

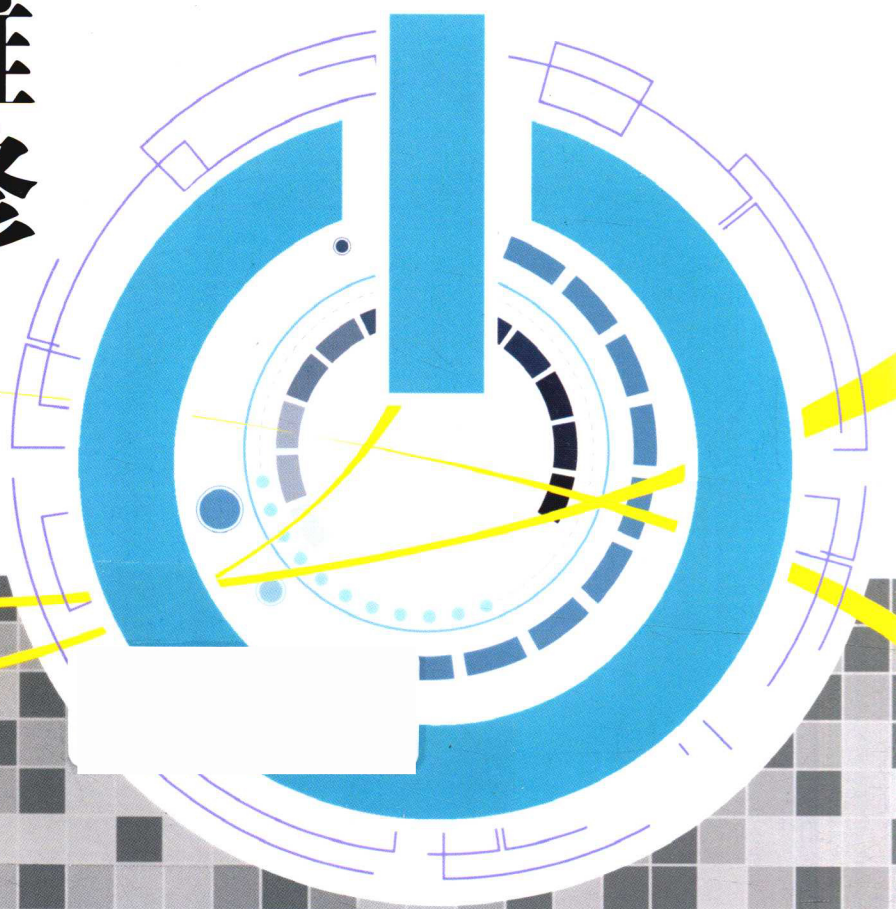
名师指引
看得懂·学得会

刘建清◎主编

第3版



开关电源维修 从入门到精通



中国工信出版集团

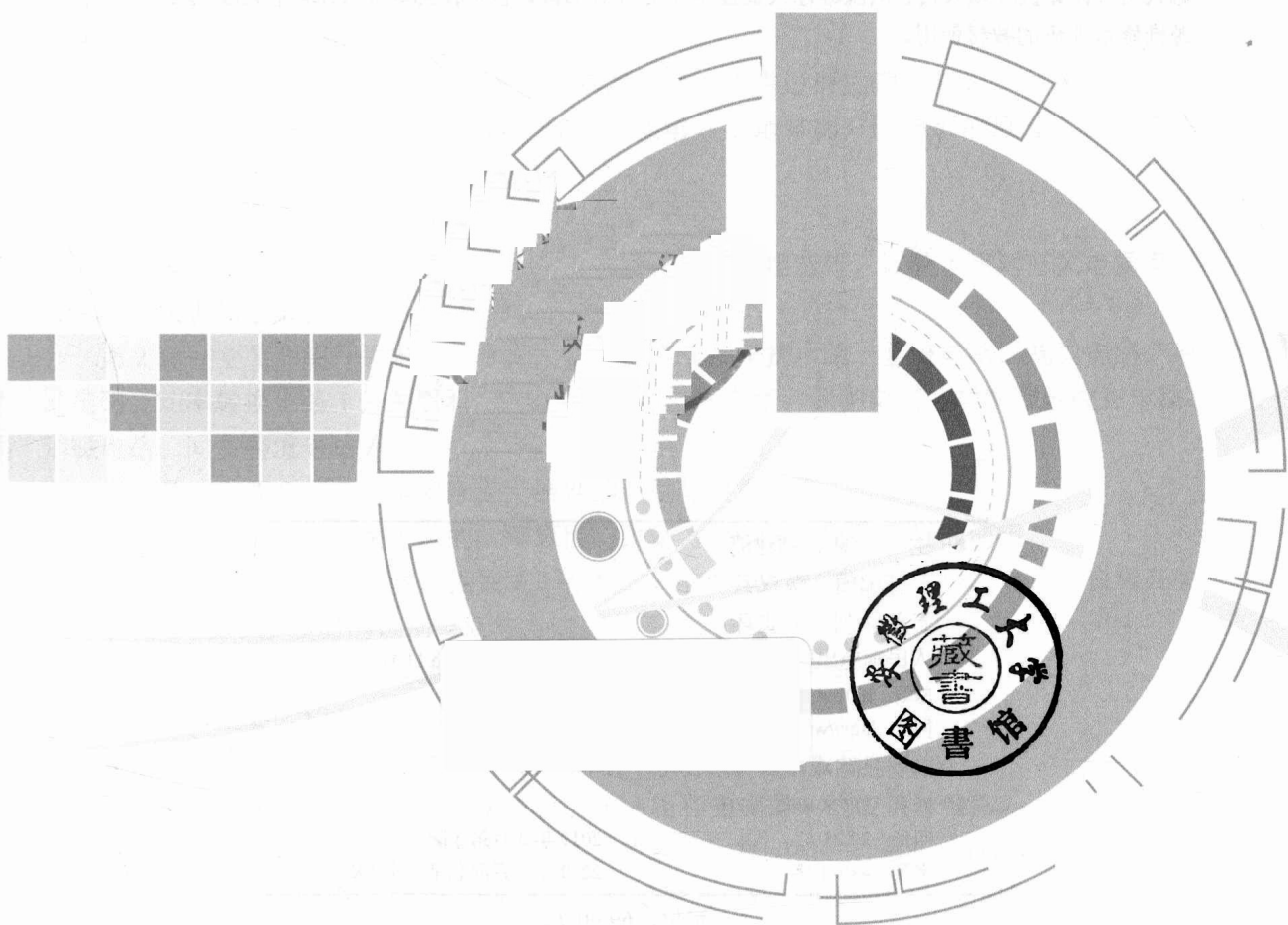


人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

开关电源维修 从入门到精通

第3版

刘建清 © 主编



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

开关电源维修从入门到精通 / 刘建清主编. — 3版

. — 北京: 人民邮电出版社, 2019.3

ISBN 978-7-115-50772-3

I. ①开… II. ①刘… III. ①开关电源—维修 IV.
①TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第034160号

内 容 提 要

这是一本专门讲解开关电源原理与维修的图书,采用新颖的讲解形式,深入浅出地介绍了各种开关电源的组成、原理与维修技巧,归纳总结了用示波器维修开关电源以及用电源模块维修开关电源的方法与技巧,并给出了大量极具参考价值的维修实例,可供日常维修时参考查阅。

全书语言通俗,简单明了,重点突出,图文结合,具有较强的针对性和实用性,适合广大的家电维修人员、计算机维修人员、电源维修人员及电子爱好者阅读,也可作为职业技术学院相关专业及开关电源维修培训班的教材使用。

◆ 主 编 刘建清

责任编辑 黄汉兵

责任印制 彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号

邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

固安县铭成印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20.25

2019年3月第3版

字数: 480千字

2019年3月河北第1次印刷

定价: 69.00元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

《开关电源维修从入门到精通》2010年8月首次出版，2012年8月出版了第2版，该书自出版以来，受到广大读者的关注，许多读者反映本书“很有特色，结构性强，通俗易懂”“内容严谨，深入浅出”“理论与实战结合紧密，具有较高的实用价值”，有的读者还提出了一些宝贵意见。借此机会，我们向广大读者表示衷心感谢！

