

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Схемотехника

К ЗАЩИТЕ ДОПУСТИТЬ

_____ И. Л. Селезнев

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту
на тему

МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ
ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

БГУИР КП 1-40 02 01 013 ПЗ

Студент гр. 050541

А. В. Захаренко

Руководитель

И. Л. Селезнев

МИНСК 2023

Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой ЭВМ

(подпись)

« _____ » _____ 2023 г.

З А Д А Н И Е
по курсовому проектированию

Студенту Захаренко Артему Валерьевичу
(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта: Микропроцессорное устройство контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: с 14.11.2023 по 20.11.2023

3. Исходные данные к проекту:

1. Датчик температуры погружной: тип интерфейса цифровой; диапазон измерений +15...+45 °С; погрешность измерений не более 2%.

2. Датчик температуры воздуха: тип интерфейса цифровой; диапазон измерений +15...+45 °С; погрешность измерений не более 2%.

3. Датчик влажности: тип интерфейса цифровой; диапазон измерений 30...80%; погрешность измерений не более 5%.

4. Источник питания: напряжение питания 5 В; выходной ток не менее 0.5 А

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):

Введение

1. Обзор литературы по устройству контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса.

2. Разработка структуры устройства контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса.

3. Обоснование выбора узлов, элементов функциональной схемы устройства контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса.

4. Разработка принципиальной электрической схемы устройства.

5. Разработка программного обеспечения.

Заключение.

Литература.

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Структурная схема устройства (формат А3)

2. Функциональная электрическая схема устройства (формат А3)

3. Принципиальная электрическая схема устройства (формат А2)

6. Консультант по проекту (с назначением разделов проекта): И.Л. Селезнёв

7. Дата выдачи задания: 02.06.2023

8. Календарный график работы над проектом на весь период проектирования
(с назначением сроков исполнения и трудоемкости отдельных этапов):

разделы 1,2 к 28.09 – 20 %; _____

раздел 3 к 13.10 – 20 %; _____

разделы 4 к 25.10 – 25 %; _____

раздел 5 к 09.11 – 20 %; _____

оформление пояснительной записки и графического материала к 13.11 – 15 %; _____

защита курсового проекта с 22.11 по 24.11. _____

РУКОВОДИТЕЛЬ _____ доцент каф. ЭВМ Селезнёв И.Л.
(подпись)

Задание принял к исполнению 02.06.2023

(дата и подпись студента)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	6
1 Обзор литературы по устройству контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса	7
1.1 Структура разрабатываемого устройства	7
1.2 Микроконтроллер	7
1.3 Датчик температуры жидкости	9
1.4 Датчик температуры воздуха	10
1.5 Датчик относительной влажности воздуха	10
2 Разработка структуры устройства параметров физкультурно-оздоровительного комплекса	12
2.1 Структура разрабатываемого устройства	12
2.2 Микроконтроллер	12
2.3 Датчик температуры жидкости	12
2.4 Датчик температуры воздуха	12
2.5 Датчик относительной влажности воздуха	13
2.6 Датчик уровня воды	13
2.7 Органы управления	13
2.8 Устройство индикации	13
2.9 Устройство сигнализации	13
2.10 Исполнительное устройство	14
2.11 Источник питания	14
3 Обоснование выбора элементов функциональной схемы устройства контроля параметров физкультурно-оздоровительного комплекса	15
3.1 Выбор состава устройства	15
3.2 Микроконтроллерная плата	15
3.3 Датчик температуры воды	17
3.4 Датчик влажности и температуры воздуха	19
3.5 Датчик уровня воды	20
3.6 Органы управления	21
3.7 Устройство индикации	21
3.8 Устройство сигнализации	22
3.9 Исполнительное устройство	23
3.10 Расчет системы питания	24
4 Разработка принципиальной электрической схемы устройства	25
4.1 Микроконтроллерная плата ESP-WROOM-32	25
4.2 Датчик температуры воды DS18B20	27
4.3 Модуль измерения влажности и температуры воздуха KY-015	28
4.4 Датчик уровня воды	29
4.5 Модуль RGB-светодиода KY-016	29
4.6 Модуль зуммера MH-FMD	30
4.7 Релейный модуль KY-019	31

5 Разработка программного обеспечения устройства	33
5.1 Алгоритм работы устройства.....	33
5.2 Схема программы.....	33
5.3 Исходный текст программы.....	33
Заключение	34
Список использованных источников	35
Приложение А	
Приложение Б	
Приложение В	
Приложение Г	
Приложение Д	
Приложение Е	
Приложение Ж	

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного курсового проекта является проектирование и создание устройства, способного контролировать параметры физкультурно-оздоровительного комплекса.

При эксплуатации физкультурно-оздоровительных комплексов важен контроль таких параметров:

- контроль температуры воды;
- температуры и влажности воздуха;
- контроль уровня воды.

Соответственно, проектируемое устройство должно производить мониторинг данных параметров и сигнализировать в случае отклонения их от оптимальных значений.

В соответствии с функционалом, проектируемое устройство должно содержать такие блоки:

- датчик температуры жидкости;
- датчик температуры воздуха;
- датчик влажности воздуха;
- микроконтроллер;
- устройство отображение информации;
- устройство индикации;
- органы управления;
- исполняющее устройство;
- источник питания.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО УСТРОЙСТВУ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

1.1 Структура разрабатываемого устройства

Устройство контроля параметров предназначено для мониторинга показателей температуры, влажности, а также уровня воды и сигнализации в случае отклонения параметров от допустимых значений.

В соответствии с требованиями, выделим наиболее значимые блоки, входящие в состав устройства такого рода:

- микроконтроллер;
- датчик температуры жидкости;
- датчик температуры воздуха;
- датчик влажности воздуха.

