

计算机硬件工程师维修技能实训丛书

专家教学 本书由一线资深硬件维修工程师精心编著，重点讲解了电脑电源、显示器电源、打印机电源、传真机电源、UPS电源等5大主题。

结合实践 详尽地讲解各个电源的特点、电路组成、电路工作原理，深入分析电路常见故障、电路故障检修方法，同时提供了大量动手实践及故障维修案例。

简单易学 结合直观的图解教学、维修流程图、维修案例和维修窍门，让初学者快速成长为职业维修高手。



开关 电源维修 技能实训

杨晖 任建卫 编著

KAI GUAN DIAN YUAN WEI XIU
JI NENG SHI XUN



实训
实践
入行

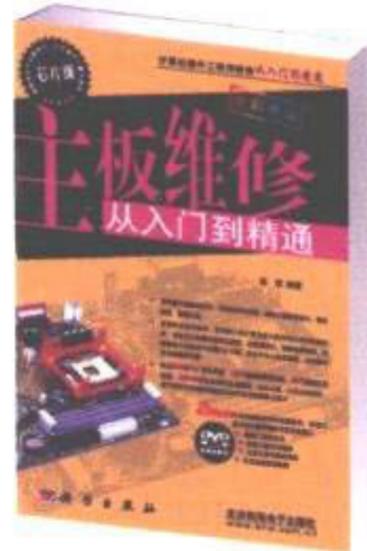
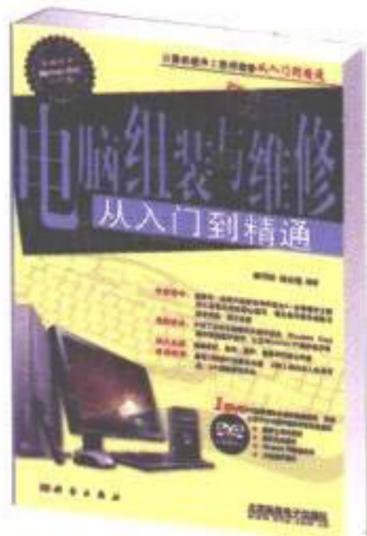
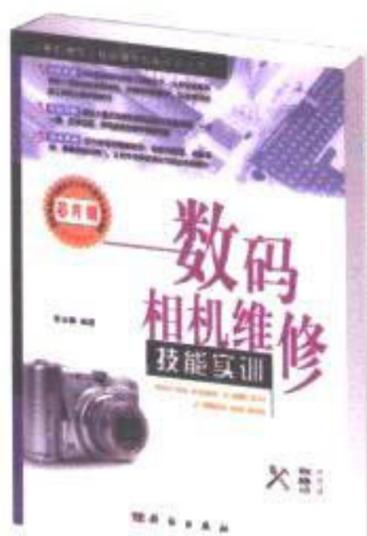
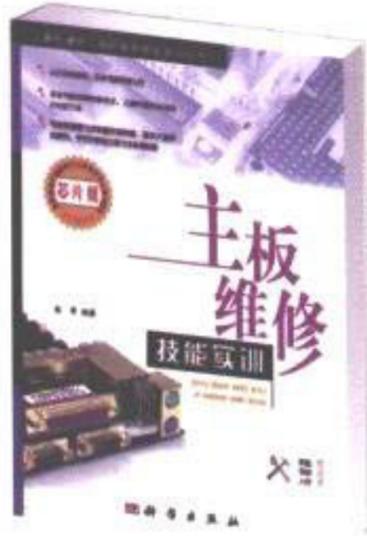
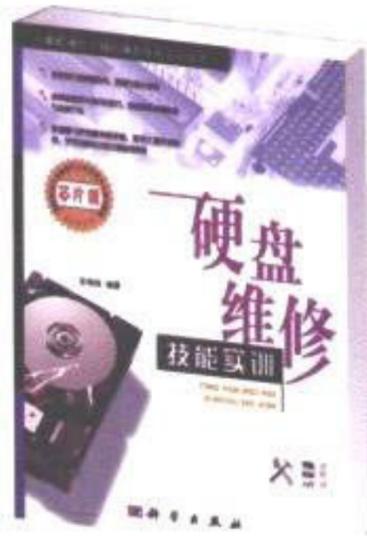
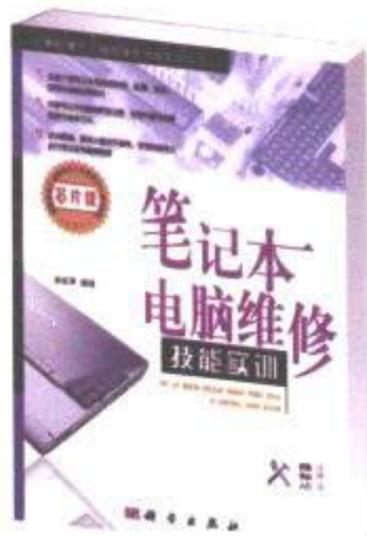
 科学出版社

快速入门

掌握技能

实战经验

维修窍门



硬件芯片级维修图书最畅销品牌，深得广大读者信赖

读者对象：

- 开关电源维修新手、办公设备维修人员、电脑维修维护人员
- 办公设备及电脑维修培训机构、大中专院校、职业学校/技校硬件维修课程教学用书

科海图书服务信息

www.khp.com.cn

责任编辑：田龙美
封面设计：林陶
技术电话：(010) 82896445/46转8407
销售电话：(010) 82896442 62630320

网上购书：www.huachu.com.cn

上架建议 计算机/硬件维修

ISBN 978-7-03-022781-2



9 787030 227812 >

定价：39.00元

计算机硬件工程师维修技能实训丛书

芯片级

开关 电源维修 技能实训

杨晖 任建卫 编著

KAI GUAN DIAN YUAN WEI XIU
JI NENG SHI XUN



科学出版社

内 容 提 要

本书由资深硬件维修工程师精心编写,重点讲解了电脑电源、显示器电源、UPS、打印机电源、传真机电源5部分内容。全书共8章,系统讲解了电源中的各种元器件的检测方法及常用维修工具的使用方法、基本电路、电脑电源分析与检修、显示器电源分析与检修、UPS电源分析与检修、打印机电源分析与检修、传真机电源分析与检修等;强调动手能力和实用技能的培养,使用了原理剖析+故障维修分析详解+动手实践+维修实战的阐述模式,有助于读者更好、更快地掌握各种开关电源的维修技术原理,并增加实践经验。

本书可供办公设备维修技术人员、电脑硬件维护维修人员学习使用,也可作为培训机构、大中专院校及职业学校硬件维修课程的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

开关电源维修技能实训/杨晖,任建卫编著. —北京:科学出版社, 2008

ISBN 978-7-03-022781-2

I. 开… II. ①杨…②任… III. 开关电源—维修
IV. TN86

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第123941号

责任编辑:田龙美 / 责任校对:李玉茹

责任印刷:科海 / 封面设计:林陶

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市鑫山源印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年9月第一版

开本:16开

2008年9月第一次印刷

印张:22.25

印数:0 001~5 000

字数:541千字

定价:39.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

随着电脑的日益普及，电脑的相关设备也顺势进入各行各业及家庭。这些设备的硬件维修资料稀缺，致使许多初学者及维修人员无从下手，维修问题日益突出。

电源为一切电子设备工作提供能源，其质量直接决定着设备能否正常稳定工作，并且不同的设备对电源的要求不同。电源是电子设备中工作电流最大的部分，也是最容易发生问题的部分，往往会发生连带损坏，因而使许多维修人员感到非常棘手。

电源维修是一项技术性很强的工作，要求维修人员既要有较高的电子理论知识，又要有较强的动手操作能力，因此对于初学者来说，学习掌握维修技术困难重重。本书就是编者根据自己多年从事维修工作的经验，为帮助读者尽快学会电源维修技术而精心编写的。

本书特点

■ 技术新颖，内容丰富

本书讲解了最新的开关电源维修技术，涉及的内容包括电脑电源、显示器电源、UPS、打印机电源、传真机电源 5 大部分，每个部分都详细分析了各种电源的特点、电路组成、电路工作原理、电路常见故障、电源故障检修方法、动手实践及故障案例等，是内容新颖，技术全面的一本开关电源高级维修书籍。

■ 循序渐进，技术实用

结构合理，条理清晰，图文并茂，内容循序渐进。只要按照书中讲解的顺序，掌握各个知识点，就可以轻松掌握各类电源的维护维修技术。

■ 分解教学，快速掌握

首先对开关电源的组成结构进行分析，然后对电源维修过程中涉及的各个电路进行深入的解剖分析，并讲解了各个系统的工作机理；再对各个系统经常出现的故障进行详细的剖析，总结出各种故障的维修方法和技巧；最后结合维修案例，使读者在学习的过程中快速掌握开关电源的维修技术。

■ 维修实战，增加经验

书中精选了作者在实践中维修实例，便于读者借鉴，以提高维修技能。所有维修实战分析透彻，步骤清晰，图文结合，使读者在实践中轻松掌握各项维修技术，快速成为专业的办公设备维修工程师。

本书内容

本书共 7 章内容，概要介绍如下。

第 1 章主要讲解了电源电路中常见元器件的检测以及常用维修工具的使用方法等。

第 2 章主要讲解了电源电路中的基本电路，包括整流滤波电路、基本放大电路、多级放大电路、低频功率放大器、稳压电路及开关电路等。

第 3 章主要讲解了电脑电源辅助电源电路和主电源电路的组成原理、常见故障及故障检测点、电源电路检修方法、电源电路故障案例分析及动手实践等。

第 4 章主要讲解了显示器电源电路的结构与工作原理、显示器开关电源电路故障检修方法、显示器开关电源电路常见故障维修、显示器开关电源电路故障案例分析及动手实践等。

第 5 章~第 6 章主要讲解了 UPS 的分类及电路构成、后备式 UPS 电路分析及故障检修方法、在线式 UPS 电路分析及故障检修方法、UPS 电路动手实践等。

第 7 章主要讲解了针式打印机电源电路分析及检修方法、喷墨打印机电源电路分析及检修方法、激光打印机电源电路分析及检修方法、打印机电源电路动手实践等。

第 8 章主要讲解了传真机的分类及电路构成、传真机电源电路分析、传真机电源常见故障检修流程及检修方法、传真机电源电路动手实践等。

本书内容详实，对工作原理阐述深入，故障分析简明，动手实践及维修步骤清晰，维修实例典型，易学实用。无论对初学者还是有一定经验的维修人员，本书都不失为很有实用价值的指导书。

读者对象

本书可作为电脑办公设备维修技术人员、电脑硬件维护维修人员学习使用，也可作为专业培训机构、大中专院校及职业学校硬件维修课程的教学用书。

本书由维修工程师杨晖和任建卫编写，其中，第 2 章由任建卫编写，书中的照片由马虔拍摄，同时班永科、冯金保、翟经田、朱正泽、谢文海、吕永彦等参与校对。除此之外，参加本书编写和修改的人员还有王红明、张敏、田淑敏、亢丽、王彩仙、王平芳、任爱仙、王静启、毛华、张晓瑞、柴彦芳、郭玲娟、朵江伟、丁敏菊、李鸽、张双全、懂红梅、席振海、李崇峰、任红丽、王爱平、张永忠、乔霞、毛利军和李娜等。

由于作者水平有限，书中难免出现遗漏和不足之处，恳请社会业界同仁及读者朋友提出宝贵意见和真诚的批评，E-MAIL 请寄：wjinzhu2000@163.com。

编者

2008 年 6 月

目 录

第 1 章 电源常用元器件识别与检测及常用维修工具	1
1.1 电阻器	2
1.1.1 电阻器的种类	2
1.1.2 电阻的主要参数	5
1.1.3 电阻的阻值标注法	6
1.1.4 电阻的串联和并联	7
1.1.5 电阻好坏的判定	10
1.2 电容器	11
1.2.1 电容器的结构	11
1.2.2 电容器的分类	12
1.2.3 电容器的特性	12
1.2.4 电容器的主要参数	14
1.2.5 电容器的标注	15
1.2.6 电容器的串并联	15
1.2.7 电容器好坏的判定	16
1.3 电感器	18
1.3.1 电感器的结构、图形符号及种类	18
1.3.2 电感器的分类	19
1.3.3 电感线圈的电磁特性	20
1.3.4 电感器的主要特性参数	21
1.3.5 电感器的标注	22
1.3.6 电感器在电路中的作用	22
1.3.7 电感器好坏的判定	22
1.4 半导体二极管	22
1.4.1 半导体概念及种类	22
1.4.2 PN 结	23
1.4.3 半导体二极管的结构与符号	23
1.4.4 二极管的特性	24



1.4.5	二极管的主要参数.....	25
1.4.6	二极管的分类.....	25
1.4.7	二极管的型号命名.....	27
1.4.8	二极管的检测.....	28
1.5	半导体三极管.....	29
1.5.1	半导体三极管的结构与图形符号.....	29
1.5.2	三极管的分类.....	30
1.5.3	三极管的电流放大作用.....	30
1.5.4	常见的三极管及其引脚排列.....	32
1.5.5	三极管的测定.....	32
1.6	场效应管.....	36
1.6.1	场效应管的特点.....	36
1.6.2	场效应管的种类与图形符号.....	36
1.6.3	场效应管的特性.....	36
1.6.4	场效应管的用途.....	36
1.6.5	常见的场效应管.....	37
1.6.6	场效应管的检测.....	37
1.7	变压器.....	37
1.7.1	电源变压器的结构.....	37
1.7.2	变压器的工作原理.....	38
1.7.3	绕组匝数与输出电压、电流的关系.....	39
1.7.4	电源变压器的主要参数.....	39
1.7.5	电源变压器的应用.....	40
1.7.6	电源变压器的保护.....	40
1.7.7	变压器的检测.....	41
1.7.8	特殊用途的变压器.....	42
1.8	电磁继电器.....	43
1.8.1	电磁继电器的分类.....	43
1.8.2	电磁继电器的结构与工作原理.....	43
1.8.3	继电器的图形符号和触点形式.....	43
1.8.4	电磁继电器的主要参数.....	44
1.8.5	继电器好坏的检测.....	44
1.9	可控硅.....	45
1.9.1	可控硅简介.....	45



1.9.2 可控硅分类.....	45
1.9.3 可控硅的检测.....	46
1.10 万用表的使用.....	47
1.10.1 指针式万用表的使用.....	47
1.10.2 数字万用表的使用.....	52
1.11 电烙铁.....	55
1.11.1 电烙铁的种类.....	55
1.11.2 焊锡材料.....	56
1.11.3 助焊剂.....	56
1.11.4 电烙铁的使用.....	56
1.12 其他工具.....	57
1.13 电路板简介.....	58
1.13.1 电路板简介.....	58
1.13.2 电路板的制作.....	59
1.14 电子元件的拆卸与焊接技巧.....	59
1.15 技能点拨.....	61
第 2 章 基本电路.....	63
2.1 整流滤波电路.....	64
2.1.1 单相半波整流滤波电路.....	64
2.1.2 单相全波整流滤波.....	67
2.1.3 桥式整流及滤波电路.....	69
2.1.4 整流滤波电路的常见故障及检测.....	70
2.2 基本放大电路.....	70
2.2.1 基本放大电路的组成.....	71
2.2.2 共射放大电路.....	71
2.2.3 共集电极放大电路.....	73
2.2.4 共基极放大电路.....	73
2.2.5 基本放大电路的故障分析与检修.....	74
2.3 多级放大电路.....	76
2.3.1 多级放大电路的组成.....	76
2.3.2 信号在多级放大器之间的传递.....	76
2.4 低频功率放大器.....	77
2.4.1 双电源互补对称功率放大器 (OCL 电路).....	77
2.4.2 单电源互补对称功率放大器 (OTL 电路).....	78



2.4.3	OTL 电路故障检修	79
2.5	简单稳压电路	80
2.5.1	稳压二极管构成的稳压电路	80
2.5.2	简单串联稳压电源	81
2.5.3	具有放大环节的稳压电源	81
2.5.4	三端集成稳压电源	83
2.5.5	三端精密稳压控制器	84
2.6	开关电路	84
2.6.1	三极管构成的开关电路	84
2.6.2	三极管作开关器件的应用举例	85
2.6.3	开关电路的故障检修	86
2.7	技能点拨	86
第 3 章	电脑开关电源分析与检修	87
3.1	开关电源概述	88
3.1.1	单管并联式开关电源的结构	88
3.1.2	双管半桥式开关电源的结构	89
3.2	电脑开关电源辅助电源分析与检修	90
3.2.1	辅助电源的电路组成及工作原理	91
3.2.2	辅助电源电路常见故障及故障检测点	97
3.2.3	辅助电源电路输出电路检修方法	98
3.2.4	辅助电源电路开关管击穿损坏情况下的检修方法	102
3.2.5	辅助电源检修流程	103
3.2.6	特殊元件的检测方法	103
3.2.7	辅助电源电路故障案例	104
3.3	主电源电路分析与检修	105
3.3.1	主电源电路分析	105
3.3.2	主电源常见故障分析	114
3.3.3	主电源故障检修	114
3.4	动手实践	119
3.4.1	动手实践的目的	119
3.4.2	动手实践的方法	119
3.4.3	辅助电源电路跑线实战 (共 7 例)	119
3.4.4	主开关电源跑线实战 (共 6 例)	125
3.5	电脑电源故障维修案例	129



3.5.1	电源无直流电压输出（启动电阻问题）	129
3.5.2	电源无直流电压输出（开关管等问题）	130
3.5.3	电源风扇不转，可听到电源发出轻微“吱吱”声	130
3.5.4	电源风扇转动，但电脑主机不能启动	131
3.6	技能点拨	131
第4章 显示器电源分析与检修		133
4.1	显示器电源概述	134
4.1.1	显示器电源的作用	134
4.1.2	显示器电源的特点	134
4.1.3	显示器电源的分类	135
4.2	显示器开关电源电路分析	135
4.2.1	显示器电源电路的结构及工作原理	135
4.2.2	抗干扰电路分析	136
4.2.3	消磁电路分析	137
4.2.4	整流滤波电路分析	139
4.2.5	主开关电源电路分析	141
4.2.6	长城 1770DF 显示器电源电路分析	148
4.3	显示器开关电源电路检修	153
4.3.1	显示器电源电路的常见故障及现象	153
4.3.2	显示器电源电路的故障原因分析	154
4.3.3	显示器开关电源电路常用的检修方法	154
4.3.4	抗干扰及整流滤波电路的检修	156
4.3.5	消磁电路的检修	158
4.3.6	启动电路的检修	159
4.3.7	PWM 脉冲产生及输出电路的检修	160
4.3.8	功率变换输出电路的检修	161
4.3.9	稳压控制电路的检修	161
4.3.10	保护电路的检修	161
4.4	显示器开关电源电路常见故障维修	162
4.4.1	故障检测点及常见故障元件	162
4.4.2	电源开关管击穿损坏情况下的检修方法	162
4.4.3	显示器电源电路的易损元件参数及代换	164
4.4.4	显示器电源电路常见故障的维修	165
4.5	动手实践	166



4.5.1	动手实践的目的	166
4.5.2	动手实践的方法	167
4.5.3	整流滤波电路动手实践	167
4.5.4	主开关管电路动手实践	169
4.5.5	启动电路动手实践	170
4.5.6	脉冲产生电路动手实践	171
4.5.7	功率变换整流输出电路动手实践	172
4.6	电源电路故障维修案例	172
4.6.1	显示器无显示, 指示灯不亮 (整流管问题)	172
4.6.2	显示器无显示, 指示灯不亮 (滤波电容问题)	173
4.6.3	显示器无法开机, 无显示, 且机内曾冒烟	173
4.6.4	显示器开机后无显示, 指示灯不亮 (稳压管问题)	174
4.6.5	显示器开机后, 指示灯能变色, 无显示	175
4.6.6	显示器无显示, 指示灯不亮, 可听到“嗒嗒”声 (行管问题)	175
4.6.7	显示器无显示, 指示灯不亮, 可听到“嗒嗒”声 (回扫变压器问题)	176
4.6.8	显示器开机后, 无显示, 指示灯不亮 (二极管问题)	176
4.6.9	显示器工作时有“吱吱”声, 且图像不稳定	177
4.6.10	屡烧开关管及 UC3842	178
4.6.11	无显示, 指示灯亮	179
4.6.12	无显示, 指示灯亮	179
4.7	技能点拨	179
第 5 章 后备式 UPS 的分析与检修		181
5.1	UPS 概述	182
5.1.1	UPS 的分类	182
5.1.2	UPS 的基本结构	183
5.2	后备式 UPS 电路分析	186
5.2.1	后备式 UPS 的电路组成原理	186
5.2.2	后备式 UPS 电路分析	186
5.3	后备式 UPS 电路检修	204
5.3.1	交流输入检测电路的检修方法	204
5.3.2	交流输入切换控制电路的检修方法	205
5.3.3	交流稳压调节电路的检修方法	207
5.3.4	蓄电池充电电路的检修	208
5.3.5	蓄电池欠压自动保护电路的检修	209

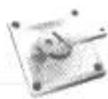


5.3.6	逆变脉冲产生电路的检修	210
5.3.7	逆变输出电路的检修	211
5.3.8	逆变输出稳压控制及过压保护电路的检修	212
5.3.9	报警电路的检修方法	213
5.3.10	交流保险管熔断时的安全检修	214
5.4	后备式 UPS 维修动手实践	215
5.4.1	UPS 的结构	215
5.4.2	开机电路动手实践	215
5.4.3	交流输入电路动手实践	215
5.4.4	交流市电检测电路动手实践	216
5.4.5	交流输入切换控制电路动手实践	217
5.4.6	交流稳压控制电路动手实践	217
5.4.7	逆变功率输出电路动手实践	219
5.4.8	逆变驱动脉冲产生电路及稳压控制电路动手实践	220
5.4.9	蓄电池充电电路动手实践	221
5.4.10	报警电路动手实践	222
5.4.11	蓄电池电压欠压保护电路动手实践	222
5.5	后备式 UPS 维修案例	223
5.5.1	UPS 开机后无输出, 指示灯不亮	223
5.5.2	市电中断后, UPS 蜂鸣声持续不断, 红色指示灯长亮, 无输出	223
5.5.3	市电中断时, UPS 逆变器无输出, 蜂鸣器长鸣	224
5.5.4	市电供电正常时, 输出电压偏高至 270V	224
5.5.5	交流市电正常, 开机后, UPS 蜂鸣器长时间间断鸣叫, 红色指示灯闪烁	225
5.5.6	交流市电正常, 开机后, UPS 交流输出绿色指示灯亮, 而 UPS 无输出	225
5.6	技能点拨	225
第 6 章 在线式 UPS 的分析与检修		227
6.1	在线式 UPS 电路分析	228
6.1.1	在线式 UPS 电路构成原理	228
6.1.2	SANTAK 型 UPS 的结构	229
6.1.3	在线式 UPS 蓄电池充电电路分析	231
6.1.4	辅助电源电路分析	234
6.1.5	DC-DC 变换电路分析	237
6.1.6	功率因素校正电路分析	242
6.1.7	逆变稳压输出电路分析	243





6.1.8	特殊元件介绍.....	245
6.1.9	控制电路板分析.....	247
6.2	在线式 UPS 电路的检修方法.....	249
6.2.1	蓄电池充电电路故障检修.....	249
6.2.2	辅助电源 1 电路故障检修.....	252
6.2.3	辅助电源 2 电路故障检修.....	252
6.2.4	DC-DC 变换电路故障检修.....	253
6.2.5	逆变及输出电路故障检修.....	253
6.3	在线式 UPS 电路动手实践.....	254
6.3.1	UPS 维修动手实践 (共 2 例).....	254
6.3.2	辅助电源 1 电路测量动手实践 (共 3 例).....	256
6.3.3	DC-DC 变换电路 (斩波升压电路) 测量实践 (共 2 例).....	259
6.3.4	功率因素校正电路及校正控制电路 (交流市电斩波升压电路) 实践 (共 2 例).....	261
6.3.5	逆变稳压输出电路动手实践 (共 2 例).....	263
6.4	在线式 UPS 维修案例.....	265
6.4.1	在市电正常时, UPS 能向负载供电, 市电停电时无输出.....	265
6.4.2	无论有无交流市电输入, 按下开机键, UPS 均不能输出, 指示灯不亮.....	266
6.4.3	开机后, UPS 蓄电池电量指示灯依次闪亮后熄灭, 无输出.....	266
6.5	技能点拨.....	267
第 7 章	打印机电源分析与检修.....	269
7.1	打印机概述.....	270
7.1.1	打印机分类.....	270
7.1.2	常用打印机的特点.....	272
7.2	针式打印机电源电路分析与检修.....	274
7.2.1	交流输入、抗干扰整流滤波电路分析与检修.....	275
7.2.2	开关振荡电路分析与检修.....	276
7.2.3	稳压控制电路分析与检修.....	281
7.2.4	保护电路分析与检修.....	282
7.2.5	电源开关管击穿损坏情况下的检修.....	284
7.2.6	保险管熔断故障检修流程.....	285
7.2.7	动手实践 (共 6 例).....	285
7.3	喷墨打印机电源分析与检修.....	291
7.3.1	抗干扰整流滤波电路分析.....	291
7.3.2	开关电源电路分析.....	292



7.3.3	脉冲整流输出电路.....	293
7.3.4	稳压控制电路.....	293
7.3.5	保护电路.....	294
7.3.6	检修流程及测试点.....	294
7.3.7	动手实践(共2例).....	298
7.4	激光打印机电源电路分析与检修.....	302
7.4.1	抗干扰整流滤波电路.....	302
7.4.2	定影辊加热电路.....	302
7.4.3	开关振荡电路分析.....	303
7.4.4	脉冲整流输出电路分析.....	304
7.4.5	稳压控制电路分析.....	304
7.4.6	过压保护电路.....	307
7.4.7	激光打印机电源电路故障检修.....	307
7.4.8	动手实践(共5例).....	310
7.5	打印机故障维修案例.....	314
7.5.1	一台 Epson C41 喷墨打印机, 打开电源后, 打印头发“哒 哒 哒.....”的声音, 打印头不能复位, 最后电源灯灭, 进纸/退纸灯为红色, 显示打印机错误为打印机里有异物, 打印头被卡.....	314
7.5.2	一台 Epson 830 喷墨打印机打印时墨尽灯亮, 更换新墨盒后, 开机面板上的彩色墨尽灯亮.....	314
7.5.3	一台佳能 BJ330 打印机, 开机后, 缺墨/缺纸灯闪个不停, 无法自检, 不能进纸和退纸.....	314
7.5.4	一台 Epson 720 喷墨打印机开机后打印头字车向左移动到最左边, 在撞击字车驱动电机后才停下.....	314
7.5.5	一台 Epson 830 喷墨打印机打印不出内容, 打印后内容空白.....	314
7.5.6	HP 6L 激光打印机开机后, 控制面板的错误指示灯亮, 打印机无反应.....	315
7.5.7	一台 HP1000 打印机打印质量差, 出现黑条.....	315
7.5.8	一台 HP Laster Jet 1010 激光打印机使用一直很正常, 最近碳粉用尽, 添加碳粉后发现: 打印输出时, 在每页纸的同一位置总有一竖着的空行打印不上(空行贯通整页纸), 但打印机自检可以通过, 且打印机的其他情况一切正常.....	315
7.5.9	一台 HP 2100 激光打印机接通电源后, 打印机没有任何反应, 控制面板上的指示灯都亮.....	315
7.5.10	一台 HP 8100 激光打印机从计算机发送打印作业时, 打印机无反应.....	316
7.6	技能点拨.....	316
第 8 章	传真机电源分析与检修.....	317
8.1	传真机分类.....	318



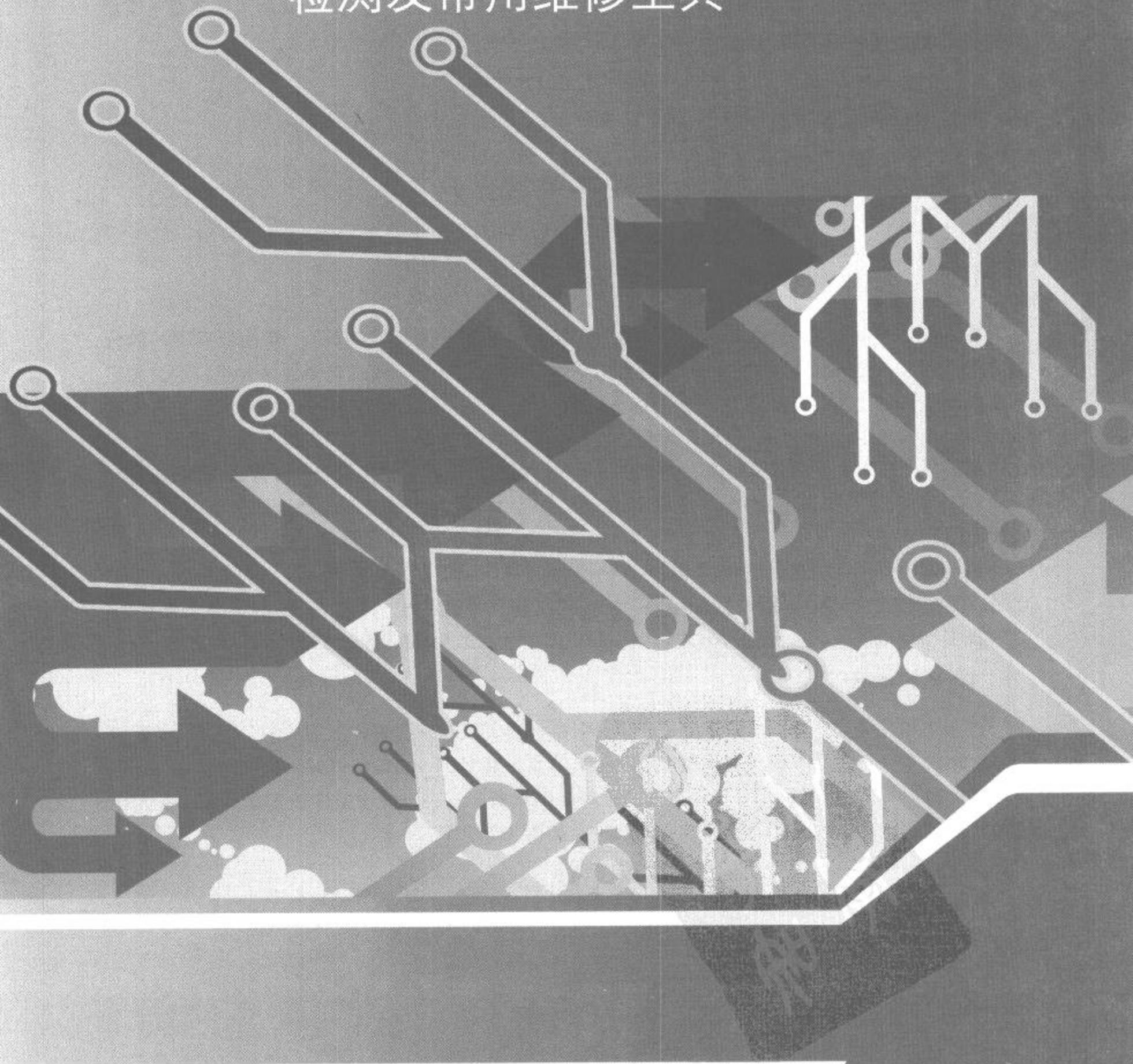


8.2 传真机电源电路分析	320
8.2.1 传真机电源电路的特点	320
8.2.2 交流输入、抗干扰、防过压保护电路分析	321
8.2.3 整流滤波电路分析	321
8.2.4 主开关电路分析	322
8.2.5 PWM 脉冲产生电路分析	322
8.2.6 功率变换输出电路分析	324
8.2.7 稳压控制电路分析	324
8.2.8 保护电路分析	325
8.3 联想 5330MFC 传真机电源电路分析	326
8.3.1 开关管振荡过程	326
8.3.2 功率输出电路	327
8.3.3 稳压控制电路	328
8.3.4 保护电路分析	328
8.4 传真机电源常见故障分析	328
8.4.1 接通电源就熔断保险管故障分析	329
8.4.2 电源无输出电压故障分析	330
8.5 传真机电源故障检修流程	330
8.5.1 交流输入抗干扰及整流滤波电路的检修流程及测试点	330
8.5.2 启动电路的检修流程及测试点	332
8.5.3 脉冲产生及输出电路的检修流程及测试点	333
8.5.4 功率变换输出电路的检修流程及测试点	334
8.5.5 稳压控制电路的检修流程及测试点	334
8.5.6 保护电路的检修流程及测试点	335
8.6 动手实践（共 4 例）	335
8.6.1 整流滤波电路动手实践	336
8.6.2 启动电路动手实践	337
8.6.3 低压整流输出电路动手实践	337
8.6.4 稳压控制电路动手实践	338
8.7 传真机电源电路故障案例	338
8.7.1 通电不开机，电源指示灯不亮	338
8.7.2 联想传真机开机后不工作	339
8.8 技能点拨	340

