

Н.Н. ВОРСИН
М.Н. ЛЯШКО

ОСНОВЫ РАДИО- ЭЛЕКТРОНИКИ

*Допущено Государственным комитетом СССР
по народному образованию в качестве
учебного пособия для студентов
физико-математических факультетов
педагогических институтов*

Минск
"Вышэйшая школа"
1992

ББК 32я73
В75
УДК 621.37/.39(075.8)

Рецензенты: кафедра общетехнических дисциплин Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина; кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физики Киевского государственного педагогического института *В. П. Чернявский*

2302010000—008
В ————— 31—92
М 304(03)—92

ISBN 5-339-00521-6

© Н. Н. Ворсин, М. Н. Ляшко, 1992

ПРЕДИСЛОВИЕ

Можно выделить три главные задачи преподавания радиоэлектроники в педагогическом вузе, обусловленные реформой общеобразовательной, профессиональной и высшей школы:

1) глубокое освоение студентами принципов работы и закономерностей функционирования полупроводниковых приборов, интегральных микросхем, функциональных узлов и радиоэлектронной аппаратуры (усилители, генераторы, радиоизмерительные приборы, радиоузел, телевизор, вычислительная техника), которые изучаются или применяются на уроках физики, на факультативных и кружковых занятиях в школе; привитие студентам твердых навыков при обращении с ними, проведении простейших ремонта и испытаний;

2) приобщение студентов к разработке и созданию различных функциональных узлов и устройств на современной элементной базе радиоэлектроники, предназначенных для постановки и совершенствования демонстрационного эксперимента и для автоматизации измерений;

3) ознакомление студентов с современным состоянием и достижениями радиоэлектроники как отрасли науки и техники, с методами решения задач, создание перехода от элементарных представлений к основам современной теории, подготовка студентов к самостоятельному изучению научно-технической литературы по радиоэлектронике.

По мнению авторов, данное пособие в максимальной мере должно способствовать решению этих задач. При его подготовке были учтены собственный многолетний опыт преподавания в педагогическом вузе и организации самостоятельной работы студентов, а также результаты научно-методических исследований ряда вузовских преподавателей. Авторы попытались подготовить пособие, которое позволило бы студентам самостоятельно освоить разделы «Электроника» и «Радиотехника» новой интегрированной программы по электротехнике, электронике,

основам автоматики и вычислительной техники, радиотехнике, а преподавателю больше внимания уделять расчету радиоэлектронных устройств и функциональных узлов и анализу их различных вариантов. Изложение базируется на знании основных законов электродинамики, используется хорошо известный студентам математический аппарат.

Подготовке пособия к изданию во многом способствовали внимательный анализ рукописи и квалифицированные замечания и предложения рецензентов — заведующего кафедрой общетехнических дисциплин Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина профессора, доктора физико-математических наук Ю. Л. Хотунцева и доцента кафедры физики Киевского государственного педагогического института, кандидата физико-математических наук В. П. Чернявского. Выражаем им глубокую благодарность и искреннюю признательность.

Главы 1, 9, 10, 12, 13 написали Н. Н. Ворсин и М. Н. Ляшко совместно, введение и главы 2—8, 11 — М. Н. Ляшко.

Все отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 220048, Минск, проспект Машерова, 11, издательство «Вышэйшая школа».

Авторы

ВВЕДЕНИЕ

Радиоэлектроника является областью науки и техники, решающей задачи передачи информации посредством электромагнитных волн и ее хранения, преобразования и распределения. Термин «радиоэлектроника» появился в 50-е гг.

Современная радиоэлектроника тесно связана с физикой твердого тела, электроникой и радиотехникой. *Электроника* — наука о взаимодействии электронов с электромагнитными полями и методах создания электронных приборов и устройств, в которых используется движение заряженных частиц в вакууме, газе и твердом теле, и одновременно область техники, связанная с созданием приборов и устройств для преобразования электромагнитной энергии. В результате дифференциации электроники выделились самостоятельные направления: полупроводниковая электроника, микроэлектроника, оптоэлектроника, квантовая электроника, криоэлектроника и др.

Радиотехника — наука об электромагнитных колебаниях и волнах радиодиапазона, методах их генерации, усиления, излучения, преобразования, приема, а также отрасль техники, реализующая применение электромагнитных колебаний и волн в радиосвязи, телевидении, радиолокации, радионавигации и т. д.

