

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 4 |
| 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ | 5 |
| 1.1 Структура разрабатываемого устройства | 5 |
| 1.2 Микроконтроллер | 5 |
| 1.3 Светодиодная матрица | 7 |
| 1.4 Датчик освещенности | 7 |
| 1.5 Датчик температуры | 8 |
| 1.6 Датчик влажности | 10 |
| 1.7 Динамик | 11 |
| 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА | 13 |
| 2.1 Проектируемое устройство | 13 |
| 2.2 Структура устройства | 13 |
| 3.1 Состав устройства | 15 |
| 3.2 Плата Arduino Uno | 15 |
| 3.3 Светодиодная матрица MAX7219 | 17 |
| 3.4 Датчик освещенности BH1750 | 19 |
| 3.5 Датчик температуры DHT11 | 19 |
| 3.6 Датчик влажности DHT11 | 20 |
| 3.7 Динамик | 20 |
| 3.8 Расчет системы питания | 21 |
| 4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА | 22 |
| 4.1 Принципиальная схема устройства | 22 |
| 5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ | 24 |
| 5.1. Алгоритм работы устройства | 24 |
| 5.2. Блок-схема алгоритма | 24 |
| 5.3. Исходный текст программы | 25 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 27 |
| ЛИТЕРАТУРА | 28 |
| Приложение А Листинг программы | 29 |

| | | | |
|--------------|------------------------------|--|----|
| Приложение Б | Микропроцессорное устройство | Схема электрическая структурная..... | 30 |
| Приложение В | Микропроцессорное устройство | Схема электрическая функциональная | 31 |
| Приложение Г | Микропроцессорное устройство | Схема электрическая принципиальная..... | 32 |
| Приложение Д | Микропроцессорное устройство | Блок-схема алгоритма..... | 33 |
| Приложение Е | Микропроцессорное устройство | Ведомость документов..... | 34 |
| Приложение Ж | Микропроцессорное устройство | Ведомость элементов | 35 |

ВВЕДЕНИЕ

При эксплуатации спортивного комплекса важен контроль таких параметров как температура, влажность и освещенность.

Устройство отображения информации спортивного комплекса – устройства для демонстрации информации о внешних факторах спортивного комплекса в режиме реального времени (такие как время, температура, влажность, освещенность).

Отображение информации происходит на матричных светодиодах. Светодиодная матрица – множество кристаллов, с одинаковыми или различными длинами волн, собранных в одном корпусе и светящихся под действием тока. Табло является важным элементом любого спортивного мероприятия. Оно отображает информацию о ходе игры и участниках, время, температуру воздуха и другие параметры.

Проектируемое устройство должно выполнять следующие задачи:

- измерять температуру, влажность и освещенность;
- выводить данные с датчиков на матричные светодиоды;
- в случае превышения определенной температуры издавать звуковой сигнал.

В соответствии с требованиями по функционированию устройство должно включать следующие блоки:

- микроконтроллер;
- светодиодная матрица;
- датчик освещенности;
- датчик температуры;
- датчик влажности;
- матричная клавиатура;
- блок питания;
- динамик;
- световой индикатор.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Структура разрабатываемого устройства

Устройство отображения информации спортивного комплекса предназначена для контроля температуры, влажности и освещенности спортивного комплекса и выводом информации с датчиков на матричные светодиоды [1].

Планируется что устройство должно контролировать параметры предельной температуры с изданием звукового сигнала.

В соответствии с данными требованиями устройство должно включать следующие блоки:

1. микроконтроллер;
2. светодиодная матрица;
3. датчик освещенности;
4. датчик температуры;
5. датчик влажности;
6. матричная клавиатура;
7. блок питания;
8. динамик;
9. световой индикатор.

1.2 Микроконтроллер

Для сравнения выбраны микроконтроллеры производителей Arduino, STMicroelectronics.

ATmega328 - это однокристальный микроконтроллер семейства megaAVR, созданный компанией Atmel. Он оснащен модифицированным 8-разрядным процессорным ядром RISC гарвардской архитектуры. 8-разрядный RISC AVR сочетает в себе 32 КБ флэш ISP с возможностью чтения во время записи, 1 КБ EEPROM, 2 КБ SRAM, 23 линии ввода-вывода общего назначения, 32 рабочих регистра общего назначения, 3 гибких таймера/ счетчика с режимами сравнения, внутренними и внешними прерываниями, последовательный программируемый USART, байтоориентированный двухпроводной последовательный интерфейс, последовательный порт SPI, 6- канальный 10-разрядный аналого-цифровой преобразователь (8 каналов в пакетах TQFP и QFN/MLF), программируемый сторожевой таймер со встроенным генератором и 5 программно выбираемых режимов энергосбережения. Устройство работает от 1,8 до 5,5 Вольт. Устройство обеспечивает пропускную способность, приближающуюся к 1 MIPS /МГц.

АТmega328Р — микроконтроллер группы AVR. Устройство atmega328p имеет 28 контактов. Его знает большинство владельцев конструктора Arduino, как главный элемент электронного комплекта.

АТmega328Р используется на платах микроконтроллеров Arduino Uno и Arduino Nano, двух самых популярных продуктах Arduino.

STM32F103C8T6, входящий в серию STM32 от STMicroelectronics, представляет собой 32-разрядный микроконтроллер на базе ядра ARM Cortex-M3. Он предлагает богатый набор функций, что делает его. подходит для широкого спектра применений: от бытовой электроники до промышленной автоматизации. Этот микроконтроллер поставляется в компактном, простом в использовании корпусе, что делает его. предпочтительный выбор как для любителей, так и для профессиональных разработчиков. Ключевые особенности и характеристики: STM32F103C8T6 обладает впечатляющим набором функций, которые делают его универсальным микроконтроллером.

Наибольшую тактовую частоту, количество таймеров, флеш-память и ОЗУ среди рассматриваемых микроконтроллеров имеет STM32F103C8T6 [2].

