

国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

电子技术基础

主 编 陈鹏飞 张 丽 赵 瑞

副主编 孙伟星 王 安 王博超 陈岩岩

主 审 王永平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

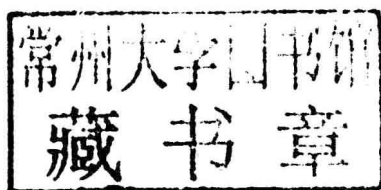
国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材

电子技术基础

主 编 陈鹏飞 张 丽 赵 瑞

副主编 孙伟星 王 安 王博超 陈岩岩

主 审 王永平



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

电子技术基础是根据《中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲》编写的。

本书的主要内容包括十四个项目，包含了模拟电子技术、数字电子技术两个大方面。这些项目有：项目一、二极管的识别与检测，项目二、整流滤波电路的测试，项目三、半导体三极管的特性与测试，项目四、多级放大器，项目五、负反馈对放大电路性能的影响，项目六、集成功率放大器的测试，项目七、音频功率放大电路的安装与调试，项目八、组装收音机，项目九、家用调光台灯电路，项目十、与非门电路，项目十一、计数、译码、显示综合应用电路，项目十二、四人抢答器，项目十三、秒计数器的制作，项目十四、电子门铃。

本书可作为中等职业学校电子类专业的基础课教材，也可作为广大电子制作爱好者的参考用书。

图书在版编目（C I P）数据

电子技术基础 / 陈鹏飞, 张丽, 赵瑞主编. -- 北京:
中国水利水电出版社, 2014. 5
国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材
ISBN 978-7-5170-1990-9

I. ①电… II. ①陈… ②张… ③赵… III. ①电子技术—中等专业学校—教材 IV. ①TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第096088号

书 名	国家中等职业教育改革发展示范校建设系列教材 电子技术基础
作 者	主 编 陈鹏飞 张丽 赵瑞 副主编 孙伟星 王安 王博超 陈岩岩 主 审 王永平
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 5印张 119千字
版 次	2014年5月第1版 2014年5月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	14.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

黑龙江省水利水电学校教材编审委员会

主 任：刘彦君（黑龙江省水利水电学校）

副主任：王永平（黑龙江省水利水电学校）

张 丽（黑龙江省水利水电学校）

赵 瑞（黑龙江省水利水电学校）

委 员：张 仁（黑龙江省水利水电学校）

王 安（黑龙江省水利水电学校）

袁 峰（黑龙江省水利水电学校）

魏延峰（黑龙江省水利第二工程处）

马万贵（大庆防洪工程管理处）

吕海臣（齐齐哈尔中引水利工程有限责任公司）

张 娜（哈尔滨第一工具厂）

李状桓（黑龙江傲立信息产业有限公司）

杨品海（广州数控设备有限公司）

武彩清（山西华兴科软有限公司）

周广艳（北京斐克有限公司）

陈 侠（湖北众友科技实业有限公司）

凌 宇（哈尔滨东辰科技股份有限公司）

石 磊（哈尔滨工业大学软件工程股份有限公司）

本书编审人员

主 编：陈鹏飞（黑龙江省水利水电学校）

张 丽（黑龙江省水利水电学校）

赵 瑞（黑龙江省水利水电学校）

副主编：孙伟星（黑龙江省水利水电学校）

王 安（黑龙江省水利水电学校）

王博超（黑龙江省水利水电学校）

陈岩岩（黑龙江省水利水电学校）

主 审：王永平（黑龙江省水利水电学校）

前言

电子技术基础是电子技术应用专业的一门重要的专业课程，是接触和进入电子行业的入门课程。本书根据教育部新修订的《中等职业学校电工技术基础与技能教学大纲》的要求，根据中等职业教育的专业培养目标，以培养技能型、实操型人才为根本出发点，强调学以致用，根据实际教学需要编写。通过对本书的学习，学生可以掌握初级电子专业的基础理论知识，为进一步学习电子专业的其他课程打下良好的基础。

