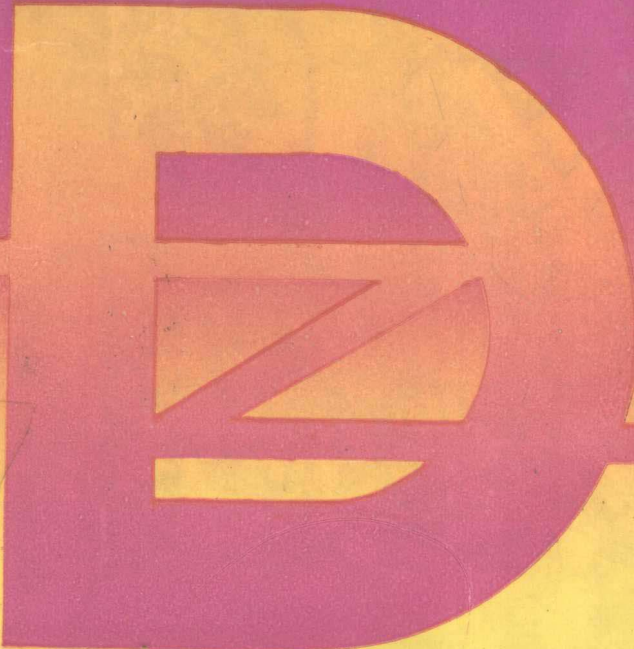


邮电高等学校专科教材

电子技术基础

薛顺根 胡宏一 编 宋亚民 审



人民邮电出版社

邮电高等学校专科教材

电子技术基础

薛顺根 胡宏一 编
宋亚民 审

人民邮电出版社

登记证号(京)143号

内 容 提 要

本书主要讲述模拟电路与数字电路的工作原理、分析方法以及在电子技术领域内的应用。内容包括：半导体器件、晶体管放大电路、集成运算放大器、功率放大器、正弦波振荡电路、数字电路基础、逻辑代数基础、组合逻辑电路、时序逻辑电路、数—模及模—数转换、通信电源等。

本教材力求叙述简明扼要，突出物理概念，内容的选择立足于“够用为度”和“宽而浅”的精神。每章均有小结、思考题和习题，书末附有部分电子器件和集成组件参数表，因而除了作为通信管理类专科学生的必修教材之外，也可作为其它类专科学生和有关工程技术人员的参考资料。

邮电高等学校专科教材

电子技术基础

薛顺根 胡宏一 编

宋亚民 审

•

人民邮电出版社出版发行

北京东长安街27号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

•

开本：850×1168 1/32 1994年5月 第 一 版

印张：16.75 1994年5月河北第1次印刷

字数：442千字 插页：1 印 数：1—5 000 册

ISBN7—115—05072—4/TN·684

定价：10.00元

前 言

《电子技术基础》是根据邮电部专业基础课程教学指导委员会对本课程所提出的教学基本要求和教学大纲编写的，并经指导委员会讨论通过，作为三年制通信管理类专科的一门专业基础课必修教材。

全书包括模拟电路和数字电路两大部分。前者重点分析利用晶体管、场效应管和集成组件构成的各种基本电路，如放大器、振荡器、集成运算电路等。后者重点分析几种常见的逻辑组件和逻辑电路，如计数器、全加器、编码器、译码器、数码显示器和数—模、模—数转换器等。

在教材内容的编写上，考虑了专科的特点，即在理论阐述上不追求完整和严密，而是强调建立清晰的物理概念；在电路分析上避免繁琐的数学公式的推导，强调在一定条件下的工程近似计算；在元、器件和电路的关系上，强调器件必须为电路服务，不在管子的内部载流子运动规律上过多纠缠，而是侧重于应用；在分立电路与集成电路的关系上，强调从分立电路入手，解决基本概念和基本关系式，进而引向集成元件在电子技术中的应用；在集成元件的分析上，主要以应用为主，强调外部特性，而不过多地涉及内部电路；在负反馈放大器的分析方法上，主要采用深负反馈条件下的近似计算法，而不用繁琐的方框图法去分析。

在编写过程中，我们力求做到叙述准确，简明扼要，体现专科教材的“低重心”，“宽而广”和“重实践”。由于我们缺乏经验，限于编写水平，肯定会出现一些不足之处，请广大读者提出批评和指正。

