

УДК 621.375.132

ББК 32.846.6

М30

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор *А. Е. Краснопольский* (МИСиС)

кандидат технических наук, профессор *Ю. Е. Бабичев* (МГТУ)

**Марченко, Алексей Лукич.**

М30 Основы электроники : учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 294 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-389-9

Книга представляет собой учебное пособие по основам электроники, материал которой структурирован в соответствии с Государственным стандартом и программой по общепрофессиональной дисциплине для вузов «Электротехника и электроника».

Материал книги разбит на две части. В первой части рассматривается элементная база, а также основы аналоговой, импульсной и цифровой электроники. Вторая часть посвящена испытанию электронных устройств, смоделированных в программной среде NI Multisim 10.

Издание предназначено для студентов высших учебных заведений, а также может быть полезно инженерам и другим научно-техническим специалистам. 30-дневную демо-версию Multisim 10 можно скачать на сайте корпорации National Instruments. Схемы электронных устройств, спроектированные в среде NI Multisim 10 и рассмотренные в книге, размещены на сайте издательства и автора — [marchenko.elinf.ru](http://marchenko.elinf.ru).

УДК 621.375.132

ББК 32.846.6

**Электронное издание на основе печатного издания:** Основы электроники : учебное пособие для вузов / А. Л. Марченко. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 293 с. — ISBN 978-5-97060-365-9. — 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 978-5-89818-389-9

© Марченко А. Л., 2013

© Оформление. ДМК Пресс, 2016

# Содержание

<b>Предисловие .....</b>	<b>8</b>
<b>Сокращения терминов, аббревиатуры .....</b>	<b>10</b>
<b>Введение .....</b>	<b>13</b>
<b>Тема 1. Полупроводниковые приборы .....</b>	<b>17</b>
1.1. Электронно-дырочный переход .....	17
1.2. Диоды и их свойства .....	19
1.3. Разновидности диодов .....	21
1.4. Транзисторы .....	26
1.4.1. Биполярные транзисторы .....	26
1.4.2. Понятие о полевых транзисторах .....	31
1.5. Биполярный транзистор с изолированным затвором .....	33
1.6. Тиристоры .....	34
1.7. Интегральные микросхемы .....	37
Вопросы к теме 1 .....	39
<b>Тема 2. Источники вторичного электропитания .....</b>	<b>41</b>
2.1. Общие положения .....	41
2.2. Однофазные выпрямители .....	42
2.3. Трехфазные выпрямители .....	45
2.4. Сглаживающие фильтры .....	47
2.5. Стабилизаторы напряжения и тока .....	51
2.6. Управляемые выпрямители .....	54
2.7. Внешние характеристики выпрямителей .....	55
Вопросы к теме 2 .....	56
<b>Тема 3. Электронные усилители .....</b>	<b>58</b>
3.1. Назначение и классификация электронных усилителей .....	58
3.2. Характеристики усилителей .....	60
3.3. Типовая схема однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе, включенного по схеме с ОЭ .....	62
3.4. Эмиттерный повторитель .....	66
3.5. Дифференциальный усилитель .....	67
3.6. Режимы работы усилительных каскадов .....	69
3.7. Каскадное соединение усилителей .....	70
3.8. Усилители мощности на транзисторах .....	71

3.9. Операционные усилители .....	73
Вопросы к теме 3 .....	74
<b>Тема 4. Импульсные устройства. Автогенераторы .....</b>	<b>76</b>
4.1. Общие понятия .....	76
4.2. Параметры импульсов и импульсных устройств .....	77
4.3. Простейшие формирователи импульсов .....	78
4.4. Ограничители уровня .....	79
4.5. Транзисторный ключ .....	80
4.6. Триггер .....	82
4.7. Электронные генераторы .....	83
4.7.1. Автогенератор типа LC .....	84
4.7.2. Автогенераторы типа RC .....	85
4.7.3. Мультивибраторы .....	86
4.7.4. Генератор импульсов треугольной формы .....	89
4.7.5. Ждущий мультивибратор .....	90
4.7.6. Генератор пилообразного напряжения .....	90
Вопросы к теме 4 .....	91
<b>Тема 5. Логические основы цифровых устройств .....</b>	<b>93</b>
5.1. Общие сведения о цифровых устройствах .....	93
5.2. Элементы алгебры логики .....	96
5.3. Основные логические операции и способы их аппаратной реализации .....	99
5.4. Универсальные логические операции и их особенности .....	102
5.5. Представление логических функций математическими выражениями .....	104
5.6. Переход от логической функции к логической схеме .....	105
5.7. Минимизация логических функций .....	106
5.8. Запись и реализация логических функций в универсальных базисах .....	107
5.9. Программируемые логические матрицы .....	110
Вопросы к теме 5 .....	112
<b>Тема 6. Функциональные узлы цифровых устройств .....</b>	<b>114</b>
6.1. Комбинационные и последовательностные устройства .....	114
6.2. Дешифраторы и шифраторы .....	116
6.3. Мультиплексоры и демультимплексоры .....	118
6.4. Компаратор .....	120
6.5. Двоичные полусумматоры и сумматоры .....	121
6.6. Цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи .....	123
6.6.1. Цифроаналоговые преобразователи .....	123
6.6.2. Аналого-цифровые преобразователи .....	125
6.7. Триггеры .....	127

