

跨越平板维修·实战系列



# 平板彩电开关电源 维修精讲

《家电维修》工作室 编

哈尔滨工程大学出版社

责任编辑： 矫 阳  
封面设计： 张楠平



本书系统地介绍液晶电视电源、屏组件、主板、逆变器等部门的工作原理、电路结构，力争让维修人员快速掌握液晶电视的维修技巧。本书一改传统液晶电视维修工具书以单一信号流程介绍维修并缺少实际维修指导模式的缺陷，采用“图解+故障提示+实物指示图”三合一方式介绍整机信号处理流程及维修。



近年来，家电、机电及数码产品中的英文新名词、新术语较多，给使用、维修带来了一定的困难，针对这一情况，特编写了本书。本书主要收录了约16,000条常见的英文词汇，尤其是近年来出现的新电路名称、新术语、新名词、新器件引脚标注及总线菜单中的项目英文词汇。



本手册主要由三部分内容组成：一是贴片元件的识别与拆焊；二是各型贴片二极管、组合型二极管及贴片三极管、组合型三极管的主要参数（含引脚功能）；三是表面贴装及通孔功率MOSFET的引脚功能及主要参数。

ISBN 978-7-81133-487-6



9 787811 334876 >

定价：32.00元

# 平板彩电开关电源维修精讲

《家电维修》工作室 编著

哈尔滨工程大学出版社

## 内 容 简 介

目前,液晶及等离子彩电已大量进入维修期。由于平板彩电开关电源故障率相对较高,学习并掌握此电路的原理与检修已刻不容缓。

尽管平板彩电的品牌及型号较多,但大多采用相同或相近的电源方案。本书从实际维修的角度出发,精选出社会拥用量大的近 20 种液晶彩电与 2 种等离子彩电开关电源方案,图文并茂地对其工作原理进行了详细地分析,对其关键测试点与检测方法进行了重点提示,并附有集成块与关键晶体管的实测数据,内容丰富翔实。在本书附录中,为便于实修时参考,系统地给出了 114 种电源变换 IC 的维修资料及 15 种液晶彩电代表型开关电源电路。

在本书的编写过程中,景曙光、马旭东、张磊同志撰写了部分章节内容,并得到了罗红艳、刘智等同志的大力支持,在此深表感谢!

本书既可供平板彩电售后服务人员及广大家电维修人员阅读,也可作为电子类技校及培训班的教材使用。

### 图书在版编目(CIP)数据

平板彩电开关电源维修精讲/《家电维修》工作室编.  
哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.7

ISBN 978-7-81133-487-6

I. 平… II. 家… III. 平板电视:彩色电视-电视接收机-开关电源-维修 IV. TN949.16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 113870 号

---

出版发行:哈尔滨工程大学出版社

社 址:哈尔滨市南岗区东大直街 124 号

邮政编码:150001

发行电话:0451-82519328

传 真:0451-82519669

经 销:新华书店

印 刷:成都市新都华兴印务有限公司

开 本:185mm × 260mm 1/16

印 张:15.75

字 数:340 千字

版 次:2009 年 8 月第 1 版

印 次:2009 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1-4000 册

定 价:32.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn

---

□版权所有 侵权必究□

凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,请寄回印刷厂调换

# 目录

## 彩页

FSP205-301/4E01 型液晶彩电开关电源维修图解(一)

FSP205-301/4E01 型液晶彩电开关电源维修图解(二)

海信 TLM3237D 液晶彩电电源板维修图解

HS210-4N10-2 型液晶彩电开关电源维修图解

<b>第 1 章 液晶彩电开关电源概述</b> .....	1
1.1 液晶彩电开关电源的分类 .....	2
1.2 液晶彩电开关电源的特点 .....	3
1.3 液晶彩电开关电源单元电路简述 .....	4
1.4 保护电路 .....	6
1.5 功率因数校正(PFC)电路分析 .....	7
1.6 液晶彩电开关电源的检修与代换 .....	12
<b>第 2 章 L6599D+LD7522PS+FAN7529MX 方案液晶电视开关电源</b> .....	13
2.1 电源方案概述 .....	14
2.2 电路原理分析 .....	14
2.3 PFC 电路 .....	17
<b>第 3 章 NCP1395A+NCP1014+TDA4863G 方案液晶电视开关电源</b> .....	23
3.1 电源概述 .....	24
3.2 AC220V 开关电源原理分析 .....	25

