



浙江省高职院校“十四五”重点教材

# 电子技术项目教程 (微课版)

张丽萍 王楠 主编

舒巧琪 潘海燕 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书从工程应用实际出发,选取 8 个项目作为载体,共包含 34 个技能训练、近 50 个知识点。为方便组织日常教学,每个技能训练都以任务书的形式提供了测量或测试电路示意图、步骤;每个项目都有学习目标、工作任务,以及相应的技能训练、任务书、知识点和习题等。

项目 1~4 以模拟电子技术方面的知识为主,包括直流稳压电源的制作、音频前置放大电路的制作、功率放大电路的制作、红外线报警器的制作;项目 5~8 以数字电子技术方面的知识为主,包括三人表决电路的设计与制作、四路抢答器的制作、电风扇模拟阵风调速电路的制作、60 秒计时电路的设计与制作。

本书适合高职、高专院校电子、电气、机电、计算机类专业学生使用,也可供从事电类产品开发制作的技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子技术项目教程:微课版/张丽萍,王楠主编.  
北京:电子工业出版社,2025.6.--ISBN 978-7-121-50132-6

I. TN

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 2025BM1656 号

责任编辑:郭乃明 特约编辑:田学清

印 刷:

装 订:

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编:100036

开 本:787×1092 1/16 印张:18 字数:460.8 千字

版 次:2025 年 6 月第 1 版

印 次:2025 年 6 月第 1 次印刷

定 价:55.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 [zlbs@phei.com.cn](mailto:zlbs@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式:(010) 88254561, [guonm@phei.com.cn](mailto:guonm@phei.com.cn)。

# 前 言

党的二十大报告强调：“坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。实施产业基础再造工程和重大技术装备攻关工程，支持专精特新企业发展，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展”。电子技术作为现代制造业的一项基础技术，已经广泛应用于各个领域，并且伴随着制造业不断升级，电子技术的应用也将更加深入。本书作为电子技术教材，在内容的组织和安排上突出应用能力的培养，强调实践环节，按项目精心组合，以项目制作和实施为总目标，强调以学生为中心，把培养职业能力作为主线并贯穿始终。

本书共包括 8 个项目，与目前高职、高专同类教材相比，本书的特点如下。

## (1) 多方合作。

与合作企业及其他院校进行充分交流和研讨，并邀请企业技术人员及一线教师、技师参与本书的编写，将理论知识和实践操作有机结合起来，拓展常见电子元器件选型和参数表，强调职业技能的训练，如仪器仪表测试、电子电路识图和绘图、电路焊接等，有助于学生更快地适应工作岗位。

## (2) 全新形态。

结合项目式教材与活页式教材的特点，通过项目实施和调试来完成对学生知识与技能的培养。每个项目均有明确的学习目标和工作任务，完成项目所需的操作技能分解到各个技能训练中，每个技能训练所需的理论知识由知识点提供，实现“做中学、学中做”。围绕项目内容分解的技能训练和知识点重点突出、层次分明、针对性强。

## (3) 资源丰富。

图表的形式使内容更加具有可读性，除配套常规数字资源外，还提供了所有项目电路原理图和 PCB 图，并配备大量微课视频，不仅讲解知识点，还对项目和任务过程进行详细说明，手把手教技能操作。

## (4) 便于教学。

为方便教学实施，每个项目除提供原理图外，还提供 PCB 参考图和元器件清单，根据实际课时，可以提前制作项目 PCB、采购元件等，缩短课内项目制作时间。在设计项目 PCB 图时，预先设置若干断点，作为电路信号的测量点，断点通过跳线插针连接，根据教学需求，可选取测量点进行测量观察，使项目教学落在实处。

本书主编为台州职业技术学院张丽萍、王楠；副主编为台州技师学院舒巧琪和台州职业技术学院潘海燕；参编人员包括台州职业技术学院金珍珍、洪武、张林友、杨利亚、何建慧，浙江大学台州研究院杨扬戩工程师，路桥中等职业技术学校技师蒋继华。台州职业技术学院练雅琦、徐新宇对全书进行审阅，本书在编写的过程中得到了台州职业技术学院机电工程学院全体教师的支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正，以不断提高教材水平。



# 目 录

项目 1 直流稳压电源的制作	1
技能训练 1 二极管检测	2
技能训练 2 稳压二极管稳压电路仿真测试	10
技能训练 3 发光二极管电路仿真测试	13
技能训练 4 桥式整流电路仿真测试	17
技能训练 5 滤波电路仿真测试	23
技能训练 6 线性三端稳压电路仿真测试	29
技能训练 7 电子产品焊接	35
项目实施 直流稳压电源的制作	40
习题 1	41
项目 2 音频前置放大电路的制作	45
技能训练 8 三极管的检测	46
技能训练 9 基本共射放大电路测试	57
技能训练 10 分压式偏置共射放大电路性能参数仿真测试	67
技能训练 11 共集放大电路性能参数仿真测试	72
技能训练 12 多级放大电路仿真测试	79
项目实施 音频前置放大电路的制作	84
习题 2	87
项目 3 功率放大电路的制作	89
技能训练 13 差分放大电路仿真测试	90
技能训练 14 互补对称功率放大电路仿真测试	97
项目实施 功率放大电路的制作	106
习题 3	108
项目 4 红外线报警器的制作	111
技能训练 15 运算放大电路功能测试	112
技能训练 16 迟滞电压比较器电路功能测试	126
技能训练 17 三角波产生电路制作与测试	131
技能训练 18 三角波-矩形波转换电路测试与仿真	135
技能训练 19 电压串联负反馈放大电路测试	140
项目实施 红外线报警器的制作	146
习题 4	148
项目 5 三人表决电路的设计与制作	153
技能训练 20 常用集成门电路逻辑功能测试	154

技能训练 21 二进制加法器电路的制作	167
项目实施 三人表决电路的设计与制作	184
习题 5	185
<b>项目 6 四路抢答器的制作</b>	<b>189</b>
技能训练 22 数据选择器逻辑功能测试	190
技能训练 23 译码器逻辑功能测试	194
技能训练 24 编码器逻辑功能测试	198
技能训练 25 LED 显示译码电路的制作	201
技能训练 26 集成缓冲器功能测试	207
项目实施 四路抢答器的制作	213
习题 6	214
<b>项目 7 电风扇模拟阵风调速电路的制作</b>	<b>215</b>
技能训练 27 基本 RS 触发器功能测试	216
技能训练 28 施密特触发器功能测试	221
技能训练 29 555 多谐振荡器制作与测试	228
项目实施 电风扇模拟阵风调速电路的制作	233
习题 7	234
<b>项目 8 60 秒计时电路的设计与制作</b>	<b>237</b>
技能训练 30 集成边沿触发器功能测试	238
技能训练 31 集成锁存器功能测试	247
技能训练 32 集成寄存器功能测试	252
技能训练 33 集成二进制计数器测试	259
技能训练 34 八进制计数器的设计	266
项目实施 60 秒计时电路的设计与制作	276
习题 8	279

# 项目 1 直流稳压电源的制作

## 学习目标

- 了解二极管的结构和特性。
- 掌握稳压二极管的使用方法和发光二极管的电路设计方法。
- 理解桥式整流电路和电容滤波电路的工作原理。
- 掌握三端稳压器件的使用方法。
- 掌握简单电子产品的电路安装和手工焊接技术。

## 工作任务

很多电子产品都需要直流电源供电，直流电源除使用电池提供外，还可以利用交流电通过直流稳压电路变换得到。本项目制作带电源指示的直流稳压电源，输入电压为单相交流 220V 电网电压(市电)，输出为 5V 直流电压、电流为 1A，撰写项目制作测试报告。5V/1A 直流稳压电源电路原理图如图 1-1 所示。

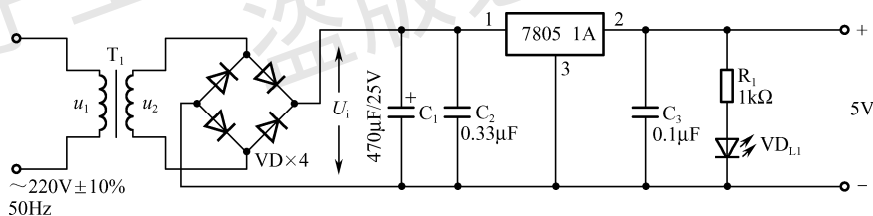


图 1-1 5V/1A 直流稳压电源电路原理图

不建议使用本项目制作的 5V/1A 直流稳压电源直接给手机充电，标准的手机充电器除有直流稳压电路外，还需要恒流、限压、限时、过充等控制电路，以防手机电池过充，影响电池的使用寿命。

## 技能训练 1 二极管检测

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-1 所示。



二极管的检测

表 1-1 完成本任务所需仪器仪表及材料

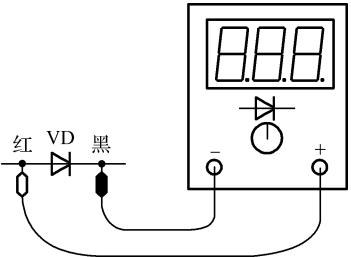

序 号	名 称	型号或规格	数 量	备 注
1	数字万用表	DT9205	1 只	
2	二极管	1N4007	1 只	
3	二极管	1N4148	1 只	

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

## 任务书 1-1

任务书 1-1 如表 1-2 所示。

表 1-2 任务书 1-1

任务名称	二极管检测
测量电路示意图	
步骤	<p>(1) 用数字万用表进行测量, 设置在专用的 <math>\text{--}\text{&gt;}\text{--}</math> 测量挡上, 红表笔插入 <math>\text{--}\text{&gt;}\text{--}</math> 插孔, 黑表笔插入 COM 插孔, 如上图所示。</p> <p>(2) 左手拿二极管, 右手握数字万用表的红、黑表笔, 将红、黑表笔与二极管的两端电极引出线接触, 观察数字万用表的显示数值有无变化。</p> <p>记录: _____</p> <p>(3) 交换红、黑表笔的位置, 再次将其与二极管的两端电极引出线接触, 并观察数字万用表的显示数值有无变化。</p> <p>记录: _____</p> <p>(4) 二极管好坏的判断。若两次观察到的数值均为无穷大或较小, 则说明二极管已损坏; 若两次观察到的数值一次为无穷大, 另一次较小, 则说明二极管完好。</p> <p>结果: _____</p> <p>(5) 二极管正、负极判别。在上述两次测量观察中, 当数字万用表显示数值较小时, 红表笔接触的电极引出线为二极管的正极, 黑表笔接触的电极引出线为二极管的负极。</p> <p>标出下图中二极管的正负极位置:</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">( ) 极    型号 _____    ( ) 极</p>
结论	<p>用数字万用表的 <math>\text{--}\text{&gt;}\text{--}</math> 挡测量二极管, 黑表笔接二极管的负极, 红表笔接二极管的正极, 读数较小; 反之则读数为无穷大, 说明二极管完好</p>



