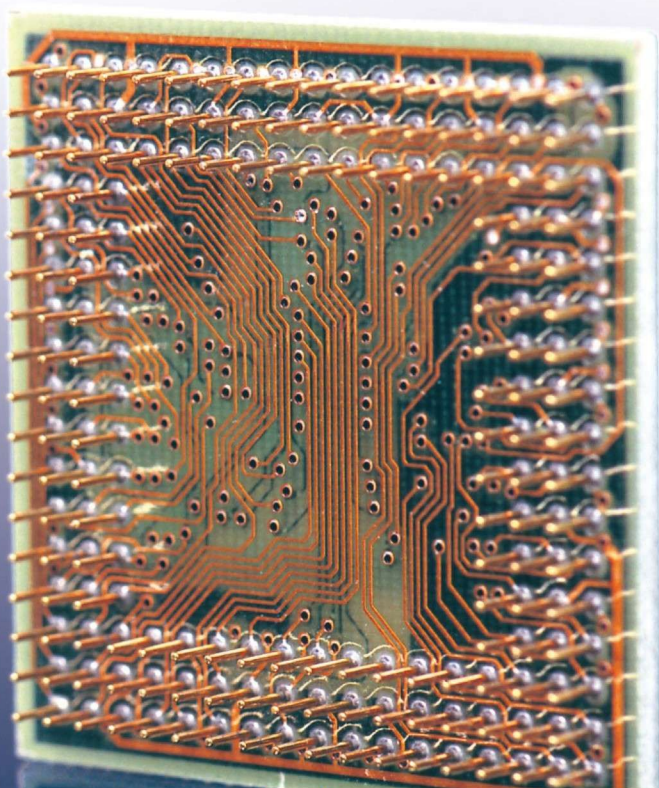


本书围绕制作电路进行理论讲述与实践操作相结合而设计，以典型电子电路分析、制作的工作任务为中心，让学生在具体应用电路的制作过程中培养自主学习能力和创新思维，构建相关理论知识，提高职业素养与专业技能。

电子电路 分析与制作 (模电部分)

主 编 刘继红

副主编 盛茜芳



广西人民出版社

电子电路分析与制作

(模电部分)

主 编 刘继红

副主编 盛茜芳



 广西人民出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

电子电路分析与制作.模电部分 / 刘继红主编. —
南宁: 广西人民出版社, 2013.8
ISBN 978- 7- 219- 08535- 6

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子电路—电路分析②
电子电路—制作③模拟电路—电路分析④模拟电路—制作
IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 208693 号

责任编辑 李带舅 廖集玲

出版发行 广西人民出版社
社 址 广西南宁市桂春路 6 号
邮 编 530028
网 址 <http://www.gxp-ph.cn>
印 刷 南宁市开源彩色印刷有限公司
开 本 787mm× 1092mm 1/16
印 张 7.125
字 数 164 千字
版 次 2013 年 8 月 第 1 版
印 次 2013 年 8 月 第 1 次印刷

书 号 ISBN 978- 7- 219- 08535- 6/T·41
定 价 35.00 元

版权所有 翻印必究

前 言

本书围绕制作电路进行理论讲述与实践操作相结合而设计，以典型电子电路分析、制作的工作任务为中心，让学生在具体应用电路的制作过程中培养自主学习能力和创新思维，构建相关理论知识，提高职业素养与专业技能。

在大量企业调研的基础上，以职业能力培养为核心，按照电子产品维修工、无线电调试工岗位能力要求，尽可能全面地介绍模拟电路的经典电路，同时注重电路的分析过程和调输出电压与输入试过程，力争使学生建立起对电子产品的立体感官效果。本书设计了4个项目，依据中职学生认知特点，一是从元器件应用、仪器仪表操作的角度引导学生学习，减少对内部繁杂原理的分析，从而为学生学习创建轻松的环境；二是从实例中得出规律，以增强学生对电路概念的理解和记忆；三是通过操作图示、知识链接、思考与练习等环节连贯学习，让学生能够置身其中，自主思考问题，解决问题。

本教材建议课时数为120学时，安排建议见下表（仅供参考）。

项 目	教学内容	学 时
1	晶体二极管及直流稳压电源	26
2	晶体三极管及基本放大电路	50
3	直流稳压电源	16
4	集成运算放大器	16
机 动		12
合 计		120

