

内 容 简 介

本书是为大学本科“计算机应用”专业编写的电子技术基础教材。全书共分十章，包括模拟电路和脉冲数字电路的基本内容。其中模拟电路以基本放大器、负反馈概念、集成运算放大器、直流稳压电源为重点。脉冲数字电路以基本集成门电路和触发器为重点。选材力求少而精，注重基本概念和基本分析方法。每章末附有小结、习题和思考题。

本书可作为大专院校、电视大学、函授大学、夜大学、中等专科学校教材，也可供从事计算机应用、电子技术的工程技术人员阅读。

电子技术基础

王宝锐 编

科学技术文献出版社出版

一二〇一工厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092毫米 32开本 20.875印张 451千字

1989年10月北京第一版第一次印刷

印数：1—3280册

科技新书目：202—122

ISBN 7-5023-0860-5/TP·72

定价：10.00元

目 录

第一章 半导体二极管和三极管	(1)
§1-1 半导体基础知识	(1)
一、本征(纯净)半导体	(1)
二、N型半导体和P型半导体	(3)
三、PN结	(6)
§1-2 半导体二极管(晶体二极管)	(11)
一、结构与类型	(11)
二、伏安特性	(12)
三、二极管方程	(14)
四、二极管的电容效应	(15)
五、二极管的主要参数	(18)
§1-3 半导体三极管(晶体三极管)	(18)
一、原理结构与符号	(18)
二、半导体三极管的放大作用	(20)
三、半导体三极管的特性曲线和三种 工作状态	(24)
四、半导体三极管的主要参数	(30)
附录一 半导体器件型号命名方法	(36)
附录二 几种半导体二极管的主要参数	(38)
附录三 几种半导体三极管的主要参数	(39)
本章小结	(40)
思考题和习题	(41)

第二章 半导体三极管交流放大电路	(47)
§2-1 单管交流电压放大电路	(47)
一、电路组成及元件作用	(47)
二、电路的工作原理	(48)
三、直流通路与交流通路	(54)
§2-2 放大电路的静态分析方法	(55)
一、近似计算法	(56)
二、图解法	(56)
§2-3 放大电路的动态分析方法	(60)
一、图解法	(60)
二、微变等效电路法	(72)
§2-4 工作点稳定的典型电路	(89)
一、温度对放大器工作点的影响	(89)
二、分压式射极偏置电路的第一种形式	(92)
三、分压式射极偏置电路的第二种形式	(97)
四、分压式射极偏置电路的第三种形式	(101)
§2-5 多级放大电路	(103)
一、耦合方式	(103)
二、多级放大器的组成	(107)
三、多级放大器的动态量估算	(108)
§2-6 放大器的频率特性	(113)
本章小结	(121)
思考题和习题	(124)
第三章 放大器中的反馈	(137)
§3-1 反馈的基本概念和负反馈放大器的一般关系式	(137)
§3-2 负反馈对放大器性能的改善	(141)

§3-3	反馈的类型及判别方法	(143)
§3-4	负反馈放大器的计算举例	(150)
一、	串联电流负反馈放大电路	(150)
二、	射极输出器(典型的共集电路)	(156)
§3-5	深反馈电压放大倍数的近似计算	(174)
§3-6	放大器的自激振荡及其消除	(177)
	本章小结	(182)
	思考题和习题	(184)
第四章	场效应管及其放大电路	(197)
§4-1	场效应管	(197)
一、	结型场效应管	(197)
二、	MOS场效应管	(208)
三、	使用场效应管的注意事项	(220)
四、	场效应管和半导体三极管比较	(221)
五、	场效应管的微变等效电路	(222)
§4-2	场效应管放大电路	(224)
一、	共源极放大电路	(225)
二、	源极输出器(典型的共漏极电路)	(233)
§4-3	场效应管放大电路应用举例	(236)
附录四	几种场效应管的主要参数	(239)
	本章小结	(241)
	思考题和习题	(243)
第五章	直接耦合放大电路	(251)
§5-1	直接耦合放大电路的特殊问题	(251)
一、	静态工作点的设置与级间电位配合	(251)
二、	零点漂移	(254)
§5-2	差动放大电路	(256)