1.2 Микроконтроллер

Микроконтроллер [1] представляет собой однокристальную микроЭВМ, выполненную в виде одной микросхемы. В состав этой микросхемы, как правило, входят: процессор, память программ, память данных, тактовый генератор, набор периферийных устройств (порты, таймеры, АЦП и т. д.). В разрабатываемом устройстве микроконтроллер выполняет функцию управления, контроля и обеспечение взаимодействия между различными блоками, входящими в состав устройства.

В таблице 1.1 приведены основные характеристики популярных микроконтроллеров, используемых в построении устройств.

Таблица 1.1 – Сравнительная характеристика микроконтроллеров

Название	ATmega328P	STM32F103C8	ESP32-D0WD
Архитектура	AVR	ARM	RISC
Разрядность	8 бит	32 бита	32 бита
Количество ядер	1	1	2
Тактовая частота	20 МГц	72 МГц	240 МГц
Пиковая производительность	20 MIPS	1,25 DMIPS / МГц	600 DMIPS

Продолжение таблицы 1.1

Память	- 32 Кбайт Flash; - 2 Кбайт SRAM; - 1 Кбайт EEPROM	- 64 Кбайт Flash; - 20 Кбайт SRAM;	- 448 Кбайт ПЗУ; - 520 Кбайт SRAM;
Количество портов ввода/вывода	23	36	32
Рабочее напряжение	2,7...5,5 В	2...3,6 В	2,2...3,6 В
Максимальный ток на выводе	40 мА	25 мА	12 мА
Рабочая температура	-40°C...+125°C	-40°C...+85°C	-40°C...+125°C

Особенностями микроконтроллера ATmega328P является наличие двух 8-битных таймера/счетчика, одного 16-битного таймера/счетчика, 6-канального ШИМ-регулятора, 8-канального 10-битного АЦП, Watchdog-таймера, а также наличие аналогового компаратора и часов реального времени. Данный микроконтроллер поддерживает такие типы интерфейсов, как USART, SPI, I2C. Подробная информация о данном микроконтроллере содержится в технической спецификации [2].

В составе микроконтроллера STM32F103C8 присутствуют четыре 16-битных (IC/OC/PWM) таймера, 24-битный счетчик обратного отсчета, 10-канальный 12-битный АЦП, два Watchdog-таймера, часы реального времени. Поддерживаемые типы интерфейсов: USART, SPI, I2C, CAN, USB 2.0. Подробная информация о данном микроконтроллере содержится в технической спецификации [3].

Микроконтроллер ESP32-D0WD обладает такими особенностями, как наличие внутреннего 8 МГц осциллятора с калибровкой, внутреннего генератора RC, внешнего кварцевого резонатора с частотой 2 МГц до 40 МГц, внешнего 32 кГц кварцевого генератора для часов реального времени с калибровкой, наличием двух групп таймеров, включая 2 64-битных таймеров и Watchdog-таймера в каждой группе, 12-разрядного АЦП до 18 каналов, двух 8-битных ЦАП, 16-канального ШИМ-регулятора, поддержка до 10 датчиков касания, а также часов реального времени. Присутствуют такие интерфейсы, как UART, SPI, I2C, I2S, CAN, USB 2.0, SD/MMC, Ethernet MAC, TWAI, WI-

FI, Bluetooth. Подробная информация о данном микроконтроллере содержится в технической спецификации [4].

1.3 Датчик температуры жидкости

Данный датчик служит для измерения температуры воды. Сравнительная характеристика температурных датчиков приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Сравнительная характеристика датчиков температуры жидкости

Название	DS18B20	SNS-TMP10K	TD4A
Тип датчика	Цифровой	Аналоговый	Аналоговый
Диапазон измерений	-55...+125 °C	-25...+125 °C	-40...+150 °C
Погрешность измерений	±0,5 °C (при -10...+85 °C)	1%	±0,7 °C

Датчик DS18B20 передает данные в виде цифрового сигнала с 12-битным разрешением по протоколу 1-Wire, возможно подключение по принципу «паразитного питания». Каждый датчик имеет уникальный прошитый на производстве 64-битный код, который может использоваться микроконтроллером для общения с конкретным сенсором на общей шине. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [5].

Датчик SNS-TMP10K основан на NTC-термисторе NTC10k. Термистор обладает свойством изменения сопротивления в зависимости от температуры. Данный датчик передает данные в виде аналогового сигнала, для интерпретации результатов используется таблица сопротивлений. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [6].

Датчик TD4A имеют малое время отклика и высокую точность $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ при 20°C . Датчик обеспечивают чувствительность $8 \text{ В}/^{\circ}\text{C}$ при линейном выходном сигнале. Чувствительный элемент – кремниевый кристалл $0,04 \times 0,05''$ с тонкопленочной резистивной структурой. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [7].

1.4 Датчик температуры воздуха

Данный датчик предназначен для измерения температуры воздуха в помещении. Сравнительная характеристика температурных датчиков приведена в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Сравнительная характеристика датчиков температуры

Название	TMP36	LM35	AD22100KTZ
Тип датчика	Аналоговый	Аналоговый	Аналоговый
Диапазон измерений	-40...+125 °C	-55...+150 °C	-50...+150 °C
Погрешность измерений	±1 °C	±1 °C	±2,0 °C
Температурный коэффициент	10 мВ/°C	10 мВ/°C	22,5 мВ/°C
Напряжение питания	2,7...5,5 В	4...30 В	4...6.5 В

Датчик TMP36 передает данные в виде аналогового сигнала, выходное напряжение пропорциональное температуре в градусах Цельсия. Выполнен в корпусе типа ТО-92. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [8].

LM35 это прецизионный интегральный датчик температуры, выходное напряжение пропорционально температуре по шкале Цельсия. Выполнен в корпусе типа ТО-92. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [9].

