



模块 1 二极管及其应用

知识 目 标

1. 了解二极管的单向导电性，了解二极管的结构、电路符号、引脚、伏安特性及主要参数，了解硅稳压管、发光二极管、光电二极管等特殊二极管的外部特性、功能和实际应用。
2. 了解整流电路的作用、工作原理及其应用实例。
3. 了解滤波电路的作用、工作原理及其应用实例。
4. 了解滤波电路元件参数对滤波性能的影响。

能力目标

1. 会使用万用表判别二极管的极性和质量，能合理选用二极管。
2. 能正确使用示波器检测整流波形，能正确识读电子电路中的整流电路，会合理选用整流元件的参数。
3. 能正确使用示波器检测滤波波形，会估算电容滤波电路的参数和输出电压、电流。
4. 能使用新型电子元件——整流桥堆搭建整流电路。

半导体二极管自 1948 年问世以来,得到了广泛的应用,其核心是具有单向导电性的 PN 结。二极管的重要应用是整流,即将交流电变换为直流电。在实际应用中,二极管的种类很多,如整流二极管、开关二极管、光电二极管、稳压二极管、发光二极管等。二极管、三极管因为采用晶体材料,所以也称为晶体二极管、晶体三极管。

1.1 二极管的特性、结构与分类

小手电是利用干电池通过开关控制小电珠来达到照明的效果,其电路原理图如图 1-1 所示。可是小手电的小灯泡消耗功率大,电池使用寿命短,电池对环境的污染不利于环保,那么是否有这样一种照明设备,能在较低的工作电压、较小的工作电流下完成照明功能呢?

随着电子技术的不断发展,各种新型的电子元件不断出现,LED 灯就是一种寿命长、功耗低的照明设备。LED 灯的核心是发光二极管,但是单个的发光二极管照明亮度较低,因此人们把多个发光二极管并联起来,以达到足够的照明强度,其原理图和外形如图 1-2 所示。

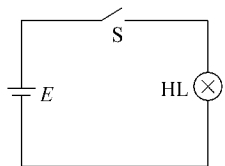


图 1-1 小手电电路原理图

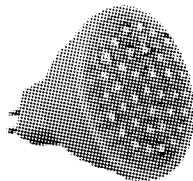
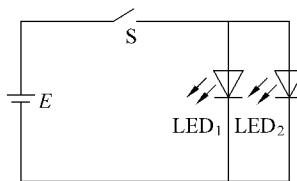


图 1-2 LED 灯的电路原理图与外形

发光二极管不仅仅是在 LED 灯中使用,在人们实际生活中的很多地方都在使用它,如十字路口的交通信号灯、公交车的指示路牌等。

实验与实训 测试二极管的单向导电性

1. 实验与实训目的

- ① 会正确连接和安装实验电路。
- ② 能根据指示灯的状态判别二极管的对应状态。

2. 实验与实训电路

测试二极管单向导电性的实验与实训电路如图 1-3 所示。其中, D_1 与 D_2 的不同之处在于二极管的接法相反。

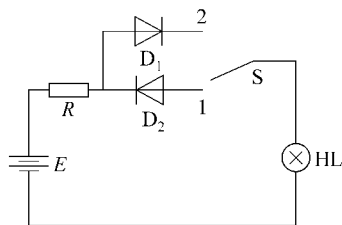


图 1-3 测试二极管单向导电性的实验与实训电路图

3. 实验与实训步骤

- ① 实物准备。根据如图 1-3 所示的电路图准备

电源 $E(6V)$ 、电阻 $R(1k\Omega)$ 、二极管 D_1 和 D_2 、指示灯 $HL(6V)$ 、开关 S 等实物(本书中所有的实物参数都可根据实际教学情况灵活选定)。

② 按如图 1-3 所示的电路图连接实物,在实验电路板上焊接各个元器件和连接线。

③ 仔细检查各个实物连接无误后,打开电源开关,接通电源。

④ 当开关 S 置于位置 1 时,观察指示灯工作情况,将结果记录于表 1-1 中。

⑤ 拨动开关 S 置于位置 2,观察指示灯工作情况,将结果记录于表 1-1 中。

表 1-1 二极管的单向导电性测试记录表

开关 S 的状态	实验结果
开关 S 置于位置 1	指示灯_____
开关 S 置于位置 2	指示灯_____

4. 实验分析与结论

① 根据实验可以看到,当电源产生的电流方向与二极管符号箭头指向一致时,即当开关 S 置于位置 2 时,二极管导通,有较大的电流流过指示灯,指示灯被点亮;当电源产生的电流方向与二极管符号箭头指向相反时,即当开关 S 置于位置 1 时,二极管不能导通,没有电流流过指示灯,指示灯熄灭。

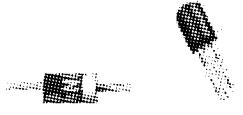
② 根据实验得出结论:给二极管加正向电压(二极管正极接电源正极,二极管负极接电源负极)时,二极管导通;反之则二极管截止,这一性质称为二极管的单向导电性。

基本知识 二极管的结构、特性与种类

1. PN 结的形成与特性

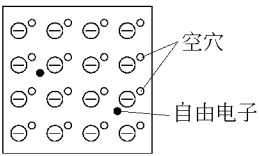
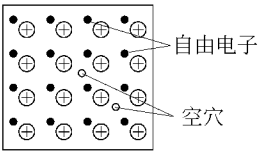
半导体具有热敏特性、光敏特性和掺杂特性三个特性,具体参见表 1-2。