Современная радиоэлектроника появилась в результате поисков способов использования электрических явлений для передачи информации. Первые попытки такого подхода были предприняты сразу же после изобретения итальянским физиком и физиологом А. Вольта в 1800 г. электрохимического источника тока. В 1801 г. испанский инженер Ф. Сольва предпринял попытку применить электрохимическое действие тока для телеграфирования, а в 1809 г. немецкий врач С. Т. Земмеринг такой телеграф построил. Русский электротехник и ученый П. Л. Шиллинг изобрел первый электромагнитный телеграф и показал его в действии в 1832 г. К 1861 г. относится появление

прибора для передачи звуков немецкого физика И. Ф. Рейса, в 1876 г. появился телефон американского изобретателя А. Г. Белла.

В конце XIX в. начались поиски путей создания электрической связи без проводов. Американец Д. Юз, английский инженер В. Пирс, знаменитый американский изобретатель Т. А. Эдисон применили для этой цели принципы электростатической и электромагнитной индукции. По известным причинам дальность действия такой связи оказалась небольшой и она распространения не получила. Беспроволочная связь могла появиться только в результате исследований электромагнитного поля. Начало представлений о нем положил английский физик М. Фарадей. Дж. Максвелл разработал теорию электромагнитного поля. Г. Герц в Германии классическими опытами в 1888 г. подтвердил реальное существование электромагнитного взаимодействия. Французский физик Э. Бранли исследовал и в 1890—1894 гг. описал свойства металлических порошков изменять свое сопротивление под воздействием электромагнитного поля. Физик О. Лодж в Англии для обнаружения электромагнитных волн применил стеклянную трубку с металлическими опилками, названную когерером. Многолетние творческие поиски были завершены созданием А. С. Поповым (1859—1906) автоматизированного устройства для регистрации электромагнитных волн. Демонстрация первого в мире радиоприемного устройства состоялась 7 мая 1895 г.

В 1897 г. итальянский радиотехник и предприниматель Г. Маркони получил в Великобритании патент на принцип действия системы электросвязи и схему приемника, тождественные предложенным А. С. Поповым. После этого он организовал крупное акционерное общество, привлек к работе в нем видных ученых и инженеров и этим внес значительный вклад в развитие радиотехники и распространение радио как средства связи.

Изобретение радио вызвало необходимость создания чувствительных индикаторов электрических колебаний и усиления колебаний. В 1904 г. английский ученый Д. Э. Флеминг изготовил первую электронную лампу — диод. Она стала применяться в приемниках вместо кристаллических детекторов. Американский радиоинженер Ли де Форест ввел в 1906 г. в лампу Флеминга управляющую сетку и создал триод, обладающий способностью усиливать и генерировать высокочастотные колебания. В 1909—1911 гг. русский инженер В. И. Коваленков

использовал триоды для усиления низкочастотных колебаний. А. Мейснером в Германии в 1913 г. был построен первый генератор незатухающих колебаний на триоде.

В России первые радиолампы появились в 1914 г. Они были построены Н. Д. Папалекси. В 1916—1917 гг. под руководством талантливого инженера М. А. Бонч-Бруевича началось изготовление первых отечественных радиоламп.

В 1923 г. В. И. Коваленков в СССР и И. Ленгмюр в США предложили лампу с двумя сетками. Хеллом в США в 1930 г. была сконструирована лампа с тремя сетками — пентод.

К середине 30-х гг. ламповая электроника оказалась сформированной. В конце 30 — начале 40-х гг. появились специальные приборы для генерации сверхвысокочастотных колебаний — магнетрон и клистрон. А в 50-е гг. для получения и усиления колебаний в диапазоне метровых и дециметровых волн были изобретены лампы прямой и обратной волны, типа «желудь», металлокерамические и маячковые лампы. С целью уменьшения числа ламп в аппаратуре и повышения ее экономичности началось производство комбинированных ламп (по две или три лампы в баллоне) и миниатюрных.

С первых дней провозглашения Советской власти в нашей стране развитию радиовещания и радиосвязи уделялось большое внимание. В 1918 г. была создана Нижегородская радиолaborатория. Советские радиоспециалисты под руководством М. А. Бонч-Бруевича в 1919 г. разработали мощную радиолампу, сконструировали первые макеты радиотелефонных передатчиков. В Ходынском передающем центре был установлен передатчик мощностью 5 кВт.

В 1921 г. В. И. Ленин подписывает декрет, предусматривающий создание широкой сети радиотелефонных станций в стране. Уже в 1922 г. вступает в строй радиостанция им. Коминтерна мощностью 12 кВт.

