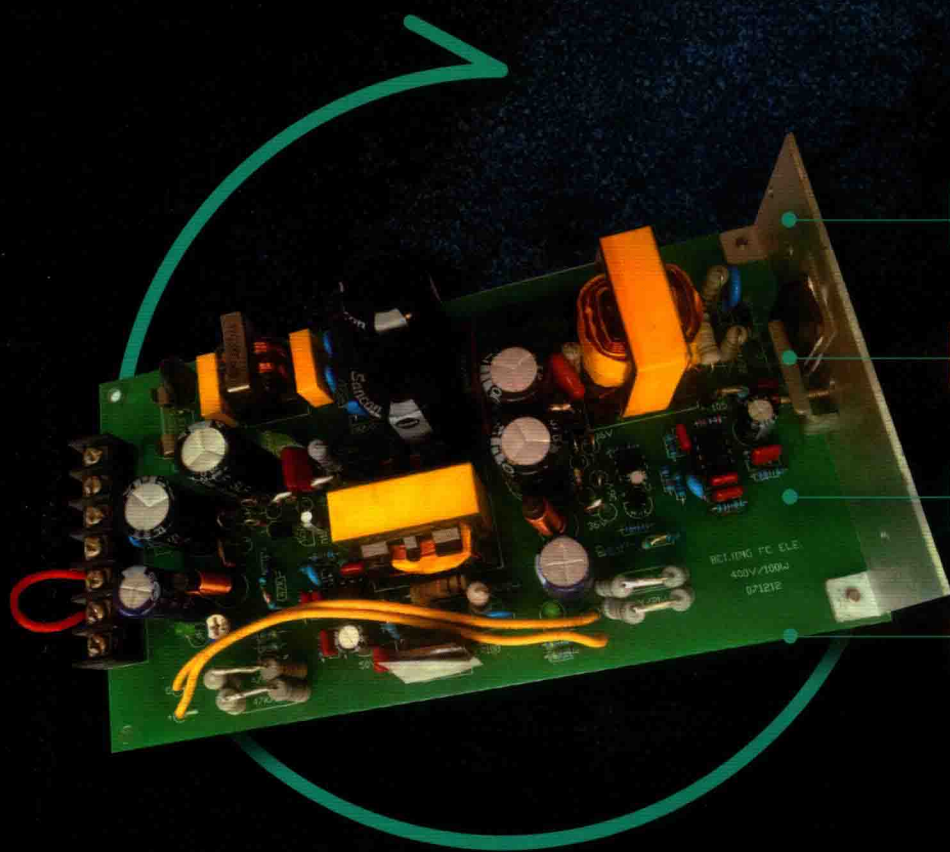


张伯虎 主编

# 开关电源

## 设计与维修

### 从入门到精通



设计方法

设计实例

检测维修

视频讲解



化学工业出版社

# 开关电源 设计与维修

## 从入门到精通

张伯虎 主编



化学工业出版社

·北京·

本书在介绍开关电源基本工作原理与特性的基础上,以实际设计的电源模块为例,详细介绍开关电源设计要求、各流程以及具体控制电路的设计思路,帮助读者了解电子设备中开关电源模块的工作原理与设计制作细节及工作过程;同时,结合作者多年的现场维修经验,详细说明了多种分立元件开关电源的维修方法,多种集成电路自激开关电源的维修方法,多种集成电路他激开关电源的维修方法,多种 DC-DC 升压型典型电路分析与检修方法,多种 PFC 功率因数补偿型开关电源典型电路分析与检修方法。

本书配套视频生动讲解开关电源设计、PCB 制作以及电源检修操作,扫描书中二维码即可观看视频详细学习,如同老师亲临指导。

本书可供电子技术人员、电子爱好者以及电气维修人员阅读,也可供相关专业的院校师生参考。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

开关电源设计与维修从入门到精通/张伯虎主编.

北京:化学工业出版社,2018.7

ISBN 978-7-122-32132-9

I. ①开… II. ①张… III. ①开关电源-设计②开关电源-维修 IV. ①TN86②TM91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 096809 号

---

责任编辑:刘丽宏

装帧设计:刘丽华

责任校对:边涛

---

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:三河市航远印刷有限公司

装订:三河市瞰发装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张23¼ 彩插2 字数639千字 2019年2月北京第1版第1次印刷

---

购书咨询:010-64518888 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

---

定 价:78.00 元

版权所有 违者必究

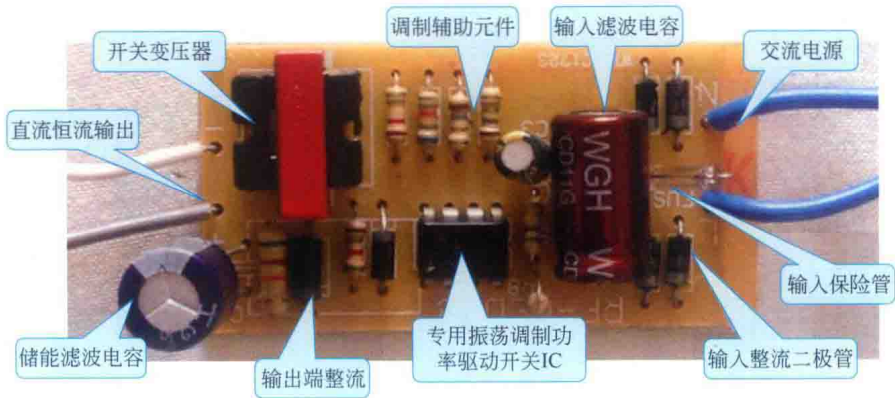


图 1-2 常用恒流开关电源板 (1 页)