本教材由柳州市第一职业技术学校刘继红老师任主编、柳州市第一职业技术学校盛茜芳老师任副主编。由于电子技术应该发展迅速，且编者水平有限，书中难免存在不足之处甚至错误，我们恳请使用本教材的师生对教材中的问题提出批评、建议和意见，以便进一步完善本教材。

编 者
2012年5月

目 录

第一章	晶体二极管及直流电源	
1.1	晶体二极管	1
1.2	晶体二极管及整流电路	8
1.3	滤波电路和稳压二极管	16
1.4	电子制作 直流电源制作与调试	20
	思考与练习	24
第二章	晶体三极管及基本放大电路	
2.1	晶体三极管	29
2.2	基本放大电路	39
2.3	负反馈放大电路	57
2.4	低频功率放大电路	63
2.5	电子制作 TDA2822 集成功放电路制作与调试	75
第三章	直流稳压电源	
3.1	串联型晶体管稳压电源	80
3.2	开关型稳压电路简介	86
3.3	集成稳压器简介	87
3.4	电子制作 直流稳压电源	88
	思考与练习	90
第四章	集成运算放大电路	
4.1	集成运放基础知识	92
4.2	基本集成运算放大电路	96
4.3	常用集成运放芯片使用介绍	102
4.4	电子制作 函数信号发生器制作	106
	思考与练习	107

第一章 晶体二极管及直流电源

晶体管是构成电子线路中最有意义的元器件，使用晶体管可以获得信号的放大、信息的处理、波形的变换等极为丰富的功能，二极管作为晶体管中最基本的器件，具有何种意义？何种应用呢？

序 号		知识目标	技能目标	德育目标	建议课时
1.1	1.1.1 (课题)	了解晶体二极管外形、图形符号、分类、命名与二极管的单向导电性	会检测晶体二极管		2
	1.1.2 (实验)				
1.2	1.2.1 (课题)	理解二极管的单向导电特性和具有死区电压；了解二极管整流电路的作用、特点	会单相半波、单相桥式全波整流电路的连接		10
	1.2.2 (课题)				
	1.2.3 (实验)				
1.3	1.3.1 (课题)	了解滤波电路的作用及电路组成；了解二极管稳压的特点及意义。		6	
	1.3.2 (课题)				
1.4	电子制作	通过制作了解二极管两个特性的实际用途	会制作直流电源	8	
合 计		理论课:9 学时			26
		实训课:17 学时			

1.1 晶体二极管

1.1.1 认识晶体二极管

一、二极管的外形与符号

1.外形。

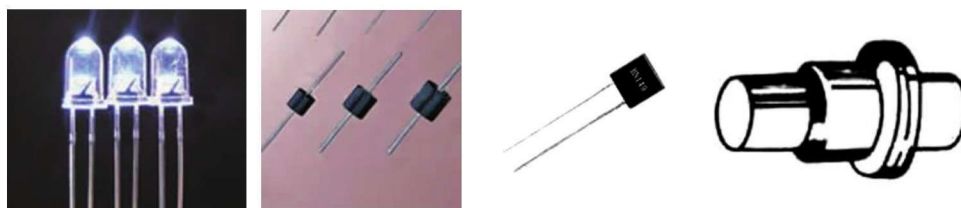


图 1-1 二极管外形图

2.符号。

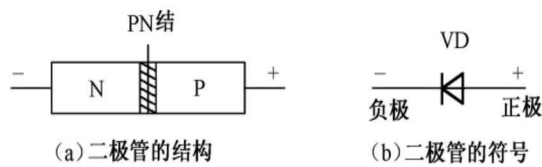


图 1- 2 二极管的结构与符号



二极管有两个引脚，一个为正极、另一个为负极，外形却是各式各样。

二、二极管的分类和命名

1.二极管的分类。

表 1.1 二极管的分类

分类方法	类型	名称或图片或用途
材料	硅 (Si) 二极管	2CZ84
	锗 (Ge) 二极管	2AP9
工作频率	高频管二极管	
	低频管二极管	
工作电流	小电流二极管	
	大电流二极管	
功能	开关二极管	多使用于逻辑电路中。如 2CK4
	整流二极管	用于将交流电变换成脉动直流电的整流电路中。 如 2CZ84
	发光二极管	用于指示灯电路中。LED 
	稳压二极管	用于稳压电路中。如 2CW56 
	变容二极管	用于电视机的高频头中。如 
	光电二极管	2CU 
	检波二极管	用于收音机检波电路中。如： 2AP9

