

邮电中等专业学校试用教材

电子电路实验

张家安 编

王继瑜 审

人民邮电出版社

邮电中等专业学校试用教材

电子电路实验

张家安 编

王继瑜 审

第一版 1988年10月 787×1092 1/32

印张 3.5 字数 80千字

ISBN 7-112-04311-8/G·050

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书根据邮电中等专业学校“电子电路教学大纲”编写的。主要内容包括模拟电子电路的十六个实验，其中分立元件基本单元电路的实验十三个，线性集成电路应用实验二个，多级低频放大器安装和调测实验一个，设计实验一个，在讲述每个实验原理、内容、方法、步骤外，也简单地介绍了实验仪器的使用方法。本书是邮电中等专业学校或工科电子类中等专业学校“电子电路”实验课教材，亦可供其它学习电子电路的学生和工作人员参考。

编 张安港

审 王继瑜

邮电中等专业学校试用教材 电 子 电 路 实 验

张家安 编

王继瑜 审

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

广益印刷厂印刷

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 1986年4月第一版

印张：328/32 页数：62 1990年6月北京第2次印刷

字数：85千字

印数：30 001-38 000册

ISBN 7-115-04311-6/G·070

定价：0.75元

前 言

本书是邮电中等专业学校用书。为了适应邮电教育事业发展的需要，我局自1978年以来，先后成立了邮电中专教材编审委员会及基础课和专业课教材编审组（或小组），全面开展了教材编审活动。到目前为止第一轮邮电中专试用教材已基本上出齐。自1982年开始了各编审组（或小组）对试用几年的教材进行了总结，对原教学大纲进行了修订，并在此基础上，对各课程的邮电中专试用教材作了比较全面的修改和补充，以适应当前邮电技术的发展。我们在几年内，将修改后的教材和补齐有关专业的教材将陆续出版，以满足邮电中等专业学校的教学需要。编写教材，是提高教学质量的关键，我们组织编写本教材时，力求以马列主义、毛泽东思想为指导，努力运用辩证唯物主义的观点阐明科学技术的规律，内容上注意了少而精，尽量反映科学技术的新成就。书内难免存在缺点和错误。希望有关教师和同学在使用过程中，把发现的问题提给我们以便修改提高。

邮电部教育局

一九八四年十月

香

第 1001 号

编 者 的 话

本书根据邮电中专“电子电路”教学大纲（电信各专业适用）编写。是与“电子电路”一书配套的实验课教材。教学时数约40课时。

实验课是“电子电路”教学的重要组成部分，内容相当广泛。但是由于教学时数有限，实验内容不能面面俱到。本书包括电子器件实验4个、单元电路实验11个（其中有应用线性集成电路的实验2个）、综合性实验一个、实验设计一个。电子器件和单元电路实验主要是加深对基本知识、基本理论的理解，并且运用基本理论分析实验现象和测量结果，学习基本实验方法。每个实验的“思考和讨论问题”都与实验现象和测量方法有密切联系。综合实验主要是培养调整、测试的基本技能和排除一般故障的能力。实验设计提出一些题目和要求，建议由学生拟定方案，经指导教师审核批准后，独立完成实验。

本书是在黑龙江省邮电学校“电子电路实验讲义”的基础上编写的，每个实验都经过反复验证。在编写中参考了武汉大学“电子线路实验”、南京大学“电子电路实验”。

本书初稿曾在邮电中专电子电路教材编审小组会上讨论过，并经王继瑜同志整编审校及石家庄邮电学校关为权同志审校。由于作者水平有限，书中难免有错误和不妥之处。敬请大家批评指正。

作者

1984年于哈尔滨

实验 目 录 二 极管

实验一	晶体二极管	1
实验二	晶体三极管	7
实验三	晶体管特性曲线的图示	14
实验四	单级晶体管放大器	26
实验五	阻容耦合放大器的频率特性	33
实验六	负反馈放大器	38
实验七	变压器推挽乙类功率放大器	47
实验八	平衡差动放大器	54
实验九	集成运算放大器	60
实验十	变压器反馈正弦波振荡器	67
实验十一	文氏电桥振荡器	72
实验十二	硅稳压管稳压器	77
实验十三	串联晶体管稳压器	82
实验十四	多级音频放大器的安装和调测	87
实验十五	真空三极管放大参数的测量	103
实验十六	电子管低频放大器	109
实验十七	实验设计	114

