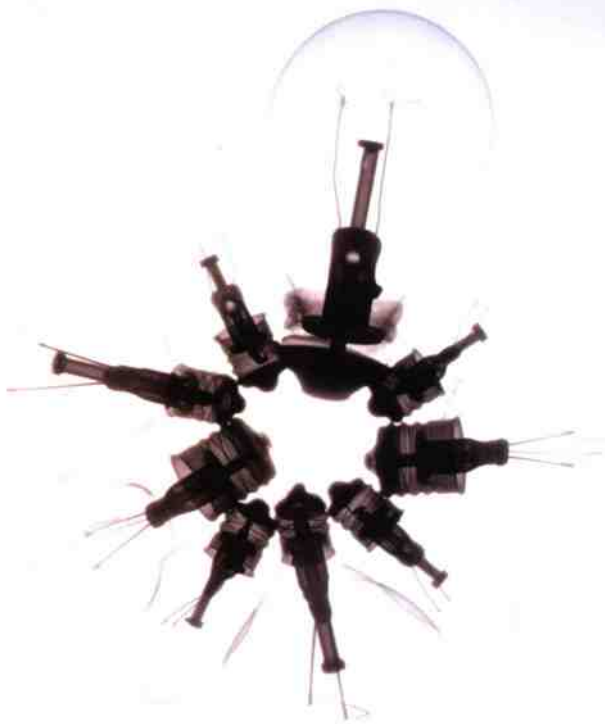


开关电源



故障检修方法 第2版

黄燕 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

开关电源故障检修方法

(第2版)

黄燕 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书第1版出版后受到广大读者的欢迎。第2版新加卫星电视接收机开关电源检修方法。更重要的是对原版书第5章单片开关电源IC维修技术资料进行了充实和扩充,本书主要内容包括开关电源电路原理与测试检修方法、常用家用电器开关电源、计算机及办公自动化设备开关电源维修、开关电源主要元器件维修技术资料、主要厂商单片开关电源IC维修技术资料等。

本书适合于需要系统掌握开关电源检修的基础知识和机能的各类电子设备维护人员,也可作为各类电子技术人员培训教材或自学参考读物,以及作为各级、各类院校相关专业师生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

开关电源故障检修方法/黄燕编著. —2版. —北京:
国防工业出版社, 2007. 1
ISBN 7-118-03376-6

I. 开... II. 黄... III. 开关电源—检修
IV. TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第139425号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 25 1/4 字数 550 千字
2007年1月第2版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 42.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)68428422
发行传真: (010)68411535

发行邮购: (010)68414474
发行业务: (010)68472764

再 版 前 言

本书第1版与读者见面后,受到广大读者的欢迎,三年中多次重印。在这三年中,开关电源技术及其应用都有了新发展,无论是元器件技术,还是应用电路设计都有较大的变化。鉴于我国开关电源技术的实际应用情况,作者对原版进行了较大的修订。主要是删去了原版第2章2.3节有关磁带录像机开关电源检修方法的内容,取而代之的是卫星电视接收机开关电源检修方法。更重要的是,对原版第5章单片开关电源IC维修技术资料进行了充实和扩充,扩充成第5、6两章。在这两章中,我们紧密结合单片开关电源在我国的实际应用情况,精心挑选出主流厂家、主流品牌、主流系列产品的常用型号的单片开关电源IC,进行详细的介绍,不仅介绍其性能特点,还介绍了其内部结构、引脚配置,更重要的是结合实际介绍了其典型应用电路。

我们知道,电源是各种电子设备必备的功能模块,电源技术已经历了线性电源、分立式开关电源、单片开关电源等阶段。单片开关电源技术是目前电子设备的主流电源技术。自20世纪80年代初,意—法半导体有限公司(SCS-Thomson,简称ST)率先推出L4960系列单片开关式稳压器以来,单个IC所集成的开关电源电路的功能模块越来越多,源芯片的集成度越来越高,外围元件越来越少,不断彰显出开关电源的高效率、高可靠性、外围电路简洁、性能指标优良、小型化、轻型化等方面的优越性。现在单片开关电源已成为开发中、小功率开关电源,精密开关电源及开关电源模块的首选方案。

PI公司成立于1988年,目前是世界用于电源转换的高压模拟集成电路的最主要的开发商,该公司生产的单片开关电源IC以其体积小、重量轻、效率高,而享誉业界,被广泛应用于消费及工业电子类产品。因此本版专辟第5章一整章篇幅对该公司单片开关电源IC全线产品进行了系统、全面的介绍。这些产品包括:第一代TOPSwitch系列、第二代TOPSwitch-II系列、第三代TOPSwitch-FX系列和第四代TOPSwitch-GX系列,“线性电源杀手”TinySwitch系列、第二代TinySwitch-II系列和第三代TinySwitch-III系列、宽范围恒压/恒流输出的低成本单片开关电源LinkSwitch系列、用于家电控制电路的低成本单片开关电源LinkSwitch-TN系列、替代型非稳压线性变压器LinkSwitch-LP系列、精密输出的低成本单片开关电源LinkSwitch-XT系列和LinkSwitch-HF系列等。除此以外,还有高度集成的高电压功率转换单片开关电源DPA-Switch系列和具有峰值模式操作的单片开关电源PeakSwitch系列。基本已覆盖了PI公司的最新单片开关电源IC产品。