表 1-2 半导体的三个特性

名称	特性	应用	举例
热敏特性	当环境温度升高时,半导体的导电能力会大大提高,也就是半导体对温度变化灵敏的特性	制造热敏电阻和其他热敏元件,用于温度自动控制电路	 热敏电阻
光敏特性	用光照射半导体并改变光照的强度,半导体的导电能力会显著变化,也就是半导体对光照变化灵敏的特性	制造光敏元件,如光敏电阻、光敏二极管、光敏三极管等,用于实现光控装置	 光敏元件
掺杂特性	在纯净的半导体(也称为本征半导体)中掺入微量的其他杂质元素,半导体的导电能力会大大提高	制造二极管、三极管、场效应管和集成电路等半导体器件	 二极管 三极管

利用半导体的掺杂特性,根据掺入杂质类型的不同,可以将半导体分为 P 型、N 型两种杂质半导体。其原理、特点及其结构示意图参见表 1-3。

表 1-3 两种杂质半导体

名 称	原 理	特 点	结构示意图
P 型半导体	①在纯净的半导体硅中掺入三价元素(硼 B),掺入的原子取代原来的硅原子 ②由于硼只有 3 个价电子,形成共价键时少一个电子,缺少电子的共价键上形成一个空穴	①空穴数量多,称为多数载流子 ②自由电子数量少,称为少数载流子 ③参与导电的主要靠带正电的空穴	
N 型半导体	①在纯净的半导体硅中掺入五价元素(磷 P),掺入的原子取代原来的硅原子 ②由于磷有 5 个价电子,形成共价键时多一个电子,多出的电子形成自由电子	①自由电子数量多,称为多数载流子 ②空穴数量少,称为少数载流子 ③参与导电的主要靠带负电的自由电子	

(1) PN 结的形成

在一块半导体上的两侧分别进行 P 型、N 型掺杂,在两者的交界面处形成一个特殊的带电区域,这一区域就是 PN 结。

(2) PN 结的特性

二极管的核心是 PN 结,所以二极管的特性实际上是由 PN 结的特性决定的。

① 正向导通特性:给 PN 结加上正向电压,即电源正极接二极管正极(P 区),电源负极接二极管负极(N 区),称为给二极管正向偏置(正偏),在外电场作用下,扩散运动(扩散运动是指由于 P、N 两个区域中的多数载流子存在浓度差异,由浓度高的区域向浓度低的区域运动)增强,漂移运动(漂移运动是指 P、N 区中的少数载流子,在外加电场的作用下,由浓度低的区域向浓度高的区域运动)减弱,由于参与扩散运动的是多数载流子,形成较大的正向电流,二极管处于正向导通。

② 反向截止特性:给 PN 结加上反向电压,即电源正极接二极管负极(N 区),电源负极接二极管正极(P 区),称为给二极管反向偏置(反偏),在外电场作用下,扩散运动减弱,漂移运动加强,由于参与漂移运动的是少数载流子,形成微小的反向电流,二极管处于反向截止。

2. 二极管的结构、电路符号与外形

(1) 二极管的结构

从 P 区和 N 区分别引出两电极,再将 PN 结用塑料、玻璃或者金属材料封装起来,就是一个二极管。

二极管的结构示意图如图 1-4 所示。

(2) 二极管的电路符号与外形

普通二极管的符号如图 1-5 所示,它形象地反应了二极管的特性,“▷”表示允许

的电流方向；右侧的竖线“|”相当于一道闸门，电流不允许从二极管的负极流入。

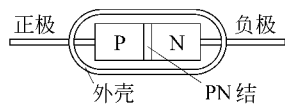


图 1-4 二极管的结构示意图

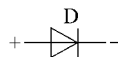


图 1-5 普通二极管的符号

部分常用二极管的外形图及符号参见表 1-4。

表 1-4 部分常用二极管的外形及符号

二极管种类	外形图	符号
整流二极管 (塑封)		
发光二极管 (塑封)		
圆柱形二极管 (塑封)		
光敏二极管 (金属封、塑封)		
大功率二极管 (金属封)		
稳压二极管 (塑封)		
新型稳压二极管 (金属封)		
插入式二极管 (金属封)		
整流桥堆 (塑封)		
贴片式二极管 (塑封)		

活动

探究

表 1-4 中列出了部分常用二极管的外形, 实际上二极管的种类及其外形十分丰富, 同学们可以通过网络查找目前市场上有哪些新型的二极管类型, 并了解它们的特性, 和同学进行交流与分享。

3. 二极管的伏安特性及其主要参数

(1) 二极管的伏安特性

二极管两端的电压与流过二极管电流的关系称为伏安特性, 其关系曲线称为二极管伏安特性曲线, 如图 1-6 所示。

① 正向特性: 正向特性指二极管加正向电压时的特性, 如图 1-6 所示的 OAC 段。

- 当正向电压较低时, 二极管电流仍为零, 二极管不导通, 称为死区, 如图 1-6 所示的 OB 段。一般, 硅二极管的死区电压约为 0.5V , 锗二极管的死区电压约为 0.2V 。
- 当正向电压增大到一定值时, 正向电阻显著减小, 二极管电流增大, 进入导

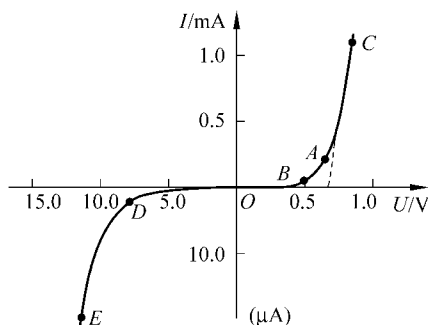


图 1-6 二极管伏安特性曲线

通状态, 称为正向导通区, 如图 1-6 所示的 AC 段。此时, 二极管两端的电压保持一个恒定的数值, 称为二极管的正向压降。一般, 硅二极管的正向压降为 0.7V , 锗二极管的正向压降为 0.3V 。

