

载波机晶体管电路基础



电信技术基础自学丛书

ANXIN JISHU JICHU ZIXUE CONGSHU

人民邮电出版社

载波机晶体管电路基础

(电信技术基础自学丛书)

江苏省邮电管理局

《载波机晶体管电路基础》编写组

人 民 邮 电 出 版 社

内 容 简 介

本书着重从物理概念入手来说明晶体管电路的基本工作原理，并结合三路、十二路载波机的实用电路进行简要分析。内容包括半导体二极管和晶体管、交流放大器、功率放大器、放大器中的负反馈、正弦振荡器、调幅器、直接耦合放大器、整流和稳压电路。

本书可供初中或相当于初中文化程度的邮电工人同志自学参考。

载波机晶体管电路基础

(电信技术基础自学丛书)

江苏省邮电管理局

《载波机晶体管电路基础》编写组

*

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

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 1976年4月 第一版

印张: 7 4/32 页数 114 1976年4月河北第一次印刷

字数: 160千字 印数: 1—81,000 册

统一书号: 15045·总2068—有524

定价: 0.56 元

出版说明

无产阶级文化大革命的伟大胜利，促进了我国通信事业的迅速发展。各地广大邮电职工认真学习毛主席关于理论问题的重要指示，深入开展工业学大庆的群众运动，大搞技术革新、技术改造。在省内长途通信方面正在为加速实现公社以上载波化而努力战斗。

晶体管与电子管比较，具有体积小、重量轻、耗损功率小、寿命长等优点，载波设备采用晶体管还具有便于制作，成本低等特点，它在这方面的应用日益广泛。随着载波机晶体管化的发展，广大青年邮电职工迫切需要掌握晶体管电路的基本知识，以及晶体管在载波机中应用的技术知识。为此，江苏省邮电管理局组织了有工人、技术人员参加的三结合编写小组，编写了本书。

本书在内容编写上，力求通俗易懂，结合实用。着重从物理概念入手，结合必要的基本数学分析，介绍晶体管电路的基本概念、典型电路的工作原理，并结合三路、十二路晶体管载波机的实用电路进行了讨论，为实际应用打下初步基础。

本书主要供具有初中或相当于初中文化程度的邮电工人工同志作自学参考。

一九七五年七月

毛主席语录

抓革命，促生产，促工作，促战备。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

理性认识依赖于感性认识，感性认识有待于发展到理性认识，这就是辩证唯物论的认识论。

目 录

第一章 半导体二极管和晶体管	(1)
第一节 半导体二极管.....	(1)
一、半导体的导电特性.....	(1)
二、半导体二极管的单向导电特性.....	(2)
三、半导体二极管的伏安特性曲线和参数.....	(4)
第二节 晶体管.....	(6)
一、晶体管为什么有放大作用.....	(7)
二、晶体管电路的三种接法.....	(11)
三、晶体管的特性曲线和参数.....	(12)
四、晶体管的代用原则.....	(23)
第二章 交流放大器	(26)
第一节 简单的交流放大器.....	(26)
一、单管交流放大器的组成.....	(26)
二、放大器的工作原理.....	(28)
第二节 放大器的静态工作点和负载线.....	(31)
一、什么叫静态工作点.....	(31)
二、设置静态工作点的重要作用.....	(32)
三、什么叫负载线.....	(35)
四、用图解法求输出电压和电流.....	(37)
五、用作图的方法求放大倍数.....	(38)

六、负载线、工作点与波形失真的关系·····	(41)
七、交流负载线·····	(43)
八、放大电路的计算法·····	(45)
第三节 如何保持工作点的稳定·····	(48)
一、影响工作点稳定的因素·····	(49)
二、稳定静态工作点的电路·····	(51)
第四节 晶体管共发射极等效电路·····	(58)
一、什么叫等效电路·····	(58)
二、怎样从晶体管特性曲线求出等效电路·····	(59)
三、用等效电路来分析放大特性·····	(61)
四、放大器的输入电阻和输出电阻·····	(63)
五、晶体管放大器的等效电路法分析·····	(67)
第五节 多级放大器·····	(70)
一、级间耦合方式·····	(70)
二、放大倍数的计算·····	(74)
三、计算举例·····	(77)
四、增益的表示方法—分贝和奈·····	(80)
第三章 功率放大器·····	(83)
第一节 单管功率放大器·····	(84)
一、基本电路说明·····	(85)
二、电路工作原理分析·····	(85)
三、输出功率和效率·····	(87)
四、单管功率放大器的失真·····	(88)
第二节 晶体管的并联运用·····	(91)
第三节 复合管功率放大器·····	(92)
第四节 推挽功率放大器·····	(95)

