 В	1,9 В
Сила света	200 мкд	400 мкд	100 мкд
Цвет линзы	прозрачный	прозрачный	красный
Размер	3 мм	5 мм	4 мм

Для получения информации о светодиоде GNL-3014SRC использовался источник [14].

Для получения информации о светодиоде RGB/LED Doide RGB использовался источник [15].

Для получения информации о светодиоде GNL-3014SRD использовался источник [16].

## 1.6 Обзор устройств отображения информации

Устройства отображения информации можно разделить на [17]:

1. сегментные (такие, как на цифровых часах);
2. алфавитно-цифровые;
3. графические.

Сегментные используются для индикации простых величин, например, температура, время, количество оборотов. Информация выводится путем засвечивания определенных символов. Они могут быть как жидкокристаллическими, так и светодиодными.

Алфавитно-цифровые устройства отображения информации еще называют знаковосинтезирующими, текстовыми, символьными. Состоят из набора крупных пикселей. Могут быть выполнены по LCD, TFT и OLED-технологии.

К графическим устройства отображения информации можно отнести даже монитор или экран смартфона.

В рамках данного проекта были рассмотрены алфавитно-цифровые устройства отображения информации.

LCD – это обычное монохромное устройство отображения информации, которое позволяет выводить символы определенного количества и размера.

TFT – это графическое устройство отображения информации, которое позволяет отображать не только символы, но и изображения. Качество изображения зависит от разрешения экрана. TFT экраны стоят на порядок дороже, особенно сенсорные. Но и результат гораздо выше.

OLED – это тот же TFT экран только вместо жидких кристаллов используются светодиоды, что дает большой угол обзора, сочную картинку и меньшее потребление энергии. Однако, их цена на сегодняшний день очень велика.

Сравнительный анализ устройств отображения информации представлен в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Сравнительный анализ устройств отображения информации

Параметр	LCD2004	OLED 0,96	LCD1602
Рабочее напряжение, В	5	3,3 – 5	3,3 – 5
Потребляемый ток, мА	6	0,2	85
Разрешение, пиксели	100 × 32	128 × 64	128 × 160
Интерфейс	I2C	I2C, SPI	SPI
Цвет	монохромный	монохромный	монохромный
Интерфейс	I2C	SPI	I2C

Символьное устройство отображения информации LCD2004 построено на базе ЖК устройств типа STN (Super Twisted Nematic) под управлением контроллера HD44780 и имеет синхронный параллельный 8-битный интерфейс. Устройство оснащено светодиодной подсветкой синего цвета и способен одновременно отображать до 80 символов (20 столбцов, 04 строки) от чего и произошло название устройства: LCD2004. Контроллер HD44780 имеет ПЗУ в которой хранятся цифры, символы латиницы и некоторые иероглифы японского языка, для их отображения на устройстве. Отсутствующие символы, в т.ч. и символы кириллицы, можно загружать в память ОЗУ контроллера, для вывода на дисплей надписей на русском языке или нестандартных символов.

Если к выводам LCD2004 подключить конвертер, то можно преобразовать его синхронный 8-битный параллельный интерфейс в шину I2C (превратив устройство вывода информации из LCD2004 в LCD2004 I2C) для облегчения подключения, т.к. шина I2C использует всего 2 вывода для передачи данных и 2 вывода питания. Для получения информации о устройстве отображения информации LCD2004 использовался источник [18].

OLED 0,96 – это графическое устройство отображение информации, каждый пиксель которого является отдельным OLED (organic light-emitting diode) светодиодом. Устройство не нуждается в подсветке, значит черный цвет – действительно черный (не светится в темноте), а использование органических светодиодов позволило достичь угла обзора более 160° и значительно снизить энергопотребление. Так же стоит отметить высокую контрастность и небольшие размеры дисплея – всего 0.96 дюйма. Для получения информации о устройстве отображения информации OLED 0,96 использовался источник [19].

