



高职高专“十二五”规划教材

电子产品设计与制作

主 编 尹全杰 卢孟常

副主编 杨代民 李 涛



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



配有课件



高职高专“十二五”规划教材

电子产品设计与制作

主 编 尹全杰 卢孟常
副主编 杨代民 李 涛

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书选择了稳压电源的设计与制作、扩音机的设计与制作和数字钟的设计与制作三个项目,用9个工作任务由浅入深、循序渐进地阐述了电子产品的设计与制作过程。内容涉及了电子产品的电路设计、原理图绘制、电路仿真、PCB设计与制作、焊接、装配与调试等内容,着重让学生了解电子产品从设计到制作的整个过程。

全书采用“按需讲解”的方式进行内容编排,书中涉及软件使用、电路分析和实操动手等诸多内容,考虑到篇幅,本书不能全部做到详细讲述,重点放在项目设计和制作完成的过程上。

图书在版编目(CIP)数据

电子产品设计与制作 / 尹全杰, 卢孟常主编. — 北京: 北京航空航天大学出版社, 2015. 2

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1656 - 7

I. ①电… II. ①尹… ②卢… III. ①电子工业-产品-设计-高等学校-教材 ②电子工业-产品-生产工艺-高等学校-教材 IV. ①TN602②TN605

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 299533 号

版权所有,侵权必究。

电子产品设计与制作

主 编 尹全杰 卢孟常

副主编 杨代民 李 涛

责任编辑 金友泉

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:13.75 字数:293 千字

2015 年 2 月第 1 版 2015 年 2 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 1656 - 7 定价:28.00 元

若本书有倒页、脱页、缺页等印装质量问题,请与本社发行部联系调换。联系电话:(010)82317024

前 言

目前,我国职业教育改革正逐步深入,而教材建设是教学改革的重要内容之一。本书在编写过程中始终围绕职业教育改革的基本理念,注重“实践能力”的培养,采用“任务驱动”的教学模式,选择三个典型电子产品作为载体,用9个工作任务由浅入深、循序渐进地阐述了电子产品的设计与制作过程。内容涉及电子产品的电路设计、原理图绘制、电路仿真、PCB设计与制作、焊接、装配与调试等内容,着重让学生了解电子产品从设计到制作的整个过程。本书具有如下特点:

1. 不同于一般的教材。本书摒弃了冗长枯燥的大段文字叙述,而采用大量图片,用图解的方式来进行讲解,使得枯燥无味的阅读过程变得简单直观,通俗易懂,非常便于职业教育群体读者的阅读和理解。同时,书中丢掉了大段的理论分析,重点突出动手能力,充分体现了职业教育以实践能力培养为导向的理念。

2. 不同于传统教材的内容编排。本书采用项目教学和典型工作任务的模式来展开,一个项目下设若干个任务,通过任务的方式将需要的内容进行讲解。本书选择了稳压电源的设计与制作、扩音机的设计与制作和数字钟的设计与制作三个项目,采用“按需讲解”的方式进行编排,全书重点放在电路设计和制作完成的过程上,突出教学一体化和理实一体化。

3. 本书突出动手能力,使得内容实用、致用。书中在对理论内容进行阐述的同时,也穿插大量实操内容,包含了电子元器件的识别与检测、手工焊接技术、电子产品手工装配技术和电路板手工制作技术等内容,使得学生在完成“项目任务”的学习过程中充满乐趣。

本书由贵州航天职业技术学院尹全杰、卢孟常、杨代民和四川航天职业技术学院的李涛编写,尹全杰和卢孟常担任主编。具体分工如下:尹全杰编写了本书的项目三并负责全书的统稿,卢孟常编写了项目一和项目二,杨代民编写了任务5.2和附录4和附录5,李涛编写了附录1~3。本书在编撰的过程中得到了郭丽丽等老师的帮助,得到了贵州航天职业技术学院电子工程系的大力支持,在此表示感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2014年11月

