

西安交通大学“十一五”规划教材

# 电工电子技术

杨振坤 陈国联

西安交通大学出版社

## 内容简介

本书是在近年来建设国家级精品课程,进行教学内容和课程体系改革研究的基础上,依据教育部最新制定的工科高校“电工学”课程教学基本要求而编写,是西安交通大学“十一五”规划教材。

本书包含电工技术和电子技术两部分,内容有电路元件与电路基本定律、电路分析基础、电路的暂态分析、基本放大电路、集成运算放大器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、直流稳压电源、数字技术应用电路、变压器与电动机、电气自动控制等。

本书贯彻少而精的原则,精选内容,突出重点,注重基础。内容安排和概念叙述由浅入深。为了便于教与学,各章配有丰富的例题、习题、练习与思考题,章后有小结,书后附有部分习题参考答案和试题及其答案。

本书作为高等学校非电类专业本科生教材,也可供其他相关专业选用和有关工程技术人员参考。

本书的电子教案和相关资料可免费上网查阅、下载,网址:<http://202.117.25.166/ee>。

## 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术 / 杨振坤,陈国联编著. —西安:西安交通大学出版社,2007.10  
ISBN 978-7-5605-2572-3

I. 电… II. ①杨… ②陈… III. ①电工技术-高等学校-教材 ②电子技术-高等学校-教材 IV. TM TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153152 号

书 名 电工电子技术  
编 著 杨振坤 陈国联  
出版发行 西安交通大学出版社  
地 址 西安市兴庆南路 10 号 (邮编:710049)  
电 话 (029)2668357 2667874(发行部)  
(029)2668315 2669096(总编办)  
印 刷 陕西元盛印务有限公司  
字 数 480 千字  
开 本 787mm×1092mm 1/16  
印 张 25.75  
版 次 2007 年 10 月第 1 版 2007 年 10 月第 1 次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5605-2572-3/TM·70  
定 价 34.00 元

# 前 言

本书系西安交通大学国家级精品课程“电工电子技术”课程集纸质教材、多媒体课件、试题库和资源库于一体的立体化系列教材之一；是西安交通大学“十一五”规划教材。参考学时为 60~75(不含实验)。

本书依据教育部最新制定的工科高校“电工学”课程教学基本要求，并在《电工技术》(杨振坤、刘晓晖、刘晔编，2002 年出版)和《电子技术》(陈国联、王建华、夏建生编，2002 年出版)的基础上，总结提高，精简内容，为适应学时相对少的专业需要而编写。

在满足电工电子技术课程教学基本要求的基础上，本书还具有以下特点。

1. 贯彻少而精的原则，精选内容，教材分量适中，与教学学时相符。
2. 内容安排上符合认知规律，概念叙述由浅入深，条理清楚，有利于读者自学。
3. 各章配合正文均配有较丰富的例题、练习思考题和习题，章后有小结；书后附有部分习题参考答案和期末考试题及其答案；全书内容环环相扣，使读者可以通过不同的角度学习掌握本课程的基本概念和基本分析方法。
4. 在例题和习题的编排上注重综合实例的分析，便于读者应用能力和创新能力的培养。
5. 本书配有经过多年课堂教学实践、反复修改加工提高的多媒体课件，有利于减少授课学时，提高教学质量。

考虑到电工测量知识通常是借助于实验环节完成学习任务的特点，该部分内容未编入本教材。

本书由杨振坤教授和陈国联副教授共同完成编写任务。其中杨振坤教授负责第 1、2、3、7、10、11、12 章的编写及全书的统稿，第 4、5、6、8、9 章由陈国联副教授编写。硕士研究生樊琳、张鹏飞、李文金、张正龙等在本书编写中做了一些工作。

本书的电子教案和相关资料可免费上网查阅、下载，网址：<http://202.117.25.166/ee>。

在本书编写过程中，作者借鉴了有关参考资料，同时也得到西安交通大学电工电子技术课程组同仁们的关心和支持。在此，对参考资料的作者、课程组同仁以及帮助此书出版的单位和同志们一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平所限，且时间仓促，书中难免有疏漏和不妥之处，敬请使用本书的师生和其他读者提出宝贵意见，以便不断改进与提高。