Наибольший диапазон напряжения, максимально потребляемый ток имеют микроконтроллеры АТmega328, АТmega328p [3,4].

Характеристики микроконтроллеров представлены в таблице 1.2.1.

Таблица 1.2.1 – Сравнение микроконтроллеров

| Характеристики | АТmega328 | АТmega328p | STM32F103C8T6 |
|------------------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|
| Ядро | avr atmega | avr atmega | arm cortex-m3 |
| Тактовая частота | 20 МГц | 16 МГц | 72 МГц |
| Поддерживаемые интерфейсы | i2c, spi, uart | can, i2c, irda, lin, spi, uart, usb | i2c, spi, uart |
| Количество таймеров | 3 | 3 | 4 |
| Количество каналов АЦП | 6 | 6 | 2 |
| Количество pin-кодов пакета | 32 | 32 | 37 |
| Рабочее напряжение питания | 1.8-5.5В | 1.8-5.5В | 2-3.6В |
| Максимально потребляемый ток | 410 мА | 410 мА | 16 мА |
| Флеш-память | 32 Кб | 16 Кб | 64 Кб |
| ОЗУ | 2 Кб | 1 Кб | 20 Кб |

1.3 Светодиодная матрица

Рассмотрим светодиодную матрицу производителя Analog Devices Inc.

MAX7219 – микросхема для управления 7-сегментными индикаторами и матрицами 8x8.

MAX7219 может полностью контролировать 64 индивидуальных светодиода и одновременно он может обновлять состояние дисплея с частотой до 800 Гц. Также он позволяет управлять и яркостью свечения светодиодов дисплея.

Модуль представляет из себя плату с микросхемой, необходимой для неё обвязкой и, собственно, матричным индикатором. Обычно индикатор не впаивают в плату, а вставляют в разъем. Это сделано для того, чтобы группу модулей можно было сначала закрепить на какой-то поверхности винтами, а затем вставить в них матрицы.

Матричный светодиодный индикатор состоит из нескольких рядов и столбцов светодиодов, которыми можно управлять по отдельности или группами.

У модуля есть пять выводов на каждой стороне. С одной стороны, данные входят в модуль, с другой стороны данные выходят из модуля и передаются в следующий. Это позволяет соединять матрицы у цепочки [5].

Характеристики матричного светодиодного модуля представлены в таблице 1.3.1.

Таблица 1.3.1 – Характеристика MAX7219

| Характеристики | Значение |
|--|-----------------|
| Частота следования импульсов включения символов | не менее 500 Гц |
| Рабочее напряжение питания | от 4 В до 5,5 В |
| Потребление по шине +5В в спящем режиме | 150 мА |
| Средний ток через один сегмент, | до 40 мА |
| Задержка: Поступление данных -> вывод на дисплей | 2,2 мс |
| Вид интерфейса | цифровой |

1.4 Датчик освещенности

Для сравнения выбраны датчики освещенности производителей CFsunbird, RobotClass.

Рассмотрим такие датчики освещенности как: GY-302 на чипе BH1750 и FLASH-I2C (Trema-модуль).

Цифровой датчик освещенности GY-302 на чипе BH1750 предназначен для измерения фонового освещения. BH1750 16-битный датчик освещённости (люксметр) с интерфейсом I2C. Эта микросхема хорошо подходит для получения данных об окружающем освещении. Фотодиод на BH1750 определяет

интенсивность света, которая преобразуется в выходное напряжение с помощью операционного усилителя. Встроенный АЦП выдает 16-битные цифровые данные. Внутренняя логика BH1750 избавляет от необходимости каких-либо сложных вычислений, поскольку он напрямую выводит значимые цифровые данные в люксах (лк).

Согласно документации, датчик BH1750 чувствителен к видимому свету и практически не подвержен влиянию инфракрасного излучения, т.е. реагирует примерно на тот же спектральный диапазон, что и человеческий глаз [6].

Trema модуль - датчик освещенности, люксметр, I2C-flash - является цифровым датчиком способным возвращать значение освещённости в люксах и коэффициент пульсаций света в процентах, а также определять близость препятствий.

Модуль относится к серии «Flash», а значит к одной шине I2C можно подключить более 100 модулей, так как их адрес на шине I2C (по умолчанию 0x09), хранящийся в энергонезависимой памяти, можно менять программно [7].

Сравнительная характеристика датчиков освещенности приведены в таблице 1.4.1.

Таблица 1.4.1 – Сравнительная характеристики датчиков освещенности

| Характеристики | GY-302 на чипе BH1750 | FLASH-I2C (Trema-модуль) | RobotClass |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------------|-----------------|
| Напряжение питания | 3,3 В или 5 В | 3,3 В или 5 В | 3,3 В или 5 В |
| Потребляемый ток | 150 мкА | 5 мА | 5 мА |
| Вид интерфейса | цифровой | цифровой | цифровой |
| Чип | BH1750FVI | FLASH-I2C | ROC |
| Диапазон измерений освещённости | от 0 до 65535 лк | от 0 до 8191 лк | от 0 до 8191 лк |

1.5 Датчик температуры

Для сравнения выбраны датчики температуры производителей Osbix, National Semiconductor.

Рассмотрим такие датчики как: DHT11 и DHT22, LM35.

DHT11 — это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Датчик DHT11 не обладают высоким быстродействием и точностью, но зато прост, недорог и отлично подходят для обучения и контроля влажности в помещении.

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 изготовителя 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 ± 1 °C и $\pm 1\%$. Поэтому, если вы хотите проводить измерения в этом диапазоне, тогда этот датчик может быть хорошим выбором для вас.

DHT22 Temperature-Humidity Sensor – это калиброванный цифровой модуль измерения температуры и влажности на основе датчика DHT22 (AM2302), который имеет более высокую точность и широкий диапазон измерения, чем DHT11. Он может быть использован для детектирования температуры и влажности окружающей среды, по средствам стандартного однопроводного интерфейса.