Символьное устройство отображения информации LCD1602 построено на базе ЖК устройств типа STN (Super Twisted Nematic) под управлением контроллера HD44780 и имеет синхронный параллельный 8-битный интерфейс. Устройство оснащено светодиодной подсветкой синего цвета и способен одновременно отображать до 32 символов (16 столбцов, 02 строки) от чего и произошло название устройства: LCD1602. Контроллер HD44780 имеет ПЗУ в которой хранятся цифры, символы латиницы и некоторые иероглифы японского языка, для их отображения на устройстве. Отсутствующие символы, в т.ч. и символы кириллицы, можно загружать в память ОЗУ контроллера, для вывода надписей на русском языке или нестандартных символов.

Если к выводам LCD1602 подключить конвертер, то можно преобразовать его синхронный 8-битный параллельный интерфейс в шину I2C (превратив дисплей из LCD1602 в LCD1602 I2C) для облегчения подключения, т.к. шина I2C использует всего 2 вывода для передачи данных и 2 вывода питания. Для получения информации о устройстве отображения информации LCD1602 использовался источник [20].

## 1.7 Обзор модулей воспроизведения звука

Для сравнения были выбраны различные устройства воспроизведения звука. Результаты сравнения приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Сравнение модулей воспроизведения звука

Параметры сравнения	KPT-2210	SCS-17P10	HPM14A
Напряжение питания	3.3 – 5 В	5 – 30 В	5 В
Потребляемый ток	до 10 мА	до 3 мА	до 3 мА
Рабочая температура	от -20 до +70 °С	от -40 до +85 °С	от -40 до +85 °С

Для получения информации о устройстве воспроизведения звука KPT-2210 использовался источник [21].

Для получения информации о устройстве воспроизведения звука SCS-17P10 использовался источник [22].

Для получения информации о устройстве воспроизведения звука НРМ14А использовался источник [23].

## **2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА**

### **2.1 Постановка задачи**

Для составления структурной схемы разрабатываемого устройства необходимо установить функции, которые оно будет выполнять, определить составные компоненты устройства и связь между ними исходя из выполняемых функций. Структурная схема – это важный этап проектирования, так как в дальнейшем принципиальная и электрическая схемы будут строиться на ее базе.

Необходимо разработать устройство, выполняющее ряд следующих функций:

- считывание температуры воздуха;
- считывание влажности воздуха;
- распознавание наличия дыма;
- вывод полученных данных на дисплей;
- световая индикация состояния;
- звуковая индикация.

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

Компоненты структуры устройства выбираются исходя из функций, которые должно реализовывать устройство. Проанализировав выделенные выше выполняемые функции устройства, были определены следующие составные компоненты, которые будут отражены в структурной схеме:

1) Микроконтроллер – основной компонент схемы, выполняющий функцию получения и обработки поступающих сигналов, а также для управления устройствами для вывода информации.

2) Модуль питания – обеспечивает питание всех компонентов устройства.

3) Датчик температуры и влажности – датчик, считывающий информацию о температуре и относительной влажности воздуха и передающий по запросу эту информацию микроконтроллеру.

4) Датчик дыма – датчик, считывающий информацию о содержании дыма в воздухе и передающий по запросу эту информацию микроконтроллеру.

5) Блок вывода информации – принимает данные с микроконтроллера и преобразует их в форму, которая может быть воспринята человеком непосредственно (изображение на дисплее).

6) Блок индикации – светодиоды, которые выполняют функцию индикации состояния устройства.

7) Блок управления – содержит органы управления, которые отвечают за включение и выключение устройства, переключение экранов.

8) Блок оповещения – модуль, выполняющий предупреждение о превышении допустимых показаний датчиков посредством звукового сигнала.

### **2.3 Взаимодействие компонентов схемы**

Микроконтроллер подключается к блоку питания. Для переключения режимов работы устройства необходимо нажатие кнопки включения.

Происходит последовательное считывание информации со всех датчиков, ее передача микроконтроллеру для дальнейшего анализа.

