

从入门到精通

系列
丛书

开关电源 维修

从

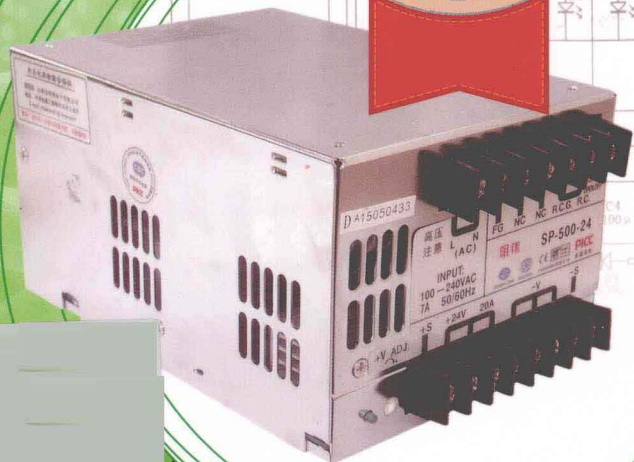
到

入门精通

刘建清 主编

(第2版)

2nd Edition



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

开关电源 维修

从入门到精通

刘建清 主编

(第2版)

2nd Edition

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. — 2版
— 北京: 人民邮电出版社, 2012. 8
(从入门到精通系列丛书)
ISBN 978-7-115-28474-7

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(2012)第111941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和查阅。

全书语言通俗,重点突出,图文结合,简单明了,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、相关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。

从入门到精通系列丛书

开关电源维修从入门到精通(第2版)

-
- ◆ 主 编 刘建清
责任编辑 王朝辉
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21
字数: 513千字 2012年8月第2版
印数: 6001-10000册 2012年8月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-28474-7

定价: 45.00元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

前 言

《开关电源维修从入门到精通》自 2010 年 8 月出版以来,受到广大读者的关注。许多读者反映本书“很有特色,结构合理,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,目前第 1 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 1 版的基础上,结合维修实际,对原书进行了全面的修订。新书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 1 版中过时的内容,如开关电源在 CRT 彩电中的应用等内容,增加了很多第 1 版中没有的新内容,如电动自行车充电器、LED 背光板驱动电路、电磁炉开关电源等知识,在内容上更新颖、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开关电源维修实践,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 12 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等离子彩电上的应用与维修。

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、电磁炉开关电源进行了简要分析。

第 11 章主要介绍用示波器维修开关电源的方法和技巧。

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。

参与本书编写的人员有刘建清、宗艳丽、贾绪岩、林静、安明子等,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。

作 者

目 录

第 1 章 开关电源概述 1	5.4 串联型 DC/DC 变换器的识别与识图.....102
1.1 稳压电源介绍..... 1	第 6 章 开关电源在电动自行车充电器中的应用与维修109
1.2 开关电源的分类..... 3	6.1 电动自行车充电器基本知识.....109
1.3 开关电源的基本组成及工作原理..... 6	6.2 电动自行车充电器电路分析与维修.....113
1.4 开关电源的进展..... 10	6.3 电动自行车充电器维修实例.....117
第 2 章 开关电源单元电路分析 14	第 7 章 开关电源在液晶显示器中的应用与维修119
2.1 开关电源基本单元电路..... 14	7.1 液晶显示器电源电路的组成.....119
2.2 开关电源特殊单元电路介绍..... 22	7.2 液晶显示器开关电源电路分析与维修.....120
第 3 章 开关电源中常见元器件的识别与检测 27	7.3 液晶显示器 DC/DC 变换器电路分析与维修.....134
3.1 电阻、电容、电感和变压器的识别与检测..... 27	7.4 液晶显示器逆变电路（高压板电路）分析与维修.....140
3.2 二极管、三极管、场效应管和晶闸管的识别与检测..... 32	7.5 液晶显示器 LED 驱动板电路分析与维修.....162
3.3 特殊元器件的识别与检测..... 40	7.6 液晶显示器电源电路维修实例.....162
3.4 贴片元器件的识别与检测..... 48	第 8 章 开关电源在液晶彩电中的应用与维修165
第 4 章 开关电源通用维修方法与技巧55	8.1 液晶彩电开关电源电路分析与维修.....165
4.1 开关电源的故障分类、故障原因及检修程序..... 55	8.2 液晶彩电 DC/DC 变换器分析与维修.....184
4.2 开关电源检修方法与常见故障的维修..... 57	8.3 普通液晶彩电 CCFL 背光板电路分析与维修.....188
4.3 开关电源常见维修工具介绍..... 63	8.4 LED 液晶彩电 LED 背光板电路分析与维修.....199
第 5 章 常见开关电源识别与识图要点65	
5.1 并联型单管开关电源电路的识别与识图..... 65	
5.2 并联型多管开关电源电路的识别与识图..... 73	
5.3 新型并联型开关电源的识别与识图..... 87	