一、典型的差动放大电路	(256)
二、几种其它输入—输出方式的讨论	(264)
三、具有晶体管恒流源的差动放大电路	(266)
四、场效应管差动放大电路	(270)
§5-3 功率放大电路	(271)
一、功率放大器的特殊问题	(272)
二、功率放大器的分类	(273)
三、双电源供电的乙类互补对称电路	(277)
四、双电源供电的甲乙类互补对称电路	(283)
五、双电源供电的甲乙类准互补对称电路	(286)
六、采用一个电源的甲乙类互补对称电路	(287)
本章小结	(290)
思考题和习题	(291)
第六章 集成运算放大器	(299)
§6-1 集成运放的内部电路结构	(300)
一、内部结构	(300)
二、主要参数	(302)
§6-2 集成运放分析要领及三种基本联接 方式	(305)
一、分析集成运放的两个要领	(305)
二、集成运放的三种基本联接方式	(306)
§6-3 集成运放的运算功能	(314)
一、加法运算	(314)
二、积分运算	(316)
三、微分运算	(317)
四、对数运算和指数(反对数)运算	(318)
五、乘法运算	(320)

§6-4 集成运放的应用举例	(324)
一、电子模拟计算	(324)
二、电压、电流变换	(326)
三、电压比较器	(328)
四、矩形波发生器(多谐振荡器)	(329)
附录五 几种线性组件的参数	(332)
本章小结	(334)
思考题和习题	(336)
第七章 直流稳压电源	(348)
§7-1 桥式整流、电容滤波电路	(350)
一、桥式整流电路	(351)
二、电容滤波电路	(355)
§7-2 硅稳压管及其稳压电路	(360)
一、硅稳压管	(361)
二、硅稳压管稳压电路	(365)
三、稳压电源的主要质量指标	(370)
§7-3 带放大器的串联反馈式稳压电源	(372)
一、基本电路	(373)
二、一般情况讨论	(376)
§7-4 集成稳压电源	(385)
一、CW7800系列概述	(387)
二、CW7800系列内部电路组成和工作原理	(388)
三、CW7800系列应用电路接法举例	(390)
§7-5 开关稳压电源	(396)
一、方块图及工作原理	(396)
二、实用电路举例	(398)
§7-6 无工频变压器开关稳压电源	(402)

一、概述	(402)
二、电路组成及工作原理	(403)
三、典型电源分析	(405)
附录六 几种硅稳压管的主要参数	(411)
附录七 电阻标称值	(413)
附录八 CW7800 系列电参数	(414)
附录九 几种典型脉宽调制器型号与厂家	(415)
本章小结	(416)
思考题和习题	(417)
第八章 逻辑门电路	(432)
§8-1 概述	(432)
一、模拟信号与脉冲信号	(432)
二、脉冲信号的参数	(433)
§8-2 半导体二极管的开关特性	(434)
§8-3 半导体三极管的开关特性	(438)
一、半导体三极管的三种工作状态	(438)
二、半导体三极管的开关时间	(440)
三、利用加速电容改善开关特性	(445)
§8-4 基本逻辑门电路	(447)
一、与门电路	(447)
二、或门电路	(450)
三、非门电路	(452)
四、复合门电路	(462)
§8-5 数字集成电路	(465)
§8-6 高阈值逻辑门电路(HTL门)	(466)
一、基本的HTL与非门	(466)
二、有源负载HTL与非门	(469)