Если выявлено наличие дыма в воздухе, несоответствующие нормам температура и влажность воздуха, передается сигнал модулю индикации, который в свою очередь информирует пользователя об этом световым импульсом.

Микроконтроллер обрабатывает полученные данные и выводит их на дисплей в понятной пользователю форме.

Блок управления состоит из двух кнопок. При нажатии первой кнопки происходит переключение экрана. При нажатии второй кнопки происходит выключение устройства, если оно включено, и его включение, если выключено.

Считывание информации, а также ее вывод продолжают пока устройство подключено к блоку питания, либо пока не нажата вторая кнопка.

### **2.4 Построение структурной схемы**

Структурная схема устройства приведена в приложении А.

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

### **3.1 Основные элементы устройства**

На устройство контроля параметров элеватора накладываются определенные требования в связи с необходимой точностью измерений и условиями эксплуатации. Устройство должно быть компактным, а диапазоны измерений всех датчиков и рабочие температуры всех компонентов должны соответствовать значениям соответствующих параметров, которые могут возникнуть в элеваторе.

Учитывая все необходимые требования к устройству, были выбраны следующие компоненты:

- Микроконтроллер: ATmega328;
- Датчик температуры и влажности: DHT11;
- Датчик дыма: MQ-2;
- Устройство отображения информации: LCD1602;
- Модуль воспроизведения звука: KPT-2210.

### **3.2 Выбор микроконтроллера**

Разрабатываемое устройство должно получать и обрабатывать данные, поступающие от датчиков, а также управлять устройствами ввода, отображения информации и индикации. Для выполнения этих задач было принято решение использовать микроконтроллер ввиду распространенности данной микросхемы, ее компактности и простоты программирования.

Рынок предлагает большой ассортимент микроконтроллеров. Для текущего проекта были рассмотрены микроконтроллеры ATmega328, RP2040 и Xtensa. Характеристики данных микроконтроллеров приведены в пункте 1.2 обзора литературы.

Контроллеры RP2040 и Xtensa превосходят ATmega328 разрядностью (32, 32 и 8 бит соответственно), количеством цифровых входов (26, 21 и 14 соответственно), количеством аналоговых входов (14, 15 и 8 соответственно), а также тактовой частотой (133, 240 и 16 МГц соответственно). Однако, учитывая сложность проекта, характеристик микроконтроллера ATmega328 вполне достаточно для реализации запланированных функций. Также большими преимуществами данного микроконтроллера являются небольшая стоимость, широкая распространенность технической и обучающей литературы, а также интуитивно понятная среда программирования Arduino IDE.

Исходя из вышеперечисленного в данном проекте используется микроконтроллер ATmega328.

На микроконтроллере ATmega328 сейчас работает множество плат Arduino. Arduino – электронный конструктор, платформа для быстрой и удобной разработки различных устройств автоматизации и управления. Данное решение состоит из комплекса программ и аппаратных составляющих – печатных плат с компонентами, центральную и главную роль в которых играет плата с микроконтроллерами AVR в том числе ATmega328.

Для данного проекта была выбрана плата Arduino Nano ввиду распространенности данной платы, ее компактности и интуитивно понятной среды программирования Arduino IDE. Характеристики платы Arduino Nano приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Характеристики платы Arduino Nano

Параметр	Arduino Nano
Микроконтроллер	ATmega328
Тактовая частота	16 МГц
Разрядность	8 бит
ОЗУ	2 Кб
Цифровые входы/выходы	14
Аналоговые входы/выходы	8
Потребляемый ток	15 – 50 мА
Рабочая температура	от -25 до +80 °С
Входное напряжение	7 – 12 В
Выходное напряжение	3.3 В, 5 В
Поддерживаемые интерфейсы	UART, I2C, SPI
Размеры	45 x 18 мм
Вес	7 гр

### 3.3 Выбор датчика температуры и влажности

В пункте 1.3 обзора литературы были рассмотрены датчики DHT11, AlertNode TH Standart, SHT20 (сравнительная характеристика приведена в таблице 1.2). По результатам сравнения видно, что все датчики имеют схожие характеристики, отличия есть в диапазонах измерений и точности.

