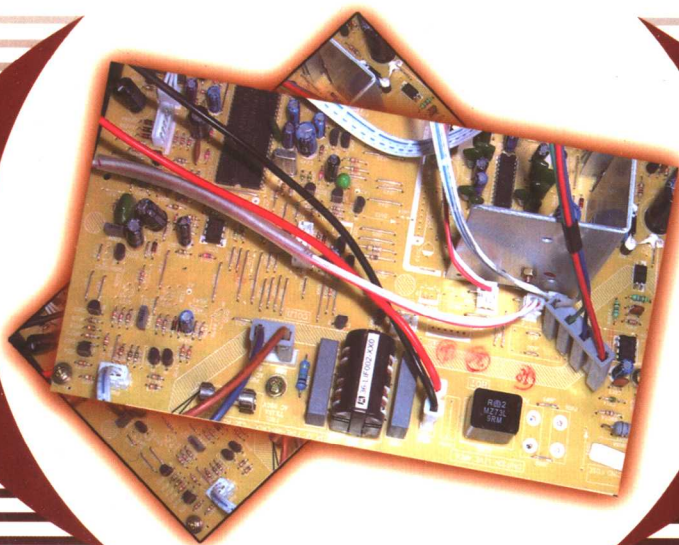


职业技术技能型人才培养教材

稳压电源设计与技能 实训教程

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

稳压电源设计与技能实训教程

孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以普及开关稳压电源基础知识、指导设计与检修稳压电源电路为主线,详细讲解了线性稳压电源、PWM 开关稳压电源、谐振式开关稳压电源等的设计与维修。先以比较简单的线性稳压电源为切入点,逐步深入,然后再扩展到 PWM 开关稳压电源和谐振式开关稳压电源,详细讲解各种稳压电源的原理、特点,以及设计时各种单元电路元器件的选择方法,最后讲解开关电源故障的检修方法。每一章均有综合技能实训,重点对读者检测和应用各种开关电源的技能进行实训指导。

为了检验学习情况,每章均有习题,书后附有习题答案供参考。

本书简明实用,通俗易懂,能使读者结合实际即学即用,适合作为高、中等职业学校电子技术应用专业的教材,也可作为电子技术岗位的从业人员的技能培训教材,同时可供电子企业和机电企业的生产技术人员及广大电子爱好者学习参考。

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

稳压电源设计与技能实训教程 / 孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2007.9

ISBN 978-7-121-05091-6

I. 稳… II. 孙… III. ① 稳压电源—电源电路—电路设计 ② 稳压电源—电源电路—实训 IV. TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 147544 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市金码印装有限公司

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: 17.5 字数: 426 千字

印 次: 2007 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 28.00 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。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前 言

电源是各种电器设备能量的来源，电源的质量是决定电器设备运行正常与否的关键。稳压电源往往是各种设备的重要组成部分，它提供电压电流，就像一个人的心脏一样向全身供给所需要的血液。为了帮助读者设计出满意的稳压电源，并能熟练地检修稳压电源电路故障，我们编写了这本《稳压电源设计与技能实训教程》，集中讨论稳压电源设计与维修技术。

1. 以基本电路为切入点

本书以基本的稳压电源电路为基础，并在此基础上介绍线性稳压电源和开关式稳压电源的典型单元应用电路的设计以及元器件技术参数的选用方法，其目的就是为了使读者能熟练地掌握这些知识去设计出满意的开关电源产品来。

2. 以对比方式介绍典型同类电路

本书在编写时采用对比方法，将各种同功能、使用同样数量晶体管或同样数量引脚的电源控制集成电路组成的开关电源电路同时介绍给读者。通过对比归纳，全面介绍各自的组成特点及工作原理，其目的是为了使读者今后能顺利地读懂其他同类新电路，也为检修稳压电源故障打下良好的理论基础，使维修同类电源故障时能顺利找到切入点。