Chapter

01

电源常用元器件识别与 检测及常用维修工具





1.1

电阻器

电阻器是电子设备中应用最为广泛的电子元件之一，在电子设备中约占元件总数的30%以上，电阻器的作用主要是用来调节电路中的电流和电压，即起到降压、限流、分流、隔离、波形变换、匹配以及信号幅度调整等作用，电阻器的计量单位是欧姆，常用 Ω 表示，在电路中常用字母 R 标注。电阻器的常用图形符号如图1-1所示。

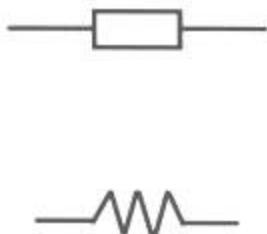


图 1-1 电阻器的图形符号

1.1.1 电阻器的种类

根据制作电阻器的材料、结构的不同，以及电阻器在电路中用途的不同，电阻器有不同的分类方法。通常，根据电阻器的阻值把电阻器分为固定式电阻器和可变式电阻器两大类。阻值固定不变的电阻器称为固定电阻器，一般简称“电阻”。阻值可在一定范围内连续手动调节变化的电阻器称为可调电阻或电位器，在电子设备内阻值调好后不需要由用户调节的称为可调电阻，安装在控制面板上可以由用户调节的称为电位器。另外，还有一类半导体电阻器，为特殊用途电阻器。

按制作材料不同，电阻可分为线绕电阻、膜式电阻（又分为碳膜电阻和金属氧化膜电阻）、碳质电阻等。

按用途不同，电阻可分为精密电阻、高频电阻、高压电阻、大功率电阻、小功率电阻、热敏电阻、熔断电阻（保险电阻）、压敏电阻、光敏电阻和气敏电阻等。

按引出电极的不同，电阻可分为轴向引线电阻、无引线电阻（贴片电阻）。

1. 碳膜电阻

碳膜电阻是使用最早、最广泛的电阻器，它是把碳沉积在瓷质基体上制成的。通过改变碳膜的长度和厚度可制作出不同阻值的碳膜电阻。其特点是精度高、高频特性好、温度特性好（环境温度变化时，其阻值变化很小），常用在仪表等高档设备中，在一般设备中使用量最大。实用电路最常用到的色环电阻器即为碳膜电阻的一种，如图 1-2 所示。

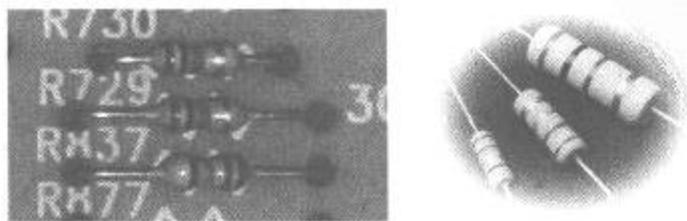


图 1-2 色环电阻器



2. 金属氧化膜电阻

金属氧化膜电阻是在真空条件下，在瓷基上沉积一层合金粉制成的。其主要特点是精度高、稳定性好。它与碳膜电阻在外形上不易区分，如图 1-3 所示。

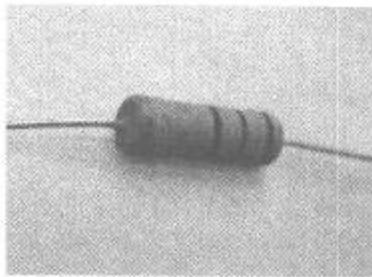


图 1-3 金属氧化膜电阻

3. 线绕电阻

线绕电阻是用康铜丝或锰铜丝缠绕在绝缘骨架上制成的。它的特点是耐高温、精度高、功率大。常见的线绕电阻有水泥电阻、保险电阻等，如图 1-4 所示即为水泥电阻。

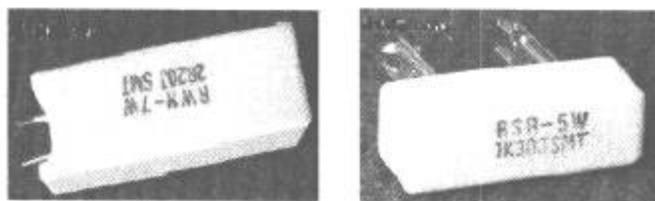


图 1-4 水泥电阻

保险电阻具有双重功能，在正常情况下具有普通电阻的电气特性，但当流过保险电阻的电流超过其允许值时，保险电阻就会在规定时间内熔断，切断电源，从而达到保护电源的目的。保险电阻在电路中常用 FR 或 F000 标注，其外形与金属氧化膜电阻相似。

4. 集成型电阻器组件

集成型电阻器件又称为电阻排，是将多个阻值相同的电阻封装在一起，形成一个整体。它是一个电阻网络，具有规整化、体积小、性能稳定的特点，常用在计算机等高档复杂电子设备中。实际电路中的集成型电阻器件常用 RN 标注，如图 1-5 所示。

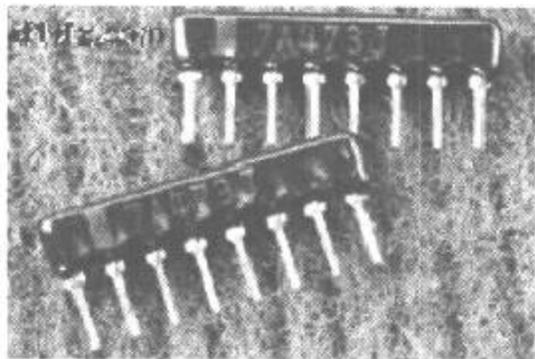


图 1-5 电阻排

5. 无引线电阻

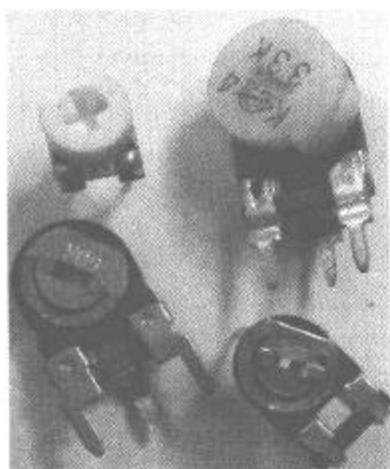
无引线电阻又称为贴片电阻，是没有引线的电阻，它直接被焊接在电路板上，如图 1-6 所示。贴片电阻常用在复杂电路及小体积设备中，如计算机主板、液晶显示器、投影机等。



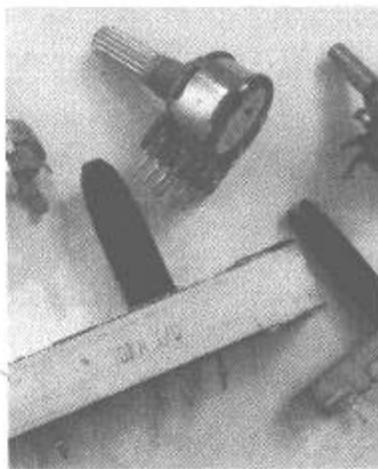
图 1-6 贴片电阻

6. 可调电阻

在机内用于调整工作点的小型可调电阻器一般称为可调电阻，其阻值在机外是不能调整的，常用 VR 标示，如图 1-7 (a) 所示。用于设备控制面板上，阻值可由用户调整的电位器一般称为电位器，常用 W 标示，如图 1-7 (b) 所示。



(a) 各种可调电阻及图形符号



(b) 各种电位器及图形符号

图 1-7 可调电阻和电位器

7. 压敏电阻

压敏电阻是指对电压敏感的电阻器，是一种半导体器件，其制作材料主要是氧化锌，其阻值在正常情况下接近无穷大。当压敏电阻两端的电压达到或超过其临界点时，其内部电阻急剧减小，并且不能恢复，这种现象称为“击穿”。

压敏电阻主要用在电气设备的交流输入端，用于过压保护。当输入电压过高时，它的阻值将减小，使串联在输入电路中的保险管熔断，切断输入，从而保护电气设备。压敏电阻外形如图 1-8 所示。

8. 热敏电阻

热敏电阻是一种电阻值能随温度变化而变化的电阻器件，在不同的应用环境中有不同的作用，在电子电路中主要用作温度检测和限流。热敏电阻按照温度系数的不同分为正温度系数热敏电阻（简称 PTC 热敏电阻）和负温度系数热敏电阻（简称 NTC 热敏电阻），如图 1-9 所示。

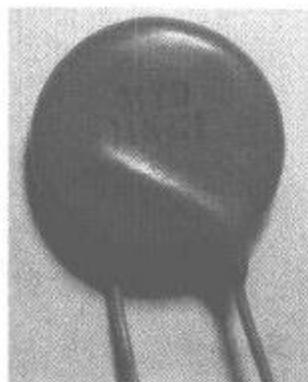


图 1-8 压敏电阻

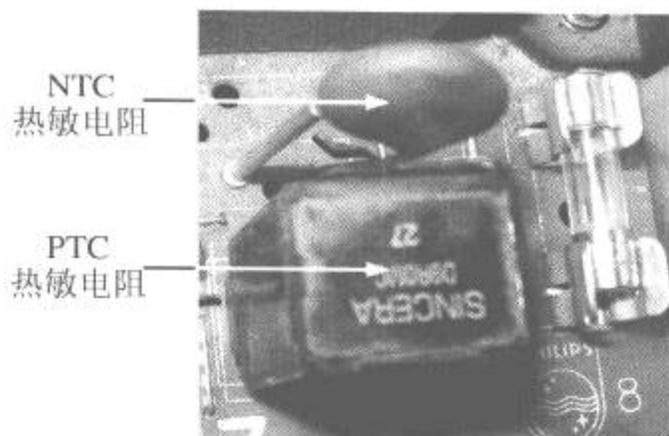


图 1-9 热敏电阻

PTC (Positive Temperature Coefficient), 意思是正的温度系数, 泛指正温度系数很大的半导体材料。当 PTC 热敏电阻温度升高到某特定温度点之前, 它的阻值随温度缓慢增大, 当达到这个特定温度点时, 其阻值急剧增大 (这个特定温度点称为居里点)。PTC 热敏电阻在家用电器中有广泛应用, 如电冰箱、彩电、CRT 显示器中都有使用。PTC 热敏电阻在显示器和彩电中往往用作消磁电阻。

NTC (Negative Temperature Coefficient), 意思是负的温度系数, 泛指负温度系数很大的半导体材料或元器件。所谓 NTC 热敏电阻器就是负温度系数热敏电阻器, 温度低时, 其电阻值较高; 随着温度的升高, 电阻值降低。NTC 热敏电阻常用在电源电路中, 用于抑制开机瞬间的浪涌电流。

热敏电阻属于特殊用途电阻, 除此外, 还有其他特殊电阻, 如光敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻等, 这里不一一例说。

1.1.2 电阻的主要参数

电阻的主要参数有标称阻值 (简称阻值)、额定功率及允许误差。

1. 标称阻值

标称阻值指电阻器上标注的电阻值。电阻的基本单位是欧姆, 用 Ω 表示。在实际应用中, 还常用千欧 ($k\Omega$), 兆欧 ($M\Omega$), 它们的换算关系为

$$1M\Omega = 1 \times 10^3 k\Omega = 1 \times 10^6 \Omega$$

2. 额定功率

电阻的额定功率是指在标准大气压和一定温度环境下, 电阻能够长期负荷而不改变其性能所允许的功率。电阻的额定功率用 P 表示, 其单位是瓦特 (W)。不同的电阻其额定功率是不同的, 最常用的在 $\frac{1}{8} \sim 2W$ 之间, 在一般电子设备中还有用量不多的 $0.5 \sim 10W$ 功率电阻。

在电路图中, 功率小于 $\frac{1}{2}W$ 的电阻不予标注, 大于等于 $\frac{1}{2}W$ 的电阻, 常用下列符号表示电阻的功率, 如图 1-10 所示。对于功率更大的电阻, 往往直接用数字标出, 如图 1-4 中即在水泥电阻上就直接标出其阻值。

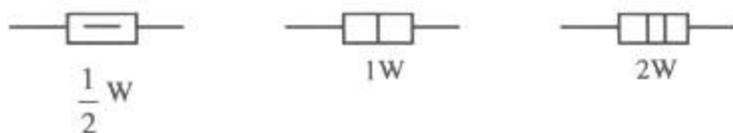


图 1-10 电阻额定功率表示法

3. 允许误差

实际电阻值与标称阻值的差距称为相对误差，又称为电阻精度。电阻精度有五个等级，如表 1-1 所示。

表 1-1 电阻精度等级

允许误差	$\pm 0.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$
级别	005	01	I	II	III

在一般的电器设备中，I、II、III 级的电阻已能满足使用。

1.1.3 电阻的阻值标注法

电阻的阻值标注法主要有三种：直标法、数标法和色环标注法。

1. 直标法

直标法就是在电阻上直接标注其阻值，如图 1-11 所示。

如电阻上标有 $68 \pm 5\%$ ，表示该电阻阻值为 $68\text{k}\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ ；如标有 58，则表示阻值为 58Ω 。

也有的用数字加字母符号 (Q、 Ω 、k、M) 或两者有规律的组合来表示电阻的阻值。其中字母符号前面的数字表示阻值的整数部分，字母符号后面的数字表示阻值的小数部分。如 $4\Omega 7$ ，表示阻值为 4.7Ω ； $4\text{k}7$ ，表示该电阻阻值为 $4.7\text{k}\Omega$ 。



图 1-11 直标法

2. 数标法

数标法主要是用三位数字表示阻值，前面两位数字表示有效数字，第三位表示倍率。其格式为 ABC，AB 为两位有效数字，C 表示 $\times 10^C$ 。如 683 表示 $68 \times 10^3 = 68\text{k}\Omega$ ，222 表示 $22 \times 10^2 = 2.2\text{k}\Omega$ ，103 表示 $10 \times 10^3 = 10\text{k}\Omega$ 。若 C 为 9，表示 $\times 10^{-1}$ ，如 279，表示 $27 \times 10^{-1} = 2.7\Omega$ 。若标注 000，则表示阻值为 0，这种电阻常作保险电阻，常用在贴片电阻上，如图 1-6 所示。

可调电阻在标注阻值时，常用二位数字表示，第一位表示有效数字，第二位表示倍率。如 24，表示 $2 \times 10^4 = 20\text{k}\Omega$ 。

3. 色环标注法

色环标注法是将 3~5 个彩色色环标在电阻上，表示电阻值，常用于对小体积、小功率电阻的标注。根据色环的多少可分为三环、四环、五环三种，最常见的是四环和五环电阻。如图 1-12 所示。

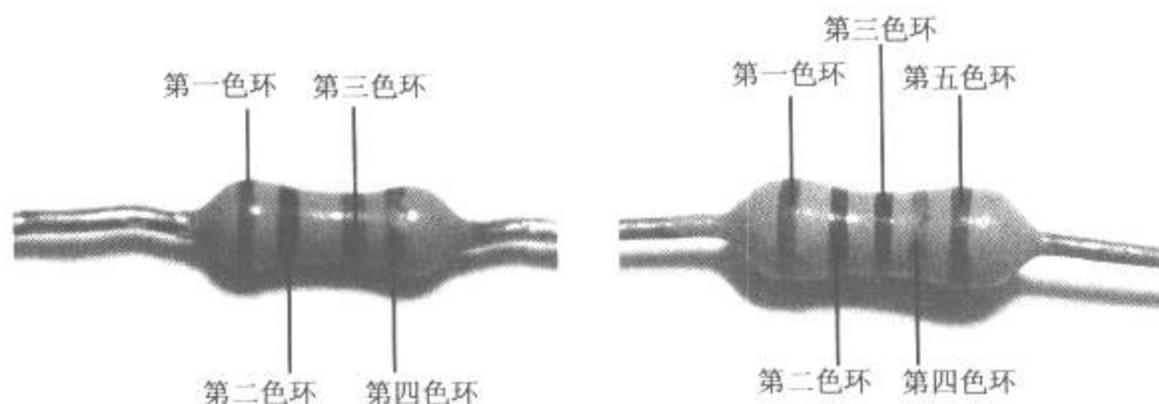


图 1-12 色环标注法

四环电阻：第一、第二色环表示两位有效数字，第三色环表示倍率，第四色环表示精度。

五环电阻：前三个色环表示有效数字，第四色环表示倍率，第五色环表示精度。

色环含义如表 1-2 所示。

表 1-2 色环含义

颜色	有效数字	乘数	精度
黑色	0	10^0	—
棕色	1	10^1	$\pm 1\%$
红色	2	10^2	$\pm 2\%$
橙色	3	10^3	—
黄色	4	10^4	—
绿色	5	10^5	$\pm 0.5\%$
蓝色	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫色	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰色	8	10^8	—
白色	9	10^9	—
金色	-1	10^{-1}	$\pm 5\%$
银色	-2	10^{-2}	$\pm 10\%$
无色	—	—	$\pm 20\%$

例如，某电阻色环为棕黑红金，表示“棕 1 黑 0 红 2”，则电阻值为 $10 \times 10^2 = 1\text{k}\Omega$ ，误差为 $\pm 5\%$ 。又如某电阻色环为黄紫黑银棕，对照色码表，可知其阻值为 $470 \times 10^{-2} = 4.7\Omega$ ，精度为 $\pm 1\%$ 。

1.1.4 电阻的串联和并联

1. 电阻的串联

电阻头尾相接，中间无分支的连接，称为串联，形式如图 1-13 所示。

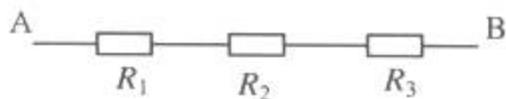


图 1-13 电阻的串联

串联电路的总电阻等于各串联电阻之和，即 $R_{AB}=R_1+R_2+R_3$ 。此时串联的三个电阻等效于一个电阻。流过每一个串联电阻的电流是相同的。

各串联电阻上的电压之和等于总电压，即 $U_{AD}=U_1+U_2+U_3$ 。

例 1 参看图 1-14。设 $R_1=1k\Omega$ ， $R_2=2k\Omega$ ， $R_3=3k\Omega$ ，它们串联后接 12V 电源，试求电路中的 ① 总电阻；② 总电流；③ 流过每个电阻的电流；④ 各电阻上的电压降；⑤ 每个电阻消耗的功率。

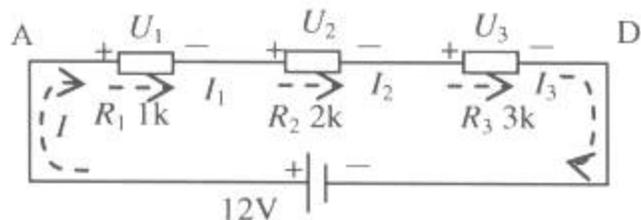


图 1-14 电阻的串联

解

① 串联总电阻等于串联各电阻之和， $R=R_1+R_2+R_3=1k\Omega+2k\Omega+3k\Omega=6k\Omega$ 。

② 根据欧姆定律，电路中的总电流，即 $I=\frac{U}{R}=\frac{12V}{6k\Omega}=2mA$ 。

③ 在串联电路中，流过每个电阻的电流是相同的，即 $I_1=I_2=I_3$ ，电路中的总电流也就是流过每个电阻的电流，即 $I_1=I_2=I_3=I=2mA$ 。

④ 每个电阻上的电压降等于各电阻上流过的电流乘以该电阻阻值，所以每个电阻上的电压降分别为

$$U_1=I_1 \times R_1=2mA \times 1k\Omega=2V$$

$$U_2=I_2 \times R_2=2mA \times 2k\Omega=4V$$

$$U_3=I_3 \times R_3=2mA \times 3k\Omega=6V$$

⑤ 根据 $P=IU$ 可得

$$P_{R_1}=I_1 \times U_1=2mA \times 2V=4mW$$

$$P_{R_2}=I_2 \times U_2=2mA \times 4V=8mW$$

$$P_{R_3}=I_3 \times U_3=2mA \times 6V=12mW$$

分析图 1-14 所示电路，因 $I_1=I_2=I_3$ ，所以 $\frac{U_1}{R_1}=\frac{U_2}{R_2}=\frac{U_3}{R_3}$ ，也可写成 $\frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$ ，即：各

串联电阻上的电压之比与电阻之比相等。

为方便分析，图 1-14 中的电路图常画成如图 1-15 所示的纵向，将电源省略，用“○”表示电源正极，“-”表示电源负极（即接地）。

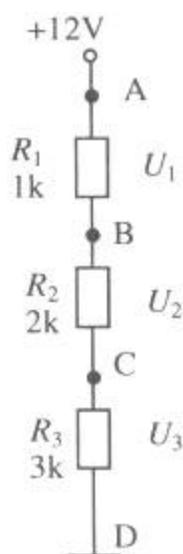


图 1-15 电阻的串联分压

图 1-14 中, 因 A 点与电源正极相连, D 点与电源负极相连, 故 AD 两点之间的电压差就是电源电压, 用 U_{AD} 来表示 ($U_{AD}=12V$)。D 点表示电压的参考点, A 在 D 的前面, 表示 A 点比 D 点为正。如果写成 U_{DA} , 则表示 D 点比 A 点为正。图 1-15 中, 因 D 点与电源负极相连, 一般可省略不写, U_{AD} 可写成 U_A 。

U_2 表示 R_2 两端的电压, 用 U_{BC} 表示, 其中 C 不可省略。如果表示 B 点对 D 点的电压差, 可用 U_{BD} 来表示, D 可省略。根据上述分析, 图 1-15 中各点的电压关系可表示为

$$\begin{aligned} U_A &= U_{AB} + U_{BC} + U_C \\ U_B &= U_{BC} + U_C \end{aligned}$$

根据图中所给数据, 可得

$$\begin{aligned} U_A &= 12V \\ U_B &= 10V \\ U_C &= 6V \end{aligned}$$

2. 电阻的并联

各电阻头与头相接, 尾与尾相接, 称为并联, 形式如图 1-16 所示。

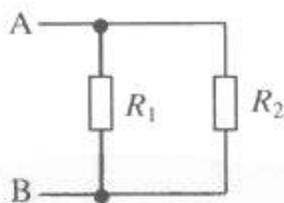


图 1-16 电阻的并联

在并联电路中, 总电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和, 即

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

各并联电阻上的电压相等, 即 $U_1=U_2=U_3=U_{AB}$; 流过每个电阻的电流之和等于总电流, 即 $I_1+I_2=I$ 。

例 2 参看图 1-17。设 $R_1=2k\Omega$, $R_2=3k\Omega$, 将它们并联后接入 12V 直流电源, 试求: ① 电路中的总电阻; ② 电路中的总电流; ③ 各电阻上的电压; ④ 流过每个电阻的电流。

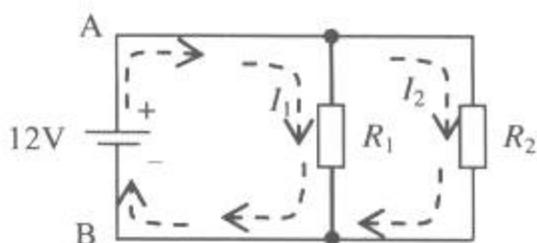


图 1-17 电阻的并联分流

解 ① 电路的总电阻, 根据 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$ 得

$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{2 \times 3}{2 + 3} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

② 电路中的总电流, 根据 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12\text{V}}{1.2\text{k}\Omega} = 10\text{mA}$$

③ 各电阻上的电压相等, 即 $U_1 = U_2 = U_{AB} = 12\text{V}$ 。

④ 流过每个电阻的电流, 根据 $I = \frac{U}{R}$ 得

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12\text{V}}{2\text{k}\Omega} = 6\text{mA}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12\text{V}}{3\text{k}\Omega} = 4\text{mA}$$

因各电阻上的电压相等, 即 $I_1 R_1 = I_2 R_2$, 得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

可见, 各并联电阻上的电流之比与电阻反比相等。

1.1.5 电阻好坏的判定

电阻好坏的判定方法有多种, 最简单易行的方法是用万用表电阻挡检测。

1. 用指针万用表检测电阻

用指针万用表检测电阻的步骤如下:

01 首先选择测量挡位及量程。

将万用表功能旋钮旋到“ Ω ”挡(即电阻挡), 任一量程($R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1\text{k}$ 或 $R \times 10\text{k}$)。通常情况下, 100Ω 以下电阻选择 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 量程, $1\text{k} \sim 10\text{k}$ 电阻选择 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 量程, $10\text{k} \sim 100\text{k}$ 电阻选择 $R \times 1\text{k}$ 或 $R \times 10\text{k}$ 量程, 100k 以上电阻选择 $\times 10\text{k}$ 量程。

02 调零。



用一只手将两支表笔金属棒短接(用手将表笔金属棒捏在一起),另一只手调节“调零旋钮”,使万用表指针指示在刻度盘右端0位。

03 测量。

将万用表两支表笔分别稳定接触电阻器的两个电极,并从欧姆刻度盘上读取指针指示的数据,将数据乘以量程值所得结果即为该电阻阻值。

● 注 意

若指针偏右太多,就换一个稍低量程重测;若指针偏右太少,就换一个稍高的量程重测。尽量使指针指示在刻度盘的中间部位。每换一次量程,都需要重新“调零”。

04 判断好坏。

将所测得的结果与电阻的标注值进行比较。所测结果与标注值约相等,说明该电阻正常,是好的;若相差太大,远远超过其精度允许范围,说明该电阻已坏;若在各量程测量时,指针均不偏转,说明电阻已开路损坏。

测量高值电阻时,尽量不要用手直接接触电阻的两电极,以防由于人体电阻引起测量误差。

2. 用数字万用表检测电阻

用数字万用表检测电阻的步骤如下:

01 首先选择测量挡位及量程。一般 200Ω 以下电阻选择“200”量程, $200\sim 2k$ 电阻选择“2k”量程, $2k\sim 200k$ 电阻选择“200k”量程,大于 $200k$ 电阻选择“2M”量程,大于 $2M$ 电阻选择“20M”量程,大于 $20M$ 电阻选择“200M”量程。

02 测量。将万用表笔分别稳定接触电阻的两个电极,在显示屏上会显示一个数字,该数字即为电阻的阻值。

03 判断好坏。所测结果与该电阻标注值相近,说明该电阻是好的;若相差太大,则说明有问题。

● 注 意

在测量时,若显示1(表示“溢出”),则是量程选得低了,可选一个高量程挡重测;若无论选择哪个量程测量时,显示屏都显示1,表明该电阻已开路损坏;若显示“00.0”,可能是量程选得太大了,可选一个更低点的量程重测。对于高值电阻,可能会出现数字有跳变的现象,此时读取一个最小值即可;若数字大范围跳变,说明该电阻不可靠,不能再用。

1.2 电容器

1.2.1 电容器的结构

电容器是一种贮能元件,也是电子设备中应用极多的电子元件,使用量仅次于电阻。电容器在电路中用于谐振、滤波、耦合、旁路、波形变换以及延时等。电容器在电路中常用字母C标示。



两块被绝缘材料隔开而又互相靠近的导电板，并从导电板上分别引出两个导线，就构成了一个简单的电容器。导电板称为极板，中间夹的绝缘材料称为介质，引出的导线称为电极。实际上，任何两个彼此绝缘又相隔很近的导体都可看成是一个电容器。为了减小体积，电容器可以被做成多种形状。电容器的图形符号如图 1-18 所示。