在第6章中,根据单片开关电源IC在我国实际销售和应用情况,挑选出ST、飞利浦、安森美等主要单片式开关电源IC生产厂家的主要系列、常见型号进行了详细介绍。希望

这些最新的单片开关电源 IC 维修技术资料对维修技术人员和电子设计技术人员会有所裨益。

在此特别要指出的是,作者在补充的维修实例和单片开关电源 IC 技术资料时,参考了广大同行的大量专业技术文章和有关厂商的网站中的技术资料,均已附于书后,但唯恐错漏,恳请指正,并对这些作者和厂家致以衷心谢意。

作者

2006 年 10 月于广州

目 录

第1章 开关电源电路原理与测试检修方法	1
1.1 开关电源技术概况	1
1.1.1 开关电源技术发展简况	1
1.1.2 开关电源的技术特点	2
1.1.3 开关电源的若干技术问题	4
1.2 DC-DC变换器的基本电路形式及特点	7
1.2.1 DC-DC变换器的种类	7
1.2.2 DC-DC变换器的基本电路形式	7
1.2.3 常规DC-DC变换器的特点	17
1.3 开关状态控制电路.....	17
1.3.1 开关状态控制方式的种类.....	17
1.3.2 PWM控制电路的基本构成和原理	18
1.4 开关电源电路的常见附加功能.....	19
1.4.1 常见的附加功能.....	19
1.4.2 典型的过流保护电路.....	19
1.4.3 典型的过压保护电路.....	23
1.5 开关电源新技术.....	23
1.5.1 谐振式开关电源.....	23
1.5.2 单片开关电源.....	31
1.6 开关电源电路的测试方法.....	36
1.6.1 分立开关电源电路的测试方法.....	36
1.6.2 单片开关电源电路的测试方法	42
1.6.3 开关电源电路的在线测量技术.....	45
1.7 开关电源电路的检修方法.....	50
1.7.1 分立开关电源电路的检测方法.....	50
1.7.2 单片开关电源的检测方法.....	52
第2章 常用家用电器开关电源	59
2.1 大屏幕彩色电视机开关电源的维修.....	59
2.1.1 大屏幕彩色电视机开关电源的技术特点及其检修方法.....	59
2.1.2 国产大屏幕彩色电视机开关电源维修.....	64
2.1.3 进口大屏幕彩色电视机开关电源维修.....	70
2.2 激光视盘机开关电源的维修.....	82

2.2.1	激光视盘机开关电源的技术特点	82
2.2.2	激光视盘机开关电源维修	85
2.3	卫星电视接收机开关电源检修方法	99
2.3.1	东仕 IDS-2000F 数字机开关电源维修	99
2.3.2	帝霸 201H 数字卫星电视接收机开关电源维修	101
2.3.3	高斯贝尔 GSR-2001E 数字卫星电视接收机开关电源维修	102
2.3.4	通达 TDR-6000S 数字卫星电视接收机开关电源维修	104
2.3.5	同洲 CDVB-3188A 数字卫星电视接收机开关电源维修	106
第3章	计算机及办公自动化设备开关电源的维修	108
3.1	PC 主机开关电源的维修	108
3.1.1	PC 主机开关电源的技术特点	108
3.1.2	常见原装 PC 机主机开关电源的典型电路结构及其工作原理	109
3.1.3	常见兼容 PC 机主机开关电源的典型电路结构及其工作原理	114
3.1.4	检修方法	117
3.2	PC 机显示器开关电源检修方法	124
3.2.1	PC 机显示器开关电源的技术原理	124
3.2.2	检修方法	129
3.3	打印机开关电源检修方法	137
3.3.1	打印机开关电源典型电路结构及其工作原理	137
3.3.2	检修方法	140
3.4	传真机开关电源检修方法	141
3.4.1	传真机开关电源典型电路结构及其工作原理	141
3.4.2	检修方法	145
第4章	开关电源主要元器件及其特性	149
4.1	开关元件	149
4.1.1	概述	149
4.1.2	双极型晶体管	149
4.1.3	场效应管	154
4.1.4	IGBT 管	163
4.2	集成 DC-DC 变换器	170
4.2.1	升压型正电压 DC-DC 变换器	170
4.2.2	降压型正电压 DC-DC 变换器(PWM)	174
4.2.3	升/降压型正电压 DC-DC 变换器(PWM)	176
4.2.4	倒相式 DC-DC 变换器	177
4.2.5	泵式电容开关变换器	180
4.3	开关电源集成控制器	181
4.3.1	开关电源集成控制器的典型结构及其工作原理	181
4.3.2	SG1524/2524/3524 系列 PWM 控制器	184
4.3.3	SG1525/1527 系列 PWM 控制器	185