编 者

2007 年 6 月

# 目 录

## 第 1 章 电路元件与电路基本定律

1.1 电路模型与参考方向 .....	(1)
1.1.1 电路与电路模型 .....	(1)
1.1.2 电流和电压的参考方向 .....	(2)
1.1.3 电路中的功率 .....	(3)
1.2 基尔霍夫定律 .....	(5)
1.2.1 基尔霍夫电流定律 .....	(5)
1.2.2 基尔霍夫电压定律 .....	(6)
1.3 无源电路元件 .....	(8)
1.3.1 电阻元件 .....	(8)
1.3.2 电感元件 .....	(10)
1.3.3 电容元件 .....	(11)
1.4 有源电路元件 .....	(12)
1.4.1 独立电源 .....	(12)
* 1.4.2 受控源 .....	(16)
本章小结 .....	(18)
习 题 .....	(19)

## 第 2 章 电路分析基础

2.1 支路电流法 .....	(24)
2.2 叠加原理与等效电源定理 .....	(26)
2.2.1 叠加原理 .....	(27)
2.2.2 等效电源定理 .....	(29)
2.3 正弦交流电路 .....	(34)
2.3.1 正弦量的三要素 .....	(34)
2.3.2 正弦量的相量表示法 .....	(36)
2.3.3 电阻、电感、电容元件的交流电路 .....	(40)
2.3.4 简单正弦交流电路的分析与计算 .....	(47)
2.3.5 电路中的谐振 .....	(57)
2.4 供电与用电 .....	(62)

2.4.1 三相电源与三相负载	(62)
2.4.2 安全用电常识	(69)
2.5 非正弦周期信号电路	(74)
2.5.1 非正弦周期信号的分析	(74)
2.5.2 线性非正弦周期信号电路的分析与计算	(75)
本章小结	(75)
习 题	(78)

### 第 3 章 电路的暂态分析

3.1 换路定律及初始值的确定	(84)
3.2 一阶电路的暂态分析	(86)
3.2.1 零输入响应	(86)
3.2.2 零状态响应	(89)
3.2.3 全响应	(92)
3.3 一阶电路暂态分析的三要素法	(93)
本章小结	(97)
习 题	(98)

### 第 4 章 半导体器件

4.1 半导体二极管	(101)
4.1.1 PN 结及其单向导电性	(101)
4.1.2 半导体二极管的伏安特性和主要参数	(104)
4.1.3 稳压管	(106)
4.2 双极型晶体管	(108)
4.2.1 基本结构和分类	(108)
4.2.2 电流放大原理	(109)
4.2.3 特性曲线和主要参数	(111)
4.3 绝缘栅场效应管	(114)
4.3.1 增强型 MOS 场效应管	(114)
4.3.2 耗尽型 MOS 场效应管	(118)
4.3.3 场效应管的主要参数	(119)
本章小结	(119)
习 题	(120)

### 第 5 章 基本放大电路

5.1 共发射极放大电路	(123)
--------------	-------

5.1.1	电路组成及电压放大原理	(123)
5.1.2	静态分析	(123)
5.1.3	动态分析	(126)
5.1.4	静态工作点的稳定	(133)
5.2	射极输出器	(137)
5.2.1	静态分析	(137)
5.2.2	动态分析	(137)
* 5.3	场效应管放大电路	(140)
5.3.1	静态分析	(140)
5.3.2	动态分析	(141)
5.4	多级放大电路	(142)
5.4.1	多级放大电路的级间耦合方式	(142)
5.4.2	阻容耦合多级放大电路的分析	(144)
5.5	差分放大电路	(145)
5.5.1	静态分析	(145)
5.5.2	动态分析	(146)
5.5.3	差分放大电路的输入输出方式	(148)
5.6	互补对称功率放大电路	(149)
5.6.1	功率放大电路的特点	(150)
5.6.2	OCL 互补对称功率放大电路	(151)
5.6.3	OTL 互补对称功率放大电路	(153)
	本章小结	(154)
	习 题	(155)

## 第 6 章 集成运算放大器及其应用

6.1	集成运算放大器简介	(160)
6.1.1	电路组成原理	(160)
6.1.2	主要参数	(162)
6.1.3	电压传输特性和电路模型	(163)
6.1.4	理想集成运放及其分析方法	(164)
6.2	放大电路中的负反馈	(166)
6.2.1	负反馈的基本概念	(166)
6.2.2	交流负反馈的类型及其判别	(167)
6.2.3	负反馈对放大电路性能的影响	(172)

