

УДК 621.396.6:621.31(075)
ББК 32.844.150.2:31.2я73
Ф35

Рецензенты:

К. В. Хацевский, д-р техн. наук, доцент, проф. кафедры
«Электротехника и электрооборудование»
Омского института водного транспорта;

В. В. Харламов, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой
«Электрические машины и общая электротехника»
Омского государственного университета путей сообщения

Федянин, В. В.

Ф35 Микропроцессорные системы в электроэнергетике : учеб. пособие /
В. В. Федянин, В. К. Федоров, А. В. Бубнов ; Минобрнауки России, Ом. гос.
техн. ун-т. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2022. – 284 с. : ил.

ISBN 978-5-8149-3520-5

Пособие содержит материалы по основным вопросам функционирования и разработки микропроцессорных систем. В издание включены лабораторные работы, которые выполняются с использованием современных интегрированных систем разработки программного обеспечения для микроконтроллеров, а также расчетно-графическое задание по проектированию микропроцессорной системы.

Будет полезно студентам Энергетического института ОмГТУ, слушателям учреждений послевузовского образования, руководителям и специалистам.

УДК 621.396.6:621.31(075)

ББК 32.844.150.2:31.2я73

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Омского государственного технического университета*

ISBN 978-5-8149-3520-5

© ОмГТУ, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
РАЗДЕЛ 1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	9
1. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМ	9
1.1. Полупроводниковая интегральная микросхема.....	10
1.2. Прототип первой вычислительной машины	13
1.3. Основная терминология	15
2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЦИФРОВОЙ ТЕХНИКИ.....	17
2.1. Логические элементы и булева алгебра.....	18
2.2. Операции над двоичными числами.....	22
2.3. Числа с фиксированной и плавающей точкой	26
2.4. Реализация цифровых схем.....	30
2.5. Составные элементы памяти.....	36
2.6. Аппаратная реализация регистра	40
3. СТРУКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ	43
3.1. Организация внутренних шин в микропроцессорной системе	44
3.2. Периферийные выходы микропроцессора	46
3.3. Упрощенная модель работы микропроцессорной системы	51
3.4. Классификации микропроцессоров и микропроцессорных систем	53
3.5. Архитектура микропроцессора.....	55
4. ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ПРОЦЕССОРА.....	57
4.1. Типовая структура микропроцессора	58
4.2. Регистры микропроцессора.....	60

5. МИКРОАРХИТЕКТУРА МИКРОПРОЦЕССОРА.....	63
5.1. Система команд.....	65
5.2. Структура и виды команд.....	67
5.3. Режимы адресации.....	70
6. ПАМЯТЬ В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЕ.....	71
6.1. Классификация памяти.....	74
6.2. Микросхемы памяти.....	76
6.3. Буферная память.....	80
6.4. Стековая память.....	82
6.5. Кеш-память.....	83
7. ПОСТОЯННОЕ ЗАПОМИНАЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО.....	87
7.1. Классификация постоянного запоминающего устройства.....	87
7.2. Физическая реализация микросхем постоянного запоминающего устройства.....	90
8. ОПЕРАТИВНЫЕ ЗАПОМИНАЮЩИЕ УСТРОЙСТВА.....	97
8.1. Статическое оперативное запоминающее устройство.....	98
8.2. Динамическое оперативное запоминающее устройство.....	100
9. ВВОД-ВЫВОД В МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ ТЕХНИКЕ.....	104
9.1. Обмен данными в микропроцессорной системе.....	106
9.2. Контроллеры внешних устройств.....	107
9.3. Форматы передачи данных.....	110
9.4. Обмен данными по параллельному принципу.....	111
9.5. Обмен данными по последовательному принципу.....	114
9.6. Обмен информацией в микропроцессорной системе.....	118

10. ИНТЕРФЕЙСЫ I ² C И SPI.....	119
10.1. Введение в спецификацию интерфейса I ² C.....	119
10.2. Введение в спецификацию интерфейса SPI.....	122
11. ОБМЕН ДАННЫМИ ПО ПРЕРЫВАНИЮ.....	125
11.1. Программное и аппаратное прерывание.....	126
11.2. Организация прямого доступа к памяти.....	131
12. МИКРОПРОЦЕССОР INTEL 8086.....	134
12.1. Внутренняя организация микропроцессора.....	135
12.2. Регистры микропроцессора Intel 8086.....	136
13. ПРОГРАММА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ.....	140
13.1. Этапы написания программы.....	141
13.2. Компилятор и интерпретатор.....	143
14. МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ.....	147
14.1. Классификация микроконтроллеров.....	148
14.2. Типы микроконтроллеров.....	151
РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	154
15. РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	154
15.1. Разработка структурной схемы микропроцессорной системы.....	157
15.2. Разработка схемы микропроцессорного модуля.....	160
15.3. Схема модуля памяти микропроцессорной системы.....	163
15.4. Схема модуля ввода-вывода микропроцессорной системы.....	167

16. ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ.....	170
16.1. Отладка программ в интегрированной среде Keil μ Vision	171
16.2. Инструменты отладки программы	173
16.3. Окно с распределением памяти	175
16.4. Требования к оформлению лабораторной работы	177
Лабораторная работа № 1. СОЗДАНИЕ ПРОЕКТА В ИНТЕГРИРОВАННОЙ СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОРТОВ ВВОДА-ВЫВОДА	179
Лабораторная работа № 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОЙ СРЕДЫ STM32CUBEMX ДЛЯ НАСТРОЙКИ ПРОЕКТА И БИБЛИОТЕКИ HAL ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ	194
Лабораторная работа № 3. СОЗДАНИЕ ПРОГРАММЫ НА ЯЗЫКЕ АССЕМБЛЕР И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ОПЕРАЦИЙ.....	200
Лабораторная работа № 4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММЫ МАТЛАВ ДЛЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ STM32.....	217
Лабораторная работа № 5. УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ПОМОЩЬЮ МАТЛАВ И STM32.....	232
Лабораторная работа № 6. УПРАВЛЕНИЕ ДВУХСТРОЧНЫМ ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ ДИСПЛЕЕМ	251
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	279
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	281