3. 采用逐步深入的编排方式

本书在编排上，从最基础、最简单的知识或电路入手，然后逐步深入介绍较复杂的电路，其目的是由浅入深，使读者能尽快掌握基本稳压电源技术，进而设计出更多、更先进的开关电源电路来，并能顺利地排除稳压电源出现的各种简单和复杂故障。

4. 设置习题供总结提高

稳压电源尤其是开关电源技术是一门运用半导体功率器件实现电能的高效率变换，将粗电转换为精电，以满足供电质量要求的技术。为了使读者能真正掌握基础知识，本书在每章之后均设置了习题，供读者检查自己的学习情况，可起到总结提高的作用。

5. 适合初学者阅读

本书特别适合初学者，不仅可以使初学者提高阅读电路图的能力，还可以帮助读者快速正确地处理实际工作中遇到的问题（如开关电源产品开发、开关电源性能改进、开关电源及线性稳压电源等的故障排除），并在开关电源电路设计和开关电源故障维修中获得有益的启迪。

本书的另一特点是浅显易懂、图文并茂、取材新颖、资料丰富、实用性强，许多单元电路和典型基本电路或典型应用实例，具有拿来即可为己所用的显著特点，对于典型应用实例中的一些电路还可作为维修稳压电源（线性稳压电源和开关稳压电源）的参考电路图。

本书由孙余凯、吴鸣山、项绮明等编著。参加本书编写的还有项天任、吕颖生、许风

生、薛广英、孙余平，吴永平、金宜全、项宏宇、吕晨、王五春、刘忠梅、周志平、王华君、陈帆、谭长义、孙余正等。

在本书编写过程中，参考过国内外有关报刊，并引用其中一些资料，在此谨向有关单位和作者一并致谢。同时对给予我们支持和帮助的专家及有关部门深表谢意！

由于稳压电源（尤其是开关电源）技术发展极为迅速，涉及面广，加上我们水平有限，书中难免有错误与不妥之处，真诚希望专家和读者批评指正。

图书联系方式：tan-peixiang@phei.com.cn

编著者
2007年6月

目 录

第 1 章 稳压电源基本知识	1
1.1 常用电源的类型与特点	1
1.1.1 线性电源	1
1.1.2 开关电源	2
1.2 常用稳压电源的基本组成	4
1.2.1 线性稳压电源	4
1.2.2 开关稳压电源	5
1.3 常用稳压电源的基本原理	7
1.3.1 线性稳压电源	7
1.3.2 串联开关稳压电源	8
1.3.3 并联开关稳压电源	9
1.3.4 脉冲变压器耦合开关稳压电源	11
1.4 常用稳压电源的特性和适用场合	12
1.4.1 常用稳压电源的特性	13
1.4.2 衡量稳压电源质量的主要技术指标	14
1.4.3 常用稳压电源的适用场合	15
1.5 综合技能实训	15
1.5.1 整流二极管检测实训	16
1.5.2 整流桥堆检测实训	18
1.5.3 稳压二极管检测实训	20
1.5.4 开关电源集成电路检测实训	23
本章小结	25
习题 1	25
第 2 章 稳压电源输入电路	27
2.1 稳压电源抗干扰电路	27
2.1.1 线性稳压电源抗干扰电路	27
2.1.2 开关电源电磁干扰的类型及来源	28
2.1.3 开关电源电磁干扰的测试	29
2.1.4 抑制开关电源电磁干扰的基本措施	29
2.1.5 开关稳压电源抗干扰常用电路	31
2.2 整流电路	33
2.2.1 整流电路的类型	34
2.2.2 整流元件参数的计算	35