② 反向特性: 反向特性指二极管加反向电压时的特性, 如图 1-6 所示的 ODE 段。

- 当二极管加反向电压时, 二极管呈现较大的电阻状态, 此时电流很小, 称为反向截止区, 如图 1-6 所示的 OD 段。此时的电流称为二极管反向饱和电流或反向漏电流 I_S , 电流越小, 反向截止性能越好。
- 当反向电压增大到一定数值后, 反向电流急剧增大, 称为反向击穿区, 如图 1-6 所示的 DE 段。这时的电压称为反向击穿电压 V_{BR} 。除稳压二极管外, 不允许工作在反向击穿区, 否则会使二极管损坏。

说明: 由图 1-6 可以看出, 流过二极管的电流与二极管两端所加的电压之间不成正比, 其图线是一条曲线, 这种现象说明二极管是一种非线性器件。

(2) 二极管的主要参数

二极管的参数很多, 其主要的参数有最大整流电流 I_{FM} 、最高反向工作电压 V_{RM} 、反向饱和电流 I_S 、最高工作频率 f_M 。

① 最大整流电流 I_{FM} : I_{FM} 也称为额定工作电流, 是二极管长时间工作时允许通

过的平均电流的最大值。

② 最高反向工作电压 V_{RM} ： V_{RM} 也称为额定工作电压，它是保证二极管不至于被击穿而规定的最高反向电压。为了确保二极管安全稳定工作，最高反向工作电压一般为击穿电压的 $1/2 \sim 1/3$ 。如击穿电压为 $30V$ ，则其工作电压的最大值为 $15V$ 。

③ 反向饱和电流 I_S ： I_S 也称为反向漏电流，它是指二极管加上反向电压而未击穿时流过二极管的电流。一般，该数值越小，二极管的性能就越好，而且它受温度影响变化很大，也是二极管热稳定性的一个重要指标。

④ 最高工作频率 f_M ：二极管内部 PN 结是一个空间电荷区，相当于是一个电容器，这一电容称为二极管的结电容。工作频率越高，电容器的充放电现象越明显，单向导电性能就越差。最高工作频率是保证二极管正常工作的频率的最大值。

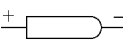
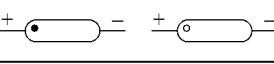
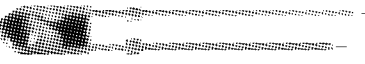
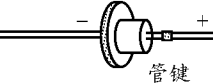
知识链接

二极管的外形特点与选用

1. 二极管的外形特点与极性判别

二极管的外形特点与极性判别方法参见表 1-5。

表 1-5 二极管的外形特点与极性判别方法

判别方法	图 示	说 明
通过二极管的造型判别		无圆弧端为正极(+)，有圆弧端为负极(-)
通过二极管的标注判别		在元件表面标注有二极管符号
		有色点(凹点)端为正极，另一端为负极
		有色环(色条或凹环)端为负极，另一端为正极
通过二极管的电极特征判别		长管脚为正极，短管脚为负极(只适合于未剪脚的)
通过二极管的电极管键判别		有一块比电极稍宽的管键端为正极，另一端为负极

2. 二极管的选用

(1) 材料的选择

二极管的材料主要有硅和锗两大类。两种材料的二极管的单向导电性能一致，硅二极管的正向压降和死区电压稍微高一些，而且硅二极管的稳定性好。

(2) 结面积大小的选择

二极管内部 PN 结的面积大小不完全相同,目前有点接触型、面结合型、平面型三大类,其内部结构示意图如图 1-7 所示。其中锗二极管以点接触型居多,它工作电流小、频率高、温度低;硅二极管以面结合型和平面型居多,工作电流较大、频率较低、温度较高。

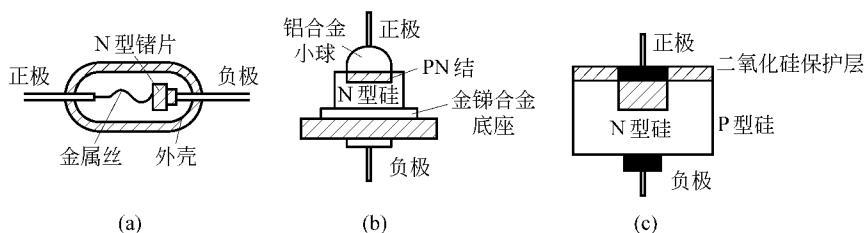


图 1-7 二极管内部结构示意图

(a) 点接触型; (b) 面结合型; (c) 平面型

(3) 使用场合的选择

① 普通二极管(2AP 系列)的 I_{FM} 较小、 f_M 较高,用于信号检波、取样、小电流整流等。

② 整流二极管(2CZ、2DZ 系列)的 I_{FM} 较大、 f_M 较低,使用在电源设备中。

③ 稳压二极管(2CW、2DW 系列)用于各种电源设备中。

活动

探究

请同学们上网查阅相关资料,了解二极管的典型应用,下载一些二极管的应用电路,对应用电路中二极管的工作过程做简要的分析,并在课堂上与同学进行交流。

技能训练 用万用表判别二极管的极性和质量

1. 训练目的

- ① 学会正确选择万用表的量程来检测二极管。
- ② 能对二极管的检测结果进行判别。
- ③ 了解不同的万用表对二极管的检测方法。

2. 训练内容

准备 10 个不同种类的普通二极管,将二极管用包装纸密封,引出两个电极的导线,并按 1~10 编号。学生根据教师给出的 10 个二极管元件,用万用表进行检测,填入表 1-6 中。

表 1-6 晶体二极管测量技能训练记录表

序号	质量检测	拆封前正负极导线颜色		拆封后识读是何种二极管	拆封后正负极导线颜色		备 注
		正极	负极		正极	负极	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
准确率							

