

Министерство науки и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет»  
Факультет математики, информационных и авиационных технологий

Волков М.А., Жила М.С., Царев М.Г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
СТУДЕНТОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Программное управление робототехническими системами»**

для студентов магистратуры по направлению подготовки

02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем»

Ульяновск, 2022

Методические указания для самостоятельной работы студентов по дисциплине «Программное управление робототехническими системами» / составители: М.А. Волков, Жила М.С., Царев М.Г.. - Ульяновск: УлГУ, 2022.

Настоящие методические указания предназначены для студентов магистратуры по направлению подготовки 02.04.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем».

В работе приведены литература по дисциплине, основные темы курса и вопросы в рамках каждой темы, рекомендации по изучению теоретического материала, методические указания по выполнению лабораторных работ, контрольные вопросы для самоконтроля и тесты для самостоятельной работы. Студентам очной формы обучения они будут полезны при подготовке к лекциям, практическим занятиям и текущему контролю по данной дисциплине.

Рекомендованы к введению в образовательный процесс Ученым советом факультета математики, информационных и авиационных технологий УлГУ (протокол № 3/22 от 19.04.2022 г.).

## 1. ЛИТЕРАТУРА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Игнатъев В. В. Программируемые контроллеры: учеб. пособие / В. В. Игнатъев и др. - Таганрог: Изд-во Южного федерального университета, 2016. - 137 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=989934>.
2. Юревич Е. И. Основы робототехники: учеб. пособие / Е. И. Юревич. - СПб.: БХВ-Петербург, 2017. - 368 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=978555>
3. Кудрявцев, В. Б. Интеллектуальные системы : учебник и практикум для вузов / В. Б. Кудрявцев, Э. Э. Гасанов, А. С. Подколзин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 165 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-07779-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://biblio-online.ru/bcode/423761>.
4. Промышленные роботы: управление манипуляционными роботами : Учебное пособие для вузов / Архипов Максим Викторович, Вартанов Михаил Владимирович, Мищенко Роман Сергеевич; Архипов М. В., Вартанов М. В., Мищенко Р. С. - 2-е изд. ; испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 170 с. - (Высшее образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/495834>.
5. Каляев И. А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов: учеб. пособие / И. А. Каляев, А. Р. Гайдук, С. Г. Капустян. - М.: Физматлит, 2009. - 280 с. - Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=68414&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=68414&sr=1).
6. Москвичев А. А. Захватные устройства промышленных роботов и манипуляторов: учеб. пособие / А. А. Москвичев, А. Р. Кварталов, Б. В. Устинов. - М.: ИНФРА-М, 2015. - 176 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=483005&spec=1>.
7. Предко М. Устройства управления роботами / М. Предко. - М.: ДМК Пресс, 2010. - 404 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=406841&spec=1>.
8. Цифровые системы управления : учебное пособие / М. В. Виноградов, Е. М. Самойлова; М. В. Виноградов, Е. М. Самойлова. - Цифровые системы управления ; Весь срок охраны авторского права. - Саратов : Ай Пи Ар Медиа, 2019. - 115 с. - Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - электронный. - Электрон. дан. (1 файл). - URL: <http://www.iprbookshop.ru/86707.html>.

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

| Название разделов и тем   | Вид самостоятельной работы  | Объем в часах | Форма контроля             |
|---|---|---------------|----------------------------|
| <b>Раздел 1. Введение</b>   |   |               |                            |
| 1.1. Основы робототехники   | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена                | 5             | устный опрос, тестирование |
| <b>Раздел 2. Технические средства робототехнических систем</b>    |   |               |                            |
| 2.1. Система управления роботом – встраиваемая система            | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена                | 20            | устный опрос, тестирование |
| 2.2. Датчики, исполнительные устройства.                          | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена                | 10            | устный опрос, тестирование |
| 2.3. Технические средства систем управления роботами              | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче экзамена                | 30            | устный опрос, тестирование |
| <b>Раздел 3. Программное обеспечение робототехнических систем</b> |   |               |                            |
| 3.1. Архитектура программного обеспечения                         | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета, реферат, доклад | 20            | устный опрос, тестирование |
| 3.2. Интерфейсы передачи данных                                   | Проработка учебного материала, подготовка к сдаче зачета, реферат, доклад | 23            | устный опрос, тестирование |