8.5	液晶彩电电源电路维修实例	207	10.7	电子日光灯的原理与维修	283
第9章	开关电源在等离子彩电中的应用与维修	212	10.8	UPS的原理与维修	284
9.1	等离子彩电电源板电路的基本组成	212	10.9	交流稳压电源介绍	291
9.2	等离子彩电电源板电路分析	214	10.10	电磁炉开关电源原理与维修	294
9.3	等离子彩电电源板电路的维修	248	第11章	如何用示波器修开关电源	300
9.4	等离子彩电电源板维修实例	251	11.1	为什么用示波器修开关电源	300
第10章	开关电源在其他电子设备中的应用与维修	253	11.2	示波器的使用	300
10.1	打印机开关电源原理与维修	253	11.3	开关电源信号波形的产生与变化	309
10.2	传真机开关电源原理与维修	262	11.4	如何用示波器维修开关电源	316
10.3	复印机开关电源原理与维修	265	第12章	用电源通用模块维修开关电源	323
10.4	计算机 ATX 开关电源原理与维修	270	12.1	三线电源通用模块接线方法	323
10.5	DVD 机开关电源原理与维修	276	12.2	五线电源通用模块接线方法	326
10.6	小型万能充电器开关电源原理与维修	280	参考文献		328

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。

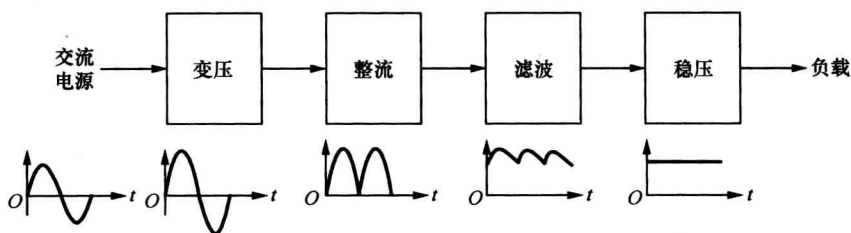


图 1-1 线性电源组成框图

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。

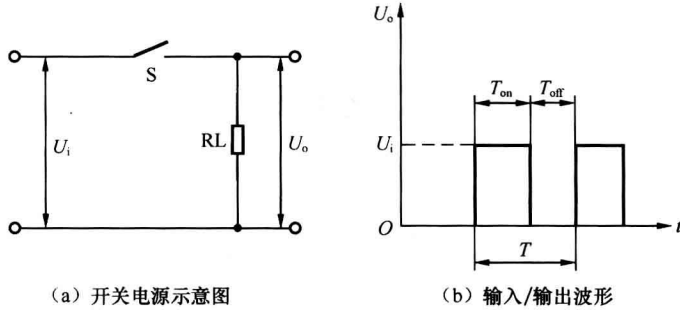


图 1-2 开关电源示意图及输入/输出波形

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。而且，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