<b>第 4 章 NCP1217/A+NCP1207/A 方案液晶电视开关电源</b>	35
4.1 芯片特点简介	36
4.2 电路原理分析	37
4.3 维修资料	42
<b>第 5 章 L6599D+NCP1013AP06(CNP1014AP06)+UCC28051 方案液晶电视开关电源</b>	45
5.1 工作原理简述	46
5.2 单元电路工作原理分析	47
5.3 维修须知	52
5.4 故障检修实例	52
5.5 维修资料	53
<b>第 6 章 NCP1217+NCP1207+NCP1653 方案液晶电视开关电源</b>	59
6.1 电源电路组成	60
6.2 电路原理分析	61
<b>第 7 章 泰达 LCD 开关电源</b>	67
7.1 稳压电源启动和 5VSB 电压形成	68
7.2 开/关机过程	68
7.3 PFC 检测及校正电源	70
7.4 由 IC3 组成的 24V、12V 电源电路	70
7.5 保护电路及其作用	71
7.6 无+24V、+12V 输出故障检修流程	72
<b>第 8 章 晶辰 LCD 开关电源</b>	73
8.1 功率因素校正电路	74
8.2 供控制系统工作的 5V 电压形成	74
8.3 24V、12V 电压形成电路	77
8.4 (24V、12V)过压与过流保护电路	77
8.5 无+24V、+12V 输出故障检修流程	78
<b>第 9 章 力信 LCD 开关电源</b>	79
9.1 V1SB(5V)电压形成	80
9.2 PFC 电路工作过程	80
9.3 24V、12V 电压形成	80

9.4 保护电路分析 .....	80
9.5 无 V2、V3 电压输出故障的检修流程 .....	82
<b>第 10 章 盛泰 LCD 开关电源 .....</b>	<b>83</b>
10.1 PFC 校正电路工作过程 .....	84
10.2 开关稳压电源工作电压的形成 .....	84
10.3 桥式开关稳压电源 .....	84
10.4 开/关机控制与保护电路 .....	84
<b>第 11 章 采用 ICE3DS01 的液晶电视外置电源 .....</b>	<b>87</b>
11.1 启动与振荡 .....	89
11.2 稳压控制 .....	89
11.3 电源保护功能 .....	89
11.4 控制系统供电 .....	90
11.5 模拟电路板供电 .....	91
11.6 故障检修要点 .....	91
<b>第 12 章 STR-X6759N+STR-V152 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>93</b>
12.1 开关电源电路原理分析 .....	96
12.2 常见故障检修 .....	100
12.3 主要器件维修参考数据 .....	101
12.4 GP 系列液晶电视开关电源的维修代换 .....	102
<b>第 13 章 ML4800+FS7M0880+FSDH321 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>105</b>
13.1 电源电路的组成 .....	106
13.2 电路工作原理分析 .....	108
13.3 故障检修方法 .....	111
13.4 检修注意事项 .....	113
<b>第 14 章 TDA16888+UC3843 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>115</b>
14.1 主要芯片介绍 .....	116
14.2 主开关电源 .....	118
14.3 副开关电源电路 .....	122
<b>第 15 章 STR-W6756 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>125</b>
15.1 芯片简介 .....	126

15.2 电路工作原理分析 .....	126
<b>第 16 章 L6561+L5991 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>129</b>
16.1 主要芯片介绍 .....	130
16.2 电路原理分析 .....	132
<b>第 17 章 STRE1565+STR-T2268 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>135</b>
17.1 电源概述 .....	136
17.2 STR-E1565 电源模块简介 .....	136
17.3 STR-T2268 电源模块简介 .....	136
17.4 长虹 GP03 型内置电源分析 .....	138
17.5 长虹 GP03 型液晶电视内置电源常见故障检修 .....	144
<b>第 18 章 L6599 +VIPer22A+ L6563 方案液晶电视开关电源 .....</b>	<b>147</b>
18.1 待机电源 .....	148
18.2 开/待机控制 .....	149
18.3 PFC(功率因数)校正电路 .....	150
18.4 PWM 振荡电路 .....	150
18.5 保护电路 .....	150
18.6 维修实例 .....	153
18.7 TCL 液晶电视常用电源板介绍 .....	154
<b>第 19 章 三星 V2 屏等离子电源 .....</b>	<b>167</b>
19.1 屏电源板单元电路详解 .....	168
19.2 屏电源板故障检修精要 .....	175
19.3 屏电源板实测维修数据 .....	177
19.4 V2 屏电源板常见故障检修实例 .....	185
<b>第 20 章 三星 V3 屏等离子电源 .....</b>	<b>187</b>
20.1 工作原理 .....	188
20.2 主要集成电路实测数据 .....	192
20.3 V3 屏电源板常见故障检修实例 .....	194
<b>附录 .....</b>	<b>197</b>
1.常见电源变换 IC 总汇 .....	197
2.液晶彩显代表型开关电源电路 .....	234