2.二极管的命名。国家标准 (GB 249—74) 规定，国产半导体二极管的命名代号由五部分组成。

如：2AP9——普通 N 型锗材料二极管

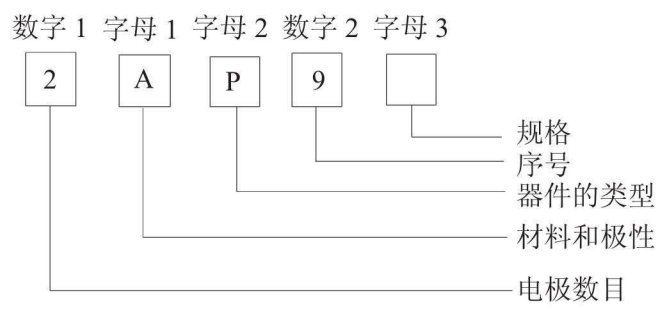


图 1- 3 二极管命名图示

表 1.2 二极管型号命名中的第二部分与第三部分的意义

第二部分:材料与极性		第三部分: 类别	
代表字母	含义	代表字母	含义
A	N 型锗材料	P	普通管
B	P 型锗材料	W	稳压管
C	N 型硅材料	Z	整流管
D	P 型硅材料	L	整流堆
		GD	光敏管
		S	隧道管
		K	开关管
		C	变容管
		GJ	激光管
		GF	发光管
		Y	体效应管
		V	混频检波管
		DH	电流管
		GR	红外发射管
		SY	瞬态抑制管
		J	雪崩管



想一想
写出下列命名中数字、字母各表示的含义。

2CP21 ——

2CZ56C——

2CK4 ——

三、二极管的单向导电性

演示器材：两节电池、一只小电珠、一只二极管(IN4007)，一只电阻(200 Ω)。将它们组成的闭合电路会有什么现象呢？

演示电路：

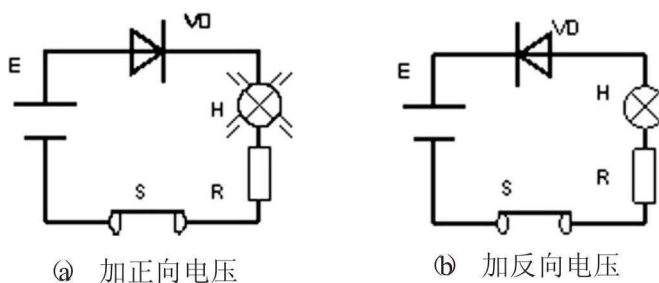


图 1- 4 单向导电特性

数据测量：

表 1.3 二极管单向导电性

电路	电珠	I (mA)	UR (V)	UV (V)
图 (a)	发光			
图 (b)	不发光			

分析结果：

二极管在加一定的正向电压时导通；加反向电压时截止，即：二极管的“单向导电性”



二极管符号的方向表明二极管的电流只能从正极流向负极，好容易联想二极管的单向导电性哦。



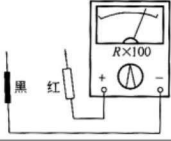
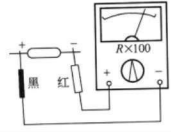
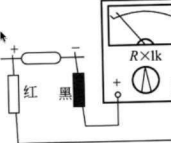
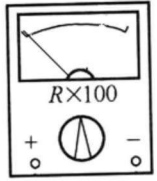
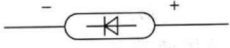
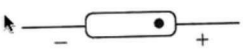
想一想

怎样测量二极管的正负极性和好坏呢

四、二极管的测量

1.正、负电极判断。

表 1.4 二极管的测量

项目		操作图示		说明	
万用表测量法	使用前			①万用表水平放置 ②量程选用 R× 100 或× 1K 档,进行欧姆调零	
	使用中			正向电阻:阻值较小	①取电阻值小的一次: 黑笔接的为正极 (+),红 笔接的负极(-) ②测量时, 双手不要触 及表笔两端金属部分。
				反向电阻:阻值较大	
	使用后			①将选择开关拨到 OFF 或最高电压档, 防止下次开始测量时不慎烧坏万用表 ②长期搁置不用时,应将万用表中电池取出 ③平时万用表要保持干燥、清洁, 严禁震动和机械冲击	
直观法			符号标记	三角形箭头的一端为正极,另一端则为负极。	
			色点标记 (白色或红色)	色点的一端即为正极	
			色环标记	带色环一端为负极	

