

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Программное обеспечение информационных технологий»

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»
очной формы обучения*



Могилев 2023

УДК 004.65
ББК 32.973-018.2
П69

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Программное обеспечение информационных технологий» «28» марта 2023 г., протокол № 9

Составители: канд. техн. наук, доц. А. В. Кушнер;
канд. техн. наук, доц. В. В. Кутузов

Рецензент канд. техн. наук, доц. И. В. Лесковец

Методические рекомендации к лабораторным работам предназначены для студентов направления подготовки 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» очной формы обучения.

Учебное издание

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ
ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Ответственный за выпуск	В. В. Кутузов
Корректор	А. А. Подошевка
Компьютерная верстка	М. М. Дударева

Подписано в печать 04.10.2023 . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 0,93. Уч.-изд. л. 1,0 . Тираж 21 экз. Заказ № 1096.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа № 1. Среда разработки Arduino IDE 2.0	5
2 Лабораторная работа № 2. Основы программирования микроконтроллеров в Arduino IDE 2.0.....	6
3 Лабораторная работа № 3. Использование широтно-импульсной модуляции	7
4 Лабораторная работа № 4. Использование аналого-цифрового и цифро- аналогового преобразователей.....	8
5 Лабораторная работа № 5. Использование протоколов UART и Bluetooth.....	9
6 Лабораторная работа № 6. Использование протокола Wi-Fi	10
7 Лабораторная работа № 7. Использование интерфейсной шины I ² C.....	11
8 Лабораторная работа № 8. Использование протокола SPI	13
9 Лабораторная работа № 9. Работа с цифровыми и аналоговыми датчиками и исполнительными устройствами (актуаторами).....	14
10 Лабораторная работа № 10. Работа с робототехническими устройствами (на базе робота NAO)	15
Список литературы	16

Введение

Программно-аппаратные комплексы (ПАК) являются важным инструментом в современном мире, где компьютерные технологии занимают все более значимое место. ПАК объединяют в себе программное и аппаратное обеспечение и позволяют решать сложные задачи, которые невозможно решить с помощью отдельных компонентов.

Практика применения и разработки программно-аппаратных комплексов является важным направлением в области информационных технологий. Она включает в себя различные методы и технологии, которые позволяют создавать и использовать ПАК для решения различных задач.

Разработка ПАК требует широких знаний и опыта в области программирования, аппаратной архитектуры, электроники, математики и других наук. Однако благодаря развитию инструментов и технологий создание ПАК становится все более доступным и простым.

Важным аспектом практики применения и разработки ПАК является учет требований заказчика и адаптация ПАК к конкретным потребностям и задачам. Кроме того, необходимо учитывать возможности аппаратной платформы и оптимизировать ПАК для достижения максимальной производительности и эффективности.

Использование ПАК имеет широкий спектр применения, включая научные исследования, проектирование и моделирование, автоматизацию производственных процессов, управление транспортными системами и многое другое. Поэтому практика применения и разработки ПАК имеет большое значение для различных отраслей промышленности и науки.

Целью учебной дисциплины является изучение принципов работы микроконтроллеров и управляющих устройств на их основе и их программирование.

Целью лабораторных занятий является овладение навыками работы со средствами отладки и программирования микроконтроллеров.

1 Лабораторная работа № 1. Среда разработки Arduino IDE 2.0

Цель работы: научиться устанавливать и настраивать Arduino IDE 2.0 для возможности выполнения всех лабораторных работ.

Теоретические сведения

Установка Arduino IDE [1].

Задания

- 1 Зайти на сайт <https://www.arduino.cc/en/software>, скачать и установить на компьютер Arduino IDE 2.0.
- 2 Настроить Arduino IDE 2.0 работы с микроконтроллером ESP32.
- 3 Установить библиотеки, указанные преподавателем.
- 4 Ознакомиться с онлайн-эмулятором работы микроконтроллеров на сайте wokwi.com.
- 5 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание на лабораторную работу.
- 3 Скриншоты установки Arduino IDE и библиотек по заданию.

Контрольные вопросы

- 1 Что нового появилось в среде разработки Arduino IDE 2.0 по сравнению с предыдущей версией?
- 2 Какие языки программирования поддерживает среда разработки Arduino IDE 2.0?
- 3 Можно ли использовать среду разработки Arduino IDE 2.0 для программирования не только платформы Arduino, но и других микроконтроллеров?
- 4 Какие функции среды разработки Arduino IDE 2.0 улучшают процесс отладки и тестирования кода?
- 5 Какие дополнительные инструменты доступны в среде разработки Arduino IDE 2.0 для упрощения процесса программирования?
- 6 Какие возможности предоставляет среда разработки Arduino IDE 2.0 для управления проектами и библиотеками?