本书的特点是采用目前较为流行的项目教学法进行编写，并融入了编者自己的编写理念，既体现了项目教学法的优势，又不失教学用书的理论教学性，让学生能够在一个项目中同时获得理论知识和实践操作知识，在实践操作中亲自获取知识，大大提高学生的自主能动性。本书采用一体式教学模式，理论与实践相结合，注重岗位需求和职业能力的培养，突出就业的导向和能力培养，注重提高学生的综合素质与职业能力，增强学生适应职业变化的适应能力，为学生职业生涯的发展奠定了一定的基础。

本书由陈鹏飞编写项目一、项目二、项目五～项目七、项目十、项目十一以及项目十四，张丽编写项目三，赵瑞编写项目四，孙伟星编写项目八，王安编写项目九，王博超编写项目十二，陈岩岩编写了项目十三。本书由陈鹏飞负责主编并统稿。

由于编者水平有限，书中不免会有很多不足及错误之处，衷心恳请广大读者批评指正！

作 者

2014年3月

目 录

前言

项目一 二极管的识别与检测	1
项目二 整流滤波电路的测试	7
项目三 半导体三极管的特性与测试	11
项目四 多级放大器	16
项目五 负反馈对放大电路性能的影响	20
项目六 集成功率放大器的测试	28
项目七 音频功率放大电路的安装与调试	31
项目八 组装收音机	36
项目九 家用调光台灯电路	44
项目十 与非门电路	48
项目十一 计数、译码、显示综合应用电路	53
项目十二 四人抢答器	57
项目十三 秒计数器的制作	62
项目十四 电子门铃	67
参考文献	74

项目一 二极管的识别与检测

一、项目目标

- (1) 掌握普通二极管的识别与简易检测方法。
- (2) 掌握专用二极管的识别与简易检测方法。

二、项目器材列表（表 1-1）

表 1-1

项 目 器 材

序 号	名 称	规 格	数 量
1			
2			
3			

三、项目知识储备

半导体器件是电子电路的核心，电子电路的质量与所用半导体器件的质量关系非常密切。因此，学习电子电路必须首先了解半导体器件的构造，掌握它们的基本原理、特性和参数。

半导体器件的种类很多，一般来说，用半导体材料制造的二极管、三极管、场效应晶体管及集成电路等，统称为半导体器件。本项目要学习的是半导体和半导体二极管、三极管、场效应晶体管的基础知识。

自然界有多种物质，按其导电性能可分为导体、绝缘体和半导体三类。导电性能良好的物质称为导体，例如各种金属及酸、碱、盐的水溶液等。不导电的物质称为绝缘体，例如玻璃、橡胶及陶瓷等。另外还有一类物质，它们的导电性能介于导体和绝缘体之间，称为半导体，例如硅、锗、硒、砷化镓和大多数金属氧化物及硫化物等。

（一）本征半导体的结构及其特性

1. 本征半导体的结构

纯净的半导体称为本征半导体。常用的半导体硅、锗是分别由硅、锗原子组成的，在常温下，由于其为共价键结构而处于稳定状态，自由电子极少，它们的导电性能很差。在某种外界因素（例如受热、光照）激发下，有的价电子由于吸收能量而内能增加，挣脱了原子核的束缚变为自由电子。电子离去后，原来的位置就留下一个空位，这个空位称为空穴。



一价电子的离去形成一个空穴，这个空穴又可以被别的电子填补，这样就又产生了一个新的空穴。电子和空穴均为载流子。在电场的作用下，电子向高电位方向运动，空穴向低电位方向运动，于是形成了电流。

2. 本征半导体的特性

(1) 热敏特性。当半导体的温度升高时，电子、空穴增多，它的导电性能就会随着温度的升高而增强，半导体的这种特性称为热敏特性。利用半导体的热敏特性可制成半导体热敏器件。

(2) 光敏特性。当半导体受到光的照射时，电子、空穴也会增多，它的导电性能也会随光照的增强而增强，半导体的这种特性称为光敏特性。利用半导体的光敏特性可制成半导体光敏器件。