跨越平板维修·实战系列

# 第1章

## 液晶彩电开关电源概述

PINGBANCAIDIAN  
KAIGUANDIANYUAN

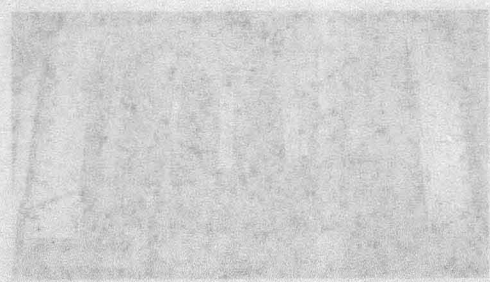


图 1-1 液晶彩电开关电源

开关电源



开关电源电路是整机工作的能量供给中心,简单地讲,开关电源就是将输入的交流市电转化成一组或多组直流电压,作为相应的电路的工作电压。由于开关电源电路工作在高电压、大电流状态,其故障率相对较高,因此掌握和了解其电路特点与工作原理尤为重要。

## 1.1 液晶彩电开关电源的分类

液晶彩电开关电源从安装方式上可分为三类。

### 1.1.1 外置型

外置型即开关电源自成一体,通过电线及插头与电视机相连。这种电源多见于早期的小屏幕(不超过 22 英寸)液晶彩电中,其输出电压也多为+12V(电流为 5~7A)。

### 1.1.2 独立型

独立型是指开关电源电路单独做成一块板,安装在机内,如图 1-1 所示。在液晶电视中,采用这种电源板的最为常见,虽然型号多种多样,但输出的电压多为以下四组:+5VS,供给 CPU 及开/待机控制电路;+5V,为信号处理电路供电;+12V,为主板部分电路供电;+24V,为逆变器(背光灯驱动板)供电。当然,有些大功率电源板还会输出一组+18V 电压,供给伴音功放电路。在本书的液晶彩电电源中,除特殊说明的外,其余的均以这种类型的电源板为例。

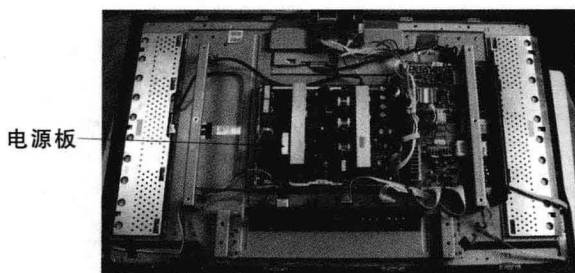


图 1-1 独立型电源板实物图

### 1.1.3 整合型

这种电路将开关电源电路和逆变器整合在同一块电路板上,如图 1-2(a)、(b)所示,这种板常称为整合板或 IP 板。

这种电路与上两种电源相比,最大的区别是:这种电源板送给逆变器的供电电压并不是+24V 或+12V(小屏幕),而是市电整流滤波及 PFC(功率因数校正)变换后的+380V 直流电压。逆变器将+380V 通过 DC-AC 升压达到灯管所需高压。

这种电路省去了 24V 转换,减少了功率损耗,从而提升了系统能效,减少了底盘发热量,并降低了总成本,但这种方案对逆变器上元器件的耐压提出了更高的要求。目前,这种整合板在液晶彩显中用得较多,而在液晶彩电中用得相对较少。