## 知识点 二极管

### 1. 二极管的结构



半导体二极管

根据导电性能不同，可以把物质分为导体、半导体和绝缘体。铜、铝等金属属于导体，橡胶、塑料等物质属于绝缘体，硅（Si）和锗（Ge）材料的导电性能介于导体与绝缘体之间，属于半导体。纯净的半导体的导电性能极差，若在纯净的半导体材料中掺入杂质磷元素，则可以形成N型半导体，它主要靠带负电的自由电子导电，掺入的杂质越多，N型半导体的自由电子的浓度越高，导电性能也就越强。若在纯净的半导体材料中掺入杂质硼元素，则可以形成P型半导体，它主要靠带正电的空穴导电，与N型半导体相同，掺入的杂质越多，空穴的浓度越高，导电性能也就越强。

在同一块纯净的半导体材料（如硅片）上制作N型半导体和P型半导体，在它们的交界面，带负电的自由电子与带正电的空穴就会复合，P区由于复合掉空穴而形成负离子区，N区由于复合掉自由电子而形成正离子区，从而形成PN结。PN结中的内电场方向由N区指向P区，如图1-2所示。

如图1-3(a)所示，当电源的正极、负极分别接PN结的P端和N端时，称PN结外加正向偏置，此时，内电场宽度（PN结）变窄，P区的空穴和N区的自由电子向另一

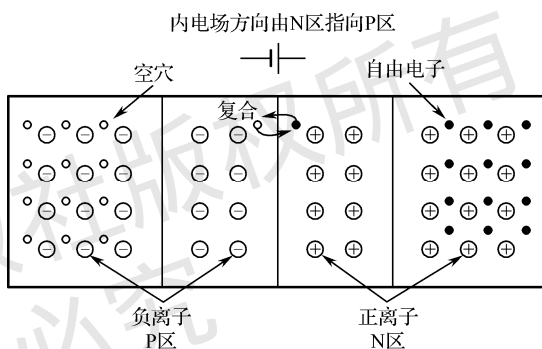
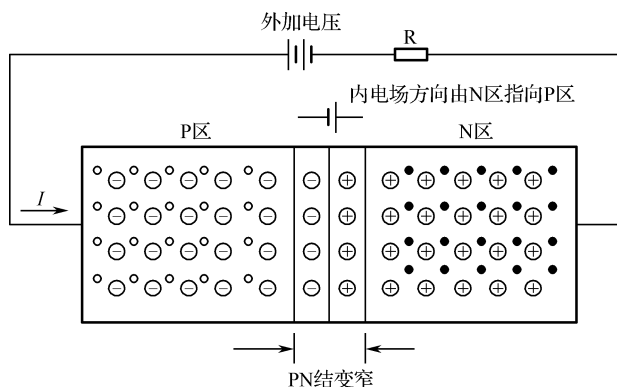


图1-2 PN结

端的移动加剧，形成正向电流，PN结导通。如图1-3(b)所示，当电源的正极、负极分别接PN结的N端和P端时，称PN结外加反向偏置，此时，内电场宽度变宽，阻止了P区的空穴和N区的自由电子向另一端的移动，形成的电流非常小，PN结处于截止状态。因此，外加电压极性不同，PN结表现出截然不同的导电性能，即PN结具有单向导电性。



(a) 加正向电压时导通

图1-3 PN结的单向导电性

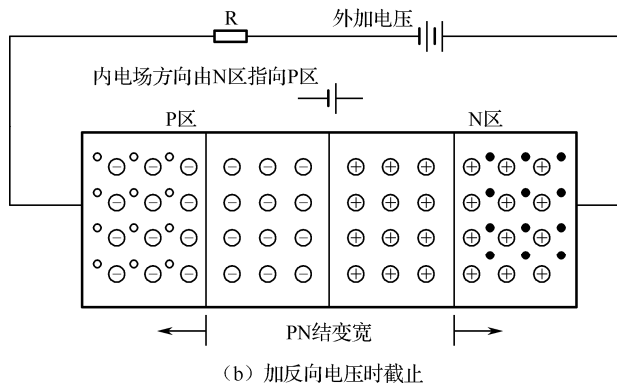


图 1-3 PN 结的单向导电性（续）

将 PN 结用外壳封装起来，加上相应的电极引出线，就构成了半导体二极管，简称二极管。如图 1-4 (a) 所示，P 区的引出线称为二极管的正极，N 区的引出线称为二极管的负极。二极管在电路图中用如图 1-4 (b) 所示的电气符号来表示。与 PN 结一样，二极管具有单向导电性。

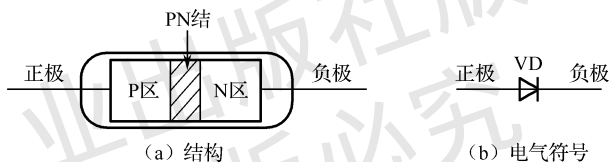


图 1-4 二极管的结构和符号

## 2. 二极管的伏安特性

二极管的伏安特性是指二极管两端的电压和流过二极管的电流之间的关系曲线，如图 1-5 所示，坐标轴  $u_D$  表示加在二极管两端的直流电压， $i_D$  表示流过二极管的直流电流。

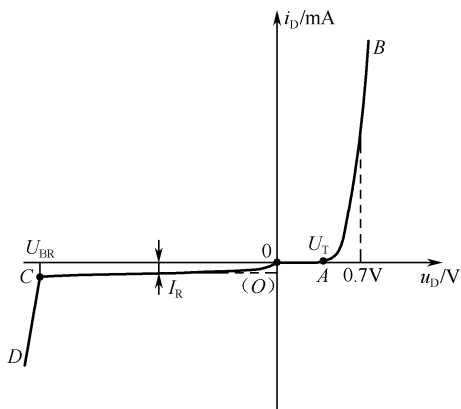


图 1-5 二极管的伏安特性

### 1) 正向特性

OA 段：常称“死区”。此时，二极管两端所加正向电压  $u_D$  较低，正向电流  $i_D$  也非常小，

几乎为零。二极管开始导通的临界电压称为门槛电压 $U_T$ ， $OA$ 段就是正向电压 $u_D$ 的值为 $0 \sim U_T$ 时的情况。 $U_T$ 的高低与管子的材料和所处温度有关。

$AB$ 段：称为正向导通区。此时，二极管两端所加正向电压 $u_D$ 越过门槛电压 $U_T$ ，随着电压的升高，正向电流 $i_D$ 急速增大，表现为 $AB$ 段是一条较陡的线段，二极管两端的正向压降很小，且几乎不随电流而改变。对于硅管，这个正向电压基本保持在 $0.7V$ 左右；对于锗管，这个正向电压基本保持在 $0.3V$ 左右。

## 2) 反向特性

$OC$ 段：称为反向截止区。当二极管两端所加反向电压升高时，反向电流 $I_S$ 很小且几乎不变，通常可忽略。

$CD$ 段：称为反向击穿区。表示当反向电压升高到超过某一值时，反向电流急剧增大，这一现象称为反向击穿。反向击穿时所加的电压叫反向击穿电压，记为 $U_{BR}$ ，反向击穿电流过大，会使普通二极管烧坏，称为击穿断路。

## 3. 二极管的主要参数

二极管的主要参数有以下3个。

(1) 最大整流电流 $I_F$ ：二极管长期安全工作时允许通过管子的最大正向平均电流。 $I_F$ 的数值是由二极管允许的温升限定的。使用时，管子的平均电流不得超过此值；否则，二极管的PN结将可能因过热而损坏。

(2) 最高反向工作电压 $U_R$ ：二极管在工作时，加在其两端的反向电压不得超过此值，为了留有余地，手册上查到的 $U_R$ 通常取反向击穿电压 $U_{BR}$ 的一半。

(3) 最大反向工作电流 $I_R$ ：在室温条件下，二极管在最高反向工作电压下允许流过的反向电流值。 $I_R$ 越小，管子的单向导电性越好。值得注意的是， $I_R$ 受环境温度的影响大，因此，在使用二极管时，要注意温度的影响。

## 4. 常用二极管的型号和参数

(1) 整流二极管。整流二极管大多采用硅材料构成，塑料封装；PN结面积较大，能承受较大的正向电流和较高的反向工作电压，工作频率一般在几十千赫兹以下，常应用于各种线性电源整流电路。在使用时，一般根据电源电路的要求，选择最大整流电流和最大反向工作电流符合要求的整流二极管。常见的整流二极管有1N系列、2CZ系列、RLR系列等。常见的1N系列整流二极管的型号和参数如表1-3所示。

表 1-3 常见的 1N 系列整流二极管的型号和参数

型号或规格	反向峰值电压/V	额定整流电流/A	正向浪涌电流/A	正向压降/V	最大反向工作电流/ $\mu A$
1N4001	50	1	30	$\leq 1$	$< 5$
1N4007	1000				
1N5101	100	1.5	75	$\leq 1$	$< 5$
1N5108	1000				
1N5201	100	2	100	$\leq 1$	$< 10$

续表

型号或规格	反向峰值电压/V	额定整流电流/A	正向浪涌电流/A	正向压降/V	最大反向工作电流/ $\mu\text{A}$
1N5208	1000	2	100	$\leq 1$	$< 10$
1N5401	100	3	150	$\leq 0.8$	$< 10$
1N5408	1000				

(2) 检波二极管。检波的作用是把调制在高频电磁波上的低频信号检出来，检波二极管要求 PN 结面积小，最大反向工作电流也小，工作频率可达 100MHz 以上。检波二极管的封装常采用玻璃或陶瓷外壳，以保证良好的高频特性。常用的检波二极管有国外的 1N34、1N60，以及国产的 2AP 系列锗玻璃封装二极管。常见的检波二极管的型号和参数如表 1-4 所示。

表 1-4 常见的检波二极管的型号和参数

型号或规格	最大整流电流 $I_F/\text{mA}$	正向电压 $U_F/\text{V}$	最高反向工作电 压 $U_{RM}/\text{V}$	反向击穿电压 $U_{BR}/\text{V}$	截止频率 $f/\text{MHz}$
1N34A	50	$\leq 1\text{V}$	45	—	—
1N60/1N60P	30/50	$\leq 1\text{V}$	40/45	—	—
2AP1	16	$\leq 1.2$	20	40	150
2AP7	12		100	150	150
2AP11	25	$\leq 1$	10	—	40
2AP17	15		100	—	40
2AP9	8	$\leq 1$	10	65	100

(3) 开关二极管。利用二极管的单向导电性，在电路中对电流进行控制，可起到接通或断开的开关作用。开关二极管从截止到导通的时间叫开通时间，从导通到截止的时间叫反向恢复时间，两个时间加在一起统称开关时间。一般反向恢复时间远长于开通时间。开关二极管的开关速度要求很快，硅开关二极管的反向恢复时间只有几纳秒，锗开关二极管的反向恢复时间要长一些，但也只有几百纳秒。开关稳压电源的整流电路及脉冲整流电路中使用的二极管应选用反向恢复时间较短的开关二极管。常用的开关二极管分为普通开关二极管、高速开关二极管、超高速开关二极管等多种。普通开关二极管常用的国产管有 2AK 系列锗开关二极管；高速开关二极管常用的国产管有 2CK 系列，国外的有 1N 系列、1S 系列等。引线塑封的 1SS 系列和表面封装的 RLS 系列属于高速/超高速开关二极管。常见的开关二极管的型号和参数如表 1-5 所示。

表 1-5 常见的开关二极管的型号和参数

型号或规格	正向压降 $U_F/\text{V}$	最高反向工作电压 $U_{RM}/\text{V}$	反向击穿电压 $U_{BR}/\text{V}$	最大整流电 流 $I_F/\text{mA}$	最大反向工作 电流 $I_R/\mu\text{A}$	反向恢复 时间/ns
1N4148	1	75	100	150	0.025	4
1N4150	1	50	60	200	0.1	6