一、电路特点	(96)
二、工作原理	(97)
三、输出功率、效率和管耗	(100)
四、推挽功率放大器的交越失真	(103)
第五节 大功率管的保护	(105)
一、热致击穿及其保护措施	(105)
二、二次击穿及其保护措施	(106)
三、其它原因造成的损坏与保护	(108)
第四章 放大器中的负反馈	(111)
第一节 负反馈的基本概念	(111)
一、什么是负反馈	(111)
二、负反馈的分类	(112)
三、负反馈放大器的放大倍数	(116)
第二节 负反馈对放大器性能的改善	(117)
一、提高放大倍数的稳定性	(118)
二、展宽放大器的通频带	(120)
三、减小放大器的非线性失真	(121)
四、改变输入电阻和输出电阻	(121)
第三节 射极输出器	(124)
一、电压放大倍数	(124)
二、输入电阻和输出电阻	(125)
三、射极输出器的应用	(129)
第四节 越级负反馈	(131)
一、级间负反馈的一般分析方法	(131)
二、载波机中的越级负反馈	(133)

第五章 正弦振荡器	(139)
第一节 振荡器的工作原理	(139)
一、从放大器到振荡器	(139)
二、产生自激振荡的条件	(141)
三、振荡的建立和稳定过程	(143)
第二节 载波机中常用的晶体管振荡电路	(146)
一、变压器耦合振荡器	(146)
二、电感三点式和电容三点式振荡器	(152)
三、阻容振荡器	(155)
第三节 振荡器频率的稳定	(159)
一、温度变化的影响和稳频措施	(159)
二、负载的影响和稳频措施	(160)
三、其它影响频率稳定的原因	(161)
第四节 石英晶体振荡器	(161)
一、石英晶体的特性和等效电路	(161)
二、石英晶体振荡器	(164)
第六章 调幅器	(171)
第一节 半导体二极管调幅器	(171)
一、调幅的一般原理	(171)
二、二极管环形调幅器	(175)
第二节 晶体管无源调幅器	(179)
一、晶体管的开关作用	(179)
二、单管无源调幅器	(181)
三、两管无源调幅器	(185)

第七章 直接耦合放大器..... (187)

第一节 直接耦合放大器的特点..... (187)

一、级间的直流工作状态互相影响..... (188)

二、存在零点漂移现象..... (189)

第二节 差动放大器..... (190)

一、差动放大器的工作原理..... (190)

二、差动放大器电路的改进..... (192)

三、其它形式的差动放大器..... (194)

四、差动放大器的应用举例..... (195)

第八章 整流和稳压电路..... (197)

第一节 单相整流和滤波电路..... (197)

一、整流电路..... (197)

二、滤波的概念..... (201)

第二节 硅稳压管稳压电路..... (208)

一、硅稳压管为什么能稳压..... (208)

二、硅稳压管稳压电路原理..... (209)

第三节 串联型晶体管稳压电源原理..... (210)

一、串联型稳压电路的基本原理..... (211)

二、带有放大环节的稳压电路..... (213)

三、串联型稳压电路性能的改进..... (214)

四、ZM305型载波机线路放大器的电源稳压电路..... (216)

第一章 半导体二极管和晶体管

晶体管载波机电路中的关键元件是半导体二极管和晶体管，它们和其它元件，如电阻、电感、电容、变压器等，按一定规律结合起来，就能构成载波机及各种测试仪器。因此，掌握半导体二极管、晶体管的基本特性和了解它们的工作原理，对学习、使用和维修晶体管载波机是很重要的。

本章主要介绍半导体器件基本结构 $P-N$ 结的特性，还要介绍二极管单向导电、晶体管电流放大原理以及这两种管子的特性和参数。

第一节 半导体二极管

在载波通信中，半导体二极管被广泛用来制做调幅器、整流器和稳压器等。本节主要介绍二极管的工作原理、导电特性及参数等。

一、半导体的导电特性

对于导体和绝缘体的导电特性，大家都已经很清楚了。但是还有一类物体，它既不象导体那么容易导电，又不象绝缘体那么不容易导电，它的导电性能介于二者之间，我们称之为半导体。如锗、硅、硒等都是半导体。

半导体的导电性能是不稳定的，当外界条件发生变化时它的导电性能也会随着发生变化。例如，随着温度的升高，半导

体的导电能力增强。这种特性给半导体器件的应用带来一定的不便，因而，常在电路中采取许多措施来加以改善，但利用这种特性也可制成热敏电阻等元件。

人们在长期的生产实践中发现，半导体的导电能力是可以人为地加以控制的。例如，在纯净的半导体中，加入少量的杂质，半导体的导电能力就会有上百万倍的增加。我们就是利用半导体的这种特性，制成各种类型的二极管和三极管。