(3) 掺杂特性。当有目的地往本征半导体中掺入微量五价或三价元素时，半导体的导电性能就会急剧增强，半导体的这种特性称为掺杂特性。利用半导体的掺杂特性，可以制成半导体材料，从而制造各种半导体器件。

(二) 半导体材料

利用半导体的掺杂特性，往本征半导体中掺入微量五价或三价元素，就制成了半导体材料。半导体材料有 N 型和 P 型两种，它们是制作各种半导体元器件的材料。

1. N 型半导体

往本征半导体中掺入微量五价元素，可制成 N 型半导体材料。五价元素的掺入使自由电子浓度增大，半导体的导电性能急剧增强。N 型半导体的导电是以电子导电为主，所以 N 型半导体又称为电子导电半导体。

2. P 型半导体

往本征半导体中掺入微量三价元素，可制成 P 型半导体材料。三价元素的掺入使空穴浓度增大，半导体的导电性能急剧增强。P 型半导体的导电是以空穴导电为主，所以 P 型半导体又称为空穴导电半导体。

杂质的掺入，使 N 型半导体和 P 型半导体内部载流子的数目远远大于本征半导体，所以半导体材料的导电能力相比本征半导体有了极大的增强。往本征半导体中掺入杂质的目的，是为了利用半导体材料的这一特性生产半导体器件。

(三) PN 结及其特性

1. PN 结

当把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体以一定的工艺方法结合在一起时，P 型半导体中的空穴和 N 型半导体中的电子就会相互扩散、复合，在它们的交界面形成一个带有电荷而无载流子的特殊薄层，这个薄层就叫做 PN 结。PN 结的 P 型区由于失去空穴、得到电子而带负电，PN 结的 N 型区由于失去电子、得到空穴而带正电，由此而形成的电场称为 PN 结电场。由于 PN 结内的电子与空穴已经复合，没有载流子，所以 PN 结又称为耗尽层。PN 结的结构示意图如图 1-1 所示。

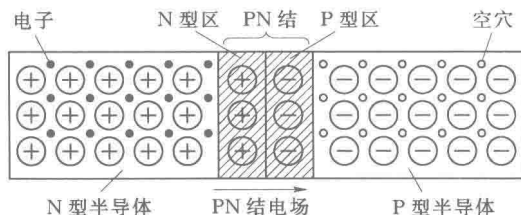


图 1-1 PN 结的结构示意图



2. PN 结的特性

PN 结具有单向导电特性，即加正向电压导电，加反向电压不导电。PN 结的单向导电特性具有重要的理论及实用意义，它是分析半导体二极管和三极管工作原理的基础。

(1) PN 结正向导电。当给 PN 结加上正向电压，即 P 区接高电位，N 区接低电位时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相反。由于外电场的加入，PN 结电场减弱，PN 结变薄，使得空穴与电子的扩散能够继续进行，于是 PN 结能够导电。PN 结正向导电原理如图 1-2 (a) 所示。

(2) PN 结反向不导电。当给 PN 结加反向电压，即 P 区接低电位，N 区接高电位时，外电场的方向与 PN 结电场的方向相同。由于外电场的加入，PN 结电场得到增强，PN 结变厚，使得扩散不能进行，于是 PN 结不导电。PN 结的单向导电特性原理如图 1-2 (b) 所示。

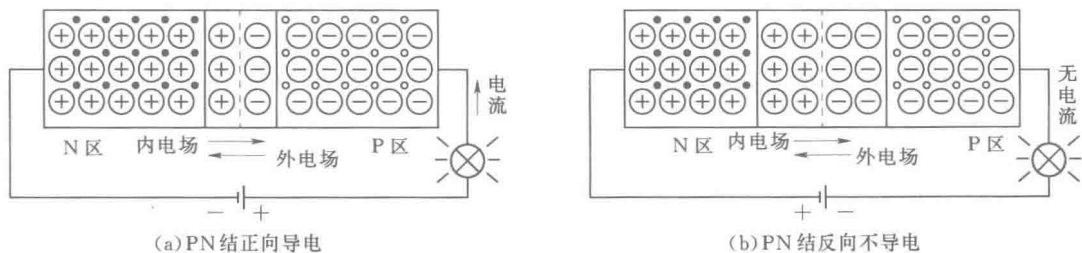


图 1-2 PN 结的单向导电特性

(四) 半导体二极管

1. 二极管的结构、符号和分类

(1) 结构和符号。半导体二极管又叫晶体二极管，简称二极管，它的内部由一个 PN 结构成，外部引出两个电极，从 P 区引出的电极为二极管的正极，又叫阳极；从 N 区引出的电极为二极管的负极，又叫阴极。然后再将其封装在管壳内，如图 1-3 (a) 所示。