2.3 滤波电路.....	37
2.3.1 滤波电路常用元件.....	37
2.3.2 滤波电路类型.....	37
2.4 其他类型整流滤波电路.....	40
2.4.1 二倍压整流电路.....	40
2.4.2 三倍压整流电路.....	41
2.4.3 整流电路归纳总结.....	42
2.5 综合技能实训.....	42
2.5.1 半波整流电路实训.....	42
2.5.2 二倍压整流电路实训.....	43
2.5.3 桥式整流电路实训.....	44
本章小结.....	45
习题 2.....	45
第 3 章 基本线性稳压电源.....	47
3.1 硅稳压管稳压电路.....	47
3.1.1 硅稳压管稳压电路工作原理.....	47
3.1.2 硅稳压管稳压电路参数选择举例.....	48
3.2 串联型晶体管稳压电路.....	49
3.2.1 最简单的串联型晶体管稳压电路.....	49
3.2.2 具有放大环节的串联稳压电路.....	50
3.2.3 串联型稳压电路稳压性能的改进.....	52
3.2.4 串联型稳压电源的保护电路.....	54
3.3 集成线性稳压电路.....	56
3.3.1 三端固定正电压输出稳压电路.....	56
3.3.2 三端固定负电压输出稳压电路.....	57
3.3.3 三端可调电压输出稳压电路.....	57
3.3.4 线性集成稳压电源原理.....	60
3.3.5 三端固定稳压 IC 典型应用电路.....	61
3.3.6 三端可调稳压 IC 典型应用电路.....	64
3.4 线性稳压电源设计方法.....	65
3.4.1 基本串联型稳压电源的设计.....	65
3.4.2 基本集成三端稳压电源设计.....	69
3.5 综合技能实训.....	75
3.5.1 直流稳压电源参数检测实训.....	75
3.5.2 6 V 稳压电源安装实训.....	77
本章小结.....	78
习题 3.....	78

第4章 开关稳压电源基本单元电路	81
4.1 开关电源逆变电路	81
4.1.1 开关电源逆变电路的类型	81
4.1.2 晶体管自激式逆变电路	82
4.1.3 晶体管他激式逆变电路	84
4.1.4 集成电路逆变电路	87
4.2 电源控制集成电路	87
4.2.1 集成式开关稳压源控制电路类型	88
4.2.2 集成式开关稳压电路机理	88
4.2.3 开关电源 PWM 控制电路	89
4.2.4 开关电源谐振式控制电路	94
4.3 开关电源其他单元电路	107
4.3.1 开关变压器	107
4.3.2 输出级电路	110
4.3.3 功率开关与驱动电路	112
4.3.4 电压反馈电路	116
4.3.5 启动和供电电路	119
4.3.6 保护电路	122
4.3.7 其他电路	130
4.4 综合技能实训	132
4.4.1 肖特基二极管检测实训	132
4.4.2 功率开关 MOS 管检测实训	134
4.4.3 开关电源参数测试实训	135
本章小结	138
习题 4	138
第5章 基本分立元器件开关稳压电源电路	141
5.1 由 1 只晶体管组成的开关稳压电源电路	141
5.1.1 电路组成	141
5.1.2 电路工作原理	142
5.1.3 另一种由 1 只晶体管构成的开关电源电路	143
5.2 由 2 只晶体管组成的开关稳压电源电路	145
5.2.1 电路组成	145
5.2.2 电路工作原理	145
5.2.3 另一种由 2 只晶体管组成的开关稳压电源电路	147
5.3 由 3 只晶体管组成的开关稳压电源电路	148
5.3.1 电路组成	148
5.4 由 4 只晶体管组成的开关稳压电源电路	151
5.4.1 电路组成	151