Наиболее подходящим по точности измерения температуры и влажности является датчик SHT20, но он проигрывает по стоимости и доступности. В результате был выбран датчик DHT11 – для данного проекта это лучшее сочетание показателей датчика и стоимости.

### 3.4 Выбор датчика дыма

Рассмотрев сравнительные характеристики датчиков дыма, представленных в таблице 1.3 обзора литературы, видно, что все датчики



имеют одинаковое напряжение питания, потребляемый ток и габариты, но отличаются диапазоном измерения. Исходя из исходных требований к проекту, диапазон измерений должен быть от 300 до 8000 ppm.

Наиболее подходящими датчиками являются MQ-2 и MQ-4. Было принято решение выбрать датчик MQ-2, так как распознает даже небольшой дым и наиболее подходящие в данном проекте детектируемые газы.

### **3.5 Выбор устройства отображения информации**

В данном курсовом проекте полученные и обработанные данные от датчиков должны выводиться на устройство отображения информации, поэтому были рассмотрены 3 вида устройств: LCD, OLED и TFT.

Несмотря на тот факт, что из таблицы 1.5 очевидно, что TFT устройства значительно лучше по всем основным параметрам, их использование в разрабатываемом устройстве не целесообразно, так как объем выводимой информации довольно мал и информация является текстовой, что исключает необходимость цветного изображения. Исходя из этого было принято решение выбрать устройством отображения информации LCD1602, как самый простой и дешевый вариант.

### **3.6 Выбор модуля воспроизведения звука**

В качестве модуля воспроизведения звука в данном курсовом проекте будет использован пьезодинамик КРТ-2210. Его характеристики, а также характеристики SCS-17P10 и НРМ14А представлены в таблице 1.6 обзора литературы. Данный модуль был выбран по причине потребления меньшего тока и простоте.

### **3.7 Построение функциональной схемы**

Функциональная схема устройства представлена в приложении Б.

## **4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА**

### **4.1 Микроконтроллер**

В пункте 3.1 была выбрана плата Arduino Nano с микроконтроллером ATmega328, характеристики которой представлены в таблице 3.1.

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

Источник питания подает на микроконтроллер напряжение 5 В.

На цифровой вход D2 поступают сигналы датчика DHT11. На аналоговый вход A0 поступают сигналы датчика MQ-2.

Через цифровые входы D9 и D10, D11 передается сигнал на 3 светодиода. На цифровые входы D3 и D5 поступают сигналы от тактовых кнопок.

### **4.2 Датчик температуры и влажности**

В пункте 3.2 был выбран датчик температуры и влажности DHT11, характеристики которого представлены в таблице 1.2. Согласно спецификации датчика, на вход VCC подается напряжение 5 В. К цифровому входу D2 микроконтроллера подключен выход D0 датчика, через который поступают значения измерений температуры и влажности.

### **4.3 Датчик горючих газов**

В пункте 3.3 был выбран датчик дыма MQ-2, характеристики которого представлены в таблице 1.3. Согласно спецификации датчика дыма MQ-2, на вход VCC подается напряжение 5 В. К аналоговому входу A0 подключен выход A0, который передает количество дыма измеренного дыма.

### **4.4 Устройство отображения информации**

В пункте 3.5 было выбрано устройство отображения информации LCD1602 с поддержкой интерфейса I2C, характеристики которого представлены в таблице 1.5. Согласно спецификации, на вход VCC подается напряжение 5 В. Устройство отображения информации принимает данные через интерфейс I2C, поэтому выход SDA и SCL подключены к выходам SDA и SCL соответственно.

### **4.5 Модуль управления**

Модулем управления является контактная кнопка. Сигнальным входом передает сигнал к цифровому входу D3. На вход VCC подается напряжение 5 В.

## 4.6 Блок индикации

Блок индикации проекта представлен 3 светодиодами. Блок подключен к микроконтроллеру через цифровые входы D9, D10 и D11. Принцип подключения и задачи светодиодов описаны в разделе 4.8.

