

**Ю.А. ТЫЧИНИНА, А.А. УЗЕНГЕР**

**РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ  
ДЛЯ 32-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ  
ФИРМЫ MICROCHIP НА ЯЗЫКЕ  
АССЕМБЛЕРА**

**Учебное пособие**

**Самара  
Самарский государственный технический университет  
2020**



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

---

Кафедра «Автоматика и управление в технических системах»

Ю.А. ТЫЧИНИНА, А.А. УЗЕНГЕР

РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ  
ДЛЯ 32-РАЗРЯДНЫХ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ  
ФИРМЫ MICROCHIP НА ЯЗЫКЕ  
АССЕМБЛЕРА

*Учебное пособие*

Самара  
Самарский государственный технический университет  
2020

Печатается по решению ученого совета СамГТУ (протокол № 8 от 28.03.2019 г.).

УДК 621.37/.39:004.3(075.8)

ББК 32.973я73

Т 937

**Тычинина Ю.А.**

**Разработка приложений для 32-разрядных микроконтроллеров фирмы Microchip на языке ассемблера: учебное пособие / Ю.А. Тычинина, А.А. Узенгер.** – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2020. – 172 с.

ISBN 978-5-7964-2263-2

Рассмотрены основные особенности построения однокристальных микроконтроллеров и цифровых сигнальных процессоров на примере разработок компании Microchip.

Представленные в учебном пособии материалы найдут практическое применение при изучении дисциплин «Вычислительные машины, системы и сети», «Схемотехника цифровых устройств», «Микроконтроллеры и микропроцессоры в системах управления», «Локальные системы управления».

Предназначено для студентов высших технических учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах», 27.03.03 «Системный анализ и управление», 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» и смежным направлениям.

Рецензенты: канд. техн. наук, доцент *В.Г. Щетинин*,  
д-р техн. наук, профессор *С.П. Орлов*

УДК 621.37/.39:004.3(075.8)

ББК 32.973я73

Т 937

ISBN 978-5-7964-2263-2

© Ю.А. Тычинина, А.А. Узенгер, 2020

© Самарский государственный  
технический университет, 2020

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ.....</b>	<b>3</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>	
<b>1. Микроконтроллеры. Основные понятия.....</b>	<b>6</b>
1.1. Роль микроконтроллеров в современном мире.....	6
1.2. Архитектура микроконтроллеров.....	7
1.3. Устройство микроконтроллеров.....	11
1.4. Система команд процессора.....	20
1.5. Способы адресации .....	22
1.6. Средства разработки программ для микроконтроллеров .....	26
<b>2. 32-разрядные системы на кристалле. ....</b>	<b>27</b>
2.1. Краткая характеристика MIPS-архитектуры.....	27
2.2. Характеристика 32-разрядных систем на кристалле. ....	30
2.3. PIC32MZ с ядром microAptive .....	33
2.4. Средства разработки для создания, редактирования и отладки программ для микроконтроллеров семейства PIC.....	37
2.5. Особенности программирования микроконтроллеров с архитектурой MIP32 на языке ассемблера [4] .....	37
2.5.1. Операнды и инструкции.....	37
2.5.2. Регистры .....	39
2.5.3. Память. ....	40
2.5.4. Константы .....	43
2.5.5. Типы инструкций. ....	44
2.5.6. Логические и арифметические инструкции, инструкции сдвига.....	47
2.5.7. Реализация переходов и условных операций.....	50
2.5.8. Организация циклов.....	54
2.5.9. Работа с массивами данных. ....	56
2.5.10. Работа с функциями. ....	59
2.5.11. Режимы адресации MIPS32.....	60
<b>ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....</b>	<b>62</b>
<b>1. Лабораторные работы .....</b>	<b>62</b>
Лабораторная работа № 1. Среда разработки MPLAB X. Язык ассемблера.....	62
Лабораторная работа № 2. Основные регистры 32-битных CnK .....	69

Лабораторная работа № 3. Арифметические инструкции .....	73
Лабораторная работа № 4. Циклы. Инструкции сравнения.....	75
Лабораторная работа № 5. Работа со стеком.....	79
Лабораторная работа № 6. Расчёт рекуррентной зависимости .....	82
Лабораторная работа № 7. Операции со строками.....	85
Лабораторная работа № 8. Сортировка массивов.....	88
Лабораторная работа № 9. Вычислительные алгоритмы.....	94
Лабораторная работа № 10. Простейшие алгоритмы шифрования .....	105
Лабораторная работа № 11. Генерация псевдослучайных последовательностей.....	121
Лабораторная работа № 12. Вычисления контрольных сумм .....	134
Лабораторная работа № 13. Поиск подстроки .....	142
<b>2. Требования к оформлению отчётов по лабораторным работам.....</b>	<b>151</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>152</b>
<b>БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....</b>	<b>153</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЯ.....</b>	<b>154</b>
Приложение 1. Ассемблерные инструкции MIPS32 .....	154
Приложение 2. Таблица ASCII-кодов .....	169

*Учебное издание*

*ТЫЧИНИНА Юлия Александровна  
УЗЕНГЕР Алексей Андреевич*

**Разработка приложений  
для 32-разрядных микроконтроллеров  
фирмы Microchip на языке ассемблера**

Редактор *Н.В. Беганова*  
Компьютерная верстка *И.О. Миняева*  
Выпускающий редактор *Ю.А. Петропольская*

Подп. в печать 10.07.20  
Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная  
Усл. п. л. 10,0. Уч.-изд. л. 9,95  
Тираж 50 экз. Рег. № 101/20

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский государственный технический университет»  
443100, г. Самара, Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии  
Самарского государственного технического университета  
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус № 8