4.3.4	SG3525 系列 PWM 控制器	185
4.3.5	电流控制型 PWM 控制器	187
4.3.6	移相谐振控制器	189
4.3.7	功率因数校正器	196
4.3.8	功率因数校正 - PWM 控制复合 IC	210
4.4	厚膜电路	218
4.4.1	概述	218
4.4.2	IXO205CE 系列	219
4.4.3	IXO247CE 系列	220
4.4.4	IXO308CE 系列	220
4.4.5	IXO689CE 系列	221
4.4.6	STR440 系列	222
4.4.7	STR5312 系列	223
4.4.8	STR6020 系列	223
4.4.9	STR40090 系列	224
4.4.10	STRD 系列	224
4.4.11	SIX0465、LA51120、STR50103A、STR50115B、STR54041、 STR51213 型	225
4.5	电容器	226
4.5.1	陶瓷电容器	226
4.5.2	薄膜电容器	229
4.5.3	铝电容器	230
4.6	磁性元件	232
4.6.1	绕组/线圈	232
4.6.2	磁芯	235
第 5 章	PI 公司单片开关电源 IC 维修技术资料	249
5.1	PI 公司单片开关电源 IC 产品概况	249
5.1.1	PI 公司单片开关电源 IC 开发简史	249
5.1.2	PI 公司单片开关电源 IC 的主要特点	250
5.2	TOPSwitch 系列单片开关电源 IC	262
5.2.1	TOPSwitch 系列单片开关电源 IC	262
5.2.2	TOPSwitch - II 系列单片开关电源 IC	271
5.2.3	TOPSwitch - FX 系列单片开关电源 IC	279
5.2.4	TOPSwitch - GX 系列单片开关电源 IC	290
5.3	TinySwitch 系列单片开关电源 IC	301
5.3.1	TNY253/254/255P/G 系列单片开关电源 IC	301
5.3.2	TNY256P/G/Y 系列单片开关电源 IC	307
5.3.3	TinySwitch - II 系列单片开关电源 IC	310
5.3.4	TinySwitch - III 系列单片开关电源 IC	314

5.4	LinkSwitch 系列单片开关电源 IC	319
5.4.1	第一代 LinkSwitch 系列单片开关电源 IC	319
5.4.2	LinkSwitch - TN 系列单片开关电源 IC	325
5.4.3	LinkSwitch - HF 系列单片开关电源 IC	330
5.4.4	LinkSwitch - LP 系列单片开关电源 IC	333
5.4.5	LinkSwitch - XT 系列单片开关电源 IC	337
5.5	PI 公司其它系列单片开关电源 IC	341
5.5.1	DPA - Switch 系列单片开关电源 IC	341
5.5.2	PeakSwitch 系列单片开关电源 IC	347
第 6 章	其它主要厂商单片开关电源 IC 维修技术资料	353
6.1	ST 公司产品	353
6.1.1	ST 公司第一代单片开关电源 IC 产品	353
6.1.2	ST 公司第二代单片开关电源 IC 产品	358
6.1.3	ST 公司新一代单片开关电源 IC 产品	361
6.2	飞利浦公司产品	384
6.2.1	飞利浦单片开关电源 IC 技术概况	384
6.2.2	TEA152X 系列	386
6.2.3	TEA162X 系列	391
6.3	安森美公司产品	393
6.3.1	NCP105X 系列	393
6.3.2	NCP100X 系列	397
6.4	摩托罗拉公司产品	399
6.4.1	概述	399
6.4.2	MC33370 系列单片开关电源 IC	401
	参考文献	404

第1章 开关电源电路原理与测试检修方法

1.1 开关电源技术概况

1.1.1 开关电源技术发展简况

开关电源技术已有几十年的历史。早期产品的开关频率很低,成本昂贵,仅用于诸如卫星等尖端电子设备。20世纪六七十年代相继出现的由晶闸管(可控硅)和其它分立元件制作而成的开关电源,均因效率低下、开关频率低、电路复杂、难于调试等因素而难以普及。20世纪70年代后期,随着集成电路设计与制造工艺水平的不断提高,各种质优价廉的开关电源专用集成电路相继出现,而制造开关电源的新材料、新器件成为开关电源普及的主要动力。除了各种集成电路外,一些诸如 MOS 功率开关管(MOSFET)、肖特基二极管(SBD)、超快恢复二极管(SRD)、瞬态电压抑制管(TVS)、压敏电阻器(VSR)、熔断电阻器(FR)、自恢复保险丝(RF)、线性光耦合器、可调式精密并联稳压器(TL431)、电磁干扰滤波器(EMI Filter)、高导磁率磁性材料、由非晶合金制成的磁珠、三重绝缘线、玻璃珠胶合剂等一系列新器件、新材料,正广泛应用于开关电源,从而使开关频率已从 20kHz 发展到数百 kHz 甚至数 MHz,使开关电源得以广泛应用。

在开关电源轻型化、小型化、高效化的发展历程中,集成电路技术起了决定性的作用。近 20 年来,集成开关电源是沿着两个方向不断发展的:一个方向是,对开关电源的核心单元——控制电路的集成;另一个方向是,对中、小功率开关电源实现单片集成化,单片开关电源实际上是一种 AC/DC 电源变换器。