## 3. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ В ФОРМЕ ТЕСТОВ ПО РАЗДЕЛАМ:

| № раздела | № вопроса | Условие задачи (формулировка задания)   |
|-----------|-----------|---|
| 1-4       | 1-30      | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Программа STM32 CubeMX предназначена для ...               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Написания кода под микроконтроллеры STM32</li> <li>b. Начальной конфигурации периферии STM32</li> <li>c. Отладки программ в микроконтроллерах STM32</li> <li>d. Загрузки программы в микроконтроллер STM32</li> </ol> </li> <li>2. Какой конструкцией описывается бесконечный цикл?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <code>for (int i = 0; i &lt; 100; i++)</code></li> <li>b. <code>while (1)</code></li> <li>c. <code>while (false)</code></li> <li>d. <code>if (true) {...}</code></li> </ol> </li> <li>3. Чем обуславливается применение типов <code>uint8_t</code>, <code>uint16_t</code> вместо <code>char</code>, <code>int</code> и т.п.?               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ничем</li> <li>b. Конкретизируется разрядность переменных</li> <li>c. <code>char</code>, <code>int</code> применять нельзя</li> </ol> </li> </ol> |

- d. Код получается меньшего размера
4. Какая функция используется для вывода информации в пин микроконтроллера STM32?
- HAL\_GPIO\_ReadPin
  - HAL\_GPIO\_WritePin
  - HAL\_GPIO\_TogglePin
5. Какая функция используется для чтения информации из пина микроконтроллера STM32?
- HAL\_GPIO\_ReadPin
  - HAL\_GPIO\_WritePin
  - HAL\_GPIO\_TogglePin
6. Дополните утверждение «Интерфейс UART относится к ... интерфейсам»
- Параллельным
  - Последовательным
  - Дифференциальным
  - Симметричным
7. Какой интерфейс применяется для программирования и отладки микроконтроллеров STM32?
- ISP
  - Parallel
  - SWD
  - UART
8. Назовите не применяемый способ использования UART
- Комплексный
  - Дуплексный
  - Полудуплексный
  - Симплексный
9. Выберите верное утверждение о назначении линий связи RX и TX интерфейса UART
- RX – передача данных, TX – прием данных
  - RX – прием данных, TX – передача данных
  - RX – тактовый сигнал, TX – данные
  - RX – данные, TX – тактовый сигнал
10. Каким двумя основными параметрами характеризуется ШИМ-сигнал?
- Емкость и сопротивление
  - Частота и фаза
  - Частота и коэффициент заполнения
  - Напряжение и частота
11. Чем микроконтроллер принципиально отличается от микропроцессора?
- Вычислительными возможностями
  - Наличием встроенной памяти и дополнительных периферийных блоков
  - Ценой
  - Ничем
12. Где применяются микроконтроллеры?
- В промышленности
  - В медицине
  - В автомобилестроении
  - Во всем вышеперечисленном и не только

