

电路识图与应用快捷入门丛书



孙余凯 吴鸣山 项绮明 等编著

# 典型开关电源

## 电路识图与应用

# 快捷入门

- ◆ 典型开关电源抗干扰和整流滤波电路的识图与应用
- ◆ 典型分立元器件逆变器和开关电源电路的识图与应用
- ◆ 典型集成电路逆变器和开关电源电路的识图与应用



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

电路识图与应用快捷入门丛书

# 典型开关电源电路识图 与应用快捷入门

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

本书以讲解典型开关电源电路的基础知识为切入点,介绍了开关电源电路识图与应用快捷入门的基础知识及抗干扰与整流滤波电路、分立元器件逆变电路、逆变与控制电路,以及分立元器件与集成电路开关电源实用电路的识图与应用。通过对电子产品中应用的典型电路的结构、工作原理及电路功能的详细讲解,使读者快捷掌握开关电源电路的识图技巧,并能在实践中灵活应用。各章后附有习题供读者练习,以加深对章节内容的理解。

本书分类明确、结构合理、通俗易懂,既可作为中等电子职业学校及相关电子技术学科的教材,也可作为电子产品开发及生产技术人员和广大电子爱好者作为自学参考书。

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

典型开关电源电路识图与应用快捷入门 / 孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.8

(电路识图与应用快捷入门丛书)

ISBN 978-7-121-11636-0

I. ①典… II. ①孙… III. ①开关电源—电路图—识图法 IV. ①TN86

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 161103 号

策划编辑: 谭佩香

责任编辑: 鄂卫华

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

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: 2010 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 36.00 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 [zltz@phei.com.cn](mailto:zltz@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前言

## F O R E W O R D

目前,开关电源电路在电子产品中的应用越来越广泛,各类典型开关电源电路的结构十分繁杂且功能很多,很全。因而,本书采用对比归纳的方法,将不同典型开关电源电路组成的相同功能的典型单元电路归纳起来介绍给读者。在此基础上,重点讲解了各种典型开关电源实用电路识图与应用,使读者全面了解相同功能但不同类型电路的特点,并能对典型开关电源电路进行定性的分析、估测,为灵活应用与识图打下基础。其目的是为了抛砖引玉,教给读者识图的方法与技巧,开拓读者的应用思路,使读者熟悉应用的方法,进而能去多方位、多领域地应用这些开关电源电路,设计制作出功能更新颖、自动化程度更高的应用产品来。

本书以应用为目的设置内容,以典型开关电源电路识图与应用为基础,并在此基础上着重介绍典型开关电源电路的各种应用方法,也适当地介绍一些复杂的组合专用电路。讲解这些通用典型开关电源电路的结构、识图指导和工作原理时,以应用为目的,以使读者掌握它们的功能、特性及应用方法。

本书以初学者为对象设置内容,知识点的讲解全部以项目实例形式体现。最大特点是起点低,从基础知识入手,以讲解识图也应用为基点,逐步深入地介绍开关电源电路典型应用方法,其目的是由浅入深,进而熟能生巧地去应用典型开关电源电路,熟练读懂更加复杂的由开关电源控制集成电路构成的各种单元应用电路,为读者应用这些电路提供了实用范例。

本书以解决问题为重点,突出应用,将知识内容巧妙地融入到对电路识图与应用的讲解中。

本书共分6章,包括典型开关电源电路识图与应用快捷入门的基础知识、典型开关电源抗干扰与整流滤波电路的识图与应用、典型开关电源分立元器件逆变电路的识图与应用、典型开关电源集成电路逆变与控制电路的识图与应用,典型分立元器件开关电源实用电路的识图与应用及典型集成电路开关电源实用电路的识图与应用。各章后附有习题供读者练

习，以加深对章节内容的了解，书后给出了部分习题答案供参考。

本书的另一特点是浅显通俗、图文并茂、取材新颖、资料丰富、实用性强。

本书主要由孙余凯、吴鸣山、项绮明统稿编著，参加本书编写的人员还有：项绮明、项宏宇、王华君、项天任、薛广英、孙余明、陈芳、常乃英、孙静、王国太、刘跃、夏立柱、刘忠梅等。