目 录

项目一 直流稳压电源的设计与制作	1
任务1 直流稳压电源的设计	1
【任务导读】	1
1.1 直流稳压电源的工作原理	1
1.1.1 线性直流稳压电源	2
1.1.2 开关直流稳压电源	10
1.2 线性串联稳压电源的设计	11
1.2.1 分立式可调线性串联稳压电源	11
1.2.2 集成可调线性串联稳压电源	16
【巩固训练】	17
任务2 直流稳压电源的安装与调试	17
【任务导读】	17
2.1 电子元件的识别与检测	17
2.1.1 电阻器的识别与检测	17
2.1.2 电容器的识别与检测	21
2.1.3 电感器的识别与检测	24
2.1.4 二极管的识别与检测	25
2.1.5 三极管的识别与检测	27
【巩固训练】	28
2.2 焊接技术基础	29
2.2.1 焊料与焊剂	29
2.2.2 焊接工具	30
2.2.3 手工焊接工艺和方法	31
【巩固训练】	34
2.3 电路连接的几种形式	34
2.3.1 直接连接	34
2.3.2 面包板连接	35
2.3.3 万能印刷电路板连接	37
2.3.4 专用印刷电路板连接	41
【巩固训练】	43



2.4 串联稳压电源的调试	43
2.4.1 调试的一般程序	43
2.4.2 调试的一般方法	45
2.4.3 串联稳压电源的调试	45
【巩固训练】	46
项目二 扩音机的设计与制作	48
任务3 扩音机电路设计及电原理图绘制	48
【任务导读】	48
3.1 扩音机的工作原理及电路设计	49
3.1.1 扩音机的基本工作原理	49
3.1.2 扩音机的性能指标	51
3.1.3 集成扩音电路设计	52
【巩固训练】	56
3.2 扩音机电电子元件识别与检测	57
3.2.1 电位器的识别与检测	57
3.2.2 变压器的识别与检测	59
3.2.3 整流桥的识别与检测	59
3.2.4 集成电路的识别与检测	60
【巩固训练】	62
3.3 电路原理图绘制	62
【巩固训练】	74
任务4 扩音机印刷电路板的设计与制作	75
【任务导读】	75
4.1 印刷电路板设计基础	75
4.2 扩音机印刷电路板设计	79
4.2.1 印刷电路板的设计内容	79
4.2.2 印刷电路板的设计	80
【巩固训练】	91
4.3 印刷电路板的制作	92
4.3.1 印刷电路板的制造	92
4.3.2 热转印法制作印刷电路板	94
【巩固训练】	97
4.4 扩音机的装配	98
【巩固训练】	105
4.5 扩音机的调试	106



【巩固训练】	108
项目三 数字钟的设计与制作	109
任务5 数字钟的设计	109
【任务导读】	109
5.1 数字钟的硬件设计	109
5.1.1 数字钟的元器件选择	109
5.1.2 数字钟的电路设计	116
【巩固训练】	121
5.2 数字钟的软件设计	122
【巩固训练】	127
任务6 数字钟的程序调试	128
【任务导读】	128
6.1 熟悉 Keil C51 软件界面	128
6.1.1 标题栏	128
6.1.2 菜单栏	129
6.1.3 工具栏	131
6.1.4 其他窗口	133
6.2 程序的调试	133
6.2.1 程序调试的过程	133
6.2.2 创建项目和设置环境参数	133
6.2.3 源程序的编译和调试	142
【巩固训练】	149
任务7 数字钟电路仿真	150
【任务导读】	150
7.1 熟悉 Proteus 仿真软件工作界面	150
7.1.1 主菜单	152
7.1.2 标准工具栏	152
7.1.3 绘图工具栏	154
7.1.4 对象选择按钮	154
7.1.5 预览对象方位控制按钮	155
7.1.6 仿真进程控制按钮	155
7.1.7 预览窗口	155
7.1.8 图形编辑窗口	155
7.2 数字钟仿真电路的绘制	156
7.2.1 新建设计文件	157