二、半导体二极管的单向导电特性

在图 1.1 所示的电路中 $\triangleright|$ 为半导体二极管的代表符号，可以发现：当把二极管的两个极倒换方向时，见图 1.1(a) 和 (b)，前一种接法时灯亮，而后一种接法时灯不亮，半导体二极管的这种特性，称之为单向导电特性。图 (c) 和 (d) 表示电阻没有这种特性。

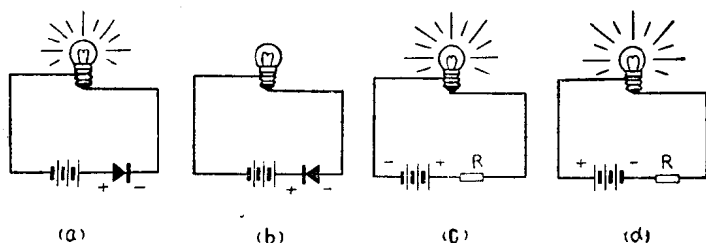


图 1.1 半导体二极管的单向导电实验

为什么半导体二极管会具有单向导电的特性呢？这就要从事物的内部来找出它的原因。

(1) P型和N型半导体

前面讲过，当纯半导体中加入少量杂质后，能使它的导电能力增加许多。而掺到半导体中的杂质有两种类型：一种

杂质加到半导体中后，使半导体中带负电的电子数目大大增加，它的导电性能主要是由这些电子来决定的，因而叫电子型半导体（俗称 N 型半导体）；另有一类杂质加到半导体中以后，会使半导体中产生许多缺少电子的空位，这些空位称之为空穴。它的导电特性主要是由空穴来决定的，这种半导体叫做空穴半导体（俗称 P 型半导体）。例如，硅和锗半导体如加入锑、磷和砷等元素（称杂质），就成为 N 型半导体，如果加入镓、铟等元素就变成 P 型半导体。

(2) PN 结

单单有了 P 型和 N 型半导体，还不足以构成单向导电的二极管。

如果使一块完整的半导体的一部分成为 P 型，而另外一部分成为 N 型，这时在它们的接界处便形成一个特殊的薄层，称做 PN 结。如果加上电极、引线和管壳便形成一个半导体二极管。

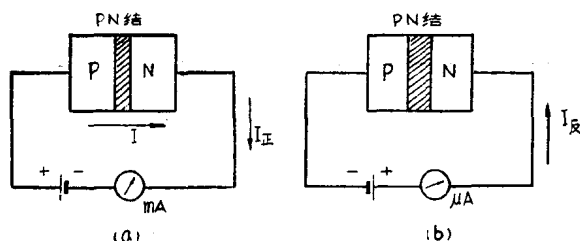


图 1.2 PN 结单向导电原理图

在图1.2所示的电路中，我们把电池的正极接到 P 区，负极接到 N 区，如图1.2(a)所示，称作 PN 结加正向电压或称正向偏置。在这种状态下，呈现的电阻很小，称为导通状态，造成图1.1中灯亮。

当把电池的正极接到 N 区，负极接到 P 区，如图1.2(b)

所示，称作 PN 结加反向电压或称反向偏置。此时，电流很小，呈现很大电阻，称为截止状态，造成图1.1中灯不亮。

三、半导体二极管的伏安特性曲线和参数

由于半导体二极管是在 PN 结的基础上制成的，因此，它最主要的特性便是单方向导电。

1. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指加在二极管两端的电压和流过其中的电流之间的关系。它可以用伏安特性曲线形象地表现出来，这条曲线可以用图1.3所示的电路测出。图(a)是测试正向特性的电路，图(b)是测试反向特性的电路。调节电位器 W ，逐渐改变外加电压的大小，可得到相应的电流值。以硅二极管2CP14为例，将测量结果列在表1.1中。根据测得数据，便可描绘出加在2CP14上的电压与通过它的电流之间关系的曲线，该曲线又称为伏安特性曲线，如图1.4所示。

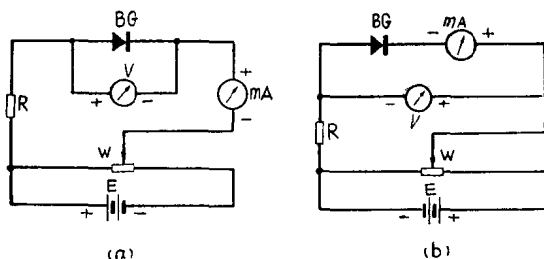


图 1.3 测试二极管伏安特性的原理电路

由二极管的伏安特性曲线可以看出它的单向导电特性。

(1) 正向特性

当二极管加上正向电压后，产生正向电流，在 $U_{正}$ 较小时，虽然加的是正向电压，但正向电流很小。当 $U_{正}$ 达到一定数值

表 1.1

正向电压 (伏)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	0.9
正向电流 (毫安)	0	0	0	1	10	24
反向电压 (伏)	0	-15	-30	-45	-60	-75
反向电流 (毫安)	0	0	0	0	0	-0.001