本书在编写过程中，参考了大量的国外、国内有关电子技术方面的期刊、书籍及资料，在这里谨向作者致谢。限于作者水平有限，书中存在的不足之处，诚请专家和读者批评指正。

编著者

2010年7月

# 目 录

<b>第 1 章 典型开关电源电路识图与应用快捷入门的基础知识</b> .....	<b>1</b>
1.1 开关电源的特点与类型.....	1
1.1.1 开关电源的特点.....	1
1.1.2 开关电源的类型.....	1
1.1.3 常用电源特点对比.....	3
1.2 常用开关稳压电源的基本组成.....	3
1.2.1 开关稳压电源的输入电压.....	3
1.2.2 开关稳压电源的理想开关电路.....	4
1.2.3 开关稳压电源的整流及 LC 滤波器.....	4
1.2.4 开关稳压电源的反馈控制电路.....	4
1.2.5 开关稳压电源的工作过程.....	4
1.2.6 开关稳压电源的脉冲调制电路.....	4
1.3 常用开关稳压电源的基本原理.....	5
1.3.1 串联型开关稳压电源.....	5
1.3.2 并联型开关稳压电源.....	7
1.3.3 脉冲变压器耦合开关稳压电源.....	8
1.4 常用开关稳压电源的特性和适用场合.....	10
1.4.1 开关稳压电路的特性.....	10
1.4.2 开关电源特性对比.....	11
1.4.3 衡量稳压电源质量的主要指标.....	11
1.4.4 开关稳压电源适用场合.....	12
习题一.....	13
<b>第 2 章 典型开关电源抗干扰和整流滤波电路的识图与应用快捷入门</b> .....	<b>15</b>
2.1 抗干扰电路识图与应用的基础知识.....	15
2.1.1 电磁干扰的类型及来源.....	15
2.1.2 电磁干扰的测试方法.....	16
2.1.3 电磁干扰的抑制方法.....	16
2.1.4 开关稳压电源一级 EMI 抗干扰应用电路与识图.....	18

2.1.5	开关稳压电源两级 EMI 抗干扰应用电路与识图	19
2.1.6	开关稳压电源两级共模与差模组合型抗干扰应用电路与识图	19
2.2	整流电路识图与应用的基础知识	21
2.2.1	整流电路的类型与特点	21
2.2.2	整流电路应用指导	23
2.3	滤波电路识图与应用的基础知识	25
2.3.1	滤波电路常用元件	25
2.3.2	滤波电路的类型与特点	25
2.3.3	滤波电路应用指导	27
2.4	其他类型整流滤波电路识图与应用	28
2.4.1	二倍压整流滤波应用电路与识图	28
2.4.2	三倍压整流滤波应用电路与识图	30
2.5	开关电源输入电路识图与应用	30
2.5.1	一级 EMI 抗干扰电路在变频空调器开关电源中的应用与识图	30
2.5.2	二级 EMI 抗干扰电路在彩色电视机开关电源中的应用与识图	33
2.5.3	二级 EMI 抗干扰电路在 DVD 影碟机开关电源中的应用与识图	41
	习题二	43

### 第 3 章 典型开关电源分立元器件逆变器的识图与应用快捷入门 45

3.1	分立元器件开关电源逆变器识图与应用的基础知识	45
3.1.1	开关电源逆变器的分类方式	45
3.1.2	单晶体管自激式逆变应用电路与识图	45
3.1.3	双管推挽自激式逆变应用电路与识图	46
3.1.4	晶体管他激推挽式逆变应用电路与识图	48
3.1.5	晶体管他激全桥式逆变应用电路与识图	49
3.1.6	晶体管他激半桥式逆变应用电路与识图	50
3.2	开关电源变压器与开关晶体的选用	51
3.2.1	开关电源变压器基本知识	51
3.2.2	开关变压器磁芯的选用	53
3.2.3	开关变压器绕组参数确定方法	53
3.2.4	开关晶体的选择应用	56
3.3	分立元器件开关电源逆变器中启动和供电应用电路与识图的基础知识	57
3.3.1	分流式启动和供电应用电路与识图	57
3.3.2	分压式启动和供电应用电路与识图	58
3.3.3	限流式启动和供电应用电路与识图	59
3.3.4	过电流关断式启动和供电应用电路与识图	60
3.4	分立元器件开关电源逆变保护应用电路与识图的基础知识	61