编者 1994年1月

目 录

第一章 半导体器件.....	(1)
第一节 PN结	(1)
一、PN结的形成	(1)
二、PN结的单向导电性	(4)
第二节 半导体二极管及其应用.....	(6)
一、二极管的结构.....	(6)
二、二极管的伏安特性.....	(7)
三、二极管的主要参数.....	(10)
四、二极管的近似等效电路.....	(12)
五、二极管的应用.....	(14)
六、稳压二极管.....	(17)
七、特殊二极管.....	(20)
第三节 晶体管的工作原理.....	(22)
一、晶体管的原理结构.....	(23)
二、晶体管的工作原理.....	(24)
三、晶体管共射接法的伏安特性.....	(28)
四、晶体管的主要参数.....	(31)
五、温度对晶体管特性的影响.....	(34)
第四节 场效应晶体管.....	(36)
一、结型场效应管 (JFET) 的结构与工作原理	(37)
二、结型场效应管的伏安特性.....	(38)
三、绝缘栅型场效应管的结构和工作原理.....	(44)
四、场效应管的参数.....	(47)

五、单极型管与双极型管的比较.....	(48)
第五节 其它晶体管简介.....	(51)
一、肖特基晶体管.....	(51)
二、光电晶体管.....	(52)
三、光电耦合管.....	(52)
四、晶闸管.....	(53)
五、单结晶体管.....	(55)
本章小结.....	(57)
思考题.....	(58)
习题.....	(58)
 第二章 晶体管放大电路.....	(62)
第一节 放大器的基本概念.....	(62)
一、基本要求.....	(62)
二、基本放大电路.....	(63)
三、放大器的两种状态——静态与动态.....	(64)
第二节 放大器的分析方法.....	(70)
一、图解分析法.....	(70)
二、微变等效电路分析法.....	(83)
第三节 多级放大器.....	(92)
一、多级放大器的组成.....	(92)
二、级间耦合方式.....	(93)
三、多级放大器的电压放大倍数.....	(95)
第四节 放大器的频率特性.....	(97)
一、频率特性的基本概念和分析方法.....	(97)
二、单级RC耦合共射放大器的低频特性	(101)
三、单级RC耦合放大器的高频特性	(106)
四、多级放大器的频率特性.....	(114)
第五节 负反馈放大电路.....	(116)

一、反馈的基本概念	(117)
二、负反馈放大器的基本关系式	(120)
三、闭环放大倍数的近似计算	(121)
四、负反馈放大器的输入电阻和输出电阻	(127)
五、负反馈对放大器其它性能的影响	(131)
第六节 射极输出器	(134)
第七节 场效应管放大电路	(136)
一、直流偏置电路及静态工作点计算	(136)
二、场效应管的微变等效电路	(140)
三、利用微变等效电路计算 A_v 、 r_i 和 r_o	(141)
四、共漏放大电路(源极输出器)	(142)
本章小结	(144)
思考题	(146)
习题	(146)

第三章 集成运算放大器 (154)

第一节 直接耦合放大器	(154)
一、直接耦合放大器的特殊问题	(154)
二、差动式放大电路	(156)
第二节 集成运算放大器	(172)
一、线路特点	(173)
二、结构	(173)
三、参数	(177)
第三节 基本运算电路	(178)
一、集成运放的理想化条件	(178)
二、比例运算放大器	(180)
三、求和运算放大器	(185)
四、微积分运算电路	(192)
五、应用举例	(196)

本章小结.....	(199)
思考题.....	(200)
习题.....	(200)
第四章 功率放大器	(206)
第一节 概述.....	(206)
一、功率放大电路的特点.....	(206)
二、功率放大管的工作极限区.....	(207)
三、功率放大电路的分类.....	(208)
第二节 互补对称功率放大器.....	(209)
一、工作在乙类的基本互补对称电路.....	(209)
二、工作在甲乙类的基本互补对称电路.....	(214)
三、采用一个电源的互补对称电路.....	(217)
第三节 功率放大器的电路实例.....	(224)
一、单元电路分析.....	(224)
二、估算指标.....	(229)
本章小结.....	(230)
思考题.....	(230)
习题.....	(231)
第五章 正弦波振荡电路	(235)
第一节 自激振荡.....	(235)
一、产生正弦波自激振荡的条件.....	(235)
二、振荡频率和振荡幅度.....	(237)
第二节 RC型正弦波发生器.....	(238)
一、文氏电桥式正弦波发生器.....	(238)
二、相移式正弦波发生器.....	(242)
第三节 LC型正弦波发生器.....	(245)
一、三点式LC振荡电路.....	(245)