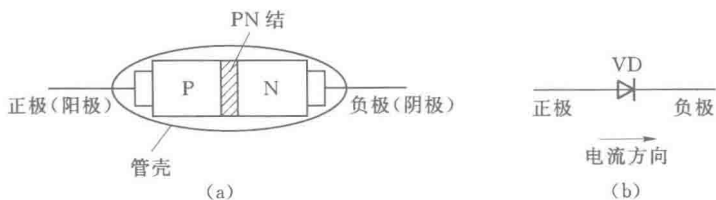


图 1-3 电路图形符号

二极管有一个 PN 结、两个电极，其主要特性是单向导电性。

二极管的电路图形符号如图 1-3 (b) 所示，文字符号用 VD 表示。图形符号中箭头的方向表示二极管正向导通时电流的方向，正常工作时电流由正极流向负极。二极管是电子线路经常使用的器件。

(2) 类型。二极管的分类方法有很多种，见表 1-2。



表 1-2

二极管的种类

分 类 方 法	种 类	说 明
按材料不同分	硅二极管	硅材料二极管, 常用二极管
	锗二极管	锗材料二极管
按用途不同分	普通二极管	常用二极管
	整流二极管	主要用于整流
	稳压二极管	常用于直流电源
	开关二极管	专门用于开关的二极管, 常用于数字电路
	发光二极管	能发出可见光, 常用于指示信号
	光电二极管	对光有敏感作用的二极管
	变容二极管	常用于高频电路
按外壳封装的材料不同分	玻璃封装二极管	检波二极管一般采用这种封装材料
	塑料封装二极管	大量二极管都采用这种封装材料
	金属封装二极管	大功率整流二极管一般采用这种封装材料