2 Лабораторная работа № 2. Основы программирования микроконтроллеров в Arduino IDE 2.0

Цель работы: изучить основы программирования микроконтроллеров в среде Arduino IDE 2.0.

Теоретические сведения

- 1 Структура программы среды Arduino IDE 2.0 [2, с. 18–22, 113–120].
- 2 Операторы, используемые в среде Arduino IDE 2.0 [2, с. 22, 23, 135–145].
- 3 Типы данных и работа с ними [2, с. 23–30, 120–126].
- 4 Работа с цифровыми данными в среде Arduino IDE 2.0 [2, с. 31–34, 126–132].
- 5 Работа с функциями в среде Arduino IDE 2.0 [2, с. 156–169].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему управления светофором на основе RGB-светодиода и микроконтроллера ESP32.
- 2 Собрать разработанную схему в онлайн-эмуляторе wokwi.com.
- 3 Проверить работоспособность схемы и задать последовательность переключения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема светофора.
- 4 Программа для управления светофором RGB.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое микроконтроллер и как он используется в среде Arduino IDE 2.0?
- 2 Как создать новый проект программы для микроконтроллера в Arduino IDE 2.0?
- 3 Какие типы переменных поддерживаются в Arduino IDE 2.0 и как их использовать при программировании микроконтроллеров?
- 4 Какие операторы условий используются при программировании микроконтроллеров в Arduino IDE 2.0 и как они работают?
- 5 Как управлять выводами микроконтроллера в Arduino IDE 2.0 и какие функции следует использовать для этого?
- 6 Какие функции используются для работы с входами микроконтроллера в Arduino IDE 2.0 и как их использовать в программе?
- 7 Как создать функцию в Arduino IDE 2.0 и как ее вызвать в основной программе?

8 Как работать с библиотеками в Arduino IDE 2.0 и какие библиотеки рекомендуется использовать для работы с микроконтроллерами?

9 Как отлаживать код программы для микроконтроллера в Arduino IDE 2.0 и какие инструменты доступны для этого?

3 Лабораторная работа № 3. Использование широтно-импульсной модуляции

Цель работы: изучить использование широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в среде Arduino IDE 2.0.

Теоретические сведения

- 1 Использование широтно-импульсной модуляции [2, 50, 189–193].
- 2 Генерирование и чтение сигналов ШИМ.

Задания

- 1 Разработать электрическую схему регулировки интенсивности света RGB-светодиода и переключения цветов с помощью переменного резистора и кнопок на микроконтроллере ESP32.
- 2 Собрать разработанную схему в онлайн-эмуляторе wokwi.com.
- 3 Проверить работоспособность схемы и задать последовательность переключения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема управления светодиодом с помощью кнопок и переменного резистора через микроконтроллер ESP32.
- 4 Программа для управления светодиодом с помощью кнопок и переменного резистора через микроконтроллер ESP32.

Контрольные вопросы

- 1 Какие пины микроконтроллера ESP32 поддерживают ШИМ-сигналы и как их настроить?
- 2 Какую библиотеку использовать для генерации ШИМ-сигналов на ESP32 и как ее подключить к проекту?
- 3 Как настроить частоту и длительность импульсов в ШИМ-сигнале на ESP32?

4 Как можно использовать ШИМ-сигнал на ESP32 для управления яркостью светодиода?

5 Как можно использовать ШИМ-сигнал на ESP32 для управления скоростью мотора?

6 Как создать простое приложение на ESP32 с использованием ШИМ-сигналов?

7 Какие есть ограничения на использование ШИМ-сигналов на ESP32 и как их можно обойти?

8 Как можно использовать два или более канала ШИМ-сигнала на ESP32 для управления несколькими устройствами одновременно?

9 Какие существуют аппаратные ограничения на использование ШИМ-сигналов на ESP32 при работе с высокой частотой?

10 Какие возможности предоставляются ESP32 для настройки параметров ШИМ-сигнала и как это может повлиять на работу устройства?

4 Лабораторная работа № 4. Использование аналого-цифрового и цифроаналогового преобразователей

Цель работы: изучить использование аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и цифроаналогового преобразователя (ЦАП) на микроконтроллерах ESP32.