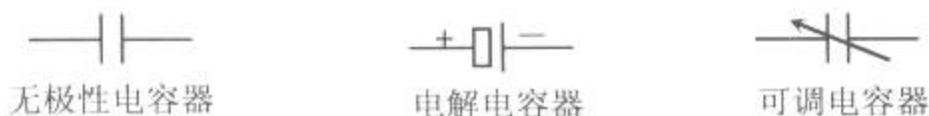


图 1-18 电容器的图形符号

1.2.2 电容器的分类

电容器的种类较多，可以有多种不同的分类方法。

按介质分类，电容器主要有空气电容器、纸介电容器、云母电容器、油质电容器、有机电容器和瓷介电容器。

按有无极性，电容器分为无极性电容器和有极性电容器，后者又称电解电容器。电解电容器根据材料又可分为铝电解电容器和钽电解电容器。

按容量可调与否，电容器可分为固定电容器、可变电容器、微调电容器，一般可变电容器、微调电容器在显示器中应用很少。

各种电容器的外形如图 1-19 所示。

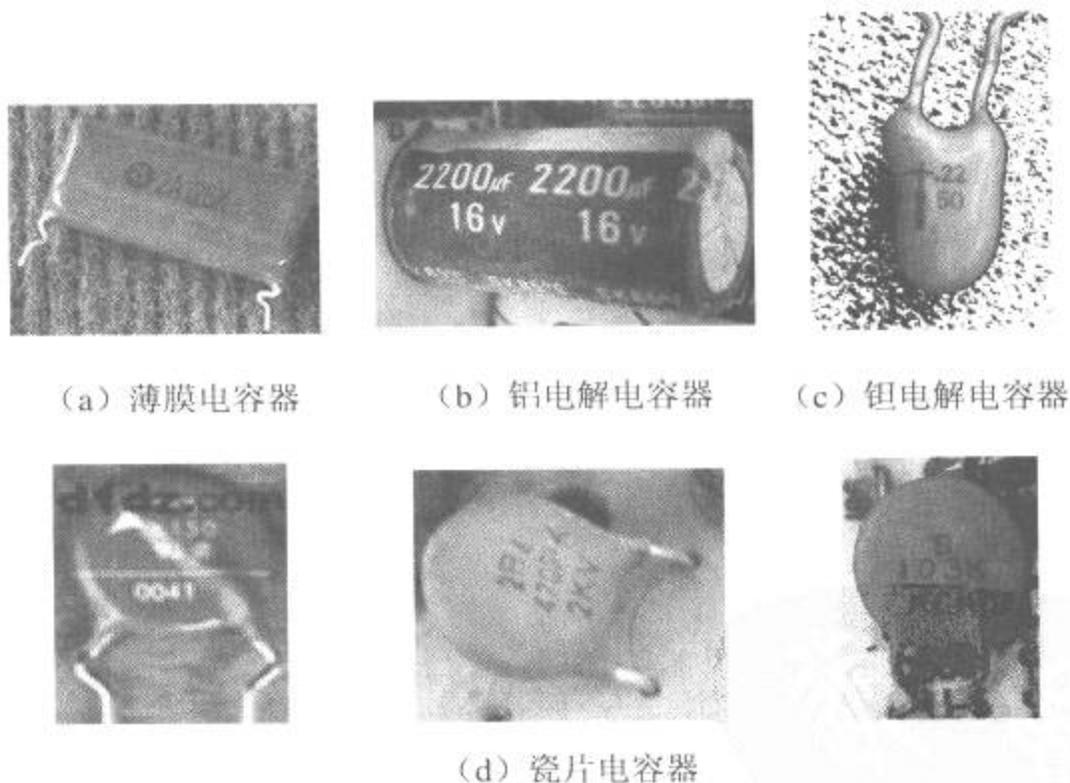


图 1-19 各种电容器

1.2.3 电容器的特性

1. 电容器的充电和放电

既能被充电又能放电是电容器的一个重要特性。

电容器充电和放电过程中的电流方向如图 1-20 所示。图中， C 表示电容器， E 为电源， R 为



限流电阻， K 为开关。

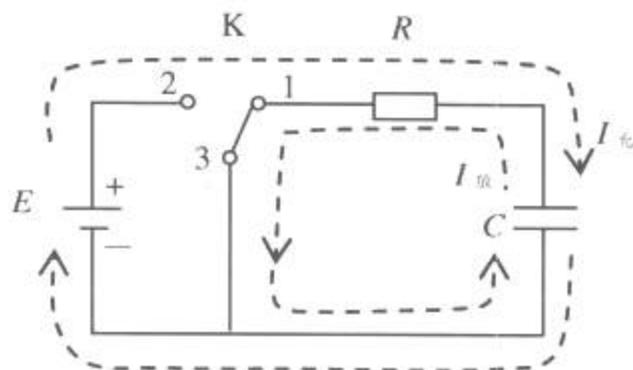


图 1-20 电容器的充电和放电

在开关 $K1-2$ 未接通时，由于电容器 C 上还没有电荷，其两端电压 U_C 为 0。当将开关 $K1-2$ 接通后，电源电压通过电阻 R 向电容器 C 进行充电，其充电电流 I_c 在开关闭合瞬间最大，约等于 E/R ，而电压 U_C 约为 0。开关 $K1-2$ 接通之后，电容器极板上电荷积累逐渐增多， I_c 逐渐减小，电容器两端电压 U_C 逐渐上升，两者均呈指数规律变化。直至充电电流 I_c 为零， U_C 约等于电源电压，充电结束，电容器的极性为“上正下负”。此时，电容器储存有一定电场能量。电容器充电结束后，电路中不再有电流，相当于电路“开路”，直流电不能通过电容器，这就是电容器具有的“隔直”作用。

充电结束后，将开关 $K1-3$ 接通，电容器上的电压 U_C 通过电阻 R 开始放电，其放电电流方向与充电电流方向相反，如图 1-20 中箭头所示。在开关刚接通的瞬间，放电电流 I_d 最大，约等于 U_C/R 。随放电进行，电容器极板上的电荷逐渐减少，电容器两端的电压逐渐降低，放电电流 I_d 逐渐减小，直至电容器极板上的电荷泄放完毕，电容器放电电流与电压均降为 0，放电结束。

从充电与放电过程中电容器两端电压的变化看，可得出：电容器两端电压不能突变。

特别指出，电容器的充电和放电过程就是电荷的储存与释放过程，也是电能的转化过程。

电容器还能被反向充电，当将电源电压极性反转后，可在电容器两端形成“下正上负”的电压。如果将电源的极性快速交替变换（实际用“交变电压”），那么在电路中就始终有充电电流和放电电流存在，就好像电容器能通过交变电流。这就是电容器的“通交流”作用。

2. 电容器上电压与电流的关系

电容器在开始充电的瞬间，电容器两端的电压很低，但充电电流却很大。随着充电进行，电容器两端的电压逐渐升高，其充电电流逐渐减小。在电容器放电过程中，电容器两端的电压逐渐降低，放电电流逐渐减小。可见电流比电压超前 90° ($\pi/2$)。其波形如图 1-21 所示，横轴表示充电或放电时间，纵轴表示电流 (I) 和电压 (U_C) 幅度。

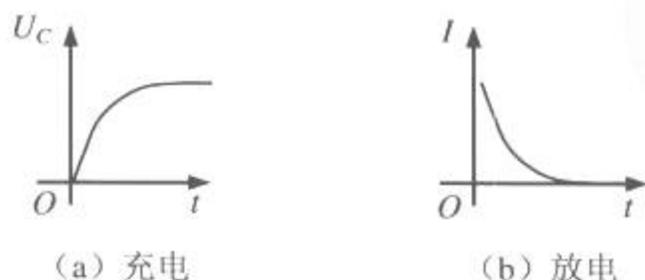


图 1-21 电容器两端电压与电流的关系波形图

3. 电容器的电容

电容器被充电后，它的两个极板之间就产生电压差，其电压的大小随极板上电荷量的增加而



增加,而且电荷量与电压成正比。电荷量与电压的比值称为电容器的“电容”。电容器具有电容是电容器的重要特性。如果用 q 表示电容器极板上所带的电荷量(单位是库伦,用 C 表示),用 U 表示两极板间的电压(伏特 V),用 C 表示电容器的电容(法拉 F),则

$$C = \frac{q}{U}$$

其各级单位间的关系为

$$1 \text{ 法拉} = 1 \times 10^6 \text{ 微法} (\mu\text{F}) = 1 \times 10^{12} \text{ 微微法} (\mu\mu\text{F}, \text{pF})$$

电容是电容器的固有特性,不会因外部条件变化、是否带电等而使电容改变,只有在内部结构受损时,它才会发生变化。另外,电容不只存在于成型的电容器中,在电路的导线、元件及机壳等之间,也存在电容,称为分布电容,有时这种电容对电子设备的影响也是非常巨大的,不容忽视。

4. 电容器对交流电的阻碍作用

电容器能通过交流电,但电容器对交流电流也有阻碍作用。电容器对交流电的阻碍作用称为容抗(X_C),实验表明,电容器的电容越大,交流电的频率越高,电容器对交流电的阻碍作用也越小,其关系为

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

式中, X_C 的单位是欧姆(Ω); f 是交流电的频率,单位是 Hz ; C 是电容器的电容,单位是法拉(F)。可见,容抗与交变电流的频率和电容器的电容有关,频率越高,电容越大,电容器的容抗越小。如 $10\mu\text{F}$ 的电容器,对于直流电, $f=0$, $X_C = \infty$;对于 50Hz 的交流电, $X_C \approx 318\Omega$,当频率升高到 1kHz 时, $X_C \approx 0.0318\Omega$ 。可见,电容器有“通交流、隔直流”或“通高频、隔低频”的特性。

1.2.4 电容器的主要参数

在成品电容器上都标有容量、允许误差、工作电压和工作温度,这些数值统称为电容器的额定值。

1. 电容器的标称容量和允许误差

在电容器上标明的电容值称为标称容量。标称容量与实际容量的误差,称为电容器的误差。误差主要有如下等级: $\pm 1\%$ 、 $\pm 2\%$ 、 $\pm 5\%$ 、 $\pm 10\%$ 、 $\pm 20\%$ 。见表 1-3 所示。

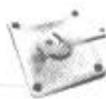
表 1-3 电容器容量误差等级

符号	F	G	J	K	M
允许误差	$\pm 1\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

2. 电容器的额定电压

电容器的额定电压是指电容器在正常工作情况下所允许的加在电容器两端的最高电压,简称为“耐压”。实际加在电容器两端的电压大于额定电压时,电容器有被击穿损坏的危险。若电容器上没有标注额定电压,额定电压一般为 $63V$ 。

由于电容器的用途不同,应用场合不同,所以实际应用中对电容器的要求也不同。



此外，电容器的参数还有工作温度、绝缘电阻、介质损耗等，在实践中一般涉及不到，在此不予多讲。

1.2.5 电容器的标注

所谓电容器的标注，就是将电容器的主要参数标示在电容器上。标注的方法与电阻器的标注相似，有直标法、色环标注法和数标法。

1. 直标法

直标法就是用数字或符号将电容器的有关参数直接标示在电容器的外壳上，这种标注法常见于电解电容器和体积稍大的电容器上。如“47 μ F 100V”，表示容量为 47 μ F，耐压为 100V。常用字母 J、K 表示误差，字母 J 表示误差为 $\pm 5\%$ ，字母 K 表示表示误差为 $\pm 10\%$ 。

2. 色环标注法

色环标注法是对小型圆柱状电容进行标注的方法，与电阻器的色环标注法基本相同，请参看电阻器的色环标注法。

3. 数标法

对于小容量和体积较小的电容器，常用数字加字母或纯数字标注。

数字加字母标注：数字表示有效数，字母有 P、n、m 三种，表示单位，P 表示 pF，n 表示千 pF，m 表示千千 pF（即 μ F）。如 2p2 表示 2.2pF；2n2 表示 2200pF；2m2 表示 2.2 μ F。

纯数字标注：常用三位数，前两位数表示有效数，第三位数表示倍率。如：101 表示 $10 \times 10^1 = 100\text{pF}$ ；102 表示 $10 \times 10^2 = 1000\text{pF}$ ；223 表示 $22 \times 10^3 = 22000\text{pF} = 0.022\mu\text{F}$ 。

1.2.6 电容器的串并联

1. 电容器的串联

电容器首尾相接，中间无分支的连接，称为串联，形式如图 1-22 所示。

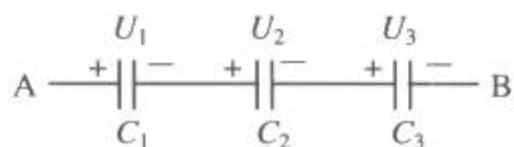


图 1-22 电容器的串联

多个电容器串联后，总电容的倒数等于各串联电容的倒数之和，即

$$\frac{1}{C_{AB}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_3}$$

电容器串联后，相当于增大了电容器极板间的距离，总电容减小。串联后各电容器上的电压之和等于总电压，即串联电容分压， $U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$ 。

2. 电容器的并联

电容器头与头相接，尾与尾相接，称为并联，形式如图 1-23 所示。



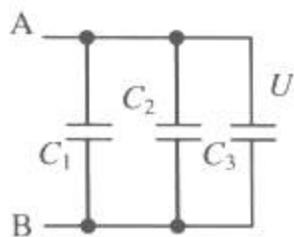


图 1-23 电容器的并联

多个电容器并联后，总电容等于各并联电容之和。电容器并联相当于增加了电容器极板的面积，总电容增大。串联后各电容器上的电压相等，即

$$U_{AB}=U_1+U_2+\cdots+U_3$$

1.2.7 电容器好坏的判定

业余条件下，对电容器好坏的检查判定，主要是通过万用表来进行的。

1. 用指针式万用表进行检查判定

(1) 小容量电容器的检测

$0.01\mu\text{F}$ 以下的小容量电容器大多是瓷片电容器、薄膜电容器等，因电容太小，用万用表进行检测，只能定性地检查其绝缘电阻，即有无漏电、内部短路或击穿现象，不能对其质量进行定量判定。

将万用表功能旋钮旋至 $R\times 10\text{k}$ 挡，用两表笔分别任意接电容的两个引脚，观察万用表的指针有无偏转，然后交换表笔再测一次。两次检测中，阻值都应为无穷大。若能测出阻值（指针向右摆动），则说明电容器漏电损坏或内部击穿。

也可以使用附加电路，利用复合三极管的放大作用对小容量电容器进行检测，如图 1-24 所示。其原理是被测电容的充放电电流被复合管放大，使万用表指针摆动幅度加大，从而便于观察。检测方法：选两只 β 值均为 100 以上且穿透电流小的三极管（可选用 3DG6 等型号硅三极管）组成复合管。万用表的红表笔和黑表笔分别与复合管的发射极 e 和集电极 c 相接，电容器的两个电极瞬时接触复合管的基极和集电极，观察表针偏转后能否回到无穷大。然后交换电容电极再测一次，观察表针偏转后能否回到无穷大。若两次测试中有一次表针不能回到无穷大位置处，表明电容器有损坏。应注意的是：在测试操作时，特别是在测较小容量的电容时，要反复调换被测电容引脚接触复合管的基极和集电极，这样才能明显地看到万用表指针的摆动。

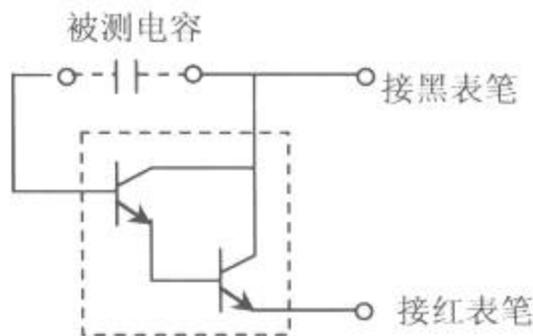


图 1-24 用复合管检测电容器

对于 $0.01\mu\text{F}\sim 1\mu\text{F}$ 间的固定电容，可用万用表的 $R\times 10\text{k}$ 挡直接测试电容器有无充电过程以及有无内部短路或漏电，并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容器的容量（与一个好的同容



量的电容器相对比)。测试时,快速交换电容器的两个电极,观察表针向右摆动后能否再回到无穷大位置处,若不能回到无穷大位置处,说明电容器有问题。

(2) 电解电容器的检测

电解电容器的电容较一般固定电容器大得多,可利用电容器是否有充放电现象进行检测,进而判断其好坏。测量时,应针对不同容量选用合适的量程。根据经验,一般情况下,0.01~10 μF 间的固定电容器可用R \times 10k挡测量,1~47 μF 间的电容器可用R \times 100挡测量,大于47 μF 的电容器可用R \times 10或R \times 1挡测量。

测试时,一般先对电容器放电(方法是将电容器的两个电极相碰一下即可)。将万用表红表笔接电容器负极,黑表笔接正极,在刚接触的瞬间,万用表指针即向右偏转较大幅度(对于同一电阻挡,电容器越大,摆幅越大),接着逐渐向左回转,直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容的正向漏电阻,此值远大于反向漏电阻。实际使用经验表明,电解电容的漏电阻一般应在几百k Ω 以上,否则,将不能正常工作。在测试中,若正向,反向均无充电的现象,即表针不动,则说明电容消失或内部断路;如果所测阻值很小或为零,说明电容器漏电大或已击穿损坏,不能再使用。

找一只与被测电容容量相同的好电容器作对比,分别测试观察两只电容器充放电时表针的摆动幅度,可大致判断被测电容器的电容是否足够大。

正负极性的判定:对于正、负极标志不明的电解电容器,可利用上述测量漏电阻的方法加以判别。用指针式万用表先任意测一下漏电阻,记住其大小,然后交换表笔再测出一个阻值。两次测量中阻值大的那一次便是正向接法,即黑表笔接的是正极,红表笔接的是负极。

2. 用数字万用表检测电容器的好坏

数字万用表具有测试电容器的功能,测量量程一般为0~20 μF 。用数字万用表检测电容器好坏的步骤如下:

- 01 将功能旋钮旋到电容挡,量程大于被测电容器电容。
- 02 将大于1 μF 的电容器放电。
- 03 将电容器的两只引脚分别插入电容器测试孔,如图1-25所示。
- 04 从显示屏上读出电容值。

05 将读出的值与电容器的标称值比较,若相差太大,说明该电容器电容不足或性能不良,不能再使用。

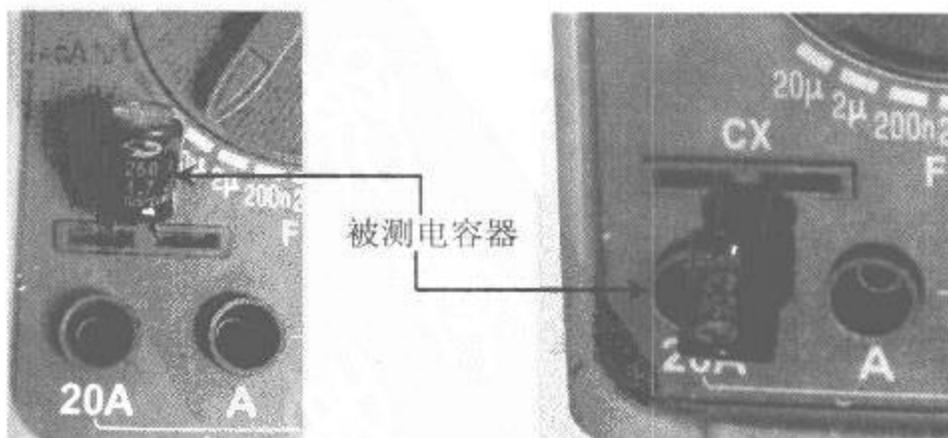


图 1-25 电解电容器的测量





1.3 电感器

电感器又称电感线圈，可简称电感，在电子电路中有广泛应用。电感同电容器一样，也是一种储能元件，它能使电能与磁场能相互转化。电感器常与电容器配合在一起工作，在电路中主要用于滤波、振荡、波形变换等。还常利用电感的电磁特性制作扼流圈和继电器。

1.3.1 电感器的结构、图形符号及种类

电感器是由外皮绝缘的铜质或合金导线绕制成的线圈。在线圈内可以插入或不插入称为磁芯的磁性材料，没有磁芯的电感器称为空芯电感器，有磁芯的电感器称为磁芯电感器。磁芯在电感器中的位置可以调整的电感器又称为可调电感器，常见的电感如图 1-26 所示。

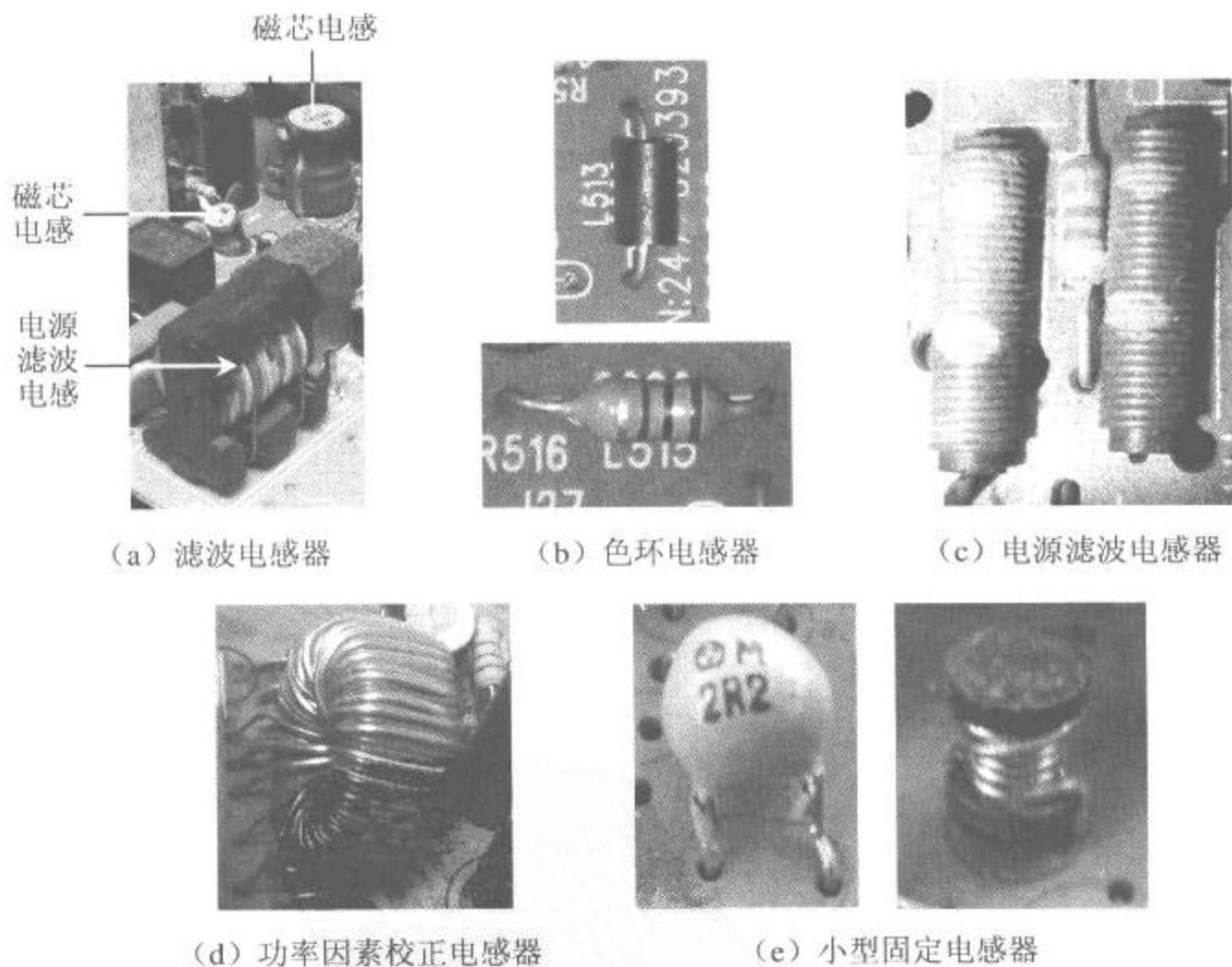
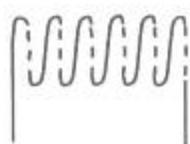


图 1-26 电感器的结构与图形符号

电感器的图形符号如图 1-27 所示。在电路中，电感器常用字母 L 表示。



电感线圈



(a) 空芯电感器



(b) 有芯电感器



(c) 可调电感器

图 1-27 电感器及其图形符号

1.3.2 电感器的分类

根据电感器的结构与性质不同, 电感有多种种类。

按线圈中有无磁性材料分类: 空芯电感器 (线圈内无磁性材料)、磁芯电感器 (线圈内有铁氧体磁性材料)。

按工作性质分类: 天线线圈、振荡线圈、扼流线圈、陷波线圈及偏转线圈等。

按绕线结构分类: 单层线圈、多层线圈、蜂房式线圈。

按工作频率分类: 高频线圈、低频线圈。

按结构特点分类: 磁芯线圈、可变 (可调) 电感线圈、色码电感线圈、无磁芯线圈等。

按有无引线分类: 有引线电感器、无引线电感器 (又称为贴片电感器), 主要用在如计算机等高档精密电子设备中。

● 注 意

色环电感器与色环电阻在外形上很难区分, 贴片电阻与贴片电感器也难以区别, 这里讲一下其区别方法。一般正规厂家生产的电子设备, 电路板上每个电子元件旁边都标有标识符号。如电阻用 R、电感用 L、电容用 C。当发现一个不认识的元件时, 可通过其标识符号进行确认。

1. 小型固定电感线圈

小型固定电感线圈的结构特点是用漆包线或丝包线直接绕在棒形、工字形、王字形或圆形磁芯上, 外表裹覆环氧树脂或封装在塑料外壳中, 具有体积小、重量轻、结构牢固、安装方便等特点, 一般用在滤波、延迟等电路中。

2. 消磁线圈

消磁线圈是显示器中直径最大的电感线圈, 是用铜质漆包线围绕在显像管管壁四周而成的, 如图 1-28 所示。它利用电感器将电能转换为磁能, 用于消除显像管上的杂散磁场。

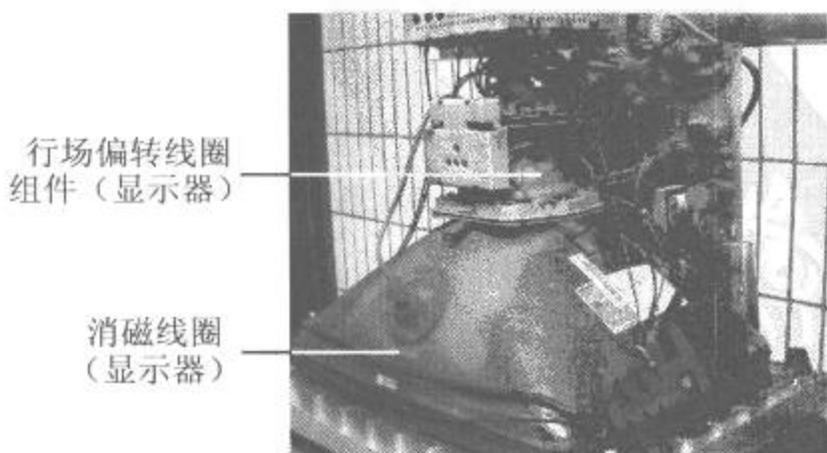


图 1-28 显示器中的消磁线圈及行场偏转线圈

行场偏转线圈是显示器中很重要的电感线圈，是行场扫描电路输出级的负载，安装在显像管的管颈处，其作用是使电子枪发出的电子束上下移动，从而形成光栅。

1.3.3 电感线圈的电磁特性

1. 通电线圈的磁场

当线圈中有直流电流流过时，线圈周围就产生磁场。磁场的方向符合右手螺旋管定则：用右手握住螺线管，让弯曲的四指所指的方向与电流的方向一致，伸直的大拇指所指的方向就是螺线管内部磁感线的方向。也就是说，大拇指指向通电螺线管的 N 极，如图 1-29 所示。

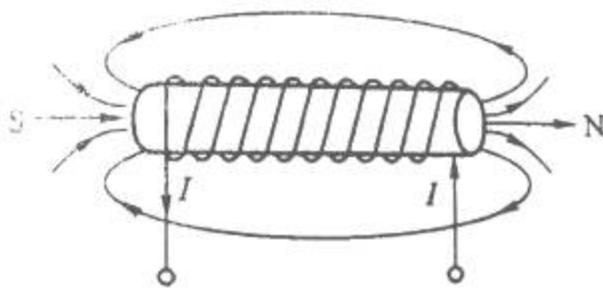


图 1-29 通电线圈的磁场

当线圈中流过交变电流时，线圈周围就产生交变磁场，利用这个特性可制作继电器、电磁阀等电子元件。

2. 电感线圈对交变电流的阻碍作用

电感线圈由于匝数很少，其直流电阻很小，对直流电的阻碍作用可忽略不计。但是电感线圈对交变电流却有较大的阻碍作用，其大小称为感抗 (X_L)，单位是 Ω 。它与电感量 L 和交变电流频率 (f) 之间的关系为 $X_L=2\pi fL$ 。电感 L 越大，频率 f 越高，感抗就越大。

电感线圈对交变电流的阻碍作用可以用下面的实验电路来说明，如图 1-30 所示。图中 D 表示小灯泡， L 为电感器， E 为电源。

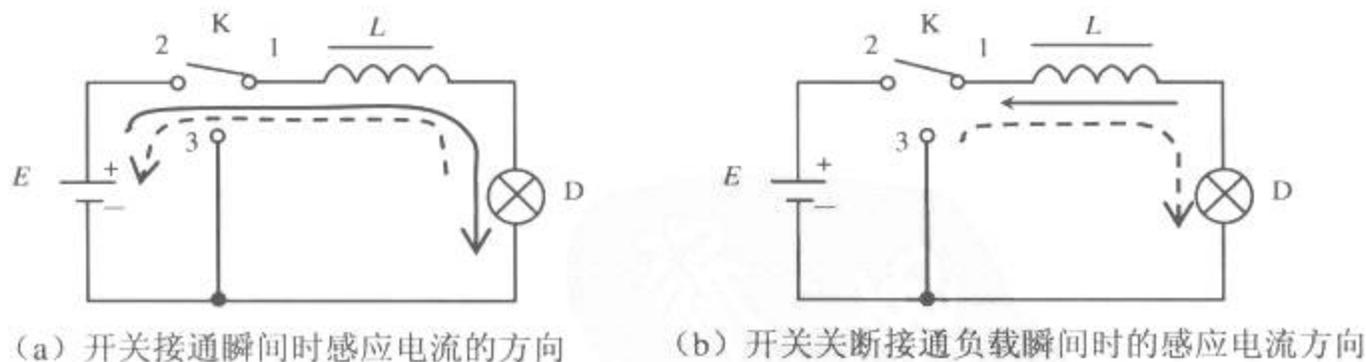
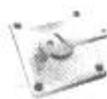


图 1-30 电感器对突变电流的阻碍作用

在图 (a) 中，当开关 $K1-2$ 未接通时，灯泡不亮。当将开关 $K1-2$ 接通后，可以看到小灯泡是逐渐变亮，而不是立即达到最大亮度。这说明通过电感 L 的电流有一个缓慢增大的过程。然后将开关 K 立即由 $1-2$ 转到 $1-3$ ，可以看到小灯泡亮度变得更亮一下，然后才慢慢熄灭，而不是立即熄灭。