二、正弦波振荡器的频率稳定问题.....	(250)
三、石英晶体振荡器.....	(250)
本章小结.....	(253)
思考题.....	(254)
习题.....	(254)

第六章 数字电路基础..... (257)

第一节 模拟电路与数字电路.....	(257)
第二节 常用的数制与编码.....	(260)
一、数制.....	(260)
二、编码.....	(264)
第三节 逻辑门电路.....	(269)
一、关于逻辑电路的几个问题.....	(269)
二、分立元件逻辑门电路.....	(272)
三、集成逻辑门电路.....	(279)
四、MOS集成逻辑门电路	(287)
五、逻辑门电路使用中的几个实际问题.....	(291)
本章小结.....	(295)
习题思考题.....	(296)

第七章 逻辑代数基础..... (304)

第一节 公式和定理.....	(304)
一、公理——常量之间的关系.....	(304)
二、定理.....	(305)
第二节 逻辑函数常用的表示方法.....	(313)
一、真值表.....	(313)
二、函数表达式.....	(314)
三、卡诺图.....	(318)
四、逻辑图.....	(322)

第三节 逻辑函数的化简方法	(323)
一、公式化简法	(324)
二、图形化简法	(325)
第四节 具有无关项的逻辑函数的化简	(330)
本章小结	(332)
习题思考题	(334)
第八章 组合逻辑电路	(339)
第一节 组合逻辑电路的分析方法	(339)
一、分析方法	(339)
二、分析举例	(340)
第二节 组合逻辑电路的设计方法	(345)
一、设计方法	(345)
二、一般设计步骤	(346)
三、设计举例	(346)
第三节 常用组合逻辑单元电路	(350)
一、全加器	(350)
二、编码器	(353)
三、译码器及数码显示器	(360)
四、数据分配器和数据选择器	(370)
本章小结	(374)
习题思考题	(375)
第九章 时序逻辑电路	(379)
第一节 触发器	(379)
一、基本RS触发器	(379)
二、同步RS触发器	(384)
三、主从触发器	(390)
四、维持阻塞触发器和边沿触发器	(397)

第二节 时序逻辑电路分析	(403)
一、同步时序电路分析举例	(404)
二、异步时序电路分析举例	(408)
第三节 计数器	(411)
一、同步二进制计数器	(412)
二、同步十进制计数器	(415)
三、异步二进制计数器	(416)
四、异步十进制计数器	(417)
第四节 寄存器	(419)
一、数码寄存器	(419)
二、移位寄存器	(422)
本章小结	(429)
习题思考题	(432)
第十章 数模与模数转换	(438)
第一节 数字——模拟转换器	(438)
一、权电阻数字——模拟转换器	(438)
二、T型数字——模拟转换器	(443)
三、转换器的技术指标	(447)
第二节 模拟——数字转换器	(448)
一、比较型模拟——数字转换器	(448)
二、逐次逼近型模拟——数字转换器	(449)
本章小结	(453)
习题思考题	(453)
第十一章 通信电源概述	(455)
第一节 晶体管直流稳压电源	(455)
一、具有电容滤波的单相桥式整流电路	(455)
二、串联型晶体管稳压电路	(461)

三、集成稳压电源.....	(469)
第二节 可控整流电源.....	(474)
一、单相半波可控整流电路.....	(475)
二、单相桥式全控整流电路.....	(480)
三、单相桥式半控整流电路.....	(484)
第三节 直流变换器.....	(490)
一、晶体管单管式直流变换器.....	(490)
二、晶体管推挽式直流变换器.....	(493)
三、晶体管桥式直流变换电路.....	(497)
四、晶闸管单相逆变器.....	(499)
本章小结.....	(504)
习题思考题.....	(505)
附录一.....	(506)
表 1 国产半导体器件型号命名法.....	(506)
表 2 国产半导体集成电路型号命名法.....	(507)
附录二 常用半导体器件参数.....	(508)
附录三 集成运放型号对照表.....	(插页)
附录四 部分集成电路的典型参数值.....	(517)
附录五 部分半导体集成电路型号与外引线排列图.....	(519)

第一章 半导体器件

第一节 PN 结

一、PN结的形成

1. 半导体

半导体是指导电性能介于导体和绝缘体之间的物质。近代迅速发展起来的半导体器件，如二极管、三极管、场效应管、集成组件以及半导体光敏和热敏元件等，都是由半导体材料制成的。常用的半导体材料有锗和硅，它们同属四价元素。