图 1-3 常见电源适配器内部电路板 (2 页)

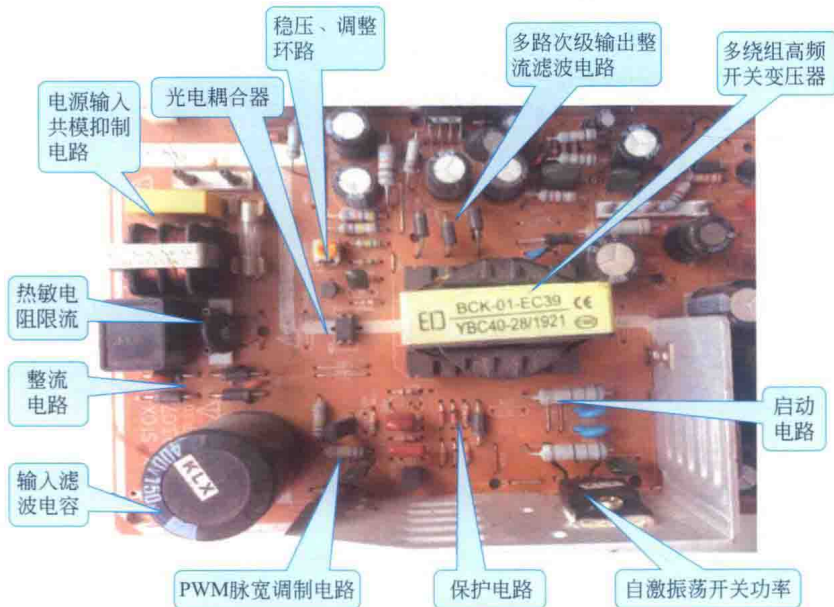
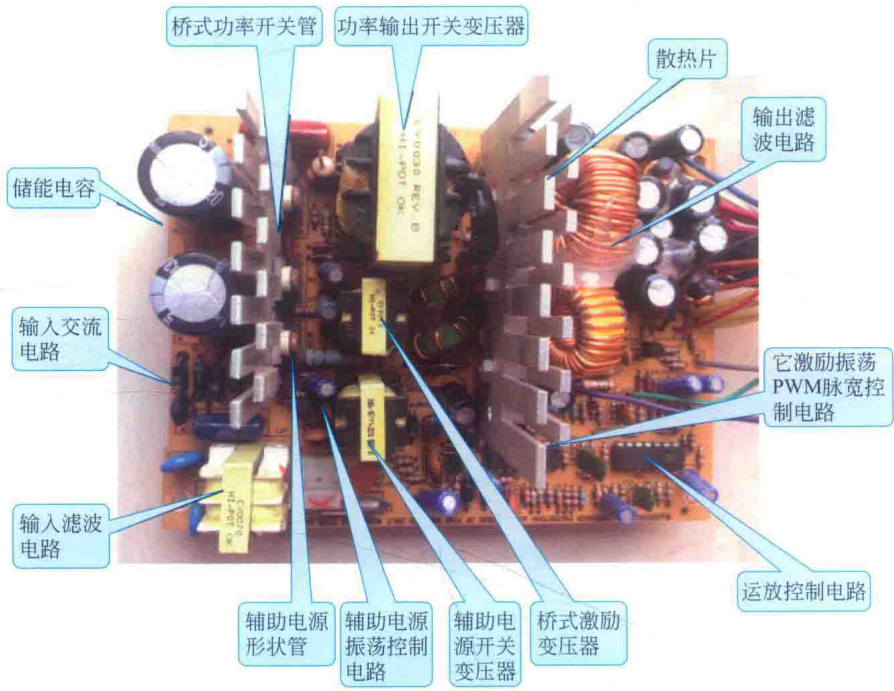
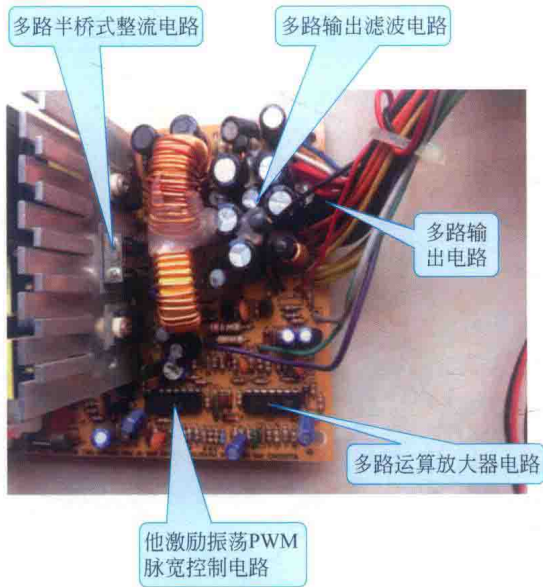


图 1-4 分立元件自激振荡开关稳压电源电路板 (2 页)



(a)



(b)

图 1-5 他激励桥式开关电源 (2 页)