AD221001 – монолитный датчик температуры со встроенным формирователем выходного сигнала. Внутренний формирователь сигналов позволяет отказаться от дополнительных компонентов подстройки, буферизации и линеаризации. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [10].

1.5 Датчик относительной влажности воздуха

Данный датчик предназначен для измерения относительной влажности воздуха в помещении. Сравнительная характеристика температурных датчиков приведена в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Сравнительная характеристика датчиков относительной влажности воздуха

Название	DHT11	SHT30-DIS	НН-4000-001
Тип датчика	Цифровой	Цифровой	Аналоговый
Диапазон измерений	20...95%	0...100%	0...100%
Погрешность измерений	±5%	±2%	±3,5%
Диапазон рабочей температуры	0...50 °C	-40...125 °C	-40...85 °C
Напряжение питания	3,3...5,5 В	2,4...5,5 В	4...5,8 В

DHT11 представляет собой цифровой датчик влажности и температуры, состоящий из термистора и емкостного датчика влажности. Также датчик содержит в себе аналогово-цифровой преобразователь для преобразования аналоговых значений влажности и температуры. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [11].

Цифровой датчик влажности и температуры SHT30-DIS выполнен в миниатюрном DFN-корпусе с 8 выводами. Интерфейс подключения – I2C, скорость передачи данных до 1 МГц. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [12].

Датчик влажности НН-4000 могут быть непосредственно подключены к микроконтроллеру или другому устройству для обработки линейного сигнала по напряжению. Кристалл датчика совмещает чувствительный емкостной элемент из термореактивного полимера с микросхемой усиления сигнала. Подробная информация о данном датчике содержится в технической спецификации [13].

2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ УСТРОЙСТВА ПАРАМЕТРОВ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

2.1 Структура разрабатываемого устройства

Устройство контроля параметров должно решать такие задачи, как мониторинг показателей температуры воды и воздуха, влажности, а также уровня воды и сигнализации в случае отклонения параметров от допустимых значений.

2.2 Микроконтроллер

В структуре разрабатываемого устройства микроконтроллер обязан выполнять несколько важных функций. Кроме выполнения программы управления, загруженной в его память, микроконтроллер также ответственен за считывание данных от подключенных к входам/выходам датчиков. Он принимает команды от пользователя через устройство управления, обрабатывает данные, полученные от датчиков, и выводит информацию о состоянии параметров на устройство отображения информации. Кроме того, микроконтроллер управляет исполнительным устройством, реагируя на отклонения от нормальных значений параметров физкультурно-оздоровительного комплекса. Соответственно, для создания устройства необходимо выбрать микроконтроллер, подходящий по требованиям, перечисленным ранее.

2.3 Датчик температуры жидкости

Датчик температуры воздуха участвует в мониторинге показаний температуры воды. Его задачи включают в себя постоянное измерение температуры воды и передачу полученных данных микроконтроллеру для последующей обработки.

2.4 Датчик температуры воздуха

Данный датчик должен измерять показания температуры в помещениях физкультурно-оздоровительного комплекса. Его задачи включают в себя постоянное измерение температуры воды и передачу полученных данных микроконтроллеру для последующей обработки.

2.5 Датчик относительной влажности воздуха

Данный датчик должен служить для измерения относительной влажности воздуха. Требования включают в себя постоянное измерение относительной влажности воздуха и передачу полученных данных микроконтроллеру для обработки.

2.6 Датчик уровня воды

Датчик уровня воды используется для измерения текущего уровня жидкости и передачи информации микроконтроллеру об уровне воды в бассейне. В случае превышения допустимого уровня микроконтроллер отправляет сигнал на исполнительное устройство с целью отключения устройства, отвечающего за наполнение бассейна.

2.7 Органы управления

Эти органы должны представлять собой устройство или программное обеспечение, предназначенное для ввода команд или управляющих сигналов в систему, например, для запуска определенных программ или изменения режима работы. Из требований можно выделить удобство пользователя, органы управления должны соответствовать потребностям пользователя и обеспечивать интуитивно понятное взаимодействие.

2.8 Устройство индикации

Устройство индикации должно отвечать следующим требованиям:

- отображение индикации во время инициализации устройства;
- отображение состояния работы устройства;
- предупреждения пользователя об определенных событиях или состояниях.

2.9 Устройство сигнализации

Устройство сигнализации используется для оповещения пользователя о возникновении ситуации превышения допустимого уровня воды. Оно должно соответствовать такому требованию, как достаточный уровень громкости для оповещения пользователя.

2.10 Исполнительное устройство

Исполнительное устройство в проектируемом устройстве отвечает за отключение устройства, отвечающего за наполнение бассейна физкультурно-оздоровительного комплекса. Из требований можно выделить возможность реагирования на команды, поступающие от микроконтроллера.

2.11 Источник питания

Источник питания представляет должен обеспечивать энергией электрические компоненты системы, позволяя им функционировать. Источник питания должен отвечать таким требованиям, как обеспечение стабильного напряжения, защита от перегрузок и коротких замыканий, а также должен соответствовать требованиям энергопотребления устройства.

По совокупным выдвигаемым требованиям, составим структурную схему проектируемого устройства. Структурная схема представлена в приложении А.

3 ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ФИЗКУЛЬТУРНО- ОЗДОРОВИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

3.1 Выбор состава устройства

Устройство контроля параметров должно решать такие задачи, как мониторинг показателей температуры воды и воздуха, влажности, а также уровня воды и сигнализации в случае отклонения параметров от допустимых значений.

3.2 Микроконтроллерная плата

Микроконтроллерная плата (или микроконтроллерная плата разработки) – это электронное устройство, которое интегрирует микроконтроллер, различные вспомогательные компоненты (такие как резисторы, конденсаторы, светодиоды и др.) и разъемы для подключения к другим устройствам. Она предоставляет удобное окружение для разработки и тестирования программного обеспечения, аппаратного обеспечения или комбинации обоих для микроконтроллера.