В конце 20-х — начале 30-х гг. были организованы крупные предприятия электронной промышленности, освоено производство мощных радиостанций, начато серийное производство различных радиоламп и коротковолновых передатчиков. С середины 30-х гг. Советский Союз располагал наиболее мощной в Европе сетью радиовещания.

Советские ученые и инженеры в 30-е гг. углубили и расширили исследования в области передачи изображений

на расстояние по радио и довели разработки до промышленного выпуска телевизионной аппаратуры и практического использования телевидения. Крупным практическим результатом начального периода советского телевидения явилось осуществление в 1931 г. телевизионного вещания через Московский и в 1932 г. через Ленинградский телецентры. В 1938 г. начали передачи опытные Ленинградский и Московский телецентры.

Развитие радиотехники в послевоенные годы тесно связано с появлением полупроводниковой электроники. Сведения о полупроводниках накапливались в течение длительного времени. В 1833 г. М. Фарадей описал влияние температуры на рост электропроводности сульфида серебра. Позже было обнаружено изменение электропроводности селена под влиянием температуры. А. Э. Беккерель во Франции в 1839 г. обнаружил появление разности потенциалов между электролитом и полупроводником. А в 1888 г. профессор Казанского университета В. А. Ульянин исследовал процесс возникновения фотоЭДС в селене. К 1874 г. относится обнаружение выпрямляющего контакта металлического «усика» и сульфида свинца и создание первого полупроводникового детектора.

П. П. Павловский в России в 1906 г. разработал сульфидный выпрямитель. Сотрудник Нижегородской лаборатории О. В. Лосев в 1922 г. установил наличие у некоторых кристаллических полупроводников способности усиливать и генерировать колебания. Это явление он использовал в созданных им радиоприемниках, названных кристадинами. Позже О. В. Лосев открыл и исследовал фотоэлектрические явления в некоторых полупроводниках. К 1926 г. были созданы меднозакисные выпрямители, а некоторое время спустя — селеновые.

Появление современных полупроводниковых приборов стало возможным в результате развития научной теории полупроводников. Основы ее были заложены в трудах М. Планка, создавшего квантовую теорию, А. Эйнштейна, объяснившего в 1905 г. фотоэлектрический эффект, Э. Шредингера, предложившего уравнение для описания поведения электронов в металле.

В 20—30 гг. во всем мире проводились научные исследования в области полупроводников. В 1932 г. И. Е. Тамм разработал теорию поверхностных состояний полупроводников. Б. В. Курчатов, В. М. Гохберг, В. П. Жузе, М. С. Сомицкий и другие ученые в 1931—1934 гг. исследовали

взаимосвязь электропроводности полупроводников и зависимость ее от природы носителей заряда и их концентрации. В 1933 г. И. К. Кикоин и М. М. Носков открыли фотомагнитогальванический эффект, объяснение которому дал Я. И. Френкель. В 1938 г. Б. И. Давыдов, А. Ф. Иоффе, Л. В. Иоффе разработали теорию выпрямления и установили роль неосновных носителей заряда в полупроводнике с запирающим слоем. В 1940 г. В. Е. Лошкарев экспериментально подтвердил наличие слоев с различными типами электропроводности по обе стороны от запирающего слоя в селеновом выпрямителе и доказал существование p - n перехода.

Работы по теории полупроводников и процессам выпрямления были выполнены Н. Моттом в Англии и В. Шотки в Германии. Металлурги Дж. Х. Скофф и Х. С. Тойер открыли способы образования кремния с проводимостью p - и n -типа. Химик Р. С. Оль демонстрировал появление напряжения при освещении p - n перехода.

Еще в 20-е гг. предпринимались попытки управлять проходящим через полупроводник током. В 1939 г. появилась идея создания полупроводникового прибора для переключения токов в линиях телефонной связи. Война прервала эти исследования. Эра полупроводниковых приборов с управлением тока в них — транзисторов началась только 23 декабря 1947 г., когда американские исследователи Д. Бардин и У. Браттейн из группы В. Шокли установили влияние напряжения база — эмиттер на ток коллектора в структуре из полупроводника и двух близко расположенных тонких проводников. В Советском Союзе первые образцы точечных транзисторов были изготовлены в 1949 г. А. В. Красиловым и С. Г. Мадоян.

