

邮电中等专业学校参考教材

电子技术基础

朱国定 编

谢沅清 张 毅 审

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书内容包括：半导体器件、晶体管放大器、振荡器、脉冲电路、数字电路、电子管器件以及直流稳压电源等。

本书对晶体管电路的基本概念和基本原理作了简明扼要的阐述，在叙述中，着重了物理概念的讲解。

本书可作为邮电中等专业学校邮电经济管理各专业的参考教材，亦可用作电子技术短训班的教材。

邮电中等专业学校参考教材 电 子 技 术 基 础

朱国定 编

谢沅清 张 毅 审

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

北京兴华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本：787×1092 1/32 1987年11月第一版

印张：9 20/32 页数：154 1987年11月天津第1次印刷

字数：217 千字 印数：1—9,700册

ISBN7115-03502-4/Z

定价：1.20元

编 者 的 话

邮电经济管理、邮政通信等专业虽然不是电技术专业，但在现代化邮电企业管理工作中，经常要涉及到电子器件、电子设备、通信设备等有关问题。为此，1982年在广州召开的中南地区邮电学校教学计划会议上，曾确定邮电经济管理专业要设置电工基础和电子技术基础课程。本书就是根据此需要编写的。

在1986年邮电部教育局召开的福州会议上，为了压缩课时，本课程不作为必修课设置，而是根据教学需要选用，因此本书作为参考教材出版。

本书是按照非电专业对电子技术知识的需要编写的，重点讲述电子技术的基本理论和基本技术知识，侧重物理概念分析、注意联系实际应用，并根据电子技术发展的趋势，适当增加了脉冲电路与数字电路的基础知识，以适应电子技术发展的需要。

本书在编写过程中，邮电中等专业学校《电子电路》的教材编审组进行了几次认真的讨论，并根据教学需要提出了宝贵的意见。定稿时，承谢沉清、张毅两位副教授逐章逐节地详细地进行了审校、修改，使本书的质量进一步提高。在此一并表示谢意。

由于编者水平有限，时间又较为仓促，书中可能会有不少的缺点及不妥之处，希望使用本教材的师生和读者，及时提出批评及建议，以便进一步修改和提高。

编 者

于河南邮电学校 1987.3.1

目 录

第一章 半导体器件

1-1 半导体的基本性质	(1)
1-2 PN 结的单向导电性	(3)
一、 PN 结的形成	(3)
二、 PN 结的单向导电性	(4)
1-3 半导体二极管	(6)
一、二极管的结构	(6)
二、二极管的伏安特性	(7)
三、半导体二极管的主要参数	(9)
1-4 半导体三极管	(10)
一、结构形式	(10)
二、三极管的放大作用	(11)
三、三极管的特性曲线	(14)
四、三极管的主要参数	(19)
五、三极管的简易测试	(22)
思考题与习题	(24)

第二章 晶体管放大器

2-1 单管交流电压放大器	(25)
一、单管放大器的组成	(25)
二、工作状态的分析	(27)
三、偏置电路及静态工作点的稳定	(44)
思考题与习题	
2-2 两级阻容耦合电压放大器	(52)
一、电路组成	(52)

二、电压放大倍数	(54)
三、频率特性	(55)
四、多级放大器静态工作点的设置原则	(60)
2-3 负反馈放大器	(60)
一、负反馈的基本概念	(60)
二、负反馈的类型	(61)
三、负反馈对放大器性能的影响	(64)
四、射极输出器	(70)
2-4 功率放大器	(74)
一、单管功率放大器	(74)
二、乙类推挽功率放大器	(77)
三、无变压器的推挽功率放大器	(84)
思考题与习题	(88)
2-5 直流放大器	(92)
一、直接耦合直流放大器	(92)
二、差动放大器	(94)
2-6 场效应晶体管及其放大器	(99)
一、场效应晶体管	(100)
二、场效应晶体管放大器	(109)
2-7 模拟集成电路	(111)
一、概述	(111)
二、集成电路	(112)
思考题与习题	(122)

第三章 晶体管振荡器

3-1 LC型晶体管振荡器	(124)
一、变压器反馈式振荡器	(124)
二、电感三端式振荡器	(128)
三、电容三端式振荡器	(129)
3-2 石英晶体振荡器	(131)

一、石英晶体的电气特性	(131)
二、石英晶体振荡器	(134)
3-3 RC振荡器	(135)
一、RC电桥式振荡器	(135)
二、RC移相式振荡器	(139)
思考题与习题	(141)