续表

型号或规格	正向压降 $U_F/V$	最高反向工作电压 $U_{RM}/V$	反向击穿电压 $U_{BR}/V$	最大整流电 流 $I_F/mA$	最大反向工作 电流 $I_R/\mu A$	反向恢复 时间/ns
1N4152	0.88	30	40	150	0.05	2
2CK9	$\leq 1$	10	15	30	$\leq 1$	$\leq 5$
2CK10		20	30			
2CK19		50	75			
2CK20/A/B/C/D	$\leq 0.8$	15/20/30/40/50	20/30/45/60/75	50	$\leq 1$	$\leq 3$
2CK70/A/B/C/D/E	$\leq 0.8$	20/30/40/50/60	30/45/60/75/90	$\geq 10$	$\leq 1$	$\leq 5$
2CK80/A/B/C/D/E	$\leq 1$	20/30/40/50/60	30/45/60/75/90	$\geq 300$	$\leq 1$	$\leq 10$
1SS130	1	75	100	130	0.5	4
1SS252	1.2	80	90	130	0.5	4
1SS92	1	65	75	200	0.5	2
RLS-92	1	65	75	200	0.5	2

(4) 肖特基二极管。肖特基二极管的反向恢复时间极短（可以达到几纳秒），正向压降仅在 0.4V 左右，而整流电流却可达几千毫安，是低功耗、大电流、超高速半导体器件。肖特基二极管的缺点是其反向偏压较低及反向漏电流偏大。肖特基二极管适合在低电压、大电流输出场合用于高频整流。常见的肖特基二极管的型号和参数如表 1-6 所示。

表 1-6 常见的肖特基二极管的型号和参数

型号或规格	最大整流电流 $I_F/A$	最高反向工作电压 $U_{RM}/V$	正向压降 $U_F/V$
1N5817	1	20	0.75
1N5818	1	30	0.55
1N5819	1	40	0.6
1N5820	3	20	0.85
1N5821	3	30	0.38
1N5822	3	40	0.52
MBR160	1	60	1
MBR360	3	60	1
MBR735	7.5	35	0.84
MBR1035	10	35	0.84
MBR1660	16	60	0.75
MBR20100CT	20	100	0.8
MBR4045WT	40	45	0.59
MBR4060WT	40	60	0.77
MBR6045WT	60	45	0.73
SS12	1	20	0.5

续表

型号或规格	最大整流电流 $I_F/A$	最高反向工作电压 $U_{RM}/V$	正向压降 $U_F/V$
SS34	3	40	0.5
STPS16045TV	160	45	0.95
STPS24045TV	240	45	0.91
MBR2080CT	20	80	0.85
STQ080	8	80	0.72
10MQ060N	0.77	90	0.65
MBR2090CT	20	90	0.8
30CPQ100	30	100	0.86
40CPQ100	40	100	0.77
30CPQ150	30	150	1
40L15CTS	10	150	0.41
150K40A	150	400	1.33

### 技能训练 2 稳压二极管稳压电路仿真测试

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-7 所示。



稳压二极管稳压电路仿真

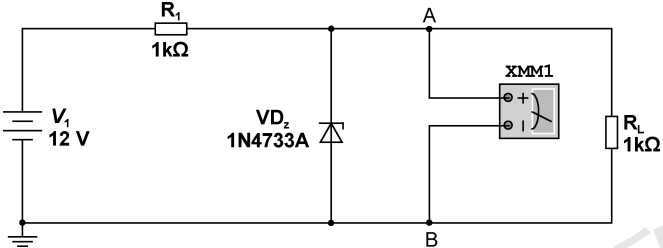
表 1-7 完成本任务所需仪器仪表及材料

序号	名称	要求	数量	备注
1	计算机	安装 Multisim10.0 仿真软件	1 台	

## 任务书 1-2

任务书 1-2 如表 1-8 所示。

表 1-8 任务书 1-2

任务名称	稳压二极管稳压电路仿真测试																																
测量电路示意图																																	
步骤	<p>(1) 查阅稳压二极管 1N4733A 的有关参数, 在 Multisim10.0 仿真软件中按上图绘制电路图, 直流电源电压为 12V, 用万用表测量输出端 AB 的电压, 负载电阻 <math>R_L</math> 的初始阻值可取 <math>R_L=1k\Omega</math>。</p> <p>(2) 分别取 <math>R_1</math> 为 <math>0\Omega</math>、<math>1\Omega</math>、<math>10\Omega</math>、<math>100\Omega</math>、<math>200\Omega</math>、<math>500\Omega</math>、<math>1k\Omega</math>, 用万用表读出输出端 AB 的电压并记录。当 <math>R_L=1k\Omega</math> 时, 将结果记录在下表中。</p> <table border="1" data-bbox="330 878 1128 968"> <tr> <td><math>R_1=</math></td> <td><math>0\Omega</math></td> <td><math>1\Omega</math></td> <td><math>10\Omega</math></td> <td><math>100\Omega</math></td> <td><math>200\Omega</math></td> <td><math>500\Omega</math></td> <td><math>1k\Omega</math></td> </tr> <tr> <td><math>U_{AB}=</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>(3) 根据测试结果, 说明稳压二极管 1N4733A 的稳压值约为 _____ V。其中电阻 <math>R_1</math> 的作用是什么? _____</p> <p>(4) 设置 <math>R_L=100\Omega</math>, 重复上述步骤, 输出端 AB 的电压还能稳定输出吗? 对限流电阻 <math>R_1</math> 的阻值有什么限制? 当 <math>R_L=100\Omega</math> 时, 将结果记录在下表中。</p> <table border="1" data-bbox="330 1138 1128 1228"> <tr> <td><math>R_1=</math></td> <td><math>0\Omega</math></td> <td><math>1\Omega</math></td> <td><math>10\Omega</math></td> <td><math>100\Omega</math></td> <td><math>200\Omega</math></td> <td><math>500\Omega</math></td> <td><math>1k\Omega</math></td> </tr> <tr> <td><math>U_{AB}=</math></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>结论: _____</p> <p>(5) 为了验证输出端 AB 能否向负载提供 <math>5V/1A</math> 的电压/电流, 设置 <math>R_L=5\Omega</math>。此时, <math>R_1</math> 为多少? 该电路能否实现? 为什么? <math>R_1</math> 消耗的功率是多少?  <math>R_1</math> 的取值: _____  <math>R_1</math> 消耗的功率: _____</p>	$R_1=$	$0\Omega$	$1\Omega$	$10\Omega$	$100\Omega$	$200\Omega$	$500\Omega$	$1k\Omega$	$U_{AB}=$								$R_1=$	$0\Omega$	$1\Omega$	$10\Omega$	$100\Omega$	$200\Omega$	$500\Omega$	$1k\Omega$	$U_{AB}=$							
$R_1=$	$0\Omega$	$1\Omega$	$10\Omega$	$100\Omega$	$200\Omega$	$500\Omega$	$1k\Omega$																										
$U_{AB}=$																																	
$R_1=$	$0\Omega$	$1\Omega$	$10\Omega$	$100\Omega$	$200\Omega$	$500\Omega$	$1k\Omega$																										
$U_{AB}=$																																	
结论	稳压二极管工作在反向状态, 当反向击穿时, 两端电压保持为一个稳定值																																



## 知识点 稳压二极管

稳压二极管是用特殊工艺制成的二极管，它工作于反向击穿区，具有稳压功能。它的伏安特性曲线和电气符号如图 1-6 所示。



稳压二极管

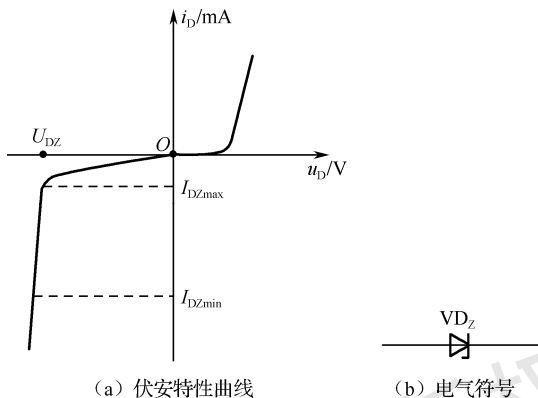


图 1-6 稳压二极管的伏安特性曲线和电气符号

从伏安特性曲线上来看，稳压二极管与普通二极管极其相似，只是稳压二极管的反向击穿特性曲线更陡，当稳压二极管反向击穿后，流过管子的电流在很大范围（ $I_{DZmin} \sim I_{DZmax}$ ）内变化，而管子两端的电压基本不变（保持为  $U_{DZ}$ ），起到稳压作用。

稳压二极管的主要参数如下。

- (1) 稳定电压  $U_{DZ}$ ：反向击穿电压，是选用稳压二极管要考虑的一个主要参数。
- (2) 稳定电流  $I_{DZ}$ ：稳压二极管正常工作时的电流值，范围为  $I_{DZmin} \sim I_{DZmax}$ ，当  $I_{DZ}$  较小时，稳压效果不佳；当  $I_{DZ}$  过大时，管子功耗也将增大，若功耗超过管子允许值，管子将不够安全。
- (3) 耗散功率  $P_M$ ：管子允许的最大功耗  $P_M = I_{DZmax} U_{DZ}$ 。当管子功耗超过最大功耗时，管子将发生热击穿而损坏。

目前，稳压二极管有国产的 2CW 系列、2DW 系列和国外的 1N41 系列、1N47 系列、1N52 系列、1N59 系列、1N700 系列、1N900 系列等，其中 1N47 系列稳压二极管的常用型号与稳定电压如表 1-9 所示。

表 1-9 1N47 系列稳压二极管的常用型号与稳定电压

型号	1N4728	1N4729	1N4730	1N4732	1N4733	1N4734	1N4735	1N4744	1N4750	1N4751	1N4761
稳定电压/V	3.3	3.6	3.9	4.7	5.1	5.6	6.2	15	27	30	75

## 技能训练 3 发光二极管电路仿真测试

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-10 所示。



发光二极管电路仿真

表 1-10 完成本任务所需仪器仪表及材料

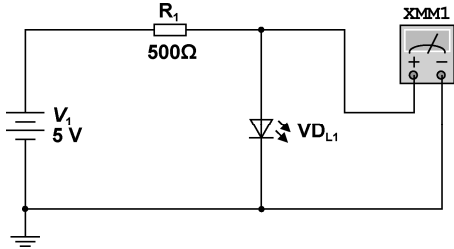
序 号	名 称	要 求	数 量	备 注
1	计算机	安装 Multisim10.0 仿真软件	1 台	

电子工业出版社版权所有  
盗版必究

## 任务书 1-3

任务书 1-3 如表 1-11 所示。

表 1-11 任务书 1-3

任务名称	发光二极管电路仿真测试
测量电路示意图	
步骤	<p>(1) 在 Multisim10.0 仿真软件中, 按上图绘制电路图, 直流电源电压为 5V, 限流电阻 <math>R_1=500\Omega</math>, 用万用表测量发光二极管两端的电压。 记录: _____</p> <p>(2) 将发光二极管反向连接, 观察它 _____ (能/不能) 发光, 发光二极管正常情况下应工作在 _____ (正向/反向) 状态。</p> <p>(3) 根据测得的发光二极管两端的电压, 计算电流值。若将直流电源电压改为+12V, 则 <math>R_1</math> 应该为多少? 电流值: _____ <math>R_1</math> 值: _____</p>
结论	<p>发光二极管是一种电流控制器件, 只要流过发光二极管的正向电流在规定的范围内, 它就可以正常发光</p>