Для построения проектируемого устройства была выбрана микроконтроллерная плата ESP-WROOM-32 на базе микроконтроллера ESP32-D0WD (рисунок 3.1). Данный выбор обосновывается наличием мощного микроконтроллера с двухъядерным процессором Xtensa LX6, беспроводного интерфейса WI-FI для обмена данными, разнообразных интерфейсов для подключения периферийных устройств, а также низкого энергопотребления и большой популярности у разработчиков.

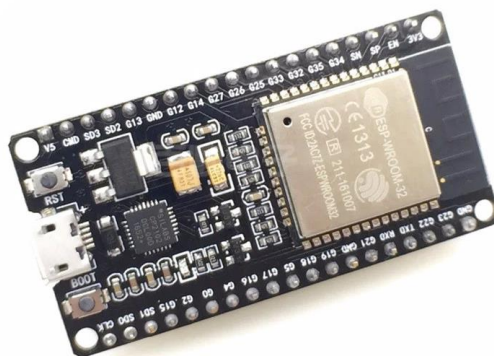


Рисунок 3.1 – Внешний вид платы ESP-WROOM-32

Технические характеристики микроконтроллерной платы ESP-WROOM-32 представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Технические характеристики микроконтроллерной платы ESP-WROOM-32

Характеристика	Значение
Напряжение питания	5 В
Рабочее напряжение	3.3 В
Контроллер	ESP32-D0WD на основе 32-битного двухъядерного микропроцессора Tensilica Xtensa LX6
Тактовая частота	до 240 МГц
Внутренняя память	448 Кбайт ПЗУ для загрузки и базовых функций; 520 Кбайт статической ОЗУ для данных и инструкций; 6 Кбайт быстрой статической ОЗУ для домена питания реального времени (RTC), доступной через главный процессор во время загрузки из режима глубокого сна; 6 Кбайт медленной статической ОЗУ для домена питания реального времени (RTC), доступной через сопроцессор в режиме глубокого сна; 1 Кбит eFuse, 256 бит заняты системой (MAC-адрес и настройки чипа), 768 бит для пользовательских приложений, включая флеш-шифрование и идентификатор микросхемы (chip-ID)
Встроенная память	32 Мбит / 4 Мбайт ПЗУ
Количество выводов общего назначения (вход / выход, GPIO)	32
Максимальный ток на контакт общего назначения	12 мА
Интерфейсы	UART, SPI, I2C, I2S, CAN, USB 2.0, SD/MMC, Ethernet MAC, TWAI, WI-FI, Bluetooth.
Шифрование	WAPI, WEP, TKIP, AES, SHA-2, RSA, ECC
Скорость передачи данных UART	до 5 Мбит/сек

Продолжение таблицы 3.1

Wi-Fi	Стандарт: 802.11n @ 2.4 ГГц до 150 Мбит/с Режимы: клиент, точка доступа, клиент + точка доступа (station, softAP, station + softAP); Выходная мощность в режиме 802.11b: +20.5 dBm; Поддержка WiFi MAC; Технология STBC 2x1; Антенна: PCB
Bluetooth	Версия 4.2 BR/EDR и BLE спецификации; Мощность передающего сигнала: +12dBm; NZIF-приёмник с чувствительностью -97dBm; Адаптивная форма скачкообразной перестройки частоты (AFH); class-1, class-2 и class-3 передатчик без внешнего усилителя мощности; Поддержка мульти-соединений в режимах классического BT и BLE; Поддержка многогранговых соединений Piconet и Scatternet; Поддержка голосовых кодеков CVSD и SBC
Встроенные датчики	датчик Холла, ёмкостный датчик касаний
Поддержка платформ	Arduino, NodeMCU, MicroPhyton, ESP-IDF, PlatformIO
Поддержка файловых систем	SPIFFS, FATFS
Шаг между контактами	2.54 мм
Размеры	55×28×12 мм

Особенностью данной платы является наличие 38 выводов для подключения, наличие встроенной антенны для работы беспроводных интерфейсов, а также присутствие преобразователя напряжения

3.3 Датчик температуры воды

Датчик температуры воздуха активно участвует в наблюдении за температурными показателями воды. Его функции включают в себя

постоянное измерение температуры воды и передачу полученных данных микроконтроллеру для последующего анализа.

Температурный режим воды в ваннах бассейна устанавливается в данных диапазонах [14]:

- оздоровительное плавание детей – 28-30 °С;
- оздоровительное плавание взрослых – 26-28 °С;
- занятия водными видами спорта – 24-26 °С;
- детские бассейны глубиной до 60 см – 29-32 °С.

Соответственно, датчик должен быть способен проводить измерения в диапазонах температуры, перечисленных выше. Для данной цели был выбран температурный датчик DS18B20 (рисунок 3.2). Данный выбор обоснован высокой точностью измерений в нужных температурных диапазонах, надежностью и стабильностью работы, а также наличие версии в водонепроницаемом исполнении.



Рисунок 3.2 – Внешний вид датчика DS18B20 в водонепроницаемом исполнении

Основные характеристики температурного датчика DS18B20 представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Основные характеристики температурного датчика DS18B20

Характеристика	Значение
Интерфейс	1-Wire
Диапазон измеряемых температур	-55...+125 °С
Точность	± 0,5 °С (в пределах -10...+85 °С)
Разрешение	9-12 бит
Время получения данных	94 мс при 9-битном разрешении, 750 мс при 12-битном разрешении

Продолжение таблицы 3.2

Напряжение питания	3...5.5 В
Потребляемый ток при опросе	1 мА

Особенностью данного датчика является водонепроницаемое исполнение, степень защиты IP67, длина провода составляет 1 метр.