沿着前一个方向,首先在 20 世纪 70 年代后期研制成功了 PWM 控制器集成电路,如美国摩托罗拉公司(Motorola)、SG(Silicon General)公司和尤里特鲁德(Unitrode)公司等相继推出的一批 PWM 控制 IC,典型产品有 MC3520、SG3524、UC3842 等。20 世纪 90 年代以来,又研制成功了开关频率高达 1MHz 的高速 PWM、PFM 控制 IC,典型产品如 UC1825、UC1564 等。

沿着后一方向,主要经历了两个阶段:第一阶段是,20 世纪 80 年代,SGS-汤姆森(SGS-Thomson)公司率先推出的 L4960 系列单片开关式稳压器,该公司于 20 世纪 90 年代又推出了 L4970 系列。这类单片稳压器的特点是将 PWM 控制、功率输出级、保护电路等集成到一块芯片中,使用时需要配工频变压器与电网隔离,适于制作 5.1V ~ 40V 低压连续可调式输出、400W 以下大中功率、1.5A ~ 10A 大电流、效率超过 90% 的开关电源。这类芯片本质上仍属于 DC-DC 变换器。第二阶段是,20 世纪 90 年代中后期由美国电源集成(PI, Power Integration)公司开发成功的三端隔离、PWM 型反激式单片开关电源,其第一代产品是 TOPSwitch 系列,第二代产品是 TOPSwitch-II 系列;以

及 20 世纪 90 年代后期该公司推出的高效率、小功率、低价格的四端单片开关电源 TinySwitch 系列,1999 年又推出了 TNY256 系列。此后,摩托罗拉公司于 1999 年推出了称为高压功率开关调节器的 MC33370 系列五端单片开关电源,2000 年 PI 公司又推出了 TOPSwitch - FX 系列五端单片开关电源。这些单片开关电源充分展示出了单片开关电源的优势和广阔应用前景。

1.1.2 开关电源的技术特点

1.1.2.1 开关电源电路的基本构成和原理

1. 基本构成

从图 1-1(a)可见,开关电源主要包括如下功能模块。

(1) 输入整流 主要是用二极管桥式整流器电路把交流电整流为直流电。除此以外,还有限流和功率因数调整功能。该模块的元器件几十年来变化不大,变化较大的仅在于中小功率器件的塑封外形上,如 TO-220、TO-247 和 SMD-10 等。

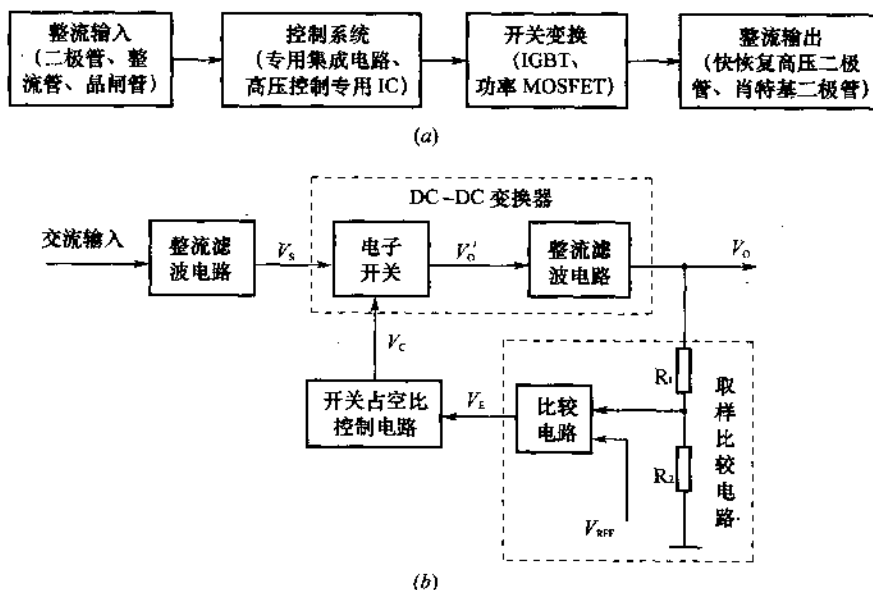


图 1-1 开关电源的典型结构

(a) 开关电源的基本结构;(b) 开关电源的典型电路结构。

(2) 控制系统 该模块主要是多种专用控制集成电路(如各类脉宽调制(PWM)或移相控制 IC 等),主要用于触发在逆变工作状态的功率 MOSFET 或 IGBT 等。新型的功率集成电路包含了带智能保护的 Smart-FET 器件(不是一种触发器件,而是具有保护功能的功率 MOSFET),微电子固态继电器 MER,光电耦合、控制 IC 等。

(3) 开关器件 该模块是开关电源实现高频化、高效率、高可靠性的关键,属于技术变革较大、较快的领域。20 世纪 50 年代主要采用晶闸管 SCR,60 年代主要采用快速晶闸管,70 年代主要采用 GTR、GTO 等关断器件,80 年代以来主要采用诸如功率 MOSFET、绝缘栅晶体管 IGBT、混合型 MOS 晶闸管 MCT 和 IGCT 等各种高频化全控型功能半导体开