这一现象可以用楞次定律来解释。



电感器 L 中原本没有电流流过, 在开关 $K1-2$ 刚接通时, L 中电流突变增大(外电源引起), 电流方向为电源正极 \rightarrow 开关 $K1-2$ \rightarrow 电感器 \rightarrow 灯泡 \rightarrow 电源负极, 如图 (a) 中实线所示。在这支电流作用下, 电感器自身就产生一个感应电流, 其方向与外电流的方向相反, 如图 (a) 中虚线所示。这两支电流方向相反, 互相抵消, 使外电源引起的电流不能立即增大, 所以小灯泡的亮度低; 此后, 电源产生的电流增长率逐渐变小(但电流还是在不断增大), L 中的感应电流逐渐减小; 直到最后, 电流不再增大(变化率为 0), L 中不再产生感应电流, 电流达最大, 所以灯达到最亮。

当小灯泡最亮后, 将开关 K 从 1-2 接通换到 1-3 接通时, 电源引起的电流又一次突变(由大电流减小为 0), 其方向如图 (b) 中实线所示。 L 自身又产生感应电流, 这个感应电流甚至比原电流更大一点, 其方向与原电流减小的方向相反, 如图 (b) 中虚线所示。感应电流通过小灯泡, 使小灯泡更亮一下, 然后慢慢减小, 小灯泡慢慢暗下来。

当线圈中电流突变时, 电感线圈就产生感应电流阻碍原来电流的变化, 这就是楞次定律。通俗地说, 就是当线圈中电流有突变增加时, 线圈自身就产生感应电动势, 当线圈存在于闭合回路时, 就形成电流, 这个电流称为感应电流, 感应电流的方向总是与突变增加的电流方向相反, 两者互相抵消, 这样使线圈中电流不能突变增大; 当线圈中电流有突变减少时, 线圈自身也产生感应电动势, 当线圈存在于闭合回路时, 也形成电流, 这时感应电流的方向与突变减少的电流方向相反(即与原电流方向相同), 结果电感线圈中的电流不能突然减小。电感线圈中电流不变化时(电流为零或为恒定值), 电感线圈不产生感应电动势, 无感应电流。这就是电感线圈在电路中有广泛用途的原因, 尤其是在开关电源电路中应用最为普遍。

3. 电感器上电流与电压间的关系

一般来讲, 电感线圈的匝数少, 直流电阻很小, 可忽略不计。当在电感受线圈中加上直流电压时, 电感线圈两端的电压很低, 而电流却很大; 当在电感线圈中加入交变电压时, 因电感线圈的自感现象, 电感线圈两端的电压总比电流超前 90° ($\pi/2$)——电压升高时, 电流不能立即增大, 电压降低时, 电流也不能立即减小。如图 1-31 所示, 实线表示电压变化趋势, 虚线表示电流变化趋势, 这点对于理解电感滤波非常重要。

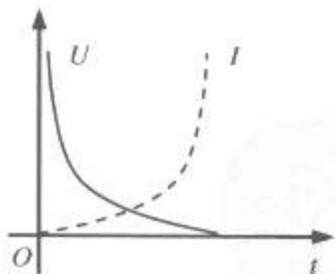


图 1-31 电感中电压与电流的关系

1.3.4 电感器的主要特性参数

1. 电感量 L

电感量的定义: 电感量是导线内通过交流电流时, 在导线的内部及其周围产生交变磁通, 导线的磁通量与产生此磁通的电流之比, 用式子表达为 $L=\psi/I$ 。式中, ψ 为电感线圈产生的磁通量,





I 为在线圈中电流。

电感量 L 是线圈本身固有的特性，其基本单位为亨利 (H)，也常用毫亨 (mH) 和微亨 (μH) 为单位， $1\text{H}=1 \times 10^3\text{mH}=1 \times 10^6\mu\text{H}$ 。电感量的大小取决于线圈的直径、匝数及有无铁芯，而与电流大小无关。

2. 允许误差

电感量实际值与标称之差除以标称值所得的百分数即为电感器的允许误差。

1.3.5 电感器的标注

电感器的标注一般有直标法和色环标法两种。这两种标注法与电阻的标注基本相同，这里不列举。

1.3.6 电感器在电路中的作用

电感器在电路中的基本作用有滤波、振荡、延迟、陷波等，比较形象的说法是“通直流，阻交流”。也就是说在电子线路中，电感线圈对交流有阻碍作用，它与电阻器或电容器能组成高通或低通滤波器、移相电路及谐振电路等。

1.3.7 电感器好坏的判定

业余条件下对电感器好坏的检查常用电阻法进行。一般来说，电感器的线圈匝数不多，直流电阻很低，因此，用万用表电阻挡进行检查很实用。

检查方法：用万用表电阻挡测量电感器的直流电阻，正常情况下电阻很小，一般低于 1Ω ，若电阻过大就说明有问题。

1.4

半导体二极管

1.4.1 半导体概念及种类

我们已知道，能导电的物体称为导体，不能导电的物体称为绝缘体。在自然界中，还有一类物体，其导电能力介于导体与绝缘体之间，称为半导体。如硅、锗、磷、硼、钾等，它们的导电性很特殊，其单质的导电能力很低，近于绝缘体（称为纯净半导体），但是，如果在单质中掺加一点其他物质（称为杂质），如在硅中加入一点硼或磷，其导电能力会大幅度提高（称为掺杂半导体）。像这样的导体，其导电能力随掺入杂质、施加电压或受温度、光照等影响，其导电能力发生很大变化，这类物质均称为半导体。

掺杂半导体的导电能力相比于纯净半导体有了很大提高。导电能力的大小与杂质的比例有很大关系，杂质的比例越高，导电能力越强。这是制作半导体器件的基础，可以制作出适合各种不同用途的电子器件。根据掺杂的物质不同，掺杂半导体又分为空穴型半导体（P型半导体）和电子型半导体（N型半导体）两种。



1.4.2 PN 结

1. PN 结的定义

经过特殊工艺加工，把一块 P 型半导体和一块 N 型半导体紧密地结合在一起，则在它们的接触面上会形成一个特殊的“电场”，称为“PN 结”，如图 1-32 所示。在 PN 结两侧，P 型半导体区域称为 P 区，N 型半导体区域称为 N 区。

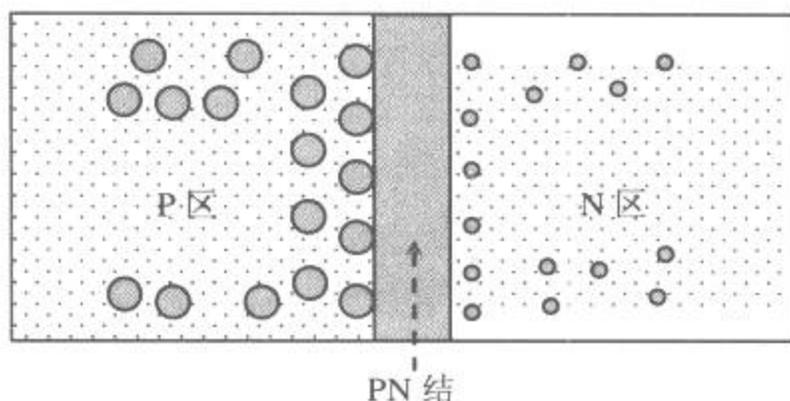
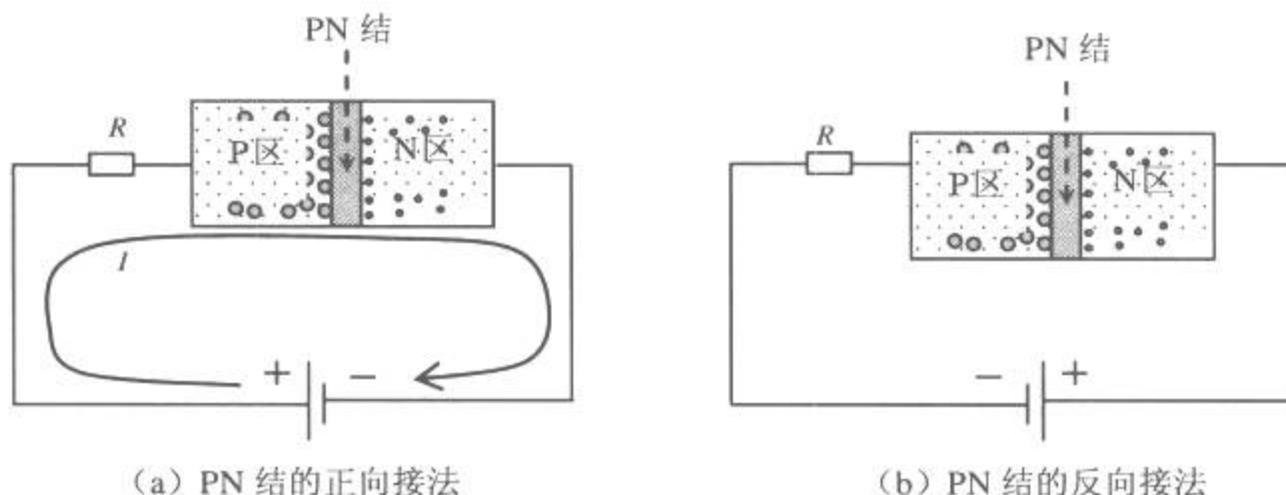


图 1-32 PN 结的结构

2. PN 结的特性——单向导电性

把 PN 结的 P 区与电源的正极接通，N 区与电源的负极接通，称为正向接法；把 PN 结的 P 区与电源的负极接通，N 区与电源的正极接通，称为反向接法。如图 1-33 所示。



(a) PN 结的正向接法

(b) PN 结的反向接法

图 1-33 PN 结的正/反向接法

PN 结正向接法时能导电，称为正向导通；反向接法时，PN 结不能导电，称为反向截止。这种特性称为 PN 结的单向导电性。

但是在反向接法时，当反向电压达到一定阈值时，PN 结会出现较大的反向电流，称为反向击穿。此时撤去反向电压后，一般情况下 PN 结仍能恢复其单向导电性。若反向电压超过阈值过多时，PN 结将被永久反向击穿而损坏，而不能恢复其单向导电性。

1.4.3 半导体二极管的结构与符号

从 PN 结的 P 区和 N 区分别引出两条导线，用固体绝缘材料封装起来，便可以制作出半导体二极管。其内部结构与图形符号如图 1-34 所示。



图 1-34 半导体二极管的内部结构及图形符号

制作二极管的材料主要有硅和锗。用硅材制作的二极管称为硅二极管；用锗材料制作的二极管称为锗二极管。

从 P 区引出的导线为二极管的阳极（字母符号为 A），也称正极，用“+”表示；从 N 区引出的导线为二极管的阴极（字母符号为 K），也称负极，用“-”表示。半导体二极管的一般符号如图（b）所示。实际电路中，不同用途的二极管图形符号不同。

1.4.4 二极管的特性

从二极管的结构我们知道，二极管的核心是 PN 结。因此，PN 结的特性也就是二极管的特性，即单向导电性。二极管的特性由加在二极管两端的电压与流过二极管的电流的关系来决定，这两者之间的关系称为二极管的伏安特性。用于定量描述电压与电流关系的曲线称为伏安特性曲线。如图 1-35 所示为硅二极管的特性曲线。

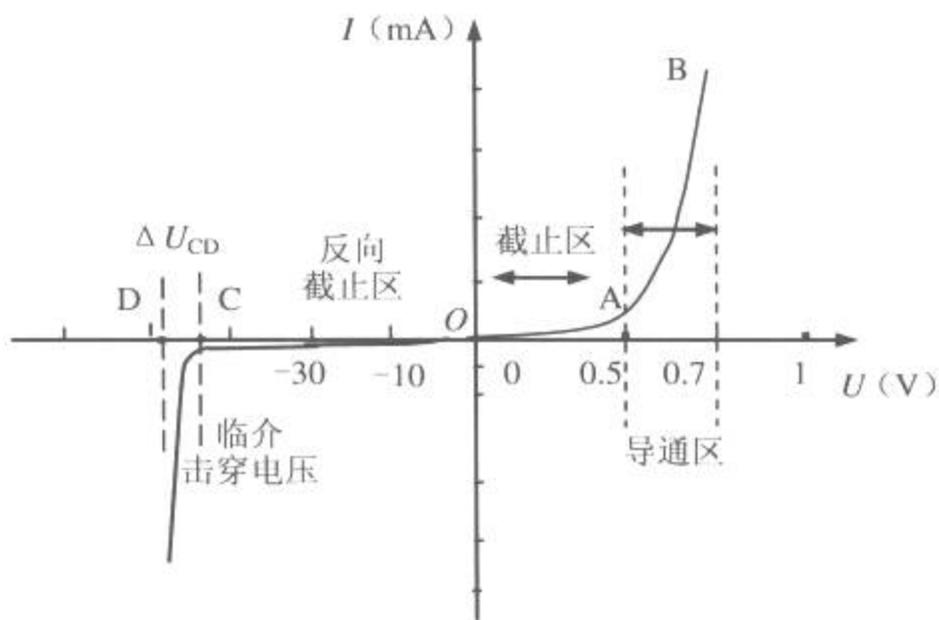


图 1-35 硅二极管的特性曲线（伏安特性曲线）

图中，横轴表示加在二极管上的电压，单位为 V，原点右侧为二极管的正向特性，左侧为二极管的反向特性；纵轴为流过二极管的电流，单位为 μA ，横轴上方为二极管的正向电流，下方为反向电流。可见，二极管的特性曲线分为正向特性和反向特性两部分。

1. 正向特性

正向特性是指当二极管正向接法时（二极管正极接电源正极，二极管负极接电源负极）二极管两端电压与电流间的关系。

二极管两端电压在 $0\sim 0.5\text{V}$ 范围内时，流过二极管的电流很小，二极管呈现出很大的内阻。如图 1-35 中的 OA 段，通常称为死区。相应的电压称为死区电压，硅二极管的死区电压一般认



为是 0.5V 左右, 锗二极管的死区电压为 0.2V 左右。

当二极管两端电压超过死区电压后, 正向电流迅速增大, 电压的微小变化都会引起较大的电流变化, 这个区域称为二极管的正向导通区, 二极管处于正向导通。此时, 二极管两端的电压变化不大。硅二极管的正向导通电压为 0.5~0.7V, 锗二极管的正向导通电压为 0.2~0.3V。

如果加在二极管两端的电压超过 0.7V, 流过二极管的电流将会过大, 使二极管发热, 在短时间内二极管将会因过热而烧毁。因此, 在实践中如果二极管两端正向电压大于 0.7V, 二极管必坏无疑。

2. 反向特性

反向特性是指当二极管反向接法时, 二极管两端电压与电流的关系。

从特性曲线上可以看出, 反向接法时, 二极管两端电压在很大范围内变化时, 其反向电流都很小, 可忽略不计, 如图 1-35 中 OC 段。近似于反向电流不随反向电压变化, 称为二极管的反向截止。

当反向电压增大到一定值时, 二极管的反向电流突然增大, 这种现象为二极管的反向击穿。相应的电压称为反向击穿电压 (C 点电压)。正常使用二极管时是不允许这种情况出现的。

在二极管刚出现反向击穿时的电压称为临界击穿电压, 此时撤去反向电压, 二极管还能恢复其单向导电性。当加在二极管两端电压超过临界击穿电压较多时, 二极管将不能恢复其单向导电性, 称为永久击穿。在临界击穿电压与永久击穿电压之间的电压差 (即 C 点与 D 点间的电压差 ΔU_{CD}) 很小。在这个区间, 电压变化小, 电流变化很大。任何事物都有它的两面性, 反向击穿对二极管很不利, 但也有可利用的一面, 利用其临界击穿电压与永久击穿电压之间的电压差小这个特点, 可以制作出稳压二极管。

制作二极管的材料、结构及生产工艺不同, 会使二极管的特性有很大的差异, 但伏安特性曲线基本相似。

从二极管的伏安特性曲线上可以看出, 流过二极管的电流与加在二极管上的电压不成比例, 也就是说, 二极管的内阻不是一个定值。所以说, 二极管是一个非线性元件。

1.4.5 二极管的主要参数

二极管的主要参数包括二极管在正常使用条件下的电流电压的最大值, 在使用中不能超过该值, 否则, 二极管有被损坏的危险。

1. 最大整流电流 (I_F)

最大整流电流是指二极管正常工作时所允许通过的最大直流电流。

2. 最高反向工作电压 (U_{RM})

最高反向工作电压是指二极管正常工作时所允许加的最高直流电压。使用中如果加在二极管两端的电压过高, 二极管将有被击穿损坏的危险。

1.4.6 二极管的分类

1. 根据二极管的结构特性分类

由二极管的结构特性, 二极管可分为点接触型和面接触型两种。



- (1) 点接触型：PN 结接触面积小，只适宜在小电流状态下工作。
- (2) 面接触型：PN 结接触面积大，适合大电流工作场合。

2. 根据材料分类

根据材料来分，二极管有硅二极管和锗二极管两种。

3. 根据用途分类

根据用途来分，二极管主要有如下几种：

- (1) 高频整流二极管，适宜对高频信号或脉冲电压进行整流。如 RG 系列、RU 系列。
- (2) 稳压二极管，常用硅材料制作，用于稳定小电流电源的电压。其图形符号如图 1-36 (a) 所示。
- (3) 发光二极管，多用于各种显示器及指示灯，有红、黄、绿三种色。其图形符号如图 1-36 (b) 所示。



图 1-36 二极管图形符号

- (4) 开关二极管，多在电路中起开关作用。
- (5) 快恢复二极管，其特点是导通截止的转换开关速度快。
- (6) 光敏二极管，用于将光信号转变为电信号。
- (7) 肖特基二极管。
- (8) 变容二极管。

此外，二极管还有其他多种分类方法。常用的二极管如图 1-37 所示。

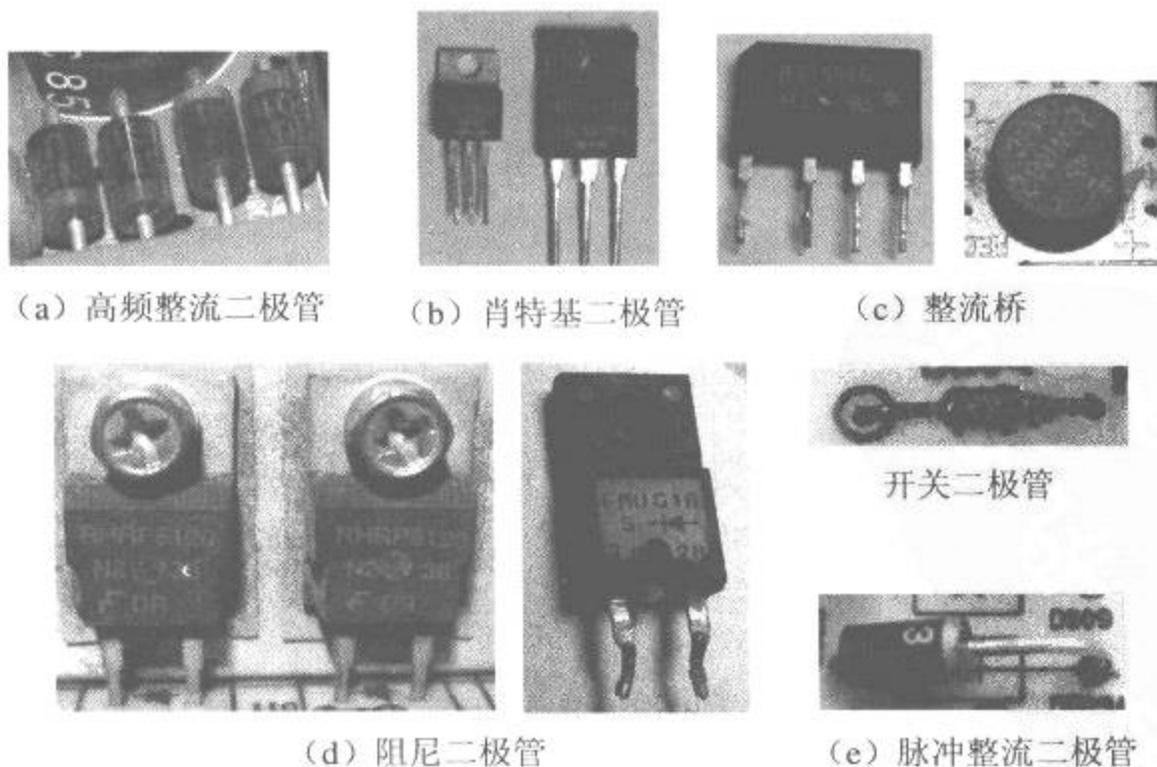


图 1-37 常见二极管



1.4.7 二极管的型号命名

在国产二极管中，二极管的型号主要由 5 部分组成，如图 1-38 所示。

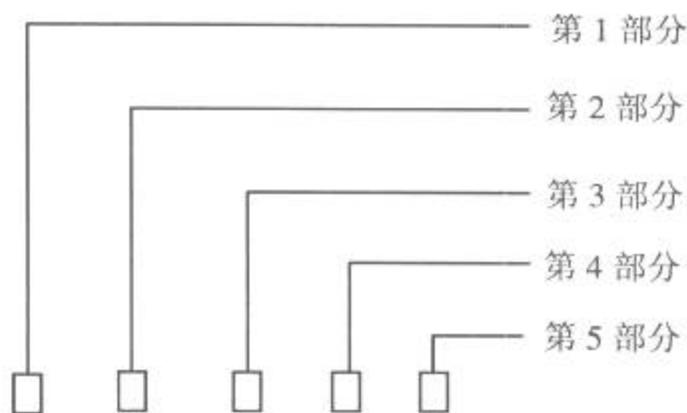


图 1-38 国产二极管命名

第 1 部分为主称部分，用数字 2 表示二极管有两个极性引脚。

第 2 部分为材料与极性部分，用字母表示。如表 1-4 所示为二极管材料与极性代号和意义对照表。

表 1-4 二极管材料与极性代号和意义对照表

符号	意义	符号	意义
A	N 型锗材料	D	P 型硅材料
B	P 型锗材料	E	化合物材料
C	N 型硅材料		

第 3 部分为类别部分，用字母表示。如表 1-5 所示为二极管类别代号与意义对照表。

表 1-5 二极管类别代号与意义对照表

符号	意义	符号	意义
P	小信号管（普通管）	B 或 C	变容管
W	电压调整管和电压基准管（稳压管）	V	混频检波管
L	整流堆	JD	激光管
N	阻尼管	S	隧道管
Z	整流管	CM	磁敏管
U	光电管	H	恒流管
K	开关管	Y	体效应管

第 4 部分为序号部分，用数字表示同一类别产品序号。

第 5 部分为规格号部分，用字母表示产品规格、档次。



例如，二极管标注为“2CW56”，表示此二极管是N型硅材料稳压二极管。

1.4.8 二极管的检测

检测目的：极性判别和好坏检测。

检测工具：指针万用表和数字万用表。

1. 二极管极性的判别法

大多数二极管，在其一端都有一个白色或黑色的环形标记，用于表示二极管的负极，对标记不清的，我们可以用万用表进行检测。

(1) 用指针万用表判别二极管极性

用指针万用表判别极性的步骤如下：

01 将万用表功能旋钮旋至 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡。

02 用左手捏住二极管的中间部位，右手持万用表的红黑两个表笔，分别稳定接触二极管的两个电极，观察表针有无偏转。

03 左手调换二极管的方向（或右手交换红黑表笔）重测，观察表针有无偏转。

04 判别。在上述两次检测中，在表针有偏转的一次检测方式下，黑表笔接的是二极管的正极，红表笔接的是二极管的负极。

● 注 意

这种检测法正是利用二极管内PN结的单向导电特性来进行的。可以发现，在不同的挡位，所测得的电阻值是不同的，说明二极管不是线性无件。

(2) 用数字万用表判别二极管极性

用数字万用表判别极性的步骤如下：

01 将万用表功能旋钮旋至二极管挡。

02 用左手捏住二极管的中间部位，右手持万用表的红黑两个表笔，分别稳定接触二极管的两个电极，观察有无数字显示。

03 左手调换二极管的方向（或右手交换红黑表笔）重测，观察有无数字显示。

04 判别。在上述两次检测中，在有数字显示的一次检测方式下，红表笔接的是二极管的正极，黑表笔接的是二极管的负极。测量中数字万用表所显示的数字表示二极管正向电压值。（小功率二极管一般为 550 左右，大功率二极管一般为 250 以下），这与指针表的判别方法不同。

2. 二极管的好坏检测

(1) 二极管损坏后的常见故障现象

二极管损坏后的常见故障现象主要有：

① 开路，表现为正反向电阻无穷大。

② 击穿短路，表现为正反向电阻均很小，这种现象很常见。

③ 正向电阻变大。

④ 反向电阻变小（或漏电）。



(2) 用指针万用表检测二极管的好坏

用指针万用表检测二极管好坏的方法同于用指针万用表判别极性法,但须注意指针的偏转幅度。如果两次检测中,指针都有较大幅度偏转,接近右端0处,表明二极管击穿短路;如果两次检测中,指针都没有偏转,表明开路;对于反向漏电的二极管,用 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡较难检测出二极管的好坏,需要借助 $R \times 10k$ 挡。一般情况下,在用 $R \times 10k$ 挡检测二极管时,用黑表笔接二极管的负极,红表笔接二极管的正极,指针是不能有偏转的(锗管除外)。若有少量偏转,说明二极管反向漏电(反向电阻变小),已不能使用。

● 注 意

在 $R \times 10k$ 挡,当红表笔接二极管的负极,黑表笔接二极管的正极时,若时间长了有可能将二极管损坏。

对二极管正向电阻变大的检测,要通过与其同型号二极管的对比才能判定。

(3) 用数字表检测二极管的好坏

用数字表检测二极管好坏的方法同于用数字万用表判别极性法。如果正反向两次检测中,显示屏显示数均小,数字表有蜂鸣叫声,表明二极管击穿短路;如果均无显示(只显示1),表明二极管开路。

对正向电阻变大和反向电阻变小的二极管,一般情况下,用数字表不能有效检测出来。通常运用指针表更有效。

(4) 在路检测二极管的好坏

在路检测法是指对连接在电路中的二极管不取出来,在电路中直接检测。检测方法有两种:

① 电阻法,方法同上述好坏检测法,但要注意与二极管并联的电阻及其他部分电路对测量结果的影响。这种方法有时不能有效地鉴定其好坏,必要时还需要将其拆下作进一步鉴定。

② 电压法,是在电路加电的情况下测量二极管的正向压降。我们已知道,二极管的正向压降为 $0.5\sim 0.7V$ 。如果在电路加电情况下,二极管两端正向电压远远大于 $0.7V$,该二极管肯定开路损坏。方法:利用万用表电压挡($20V$ 挡或 $25V$ 挡),用红表笔接二极管的正极,黑表笔接二极管的负极(指针万用表与数字万用表相同)。

1.5

半导体三极管

1.5.1 半导体三极管的结构与图形符号

半导体三极管又称晶体三极管,简称三极管或晶体管,是现代电子设备中组成放大电路的核心元件。三极管是由两个相距很近的PN结构成的,在两个N型半导体的中间放置一个较薄的P型半导体,或者在两个P型半导体的中间放置一个较薄的N型半导体,形成三个区——基区、集电区和发射区,由各区引出三个电极分别称为基极(用字母**b**表示)、集电极(用字母**c**表示)和发射极(用字母**e**表示);再用固体材料将其封装起来,分别构成NPN型三极管和PNP型三极管,这两类三极管的结构与符号如图1-39所示。基区与集电区间的PN结为集电结,基区与发射区间的PN结为发射结。三极管在电路中常用字母**Q**、**V**、**BG**等表示。如图1-40所示为电路



中常见的三极管。

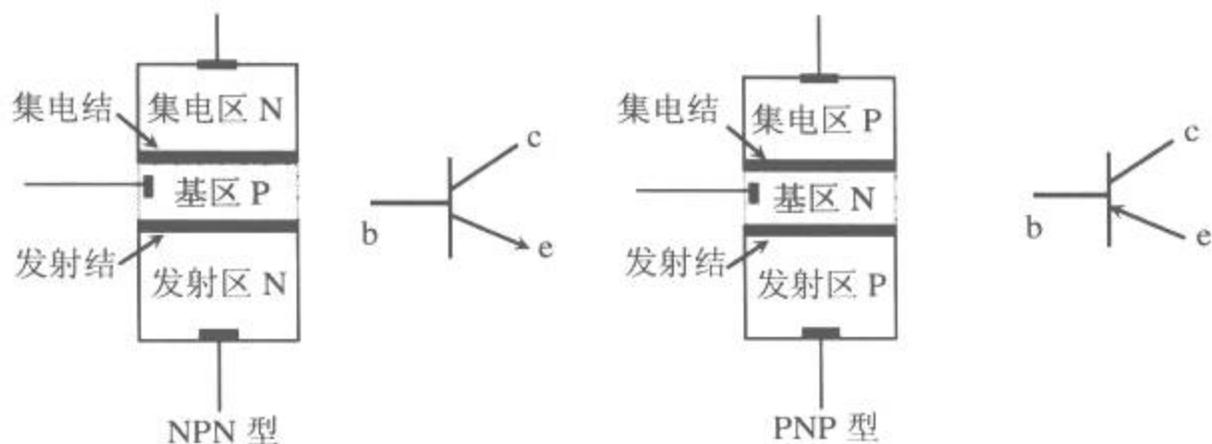


图 1-39 三极管的结构与图形符号

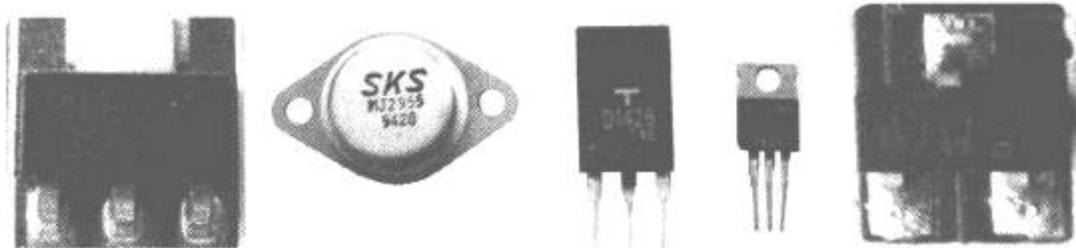


图 1-40 电路中常用的三极管

1.5.2 三极管的分类

三极管因结构不同、用途不同，有不同的分类方法。

按材料分类，三极管可分为硅三极管、锗三极管。

按导电类型分类，三极管可分为 PNP 型和 NPN 型两大类。

按工作频率分类，三极管可分为低频管和高频管。

按功率大小分类，三极管可分为中小功率管和大功率管。

按用途分，三极管种类更多，主要有放大管和开关管。

1.5.3 三极管的电流放大作用

1. 三极管各电极上的电流分配

以 NPN 三极管为例，如图 1-41 所示。图中，电源 E_c 给三极管集电结反向电压，电源 E_b 给三极管发射结提供正向电压。电路接通后，就有三个电流流过三极管，即基极电流 I_b 、集电极电流 I_c 和发射极电流 I_e 。三个电流的方向如图所示。