### 知识点 发光二极管 (LED)



发光二极管 (LED) 工作在正向状态。LED 对工作电流要求比较高, 通常由电源电压  $U$  和限流电阻来供给, 必须根据电压  $U$  来合理选择限流电阻的值, 使 LED 工作在额定工作电流下。如图 1-7 所示, 限流电阻可以根据下式来确定:

$$R = \frac{U - U_{VD}}{I}$$

式中,  $U_{VD}$  为额定工作电流下 LED 的正向电压;  $I$  为 LED 实际所需的正向工作电流。

红光 LED 和绿光 LED 的正向工作电流  $I$  一般为  $10 \sim 20\text{mA}$ , 正向电压  $U_{VD}$  一般为  $1.5 \sim 2.3\text{V}$ , 常应用于指示灯、显示板等场合。随着白光 LED 的出现, LED 也用于照明领域, 白光 LED 的正向电压  $U_{VD}$  一般为  $3 \sim 4\text{V}$ 。

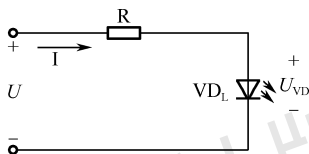


图 1-7 LED 直流驱动电路

### 技能训练 4 桥式整流电路仿真测试



完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-12 所示。

桥式整流电路仿真

表 1-12 完成本任务所需仪器仪表及材料

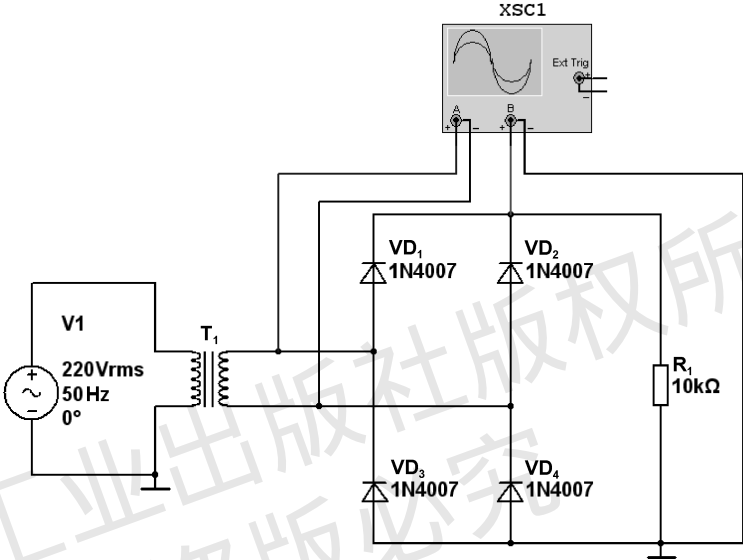
序号	名称	要求	数量	备注
1	计算机	安装 Multisim10.0 仿真软件	1 台	



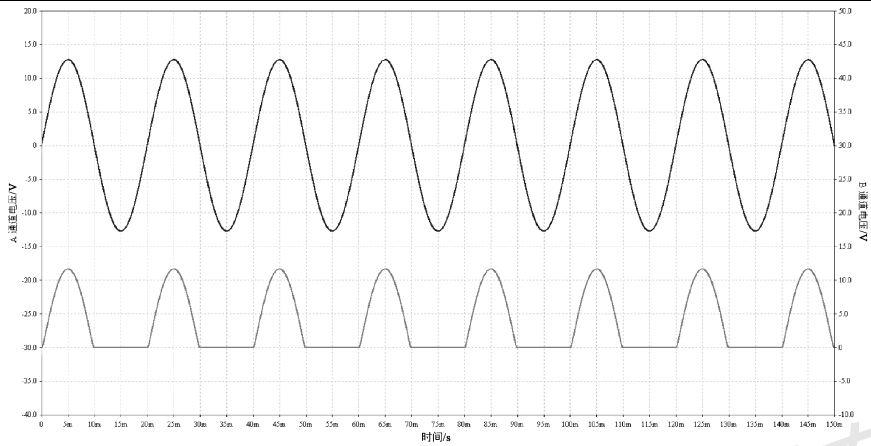
## 任务书 1-4

任务书 1-4 如表 1-13 所示。

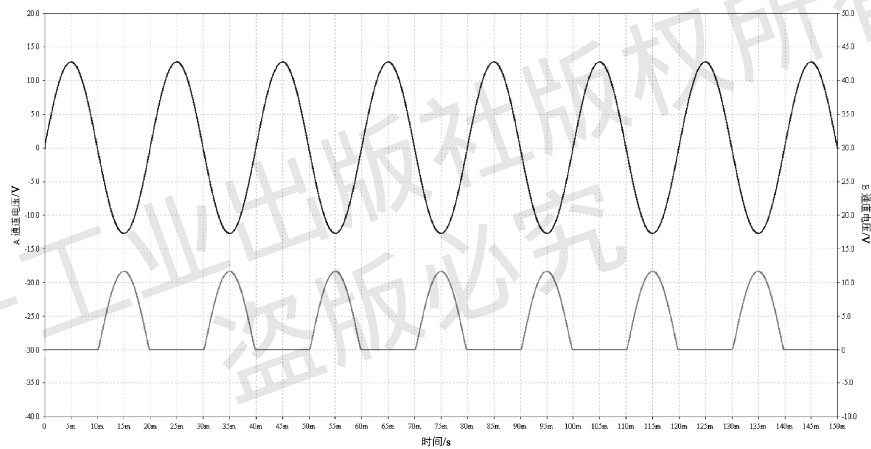
表 1-13 任务书 1-4

任务名称	桥式整流电路仿真测试														
测量电路示意图															
步骤	<p>(1) 在 Multisim10.0 仿真软件中按上图绘制电路图，变压器初级绕组输入电压为单相 220V、50Hz 交流电，设置变压器 <math>T_1</math> 的匝数比为 <math>n_1/n_2=9/220 \approx 0.04</math>。</p> <p>(2) 在以下 3 种情况下运行仿真电路，观察示波器 XSC1 的输出波形，分析波形并记录。</p> <table border="1" data-bbox="232 1162 1219 1583"> <thead> <tr> <th></th> <th>断开 VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub> 与变压器的连线时</th> <th>断开 VD<sub>1</sub>、VD<sub>4</sub> 与变压器的连线时</th> <th>VD<sub>1</sub>、VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub>、VD<sub>4</sub> 均与变压器相连时</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>波形</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>分析结果</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				断开 VD <sub>2</sub> 、VD <sub>3</sub> 与变压器的连线时	断开 VD <sub>1</sub> 、VD <sub>4</sub> 与变压器的连线时	VD <sub>1</sub> 、VD <sub>2</sub> 、VD <sub>3</sub> 、VD <sub>4</sub> 均与变压器相连时	波形				分析结果			
	断开 VD <sub>2</sub> 、VD <sub>3</sub> 与变压器的连线时	断开 VD <sub>1</sub> 、VD <sub>4</sub> 与变压器的连线时	VD <sub>1</sub> 、VD <sub>2</sub> 、VD <sub>3</sub> 、VD <sub>4</sub> 均与变压器相连时												
波形															
分析结果															
分析	<p>(1) 断开 VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub>，VD<sub>1</sub>、VD<sub>4</sub> 在电源的正半周相当于半波整流电路，因此得到如图 (a) 所示的波形。</p> <p>(2) 断开 VD<sub>1</sub>、VD<sub>4</sub>，VD<sub>2</sub>、VD<sub>3</sub> 在电源的负半周相当于半波整流电路，因此得到如图 (b) 所示的波形。</p>														

分析

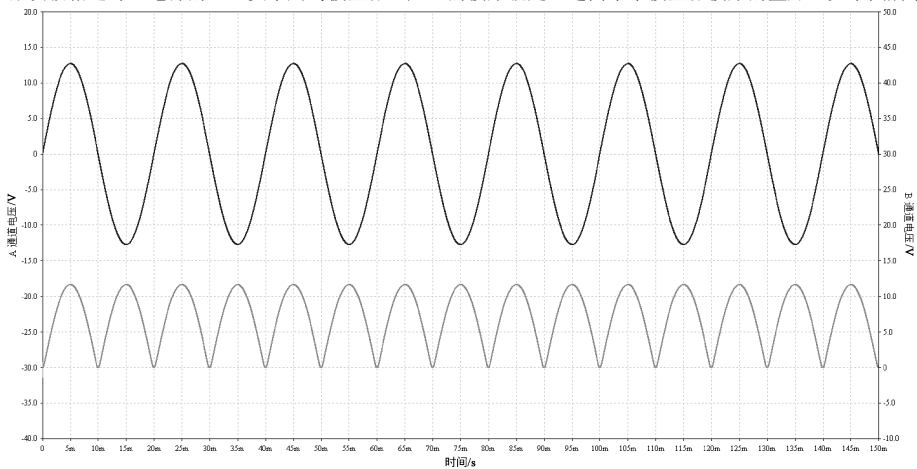


(a) 正半周整流波形



(b) 负半周整流波形

(3) 在电源正半周,  $VD_1$ 、 $VD_4$  进行整流; 在电源负半周,  $VD_2$ 、 $VD_3$  进行整流; 当  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  均与变压器次级相连时, 电源的正、负半周均被整流, 产生的波形就是上述两个半波整流波形的叠加, 如下图所示。



结论

用 4 只 LED 接成桥式整流电路, 在整个周期内, 负载上都有电流流过, 且方向一致



整流电路

## 知识点 整流电路

### 1. 半波整流电路

电网电压（市电）是频率为 50Hz、有效值为 220V 的单相正弦交流电压，用万用表测量得到的电压就是这个有效值电压 220V。峰值电压  $U_m$  与有效值电压  $U$  的关系为  $U_m = \sqrt{2}U$ ，对于有效值为 220V 的市电，峰值电压  $U_m = \sqrt{2}U = \sqrt{2} \times 220V \approx 311V$ 。

图 1-8 (a) 所示为纯电阻负载的半波整流电路，由电源变压器  $T_1$ 、整流二极管  $VD_1$  和负载电阻  $R_L$  组成。电源变压器  $T_1$  的作用是将较高的市电 220V 转换成较低的交流电压（如 12V）。在图 1-8 中， $U_1$ 、 $U_2$  表示变压器正、次级电压有效值， $u_2$  表示变压器次级瞬时电压， $u_L$  表示负载电阻  $R_L$  两端的瞬时电压， $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ 。

由于二极管单向导电性的作用，当电源电压为正半周时，二极管承受正向电压而导通，有电流流过负载，负载电阻  $R_L$  上得到一个上正下负的电压，当忽略二极管上的压降时，负载电阻  $R_L$  上的电压  $u_L$  等于电源变压器次级的电压  $u_2$ ，即  $u_L = u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ ；当电源电压为负半周时，二极管承受反向电压而截止，没有电流流过负载，负载电阻  $R_L$  上的电压  $u_L = 0$ 。 $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_L$  的波形如图 1-8 (b) 所示。由图 1-8 (b) 可以看出，使用单只整流二极管，在一个电源周期内，负载上只有半个电压波形输出。