7.2.2	设定绘图纸大小	158
7.2.3	选取元器件并添加到对象选择器中	158
7.2.4	网格单位	163
7.2.5	元器件的放置、移动与方向调整	163
7.2.6	放置电源、地(终端)	165
7.2.7	电路图布线	165
7.2.8	设置、修改元器件的属性	167
7.2.9	电气检测	168
7.2.10	加载程序运行仿真	169
【巩固训练】		171
任务8 数字钟的印刷电路板设计与制作		171
【任务导读】		171
8.1	数字钟的印刷电路板设计	172
【巩固训练】		176
8.2	感光法制作数字钟印刷电路板	176
8.2.1	所需设备材料准备	176
8.2.2	制作步骤	177
【巩固训练】		182
任务9 数字钟的整机装配与调试		183
【任务导读】		183
9.1	数字钟的整机装配与调试	183
9.1.1	贴片“小元件”的焊接	183
9.1.2	贴片集成元件的焊接	185
9.1.3	其他元件的焊接与装配	187
9.1.4	数字钟的整机调试	189
【巩固训练】		193
附 录		195
附录1 Protel 99SE 常用命令快捷键		195
附录2 Protel 99SE 常用元件库		197
附录3 Protel 99SE 常用元器件的中英文对照表		198
附录4 Proteus 常用元件库与子元件库的中英文对照表		199
附录5 Proteus 常用元件的中英文对照表		208
参考文献		211

项目一 直流稳压电源的设计与制作

电源是任何电子产品都不可缺少的重要组成部分。电源有交流与直流之分。对于人们实际生活中使用的大多数电子产品而言,其电路供电多为直流电源,图 1-1 所示是直流电源在众多电子产品中应用的一些典型例子。

本项目通过一款简单的串联稳压电源的设计与制作,帮助读者较全面地掌握串联稳压电源的理论和动手操作方面的内容。



图 1-1 直流稳压电源在生活中的应用

任务 1 直流稳压电源的设计

【任务导读】

本任务系统讲解了直流稳压电源的组成、主要性能指标以及工作原理。

通过分立式串联稳压电源和集成可调式串联稳压电源的电路分析,着重介绍线性串联稳压电源电路的组成,各元器件参数的计算与电路的设计方法。同时,还简单介绍了开关电源的工作原理。

1.1 直流稳压电源的工作原理

除了由化学电池供给的直流电源外,直流电源的获得通常是将电网中的交流电



压经过整流滤波电路转换成所需的直流电流或电压。但是,由于电力输配设施的老化以及设计不良和供电不足等原因造成交流电网电压并不十分稳定,不稳定的电压会对电子设备造成致命伤害或误动作,同时加速设备的老化,影响使用寿命甚至烧毁元件。因此,对于经交流电网整流滤波所获得的直流电进行稳压是非常重要的。直流稳压电源按习惯可分为线性稳压电源和开关型稳压电源。

1.1.1 线性直流稳压电源

1. 线性直流稳压电源的组成

线性直流稳压电源的组成是由变压、整流、滤波和稳压四大部分组成,如图 1-2 所示。



图 1-2 线性直流稳压电源组成框图

(1) 变 压

一般是将工频交流电压变成所需的直流电压。变压通常是由变压器完成,在电子产品中,变压器多用来作降压。也可采用在电路中串联一只电容,由其产生的容抗来限制最大工作电流,从而达到降压的目的。

(2) 整 流

将交流电压变成脉动直流电(方向不变,但大小随时间变化的直流电)。整流电路有半波整流、全波整流和桥式整流等。

(3) 滤 波

将脉动直流电压中的交流成分滤除,得到直流电压。通常采用的滤波电路有电容滤波、电感滤波和复合滤波等。

(4) 稳 压

将滤波电路输出的直流电压稳定,使之在输入电压、负载、环境温度和电路参数等发生变化时仍能保持稳定的输出电压。常见的线性直流稳压电路有稳压管稳压和串联调整式稳压等,图 1-3 所示是典型的串联调整式稳压电源的组成结构。