2. 二极管硅材料、锗材料判断。将万用表置于 $R \times 1K$ 挡, 测二极管正向电阻值, 电阻值在 $1K\Omega$ 左右的为锗材料; 电阻值大于 $1K\Omega$ 的为硅材料。

3. 质量好坏判断 (将万用表置于 $R \times 1K$ 挡)。

表 1.5 二极管质量判断

好坏情况	测量项目	电阻值	原因
好	正向测量	锗材料: $1K\Omega$ 左右 硅材料: $7K\Omega$ 左右	正向导通
	反向测量	锗材料: $300K\Omega$ 以上 硅材料: ∞	反向截止
坏	正向测量	电阻值 ∞	二极管开路
	反向测量	电阻值 ∞	
	正向测量	电阻值接近 0	二极管击穿
	反向测量	电阻值接近 0	



二极管正向电阻值越小越好，反向电阻值越大越好，即正、反向电阻值相差越大越好喔。以上都记住了吗？我可要考考你们啦，来!看你的…

1.1.2 实训：识别与检测晶体二极管

一、实训目标

- 1.增强专业意识，培养良好的职业道德和职业习惯。
- 2.能借助资料读懂二极管的型号及极性。
- 3.用万用表测出二极管的极性和质量好坏。

二、实训设备

- 1.万用表一块。
- 2.晶体二极管十个。

三、实训内容与步骤

- 1.查阅资料，认识二极管的型号，完成表的填写。

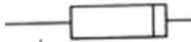
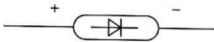
表 1.6 二极管型号中数字和字母的含义

型号	第一部分	第二部分	第三部分	第四部分	第五部分
2CZ84					
2CK4					
2CW56					
2CU5					
2AP9					

2.二极管极性判断

- (1) 外观判别晶体二极管的极性。

表 1.7 直观法判断二极管极性

项 目	1	2	3
标出极性			
标注方法			

② 万用表测晶体二极管的极性。

表 1.8 万用表测量二极管

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
图形符号										
量 程										
材 料										
质量好坏										

四、实训注意事项

1.检测晶体二极管的极性及质量好坏时，万用表的欧姆档倍率不宜选得过低，也不能选择 $R \times 10K\Omega$ 。

2.测量时，手不要碰到引脚，以免人体电阻的介入影响到测量的准确性。

五、实验考核

表 1.9 识别与检测二极管考核表

项目	内容	配分	考核要求	扣分标准	得分
职业态度 职业习惯	1.实训的积极性 2.操作的正确性 3.纪律遵守情况 4.小组合作情况 5.	40	积极参加实训，遵守安全操作规程和劳动纪律，有良好的职业道德和职业习惯。	违反安全操作规程扣 15 分，不遵守劳动纪律扣 10 分，小组合作差扣 10 分，实训完物品没有归位扣 20 分。	
二极管认识	1.型号的识读 2.直观法判极性	20	能正确识读二极管管型号含义，能从二极管的外部判断其管脚极性。		
二极管检测					

1.2 晶体二极管及整流电路

为了对二极管的特性作具体分析，我们可以细致地研究二极管两端所加电压与通过二极管的电流之间的关系，即二极管的伏安特性。二极管的伏安特性常用曲线来描述，这种曲线叫做二极管的伏安特性曲线。要得到二极管的伏安特性曲线，可以通过实验测试，用描点法作出；也可以用晶体管特性图示仪直接测出。

我们首先来分析二极管加正向电压时，其两端电压与流过其间的电流之间的关系。



晶体二极管加正向电压一定能导通吗？导通以后它有什么性能呢？

1.2.1 晶体二极管的伏安特性

一、正向特性

演示器材：1.5K Ω 电位器一只，200 Ω 电阻器一只，普通二极管一只，MF47 型万用表两块，+3V 直流电源。

演示电路：

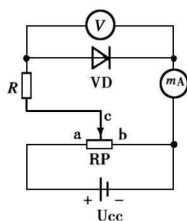


图 1-5 二极管正向特性

观测分析：1.调节 RP 使二极管两端电压分别为 0.1V、0.2V、0.4V 时，用毫安表分别测出电路中的电流。

2.调节 PR 使电路中的电流分别为 0.5mA、1 mA、2 mA、5 mA、10 mA、20 mA 时，用电压表分别测出二极管两端电压。

数据实测：

表 1.10 二极管正向特性

I (mA)				0.5	1.0	2.0	5.0	10	20
U (V)	0.1	0.2	0.4						

分析结果：

二极管的正向伏安特性曲线可分为：死区、非线性区和线性区三段，如图 1-6 中第一象限的曲线所示。

① 死区 (0-A 段)。正向电压较低时，电流极小，电流值不随电压的增高而增大，曲线几乎与横轴重合，相应的电压值一般为 0~0.5V，死区右端 A 点的电压 U_A 称为门槛电压。

