

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Книга 1

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением вузов
Российской Федерации по образованию в области
историко-архивоведения в качестве учебника
для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальностям
090103 «Организация и технология защиты информации»
и 090104 «Комплексная защита объектов информатизации»*

Орел 2009

УДК 004.3 (075)
ББК 32.973 – 018.2я7
А76

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор учебно-научного комплекса
«Автоматизированные системы и информационные технологии»
Академии Государственной противопожарной службы МЧС России
Н.Г. Топольский,

доктор физико-математических наук, декан факультета «Компьютерные
системы и информационные технологии» Российского нового университета
А.С. Крюковский

А76 Аппаратные средства вычислительной техники: учебник
для вузов / В.А. Минаев, А.П. Фисун, В.А. Зернов, В.Т. Еремен-
ко, И.С. Константинов, А.В. Коськин, Ю.А. Белевская, С.В. Дво-
рянкин; под общей научной редакцией В.А. Минаева, В.А. Зер-
нова, А.П. Фисуна. – Орел: ОрелГТУ, ОГУ, 2009. – 310 с.

ISBN 978-5-93932-313-0

Системно изложены фундаментальные знания по современным про-
цедурам обработки информации и основные принципы построе-
ния вычислительных средств и систем. Впервые раскрыты основы
построения
и перспективы развития аппаратных средств вычислительной техни-
ки во взаимосвязи с направлениями развития элементной базы вы-
числительной техники на основе внедрения нанотехнологий.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по специаль-
ностям 090104 «Комплексная защита объектов информатизации»,
090103 «Организация и технология защиты информации» и аспиран-
тов, изучающих дисциплины «Аппаратные средства вычислительной
техники» и «Вычислительная техника и программирование». Может
быть использован студентами и аспирантами, изучающими автоматизированные системы обработки информации и управления, информационные телекоммуникационные системы и обеспечение их информационной безопасности, а также будет полезен преподавателям и специалистам этих систем.

УДК 004.3 (075)
ББК 32.973 – 018.2я7

ISBN 978-5-93932-313-0

© ОрелГТУ, 2009
© ОГУ, 2009

СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ	8
ПРЕДИСЛОВИЕ	9
ВВЕДЕНИЕ	10

РАЗДЕЛ 1

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ И СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ

Глава 1. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ В ЭВМ	14
1.1. Кодирование как процесс представления информации в цифровом виде	14
1.2. Системы счисления, применяемые в ЭВМ	19
1.3. Основные характеристики позиционной системы счисления	21
1.4. Методы перевода чисел систем счисления	23
1.5. Выбор системы счисления	26
1.6. Формы представления чисел с фиксированной и плавающей запятой	30
1.6.1. Естественная форма представления чисел с фиксированной запятой	30
1.6.2. Представление чисел с плавающей запятой	33
Глава 2. ВЫПОЛНЕНИЕ АРИФМЕТИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ	37
2.1. Выполнение арифметических операций с числами с фиксированной и плавающей запятой	37
2.2. Правила арифметики двоичных чисел	38
2.3. Коды: прямой, обратный, дополнительный и модифицированный при выполнении операций с отрицательными числами	41
Контрольные вопросы	44

РАЗДЕЛ 2

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ И СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЭВМ	46
Глава 3. ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	46
3.1. Первое поколение ЭВМ	47
3.2. Появление концепции хранимой программы	49
3.3. Отечественные ЭВМ первого поколения	51
3.4. Второе поколение ЭВМ	55
3.5. Отечественные ЭВМ второго поколения	57
3.6. Третье поколение ЭВМ	63
3.7. Отечественные ЭВМ третьего поколения	66
3.8. Четвертое поколение ЭВМ	68
3.9. Отечественные ЭВМ четвертого поколения	70
Глава 4. ТЕРМИНОЛОГИЯ	72
4.1. Электронная вычислительная машина	72
4.2. Вычислительная система	72
4.3. Архитектура ЭВМ	72
4.4. Структура ЭВМ	73
4.5. Узел (агрегат) ЭВМ	73
4.6. Элемент ЭВМ	73
Глава 5. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭВМ	74
5.1. Быстродействие	74
5.2. Производительность	75
5.3. Надежность	75
5.4. Точность	76
5.5. Достоверность	76
5.6. Безопасность	76
5.7. Функциональные характеристики	77
Глава 6. КЛАССИФИКАЦИЯ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ	78
6.1. Классификация СВТ по принципу действия	78
6.2. Классификация СВТ по сфере применения	79
6.3. Классификация СВТ по производительности	80
6.3.1. СуперЭВМ	80
6.3.2. Большие ЭВМ	81