2. 本征半导体

纯净的单晶半导体称为本征半导体。本征半导体中，外层四个价电子都被束缚在共价键中，若不给它们额外的能量，这些价电子是不会脱离其轨道的。因此，在温度为绝对零度和无外界激发时，本征半导体内不存在自由电子。这时的半导体不能导电，相当于绝缘体。

3. 本征激发

当半导体的温度升高时，共价键中的电子因受热而获得能量，其中一部分价电子脱离共价键的束缚而成为自由电子；同时它在原来的共价键位置上留下了一个空位。这个空位称作空穴。带有空穴的原子因少了一个电子而带正电，我们把这个正电看作是空穴所带的正电荷量。由此可见，在本征半导体中，每激发出一个自由电子，同时便产生一个空穴，电子和空穴总是成对地产生，称为电子空穴对。本征半导体由于受热而产生电子空穴对的过程，叫做本征

激发。除了加热之外，用光或其它射线照射半导体时，也能产生本征激发。

应该注意的是，空穴和电子的运动方向相反，在它们运动的过程中有时会相遇而成对消失，这种现象称为复合。

4. 杂质半导体

本征半导体的电阻率很高，而且受温度和光照的影响很大，不能直接用来制造半导体器件。为了改变半导体的导电性能，人们在纯净的半导体中有意根据需要掺入一些微量的“杂质”元素，如三价的硼、铝、镓、铟和五价的砷、磷、锑等，这就形成了杂质半导体。根据掺入杂质性质的不同，杂质半导体可分为两类：

①电子半导体（N型半导体）

若在本征半导体中掺入五价元素，就形成了电子半导体。此种杂质半导体中含有多余的自由电子（称为载流子），在外电场作用下作电子运动。

②空穴半导体（P型半导体）

若在本征半导体中掺入三价元素，则就形成了空穴半导体。此种杂质半导体中含有多余的空穴（也称为载流子），在外电场作用下作空穴运动。

应该指出的是，无论是N型或是P型杂质半导体，所含电子或空穴的浓度由所掺杂质的浓度来决定。当杂质半导体受热时，同样会由于本征激发而产生电子空穴对。不过在常温时，由于本征激发而产生的电子和空穴的浓度很低，远不及杂质半导体中的电子或空穴的浓度高。因此，在N型半导体中，常温下不仅有大量的电子（由掺杂产生的），还会有少量的空穴（由本征激发产生的）。对N型半导体讲，电子为多数载流子（简称多子），空穴为少数载流子（简称少子）。同样可以得出，在P型半导体中，多子为空穴，少子为电子。

5. PN结的形成

当P型和N型半导体互相接触时，由于交界面两侧同类型载流

子的浓度存在着极大差异，因而导致两侧的多子相互越过交界面扩散到另一侧，并与对方的多子复合。这样，在P区靠近交界面处形成一个缺少空穴而只剩下负离子的薄层，且带负电。同样，在N型半导体靠近交界面处也形成一个带正电荷的薄层。交界面两侧形成的区域就是PN结，也称为空间电荷区或耗尽层。PN结的两侧分别带有正电（在N区）和负电（在P区），象充过电的电容器那样具有自建电场，其方向是自N区指向P区。称PN结的自建电场为内电场。这种电场将阻止双方的多子向另一侧扩散，但却能使P区和N区中的少子产生漂移。漂移运动的方向与扩散运动的方向相反，见图1-1所示。