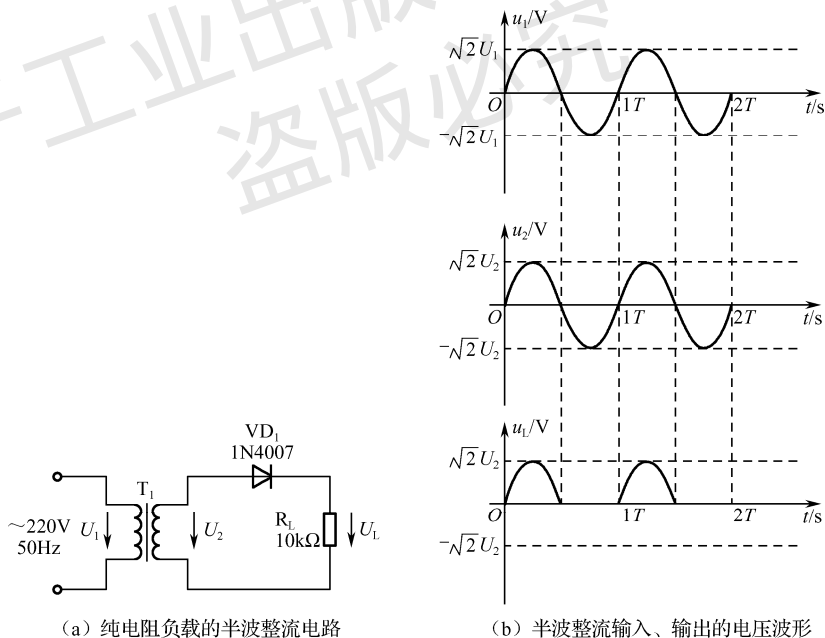


图 1-8 二极管半波整流电路检测

### 2. 桥式整流电路

桥式整流电路如图 1-9 所示。其中， $T_1$  是电源变压器， $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  及  $R_L$  构成了一个桥式整流电路。

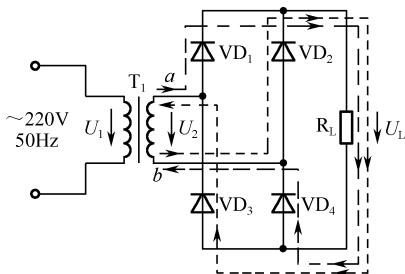


图 1-9 桥式整流电路

当电源为正半周时， $VD_1$ 、 $VD_4$  承受正向电压而导通， $VD_2$ 、 $VD_3$  承受反向电压而截止，导电通路为  $a \rightarrow VD_1 \rightarrow R_L \rightarrow VD_4 \rightarrow b$ ，此时，电路可简化为图 1-10 (a)。

当电源为负半周时， $VD_2$ 、 $VD_3$  承受正向电压而导通， $VD_1$ 、 $VD_4$  承受反向电压而截止，导通回路为  $b \rightarrow VD_2 \rightarrow R_L \rightarrow VD_3 \rightarrow a$ ，此时，电路可简化为图 1-10 (b)。

忽略导通管的压降，在整个周期内，负载电阻  $R_L$  中都有电流流过，其两端获得了电源正、负半周的全部电压，方向均为上正下负。

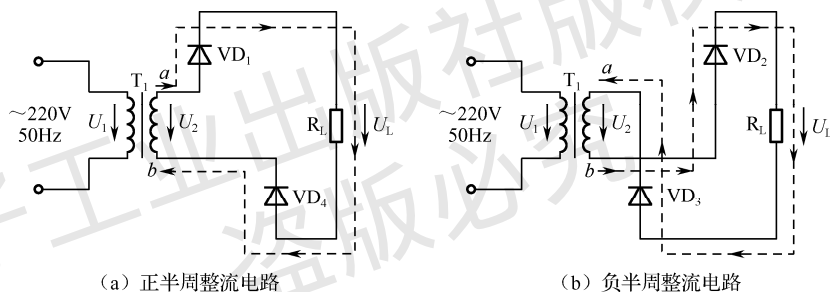


图 1-10 桥式整流电路的分解

设变压器次级电压有效值为  $U_2$ ，则有以下结论。

- (1) 负载电阻  $R_L$  上的直流电压平均值为  $U_L = 0.9U_2$ 。
- (2) 负载电阻  $R_L$  上流过的直流电流平均值为  $I_L = U_L/R_L = 0.9U_2/R_L$ 。
- (3) 整流元件  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  中通过的电流平均值为  $I_D = I_L/2 = 0.45U_2/R_L$ 。
- (4)  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$ 、 $VD_4$  承受的最高反向工作电压为  $U_{RM} = \sqrt{2}U_2$ 。

桥式整流电路还可以画成如图 1-11 所示的形式。

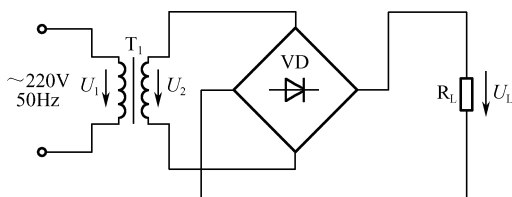


图 1-11 桥式整流电路的简易画法

由于桥式整流电路应用很广，因此生产厂家专门生产了将 4 只整流二极管制作并封装在一起的器件，称为整流桥，它的 2 个引脚为交流输入端，另外 2 个引脚为直流输出端，

其常用封装外形如图 1-12 所示。

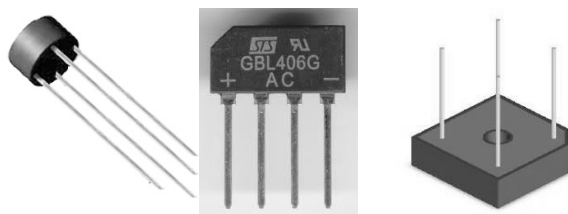


图 1-12 整流桥常用的封装外形

### 技能训练 5 滤波电路仿真测试

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-14 所示。



滤波电路仿真

表 1-14 完成本任务所需仪器仪表及材料

序号	名称	要求	数量	备注
1	计算机	安装 Multisim10.0 仿真软件	1 台	

电子工业出版社版权所有  
盗版必究



## 任务书 1-5

任务书 1-5 如表 1-15 所示。

表 1-15 任务书 1-5

任务名称	滤波电路仿真测试										
测量电路示意图											
步骤	<p>(1) 在 Multisim10.0 仿真软件中, 按上图绘制电路图, 变压器 <math>T_1</math> 初级绕组的输入电压为单相 220V、50Hz 正弦交流电, 设置变压器 <math>T_1</math> 的匝数比为 <math>n_1/n_2=9/220\approx 0.04</math>。</p> <p>(2) 在不同的 <math>R_L</math> 值下运行仿真电路, 观察并记录示波器 XSC1 的输出波形和万用表 XMM1 的读数。</p> <table border="1" data-bbox="230 1191 1215 1515"> <thead> <tr> <th></th> <th>XSC1 的输出波形</th> <th>XMM1 的读数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>R_L=10k\Omega</math></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>R_L=100\Omega</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			XSC1 的输出波形	XMM1 的读数	$R_L=10k\Omega$			$R_L=100\Omega$		
	XSC1 的输出波形	XMM1 的读数									
$R_L=10k\Omega$											
$R_L=100\Omega$											
结论	<p>整流后, 负载电阻上的脉动直流电通过电容 <math>C_1</math> 的滤波获得了较平滑的直流电压波形</p>										



## 知识点 滤波电路



滤波电路

桥式整流电路的输出电压是一个脉动式的直流电压，含有较大比例的交流成分，希望获得较平滑的直流电提供给电子设备，还必须对其进行滤波。

滤波电路的种类主要有电容滤波电路、电感滤波电路等。

### 1. 电容滤波电路

电容滤波电路结构简单，效果明显，但只适用于电流小且变化范围不大的负载。如图 1-13 (a) 所示，利用电容通交流隔直流的作用，经  $VD_1 \sim VD_4$  整流后的脉动直流电流通过电容  $C$ ，其中的交流成分被短路，直流成分提供给负载电阻  $R_L$ ，使负载电阻  $R_L$  获得较平滑的直流电压。

设变压器次级电压为  $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$ ， $U_2$  为电压有效值，电容  $C$  的电压初值为 0，当  $u_2$  为正半周时， $VD_1$ 、 $VD_4$  正向导通，电流从  $a$  点出发，经  $VD_1$  后一路向负载电阻  $R_L$  供电，另一路向电容  $C$  充电，之后经过  $VD_4$  回到  $b$  点。由于充电电路中的电阻仅为  $VD_1$ 、 $VD_4$  的正向电阻，因此充电很快，电容  $C$  两端的电压（负载电阻  $R_L$  的电压） $u_L$  几乎跟随电源电压  $u_2$  迅速上升，当  $u_2$  达到正峰值（ $\sqrt{2}U_2$ ）时， $u_L$  也接近  $\sqrt{2}U_2$ ；随后  $u_2$  按正弦规律下降，但  $u_L$  下降较慢，当  $u_2 < u_L$  时，原来导通的  $VD_1$ 、 $VD_4$  因承受反向电压而被迫提前截止（若无电容  $C$ ，则  $VD_1$ 、 $VD_4$  将一直导通到正半周结束），而此时  $VD_2$ 、 $VD_3$  也是截止的，负载电阻  $R_L$  与电源之间相当于断开，电容  $C$  将通过负载电阻  $R_L$  放电。由于放电时间常数  $R_L C$  很大，放电很慢，因此此时  $u_2$  仍按正弦规律变化，当正半周结束而负半周刚开始时，因为  $|u_2| < u_L$ ， $VD_2$ 、 $VD_3$  仍反向截止（若无电容  $C$ ，则  $VD_2$ 、 $VD_3$  将开始导通）；当  $|u_2| > u_L$  时， $VD_2$ 、 $VD_3$  导通，电流由  $b$  点出发，经  $VD_2$  后一路向负载电阻  $R_L$  供电，另一路向电容  $C$  充电，之后经过  $VD_3$  回到  $a$  点。与正半周类似，当  $u_2$  过了峰值而下降到  $|u_2| < u_L$  时，原来导通的  $VD_2$ 、 $VD_3$  被迫提前截止， $C$  再次通过  $R_L$  放电，以后每个周期重复上述过程。变压器次级电压  $u_2$ 、负载电阻  $R_L$  两端的电压  $u_L$  和  $VD_1$  的电流  $i_D$  的波形如图 1-13 (b) 所示。由于  $|u_2|$  较低时，电容仍以接近  $u_2$  峰值的电压向  $R_L$  供电；而当  $|u_2| > u_L$  时，电源向  $R_L$  供电，并同时向电容  $C$  充电，因此，负载电阻  $R_L$  在一个周期内基本上能获得接近峰值的电压。这里有如下关系式成立。