6.3 集成运算放大器的线性应用 .....	(174)
6.3.1 基本运算电路 .....	(175)
6.3.2 测量放大器 .....	(182)
6.4 集成运算放大器的非线性应用 .....	(185)
6.4.1 电压比较器 .....	(185)
* 6.4.2 方波发生器 .....	(189)
6.5 RC 正弦波振荡电路 .....	(191)
6.5.1 自激振荡的基本原理 .....	(191)
6.5.2 RC 文氏电桥式振荡器 .....	(192)
本章小结 .....	(195)
习 题 .....	(196)

## 第 7 章 直流稳压电源

7.1 整流、滤波和稳压电路 .....	(202)
7.1.1 单相桥式整流电路 .....	(202)
7.1.2 滤波电路 .....	(204)
7.1.3 串联型稳压电路 .....	(207)
7.2 可控整流电路 .....	(210)
7.2.1 晶闸管 .....	(210)
7.2.2 单相可控整流电路 .....	(213)
本章小结 .....	(218)
习 题 .....	(218)

## 第 8 章 组合逻辑电路

8.1 集成门电路 .....	(221)
8.1.1 基本逻辑门电路 .....	(222)
8.1.2 TTL 集成门电路 .....	(225)
8.1.3 MOS 集成门电路 .....	(231)
8.2 逻辑代数及其应用 .....	(234)
8.2.1 逻辑代数的基本定律 .....	(234)
8.2.2 逻辑函数的表示方法 .....	(235)
8.2.3 逻辑函数的代数法化简 .....	(236)
8.3 组合逻辑电路的分析与设计 .....	(238)
8.3.1 组合逻辑电路的分析 .....	(238)
8.3.2 组合逻辑电路的设计 .....	(240)

8.4 编码、译码与数字显示·····	(244)
8.4.1 编码器·····	(244)
8.4.2 译码器和数字显示·····	(246)
本章小结·····	(252)
习 题·····	(253)

## 第 9 章 时序逻辑电路

9.1 双稳态触发器·····	(258)
9.1.1 基本 RS 触发器·····	(258)
9.1.2 同步触发器·····	(260)
9.1.3 主从型 JK 触发器·····	(264)
9.1.4 边沿触发器·····	(265)
9.2 寄存器与计数器·····	(267)
9.2.1 寄存器·····	(267)
9.2.2 计数器·····	(269)
* 9.3 半导体存储器 and 可编程逻辑器件·····	(280)
9.3.1 只读存储器·····	(280)
9.3.2 随机存取存储器·····	(282)
9.3.3 可编程逻辑器件·····	(284)
本章小结·····	(292)
习 题·····	(293)

## 第 10 章 数字技术应用电路

10.1 集成 555 定时器及其应用·····	(299)
10.1.1 555 定时器·····	(299)
10.1.2 由 555 定时器构成的无稳态触发器·····	(300)
10.1.3 由 555 定时器构成的单稳态触发器·····	(302)
* 10.1.4 由 555 定时器构成的施密特触发器·····	(304)
10.2 模拟量与数字量的转换·····	(306)
10.2.1 数模转换器·····	(306)
10.2.2 模数转换器·····	(309)
本章小结·····	(313)
习 题·····	(313)

## 第 11 章 变压器和电动机

11.1 磁 路·····	(316)
---------------	-------

11.1.1	铁磁材料的磁性能	(316)
11.1.2	磁路的基本定律	(318)
11.1.3	简单磁路分析	(319)
11.2	变压器	(321)
11.2.1	变压器的工作原理	(322)
11.2.2	变压器的额定值和特性	(326)
* 11.2.3	自耦变压器及仪用互感器	(328)
11.3	电动机	(330)
11.3.1	三相交流异步电动机的结构和原理	(330)
11.3.2	三相异步电动机的电磁转矩和机械特性	(337)
11.3.3	三相异步电动机的使用	(338)
11.3.4	单相异步电动机	(342)
* 11.4	控制电机	(344)
11.4.1	交流伺服电动机	(344)
11.4.2	步进电动机	(345)
	本章小结	(347)
	习 题	(348)

## 第 12 章 电气自动控制

12.1	继电器接触器控制	(352)
12.1.1	常用低压控制电器	(352)
12.1.2	三相异步电动机基本控制电路	(357)
12.1.3	继电器接触器控制电路图的阅读方法	(365)
12.2	可编程控制器	(366)
12.2.1	可编程控制器的结构和工作原理	(366)
12.2.2	可编程控制器的编程语言和基本指令	(369)
* 12.2.3	可编程控制器的应用举例	(373)
	本章小结	(376)
	习 题	(377)