5.4.2	电路工作原理.....	152
5.4.3	其他几种由 4 只晶体管组成的开关稳压电源电路.....	155
5.5	由 5 只晶体管组成的开关稳压电源电路.....	157
5.5.1	电路组成.....	157
5.5.2	电路工作原理.....	158
5.5.3	另一种由 5 只晶体管组成的开关稳压电源电路.....	160
5.6	由 7 只晶体管组成的开关稳压电源电路.....	162
5.6.1	电路组成.....	162
5.6.2	电路工作原理.....	163
5.7	由 10 只晶体管组成的开关稳压电源电路.....	169
5.7.1	电路组成.....	169
5.7.2	电路工作原理.....	170
5.8	分立元器件开关电源制作调整技能实训.....	171
5.8.1	实训指导.....	172
5.8.2	安装实训要求.....	173
5.8.3	调试实训要求.....	174
5.8.4	写实训报告.....	175
	本章小结.....	175
	习题 5.....	175
第 6 章	基本 IC 开关电源电路.....	177
6.1	3 引脚电源 IC 组成的开关电源电路.....	177
6.1.1	由 TOP223Y 构成的开关电源电路.....	177
6.1.2	由 TOP224 构成的开关电源电路.....	185
6.1.3	由 TOP212YA1 构成的开关电源电路.....	187
6.2	4 引脚电源 IC 组成的开关电源电路.....	188
6.2.1	由 5L0380R 构成的开关电源电路.....	188
6.2.2	由 TNY266P 构成的开关电源电路.....	190
6.2.3	由 1L0380R 构成的开关电源电路.....	192
6.2.4	由 TOP232P 构成的开关电源电路.....	193
6.3	5 引脚电源 IC 组成的开关电源电路.....	195
6.3.1	由 KA3S0680R 构成的开关电源电路.....	195
6.3.2	由 STRS5314 构成的开关电源电路.....	197
6.3.3	由 DP308P 构成的开关电源电路.....	199
6.3.4	由 STR—F6656 构成的开关电源电路.....	201
6.4	6 引脚电源 IC 组成的开关电源电路.....	202
6.5	7 引脚电源 IC 组成的开关电源电路.....	204
6.5.1	由 STRM6559LF 构成的开关电源电路.....	204
6.5.2	由 STRM6831AF04 构成的开关电源电路.....	210

6.5.3	由 STRM6529F04 构成的开关电源电路	212
6.6	8 引脚电源 IC 组成的开关电源电路	213
6.6.1	由 TDA16833 构成的开关电源电路	214
6.6.2	由 TEA1522P 构成的开关电源电路	216
6.6.3	由 TDA4605 构成的开关电源电路	219
6.6.4	由 KA7552 构成的开关电源电路	224
6.6.5	由 L6565 构成的开关电源电路	227
6.6.6	由 FA5315 构成的开关电源电路	227
6.7	其他引脚 IC 组成的开关电源电路	229
6.7.1	由 TDA16846 构成的开关电源电路	229
6.7.2	由 STRZ4267 构成的开关电源电路	233
6.7.3	由 TDA4919 构成的开关电源电路	237
6.8	综合技能实训	239
6.8.1	读识分立元器件开关电源电路实训	239
6.8.2	读识集成电路开关电源电路实训	239
	本章小结	242
	习题 6	243
第 7 章	电源稳压电路故障检修方法	245
7.1	线性电源故障检修	245
7.1.1	电源变压器的检修	245
7.1.2	整流滤波电路的检修	245
7.2	开关电源故障检修	248
7.2.1	开关电源的故障特征	248
7.2.2	检修开关电源常用的方法	249
7.2.3	检修开关电源应注意的问题	253
7.2.4	开关电源无电压输出故障检修方法	254
7.2.5	开关电源瞬间有输出故障检修方法	254
7.2.6	开关电源输出电压升高故障检修方法	255
7.2.7	开关电源输出电压变化故障检修方法	257
7.2.8	开关电源易损元件故障现象	258
7.2.9	3 只晶体管组成的开关电源检修	260
7.2.10	谐振式开关电源故障检修	260
7.3	开关电源故障检测实训	264
	本章小结	265
	习题 7	265
附 录 A		267
	习题 1 习题答案	267
	习题 2 习题答案	267

习题 3 习题答案.....	267
习题 4 习题答案.....	267
习题 5 习题答案.....	268
习题 6 习题答案.....	268
习题 7 习题答案.....	268
参考文献.....	269

