

УДК 621.38.04

ББК 32.85-04

Б67

А

Бишоп, Оуэн.

Б67 Электронные схемы и системы / О. Бишоп ; пер. с англ. А. Н. Рабодзея. — 2-е изд., эл. — 1 файл pdf : 578 с. — Москва : ДМК Пресс, 2023. — Систем. требования: Adobe Reader XI либо Adobe Digital Editions 4.5 ; экран 10". — Текст : электронный.

ISBN 978-5-89818-646-3

Эта книга была написана как пособие для начальных курсов по электронике. Ее содержание тщательно согласовано с основными программами образования в Великобритании, но затрагиваемые темы и глубина их рассмотрения были выбраны так, чтобы получившийся материал был доступен для большинства студентов во всем мире. Единственным требуемым знанием являются основы математики и физики уровня средней школы.

В книге рассмотрены следующие темы: основы электротехники и электроники, электронные приборы, аналоговые схемы, микропроцессорные системы и их применение, системы управления производственными процессами, микроконтроллеры и основы телекоммуникации, а также моделирование электронных схем на персональном компьютере.

Особенностью книги является ее практическая направленность, имеющая целью побудить читателей к конструированию и испытанию реальных электрических схем на практике.

В основной текст включены врезки с дополнительными материалами, которые студенты могут по своему желанию изучать или пропускать. В тексте часто вставлены вопросы для самопроверки.

Издание подходит как для использования в качестве учебного пособия, так и для самообразования.

УДК 621.38.04

ББК 32.85-04

Электронное издание на основе печатного издания: Электронные схемы и системы / О. Бишоп ; пер. с англ. А. Н. Рабодзея. — Москва : ДМК Пресс, 2016. — 576 с. — ISBN 978-5-97060-172-3. — 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 978-5-89818-646-3

© 2011, Owen Bishop. Published by Elsevier Ltd.

© Оформление, перевод, ДМК Пресс, 2016

А

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----------|
| Предисловие..... | 17 |
| Практические схемы и системы..... | 18 |
| I Электрические схемы и цепи..... | 20 |
| Введение..... | 21 |
| Глава 1. Диоды..... | 24 |
| Ток и напряжение | 24 |
| Обратное смещение..... | 25 |
| Вопросы по схемам | 30 |
| Вопросы по диодам | 30 |
| Тесты | 31 |
| Глава 2. Транзисторные ключи | 32 |
| Включение ламп..... | 32 |
| Датчики..... | 33 |
| Схема включения лампы с помощью фотодиода | 33 |
| Варианты схемы фотореле | 35 |
| Конструирование систем | 35 |
| Сирена, включаемая датчиком освещенности..... | 35 |
| Ключи на биполярных транзисторах | 37 |
| Схема для управления нагревателем | 38 |
| Термисторы..... | 39 |
| Защитный диод | 40 |
| ЭДС | 41 |
| Индикация работы системы | 41 |
| Предупреждение о перегреве..... | 42 |
| Инверсная работа | 42 |
| р-п-р или п-р-п? | 42 |
| Типы МОП-транзисторов | 43 |
| Триггер Шмитта | 43 |
| Защелкивание | 44 |
| Гистерезис | 44 |
| Управление логическими сигналами..... | 45 |
| Практикум по транзисторным ключам..... | 50 |
| Вопросы по транзисторным ключам | 50 |
| Дополнительные вопросы | 52 |
| Тесты | 52 |
| Глава 3. Делители напряжения | 54 |
| Ток и разность потенциалов | 54 |
| Влияние нагрузки делителя напряжения..... | 55 |
| Увеличение точности | 56 |
| Датчики..... | 57 |
| Погрешности измерений..... | 57 |
| Регулируемые делители напряжения | 58 |
| Внутреннее сопротивление..... | 58 |