## 4.7 Модуль воспроизведения звука

Для получения звукового сигнала используется пьезодинамик, который подключается к цифровому выходу Arduino D12. Микроконтроллер включает и отключает питание на данном динамике из-за чего включается и отключается звук.

## 4.8 Расчет мощности элементов схемы

Расчет мощности элементов схемы представлен в таблице 4.1.

Формула мощности:

$$P = U \cdot I.$$

Учитывая поправочный коэффициент в 30%, максимальная потребляемая мощность составит 1355,25 мВт.

Таблица 4.1 – Расчет мощности элементов схемы

Элемент	U, В	I, мА	Количество	P, мВт
Датчик температуры и влажности DHT11	5	2,5	1	12,5
Датчик горючих газов MQ-2	5	150	1	750
ЖК-дисплей LCD1602	5	6	1	30
Светодиод	5	30	3	150
Суммарная мощность				942,5

Таким образом, схема потребляет 0,95 Вт мощности. Рассчитаем потребляемый ток:

$$I = \frac{P}{U} = 0,19 \text{ А}.$$

Учитывая поправочный коэффициент в 30%, получим 0,25 А. Следовательно, необходимо взять источник тока с максимальным выходным током не менее 0,3 А.

## 4.9 Расчет нагрузки светодиодов

В данном курсовом проекте используется три светодиода, подключенные к микроконтроллеру через цифровые выходы D9-D11 (см. рисунок 4.1).

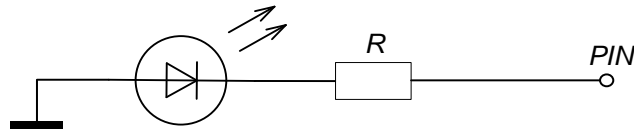


Рисунок 4.2 — Схема подключения светодиодов

Так как светодиод имеет нелинейную ВАХ необходимо ограничить ток, проходящий через него с помощью токоограничивающего резистора.

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 белого, желтого и зеленого цветов, со следующими параметрами:  $I_{\text{ПР}} = 20$  мА.  $U_{\text{Д}} = 1$  В.

Получаем:

$$R = \frac{5 - 2}{20 \cdot 10^{-3}} = 150 \text{ Ом.}$$

Следовательно, для того, чтобы светодиод не перегорел он должен быть подключен через резистор с сопротивлением не менее 150 Ом, однако если взять слишком большое сопротивление, то светодиод будет гореть очень слабо, поэтому в данном проекте светодиоды подключаются через резисторы сопротивлением 220 Ом.

## 4.10 Разработка принципиальной схемы

Принципиальная схема устройства представлена в приложении В.

## **5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

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

Разработанное микропроцессорное устройство отслеживает ключевые параметры элеватора, а именно показатели температуры и влажности воздуха, наличие дыма.

Устройство работает следующим образом. После подключения устройства к источнику питания, происходит включение устройства отображения информации и всех датчиков, что сопровождается миганием светодиодов и звуковым сигналом. После окончания фазы инициализации загорается желтый светодиод, символизирующий о том, что устройство включено. В течение всего времени устройство анализирует показания с датчиков. В зависимости от полученных параметров горит красный (при получении несоответствия полученного значения норме) или зеленый (при соответствующих нормам показателях) светодиоды.

Показания датчиков отображаются на дисплее поочередно по нажатию кнопки переключения экрана.

Устройство поддерживает спящий режим. Для введения в спящий режим или вывода из него необходимо нажать кнопку включения/выключения.

### **5.2 Блок-схема алгоритма**

Для отображения работы устройства необходимо реализовать две блок-схемы. Блок-схема алгоритма программного обеспечения представлена в приложении Г. Блок-схема прерывания представлена в приложении Д.

Описание блок-схемы работы устройства:

Рассмотрим структуру данной блок-схемы.

В блоках 2-3 происходит инициализация переменных и определение модулей, подключенных к микроконтроллеру.