Датчики DHT22 состоит из чувствительного емкостного датчика и NTC-термистора, а так же 8-ми битном чипе, который преобразует аналоговый сигнал с датчиков, в цифровой на выходе. При производстве, компоненты входящие в модуль DHT22 имеют разные параметры и чтобы показания были реальными, производитель калибрует каждый датчик DHT22 в калибровочной камере, а поправочный коэффициент сохраняется в памяти и вызывается при считывании данных. Преимущество данных датчиков, это небольшие размеры, низкая энергопотребление, высокая дальность передачи до 20м, из недостатков можно отнести, задержка в передачи показаний в 2 секунды [8].

Датчик LM35 — Прецизионный аналоговый датчик температуры, на выходе которого формируется напряжение пропорционально температуре по шкале Цельсия.

Серия LM35 это прецизионные интегральные датчики температуры, у которых выходное напряжение пропорционально температуре по шкале Цельсия. Это одно из преимуществ над датчиками с выходным напряжением по шкале Кельвина. Не требуется вычитать высокостабильное напряжение из выходного напряжения для перевода в шкалу по Цельсию.

LM35 обеспечивает измерение температуры с точностью ± 0.25 °C в комнатных условиях и с точностью ± 0.75 °C в полном диапазоне рабочих температур -55 ... +150 °C, без внешней калибровки или подгонки выходного напряжения[9].

Сравнительная характеристика датчика температуры приведены в таблице 1.5.1.

Таблица 1.5.1 – Сравнение характеристик датчиков температуры

| Характеристики | DHT11 | DHT22 | LM35 |
|--------------------------|------------------|------------------|-------------------|
| Рабочее напряжение | от 3,5 до 5,5 В | от 3,5 до 5,5 В | от 2,7 до 5,5 В |
| Максимальный рабочий ток | 2,5 мА | 2,5 мА | 2,5 мА |
| Вид интерфейса | цифровой | цифровой | цифровой |
| Диапазон температур | от 0 °С до 50 °С | -40 °С до 125 °С | от 10 °С до 25 °С |
| Точность | ± 1 °С | ± 0,5 °С | ± 2 °С |

1.6 Датчик влажности

Для сравнения выбраны датчики влажности производителей Osbix, Your Сее.

Рассмотрим такие датчики как DHT11, DHT22 и HR202.

DHT11 — это цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе АЦП для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Датчик DHT11 не обладают высоким быстродействием и точностью, но зато прост, недорог и отлично подходят для обучения и контроля влажности в помещении.

DHT22 Temperature-Humidity Sensor – это калиброванный цифровой модуль измерения температуры и влажности на основе датчика DHT22 (AM2302), который имеет более высокую точность и широкий диапазон измерения, чем DHT11. Он может быть использован для детектирования температуры и влажности окружающей среды, по средствам стандартного однопроводного интерфейса [8].

HR202 - модуль порогового датчика влажности и компаратора LM393. Датчик выдает высокий уровень сигнала (5В) при превышении заданного уровня влажности, и низкий уровень сигнала при отсутствии превышения.

HR202 чувствительный к влажности резистор-это новый тип чувствительного к влажности компонента с использованием органического полимерного материала. Он имеет широкий диапазон поглощения влаги и стабильную долгосрочную производительность. Его можно использовать для хранения, отсека, контроля качества воздуха в помещении, автоматизации зданий, медицинских и промышленных систем управления. И широкий спектр применений в области научных исследований [10].

Наибольший диапазон влажности и точности имеет датчик DHT22.

Сравнительная характеристика датчика влажности приведены в таблице 1.6.1.

Таблица 1.6.1 – Сравнение характеристик датчиков влажности

| Характеристики | DHT11 | DHT22 | HR202 |
|--------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Рабочее напряжение | от 3,5 до 5,5 В | от 3,5 до 5,5 В | от 3,3 до 5В |
| Максимальный рабочий ток | 2,5 мА | 2,5 мА | 2,5 мА |
| Вид интерфейса | цифровой | цифровой | цифровой |
| Диапазон влажности | от 20% до 90% | от 0% до 100% | от 20% до 95% |
| Точность | $\pm 1 \%$ | $\pm 0,5 \%$ | $\pm 1 \%$ |

1.7 Динамик

Для сравнения выбраны датчики влажности производителя Arduino.

Динамик Arduino — это электромеханическое устройство, которое преобразует электрический сигнал в звуковые колебания. Принцип работы динамика основан на использовании электромагнитной системы — катушки провода, магнита и мембраны. Когда через катушку проводится переменный электрический ток, он создает магнитное поле, взаимодействующее с постоянным магнитом.

Перед постоянным магнитом размещена звуковая катушка. Когда вы подаете на нее электрический сигнал, переменный ток создает магнитное поле, звуковая катушка перемещает диффузор вверх и вниз. Из-за вибрации диффузора из динамика раздается звук [11].

Пьезодинамик — акустические устройства для воспроизведения звука, использующие пьезоэлектрический эффект. Пьезоизлучатели получили широкое распространение: их используют в различных устройствах — будильниках, телефонах, игрушках и в другой технике.

По сравнению с традиционными электромагнитными преобразователями звука, пьезоизлучатели имеют простую конструкцию. Пьезокерамический излучатель состоит из металлической пластины, на которую нанесена пьезоэлектрическая керамика, имеющая токопроводящее напыление. Пластина и напыление являются контактами пьезоизлучателя (буззера), при этом устройство имеет полярность — плюс и минус [12].

Сравнительная характеристика динамика и пьезодинамика в таблице 1.7.1.