| | |
|---|------------|
| Практикум по делителям напряжения | 60 |
| Вопросы по делителям напряжения | 60 |
| Глава 4. Конденсаторы | 62 |
| Емкость конденсатора | 62 |
| Параллельное и последовательное соединения конденсаторов | 63 |
| Выбор конденсаторов | 63 |
| Применение конденсаторов для связи между каскадами | 68 |
| Применение конденсаторов для исключения паразитной связи между каскадами (блокировки) | 69 |
| Заряд конденсаторов | 70 |
| Разряд конденсаторов | 72 |
| Время | 72 |
| Практикум по конденсаторам | 73 |
| Вопросы по конденсаторам | 74 |
| Дополнительные вопросы | 75 |
| Тесты | 76 |
| Вспомогательный веб-сайт | 77 |
| Глава 5. Применение конденсаторов | 78 |
| Задержка времени | 78 |
| Одновибратор | 78 |
| Таймер на микросхеме семейства 555 | 79 |
| Мультивибратор | 81 |
| Переменное напряжение | 83 |
| Фильтр нижних частот | 84 |
| Сопротивление и реактанс | 85 |
| Импеданс | 85 |
| Импеданс и частота | 86 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 86 |
| Частота среза | 88 |
| АЧХ фильтра низкой частоты | 88 |
| Фазовые соотношения | 89 |
| Период и фазовый сдвиг | 90 |
| Ток конденсатора | 91 |
| Фазочастотная характеристика фильтра высокой частоты | 92 |
| Практикум по фильтрам | 92 |
| Вопросы по применению конденсаторов | 93 |
| Глава 6. Поля | 95 |
| Электрическое поле | 95 |
| Магнитное поле | 95 |
| Поля и движение | 96 |
| Единицы измерения электрических полей | 97 |
| Единицы измерения магнитных полей | 97 |
| Ферромагнетики | 99 |
| Глава 7. Катушки индуктивности | 102 |
| Самоиנדукция | 102 |
| Реактанс | 103 |
| Типы компонентов электронных цепей с индуктивностью | 104 |
| Передача энергии | 105 |

| | |
|---|------------|
| LC-цепи | 105 |
| Фильтры с индуктивными элементами | 107 |
| Вопросы по полям | 110 |
| Вопросы по катушкам индуктивности | 110 |
| Тесты | 111 |
| Глава 8. Усилители на МОП-транзисторах | 112 |
| Усилитель с общим истоком | 112 |
| Крутизна передаточной характеристики | 113 |
| Смещение | 114 |
| Разделительные конденсаторы | 114 |
| Выходное напряжение | 115 |
| Выходное сопротивление | 115 |
| Испытания усилителя | 116 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 116 |
| Фазочастотная характеристика | 117 |
| Практикум по усилителю на МОП-транзисторе в схеме с общим истоком | 117 |
| Практикум по крутизне МОП-транзисторов | 118 |
| Усилитель с общим стоком | 118 |
| Коэффициент усиления по напряжению | 119 |
| Согласование выхода с входом | 119 |
| Усиление по току и по мощности | 120 |
| Практикум по повторителям напряжения на МОП-транзисторах | 120 |
| Применение МОП-транзисторов | 121 |
| Вопросы по МОП-транзисторам | 122 |
| Тесты | 123 |
| Дополнительные вопросы | 124 |
| Глава 9. Усилители на биполярных транзисторах | 125 |
| Усилитель с общим эмиттером | 125 |
| Коэффициент усиления по току | 125 |
| Выходное напряжение | 126 |
| Выходное сопротивление | 127 |
| Смещение | 127 |
| Сопротивление эмиттера | 127 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 128 |
| Коэффициент усиления по напряжению | 128 |
| Улучшение стабильности | 129 |
| Входное сопротивление | 130 |
| Коэффициент усиления по напряжению | 130 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 131 |
| Шунтирующий конденсатор | 131 |
| Потребляемая мощность | 132 |
| Практикум по усилителям на биполярных транзисторах | 132 |
| Усилитель с общим коллектором | 132 |
| Коэффициент усиления по напряжению | 133 |
| Коэффициент усиления по току и мощности | 134 |
| Амплитудно-частотная характеристика эмиттерного повторителя | 134 |
| Составной транзистор (схема Дарлингтона) | 134 |
| Практикум по составным транзисторам | 135 |
| Дифференциальный усилитель | 135 |
| Практикум по дифференциальным усилителям | 138 |

