

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«ЮЖНЫЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Инженерно-технологическая академия

**А. О. ПЬЯВЧЕНКО**  
**В. Н. ПУХОВСКИЙ**

**АРХИТЕКТУРА, ОСНОВЫ  
ПРОГРАММИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ  
AVR-МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ  
И ARM-МИКРОСИСТЕМ**

*Учебное пособие  
в трех частях*

**ЧАСТЬ 3**

Ростов-на-Дону – Таганрог  
Издательство Южного федерального университета  
2022

УДК 004.312(075.8)

ББК 32.973 я73

П967

*Печатается по решению кафедры вычислительной техники  
Института компьютерных технологий и информационной безопасности  
Южного федерального университета (протокол № 6 от 10 февраля 2021 г.)*

**Рецензенты:**

заместитель директора ИРТСУ ИТА ЮФУ по научной работе,

доцент кафедры ВиРС ИРТСУ ИТА ЮФУ *С. И. Клевцов*

главный инженер проекта Engineering Bureau Franke International

(ООО "Инженерное Бюро Франке Интернешенал") *С. В. Кондратенко*

**Пьявченко, А. О.**

П967 Архитектура, основы программирования и применения AVR-микроконтроллеров и ARM-микросистем : учебное пособие : в 3 ч. / А. О. Пьявченко, В. Н. Пуховский ; Южный федеральный университет. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Издательство Южного федерального университета, 2022.

ISBN 978-5-9275-3429-6

Часть 3. – 151 с.

ISBN 978-5-9275-4102-7 (Ч. 3)

Учебное пособие содержит материалы по основам функциональной организации архитектуры, программирования и применения RISC-микроконтроллеров различной архитектуры, начиная с MegaAVR и заканчивая ARM-микроконтроллерными системами с жесткой архитектурой, имеющие отечественные функциональные аналоги. Пособие состоит из нескольких логически-завершенных и связанных между собою частей.

Третья часть пособия завершает изложение вопросов построения, программного управления и применения цифровых и аналоговых интерфейсов 8-битных AVR-микроконтроллеров с использованием среды Proteus. Основное внимание здесь уделено таким интерфейсам, как TWI (I2C), 1WI (1-Wire), особенностям их практического применения под управлением AVR-микроконтроллеров при подключении к ним различных периферийных модулей.

Учебное пособие предназначено для студентов специальности 09.05.01 – Применение и эксплуатация автоматизированных систем специального назначения, направлений 09.03.01, 09.04.01 («Информатика и вычислительная техника»), изучающих соответствующие разделы таких дисциплины, как «Техническое обеспечение автоматизированных систем», «Микроконтроллерные системы», «Основы построения и проектирования ARM-микросистем» и ряда других.

УДК 004.312(075.8)

ISBN 978-5-9275-4102-7 (Ч. 3)

ББК 32.973 я73

ISBN 978-5-9275-3429-6

© Южный федеральный университет, 2022

© Пьявченко А. О., Пуховский В. Н., 2022

© Оформление. Макет. Издательство

Южного федерального университета, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК ОСНОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ .....	5
ВВЕДЕНИЕ .....	7
1. ИНТЕРФЕЙС TWI (I2C) .....	9
1.1. Краткие общие сведения .....	9
1.2. Формат посылки передаваемых данных .....	12
1.2.1. Поддерживаемый способ передачи данных .....	12
1.2.2. Условия старта и останова сеанса связи .....	13
1.2.3. Формат управляющего кадра .....	14
1.2.4. Структура сеанса связи .....	16
1.3. Организация обмена с несколькими ведущими .....	17
1.4. Структура модуля TWI .....	20
1.4.1. Состав модуля .....	20
1.4.2. Блок шинного интерфейса .....	20
1.4.3. Блок генератора скорости связи .....	22
1.4.4. Блок обнаружения адреса .....	23
1.4.5. Блок управления .....	23
1.5. Описание регистров TWI .....	24
1.5.1. Общие сведения .....	24
1.5.2. Регистр скорости связи шины TWI–TWBR .....	25
1.5.3. Регистр управления шиной TWI–TWCR .....	26
1.5.4. Регистр состояния TWI–TWSR .....	29
1.5.5. Регистр данных модуля TWI–TWDR .....	35
1.5.6. Регистр адреса модуля TWI–TWAR .....	37
1.6. Рекомендации по применению модуля TWI .....	38
1.7. Вопросы построения системы: организация мультимастер- ной магистрали .....	52
1.8. Общие замечания по расширенному стандарту i2C .....	53
1.9. Преимущества шины TWI (I2C) .....	60
1.10. Примеры применения шины TWI (I2C) .....	62
1.10.1. Общие сведения .....	62
1.10.2. Работа с модулями параллельного цифрового ввода/вы- вода .....	63

1.10.3. Работа с модулем LCD .....	82
Контрольные вопросы к разделу 1 .....	88
<b>2. ИНТЕРФЕЙС 1-WIRE .....</b>	<b>91</b>
2.1. Краткие сведения .....	91
2.2. Многоуровневая модель взаимодействия: физический уровень .....	92
2.3. Многоуровневая модель взаимодействия: канальный уровень .....	95
2.4. Многоуровневая модель взаимодействия: сетевой и транспортный уровни .....	100
2.4.1. Алгоритм взаимодействия .....	100
2.4.2. Уникальные коды устройств 1-Wire .....	103
2.4.3. Алгоритм обнаружения ведомых устройств на шине .....	105
2.5. Способы управления шиной .....	107
2.6. Примеры программно-аппаратного управления интерфейсом 1-Wire с применением AVR-микроконтроллера в качестве ведущего устройства .....	108
2.6.1. Общие сведения .....	108
2.6.2. Краткое описание датчика температуры DS18B20 .....	108
2.6.3. Пример построения блока измерения температуры .....	120
Контрольные вопросы к разделу 2 .....	145
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>147</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....</b>	<b>148</b>