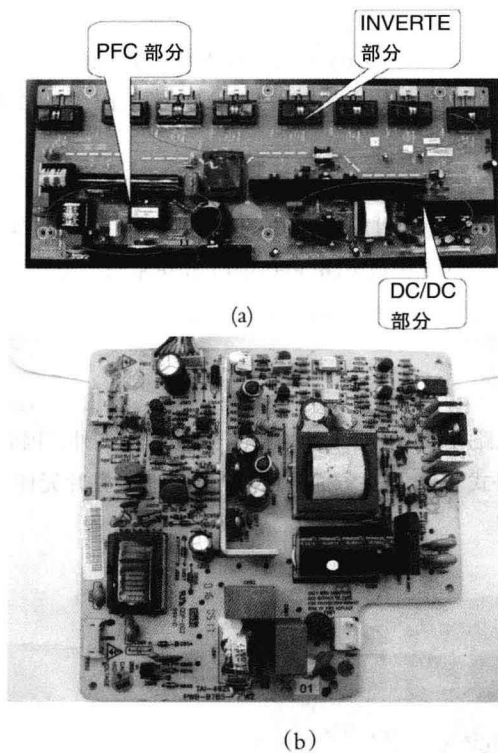
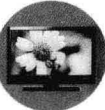


图 1-2 整合型电源板实物图

## 1.2 液晶彩电开关电源的特点

### 1.2.1 低压大电流输出

这里所说的“低压”与“大电流”都是相对于 CRT 彩电开关电源而言的。在 CRT 彩电中,开关电源输出的主电压一般不低于+110V,其输出电流一般小于 1A;但在液晶彩电中,开关电源的输出电压较低,其主要负载电压一般为+24V(小屏幕机为+12V),但电流却远比 1A 大。

液晶彩电开关电源的主要负载是背光灯驱动板,而背光灯驱动板的负载又是灯管,下面我们按一根灯管 8W 的功率粗细计算一下:一台 32 英寸的液晶电视通常有 16 根灯管,则灯管的耗电就需 128W,则+24V 电压需要有约 5.4A 的电流输出;一台 37~40 英寸的液晶彩电通常有 20 或 22 根灯管,则+24V 电压需要有约 8A 的电流输出;一台 46~52 英寸的液晶彩电通常有 26 或 28 根灯管,则+24V 电压需要有约 10A 的电流输出。

一台 32 英寸的液晶电视所用开关电源板的主要参数标注如图 1-3 所示。

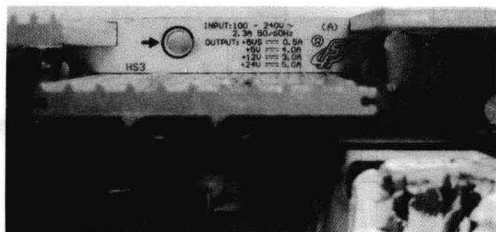


图 1-3 主要参数标注



## 1.2.2 采用主、副电源设计

部分 CRT 彩电未单独设计副电源电路,而是采用降低或关断开关电源的输出电压来实现开/待机控制。在液晶彩电中,均采用主、副电源设计,且副电源独立。待机时,只是副电源工作,PFC 电路及主电源电路处于完全停止状态,这样以达能极低的待机功耗要求。

## 1.2.3 能效比高,抗干扰能力强

为了提高电源利用率,以及提高整机抗干扰能力,液晶彩电的开关电源中大都设有功率因数校正电路,这一电路在普通 CRT 开关电源中没有。由于功率因数电路(PFC)的工作正常与否会直接后级 DC/DC 变换电路的状态,因此在学习平板彩电的开关电源时,应重视对 PFC 电路的分析。为此,本章第 1.4 节将较为详细地对 PFC 电路进行分析。

## 1.2.4 采用双面电路板及贴片元件

由于液晶彩电的厚度较薄,则要示电路板采用薄形设计,开关电源板也不例外。因此,在液晶彩电的开关电源中,一方面将大容量电解电容采用卧式安装,另一方面采用双面电路板及贴片元件,如图 1-4 所示,以减小开关电源板的面积,降低无器件的高度。

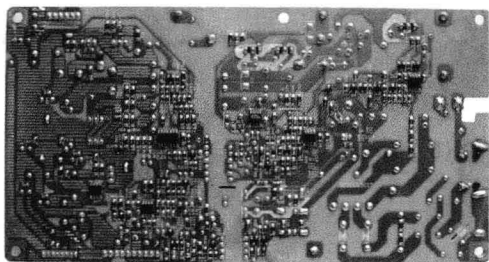


图 1-4 电源板反面实物图

## 1.3 液晶彩电开关电源单元电路简述

液晶彩电的开关电源主要由交流抗干扰电路、整流滤波电路、PFC 电路及主、副开关电源电路组成,如图 1-5 所示。其中,主、副开关电源均采用并联式,与大多数 CRT 彩电的开关电源一样,其工作原理与检修方法也基本相同。