Теоретические сведения

1 Особенности работы с АЦП в микроконтроллере ESP32 [3].

2 Особенности работы с ЦАП в микроконтроллере ESP32 [4].

Задания

1 Разработать электрическую схему регулировки интенсивности света аналога уличного освещения в зависимости от яркости естественного освещения на основе фоторезистора на микроконтроллере ESP32.

2 Собрать разработанную схему в онлайн-эмуляторе wokwi.com.

3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.

4 Оформить отчет.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Задание для лабораторной работы.

3 Электрическая принципиальная схема модели уличного освещения на основе фоторезистора.

4 Программа для управления интенсивностью света аналога уличного освещения в зависимости от яркости естественного освещения на основе фоторезистора на микроконтроллере ESP32.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое АЦП и ЦАП и как они используются в электронике?
- 2 Какие пины микроконтроллера ESP32 поддерживают работу с АЦП и ЦАП?
- 3 Как настроить и использовать АЦП на ESP32 для измерения аналогового сигнала?
- 4 Как настроить и использовать ЦАП на ESP32 для генерации аналогового сигнала?
- 5 Какие библиотеки следует использовать для работы с АЦП и ЦАП на ESP32 и как их подключить к проекту?
- 6 Какой диапазон напряжений можно измерить с помощью АЦП на ESP32 и как это настроить?
- 7 Какой диапазон напряжений можно генерировать с помощью ЦАП на ESP32 и как это настроить?
- 8 Какие возможности ESP32 для работы с АЦП и ЦАП можно использовать для создания приложений?
- 9 Как можно использовать АЦП и ЦАП на ESP32 для управления устройствами, например, для изменения яркости светодиода?
- 10 Какие проблемы могут возникнуть при работе с АЦП и ЦАП на ESP32 и как их можно решить?

5 Лабораторная работа № 5. Использование протоколов UART и Bluetooth

Цель работы: научиться использовать протоколы UART (Universal asynchronous receiver/transmitter) и Bluetooth.

Теоретические сведения

- 1 Работа с последовательным портом [2, с. 37–39, 45].
- 2 Архитектура и работа с Bluetooth [5, 6].
- 3 Использование монитора порта и отладки [2, с. 169–178].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему управления умным домом через UART и через Bluetooth на микроконтроллере ESP32.
- 2 Собрать разработанную схему.
- 3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема управления умным домом через UART и через Bluetooth на микроконтроллере ESP32.
- 4 Программа для управления умным домом через UART и через Bluetooth на микроконтроллере ESP32.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое UART и какие периферийные устройства может использовать этот протокол с микроконтроллером ESP32?
- 2 Как настроить микроконтроллер ESP32 для работы с UART?
- 3 Как передавать данные через UART с помощью микроконтроллера ESP32?
- 4 Какой формат данных используется при передаче данных через UART с микроконтроллером ESP32?
- 5 Как использовать Bluetooth с микроконтроллером ESP32?
- 6 Как настроить микроконтроллер ESP32 для работы с Bluetooth?
- 7 Как передавать данные через Bluetooth с помощью микроконтроллера ESP32?
- 8 Какой формат данных используется при передаче данных через Bluetooth с микроконтроллером ESP32?
- 9 Какие типы устройств может использовать Bluetooth для связи с микроконтроллером ESP32?
- 10 Как обеспечить безопасность при использовании Bluetooth с микроконтроллером ESP32?

6 Лабораторная работа № 6. Использование протокола Wi-Fi

Цель работы: получить навыки работы с протоколом Wi-Fi.

Теоретические сведения

- 1 Особенности протокола Wi-Fi [2, с. 573].
- 2 Wi-Fi драйвера для ESP32 [7].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему управления умным домом через Wi-Fi на микроконтроллере ESP32.
- 2 Собрать разработанную схему.

3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.

4 Оформить отчет.

Содержание отчета

1 Цель работы.

2 Задание для лабораторной работы.

3 Электрическая принципиальная схема управления умным домом через Wi-Fi на микроконтроллере ESP32.

4 Программа для управления умным домом через Wi-Fi на микроконтроллере ESP32.

Контрольные вопросы

1 Что такое Wi-Fi и какие периферийные устройства могут использовать этот протокол с микроконтроллером ESP32?

2 Как настроить микроконтроллер ESP32 для работы с Wi-Fi?

3 Как подключить микроконтроллер ESP32 к сети Wi-Fi?