第四章 晶体管直流稳压电源

4-1 整流电路	(143)
一、半波整流电路	(143)
二、全波整流电路	(145)
三、桥式整流电路	(147)
4-2 滤波电路	(148)
一、电容滤波电路	(148)
二、电感滤波电路	(149)
三、 π 型滤波电路	(150)
4-3 直流稳压电路	(152)
一、硅稳压管	(152)
二、硅稳压管的稳压电路	(153)
思考题与习题	(158)

第五章 晶体管脉冲电路

5-1 脉冲电路的基本知识	(160)
一、脉冲的分类	(160)
二、脉冲的主要参数	(160)
5-2 RC电路	(163)
一、微分电路	(163)
二、积分电路	(165)
5-3 晶体管的开关特性	(167)
一、利用开关得到电脉冲	(167)

二、晶体管作为开关元件.....	(168)
5-4 晶体管反相器	(171)
一、反相器的工作原理.....	(171)
二、反相器的导通与截止条件.....	(172)
三、反相器的改进电路.....	(175)
思考题与习题	(176)
5-5 双稳态触发电路	(178)
一、集电极—基极耦合双稳态触发电路.....	(178)
二、射极耦合双稳态触发电路.....	(190)
5-6 单稳态触发电路	(196)
一、工作原理.....	(197)
二、波形分析.....	(199)
三、单稳态触发电路的应用.....	(200)
5-7 多谐振荡器	(200)
一、工作原理.....	(201)
二、波形分析.....	(203)
三、振荡幅度和周期.....	(204)
四、多谐振荡器的测试.....	(206)
5-8 锯齿波电路	(207)
一、最简单的锯齿波电压发生器.....	(207)
二、恒流源锯齿波电路.....	(209)
思考题与习题	(210)

第六章 晶体管逻辑门电路

6-1 晶体二极管门电路	(213)
一、“与”门电路.....	(213)
二、“或”门电路.....	(216)
三、二极管特性对门电路的影响.....	(217)
四、二极管门电路的负载能力.....	(219)

6-2 晶体三极管门电路	(221)
一、“非”门电路	(221)
二、“与非”门电路	(222)
6-3 集成“与非”门电路	(223)
一、晶体管—晶体管逻辑 (TTL) “与非”门电路	(223)
二、TTL门电路的简易测试方法	(233)
6-4 MOS集成“与非”门电路	(234)
6-5 集成“与非”门组成的触发器	(235)
一、基本 $R-S$ 触发器	(235)
二、计数式 $R-S$ 触发器	(237)
三、 JK 触发器	(239)
四、主从 JK 触发器	(242)
思考题与习题	(246)

第七章 晶体管数字电路

7-1 数的表示法	(247)
一、二进制计数的特点	(247)
二、二进制数与十进制数的转换	(249)
7-2 计数器	(249)
一、二进制计数器	(249)
二、十进制计数器	(252)
7-3 寄存器	(257)
一、数码寄存器	(258)
二、移位寄存器	(259)
7-4 译码电路	(260)
一、译码器的工作原理	(260)
二、二极管译码器	(262)
三、“8421”码二——十进制译码器	(263)
7-5 显示电路	(265)

一、辉光数码管及其显示电路.....	(265)
二、荧光数码管及其显示电路.....	(269)
三、半导体数码管简介.....	(272)
四、液晶显示器件.....	(273)
思考题与习题	(273)
第八章 电子管	
8-1 真空二极管及其整流电路	(275)
一、真空二极管.....	(275)
二、真空二极管整流电路.....	(279)
8-2 真空三极管及其放大电路	(280)
一、真空三极管.....	(280)
二、单管电压放大器.....	(284)
8-3 五极管及束射四极管	(286)
一、电子五极管.....	(286)
二、束射四极管.....	(287)
附录一 国产半导体器件型号命名法	(289)
附录二 常用半导体器件的参数	(291)
附录三 集成电路型号命名	(294)
附录四 <i>TTL</i> “与非” 门电路的参数	(295)
附录五 一些常用电子管特性	(295)