6.3.3.	Мини-ЭВМ	82
6.3.4.	МикроЭВМ	83
6.3.5.	Встраиваемые микропроцессоры	84
6.3.6.	Сравнительные характеристики классов СВТ по производительности	84
6.4.	Классификация СВТ по классу обрабатываемых задач	84
6.5.	Классификация СВТ по типам структур вычислительных машин и систем	86
6.6.	Классификация вычислительных систем	86
Глава 7.	БАЗОВЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОБ ЭВМ	88
7.1.	Базовые функции и основные операции	88
7.2.	Структурная и функциональная организация ЭВМ	90
Глава 8.	КОНЦЕПЦИЯ МАШИНЫ С ХРАНИМОЙ В ПАМЯТИ ПРОГРАММОЙ	94
8.1.	Принцип двоичного кодирования	95
8.2.	Принцип программного управления	96
8.3.	Принцип однородности памяти	97
8.4.	Принцип адресности	97
8.5.	Недостатки архитектуры фон Неймана и направления повышения эффективности функционирования ЭВМ	97
Глава 9.	МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЭВМ	99
9.1.	Этапы реализации обобщенного алгоритма в виде модели функционирования ЭВМ	99
9.2.	Логика взаимодействия узлов и элементов, дополняющая и детализирующая модель функционирования ЭВМ	104
Глава 10.	ЭЛЕМЕНТЫ И УЗЛЫ ЭВМ	107
10.1.	Процессор	107
10.2.	Запоминающие устройства	109
10.3.	Устройства ввода-вывода	113
10.4.	Система шин (магистралей)	114
10.5.	Системная плата	118
Глава 11.	ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВМ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ	124
11.1.	Типовые структуры вычислительных машин	124
11.1.1.	Структура ЭВМ с непосредственными связями	124
11.1.2.	Структура ЭВМ на основе общей шины	125

11.2.	Типовые структуры вычислительных систем по способу организации памяти	126
11.2.1.	Структура ВС с общей памятью	127
11.2.2.	Структура ВС с распределенной памятью	129
11.2.3.	ВС с неоднородным доступом к памяти	130
11.3.	Архитектура специализированных вычислительных комплексов	130
11.3.1.	Архитектура ЭВМ для работы с базами данных и знаний	130
11.3.2.	Архитектура ЭВМ для систем логического вывода	132
11.3.3.	Архитектура ЭВМ для обработки графической информации	133
11.3.4.	Архитектура ЭВМ, ориентированная на программное обеспечение	134
11.4.	Особенности организации защищенных ЭВМ, обеспечивающих безопасность обрабатываемой информации	135
	Контрольные вопросы	138

РАЗДЕЛ 3

ПРОЦЕССОРЫ И СИСТЕМА ПАМЯТИ 142

Глава 12.	ПРОЦЕССОРЫ	142
12.1.	Обобщенная архитектура и модель функционирования процессора	142
12.1.1.	Основные понятия и определения	142
12.1.2.	Система машинных команд	144
12.1.3.	Типы архитектур процессоров	153
12.1.4.	Микропроцессорная техника и структура микропроцессора	157
12.1.5.	Модель функционирования центрального процессора	165
12.2.	Технологии повышения производительности процессоров	169
12.2.1.	Конвейерная обработка команд	171
12.2.2.	Суперскалярные микропроцессоры	178
12.2.3.	Кэш-память	181
12.2.4.	Прогнозирование ветвлений	187

12.2.5.	Исполнение с изменением последовательности и подмена регистров	188
12.2.6.	Спекулятивное исполнение	189
12.2.7.	Промышленные линии микропроцессоров	189
12.2.8.	Криптопроцессоры	191
Глава 13.	СИСТЕМА ПАМЯТИ ЭВМ	194
13.1.	Иерархия системы памяти	194
13.2.	Иерархия запоминающих устройств	195
13.2.1.	Основные положения	195
13.2.2.	Назначение и классификация запоминающих устройств	197
13.2.3.	Основные характеристики запоминающих устройств	201
13.3.	Основная память	203
13.3.1.	Статические запоминающие устройства	206
13.3.2.	Динамические запоминающие устройства	211
13.3.3.	Типы синхронной динамической памяти	215
13.3.4.	Характеристики основной памяти	227
13.3.5.	Постоянные запоминающие устройства	229
13.4.	Внешние запоминающие устройства	234
13.4.1.	Запоминающие устройства на магнитных дисках	236
13.4.2.	Запоминающие устройства на твердотельной памяти	246
13.4.3.	Запоминающие устройства на магнитных лентах	246
13.4.4.	Магнитооптические запоминающие устройства	248
13.4.5.	Оптические запоминающие устройства	249
13.5.	Сравнительные характеристики запоминающих устройств	258
13.6.	Системы и сети хранения	259
13.6.1.	Системы хранения данных	261
13.6.2.	Сети хранения данных	282
	Контрольные вопросы	289
	Литература	297