- |  |  |
|--|--|
|  | <p>13. Что понимают под Arduino?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Среду разработки</li><li>b. Отладочную плату с микроконтроллером</li><li>c. Библиотеки кода</li><li>d. Все вышеперечисленное</li></ul> <p>14. Для чего последовательно со светодиодом ставится резистор?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Для снижения напряжения</li><li>b. Для увеличения мощности</li><li>c. Для ограничения протекающего тока</li><li>d. Для снижения энергопотребления</li></ul> <p>15. Какая функция используется для вывода логического состояния с пин Arduino?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. DigitalRead()</li><li>b. DigitalWrite()</li><li>c. AnalogWrite()</li><li>d. Ни одна и перечисленных</li></ul> <p>16. Каким сигналом управляются сервоприводы?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Переменным напряжением</li><li>b. Постоянным током</li><li>c. ШИМ-сигналом</li><li>d. Короткими импульсами тока</li></ul> <p>17. Какой параметр сервопривода зависит от управляющего сигнала?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Скорость вращения</li><li>b. Направление вращения</li><li>c. Угол поворота</li><li>d. Крутящий момент</li></ul> <p>18. Какая схема применяется для управления направлением вращения двигателя постоянного тока?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Измерительный мост</li><li>b. H-мост</li><li>c. Умножитель напряжения</li><li>d. Токовый шунт</li></ul> <p>19. Как называется микросхема, предназначенная для управления двигателем?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Драйвер</li><li>b. Стабилизатор</li><li>c. Компаратор</li><li>d. Умножитель</li></ul> <p>20. Как называется двигатель, угол поворота которого, можно менять дискретно?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Сервопривод</li><li>b. Шаговый двигатель</li><li>c. Двигатель постоянного тока</li><li>d. Шаговый искатель</li></ul> <p>21. Укажите недостающий блок в предложении «Типовой микроконтроллер содержит центральное процессорное устройство, ... , подсистему синхронизации, порты ввода вывода, подсистему сброса и подсистему программирования.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. подсистему питания</li><li>b. подсистему защиты</li><li>c. подсистему хранения</li></ul> |
|--|--|

- |  |  |
|--|--|
|  | <p>22. Какой вид памяти в микроконтроллере хранит управляющую программу?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Bootloader</li><li>b. EEPROM</li><li>c. Flash-память</li><li>d. RAM</li></ul> <p>23. Сколько выводов питания не может быть у микроконтроллеров?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. 1</li><li>b. 2</li><li>c. 3</li><li>d. 12</li></ul> <p>24. Укажите несуществующий источник сброса в микроконтроллере</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Сброс при подаче питания</li><li>b. Детектор просадок питания</li><li>c. Сторожевой таймер</li><li>d. Внешний сброс</li><li>e. Сброс при совпадении</li></ul> <p>25. Укажите несуществующий способ тактирования микроконтроллера</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Внешний кварцевый резонатор</li><li>b. Встроенный RC-генератор</li><li>c. Внешний RC-генератор</li><li>d. Тактирование от сети 50 Гц</li><li>e. Внешний генератор</li></ul> <p>26. Может ли порт ввода-вывода быть двунаправленным?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Да</li><li>b. Нет</li><li>c. Только при определенных условиях</li></ul> <p>27. Что такое прерывание в микроконтроллере?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Сигнал, сообщающий процессору о наступлении какого-либо события</li><li>b. Временное отключение работы процессора</li><li>c. Событие, возникающее при воздействии определенного сигнала</li></ul> <p>28. К какому типу прерываний относится деление на ноль в микроконтроллере?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Внутреннее</li><li>b. Внешнее</li><li>c. Программное</li></ul> <p>29. Какое преимущество дает использование технологии DMA?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Ускорение вычислений</li><li>b. Работа с числами в формате «плавающая запятая»</li><li>c. Обмен данными без участия процессора</li><li>d. Повышение энергоэффективности</li></ul> <p>30. АЦП в микроконтроллере предназначен для ...</p> <ul style="list-style-type: none"><li>a. Снижения напряжения</li><li>b. Измерения напряжения</li><li>c. Кодирования тока</li><li>d. Повышения напряжения</li></ul> |
|--|--|

## 4. СПИСОК ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

К каждой работе необходимо составить алгоритм работы программы и принципиальную схему системы в соответствии со своим вариантом, нарисовать блок-схему алгоритма, написать код в соответствии с алгоритмом, проверить его работу и выполнить при необходимости отладку кода.

Содержание отчета

1. Цель работы.
2. Блок-схема программы микроконтроллера.
3. Код программы микроконтроллера.
4. Схема разработанной системы.
5. Выводы.

### **Лабораторная работа 1. Работа с портами ввода-вывода микроконтроллера**

**Цель работы:** изучение устройства и принципов работы портов ввода-вывода микроконтроллера, решение различных задач с применением портов ввода-вывода.