第一章 半导体器件

1-1 半导体的基本性质

自然界中的物质，按其导电性能可以分为导体、绝缘体和半导体。导体的导电性能很好，绝缘体的导电性能极差，而半导体的导电性能则介于导体和绝缘体之间。

在金属导体中，由于原子核外层的电子受原子核的束缚力很小，因此在外界因素的作用下（例如加热），将有大量的电子能够挣脱原子核的束缚力而成为“自由电子”。这种可以自由运动的电子在外界电场的作用下，作定向运动而形成电流。这些大量的自由电子，即为金属导体中运载电荷的载流子，这就是形成导体导电性能好的根本原因。

在绝缘体材料中，由于原子核外层的电子受原子核的束缚力很大，能形成自由电子的机会很小，因此，绝缘体的导电性能极差。

半导体的原子结构比较特殊，它既不象导体外层电子那样容易挣脱原子核的束缚，又不似绝缘体的外层电子，受原子核的束缚力很紧。因此，半导体的导电性能介于导体和绝缘体之间。

半导体可分为本征半导体和杂质半导体两大类。所谓本征半导体就是一种纯净而不含杂质的半导体，例如硅（或锗）单

晶体，其导电性能很差，近于绝缘体。但是，如果在这些半导体材料中，掺入少量的其它材料，就成为杂质半导体，它的导电性能便会发生显著变化。例如，在硅半导体材料中掺入少量的磷元素，其导电能力急剧增加。这是因为，硅原子最外层有四个电子，而磷原子最外层有五个电子，除其中的四个电子与硅原子相联系外，尚多出一个电子，这个电子很容易成为自由电子，这样就增强了硅半导体的导电能力。因为导电就是电子移动的结果，所以，把掺有磷杂质的半导体叫电子型半导体，简称 N 型半导体。另外，如果在硅半导体中掺入少量的硼元素，由于这些原子的原子核最外层只有三个电子，与硅原子相比最外层少一个电子，于是便形成一个空位，当其它原子中的电子来补充这个空位时，便在这个电子原来的位置上又留下一个空位，通常把这种等待电子填充的空位称为空穴，空穴移动也能形成电流。利用空穴移动实现导电的半导体称为空穴型半导体，简称 P 型半导体。

由此可见，在硅半导体中掺入磷元素时可以得到 N 型硅，在硅半导体中掺入硼元素时，可得到 P 型硅。同理，在锗半导体中掺入五价元素时，也可以得到 N 型锗；在锗半导体中掺入三价元素时，可以得到 P 型锗，所以不能误认为硅只能构成 N 型半导体，锗只能构成 P 型半导体。

如果在半导体的两端加上电源，则半导体中的自由电子就向电源的正极移动，空穴向负极移动，从而使外电路形成了电流，其数值等于半导体内电子流与空穴流的代数和，电子和空穴是形成电流的两种“带电粒子”，通常称为载流子。对于 N 型半导体，电子的数目远远大于空穴的数目，因而它主要靠电子导电，所以把电子称为多数载流子，空穴称为少数载流子。同理，对于 P 型半导体，由于空穴数目居多而电子数目少，它

主要靠空穴导电，所以，称空穴为多数载流子，电子为少数载流子。多数载流子数量的多少，取决于掺入杂质的浓度。很显然，杂质的浓度越高，多数载流子的数量就越多。

1-2 PN结的单向导电性

一、PN结的形成

把一块P型半导体和一块N型半导体设法使它们“结合起来”，在接触面保持晶体结构的连续性，如图1·1(a)所示，这样，在交界处就形成一个所谓PN结，它具有单向导电性。PN结形成的物理原因简述如下：由于P区中的空穴较多，而N区中的自由电子较多，因此，P区中的空穴，要向N区扩散，而N区中的电子则要向P区扩散，这样就形成了电子和空穴的扩散运动。当N区中的电子扩散到P区之后，在N区中便留下了带正电荷的离子〔在图1·1(b)中以 $\oplus$ 表示〕，通常把失去电子的原子，称为正离子，获得电子的原子称为负离子。同样，由于P区中空穴向N区扩散，在P区中便留下了负离子。由于扩散的结果，于是在PN结处形成了一个“耗尽区”。在这个区域内，基本上没有载流子，“耗尽区”即由此得名。由图1·1(b)可见，耗尽区左边带负电荷，右边带正电荷，形成了一个内电场，它的方向由N区指向P区，这个内电场既阻挡右侧电子向左侧运动，也阻挡左侧空穴向右侧运动。由此可见，内电场对多数载流子的扩散运动起阻挡作用，随着扩散运动的不断进行，内电场的电场强度也随之而加强，于是对多数载流子的扩散运动产生的阻力也就增大，使扩散运动越来越减弱。