2. 直流稳压电源的主要技术指标

(1) 额定负载电流

额定负载电流是指稳压电源所允许输出的最大电流,当超过额定负载电流时,会导致器件损坏。

(2) 纹波电压

纹波电压是指叠加在输出电压上的交流分量,常采用峰-峰值表示,一般为几毫伏(mV)到几十毫伏(mV),也可以用有效值表示。

(3) 电源内阻

电源内阻是指在输入电压不变的情况下,输出电压的变化量与负载电流的变化

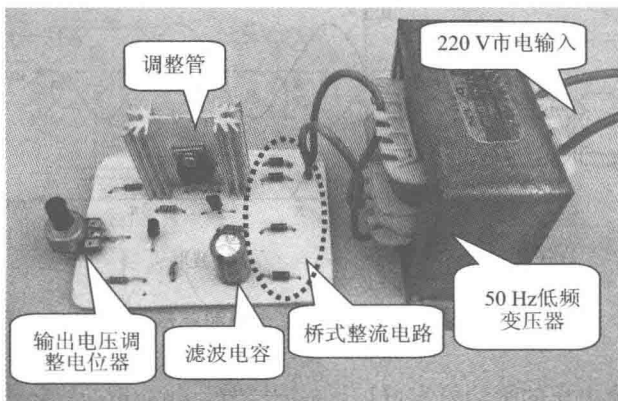


图 1-3 串联调整式稳压电源

量之比。电源内阻越大,当负载电流增大时,在内阻上的压降增大,输出电压就要明显地下降,这样,电源带负载的能力就越弱。因此,要求稳压电源的内阻越小越好。稳压电源的内阻一般为几毫欧($\text{m}\Omega$)到几十毫欧($\text{m}\Omega$)。

(4) 稳定度

稳定度是指当各种不稳定因素发生变化时,对输出直流电压的影响,一般用输出电压变化的百分率来表示,它又分为电压稳定度和负载稳定度。

电压稳定度,又称电压调整率。它是表征当输入电压变化时稳压电源输出电压的稳定程度;是指在负载电阻不变的情况下,输入电压的相对变化引起输出电压的相对变化,即在电网电压变动 $\pm 10\%$ 的情况下测出输出电压的变化量。

负载稳定度,又称负载调整率。它是表征当输入电压不变时,稳压电源对由于负载电流(输出电流)变化而引起的输出电压脉动的抑制能力。在规定的负载电流变化值条件下,通常以单位输出电压下的输出电压变化值的百分率表示,或以输出电压变化的绝对值表示。

3. 整流电路

整流电路通常是利用二极管的单向导电性,将交流电压变成脉动直流电,下面介绍几种较常用的整流电路。

(1) 半波整流

半波整流电路和波形如图 1-4 所示。其工作原理如下:

当 u_2 为正半周时,二极管 D 承受正向电压而导通。此时有电流流过负载,并且和二极管上的电流相等,即 $i_o = i_D$ 。忽略二极管的电压降,则负载两端的输出电压等于变压器副边电压,即 $u_o = u_2$,输出电压 u_o 的波形与 u_2 相同。

当 u_2 为负半周时,二极管 D 承受反向电压而截止。此时负载上无电流流过,输出电压 $u_o = 0$,变压器副边电压 u_2 全部加在二极管 D 上。

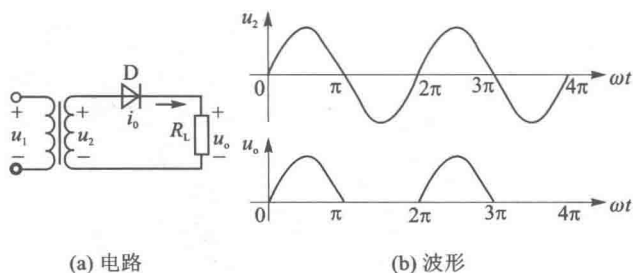


图 1-4 半波整流电路和波形

单相半波整流电压的平均值为：
$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.45U_2。$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为：
$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.45 \frac{U_2}{R_L}。$$