3.4.1	尖峰脉冲抑制保护应用电路与识图 .....	61
3.4.2	齐纳二极管过压限制应用电路与识图 .....	62
3.4.3	晶闸管过压保护应用电路与识图 .....	63
3.4.4	由集成电路构成的过压保护应用电路与识图 .....	63
3.4.5	断电保护应用电路与识图 .....	64
3.5	分立元器件开关电源逆变器待机控制应用电路与识图的基础知识 .....	66
3.5.1	待机控制电路类型 .....	66
3.5.2	单路待机控制应用电路与识图 .....	66
3.5.3	双路待机控制应用电路与识图 .....	67
3.6	分立元器件逆变器组成的开关电源实际应用电路与识图 .....	67
3.6.1	分立元器件逆变器在智能电子设备开关电源电路中的应用与识图 .....	67
3.6.2	分立元器件逆变器在影碟机开关电源电路中的应用与识图 .....	70
3.6.3	分立元器件逆变器在充电器开关电源电路中的应用与识图 .....	74
3.6.4	分立元器件逆变器在传真机开关电源电路中的应用与识图 .....	76
3.6.5	分立元器件逆变器在数字卫星接收机开关电源电路中的应用与识图 .....	78
3.6.6	分立元器件逆变器在 MP3 和 MP4 充电器开关电源电路中的应用与识图 ..	80
3.6.7	分立元器件逆变器在小家电开关电源电路中的应用与识图 .....	81
	习题三 .....	83

## 第 4 章 典型开关电源集成电路逆变器的识图与应用快捷入门 .....

85

4.1	开关电源集成电路逆变器识图与应用的基础知识 .....	85
4.1.1	集成电路逆变器的组成 .....	85
4.1.2	开关电源控制集成电路的应用 .....	86
4.1.3	集成式开关稳压源控制电路类型 .....	86
4.1.4	集成式开关稳压电路工作原理 .....	86
4.2	功率开关与驱动电路的应用 .....	87
4.2.1	普通场效应功率开关管驱动应用电路 .....	87
4.2.2	准图腾柱功率开关驱动应用电路 .....	88
4.2.3	图腾柱功率开关驱动应用电路 .....	89
4.2.4	变压器耦合功率开关驱动应用电路 .....	89
4.2.5	MOSFET 常用功率开关驱动应用电路 .....	90
4.3	电压反馈电路的应用 .....	91
4.3.1	无隔离单输出反馈应用电路 .....	92
4.3.2	无隔离多输出反馈应用电路 .....	92
4.3.3	隔离反馈应用电路 .....	93
4.4	保护电路的应用 .....	96
4.4.1	单管过电流保护应用电路 .....	96



4.4.2	运算放大器组成的过流保护应用电路	96
4.4.3	电流互感器式过流保护应用电路	97
4.4.4	过流限制反馈应用电路	97
4.4.5	输出开路过压保护应用电路	98
4.4.6	输出过压多路保护应用电路	98
4.4.7	输入欠压保护应用电路	99
4.5	电源同步电路的应用	100
4.6	集成电路逆变器组成的开关电源实际应用电路与识图	100
4.6.1	集成电路逆变器在液晶彩色电视机开关电源电路中的应用与识图	100
4.6.2	集成电路逆变器在办公设备开关电源电路中的应用与识图	104
4.6.3	集成电路逆变器在笔记本电脑开关电源电路中的应用与识图	107
4.6.4	集成电路逆变器在手机充电器开关电源电路中的应用与识图	108
4.6.5	集成电路逆变器在影碟机开关电源电路中的应用与识图	110
4.6.6	集成电路逆变器在 MP3、MP4 开关电源电路中的应用与识图	112
4.6.7	集成电路逆变器在空调器开关电源电路中的应用与识图	114
4.6.8	集成电路逆变器在卫星接收机开关电源电路中的应用与识图	116
4.6.9	集成电路逆变器在彩色电视机开关电源电路中的应用与识图	119
4.6.10	集成电路逆变器在小家电开关电源电路中的应用与识图	123
4.6.11	集成电路逆变器在仪表开关电源电路中的应用与识图	126
4.6.12	集成电路逆变器在交流适配器开关电源电路中的应用与识图	127
4.6.13	集成电路逆变器在充电电池开关电源电路中的应用与识图	129
4.6.14	集成电路逆变器在液晶显示器开关电源电路中的识图与应用	130
4.6.15	集成电路逆变器在打印机开关电源电路中的应用与识图	133
	习题四	137