Таблица 1.7.1 – Сравнение характеристик динамика и пьезодинамика

| Характеристики | Динамик | Пьезодинамик |
|-------------------------------|--------------------|--------------|
| Напряжение питания | от 4 до 6 В | от 4 до 6 В |
| Максимальное потребление тока | 60 мА | 60 мА |
| Максимальная сила шума | 90 дБ | 85 дБ |
| Сопротивление катушки | 8 Ом | 40 Ом |
| Частота звукового сигнала | от 170 до 10000 Гц | 2731 Гц |

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА

2.1 Проектируемое устройство

В соответствии с проектируемым устройством должно решать следующие задачи: контроль температуры, влажности и освещенности спортивного комплекса и выводом информации с датчиков на матричные светодиоды

На этапе обоснования выбора структурной схемы необходимо выделить наиболее значимые блоки схемы. Принципиальная и функциональная схема устройства строится на базе структурной схемы, которая содержит следующие блоки:

1. микроконтроллер;
2. светодиодная матрица;
3. датчик освещенности;
4. датчик температуры;
5. датчик влажности;
6. матричная клавиатура;
7. блок питания;
8. динамик;
9. световой индикатор.

Устройство, разрабатываемое в данном курсовом проекте, использует модуль, светодиодную матрицу, которая выводит показатели с датчиков. Показатели с датчиков освещенности, влажности и температуры поступают на микроконтроллер, затем передаются на светодиодную матрицу. Устройство должно контролировать параметры предельной температуры с изданием звукового сигнала.

2.2 Структура устройства

Микроконтроллер — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Типичный микроконтроллер сочетает на одном кристалле функции процессора и периферийных устройств, содержит ОЗУ и/или ПЗУ. По сути, это однокристалльный компьютер, способный выполнять относительно простые задачи. Отличается от микропроцессора интегрированными в микросхему устройствами ввода-вывода, таймерами и другими периферийными устройствами.

В данной работы микросхема будет заниматься обработкой показателей с датчиков, настройкой диапазона предельной допустимой температуры и передачу звукового сигнала на динамик.

Светодиодная матрица — это графический индикатор, который можно использовать для вывода простых изображений, букв и цифр.

Светодиодная матрица будет выводить показатели с датчиков на светодиоды.

Датчик освещенности — это фотоприемник, который используется для определения количества окружающего света и соответствующего затемнения

экрана устройства в соответствии с ним. Показатели с модуля буду выводиться в единицах измерения lux.

В данной работе датчик освещенности будет использоваться для измерения освещенности спортивного комплекса вывода измерений на светодиодную матрицу.

Датчик температуры — это устройство, непосредственно принимающее, преобразующее измеряемую величину в сигнал для последующей передачи его на приборы или управляющее воздействие.

В данной работе датчик температуру будет использоваться для измерения температуры спортивного комплекса вывода измерений на светодиодную матрицу и запуска сигнала динамика при превышении предельной допустимой температуры.

Датчик влажности — это электронное устройство, которое измеряет влажность окружающей среды и преобразует полученные данные в соответствующий электрический сигнал.

В данной работе датчик влажности будет использоваться для измерения влажности спортивного комплекса вывода измерений на светодиодную матрицу.

Матричная клавиатура — это устройство, которое применяется в электронике и информационных технологиях для ввода данных с помощью нажатия кнопок.

Благодаря матричной клавиатуре будет происходить настройка предельной допустимой температуры спортивного комплекса.

Блок питания — устройство, предназначенное для преобразования напряжения переменного тока от сети в напряжение постоянного тока с целью питания микроконтроллера.

Динамик — это электроакустический прибор, способный воспроизводить звуковые волны благодаря обратному пьезоэлектрическому эффекту.

Данный динамик служит для издания звукового сигнала при превышении допустимой температуры спортивного комплекса.

Световой индикатор — это устройство, которое используется для обозначения статуса работающей системы, процесса и любого другого типа информации.

Благодаря световому индикатору пользователь будет понимать, что устройство инициализировало модули и запущено.

Структурная схема устройства изображена в приложении Б.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА УЗЛОВ, ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

3.1 Состав устройства

Устройство отображения информации спортивного комплекса включает следующие элементы:

1. микроконтроллер;
2. светодиодная матрица;
3. датчик освещенности;
4. датчик температуры;
5. датчик влажности;
6. матричная клавиатура;
7. блок питания;
8. динамик;
9. световой индикатор.

3.2 Плата Arduino Uno

Для работы устройство нужен микроконтроллер, выборка происходила из таблицы 1.2.1, которая указана в разделе 1. Наиболее подходящий микроконтроллер для данной работы является ATmega328. Производитель на основе данного микропроцессора делает плату Arduino Uno.

Для курсовой работы был выбран Arduino Uno, можно выделить ряд преимуществ:

- открытые схемы оборудования и спецификации. Arduino Uno выполнен на популярных микропроцессорах Amtel и ATMEGA. Квалифицированные специалисты могут спроектировать на основе имеющихся схем собственный вариант модуля для определенных задач.

- открытый код программы. Кодирование программы может расширяться на платформе C++.

- простая и удобная среда программирования. Оболочка программы является легкой в применении для начинающих программистов, однако имеет достаточную гибкость для работы профессионалов. Она наиболее удобна для среды обучения студентов, которым легко будет разобраться в работе этой платформы.

- программирование, подключение и питание выполняется одним USB-кабелем, либо кабелем, имеющим адаптер на микросхеме.

- возможность функционирования на различных видах систем. Программное обеспечение успешно функционирует на Линукс, Макинтош, других системах, так как имеет открытый код. Однако наиболее популярной системой для Ардуино стала система Windows.

- приемлемая цена. В больших городах Arduino Uno можно приобрести по цене менее 22 рублей. Это цена за готовое законченное устройство, не

требующее вспомогательного оборудования, дорогих программаторов, платных программ.