§8-7	TTL与非门电路	(470)
一、	典型TTL与非门电路的组成	(470)
二、	基本工作原理	(470)
三、	TTL与非门的主要性能	(475)
四、	TTL与非门的主要参数	(481)
五、	TTL与非门的改进电路	(485)
§8-8	TTL门电路的其它类型	(492)
一、	集电极开路门(OC门)	(492)
二、	扩展器	(494)
三、	异或门	(498)
四、	三态输出与非门	(502)
§8-9	射极耦合逻辑门电路(ECL门)	(504)
一、	ECL或/或非门的组成	(505)
二、	基本工作原理	(505)
三、	主要优缺点	(510)
§8-10	集成注入逻辑门电路(I^2L 门)	(512)
一、	电路组成	(512)
二、	工作原理	(513)
三、	主要特点	(514)
四、	应用举例	(515)
§8-11	MOS集成逻辑门电路	(518)
一、	N—MOS非门电路	(519)
二、	N—MOS基本逻辑门	(527)
三、	P—MOS基本逻辑门	(528)
四、	C—MOS基本逻辑门	(529)
	本章小结	(537)
	思考题和习题	(539)

第九章 集成触发器	(549)
§9-1 基本RS触发器	(549)
一、电路组成	(550)
二、逻辑功能	(550)
三、逻辑功能的表示方法	(553)
四、由或非门组成的基本RS触发器	(555)
§9-2 具有时钟脉冲控制的触发器	(557)
一、同步RS触发器	(557)
二、JK触发器	(560)
三、D触发器	(565)
四、T触发器	(566)
五、T'触发器	(568)
六、触发器的空翻现象	(568)
§9-3 主从型触发器	(570)
一、主从RS触发器	(571)
二、主从JK触发器	(572)
§9-4 维持阻塞D触发器	(578)
一、维持阻塞D触发器的电路组成	(578)
二、维持阻塞D触发器的工作原理	(581)
三、置0、置1端的作用	(582)
§9-5 各种类型触发器的相互转换	(583)
一、由D型触发器转换成JK、RS、T和T' 型触发器	(584)
二、由JK型触发器转换成D、RS、T和T' 触发器	(586)
本章小结	(589)
思考题和习题	(590)

第十章 脉冲波形的产生和整形	(594)
§10-1 几个基本概念	(594)
一、RC微分电路和积分电路	(594)
二、TTL与非门的关门电阻 R_{off} 和开门 电阻 R_{on}	(598)
§10-2 单稳态触发器	(600)
一、微分型单稳态触发器	(601)
二、积分型单稳态触发器	(607)
三、单稳态触发器的应用举例	(613)
§10-3 施密特触发器	(615)
一、用TTL与非门构成的施密特触发器	(616)
二、集成TTL施密特触发器	(623)
三、施密特触发器应用举例	(625)
§10-4 用集成与非门组成的多谐振荡器	(628)
一、RC微分环节交叉耦合的多谐振荡器	(628)
二、带有RC延时电路的环形多谐振荡器	(632)
三、石英晶体多谐振荡器	(638)
本章小结	(645)
思考题和习题	(646)
主要参考资料	(652)