	电工电子技术试题	(381)
--	----------	-------

	部分习题参考答案	(386)
--	----------	-------

	电工电子技术试题答案	(397)
--	------------	-------

	中英文名词对照	(399)
--	---------	-------

	参考文献	(402)
--	------	-------

# 第 7 章

## 直流稳压电源

许多电子设备和自动控制装置通常需要由直流电源供电。目前广泛采用由交流电源经整流、滤波和稳压所得到的直流稳压电源,其中,整流环节根据所用整流元件的不同,又分为不可控整流与可控整流。不可控整流采用二极管作为整流元件,主要用来向小功率的电子设备提供电压恒定的直流电。可控整流一般采用大功率的晶闸管作为整流元件,主要用来向直流电动机等大功率负载提供电压可调的直流电。

### 7.1 整流、滤波和稳压电路

所谓整流就是利用二极管的单向导电性把交流电变换为直流电。滤波的目的是除去整流后单向脉动电压中含有的交流分量。由于整流、滤波后的电压受电网电压或负载波动的影响较大,还需经稳压电路才能获得稳定的电压。下面分别对整流、滤波和稳压电路加以分析。小型直流电源一般采用单相交流电供电,本节只讨论单相整流电路。

#### 7.1.1 单相桥式整流电路

图 7.1.1 为单相桥式整流电路,图中整流变压器 Tr 将电网电压  $u_1$  变换为合适的交流电压  $u_2$ ,四个整流二极管接成电桥形式,其中  $D_1$  和  $D_2$  的阴极连在一起作为输出直流电压的正极性端; $D_3$  和  $D_4$  的阳极连在一起作为输出电压的负极性端。

设二极管是理想元件,且  $u_2 = \sqrt{2}U_2 \sin \omega t$  V。当  $u_2$  在正半周时,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,同时  $D_2$ 、 $D_4$  因承受反向电压而截止。此时电流  $i_{D1}$  的路径为: $a \rightarrow D_1 \rightarrow R_L \rightarrow D_3 \rightarrow b$ ,如图中实线所示。电路中各电压、电流的关系为

$$u_o = u_2, i_o = i_{D1} = \frac{u_2}{R_L}$$

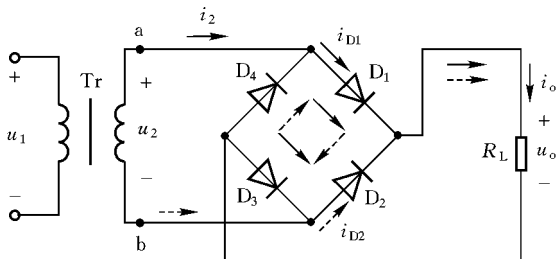


图 7.1.1 单相桥式整流电路

当  $u_2$  在负半周时, 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,  $D_1$ 、 $D_3$  则因承受反向电压而截止, 此时电流  $i_{D2}$  的路径为:  $b \rightarrow D_2 \rightarrow R_L \rightarrow D_4 \rightarrow a$ , 如图中虚线所示。电路中各电压、电流的关系为

$$u_o = -u_2, \quad i_{D1} = 0, \quad i_o = i_{D2} = \frac{u_2}{R_L}$$

可见, 无论电压  $u_2$  是在正半周还是负半周, 流过负载电阻  $R_L$  的电流方向始终不变, 因此在负载电阻  $R_L$  上得到的电压  $u_o$  是大小变化而方向不变的脉动电压。整流电路的电压和电流波形如图 7.1.2 所示。

由图 7.1.2 所示负载电压  $u_o$  的波形可求得其平均值为

$$U_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} U_2 \sin \omega t \, d\omega t = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} U_2 = 0.9 U_2 \quad (7.1.1)$$

式中  $U_2$  是变压器副边电压  $u_2$  的有效值。由此可求出负载电流  $i_o$  的平均值为

$$I_o = \frac{U_o}{R_L} \quad (7.1.2)$$

桥式整流电路中, 每个二极管只导通半周, 导通角为  $\pi$ , 因而通过每个二极管的平均电流是负载电流平均值的一半, 即

$$I_D = \frac{1}{2} I_o \quad (7.1.3)$$

由二极管两端电压  $u_{D1}$  的波形可见, 每个二极管实际承受的最大反向电压为

$$U_{DRM} = \sqrt{2} U_2 \quad (7.1.4)$$

从图 7.1.2 还可看出, 通过变压器二次绕组电流  $i_2$  仍是正弦电流, 其有效值为

$$I_2 = \frac{U_2}{R_L} = \frac{U_o}{0.9 R_L} = 1.11 I_o \quad (7.1.5)$$

目前封装成整体的多种规格的桥式整流器已批量生产, 使用时可查阅有关资料。此为试读, 需要完整PDF请访问: [www.ertongbook.com](http://www.ertongbook.com)