后(锗管大约在0.1~0.3伏左右;硅管约在0.6~0.8伏左右),正向电流迅速增加。

(2) 反向特性

当二极管加反向电压时,这时的电流称为反向电流,数值很小,将反向电压增大,反向电流值变化也不大。

当反向电压继续增加,达到某一定值时,反向电流会突然增大,这种现象叫反向击穿。与电流突增相对应的电压,叫作反向击穿电压。

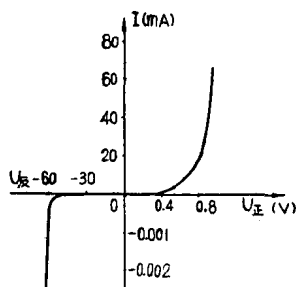


图 1.4 2CP14 的伏安特性曲线

还应指出,在常温下硅管的反向电流一般小于1微安,锗管的反向电流为几微安到几十微安。当温度升高时,反向电流也随着增加。所以,温度较高时,要考虑反向电流的影响,特别是锗管,则更要注意到这点。

2. 二极管的主要参数

半导体二极管具有体积小、重量轻、寿命长等优点,但使用不当往往会很快损坏。为了充分发挥二极管的优点,就要在使用中正确选用它,为此,必须要了解二极管的一些主要参数。

半导体二极管的主要参数有两个:

1057.45

(1) 最大整流电流 I_M

最大整流电流是指二极管长期工作时，允许通过的最大平均电流。若超过此值，管子将发热烧坏。对于大功率半导体二极管，为了提高 I_M ，必须加装散热片，以降低它的温度。如果手册上提出了散热片规格，就必须照此办理。有的还采用风冷达到散热的目的。

(2) 反向击穿电压 V_b

如果反向电压超过此值，则反向电流将急剧增加，会造成管子因反向击穿而损坏，为此，在选用二极管时必须注意这个极限值。通常，真正加到二极管上的最高反向电压（峰值），不应超过手册上给出的最高反向工作电压。最高反向工作电压都小于反向击穿电压，这是为了在使用时留有余地。

特别应注意，一般给出的交流电压值是有效值，它的峰值是有效值的 $\sqrt{2}$ 倍。例如 220 伏市电的峰值为 $\sqrt{2} \cdot 220 = 308$ 伏。

半导体二极管还有一些其他参数，如反向电流，最大瞬时电流，最高使用温度和最高工作频率等等，在选用二极管时也要注意。

第二节 晶 体 管

晶体管又称为半导体三极管，它也是以 PN 结为基础构成的，但它具有放大作用。在载波通信设备中，为实现远距离的通信，必须将微弱的电信号放大，而晶体管的放大作用正好满足了这一客观的需要。在载波机中晶体管被广泛用来制作放大器、振荡器和调幅器等。所以我们在讨论了半导体二极管的原理以后，再来研究一下晶体管的放大原理、特性和参数等。

一、晶体管为什么有放大作用

1. 晶体管的基本结构

晶体管由两个PN结构成，中间有一层极薄的基区联系着，如图1.5所示。由图可见，晶体管有三个不同的导电区：发射区、基区和集电区。它们分别与发射极(e)、基极(b)和集电极(c)相连接。发射区与基区之间的PN结叫发射结，集电区与基区之间的PN结叫集电结。

在电路中晶体管的符号如图1.5右方所示，图中的箭头表明晶体管发射极电流的实际流向。

根据晶体管三个区域半导体类型的不同，晶体管又分为NPN型和PNP型两大类。图1.5(a)所示为NPN型，(b)为PNP型。这两种类型的晶体管的工作原理是一样的，所不同的是，PNP型晶体管是空穴导电，而NPN型晶体管是电子导电。

无论锗管或硅管都有PNP型和NPN型两种结构，只不过目前国产锗管多为PNP型，硅管多为NPN型。

2. 晶体管的放大作用原理

要说明晶体管的工作过程，就要知道电流在晶体管内的流

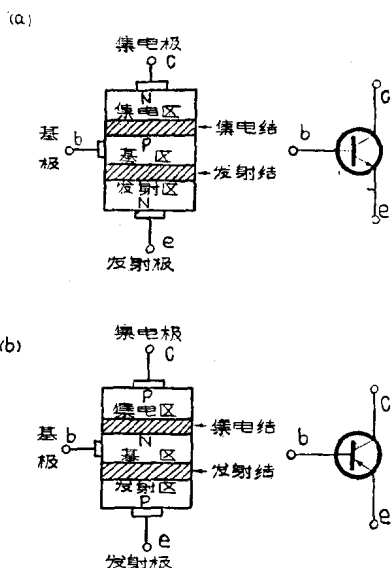


图 1.5 晶体管的结构示意图及其符号