2. 二极管的伏安特性

为了直观地说明二极管的性质, 通常使用二极管两端的电压与通过二极管的电流之间的关系曲线, 即二极管的伏安特性曲线, 如图 1-4 所示。

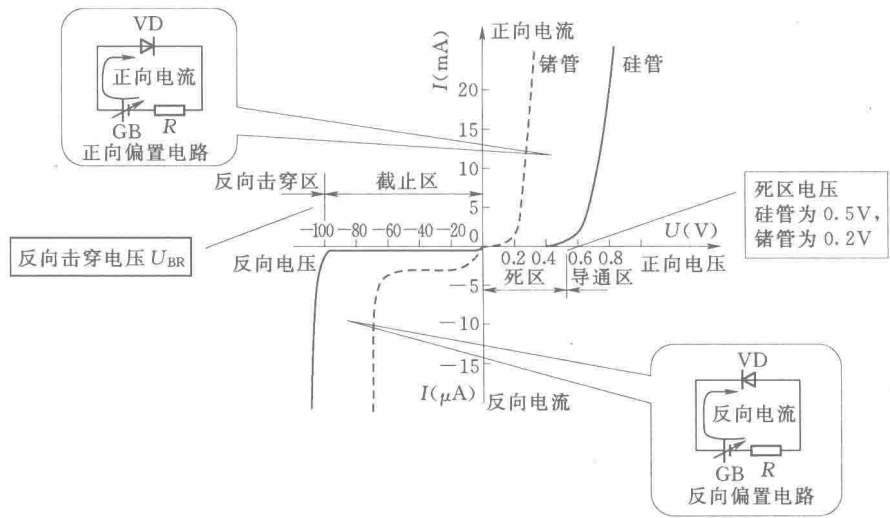


图 1-4 二极管的伏安特性

在图 1-4 所示的坐标图中, 位于第一象限的曲线表示二极管的正向特性, 位于第三象限的曲线表示二极管的反向特性。

(1) 正向特性。所谓正向特性是指给二极管加正向电压 (二极管正极接高电位, 负极接低电位) 时的特性。当正向电压小于某一数值 (该电压称为死区电压, 硅管为 0.5V, 锗管为 0.2V) 时, 通过二极管的电流很小, 几乎为零。当正向电压超过死区电压时, 电流随电压的升高而明显增加, 此时二极管进入导通状态。二极管导通后, 二极管两端的电



压几乎不随电流的变化而变化,此时二极管两端的电压称为导通管压降,用 U_T 表示,硅管为 $0.7V$,锗管为 $0.3V$ 。

(2) 反向特性。二极管正向电压未达到死区电压时,并不能导通,只有在正向电压达到或超过死区电压时,二极管才能导通。所谓反向特性是指给二极管加反向电压(二极管正极接低电位,负极接高电位)时,当反向电压小于某值(此电压称为反向击穿电压 U_{BR})时,反向电流很小,并且几乎不随反向电压的变化而变化,该反向电流称为反向饱和电流,简称反向电流,用 I_{JR} 表示。通常硅管的反向电流在几十微安以下,锗管的反向电流可达几百微安。在应用时,反向电流越小,二极管的热稳定性越好,质量越高。

当反向电压增加到反向击穿电压 U_{BR} 时,反向电流会急剧增大,这种现象称为反向击穿。反向击穿破坏了二极管的单向导电性,如果没有限流措施,二极管很可能因电流过大而损坏。

无论硅管还是锗管,即使工作在最大允许电流下,二极管两端的电压降一般也都在 $0.7V$ 以下,这是由二极管的特殊结构所决定的。所以,在使用二极管时,电路中应该串联限流电阻,以免因电流过大而损坏二极管。

不同材料、不同结构的二极管电压、电流特性曲线虽有区别,但形状基本相似,都不是直线,故二极管是非线性元件。

3. 二极管的检测

(1) 普通单色二极管的检测。

1) 正向导通电压 $1.5\sim 2.5V$ 。外加电压越大越亮。注意实际电压不能使通过LED的电流超过其最大工作电流。

2) 检测时,要用 $R\times 10k$ 挡(因内电池电压为 $9V$),方法同普通二极管,只是正向电大得多,甚至测量时还微微发光。

(2) 稳压二极管的检测。

1) 工作在反压状态,具有稳压作用,检测方法同普通二极管。

2) 不同处:用 $R\times 1k$ 挡测反向电阻很大,换用 $R\times 10k$,其反向电阻减小很多。若换挡电阻基本不变,说明是普通二极管。变化则为稳压二极管。使用 $R\times 10k$ 挡时内电池电压为 $9V$,若稳压二极管反向击穿电压小于 $9V$,则因被击穿而电阻减小很多。而普通二极管反向击穿电压比普通管大得多,不会击穿。

(3) 普通光电二极管的检测。

1) 光电二极管工作在反向偏置状态。

2) 无光照时,光电二极管与普通二极管一样,反向电流小,反向电阻大(几十兆欧姆以上);有光照时,反向电流明显增加,反向电阻明显减小(几千欧姆~几十千欧姆),反向电流与光照成正比。检测有无光照电阻相差很大。检测结果相差不大说明已坏或不是光电二极管。

四、项目步骤

1. 普通二极管的识别与检测

在表1-3中填好检测结果。



表 1-3

用万用表测试普通二极管

二极管型号说明	正向电阻 (Ω)	反向电阻 (Ω)	用 途	质 量

(1) 塑封白环一端为负极, 玻璃封装黑环一端为负极。

(2) 检测时两手不能同时接触两引脚, 表置于 $R \times 1k$ 挡, 并欧姆调零。调零时间不能太长。

(3) 读数要用平面镜成像规律。

2. 专用二极管的识别与检测

在表 1-4 中填好测量结果。

表 1-4

用万用表测试专用二极管

二极管型号说明	正向电阻 (Ω)	反向电阻 (Ω)	用 途	质 量

(1) 测试发光二极管, 应用 $R \times 10k$ 挡并调零。

(2) 测稳压二极管时, 用 $R \times 1k$ 或 $R \times 10k$, 分别测反向电阻。

(3) 测光电二极管时要遮住受光窗, 接受光时, 光线不能太强, 否则会损坏二极管。

五、想一想, 练一练

(1) 如何判断硅二极管、锗二极管?