3. 判别方法

用万用表判别二极管的极性和质量,实际上是通过测量二极管的正向、反向直流电阻值的方法来实现的。测量时,选用万用表的 $R \times 1k$ 挡或 $R \times 100$ 挡(为了保证元器件的安全,不能使用 $R \times 1$ 挡或 $R \times 100k$ 挡)。

用表棒分别测出二极管两极间的正向、反向电阻值,比较两个电阻值,正常时两个电阻值相差很大。如果两个电阻值比较接近,说明二极管已经损坏(两个电阻值均很小,二极管内部击穿短路;两个电阻值均很大,二极管内部断路)。

由于万用表电阻挡使用内部电源,黑表棒接电源的正极,红表棒接电源的负极。所以,当黑表棒接二极管的正极,红表棒接二极管的负极时,二极管所加的电压为正偏电压而导通,电阻值为小电阻;当红表棒接二极管的正极,黑表棒接二极管的负极时,二极管所加的电压为反偏电压而截止,电阻值为大电阻。

小贴士

使用万用表测试电子元器件的性能,是电工、电子等专业人士必须具备的一项实用技能。

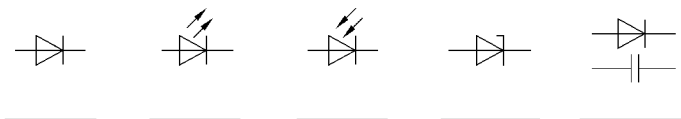
电子元器件的检测可以使用 MF—47 型、MF—500 型等指针式的万用表,而且还要学会使用数字式万用表来检测元器件。

同学们可以参阅其他相关书籍或上网查阅,了解数字式万用表检测电子元器件的方法,有条件的可以进行实际操作训练。

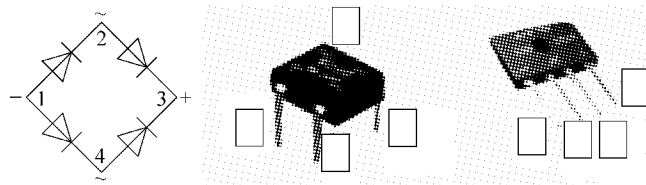
练习与思考

一、填空题

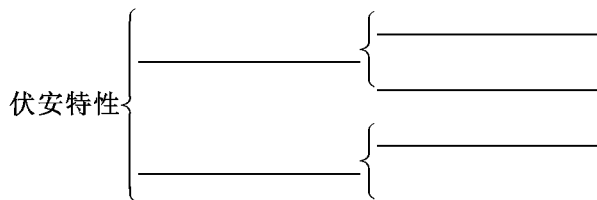
1. 给二极管加正向电压时, _____; 加反向电压时, _____, 这一特性称为二极管的 _____。
2. 半导体中有 _____ 种载流子, 带正电的称为 _____, 带负电的称为 _____。
3. 二极管的核心是 _____, 其特点是 _____, 即给 P 区加 _____ 电位, N 区加 _____ 电位时, 二极管导通。它的电压和电流不成正比, 所以它是一种 _____ 元件。
4. 根据下图各个符号, 说明各表示什么二极管。



5. 下图是整流桥堆的外形和电路图, 请对应找出各个端子并编号。



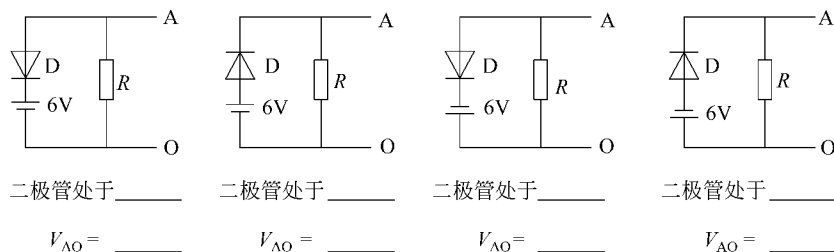
6. 选用二极管的两个主要参数是 _____ 和 _____。
7. 硅二极管的正向压降约为 _____ V, 锗二极管的正向压降约为 _____ V; 硅二极管的死区电压约为 _____ V, 锗二极管的死区电压约为 _____ V。
8. 根据二极管的伏安特性完成下面内容。