由于电子设备发展速度很快，第2版中的部分内容已不能满足日常维修的需要，为此，我们在第2版的基础上，结合维修实际，又对原书进行了全面的修订。新书（即第3版）既保留了原有的特色，又在内容的广度和深度上进行了全面充实和修改，删除了第2版中过时的内容，如开关电源在等离子彩电中的应用等内容，增加了很多第2版中没有的新内容，如洗衣机、冰箱、空调开关电源，医疗和工业设备开关电源，以及数字存储示波器等知识。相对于第2版，第3版修订的内容多达40%以上，内容更新颖、更实用，更适合于当前开关电源维修的需要。

本书写作的出发点是从开关电源维修实践出发，不讲过深的理论知识，力求做到理论和实践相结合，循序渐进，由浅入深，使读者能够熟练地掌握开关电源的原理、检修方法和技巧。

全书共分13章，各章主要内容如下。

第1章：主要介绍开关电源的分类、基本工作原理及组成等，以使读者对开关电源有一个总体的认识 and 了解。

第2章：主要介绍开关电源单元电路，包括交流抗干扰电路、整流电路、滤波电路、启动电路、功率转换电路（开关管和开关变压器）、稳压电路、保护电路、功率因数校正电路、消磁电路、同步整流电路等。

第3章：主要介绍开关电源常见元器件的识别与检测技巧。

第4章：主要介绍开关电源的故障原因、维修方法及常见维修工具的使用。

第5章：详细分析了单管、推挽式、半桥式、全桥式、RCC、准谐振、绿色、变频开关电源以及DC/DC变换器的识别要点与方法。

第6章：主要介绍开关电源在电动自行车充电器上的应用与维修。

第7章：主要介绍开关电源在普通与LED液晶显示器上的应用与维修。

第8章：主要介绍开关电源在普通与LED液晶彩电上的应用与维修。

第9章：主要介绍开关电源在洗衣机、电冰箱和空调器中的应用与维修。

第10章：主要介绍开关电源在打印机、传真机、复印机、计算机、DVD、充电器、电子日光灯上的应用与维修，并对UPS电源、交流稳压电源、电磁炉进行了简要分析。

第11章：主要介绍开关电源在医疗和工业设备中的应用与维修。

第12章：主要介绍用电源通用模块维修开关电源的方法和步骤。

第13章：主要介绍用示波器维修开关电源的方法和技巧。

本书编写过程中,参阅了《家电维修》《家电维修·大众版》《无线电》《电子报》等杂志,并从互联网上搜索了一些有价值的维修资料。由于这些资料经过多次转载,已经很难查到原始出处,仅在此向资料提供者表示感谢!