流经二极管的电流平均值与负载电流平均值相等，即：
$$I_D = I_o = 0.45 \frac{U_2}{R_L}。$$

二极管截止时承受的最高反向电压为 u_2 ，其最大值是 $U_{RM} = U_{2M} = \sqrt{2}U_2$ 。

半波整流电路虽然具有电路简单，元件少的优点，但是交流电压只有半个周期得到利用，因而一般在电流较小、整流要求不高的电路中使用。

(2) 桥式整流

桥式整流电路及波形如图 1-5 所示，它因用 4 只二极管接成一个电桥的形式而得名。为作图方便，常将桥式整流电路画成图(b)的简化形式。

其工作原理如下：

u_2 为正半周时， a 点电位高于 b 点电位，二极管 D_1 、 D_3 承受正向电压而导通， D_2 、 D_4 承受反向电压而截止。此时电流的路径为： $a \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_3 \rightarrow b$ ，如图中实线箭头所示。

u_2 为负半周时， b 点电位高于 a 点电位，二极管 D_2 、 D_4 承受正向电压而导通， D_1 、 D_3 承受反向电压而截止。此时电流的路径为： $b \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow a$ ，如图中虚线箭头所示。

桥式整流电压的平均值为：
$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2}U_2 \sin \omega t d(\omega t) = 2 \frac{\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9U_2。$$

流过负载电阻 R_L 的电流平均值为：
$$I_o = \frac{U_o}{R_L} = 0.9 \frac{U_2}{R_L}。$$

流经每个二极管的电流平均值为负载电流的一半，即：
$$I_D = \frac{1}{2} I_o = 0.45 \frac{U_2}{R_L}。$$

每个二极管在截止时承受的最高反向电压为 u_2 ，其最大值是 $U_{RM} = U_{2M} = \sqrt{2}U_2$ 。

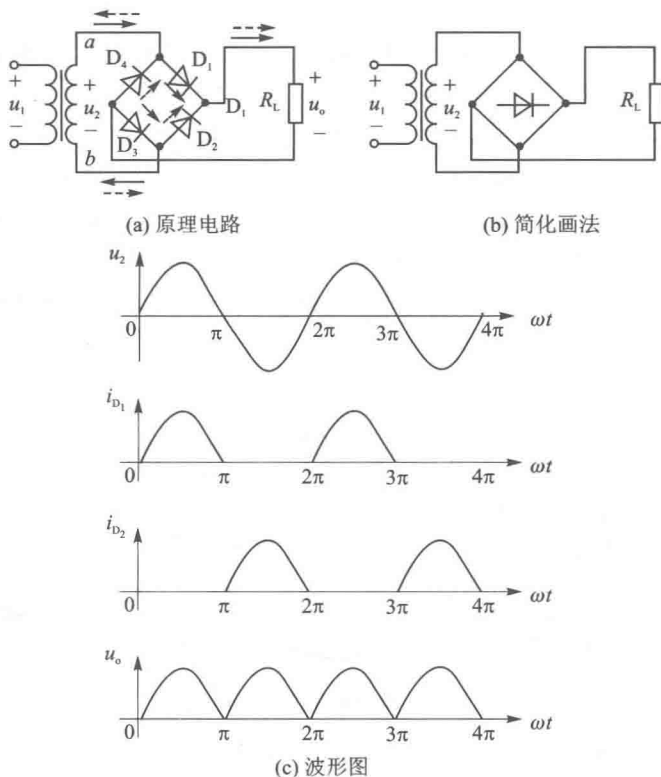


图 1-5 桥式整流电路和波形图

桥式整流电路是一种全波整流方式,充分利用了交流电压的正负两个半波,因而效率高,是目前较普遍采用的一种整流形式。

(3) 全波整流

全波整流电路如图 1-6 所示。从图中可以看出,这种形式需要变压器有一个使两个次级完全对称的中心抽头,这使得变压器的制作工艺变得复杂。另外,在这种电路中,每只整流二极管承受的最大反向电压是变压器次级电压最大值的两倍,因此需用能承受较高电压的二极管。目前,这种整流形式很少采用,已被桥式整流电路所代替。