4 Как передавать данные через Wi-Fi с помощью микроконтроллера ESP32?

5 Какой формат данных используется при передаче данных через Wi-Fi с микроконтроллером ESP32?

6 Как использовать протокол HTTPS для безопасной передачи данных через Wi-Fi с микроконтроллером ESP32?

7 Какие типы устройств могут использовать Wi-Fi для связи с микроконтроллером ESP32?

8 Как настроить микроконтроллер ESP32 в качестве точки доступа Wi-Fi?

9 Как обеспечить безопасность при использовании Wi-Fi с микроконтроллером ESP32?

10 Как использовать многопоточность для обработки данных, передаваемых через Wi-Fi с микроконтроллером ESP32?

7 Лабораторная работа № 7. Использование интерфейсной шины I²C

Цель работы: научиться использовать интерфейсную шину I²C.

Теоретические сведения

1 Интерфейсный модуль I²C [2, с. 99].

2 Шина I²C в микроконтроллере ESP32 [8].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему получения данных с датчика влажности и температуры DTH22 и обеспечить передачу информации по Wi-Fi.
- 2 Собрать разработанную схему.
- 3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема из датчика влажности и температуры DTH22 и микроконтроллера ESP32.
- 4 Программа для получения данных с датчика влажности и температуры DTH22 и обеспечить передачу информации по Wi-Fi.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое I²C и какие периферийные устройства могут использовать этот протокол с микроконтроллером ESP32?
- 2 Как настроить микроконтроллер ESP32 для работы с I²C?
- 3 Как подключить микроконтроллер ESP32 к периферийному устройству через интерфейсную шину I²C?
- 4 Как передавать данные через I²C с помощью микроконтроллера ESP32?
- 5 Какой формат данных используется при передаче данных через I²C с микроконтроллером ESP32?
- 6 Как использовать многопоточность для обработки данных, передаваемых через I²C с микроконтроллером ESP32?
- 7 Как использовать прерывания для обработки событий, связанных с передачей данных через I²C на микроконтроллере ESP32?
- 8 Как обеспечить безопасность при использовании I²C с микроконтроллером ESP32?
- 9 Какие типы устройств могут использовать I²C для связи с микроконтроллером ESP32?
- 10 Как использовать дополнительные функции, такие как расширенный адрес и мультиплексирование, при работе с I²C на микроконтроллере ESP32?

8 Лабораторная работа № 8. Использование протокола SPI

Цель работы: научиться использовать интерфейсную шину SPI.

Теоретические сведения

- 1 Интерфейсный модуль SPI [2, с. 99].
- 2 Шина SPI в микроконтроллере ESP32 [9].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему дистанционного управления поливом теплицы с помощью радиомодулей NRF.
- 2 Собрать разработанную схему.
- 3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема для дистанционного управления поливом теплицы с помощью радиомодулей NRF.
- 4 Программа для дистанционного управления поливом теплицы с помощью радиомодулей NRF.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое SPI и какие периферийные устройства могут использовать этот протокол с микроконтроллером ESP32?
- 2 Как настроить микроконтроллер ESP32 для работы с SPI?
- 3 Как подключить микроконтроллер ESP32 к периферийному устройству через интерфейсную шину SPI?
- 4 Как передавать данные через SPI с помощью микроконтроллера ESP32?
- 5 Какой формат данных используется при передаче данных через SPI с микроконтроллером ESP32?
- 6 Как использовать многопоточность для обработки данных, передаваемых через SPI с микроконтроллером ESP32?
- 7 Как использовать прерывания для обработки событий, связанных с передачей данных через SPI на микроконтроллере ESP32?
- 8 Как обеспечить безопасность при использовании SPI с микроконтроллером ESP32?
- 9 Какие типы устройств могут использовать SPI для связи с микроконтроллером ESP32?
- 10 Как использовать дополнительные функции, такие как режимы часовой сигнал и разделение данных, при работе с SPI на микроконтроллере ESP32?

9 Лабораторная работа № 9. Работа с цифровыми и аналоговыми датчиками и исполнительными устройствами (актуаторами)

Цель работы: изучить работу с цифровыми и аналоговыми датчиками и исполнительными устройствами (актуаторами).

Теоретические сведения

Система «Умный дом» на базе ESP32 [10].