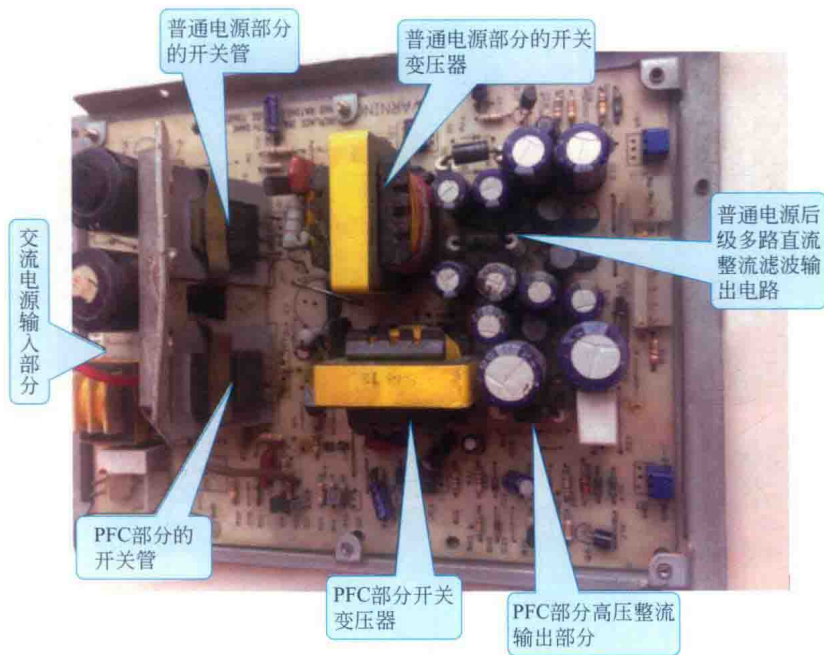


图 1-6 带有功率因数补偿电路的 PFC 开关电源电路板 (2 页)



图 1-33 在路电阻测量法 (15 页)

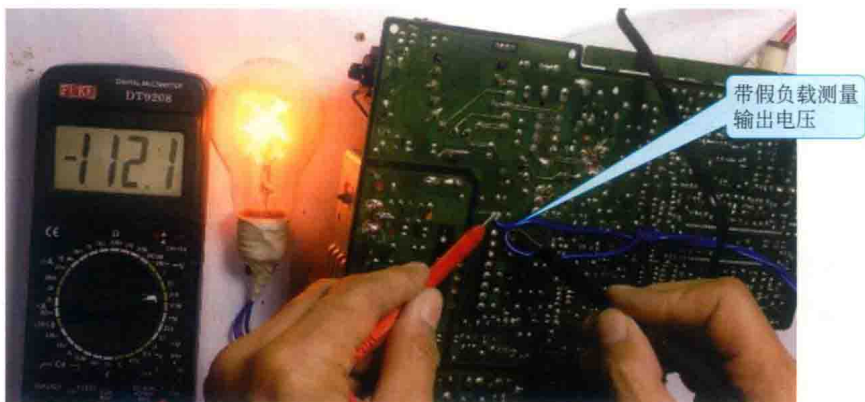


图 1-34 加接假负载 (15 页)



图 1-35 电解电容放电 (15 页)

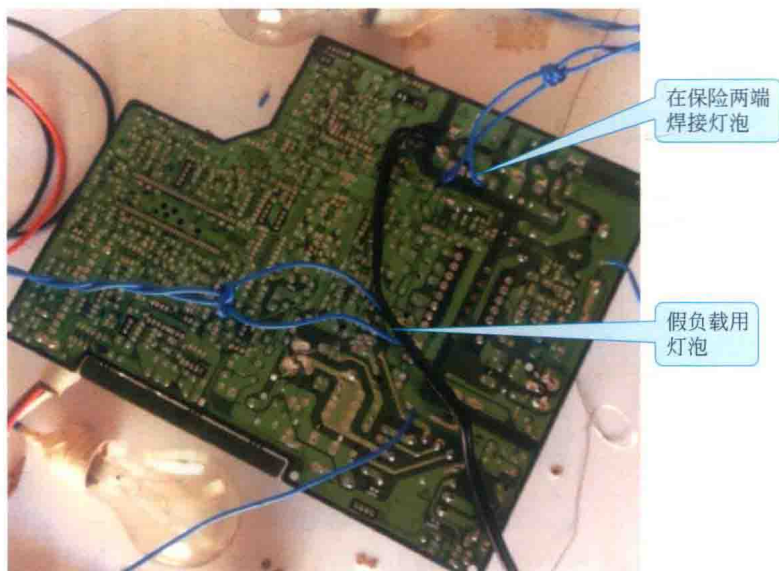


图 1-36 串联灯泡法 (16 页)

# 前言

随着科学技术的迅猛发展和人民生活水平的提高,各种各样的电器产品也在不断更新。电源是各种电子设备必不可缺的组成部分,其性能优劣直接关系到电子设备的技术指标及能否安全可靠地工作。电子设备电气故障的检修,基本上都是先从电源入手,在确定其电源正常后,再进行其他部位的检修,且电源故障占电子设备电气故障的大多数。为了普及开关电源科学知识,帮助广大维修人员及电子爱好者尽快理解掌握开关电源设计维修技能,特编写了本书。