② 非线性区 (A-C 段)。当正向电压从 A 点再升高时, 电流逐渐增大, 电流与电压呈曲线关系增大, 此段叫做非线性区, 相应的电压值一般为 0.5~0.6V。

③ 线性区 (C 点以后)。当正向电压从 C 点再升高时, 电流将很快增大, 电流与电压呈线性关系, 相应的电压值一般为 0.6~0.8V, 此后, 如果所加电压过高, 二极管可能因电流过大而烧毁。

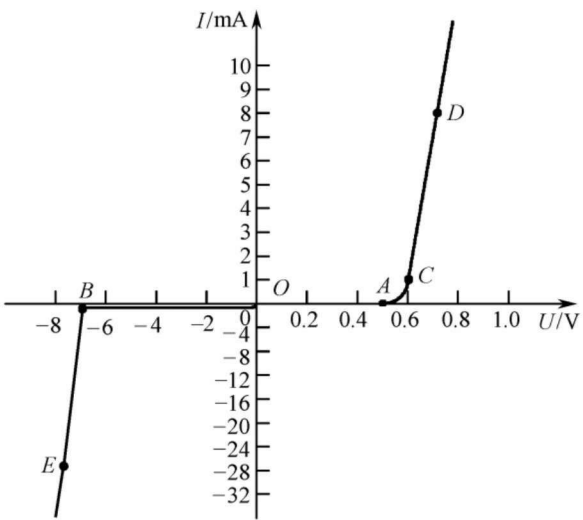


图 1-6 二极管正向特性曲线

 在分析或检修电路时, 我们只要记住晶体二极管的门槛电压和正向压降, 便能抓住元器件在复杂电路中的工作状态, 化复杂为简单, 而晶体二极管最常用的材料有两种:

表 1.11 二极管门槛电压与正向导通电压

材料	死区电压 (V)	门槛电压 (V)	导通压降 (V)
硅	0-0.5	0.5	0.7
锗	0-0.2	0.2	0.3

二、反向特性
演示电路:

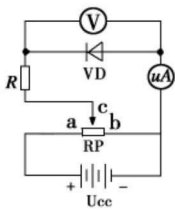


图 1-7 二极管反向特性

观测分析: 调节 PR 使二极管两端电压分别为 -1V、-2V、-3V、-4V、-5V 时, 用微安表分别测出电路中的电流

数据实测:

表 1.12 二极管反向特性

$I(\mu A)$					
U(V)	-1	-2	-3	-4	-5

分析结果：（图 1-6 第三象限）：

① 截止区（0-B 段）。反向电压从零逐渐增大时，二极管只有极小的反向电流，这个电流是二极管的反向饱和电流。

② 击穿区（B-E 段）。反向电压超过 B 点电压时，二极管将突然出现很大的反向电流，二极管处于反向击穿状态，B 点对应的电压 U_B 称为二极管的反向击穿电压。普通二极管被击穿后，将造成永久性损坏。



① 二极管可视为一个自动开关，条件是外加电压。对于硅二极管来说，其两端所加电压大于 $0.7V$ 时，它相当于一个闭合的开关；其两端所加电压小于 $0.5V$ 时，它相当于一个断开的开关。

② 在没有限流保护措施的情况下，给二极管加过高的正向电压或反向电压均会因为二极管通过的电流过大而被损坏，在测量普通二极管的反向伏安特性曲线时应特别予以注意。

③ 温度的高低对二极管的伏安特性曲线影响很大，在实际应用中，必须限制通过二极管的电流或加强二极管的散热，以保证二极管的性能并保护二极管不被损坏。

1.2.2 二极管单相整流电路



将电网的交流电压变换成电子产品所需要的直流电压的过程称为整流。利用二极管的单向导电特性把双向交流电变换成单向脉动直流电的电路称为二极管整流电路，它既简单、轻便又经济，被广泛地应用在电子产品中。