#### **Варианты заданий:**

1. Бегущий огонь из одного светодиода по линейке из восьми светодиодов из стороны в сторону.
2. Бегущий огонь из семи светодиодов по линейке из восьми светодиодов из стороны в сторону.
3. Цикл последовательного зажигания светодиодов.
4. Разбегающиеся огни из центра по сторонам.
5. Сбегающиеся огни из сторон к центру.
6. Бегущий огонь из одного светодиода по линейке из восьми светодиодов без смены направления.
7. Бегущий огонь из семи светодиодов по линейке из восьми светодиодов без смены направления.
8. Один цикл разбегающихся огней по нажатию кнопки.
9. При нажатии одной кнопки увеличивается частота миганий светодиода, при нажатии другой – уменьшается.

10. Последовательное циклическое зажигание светодиодов с номера нажатой кнопки.
11. Последовательное циклическое зажигание светодиодов до номера нажатой кнопки.
12. Выводить на линейку светодиодов двоичное число, одна кнопка – инкремент этого числа, другая – декремент.
13. Изменять направление бегущей строки нажатием кнопки.
14. Показывать в двоичном коде число одновременно нажатых кнопок.
15. Вывод номера нажатой кнопки на семисегментном индикаторе.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое порт ввода-вывода микроконтроллера?
2. Как описывается чтение бита из какого-либо регистра?
3. Как описывается запись бита в какой-либо регистр?
4. Как описывается инверсия бита в каком-либо регистре?

### **Лабораторная работа 2. Работа со встроенными таймерами микроконтроллера. Использование прерываний**

**Цель работы:** изучение работы механизма прерываний, принципов и режимов работы таймеров микроконтроллера, решение различных задач с использованием таймеров.

#### **Варианты заданий:**

1. Мигать одним светодиодом с частотой 1 Гц, вторым – с частотой 2 Гц.
2. Считать количество входных импульсов за 1 секунду.
3. Мигать одним светодиодом, по нажатию одной кнопки увеличивать частоту в два раза, при нажатии другой кнопки – уменьшать в два раза.
4. Посчитать количество нажатий кнопки за 10 секунд.
5. Клавишами установить частоту, запустить таймер с соответствующей индикацией.
6. С четырехсекундной задержкой после нажатия кнопки запустить таймер с соответствующей индикацией.
7. С четырехсекундной задержкой после нажатия кнопки остановить таймер с соответствующей индикацией.

8. Секундомер, первая кнопка – запуск, вторая – остановка, третья – сброс.
9. По нажатию кнопки постепенно зажигать светодиод (использовать ШИМ).
10. Изменять клавишами яркость свечения светодиода (использовать ШИМ).
11. Одновременно постепенно зажигать один светодиод и гасить другой (использовать ШИМ).
12. Последовательно постепенно зажечь все светодиоды (использовать ШИМ).

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое прерывание и как оно функционирует?
2. Как описывается обработчик прерывания в программе?
3. Что такое таймер/счетчик? Функции таймера/счетчика.
4. Структурная схема таймера/счетчика.
5. Как настроить таймер на определенную частоту отсчета?
6. Виды прерываний для таймера/счетчика.
7. Назовите способы получения ШИМ-сигнала.

### **Лабораторная работа 3. Работа с АЦП**

**Цель работы:** изучение работы АЦП и компаратора в составе микроконтроллера и решение различных задач с их применением.

#### **Варианты заданий:**

1. Вывести результат однократного преобразования АЦП на линейку восьми светодиодов.
2. Вывести результат однократного преобразования АЦП на семисегментный четырехразрядный индикатор.
3. Выводить результат преобразования АЦП с частотой 1 Гц на светодиодную линейку.
4. Показывать минимальное значение результата преобразования АЦП на светодиодной линейке.
5. Скорость бегущей дорожки задавать потенциометром.
6. Скорость бегущей дорожки задавать потенциометром, при этом частоту мигания горящего светодиода задавать другим потенциометром.

7. Потенциометрами изменять позицию горячей точки матричного индикатора.
8. Поочередно выводить результат преобразования АЦП с двух каналов на семисегментный четырехразрядный индикатор.
9. Поочередно выводить максимальный и минимальный результат преобразования АЦП на семисегментный четырехразрядный индикатор.

#### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое АЦП? Для чего применяется?
2. Принцип работы АЦП.
3. Параметры, характеризующие работу АЦП.
4. Как произвести настройку предделителя АЦП?
5. Опишите последовательность действий при чтении данных с АЦП, поясните их.
6. Для чего необходим мультиплексор в блоке АЦП микроконтроллера?

#### **Лабораторная работа 4. Изучение работы последовательных интерфейсов**

**Цель работы:** изучение работы последовательных интерфейсов и решение различных задач с их применением.

#### **Варианты заданий:**

1. Подключить внешний сдвиговый регистр по интерфейсу SPI. Вывести инкрементирующий счетчик на линейку восьми светодиодов, подключенных к сдвиговому регистру.
2. Подключить внешний АЦП по интерфейсу SPI. Вывести результат однократного преобразования АЦП на семисегментный четырехразрядный индикатор.
3. Подключить термодатчик по интерфейсу SPI. Выводить результат измерений на семисегментный четырехразрядный индикатор.
4. Двумя цифровыми потенциометрами, подключенными по интерфейсу SPI, изменять позицию горячей точки матричного индикатора.
5. Скорость бегущей дорожки задавать цифровым потенциометром, подключенным по интерфейсу SPI.
6. Подключить микросхему часов реального времени по SPI и выводить время на семисегментный четырехразрядный индикатор.

7. Организовать обмен данными между двумя МК. По нажатию кнопки первый МК передает два числа, второй МК их складывает и передает результат первому, который отображает результат на семи-сегментном индикаторе.

8. Организовать обмен данными между двумя МК. По нажатию кнопок, подключенных к первому МК, зажигать, либо гасить свето-диоды, подключенные ко второму МК.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое и где применяются последовательные интерфейсы?
2. Какие виды последовательных интерфейсов вы знаете?
3. Схема подключения устройств по интерфейсу UART.
4. Схема подключения устройств по интерфейсу SPI.
5. Протокол работы интерфейса UART.
6. Протокол работы интерфейса SPI.

## **5. ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

| №  | Формулировка вопроса  |
|----|---|
| 1  | Устройство роботов, манипуляционные системы, сенсорные системы.   |
| 2  | Приводы роботов. Системы управления роботами  |
| 3  | История и определение встраиваемых систем. Классификация встраиваемых систем  |
| 4  | Работа встраиваемых систем в реальном времени   |
| 5  | Ограниченность ресурсов и особенности проектирования встраиваемых систем  |
| 6  | Распределенные встраиваемые системы   |
| 7  | Виды датчиков и их классификация. Основные характеристики датчиков  |
| 8  | Аналоговые, цифровые и двоичные датчики   |
| 9  | Классификация исполнительных устройств. Способы управления исполнительными устройствами   |
| 10 | Соленоиды. Двигатели постоянного тока. Сервоприводы. Широтно-импульсная модуляция. Шаговые двигатели. Частотные преобразователи |
| 11 | Элементная база для систем управления роботами (процессоры,   |

|    |  |
|----|--|
|    | микроконтроллеры, ПЛИС и системы-на-кристалле), их классификация   |
| 12 | Идеализированный микроконтроллер и его структура   |
| 13 | Прерывания микроконтроллера, их классификация и организация  |
| 14 | Организация памяти микроконтроллера  |
| 15 | Таймеры/счетчики микроконтроллера, режимы их работы  |
| 16 | Аналого-цифровой преобразователь микроконтроллера  |
| 17 | Модули последовательного ввода/вывода микроконтроллера   |
| 18 | Технология DMA. Энергосберегающие режимы микроконтроллера  |
| 19 | Средства отладки   |
| 20 | Классификация моделей программного обеспечения. Модель линейной программы с суперциклом. Модель программы «суперцикл и прерывания» |
| 21 | Операционная система реального времени, общие понятия, преимущества и недостатки   |
| 22 | Задачи и их приоритет в операционной системе реального времени   |
| 23 | Планировщик и переключение контекста в операционной системе реального времени  |
| 24 | Взаимодействие потоков, работа с прерываниями в операционной системе реального времени   |
| 25 | Параллельный интерфейс   |
| 26 | Последовательный интерфейс UART  |
| 27 | Последовательный интерфейс SPI   |
| 28 | Последовательный интерфейс I2C   |