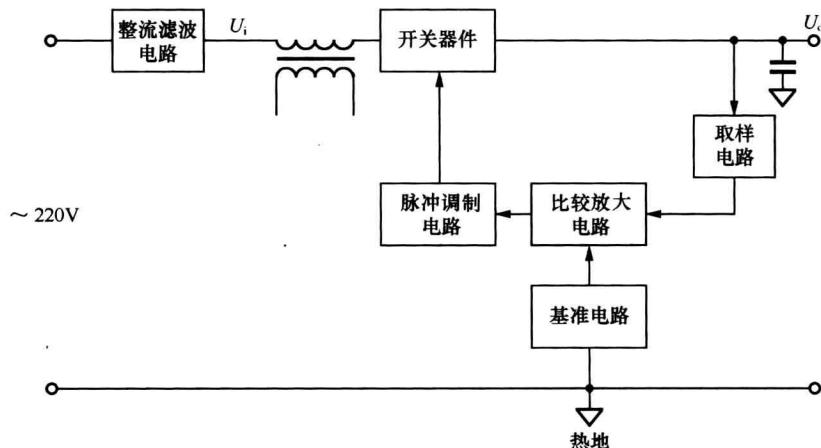
开关电源的类型很多，而且可以按不同的方法来分类。

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。

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。

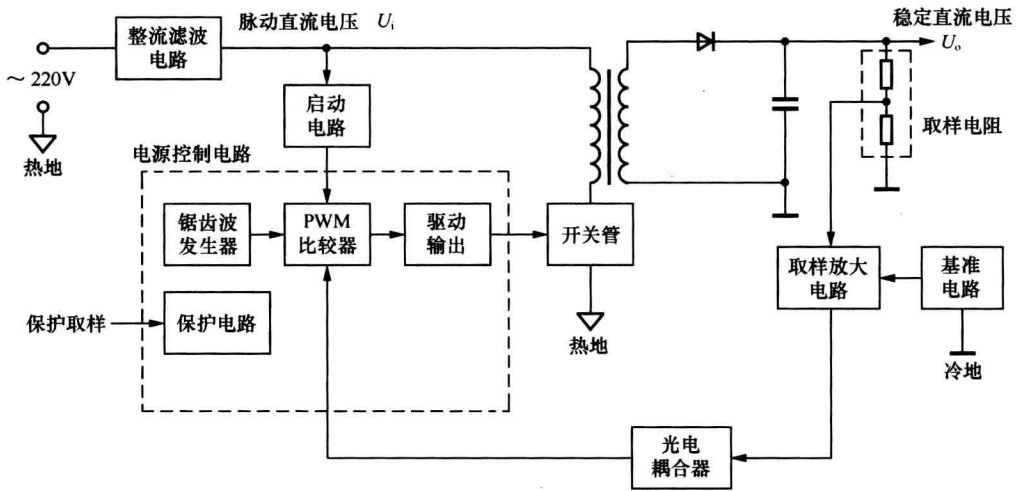


图 1-4 并联型开关电源示意图

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，而且方便安装接口电路。

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。但是，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 $U_1 + U_o$ ，开关管饱和时二次侧整流管承受的最高峰值电压也为 $U_1 + U_o$ ，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的工作，还设置许多附属电路。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，但同时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，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，这种控制方法则称为脉冲调宽式；若只改变 T 而保持 T_{on} 不变，这种控制方法则称为脉冲调频式；若同时改变 T_{on} 和 T ，这种控制方法则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。

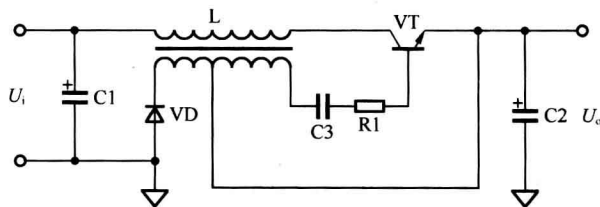


图 1-5 自激串联型开关电源基本原理图

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，则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, $R1$ 给开关管 $VT1$ 提供启动电流, 使 $VT1$ 开始导通, 其集电极电流 I_c 在 $L1$ 中线性增长, 在 $L2$ 中感应出使 $VT1$ 基极为正、发射极为负的正反馈电压, 使 $VT1$ 很快饱和; 同时, 感应电压给 $C1$ 充电, 随着 $C1$ 充电电压的增高, $VT1$ 基极电位逐渐变低, 致使 $VT1$ 退出饱和区, I_c 开始减小, 在 $L2$ 中感应出使 $VT1$ 基极为负、发射极为正的电压, 使 $VT1$ 迅速截止, 这时二极管 $VD1$ 导通, 高频开关变压器 T 一次绕组中的储能释放给负载; 在 $VT1$ 截止时, $L2$ 中没有感应电压, 直流供电输入电压又经 $R1$ 给 $C1$ 反向充电, 逐渐提高 $VT1$ 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, 下面简要进行说明。