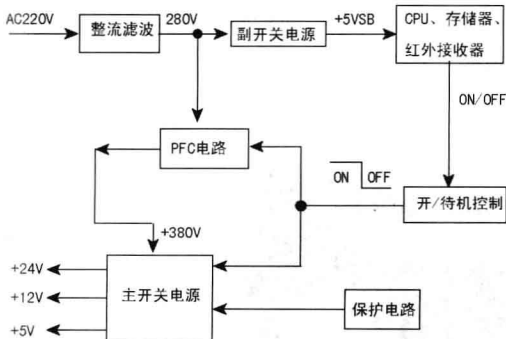


图 1-5 液晶彩电开关电源组成框图



通电后,副电源先工作,输出+5V 电压给数字板上的 CPU,整机进行待机状态。当按压本机面板或遥控器上的开机键后,CPU 输出开机电平,PFC 电路与主开关电源电路工作,整机进入正常工作状态。

值得一提的是,在部分液晶彩电中,CPU 输出开机电平后,电源板上的 PFC 电路先工作,将+300V 脉动直流电压转换成正常的直流电压(+380V 左右)后,这时主开关电源的脉宽振荡器才开始工作,主开关变压器次级输出+12V、+24V 电压。也就是说,在这类开关电源中,若 PFC 电路不工作,则主开关电源无输出。

下面对各部分电路的作用及特点作一介绍。

### 1.3.1 交流抗干扰电路

交流抗干扰电路的作用有以下两个:一是滤除市电网中的高频干扰,以防影响液晶彩电的正常工作;二是滤除自身工作时产生的干扰,以防污染市电网,从而干扰其他电路。该电路位于市电的输入处,其特征元件是电感与电容,如图 1-6 所示。

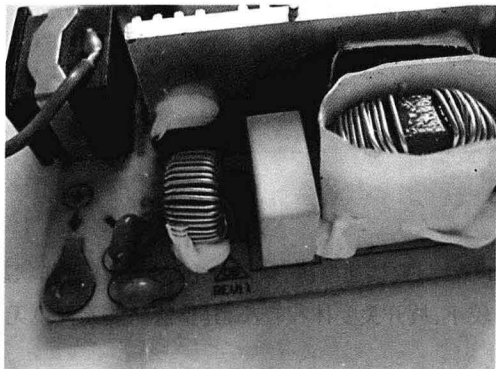


图 1-6 交流抗干扰电路元件

### 1.3.2 +300V 整流电路

在液晶彩电中,+300V 整流电路的作用是将交流市电转换成脉动直流电,其整流方式通常采用全桥整流。由于该电路后接 PFC 电路,故+300V 整流后的滤波电容容量较小,通常采用  $0.1\mu\text{F}\sim 0.47\mu\text{F}/400\text{V}$  的涤纶电容,如图 1-7 所示。

正常时,用指针万用表红笔接全桥“+”端、黑笔接全桥“-”端,阻值约为  $10\text{k}\Omega$ ;红笔接全桥“-”端、黑笔接全桥“+”端,阻值约为  $300\text{k}\Omega$ ;全桥两交流输入端间正反向电阻均约为  $500\text{k}\Omega$ 。

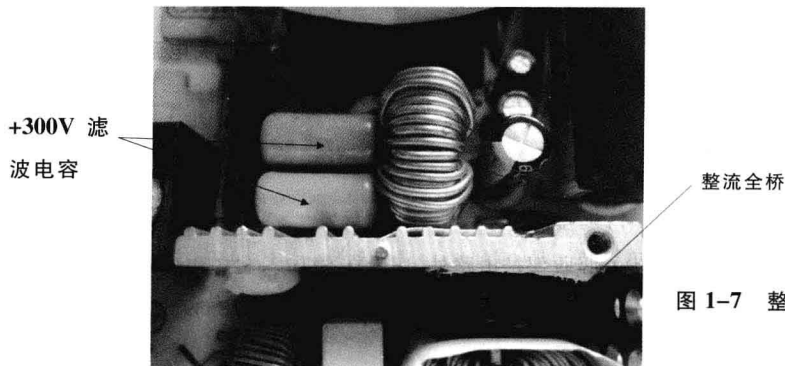


图 1-7 整流全桥及滤波电容



## 1.3.3 主开关电源

主开关电源的作用是输出+12V、+24V等电压,供给信号处理板及背光灯驱动板。这部分电路通常以一块PWM 调控芯片为中心组成,其特征元件是开关变压器与输出电压整流滤波元件,如图1-8所示。值得一提的是:由于+24V或+12V的输出电流较大,故对整流二极管要求较高,一般采用低压差的大功率肖特基二极管,不能换用普通的整流二极管。