第 1 章 稳压电源基本知识

在所有单元电路和电子设备的整机中，都必须有直流电源才能正常工作。它们对直流电源的要求是多种多样的，不同设备对电源的电压、电流、稳定度及纹波等的要求各不相同，而提供直流能源的方式也是多种多样的。

- 消耗功率较小的设备：例如晶体管收音机及电子计算器、电子玩具等，可使用化学电池。
- 移动设备：如飞机、汽车与拖拉机、轮船上的电子设备，常使用直流发电机或蓄电池。
- 现代化电子设备：如各种测试设备、通信系统、计算机系统、电视机、影碟机、家用音响系统、办公电子设备等，都是将电网的交流电源经过整流、滤波和稳压等一系列变换获得必需的稳定直流电源。因此直流电源的性能将直接影响整机的可靠性及其性能指标。本章将介绍与电源电路设计与维修有关的基本知识。

1.1 常用电源的类型与特点

这里所说的常用电源是指由电网电压变换后得到的直流电源。主要有线性电源和开关电源两大类。

1.1.1 线性电源

线性电源的类型较多，根据其分类方法的不同而有多种。

1. 根据使用的整流管数量不同分类

整流滤波电源根据其使用的整流管数量的不同可分为：半波整流滤波电路，如图 1-1 (a) 所示；全波整流滤波电路，如图 1-1 (b) 所示；桥式整流滤波电路，如图 1-1 (c) 所示。

2. 根据稳压方式不同分类

根据稳压方式不同分类，线性电源又可分为并联稳压方式和串联稳压方式。

(1) 并联稳压方式

所谓并联稳压方式是指：稳压调整元件与负载 R_L 相并联的一种稳压方法。

(2) 串联稳压方式

所谓串联稳压方式是指：稳压调整元件与负载 R_L 相串联的一种稳压方式。

并联型稳压方式多采用稳压二极管组成稳压电路，这类电路结构简单，调试方便，常在小型电子设备中广泛采用。但它存在两个缺点：首先，输出电压受稳压管限制，不能随意调节；其次，输出电流受稳压管允许工作电流的限制，一般只有数十毫安，不能供给较大的负载电流。

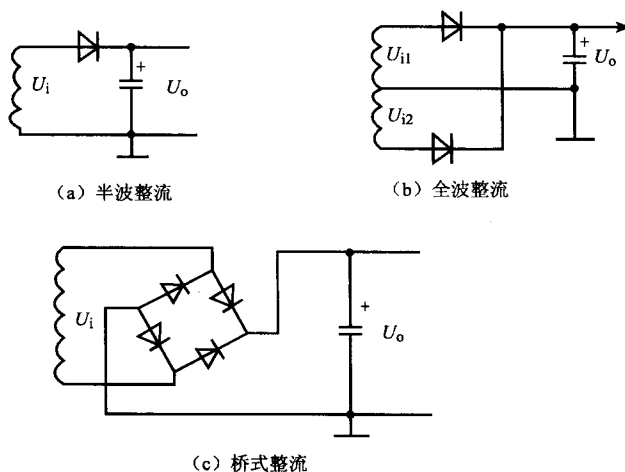


图 1-1 常见的三种整流滤波电路

串联型稳压方式的电路中设置了调整晶体管，调整晶体管起着调整输出电压的作用，故其性能优于并联型稳压方式，应用范围最广。

3. 根据电路结构不同分类

串联型稳压方式根据电路结构的不同又可分为：简单串联型稳压电源、带有放大环节的串联型稳压电源、具有辅助电源的串联型稳压电源、具的差动放大器的串联型稳压电源、具有过载保护电路的稳压电源，采用复合管作调整管的串联型稳压电源等。