Основная логика программы реализована в бесконечном цикле в блоках 4-28.

В блоках 5-8 происходит включение устройства.

В блоках 9-13 в зависимости от нажатия кнопки включения/выключения происходит смена режимов работы (погружение в спящий режим и пробуждение).

В блоке 14 реализовано получение значений из датчиков температуры и, влажности, дыма.

В блоках 15-16 происходит переключение экранов в зависимости от состояния нажатия кнопки.

Вывод полученной информации на устройство отображения информации происходит в блоках 17 и 24.

В блоках 18-23 осуществляется анализ полученных данных датчика DHT11 и, при несоответствии их норме, выводится оповещение на устройство отображения информации и включается соответствующая индикация.

В блоках 25-27 осуществляется анализ полученных данных датчика MQ2 и, при несоответствии их норме, выводится оповещение на устройство отображения информации и включается соответствующая индикация.

Описание блок-схемы прерывания:

В блоке В2 происходит получение значения переменной, отвечающей за значение включения/выключения устройства.

В блоке С2 устанавливается задержка в 100 мс.

В блоке Е2 реализовано изменение флага режима работы устройства.

В блоках Н2, Н5 устанавливаются флаги для введения устройства в спящий режим и вывод из него.

### 5.3 Исходный код программы

Листинг кода разработанного алгоритма представлен в приложении Е.

Строки 6-13 (блок 3) – подключение библиотек, необходимых для работы.

Строки 15-27 (блок 2) – инициализация входов микроконтроллера, к которым подключены все элементы устройства.

Строки 29-38 (блок 2) – объявление глобальных переменных.

Функция `void setup()` – строки 134 – 154, блок 3 – необходима для начальной настройки контроллера, здесь задаются входы и выходы микроконтроллера, к которым подключены все элементы схемы, устанавливается обработчик прерывания, а так же другие настройки.

Функция `void loop()` (строки 239 – 257, блоки 4 – 28) является главной, циклической функцией и работает на протяжении всей работы микроконтроллера. Здесь задается основная логика работы микроконтроллера. В функции происходит анализ на нажатие кнопки и возможно либо введение устройства в спящий режим, либо пробуждение из него

Функция `initialization()` – строки 40 – 62, блок 7 – отвечает за мигание светодиодами при включении устройства и при выводе его из спящего режима.

Функция `make_sound(int value)` – строки 63 – 84, блок 8 – отвечает за воспроизведение звукового сигнала.

Функция `sleep()` – строки 86 – 103, блок 13 – отвечает за переход устройства в спящий режим (происходит очистка экрана, выключение подсветки и установка спящего режима).

Функция `wake_Up()` – строки 105 – 117, блок 11 – отвечает за вывод устройства из спящего режима посредством включения подсветки устройства отображения информации и реализацией функции `initialization()`.

Функция `power_button_handler()` – строки 119 – 132, блок 3 – функция-обработчик прерывания нажатия кнопки, реализует в себе инициализацию флагов для дальнейшего выбора режима работы.

Функция `dht_params()` – строки 156 – 177, блок 14 – реализует считывание информации с датчика температуры и влажности `dht11`.

Функция `mq2_params()` – строки 179 – 186, блок 14 – реализует считывание информации с датчика дыма `mq2`.

Функция `check_params()` – строки 193 – 222, блоки 18 – 23, 25 – 27 – реализует сравнение полученных значений с эталонными и, при несоответствии, включение соответствующей индикации и звукового сигнала.

Функция `screen_switching()` – строки 224 – 237, блоки 18 – 23, 25 – 27 – реализует чтение значения кнопки переключения экрана.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате работы над данным курсовым проектом было разработано работоспособное микропроцессорное устройство контроля параметров элеватора со своим программным обеспечением. Устройство отслеживает показания горючих газов в среде, температуру и влажность воздуха. Помимо этого, осуществляется анализ полученных значений и соответствующая индикация показателей. Данный проект был спроектирован в соответствии с поставленными задачами, весь функционал был реализован в полном объеме.