6.7.1. Асинхронный RS-триггер .....	127
6.7.2. Синхронный RS-триггер .....	129
6.7.3. Т-триггер .....	129
6.7.4. D-триггер .....	129
6.7.5. JK-триггер .....	131
6.8. Счётчики .....	132
6.8.1. Классификация счётчиков .....	132
6.8.2. Счётчик с непосредственными связями .....	133
6.8.3. Суммирующий синхронный счётчик .....	135
6.8.4. Реверсивный синхронный счётчик .....	136
6.8.5. Десятичный счётчик .....	137
6.9. Регистры и регистровая память .....	138
6.10. Арифметико-логические устройства .....	140
6.10.1. Классификация и обобщенная структура АЛУ .....	140
6.10.2. Универсальное АЛУ в интегральном исполнении .....	142
6.11. Запоминающие устройства .....	144
6.11.1. Классификация запоминающих устройств .....	144
6.11.2. Схемы элементов памяти .....	145
Вопросы к теме 6 .....	150
<b>Тема 7. Микропроцессорные устройства .....</b>	<b>151</b>
7.1. Общие сведения о микропроцессорах .....	151
7.2. Типы микропроцессоров и архитектура вычислительных устройств .....	153
7.2.1. Основные типы микропроцессоров .....	153
7.2.2. Основные команды и регистры микропроцессоров .....	155
7.2.3. Архитектура вычислительных устройств .....	157
7.2.4. Структура и функционирование микропроцессоров .....	159
7.3. Микропроцессорные системы и микроконтроллеры .....	163
7.3.1. Микропроцессорные комплекты и микропроцессорные системы .....	164
7.3.2. Микроконтроллеры .....	166
7.3.3. Многопроцессорные системы .....	167
Вопросы к теме 7 .....	168
<b>Тема 8. Структура и свойства среды моделирования схем электронных устройств NI Multisim 10 .....</b>	<b>169</b>
8.1. Общие положения .....	169
8.2. Общие сведения о среде интерактивного проектирования электронных схем NI Multisim 10 .....	171
8.2.1. Установка MS10 .....	171
8.2.2. Основные элементы программной среды MS10 .....	172

8.2.3. Командные строки инструментальной линейки .....	177
8.2.4. Измерительные приборы, источники питания и устройства визуализации .....	180
8.3. Технология сборки схем .....	181

## **Тема 9. Моделирование схем аналоговых электронных устройств ..... 185**

9.1. Полупроводниковые диод, стабилитрон и тиристор .....	185
9.2. Однофазные полупроводниковые выпрямители .....	191
9.3. Биполярные и полевые транзисторы .....	194
9.4. Простейшие транзисторные усилители .....	200
9.4.1. Усилитель на биполярном транзисторе с ОЭ .....	200
9.4.2. Усилитель на полевом транзисторе с ОИ .....	204
9.4.3. Истоковый повторитель .....	207
9.4.4. Дифференциальный усилитель на биполярных транзисторах .....	208
9.5. Электронные устройства на операционных усилителях .....	210
9.6. Аналоговые компараторы .....	217
9.7. Мультивибраторы .....	224
9.7.1. Симметричный и несимметричный мультивибраторы и одновибратор .....	224
9.7.2. Генератор линейно изменяющегося напряжения .....	227
9.8. Генераторы синусоидальных колебаний .....	228
9.8.1. Ёмкостная трёхточечная схема LC-генератора .....	228
9.8.2. Индуктивная трёхточечная схема LC-генератора .....	235
9.8.3. RC-генератор синусоидальных колебаний .....	236

## **Тема 10. Моделирование схем цифровых и аналого-цифровых устройств ..... 240**

10.1. Библиотеки цифровых устройств и инструментарий программной среды MS10 .....	240
10.1.1. Генератор бинарного слова .....	240
10.1.2. Логический анализатор .....	245
10.1.3. Схема проверки настроек инструментов Word Generator и Logic Analyzer .....	248
10.2. Логические элементы и схемы .....	250
10.2.1. Двоичные логические элементы .....	250
10.2.2. Логические схемы на элементах ИЛИ, И и НЕ .....	252
10.3. Триггеры .....	253
10.3.1. RS-триггер на логических элементах ИЛИ-НЕ .....	253
10.3.2. Триггеры T-, D- и JK-типа .....	255

10.4. Дешифратор и шифратор .....	255
10.5. Демультимплексор и мультиплексор .....	258
10.6. Цифровой компаратор .....	262
10.7. Универсальный регистр .....	264
10.8. Счётчики .....	269
10.9. Цифроаналоговый преобразователь .....	271
10.10. Аналого-цифровой преобразователь .....	274
10.11. Оптоэлектронные приборы .....	280
<b>Заключение .....</b>	<b>285</b>
<b>Приложение. Каталог схемных файлов электронных устройств .....</b>	<b>286</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>289</b>
<b>Предметный указатель .....</b>	<b>291</b>