| | |
|--|-----|
| Резонансные усилители | 138 |
| Добротность | 140 |
| Достоинства резонансных усилителей | 141 |
| Практикум по резонансным усилителям | 141 |
| Вопросы по биполярным транзисторам | 143 |
| Тесты | 144 |
| Глава 10. Усилители на полевых транзисторах с p-n-переходом | 146 |
| Крутизна передаточной характеристики | 147 |
| Выходное сопротивление | 147 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 148 |
| Практикум по усилителям на полевых транзисторах с p - n -переходом | 148 |
| Практикум по крутизне полевых транзисторов с p - n -переходом | 148 |
| Вопросы по полевым транзисторам с p - n -переходом | 150 |
| Тесты | 150 |
| Глава 11. Операционные усилители | 151 |
| Терминология | 151 |
| Корпуса | 152 |
| Идеальный операционный усилитель | 152 |
| ОУ на практике | 152 |
| Напряжение смещения нуля | 153 |
| Скорость нарастания выходного напряжения | 153 |
| Влияние частоты на коэффициент усиления | 154 |
| Компаратор напряжения | 155 |
| Практикум по компараторам напряжения | 156 |
| Равенство напряжений на входах ОУ | 156 |
| Инвертирующий усилитель | 157 |
| Виртуальная земля | 158 |
| Входное сопротивление | 158 |
| Расчет номинала резистора R_B для минимизации смещения нуля ОУ | 159 |
| Практикум по смещению нуля | 160 |
| Практикум по амплитудно-частотным характеристикам | 161 |
| Неинвертирующий усилитель | 161 |
| Повторитель напряжения | 162 |
| Вопросы по операционным усилителям | 163 |
| Параметры операционных усилителей | 164 |
| Выбор ОУ | 165 |
| Тесты | 165 |
| Глава 12. Применение операционных усилителей | 166 |
| Сумматор | 166 |
| Дифференциальный усилитель | 167 |
| Входное сопротивление дифференциального усилителя | 168 |
| Применение дифференциальных усилителей в медицинских исследованиях | 168 |
| Измерения с помощью мостовой схемы | 169 |
| Интегратор | 171 |
| Генераторы треугольных импульсов | 172 |
| Инвертирующий триггер Шмитта | 173 |
| Работа триггера Шмитта | 173 |
| Расчет пороговых напряжений | 175 |
| Проектирование инвертирующего триггера Шмитта | 176 |

| | |
|--|------------|
| Неинвертирующий триггер Шмитта | 177 |
| Пороговые напряжения | 179 |
| Проектирование неинвертирующего триггера Шмитта | 179 |
| Генераторы пилообразного напряжения и импульсов прямоугольной формы | 181 |
| Генератор пилообразного напряжения | 182 |
| Период следования импульсов, постоянная времени RC-цепи и гистерезис | 183 |
| Вопросы по применению операционных усилителей | 183 |
| Тесты | 185 |
| Глава 13. Активные фильтры | 187 |
| Амплитудно-частотная характеристика | 188 |
| Активный фильтр верхних частот первого порядка | 189 |
| Проектирование фильтров первого порядка | 190 |
| Активные фильтры второго порядка | 191 |
| Полосовые фильтры | 192 |
| Заградительные фильтры | 194 |
| Практикум по активным фильтрам | 195 |
| Вопросы по активным фильтрам | 196 |
| Тесты | 196 |
| Глава 14. Генераторы | 198 |
| Генератор с фазосдвигающей цепью | 198 |
| Генератор Колпитца | 199 |
| Генератор с мостом Вина | 200 |
| Практикум по генераторам | 201 |
| Глава 15. Мощные усилители | 202 |
| Усилители тока | 202 |
| Усилители класса А | 203 |
| Усилители класса В | 203 |
| Устранение переходных искажений | 205 |
| Мощные усилители на МОП-транзисторах | 206 |
| Проблемы отвода тепла | 206 |
| Радиаторы | 207 |
| Тепловое сопротивление | 208 |
| Интегральные схемы усилителей звуковой частоты | 210 |
| Практикум по мощным усилителям | 212 |
| Вопросы по мощным усилителям | 212 |
| Тесты | 212 |
| Глава 16. Тиристоры и триаки | 214 |
| Работа тиристора | 214 |
| Применение тиристоров при работе на постоянном токе | 215 |
| Применение тиристоров при работе на переменном токе | 216 |
| Рабочее напряжение | 217 |
| Двухполупериодный управляемый выпрямитель | 218 |
| Триаки | 219 |
| Диаки | 220 |
| Импульсы управления | 220 |
| Ложные включения | 223 |
| Электромагнитные помехи | 223 |
| Включение при нулевом напряжении | 224 |