参与本书编写的人员有刘建清、陶柏良、宗艳丽、刘水潺、范军龙等,最后由中国电子学会高级会员刘建清先生组织定稿。由于编著者水平有限,加之时间仓促,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请专家和读者不吝赐教。

如果您在使用本书的过程中有任何问题或意见、建议,可以通过 E-mail: ddmcu@163.com 向我们提出,我们将为您提供超值延伸服务。

编著者

2018年8月

第 1 章 开关电源概述	1
1.1 稳压电源介绍	1
1.1.1 线性电源	1
1.1.2 开关电源	2
1.2 开关电源的分类	3
1.2.1 按开关控制器件的连接方式分	3
1.2.2 按激励脉冲产生方式分	5
1.2.3 按稳压控制方式分	6
1.2.4 按软开关方式分	6
1.2.5 按功率转换电路分	6
1.3 开关电源的基本组成及 工作原理	7
1.3.1 串联型开关电源基本组成及 工作原理	7
1.3.2 并联型开关电源基本组成及 工作原理	7
1.4 开关电源的进展	11
1.4.1 不断提高元器件性能	11
1.4.2 不断提高电路集成度	11
1.4.3 不断采用新技术	12
第 2 章 开关电源单元电路分析	14
2.1 开关电源基本单元电路	14
2.1.1 交流抗干扰电路	14
2.1.2 整流电路	15
2.1.3 滤波电路	16
2.1.4 启动电路	18
2.1.5 功率转换电路	19
2.1.6 稳压电路	19
2.1.7 保护电路	21
2.2 开关电源特殊单元电路介绍	22
2.2.1 消磁电路	22

2.2.2 功率因数校正 (PFC) 电路	24
2.2.3 同步整流电路	26
第 3 章 开关电源中常见元器件的识别与 检测	28
3.1 电阻、电容、电感和变压器的 识别与检测	28
3.1.1 电阻元件的识别与检测	28
3.1.2 电容的识别与检测	30
3.1.3 电感的识别与检测	33
3.1.4 开关变压器	33
3.2 二极管、三极管、场效应管和 晶闸管的识别与检测	34
3.2.1 二极管的识别与检测	34
3.2.2 三极管的识别与检测	36
3.2.3 场效应管的识别与检测	37
3.2.4 晶闸管的识别与检测	38
3.3 特殊元器件的识别与检测	42
3.3.1 光电耦合器	42
3.3.2 三端误差放大集成电路	43
3.3.3 集成稳压器	44
3.3.4 直流电磁继电器	49
3.4 贴片元器件的识别与检测	50
3.4.1 贴片电阻	51
3.4.2 贴片电容	52
3.4.3 贴片电感	52
3.4.4 贴片二极管	53
3.4.5 贴片三极管和场效应管	54
3.4.6 电阻排、电容排、电感排	56
第 4 章 开关电源通用维修方法与技巧	57
4.1 开关电源的故障分类、故障	

原因及检修程序	57	5.4.2 电容式 DC/DC 变换器	111
4.1.1 开关电源的故障率为什么高	57	第 6 章 开关电源在电动自行车充电器中的应用与维修	114
4.1.2 开关电源产生故障的原因	57	6.1 电动自行车充电器基本知识	114
4.1.3 开关电源故障检修程序	58	6.1.1 充电器的作用	114
4.2 开关电源检修方法与常见故障的维修	59	6.1.2 充电器的分类	114
4.2.1 开关电源检修的方法	59	6.1.3 充电器的充电模式	115
4.2.2 开关电源常见故障维修	61	6.1.4 三段式充电器的主要参数	116
4.2.3 屡次损坏开关管故障的维修	62	6.1.5 充电器的使用	117
4.2.4 电源电路检修注意事项	63	6.1.6 充电器的检测	117
4.2.5 开关电源检修技巧	65	6.2 电动自行车充电器电路分析与维修	118
4.3 开关电源常见维修工具介绍	67	6.2.1 以 UC3842 为核心构成的充电器电路	118
4.3.1 万用表	67	6.2.2 以 TL494 为核心构成的充电器电路	120
4.3.2 示波器	67	6.3 电动自行车充电器维修实例	123
4.3.3 直流稳压电源	68	第 7 章 开关电源在液晶显示器中的应用与维修	125
第 5 章 常见开关电源识别与识图要点	69	7.1 液晶显示器电源电路的组成	125
5.1 并联型单管开关电源电路的识别与识图	69	7.2 液晶显示器开关电源电路分析与维修	126
5.1.1 并联自激式单管开关电源电路	69	7.2.1 液晶显示器开关电源电路分析	126
5.1.2 并联他激式单管开关电源电路	72	7.2.2 液晶显示器开关电源的维修	138
5.2 并联型多管开关电源电路的识别与识图	78	7.3 液晶显示器 DC/DC 变换器电路分析与维修	141
5.2.1 并联型推挽式开关电源电路	78	7.3.1 液晶显示器 DC/DC 变换器分析	141
5.2.2 并联型半桥式开关电源电路	87	7.3.2 DC/DC 变换器的维修方法	145
5.2.3 并联型全桥式开关电源电路	91	7.4 液晶显示器逆变电路(高压板电路)分析与维修	146
5.3 新型并联型开关电源的识别与识图	92	7.4.1 高压板电路的功能	146
5.3.1 RCC 开关电源电路	92	7.4.2 常见高压板介绍	147
5.3.2 准谐振式开关电源电路	93	7.4.3 高压板电路基本工作原理	149
5.3.3 绿色开关电源电路	95	7.4.4 典型高压板电路分析	150
5.3.4 变频开关电源电路	99		
5.4 串联型 DC/DC 变换器的识别与识图	107		
5.4.1 电感式 DC/DC 变换器	107		