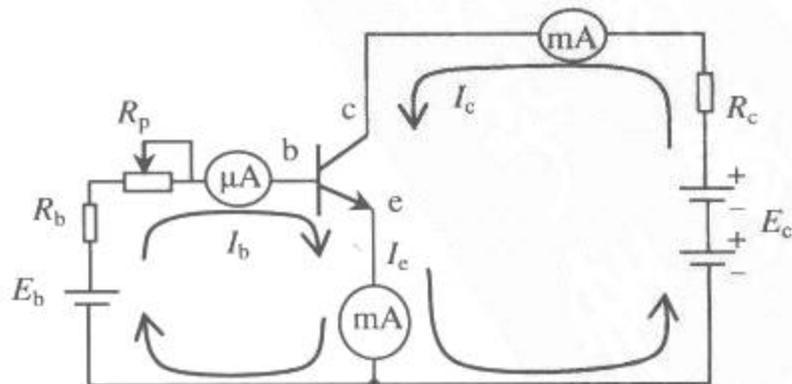


图 1-41 三极管各电极电流分配及电流放大作用



三个电流的关系为 $I_e = I_b + I_c$ ，对 PNP 型三极管同样适用。这个关系符合节点电流定律“流入某节点的电流之和等于流出该节点电流之和”。

2. 三极管的电流放大作用

晶体三极管的重要特性是具有电流放大能力。要实现电流放大，必须为三极管加上合适的工作条件。对 NPN 型三极管，在发射结要加正向电压（称为正偏），即 $U_b > U_e$ ，集电结要加反向电压（称为反偏），即 $U_c > U_b$ 。对 PNP 型三极管，要满足 $U_e > U_b > U_c$ 。

在图 1-41 中，调节 R_p 的阻值，可以改变基极电压，从而调节基极电流 I_b 的大小， I_b 的变化会同时引起集电极电流 I_c 和发射极电流 I_e 的变化，而且集电极电流 I_c 与基极电流 I_b 之比约为一个常数，定义为 $\frac{I_c}{I_b} \approx \beta$ 。

这一常数 β 称为三极管的电流放大倍数。不同型号的三极管 β 值不同，绝大多数三极管的 β 在 50~150 之间。并且三极管功率越大， β 值越小。

通过实验证实：当 $0.5V < U_{be} < 0.7V$ 时， I_b 与 U_{be} 成近似正比变化， I_c 也与 I_b 成正比变化（因 $\frac{I_c}{I_b} \approx \beta$ ），三极管处于“放大”状态。这种状态下，三极管内 c 与 e 间相当于是一只阻值可变的电阻， U_{ce} 随 U_{be} 而变化。

从上述可见，三极管基极电流 I_b 的微小变化，使集电极电流 I_c 有较大的变化，这就是三极管的电流放大作用。实质上，三极管的放大作用是用“小电流”控制“大电流”，而不是对能量的放大。所以说，三极管是一种“电流控制型”电子元件。

PNP 型三极管的截止电压约为 0.2~0.3V，其实现放大作用的条件是： $U_e > U_b > U_c$ 。

3. 三极管的饱和与截止

三极管的截止、放大、饱和称为三极管的三种工作状态，放大状态主要用在放大电路，截止与饱和状态主要用在开关电路。

(1) 截止状态

所谓截止，就是三极管在工作时，集电极电流始终为 0，电压接近无穷大。此时，集电极与发射极间电压（ U_{ce} ）接近电源电压。

对于 NPN 型硅三极管来说：当 U_{be} 在 0~0.5V 之间时， I_b 很小，无论 I_b 怎样变化 I_c 都为 0，三极管的内阻（ R_{ce} ）很大，三极管截止。

当在维修过程中测量到 U_{be} 低于 0.5V 或 U_{ce} 接近电源电压时，就可知道三极管处在截止状。

(2) 饱和状态

当三极管的基极（ I_b ）电流达到某一值后，三极管的基极电流无论怎样变化，集电极电流不再增大，达到最大值，这时三极管就处于饱和状态。

三极管的饱和状态是以三极管集电极电流来表示的，但测量三极管的电流很不方便，可以通过测量三极管的 U_{be} 电压及 U_{ce} 电压来判断三极管是否进入饱和状态。

当 U_{be} 略大于 0.7V 后，无论 U_{be} 怎样变化，三极管的 I_c 将不能再增大。此时三极管内（ R_{ce} ）值很小， U_{ce} 低于 0.1V，这种状态称为饱和。三极管在饱和时的 U_{ce} 称为饱和压降。当在维修过程中测量到 U_{be} 在 0.7V 左右，而 U_{ce} 低于 0.1V 时，就可知道三极管处在饱和状态。



三极管的三个工作状态对于维修来说有很重要的指导意义，请读者认真领会。

1.5.4 常见的三极管及其引脚排列

1. 中小功率三极管

部分中小功率三极管的引脚排列如图 1-42 所示。

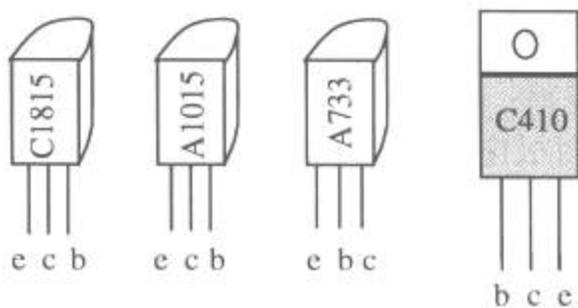


图 1-42 中小功率三极管

2. 大功率三极管

几个大功率三极管如图 1-43 所示。

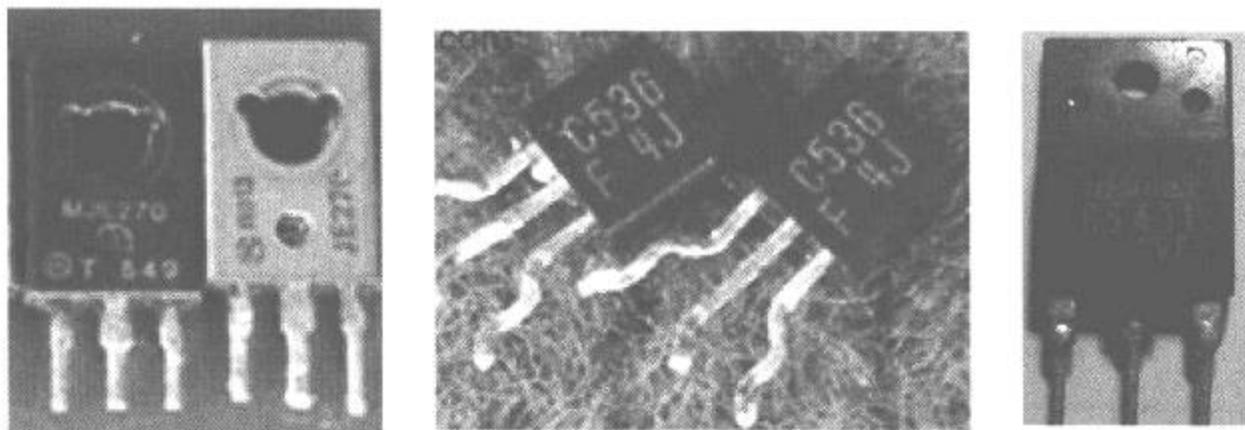


图 1-43 大功率三极管

1.5.5 三极管的测定

对于我们不熟悉的或型号标注模糊不清的三极管，其三个电极的排列无法用眼睛来识别，但可以借用万用表将三个电极辨别区分开来。辨认三极管电极的同时，也就能判定三极管的好坏。

1. 三极管类型及电极的判定

(1) 用指针万用表检测三极管

用指针万用表检测三极管电极的步骤如下：

❶ 将万用表功能旋钮置于 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡，将黑表笔接在某一引脚上不动，红表笔分别测量另外两只引脚。在两次测量中，若万用表指针都有偏转，则黑表笔接的电极为基极，且该三极管为 NPN 型；否则，黑表笔换一只引脚重测。整个测量过程只需要几秒钟时间即可。

❷ 将红表笔接在某一引脚上不动，黑表笔分别测量另外两只引脚。在两次测量中，若万用表指针都有偏转，则红表笔接的电极为基极，且该三极管为 PNP 型；否则，红表笔换一只引



脚重测。

⑬ 将万用表功能旋钮置于 $R \times 10k$ 挡 (利用表内 9V 或 15V 电池), 对集电极和发射极进行判别。

NPN 型三极管集电极与发射极的判别: 红、黑表笔分别接基极外的两只引脚, 用一只手指将基极与黑表笔相接触, 观察指针的偏转; 将红、黑表笔交换再重测一次, 观察指针偏转。判断: 在这两次测量中, 指针偏转量较大的一次接法时, 黑表笔接的是集电极, 红表笔接的是发射极。

PNP 型三极管集电极与发射极的判别: 红、黑表笔分别接基极外的两只引脚, 用一只手指将基极与红表笔相接触, 观察指针的偏转; 将红、黑表笔交换再重测一次, 观察指针偏转。判断: 在这两次测量中, 指针偏转量较大的一次接法时, 黑表笔接的是发射极, 红表笔接的是集电极。

(2) 用数字万用表检测三极管

用数字万用表检测三极管的电极的步骤如下:

① 将数字万用表功能旋钮置于二极管挡 (蜂鸣挡), 将红表笔接在某一引脚上不动, 红表笔分别测量另外两只引脚。在两次测量中, 数字表都显示 560 左右时, 则红表笔接的电极是基极, 且该三极管为 **NPN** 型; 否则, 黑表笔换一只引脚重测。

② 将黑表笔接在某一引脚上不动, 红表笔分别测量另外两只引脚。在两次测量中, 数字表都显示 560 左右时, 则黑表笔接的电极是基极, 且该三极管为 **PNP** 型; 否则, 黑表笔换一只引脚重测。

(3) 利用万用表的“hFE”挡判别集电极和发射极

目前, 市售的指针万用表和数字万用表都有三极管“hFE”测试功能。万用表面板上也有三极管插孔, 插孔共有八个, 它们按三极管电极的排列顺序排列, 每四个一组, 共两组, 分别对应 **NPN** 型和 **PNP** 型。如图 1-44 所示。也有的万用表上将三极管插孔排列成圆形。我们可以利用万用表的这个功能方便地测出三极管的集电极和发射极, 其步骤如下:

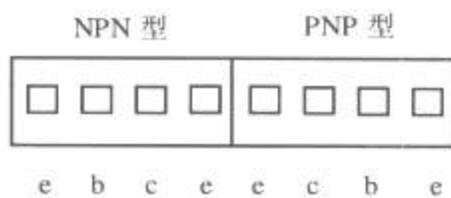


图 1-44 万用表三极管插孔

① 先判定三极管的类型并找出基极。

② 将万用表功能旋钮旋至“hFE”挡。

③ 将找出的基极按该三极管的类型插入万用表对应类型的基极插孔, 共有两种插法。每插入一次, 读出万用表上指示的“hFE”值, 比较这两次的值。如图 1-45 所示。

④ 判断。在这两种插法中, 其“hFE”值较大的一次插入法时三极管的电极符合万用表上的排列顺序, 由此确定三极管的集电极和发射极。当然, 若三极管是坏的则不能测出。

通过此法, 也测出了三极管放大倍数 h_{FE} 。

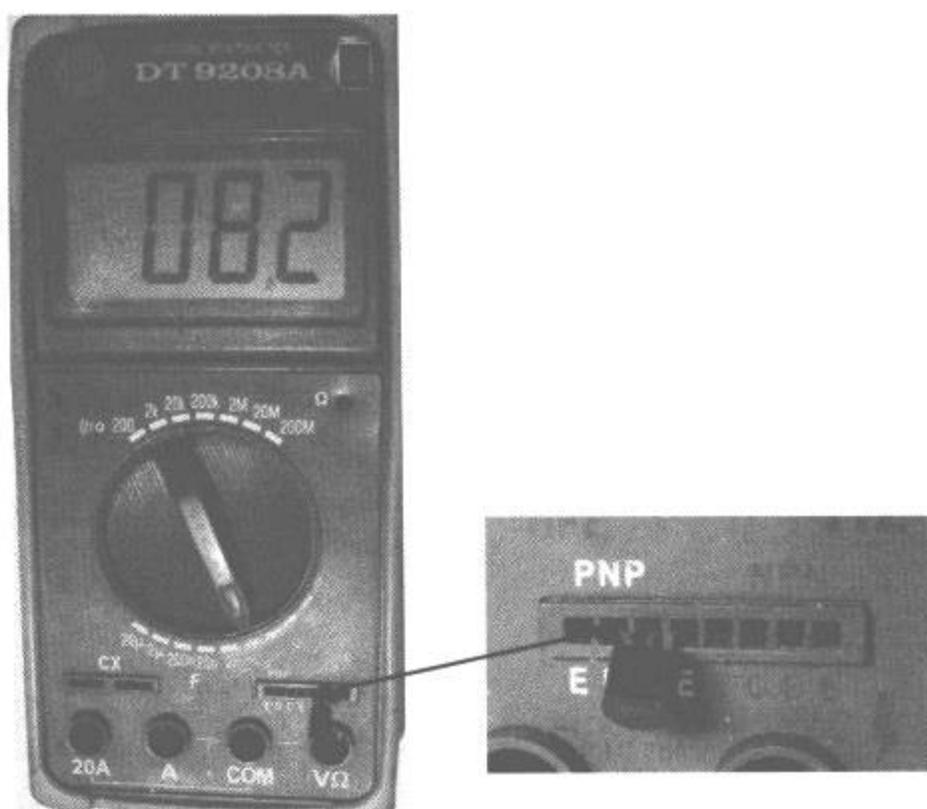


图 1-45 判别三极管的集电极和发射极

2. 三极管好坏的定性判定

三极管损坏后的常见现象：

- ① b-e 结击穿短路和开路。
- ② c-e 结击穿短路和开路。
- ③ c-b 结击穿短路。一般来讲，c-e 结击穿短路时，c-b 结大多也击穿短路。

能熟练地测定出三极管的三个电极后，也就能判定三极管的好坏了。当多次测量均不符合以上要求时，就是三极管损坏了。

3. 三极管的型号命名

在国产三极管中，三极管的型号主要由 5 部分组成，如图 1-46 所示。

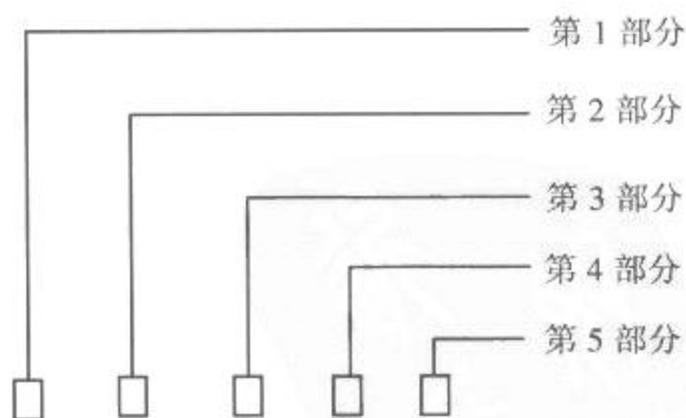


图 1-46 国产三极管命名

其中，第 1 部分为主称部分，用数字 3 表示三极管。

第 2 部分为材料与极性部分，用字母表示。如表 1-6 所示为三极管材料与极性代号和意义对照表。



表 1-6 三极管材料与极性代号和意义对照表

符号	意义	符号	意义
A	锗材料 PNP 型	D	硅材料 NPN 型
B	锗材料 NPN 型	E	化合物材料
C	硅材料 PNP 型		

第 3 部分为类别部分，用字母表示。如表 1-7 所示为三极管类别代号与意义对照表。

表 1-7 三极管类别代号与意义对照表

符号	意义	符号	意义
X	低频小功率管	B	雪崩管
G	高频小功率管	J	阶跃恢复管
D	低频大功率管	U	光敏管
A	高频大功率管	K	开关管
T	闸流管	V	微波管

第 4 部分为序号部分，用数字表示同一类别产品序号。

第 5 部分为规格号部分，用字母表示产品规格、档次。

例如，3AD50C 表示低频大功率 PNP 型锗管；3DG6E 表示高频小功率 NPN 型硅管。

4. 三极管的主要参数

三极管的参数很多，下面介绍三个常用的参数。

(1) 共射放大系数 (β)

三极管的共射放大系数 (β) 是指共射极电路中，交流输出短路时小信号输入时的交流电流放大系数。 β 表征了三极管的电流放大能力。 β 值越大，对小信号的放大能力越强，但 β 值不可做得过大，若过大，三极管的性能将会变得不稳定。三极管的功率越大， β 值越小。通常情况下三极管的 β 值在 50~150 之间。

(2) 特征频率 f_r

特征频率是指在规定集电极-发射极电压 (U_{ce}) 和集电极电流 (I_c) 的条件下，共发射极小信号时的交流电流放大系数 h_{FE} 随频率升高而下降，降为 1 时的频率。

(3) 极限参数

在维修中，还经常用到三极管的极限参数，极限参数指三极管在正常工作时所允许的最大电流、最大电压和功率的极限数值。

① 集-射击穿电压 (U_{ceo}) ——发射极接地，基极对地开路，集电极与发射极间有指定条件时的最高反向耐压。如果工作电压因故障升高超过此电压，三极管将可能被击穿损坏。

② 集电极最大允许耗散功率 (P_{cm}) ——在规定散热条件下，集电极能连续耗散的最大功率。



③ 集电极电大允许电流 (I_{cm}) ——在集电极允许耗散功率的范围内,能连续通过发射极的直流电流的最大值,或正向交流电流的最大平均值。

1.6

场效应管

1.6.1 场效应管的特点

与三极管相比,场效应管是一种电压控制型器件,它具有输入电阻大、制造工艺简单、功耗小、特别适合大规模集成电路等优点,并因此得到了广泛应用。

1.6.2 场效应管的种类与图形符号

场效应管主要有结型场效应管 (JFET) 和绝缘栅型场效应管 (MOSFET) 两大类。结型场效应管中又有 N 沟道型管和 P 沟道型管两种。绝缘栅型场效应管又称为 MOS 型场效应管,可以分为耗尽型 MOS 管和增强型 MOS 管 (都有 N 沟道和 P 沟道之分)。因此, MOS 型场效应管可分为 NMOS 管和 PMOS 管。

场效应管也有三个电极,分别是漏极 (D)、源极 (S) 和栅极 (G),它们分别对应于三极管的集电极 (c)、发射极 (e) 和基极 (b)。场效应管的图形符号如图 1-47 所示。

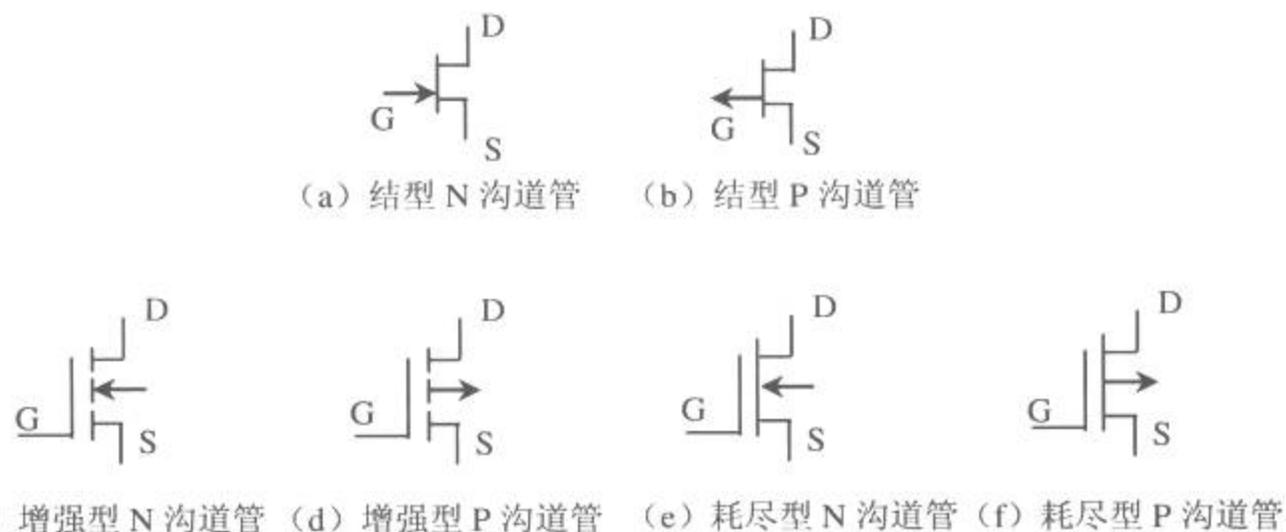


图 1-47 场效应管的种类及图形符号

1.6.3 场效应管的特性

当栅极与源极间的电压 $U_{GS}=0$ 时,无论漏极与源极间电压极性如何,都有漏极电流 $I_D \approx 0$,即处于截止状态。当超过某一临界值 U_T (称为开启电压) 时,如果在漏极与源极间有正向电压 ($U_D > U_S$),就会形成漏极电流 (I_D),MOS 管处于导通状态。 U_{GS} 越大, I_D 就越大。这就是增强型 MOS 管 U_{GS} 控制 I_D 的原理。

1.6.4 场效应管的用途

场效应管同三极管一样可以用在放大电路当中,但主要使用在数字电路和开关电路中,尤其



是在大规模集成电路中使用广泛。

1.6.5 常见的场效应管

常见的场效应管主要包括 K 系列、IRF 系列和 J 系列。如图 1-48 所示为常见的场效应管。

- (1) K 系列场效应管，如 K2141、K2645 等，常用作电源开关管。
- (2) IRF 系列场效应管最常见有 IRF634。
- (3) J 系列场效应管最常见有 J449。

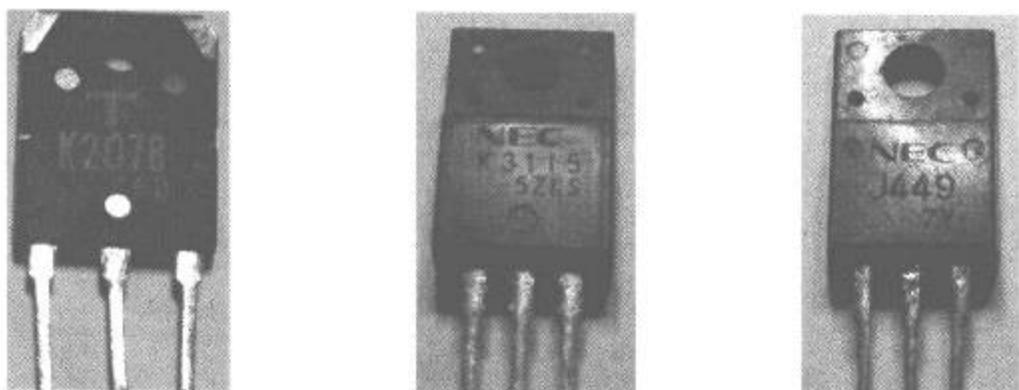


图 1-48 常见的场效应管

1.6.6 场效应管的检测

1. 判断结型场效应管的电极

用指针万用表 $R \times 100$ 或 $R \times 1k$ 挡，分别测量任意两只引脚间的电阻，当测到有偏转时，表笔未接的电极为栅极。

2. 定性判断场效应管的好坏

场效应管损坏大多是击穿短路，若任意两脚间正反向电阻均过小，则说明管子击穿短路。

先用万用表 $R \times 10k$ 挡（内置有 15V 电池），把黑表笔（负）接栅极，红表笔（正）接源极，给栅、源极之间充电，此时万用表指针有轻微偏转。再改用万用表 $R \times 1$ 挡，将黑表笔接漏极，红表笔接源极，万用表指示值若为几欧姆，则说明场效应管是好的。

1.7

变压器

变压器是一种常用的电气设备，无论是在电力设备，还是在各种电子设备中都有极其广泛的应用。在不同的应用环境下，变压器有不同的作用。在电力系统中，变压器用于电力输送及变换；在电子设备中，变压器可用于变压、传递信号、阻抗匹配及电气隔离等。

1.7.1 电源变压器的结构

用于将 220V 交流市电变换为电子设备所需电压的变压器称为电源变压器，在电子设备中应用极广，是为电子设备提供电能的一种特殊元件。常见的电源变压器有如图 1-49 所示的有芯式

和壳式两种。

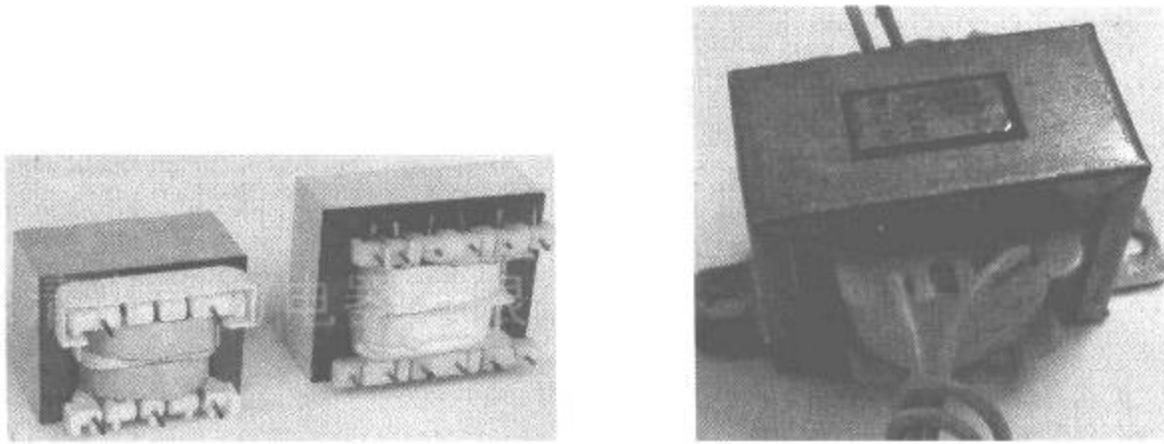


图 1-49 电源变压器的外形符号

一般来讲，变压器是由闭合的铁芯及由铜质漆包线制成的线圈（又称绕组）构成的。在电路中的图形符号如图 1-50 所示，在电路中常用字母 T 表示。

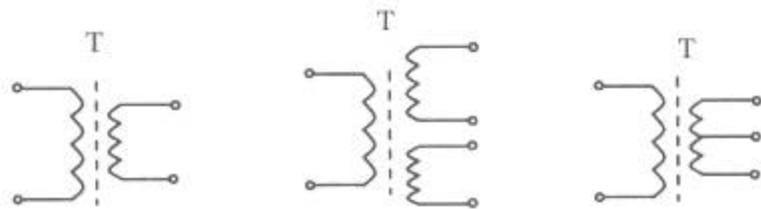


图 1-50 变压器的图形符号

变压器铁芯的作用是构成磁路，制作铁芯的材料通常是绝缘的硅钢片（或铁氧体材料），将硅钢压制成一定形状的片状，然后叠积制成铁芯。

绕组的作用是构成电路，通常用漆包铜线绕制，绕的圈数称为匝，用 N 表示。不同用途的变压器其绕组的多少及线圈的匝数不同。一般来说，电源变压器至少有两个绕组。其中，有一个绕组与电源相连通，称为初级绕组，可简称初级（或一次绕组，原边），初级绕组的匝数用 N_1 表示；与负载相连通的绕组称为次级绕组，可简称次级（或二次绕组，副边），次级绕组的匝数用 N_2 表示。初级、次级绕组都套装在由铁芯构成的同一闭合磁路中。为适应电气设备不同电压的需要，次级绕组也可以有两个或多个。

1.7.2 变压器的工作原理

为了说明变压器的工作原理，常用矩形框表示铁芯，初级、次级绕组分别画在两侧。如图 1-51 所示。

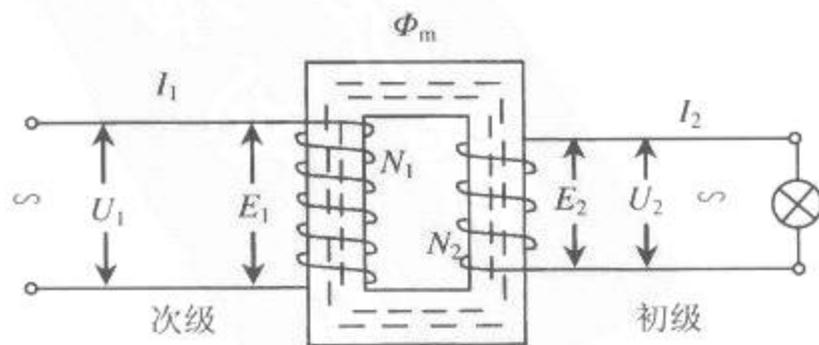


图 1-51 变压器原理图



当初级绕组接通交流电压 U_1 时, 在初级绕组中就有交流电流 (I_1) 流过, 在初级绕组中产生交变磁通 Φ_m , 在由铁芯构成的磁路中闭合。由于初级与次级绕组都装在这一闭合的磁路中, 初级绕组和次级绕组受变化的磁通作用分别引起感应电动势 E_1 和 E_2 。如果次级绕组接有负载形成回路, 在次级绕组中就有交流电流流过次级绕组, 产生感应电流 I_2 , 在次级绕组两端形成感应电压 (输出电压) U_2 。次级绕组产生的感应电流在流过次级绕组时, 也会产生交变磁通, 它在初级绕组和次级绕组中也产生感应电动势。