| | |
|---|------------|
| Практикум по работе тиристоров..... | 226 |
| Практикум по управляемым выпрямителям..... | 227 |
| Вопросы по тиристорам и триакам..... | 227 |
| Тесты..... | 228 |
| Глава 17. Источники питания..... | 229 |
| Выпрямление..... | 230 |
| Сглаживание..... | 230 |
| Выходное напряжение..... | 231 |
| Двухполупериодный выпрямитель и стабилизатор напряжения на стабилитроне..... | 231 |
| Мостовой выпрямитель..... | 231 |
| Сглаживание..... | 232 |
| Расчет амплитуды пульсаций..... | 233 |
| Стабилизация напряжения..... | 234 |
| Мощность стабилитрона..... | 235 |
| Мощность балластного резистора..... | 235 |
| Выходное сопротивление источника питания..... | 235 |
| Работа с большими токами нагрузки..... | 235 |
| Стабилизированный источник питания с двухполупериодным выпрямлением и стабилизатором на микросхеме..... | 236 |
| Диодный мост в монолитном исполнении..... | 237 |
| Применение микросхем для стабилизации напряжения..... | 237 |
| Выходное сопротивление и коэффициент стабилизации..... | 238 |
| Цепи защиты интегральных стабилизаторов напряжения..... | 238 |
| Регулируемые интегральные стабилизаторы напряжения..... | 238 |
| Практикум по источникам питания..... | 239 |
| Вопросы по источникам питания..... | 239 |
| Глава 18. Логические микросхемы..... | 241 |
| Работа элемента И..... | 241 |
| Элемент ИЛИ..... | 242 |
| Элемент НЕ..... | 243 |
| Элементы И-НЕ и ИЛИ-НЕ..... | 243 |
| Элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ..... | 244 |
| Семейства логических микросхем..... | 245 |
| Транзисторно-транзисторная логика..... | 245 |
| КМОП-логика..... | 246 |
| Сравнение ТТЛ и КМОП ИС..... | 247 |
| Эмиттерно-связанная логика (ЭСЛ)..... | 250 |
| Практикум по логическим уровням напряжения..... | 250 |
| Практикум по таблицам истинности..... | 251 |
| Вопросы по логическим микросхемам..... | 252 |
| Тесты..... | 253 |
| Глава 19. Логические операции..... | 254 |
| Булевы символы..... | 255 |
| Определение состояния выходов..... | 255 |
| Схемы с четырьмя входами..... | 258 |
| Карты Карно..... | 259 |
| Разработка схем..... | 260 |
| Макетирование и моделирование..... | 263 |
| Работа с элементами И-НЕ и ИЛИ-НЕ..... | 264 |