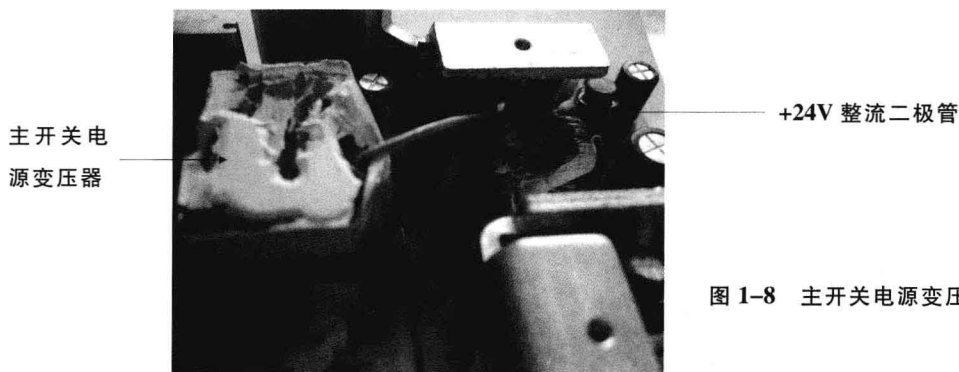


图 1-8 主开关电源变压器

## 1.3.4 副开关电源

副开关电源的作用是输出+5V电压供给CPU。只要接通电源,该部分电路即进入工作状态,CPU控制系统处于等待操作状态。由于该电路的输出功率较小,故开关变体体积较小,其整流滤波元件也无特殊要求,如图1-9所示。

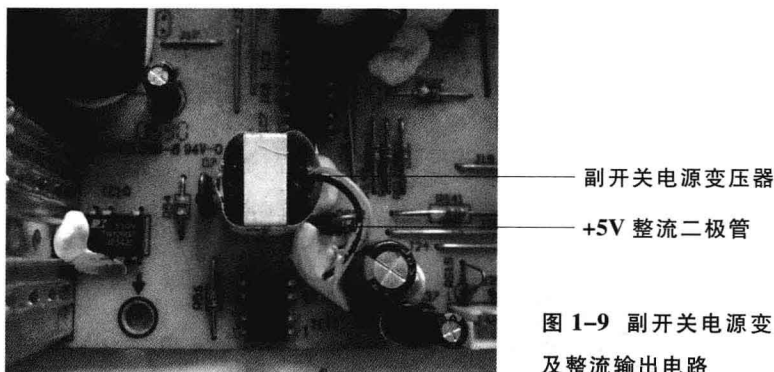


图 1-9 副开关电源变压器及整流输出电路

## 1.4 保护电路

在液晶彩电的开关电源中,除具有常见的尖峰吸收保护电路外,还设在+24V、+12V和+5V电压的过压、过载保护电路,其保护电路多采用四运算放大器LM324、四电压比较器LM339(或S339)、双电压比较器LM393或双运算放大器LM358,如图1-10所示。

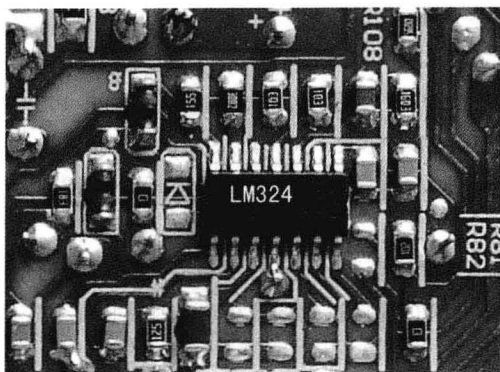


图 1-10 保护电路

### 1.5 功率因数校正(PFC)电路分析

PFC 电路的主要作用是提高电路的功率因数,同时也能增加电路的抗干扰性能。功率因数校正电路分为有源和无源两类。无源校正电路通常由大容量的电感组成,如图 1-11 所示。无源功率因数校正电路只能让功率因数提高到 0.7~0.8,因而在中小功率电源中采用得较多,少部分液晶彩电的开关电源也采用这种方式。