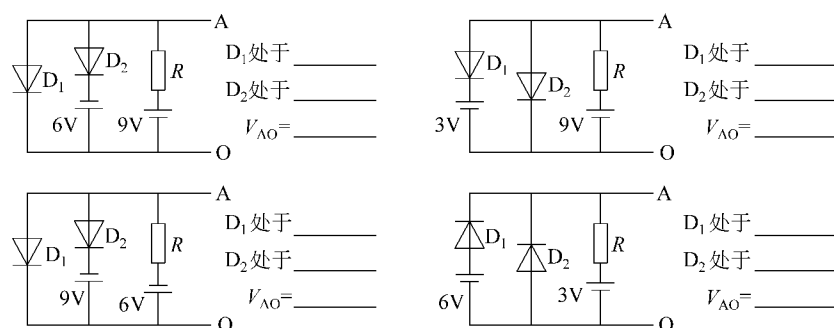
9. 说出下列二极管型号表示的含义。

- (1) 2CZ83: _____。
- (2) 2CW55: _____。
- (3) 2DK14: _____。

10. 如下图电路, 将二极管的导通情况和输出端电压 V_{AO} 分别填写在图下的横线上。

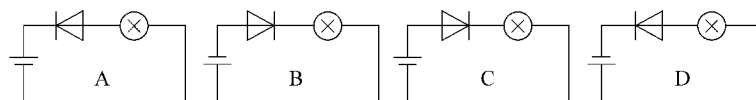


11. 如下图电路, 分别判别二极管各处于什么状态, 以及输出端 AO 两端的电压 V_{AO} 。



二、选择题

- 如果晶体二极管的正反向电阻都很大, 则该管_____。
A) 正常 B) 已被击穿 C) 内部断路
- 如果晶体二极管的正反向电阻都很小, 则该管_____。
A) 正常 B) 已被击穿 C) 内部断路
- N 型半导体中, _____。
A) 只有自由电子一种载流子
B) 只有空穴一种载流子
C) 有多数载流子——自由电子和少数载流子——空穴
D) 有多数载流子——空穴和少数载流子——自由电子
- 在外电场的作用下, 自由电子和空穴的运动方向_____, 产生电流的方向_____。
A) 相同 相同 B) 相反 相反 C) 相同 相反 D) 相反 相同
- 如下图电路, 指示灯亮的是_____, 指示灯不亮的是_____。



三、判断题(对的打√, 错的打×)

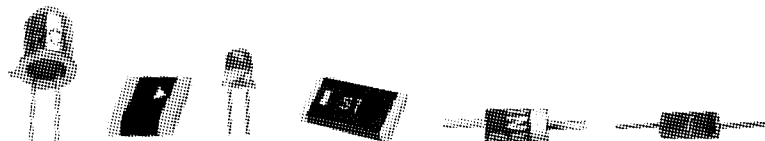
- 二极管导通时电流从负极流出, 从正极流入。 ()
- 二极管的反向漏电流越小, 则二极管的单向导电性越好。 ()

3. 二极管导通时相当于小电阻,二极管截止时相当于大电阻。

()

四、简答题

1. 半导体具有什么特性?
2. 什么是 N 型半导体? 什么是 P 型半导体? 什么是 PN 结?
3. N 型半导体或 P 型半导体是带电的还是电中性的,为什么?
4. 在下列图中将二极管的正负极标注出来。



1.2 整流电路及其应用

如图 1-8 所示的电路中有五只二极管,其中 D_5 是发光二极管,主要起到电源指示的作用,那么 $D_1 \sim D_4$ 四只二极管是起什么作用的呢?

电子电路是由各个单元电路组成,各个单元电路又是由电子元件组成。每一个电子元件好比是一块“积木”,用这些“积木”进行不同形式的组合,就组成了不同的单元电路,每一个单元电路又是一块更大的“积木”,用这些大“积木”再进行不同形式的组合,就组成了不同的电子电路。这四只二极管组成的是一种整流电路,它是利用了二极管的单向导电特性,将交流电转换成直流电,以解决电子电路必须使用直流电源供电的问题。

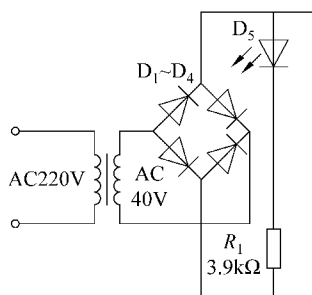


图 1-8 二极管的应用电路图

实验与实训 测试整流电路的波形

1. 实验与实训目的

- ① 会正确连接和安装实验电路。
- ② 学会正确使用示波器,能利用示波器测试半波整流、桥式整流电路的输入、输出波形。
- ③ 能根据实验中记录的波形分析半波整流、桥式整流电路的工作过程。
- ④ 能使用万用表测量实验数据,并根据实验数据得出输入与输出之间的比例关系。

2. 测试半波整流电路的波形

(1) 实验与实训电路

测试半波整流电路波形的实验与实训电路如图 1-9 所示。

(2) 实验与实训步骤

① 实物准备：变压器 6V、电阻 $1\text{k}\Omega$ 、二极管 1N4007、示波器等。

② 按图 1-9 连接各元器件，在实验电路板上焊接各个元器件和连接线。

③ 将示波器探头连接至电路，CH1 输入接 R_L 两端，CH2 输入接变压器输出端。

④ 示波器各开关位置参见表 1-7。

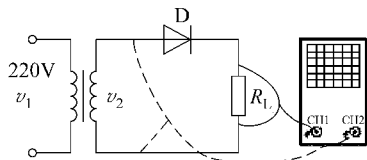


图 1-9 半波整流电路波形测试实验电路图

表 1-7 半波整流电路波形测试实验示波器各开关位置

功能开关	设置	功能开关	设置
垂直方式 (VERT MODE)	DUAL	扫描时间 (TIME/DIV)	5ms/DIV
AC/GND/DC	AC	触发方式 (TRIGGER MODE)	自动
垂直衰减 (VOLTS/DIV)	2V/DIV		

⑤ 打开示波器电源，预热 1min。

⑥ 仔细检查实验电路正确无误后，接通电源。

⑦ 调节“微调 (SWP. VER)”，使显示稳定。

⑧ 将输入/输出波形绘制在表 1-8 中。

⑨ 用万用表测量变压器次级电压 V_2 和负载 R_L 两端的电压 V_L ，记录在表 1-8 中。

表 1-8 半波整流与桥式整流电路波形测试实验记录表

半波整流		桥式整流	
输入		输入	
	$V_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$		$V_2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$
输出		输出	
	$V_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$		$V_L = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V}$
$N = \frac{V_L}{V_2} = \underline{\hspace{2cm}}$		$N = \frac{V_L}{V_2} = \underline{\hspace{2cm}}$	