本书在介绍开关电源基本工作原理与特性的基础上,以实际设计的电源模块为例,详细介绍开关电源设计要求、各流程以及具体控制电路的设计思路,帮助读者了解电子设备中开关电源模块的工作原理与设计制作细节及工作过程;同时,结合作者多年的现场维修经验,详细说明了多种分立元件开关电源的维修方法,多种集成电路自激开关电源的维修方法,多种集成电路他激开关电源的维修方法,多种DC-DC升压型典型电路分析与检修方法,多种PFC功率因数补偿型开关电源典型电路分析与检修方法。

为便于读者理解学习,在电路原理分析和检修、移植法理解、PCB制作以及电源检修操作等部分章节,配有相应视频演示和讲解,引导读者全面掌握开关电源相关知识与维修技能。读者用手机扫描书中二维码即可观看视频教程,通过视频学习,可掌握各项技能,如同老师亲临现场指导。

由于本书讲解的均为典型电源电路,因此,读者在遇到实际机型(无论是工业、民用、商用)时,不要在书中找机型牌号和型号,只要在书中找到对应的集成电路型号即可对应分析和检修。

在阅读本书时,尽可能先多看几遍视频,这样应能达到事半功倍的效果。如有什么疑问,请发邮件到 [bh268@163.com](mailto:bh268@163.com) 或关注下方二维码咨询,会尽快回复。

本书由张伯虎主编,参加本书编写的人员还有赵亮、曹振华、杨威、孔祥亮、陈强、孔海颖、杨大伟、孔令华、陈铁华、杨广明、杨猛、孟祥杰、冯惠、黄振泳、冯翔、孟凡新、刘亚东、孔凡泽、张振宝、杨泽温、杨冲、孔令斌、孔美乐、杨晓丰、韩春、孙雪柱、韩颖奇、孟祥龙、曹恒昌、张书敏、汪广正、王占龙、陈雨龙、孔凡桂、张建辉、曹春虎、杨东林。在此成书之际,对本书编写和出版提供帮助的所有人员一并表示衷心感谢!

限于时间仓促,书中不足之处难免,恳请读者批评指正。

编者





**第一章 开关电源设计与制作基础**

1

第一节 认识开关电源	1
一、什么是开关电源	1
二、恒流型开关电源的实物电路板	1
三、电源适配器实物电路板	1
四、分立元件自激振荡开关稳压电源实物电路板	2
五、他激励桥式开关电源实物电路板	2
六、带有功率因数补偿电路的 PFC 开关电源实物电路板	2
第二节 连续调整型稳压电路构成与工作原理	2
一、连续调整型稳压电路构成	2
二、实际连续型调整型稳压电路分析与检修	5
三、集成稳压连续型电源电路分析	6
第三节 开关型稳压电路构成与工作原理	8
一、开关型稳压电路构成	8
二、开关型电源电路种类与工作过程	9
三、电源电路的保护措施	12
第四节 开关电源维修基础	14
一、开关电源的检修注意事项	14
二、开关电源的检修方法	15

**第二章 开关电源的设计流程与主要部件的制作与选择**

18

第一节 开关电源设计流程与移植法设计开关电源	18
一、开关电源设计流程	18
二、移植法设计、理解开关电源	21
第二节 开关电源变压器的设计制作	26
一、开关电源变压器的类型	26
二、开关电源变压器常用磁性材料特性及选用	27
三、开关电源变压器参数计算	32
四、开关电源变压器设计条件和电磁、结构参数的计算	37
五、单极性-单端反激式开关电源变压器设计	41
六、双极性开关电源变压器设计	49
七、双极性开关电源变压器设计实例	51
第三节 开关电源中滤波电路线圈的选择	54
一、滤波电感	54
二、滤波电容	55

第四节 主要功率管的选择 .....	56
一、双极型功率晶体管 .....	56
二、MOSFET 功率开关管 .....	59
三、IGBT 功率开关管 .....	61
第五节 开关电源控制电路的选择 .....	61
一、典型控制方法 .....	61
二、其他控制方法 .....	64
第六节 开关电源中反馈环路及启动环路的选择 .....	64
一、反馈环节 .....	64
二、启动和集成电路供电电路的设计 .....	67
第七节 整流滤波的选择 .....	69
一、输入整流器 .....	69
二、滤波电路设计 .....	71
第八节 开关电源电路设计中的注意事项与改进措施 .....	72
一、电源参数设计的注意事项 .....	72
二、电源 PCB 设计的注意事项 .....	75
三、电源调试过程应注意的事项 .....	75
四、常见测试注意事项与整改 .....	77

### 第三章 开关电源设计典型电路及设计实例

80

第一节 降压开关电源 .....	80
一、技术指标 .....	80
二、常用技术参数与元件参数的计算 .....	80
第二节 零电压开关准谐振电流型控制反激式变换器 .....	84
一、技术指标 .....	85
二、常用技术参数与元件参数的计算 .....	85
第三节 通用交流输入、多路输出反激式开关电源设计 .....	89
一、技术指标 .....	89
二、常用技术参数与元件参数的计算 .....	89
第四节 半桥开关电源变换器设计 .....	95
一、技术指标 .....	95
二、常用技术参数与元件参数的计算 .....	95
第五节 有源功率因数校正 (PFC) 电路设计 .....	103
一、设计指标要求 .....	103
二、常用技术参数与元件参数的计算 .....	104
第六节 单级 PFC 型 LED 灯驱动电路 .....	108
一、电路基本结构 .....	108
二、电路工作原理 .....	110
三、主要元件选型 .....	110
四、测试数据及电路板布板参考 .....	111
第七节 大功率 LED 路灯驱动电源设计 .....	114
一、LLC 谐振变换器工作原理 .....	114
二、PLC810PG 简介 .....	115