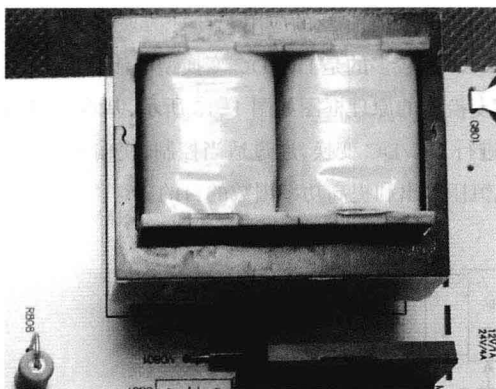
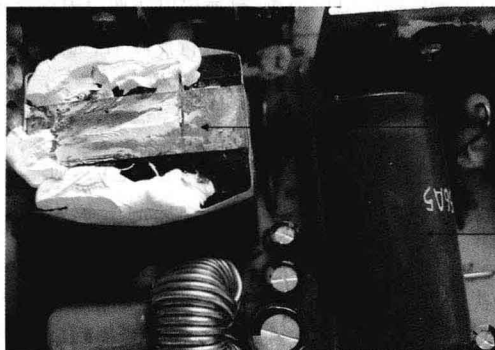


图 1-11 功率因数校正电感

有源功率因数校正(Active Power Factor Correction,简称 APFC)电路是在整流桥和滤波电容之间加一级功率变换电路,使输入电流为正弦波,从而让功率因数接近 1,其特征元件是大电感与 450V 滤波电容,如图 1-12 所示。由于 PFC 电路是平板彩电开关电源中的一个重要电路,现对其电路工作原理加以详细说明。



—— PFC 电感

—— 330 $\mu$ F/450V 滤波电容

图 1-12 PFC 电感与 450V 滤波电容



### 1.5.1 功率因数及提高功率因数的方法

#### 1.功率因数(PF)的定义

功率因数(PF)是指交流输入有功功率(P)与输入视在功率(S)的比值,即  $PF=P/S=\gamma \cdot \cos\varphi$ 。其中, $\gamma$ 为输入电流失真系数, $\gamma$ 值越低,则表示输入电流谐波分量越大,对电网的污染就越严重; $\cos\varphi$ 为基波电压与基波电流之间的相移因数, $\cos\varphi$ 越低,则表示用电电器设备的无功功率越大,电能利用率越低,导线及变压器绕组损耗越大。

家用电器常通过整流器与电网相连,而常规整流装置为二极管或晶闸管,其导通角远小于 $180^\circ$ ,在整流中会产生大量的电流谐波,因谐波电流不做功,只有基波电流做功,故功率因数很低,则需增设功率因数校正电路使之达到一定的标准。

#### 2.提高功率因数的方法

提高功率因数有两个途径,一是使输入电压、电流同相位;二是让输入电流正弦化。功率因数校正电路就是使交流输入电流波形完全跟踪交流输入电压波形,使输入电流波形为纯正弦波,并且和输入电压同相位,此时整流器的负载可等效为纯电阻。

### 1.5.2 有源功率因数校正电路基本工作原理

由于有源功率因数校正变换器工作在高频开关状态,具有体积小、重量轻、效率较高、输入电压范围宽、功率因数高等优点,因此在现代电力电子技术中得到了广泛的应用。

APFC又称为有源开关型补偿法,如今采用较多的是DC/DC变换型电流整形法。由于其主体为高频DC/DC变换器,所以也称为高频APFC。该变换器的原理框图如图1-13所示,基本原理如下:首先将输入交流电压进行全波整流,然后对全波直流电压进行DC/DC变换,通过适当控制,使输入电流平均值自动跟踪全波直流电压,且保持输出电压稳定,从而实现恒压输出和提高功率因数的目的。