- 7.4.5 高压板的代换·····164
- 7.4.6 高压板的维修·····166
- 7.5 液晶显示器 LED 驱动板电路分析与维修·····169
- 7.6 液晶显示器电源电路维修实例·····169
- 第 8 章 开关电源在液晶彩电中的应用与维修**·····173
- 8.1 液晶彩电开关电源电路分析与维修·····173
- 8.1.1 液晶彩电开关电源电路分析·····173
- 8.1.2 液晶彩电开关电源的维修·····191
- 8.2 液晶彩电 DC/DC 变换器分析与维修·····192
- 8.2.1 液晶彩电 DC/DC 变换器电路分析·····192
- 8.2.2 液晶彩电 DC/DC 变换器的维修·····196
- 8.3 普通液晶彩电 CCFL 背光板电路分析与维修·····196
- 8.3.1 CCFL 背光板概述·····196
- 8.3.2 CCFL 背光板识别·····196
- 8.3.3 CCFL 背光板电路分析·····197
- 8.3.4 CCFL 背光板的维修·····205
- 8.4 LED 液晶彩电 LED 背光板电路分析与维修·····207
- 8.4.1 LED 背光板识别·····207
- 8.4.2 LED 背光板电路分析·····209
- 8.4.3 LED 背光板的维修·····214
- 8.5 液晶彩电电源电路维修实例·····215
- 第 9 章 开关电源在洗衣机、电冰箱和空调器中的应用与维修**·····220
- 9.1 洗衣机开关电源电路分析与维修·····220
- 9.1.1 洗衣机开关电源电路分析·····220
- 9.1.2 洗衣机开关电源故障维修·····223
- 9.2 变频电冰箱开关电源电路分析与维修·····224
- 9.2.1 变频电冰箱开关电源电路分析·····224
- 9.2.2 变频电冰箱开关电源电路故障维修·····226
- 9.3 变频空调器室外机开关电源电路分析与维修·····226
- 9.3.1 变频空调器室外机开关电源电路分析·····227
- 9.3.2 变频空调器室外机开关电源故障维修·····228
- 第 10 章 开关电源在其他电子设备中的应用与维修**·····230
- 10.1 打印机开关电源原理与维修·····230
- 10.1.1 打印机电源概述·····230
- 10.1.2 针式打印机开关电源分析·····230
- 10.1.3 喷墨打印机开关电源分析·····234
- 10.1.4 激光打印机开关电源分析·····236
- 10.1.5 打印机开关电源维修·····239
- 10.1.6 维修实例·····239
- 10.2 传真机开关电源原理与维修·····239
- 10.2.1 传真机开关电源分析·····239
- 10.2.2 传真机开关电源维修实例·····242
- 10.3 复印机开关电源原理与维修·····242
- 10.3.1 复印机开关电源分析·····242
- 10.3.2 复印机开关电源维修实例·····246
- 10.4 计算机 ATX 开关电源原理与维修·····247
- 10.4.1 ATX 开关电源概述·····247
- 10.4.2 ATX 开关电源电路分析·····247
- 10.4.3 ATX 开关电源的检修方法和技巧·····252
- 10.4.4 ATX 开关电源维修实例·····253
- 10.5 DVD 机开关电源原理与维修·····254
- 10.5.1 DVD 机开关电源电路分析·····254
- 10.5.2 DVD 机开关电源维修·····257
- 10.5.3 DVD 机开关电源维修实例·····258
- 10.6 小型万能充电器开关电源原理与维修·····258

10.6.1	电路分析	259	12.1.3	电源通用模块灰线的灵活应用	287
10.6.2	故障维修实例	260	12.2	五线电源通用模块接线方法	288
10.7	电子日光灯的原理与维修	260	第 13 章	如何用示波器修开关电源	290
10.7.1	电子日光灯的原理	260	13.1	为什么用示波器修开关电源	290
10.7.2	电子日光灯的维修	262	13.1.1	能准确判断万用表难以查清的故障	290
10.8	UPS 的原理与维修	262	13.1.2	能直观看出故障机理	290
10.8.1	UPS 概述	262	13.1.3	检修后工作可靠	290
10.8.2	UPS 电路分析	263	13.2	示波器的使用	291
10.8.3	UPS 故障维修实例	268	13.2.1	检修开关电源需要用什么样的示波器	291
10.9	交流稳压电源介绍	269	13.2.2	双踪模拟示波器各功能按钮/旋钮的作用	291
10.9.1	自动有级交流稳压电源的原理	269	13.2.3	示波器的基本使用方法	298
10.9.2	自动无级交流稳压电源的原理	269	13.2.4	示波器探头的选用与调整	299
10.10	电磁炉开关电源原理与维修	272	13.3	开关电源信号波形的产生与变化	300
10.10.1	电磁炉开关电源的工作原理	272	13.3.1	开关电源波形的产生	300
10.10.2	电磁炉开关电源的维修	277	13.3.2	波形在电路中的变化	300
第 11 章	开关电源在医疗和工业设备中的应用与维修	278	13.4	如何用示波器维修开关电源	306
11.1	医疗设备开关电源的维修	278	13.4.1	用示波器修开关电源的方法	306
11.1.1	医疗设备开关电源基本组成	278	13.4.2	用示波器检修开关电源的技巧	307
11.1.2	医疗设备开关电源故障维修	279	13.4.3	示波器与万用表的配合使用	310
11.2	工业 PAC 模块开关电源的维修	281	13.4.4	开关电源常见波形的测试	311
11.2.1	PAC 模块电源的工作原理	282	13.4.5	隔离变压器在开关电源维修中的应用	312
11.2.2	PAC 模块开关电源维修	282	13.5	数字存储示波器和虚拟示波器简介	313
第 12 章	用电源通用模块维修开关电源	284	13.5.1	数字存储示波器介绍	313
12.1	三线电源通用模块接线方法	284	13.5.2	数字存储示波器使用注意的问题	314
12.1.1	三线电源通用模块的接线	284	13.5.3	虚拟示波器	315
12.1.2	电源通用模块内部电路分析	285	参考文献		316

第1章

开关电源概述

开关电源打破了传统的稳压模式，它的调整元器件工作在开关状态，即通过调整开关元器件的开关时间来实现稳压。开关电源具有体积小、重量轻、功耗小、稳压范围宽等特点，所以被广泛地应用在各种电子产品中。本章主要介绍开关电源的分类、基本工作原理及组成，以使读者对开关电源有一个总体的认识和了解。

| 1.1 稳压电源介绍 |

电子设备离不开电源，电源供给电子设备所需要的能量，这就决定了电源在电子设备中的重要性。电源的质量直接影响着电子设备的工作可靠性，所以电子设备对电源的要求也日益提高。