Arduino Uno является стандартной платой Arduino и возможно наиболее распространенной. Она основана на чипе ATmega328, имеющем на борту 32 КБ флэш-памяти, 2 Кб SRAM и 1 Кбайт EEPROM памяти. На периферии имеет 14 дискретных (цифровых) каналов ввода / вывода и 6 аналоговых каналов ввода / вывода, это очень разносторонне-полезные девайсы, позволяющие перекрывать большинство любительских задач в области микроконтроллерной техники. Данная плата контроллера является одной из самых дешевых и наиболее часто используемых.

Характеристика платы Arduino Uno приведена в таблице 3.2.1.

Таблица 3.2.1 –Характеристика плата Arduino Uno

| Характеристики | Arduino UNO |
|---------------------------------------|---|
| Микроконтроллер | ATmega328 |
| Таймер | 3 |
| Рабочее напряжение | 5 В |
| Входное напряжение (рекомендуемое) | 7-12 В |
| Входное напряжение (предельное) | 6-20 В |
| Цифровые Входы/Выходы | 14 (6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ) |
| Аналоговые входы | 6 |
| Постоянный ток через вход/выход | 40 мА |
| Постоянный ток для вывода 3.3 В | 50 мА |
| Флеш-память | 32 Кб |
| ОЗУ | 2 кБ |
| EEPROM | 1 КБ |
| Тактовая частота | 16 МГц |
| Стоимость | 22 бел. руб. |

Элементы платы Arduino Uno и их описание:

- 5V предоставляет 5 В вне зависимости от входного напряжения. На этом напряжении работает процессор. Максимальный допустимый ток, получаемый с этого контакта — 800 мА;

- 3.3V предоставляет 3,3 В. Максимальный допустимый ток, получаемый с этого контакта — 50 мА;

- GND — земля;

- vin предоставляет тот же вольтаж, что используется для питания платформы. При подключении через USB будет равен 5 В. Служит для подачи питания на плату, минуя USB или разъём питания. Например, если в вашем проекте используется источник или батарейный отсек и вы не хотите использовать громоздкие адаптеры или USB-разъёмы.

Разъемы Ардуино используются для подключения внешних устройств и могут работать как в режиме входа (INPUT), так и в режиме выхода (OUTPUT). К каждому входу может быть подключен встроенный резистор 20-50 кОм с помощью выполнения команды `pinMode ()` в режиме `INPUT_PULLUP`. Допустимый ток на каждом из выходов – 20 мА, не более 40 мА в пике. Для удобства работы некоторые разъемы совмещают в себе несколько функций:

- разъемы 0 и 1 – контакты UART (RX и TX соответственно);
- разъемы с 10 по 13 – контакты SPI (SS, MOSI, MISO и SCK соответственно);
- разъемы A4 и A5 – контакты I2C (SDA и SCL соответственно).

Разъемы с номерами от 0 до 13 являются цифровыми. Это означает, что вы можете считывать и подавать на них только два вида сигналов: HIGH и LOW. С помощью ШИМ также можно использовать цифровые порты для управления мощностью подключенных устройств.

Аналоговые разъемы Arduino Uno предназначены для подключения аналоговых устройств и являются входами для встроенного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), который в ардуино уно десятиразрядный.

Каждый из 14 цифровых выводов Uno, используя функции `pinMode()`, `digitalWrite()`, и `digitalRead()`, может настраиваться как вход или выход. Выводы работают при напряжении 5 В. Каждый вывод имеет нагрузочный резистор 20-50 кОм и может пропускать до 40 мА. Некоторые выводы имеют особые функции:

Последовательная шина: 0 (RX) и 1 (TX). Выводы используются для получения (RX) и передачи (TX) данных TTL. Данные выводы подключены к соответствующим выводам микросхемы последовательной шины FTDI USB-to-TTL.

Внешнее прерывание: 2 и 3. Данные выводы могут быть сконфигурированы на вызов прерывания либо на младшем значении, либо на переднем или заднем фронте, или при изменении значения. Подробная информация находится в описании функции `attachInterrupt()`.

3.3 Светодиодная матрица MAX7219

Для вывода информации будет использоваться светодиодная матрица MAX7219 размера 32x8 светодиодов.

MAX7219 может полностью контролировать 64 индивидуальных светодиода и одновременно он может обновлять состояние дисплея с частотой до 800 Гц. Также он позволяет управлять и яркостью свечения светодиодов дисплея.

Модуль представляет из себя плату с микросхемой, необходимой для неё обвязкой и, собственно, матричным индикатором. Обычно индикатор не впаивают в плату, а вставляют в разъем. Это сделано для того, чтобы группу модулей можно было сначала закрепить на какой-то поверхности винтами, а затем вставить в них матрицы.

Матричный светодиодный индикатор состоит из нескольких рядов и столбцов светодиодов, которыми можно управлять по отдельности или группами.

У модуля есть пять выводов на каждой стороне. С одной стороны, данные входят в модуль, с другой стороны данные выходят из модуля и передаются в следующий. Это позволяет соединять матрицы у цепочки.

В данной работе будет использоваться 4 связанных светодиодных модуля.

Характеристики матричного светодиодного модуля представлены в таблице 3.3.1.

Таблица 3.3.1 – Характеристика MAX7219

| Характеристики | Значение |
|--|-----------------|
| Частота следования импульсов включения символов | не менее 500 Гц |
| Рабочее напряжение питания | от 4 В до 5,5 В |
| Потребление по шине +5В в спящем режиме | 150 мА |
| Средний ток через один сегмент, | до 40 мА |
| Задержка: Поступление данных -> вывод на дисплей | 2,2 мс |
| Вид интерфейса | цифровой |

Входной разъем:

- VCC, GND — питание;
- DIN — вход данных;
- CS — выбор модуля (chip select);
- CLK — синхроимпульс.

Выходной разъем:

- VCC, GND — питание;
- DOUT — выход данных;
- CS — выбор модуля (chip select);
- CLK — синхроимпульс.