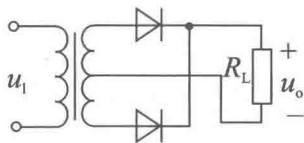


图 1-6 全波整流电路

4. 滤波电路

经过整流后输出的电流和电压都是脉动的,既含直流成分也含交流成分。要得到纯净的直流电,就需要将电路中的交流成分滤除掉,滤波电路就是为此而设立的。



(1) 电容滤波

图 1-7 所示是电容器滤波的电路和波形。假设电路接通时恰恰在 u_2 由负到正过零的时刻,这时二极管 D 开始导通,电源 u_2 在向负载 R_L 供电的同时又对电容 C 充电。如果忽略二极管正向压降,电容电压 u_C 紧随输入电压 u_2 按正弦规律上升至 u_2 的最大值。然后 u_2 继续按正弦规律下降,且 $u_2 < u_C$,使二极管 D 截止,而电容 C 则对负载电阻 R_L 按指数规律放电。 u_C 降至 u_2 大于 u_C 时,二极管又导通,电容 C 再次充电……。这样循环下去, u_2 周期性变化,电容 C 周而复始地进行充电和放电,使输出电压脉动减小,如图(b)所示。电容 C 放电的快慢取决于时间常数($\tau = R_L C$)的大小,时间常数越大,电容 C 放电越慢,输出电压 u_o 就越平坦,平均值也越高。

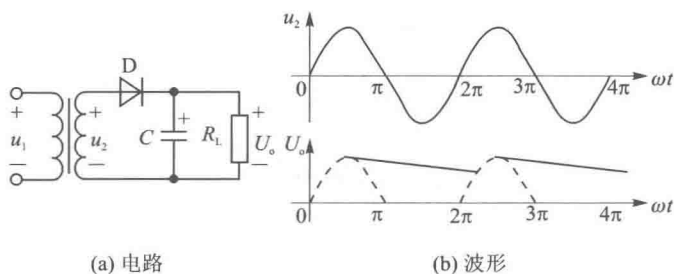


图 1-7 电容滤波电路及波形

一般常用如下经验公式估算电容滤波时的输出电压平均值,即:

半波: $U_o \approx u_2$

全波或桥式: $U_o \approx 1.2 u_2$

由上述分析可知,滤波电容 C 越大,对交流的旁路作用就越强,滤波效果就越好。通常选: $C > (3 \sim 5) / R_L f$, 式中 f 是整流电路输出信号的脉动频率, T 是它的周期, $T = \frac{1}{f}$ 。对半波整流而言, $f = 50 \text{ Hz}$; 对全波或桥式整流, $f = 100 \text{ Hz}$ 。滤波电容 C 一般选择容量大的铝电解电容。应注意,普通电解电容器有正、负极性,使用时正极必须接高电位端,如果接反会造成电解电容器的损坏。

(2) 电感滤波

图 1-8 所示是电感滤波电路。电感滤波适用于负载电流较大的场合,它的缺点是制做复杂、体积大、笨重且存在电磁干扰。

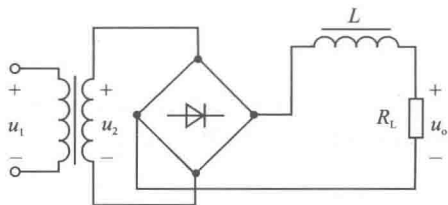


图 1-8 电感滤波电路



(3) 复合滤波

图 1-9 所示是几种典型的复合滤波电路。

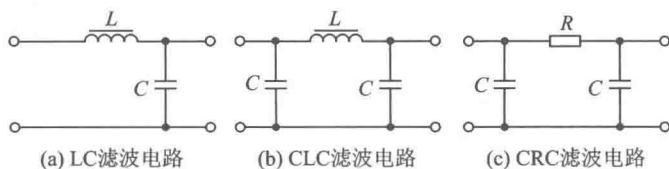


图 1-9 复合滤波电路

LC、CLC π 型滤波电路适用于负载电流较大,要求输出电压脉动较小的场合。在负载电流较小时,经常采用电阻替代笨重的电感,构成 CRC π 型滤波电路,同样可以获得脉动很小的输出电压。但电阻对交、直流均有压降和功率损耗,故只适用于负载电流较小的场合。