二极管整流原理：

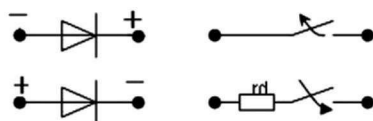
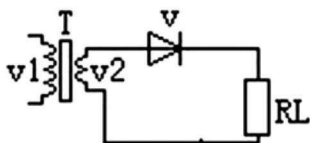


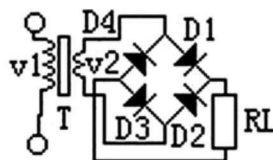
图 1-8 二极管相当于一个开关

演示器材：220V/6V 变压器一个，IN4007 二极管四只， R_L 取电珠一只，万用表一块，示波器一台。

演示电路：



(a) 单相半波整流电路



(b) 单相桥式全波整流电路

图 1-9 二极管整流电路

观测分析：1. 比较(a)(b)两图中负载 R_L ，即电珠的亮暗程度。

2.用万用表测(a)(b)两图中 V2、负载 RL 两端的电压

3.用示波器观测输入 V2 及输出电压波形。

数据实测：

表 1.13 二极管整流电路比较

	电珠的亮暗	V2 电压	RL 两端电压	V2 波形	输出电压波形
(a)图		6V			
(b)图		6V			

分析结果：

1. “整流”：就是把大小、方向随时间改变的交流电转变为大小随时间改变、而方向不改变的脉动直流电。

2.图 (a) 为半波整流电路；图 (b) 为全波整流电路；在输入等量交流电压的情况下，全波整流电路对电源的利用高，被广泛应用于各电子产品中。



测量 V2 时，用交流电压档；测 RL 两端电压时用直流电压档，这就是二极管利用其单相导电性，将电网交流电变换成了直流电。电子产品中，最为常见的单相整流电路有：半波整流、全波整流和桥式整流。

表 1.14 二极管整流电路的比较

类型	单相半波	单相全波	单相桥式
电路原理图			
输入电压			
整流电压波形			
整流电压平均值	$0.45U_2$	$0.9 U_2$	$0.9 U_2$
每管电流平均值	I_0	$I_V=1/2 I_0$	$\frac{1}{2} I_0$
每管承受最高反压	$\sqrt{2} U_2$	$\sqrt{2} U_2$	$\sqrt{2} U_2$
优点	简单, 只有一个二极管	输出电压脉动成分小	输出电压脉动成分小, 二极管反向耐压要求降低
缺点	输出电压脉动成分大, 电压低, 电源利用率低	二极管反向耐压要求高, 要求变压器要有中心抽头	需要四只二极管



想一想

某桥式整流电路，负载 $R_L=8\Omega$ ，通过的负载电流 $I_O=1A$ ，试问变压器的次级应选多少伏的？整流二极管又应如何选择？

解：

负载电压： $V_O=I_O \times R_L=1 \times 8=8V$

变压器次级电压： $V_2=V_O/0.9=8/0.9 \approx 9V$

二极管的最高反向电压： $U_{RM}=1.414 \times V_2=1.414 \times 9 \approx 13V$

二极管的最大整流电流： $I_V=1/2 I_O=0.5A$

根据 U_{RM} 和 I_V 的值，查半导体管手册，可选用

1.2.3 实训：整流电路——示波器使用

一、实训目的

1. 熟悉示波器的使用。
2. 掌握交流电的基本特性及各参数的测量方法。
3. 了解整流电路的基本工作原理。

二、实训设备

- | | |
|-------------|-----------|
| ①双踪示波器一台。 | ②万用表一块。 |
| ③函数信号发放器一台。 | ④变压器 1 个。 |
| ⑤整流二极管 4 个。 | ⑥电阻器 2 个。 |
| ⑦导线若干。 | |

三、实训内容与步骤

(一) 示波器操作面板的识读

项 目	图 示	说 明
示波器面板上主要旋钮、按键的作用		辉度：改变光点和扫描线的亮度 聚焦：调节光迹的清晰度
		荧光屏的刻度线 横轴表示时间，纵轴表示电压的幅值。
	通道选择	可输入两路信号，即：双通道 CH1 通道和 CH2 通道。 1.选择 CH1 通道 按下 2.选择 CH2 通道 按下 3.选择 CH1、CH2 两个通道 按下