三、实际电路分析与原件选择·····	117
第八节 车用 LED 灯设计·····	124
一、LTC3783 前照灯电路设计·····	124
二、由 MAX16832 构成的 LED 汽车前照灯驱动设计·····	127

#### 第四章 多种分立元件开关电源典型电路分析与检修

132

第一节 串联型调宽典型电路原理与检修·····	132
一、电路原理·····	132
二、串联型调宽典型电路故障检修·····	134
第二节 并联型调宽典型电路原理与检修·····	135
一、电路原理·····	135
二、并联型调宽典型电路故障检修·····	139
第三节 调频-调宽直接稳压型典型电路原理与检修·····	140
一、电路原理·····	140
二、调频-调宽直接稳压型电路故障检修·····	143
第四节 调频-调宽间接稳压型典型电路原理与检修·····	147
第五节 多种分立元件开关电源电路原理与检修·····	176
一、分立元件调频-调宽间接稳压型典型电路原理及故障分析·····	176
二、多种分立元件开关电源电路分析与故障检修·····	178

#### 第五章 集成电路自激开关电源典型电路分析与检修

187

第一节 多种 STR 系列开关电源典型电路分析与检修·····	187
一、STR-5412 构成的典型电路分析与检修·····	187
二、STR-5941 构成的典型电路分析与检修·····	189
三、STR-D6601 构成的典型电路分析与检修·····	193
四、STR-D6802 构成的典型电路分析与检修·····	196
五、STR-S5741 构成的典型电路分析与检修·····	200
六、TR-S6308/6309 构成的典型电路分析与检修·····	205
七、STR-S6709 构成的典型电路分析与检修·····	208
八、STR-8656 构成的典型电路分析与检修·····	212
九、STR-S6708A 构成的典型电路分析与检修·····	215
第二节 KA 系列开关电源典型电路分析与检修·····	217
一、KA-5L0380R 构成的电源典型电路分析与检修·····	217
二、KA7552 构成的电源典型电路分析与检修·····	221
第三节 其他系列开关电源典型电路分析与检修·····	227
一、TDA16833 构成的电源典型电路分析与检修·····	227
二、TEA2280 构成的典型电路分析与检修·····	229

#### 第六章 集成电路他激式开关电源电路原理与检修

233

第一节 单管他激式开关电源典型电路分析与检修·····	233
一、STRG5643D 构成的开关电源电路原理与检修·····	233
二、STR-M6831AF04 构成的典型电路分析与检修·····	235
三、TDA4161 构成的典型电路分析与检修·····	238

四、TDA16846 构成的典型电路分析与检修	241
五、STR-83145 构成的典型电路分析与检修	245
六、TEA1522 构成的电源典型电路分析与检修	250
七、TOP212YAI 构成的电源典型电路分析与检修	252
八、TOP223/224/225/226/227 构成的电源典型电路分析与检修	254
九、UPC194G 构成的典型电路分析与检修	257
十、TEA2262 构成的开关电源电路分析与维修	259
十一、L6565 构成的开关电源电路分析与检修	262
十二、KA3842 构成的电源典型电路分析与检修	264
十三、MC44603P 构成的典型电路分析与检修	272
十四、TA1319AP 构成的电源典型电路分析与检修	277
十五、TDA4161 构成的典型电路分析与检修	281
第二节 双管推挽式开关稳压电源典型电路分析与检修	285
一、STR-Z3302 构成的典型电路分析与检修	285
二、STR-Z4267 构成的典型电路分析与检修	290
三、KA3524 构成的电源典型电路分析与检修	293
四、TL494 构成的电源典型电路分析与检修	296

## 第七章 DC-DC升压型开关电源典型电路分析与检修

302

一、BIT3101DC-DC 升压型开关电源典型电路分析与检修	302
二、BIT3102DC-DC 升压型开关电源典型电路分析与检修	303
三、BIT3105DC-DC 升压型开关电源典型电路分析与检修	304

## 第八章 PFC功率因数补偿型开关电源典型电路分析与检修

306

第一节 PFC 功率因数补偿型开关电源电路构成及补偿原理	306
一、PFC 功率因数补偿型开关电源电路构成及特点	306
二、PFC 功率因数补偿型开关电源电路补偿原理	307
第二节 多种 PFC 开关电源典型电路分析与检修	308
一、L6561+L5991 构成的开关电源典型电路分析与检修	308
二、TDA16888+UC3843 构成的开关电源典型电路分析与检修	312
三、ICE1PCS01+NCP1207 构成的开关电源典型电路分析与检修	316

## 第九章 应用型开关电源检修实例

321

第一节 电动车充电器原理分析与故障检修	321
一、通用型电动车充电器的结构原理与检修	321
二、TL494 与 LM324 构成的新型三段式充电器原理与检修	323
三、TL494、HA17358 和 CD4011 构成的电动车充电器电路原理与检修	327
四、场效应管及高增益误差放大器 TL431 构成的充电器电路原理与检修	331
五、工频晶闸管降压变压器充电器电路原理与检修	335
六、SG3524 半桥式整流他励式开关电源充电器电路原理与检修	338
七、LM393、TL431、TL3842 电路原理与检修	342
第二节 LCD 液晶显示器中电源检修实例	346
一、电源输入、滤波、整流部分电路	347