3.4 Датчик влажности и температуры воздуха

Задачи данного датчика включают в себя постоянное измерение температуры и влажности воздуха и передачу полученных данных микроконтроллеру для последующей обработки.

Допустимые значения температура воздуха регламентируется следующим образом [14]:

- раздевальные и душевые – 24-26 °С;
- в залах бассейна с ваннами – на 1-2 °С выше температуры воды;
- в помещениях для занятий физической культурой и спортом – в холодный период года – 15-21 °С, в теплый период года – 18-28 °С.

Регламент допустимой относительной влажности воздуха [14]:

- в залах бассейна с ваннами – не более 65%;
- в помещениях для занятий физической культурой и спортом – 30-60%.

В соответствии с указанными параметрами, датчик должен иметь способность осуществлять измерения температуры и влажности в данных пределах. Для этого был выбран модуль цифрового датчика температуры и влажности KY-015 на основе датчика DHT11 (рисунок 3.3) по причине достаточной точности в нужных диапазонах измеряемых значений, малого энергопотребления, простоты и доступности.

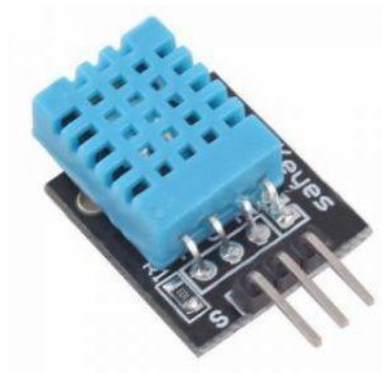


Рисунок 3.3 – Внешний вид модуля KY-015

Технические характеристики датчика DHT11 в составе модуля KY-015 представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Основные характеристики датчика DHT11

Характеристика	Значение
Напряжение питания	3.3...5.5 В
Диапазон измерения влажности	20...95%
Диапазон измерения температуры	0...50 °С
Разрешение шкалы	Влажность: 1% Температура: 1 °С
Точность измерения влажности	± 5%
Точность измерения температуры	± 2%
Потребляемый ток при измерении	2,5 мА
Частота измерений	До 1 Гц

Особенностью данного модуля является наличие подтягивающего резистора номиналом 10 кОм, что упрощает подключение к микроконтроллерной плате.

3.5 Датчик уровня воды

Датчик уровня воды используется для измерения текущего уровня жидкости и передачи информации микроконтроллеру об уровне воды в бассейне. Для этого был выбран модуль датчика уровня воды (рисунок 3.4), который представляет собой аналоговый датчик резистивного типа, выходное напряжение (показания датчика) зависит от степени погружения датчика в жидкость и от параметров, влияющих на коэффициент передачи напряжения, например проводимость жидкости. Это простой в использование и недорогой датчик уровня жидкости, который широко применяется в системах автоматизации.



Рисунок 3.4 – Внешний вид модуля датчика уровня воды

Технические характеристики модуля датчика уровня воды представлены в таблице 3.4 [15].

Таблица 3.4 – Основные характеристики датчика уровня воды

Характеристика	Значение
Напряжение питания	3...5 В
Потребляемый ток	<20 мА
Тип датчика	Аналоговый
Рабочая температура	10-30 °С
Зона обнаружения	16×30 мм
Габаритные размеры	62×20×8 мм

Особенностью данного модуля является наличие красного светодиода, сигнализирующий о наличии поступающего на датчик питания.

3.6 Органы управления

Выбор веб-страницы в качестве средства управления обусловлен стремлением обеспечить удобное удаленное воздействие на устройство через веб-интерфейс. Микроконтроллерная плата ESP-WROOM-32, оснащенная беспроводным интерфейсом Wi-Fi, предоставляет возможность передачи данных, полученных от подключенных датчиков. Настройка данной микроконтроллерной платы включает в себя программирование веб-сервера, который использует протокол WebSocket для создания двустороннего соединения. Это соединение обеспечивает возможность получения данных и управления устройством в режиме реального времени.

3.7 Устройство индикации

В качестве устройства индикации будет использоваться модуль RGB-светодиода KY-016 (рисунок 3.5). Данный модуль позволит отобразить индикацию во время инициализации устройства, состояния работы устройства, а также предупредить пользователя об определенных событиях или состояниях.

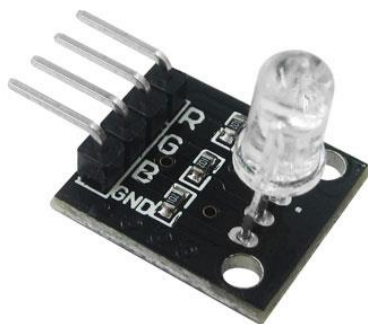


Рисунок 3.5 – Внешний вид модуля RGB-светодиода KY-016

Модуль содержит RGB-светодиод с тремя входами и общим катодом. На плате модуля установлены ограничительные резисторы номиналом 1,2 кОм, что упрощает подключение к микроконтроллерной плате.

3.8 Устройство сигнализации

В качестве устройства сигнализации будет использоваться модуль пассивного зуммера MH-FMD (рисунок 3.6). Данный модуль обеспечит звуковое оповещение пользователя в случае превышения допустимого уровня воды.



Рисунок 3.6 – Внешний вид модуля пассивного зуммера MH-FMD

Модуль оснащен усилителем на одном транзисторе, что обеспечивает несколько более громкое звучание. Для питания усилителя модулю необходим внешний источник 3,3-5 В. Для извлечения звука на вход модуля необходимо подавать меандр требуемой частоты звучания.