В 1952 г. появился плоскостной бездрейфовый транзистор, в 1953 г. — дрейфовый. В 1952 г. У. Шокли дал описание полевого транзистора. Идею Шокли реализовал в 1958 г. польский ученый С. Тешнер, работавший во Франции. В 1960 г. для создания полевого транзистора была предложена структура металл — оксид — полупроводник (МОП-структура).

Значительный вклад в исследование полупроводников и разработку новых приборов внесли советские ученые Б. М. Вул, В. М. Тучкевич, Д. Н. Наследов, Л. В. Келдыш, Я. А. Федотов, Ж. И. Альферов.

Большим достижением явилось создание мощных высокочастотных транзисторов, а в последние годы — биполярных и полевых СВЧ-транзисторов. Применение

арсенида галлия позволило повысить максимальную рабочую температуру транзисторов до 250 °С, а использование карбида кремния — до 350 °С.

В 50-е гг. конструируются нелинейные полупроводниковые приборы — терморезисторы, фоторезисторы, варисторы. Их создание связано с именами советских ученых Б. Т. Коломийца, И. Т. Шефтеля, Б. С. Стоскова, Г. К. Нечаева, В. В. Пасынкова и др. В 1956 г. разрабатываются четырехслойные полупроводниковые структуры — тиристоры. Вопросам создания мощных тириستоров посвящены работы В. М. Тучкевича.

В конце 50-х — начале 60-х гг. появились диоды туннельный, лавинно-пролетный, Ганна, предназначенные для работы в диапазоне весьма коротких волн (вплоть до миллиметровых и субмиллиметровых), а также светодиоды, фотодиоды, полупроводниковые лазеры.

Применение транзисторов, малогабаритных пассивных элементов и печатного монтажа позволило в значительной мере уменьшить габариты радиоэлектронной аппаратуры. Одновременно снизилось потребление мощности радиоэлектронными устройствами. Качественным скачком в развитии элементной базы радиоэлектроники явилось появление в 1960 г. миниатюрных узлов электронной аппаратуры, получивших название интегральных микросхем. В настоящее время они стали основной элементной базой радиоэлектронной аппаратуры.

Отечественная промышленность выпускает различные интегральные микросхемы. Созданы большие (БИС) и сверхбольшие (СБИС) микросхемы. В одном кристалле некоторых микросхем содержится свыше одного миллиона элементов. Предполагается дальнейшее увеличение числа элементов в одной микросхеме, повышение частоты переключений до 100 ГГц. Ведутся работы по созданию объемных интегральных структур диапазона сверхвысоких частот.

В последние два десятилетия для передачи информации используется коротковолновая часть сантиметрового диапазона, а также миллиметровый диапазон электромагнитных волн. Это позволяет резко увеличить скорости передачи информации и ее объемы.

Применяемая в настоящее время в радиоэлектронной аппаратуре обработка информации базируется преимущественно на представлении ее аналоговыми сигналами. Для улучшения характеристик линий связи в ближайшие 5—10 лет 80—90 % аппаратуры предполагается пере-

вести на цифровой способ кодирования и обработки информации.

Развитие элементной базы радиоэлектроники и методов обработки информации позволяет применять достижения радиоэлектроники в различных отраслях народного хозяйства, научных исследованиях, быту, а также для совершенствования систем связи. На всей территории нашей страны обеспечивается многопрограммное радиовещание, в районах, где проживает 92 % населения, принимаются передачи первой программы телевидения. В СССР создается единая автоматизированная система связи (ЕАСС): радиосвязь, кабельная, через релейные линии, спутники, а также появившиеся в последние годы волоконно-оптические линии связи. Разработаны и усиленно реализуются перспективные программы развития радиоэлектронных отраслей промышленности.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Аналоговые интегральные микросхемы/Б. П. Кудрашов, Ю. В. Назаров, Б. В. Тарабрин, В. А. Ушибышев.— М.: Радио и связь, 1981.— 160 с.

Блиндер Е. М., Фурман С. Л. Телевидение.— М.: Радио и связь, 1984.— 272 с.

Галкин В. И., Фурман С. Л., Прохоренко В. А. Аналоговые интегральные схемы. Полупроводниковые приборы.— Мн.: Беларусь, 1985.— 223 с.

Гершензон Е. М., Полянина Г. Д., Соина Н. В. Радиотехника.— М.: Просвещение, 1986.— 319 с.

Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника.— М.: Высш. шк., 1991.— 624 с.