第一章 半导体二极管和三极管

§1-1 半导体基础知识

一、本征(纯净)半导体

1. 硅(Si)和锗(Ge)的原子结构

半导体是一种导电性能介于导体和绝缘体之间的物质。目前常用的半导体是硅和锗。其原子结构示意图如图 1-1 所示。

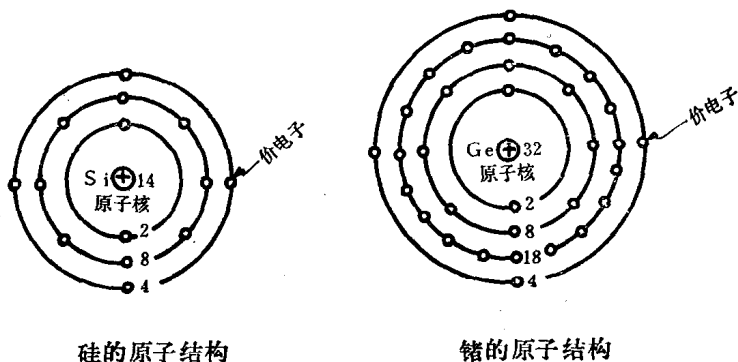


图 1-1

硅的原子核有14个正电荷，外面有14个电子，分三层。最外层有4个电子，这四个外层电子称为价电子。价电子受原子核的束缚力最小。锗的原子核有32个正电荷，外面有32个电子，分四层。最外层有4个价电子，由于它们最外层都

有4个价电子，故都属于四价元素。

2. 本征半导体的导电结构——电子—空穴对

纯净的半导体称为本征半导体。当本征半导体Si、Ge等材料被制成单晶体时，其原子排列变得非常整齐。称为晶体点阵。如图1-2所示。

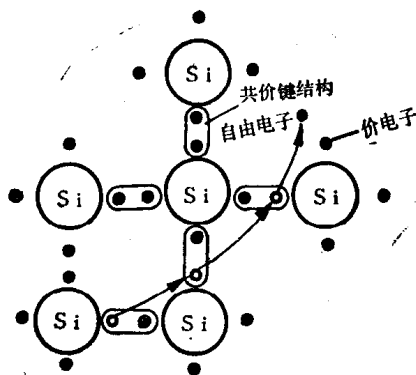


图 1-2 单晶硅的共价键结构

图中，每一个Si原子与相邻的四个Si原子结合，每个原子最外层的一个价电子与另一个原子最外层的一个价电子组成一个电子对。这个“电子对”为相邻的两个原子共有，同时受相邻两个原子束缚，称为共有电子或束缚电子。这种组合称为共价键结构。在温度是绝对零度、没有外能激发的情况下，本征半导体没有导电能力。

这种共价键结构又使共有电子所受的约束不那么紧。当温度升高到一定值时，热能转化为电子的动能，有些共有电子便挣脱束缚而变为自由电子。自由电子是一种带负电荷的载流子，能够参予导电。

当某些共有电子挣脱出共价键后，在出现自由电子的同时，在共价键中出现了空位，这种空位称为空穴。在外加电场(或其它能源)的作用下，附近的共有电子很容易进行填补空位，于是又出现了新的空穴。称为空穴运动。这种情况犹如剧场中，前排有位观众退席出现了空位，后排观众依次递补空位向前坐，效果上好像空位向后运动一样。由此可知，空穴的运动方向和电子的运动方向相反，而电子是带负电荷，缺少电子的空穴实质是带正电荷的。因此，可以认为空穴的运动是正电荷的运动。

由此可见，空穴也能自由运动而参予导电，在这个意义上，空穴和电子一样也是一种载流子，是带正电荷的载流子。因此，半导体中有两种载流子，一种是带负电荷的自由电子，一种是带正电荷的空穴。

在本征半导体中，受热或光的激发产生一个自由电子，必然相伴产生一个空穴。电子和空穴成对产生。这种现象称为本征激发。电子一空穴对就是本征半导体的导电结构。电子一空穴对的多少与温度和半导体的材料有关。

在一定的温度下，本征半导体便有一定数量的电子一空穴对产生。当本征半导体有外加电压时，这些电子、空穴向相反方向运动形成电流，故半导体中的电流是电子电流和空穴电流之和。由于本征半导体中，电子一空穴对很少，这种电流极微弱，没有实用价值。为了提高导电能力，需要在本征半导体中掺入杂质。