| | |
|---|------------|
| Практикум по логическим операциям..... | 267 |
| Практикум по использованию моделирования | 268 |
| Вопросы по логическим операциям..... | 269 |
| Тесты | 270 |
| Глава 20. Комбинационные устройства | 271 |
| Мажоритарная логика | 271 |
| Полусумматор..... | 272 |
| Полный сумматор..... | 273 |
| Древовидная схема контроля по четности | 274 |
| Схема сравнения по абсолютной величине..... | 275 |
| Преобразователь десятичных чисел в двоичные..... | 276 |
| Преобразователь двоичных чисел в десятичные..... | 276 |
| Шифратор приоритетов..... | 277 |
| Селектор данных | 278 |
| Распределитель данных | 279 |
| Произвольные таблицы истинности | 280 |
| Использование ПЗУ..... | 284 |
| Программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) | 285 |
| Выполнение логических операций программным путем..... | 285 |
| Практикум по ИС средней степени интеграции | 286 |
| Вопросы по комбинационным устройствам | 286 |
| Тесты | 287 |
| Глава 21. Последовательностные логические схемы..... | 289 |
| Триггеры | 289 |
| Временные задержки | 291 |
| Одновибраторы | 293 |
| Мультивибраторы на КМОП ИС..... | 295 |
| Защелки | 296 |
| Тактируемая логика..... | 297 |
| D-триггеры..... | 297 |
| T-триггер | 298 |
| J-K-триггеры | 299 |
| Практикум по триггерам..... | 300 |
| Практикум по тактируемой логике..... | 301 |
| Вопросы по схемам с последовательностной логикой | 301 |
| Тесты | 302 |
| Глава 22. Счетчики и регистры..... | 303 |
| Деление и счет | 303 |
| JK-счетчики..... | 305 |
| Суммирующие и вычитающие счетчики | 305 |
| Счетчики со сквозным переносом | 306 |
| Синхронные счетчики | 308 |
| Двоично-десятичные счетчики..... | 308 |
| Счетчики до n..... | 310 |
| Декодирование состояний выходов..... | 310 |
| Регистры данных | 311 |
| Регистры сдвига | 312 |
| Счетчики Джонсона | 313 |
| Статические оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) | 317 |

| | |
|--|------------|
| Динамические оперативные запоминающие устройства (ОЗУ) | 317 |
| Флеш-память | 318 |
| Управление памятью | 319 |
| Практикум по счетчикам и регистрам | 320 |
| Вопросы по счетчикам и регистрам | 321 |
| Тесты | 322 |
| Глава 23. Дисплеи | 323 |
| Светодиоды | 323 |
| 7-сегментные светодиодные дисплеи | 324 |
| 14-сегментные дисплеи | 326 |
| Матричные дисплеи | 326 |
| Жидкокристаллические дисплеи | 327 |
| Практикум по светодиодным дисплеям | 328 |
| Вопросы по светодиодам и дисплеям | 330 |
| Тесты | 330 |
| Глава 24. Преобразователи сигналов | 332 |
| Аналого-цифровые преобразователи | 332 |
| Параллельный АЦП | 332 |
| АЦП с последовательным приближением | 335 |
| АЦП интегрирующего типа | 338 |
| Сигма-дельта АЦП | 339 |
| Цифроаналоговые преобразователи | 340 |
| Сумматор на операционном усилителе | 340 |
| ЦАПы на матрице R-2R | 342 |
| Практикум по АЦП | 344 |
| Практикум по ЦАПам | 344 |
| Вопросы по преобразователям сигналов | 344 |
| Тесты | 345 |
| Глава 25. Интегральные схемы | 346 |
| ИС с низким уровнем интеграции | 346 |
| ИС для импульсных преобразователей напряжения | 348 |
| Фильтры на переключаемых конденсаторах | 349 |
| Схемы фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) | 350 |
| Практикум по ИС | 351 |
| II Системы | 352 |
| Глава 26. Аудио- и видеосистемы | 353 |
| Системы | 353 |
| Входная часть | 353 |
| Радиотюнер | 354 |
| CD/DVD-плеер | 354 |
| Жесткий диск | 356 |
| Флеш-память | 357 |
| Микрофоны | 357 |
| Компьютер как источник аудио- и видеосигналов | 358 |
| Аналоговые аудиосистемы | 359 |
| Обработка сигналов | 359 |