## 第 5 章 典型分立元器件开关电源实用电路的识图与应用快捷入门 139

5.1	1 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	139
5.1.1	由 1 只晶体管构成的 3 V 开关电源充电应用电路与识图	139
5.1.2	由 1 只晶体管构成的 5 V、15 V 开关电源应用电路与识图	141
5.2	2 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	143
5.2.1	由 2 只晶体管构成的 15 V 开关电源应用电路与识图	143
5.2.2	由 2 只晶体管构成的开关电源充电应用电路与识图	146
5.3	3 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	148
5.3.1	由 3 只晶体管构成的开关电源蓄电池充电应用电路与识图	148
5.3.2	由 3 只晶体管构成的 15 V 开关电源应用电路与识图	152
5.4	4 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	154
5.4.1	由 4 只晶体管构成的 +110 V 开关电源应用电路与识图	154

5.4.2	由 4 只晶体管构成的+12 V、+18 V、+32 V 开关电源应用电路与识图	159
5.5	5 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	160
5.5.1	由 5 只晶体管构成的+5 V 开关电源应用电路与识图	160
5.5.2	由 5 只晶体管构成的+130 V、+27 V、+18 V 开关电源应用电路与识图	161
5.5.3	由 5 只晶体管构成的彩色电视机开关电源应用电路与识图	165
5.6	6 只或 7 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	168
5.6.1	由 6 只晶体管构成的开关电源充电应用电路与识图	168
5.6.2	由 7 只晶体管构成的喷墨打印机开关电源应用电路与识图	170
5.6.3	由 7 只晶体管构成的彩色电视机维修用开关电源应用电路与识图	171
5.7	10 只晶体管分立元器件开关电源实用电路的识图与应用	173
	习题五	177

## 第 6 章 典型集成电路开关电源实用电路的识图与应用快捷入门 179

6.1	B、C 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	179
6.1.1	由集成电路 BTS412 构成的开关电源应用电路与识图	179
6.1.2	由集成电路 CA555 构成的开关电源应用电路与识图	181
6.2	D 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	182
6.2.1	由集成电路 DN—41 构成的开关电源应用电路与识图	182
6.2.2	由集成电路 DH321 构成的开关电源应用电路与识图	184
6.2.3	由集成电路 DM0565R 构成的开关电源应用电路与识图	187
6.3	F 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	189
6.3.1	由集成电路 FA5304A 构成的开关电源应用电路与识图	189
6.3.2	由集成电路 FA5315 构成的开关电源应用电路与识图	190
6.4	I 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	192
6.4.1	由集成电路 ICE2A0565 构成的开关电源应用电路与识图	192
6.4.2	由集成电路 ICE3B5565P 构成的开关电源应用电路与识图	195
6.5	K 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	197
6.5.1	由集成电路 K7H319 构成的开关电源应用电路与识图	197
6.5.2	由集成电路 KA3S0680R 构成的开关电源应用电路与识图	198
6.6	L 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	201
6.6.1	由集成电路 LTC1147L 构成的开关电源应用电路与识图	201
6.6.2	由集成电路 L4960 构成的开关电源应用电路与识图	202
6.7	M 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	204
6.7.1	由集成电路 MC44608P40 构成的开关电源应用电路	204
6.7.2	由集成电路 MC34063A 构成的开关电源应用电路	207
6.8	N 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	208
6.8.1	由集成电路 NCP1215 构成的开关电源应用电路	208