Работает модуль от напряжения 5 Вольт.

Подключаем матричный модуль к контроллеру Arduino Uno по следующей схеме (Таблица 3.3.2).

Таблица 3.3.2 – Схема подключения матричного модуля к Arduino Uno

| | | | | | |
|------------------------------------|-----|-----|-----|----|-----|
| Светодиодная матрицы 8×8 с MAX7219 | VCC | GND | CIN | CS | CLK |
| Arduino Uno | +5V | GND | 11 | 5 | 13 |

3.4 Датчик освещенности BH1750

На основании таблицы 1.4.1 из раздела 1. Для данной работы был выбран датчик освещенности GY-302 на чипе BH1750. Так как данный датчик имеет широкий диапазон освещенности, компактный размер, а также меньшую стоимость по сравнению с аналогом.

Распиновка модуля:

- VCC Питание;
- GND Земля;
- SCL Линия тактирования (Serial CLock);
- SDA Линия данных (Serial Data);
- ADDR Выбор адреса.

Входное напряжение 5В понижается линейным стабилизатором с маркировкой 662K (datasheet) до 3.3В для питания датчика. Линии данных SDA и SCL подтянуты резисторами 4.7К к 3.3В.

3.5 Датчик температуры DHT11

На основании таблицы 1.5.1 из раздела 1. Для данной работы был выбран датчик температуры DHT11. Данный датчик является наиболее оптимальным датчиком для использования, поскольку он дешевле, занимает меньше места, надежен и прост в эксплуатации и не требует от создателя измерять рекордно низкие или высокие температуры, поддерживая стабильность на протяжении долгого времени.

Распиновка модуля:

- VCC Питание;
- GND Земля;
- SCL Линия тактирования (Serial CLock);
- SDA Линия данных (Serial Data);
- ADDR Выбор адреса.

Датчик DHT11 откалиброван на заводе и выдает последовательные данные, поэтому его очень легко настроить. Схема подключения для этого датчика представлена на рисунке 3.5.1 [8].

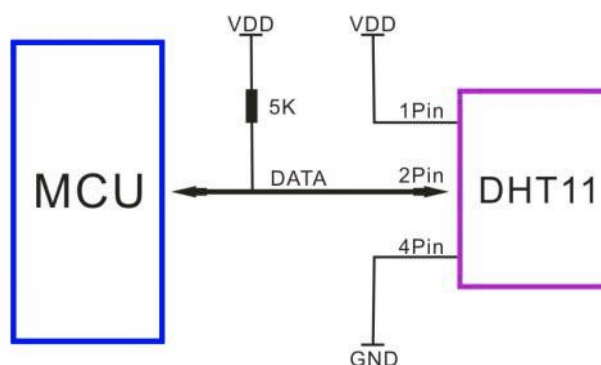


Рисунок 3.5.1 - Схема подключения датчика

3.6 Датчик влажности DHT11

На основании таблицы 1.6.1 из раздела 1. Для данной работы был выбран датчик влажности DHT11. Данный датчик является наиболее оптимальным датчиком для использования, поскольку он дешевле, занимает меньше места, надежен и прост в эксплуатации и не требует от создателя измерять рекордно низкие или высокие температуры, поддерживая стабильность на протяжении долгого времени.

Распиновка модуля:

VCC Питание;

GND Земля;

SCL Линия тактирования (Serial CLock);

SDA Линия данных (Serial Data);

ADDR Выбор адреса.

Датчик DHT11 откалиброван на заводе и выдает последовательные данные, поэтому его очень легко настроить. Схема подключения для этого датчика представлена на рисунке 3.5.1.

3.7 Динамик

Для данной работы был выбран динамик, так как динамик имеет лучшие характеристики по силе шума и частоте звукового сигнала.

Динамик Arduino — это электромеханическое устройство, которое преобразует электрический сигнал в звуковые колебания. Принцип работы динамика основан на использовании электромагнитной системы — катушки провода, магнита и мембраны. Когда через катушку проводится переменный электрический ток, он создает магнитное поле, взаимодействующее с постоянным магнитом.

Схема подключения динамика представлена на рисунке 3.7.1 [13].

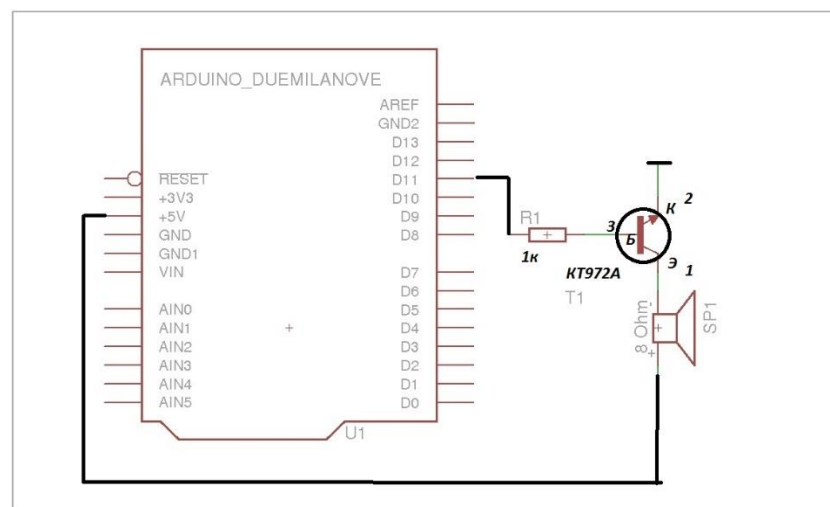


Рисунок 3.7.1 – Схема подключения динамика

3.8 Расчет системы питания

Разрабатываемое устройство имеет в своем составе набор модулей, которые имеют разное питающие напряжение.