- (1) 负载  $R_L = \infty$  即空载时， $U_L = \sqrt{2} U_2$ 。
- (2) 带有负载时， $U_L$  的平均值一般取  $U_L \approx 1.2 U_2$ 。
- (3) 流过负载电阻  $R_L$  的电流平均值  $I_L = U_L / R_L$ 。
- (4) 流过每只整流二极管的电流平均值  $I_D \approx I_L / 2$ 。
- (5) 整流二极管承受的最高反向工作电压  $U_{RM} = \sqrt{2} U_2$ 。

与桥式整流电路做比较，接上滤波电容后，负载电阻上的直流电压平均值明显升高了，而且交流成分减少了，但整流二极管的导通角变小了（在无滤波电容时，整流二极管的导通角为  $\pi$ ；加上滤波电容后，整流二极管的导通角为  $\theta$ ），即通过整流二极管的浪涌电流变大了。

从图 1-13 (a) 中也可看出，流过负载电阻  $R_L$  的电流变化会直接影响电容  $C$  的放电速度，即负载电阻  $R_L$  的阻值的变化会使输出电压  $U_L$  明显变化。 $R_L$  变小， $I_L$  变大， $U_L$  降低；

$R_L$  变大,  $I_L$  变小,  $U_L$  升高; 当负载开路 ( $R_L=\infty, I_L=0$ ) 时,  $C$  无放电回路, 它将保持其充电后的最高电压  $U_L=\sqrt{2}U_2$ 。滤波电容  $C$  的放电速度由放电时间常数  $\tau_{\text{放}}=R_L C$  决定, 当  $\tau_{\text{放}}$  较大时, 放电速度慢, 输出电压平均值较高; 当  $\tau_{\text{放}}$  较小时, 放电速度快, 输出电压平均值较低, 如图 1-14 所示。在设计电容滤波电路时, 应保证  $R_L C \geq (3\sim 5)\frac{T}{2}$ , 其中  $T$  是市电的周期,  $T=20\text{ms}$ 。当  $R_L C \geq (3\sim 5)\frac{T}{2}$  时,  $U_L \approx 1.2U_2$ 。

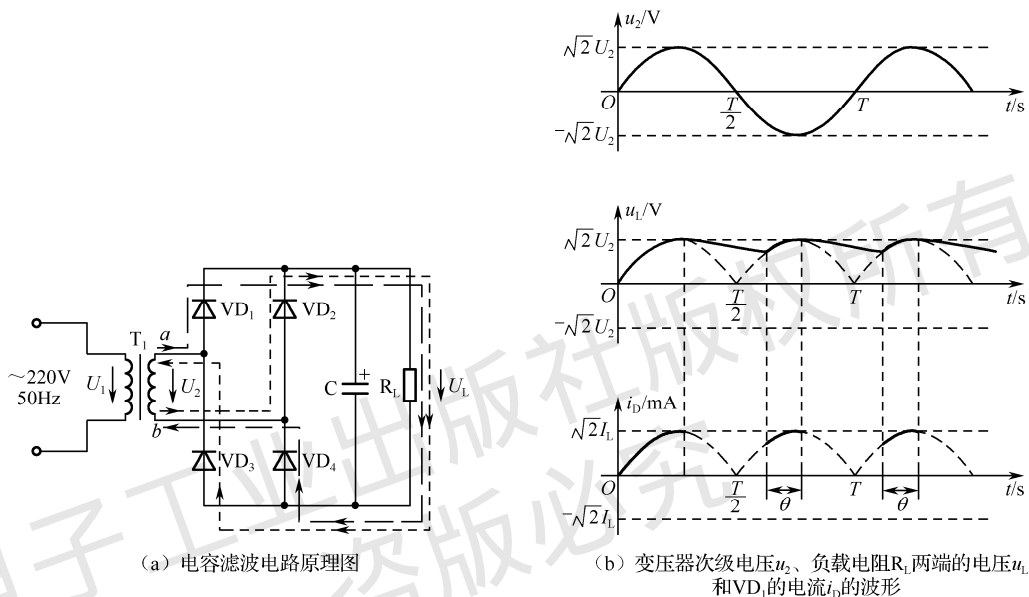


图 1-13 电容滤波电路

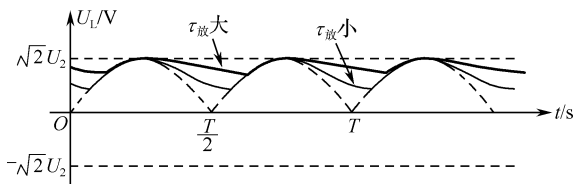
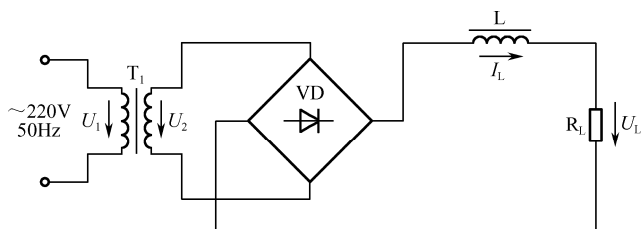


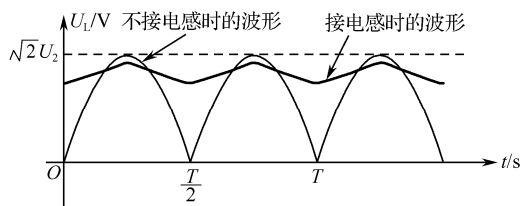
图 1-14 桥式整流电容滤波  $\tau_{\text{放}}$  不同时  $U_L$  的波形

## 2. 电感滤波电路

电感滤波电路如图 1-15 (a) 所示。我们知道, 电感  $L$  能阻碍通过它的电流发生变化, 当电流  $I_L$  增大时,  $L$  阻止它增大; 而当电流  $I_L$  减小时,  $L$  又阻止它减小, 结果使电流变化较为平缓, 即电感具有对脉动电压进行滤波的作用。也可以这样理解: 电感的直流电阻很小、交流电阻很大,  $R_L$  一般较小 (但远大于电感的直流电阻, 又远小于电感的交流电阻), 因此, 整流后的交流电压主要降在电感上, 负载上分得的交流电压低; 而直流电压主要降在负载上, 电感上的直流压降很小。从理论上讲, 滤波电感越大, 效果越好, 但  $L$  太大会增加成本, 同时直流损耗也会增大, 使输出电压和电流降低 (减小)。增加电感滤波电路后, 输出波形如图 1-15 (b) 所示。



(a) 电感滤波电路



(b)  $U_L$  的波形

图 1-15 电感滤波

### 技能训练 6 线性三端稳压电路仿真测试

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-16 所示。



线性三端稳压电路仿真

表 1-16 完成本任务所需仪器仪表及材料

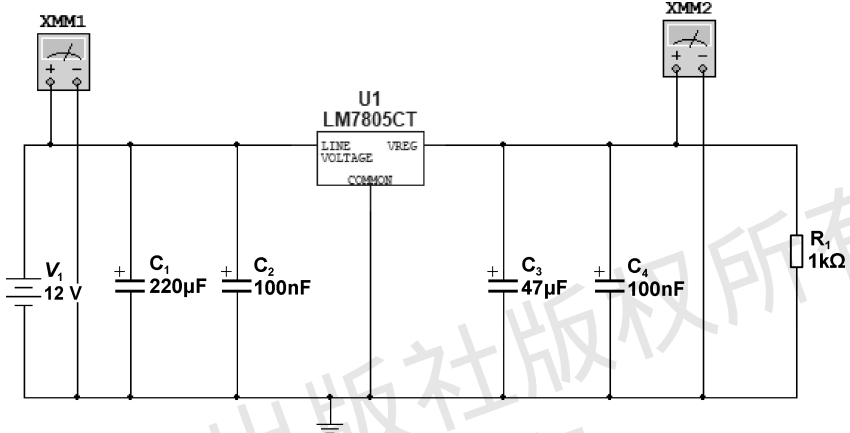
序号	名称	要求	数量	备注
1	计算机	安装 Multisim10.0 仿真软件	1 台	



## 任务书 1-6

任务书 1-6 如表 1-17 所示。

表 1-17 任务书 1-6

任务名称	线性三端稳压电路仿真测试										
测量电路示意图											
步骤	<p>(1) 在 Multisim10.0 仿真软件中, 按上图绘制电路图, 输入直流电源电压为 12V, 线性三端稳压器选择 LM7805CT, <math>R_1=1k\Omega</math>。</p> <p>(2) 改变 <math>R_1</math>, 运行仿真电路, 观察并记录万用表 XMM1 和 XMM2 的读数。</p> <table border="1" data-bbox="330 1040 1128 1172"> <thead> <tr> <th></th> <th>XMM1 的读数</th> <th>XMM2 的读数</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>R_1=1k\Omega</math></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><math>R_1=100\Omega</math></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			XMM1 的读数	XMM2 的读数	$R_1=1k\Omega$			$R_1=100\Omega$		
	XMM1 的读数	XMM2 的读数									
$R_1=1k\Omega$											
$R_1=100\Omega$											
结论	LM7805CT 的额定电流为 1A, 输出电压为 5V										



## 知识点 常用线性集成稳压器



常用线性集成稳压器

线性集成稳压器就是将调整管、取样电路、比较放大器、基准电压、启动和保护电路等全部集成在一块半导体芯片上形成的一种集成稳压电路。由线性集成稳压器组成的稳压电源电路很简单，因此应用十分广泛。

### 1. CW78××/CW79××系列三端集成稳压器

常用的 CW78××（其中××表示输出电压  $U_o$  的值，单位为 V）系列三端集成稳压器是输出固定正电压的稳压器，CW79××系列三端集成稳压器是输出固定负电压的稳压器，它们都只有 3 个引出端（输入端、输出端和公共接地端），外形很像三极管，其使用和安装与三极管一样简便。CW78××、CW79××系列三端集成稳压器的外形及引脚排列如图 1-16 所示。CW78L××系列三端集成稳压器的输出电流为 100mA，CW78M××系列三端集成稳压器的输出电流为 500mA，CW78××系列三端集成稳压器的输出电流为 1~1.5A。

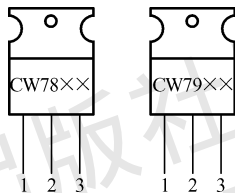


图 1-16 CW78××、CW79××系列三端集成稳压器的外形及引脚排列

图 1-17 和图 1-18 所示分别为由 CW78××和 CW79××系列三端集成稳压器组成的输出正、负固定电压的稳压器的典型接线图，对于 CW78××系列三端集成稳压器，1、2 为输入端；3、2 为输出端；对于 CW79××系列三端集成稳压器，2、1 为输入端，3、1 为输出端。

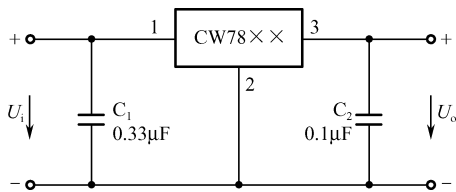


图 1-17 输出固定正电压的稳压器的典型接线图

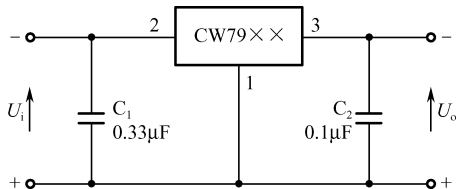


图 1-18 输出固定负电压的稳压器的典型接线图

### 2. 用 CW78××系列三端集成稳压器组成输出固定电压的集成稳压电源

由 CW78××系列三端集成稳压器组成输出固定电压的稳压电源电路的结构十分简单。图 1-19 所示为一个输出电压为 12V、最大输出电流为 1A 的稳压电源电路，只要根据