(2) 查资料, 总结硅、锗二极管分别适合什么场合。

(3) 查资料找出本次实训用二极管可替代的进口二极管管型、进口二极管可替代的国产管型。

六、项目评价表 (表 1-5)

表 1-5

项 目 评 价 表

课题							
班级		姓名		学号		日期	
实训收获							
实训体会							
项目评价	评价人	评语				等级	签名
	自己评						
	老师评						
	综合评						

项目二 整流滤波电路的测试

一、项目目标

- (1) 学会制作整流滤波电路。
- (2) 会测试整流滤波电路。

二、项目器材列表（表 2-1）

表 2-1 项 目 器 材

序 号	名 称	规 格	数 量
1			
2			
3			

三、项目知识储备

在电子电路中，能将交流电变成直流电的电路称为整流电路。二极管整流电路有很多种类型，这里介绍几种常用的二极管整流电路。

1. 单相半波整流电路

单相半波整流电路通常由降压电源变压器、整流二极管、负载组成，如图 2-1 所示。

在变压器二次电压 u_2 的正半周， u_2 瞬时极性是上端正下端负，此时二极管正向导通，电流自上而下流过负载电阻；在 u_2 的负半周，其瞬时极性是上端负下端正，此时二极管因反偏而截止，没有电流流过负载。

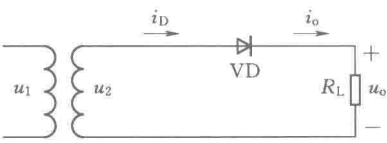


图 2-1 单相半波整流电路

2. 单相桥式整流电路

图 2-2 所示的单相桥式整流电路中，电源变压器降压后的电压 u_2 经过二极管加到负载电阻 R_L 上。在变压器二次电压 u_2 的正半周， VD_1 、 VD_3 导通， VD_2 、 VD_4 截止，电流自上而下流过负载电阻；在 u_2 的负半周， VD_1 、 VD_3 截止， VD_2 、 VD_4 导通，电流也是自上而下流过负载电阻。图 2-3 是通过示波器观测到的 R_L 两端的电压波形，可以看出正弦交流电正半周的信号直接经过二极管加到负载上，而负半周的信号同样可以经过二极管加到负载上，只是这时的信号极性与输入信号的极性相反。

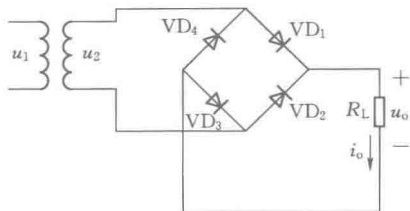


图 2-2 单相桥式整流电路结构图

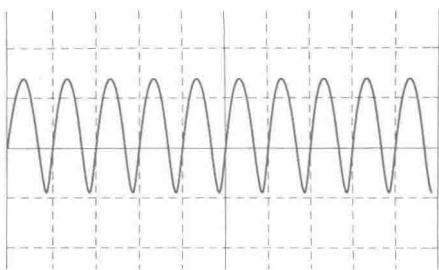


图 2-3 单相桥式整流电路波形图

(1) 单相桥式整流电路主要元器件的作用。

变压器 T: 降压。

二极管 $VD_1 \sim VD_4$: 将交流电变为单一方向的脉动直流电。

(2) 主要参数。各参数计算公式见表 2-2。

表 2-2

各参数计算公式

电路主要参数	计算公式	电路主要参数	计算公式
输出电压平均值	$U_o = 0.9U_2$	通过二极管的平均电流	$I_F = \frac{1}{2}I_o$
输出电流平均值	$I_o = \frac{U_o}{R_L}$	二极管承受的最大反向电压	$U_{RM} = \sqrt{2}U_2$