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

В дальнейшем планируется усовершенствование данного курсового проекта. Одним из таких улучшений является оптимизация алгоритма анализа полученных данных, замена использованных датчиков на более качественные аналоги, улучшение питания, а также создание более дружелюбного интерфейса.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Микроконтроллеры [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://ipkoil.ru/demo/osnovy-mikoprocessornoj-tehniki-krasnov/Fundamentals%20of%20microprocessor%20technology/tutorial/theme1/part1.html> – Дата доступа: – 25.09.2023
- [2]. Устройство микроконтроллера [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://www.hamlab.net/mcu/training/introduction.html> – Дата доступа: 25.09.2023
- [3]. Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> – Дата доступа: 25.09.2023
- [4]. ESP32 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://gertech.se/gertech/files/ESP32\\_Specification.pdf](https://gertech.se/gertech/files/ESP32_Specification.pdf) – Дата доступа: 25.09.2023
- [5]. Raspberry PI 2 Model B [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://micro-pi.ru/raspberry-pi-2-model-b-rpi-bcm2836-bcm2837/> – Дата доступа: 25.09.2023
- [6]. Датчики температуры. Типы и виды [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://kip.su/info/articles/temperatura/datchiki-temperature-tipy-i-vidy-datchikov-temperature/> – Дата доступа: 25.09.2023
- [7]. Датчики влажности. Виды и работа [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/datchiki-vlazhnosti/> – Дата доступа: 25.09.2023
- [8]. DHT11 – датчик температуры и влажности [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://fornk.ru/4907-dht11-datchik-temperature-i-vlazhnosti-datasheet-raspinovka-biblioteka-dlya-arduino/#gsc.tab=0> – Дата доступа: 25.09.2023
- [9]. AlertNode-TH-Standard [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://unimon.ru/wp-content/uploads/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82-AlertNode-TH-Basic.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [10]. SHT22 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/354/DOC012354523.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [11]. MC-115 Product manual [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-9Hanwei.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [12]. MQ-9 Product manual [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/MQ-9Hanwei.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023

- [13]. MQ-2 new [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.pololu.com/file/0J309/MQ2.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [14]. GNL-3014SRC [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/773/DOC002773606.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [15]. LED Tricolor RGB [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/LED5D-RGB-CA.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [16]. GNL-3014SRD [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/773/DOC002773606.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [17]. Дисплеи для ардуино [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <http://electrik.info/microcontroller/1496-kakie-byvayut-displei-dlya-arduino-i-kak-ih-podklyuchit.html> – Дата доступа: 25.09.2023
- [18]. LCD2004A [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://uk.beta-layout.com/download/rk/RK-10290\\_410.pdf](https://uk.beta-layout.com/download/rk/RK-10290_410.pdf) – Дата доступа: 25.09.2023
- [19]. OLED 0.96 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/490/DOC001490735.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [20]. LCD1602 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: [https://www.waveshare.com/datasheet/LCD\\_en\\_PDF/LCD1602.pdf](https://www.waveshare.com/datasheet/LCD_en_PDF/LCD1602.pdf) – Дата доступа: 25.09.2023
- [21]. KPT-2210 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://belchip.by/sitedocs/03565.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [22]. SCS-17P10 [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/243/DOC000243019.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [23]. НРМ14А [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/165/DOC001165584.pdf> – Дата доступа: 25.09.2023
- [24]. Arduino Nano [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardNano> – Дата доступа: 25.09.2023

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

*(обязательное)*

Структурная схема

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Б**

*(обязательное)*

Функциональная схема

## **ПРИЛОЖЕНИЕ В**

*(обязательное)*

Принципиальная схема

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г**  
(*обязательное*)

Блок-схема алгоритма

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д**  
*(обязательное)*

Блок-схема прерывания

## **ПРИЛОЖЕНИЕ Е**

*(обязательное)*

Исходный код программы



**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж**  
*(обязательное)*

Перечень элементов

## **ПРИЛОЖЕНИЕ 3**

*(обязательное)*

Ведомость документов