3. 测试桥式整流电路的波形

(1) 实验与实训电路

测试桥式整流电路波形的实验与实训电路如图 1-10 所示。

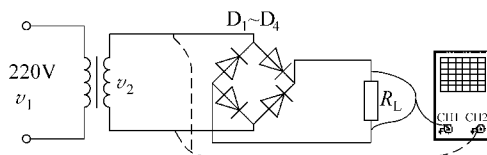


图 1-10 桥式整流电路波形测试实验电路图

(2) 实验与实训步骤

参见半波整流电路波形测试实验与实训中的相关内容。

4. 实验记录与分析

(1) 半波整流电路分析

① 当输入交流电时,经二极管半波整流后,输出一半的波形,其原因是因为当输入电压使二极管正偏时,二极管导通,导通的二极管相当于接通的开关,等效为如图 1-11 所示电路,负载上有电流而产生输出电压。

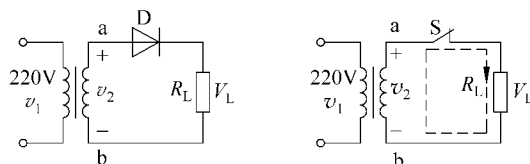


图 1-11 二极管导通等效电路

当输入电压使二极管反偏时,二极管截止,截止的二极管相当于断开的开关,等效为如图 1-12 所示电路,负载上没有电流而使输出电压为 0。

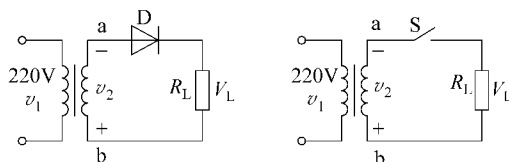


图 1-12 二极管截止等效电路

② 根据测量结果,计算输出直流电压与变压器次级电压的有效值之比为

$$N = \frac{V_L}{V_2} = 0.45$$

(2) 桥式整流电路分析

① 当输入交流电时,经二极管半波整流后,输出一半的波形,其原因是因为当输入电压正半周使 D_2 、 D_4 二极管正偏导通, D_1 、 D_3 二极管反偏截止,导通的二极管相当

于接通的开关,等效为如图 1-13 所示电路,负载上有电流而产生输出电压。

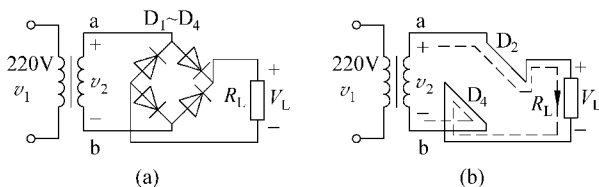


图 1-13 正半周等效电路

当输入电压负半周使 D_2 、 D_4 二极管反偏截止, D_1 、 D_3 二极管正偏导通,等效为如图 1-14 所示电路,负载上有电流而产生输出电压。

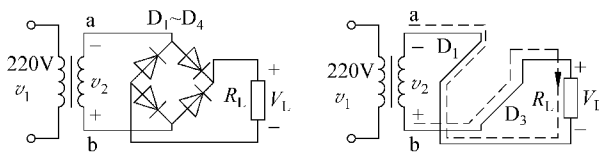


图 1-14 负半周等效电路

- ② 根据测量结果,计算输出直流电压与变压器次级电压的有效值之比为

$$N = \frac{V_L}{V_2} = 0.9$$

基本知识 整流电路的种类与工作原理

整流电路的功能是将交流电转化为脉动直流电。利用二极管的单向导电性可以实现单相整流和三相整流。根据电路结构的不同,单相整流可分为半波整流、桥式(全波)整流。

1. 单相半波整流

单相半波整流电路如图 1-11 所示,由电源变压器、整流二极管、负载组成。电源变压器是将市电(220V)降低到需要的电压值,负载用 R_L 等效。

(1) 工作原理

① 当 v_2 为正半周,设 a 端为“+”,b 端为“-”,二极管加正向电压而导通,电流经 $a \rightarrow D \rightarrow R_L \rightarrow b$ 流过负载,在 R_L 获得上正下负的电压 V_L 。忽略二极管的正向压降,有 $V_L = v_2$ 。

② 当 v_2 为负半周,设 a 端为“-”,b 端为“+”,二极管加反向电压而截止,没有电流流过负载, R_L 上的电压 $V_L = 0$ 。

单相半波整流的输入/输出波形如图 1-15 所示。

由此可见,在整个输入波形的一个周期内,二极管如同一个自动开关,正半周时接通电路,有电压输出;负半周时断开电路,输出为 0。所以,输出为输入的一半,称为半波整流。输出电流方向不变,但是大小不断改变,这样的直流电称为脉动直流电。