6.8.2	由集成电路 NCP1200P100 构成的开关电源应用电路与识图	210
6.9	ST 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	212
6.9.1	由集成电路 STRM6559LF 构成的开关电源应用电路	212
6.9.2	由集成电路 STRZ4267 构成的开关电源应用电路	218
6.10	TD 和 TE 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	223
6.10.1	由集成电路 TDA16833 构成的开关电源应用电路	223
6.10.2	由集成电路 TDA16846 构成的开关电源应用电路	226
6.10.3	由集成电路 TEA1522P 构成的开关电源应用电路	232
6.11	TN 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	234
6.11.1	由集成电路 TNY266P 构成的开关电源应用电路与识图	234
6.11.2	由集成电路 TNY266 构成的开关电源充电应用电路与识图	235
6.12	TO 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	237
6.12.1	由集成电路 TOP223Y 构成开关电源应用电路与识图	237
6.12.2	由集成电路 TOP221P 构成的开关电源应用电路与识图	243
6.13	TW 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	244
6.13.1	由集成电路 TWH8751 构成的开关电源应用电路	244
6.13.2	由集成电路 TWH8778 构成的开关电源应用电路与识图	245
6.14	U、V 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	246
6.14.1	由集成电路 UC3843AN 构成的开关电源应用电路	246
6.14.2	由集成电路 VIPER12A 构成的开关电源应用电路与识图	247
6.15	W 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	250
6.15.1	由集成电路 W78XX 构成的开关稳压电源应用电路	250
6.15.2	由集成电路 W7805 构成的开关/线性两用稳压电源应用电路与识图	250
6.16	1L、5L 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	251
6.16.1	由集成电路 1L0380R 构成的开关电源应用电路与识图	251
6.16.2	由集成电路 5L0380R 构成的开关电源应用电路与识图	254
6.16.3	由集成电路 5L0265R 构成的开关电源应用电路	256
6.17	5M 系列集成电路开关电源实用电路的识图与应用	258
6.17.1	由集成电路 5M0380R 构成的开关电源应用电路与识图	258
6.17.2	由集成电路 5M02659R 构成的开关电源应用电路与识图	261
	习题六	264

附录 A	习题答案	267
------	------	-----

参考文献		270
------	--	-----

# 第 1 章 典型开关电源电路识图与应用快捷入门的 基础知识

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。

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。本章将介绍与典型开关电源电路识图与应用快捷入门必备的有关基础知识。

## 1.1 开关电源的特点与类型

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。

### 1.1.1 开关电源的特点

开关稳压电源的效率高，开关管工作在开关状态，功率损耗小，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转换成交流脉冲信号电压，再经过整流滤波将交流脉冲信号电压变成直流电压，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。

### 1.1.2 开关电源的类型

开关稳压电源的种类繁多，电路形式也多种多样，根据分类方式的不同可分为若干种。

#### 1. 根据开关管在电路中的连接方式不同分类

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，特介绍如下。

##### (1) 并联型开关稳压电源

并联型开关稳压电源是指储能电感器与负载采用并联方式连接的一种电源电路。

##### (2) 串联型开关稳压电源

串联型开关稳压电源是指储能电感器与负载采用串联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器感应电压之和，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器，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信号加在开关管上，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信号调宽式和脉冲信号调频式两种。