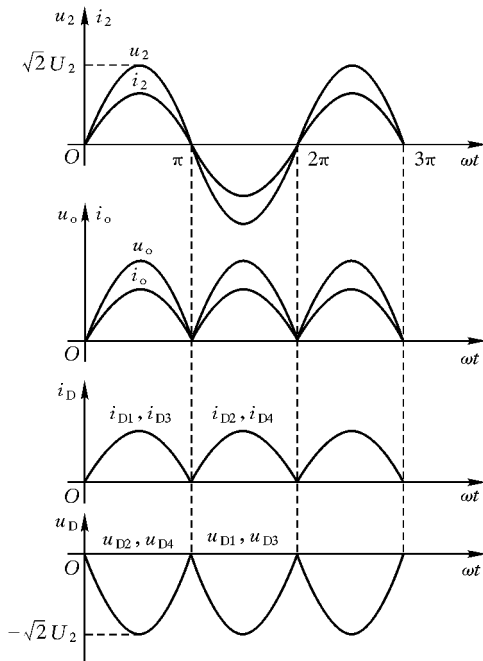


图 7.1.2 桥式整流电路的波形

## 7.1.2 滤波电路

通常利用电容或电感元件的电抗特性,滤去脉动直流电压中的交流分量,从而获得平滑的直流电。

图 7.1.3 是具有电容滤波的桥式整流电路及其电压、电流波形,图中的二极管均为理想元件。电容滤波的基本原理是利用电容的充放电特性,使负载电压趋于平滑。

当  $u_2$  在正半周且  $u_2 > u_o$  时,二极管  $D_1$  和  $D_3$  导通,电源一方面向负载提供电流,同时也向电容  $C$  充电,当充电电压达到最大值  $U_{2m}$  后,  $u_2$  开始下降,但只要  $u_2 > u_o$ ,电源将继续对电容  $C$  充电,直到  $u_2 = u_o$ ,  $u_2$  进一步下降,而电容两端电压不能突变,二极管  $D_1$  和  $D_3$  将因承受反向电压而截止。此时电容  $C$  将通过负载电阻  $R_L$  放电,为负载继续供电,放电时间常数为  $\tau_2 = R_L C$ ,其值一般较大,所以负载两端电压将以指数规律缓慢下降。

当  $u_2$  在负半周时,工作情况与上述类似,只不过是在  $|u_2| > u_o$  时导通的二极管是  $D_2$  和  $D_4$ 。图 7.1.3(b) 是经电容滤波后的输出电压和二极管电流波形,由图

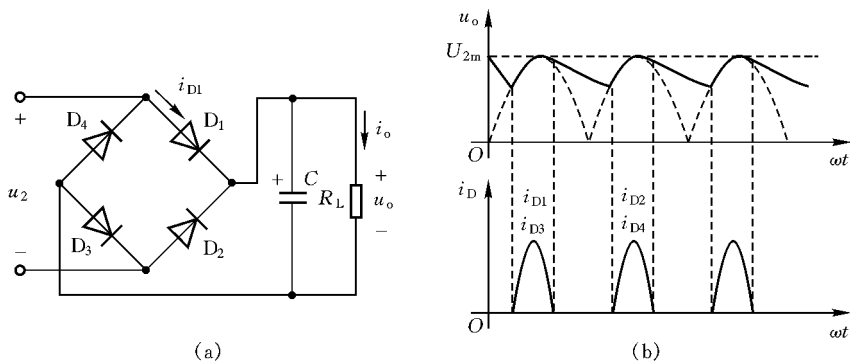


图 7.1.3 单相桥式整流电容滤波电路及其波形  
(a) 电路图; (b) 波形图

中  $u_o$  的波形可见, 采用电容滤波后, 输出电压  $u_o$  的脉动减小, 平均值提高。

为了得到平滑的负载电压, 一般取

$$R_L C \geq (3 \sim 5) \frac{T}{2} \tag{7.1.6}$$

式中  $T$  为交流电压的周期, 输出电压的平均值  $U$ 。常按下式估算

$$U_o = 1.2U_2 \tag{7.1.7}$$

式中  $U_2$  为  $u_2$  的有效值。

电容滤波电路只有  $R_L C$  数值较大时, 才能使输出电压的脉动分量较小, 但过大的电容将使整流元件承受更大的冲击电流。为解决上述矛盾, 可采用 II 型滤波器或 LC 滤波器。如图 7.1.4 所示。