初级与次级绕组由于有交变电流而相互感应, 这一现象称为互感现象。正是通过这种互感现象, 初级的电能才可以源源不断地输送到次级, 由次级作为电源为负载提供电能。

1.7.3 绕组匝数与输出电压、电流的关系

感应电动势的大小与线圈的匝数有关, 且有

$$E_1 = N_1 \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta T}, \quad E_2 = N_2 \frac{\Delta \Phi_m}{\Delta T}$$

式中, $\Delta \Phi_m$ 是磁通的变化量, ΔT 是变化的时间。

初级绕组与次级绕组的电阻都很小, 如果忽略不计, 则有 $E_1 = U_1$, $E_2 = U_2$ 。如果不考虑磁场能量损耗, 综合上述式子, 可以得到

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (1)$$

像这样, 不考虑绕组电阻和各种电磁能损耗的变压器, 称为理想变压器。在理想变压器中, 初级绕组的端电压之比, 等于它们的匝数之比。

式 (1) 中, $\frac{N_1}{N_2}$ 又称为变比, 用 K 表示。当 $K > 1$ 时, 为升压变压器, 当 $K < 1$ 时, 为降压变压器, 当 $K = 1$ 时, 为隔离变压器。前面讲到的电源变压器的变比远小于 1。

从能量守恒来讲, 理想变压器的次级绕组消耗的总功率 ($P_2 = I_2 U_2$) 与初级绕组输入的功率 ($P_1 = I_1 U_1$) 是相等的, 即 $I_1 U_1 = I_2 U_2$, 或写成

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{U_2}{U_1} \quad (2)$$

综上所述, 理想变压器初级电压高, 电流小, 可用较细的导线绕制; 次级电压低, 电流大, 应用较粗的导线绕制。

由 (1)、(2) 两式可得

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

可见, 变压器工作时, 初级和次级绕组中的电流跟它们的匝数成反比, 端电压之比等于其匝数之比。

1.7.4 电源变压器的主要参数

变压器的铭牌标志, 标明了变压器的生产厂、初次级额定电压和次级的额定电流。





(1) 额定电压：变压器安全工作时，所允许施加的最高工作电压。

初级额定电压是初级绕组所允许施加的最高工作电压。一般小型电子设备所用的电源变压器额定电压为 220V，工厂电器常用 380V 和 220V。

次级额定电压是指当初级绕组中加上额定电压时，次级绕组得到的空载电压。变压器次级绕组接上负载后的电压与空载时的电压基本相同。

(2) 额定功率：变压器安全工作所允许的负载功率。

次级绕组的额定电压与其额定电流的乘积称为变压器的容量，即为变压器的额定功率，一般用 P 表示。决定变压器额定功率的因素主要有变压器的铁芯大小和导线的横截面积。铁芯越大，导线的横截面积越大，变压器的功率也就越大。但当变压器制作好后，变压器的额定功率就为一定值，这是我们选配变压器时必须考虑的因素。

从上述关系中可看出，初级电压确定，当次级不接负载时， $I_2=0$ ， I_1 也应为 0，称为空载运行。实际上，变压器有漏磁存在，有电阻存在， I_1 很小，但不为 0；当有短路发生后，流过次级的电流急剧增大，会引起初电流增大。所以，若初级绕组导线较细，常因电流过大而烧毁。

1.7.5 电源变压器的应用

电源变压器是为电子设备提供电能的元件，如图 1-52 所示。

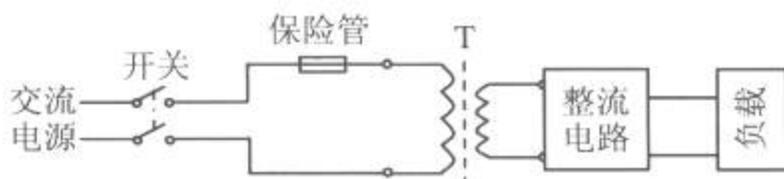


图 1-52 电源变压器的应用

开关一般设在初级绕组回路中，用于接通或断开电源，控制设备的工作或停止。为了防止损坏变压器，在初级回路中还串联一个保险管。当负载过重或有短路发生时，初级绕组回路中电流急剧增大，熔断保险管切断交流输入，对设备起到保护作用。在更换保险管时，以更换原规格为原则，不可用过大的规格替代，否则，起不到保护作用。

1.7.6 电源变压器的保护

由于电源变压器初级绕组连接于 220V 交流市电上，承受的电压较高，且导线较细，当受到电源电压波动以及负载过重的影响时极易造成变压器损坏。因此，在使用电子设备时，应对变压器进行保护。

对电压器进行保护的措施主要有：

(1) 在不使用电子设备时，应切断电源。在电源电压不正常时，尽量不要使用电子设备。

(2) 在电路中添加保护元件。如在供电线路中串联保险丝，电子设备中通常采用保险管，这种保护措施是一次性的，一旦损坏，只能更换。保险丝通常用铅锡合金制作，常用的保险管规格主要有 0.5A/220V、0.75A/220V、2A/220V、3.15A/220V 等，不同的设备所用的保险管的规格不同，如图 1-53 所示为电路中经常使用的保险管。使用保险管的优点是更换简便。又如，在变压器内设置温度保险，这种措施也是一次性的，一旦损坏，不易更换，大多要更换变压器（有时也可以应急处理）。目前，又出现一种新型保护元件，就是用双金属开关制作的温度保险，装在变



压器内，当变压器温度过高时可自动切断电源，变压器冷却后又能自行恢复。

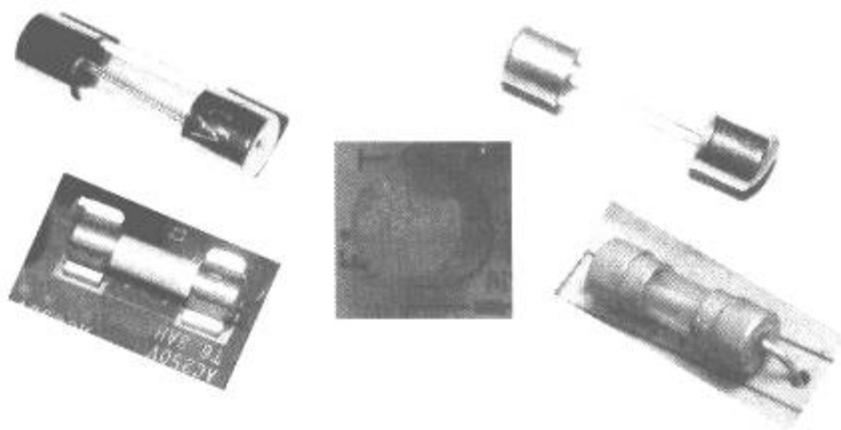


图 1-53 电路中经常使用的保险管

1.7.7 变压器的检测

1. 变压器损坏常见的故障现象

变压器损坏结果主要有以下几种情况：

- (1) 初级绕组开路，次级无输出电压。
- (2) 初级绕组局部匝间短路，极易烧毁保险。
- (3) 次级绕组开路，无输出电压。

变压器损坏后，电子设备因得不到电能供给将不能工作。

2. 变压器损坏常见原因

引起变压器损坏的常见原因有：

- (1) 电源电压不稳定，这是损坏变压器的主要原因。
- (2) 负载过重，主要是导致变压器次级发生短路性故障。
- (3) 工作时间过长，散热不良，引起变压器的温度过高。

3. 变压器损坏故障检修方法

变压器损坏故障检测方法如下：

- (1) 首先从外观上观察，看变压器是否有烧焦发黑、变形。在保险失效情况下，损坏的变压器往往从外观上就可看出来。如图 1-54 所示为绕组烧焦变色的变压器。

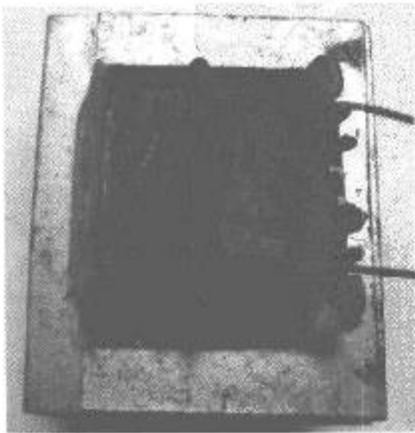


图 1-54 绕组烧焦变色的变压器





(2) 电压法检查：在加电情况下，用万用表交流电压挡测量变压器次级交流电压。若测得为零，再测变压器初级电压，若有 220V 电压，表明变压器有故障。

(3) 电阻法检测：用万用表电阻挡分别测量变压器初级和次级绕组的电阻值。初级绕组电阻一般在 $50 \sim 150\Omega$ 之间，次级绕组电阻一般小于几欧姆。如果阻值过大，表明有故障。

故障变压器的处理：变压器损坏后，一般只能更换。对有内置温度保险的变压器，可仔细拆开绕组外的保护层，找到温度保险，直接连通温度保险的二个引脚，可作为应急使用。

在电子设备中，除电源变压器外，还有一些具有特殊用途的变压器，称为专用变压器。其工作原理与电源变压器相同。

1.7.8 特殊用途的变压器

1. 调压变压器

调压变压器是一种常用的自耦变压器，当电网电压偏低或偏高时，人们常用它来调节输出电压，以满足电器的需要，其电路结构如图 1-55 所示。滑动中间的活动触点位置，即可调节输出电压 U_2 ，其铁芯一般用硅钢片制成圆形。

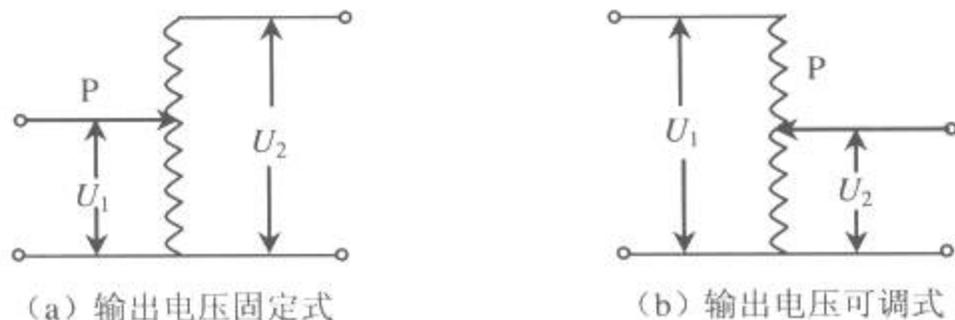


图 1-55 自耦变压器电路结构图

2. 开关变压器

开关变压器又称为脉冲变压器，广泛用在开关电源电路中，其特点是铁芯采用铁氧体而非硅钢片，导磁效率高。开关变压器的绕组为多绕组，其中有一个绕组做反馈用。与电源变压器不同的是，开关变压器中通过的电流是脉冲电流；但其符号与电源变压符号是相同的。常见的开关变压器外形如图 1-56 所示。

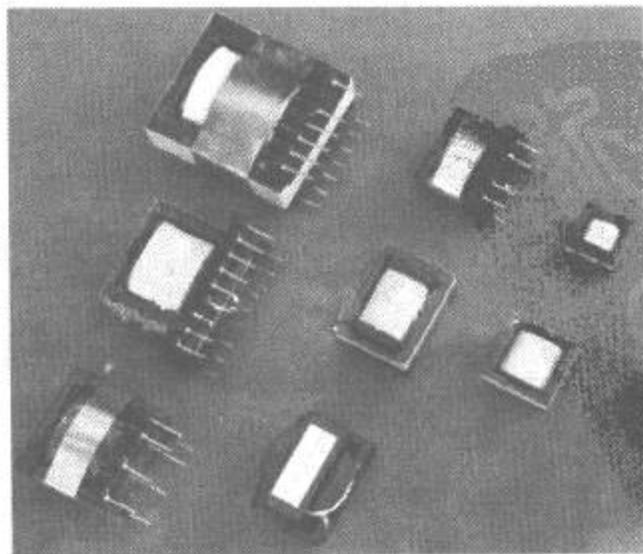


图 1-56 各种开关变压器



1.8

电磁继电器

电磁继电器是一种电子控制器件，它是利用通电线圈产生磁场，进而吸引能活动的导电动片来控制开关通断的原理制成的，通常应用于自动控制电路中。它实际上是用较小的电流去控制较大电流的一种“自动开关”，在电路中起着控制、保护、转换等作用，如用在显示器中的消磁电路、UPS 中的输入切换电路、输出控制电路等。

1.8.1 电磁继电器的分类

继电器的分类方法较多，可以按作用原理、外形尺寸、保护特征、触点负载、产品用途等分类，我们只简要介绍电磁继电器。

电磁继电器主要有直流电磁继电器、交流电磁继电器、磁保持继电器、极化继电器、舌簧继电器和节能功率继电器等。

- (1) 直流电磁继电器：输入电路中的控制电流为直流的电磁继电器。
- (2) 交流电磁继电器：输入电路中的控制电流为交流的电磁继电器，主要用在工业电器中。
- (3) 固态继电器：输入、输出功能由电子元件完成而无机械运动部件的一种继电器。

1.8.2 电磁继电器的结构与工作原理

电磁继电器一般由铁芯、线圈、衔铁、触点簧片等组成。继电器线圈未通电时处于断开状态的静触点，称为“常开触点”；处于接通状态的静触点称为“常闭触点”，能移动的触点称为“动触点”。只要在线圈两端加上一定的电压，线圈中就会流过一定的电流，从而产生电磁效应，衔铁就会在电磁力吸引的作用下克服弹簧片的应力吸向铁芯，从而带动衔铁的动触点与静触点（常开触点）吸合。当线圈断电后，电磁吸力也随之消失，衔铁就会在弹簧片的应力作用下返回原来的位置，使动触点与原来的静触点（常闭触点）断开（称为“释放”）。继电器就是这样通过吸合、释放，达到了接通或切断电路的目的。

1.8.3 继电器的图形符号和触点形式

继电器的触点有三种基本形式——动合型（H 型）、动断型（D 型）、转换型（Z 型）。如图 1-57 所示。

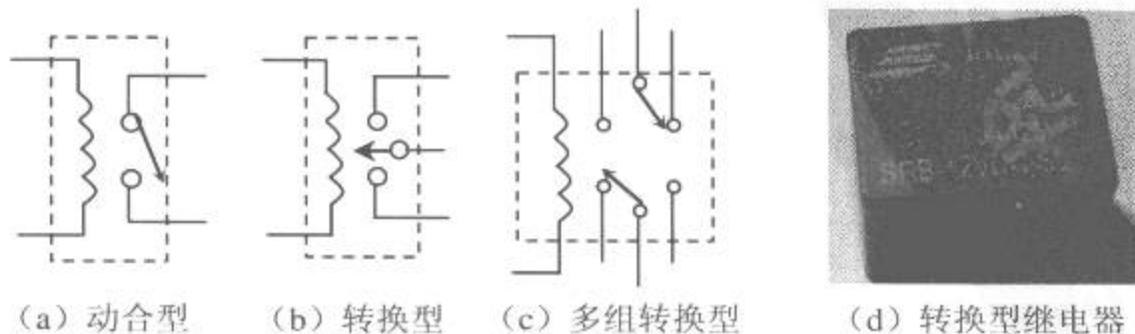


图 1-57 常用继电器图形符号



1. 动合型（H型）

线圈不通电时触点是断开的，通电后触点闭合。用字母 H 表示。

2. 动断型（D型）

线圈不通电时触点闭合，通电后触点断开。用字母 D 表示。

3. 转换型（Z型）

转换型属于多触点型，一般有三个触点，中间是动触点，上下各一个静触点。线圈不通电时，动触点与其中一个静触点断开，而与另一个静触点闭合。线圈通电后，动触点就移动，使原来闭合的成为断开状态，原来断开的成闭合状态，达到转换的目的。这样的触点组称为转换触点。用“转”字的拼音字头 Z 表示。

继电器在电路中常用字母 J、RY 或 RL 来标识。

1.8.4 电磁继电器的主要参数

1. 额定工作电压

额定工作电压是指继电器正常工作时线圈所需要的电压，根据继电器的型号不同，可以是交流电压，也可以是直流电压。

2. 直流电阻

直流电阻是指继电器中线圈的直流电阻，可以通过万能表测量。

3. 吸合电流

吸合电流是指继电器能够产生吸合动作的最小电流。在正常使用时，给定的电流必须略大于吸合电流，这样继电器才能稳定地工作。而对于线圈所加的工作电压，一般不要超过额定工作电压的 1.5 倍，否则会产生较大的电流而把线圈烧毁。

4. 释放电流

释放电流是指继电器产生释放动作的最大电流。当继电器吸合状态的电流减小到一定程度时，继电器就会恢复到未通电的释放状态。这时的电流远远小于吸合电流。

5. 触点切换电压和负载电流

触点切换电压和负载电流是指继电器允许加载的电压和电流。它决定了继电器能控制的电压和电流的大小，使用时不能超过此值，否则很容易损坏继电器的触点。

1.8.5 继电器好坏的检测

1. 测线圈电阻

通常情况下，可用万能表 R×10 挡测量继电器线圈的阻值，从而判断该线圈是否存在开路现象。若阻值为无穷大，则线圈开路损坏。



2. 测触点电阻

用万能表的电阻测量常闭触点与动触点间的电阻，其值应为 0；而常开触点与动触点间的阻值就为无穷大。由此可以区别出哪个是常闭触点，哪个是常开触点。

对于常开触点与动触点接触电阻，可用一只与继电器额定电压相同的外接电源加到线圈上，在继电器吸合后测量，若电阻过大，则不可用。为保证测量可靠，可反复多次测试。

1.9

可控硅

1.9.1 可控硅简介

可控硅又称晶闸管，是一种能以弱电流（几十毫安至几百毫安）控制强电流（几百安）的大功率半导体元件，是一种理想的开关元件，主要用作无触点开关。其特点是体积小、重量轻、效率高、寿命长，并且使用方便。

1.9.2 可控硅分类

常用的可控硅有单向可控硅和双向可控硅两大类。

1. 单向可控硅

(1) 结构

可控硅内部结构包含四层半导体构成的三个 PN 结，如图 1-58 (a)、(b) 所示。

可控硅有三个电极——阳极 (A)、阴极 (K)、控制极 (G)，其图形符号如图 1-58 (c)、(d) 所示。在电路中可控硅常用字母 BCR、SCR、BT、KG、CT 等标识。

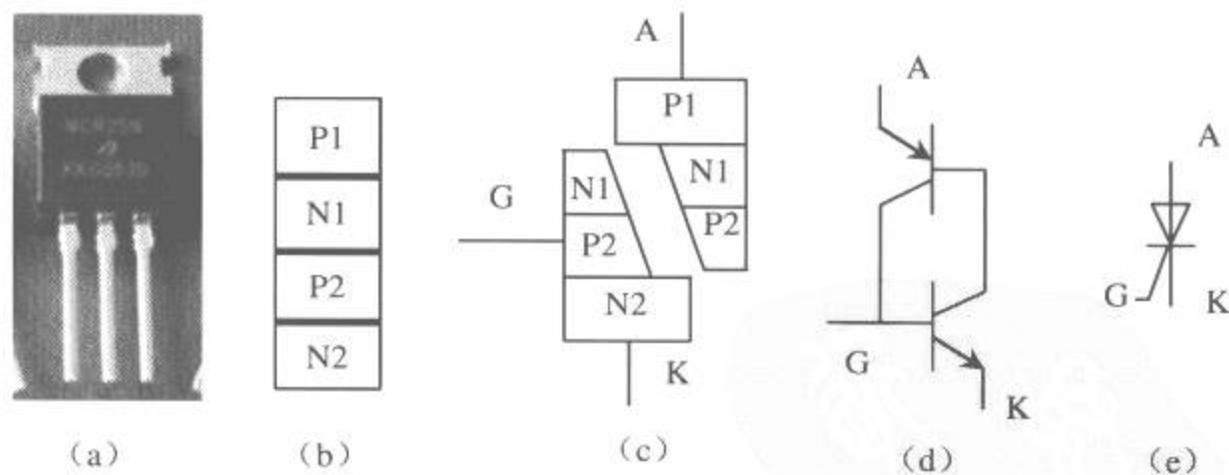


图 1-58 单向可控硅内部结构、等效电路及图形符号

(2) 工作特点

单向可控硅的工作特点主要有：

- ① 可控导通。在控制极与阴极间加上正向电压时，阳极与阴极导通，内阻很小，压降很小。
- ② 正向阻断。如果在控制极与阴极间没有正向电压时，阳极与阴极不导通。
- ③ 持续导通。可控硅一旦导通，即使去掉控制极电压，也能保持导通。要关断可控硅，必



须将阳极电压降低到一定程度。

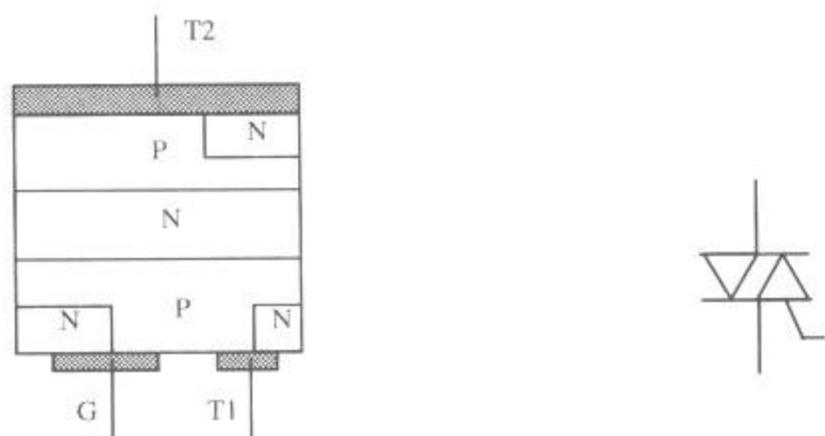
④ 反向阻断。在阳极与阴极间加上反向电压时，无论控制极电压是正向还是反向，可控硅都不能导通。

综合其工作特点，可得出可控硅的导通条件为：阳极与阴极间为正向电压，即 $U_A > U_K$ ；控制极与阴极间要加正向电压，即 $U_G > U_K$ 。而且，可控硅导通后，控制极失去作用，要关断可控硅，只能撤去阳极与阴极正向电压。

2. 双向可控硅

(1) 结构

双向可控硅内部结构包含五层半导体，制作在同一块硅单晶片上，相当于两个反向并联单向可控硅。它也有三个电极，但没有阴极与阳极之分，统称为主电极 T1 和 T2，另一个电极为控制极 (G)，其图形符号如图 1-59 所示。图 1-60 所示为常见的双向可控硅。



(a) 双向可控硅的结构

(b) 双向可控硅的图形符号

图 1-59 双向可控硅的结构及图形符号

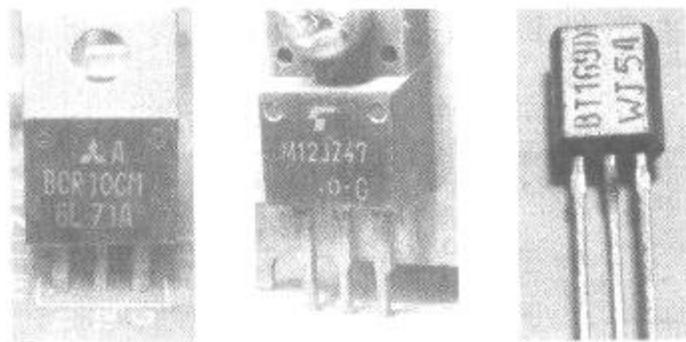


图 1-60 双向可控硅

(2) 工作特点

无论主电极 T1 与 T2 间加正向电压还是反向电压，无论其控制极触发信号电压是正向电压还是反向电压，都能触发双向可控硅导通。

1.9.3 可控硅的检测

业余条件下检测大功率可控硅通常选用指针式万用表 $R \times 1$ 挡。

1. 单向可控硅的检测

单向可控硅检测方法如下：



① 确认电极。

先用指针万用表 $R \times 1$ 挡依次测量任意两脚间电阻值，当指针有偏转时，黑表笔接的是控制极。

控制极确定后，用红表笔与黑表笔任意接其他两个电极，再用一个小镊子将黑表笔与控制极瞬间相碰一下，观察指针偏转情况，注意观察去掉镊子后指针能否保持在偏转后的位置。若指针不能保持偏转后的位置，交换一下表笔重测。在指针有偏转并能保持偏转后的位置时，黑表笔接的阳极，红表笔接的是阴极。

② 好坏确认。

单向可控硅若符合上述测量结果，可控硅是好的，否则已坏。

2. 双向可控硅的检测

双向可控硅检测方法如下：

① 确认控制极。

先用指针万用表 $R \times 1$ 挡依次测量任意两脚间电阻值，其中有两只脚正反向测量时指针都有偏转，则另外一只引脚为一个主电极。（指示电阻值稍大一点时，黑表笔接的就是控制极）。

主电极确定后，用黑表笔接主电极，红表笔分别接其他两个电极，再用一个小镊子将黑表笔与未接表笔的电极瞬间相碰一下，观察指针偏转情况，注意观察去掉镊子后指针能否保持在偏转后的位置。或指针能保持不动，则表笔未接的电极为主电极；若指针不能保持偏转后的位置（或者指针有向左退后偏转一点），这时红表笔接的是控制极。

② 确认好坏。

双向可控硅若符合上述测量结果，可控硅便是好的，否则已坏。

1.10

万用表的使用

万用表是一种多功能、多量程的便携式电子测量仪表，是电工必备的仪表之一，并且是电子维修中必备的测试工具。万用表可以测量直流电流、直流电压、交流电压以及电阻等，有些万用表还可测量电容器容量、信号频率、晶体管共射极直流放大系数 h_{FE} 等。

常用的万用表有指针式万用表和数字万用表，我们这里重点介绍这两种万用表的使用方法。

1.10.1 指针式万用表的使用

1. 指针式万用表的结构

指针式万用表的形式很多，外形及结构差异很大，但基本原理和和使用方法都是一样的。

指针式万用表的结构主要由表头、转换开关和测量电路组成，外配一付测量用的表笔。从万用表外部正面看，万用表有表盘、指针、功能转换开关、表笔插孔，并标有各种符号。表头是一



种高灵敏度的电流计，采用磁电式机构，配有指针及各种刻度线形成表盘，是测量的显示装置。如图 1-61 所示。

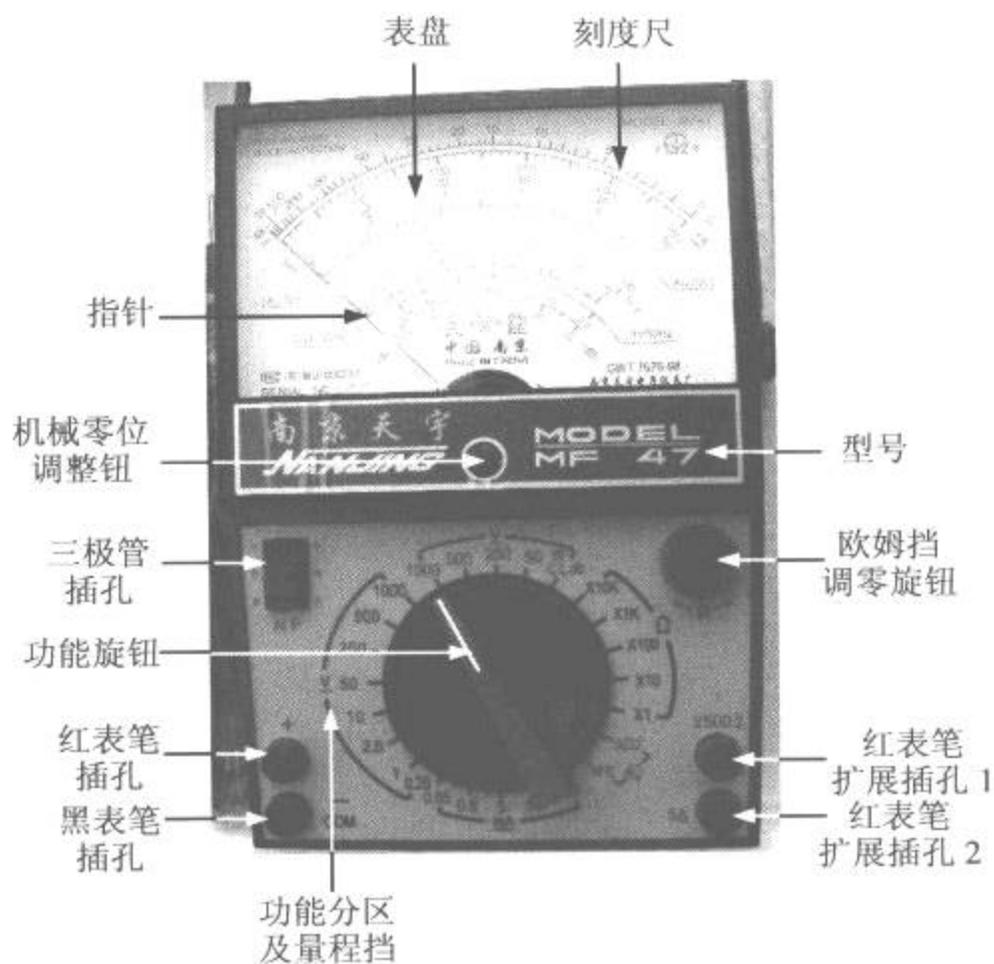


图 1-61 MF 47 型指针万用表的面板

(1) 功能选择旋钮

万用表的功能选择旋钮是一个有箭头指示的多挡位的旋转开关，用来选择测量功能和量程。一般的万用表测量功能有直流电压 (V)、交流电压 (\bar{V})、电阻 (Ω)。这三项是绝大多数万用表都具有的功能，所以也有人将万用表称为“三用表”。

每个测量功能下又划分为几个不同的量程以适应被测对象。不同的万用表测量量程是不同的。

图 1-61 为 MF 47 型万用表外形图，这是一款市面上出售很普通的万用表。该万用表是性能也不错的万用表，可以测量直流电流、直流电压、交流电压、电阻值、电容值以及三极管 h_{FE} 等多种电量。

电阻挡有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 和 $R \times 10k$ 五个量程挡，有些万用表还有一个 $R \times 100k$ 量程挡。

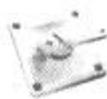
直流电压挡有 0.25V、1V、2.5V、10V、50V、250V、500V 和 1000V 八个量程挡。

交流电压挡有 1000V、500V、250V 和 10V 四个量程挡，10V 量程挡也是测量电容值、电感值及分贝值的共用挡。

直流电流挡有 5A、500mA、50mA、5mA、0.5mA、0.25mA 和 0.05mA 等量程。其中，0.25mA 直流电流挡与直流电压 0.25V 挡共用。