现有的电源主要由线性稳压电源（简称线性电源）和开关稳压电源（简称开关电源）两大类组成，这两类电源由于各具特色而被广泛应用。

1.1.1 线性电源

线性电源的组成框图如图 1-1 所示。

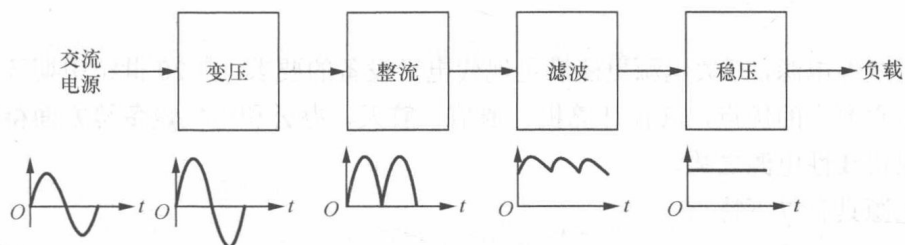


图1-1 线性电源组成框图

线性电源一般由变压、整流、滤波、稳压这4部分组成。

变压——将交流电网电压变成所需的交流电压。变压过程通常由变压器来完成，有些采用电容降压。

整流——将交流电压变成直流电压。整流电路通常有半波整流电路、全波整流电路、桥

式整流电路等,桥式整流电路较为常用。

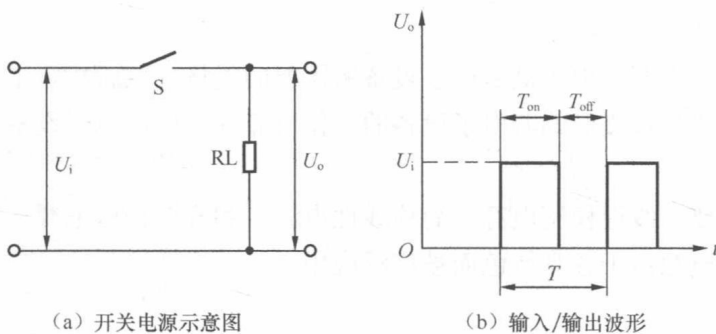
滤波——将整流所得的脉动直流电(大小发生规律性变化)中的交流成分滤除。常用的滤波电路有电容滤波电路、电感滤波电路及阻容滤波电路等。

稳压——将滤波电路输出的直流电压稳定不变,即使输出的直流电压不随电网电压、负载等的变化而变化。稳压功能可由稳压二极管、DC/DC 变换器、串联式稳压电路等来完成。

线性电源的优点是稳定性好、可靠性高、输出电压精度高、输出纹波电压小。它的不足之处是要求采用工频变压器和滤波器,它们的重量和体积都很大,并且调整管的功耗较大,使电源的效率大大降低,一般情况下电源效率均不会超过 50%。但它优良的输出特性,使其在对电源性能要求较高的场合仍得到了广泛的应用。

1.1.2 开关电源

开关电源因其控制器件工作在导通(ON)和截止(OFF)状态而得名,其实质是通过改变电路中控制器件的导通时间来改变输出电压的大小,达到维持输出电压稳定的目的,开关电源示意图及输入/输出波形如图 1-2 所示。



(a) 开关电源示意图

(b) 输入/输出波形

图1-2 开关电源示意图及输入/输出波形

图中, U_i 为整流后不稳定的直流电压; U_o 为经过斩波的输出电压; S 为开关控制器件; RL 为负载; T 为开关启闭周期; T_{on} 为开关闭合时间,即导通时间; T_{off} 为开关断开时间,即截止时间。

相对于线性电源,开关电源更能满足现代电子设备的要求,自 20 世纪中期开关电源问世以来,由于它突出的优点,其在计算机、通信、航天、办公和电气设备等方面得到了广泛应用,大有取代线性电源之势。

开关电源具有以下特点。

1. 效率高

开关电源的调整管工作在开关状态,可以通过改变调整管导通与截止时间的比例来改变输出电压的大小。当调整管饱和导电时,虽然流过较大的电流,但饱和管压降很小;当调整管截止时,管子将承受较高的电压,但流过调整管的电流基本等于零。可见,工作在开关状态调整管的功耗很小。因此,开关电源的效率较高,一般可达 65%~90%。

2. 体积小、重量轻

因调整管的功耗小，故散热器也可随之减小。同时，开关电源还可省去 50Hz 工频变压器，而开关频率通常为几十千赫，故滤波电感、电容的容量均可大大减小。所以，开关电源与同样功率的线性电源相比，体积和重量都小得多。

3. 对电网电压的要求不高

由于开关电源的输出电压与调整管导通与截止时间的比例有关，而输入直流电压的幅度变化对其影响很小，因此，允许电网电压有较大的波动。一般线性稳压电路允许电网电压波动 $\pm 10\%$ ，而开关稳压电路在电网电压为 140~260V、电网频率变化 $\pm 4\%$ 时仍可正常工作。

4. 调整管的控制电路比较复杂

为使调整管工作在开关状态，需要增加控制电路，调整管输出的脉冲波形还需经过 LC 滤波后再送到输出端，因此相对于线性电源，其结构比较复杂，调试比较麻烦。

5. 输出电压中纹波和噪声成分较大

调整管工作在开关状态，将产生尖峰干扰和谐波信号，虽经整流滤波，输出电压中的纹波和噪声成分仍比线性电源要大一些。

今后，开关稳压电源的发展，除了继续保持已有的优点外，主要是采用新技术和新工艺等措施来克服自身存在的一些不足。

| 1.2 开关电源的分类 |

开关电源的类型很多，可以按不同的方法来分类。

1.2.1 按开关控制器件的连接方式分

按开关控制器件的连接方式分类，开关电源可分为串联型和并联型。

1. 串联型开关电源

串联型开关电源如图 1-3 所示。

串联型开关电源的开关控制器件和脉冲变压器串联在输入电路和负载之间。这种开关电源具有带负载能力强、开关管尖峰电压低、元器件少等优点，缺点是不能多路输出整机所需的直流电压，且串联型开关电源底板带电，不方便安装接口电路。因此，应用范围远不如并联型开关电源。