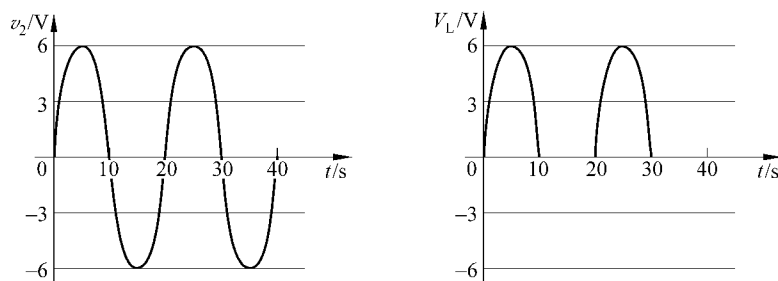


图 1-15 单相半波整流输入/输出波形

(2) 负载上的直流电压和电流

① 负载上的直流电压 V_L 。负载上的直流电压是脉动电压,可以用平均值来表示电压的大小,根据实验测得

$$V_L = 0.45V_2$$

② 负载上的直流电流 I_L 。负载上的直流电流根据欧姆定律得

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{0.45V_2}{R_L}$$

(3) 二极管参数选取

① 最大整流电流 I_{FM} 。二极管上可能流过的最大电流与负载上的最大电流相等,为了保证二极管的安全,选取

$$I_{FM} \geq I_L = \frac{0.45V_2}{R_L}$$

② 最高反向工作电压 V_{RM} 。二极管截止时的反向电压的最大值为 $\sqrt{2}V_2$,所以选取

$$V_{RM} \geq \sqrt{2}V_2$$

2. 单相桥式整流

单相桥式整流电路如图 1-13 所示,由电源变压器、整流二极管、负载组成。电源变压器是将市电(220V)降低到需要的电压值,负载用 R_L 等效。

(1) 工作原理

① 当 v_2 为正半周,设 a 端为“+”,b 端为“-”,二极管 D_2 、 D_4 加正向电压而导通, D_1 、 D_3 加反向电压而截止,电流经 $a \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow b$ 流过负载,在 R_L 获得上正下负的电压 V_L 。忽略二极管的正向压降,有 $V_L = v_2$ 。

② 当 v_2 为负半周,设 a 端为“-”,b 端为“+”,二极管 D_1 、 D_3 加正向电压而导通, D_2 、 D_4 加反向电压而截止,电流经 $b \rightarrow D_3 \rightarrow R_L \rightarrow D_1 \rightarrow a$ 流过负载,在 R_L 获得上正下负的电压 V_L 。忽略二极管的正向压降,有 $V_L = v_2$ 。

单相桥式整流的输入/输出波形如图 1-16 所示。

由此可见,在整个输入波形的一个周期内,经四只二极管作用输出两个半周的波形,称为全波整流。

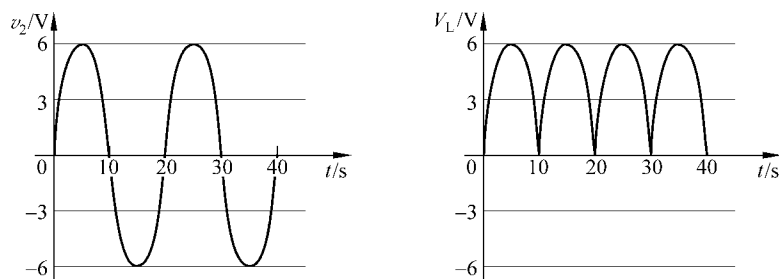


图 1-16 单相桥式整流输入/输出波形

③ 如果将四只二极管看成一个平行四边形,输入的交流电压接在一条对角线上,负载接在另一条对角线上,这样的连接方式称为桥式,所以称为桥式(全波)整流电路。

(2) 负载上的直流电压和电流

① 负载上的直流电压 V_L 。负载上的直流电压是脉动电压,可以用平均值来表示电压的大小,根据实验测得

$$V_L = 0.9V_2$$

② 负载上的直流电流 I_L 。负载上的直流电流根据欧姆定律得

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{0.9V_2}{R_L}$$

(3) 二极管的参数选取

① 最大整流电流 I_{FM} 。二极管上可能流过的最大电流是负载上的最大电流的一半,为了保证二极管的安全,选取

$$I_{FM} \geq \frac{I_L}{2} = \frac{0.45V_2}{R_L}$$

② 最高反向工作电压 V_{RM} 。二极管截止时的反向电压的最大值为 $\sqrt{2}V_2$,所以选取

$$V_{RM} \geq \sqrt{2}V_2$$

技能训练 识读常用电子电路中的简单整流电路

1. 训练目的

- ① 学习电子电路的识读方法。
- ② 能看懂一般电子电路中简单整流电路及其采用的类型。
- ③ 了解整流桥堆在整流电路中的应用。

2. 整流电路的其他画法

在实用的电子电路中,桥式整流电路应用比较广泛,其电路的形式除图 1-13 的画法外,还有其他的绘制方式。如图 1-17 所示是两种具有代表性的画法。

画法一:将四只二极管省去,用一个二极管符号表示四只二极管连接的指向。

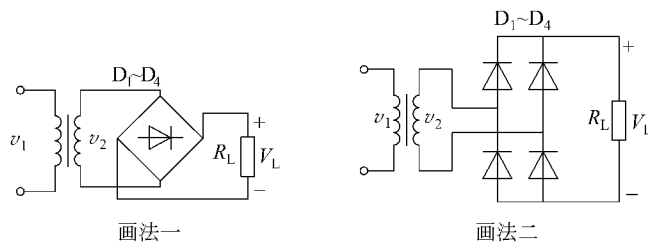


图 1-17 桥式整流电路的其他画法

画法二：将四只二极管竖直排列，上端与下端接负载。

3. 实用电子电路中的整流电路识读

(1) 分立元件整流电路

如图 1-18 所示是某电子电路的电源电路，整流元件分别是 $D_1 \sim D_4$ ，与上述几种画法比较，熟悉交流电源与负载的连接关系。

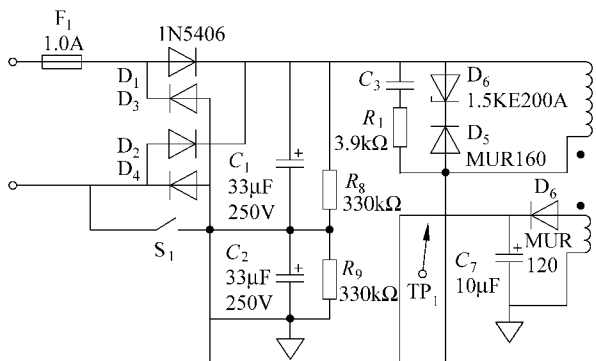


图 1-18 分立元件整流电路

(2) 桥堆整流电路

由于桥式整流电路中，不论四只二极管如何变换，其相互间连接方式是固定的，为了减少电路中的元器件，将四只二极管制作成一个元器件，称为整流桥堆。如图 1-19 所示是整流桥堆的外形。