3.9 Исполнительное устройство

В качестве исполнительного устройства будет использоваться релейный модуль KY-019 (рисунок 3.7). Данный модуль содержит в себе электромеханическое реле JQC-3FF-S-Z, оснащенное блоком винтовых клемм-терминалов, предназначенных для коммутации внешних схем, и состоит из трёх линий подключения. Реле позволяет замыкать/размыкать как одну независимую цепь переменного или постоянного напряжения, так и переключаться между двумя зависимыми цепями с одной общей линией питания.



Рисунок 3.7 – Внешний вид релейного модуля KY-019

Технические характеристики электромеханического реле JQC-3FF-S-Z представлены в таблице 3.5 [16].

Таблица 3.5 – Технические характеристики реле JQC-3FF-S-Z

Характеристика	Значение
Напряжение питания	5 В
Потребляемый ток	<80 мА
Тип реле	Электромеханическое
Коммутируемое напряжение	<250 В переменное <30 В постоянное
Продолжительный ток нагрузки	<5 А при переменном напряжении <7 А при постоянном напряжении
Пиковый кратковременный ток	10 А

Помимо электромеханического реле, модуль включает в себя красный светодиод для индикации срабатывания реле.

3.10 Расчет системы питания

Разрабатываемое устройство имеет в своем составе устройства с различным энергопотреблением. Для подбора источника питания произведем расчет энергопотребления устройства. Параметры энергопотребления приведены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Параметры энергопотребления

Название модуля	Напряжение питания, В	Максимальный ток потребления, мА	Потребляемая мощность, мВт
Микроконтроллер ESP32-D0WD	3,3	260	858
Датчик DS18B20	3,3	1	3,3
Модуль KY-015	3,3	2,5	8,3
Датчик уровня воды	3,3	20	66
Модуль KY-016	3,3	12	39,6
Модуль MH-FMD	3,3	25	82,5
Модуль KY-019	5	80	400
Суммарная мощность потребления			1457,7

Для питания составных частей устройства используются напряжения 3,3 и 5 В. Исходя из этого, напряжение источника питания должно составлять 5 В. С целью обеспечения надежной работы источника питания закладывается запас мощности в 20%: $1457,7 * 1,2 = 1749,3$ мВт.

Исходя из расчета мощности, минимальный выходной ток источника питания должен составлять: $I_{min} = 1749,3 / 5 = 349,9$ мА.

Учитывая данные параметры, представленные в таблице, напряжение источника питания – не менее 5 вольт, мощность источника питания – не менее 1,8 Вт (с учетом поправки 20% в расчет мощности).

Функциональная схема разрабатываемого устройства представлена в приложении Б.

4 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

4.1 Микроконтроллерная плата ESP-WROOM-32

Используемая микроконтроллерная плата ESP-WROOM-32 имеет 38 выводов (рисунок 4.1).

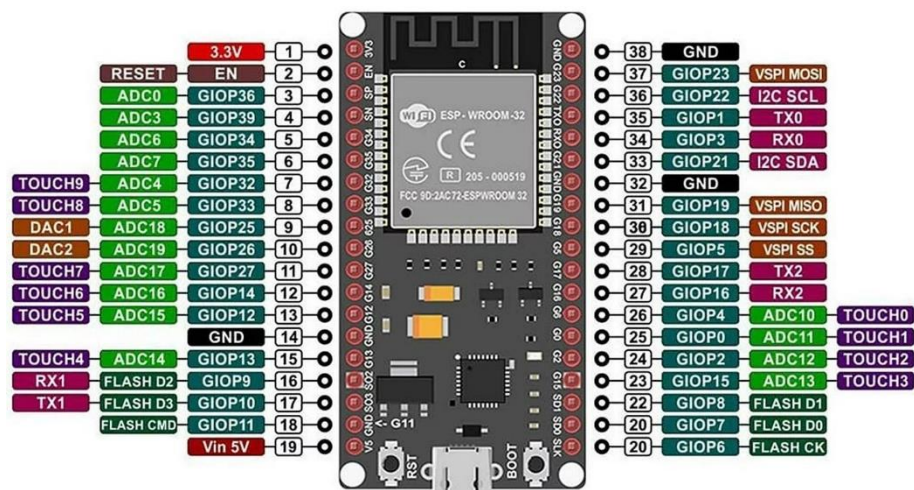


Рисунок 4.1 – Выводы ESP-WROOM-32

Данная плата имеет 32 контакта ввода/вывода (GPIO), GPIO с 34 по 39 являются GPI – используются только для ввода. Выводы GPIO 6 до GPIO 11 подключены к встроенной флэш-памяти SPI на микросхеме ESP-WROOM-32, их не рекомендуется использовать для других целей.

ESP32 имеет 10 внутренних емкостных сенсорных датчиков. Они могут отслеживать всё, что содержит электрический заряд, например, они могут обнаруживать изменения, возникающие при касании пальцами GPIO. Эти контакты могут быть легко встроены в датчики касания и заменять механические кнопки. Емкостные сенсорные контакты также могут быть использованы для пробуждения ESP32 от глубокого сна. Внутренние сенсорные датчики подключены к GPIO под номерами 4, 0, 2, 15, 13, 12, 14, 27, 33, 32.

ESP32 имеет входные каналы АЦП с разрешением 12 бит. GPIO, которые можно использовать в качестве АЦП имеют номера: 36, 39, 32, 33, 34, 35, 4, 0, 2, 15, 13, 12, 14, 27, 25, 26.

Также на ESP32 имеются два 8-битных канала ЦАП для преобразования цифровых сигналов в аналоговые выходные сигналы напряжения. Цап можно использовать на выводах GPIO под номерами 25 и 26.

ШИМ-контроллер ESP32 имеет 16 независимых каналов, которые можно настроить для генерации ШИМ-сигналов с различными свойствами. Все выводы, которые могут выступать в качестве выходов, могут использоваться в качестве выводов ШИМ (GPIO с 34 по 39 не могут генерировать ШИМ).