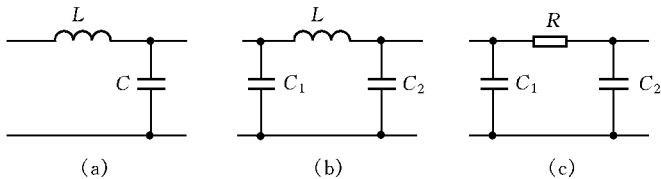


图 7.1.4 其他形式的滤波电路  
(a) LC 滤波; (b) II 型 LC 滤波; (c) II 型 RC 滤波

如图 7.1.4(a) 所示 LC 滤波电路中, 由于电感线圈中的电流发生变化时, 将会产生自感电动势阻碍电流的变化, 因而使负载电流和负载电压的脉动大为减小, 频率愈高, 自感电动势愈大, 滤波效果愈好。LC 滤波电路适合于负载电流较大, 要求输出电压脉动很小的场合。如果要求输出电压的脉动更小, 可以在 LC 滤波电

路的前端再并联一个电容,这就是所谓的Ⅱ型LC滤波电路,如图7.1.4(b)所示,它的滤波效果比LC滤波电路更好,但流过整流二极管的冲击电流也较大。

由于电感线圈的体积大、成本高,所以在小型电子设备中常用电阻代替电感,即采用RC滤波电路,如图7.1.4(c)所示。由于 $C_2$ 的高频容抗较小,所以高频交流分量将主要降在电阻 $R$ 上,负载电压中的交流分量将大为减小,从而起到了滤波作用, $R$ 愈大,滤波效果愈好。但 $R$ 过大,将使输出直流压降损失过多,所以这种电路只适合于负载电流较小而又要求输出电压脉动较小的场合。

**【例 7.1.1】** 已知交流电源电压频率为 50 Hz,现设计出直流电压 30 V,负载电流 50 mA 的单相桥式整流电容滤波电路,要求:(1)求电源变压器二次绕组电压  $u_2$  的有效值  $U_2$ ; (2)选择整流二极管及滤波电容器。

**【解】** (1)变压器二次绕组电压有效值

$$U_2 = \frac{U_o}{1.2} = \frac{30}{1.2} = 25 \text{ V}$$

(2)每个二极管的平均电流

$$I_D = \frac{1}{2}I_o = \frac{1}{2} \times 50 = 25 \text{ mA}$$

二极管承受的最大反向电压

$$U_{\text{DRM}} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2} \times 25 = 35 \text{ V}$$

查手册,可选用整流二极管 2CZ51D( $I_F = 50 \text{ mA}$ ,  $U_{\text{RM}} = 100 \text{ V}$ ),也可选用硅桥堆 QL-1 型( $I_F = 50 \text{ mA}$ ,  $U_{\text{RM}} = 100 \text{ V}$ )。

(3)选择滤波电容器

负载电阻

$$R_L = \frac{U_o}{I_o} = \frac{30}{50} = 0.6 \text{ k}\Omega$$

由式(7.1.6),取  $R_L C = 4 \times \frac{T}{2} = 2T = 2 \times \frac{1}{50} = 0.04 \text{ s}$ 。由此得到滤波电容器

$$C = \frac{0.04}{R_L} = \frac{0.04}{600} = 66.6 \text{ }\mu\text{F}$$

若考虑电网电压波动 $\pm 10\%$ ,则电容器承受的最高电压为

$$U_{\text{CM}} = \sqrt{2}U_2 \times 1.1 = \sqrt{2} \times 25 \times 1.1 = 38.5 \text{ V}$$

选用标称值为 68  $\mu\text{F}/50 \text{ V}$  的电介质电容器。

### 【练习与思考】

**7.1.1** 如图 7.1.1 所示单相桥式整流电路,试分析该电路出现下述故障时,电路会出现什么现象? (1)二极管  $D_1$  的正、负极性接反; (2)  $D_1$  击穿短路;

(3)  $D_1$  断路。

**7.1.2** 具有电容滤波的整流电路,当负载电阻一定时,如果增大滤波电容值,对整流二极管的参数要求有何变化?

### 7.1.3 串联型稳压电路

交流电经整流滤波后,一般负载上可获得比较平滑的直流电压,但它往往会随电网电压的波动或负载的变化而变化,所以在要求直流电压稳定的场合,还必须采取稳压措施。

最简单的稳压电路可由稳压管构成,其电路如第 4 章习题 4.06 所示。稳压管稳压电路结构简单,所用元件较少,但它的输出电压固定不可调,输出电流也因受到稳压管最大稳定电流的限制而较小,稳压精度也不够高。因此,在要求直流电源具有高稳定精度、较大输出电流的场合常采用具有电流放大作用的串联型晶体管稳压电路,它也是集成稳压电源的基础。