| | |
|--|------------|
| Звуковой смеситель..... | 360 |
| Эквалайзер..... | 360 |
| Выходной усилитель..... | 362 |
| Громкоговорители..... | 362 |
| Звуковые колонки..... | 364 |
| Вопросы по аудио- и видеосистемам..... | 364 |
| Другие вопросы..... | 365 |
| Тесты..... | 365 |
| Глава 27. Шумы..... | 367 |
| Источники шумов..... | 367 |
| Электромагнитные помехи..... | 367 |
| Механические источники помех..... | 368 |
| Шумы в электрических цепях..... | 368 |
| Обработка сигналов..... | 370 |
| Отношение сигнал–шум..... | 370 |
| Уменьшение шумов..... | 371 |
| Шумы в телекоммуникациях..... | 372 |
| Вопросы по шумам..... | 373 |
| Тесты..... | 373 |
| Глава 28. Телекоммуникационные системы..... | 375 |
| Несущая частота и модуляция..... | 377 |
| Импульсная модуляция..... | 379 |
| Частотная манипуляция..... | 381 |
| Передача цифровых данных..... | 382 |
| Частотное уплотнение..... | 383 |
| Временное уплотнение..... | 384 |
| Скорость передачи данных..... | 384 |
| Дрожание (джиттер)..... | 385 |
| Форма импульсов..... | 386 |
| Сравнение аналоговых и цифровых систем передачи данных..... | 387 |
| Сети телекоммуникации..... | 388 |
| RS-232..... | 388 |
| Код ASCII..... | 390 |
| Соединение и переключение цепей..... | 391 |
| Коммутация сообщений..... | 392 |
| TCP/IP..... | 393 |
| Вопросы по телекоммуникациям..... | 395 |
| Тесты..... | 396 |
| Глава 29. Линии передачи..... | 397 |
| Типы линий связи..... | 397 |
| Линии передачи..... | 398 |
| Характеристический импеданс..... | 400 |
| Передачики и приемники..... | 400 |
| Перекрестные помехи..... | 403 |
| Практикум по линиям передач..... | 403 |
| Практикум по трансформаторному включению линии передачи..... | 404 |
| Практикум по передатчикам и приемникам..... | 404 |
| Вопросы по линиям передач..... | 405 |
| Тесты..... | 405 |

| | |
|---|------------|
| Глава 30. Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС)..... | 407 |
| Оптическое волокно | 407 |
| Источники света | 409 |
| Приемники света | 409 |
| Преимущества ВОЛС | 410 |
| Вопросы по ВОЛС | 411 |
| Тесты | 411 |
| Глава 31. Радиотехнические системы связи | 413 |
| Спектр электромагнитных волн..... | 413 |
| Радиовещание..... | 414 |
| Околоземная волна..... | 414 |
| Ионосферные радиоволны..... | 416 |
| Антенны | 418 |
| Антенны направленного действия | 420 |
| Радиопередающие устройства | 421 |
| Радиоприемные устройства..... | 423 |
| Супергетеродинные радиоприемники..... | 425 |
| Мобильные телефоны..... | 427 |
| Практикум по радиоприемникам | 429 |
| Практикум по биениям | 430 |
| Вопросы по радиотехническим системам связи..... | 430 |
| Тесты | 430 |
| Глава 32. Измерительные системы..... | 432 |
| Телеметрия..... | 432 |
| Измерение напряжения | 433 |
| Датчики..... | 434 |
| Датчики, генерирующие ЭДС..... | 435 |
| Резистивные датчики..... | 436 |
| Датчики газового состава | 437 |
| Емкостные датчики..... | 438 |
| Индуктивные датчики | 439 |
| Обработка сигналов и их использование..... | 440 |
| Дисплеи измерительных приборов..... | 441 |
| Практикум по измерительным системам..... | 443 |
| Вопросы по измерительным системам | 443 |
| Глава 33. Электронные системы управления | 444 |
| Регуляторные системы и сервосистемы..... | 445 |
| Управление температурой..... | 445 |
| Обратная связь в термостате | 446 |
| Управление скоростью вращения вала электромотора..... | 446 |
| Управление перемещением..... | 449 |
| Практикум по системам управления..... | 451 |
| Вопросы по системам управления..... | 451 |
| Глава 34. Системы управления производственными процессами | 452 |
| Пропорциональное управление..... | 452 |
| Пропорционально-интегральное управление | 456 |
| Пропорционально-интегрально-дифференциальное управление | 458 |
| Практикум по системам пропорционально-интегрально-дифференциального управления..... | 460 |