由于扩散运动所产生的内电场作用，当P区的少数载流子

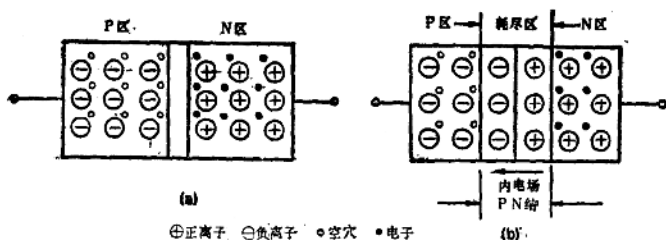


图 1-1 PN 结

电子进入到耗尽层时，就会被内电场拉到 N 区，而 N 区中的少数载流子空穴进入到耗尽层时，也会被拉到 P 区，这样就形成了少数载流子在电场作用下的漂移运动。少数载流子的漂移运动的方向与多数载流子的扩散运动的方向是相反的。所谓漂移，是指在电场力的作用下，载流子作定向运动，电场越强，漂移速度越快。由此看出，多数载流子的扩散运动使内电场增强，少数载流子的漂移运动却又使内电场减弱。这是因为从 N 区漂移到 P 区的空穴，补充了原来交界面上 P 区因扩散而失去的空穴；同样，从 P 区漂移到 N 区的电子也补充了原来交界面上 N 区因扩散所失去的电子，这样就使空间电荷减小。最后，当多数载流子的扩散运动和少数载流子的漂移运动达到动态平衡时，在 P 区和 N 区的交界面处便形成了稳定的“耗尽区”。这就是 PN 结形成的物理过程。

二、 PN 结的单向导电性

在图1-2(a)中，将 P 端接电源 E 的正极， N 端接电源的负极，电源正极对 N 区中的电子具有吸引作用，对 P 区中的空穴有排斥作用；电源的负极则对 P 区中的空穴有吸引作用，对 N 区中的电子有排斥作用。这样一来， PN 结两侧的多数载流子

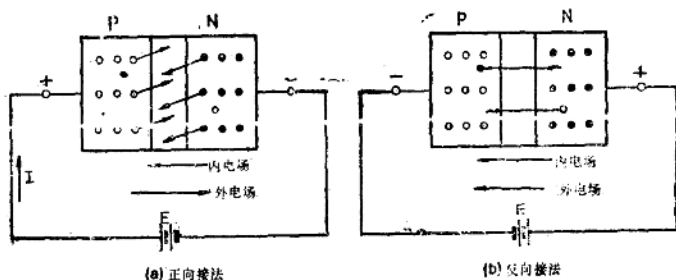


图 1·2 PN 结的正向接法和反向接法

越过 PN 结而形成电流。这个电流从电源正极流出，经过 PN 结返回负极。这一电流的形成在于：外加电源 E 所形成外电场的方向和内电场方向相反，外电场削弱了 PN 结内电场，使阻挡层变薄， P 区和 N 区中的多数载流子产生扩散运动而得到的。

如果按图 1·2(b) 的接法， P 端接电源负极， N 端接电源正极，则外电场和内电场方向一致，使阻挡层变厚，从而增大了对多数载流子的阻挡作用，当外加电压足够大时，就会使多数载流子的扩散运动不能进行。但是，外电场和内电场合成的总电场，将使 P 区和 N 区中的少数载流子，在反向电场的作用下产生漂移运动，即 P 区中的少数电子和 N 区中的少数空穴，可以通过 PN 结形成很小的电流。一般称图 1·2(a) 接法为正向连接，图 1·2(b) 为反向连接。正向连接时，电流由 P 区流向 N 区。流过 PN 结的电流较大，这个电流通常称为正向电流。反向连接时，电流由 N 区流向 P 区，电流很小，这个电流称为反向电流。由此可见， PN 结具有“单向导电性”，这是它的一个重要特性。

1-3 半导体二极管

一、二极管的结构

半导体二极管就是将 PN 结加上相应的电极引线和管壳制成的。 P 型半导体的引出线称为二极管的正极， N 型半导体的引出线称为负极。半导体二极管有“点接触型”和“面接触型”两种，分别如图1·3(a)和(b)所示，图1·3(c)为二极管的代表符号。