电路原理图合理地选取其中部分元件参数即可轻易制作完成。

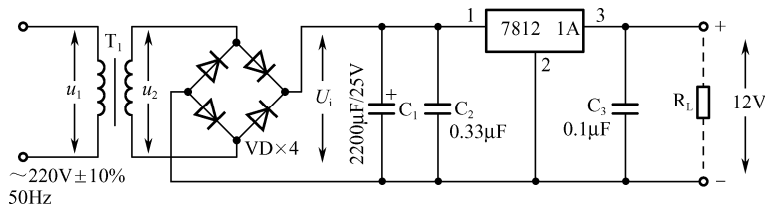


图 1-19 用 CW78×× 系列三端集成稳压器组成的稳压电源电路

(1) 三端集成稳压器根据输出电压和输出电流选定。本电源要求输出 12V、1A，故选择三端集成稳压器 CW7812， $C_2$ 、 $C_3$  一般取 0.1~0.33µF。

(2) 变压器的匝数比的计算。变压器次级电压为

$$u_{2\min} \geq \frac{12V + 4V}{1.2} \approx 13.3V$$

式中，12V 是输出电压；4V 电压是保证三端集成稳压器 CW7812 正常工作时 1、2 脚之间的最低电压。

电源变压器  $T_1$  的匝数比为

$$n_1/n_2 = 198V/13.3V \approx 15$$

(3) 变压器次级功率  $P_{次}$  的计算。当  $U_1 = U_{1\max} = 242V$  时， $U_{2\max} = 242V/15 \approx 16.2V$ ，故  $P_{次} = 16.2V \times 1A = 16.2W$

当考虑留有余量时，可取  $P_{次} = 20W$ 。

(4)  $C_1$  的计算。为了保证  $U_3 = 1.2U_2$ ，应使  $R_{\min}C_1 \geq (3 \sim 5)T/2$ ，其中， $R_{\min} = 16V/1A = 16\Omega$ ， $T/2 = 10ms = 0.01s$ ，按  $R_{\min}C_1 \approx 4T/2$  计算， $C_1 \approx 0.04s/16\Omega = 2500\mu F$ ，取  $C_1$  为 2200µF/50V。

(5) 整流二极管参数的计算。流过整流二极管的平均电流  $I_{VD} = \frac{1}{2}I_L = 0.5A$ ，考虑到电容滤波时的瞬态电流，取  $I_{VD\max} = 1A$ ，整流二极管的最高反向工作电压  $U_{RM} = U_{2\max} \times \sqrt{2} \approx 16.2V \times 1.4 \approx 23V$ 。考虑到应留有余量，实际选用整流二极管时要求  $I_{VD} \geq 1A$ ， $U_B \geq 50V$  ( $U_B$  是整流二极管的反向击穿电压)。

### 3. 用 CW78×× 和 CW79×× 系列三端集成稳压器组成输出正负固定电压的集成稳压电源

用 CW78×× 和 CW79×× 系列三端集成稳压器组成输出 ±15V 固定电压的稳压电源电路，如图 1-20 所示，有关元件的参数标在电路图中，整流二极管的选择及变压器的功率计算与前面相同。

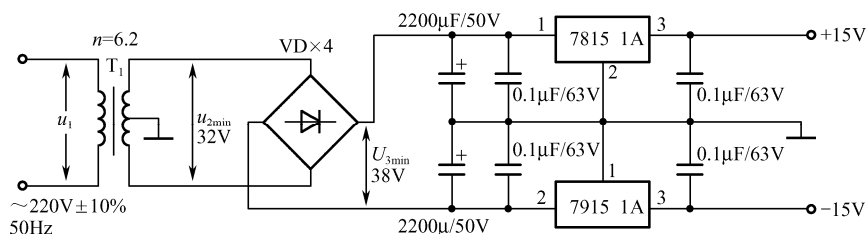


图 1-20 用 CW78×× 和 CW79×× 系列三端集成稳压器组成输出正、负固定电压的稳压电源电路

## 技能训练 7 电子产品焊接

完成本任务所需仪器仪表及材料如表 1-18 所示。



电子产品的焊接

表 1-18 完成本任务所需仪器仪表及材料

序 号	名 称	型号或规格	数 量	备 注
1	数字万用表/模拟万用表	DT9205/MF47	1 只	
2	电工工具箱	含电烙铁、斜口钳等	1 套	
3	万能电路板	10cm×5cm	1 块	
4	电源变压器	12V 单路输出	1 只	
5	自锁按钮开关	8.5mm×8.5mm	1 只	
6	电容	470μF/25V	1 只	
7	整流二极管	1N4007	4 只	
8	电容	0.33μF 104	各 1 只	
9	发光二极管	2EF102	1 只	
10	负载电阻	1kΩ	1 只	
11	三端集成稳压器	7805	1 片	



## 任务书 1-7

任务书 1-7 如表 1-19 所示。

表 1-19 任务书 1-7

任务名称	电子产品焊接
测量 电路 示意 图	
步骤	<p>(1) 清除焊接部位表面的氧化层（新的电路板及元器件不需要）。</p> <p>(2) 元器件镀锡，将引线蘸一下松香酒精溶液后，将带锡的热烙铁头压在引线上，并转动引线，使引线均匀地镀上一层很薄的锡层。</p> <p>(3) 将元器件引脚垂直插入万能电路板，引脚从有焊盘的面穿出。</p> <p>(4) 使用电烙铁和焊锡焊接元器件和导线。</p> <p>(5) 剪掉焊点处多余的元器件引脚，保留 2~3mm</p>



## 知识点 焊接的基本知识



焊接是使金属连接起来的一种方法，是电子产品生产中必须掌握的一项基本操作技能。虽然现代电子产品焊接已经普遍使用自动焊接技术，但在一些特殊场合，如产品试制、小批量生产、某些不适合自动焊接技术的场合等还采用手工焊接技术。

### 1. 焊接工具

在焊接普通电子元器件和导线时，焊接工具选用 20W 内燃式电烙铁。使用前，应认真检查电烙铁电源线有无损坏，检查烙铁头是否松动。手工焊接者握电烙铁的方式有反握式、正握式及笔握式 3 种，如图 1-21 所示。

电烙铁在使用中，不能用力敲击以防损坏；不使用时，应将电烙铁放在烙铁架上，注意电源线不可搭在烙铁头上，以防烫坏绝缘层而发生事故。

使用结束后，应及时切断电源，拔下电源插头，待烙铁头冷却后，将电烙铁收回工具箱。



图 1-21 握电烙铁的方式

### 2. 焊料和助焊剂

能熔合两种或两种以上的金属，使其成为一个整体的易熔金属或合金叫作焊料。在电子产品焊接中，最常用的焊料为锡铅合金焊料（又称焊锡），它具有熔点低、机械强度高、抗腐蚀性能好的特点。

焊锡焊接的辅助材料是助焊剂，它能去除被焊金属表面的氧化物，防止焊接时被焊金属和焊料再次出现氧化，并减小焊料表面的张力，提高焊接质量。常用的助焊剂有松香、焊膏等。

### 3. 焊接技术

一手拿焊锡丝，一手握电烙铁，将加热好的电烙铁放在引脚与电路板的连接处，烙铁头与平面成  $45^\circ$  夹角，加热整个焊件，使焊件均匀受热，停留  $2\sim 3\text{s}$ ，当焊件被加热到能熔化焊料的温度后，将焊锡丝从电烙铁对面置于焊点上，焊料开始熔化并润湿焊点。当熔化一定量的焊锡丝后，将焊锡丝沿  $45^\circ$  方向移开，焊锡丝渡润焊层或焊件的焊接位置后，沿  $45^\circ$  方向移走电烙铁。

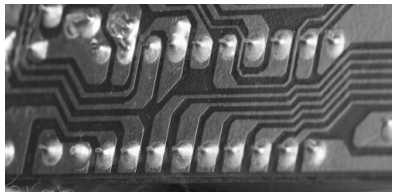


图 1-22 标准焊点

注意：

- (1) 焊接时电烙铁应有足够的热量，只有这样才能保证焊接质量，防止虚焊和日久脱焊。
- (2) 电烙铁在焊接处停留的时间不宜过长。
- (3) 焊点完全冷却前，不可移动电烙铁。

标准焊点如图 1-22 所示，焊点呈锥形，焊锡要适量，表面有光泽，光滑，清洁等。



直流稳压电源的制作

## 项目实施 直流稳压电源的制作

### 1. 印制电路板（PCB）

根据图 1-1 制作完成的参考 PCB 如图 1-23 所示。

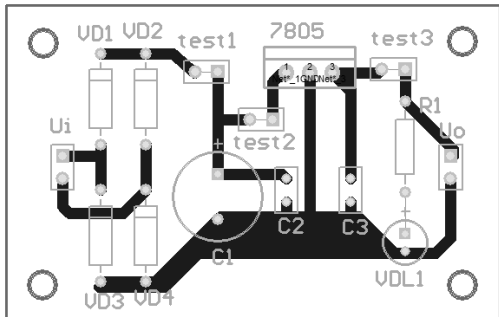


图 1-23 参考 PCB

### 2. 仪器仪表及材料

完成本项目所需仪器仪表及材料如表 1-20 所示。

表 1-20 完成本项目所需仪器仪表及材料

序号	名称	型号或规格	数量	备注
1	直流稳压电源	JC2735D	1 个	
2	数字万用表	DT9205	1 个	
3	20MHz 双踪示波器	GDS-1062A	1 台	
4	函数信号发生器	STR-F220	1 台	
5	电工工具箱	含电烙铁、斜口钳等	1 套	
6	成品 PCB 或万能电路板	10cm×10cm	1 块	
7	裸装电源变压器	5W, 单路 12V 输出	1 个	
8	整流二极管	1N4007	4 只	
9	发光二极管	2EF102	1 只	
10	三端集成稳压器	7805	1 只	
11	电阻	1kΩ	1 只	
12	电容	470μF/50V 104 334	各 1 只	
13	电源插头线	—	1 根	
14	自锁按钮开关	—	1 只	

### 3. 对元器件进行检测

(1) 判断电阻  $R_1$  的阻值是否准确。

- (2) 判断发光二极管  $VD_{L1}$  的正负极，并测试其是否完好。
- (3) 判断整流二极管  $VD_1 \sim VD_4$  的正负极。
- (4) 判断电容  $C_1$  的正负极，用万用表测试电容  $C_2$ 、 $C_3$  是否完好。
- (5) 判断电源变压器  $T_1$  的好坏并确定其正、次级绕组的引出线。

以数字万用表为例，用万用表测电阻  $200\Omega$  挡或  $20k\Omega$  挡，表笔分别与电源变压器的 4 个引脚两两一组进行接触，如果能得到如图 1-24 所示的测量结果（表笔不分正、负），则说明该变压器完好可用。