3. 电容滤波电路

电容滤波电路如图 2-4 所示。由于电容元件有隔直流、通交流的作用。因此，输入的脉动直流电中的交流成分大部分都直接通过电容元件，而负载 R_L 上输出的信号则以直流成分为主，但仍然含有少量的交流成分。这个输出信号就比整流电路输出的脉动直流电要平滑得多。电容滤波适用于负载电流较小的情况。

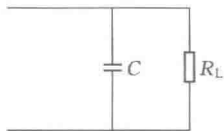


图 2-4 电容滤波电路

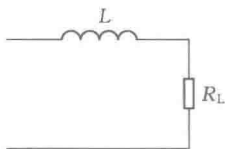


图 2-5 电感滤波电路

4. 电感滤波电路

电感滤波电路如图 2-5 所示。电感元件具有通直流、隔交流的作用。因此，交流成分大部分都不能通过电感元件 L ，而直流成分则直接通过 L 加到负载电阻 R_L 上。这样一来，输出的信号同样是以直流成分为主，但仍含有少量交流成分。电感滤波适用于负载电流波动大、波动频率较高的情况。

5. LC 滤波和 RC— π 型滤波电路

LC 滤波电路组成的主要元件是电容和电感（图 2-6）。该电路特点是带负载能力较强，当负载变化时输出电压较稳定。滤波电容器接在电感之后，可以使整流二极管所受的冲击电流大大减小，输出的电流较大，滤波的效果好，适用于负载电流较大的场合。

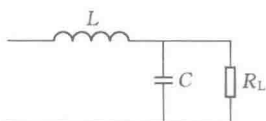
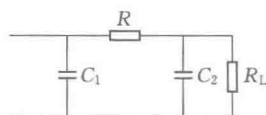


图 2-6 LC 滤波电路

图 2-7 RC- π 型滤波电路

RC- π 型滤波电路组成的主要元件是电容和电阻。该电路输出电压较高，波形平滑，能起到降压、限流的作用，适用于负载电流小的场合，电路结构如图 2-7 所示。

6. 常用滤波电路的性能比较

不同滤波电路的性能是不同的，见表 2-3。

表 2-3 常用滤波电路性能的比较

滤波形式	输出电压 U_o	适用范围	对整流管的冲击电流	负载能力	滤波效果
电容滤波	$1.2U_2$	电流较小	大	较强	较差
电感滤波	$0.9U_2$	电流大	小	强	较差
LC 滤波	$0.9U_2$	电流大	小	强	较好
LC- π 型滤波	$1.2U_2$	电流较小	大	较强	好
RC- π 型滤波	$1.2U_2$	电流小	大	弱	较好

四、项目步骤

1. 焊接电路

(1) 安全检查：使万用表及直观法检查各种元件对应的参数能否满足实际电路的要求，检查工具的可靠性。

(2) 手工焊接。

(3) 电路布局与布线及安装要求：按电路图和元件的外形尺寸、封装形式在电路板上均匀布局，要做到电路走向基本与电路图一致；横平竖直、转角 90° 、导线不交叉。

2. 测试电路

(1) 按图连接好电路后，用示波器观察电路输出波形，将结果填入表 2-4 中。

表 2-4 观察整流滤波电路的波形

输入电压波形	
输出电压波形	

(2) 测试电路的输入输出电压值，将结果填入表 2-5 中。

表 2-5 测试整流滤波电路的输入输出电压

输入电压	
输出电压	

五、想一想，练一练

(1) 二极管在单相桥式整流电路中起什么作用？



- (2) 说出电容滤波电路的组成及工作原理？
(3) 说出整流滤波电路的工作原理。

六、项目评价表（表 2-6）

表 2-6

项目评价表

课题							
班级		姓名		学号		日期	
实训收获							
实训体会							
项目评价	评价人	评语				等级	签名
	自己评						
	老师评						
	综合评						