点接触型二极管由于 PN 结面积很小，允许通过的电流较小(几十毫安)，可作为高频信号的检波电路的检波器件，也可用于脉冲电路中进行的波形变换和作为小电流的整流器件。面接触型二极管的 PN 结面积较大，允许通过的电流也比较大(几百毫安至几百安)，它常被用作低频大电流的整流器件。

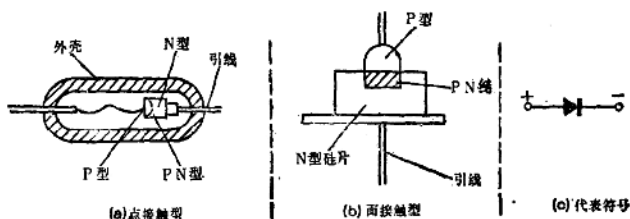


图 1·3 半导体二极管的结构

根据制造二极管时，所采用的半导体材料不同，又分为锗二极管和硅二极管。

为了正确使用半导体二极管，必须了解加在二极管两端的电压和通过二极管电流之间的关系，即二极管的伏安特性。图

1·4(a)为二极管的伏安特性曲线，图(b)是它的测试电路。由于图(b)的电压表中通过的电流很小，则电流表所指示的电流可以认为是二极管所流过的电流。

二、二极管的伏安特性

从伏安特性曲线上可以清楚地看到：

1.当二极管按正向连接时，如二极管两端的电压 V 为零伏，则流过二极管的电流 I 也为零毫安，所以特性曲线从坐标原点开始。随着电压 V 的逐渐增加，电流 I 也随之增加，但在外加电压 V 较低时， PN 结的内电场对载流子扩散运动的阻挡作用较大，基本上没有电流通过 PN 结，这一段电压称为“死区电压”。硅管的死区电压约在 $0\sim 0.5V$ （图中 OA 段）之间，锗管约在 $0\sim 0.2V$ （图中 OB 段）之间，只有当外加电压 V 超过死区电压后，电流随电压的增加才有明显的增大。

2.当二极管为反向连接时，即把图1·4(b)中电源 E 的极性反接，这时只有由少数载流子所形成的反向电流，其值很小（通常硅管小于几十毫微安，锗管小于几百微安），此时可认为二极管基本上是不导通的。反向电流越小，说明二极管的反向电阻就越大，反向截止性能也越好。但是，当反向电压增大到一定数值时，外加电场将把半导体内被束缚的电子强行拉出来，使反向电流突然增大，这种现象称为“反向击穿”，这时所加的反向电压称为反向击穿电压，见图1·4(a)中的反向特性曲线。如果不对电流加以限制，就会造成管子的损坏。在一定条件下，我们可以利用在击穿情况下，器件两端电压基本不变的特性，制成稳压二极管。

半导体二极管的特性受温度影响很大，当温度升高时，正、反向电流都随之增大，而反向击穿电压则下降。通常硅二极管

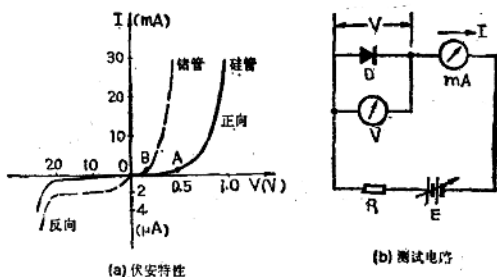


图 1-4 二极管的伏安特性及测试电路

PN 结允许的工作温度比锗二极管的高（硅管的最高结温为 150°C ，锗管为 90°C ），在 PN 结面积相同的条件下，硅管允许通过的电流比锗管大，所以大功率半导体二极管几乎都是硅管。

由二极管的伏安特性曲线可以看出：

1. 二极管是一种非线性元件，其正向特性和反向特性均属非线性。

2. 二极管具有单向导电性。正向连接时管子导通，反向连接时管子近于截止。

3. 正向导通时管子所需的正向压降很小，对于硅管，通常约为 0.7 伏左右。

4. 管子处于反向电压时，在小于击穿电压范围以内，反向电流与所加电压基本无关。而当反向电压超过击穿电压时，管子由不导通转化为导通，可见二极管的单向导电性并非绝对不变。

5. 锗管的正向电压较小，锗管的反向电流比硅管反向电流大得多，所以锗管受温度的影响比较明显，在选用二极管时必须考虑这些特点。