Для использования интерфейса I2C доступны GPIO 21 (SDA) и GPIO 22 (SCL). Для использования интерфейса SPI, доступные выводы перечислены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Использование выводов в интерфейсе SPI

SPI	MOSI	MISO	CLK	CS
VSPI	GPIO 23	GPIO 19	GPIO 18	GPIO 5
HSPI	GPIO 13	GPIO 12	GPIO 14	GPIO 15

Выводы GPIO под номерами 0, 2, 4, 5, 12, 15 используются для перевода ESP32 в режим загрузчика или в режим перепрошивки. Выводы GPIO под номерами 1, 3, 5, 6-11, 14, 15 изменяют свои сигналы при загрузке или сбросе. Вывод EN используется для перезапуска платы.

Все выводы GPIO могут быть настроены для обработки прерываний, максимальный ток, допустимый на вывод GPIO, составляет 40 мА.

Подключение к микроконтроллеру выполняется в порядке, указанном в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Подключение устройств к микроконтроллеру

Название устройства	Вывод
Датчик температуры воды DS18B20	GPIO 22
Модуль измерения влажности и температуры воздуха KY-015	GPIO 16
Датчик уровня воды	GPIO 34
Модуль RGB-светодиода KY-016	GPIO 25, GPIO 26, GPIO 27
Модуль зуммера МН-FMD	GPIO 21
Релейный модуль KY-019	GPIO 17

Графическое обозначение микроконтроллера ESP32 на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.2.

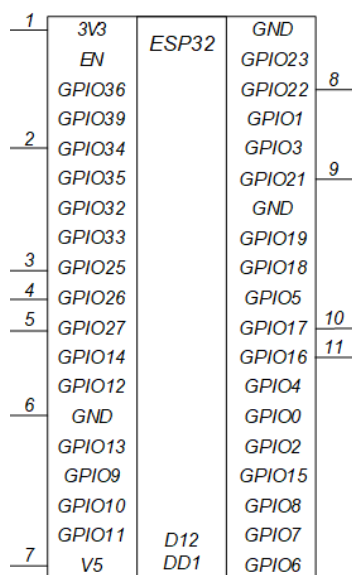


Рисунок 4.2 – Графическое обозначение микроконтроллера ESP32

4.2 Датчик температуры воды DS18B20

Подключение данного датчика осуществляется двумя способами:

- по трем проводам – питание, земля и сигнал;
- по двум проводам – земля и сигнал (паразитное питание).

Независимо от способа подключения, сигнальный провод необходимо соединить с питанием через подтягивающий резистор 4,7 кОм. Подключение датчика DS18B20 описано в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Подключение датчика DS18B20

Цвет провода	Контакт	Функция	Подключение
Желтый	DATA	Вывод данных	к выводу GPIO 22 микроконтроллерной платы через подтягивающий резистор 4,7 кОм.
Красный	VCC	Питание	к выводу 3V3 микроконтроллерной платы
Черный	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы

Графическое обозначение датчика DS18B20 на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.3.

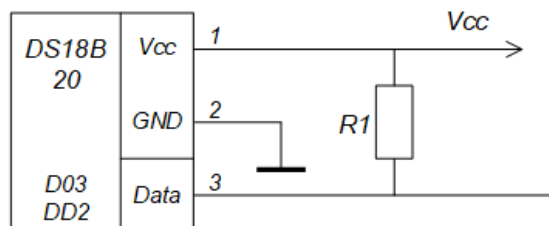


Рисунок 4.3 – Графическое обозначение датчика DS18B20

4.3 Модуль измерения влажности и температуры воздуха KY-015

Подключение данного модуля осуществляется по трем контактам типа Dupont. Подключение модуля описано в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Подключение модуля KY-015

Номер вывода	Контакт	Функция	Подключение
1	VCC	Питание	к выводу 3V3 микроконтроллерной платы
2	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы
3	DATA	Вывод данных	к выводу GPIO 16 микроконтроллерной платы

Графическое обозначение модуля KY-015 на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.4.

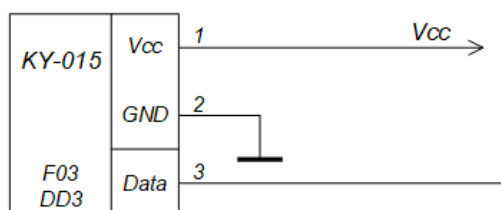


Рисунок 4.4 – Графическое обозначение модуля KY-015

4.4 Датчик уровня воды

Подключение данного датчика осуществляется по трем контактам типа Dupont. Подключение датчика описано в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Подключение датчика уровня воды

Номер вывода	Контакт	Функция	Подключение
1	VCC	Питание	к выводу 3V3 микроконтроллерной платы
2	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы
3	OUT	Вывод данных	к выводу GPIO 34 микроконтроллерной платы

Графическое обозначение датчика уровня воды на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.5.

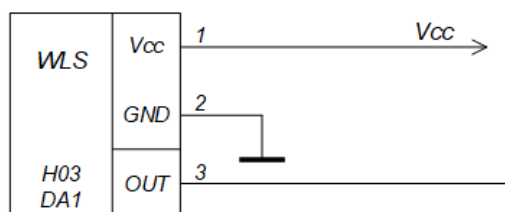


Рисунок 4.5 – Графическое обозначение датчика уровня воды

4.5 Модуль RGB-светодиода KY-016

Подключение данного модуля осуществляется по четырем контактам типа Dupont. Подключение модуля описано в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Подключение модуля KY-016

Номер вывода	Контакт	Функция	Подключение
1	R	Красный свет	к выводу GPIO 25 микроконтроллерной платы

Продолжение таблицы 4.6

2	G	Зеленый свет	к выводу GPIO 26 микроконтроллерной платы
3	B	Синий свет	к выводу GPIO 27 микроконтроллерной платы
4	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы

Графическое обозначение модуля KY-016 на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.6.