图 1-1 测试晶体二极管正、反向电阻电路

但应注意，由于晶体二极管是非线性器件，所以用不同的万用表或不同的电阻档时，其测得的直流电阻值是不相同的。

测量晶体二极管的正向 $V-I$ 特性，其电路如图1-2所示。

由图可见，若使用数字电压表或高阻抗的直流电压表，则

实验一 晶体二极管

一、实验目的

1. 掌握用万用表对晶体二极管作简易测试。
2. 掌握晶体二极管 $V-I$ （伏-安）特性的测量方法，以加深对其特性的理解。

二、实验原理

根据晶体二极管是由一个PN结组成，它具有单向导电性。可利用万用表的 Ω 档（电阻档），测出它的正、反向电阻。测试电路如图1-1所示。

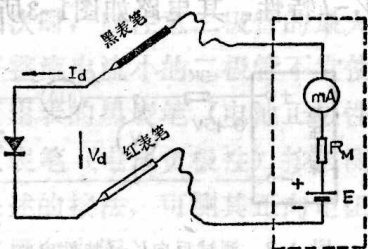


图 1-1 测试晶体二极管正、反向电阻电路

但应注意，由于晶体二极管是非线性器件，所以用不同的万用表或不同的电阻档时，其测得的直流电阻值是不相同的。

测量晶体二极管的正向 $V-I$ 特性，其电路如图1-2所示。

由图可见，若使用数字电压表或高阻抗的直流电压表，则

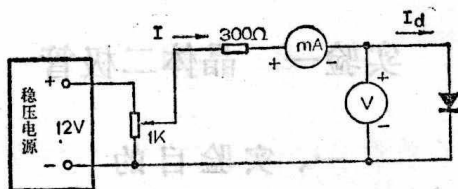


图 1-2 测试正向的 $V-I$ 特性电路

可调稳压电源输出电压及电位器，可直接读出 V 、 I 相对应的值，作出 $V-I$ 特性曲线；如果使用万用表的直流档，为了减少测量误差，应先知道万用表的内阻 R_M (R_M 的值是所用档的最大量程乘以每伏的欧姆数)。知道 R_M 后，即可换算出晶体二极管的实际电流 I_d ，即

$$I_d = I - \frac{V_d}{R_M}$$

于是根据其相对应的 V 、 I 值，可作出正向的 $V-I$ 特性曲线。

测量反向的 $V-I$ 特性，其电路如图1-3所示。

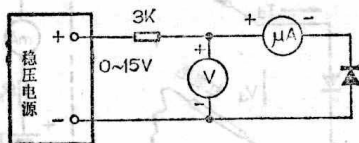


图 1-3 测试反向 $V-I$ 特性电路

由图可见，它与图1-2中的电流表、电压表在电路中的接法不同，不能互换使用。在晶体二极管不发生反向击穿的情况下，可用万用表测量反向电压，调节稳压电源输出电压，可读出 V 、 I 的对应值，作出反向的 $V-I$ 特性曲线。

三、实验器材

- | | |
|------------------------------|----|
| 1. 可变直流稳压电源 (0—12V) | 一台 |
| 2. 直流微安表 (0—300 μ A) | 一只 |
| 3. 直流毫安表 (0—100mA) | 一只 |
| 4. 直流数字电压表或电子管电压表 | 一台 |
| 5. 万用表 | 三只 |
| 6. 滑杆式可变电阻器 (1500 Ω) | 一只 |
| 7. 晶体二极管及电阻 | 若干 |

四、实验内容及其步骤

1. 测量晶体二极管的正、反向直流电阻

(1) 将万用表拨到 $R \times 10$, $R \times 100$, $R \times 1000$ 档

(在使用档次时, 应注意二极管的最大允许整流电流的大小, 对最大允许整流电流小的二极管不宜使用 $R \times 1$ 档。)

(2) 以万用表的黑表笔 (电池正极性) 接被测的晶体二极管的正极, 红表笔 (电池负极性) 接被测管的负极。

(3) 按上述的接法, 可测其正向电阻, 若将两表笔对调, 则可测出其反向电阻。

(4) 将不同型号的晶体二极管, 所测得的正、反向电阻值, 填入表1-1内。

2. 判别被测晶体二极管是硅管或锗管

(1) 将万用表拨到 $R \times 1000$ 档, 测量晶体二极管的反向

电阻。使表针偏转一点的则是锗管，表针基本上不偏转的则是硅管。

(2) 将万用表拨到 $R \times 100$ (或 $R \times 10$) 档，测量晶体二极管的正向电阻，其表针偏转较大的则是锗管，表针偏转较小的则是硅管；

(3) 将一只万用表拨到低电阻档，测量晶体二极管的正向电阻，用另一只万用表，测量该管的正向电压降，其电压降在 $0.2 \sim 0.3$ 伏之间的是锗管，在 $0.6 \sim 0.7$ V间的则是硅管。