二、待机 5VS 电路 .....	347
三、待机控制、功率因数校正 PFC 电路 .....	349
四、100V 直流形成电路 .....	351
五、LED 背光驱动电路 .....	353
六、故障检修实例 .....	357
第三节 计算机 ATX 开关电源原理与维修 .....	358
一、KA7500B 与 LM339 组合的计算机 ATX 开关电源电路原理与检修 .....	358
二、TL494 与 MJC30205 组合的电脑 ATX 开关电源工作原理与检修技巧 .....	366

### 视频讲解清单

- 1 页-开关电源简易理解
- 1 页-认识多种开关电源实际线路板
- 5 页-线性电源原理与维修
- 6 页-三端稳压器误差放大器的测量
- 14 页-开关电源检修注意事项
- 15 页-典型分立件开关电源无输出检修
- 15 页-分立件开关电源输出电压低检修
- 15 页-开关电源烧保险的故障检修
- 18 页-完整的开关电源电路设计
- 21 页-开关电源设计-移植法
- 26 页-数字万用表测量变压器
- 26 页-自己制作变压器
- 133 页-串联开关电源原理
- 134 页-串联开关电源检修
- 135 页-并联开关电源原理
- 139 页-并联开关电源的检修
- 141 页-自激振荡分立元件开关电源
- 187 页-厚膜集成电路电源原理维修
- 253 页-高集成度开关电源原理维修
- 265 页-典型集成电路开关电源原理
- 267 页-充电器控制电路检修
- 267 页-充电器无输出启动电路检修
- 267 页-电动车充电器以 TL3842 为核心的电路原理
- 296 页-桥式开关电源原理与检修
- 301 页-计算机 ATX 电源保护电路检修
- 312 页-PFC 开关电源原理与维修
- 324 页-电动车充电器以 TL3842 为核心的电路原理
- 327 页-充电器控制电路检修
- 327 页-充电器无输出启动电路检修
- 359 页-计算机 ATX 电源保护电路检修
- 359 页-桥式开关电源原理与检修
- 电气图中常用的图形符号和文字符号
- 372 页-各种电子元器件的检测

# 第一章

## 开关电源设计与制作基础



### 第一节 认识开关电源

#### 一、什么是开关电源

开关电源是相对线性电源说的。它的输入端直接将交流电整流变成直流电，再在高频震荡电路的作用下，用开关管控制电流的通断，形成高频脉冲电流。在电感（高频变压器）的帮助下，输出稳定的低压直流电。由于变压器的磁芯大小与它的工作频率的平方成反比，频率越高铁芯越小，这样就可以大大减小变压器，使电源减轻重量和体积。而且由于它直接控制直流，使这种电源的效率比线性电源高很多。这样就节省了能源，因此它受到人们的青睐。可用图 1-1 理解开关电源开关接通断开方法。开关电源简易理解可扫上方二维码学习。

由图可知，当有交流电输入时，开关通断控制电路控制开关接通和断开，交流电可经过开关加入二极管整流电路给电容充电，电容可以看做是储能电容，容量较大。假设高电平时开关接通，开关接通时间越长则电容上的电压也越高，低电平开关断开，而开关断开时间越长，电容两端电压越低，由反馈稳压电路控制开关接通和断开时间即可控制电容上的电压在一个固定值，达到稳压目的。这就是利用开关简单理解开关电源的方法，实际电路中开关为三极管或场效应管之类的电子开关管。

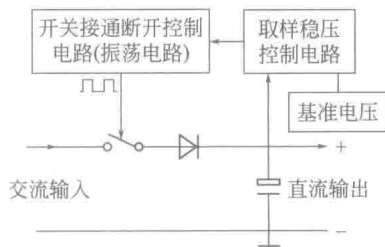


图 1-1 开关电源等效电路

#### 二、恒流型开关电源的实物电路板

恒流型开关电源是控制输出电流的，无论外在因素如何变化，其输出电流不变，常用于 LED 驱动电路及其他需要稳定电流的电气设备中。彩图 1-2 为一种常用的小功率恒流开关电源板。多种开关电源实际线路板可扫二维码学习。



#### 三、电源适配器实物电路板

很多电器设备中需要外设电源适配器（外接电源），如笔记本电脑、液晶显示器、扫描仪

等电器，通常需要外接电源适配器，常见电源适配器内部电路板如彩图 1-3 所示。

#### 四、分立元件自激振荡开关稳压电源实物电路板

很多电器中使用分立元件开关电源做稳压电路，如彩色电视机、多种型号充电器等设备，电路实物图如彩图 1-4 所示。

#### 五、他激励桥式开关电源实物电路板

他激励桥式开关稳压电源功率大、输出电压稳定、可多极性多路输出、效率高等优点，被广泛应用于各种电器，如计算机电源、电动车充电器、各种工业电器等设备。常见的计算机开关电源如彩图 1-5 所示。