如图 1-20 所示是某电视机的电源电路，其整流元件是 D_{801} 。

活动

与探究

图 1-20 中电子元器件的画法均采用国家标准，在一些进口电子产品中的电子元器件的画法与国家标准有所不同，请同学们上网查阅进口电子元器件的符号与国家标准有何不同，并与国家标准进行比较。

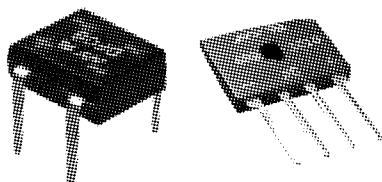


图 1-19 整流桥堆的外形

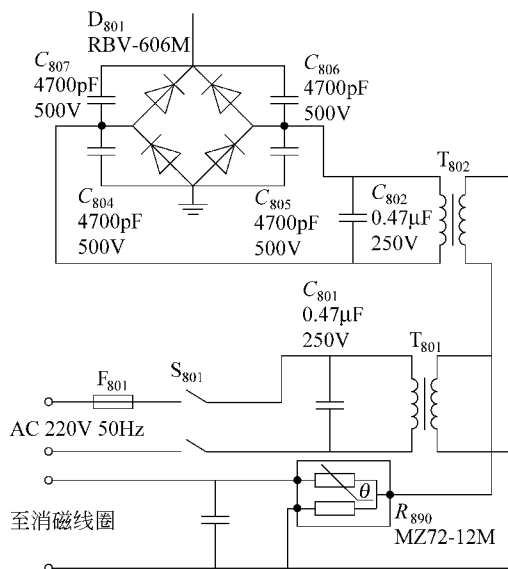
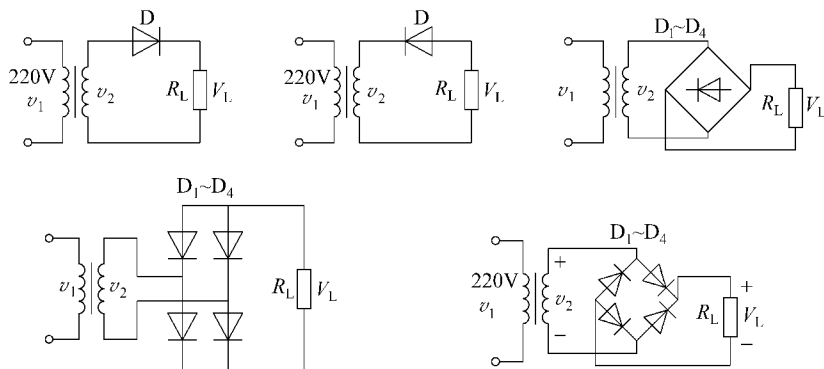


图 1-20 电视机的电源电路

练习与思考

1. 整流电路的作用是什么？输出电压有什么特点？
2. 画出半波整流、桥式整流电路图。
3. 标出下列各图中输出电压的极性。



4. 在桥式整流电路中,如果出现下列问题时,对电路工作有什么影响。

- (1) 有一只二极管被击穿: _____。
- (2) 有一只二极管断开或虚焊: _____。
- (3) 有一只二极管短路: _____。
- (4) 有一只二极管接反: _____。
- (5) 有两只二极管接反: _____。
- (6) 有三只二极管接反: _____。

(7) 有四只二极管接反：_____。

5. 半波整流电路的变压器次级电压为 20V，负载电阻 R_L 为 10Ω ，试计算输出电压与电流，并选择合适的二极管。

6. 一个单向桥式整流电路，输入市电为 220V，要求输出 18V 的直流电压，输出电流为 300mA，试求变压器的变压比，并选择合适的整流二极管。

1.3 滤波电路及其应用

我们已经知道，经过二极管的整流，可以将交流电转换成脉动直流电。如图 1-21 所示，在整流电路后面接入了一个元件 C ，那么这个元件在这里起什么作用呢？

这个元件叫做电容器，起滤波的作用。交流电经二极管整流后得到的是脉动直流电，由于这种直流电十分不稳定，无法直接供给电子电路使用，为了保证电子电路正常工作，必须经过滤波，将脉动直流电变换为平滑直流电。

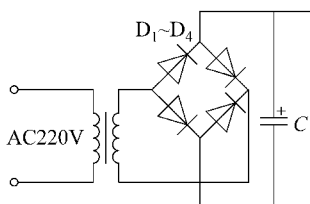


图 1-21 整流电路中接入的电容器

实验与实训 测试滤波电路的波形

1. 实验与实训目的

- ① 会正确连接和安装实验电路。
- ② 学会正确使用示波器，能利用示波器测试半波整流电容滤波、桥式整流电容滤波电路的输入、输出波形。
- ③ 能根据实验中记录的波形理解电容滤波的原理，以及电容大小对滤波性能的影响。
- ④ 能使用万用表测量实验数据，并根据实验数据得出输入与输出之间的比例关系。

2. 测试半波整流电容滤波波形

(1) 实验与实训电路

半波整流电容滤波波形测试实验与实训电路如图 1-22 所示。

将一个容量合适的电解电容器并联在负载 R_L 的两端，电容器有正负电极之分，将电容器的正极接在电路中电位高的一端，电容器的负极接在电路中电位低的一端。

(2) 实验与实训步骤

① 实物准备：6V 变压器、 $240\Omega/8W$ 电阻、 $200\mu F$ 电容器、二极管 1N4007、示波器等。

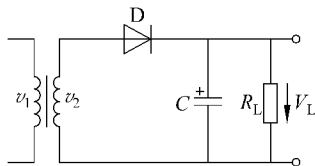


图 1-22 半波整流电容滤波波形测试实验与实训电路图