4. 根据使用的元器件不同分类

根据使用的元器件不同分类，线性电源又可分为：分立元器件线性稳压电源电路和集成电路线性稳压电源电路。

1.1.2 开关电源

开关稳压电源是 20 世纪 70 年代以来发展非常迅速的新技术，被广泛应用于各个领域。

开关稳压电源的效率，开关管工作在开关状态，功耗小，所以开关电源的工作效率可达 80%~90%。而通常的线性调整式稳压电源的效率仅达 50%左右。开关稳压电源的稳压范围宽，它是将交流市电整流后的直流电压通过开关管的开关作用将直流电变换成交流脉冲，再经过整流滤波将交流脉冲变成直流电压，所以，只要开关电路能够正常工作，就能够输出稳定的直流电压。

由于开关电源允许输入的电压大范围地变化，故特别适用于电网电压波动较大的地区使用。

开关稳压电源的种类繁多，电路形式也各种各样，根据分类方式的不同有多种。

1. 根据开关管在电路中的连接方式分类

根据开关管在电路中的连接方式不同分类，可分为串联型开关稳压电源，并联型开关稳压电源和脉动变压器耦合式开关电源，前两者应用最广泛。

(1) 并联型开关稳压电源

所谓并联型开关稳压电源是指：储能电感与负载采用并接方式连接的一种电源电路。

(2) 串联型开关稳压电源

所谓串联型开关稳压电源是指：储能电感与负载采用串接方式连接的一种电源电路。

并联型开关电路中开关管截止时，集电极和发射极两端承受的电压为输入电压与电感感应电压之和，为串联型开关电路的2倍，对开关管耐压要求较高；但并联型开关电源可设置多只不同电感量的储能电感，以同时提供多路输出电压，因此并联型开关电源应用也较广泛。

2. 根据开关管的激励方式不同分类

根据开关管的激励方式不同分类，开关电源可分为自激式开关稳压电源和他激式开关稳压电源。

(1) 自激式开关稳压电源

自激式开关稳压电源是由开关管和开关变压器（脉冲变压器）构成的正反馈环路，来完成自激振荡的，其工作特点与间歇振荡器相似。

(2) 他激式开关稳压电源

他激式开关稳压电源是另加一个振荡器，振荡器产生的开关脉冲加在开关管上，用来控制开关管的导通与截止，使开关电路工作并输出直流电压。

3. 根据使用的器件种类不同分类

根据使用的器件种类不同分类，可分为由分立元器件组成的开关稳压电源和由集成电路组成的开关稳压电源。

4. 根据稳压的控制方式不同分类

根据稳压的控制方式不同分类，开关稳压电源可分为脉冲调宽式和脉冲调频式两种。

(1) 脉冲调宽式开关稳压电源

所谓脉冲调宽式开关稳压电源是指：由相关电路对开关的脉冲宽度进行调制的一种稳压电路。

(2) 脉冲调频式开关稳压电源

所谓脉冲调频式开关稳压电源是指：由相关电路对开关的脉冲频率进行调制的一种稳压电路。

5. 其他开关稳压电源

(1) 根据误差取样方式分类

从误差取样方式来分类，还有间接取样和直接取样开关电源两种。

(2) 根据输出电压高低分类

根据输出电压的高低不同分类，可以分为升压式开关稳压电源和降压式开关稳压电源。

(3) 根据电压和频率是否变动分类

根据电压和频率是否变动分类，可以分为恒压恒频式开关稳压电源和变压变频式开关稳压电源。

(4) 根据效率高低的不同分类



根据效率高低的不同分类,可分为 PWM (脉宽调制) 和高效率的谐振式开关电源。

高效率的谐振式开关电源是由基本的 PWM 开关电源演变而来的。通常主要用于需要电源具有更轻的重量和更小的体积,并且对电磁噪声(干扰)有严格要求的场合,如航空航天电子设备、便携式设备及模块电源等。

PWM 开关电源比线性电源具有更高的效率和灵活性,通常应用于要求高效率和多组电源电压输出的场合。开关电源的重量要比线性电源轻得多,因为对于相同的输出功率,开关电源的散热器要小得多。但开关电源的成本较高。