关器件。

(4) 整流输出 该模块主要输出低压直流,要求速度快、通态电阻小。通常采用肖特基二极管。

2. 基本工作原理

图 1-1(b) 是开关电源电路的典型结构,它主要由整流滤波电路、DC-DC 变换器、开关占空比控制器及取样比较电路等模块构成。输入交流电(市电)首先经整流滤波电路形成直流电 V_s , 该直流电 V_s 再经通/断状态由图 1-2(a) 所示波形 V_c 控制的电子开关电路后,变换成脉冲状交流电 V_o' (见图 1-2(b)), V_s 再经电感、电容等储能元件构成的整流滤波电路平滑后,输出直流电 V_o (见图 1-2(c))。显然,输出直流 V_o 的大小取决于脉冲状交流电 V_o' 的有效值大小(成正比),而 V_o' 的有效值又与开关的导通占空比 $D = T_{ON}/T$ (其中 $T = T_{ON} + T_{OFF}$) 成正比。此外,通过取样比较电路中的取样电阻 R_1 、 R_2 ,对输出电压 V_o 取样,并使之与基准电压 V_{REF} 进行比较,若取样电压高于 V_{REF} ,则比较电路输出 $-V_E$,去控制占空比控制电路,使 T_{ON}/T 减小,从而使 V_o 下降;若取样电压低于 V_{REF} ,则输出 $+V_E$,使 T_{ON}/T 增加,从而使 V_o 上升,这样就可使开关电源的输出电压 V_o 稳定在一个恒定值上。

1.1.2.2 开关电源的优点

1. 功耗小、效率高、工作可靠稳定

在图 1-2 所示的开关电源电路中,电子开关在控制信号 V_c 的控制下,交替地工作在导通-截止和截止-导通的开关状态,转换速度很快,频率一般为 50kHz,甚至高达 MHz 级。这使得开关器件的功耗很小,电源效率可大幅度提高,通常可达 80% 以上。

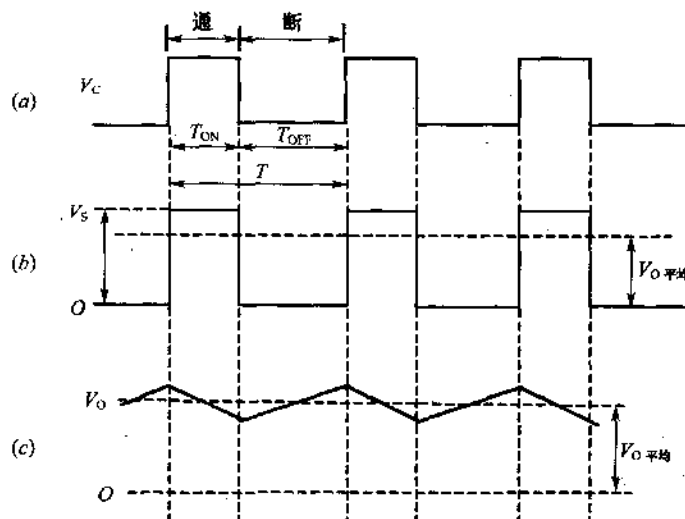


图 1-2 开关电源工作波形图

(a) V_c 波形; (b) V_o' 波形; (c) V_o 波形。

而功耗小使得电子设备内温升也低,周围元件不会因长期工作在高温环境下而损坏,有利于提高整个电子设备的可靠性和稳定性。

2. 体积小、重量轻

开关电源由于没有采用笨重的工频变压器,加之开关器件的功耗大幅度降低后,又毋需加装散热片,此外,由于开关电源的滤波效率大为提高,使滤波电容的容量和体积大为

减小,所有这些元素都使得开关电源的占地空间和重量都大幅度下降。

3. 稳压范围宽,适用范围广

开关电源的输出电压是由开关控制信号的占空比来调节的,输入信号电压的变化可通过调频或调宽进行补偿,因此,在工频电网电压变化较大时,它仍然能保证有较稳定的输出电压。一般情况下,当输入交流电压在 150V ~ 250V 范围内变化时,开关电源都能达到很好的稳压效果,输出电压变化在 2% 以内。而且在输入电压发生变化时,始终能保持稳压电路的高效率,因此,开关电源能适用于电网电压波动较大的地区。

4. 安全可靠

开关电源一般都设有自动保护电路,当稳压电路、高压电路、负载等出现故障甚至短路时,这些自动保护电路能自动切断电源,其保护功能灵敏、可靠。

5. 电路形式灵活多样、设计简便

开关电源的电路形式多种多样,这就可使设计者根据应用需要和各款开关电源电路的特点,灵活选择。

1.1.2.3 开关电源的技术性能指标

1. 特性指标

特性指标是规定一个电源电路的适用范围的指标。包括:输出电压(V_o);输出电压(调节)范围($V_{Omax} \sim V_{Omin}$);输出电流(I_o);最大输出电流(I_{Omax})等。

2. 质量指标

质量指标是反映一个电源电路的优劣的指标。包括如下方面。

(1) 输出电压调整率(S_D) S_D 用于衡量电源在负载电流和环境温度不变时维持输出电压不变的能力。通常用单位输出电压变化量 ΔV_o 与输入电压变化量 ΔV_i 之比来表示。