| | |
|--|-----|
| Глава 35. Отказы систем | 461 |
| Причины отказов | 461 |
| Проявление отказа | 462 |
| Внешний осмотр | 463 |
| Предварительный анализ | 463 |
| Наиболее часто встречающиеся причины отказов | 464 |
| Аналоговые схемы | 465 |
| Цифровые схемы | 466 |
| Программные неисправности | 468 |
| Испытания программ | 468 |
| Вопросы по отказам систем | 469 |

III Микроэлектронные цифровые системы 471

| | |
|---------------------------------|-----|
| Глава 36. Входы и выходы | 472 |
| Одноразрядный вход | 472 |
| Многоразрядные входы | 474 |
| Изолированные входы | 475 |
| Одноразрядный выход | 476 |
| Многоразрядные выходы | 477 |
| Вопросы по входам и выходам | 477 |
| Тесты | 478 |

| | |
|--|-----|
| Глава 37. Обработка информации | 479 |
| От битов до терабайтов | 479 |
| Шины | 480 |
| Элементы компьютерной системы | 481 |
| Процессор | 482 |
| Микроконтроллеры | 485 |
| Программируемые логические контроллеры | 488 |
| Адресация | 489 |
| Обработка данных | 491 |
| Практикум по контроллерам | 493 |
| Вопросы по обработке данных | 494 |
| Тесты | 494 |

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Глава 38. Программирование | 496 |
| Блок-схема | 497 |
| Инициализация | 497 |
| Арифметические и логические операции | 499 |
| Временные подпрограммы | 501 |
| Обращение с данными | 502 |
| Подпрограммы ввода | 503 |
| Подпрограммы вывода | 508 |
| Прерывания | 515 |
| Прямая и косвенная адресация | 517 |
| Стек | 518 |
| Заключение | 519 |
| Практикум по программированию | 519 |

| | |
|---|-----|
| Глава 39. Языки программирования | 521 |
| Программирование в машинных кодах | 521 |

| | |
|---|------------|
| Программирование на ассемблере | 522 |
| Некоторые программы в ассемблере | 525 |
| Сокращения, используемые в ассемблере | 525 |
| Входы и выходы | 527 |
| Конфигурация выводов как выходов | 527 |
| Программирование с входами и выходами | 528 |
| Виртуальный микроконтроллер для оптического распознавания образов | 530 |
| Программирование на языке BASIC | 530 |
| Программирование в многоступенчатой логике | 533 |
| Тесты по ассемблеру | 536 |
| Тесты по BASIC'у | 537 |
| Тесты по многоступенчатой логике | 538 |
| Глава 40. Роботизированные системы | 540 |
| Роботы в промышленности | 540 |
| Источники питания | 541 |
| Робот как система | 542 |
| Достоинства программного обеспечения | 542 |
| Датчики роботов | 542 |
| Датчики света | 542 |
| Датчики касания | 543 |
| Микрофон | 545 |
| Датчики магнитного поля | 546 |
| Исполнительные механизмы роботов | 546 |
| Глава 41. Нейронные сети | 549 |
| Математические модели | 550 |
| Распознавание образов | 553 |
| Аналоговые входы и выходы | 554 |
| Вопросы по нейронным сетям | 555 |
| Тесты | 555 |
| Приложение А. Полезная информация | 557 |
| Электрические величины и единицы их измерения | 557 |
| Законы электрических цепей | 559 |
| Электрические цепи | 560 |
| Цепи с конденсаторами | 560 |
| Компоненты | 561 |
| Логические тождества | 565 |
| Системы счисления | 565 |
| Представление отрицательных чисел в двоичном коде | 566 |
| Благодарности | 567 |
| Приложение Б. Ответы к вопросам для самопроверки | 568 |
| Предметный указатель | 570 |