

УДК 004.3'144:621.3.049(075.8)

ББК 32.973.26-04я73-1

А19

Допущено учебно-методическим объединением вузов  
по университетскому политехническому образованию  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальности 230101  
«Вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

Рецензент кандидат технических наук,  
оцент филиала ГОУВПО «МЭИ (ТУ)» в г. Смоленске  
*В. А. Тихонов*

**Аверченков, Олег Егорович.**

А19 Основы схемотехники аналого-цифровых устройств : учебное пособие по курсу «Схемотехника ЭВМ» / О. Е. Аверченков. — Эл. изд. — 1 файл pdf : 81 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-364-6

В пособии описываются основные устройства, сочетающие как аналоговые, так и цифровые цепи, применяемые в микропроцессорной технике для взаимодействия с аналоговым миром, окружающим процессор. К таким устройствам относятся аналоговые коммутаторы, пороговые устройства (с гистерезисом и без), цифроаналоговые преобразователи и аналого-цифровые преобразователи. Рассмотрены не только принципы действия подобных устройств, но и приведены конкретные примеры их реализации, что позволяет рекомендовать данное пособие для курсового проектирования.

УДК 004.3'144:621.3.049(075.8)

ББК 32.973.26-04я73-1

**Электронное издание на основе печатного издания:** Основы схемотехники аналого-цифровых устройств : учебное пособие по курсу «Схемотехника ЭВМ» / О. Е. Аверченков. — Москва : ДМК Пресс, 2012. — 80 с. — ISBN 978-5-94074-350-7. — Текст : непосредственный.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации.

ISBN 978-5-89818-364-6

© Аверченков О. Е., 2012

© Оформление, ДМК Пресс, 2012

# СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
<hr/>	
<b>1 Аналоговые ключи и коммутаторы .....</b>	<b>6</b>
1.1. Аналоговый ключ .....	7
1.1.1. Общие сведения .....	7
1.1.2. Проводящее состояние ключа .....	8
1.1.3. Непроводящее состояние ключа .....	10
1.1.4. Динамическая погрешность ключа .....	11
1.1.5. Условное графическое обозначение (УГО) .....	11
1.1.6. Выбор микросхемы ключа .....	12
1.2. Аналоговый коммутатор .....	12
1.2.1. Внутренняя структура и УГО .....	12
1.2.2. Параметры .....	13
1.2.3. Пример использования коммутатора .....	14
1.2.4. Разновидности микросхем .....	15
1.3. Схема выборки-хранения .....	16
1.3.1. Схема и принцип действия .....	16
1.3.2. Погрешность недозаряда .....	17
1.3.3. Погрешность хранения .....	18
1.3.4. Микросхема КР1100СК2 .....	19
1.4. Аналоговые ключи с изолированным управлением .....	19
1.4.1. Ключ с трансформаторным управлением .....	19
1.4.2. Ключ с оптическим управлением .....	20
1.4.3. Контактные ключи .....	21
1.4.4. «Летающий конденсатор» .....	23
<hr/>	
<b>2 Цифроаналоговые преобразователи .....</b>	<b>25</b>
2.1. Структура ЦАП .....	26
2.1.1. Общие сведения .....	26
2.1.2. Параметры ЦАП .....	27
2.1.3. Структура ЦАП .....	28
2.1.4. ЦАП на основе двоично-взвешенных резисторов .....	28
2.1.5. ЦАП на основе резисторной матрицы R-2R .....	30
2.2. Микросхемы ЦАП и их применение .....	31
2.2.1. УГО ЦАП .....	31
2.2.2. Параллельный интерфейс ЦАП .....	31
2.2.3. Последовательный интерфейс типа SPI .....	33
2.2.4. Последовательный интерфейс типа Up/Down .....	34
2.2.5. Области использования ЦАП .....	35
2.3. Время-импульсный ЦАП .....	36
2.3.1. Общие сведения .....	36
2.3.2. Формирование ШИМ-сигнала .....	38
2.3.3. Аппаратное формирование ШИМ-сигнала .....	39
2.3.4. Сглаживающий фильтр .....	40

<b>3</b>	<b>Пороговые устройства</b> .....	42
3.1.	Аналоговые компараторы .....	43
3.1.1.	Общие сведения .....	43
3.1.2.	Основные параметры .....	45
3.1.3.	Схемы сравнения .....	46
3.1.4.	Двухпороговый компаратор .....	48
3.1.5.	Формирование прямоугольного сигнала .....	49
3.2.	Пороговое устройство с гистерезисом – триггер Шмитта .....	50
3.2.1.	Общие сведения .....	50
3.2.2.	Формирование прямоугольного импульса .....	51
3.2.3.	Логический элемент с гистерезисом .....	52
3.2.4.	Прецизионный триггер Шмитта .....	52
<b>4</b>	<b>Аналого-цифровые преобразования (АЦП)</b> .....	54
4.1.	Общие сведения и параллельный АЦП .....	55
4.1.1.	Основные параметры АЦП .....	55
4.1.2.	Параллельный АЦП .....	56
4.1.3.	Последовательно-параллельный АЦП .....	57
4.2.	АЦП на основе ЦАП и компаратора .....	58
4.2.1.	Общие сведения .....	58
4.2.2.	Развертывающий алгоритм .....	59
4.2.3.	Следящий алгоритм .....	60
4.2.4.	Алгоритм поразрядного уравнивания .....	61
4.3.	Особенности обслуживания микросхем АЦП .....	62
4.3.1.	Обслуживание АЦП К572ПВЗ .....	62
4.3.2.	АЦП с последовательным интерфейсом .....	63
4.3.3.	Особенности встроенных АЦП .....	65
4.4.	Времяимпульсный АЦП развертывающего типа .....	66
4.4.1.	Основные сведения .....	66
4.4.2.	Схема простейшего время-импульсного АЦП .....	67
4.4.3.	Расчетные соотношения .....	68
4.4.4.	Уменьшение погрешности .....	69
4.5.	АЦП двойного интегрирования .....	70
4.5.1.	Общие сведения .....	70
4.5.2.	Реализация АЦП двойного интегрирования .....	72
4.6.	Частотные и сигма-дельта АЦП .....	73
4.6.1.	Частотные АЦП .....	73
4.6.2.	Преобразователь напряжения в частоту (ПНЧ) .....	74
4.6.3.	Структура сигма-дельта АЦП .....	76
4.6.4.	Передискретизация .....	77
4.6.5.	Замена однобитовых устройств .....	77
	<b>Литература</b> .....	79