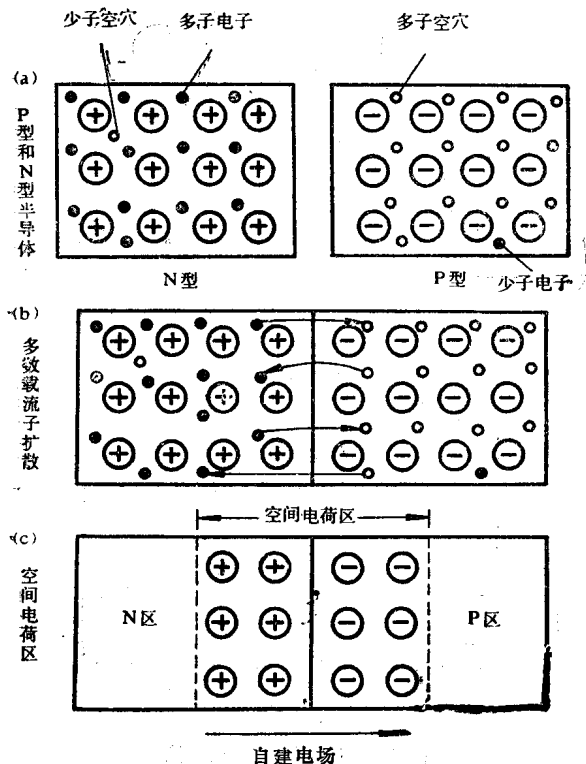


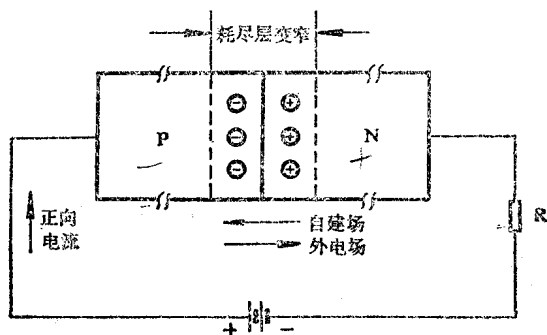
图1-1 PN结的形成

二、PN结的单向导电性

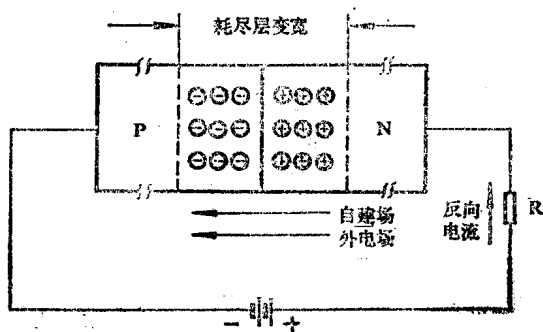
PN结的内电场使PN结具有单向导电性，这就是说，当外加电压时，PN结的等效电阻与外加电压的极性有关。

1. 外加正向电压（正偏置）

图1-2(a)中的PN结外部，P区接正极，N区接负极。这时外电场的方向和内电场的方向相反，使耗尽层变窄，有利于多子扩散，因而扩散电流大大增加，PN结呈现出低电阻，处于导通状



(a) 外加正向电压



(b) 外加反向电压

图1-2 PN结的正反向特性

态，在PN结和外电路中产生了较大的正向电流。实测表明，外加电压越高，通过PN结的正向电流也越大。

2. 外加反向电压（反偏置）

图1-2(b)中的PN结两端外加了反向电压，即P区接负极，N区接正极。此时外电场的方向与内电场的方向一致，增加了耗尽层的宽度，导致多数载流子的扩散无法进行。因此，没有电流通过PN结和外电路，或者说PN结呈现出高电阻，处于反向截止状态。通常将PN结在正向偏置时导通，在反向偏置时截止的特性称为PN结的单向导电性。它就像一只受外电压控制的开关，在正向电压作用下闭合，在反向电压作用下断开，这一点非常重要。最后还应指出的是，无论是P型或N型半导体中，都存在少数载流子，在反向电压作用下少子会产生漂移运动，因而也就会出现一个很小的反向电流。显然，过大的反向电流将会破坏PN结的单向导电性。

3. PN结电容

当PN结两端的外加电压为零时，假设耗尽层的宽度为 d ，如图1-3所示。导电性能良好的P区和N区可以看作是电容器的两块极板，它们间的距离为 d 。没有载流子的耗尽层相当于电容器的介质，因此P区和N区之间就存在有一个等效电容器。称这个等效电容为零偏压结电容。

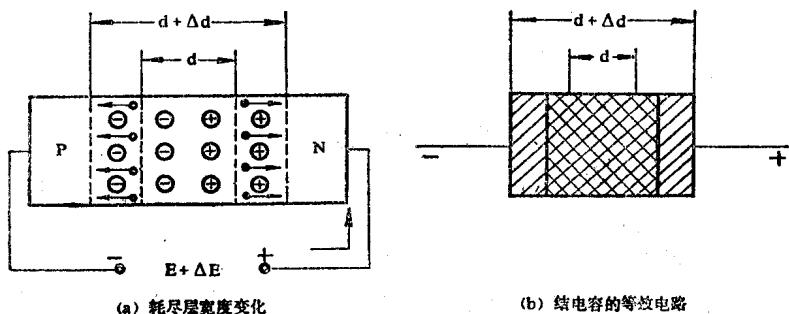


图1-3 PN结的电容