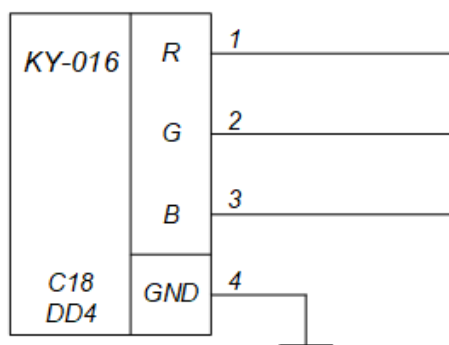


Рисунок 4.6 – Графическое обозначение модуля KY-016

4.6 Модуль зуммера МН-FMD

Подключение данного модуля осуществляется по трем контактам типа Dupont. Подключение модуля описано в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Подключение модуля МН-FMD

Номер вывода	Контакт	Функция	Подключение
1	VCC	Питание	к выводу 3V3 микроконтроллерной платы
2	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы

Продолжение таблицы 4.7

3	I/O	Управляющий вывод	к выводу GPIO 21 микроконтроллерной платы
---	-----	-------------------	---

Графическое обозначение модуля МН-FMD на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.7.

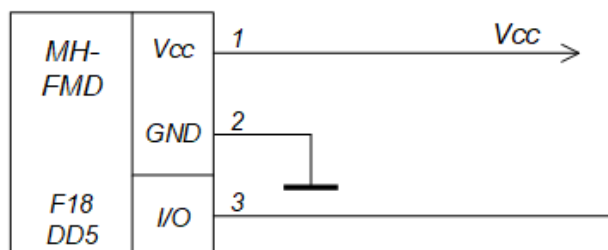


Рисунок 4.7 – Графическое обозначение модуля МН-FMD

4.7 Релейный модуль КУ-019

Подключение данного модуля осуществляется по трем контактам типа Dupont. Подключение модуля описано в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Подключение модуля КУ-019

Номер вывода	Контакт	Функция	Подключение
1	VCC	Питание	к выводу V5 микроконтроллерной платы
2	GND	Земля	к выводу GND микроконтроллерной платы
3	SIGNAL	Управляющий вывод	к выводу GPIO 17 микроконтроллерной платы

Графическое обозначение модуля КУ-019 на принципиальной схеме представлено на рисунке 4.8.

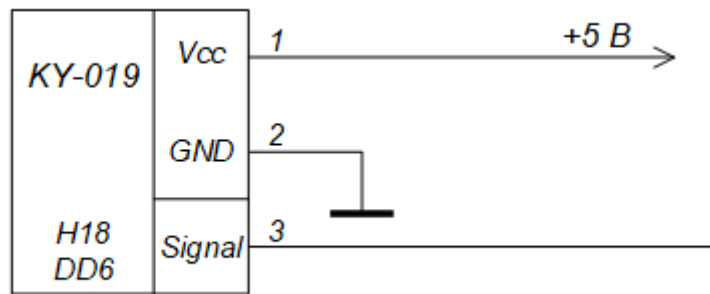


Рисунок 4.8 – Графическое обозначение модуля KY-019

Принципиальная схема разрабатываемого устройства представлена в приложении В.

5 РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА

5.1 Алгоритм работы устройства

5.2 Схема программы

5.3 Исходный текст программы

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Трифонов А. П Корчагин Ю. Э. Маршаков В. К. Программирование микроконтроллеров. Практикум для вузов. – Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2013. – 32с.

[2] Техническая спецификация микроконтроллера ATmega328P [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-7810-Automotive-Microcontrollers-ATmega328P_Datasheet.pdf. – Дата доступа: 1.10.2023.

[3] Техническая спецификация микроконтроллера STM32F103C8 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f103c8.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[4] Техническая спецификация микроконтроллера ESP32-D0WD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. – Дата доступа: 1.10.2023.

[5] Техническая спецификация датчика температуры DS18B20 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/896/DOC005896946.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[6] Техническая спецификация датчика температуры SNS-TMP10K [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/427/DOC004427877.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[7] Техническая спецификация датчика температуры TD4A [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/043/DOC000043253.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[8] Техническая спецификация датчика температуры TMP36 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/924/DOC012924155.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[9] Техническая спецификация датчика температуры LM35 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/454/DOC014454287.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[10] Техническая спецификация датчика температуры AD22100KTZ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/012/DOC004012458.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[11] Техническая спецификация датчика влажности DHT11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/185/DOC001185323.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[12] Техническая спецификация датчика влажности SHT-30-DIS [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://static.chipdip.ru/lib/269/DOC029269582.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[13] Техническая спецификация датчика влажности HIH-4000-001 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://static.chipdip.ru/lib/304/DOC011304577.pdf>. – Дата доступа: 1.10.2023.

[14] Об утверждении санитарных норм и правил [Электронный ресурс] : постановление министерства здравоохранения Республики Беларусь, 16 мая 2016 г., № 44 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа:

<https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22238418p&p1=1&p5=0>. – Дата доступа: 14.10.2023.

[15] Техническая спецификация датчика уровня воды [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.rajguruelectronics.com/Product/14969/A149691_ADIY%20Water%20Level%20Sensor%20Module_Datasheet.pdf. – Дата доступа: 15.10.2023.

[16] Техническая спецификация электромеханического реле JQC-3FF-S-Z [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/1480970/TONGLING/JQC-3FF-S-Z/1>. – Дата доступа: 15.10.2023.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(обязательное)
Схема структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
Схема функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)
Схема принципиальная

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)
Схема программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)
Исходный текст программы

ПРИЛОЖЕНИЕ Е
(обязательное)
Перечень элементов

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж
(обязательное)
Ведомость документов