(2) 表盘

如图 1-61，表盘上有指针，刻度线和数值，并有多种符号。符号 A-V- Ω 表示这只万用表是



可以测量电流、电压和电阻阻值的多用表。表盘上印有多条刻度线，其中最上端的刻度线是电阻阻值刻度线，其右端为零，标有“ Ω ”符号，左端为 ∞ ，刻度值分布是不均匀的；用符号“-”或“DC”指示的刻度线为直流刻度线，符号“~”或“AC”指示的为交流，“ ∞ ”表示交流和直流共用的刻度线，“mA”表示毫安。刻度线下的几行数字是与选择开关的不同挡位相对应的刻度值。

万用表在不使用时，指针停在表盘的最左端0位置处。在测量时，指针在电流产生的磁力作用下向右偏转，经过的路程称为“行程”。指针从左端0位置偏转到刻度线右端点0位置所经历的路程，称为“满行程”。

表头上有机零位调整钮，用以校正指针，使其停在左端零位位置（一般万用表在出厂前已校好）。万用表在受剧烈振动后，指针可能偏离零位，可通过机械零位调整钮使其指针处于零位。

(3) 欧姆挡调零旋钮

测量电阻时，可通过调整欧姆挡调零旋钮消除万用表本身的测量误差。

(4) 表笔插孔

在表盘上都有两个表笔插孔，一个为黑表笔插孔，用“COM”或“-”表示，另一个为红表笔插孔，用“V Ω ”或“+”表示。表笔分为红、黑两只，使用时应将红色表笔插头插入标有“+”的插孔，黑色表笔插头插入标有“-”的插孔。扩展表笔插孔，是两个专用插孔，一个用于测量大于5A电流的红表笔插孔，另一个是测量高电压用的红表笔插孔。在测量时，专用插孔只能插入红表笔，黑表笔仍插在黑表笔插孔。

(5) 三极管插孔

为便于检测三极管，万用表上设置了三极管插孔，它是专为测量三极管的 h_{FE} 设置的插孔。

(6) 测量线路

测量线路是万用表的内部电路，它将不同性质和不同大小的被测电量转换为表头所能接受的直流电流并产生磁力，用于推动指针偏转。

2. 万用表的性能指标

万用表的性能指标主要有灵敏度和中值电阻二项。

(1) 灵敏度是表示万用表对微弱能量作出反应程度大小的技术指标，常标注在万用表表盘上。万用表的灵敏度主要指直流电压灵敏度，它实际上是指万用表在测量直流电压时两表笔线间的电阻——万用表的内阻。常见的万用表灵敏度有 $10\text{k}\Omega/\text{V}$ 、 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ 。由于万用表内阻的存在，在测量直流电压时，它会对被测电路产生分流作用，使得所测得的电压值略比实际值稍低，因此，在测量直流电压时，应尽可能选取内阻较大的挡位。

如：MF 47型万用表直流电压挡的量为 $0.25-1-2.5-10-50-250-500-1000\text{V}$ ，表盘上标有 $20\text{k}\Omega/\text{V}$ ，则 0.25V 量程内阻为 $0.25 \times 20\text{k}\Omega/\text{V}=5\text{k}\Omega$ ， 1V 量程内阻为 $1 \times 20\text{k}\Omega/\text{V}=20\text{k}\Omega$ ， 2.5V 量程内阻为 $2.5 \times 20\text{k}\Omega=50\text{k}\Omega$ ，依此类推。

(2) 中值电阻是指电阻刻度几何中心的数值与电阻挡倍率的乘积，它反映了测量电阻时万用表在某量程挡的内阻。

如MF 47型万用表电阻挡有 $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1\text{k}$ 和 $R \times 10\text{k}$ 五个量程挡，几何中心数值为16，则它在各挡的内阻分别为 16Ω 、 160Ω 、 $1\text{k}6\Omega$ 、 $16\text{k}\Omega$ 和 $160\text{k}\Omega$ 。

由于电阻刻度是非均匀分布的，使用时要选择合适的挡位使指针尽量指在中心附近。





3. 指针式万用表的工作原理

(1) 电阻测量原理

万用表内置两块电池，一块是5号1.5V通用电池，另一块是9V层叠电池（也有用15V的）。在测量电阻时，转换开关拨到欧姆挡，当两只表笔分别接触被测对象的两端点（如一根导线两端）时，由万用表内置电池、外接的被测电阻、内部测量电路和表头部分组成闭合电路，由电池形成的电流所产生的磁力使表头的指针偏转。电流与被测电阻不成线性关系，所以表盘上电阻阻值刻度线的刻度是不均匀的，而且是反向的。刻度尺的刻度从右向左表示被测电阻逐渐增加，阻值越大，指针偏转的幅度越小；阻值越小，指针偏转的幅度越大。这与万用表其他数值刻度线正好相反，在读数时应注意。

(2) 电压测量原理

当把表笔接到被测量电路测量直流电压时，被测电路中的电压（电能）通过表笔接通万用表内部电路，形成电流通过表头，产生磁力，从而驱动指针偏转。

4. 指针式万用表的使用

(1) 准备工作

指针式万用表种类很多，在使用前要做好准备工作：

① 熟悉转换开关、旋钮、插孔等的作用，检查表盘符号，“ \square ”表示水平放置，“ \perp ”表示垂直使用。

② 了解刻度盘上每条刻度线所对应的被测电量。

③ 检查红色和黑色两根表笔所接的位置是否正确，红表笔插入“+”插孔，黑表笔插入“-”插孔，有些万用表另有交直流2500V高压测量端，在测高压时黑表笔不动，将红表笔插入高压插口。

④ 机械调零。旋动万用表面板上的机械零位调整钮，使指针对准刻度盘左端的“0”位置（万用表出厂前已校好，平时不要随意调整）。

(2) 测量电阻

① 旋转功能转换开关到欧姆挡，选择合适量程（以使指针偏转后稳定在中值电阻处为宜）。

② 调零：将两支表笔金属棒相互碰在一起，用一只手捏紧，用另一只手转动“调零旋钮”进行调零，使指针偏转到电阻刻度线最右端0处，分离二支表笔。

③ 用两表笔分别稳定、可靠地接触电阻的两个电极，此时可看到万用表指针开始向右偏转。当指针稳定不动后，开始读取测量数据。若指针停的位置太靠左侧，换一个稍高量程，重新调零，重新测量；若指针停的位置太靠右侧，换一个稍低量程，重新调零，重新测量。读数时注意，欧姆挡的刻度尺是不等距的，但在每个大格内仍是等距的。当指针停在两个小格之间时，读取与之邻近的刻度线数即可。

④ 将读取的数乘以所选量程的倍率数，即为被测电阻的阻值。如：选用 $R \times 100$ 挡测量，指针指示20，则被测电阻值为 $20 \times 100 = 2000\Omega = 2k\Omega$ 。

(3) 测量直流电压

① 旋转功能选择旋钮到直流电压挡（V），并选择合适的量程。当被测电压数值范围不清楚时，可先选用较高的量程挡，不合适时再逐步选用低量程挡，使指针停在满刻度的 $2/3$ 处附近为宜。

② 测量：把万用表并接到被测电路上，红表笔接到被测电压的正极，黑表笔接到被测电压



的负极。如果接反了，万用表指针将向左偏转。

③ 读数：根据指针稳定时的位置及所选量程，正确读数。

● 注 意

测量时，当指针稳定后，观察并记住指针的位置，并将表笔离开测量对象，以防止观察表时手滑动引起短路，之后再从记忆中指针的位置读数。

(4) 测量交流电压

① 把转换开关拨到交流电压挡，选择合适的量程。

② 将万用表两根表笔并接在被测电路的两端，不分正负极。

③ 根据指针稳定时的位置及所选量程正确读数。其读数为交流电压的有效值。

④ 读数的方法同于直流电压读数方法。

(5) 读数方法

假设指针停在如图 1-62 所示位置。

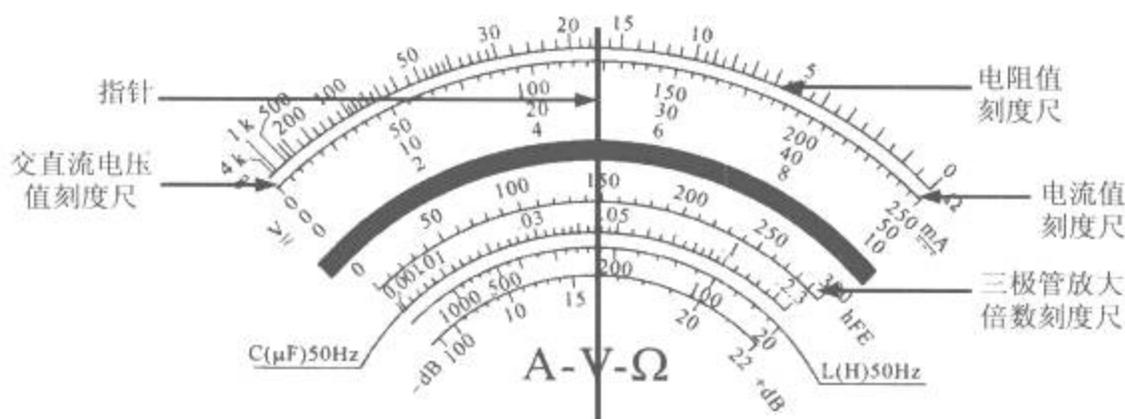


图 1-62 万用表刻度尺

① 电阻值读数：从电阻值刻度尺读数。指针在 15~20 间，在这一大格中，有 5 个小格是平均分配的，每小格为 1，因此，指针指示为 17。将 17 乘以电阻挡倍率数，如果旋钮在 $R \times 100$ 挡上，则该数值表示电阻值为 $17 \times 100 = 1700 \Omega = 1.7 \text{k}\Omega$ 。

② 电压值读数。交直流电压刻度尺是等距分布的，共有 5 大格。每大格下又分成 2 小格，每小格下又分成 5 小格。每个格代表的电压值因挡位不同而不一样。

当功能旋钮在 500V 挡时，每大格代表 100。每一个最小格表示 10，图中指针停的位置在 240~250 之间，近似 248V，这样可读取 248V。

若功能旋钮在 10V 挡时，每大格代表 2。每一个最小格表示 0.2，图中指针停的位置在 4.8~5 之间，近似 4.9 多一点，这样可读取 4.9V。

● 注 意

使用万用表测量的目的就是检测电路是否正常。读取的数据要与电路中正常数据相比较，以判断电路是否正常，并以此作为判断和查找故障元件的出发点。

(6) 测量直流电流

① 把转换开关拨到直流电流挡，选择合适的量程。当电路中电流大于 500 毫安 (mA) 时，要将转换开关拨到 500mA 挡，红表笔插入扩展插孔 (5A)。这时，刻度线中每个大格表



示 1A。

② 将被测电路断开，万用表串接于被测电路中。注意正、负极性，电流从红表笔流入，从黑表笔流出，不可接反。

③ 根据指针稳定时的位置及所选量程，正确读数。

④ 读数的方法同于直流电压读数方法，单位为 mA 或 A。

5. 使用指针式万用表时的注意事项

① 测量前要目的明确，不可盲目测量。

② 测量时，不能用手触摸表笔的金属部分，以保证安全和测量的准确性。

③ 测直流量时，要注意被测电量的极性，避免指针反打而损坏表头。

④ 测量较高电压或大电流时，不能带电转动转换开关，避免转换开关时产生电弧而损坏仪表或电路。

⑤ 测量电阻时，每换一次量程挡（倍率挡），都要重新进行调零。不允许带电测量电阻，否则会损坏万用表。

⑥ 指针万用表内干电池的正极与面板上“-”插孔相通，干电池的负极与面板上的“+”插孔相通。在测量电解电容和晶体管等器件的电阻时要注意极性。

⑦ 不允许用万用表电阻挡直接测量高灵敏度表头内阻，以免烧坏表头。

⑧ 测量高值电阻时，不要用两只手捏住表笔的金属部分，否则会将人体电阻并接于被测电阻而引起测量误差。

⑨ 测量完毕后，拔出表笔，将转换开关置于交流电压最高挡或空挡。若长期不用，应将表内电池取出，以防电池电解液渗漏而腐蚀万用表内部电路。

1.10.2 数字万用表的使用

1. 数字万用表的结构

数字万用表以其直观的数字显示及测量精度展示了它的魅力，它除能完成指针万用表的测量功能外，还可以测量小容量电容器、电感、信号频率、温度等，有些数字万用表还具有语音提示功能。因此，数字万用表越来越受到电子爱好者的青睐。数字万用表种类较多，如图 1-63 所示为一款 DT9208A 型数字万用表。

数字万用表的面板包括如下组成部分。

(1) 显示屏

显示屏是数字万用表的特有部件，它以数字形式显示测量的结果，使读取数据直观方便。不同的数字万用表能显示的数字位数多少不同。

(2) 开关

数字万用表大多都有开关，在不使用数字万用表时，可以关掉开关以节约表内电池。

(3) 功能选择旋钮

同指针式万用表一样，数字万用表也通过功能选择旋钮来选择测量功能，在旋钮的周围有数字标示出功能区及量程。数字万用表的测量功能比较多，主要有电阻测量、交直流电压测量、电容测量、交直流电流测量、二极管测量、三极管放大倍数测量、逻辑电平测量以及频率测量等。



每个功能下又分出不同量程，以适应被测量对象的性质与大小。

(4) 表笔插孔

同于指针万用表。

(5) 扩展表笔插孔

数字万用表也有两个扩展表笔插孔，但都是用来测量电流的红表笔插孔。一个用于测量 5A 以下电流，另一个用于测量 20A 以下电流。

(6) 电容插孔

数字万用表大多数具有测量小容量电容器的功能，测量电容器容量时，要将电容器的两个引脚插入该插孔。

(7) 三极管插孔

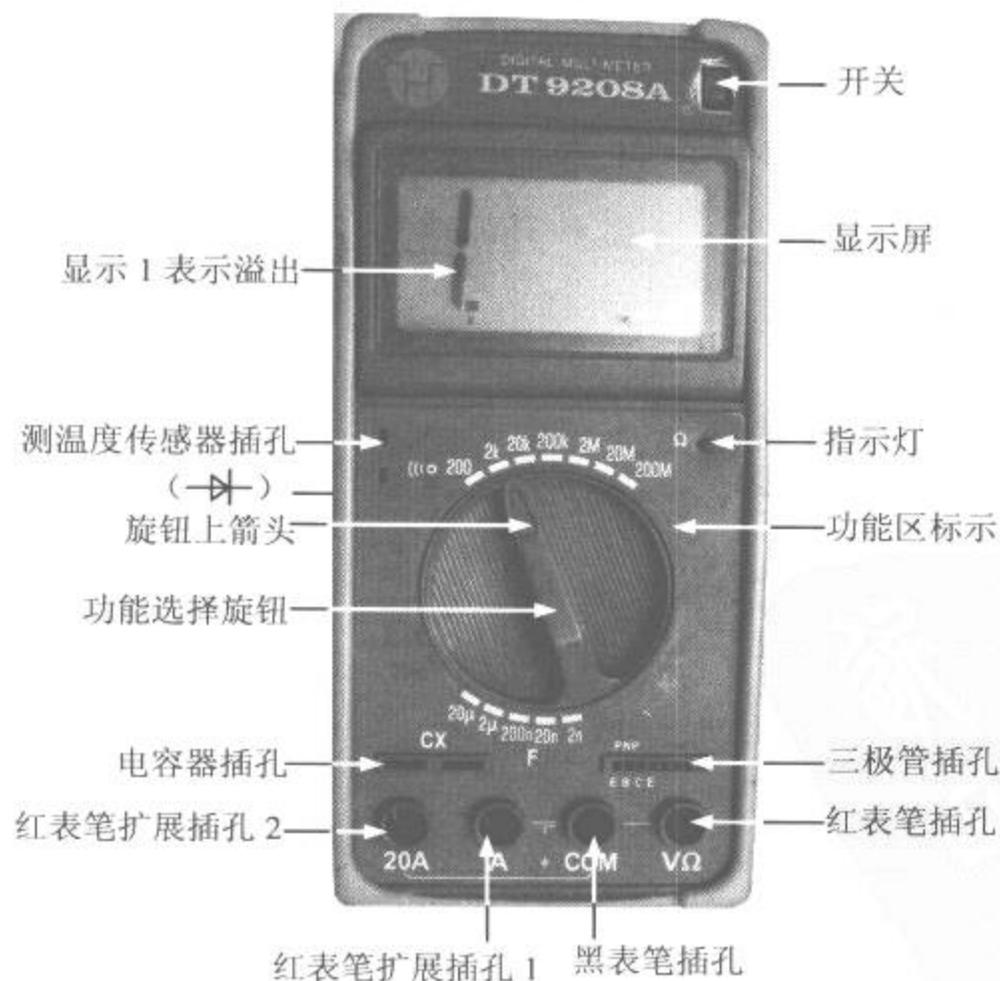
同于指针万用表。

(8) 温度传感器插孔

数字万用表上的温度传感器插孔是测量温度的专用插孔，用于测量环境温度。有该功能的数字万用表在出售时都配有一个传感器，在测量温度时，将传感器插头插入该插孔，这里须要注意极性，不能插反。

(9) 指示灯

如图 1-63 所示的数字万用表有二极管测量功能。当功能旋钮旋在“二极管”挡时，若红表笔与黑表笔之间的电阻值低于 70Ω 时，其指示灯亮，同时表内蜂鸣电路工作，发出长鸣声响。其余测量功能及各量程，指示灯均不亮，蜂鸣器不鸣叫。



(a) 数字万用表的面板组成

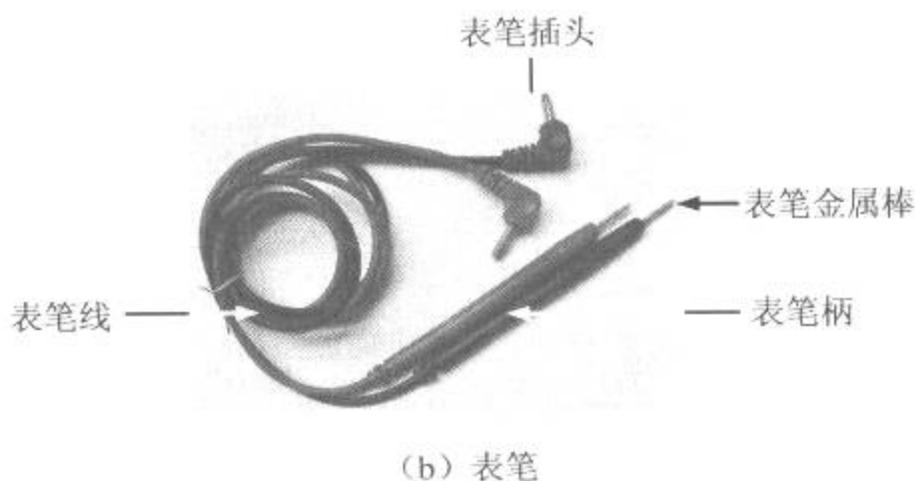


图 1-63 数字万用表的面板及表笔

2. 数字万用表的使用

(1) 准备工作

数字万用表种类很多，在使用前要做好准备工作：

❶ 熟悉转换开关、旋钮、插孔等的作用及各功能区量程。

❷ 将红表笔插入“+”插孔，黑表笔插入“-”插孔，有些万用表另有测直流 2500V 高压测量端，在测高压时黑表笔不动，将红表笔插入高压插口。

(2) 测量电阻

❶ 旋转功能转换旋钮到欧姆挡，选择合适量程（以使量程稍大于实际阻值为宜）。

❷ 用两表笔分别稳定、可靠地接触电阻的两个电极，此时，可看到显示屏上数字有可能跳变。当前两位数不变后，即可开始读取测量数据。若显示屏显示 1，表示“溢出”，即所选用的量程小于实际阻值，应换一个大的量程重测。

(3) 测量直流电压

❶ 旋转功能选择旋钮到直流电压挡，并选择合适的量程。当被测电压数值范围不清楚时，可先选用较高的量程挡，不合适时再逐步选用低量程挡。以量程要稍高于实际电压值为宜。

❷ 测量：把万用表并接到被测电路上，红表笔接到被测电压的正极，黑表笔接到被测电压的负极。如果表笔接反了，数字显示屏上显示的数值前面会出现“-”号，表示黑表笔所接的测试点的电压比红表笔接的测试点的电压高。

❸ 读数：因是直接数字显示，直接读出数据即可，注意小数点的位置。若选择的量程过大时，显示器的有效数字前面有一个或两个 0，读数时将其去掉。如：显示 08.3，是在 200V 直流电压量程挡测量所得的结果，该数据表示测得的电压为 8.3V。若选用的量程低于被测电压实际值，显示屏将显示 1，表示“溢出”，应换一个稍大一点量程重测。

(4) 测量交流电压

❶ 把转换开关拨到交流电压挡，选择合适的量程。

❷ 将万用表两支表笔并接在被测电路的两端，表笔不分正负极。

❸ 因是直接数字显示，直接读出数据即可，注意小数点的位置。

(5) 测量直流电流

❶ 把转换开关拨到直流电流挡，选择合适的量程。



⑫ 将被测电路断开，万用表串接于被测电路中。注意正负极性：电流从红表笔流入，从黑表笔流出，不可接反。

⑬ 读数。

3. 使用数字万用表时的注意事项

- (1) 测量前要目的明确，不可盲目测量。
- (2) 测量时，不能用手触摸表笔的金属部分，以保证安全和测量的准确性。
- (3) 测直流量时要注意被测电量的极性，避免指针反打而损坏万用表。
- (4) 测量较高电压或大电流时，不能带电转动转换开关，避免转换开关的触点因产生电弧而被损坏。
- (5) 不允许带电测量，否则会烧坏万用表。
- (6) 数字万用表内干电池的正极与面板上红表笔插孔相连，干电池的负极与面板上黑表笔插孔相连。
- (7) 测量高值电阻时，不要用两只手捏住表笔的金属部分测电阻，否则会将人体电阻并接于被测电阻而引起测量误差。
- (8) 测量完毕后，拔出表笔，关掉开关。若长期不用，应将表内电池取出，以防电池电解液渗漏而腐蚀万用表内部电路。

● 注 意

万用表的其他测量功能可参看其他章节。

电烙铁

电烙铁是熔解锡进行焊接的必备工具，如图 1-64 所示，主要用来焊接电子元件和连接导线。使用时只要用电烙铁头对准所焊元器件焊接即可。

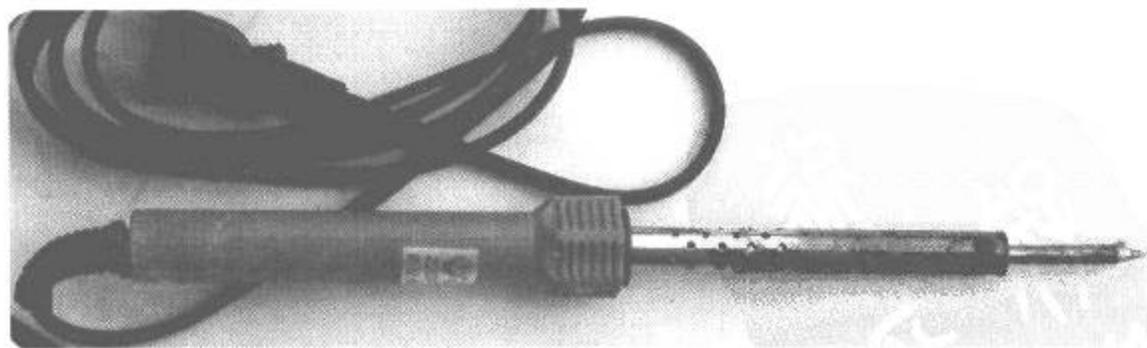


图 1-64 电烙铁

1.11.1 电烙铁的种类

电烙铁的种类比较多，常用的分为外热式、内热式、恒温式、吸锡式等几种。

- (1) 外热式电烙铁：烙铁头安装在烙铁芯里面的电烙铁。



(2) 内热式电烙铁：烙铁芯装在烙铁头里面的电烙铁。内热式电烙铁发热快，热利用率高。

(3) 恒温式电烙铁：在烙铁头内装有带磁铁式的温度控制器，控制通电时间而实现控制温度的电烙铁。由于在焊接集成电路、晶体管元器件时温度不能太高，焊接时间不能过长，否则就会因温度过高造成元器件的损坏，因而要对电烙铁的温度给以限制。恒温式电烙铁就是专门针对这一要求而设计。

(4) 吸锡式电烙铁：将活塞式吸锡器与电烙铁熔为一体的拆焊工具。

1.11.2 焊锡材料

焊锡材料是由锡铅合金及一定量的活性焊剂按一定比例配置而成的，一般锡占 63%，铅占 37%，焊锡的液化温度在 400°C (752°F) 以下。常见的焊锡材料有锡条、锡锭、锡线、锡粉、预制锭、锡球与柱、锡膏等几种，其中焊锡丝主要用于各种电气、电子工业、印制电路板、微电子技术等手工焊接工艺，如图 1-65 所示为焊锡丝。

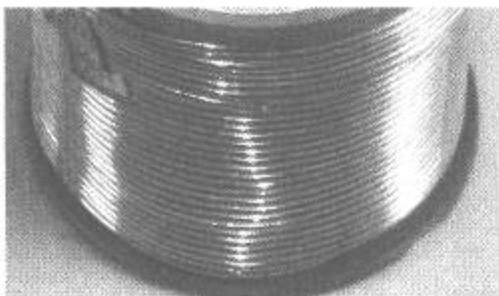


图 1-65 焊锡丝

1.11.3 助焊剂

助焊剂有清洁焊接面的作用，使电子元件容易焊接。焊接电子元件常用松香作助焊，宜用质量稍好点的松香，使其焊接面（点）光洁。也有人用焊锡膏或盐酸水溶液，但这两者都容易导电，且对电路板有腐蚀性，因此焊接电子元件最好不要使用。

新购的电烙铁一般不能很好地用来焊接电子元件，需要稍微处理一下，方法是将新购的电烙铁的烙铁头用细砂纸或细钢挫轻微打磨一下，使其暴露出铜质。然后，给电烙铁通电，使其加热。在加热过程中，将烙铁头放在松香上，使松香自然熔化，接着在烙铁头上先行镀一次焊锡，这样就可以进行正常焊接了。在使用过程中，注意不要用烙铁头去烫塑料，否则，烙铁头的材质将发生变化，与焊锡不易熔合。

常见的助焊剂主要有无机助焊剂、有机酸助焊剂、松香助焊剂等几种，其中松香助焊剂在手工焊接时比较常用。

1.11.4 电烙铁的使用

焊接技术是一项无线电爱好者必须掌握的基本技术，需要多练习才能熟练掌握，下面具体讲解电烙铁的使用步骤：

01 把焊盘和元件的引脚用细砂纸打磨干净，涂上助焊剂。

02 将电烙铁烧热，待刚刚能熔化焊锡时，涂上助焊剂，再用焊锡均匀地涂在烙铁头上，使烙铁头均匀地涂上一层锡。



03 用烙铁头沾取适量焊锡，接触焊点，待焊点上的焊锡全部熔化并浸没元件引线头后，将烙铁头沿着元器件的引脚轻轻往上一提离开焊点。

04 焊完后将电烙铁放在烙铁架上。

05 用酒精把线路板上残余的助焊剂清洗干净，以防炭化后的助焊剂影响电路正常工作。

用电烙铁进行电焊时应注意的问题：

(1) 应选用合适的焊锡以及焊接电子元件用的低熔点焊锡丝。

(2) 一般用 25% 的松香溶解在 75% 的酒精（重量比）中作为助焊剂。

(3) 焊接时间不宜过长，否则容易烫坏元件，必要时可用镊子夹住管脚帮助散热。

(4) 焊点应呈正弦波峰形状，表面应光亮圆滑，无毛刺，锡量适中。

(5) 集成电路应最后焊接，电烙铁要可靠接地，或断电后利用余热焊接；或者使用集成电路专用插座，焊好插座后再把集成电路插上去。

(6) 焊完后应将电烙铁放回烙铁架上。

1.12

其他工具

维修工具除了以上介绍的工外，还有螺丝刀、钳子、镊子、刀片、吸锡器以及芯片拔取器等。

1. 螺丝刀

螺丝刀的种类比较多，维修时常用的螺丝刀有十字形螺丝刀和一字形螺丝刀，如图 1-66 所示。

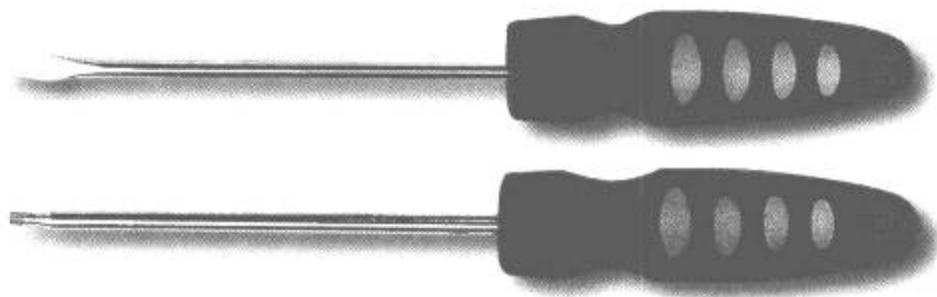


图 1-66 一字形螺丝刀（上）和十字形螺丝刀（下）

2. 钳子

维修时常用的钳子主要有尖嘴钳子、鸭嘴钳子、剥皮钳子和斜口钳子等。

(1) 尖嘴钳子和鸭嘴钳子的作用是用来拆卸、安装、调整、插拔跳线以及修正变形的器件等。

(2) 剥皮钳子的作用是用来剥去导线外层保护套皮。

(3) 斜口钳子的作用是用来剪掉无用的管脚或导线等。

3. 空芯针头

空芯针头有多种型号，它是用来拆卸多引脚元件的常用工具，如图 1-67 所示。



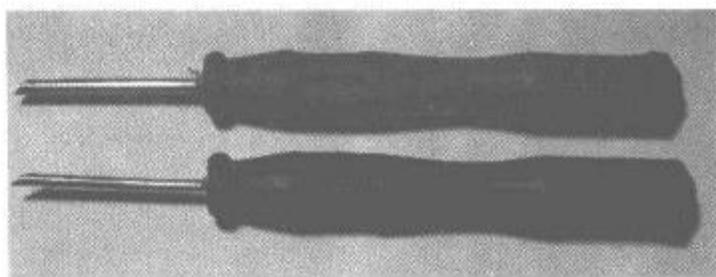


图 1-67 空芯针头

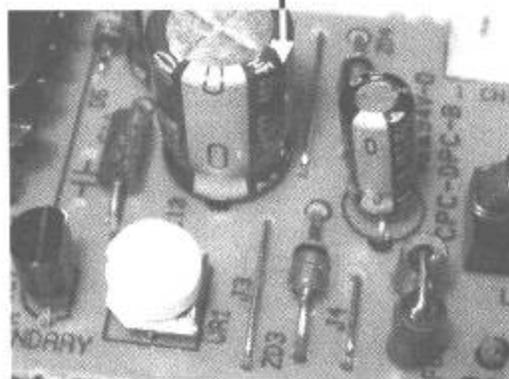
1.13

电路板简介

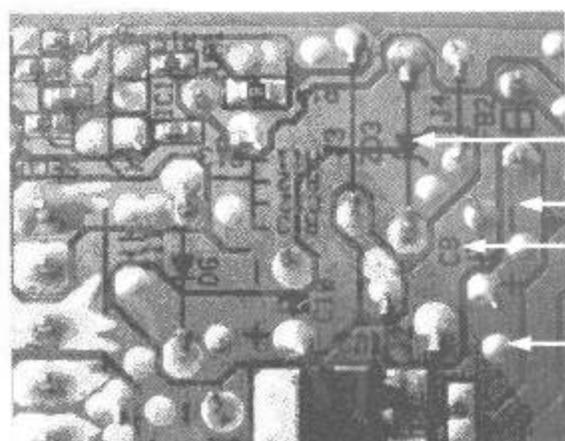
1.13.1 电路板简介

电路板为各种电子元器件、集成电路等提供固定、装配的机械支撑，是实现电子元器件间电气连接的桥梁。电路板亦称印制线路板或印刷电路板，英文称为 PCB。电路板本身是一种绝缘的基板，在电路板上有机件安装孔、连接导线（铜箔）、装配焊接电子元器件引脚的焊盘。在电路板一面安装电子元件，另一面用来焊接元件引脚。在焊接面往往刷一层绝缘漆。正规厂生产的电路板正反面都有电子元件的图形符号及编号，但有一些厂家生产的电路板只在元件安装面提供图形符号及编号。如图 1-68 所示。