(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。

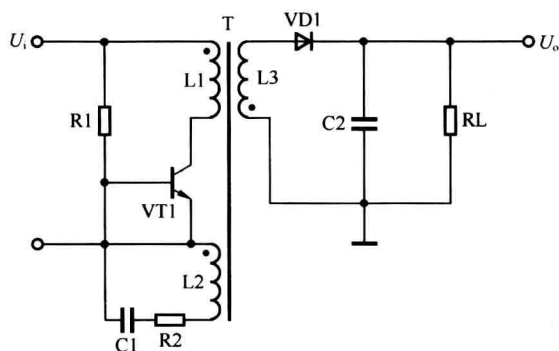


图 1-6 自激式并联开关电源基本电路

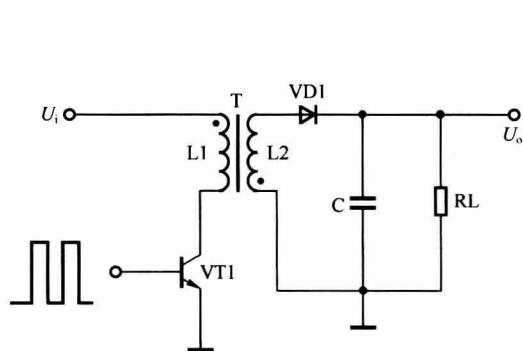


图 1-7 单端反激式开关电源基本电路

电路中所谓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 VT1 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 VD1 处于截止状态，在一次绕组中储存能量。当开关管 VT1 截止时，变压器 T 一次绕组中存储的能量，通过二次绕组及 VD1 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 20~100W，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 VT1 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。

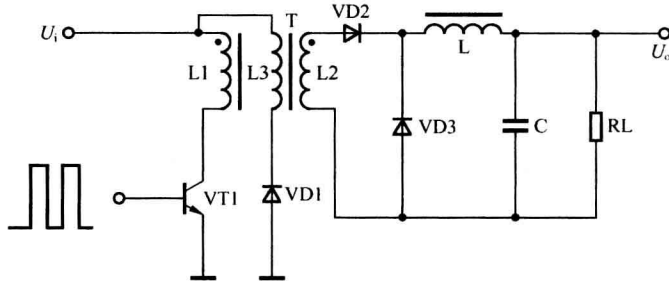


图 1-8 单端正激式开关电源的基本电路

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 VT1 导通时，VD2 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 VT1 截止时，电感 L 通过续流二极管 VD3 继续向负载释放能量。

由于这种电路在开关管 VT1 导通时，通过变压器向负载传送能量，所以输出功率范围大，可输出 50~200W 的功率。主要存在的问题是，电路使用的变压器结构复杂，体积也较大，正因为这个原因，这种电路的实际应用较少。

(3) 推挽式

推挽式驱动电路结构形式非常简单，如图 1-9 所示。

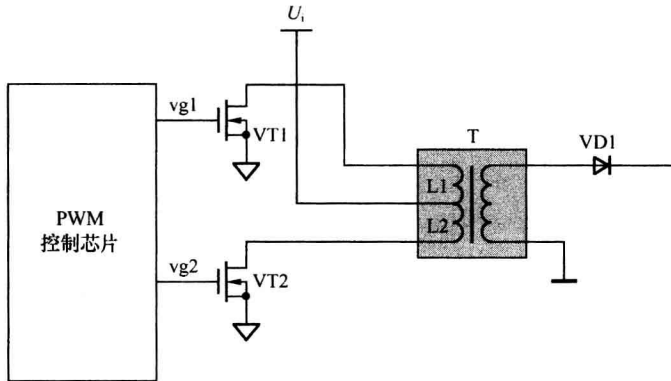


图 1-9 推挽式驱动电路结构形式

推挽驱动器只用到 2 只 N 沟道功率场效应管 VT1、VT2，并将升压变压器 T 的中心抽头接于脉动直流电源，2 只功率管 VT1、VT2 交替工作，输出得到交流电压，由于功率场效应

管共地，所以驱动控制电路简单。另外由于变压器具有一定的漏感，可限制短路电流，因而提高了电路的可靠性。

推挽式开关电源输出功率较大，一般在 100~500W 范围内。

对于推挽结构的驱动电路，要求脉动直流电源的变化范围要小，否则会使驱动电路的效率降低。另外需要注意的是，当 VT1 和 VT2 同时导通时，相当于变压器一次绕组短路，因此应避免两个开关管同时导通。