Таблица 3.8.1 – Энергопотребление модулей

| Название модуля | Напряжение питания | Максимально потребляемый ток | Потребляемая мощность |
|---------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|
| Arduino Uno | 5 В | 500 мА | 2,5 Вт |
| DHT11 | 3.3 В | 2,5 мА | 0,9 Вт |
| BH1750 | 3.3 В | 150 мкА | 0,1 Вт |
| MAX7219 | 5 В | 150 мА | 0,8 Вт |
| Динамик | 4,8 В | 60 мА | 0,3 Вт |
| Суммарная мощность: | | | 4,6 Вт |

С целью обеспечения надежной работы источника питания закладывается запас 20%: $4,6 \text{ Вт} * 1,2 = 5,52 \text{ Вт}$

Исходя из работы мощности минимальный выходной ток источника питания считается по формуле $5,52 \text{ Вт} / 5 \text{ В} = 1,1 \text{ А}$.

Рабочее напряжение платы Ардуино Уно – 5 В. На плате установлен стабилизатор напряжения, поэтому на вход можно подавать питание с разных источников. Кроме этого, плату можно запитывать с USB – устройств. Источник питания выбирается автоматически.

Виды питания Arduino Uno:

- питание от внешнего адаптера, рекомендуемое напряжение от 7 до 12 В. Максимальное напряжение 20 В, но значение выше 12 В с высокой долей вероятности быстро выведет плату из строя. Напряжение менее 7 В может привести к нестабильной работе, т.к. на входном каскаде может запросто теряться 1-2 В. Для подключения питания может использоваться встроенный разъем DC 2.1 мм или напрямую вход VIN для подключения источника с помощью проводов.

- питание от USB-порта компьютера.

- подача 5В напрямую на пин 5V. В этом случае обходится стороной входной стабилизатор и даже малейшее превышение напряжения может привести к поломке устройства.

Проектируемое устройство не должно быть автономным, поэтому было принято решение использовать постоянный источник питания в виде подключения блока питания через AC/DC-адаптер.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

4.1 Принципиальная схема устройства

Принципиальная схема устройства приведена в Приложении Г.

Таблица 4.1.1 – Назначение разъемов Arduino Uno

| Назначение вывода | Номер контакта |
|-------------------|----------------|
| +3.3V | 01 |
| +5V | 02 |
| GND | 03 |
| GND | 04 |
| A4 | 05 |
| A5 | 06 |
| +3.3V | 07 |
| GND | 08 |
| GND | 09 |
| D13 | 10 |
| D11 | 11 |
| D10 | 12 |
| D9 | 13 |
| D8 | 14 |
| D7 | 15 |
| D5 | 16 |
| D4 | 17 |
| D3 | 18 |
| D2 | 19 |

Микроконтроллер соединен с модулями схемы через аналоговые или цифровые входы и выходы. Источник питания подает на микроконтроллер напряжение 5 В.

Матричные светодиоды MAX7219 подключаются по интерфейсу I2C к контактам 10, 11, 17 питание подается от контакта 02, земля подключается через 03 контакт.

Датчик температуры и влажности DHT11 подключается по цифровому интерфейсу к контакту 18, питание подается от контакта 01, земля подключается через 04 контакт.

Датчик освещенности BH1750 подключается по аналоговому интерфейсу к контакту 05, 06, питание подается от контакта 07, земля подключается через 08 контакт.

Динамик подключается посредством транзисторного ключа к контакту 19, питание подается от контакта 02, земля подключается через 09 контакт.

Светодиод подключается плюсом к резистору к контакту 19, минусом к контакту 04,

Матричная клавиатура подключается к контактам 12, 13, 14, 15.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

5.1. Алгоритм работы устройства

Программа для управления устройством выполняет следующие действия:

1. Инициализация. Настройка портов, переменных;
2. Средство индикации. При запуске устройства происходит мигание светодиода, что означает что устройство готово к работе.
3. Работа динамика. При превышении максимальной допустимой температуры происходит издание звукового сигнала при помощи динамика;
4. Работа матричных светодиодов. Вывод информации получаемой программой с датчиков на матричные светодиоды;
5. Датчик температуры и влажности. Получение данных с датчика и преобразование в строковую форму, метод вызывается для вывода информации на матричные светодиоды и для сверки показаний температуры с предельной допустимой температуры;
6. Датчик освещенности. Получение данных с датчика и преобразование в строковую форму, метод вызывается для вывода информации на матричные светодиоды;
7. Матричная клавиатура. Считывание нажатий на клавиатуру пользователем и в зависимости от нажатой клавиши, выполнение определенной функции (вывод показаний с датчика температуры и влажности, вывод показаний с датчика освещенности).

5.2. Блок-схема алгоритма

Блок-схема алгоритма работы устройства приведена в Приложении Д.

Назначение блоков в схеме программы:

Блок 01 – начало программы;

Блок 02 – инициализация переменных и констант для работы матричными светодиодами, клавиатурой, датчиками температуры, влажности и освещенности;

Блок 03 – инициализация контактов для работы матричными светодиодами, клавиатурой, датчиками температуры, влажности и освещенности;

Блок 04 – вызов метода для вывода информации о том, что произведен запуск устройства;

Блок 05 – вызов метода мигания светодиодом;

Блок 06 – вызов метода для подачи звукового сигнала динамиком;

Блок 07 – вызов метода для считывание режима работы и вывод показателей с датчиков;

Блок 08 – условие для выполнения команды запуска звукового сигнала, если температура больше предельной температуры переход к блоку 09, если температура меньше определенной, то переход к блоку 10;

Блок 09 – вызов метода для подачи звукового сигнала динамиком;

Блок 10 – считывание нажатий пользователем на матричную клавиатуру;

Блок 11 – условие нажата ли клавиша, если клавиша нажата, то происходит переход к блоку 12, если не нажата, то переход к блоку 07;

Блок 12 – условие если пользователей нажал клавишу 1, то происходит переход к блоку 13, иначе происходит переход к блоку 14;

Блок 13 – присваивание режиму работы значения 1 и переход к блоку 18;

Блок 14 – условие если пользователей нажал клавишу 2, то происходит переход к блоку 15, иначе происходит переход к блоку 16;

Блок 15 – присваивание режиму работы значения 2 и переход к блоку 18;

Блок 16 – условие если пользователей нажал клавишу 3, то происходит переход к блоку 17, иначе происходит переход к блоку 18;

Блок 17 – присваивание режиму работы значения 3 и переход к блоку 18;

Блок 18 – происходит обнуление параметра нажатой пользователем клавиши и переход к блоку 07.