#### (1) 脉冲信号调宽式开关稳压电源

脉冲信号调宽式开关稳压电源是指由相关电路对开关的脉冲信号宽度进行调制的一种稳压电路。

#### (2) 脉冲信号调频式开关稳压电源

脉冲信号调频式开关稳压电源是指由相关电路对开关的脉冲信号频率进行调制的一种稳压电路。

### 5. 根据误差取样方式不同分类

从误差取样方式来分类，开关电源还有间接取样和直接取样两种。

### 6. 根据输出电压高低不同分类

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。

### 7. 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。

### 8. 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。

### 1.1.3 常用电源特点对比

从目前使用的情况来看，使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 4 种电源的技术特点。

表 1-1 四种电源的技术特点

项 目 \ 名 称	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 常用开关稳压电源的基本组成

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 1-1 所示的结构方框图及信号波形构成。

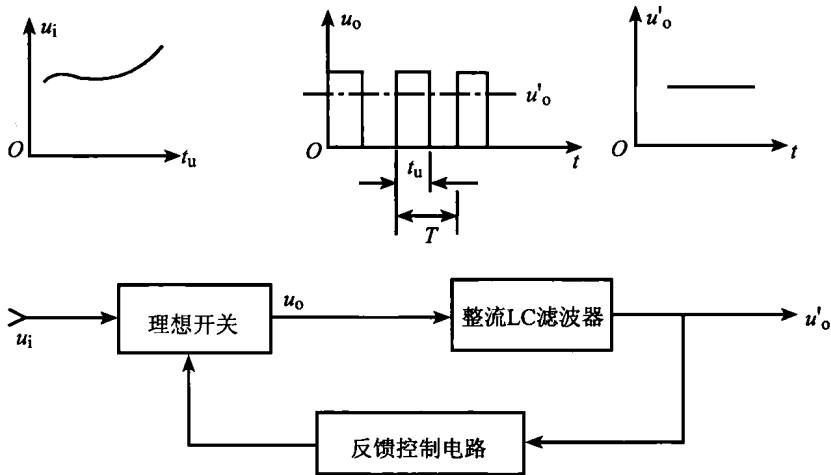


图 1-1 开关稳压电源结构方框图及信号波形

### 1.2.1 开关稳压电源的输入电压

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。

## 1.2.2 开关稳压电源的理想开关电路

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 范围内的开关脉冲信号电压送到后级整流及 LC 滤波电路中。

## 1.2.3 开关稳压电源的整流及 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信号进行整流和滤波，产生出稳定的直流输出电压。

## 1.2.4 开关稳压电源的反馈控制电路

反馈控制电路对输出电压  $u_o$ （如图 1-1 所示）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。

## 1.2.5 开关稳压电源的工作过程

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 1-1 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  $u_o$  增大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  $d$ ，使之减小或增大，从而实现稳定输出电压的目的。

## 1.2.6 开关稳压电源的脉冲调制电路

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调制方式两种。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

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，即开关脉冲信号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

脉冲频率调制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时，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，达到稳定输出电压的目的。

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了较大的改进和提高。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。

厚膜集成电路是将分立元器件开关电源电路中的取样电路、基准电路、比较放大电路、脉冲调制电路、开关管等集成在一块集成电路内，由此可使开关稳压电源的元器件数量大幅度地减小，开关电源的可靠性得到进一步提高。

微电子技术的迅速发展，也使开关稳压电源厚膜集成电路的集成度越来越高，新技术的应用也越来越多。例如“过零检测”和逻辑控制电路等先进数字电路的引入，也使开关稳压电源的稳压特性越来越好，保护功能越来越完善，故障率也必将越来越低。

### 1.3 常用开关稳压电源的基本原理

在电子电路中，用得较多的是串联型开关稳压电源、并联型开关稳压电源与脉冲变压器耦合开关稳压电源，现将这3类稳压电源的工作原理分别介绍如下。

#### 1.3.1 串联型开关稳压电源

串联型开关稳压电源是指开关管串联在输入电压与负载电路之间的一种工作方式的电源电路。

##### 1. 串联开关稳压电源的组成

串联型开关稳压电源结构方框图如图1-2所示。主要由开关管、取样电路、比较放大电路、基准电路、脉冲调宽电路等组成。

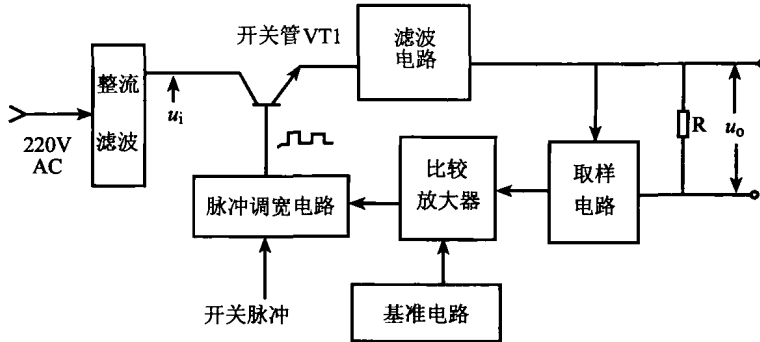


图1-2 串联型开关稳压电源结构方框图

##### 2. 串联型开关稳压电源的稳压过程

当输入的交流电压或负载电流发生变化时，就会使输出电压  $u_o$  发生变化。这一变化的电压，由取样电路将变化量取出后与基准电压进行比较，得到的误差电压经比较放大器放大以后，去控制（即调制）开关脉冲的宽度，以使输出的直流电压稳定。