2. 并联型开关电源

并联型开关电源如图 1-4 所示。

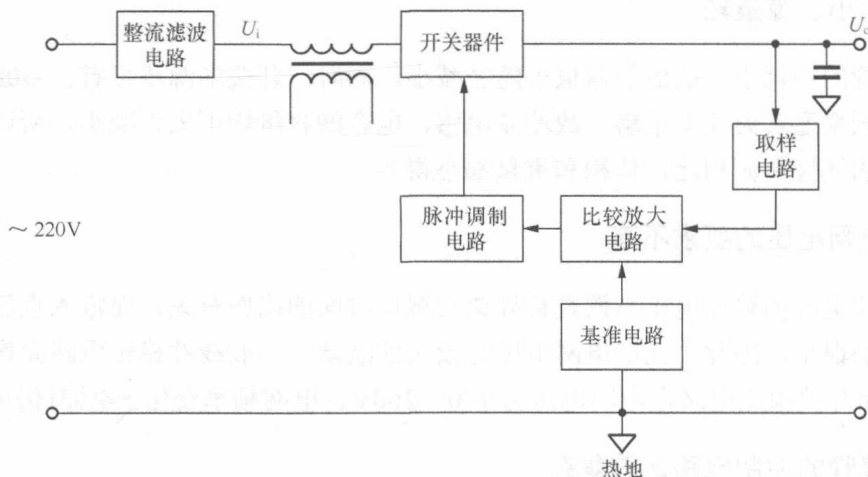


图1-3 串联型开关电源示意图

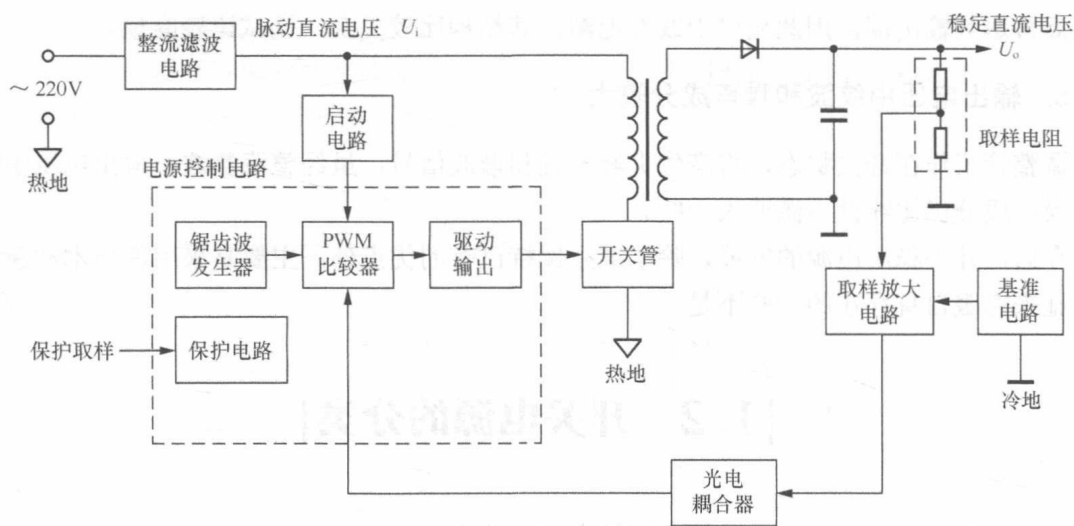


图1-4 并联型开关电源示意图

并联型开关电源的开关器件与输入电压和输出电压并联，通过不同的脉冲变压器二次绕组抽头，产生多组不同的直流电压输出，以满足不同的电压要求，图中的光电耦合器有的电路采用，有的电路不采用。

并联型开关电源具有如下优点。

(1) 能向负载电路提供多组直流电压，这不但简化了行输出级电路，而且降低了行输出变压器的故障率。

(2) 由于开关变压器的一、二次侧是完全隔离的，整机电路与开关电源不共地，提高了安全性，所以方便安装接口电路。

(3) 稳压范围宽，只要略微改变一下开关脉冲的占空比，便能输出不同的稳定电压。

同时，并联型开关电源也存在不少缺点。

(1) 开关管截止时，其开关管集电极承受的最高峰值电压为 $U_i + U_o$ ，开关管饱和时二次侧整流管承受的最高峰值电压也为 $U_i + U_o$ ，所以对电源开关管及开关变压器二次侧所接的整

流管的耐压要求较高。

(2) 负载发生短路时, 开关变压器各绕组呈现低阻, 这有可能导致开关管因开启损耗大而损坏。

(3) 开关管饱和时开关变压器储存能量, 开关管截止时开关变压器向负载释放能量, 所以要求开关变压器的电感量要足够大, 才能满足负载在一个周期内所需要的能量。

(4) 在开关管饱和期间, 开关管集电极电流几乎是线性增长的, 开关管基极电流随着电容的充电而逐渐下降。为了保证截止前瞬间仍能饱和, 正反馈脉冲电压必须达到规定值, 否则在开关管饱和后期, 开关管会因激励不足而损坏。