5.3. Исходный текст программы

Исходный текст программы работы устройства, написанный с использованием языка программирования C++ приведен в Приложении А.

Описание исходного текста программы:

- с 004 по 018 строку представляет собой подключение библиотек для дальнейшей работы с функциями;

- с 020 по 067 строк – объявление и инициализация пинов, модулей и переменных;

- с 070 строки по 080 начало работы программы со стартового метода `setup()`, производит вывод текста о запуске устройства, мигание светодиодом и издание звукового сигнала динамиком;

- с 088 до 115 строки представляет собой функцию `loop()`, она циклична и все происходящее в ней повторяется до тех пор, пока устройство не будет выключено. В данном методе происходит отслеживание нажатия клавиши и вывод соответствующей информации с показателей датчиков;

- в 120 до 133 строки функция `modeWorkDevices()` предназначена для вывода на экран информации в соответствии со значением режима работы;

- в 137 до 144 строки функция `dinamikOn()` предназначена для включения динамика и его выключения;

- в 148 до 155 строки функция `ledIndicatorOn()` предназначена мигания светодиодом;

- в 159 до 161 строки функция `initIllumination()` предназначена инициализации работы датчика освещенности;

- в 169 до 181 строки функция `getParametrIllumination()` предназначена для вывода информации с датчика освещенности в строковой форме;
- в 185 до 187 строки функция `initHumidityAndTemerature()` предназначена инициализации работы датчика температуры и влажности;
- в 195 до 218 строки функция `getParametrHumidityAndTemerature()` предназначена для вывода информации с датчика температуры и влажности в строковой форме;
- в 222 до 248 строки функция `outPutText()` предназначена для вывода информации на матричные светодиоды;
- 252 до 299 функции для считывания строковой переменной и для перекодировки букв из UTF-8 в Win-1251.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта было разработано устройство для отображения информации спортивного комплекса. Отличительная особенность данного устройства является наличие платы Arduino Uno, которая позволяет написать простую программу, которая упростит пользование устройством. Простота и компактность позволит без труда использовать данное устройство в любых спортивных комплексах.

Вариантов использования возможностей платы Arduino Uno огромное количество, что позволит добавить больше функционала, чем есть сейчас.

Разработанное в ходе курсового проекта устройство отображения информации спортивного комплекса обладает рядом достоинств:

- универсальность;
- относительная дешевизна компонентов;
- простота сборки и настройки.

Поставленные задачи в курсовом проекте были выполнены. Полученное устройство отображения информации спортивного комплекса соответствует своему назначению – демонстрации информации о внешних факторах спортивного комплекса в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Л.Б. Кочин. Методы и средства отображения цветовой видеоинформации / Л.Б. Кочин – Санкт-Петербург, 2012. – 167 с.
- [2] ST [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103c8.html>.
- [3] Документация об Arduino. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.arduino.cc>.
- [4] <https://medium.com/@sami.hamdiapps/atmega328p-microcontroller-the-brain-fbc4b0550893>
- [5] MAX7219 точно-матричный светодиодный дисплей с Arduino. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://how2electronics.com/8x32-max7219-dot-matrix-led-display-with-arduino/>.
- [6] Подключение цифрового люксметра (датчика освещенности) BH1750 к Arduino. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://micro-pi.ru/подключение-датчика-bh1750-к-arduino/>.
- [7] IARDUINO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://wiki.iarduino.ru/page/DSL-trema-i2c/>.
- [8] Подключение датчика DHT11 или DHT22 к Ардуино. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/datchiki-temperature-i-vlazhnosti-dht11-dht22/>.
- [9] Оборудование технологии разработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mypractic.ru/datchik-temperature-lm35-dokumentaciya-na-russkom-yazyke-xarakteristiki-primenenie.html>.
- [10] MYSKU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mysku.club/blog/aliexpress/47848.html>.
- [11] ArcadePUB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arcadepub.ru/2020/03/18/звук-в-ардуино/>.
- [12] Роботехника РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://роботехника18.рф/пьезопищалка-ардуино/#1>.
- [13] Compcar [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://compcar.ru/forum/printthread.php?t=8619&pp=40>.
- [14] Глецевич И. И. Методические указания по дипломному проектированию для студентов специальности 40 20 01 «Вычислительные машины, системы и сети». – Минск: БГУИР, 2009. - 99 с.
- [15] Хоровиц, П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл; пер. с англ. – 5-е изд., перераб. – М.: Мир, 1998. – 800с.
- [16] Цифровые интегральные микросхемы: справочник / М. И. Богданович [и др.] – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Полымя, 1996. – 356 с.
- [17] Нешумова К.А Электронно-вычислительные машины и системы, М., Высшая школа, 2009 - 363 с.

Приложение А

Листинг программы

Приложение Б
Микропроцессорное устройство Схема электрическая структурная

Приложение В
Микропроцессорное устройство Схема электрическая функциональная

Приложение Г
Микропроцессорное устройство Схема электрическая принципиальная

Приложение Д
Микропроцессорное устройство Блок-схема алгоритма

Приложение Е
Микропроцессорное устройство Ведомость документов

Приложение Ж
Микропроцессорное устройство Ведомость элементов