#### 六、带有功率因数补偿电路的 PFC 开关电源实物电路板

为提高线路功率因数，抑制电流波形失真，必须使用 PFC 措施。PFC 分无源和有源两种类型，目前流行的是有源 PFC 技术。有源 PFC 电路一般由一片功率控制 IC 为核心构成，它被置于桥式整流器和一只高压输出电容之间，也称作有源 PFC 变换器。有源 PFC 变换器一般使用升压形式，主要是在输出功率一定时，有较小的输出电流，从而可减小输出电容器的容量和体积，同时也可减小升压电感元件的绕组线径。

实际的 PFC 开关电源可以假设为两个开关电源，其中一个在前面将交流整流滤波后变换为直流高电压（约 400~500V）输出，再给后面的普通开关电源供电，电路原理与前面电路基本相同，理解时可参看后面的章节原理。电路板实物如彩图 1-6 所示。

## 第二节 连续调整型稳压电路构成与工作原理

### 一、连续调整型稳压电路构成

如图 1-7 所示。

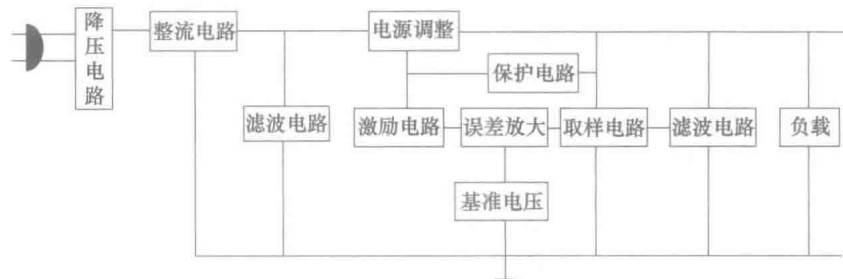


图 1-7 连续调整型稳压电路构成

#### 1. 降压电路

我国市电供电为 220V，电子产品中需要多种电压（多为直流），可利用变压电路将 220V 交流市电转换为所需要电压，变压电路主要有升压电路和降压电路两类。

(1) 变压器变压电路 常用的降压元件是变压器，将 220V 变压为低压时称为降压变压器，广泛应用于各种电子线路中，将 220V 变压为高压时，称为升压变压器，无论是降压变压器还是升压变压器，均是利用磁感应原理完成升降压的，详见变压器相关介绍。

(2) 阻容降压电路 在一些小功率电路中，常用阻容降压电路（电阻与电容并联）。适当

选择元件参数，可以得到所需要的电压，其原理是用 RC 电路限流降压的，R 不允许开路，因电阻限制电流，只适用于小功率电路。

## 2. 整流电路

电子电路应用的多为直流电源，整流电路就是将交流电变成直流电的电路。

(1) 半波整流电路 半波整流电路如图 1-8 所示，由变压器 T、二极管 VD、滤波电容 C、电阻 RL 构成。

变压器 T 的作用是将市电进行转换，得到用电器所需电压。若市电电源电压与用电器的要求相符，就可以省掉变压器，既降低成本又简化了电路。

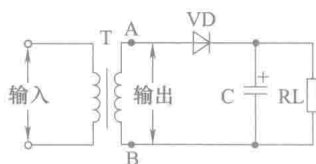


图 1-8 半波整流电路

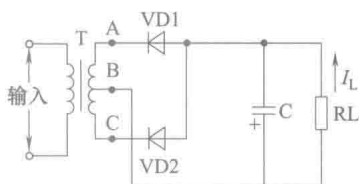


图 1-9 半桥式整流电路

工作过程：当变压器次级电压  $U_2$  为正半周时，A 为正，VD 导通，负载 RL 有电流通过，当变压器次级电压  $U_2$  为负半周时，A 为负，D 截止，RL 中就没有电流通过，则负载中只有正半周时才有电流。这个电流的方向不变，但大小仍随交流电压波形变化，叫做脉动电流。

(2) 全波整流电路 全波整流电路有“半桥式整流电路”和“全桥式整流电路”两种。

① 半桥式整流电路。图 1-9 是半桥式整流电路，电路变压器次级线圈两组匝数相等。在交流电正半周时，A 点的电位高于 B，而 B 点的电位又高于 C，则二极管 VD1 反偏截止，而 VD2 导通，电流由 B 点出发，自下而上地通过负载 RL，再经 VD2，由 C 点流回次级线圈。在交流电负半周时，C 点的电位高于 B，而 B 点的电位又高于 A，故二极管 VD1 导通，而 VD2 截止。电流仍由 B 点的自下而上地通过 RL，但经过 VD1 回到次级的另一组线圈。这个电路中，交流电的正、负半周，都有电流自下而上地通过，则叫做全波整流电路。此种电路的优点是市电利用率高，缺点是变压器利用率低。

② 全桥式整流电路。如图 1-10 所示在交流电正半周时，A 点的电位高于 B 点，则二极管 VD1、VD3 导通，而二极管 VD2、VD4 截止，电流由 A 点经 VD1，自上而下地流过负载 RL，再通过 VD2 回到变压器次级；在交流电负半周时，B 点的电位高于 A，二极管 VD2、VD4 导通，而 VD1、VD3 截止，那么电流由 B 点经 VD2，仍然由上而下地流过负载 RL，再经 VD4 到 A。可见，桥式整流电路中，无论交流电的正、负半周，都有单方向的直流电流输出，而且输出的直流电压也比半波整流电路高。