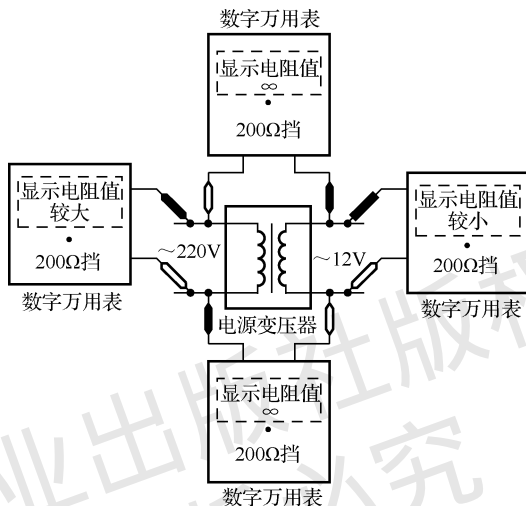


图 1-24 电源变压器测试

#### 4. 焊接电路板及电路测试

- (1) 对元器件引脚进行去锈、搪锡处理，以便可靠焊接。
- (2) 对元器件进行焊接，注意焊接顺序，先焊接体积小且所处安装位置比较低的元器件。
- (3) 检查焊点是否独立、光滑，检查并测试各元器件之间的连接和焊盘是否可靠。
- (4) 通电测试前检查二极管、电容等的极性。
- (5) 加电测试，检查电源电压输出值是否满足要求。
- (6) 加入负载电阻（如  $R_L=100\Omega/1W$ ）进行测试，检查电源输出的电压值和电流值是否满足要求。
- (7) 撰写项目制作测试报告。

### 习题 1

1-1 如何用万用表检测二极管的正负极？应注意什么问题？

1-2 如图 1-25 所示，二极管两端的压降和流过二极管的电流是多少？若调换二极管的极性，则二极管两端的压降和通过二极管的电流又是多少？（设二极管的反向电流  $I_S=0$ 。）

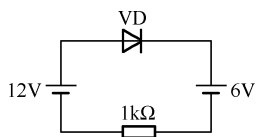


图 1-25 习题 1-2 图

1-3 设普通二极管和稳压二极管的正向压降均可忽略不计，稳

压二极管的反向击穿电压为 5V，试求如图 1-26 所示的各电路中流过 2kΩ 电阻的电流。

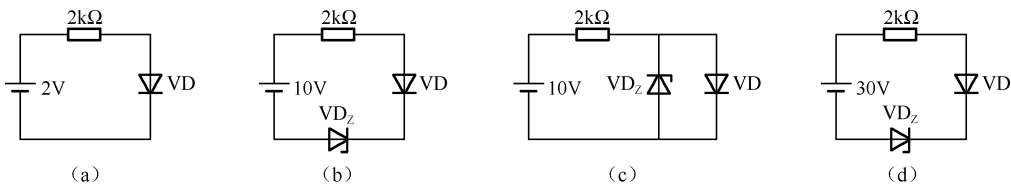


图 1-26 习题 1-3 图

1-4 分析如图 1-27 所示的电路中各二极管是导通还是截止？并求出 A、O 两端的电压  $U_{AO}$ （设二极管为理想二极管）。

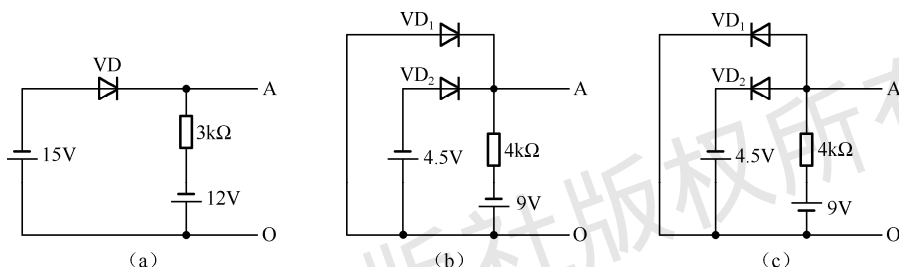


图 1-27 习题 1-4 图

1-5 二极管桥式整流电路如图 1-28 所示，试分析如下问题。

- (1) 若已知  $U_2=20V$ ，试估算  $U_L$  的值。
- (2) 若有一只二极管脱焊，则  $U_L$  的值如何变化？
- (3) 若二极管  $VD_1$  的正负极焊接时颠倒了，则会出现什么问题？
- (4) 若负载短接，则会出现什么问题？

1-6 如图 1-29 所示，已知输入信号为正弦交流电，且  $U_{im}>E$ ，试画出输出电压的波形。

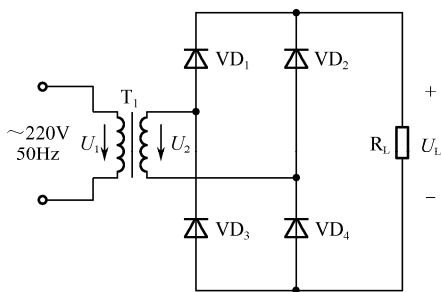


图 1-28 习题 1-5 图

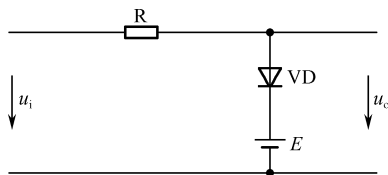


图 1-29 习题 1-6 图

1-7 设  $VD_{Z1}$  和  $VD_{Z2}$  的稳定电压分别为 5V 与 10V，求如图 1-30 所示的各电路的输出电压。

1-8 电路如图 1-31 所示，电路中有 3 只性能相同的二极管  $VD_1$ 、 $VD_2$ 、 $VD_3$  和 3 只 220V、40W 的灯泡  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ ，接入 220V 的交流电压  $u$ ，试分析哪只（或哪些）二极管承受的反向电压最高？

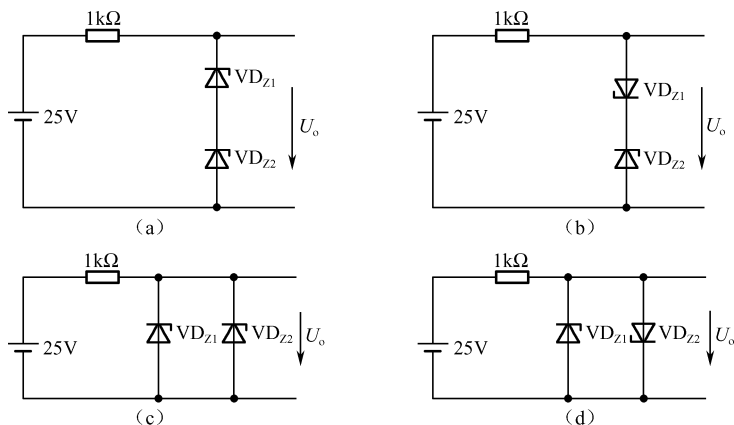


图 1-30 习题 1-7 图

1-9 一硅稳压电路如图 1-32 所示，其中未经稳压的直流输入电压  $U_i=18V$ ， $R=1k\Omega$ ， $R_L=2k\Omega$ ，硅稳压二极管  $VD_Z$  的稳定电压  $U_{DZ}=10V$ ，其动态电阻及未击穿时的反向电流均可忽略。

- (1) 试求  $U_o$ 、 $I_o$ 、 $I$  和  $I_{DZ}$  的值。
- (2) 试求  $R_L$  减小到多大时，电路的输出电压将不再稳定。

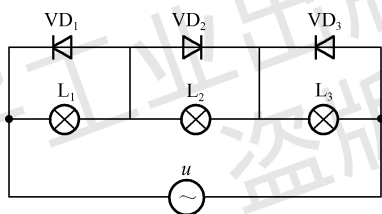


图 1-31 习题 1-8 图

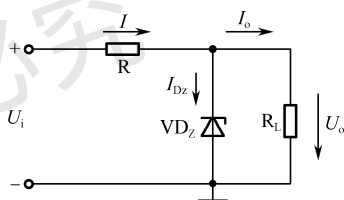


图 1-32 习题 1-9 图

1-10 分别列出单相半波、全波和桥式整流电路的以下几项参数的表达式并进行比较。

- (1) 输出直流电压  $U_o$ 。
- (2) 二极管正向平均电流  $I_D$ 。
- (3) 二极管承受的最高反向工作电压  $U_{RM}$ 。

1-11 整流电路输出直流电压 40V，在下列情况下，变压器次级电压各为多少？每只整流二极管承受的最高反向工作电压各是多少？

- (1) 单相半波整流。
- (2) 单相全波整流。
- (3) 单相桥式整流。

1-12 在单相桥式整流电路中，4 只二极管的极性全部接反对输出电压有何影响？其中一只二极管断开、短路或接反时对输出电压有什么影响？

1-13 在万能电路板上，电源变压器、4 只二极管和负载电阻、滤波电容排列如图 1-33 所示，如何在 4 只二极管各个端点处接入交流电源、电阻、电容，实现桥式整流电容滤波？要求完成的电路简明、整齐。

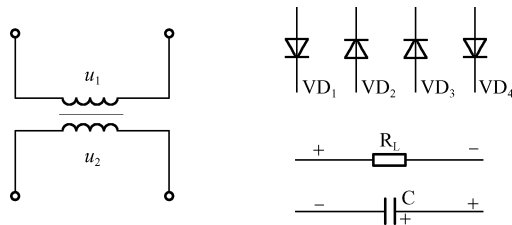


图 1-33 习题 1-13 图

1-14 桥式整流电容滤波电路如图 1-34 所示，已知  $U_2=20\text{V}$ ， $R_L=40\Omega$ ， $C=1000\mu\text{F}$ ，试问：

(1) 正常工作时，直流输出电压  $U_o$  是多少？

(2) 若测得直流输出电压  $U_o$  为下列数值，则说明可能出现了什么故障：①  $U_o=18\text{V}$ ；

②  $U_o=28\text{V}$ ；③  $U_o=9\text{V}$ 。

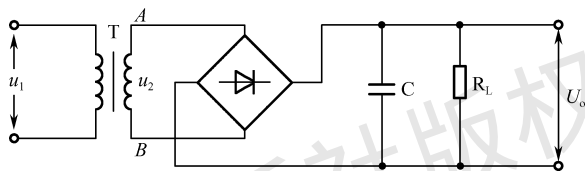


图 1-34 习题 1-14 图

1-15 在如图 1-34 所示的桥式整流电容滤波电路中，已知交流电频率  $f=50\text{Hz}$ ，变压器次级电压有效值  $U_2=10\text{V}$ ， $R_L=50\Omega$ ， $C=2200\mu\text{F}$ ，试问：

(1) 输出电压  $U_o$  是多少？

(2)  $R_L$  开路时  $U_o$  是多少？

(3)  $C$  开路时  $U_o$  是多少？

(4) 若整流桥中有 1 只二极管开路，则  $U_o$  是多少？

1-16 电容和电感为什么能起到滤波作用？它们在电路中应如何与  $R_L$  连接？

1-17 画出用 CW78 $\times\times$ 、CW79 $\times\times$  系列三端集成稳压器组成输出固定正、负电压的变压、整流、电容滤波的集成稳压电路并标出参数。

1-18 试用 CW79 $\times\times$  系列三端集成稳压器设计简单的稳压电源，要求画出电路的变压、整流、滤波及稳压部分，并合理选择参数标于电路中（写出设计内容及步骤）。要求指标如下。

(1) 输入交流电压：(220 $\pm$ 10%)V，50Hz。

(2) 输出直流电压：-15V。

(3) 输出电流：0~500mA。