二、N型半导体和P型半导体

如果在本征半导体中，掺入少量其它元素的原子，这些原子对本征半导体而言称为杂质。掺有杂质的半导体称为杂

质半导体，它可以大大提高半导体的导电性能。

例如：

1. 单晶硅中掺入微量 5 价磷(P)元素

利用化学方法，比如扩散法在单晶硅中掺入微量磷元素。由于掺入的磷原子数量比硅原子少得多，所以半导体的晶体结构基本不变。仅是在某些晶体点阵的位置上硅原子被磷原子代替了。由于磷原子有 5 个价电子(称为 5 价元素)，一个磷原子与相邻 4 个硅原子组成共价键时，多余的 1 个价电子不受共价键约束，仅受磷原子核的吸引，故其吸引力很微弱。只要有较小的外能作用，就能使它挣脱原子核的吸引变成自由电子构成电子载流子，造成杂质半导体中的电子载流子数目大大增加。这种杂质半导体称为电子型半导体或 N 型半导体。N 是英文 Negative(负)的字头。

由于杂质磷掺入单晶硅中能供出自由电子，称这类杂质为施主杂质。磷原子供出 1 个自由电子就变成了带正电的正离子被嵌在晶格中不能自由运动。N 型半导体的结构示意图和简化示意图如图 1-3 所示。

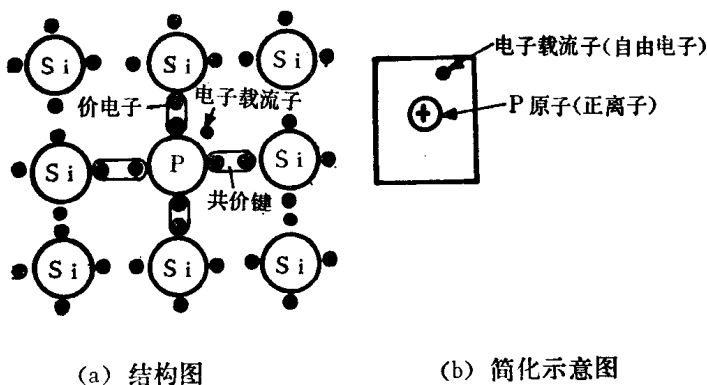


图 1-3 N型半导体

在N型半导体中，除了掺杂能形成大量自由电子外，在一定温度下，由本征激发还要产生少量电子—空穴对。其中的自由电子加入由磷杂质形成的大量自由电子的行列共同组成电子载流子。其中的空穴构成空穴载流子。由于空穴数量远少于自由电子数量，故在N型半导体中，自由电子称为多数载流子，空穴称为少数载流子。故N型半导体的导电机构以电子载流子为主。

2. 单晶硅中掺入微量3价硼(B)元素

硼是3价元素，有3个价电子。用化学方法(如扩散法)将微量硼掺入单晶硅中。每个硼原子与相邻4个硅原子组成共价键时，其中有一个共价键缺少一个价电子，即自然形成一个空穴。因此，在这种掺杂半导体中，形成很多空穴，称为空穴型半导体或P型半导体。其中P是英文Positive(正)的字头。

由于硼杂质的掺入，提供了带正电荷的空穴，在外能作用下，可使晶体结构中附近的共有电子填补其空位，使硼原子成为带负电的负离子嵌在晶格中，不能运动。由于硼原子能接受电子，故称硼杂质为受主杂质。

在一定温度下，由本征激发还要产生少量电子—空穴对，其中的空穴加入由硼杂质形成的大量空穴的行列组成空穴载流子。其中的电子构成电子载流子。由于空穴载流子的数量大于电子载流子的数量，故在P型半导体中，空穴载流子称为多数载流子，电子载流子称为少数载流子，故P型半导体的导电机构以空穴载流子为主。