#### 1. 电路的组成与稳压原理

图 7.1.5 是一典型的串联型稳压电路,它是由取样电路、基准电压、比较放大和调整管等部分组成。图中电阻  $R_1$ 、 $R_2$  和电位器  $R_p$  组成一分压器,称为取样电路。 $R_3$  和稳压管  $D_Z$  为  $T_2$  的发射极提供较稳定的基准电压  $U_Z$ 。 $T_2$ 、 $R_C$  和  $D_Z$  组成一单管放大电路。晶体管  $T_1$  处于放大状态,其基极电位的变化使得电压  $U_{CE1}$  的大小发生改变,从而使输出电压稳定,称  $T_1$  为调整管。图中  $R_C$  既是  $T_2$  的集电极电阻又是  $T_1$  的基极偏置电阻。

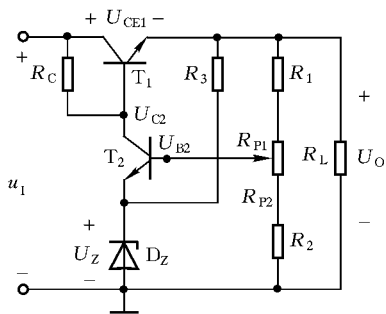


图 7.1.5 串联型稳压电路

图 7.1.5 电路的稳压原理如下:当输入电压  $u_1$  波动或负载变化引起输出电压  $U_O$  增加时,取样电压  $U_{B2}$  ( $U_{B2} = \frac{R_{p2} + R_2}{R_1 + R_2 + R_p} U_O$ ) 也将增加,使  $T_2$  管的基极电压  $U_{BE2}$  增加,基极电流  $I_{B2}$  和集电极电流  $I_{C2}$  随之增加, $T_2$  管的集电极电压  $U_{C2}$  下降,因此  $T_1$  管的基极电流  $I_{B1}$  和集电极电流  $I_{C1}$  下降, $U_{CE1}$  增加, $U_O$  下降,从而使输出电压  $U_O$  保持基本稳定。其自动调整过程可表示如下:

$$U_O \uparrow \xrightarrow{\text{取样}} U_{B2} \uparrow \rightarrow U_{BE2} (= U_{B2} - U_Z) \uparrow \rightarrow I_{C2} \uparrow \rightarrow U_{C2} (= U_{B1}) \downarrow \rightarrow I_{C1} \downarrow \rightarrow U_{CE1} \uparrow \rightarrow U_O \downarrow$$

设晶体管  $T_2$  的发射结电压  $U_{BE}$  可忽略,则

$$U_Z = \frac{R_{P2} + R_2}{R_1 + R_2 + R_P} U_O$$

式中  $R_P$  为电位器的阻值, 则稳压电路的输出电压为

$$U_O = \frac{R_1 + R_2 + R_P}{R_{P2} + R_2} U_Z \quad (7.1.8)$$

可见, 通过调节电位器的阻值可以调节输出电压的大小。由上述自动调节过程可以看出, 串联型稳压电路实际是一个串联电压负反馈电路, 具有稳定输出电压的能力。由于调整管  $T_1$  与负载电阻  $R_L$  相串联, 所以称为串联型稳压电路。

## 2. 集成稳压电路

把串联型稳压电路中的各种元件及引线集成在同一硅片上, 即构成单片集成稳压电路。常用的有三端式集成稳压器, 它有输入、输出和公共端三个引出端。三端集成稳压器又分为输出固定电压和可调电压两种类型, 每一种又有输出正电压和输出负电压之分。三端集成稳压器内部设有完善的过流、过温和短路保护电路, 使用时安全可靠, 加之接线简单, 维护方便, 因此应用十分广泛。