正因为并联型开关电源存在这些缺点, 所以并联型开关电源除了由启动电路、振荡形成电路、误差取样放大电路和脉宽调节电路组成的常规电路外, 为了保证开关电源和负载电路可靠地工作, 还设置了许多附属电路。例如, 为防止开关管因开启损耗大或关断损耗大而损坏, 设置了开关管恒流激励电路; 为了防止负载短路使开关管因过流损坏, 设置了开关管过流保护电路; 为了防止开关管和负载元器件因过压损坏, 设置了过压保护电路; 为了防止开关管因二次击穿损坏, 设置了尖峰吸收电路; 为了防止市电电压过低, 使开关管因开启损耗大而损坏, 设置了欠压保护电路。这些附属电路的加入使电源电路工作的安全性及可靠性大大提高, 但也使电路的结构更加复杂, 元器件数量大大增多, 从而导致检修难度加大。

1.2.2 按激励脉冲产生方式分

不管何种开关电源, 开关管必须工作在开关状态, 所以开关管基极所加的激励电压是脉冲电压。按激励脉冲的产生分类, 有自激式和他激式两种。

1. 自激式开关电源

自激式开关电源利用电源电路中的开关管、高频开关变压器构成正反馈环路, 来完成自激振荡, 使开关稳压电源有直流电压输出。由于自激式开关电源的开关管兼作振荡管, 不专设振荡器, 也无专门的振荡启动电路, 所以电路较简单。

2. 他激式开关电源

他激式开关电源电路的开关管不参与激励脉冲的振荡过程, 必须附加有振荡启动电路和振荡器, 振荡器产生开关脉冲, 来控制电源中开关管的导通与截止, 让电源电路开关工作而有直流输出电压。他激励脉冲的振荡电路产生, 可用分立元器件, 也可用集成电路。由于采用分立元器件的振荡器, 电路比较复杂, 因此一般都采用集成电路, 整体电路比较简洁, 而且功能比较强, 能够完成振荡、自动稳压、过流和过压保护等功能。相对于自激式开关电源, 他激式开关电源电路较复杂。

不管采用何种激励方式, 都要有足够的驱动功率, 比如在开关管饱和期间, 要求有足够的基极电流, 以维持开关管的饱和导通, 这时基极电流应满足 $I_b > I_{cp} / \beta$ (I_{cp} 为开关管集电极的峰值电流) 的条件, 否则开关管就会因激励不足而不能完全饱和, 压降增大, 功耗增大,

开关管过热, 容易造成损坏; 而在开关管由饱和变为截止时, 基极必须加反向电压, 形成足够大的基极反向抽出电流, 使开关管急剧地截止, 以缩短开关管截止转换时间, 减小其关断损耗。

1.2.3 按稳压控制方式分

一般开关电源都要经过稳压措施, 来保证开关电源输出端电压的稳定, 否则当市电电压或负载电流发生变化时, 将导致输出端电压发生变化。稳压控制电路最终是通过控制开关管的导通时间来实现稳压控制的。按稳压控制方式分, 开关电源可分为脉冲调宽式、脉冲调频式、脉冲调频调宽式 3 种。

通过计算可以得出输出电压 U_o 的计算公式。

$$U_o = \frac{T_{on}}{T} U_i \quad \left(\frac{T_{on}}{T} \text{ 称为占空比} \right) \quad (1-1)$$

由式 (1-1) 可知, 改变 T_{on} 或 T , 就可以控制输出直流电压的大小。若只改变 T_{on} 而保持 T 不变, 这种控制方法称为脉冲调宽式; 若只改变 T 而保持 T_{on} 不变, 这种控制方法称为脉冲调频式; 若同时改变 T_{on} 和 T , 这种控制方法称为脉冲调频调宽式, 在实际应用中, 这种调制方式很少采用。

1.2.4 按软开关方式分

软开关技术是利用电容与电感谐振, 使开关器件中的电流或电压按正弦波或近似正弦波的形式变化。当电流过零时开关关断, 当电压过零时开关导通, 以此实现开关损耗为零。根据谐振的类型可分为电流谐振型、电压谐振型、E 类谐振型、准 E 类谐振型等。

1.2.5 按功率转换电路分

开关电源的功率转换电路主要由开关管和高频开关变压器组成, 它是实现变压、变频以及完成输出电压调整的执行部件, 是开关电源的核心。前面已讲到有自激和他激两种激励方式, 但每种激励方式在电路结构上又是多样的, 又分为单端反激式(单管)、单端正激式(单管)、推挽式(双管)、全桥式(四管)、半桥式(双管)、振铃式等。为便于理解, 表 1-1 列出了常见开关电源的结构类型。

表 1-1 常见开关电源的结构类型

电路形式	开关管数量	振荡方式	控制方式	备注
单端正激式	单管	自激或他激	调宽式、调频式或调频调宽式	实际应用很少
单端反激式				实际应用最为广泛
推挽式	两管			有一定应用
半桥式	两管			有一定应用
全桥式	四管			在大功率开关电源中应用较多
振铃式	单管	自激	调频式	有一定应用

| 1.3 开关电源的基本组成及工作原理 |

1.3.1 串联型开关电源基本组成及工作原理

图 1-5 所示为自激串联型开关电源基本原理图。其中 VT 为电源开关管，受激励脉冲的控制，工作在截止与饱和状态。C1 是市电电压整流滤波电路中的滤波电容。VD 为续流二极管，它的作用是在开关管截止时为负载提供供电通路。L 为储能电感（即开关变压器）。C2 为开关电源输出端滤波电容。