(4) 全桥式

全桥驱动电路有多种形式，图 1-10 是采用 4 只 N 沟道场效应管的全桥结构形式。

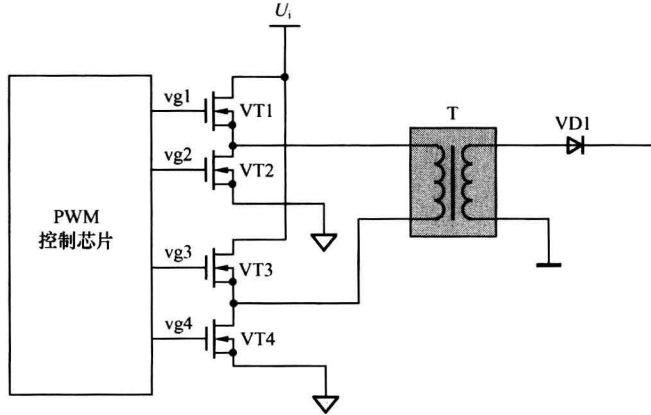


图 1-10 全桥驱动电路采用 4 只 N 沟道场效应管

电路工作时，在驱动控制 IC 的控制下，VT1、VT4 同时导通，VT2、VT3 同时导通，且 VT1、VT4 导通时，VT2、VT3 截止，也就是说，VT1、VT4 与 VT2、VT3 是交替导通的，使变压器一次侧形成交流电压，改变开关脉冲的占空比，就可以改变 VT1、VT4 和 VT2、VT3 的导通与截止时间，从而改变了变压器的储能，也就改变了输出的电压值。

需要注意的是，如果 VT1、VT4 与 VT2、VT3 的导通时间不对称，则变压器一次侧的交流电压中将含有直流分量，会在变压器一次侧产生很大的直流分量，造成磁路饱和，因此全桥电路应注意避免电压直流分量的产生。

图 1-11 所示是采用 2 只 N 沟道和 2 只 P 沟道场效应管的全桥驱动电路。

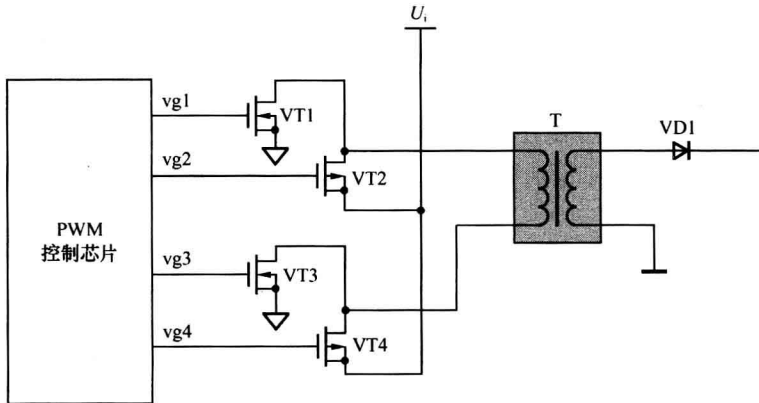


图 1-11 全桥驱动电路采用 2 只 N 沟道和 2 只 P 沟道场效应管

电路工作时，在驱动控制 IC 的控制下，VT4、VT1 同时导通，VT2、VT3 同时导通，且 VT4、VT1 导通时，VT2、VT3 截止，也就是说，VT4、VT1 与 VT2、VT3 是交替导通的，使变压器一次侧形成交流电压。

（5）半桥式

相比全桥，半桥结构的驱动电路最大的好处是每个通道少用了 2 只 MOSFET，如图 1-12 所示。但它需要更高匝比的变压器，这会增加变压器的成本。

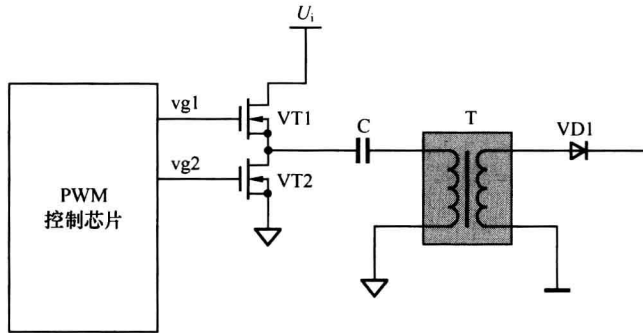


图 1-12 半桥结构驱动电路

电路工作时，在驱动控制 IC 的控制下，从 vg1、vg2 端输出开关脉冲，控制 VT1 与 VT2 交替导通，使变压器一次侧形成交流电压。改变开关脉冲的占空比，就可以改变 VT1、VT2 的导通与截止时间，从而改变了变压器的储能，也就改变了输出的电压值。

1.4 开关电源的进展

随着对节能技术的呼声越来越高，随着电子设备小型化的要求，随着对环境保护的更高要求，开关电源技术也在飞速地发展着，更高效率、更小体积、更少电磁污染、更可靠工作的开关电源几乎每年都有新品出现，下面简要进行介绍。