5. 直流稳压电路

(1) 稳压管稳压电路

图 1-10 所示为一个基本的稳压管稳压电路,其稳压核心元件是一个稳压二极管 D_Z ,电路工作原理如下:

当输入电压 U_i 波动时会引起输出电压 U_o 的波动。如 U_i 升高将引起 U_o 随之升高,导致稳压管的电流 I_Z 急剧增加,使得电阻 R 上的电流 I 和电压 U_R 迅速增大,从而使 U_o 基本上保持不变。反之,当 U_i 减小时, U_R 相应减小,仍可保持 U_o 基本不变。

当负载电流 I_o 发生变化引起输出电压 U_o 发生变化时,同样会引起 I_Z 的相应变化,使得 U_o 保持基本稳定。如当 I_o 增大时, I 和 U_R 均会随之增大使得 U_o 下降,这将导致 I_Z 急剧减小,使 I 仍维持原有数值保持 U_R 不变,使得 U_o 得到稳定。

(2) 串联型稳压电路

串联型稳压电路是最常用的一种线性稳压电源电路结构形式,图 1-11 所示为一个输出电压可在一定范围连续可调的负反馈串联型稳压电路。

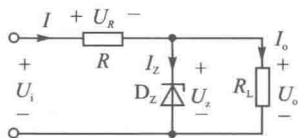


图 1-10 稳压管稳压电路

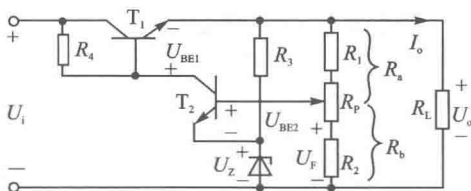


图 1-11 串联型稳压电路

该电路的组成方框图如图 1-12 所示,其电路组成部分与作用如下:

① 取样电路 该电路由 R_1 、 R_P 、 R_2 组成的分压电路构成,它将输出电压 U_o 分



出一部分作为取样电压 U_F ，送到比较放大环节。

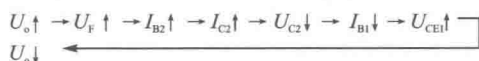
② 基准电压电路 该电路由稳压二极管 D_Z 和电阻 R_3 构成的稳压电路组成，它为电路提供一个稳定的基准电压 U_Z ，作为调整、比较的标准。

③ 比较放大电路 由 T_2 和 R_4 构成的直流放大器组成，其作用是将取样电压 U_F 与基准电压 U_Z 之差放大后去控制调整管 T_1 。

④ 调整电路 由工作在线性放大区的功率管 T_1 组成， T_1 的基极电流 I_{B1} 受比较放大电路输出的控制，它的改变又可使集电极电流 I_{C1} 和集、射电压 U_{CE1} 改变，从而达到自动调整稳定输出电压的目的。

其电路工作原理如下：

当输入电压 U_i 或输出电流 I_o 变化引起输出电压 U_o 增加时，取样电压 U_F 相应增大，使 T_2 管的基极电流 I_{B2} 和集电极电流 I_{C2} 随之增加， T_2 管的集电极电位 U_{C2} 下降，因此 T_1 管的基极电流 I_{B1} 下降，使得 I_{C1} 下降， U_{CE1} 增加， U_o 下降，使 U_o 保持基本稳定。同理，



当 U_i 或 I_o 变化使 U_o 降低时，调整过程相反， U_{CE1} 将减小使 U_o 保持基本不变。从上述调整过程可以看出，该电路是依靠电压负反馈来稳定输出电压的。