(2) 稳压系数(S) S 用于衡量电源维持输出电压不变的能力。用 $(\Delta V_o/V_o)$ 或 $(\Delta V_i/V_i)$ 表示。

(3) 输出电阻(R_o)。

(4) 交流输出阻抗(Z_o) Z_o 用于衡量电源在输入电压和环境温度不变时,带负载的能力。用 $\Delta V_o/\Delta I_L$ 表示。

(5) 纹波抑制比(S_{rip}) S_{rip} 用于衡量电源对输入电压中交流纹波电压分量的抑制能力。通常用叠加在未稳直流输入电压上的纹波电压在输出端被衰减的分贝(dB)数表示。

(6) 输出电压的时间漂移(又称长期稳定性) 输出电压的时间漂移用于衡量电源输出电压随时间的变化。通常用在规定的环境温度范围内,在额定的输入直流电压和负载电流下,1000h 内输出电压的最大变量表示。

(7) 输出电压的温度漂移 输出电压的温度漂移用于衡量电源输出电压随环境温度变化而变化的情况。通常用在电源的工作温度范围内,当输入直流电压和负载电流不变时,单位温度变化所引起的输出电压的相对变化量表示。

(8) 输出噪声电压(V_N)等。

1.1.3 开关电源的若干技术问题

1.1.3.1 开关电源电路的隔离技术

开关电源一般由两部分组成:一是功率主回路,二是控制回路。离线变换器功率主回

路进线往往与市电网连接,电压高;但输出回路和控制回路多由低压电子元器件所组成。为了人身和低压电子元器件的安全,功率主回路与输出回路应该电气隔离,即两者不共地。图 1-3 是两个常见的电气隔离方案:一是,主要通过 T_1 、 T_2 二个变压器实现隔离(见图 1-3(a));二是,主要用一个变压器 T_1 和光耦合元件实现隔离(见图 1-3(b))。光耦合元件由发光二极管和光敏三极管组成,依靠光传输信号,因此是较好的隔离元件。光耦合元件的发光二极管与输出整流滤波器有共地点 1;光耦合元件的三极管、PWM 控制 IC 片、功率开关管和市电的整流滤波有共地点 2。但共地点 1 和 2 必须严格分开。

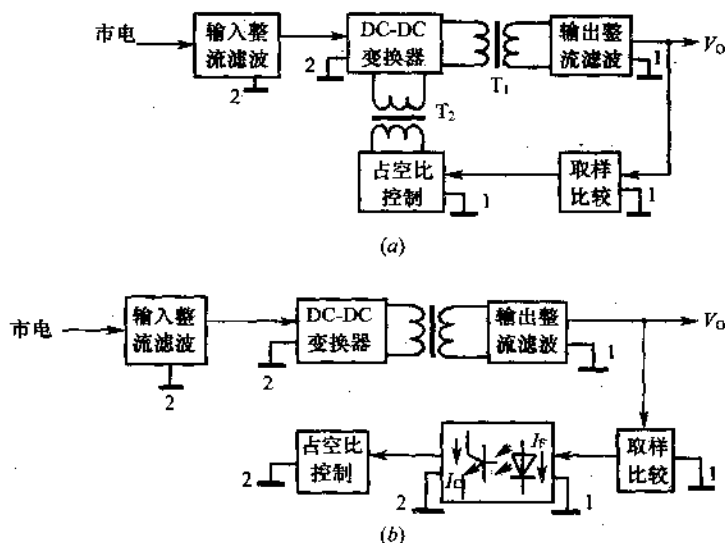


图 1-3 两种常见的电气隔离方案

(a) 用变压器实现隔离的方案;(b) 变压器与光耦合元件结合实现隔离的方案。

1.1.3.2 开关电源电路的轻、薄、小型化技术

我们知道,缩小设备尺寸,就会因散热面积的减小而导致温度升高,因此要设法降低功耗,或减少工作电流和电压,以减小各个环节上的功率。

但是,电源电路为提供负功率不能减小电压和电流,为使电源轻、薄、小型化,首先就得设法降低电路内的损耗。虽说开关电源以半导体开关的通/断为基本原理,从理论上说是低损耗的。但是,半导体开关毕竟存在着开、关损耗,而且这种损耗与开关频率成正比关系。

虽然开关电源里的变压器、电抗器等磁性元件和平滑波形的电容器等都可通过提高开关频率使其小型化,但这些元件的损耗也会因此增大。元器件损耗增大会引起温度升高,为避免这种温升又必须增大尺寸,这又会导致可靠性下降。开关元器件中采用双极性晶体管制成的 100kHz、用 MOSFET 制成的 500kHz 电源,虽已实用化,但其频率有待于进一步提高。要提高开关频率,就要减少开关损耗,而要减少开关损耗,就需要有高速开关元器件。然而,开关速度提高后,会受电路中分布电感和电容或二极管中存储电荷的影响而产生浪涌或噪声。这样,不仅会影响供电电路,而且还会大大降低电源电路本身的可靠性。