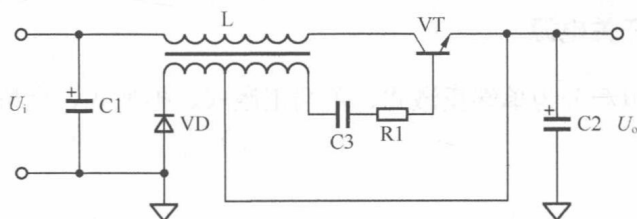


图1-5 自激串联型开关电源基本原理图

在开关管 VT 饱和导通期间，C1 正极的直流电压 U_i 经过 $L \rightarrow VT \rightarrow C2$ 正极 $\rightarrow C2$ 负极充电。一方面使 C2 两端建立直流电压，另一方面使储能电感 L 中的磁能不断增大。当开关管 VT 截止期间，L 感应出左负、右正的电压，则 L 中的磁能经续流二极管 VD 向 C2 及负载释放，开关电源输出端电压 U_o 的高低由 VT 的饱和导通时间的长短决定，即由基极激励脉冲宽度决定，而基极激励脉冲的宽度，由误差取样、放大电路决定。

在串联型开关电源中如果没有续流二极管 VD，当开关管突然由饱和导通转为截止时，由于 L 中的磁能不能释放，将感应出极高的电压，该电压极易导致开关管 VT 击穿，而接入续流二极管 VD 后，当开关管由饱和导通转为截止时，L 中的磁能通过 VD 向 C2 及负载电路释放，一方面使 L 两端的电压下降，使开关管集电极-发射极压降为输入 U_i 值，并有足够的余量；另一方面，在 VT 截止期间，L 将通过续流二极管 VD 释放能量，使负载电路在开关管截止期间，得到能量的补充，这将使输出端电压更平滑，开关电源的效率更高。

1.3.2 并联型开关电源基本组成及工作原理

并联型开关电源有自激式，也有他激式，其中他激式应用广泛。

1. 自激式并联开关电源

自激式并联开关电源主要分为单端式、推挽式和桥式等，其中，单端自激式应用最多，其基本电路如图 1-6 所示。

这是一种利用间歇振荡电路组成的开关电源，其基本工作原理如下。

当接入电源后, R_1 给开关管 VT_1 提供启动电流, 使 VT_1 开始导通, 其集电极电流 I_c 在 L_1 中线性增长, 在 L_2 中感应出使 VT_1 基极为正、发射极为负的正反馈电压, 使 VT_1 很快饱和; 同时, 感应电压给 C_1 充电, 随着 C_1 充电电压的增高, VT_1 基极电位逐渐变低, 致使 VT_1 退出饱和区, I_c 开始减小, 在 L_2 中感应出使 VT_1 基极为负、发射极为正的电压, 使 VT_1 迅速截止, 这时二极管 VD_1 导通, 高频开关变压器 T 一次绕组中的储能释放给负载。在 VT_1 截止时, L_2 中没有感应电压, 直流供电输入电压又经 R_1 给 C_1 反向充电, 逐渐提高 VT_1 基极电位, 使其重新导通, 再次翻转达到饱和状态, 电路就这样重复振荡下去, 就像单端反激式开关电源那样, 由变压器 T 的二次绕组向负载输出所需要的电压。

自激式并联开关电源中的开关管起着开关及振荡的双重作用, 也省去了控制电路, 这种电路不仅适用于大功率电源, 亦适用于小功率电源。

2. 他激式并联开关电源

他激式并联开关电源分为单端反激式、单端正激式、推挽式、全桥式、半桥式等, 下面进行简要说明。

(1) 单端反激式

单端反激式开关电源基本电路如图 1-7 所示。

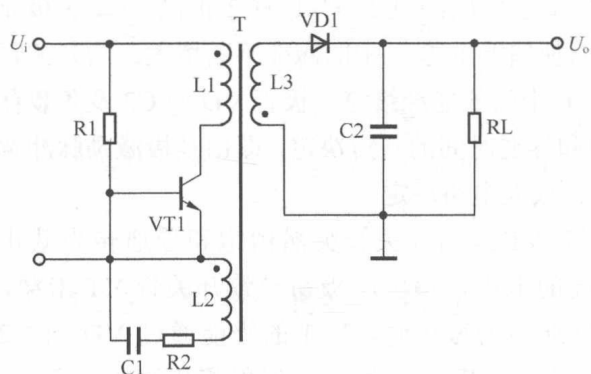


图1-6 自激式并联开关电源基本电路

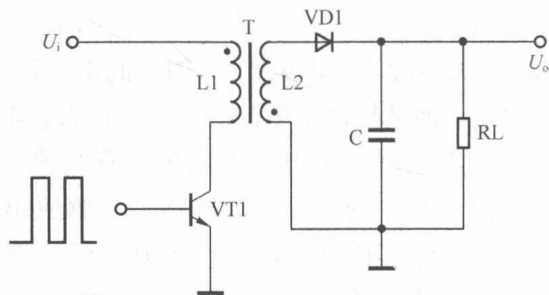


图1-7 单端反激式开关电源基本电路

电路中所说的单端是指高频开关变压器的磁芯仅工作在磁滞回线的一侧。所谓的反激, 是指当开关管 VT_1 导通时, 开关变压器 T 一次绕组的感应电压为上正下负, 整流二极管 VD_1 处于截止状态, 在一次绕组中储存能量。当开关管 VT_1 截止时, 变压器 T 一次绕组中存储的能量, 通过二次绕组及 VD_1 整流和电容 C 滤波后向负载输出。

单端反激式开关电源是一种成本最低的电源电路, 输出功率为 $20\sim 100W$, 可以同时输出不同的电压, 且电压调整比较方便, 因此应用十分广泛。主要缺点是输出的纹波电压稍大, 开关管 VT_1 承受的最大反向电压较高 (是电路工作电压值的两倍)。

(2) 单端正激式

单端正激式开关电源的基本电路如图 1-8 所示。

这种电路在形式上与单端反激式电路相似, 但工作情形不同。当开关管 VT_1 导通时, VD_2 也导通, 这时电网向负载传送能量, 滤波电感 L 储存能量。当开关管 VT_1 截止时, 电