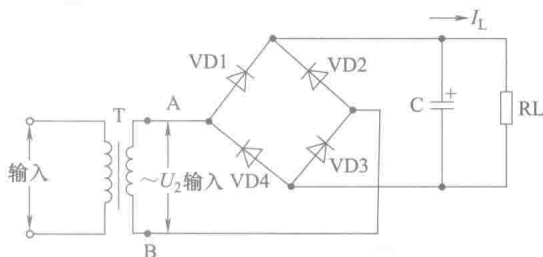


图 1-10 全桥式整流电路

全波整流电路在交流电的正、负半周都有直流输出，整流效率比半波整流提高一倍，输出电压的波动更小。

## 3. 滤波电路

整流电路虽然可将交流电变为直流电，但是这种直流电有着很大的脉动成分，不能满足电子电路的需要。因此，在整流电路后面必须再加上滤波电路，减小脉动电压的脉动成分，提高平滑程度。

(1) 无源滤波 常用的无源滤波主要有电容滤波、电感滤波及 LC 组合滤波电路，下面主



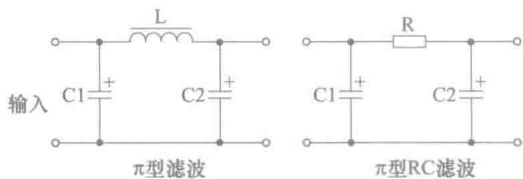


图 1-11 LC 滤波电路的基本形式

来阻碍电流的变化。当流过电感的电流增大时，反电动势会阻碍电流的增大，并且将一部分电能转变为磁能存储在线圈里；当流过电感线圈的电流减小时，反电动势又会阻碍电流的减小并释放出电感中所存储的能量，从而大幅度地减小了输出电流的变化，达到了滤波的目的。将两个电容、一个电感线圈结合起来，便构成了  $\pi$  型滤波器，能得到很好的滤波效果。

在负载电流不大的电路中，可以将体积笨重的电感  $L$  换成电阻  $R$ ，即构成了  $\pi$  型 RC 滤波器。

(2) 有源滤波 有源滤波电路又称电子滤波器，在滤波电路中使用了有源器件晶体管。有源滤波电路如图 1-12 所示。在有源滤波电路中，接在三极管基极的滤波电容容量为  $C$ ，因三极管的放大作用，相当于在发射极接了一只大电容。

电路原理：电路中首先用 RC 滤波电路，使三极管基极纹波相当小，因  $I_B$  很小，则  $R$  可以取较大， $C$  相对来讲可取得较小，又因三极管发射极电压总是低于基极，则发射极输出纹波更小，从而达到滤波作用，适当加大三极管功率，则负载可得到较大电流。

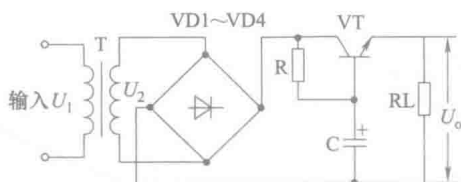


图 1-12 有源滤波电路

#### 4. 稳压电源

整流滤波后得到直流电压，若交流电网的供电电压有波动，则整流滤波后的直流电压也相应变动；而有些电路中整流负载是变化的，则对直流输出电压有影响；电路工作环境温度的变化也会引起输出电压的变化。

因电路中需要稳定的直流供电，整流滤波电路后设有“稳压电路”，常用的稳压电路有：稳压二极管稳压电路、晶体管稳压电路和集成块稳压电路。

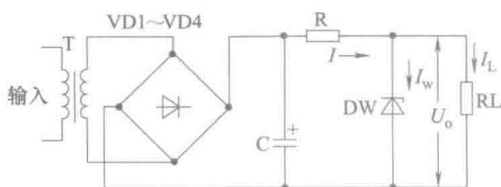


图 1-13 稳压二极管稳压电路

(1) 稳压二极管稳压电路 如图 1-13 所示，电路由电阻  $R$  和稳压二极管  $DW$  组成，图中  $R$  为限流电阻， $R_L$  为负载， $U_o$  为整流滤波电路输出的直流电压。

工作过程：稳压二极管的特点是电流在规定的范围内反向击穿时并不损坏，虽然反向电流有很大的变化，反向电压的变化却很小。电路就是利用它的这个特性来稳压的。假设因电网电压的变化使整流输出电压  $U$  增高，这时加在稳压二极管  $DW$  上的电压也会有微小的升高，但这会引起稳压管中电流的急剧上升。这个电流经过限流电阻  $R$ ，使它两端的电压也急剧增大，从而可使加在稳压管（即负载）两端的电压回到原来的  $U_o$  值。而在电网电压下降时， $U_i$  的下降使  $U_o$  有所降低，而稳压管中电流会随之急剧减小，使  $R$  两端的电压减小，则  $U_o$  上升到原值。

(2) 晶体管稳压电路 晶体管稳压电路有串联型和并联型两种，稳压精度高，输出电压可在一定范围内调节。晶体管稳压电路如图 1-14 所示， $VT_1$  为调整管（与负载串联）， $VT_2$  为比较放大管。电阻  $R$  与稳压管  $DW$  构成基准电路，提供基准电压。电阻  $R_1$ 、 $R_2$  构成输出电