其中,为防止随开关通/断所发生的电压浪涌,可采用 RC 或 LC 缓冲器,而对由二极管存储电荷所致的电流浪涌可采用非晶态等磁芯制成的磁缓冲器。不过,对 1MHz 以上的高频,要采用谐振电路,以使开关上的电压或通过开关的电流呈正弦波,这样既可减少

开关损耗,同时也可控制浪涌的发生。这种开关方式称为谐振式开关,采用这种方式不需大幅度提高开关速度就可在理论上把开关损耗降到零,而且噪声也小,已成为开关电源高频化的一种主要方式。

目前,开关电源的小型化主要通过高频化和高密度化来实现。在高频化技术解决了一系列附带问题的同时,也降低了变压器、滤波磁性元件及电容器等元件的尺寸;在提高开关电源的高效率方面,已通过对开关晶体管、二极管等主开关元件和铁氧体磁芯、电解电容器等元件特性的改善及电路的改进,降低了因高频化而增大的损耗。其次,通过混合 IC 等高密度安装技术减少了元件数,并缩小了安装空间。

总之,开关电源的任何一项技术都是一种高技术,今后将通过表面安装技术(SMT)提高安装空间系数。同时还将通过开发谐振变换器等技术减小噪声和降低开关损耗,以不断推出更小型、轻量和高效率的开关电源。

1.1.3.3 开关电源电路的噪声及其控制技术

开关电源是一个很大的噪声源,开发开关电源的目的旨在实现小型化,而越是小型化,就越要使开关频率高频化。目前通过对开关元件的改进,使用的频率已高达 MHz 数量级。过去只有开关脉冲的高次谐波对射频区有影响,而今一经这种高频化,其基波本身也构成了一种干扰源,发出一种更强的传导干扰波。此外,通过改进元件达到高频化的同时,也会因辐射干扰波而导致一种超标准值的杂散信号。

电源电路作为一种供电源,起着外部与设备的接口作用。因此,在受到外部噪声最强影响的同时,也是设备本身的噪声的最终出口。正因为如此,同设备内部的任何电路、器件相比,就要更关心电源的噪声问题。

电源噪声是一种电磁干扰波(EMI),被干扰对象是无线电通信。为使无线电波不受 EMI 的影响,就要限定这种 EMI 的大小。一般来说除特殊情况外,都要采取法定措施加以限制。

EMI 一般有两种传播途径,要按各个途径进行评价及控制。一种是以波长长的频带向电源线传播,给发射区以干扰的途径,一般在 30MHz 以下。这种波长长的频率在附属于电子设备的电源线的长度范围内还不满 1 个波长,其辐射到空间的量也很小,由此可掌握发生于电源线上的电压,进而可充分评价干扰的大小,这种噪声叫做传导噪声。

当频率达到 30MHz 以上,波长也会随之变短。这时如果只对发生于电源线的噪声源电压进行评价,就会与实际干扰不符。因此,采用了通过直接测定传播到空间的干扰波评价噪声大小的方法,该噪声叫做辐射噪声。测定辐射噪声的方法有上述按电场强度($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)对传播到空间的干扰波进行直接测定的方法和测定泄漏到电源线上的功率(dB/W)的方法。像家用电子产品,如果其设备本身是小型的,可以只由电源线辐射进行辐射噪声评价。这种方法叫做吸收钳位法。

开关电源 EMI 噪声控制的基本方法如下:

EMI 控制技术	{	滤波技术
		屏蔽技术
		密封技术
		引线技术

其中主要是滤波技术,滤波器从简单的电阻到电感、电容和放电器等都有。近来,作

为一种噪声抑制元件多采用一种应用非晶磁性矩形比的扼流圈。

在传导噪声和辐射噪声的两种传播途径中,应用电子元件最多的是传导噪声控制。传导噪声的频率范围最宽,为 10kHz ~ 30MHz,使用一个元件很难使这种频带衰减,尤其像开关电源,在其基波的高频化已达到成为额定对象的频带的今天,是不容易处理的。

噪声控制的根本问题是解决噪声源本身的问题,要在全力控制噪声的发生上想办法。采用屏蔽技术和滤波技术难以阻止已经发生的噪声。像开关电源,即使我们知道脉冲本身或上升部分发生的杂散现象是噪声源,但从电源效率观点看要通过控制其上升时间降低噪声也未必是一种好办法,这也是 EMI 噪声控制问题上的一个难点。

同样的现象也存在于辐射噪声的控制上,时钟信号上升时间的杂散现象也会成为一个很大的噪声源。即使可通过控制上升时间来降低噪声,但有时会导致传输信号质量下降以及在图像信号等方面发生影响图像质量等问题。总之,EMI 噪声控制工作要在各种制约条件下进行。

1.2 DC - DC 变换器的基本电路形式及特点

1.2.1 DC - DC 变换器的种类

表 1 - 1 是常见的 DC - DC 变换器。

表 1 - 1 常见的 DC - DC 变换器

分类方式	变 换 方 式		开关管的数目	输入/输出隔离	控制方式	
DC - DC 变 换器类型	斩波方式	降压型	单管式	非隔离	他激式(脉宽调制 或脉频调制)	
		升压型				
	升—降压型					
	回扫式		多管式	隔离		
	正向激励式					
	推挽式					
	半桥式					
	全桥式					
	RCC 式(振铃扼流变换式)		单管式	自激式	(频率)	
洛埃耶式		多管式	(幅度)			
并森式						