另外还有单端式、推挽式、半桥式和全桥式开关电源等。

6. 常用电源特点对比

从目前使用的情况来看,用量较多的三种常用电源主要是:线性电源、脉宽调制(PWM)开关电源和高效率的谐振式开关电源。表 1-1 中列出了各种电源的技术特点。

表 1-1 四种电源的技术特点

项目	线性电源	PWM 开关电源	谐振变换开关电源	准谐振开关电源
RF 噪声	无	高	居中	居中
效率 (%)	35~50	70~85	78~92	78~92
多路输出	无	有	有	有
重量	高	中偏低	中偏低	中偏低
价格	低	高	高	最高

1.2 常用稳压电源的基本组成

线性稳压电源大多采用电源变压器,将交流 220 V 市电变为交流低压,然后经整流、滤波得到直流低压后提供给稳压电路作稳压处理。

而开关电源大多是直接将交流 220 V 市电经整流滤波后提供给稳压电路作稳压处理。

1.2.1 线性稳压电源

线性直流稳压电源电路的结构方框图如图 1-2 所示。图中给出了各关键点上的波形,供理解电路时参考。该电路通常由电源变压器、整流电路、滤波电路、稳压电路以及保护电路五个部分组成。

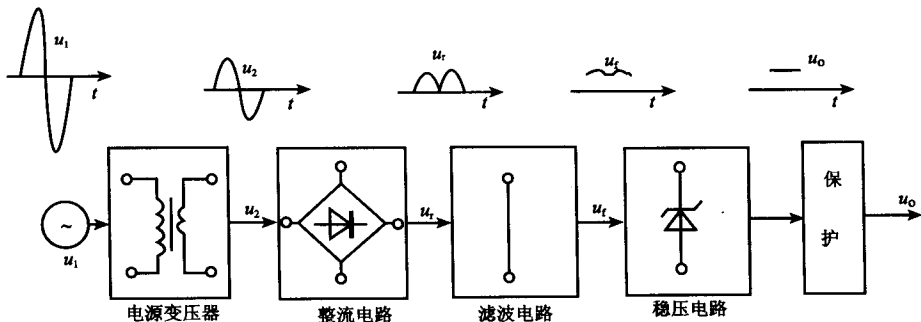


图 1-2 线性直流稳压电源电路结构方框图

1. 变压部分

电网提供的交流电压一般为 220 V (或 380 V), 而各种电子设备所需的直流电压幅值各不相同。因此, 常需要先将电网电压经电源变压器降压, 然后再去进行整流、滤波和稳压, 最后得到所需要的直流电压幅值。

2. 整流部分

整流部分的作用是利用具有单向导电性能的整流元件 (一般为半导体二极管), 将正负交替的正弦交流电压变成单方向的脉动电压。但是, 这种单向脉动电压包含着很大的脉动成分, 距理想的直流电压相差很远, 如图 1-2 中的 u_i 波形。

3. 滤波部分

滤波部分一般是由电容器、电感器等储能元件组成的, 其作用是尽可能地将单向脉动电压中的脉动成分滤掉, 使输出电压成为比较平滑的直流电压, 如图 1-2 中的 u_f 波形。但是, 当电网电压或负载电流发生变化时, 滤波器输出的直流电压的幅值也将随之发生变化, 在要求比较高的电子设备中, 这种电源是不符合要求的。

4. 稳压部分

稳压部分一般是由稳压器件 (例如稳压二极管、晶体三极管、稳压集成块等电子器件构成的电路) 组成的, 其作用是采取某些措施, 使脉冲系数减小, 使输出的直流电压在电网电压或负载电流发生变化时保持稳定, 以进一步提高输出电压的稳定性, 如图 1-2 中的 u_o 波形。