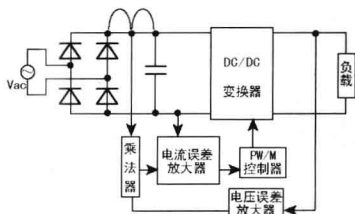


图 1-13 有源功率因数校正电路原理框图

单相220V/50Hz交流电经过桥式整流后得到100Hz的单相双半波正弦电压信号,一路作为PFC控制器的输入电流的参考波形,输入到乘法器。为了保证输出电压恒定,将输出电压通过电压反馈网络也送入乘法器,经过乘法器运算后,作为电流波形的参考值,并与实际取样的电流进行比较后,通过PWM控制器产生PWM驱动信号,控制升压变换器的输出电流和电压。

由于采用了闭环控制,升压变换器的实际电流通过反馈网络送入电流误差放大器,以保证升压变换器的电流能够准确跟踪经过乘法器输出的电流。假定PFC的整个控制环节都是理想的,则输入电流波形就能够完全跟踪电压波形的变化,这样从电源输入端来看,电路负载为线性电阻,电路的功率因数等于1,从而实现了功率因数校正的功能。

### 1.5.3 常用有源功率因数校正电路分类及工作原理分析

常用有源功率因数校正电路分为连续电流模式控制型与非连续电流模式控制型两类。其中,连续电流模式





控制型主要有升压型(Boost)、降压型(Buck)、升降压型(Buck-Boost)之分;非连续电流模式控制型有正激型(Forward)、反激型(Fly back)之分,下面对这几种电路的工作原理分别加以介绍。

## 1. 升压型 PFC 电路

升压型 PFC 主电路如图 1-14 所示,其工作过程如下:当开关管 Q 导通时,电流  $I_L$  流过电感线圈 L,在电感线圈未饱和前,电流线性增加,电能以磁能的形式储存在电感线圈中,此时,电容 C 放电为负载提供能量;当 Q 截止时, L 两端产生自感电动势  $V_L$ ,以保持电流方向不变。这样,  $V_L$  与电源  $V_{IN}$  串联向电容和负载供电。

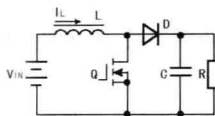


图 1-14 升压型 PFC 主电路

这种电路的优点是:(1)输入电流完全连续,并且在整个输入电压的正弦周期内都可以调制,因此可获得很高的功率因数;(2)电感电流即为输入电流,容易调节;(3)开关管栅极驱动信号地与输出共地,驱动简单;(4)输入电流连续,开关管的电流峰值较小,对输入电压变化适应性强,适用于电网电压变化特别大的场合。主要缺点是输出电压比较高,且不能利用开关管实现输出短路保护。

## 2. 降压型 PFC 电路

降压型 PFC 电路如图 1-15 所示,其工作过程如下:当开关管 Q 导通时,电流  $I_L$  流过电感线圈,在电感线圈未饱和前,电流  $I_L$  线性增加;当开关管 Q 关断时, L 两端产生自感电动势,向电容和负载供电。由于变换器输出电压小于电源电压,故称为降压变换器。

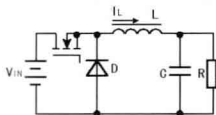


图 1-15 降压型 PFC 主电路

(1)这种电路的主要优点是:开关管所受的最大电压为输入电压的最大值,因此开关管的电压应力较小;当后级短路时,可以利用开关管实现输出短路保护。

(2)该电路的主要缺点是:由于只有在输入电压高于输出电压时,该电路才能工作,所以在每个正弦周期中,该电路有一段因输入电压低而不能正常工作,输出电压较低,在相同功率等级时,后级 DC/DC 变换器电流应力较大;开关管门极驱动信号地与输出地不同,驱动较复杂,加之输入电流断续,功率因数不可能提高很多,因此很少被采用。

## 3. 升降压型 PFC 电路

升降压型 PFC 电路如图 1-16 所示,其工作过程如下:当开关管 Q 导通时,电流  $I_{IN}$  流过电感线圈, L 储能,此时电容 C 放电为负载提供能量;当 Q 断开时,  $I_L$  有减小趋势, L 中产生的自感电动势使二极管 D 正偏导通, L 释放其储存的能量,向电容 C 和负载供电。

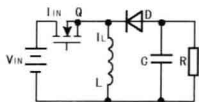


图 1-16 升降压型 PFC 主电路

(1)该电路的优点是既可对输入电压升压又可以降压,因此在整个输入正弦周期都可以连续工作;该电路