1.2.2 DC - DC 变换器的基本电路形式

1.2.2.1 降压型

降压型 DC - DC 变换器又称串联开关稳压电源、三端开关型降压稳压器或别克(Buck)变换器。

图 1 - 4(a)为降压型的电路结构,图 1 - 4(b)则是它的输入和输出波形。晶体管开关可以是双极型晶体管,也可以是功率 MOSFET。MOSFET 开关较快而无存储

时间,故在较高工作频率下开关损耗较小;另外所需要的开关驱动功率小,降低了电路的复杂性。双极型的晶体管,导通时电阻较低,故适合用在开关损耗并不显著的较低频率情况下。

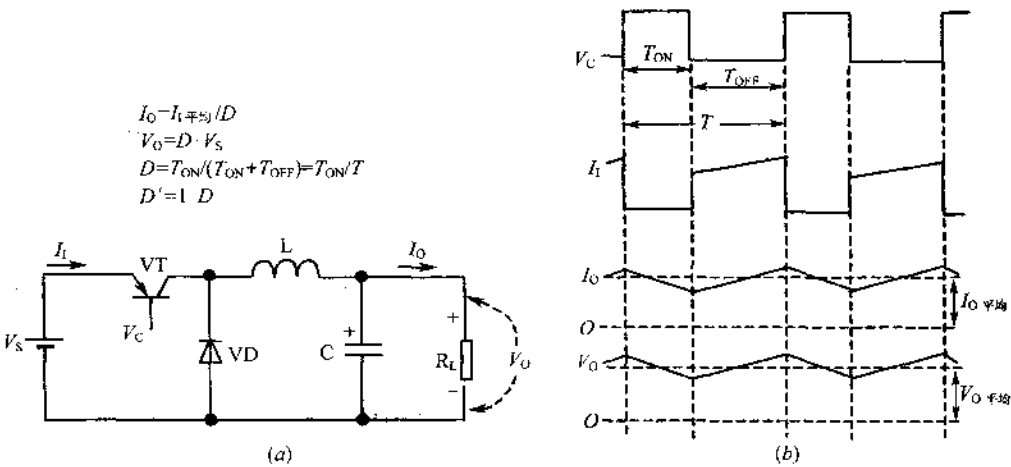


图 1-4 降压型 DC-DC 变换器
(a) 典型结构; (b) 工作波形。

该电路工作原理如下:当 VT 导通时(T_{ON}),L 将能量以磁场的形式存储起来,随着电源电压 V_s ,对 L 的充电,L 电流对 C 充电,并提供负载电流,VD 被反向偏置而截止。只有当 VT 导通时,来自电源的电流才会流动。当 VT 截止时,L 中消失的磁场使其极性颠倒,VD 加上正向偏压。L 和 C 在 T_{OFF} 提供负载电流。由于存储在 L 中的 $-V_s$ 值必须等于释放出来的 $-V_s$ 值,若不计 VD 和 VT 的压降,则有 $V_0 = V_s \cdot T_{\text{ON}}/T = V_s D$,式中, $D = T_{\text{ON}}/T$ (其中 $T = T_{\text{ON}} + T_{\text{OFF}}$) 为导通占空比。因为不计损耗时功率守恒,所以,有 $I_0 = I_1 \text{平均}/D$ 。根据上面两个关系式可知:因为 $D \leq 1$,所以 $V_0 \leq V_s$,因此这种串联式变换器只能降压。其主要缺点是,输入电流是脉动的,往往需要一个输入滤波器,而且只能使电压下降,通常适用于大电流和中功率(直到大约 800W)的降压情况下。

1.2.2.2 升压型

升压型 DC-DC 变换器又称并联开关稳压电源、三端开关型升压稳压器或布斯特 (Boost) 变换器。

图 1-5(a) 是升压型的电路结构,图 1-5(b) 是其输入、输出的波形。升压型变换器可采用一个 NPN 开关,而不需悬浮驱动电路,原因是,该开关将 L 直接接至输入电源,以供存储能量。

该电路的工作原理为,当 VT 导通时(T_{ON}),能量存储在 L 中。由于 VD 截止,所以 T_{ON} 期间负载的电压和电流由 C 供给。在 T_{OFF} 期间,VT 截止,存储在 L 中的能量,通过正向偏置的 VD 传送到负载和 C,L 放电电压的极性与 V_s 相同,且与 V_s 相串联,因而提供了一种升压作用。

如果忽略损耗和开关元件上的电压降,则有 $V_0 = V_s/(1 - D) = V_s/D'$ 和 $I_0 = I_1(1 - D) = I_1 D'$ 。可见, V_0 不可能增大到无穷大,这是因为,各种电阻性损耗元件将使输出电压以某个上升比(通常在 5~10 之间)达到一个极限值。升压型变换器由于输出纹波较大,