3. 测量晶体二极管的正向 $V-I$ 特性

(1) 按图1-2接好实验电路。

(2) 由小到大逐渐改变稳压电源的输出电压，并调节电位器 W ($1k\Omega$) 进行配合使用。

(3) 将逐点测得的正向 V 、 I 值，填入表1-2内。

4. 测量晶体二极管的反向 $V-I$ 特性

(1) 按图1-3接好实验电路。

(2) 由小到大逐渐改变稳压电源输出电压。

(3) 将逐点测得的反向 V 、 I 值，填入表1-3内。

(4) 注意，反向电压接近最高反向工作电压时，应停止测量。

五、实验报告

1. 根据测量数据，在坐标纸上绘出晶体二极管的 $V-I$ 特性曲线。

2. 利用所绘的 $V-I$ 特性曲线，以图解法求出下列各值的直

流电阻 R_d 和交流电阻 r_d ;

表1-1 晶体二极管正、反向直流电阻测试记录

管 型	档 位	正向电阻	反向电阻
2 AP	$R \times 10$		
	$R \times 100$		
	$R \times 1000$		
2 CP	$R \times 10$		
	$R \times 100$		
	$R \times 1000$		
2 DP	$R \times 10$		
	$R \times 100$		
	$R \times 1000$		
	$R \times 10K$		
2 CZ	$R \times 10$		
	$R \times 100$		
	$R \times 1000$		
	$R \times 10K$		

表1-2 正向伏安特性测试记录

$V_d(V)$	0	0.1	0.2	0.25	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
$I_d(mA)$									
$I(mA)$									

表1-3 反向伏安特性测试记录

$V_d(V)$	0	0.5	1	2	4	6	8	10	12
$I_d(\mu A)$									

(1) $I_d = 0.5\text{mA}$ (2) $I_d = 2\text{mA}$ (3) $I_d = 10\text{mA}$

六、思考题和讨论题

1. 为什么测量硅二极管的正向电阻时，表针偏转较小？而测锗二极管的正向电阻表针偏转较大？
2. 如何利用万用表挑选出正向特性相同的两只二极管？
3. 比较图1-2、图1-3中的测量方法有什么不同？为什么图中的电压表、电流表不能互换使用？

0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0	(V)
								(mA)
								(mA)

10	5	2	1	0.5	0	(V)
						(mA)

实验二 晶体三极管

一、实验目的

1. 学会用万用表对晶体三极管作简易测试。
2. 掌握晶体三极管输入特性、输出特性的测试方法。以加深对其伏安特性的理解。

二、实验原理

1. 万用表测试晶体三极管

根据晶体管具有二个PN结及其极间正、反向电阻值的不同，使用万用表的电阻档测量极间电阻大小，先找出它的基极，并进一步识别是PNP管还是NPN管。

利用NPN管和PNP管各电极所加电压极性，（对NPN管，集电极接正电压，发射极接负电压时， β 值较大，电压极性接反， β 值较小）估测 β 值的大小，以区分集电极和发射极。

对穿透电流大的PNP管，须用 $R \times 1000$ 或 $R \times 100$ 档测量两个管脚（基极除外）的正、反向电阻值。其中阻值小的一次，为红表笔接集电极，黑表笔接发射极。

估测电流放大系数 β 。以NPN管为例，其测试电路如下：

当开关 S 断开时（相当基极开路），此时 $I_b = 0$ ，通过电表的电流是穿透电流 I_{c0} 。合上开关 S 时，基极通过 R_B 接到电池正极，形成基极电流 I_b ，使集电极电流 I_c 增加，其值为 $I_c =$

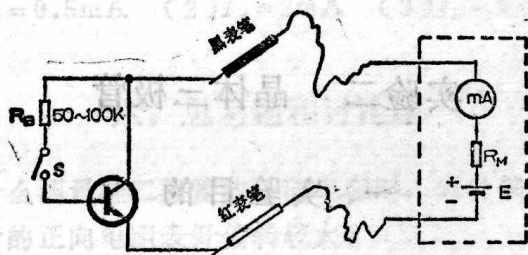


图 2-1 测试NPN管的 β 值

$\beta I_b + I_{ceo}$, I_e 值越大, 表示被测管的 β 值越高。

PNP管的 β 值估测方法与上相似。但必须注意各电极所加电压极性与图2-1相反。

2. 输入、输出特性曲线的测试

测量三极管特性曲线的电路, 如图2-2所示。

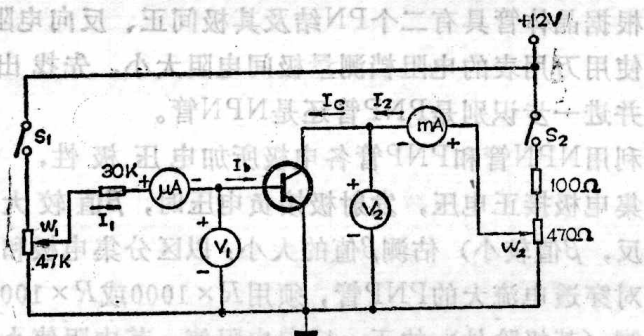


图 2-2 晶体三极管特性曲线的测试

用万用表直流电压档测量 V_{be} 、 V_{ce} 时, I_b 和 I_c 应按下式换算:

$$I_b = I_1 - \frac{V_{be}}{R_{M1}}$$

$$I_c = I_2 - \frac{V_{ce}}{R_{M2}}$$

式中 R_{M1} , R_{M2} 是电压表 M_1 , M_2 的内阻。

使用数字电压表或高阻抗电子电压表时, I_b 和 I_c 值可直接测量 ($I_b = I_1$, $I_c = I_2$)。

测试时应注意集电极最大允许耗散功率线 (P_{CM} 线)。

三、实验器材

1. 可调直流稳压电源 (0—12V) 一台
2. 万用表 二只
3. 直流数字电压表或电子管电压表 一台
4. 直流微安表 (0—300 μ A) 一只
5. 直流毫安表 (0—100mA) 一只

四、实验内容及其步骤

1. 识别晶体三极管的管脚及NPN管PNP管

(1) 用万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1000$, $R \times 10$ 档 (不宜用 $R \times 1$ 档, $R \times 10K$ 档, 避免损坏被测管)。将黑表笔 (电池正极) 接在被测管的某一管脚 (当作基极), 红表笔 (电池负极) 分别触接另外两个管脚。

(2) 按上述方法, 若测出的电阻值都较小 (或都很大), 则黑表笔所接管脚是基极。

(3) 按上述方法测出的电阻值都较小时, 被测管是NPN管, 电阻值都较大时, 被测管是PNP管。(若被测管穿透电

流大时，用 $R \times 1000$ 档测量，有可能测错）。

2. 测量极间电阻

(1) 将万用表拨到 $R \times 100$ 档；

(2) 测量不同型号晶体三极管 $b-e$ 、 $b-c$ 、 $c-e$ 间正、反向电阻值。并填入表2-1内。

(对 BV_{BEO} 低的管，避免用万用表测它的反向电阻值)。

3. 估测电流放大系数 β

(1) 按图2-1电路连接；

(2) 万用表拨至 $R \times 100$ 档或 $R \times 1000$ 档。以NPN管为例，红表笔接发射极 e ，黑表笔接集电极 c ；

(3) 断开开关 s ，读出电表电流值；

(4) 合上开关 s ，读出电表电流值；

(5) 比较开关 s 断开前和合上后的读数，前后两次读数相差愈大，表示 β 值愈高。

4. 输入特性曲线的测试

(1) 按图2-2电路连接。将开关 S_1 和 S_2 放在“断开”位置，电位器 W_2 旋在中间位置，电位器 W_1 反时针方向旋到底（此时 I_b 最小）。检查无误后，才可接通电源。

(2) 按顺时针方向逐渐旋转 W_1 （加大阻值），观察集电极电流表和电压表的读数，检查电路工作是否正常。电路正常后，将 W_1 反时针方向旋到底。

(3) 旋转 W_2 ，使集电极电压 $V_{ce} = 0$ 伏。

(4) 旋转 W_1 ，使基极电压分别为0、0.1、0.2、0.3、

0.4、0.5、0.6、0.7伏，并记下相应的电流表读数，并填入表2-2。

(5) 旋转 W_2 ，使 $V_{ce} = 2$ 伏。并重复(4)步骤。

5. 输出特性曲线的测试

(1) 查阅被测管的 P_{CM} 、 BV_{CEO} 、 I_{CM} 值。

(2) 电位器 W_1 旋到最低位置，使基极电流 $I_b = 0$ 。

(3) 调整电位器 W_2 ，使集电极电压分别为0、0.2、0.4、0.6、0.8、1、3、5伏时，测出相对应的集电极电流值，填入表2-3。

(4) 调整电位器 W_1 ，使基极电流分别为 $40\mu A$ 、 $80\mu A$ 、 $120\mu A$ 时，重复步骤(3)。

(5) 注意，当测试点的集电极电压和电流之积接近 P_{CM} 时，应停止实验。

(6) 注意，集电极电压接近 BV_{CEO} 时，应停止实验。

表2-1 极间电阻测试记录

管脚 电阻值(Ω) 管型	b-e		b-c		c-e	
	正向	反向	正向	反向	正向	反向
3A×31C						
3AG9						
3AD12						
3DG6						
3DG12						
3DD15						