P型半导体的结构图和简化示意图如图1-4所示。

纯净(本征)半导体掺杂后，导电性能大大提高。

例如：纯硅的原子密度(单位体积的晶体中包含的原子数称为原子密度)是在 $10^{22}/\text{cm}^3$ 这个数量级。在常温下，其载

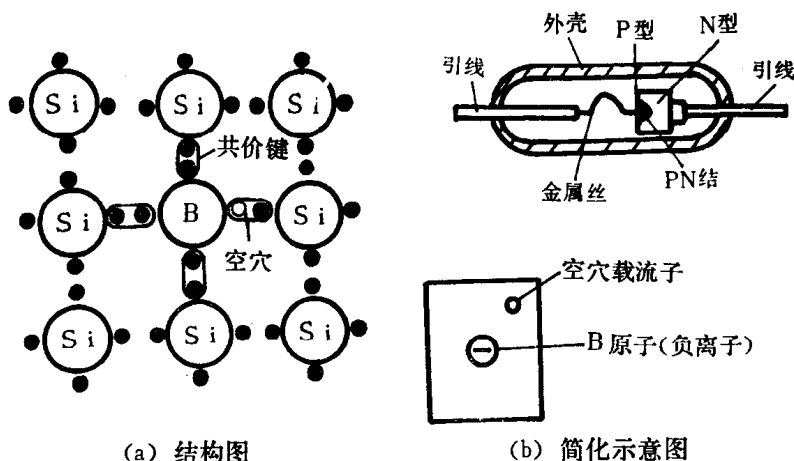


图 1-4 P型半导体

流子的浓度（即单位体积晶体中包含的载流子数称为载流子浓度）是在 $10^{10}/\text{cm}^3$ 这个数量级。若掺杂百万分之一即掺杂 $10^{22} \times 10^{-6}/\text{cm}^3 = 10^{16}/\text{cm}^3$ （掺入的杂质浓度），则掺杂后其多数载流子的浓度与纯硅的载流子浓度比是 $\frac{10^{16}/\text{cm}^3}{10^{10}/\text{cm}^3} = 10^6$ 即载流子浓度提高了一百万倍。这个简单估算说明掺杂能大大提高半导体的导电性能。因此，要提高半导体的导电能力，最有效的方法是在半导体内掺入微量杂质。

三、PN结

1. PN结的形成

PN结是由P型半导体和N型半导体通过一定方式结合而成。这里的结合并不是简单地将两种半导体接触在一起。而是利用掺杂的方法如采用扩散法、烧结法、外延法等半导体工艺使一块完整的晶片的一边形成N型半导体，另一边形成P型半导体。那么在P型和N型的交界处就形成了PN结。

PN结的形成过程, 参见图1-5。

(1) 图(a)是P型半导体和N型半导体未接触时的情况。

P型半导体的多数载流子是空穴, 每一个空穴对应有一个负离子(如硼原子)嵌在晶格中。

N型半导体的多数载流子是自由电子, 每一个自由电子对应有一个正离子(如磷原子)嵌在晶格中。由于每种类型的半导体, 正、负电荷量相等, 对外呈中性。

(2) 当P型和N型半导体接触时, 如图(b)。

由于P区的空穴浓度大于N区, 浓度差形成扩散运动。故P区空穴向N区扩散。

由于N区的电子浓度大于P区, 故N区自由电子向P区扩散。

扩散的结果在交界面附近P区一侧留下不能移动的负离子, N区一侧留下不能移动的正离子。从而在PN交界面形成一个载流子极少的区域如图(c)所示。这个区域称为空间电荷区(又称耗尽层或阻挡层), 此区就是PN结。

2. 扩散运动、漂移运动及动态平衡

(1) 扩散运动

由于浓度差形成多数载流子穿过PN界面的运动称为扩散运动。扩散运动形成的电流称为扩散电流 I_{di} (diffusion current), 其方向是从P区指向N区。 I_{di} 的大小取决于掺杂的多少。

P区的多数载流子—空穴扩散到N区, 就成为N区的少数载流子, 它又可能与N区的多数载流子—电子复合, 使空穴和电子同时消失。同理, N区的多数载流子—电子扩散到P区, 就成为P区的少数载流子, 它又可能与P区的多数载流子—空穴复合, 使电子和空穴同时消失。

(2) 漂移运动