国产三端式集成稳压器有 W7800(输出正电压)和 W7900(输出负电压)系列, 图 7.1.6 为其外形和管脚图。W7800 和 W7900 系列的最大输出电流可达 1.5 A, 输出电压有 5 V、6 V、8 V、9 V、10 V、12 V、15 V、18 V 和 24 V。器件型号中的后两位数字代表输出电压值, 如 W7805 表示输出电压为 +5 V(对地), W7905 表示输出电压为 -5 V(对地)。在实际应用时除了输出电压和输出电流应该知道外, 还必须注意输入电压的大小, 输入电压至少应高于输出电压 2~3 V, 但也不能超过最大输入电压(一般 W7800 系列为 30~40 V, W7900 系列为 -35~-40 V)。

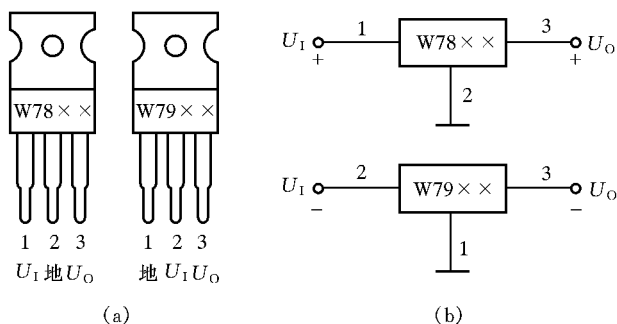


图 7.1.6 三端集成稳压器

(a)外形图; (b)管脚图

图 7.1.7 为输出固定正电压和负电压的电路, 其中  $U_1$  是经整流、滤波后的电

压, 电容  $C_1$  用于防止产生高频自激振荡,  $C_O$  用于改善负载的瞬态响应。

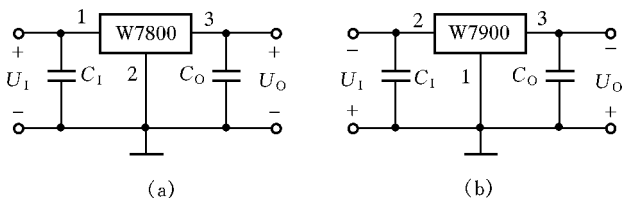


图 7.1.7 固定输出的接法  
(a)输出正电压; (b)输出负电压

虽然三端集成稳压器是作为一个固定输出稳压器设计的, 但如果外接一些元件, 也可以改变其输出电压的大小, 并可使输出电压高于其固定稳定电压。图 7.1.8 是利用稳压器提高三端稳压器输出电压的电路, 其输出电压为

$$U_O = U_{XX} + U_Z \quad (7.1.9)$$

式中  $U_{XX}$  为三端稳压器  $W78 \times \times$  的固定输出电压。

如果需要同时输出正、负两组电压, 可选用  $W7800$  和  $W7900$  按图 7.1.9 接线即可。

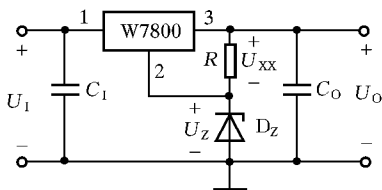


图 7.1.8 扩大输出电压的接法

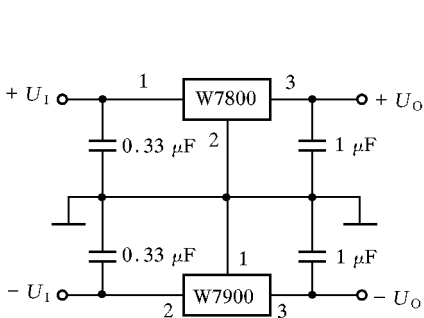


图 7.1.9 同时输出正、负电压的接法

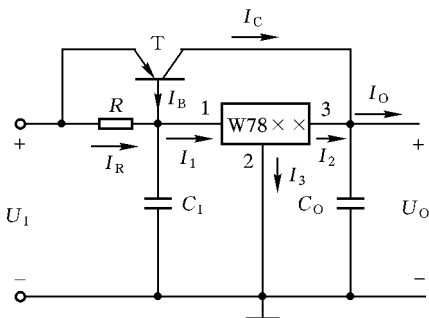


图 7.1.10 扩大输出电流的接法

当负载所需电流大于  $1.5 \text{ A}$  时, 可通过外接功率管来扩大输出电流, 如图 7.1.10 所示。图中  $I_2$  为稳压器的输出电流,  $I_C$  为功率管  $T$  的集电极电流,  $I_R$  为电阻  $R$  中通过的电流,  $I_3$  为稳压器公共端的电流, 其值一般为几毫安, 可略去不计, 即认为  $I_2 \approx I_1$ 。由图 7.1.10 可得