5. 保护电路

当由于某种偶然因素或误操作使负载短路或输出电流过大时, 保护电路启动工作, 以保护电路元件不至被损坏。

1.2.2 开关稳压电源

虽然开关稳压电源的类型较多, 电路组成也较复杂, 但它们的基本原理是不变的, 一般都由图 1-3 所示的一些功能方框图为主构成。

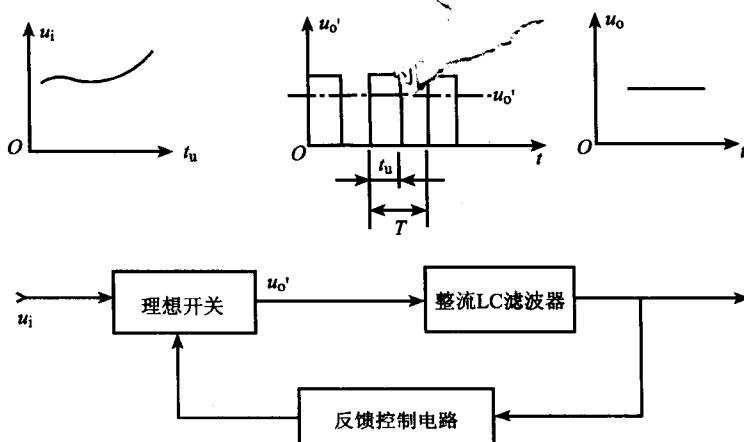


图 1-3 开关稳压电源结构方框图及波形图



1. 输入电压 u_i

输入电压一般为整流、滤波后的不稳定电压，该电压提供给开关电路。

2. 理想开关电路

理想开关对输入电压 u_i 进行开关振荡，产生出频率在 15~50 kHz 范围的开关脉冲电压送到后级整流及 LC 滤波器。

3. 整流及 LC 滤波器

整流及 LC 滤波器对理想开关电路送来的开关脉冲进行整流和滤波，产生出稳定的直流输出电压。

4. 反馈控制电路

反馈控制电路对输出电压 u_o （见图 1-3）进行取样，得到的误差电压对理想开关进行负反馈控制，以保证输出电压的稳定。

5. 工作过程

假设理想开关的开关周期为 T ，接通时间为 t_o ，如果开关频率远大于电源频率，则在开关的一个周期内可以不考虑输入电压 u_i 中的纹波，把 u_i 视为常量。因此，开关输出电压就是幅度为 u_i 、周期为 T 、脉冲宽度为 t_o 的周期性矩形脉冲 u_o ，如图 1-3 中所示。

用 LC 滤波器滤去交流成分后，输出端便得到直流电压 u_o' ，当 u_o 增加或减小时由反馈电路产生控制信号去控制脉冲的占空系数 d ，使之减小或增加，从而实现了稳定输出电压的目的。

6. 脉冲调制电路的类型

在开关稳压电源中，保证输出直流电压的稳定是一个核心问题，通常都是由“脉冲调制电路”来实现的。脉冲调制电路通常分为脉冲宽度调制方式和脉冲频率方式两种。两者的工作原理基本相同，均是采用控制开关脉冲的占空比来实现稳压目的的，也就是通过控制开关管的导通时间与开关周期的比值来使输出的电压稳定的。

（1）脉冲宽度调制

所谓脉冲宽度调制是指：开关工作频率受一标准频率（例如在彩色电视机中利用行扫描频率）锁定，使开关脉冲周期恒定，稳压过程中是通过改变开关管的导通时间，即开关脉冲波形的占空比来达到直流输出电压的稳定。

（2）脉冲频率调制

所谓脉冲频率调制，它也是通过控制开关管的导通时间来稳定输出直流电压的，即开关脉冲宽度受控于输出直流电压的变化量，而其开关工作频率也跟着变化。当输出直流电压升高时，脉冲频率调制电路促使开关管导通时间缩短（开关电源的工作频率也随之会升高）。

当开关管导通时间缩短以后，就会使储能元件中储存的能量减少，最终就会使输出电压下降，达到了稳定输出电压的目的。

7. 其他方面说明

近年来，随着电子技术的发展，用于开关稳压电源电路中的新器件越来越多，在电路结构上也进行较大的改进和提高。开关稳压电源也由分立元器件逐步发展到了厚膜集成电路。