Ефимчик М. К., Шушкевич С. С. Основы радиоэлектроники.— Мн.: Изд-во «Университетское», 1986.— 303 с.

Крыжановский В. Д., Костыков Ю. В. Телевидение цветное и черно-белое.— М.: Связь, 1980.— 336 с.

Мальцева Л. А., Фромберг Э. М., Ямпольский В. С. Основы цифровой техники.— М.: Радио и связь, 1986.— 128 с.

Манаев Е. И. Основы радиоэлектроники.— М.: Радио и связь, 1985.— 504 с.

Микросхемы и их применение/В. А. Бушуев, В. Н. Вениаминов, В. Г. Ковалев и др.— М.: Радио и связь, 1984.— 272 с.

Овечкин Ю. А. Микроэлектроника.— М.: Радио и связь, 1982.— 288 с.

Справочник по интегральным микросхемам / Б. В. Тарабрин, С. В. Якубовский, Н. А. Барканов и др.; Под ред. Б. В. Тарабрина.— М.: Энергия, 1980.— 816 с.

Транзисторы для аппаратуры широкого применения/К. М. Брежнева, Е. И. Гантман, Т. И. Давыдова и др.; Под ред. Б. Л. Перельмана.— М.: Радио и связь, 1981.— 656 с.

Ушаков В. А., Долженко О. В. Электроника: от транзистора до устройства.— М.: Радио и связь, 1983.— 320 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Условные сокращения	5
Введение	7
1. Радиотехнические цепи	14
1.1. Элементы радиотехнических цепей. Классификация цепей	14
1.2. Переходные процессы в RC - и RCL -цепях	18
1.3. Анализ линейных цепей синусоидального тока	25
1.4. Линейные четырехполюсники и их характеристики	27
1.5. Нелинейные и параметрические цепи	30
Вопросы и упражнения	33
2. Полупроводниковые приборы	35
2.1. Полупроводники и их свойства	35
2.2. Беспереходные полупроводниковые приборы	40
2.3. Электрические переходы	41
2.4. Полупроводниковые диоды	47
2.5. Полевые транзисторы	50
2.6. Биполярные транзисторы	57
2.7. Тиристоры	69
2.8. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы	72
Вопросы и упражнения	76
3. Интегральные микросхемы	78
3.1. Общие сведения об интегральных микросхемах	78
3.2. Понятие о технологии производства интегральных микросхем	80
3.3. Особенности выполнения элементов интегральных микросхем	84
3.4. Система обозначений интегральных микросхем	86
Вопросы и упражнения	88

4. Электронные усилители	89
4.1. Принципы работы усилителя	89
4.2. Классификация усилителей, технические показатели их работы и характеристики	92
4.3. Обратная связь в усилителях	94
4.4. Резисторный усилитель переменного напряжения	95
4.5. Усилители с обратной связью. Повторители напряжения	103
4.6. Усилители с общей базой. Каскодный усилитель	106
4.7. Частотные характеристики усилителей и их коррекция. Многокаскадные усилители	108
4.8. Избирательные усилители	112
4.9. Усилители постоянного тока	115
4.10. Усилители мощности	120
4.11. Усилители интегрального исполнения	127
4.12. Операционные усилители и их применение	131
Вопросы и упражнения	135
5. Электронные генераторы	136
5.1. Общие сведения о генераторах. Возбуждение колебаний в них	136
5.2. Автогенераторы с колебательными контурами	138
5.3. Схемы <i>LC</i> -генераторов	144
5.4. <i>RC</i> -генераторы	147
5.5. Генераторы негармонических колебаний	153
Вопросы и упражнения	160
6. Элементы и устройства цифровой техники	161
6.1. Законы функционирования цифровых устройств	161
6.2. Логические элементы	164
6.3. Логические элементы интегрального исполнения	167
6.4. Понятие о комбинационных и последовательностных устройствах	171
6.5. Триггеры	172
6.6. Генераторы на логических элементах	178
6.7. Регистры	180
6.8. Счетчики	182
6.9. Аналого-цифровые и цифроаналоговые преобразователи	184
Вопросы и упражнения	189
7. Источники электропитания	190
7.1. Основные понятия	190
7.2. Выпрямители	191
	379