Задания

- 1 Разработать электрическую схему системы «Умный дом» на базе ESP32 по заданию преподавателя.
- 2 Собрать разработанную схему.
- 3 Проверить работоспособность схемы и внести изменения по заданию преподавателя.
- 4 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Электрическая принципиальная схема системы «Умный дом» на базе ESP32 по заданию преподавателя.
- 4 Программа для управления системой «Умный дом» на базе ESP32 по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

- 1 Какие типы цифровых датчиков можно использовать с микроконтроллером ESP32 и как их подключить?
- 2 Какие типы аналоговых датчиков можно использовать с микроконтроллером ESP32 и как их подключить?
- 3 Какие типы исполнительных устройств (актуаторов) можно использовать с микроконтроллером ESP32 и как их подключить?
- 4 Как считывать данные с цифровых датчиков с помощью микроконтроллера ESP32?
- 5 Как считывать данные с аналоговых датчиков с помощью микроконтроллера ESP32?
- 6 Как управлять исполнительными устройствами (актуаторами) с помощью микроконтроллера ESP32?
- 7 Как использовать прерывания для обработки событий, связанных с работой датчиков и исполнительных устройств на микроконтроллере ESP32?
- 8 Как использовать многопоточность для управления несколькими датчиками и исполнительными устройствами на микроконтроллере ESP32?

9 Как использовать протоколы связи, такие как UART, I²C и SPI, для работы с датчиками и исполнительными устройствами на микроконтроллере ESP32?

10 Как обеспечить безопасность при работе с датчиками и исполнительными устройствами на микроконтроллере ESP32?

10 Лабораторная работа № 10. Работа с робототехническими устройствами (на базе робота NAO)

Цель работы: изучить работу с робототехническим устройством на базе робота NAO.

Теоретические сведения

Как запрограммировать робота NAO [11]?

Задания

- 1 По заданию преподавателя запрограммировать робота NAO.
- 2 Оформить отчет.

Содержание отчета

- 1 Цель работы.
- 2 Задание для лабораторной работы.
- 3 Программа для управления роботом NAO по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

- 1 Какие задачи может выполнять робот NAO?
- 2 Какие языки программирования можно использовать для работы с роботом NAO?
- 3 Какие датчики имеет робот NAO и какие данные они могут собирать?
- 4 Как робот NAO взаимодействует с окружающей средой?
- 5 Какие возможности есть для распознавания речи и обработки ее на роботе NAO?
- 6 Какие библиотеки и инструменты доступны для программирования робота NAO?
- 7 Какие стандарты безопасности необходимо соблюдать при работе с роботом NAO?
- 8 Какие задачи можно автоматизировать с помощью робота NAO в рамках производственных процессов?
- 9 Какие возможности есть для использования робота NAO в образовательных целях?
- 10 Какие есть примеры успешной реализации проектов на базе робота NAO?

Список литературы

- 1 База знаний Амперки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wiki.amperka.ru/>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 2 Уроки Ардуино и робототехники v1.0 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://disk.yandex.ru/i/LGrvqF370i4cBg>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 3 ESP32: Примеры/Считывание данных с входных аналоговых контактов ESP32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wikihandbk.com/wiki/ESP32:%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BC%D0%B5%D1%80%D1%8B/%D0%A1%D1%87%D0%B8%D1%82%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D1%81_%D0%B2%D1%85%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D1%85_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BA%D1%82%D0%BE%D0%B2_ESP32. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 4 ESP32: Базовые примеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.alexanderklimov.ru/arduino/esp32/basic-samples.php>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 5 ESP32: Архитектура Bluetooth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://microsin.net/programming/arm/esp32-bluetooth-architecture.html>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 6 ESP32: Bluetooth [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.alexanderklimov.ru/arduino/esp32/bluetooth.php>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 7 Wi-Fi Driver [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/latest/esp32/api-guides/wifi.html>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 8 Шина I²C в микроконтроллере ESP32 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://digitrode.ru/computing-devices/mcu_cpu/2297-esp32-i-interfeys-i2c.html. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 9 ESP32 SPI Communication: Set Pins, Multiple SPI Bus Interfaces, and Peripherals (Arduino IDE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-spi-communication-arduino/>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 10 Как сделать систему умного дома с помощью модуля ESP32? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ddok.ru/kak-sdelat-sistemu-umnogo-doma-s-romoshhju-modulya-esp32/>. – Дата доступа: 06.07.2023.
- 11 Как запрограммировать робота NAO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nanojam.ru/news/kak-zaprogrammirovat-robota-nao>. – Дата доступа: 06.07.2023.