由以上分析可看出，脉冲调宽电路的作用，就是对开关脉冲的宽度进行调制，也就是用误差电压作为调制信号，使开关脉冲宽度受误差电压的控制。

##### 3. 串联型开关稳压电源的特点

串联型开关稳压电源的效率较高，而且工作效率与输入电压  $u_i$  的大小无关。不过，由



于串联型开关稳压电源未使用电源变压器，且其开关管的输入端和整流滤波电路输出的直流电压直接相连（整流滤波电路通常是直接将市电 220 V 交流电压整流滤波后输出），故电路地线往往会带电，属于热底板方式。

#### 4. 串联型开关稳压电源的基本电路

串联型开关电源的基本电路如图 1-3 所示。在该电路中，VT1 为开关管，VD1 为续流二极管，L 为储能电感器，C 为滤波电容器， $R_L$  为负载电阻器。

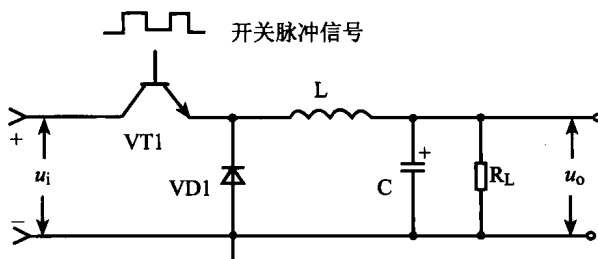


图 1-3 串联型开关电源的基本电路

开关管 VT1 串联在输入电压  $u_i$  与负载  $R_L$  之间。当开关管 VT1 的基极有开关脉冲信号输入时，开关管就会周期性地开关而处于饱和导通和截止两种状态。

二极管 VD1 的作用与彩色电视机行输出电路中的阻尼二极管十分相似，与开关管处于相反的工作状态。当开关管 VT1 导通时，VD1 二极管则截止；而当开关管 VT1 截止时，VD1 则导通，由此就可使  $R_L$  负载中有连续的电流通过。VD1 的这种续流特性，通常称其为续流二极管。

设置了 VD1 二极管，不仅提高了电路的工作效率，而且也改善了输出直流电压中的纹波。

##### (1) VT1 基极输入正脉冲

当开关管 VT1 的基极有正脉冲输入时，VT1 就会正偏饱和导通，其 c-e（集电极与发射极）之间电压降近似为 0 V，开关管导通后输出的  $u_i$  电压（整流滤波后的电压）分为两路：一路加到续流二极管 VD1 的负极上，使其反偏截止；

另一路经 L、C、 $R_L$  形成回路，回路电流经 L 对电容器 C 进行充电，也对  $R_L$  负载供电。由于电感器是一种储能元件，故当该回路中有电流流入（或电流断开）时，电感器会以磁场能的形式将能量储存起来。

##### (2) VT1 基极输入负脉冲

当开关管 VT1 的基极有负脉冲输入时，VT1 就会反偏截止，从而切断了输入电压  $u_i$  向负载供电的通路。但由于电感器中的电流不会突变，在电感器中会感应出右正、左负的电电压。该电压就会使续流二极管正偏导通，储存在电感器 L 中的能量就会通过 VD1 导通的二极管继续向电容器 C 充电，同时也为负载提供工作电流，也就是电感器中储存的磁能被转换为电容器的电能或向负载释放，以维持负载电流的连续性。

在图 1-3 所示电路中，电感器 L 和电容器 C 组成的 LC 滤波电路具有很好的滤波特性，用于滤除输出直流电压中的开关脉冲频率的纹波及谐波分量，以使开关电源输出的直流电压更加纯净。