7.3. Сглаживающие фильтры	196
7.4. Стабилизаторы постоянного напряжения	199
Вопросы и упражнения	202
8. Радиоизмерения	204
8.1. Общие сведения о радиоизмерениях	204
8.2. Электронные вольтметры	206
8.3. Частотомеры	209
8.4. Измерительные генераторы	212
8.5. Электронно-лучевые осциллографы	215
Вопросы и упражнения	220
9. Передача информации. Сигналы сообщения и радиосигналы	222
9.1. Сообщение и сигнал сообщения. Канал передачи информации	222
9.2. Классификация и представление электрических сигналов. Спектры сигналов	225
9.3. Представление сложных сигналов как суммы гармонических	227
9.4. Количество информации. Пропускная способность канала связи	232
9.5. Радиосигналы	236
9.6. Радиоспектр и его использование. Распространение радиоволн	242
Вопросы и упражнения	247
10. Фильтры, длинные линии и антенны	249
10.1. Понятие об электрических фильтрах	249
10.2. Однозвенные Г-образные фильтры нижних частот и полосно-пропускающие	250
10.3. Многозвенные LC-фильтры нижних частот и полосно-пропускающие	257
10.4. Г-образные фильтры верхних частот и полосно-заграждающие	260
10.5. Пьезокерамические, электромеханические и цифровые фильтры	262
10.6. Длинные линии и распространение энергии в них	264
10.7. Напряжение и ток в линии при гармонических воздействиях	268
10.8. Входное сопротивление линии	273
10.9. Антенны	276
Вопросы и упражнения	285

11. Нелинейные и параметрические преобразования сигналов	287
11.1. Цепи для преобразования сигналов	287
11.2. Умножение частоты	289
11.3. Получение амплитудно-модулированных колебаний	291
11.4. Преобразование частоты несущих колебаний	294
11.5. Получение частотно-модулированных колебаний	298
11.6. Детектирование амплитудно-модулированных колебаний	300
11.7. Детекторы частотно-модулированных колебаний	307
Вопросы и упражнения	311
12. Радиоприемные устройства	313
12.1. Общие сведения о радиоприемных устройствах	313
12.2. Приемник прямого усиления	316
12.3. Супергетеродинный приемник	319
12.4. Схемы функциональных блоков супергетеродинных приемников	322
12.5. Цифровые устройства в радиоприемной аппаратуре	329
Вопросы и упражнения	334
13. Телевидение	336
13.1. Основные принципы телевидения	336
13.2. Получение сигналов изображения. Передающие трубки	339
13.3. Полный телевизионный сигнал	344
13.4. Передача телевизионных сигналов	349
13.5. Прием телевизионных сигналов	352
13.6. Построение блоков телевизионного приемника	355
13.7. Электронно-оптические преобразователи	359
13.8. Особенности передачи и приема сигналов цветного телевидения	362
13.9. Развитие современного телевидения	366
Вопросы и упражнения	371
Рекомендуемая литература	372
Предметный указатель	373

Учебное издание

Ворсин Николай Николаевич
Ляшко Михаил Николаевич

ОСНОВЫ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Заведующий редакцией
А. Ф. Зиновьев

Редактор
Н. М. Латышева

Художник переплета
и художественный редактор
В. Н. Валентович

Технический редактор
И. П. Тихонова

Корректор
Л. А. Еркович

ИБ № 3093

Сдано в набор 05.04.91. Подписано в печать 20.01.92. Формат 84×108/32. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 20,16 + 0,21 форз. Усл. кр.-отт. 20,58. Уч.-изд. л. 24,25. Тираж 7000 экз. Заказ 1201. Цена 5 р. 50 к.

Издательство «Вышэйшая школа». Министерства информации Республики Беларусь. 220048. Минск, проспект Машерова, 11.

Минский ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат МППО им. Я. Коласа. 220005. Минск, ул. Красная, 23.

- Ворсин Н. Н., Ляшко М. Н.**
В75 Основы радиоэлектроники: Учеб. пособие.— Мн.:
Выш. шк., 1992.— 381 с.: ил.
ISBN 5-339-00521-6.

Пособие написано применительно к действующим программам по радиотехнике и соответствует разделам по электронике и радиотехнике введенной интегрированной программы по электротехнике, электронике, электронно-вычислительной технике и радиотехнике для физико-математических факультетов пединститутов. Изложены физические принципы функционирования и характеристики основных дискретных полупроводниковых приборов и интегральных микросхем и устройств на их базе. Освещены вопросы радиоприема и телевидения.

Для студентов физико-математических факультетов педагогических институтов. Может быть полезным учителям школ, руководителям технических кружков.

2302010000— 008
В ————— 31—92
М304(03)—92

ББК 32я73