1.4.1 不断提高元器件性能

开关电源的发展与元器件的发展密切相关。开发大功率高速开关器件和低损耗磁性材料会对开关电源的发展具有推动作用。反之，开关电源的发展又会对元器件提出新的要求。

功率 MOSFET 和 IGBT 可使开关稳压电源的工作频率达到 400kHz 以上，甚至可以达到 1MHz。20 世纪 90 年代，第 4 代功率铁氧体磁性材料的开发成功，使开关电源的工作频率达到 500kHz 以上成为可能。

在开关电源中常用的电容器有陶瓷电容器、薄膜电容器、铝电解电容器、钽电容器和超容电容器等。其中超容电容器的发展尤其引人注目。超容电容器具有非常大的电极表面和非常小的电极相对距离，这样可制造出超大容量的电容器，超容电容器为开关电源的电容器的发展提供了新的途径。

开关变压器是开关电源的重要组件。平面变压器为近几年新研发出来的产品，它与普通

的开关变压器不同之处是没有铜导线，用单层或多层印制电路板取而代之，因此它的厚度薄，可直接印制在电路板上。其优点是能量密度高、体积小，只有普通开关变压器的 1/4 左右。另外它的效率很高，一般可达 97%~99%。它的工作频率可达 500kHz~2MHz，并且漏感和电磁干扰都很小。

1.4.2 不断提高电路集成度

自 20 世纪 80 年代集成开关稳压器问世以来，国外相继研制和生产了多种单片开关稳压器，它们的共同特点是将脉宽调制器、功率输出级、保护电路等置于一个芯片中，但在应用时仍需未经稳压的直流输入。20 世纪 90 年代中期，Motorola、Philips 等公司相继推出交流输入的单片开关稳压器，由于不需要未经稳压的直流输入，便可免去工频变压器，开关稳压电源进一步微型化。

1.4.3 不断采用新技术

1. 软开关技术

在开关电源发展的初期阶段，功率开关管的开通或关断是在器件上的电压或电流不为零的状态下进行的。也就是说，是在器件上的电压未达到零电压时强迫器件开通，在器件中流经的电流未达到零电流时强迫器件关断。这种工作状态称之为“硬开关”。这种硬开关技术使得开关损耗增大，且随着开关频率的提高，开关损耗也增大。所以，硬开关技术限制了开关电源的工作频率和效率的提高。

20 世纪 70 年代，软开关技术的出现，使开关电源的工作频率和效率大大提高。所谓“软开关”是指零电压开关 (Zero-Voltage-Switching, ZVS) 或零电流开关 (Zero-Current-Switching, ZCS)。它是应用准谐振原理，使开关器件中的电压 (或电流) 按正弦规律变化，使电压为零时器件开通，或者电流为零时器件关断。这样一来，开关损耗可以做到为零。应用软开关技术，可以使开关电源的工作频率达到兆赫的量级。

准谐振电路是在 PWM 电路中接入电感和电容构成的，它可以将流经开关管的电流以及加在开关管两端的电压波形变为正弦波。如图 1-13 所示，表示出电流谐振开关 (ZCS) 和电压谐振开关 (ZVS) 的基本电路以及工作波形。

图 1-13 (a) 所示是电流谐振开关，谐振用电感 L 和开关 VT 串联，流经开关的电流 i_s 为正弦波的一部分。当开关导通时，电流 i_s 从零以正弦波形状上升，上升到电流峰值后，又以正弦波形状减小到零，电流变为零之后，开关断开。开关再次导通时，重复以上过程。由此可见，开关在零电流时通断。在零电流开关中，开关通断时与电压重叠的电流非常小，从而可以降低开关损耗。采用电流谐振开关时，寄生电感可作为谐振电路元件的一部分，这样可以降低开关断开时产生的浪涌电压。

图 1-13 (b) 所示电路为电压谐振开关，谐振电容 C 与开关并联，加在开关两端的电压 U_s 波形为正弦波的一部分。开关断开时，开关两端电压从零以正弦波形状上升，上升到峰值后又以正弦波形状下降为零。电压变为零之后，开关导通。开关再断开时，重复以上过程。可见开关在零电压处通断。在零电压开关中，开关通断时与电流重叠的电压非常小，从而可以降低开关损耗。这种开关中寄生电感与电容作为谐振元件的一部分，可以消除导通时的电流浪涌与断开时的电压浪涌。