(3) 集成稳压电路

集成稳压电路主要有两种，一种输出电压是固定的，称为固定输出三端稳压器，另一种输出电压是可调的，称为可调输出三端稳压器，其基本原理相同，均采用串联型稳压电路。集成稳压器具有体积小、使用方便、工作可靠等特点，目前，电子产品中常使用固定输出三端稳压器。

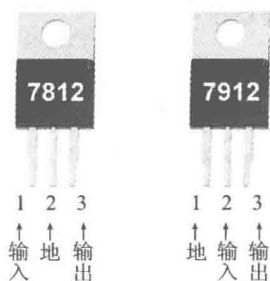


图 1-13 两种三端稳压器的引脚方位图

常用的固定三端稳压器有“78”系列和“79”系列两种。其中，“78”系列输出的是正电源。而“79”系列输出的是负电源，“78”和“79”后面所跟数字表示输出的电压值，如：“7812”表示输出正 12 V 电压；“7912”表示输出负 12 V 电压。其外形及引脚功能如图 1-13 所示。此外，其输出电流常以 78(或 79)后面加字母来区分。“L”表示 0.1 A，“M”表示 0.5 A，无字母表示 1.5 A。

① 固定电压输出基本电路 图 1-14 所示是典型的两种采用固定电压输出三



端稳压器的基本电源电路。一般 C_1 采用大容量电解电容,而 C_2 采用无极性的小容量电容,容量取值一般常采用 $0.1\ \mu\text{F}$ 、 $0.33\ \mu\text{F}$ 等。要注意的是,为保证三端稳压器能正常工作,其输入与输出端最少要保证 $3\ \text{V}$ 以上的电压差,例如“7805”,该三端稳压器的固定输出电压是 $5\ \text{V}$,而输入电压至少大于 $8\ \text{V}$ 。

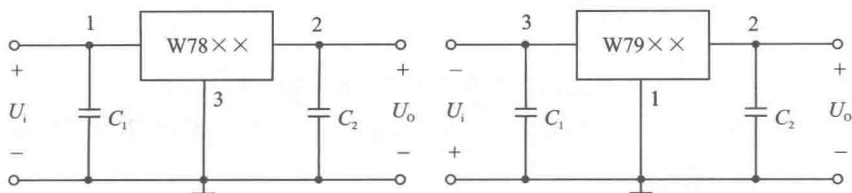


图 1-14 两种固定输出三端稳压器

② 固定正、负电压双组输出电源电路 图 1-15 所示是带正、负电压输出的电源电路。这种电路需要变压器有两个对称的次级绕组,中心抽头接地,注意两个电解电容的正负极不要接反。

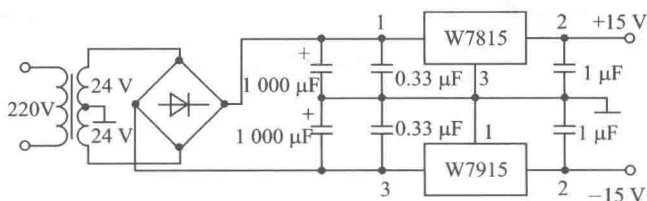


图 1-15 带正、负电压输出的电源电路

③ 可调式三端集成稳压器 可调式三端集成稳压器可以通过改变可调端实现输出电压在一定范围内变化。它的三个端子分别为输入端 U_i ,输出端 U_o ,可调端 ADJ。可调式三端稳压器同样分为正电压输出和负电压输出两种,如 1-16 所示是两种稳压器的外形及引脚功能图。根据输出电流的不同,其型号也不同,常用的可调式三端稳压型号如表 1-1 所列。

表 1-1 可调式三端稳压器分类

类 型	产品系列或型号	最大输出电流 I_{OM}/A	输出电压 U_o/V
正电压输出	LM117L/217L/317L	0.1	1.2~37
	LM117M/217M/317M	0.5	1.2~37
	LM117/217/317	1.5	1.2~37
	LM150/250/350	3	1.2~33
	LM138/238/338	5	1.2~32
	LM196/396	10	1.25~15