连接导线
(又称过线或光线)



(a) 电路板元件面 (正面)



元件图形符号
导电铜箔 (条)
元件编号
焊盘

(b) 电路板布线面 (焊接面) (背面)

图 1-68 电路板的结构



印制电路板的出现给电子工业带来了重大改革,极大地促进了电子产品的更新换代。并且印制电路板具有许多独特的功能和优点,概括起来有:

(1) 可以实现电路中各个元器件间的电气连接,代替复杂的布线,减少了传统方式下的接线工作量,简化了电子产品的装配、焊接、调试等工作。

(2) 缩小了电路的整机体积,降低了产品成本,提高了电子设备的质量和可靠性。

(3) 具有良好的一致性,可以采用标准化设计,有利于焊接的机械化,提高了生产率。

(4) 有较好的机械性能和电气性能,使电子设备实现单元组合化,经过装配调试的印制电路板可作为一个备件,便于整机产品的互换与维修。

1.13.2 电路板的制作

制作电路板常用的原料是玻璃纤维和树脂。把结构紧密、强度高的玻纤布浸入树脂中,硬化后就得到了隔热绝缘、不易弯曲的电路板基板。在基板的表面覆上一层铜,这样的电路板称为覆铜基板。覆铜工艺很简单,一般可以用压延与电解的方法制造。所谓压延就是将高纯度的薄铜用碾压法贴在电路板基板上,形成铜箔。树脂与铜箔有极好的粘合性,使铜箔与基板有较强的附着力,可以在 260°C 的熔锡中浸焊而无起泡。电解法在初中化学已经学过, CuSO_4 电解液经过电解可以得到铜。电解法能较好地控制铜箔厚度,一般在 0.3mm 左右。制作精良的电路板成品板非常均匀,光泽柔和(电路板表面刷有一层阻焊剂,阻焊剂的颜色决定了电路板的颜色)。

在制作好的覆铜基板上描出设计好的导电部分,并用保护材料保护起来。将铜箔放到腐蚀液中,没有保护的铜质被电解掉,留下的铜线就是需要的导电线。最后在电路板上打孔,刷阻焊剂,印刷电子元件图形符号及编号,这样电路板就制作成了。

早期的电路板大多是单层板,就是电子元件集中在电路板的一面(正面),布线在另一面(背面),常用在电路结构稍简单的电子设备中。在电路复杂的设备中,还常用到双面板(正面及背面都有布线),多层板。

1.14

电子元件的拆卸与焊接技巧

1. 电路板元件的拆卸技巧

(1) 拆卸两端元件

拆卸电子元件时,对于体积稍大的二端元件,一般是在用电烙铁加热元件的焊接点时,用另一只手抓住元件本身,或用镊子、尖嘴钳夹持住元件体,待焊点熔化时,轻微将元件的一个引脚拔出一点,之后再对另一个引脚焊点加热,拔出一点,依法炮制,就可将元件轻松取下。当元件引脚稍长时,有时不可能一次将元件取出来,可以对元件的引脚轮流加热,轮流外拔。切不可用蛮力外拔,以防将元件或电路板损坏。



(2) 拆卸多引脚元件

多引脚元件主要指三端元件与四端元件，如三极管、四端光电耦合器等。因有多个焊接点，“轮流加热、轮流外拔法”不易将其拆下来。对多引脚元件的拆卸也有多种不同的方法。最常用的有“吸锡法”和“针头法”。其中，“吸锡法”就是用吸锡器将元件引脚上的焊锡吸走，使元件引脚与焊盘分离。

(3) 拆卸集成电路

集成电路引脚更多，没有拆卸工具的是比较难拆的。下面介绍几种常见的拆卸方法。

① 电烙铁配合毛刷拆卸法。该法简单易行，有一把电烙铁和一把小毛刷即可。拆卸集成块时先用电烙铁对元件引脚加热，使集成电路引脚上的焊锡熔化后，趁机用毛刷扫掉熔化的焊锡。这样就可使集成块的引脚与印制板分离。最后用尖镊子或“一”字小起子将集成板轻轻撬下。该法的缺点是，被毛刷刷下来焊锡粒可能被粘在电路板的某个地方，会使电路发生短路。所以，在拆卸时，一定要清理好电路板。

② 用空芯针头拆卸法。空芯针头有专用的，可选取医用8至12号空芯针头。使用时根据元件引脚的粗细选用合适的针头，使针头的内径正好套住集成块引脚为宜。拆卸时用电烙铁将引脚焊锡熔化，及时用针头套住引脚，并轻微旋转针头，然后拿开烙铁，等焊锡凝固后拔出针头，这样该引脚就和印制板完全分开了。所有引脚如此做一遍后，集成块就可轻易被拿掉。该方法的缺点是：旋转针头时易将焊盘损坏。所以拆卸时要选用合适的针头，并掌握好旋转的力度。

③ 吸锡器吸锡拆卸法。吸锡器是专门用来拆卸集成块的一种常用工具，吸锡器有普通型（只能用来拆卸元件）和吸、焊两用电烙铁，功率在35W以上。拆卸集成块时，只要将加热后的两用电烙铁头放在要拆卸的集成块引脚上，待焊点锡熔化后被吸入细锡器内，全部引脚的焊锡吸完后集成块即可拿掉。

2. 电路板元件的焊接

1. 焊前处理。

焊前处理主要包括焊盘处理和清洁电子元件引脚两方面工作。

① 焊盘处理：将电路板焊盘铜箔用细砂纸打光后，均匀地在铜箔面涂一层松香酒精溶液。若是已焊接过的电路板，应将各焊孔扎通（可用电烙铁熔化焊点的焊锡后，趁热用针将焊孔扎通）。

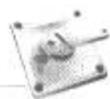
② 清洁电子元件引脚：用小刀或细砂纸轻微刮擦一遍，然后对每个引脚分别镀锡。

2. 焊接。

将电子元件引脚从电路板正面（不带铜箔面）插入小孔，元件引脚应伸出电路板3~5mm，为防止焊接时元件脱落，可将元件引脚向内压弯。

在电路板反面（有铜箔一面），先用电烙铁对元件一只引脚及焊接面同时加热，1~3s后将焊锡丝端头伸入到加热面，待其熔化后缓慢送入一小截焊锡丝，待焊锡充满间隙后先撤出焊锡丝，然后将烙铁头移开。用同样的方法焊接另一只引脚，若元件倾斜，可再用电烙铁对焊点加热，用另一只手扶正。确认元件不松动后可用偏口钳剪去过长的引线。

焊接电路板时一定要控制好时间，烫焊时间过长容易将电子元件损坏，或造成铜箔脱落。整个焊接过程时间最好控制在2~3s。



13 检查焊接质量。

① 质量检查。焊接时要保证每个焊点焊接牢固、接触良好，要保证焊接质量。好的焊点如图 1-69 所示，锡点应是“光亮、圆滑、无毛刺、锡量适中”，元件引脚尽量伸出焊点之外，锡和被焊物熔合牢固。不应有“虚焊”和“假焊”。“虚焊”是焊点处只有少量锡，时间久了会因振动造成焊点脱开，引起接触不良，时通时断。“假焊”是指表面上好像焊住了，但实际上并没有焊上，有时用手一拔，引线就可以从焊点中拔出，还可以称为“夹焊”。这两种情况都会给维修和调试带来极大的困难。只有经过大量的、认真的焊接实践，才能避免。

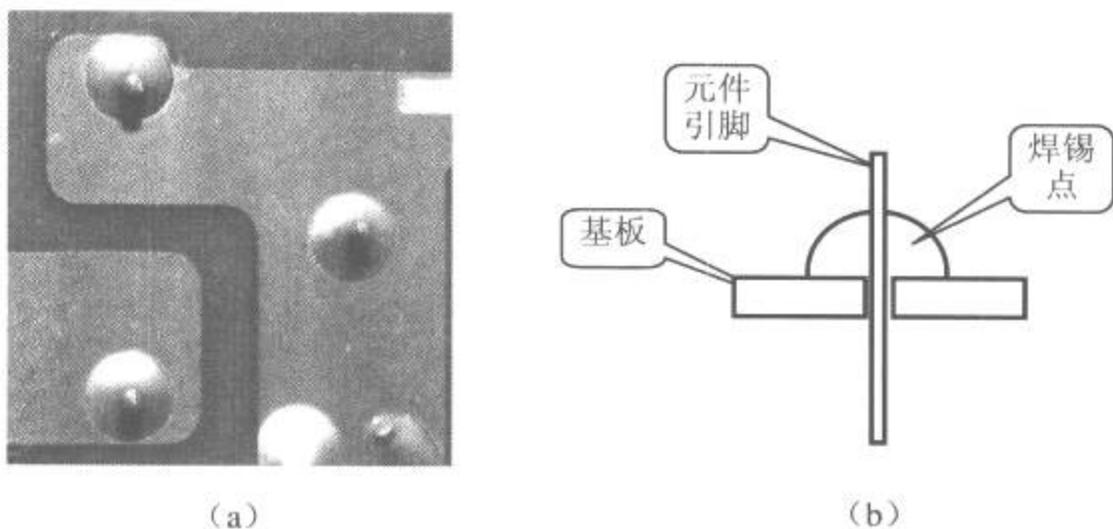


图 1-69 焊接质量良好的焊点

② 避免短路。相邻两个焊点不可因焊锡过多而互相连在一起，或焊点与相邻导电铜箔相接触。

14 清理工作。

焊完后，将电烙铁放到专用架上，以防将其他物品烧坏。长时间不用时，最好拔下电烙铁电源插头，以防电烙铁被烧“老化”。

电烙铁使用时间较长时，烙铁头上会有黑色氧化物和残留的焊锡渣，会影响以后的焊接，应该用松香不时地清洁烙铁头，使其保持良好的工作状态。

1.15

技能点拨

要点总结：

(1) 从认识电子元件开始，本章详细介绍了构成电子设备的常用电子元件——电阻器、电容器、电感器、二极管、三极管、变压器及电磁继电器的种类、用途、好坏检测。

(2) 万用表是检修电子设备必备的基本测量仪表，是判定故障元件的工具，本章详细介绍了指针式万用表和数字万用表的特性及使用。

(3) 简要介绍了检修工作经常使用的工具。



重点掌握：

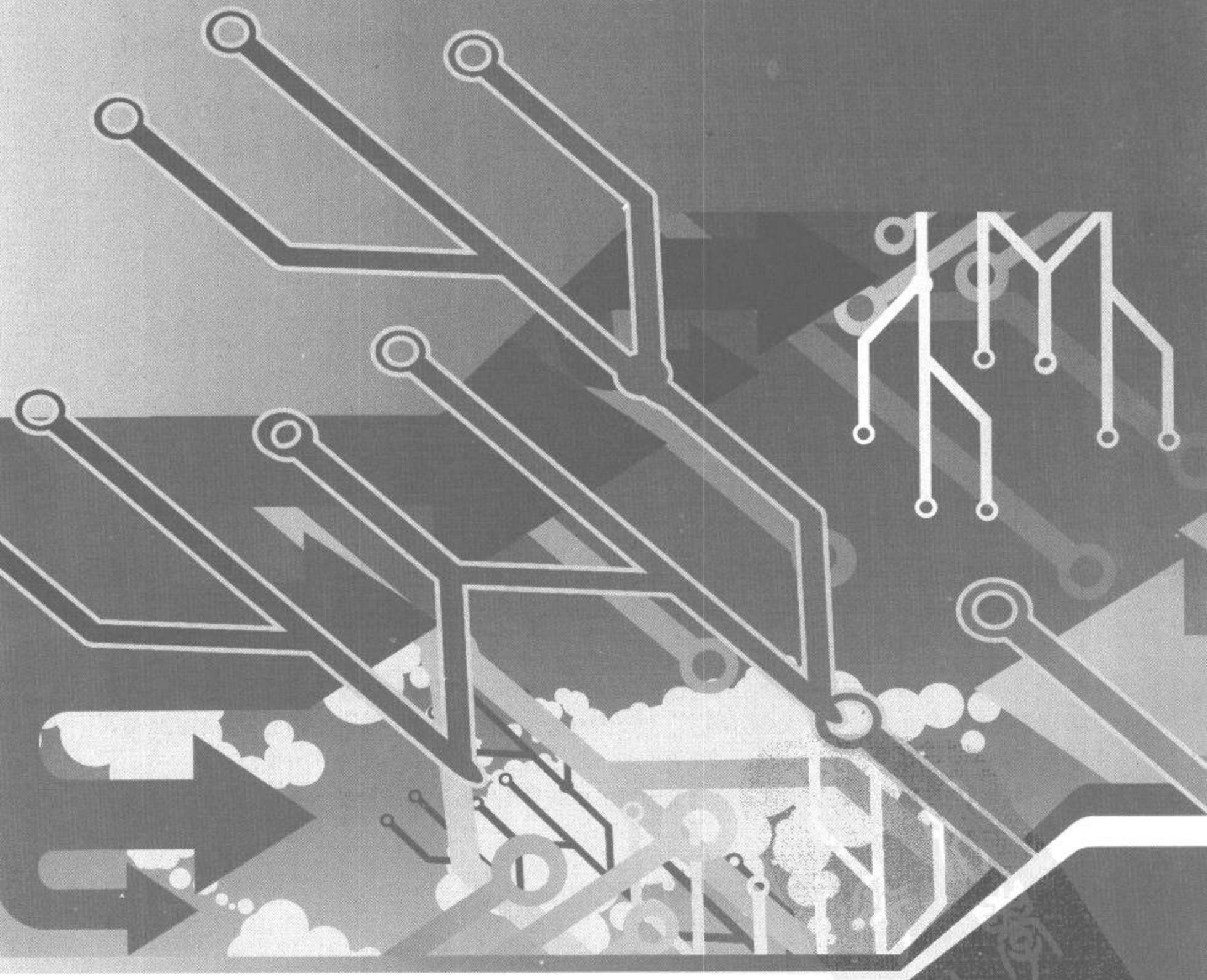
- (1) 各种电子元件的特性，测定好坏。
- (2) 测量仪表的使用方法。



Chapter

02

基本电路





2.1

整流滤波电路

通过前面的学习，我们认识了常用的电子元件及其特性。在继续学习电子设备的原理与维修之前我们有必要先学习一下基本电路，这对读者掌握电子设备的工作原理与维修是非常重要的。所有的电子设备其电路繁简不一，但都是由一个一个的电子元件组成的，由电子元件组成基本放大器，由放大器组成单元电路，由任务不同的单元电路共同组成完整的电子设备。由此，掌握单元电路的原理与故障维修显得更为重要。

我们已知道，人们普遍使用的市电是正弦波交流电，交流市电的特性是：有效值为 220V，峰值等于有效值的 $\sqrt{2}$ 倍，频率为 50Hz，周期 (T) 是 0.02s。交流电的波形如图 2-1 所示。

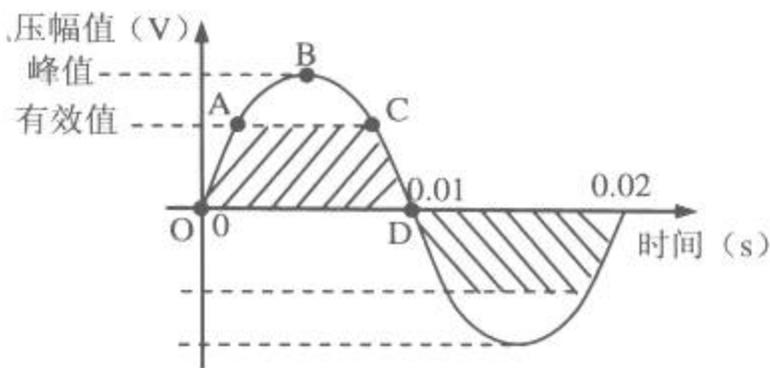


图 2-1 交流电的特性波形图

提示

频率 (f) 与周期 (T) 的关系是： $T=1/f$ ，其中，频率是指 1s 内正负极性交替变化的次数，周期是指正负极性变化 1 次所需要的时间。而有效值是指在一个周期内的平均电压值（图中 OACD 所围成的矩形面积）。

绝大多数电子设备使用的是低压直流电，我们日常使用的电源是 220V 交流市电，由于电压太高，不能直接供给这些电子设备。所以，交流市电必须要经过降压，再经变换成为直流电才能用于电子设备。在电子设备中，将交流电压（电流）变换为单向脉动直流电压（电流）的过程叫整流，通常称为 AC-DC 转换。这是利用二极管的单向导电特性进行转换的，简单方便。下面简要分析整流滤波电路。

2.1.1 单相半波整流滤波电路

1. 半波整流电路

半波整流电路主要由变压器、整流二极管和负载组成。半波整流的电路原理图如图 2-2 所示。

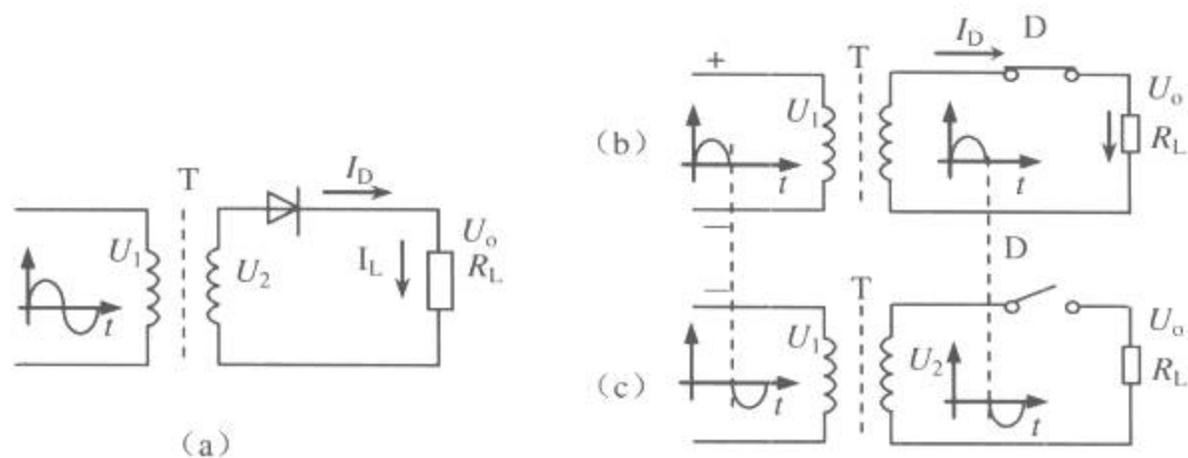


图 2-2 单相半波整流电路原理图

图 2-2 (a) 中, T 为电源变压器, 假定初级接入 220V 交流市电电压 U_1 , 利用变压器的原理在次级得到交流电压 U_2 (假定变压器为降压), 其波形如图 2-3 (a) 所示, 正负极性、幅值随时间变化, U_2 为有效值, 峰值为 $\sqrt{2} U_2$ 。在 U_2 的正半周期间, U_2 的上端为正, 下端为负。二极管 D 正向导通, 相当于开关接通, 如图 2-2 (b) 中, 有电流流过二极管和负载 R_L , 在负载上得到输出电压 $U_o = U_2 - 0.7V \approx U_2$, 如图 2-3 (b) 中 $0 \sim 0.01s$ 期间的波形。

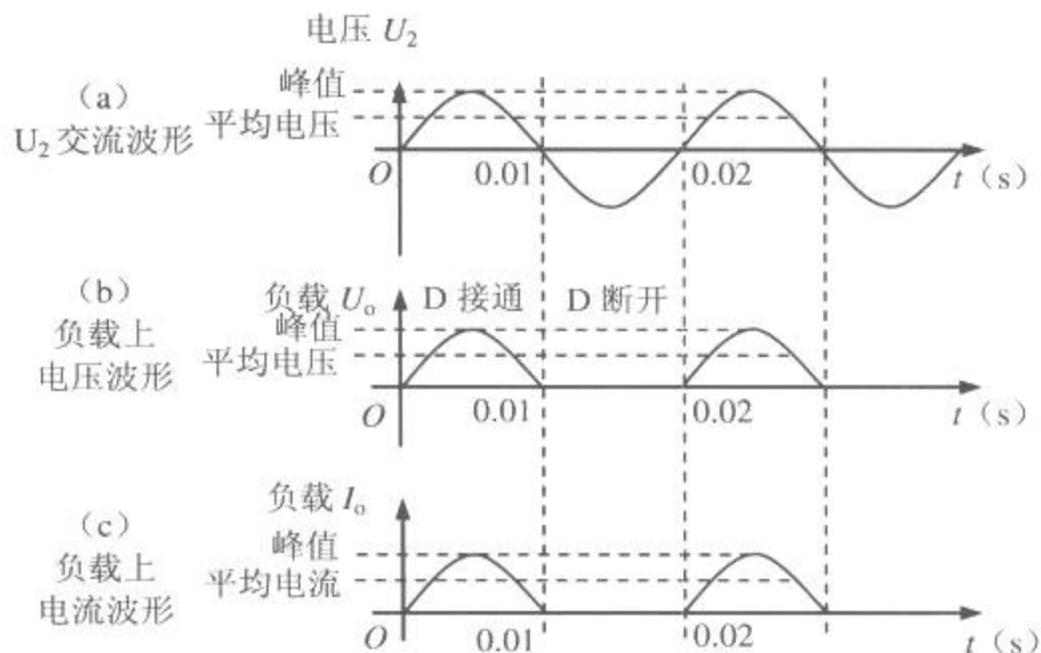


图 2-3 半波整流在负载上得到的电压电流波形图

在 U_2 的负半周期间 U_2 变为上负下正, 二极管 D 因反偏而截止, 相当于开关断开, 如图 2-2 (c) 中, 没有电流流过负载, 即负载上的电压 U_o 为 0, 如图 2-3 (b) 中 $0.01 \sim 0.02s$ 期间。

由此可看出, 半波整流只用了交流电的半个周期, 而且负载有 $0.01s$ 的缺电期, 在负载上形成的平均电压为 $U_{o(AV)} = 0.45 U_2$ 。

这里对半波整流电路是以交流电压为例来说明的, 实际上它也可以对脉冲电压进行整流, 并且对脉冲电压进行整流在开关电路中应用较多。

2. 滤波电路

从图 2-3 可以看出, 整流后在负载上得到的电压呈间断状态, 称为单向脉动直流电 (电流方向不变, 总是自上而下流过负载), 大多数的电子设备在这样的供电情况下还是不能正常工作, 表现出来就是出现故障。为了给负载上供给稳定的直流电压, 还需要脉冲直流电进行滤波。

滤波的目的是要将脉冲直流电的脉动成分削弱，使输出电压更加平稳。滤波的方式主要有电容滤波、电感滤波、阻容滤波和 π 形滤波等方式。

(1) 电容滤波

电容滤波的电路原理图如图 2-4 所示。

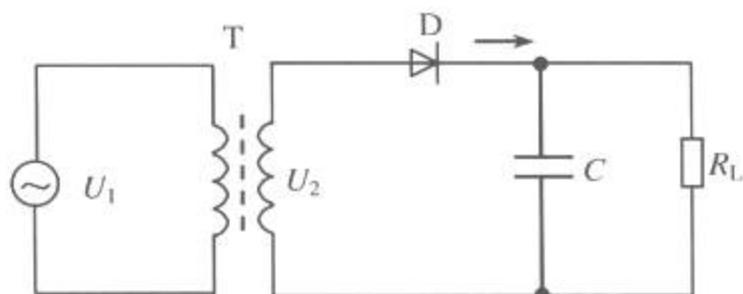


图 2-4 电容滤波电路图

电容滤波电路，实际上就是在整流滤波的电路原理图中的负载上并联一个电容器，下面我们分析一下增加电容器后工作情况有什么变化。

变压器次级电压 U_2 波形如图 2-5 (a) 中虚线所示。当 U_2 处在第一个正半周的上升期 ($0 \sim T_1$) 时，二极管 D 导通，其电流向电容器充电，电容器上的电压很快被充到 U_2 的峰值。当 U_2 下降时，电容器上的电压暂时保持在其峰值，因电容两端电压不能突变，所以二极管处于反向截止，电容器上的电压通过负载缓慢放电，电压渐渐降低，如图 2-5 (a) 中 $t_1 \sim t_2$ 期间波形。到达 t_2 时由于 U_2 变到第二个正半周上升期并使二极管重新导通，再向电容器充电，电容器的电压 U_C 又随 U_2 升高，再次达到峰值，这样重复下去得到如图 2-5 (a) 中的实线波形，呈锯齿波形或三角波形。其负载电压 U_L 的平均电压大幅提高。

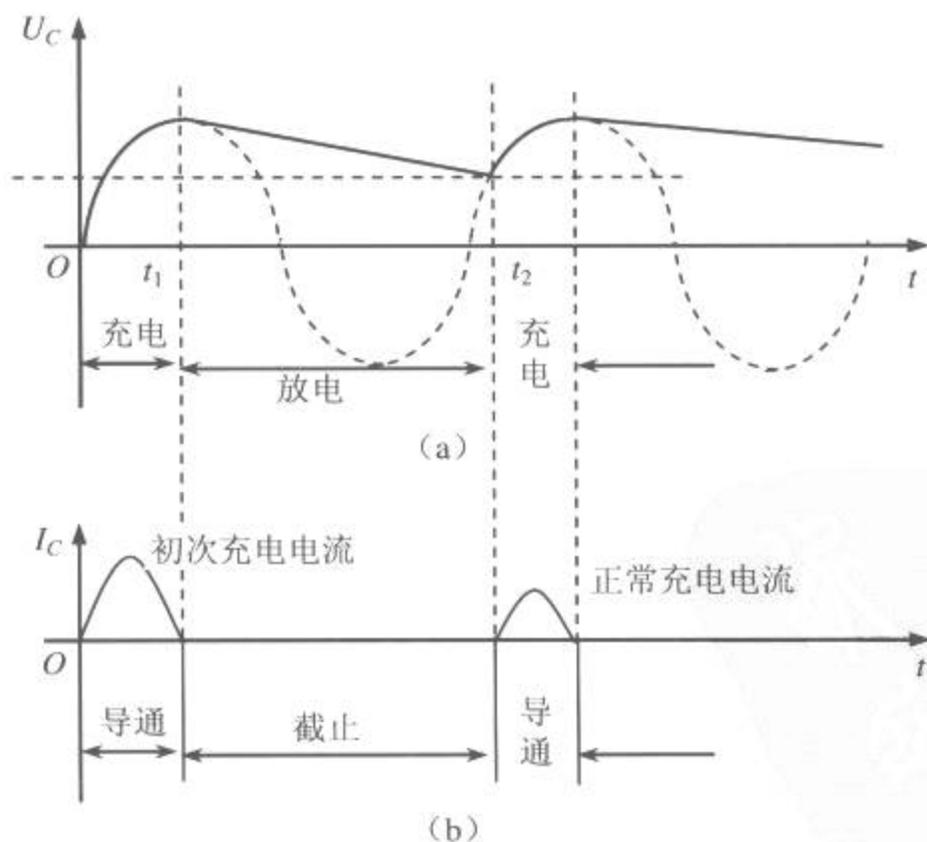


图 2-5 电容滤波波形图

在 U_1 发生突变时（升高或降低），电容器两端的电压不会发生大幅波动。当 U_1 突然升高时， U_2 整流后对电容器的充电电流加大，因电容器两端电压不能突变，所以，电容器上的电压上升缓慢。



削弱了浪涌电流对负载的冲击，还能起到保护负载的作用。同理，若 U_1 突然下降，虽然 U_2 也下降，但电容器上被充的电压不能突变降低，只能通过负载缓缓放电，使负载上的电压也不会突然降低。

电容滤波过程中电压的特点是：

① 输出电压没有了间断区，滤波后的直流电压比无电容器时提高了，几乎达到了 U_2 的峰值。在实际中，由于电容器的放电及整流管内阻等因素会使输出电压略低，约等于 U_2 。

② C 越大， R_L 越大，放电所引起的电压下降就越小，输出电压略有提高。

③ 滤波后的电压还呈锯齿波形，用示波器可清楚地看到其波形。

④ 由于电源电压只在半个周期内有输出，电源利用率低，脉冲成分太大。

(2) 电感滤波

电感滤波电路原理图如图 2-6 (a) 所示。

由电感本身的物理特性可知，当通过电感的原电流突然增大时，电感自身就产生一个感应电动势，其方向与增大的电流方向相反，两者相抵消一部分，阻碍电流的突然增大；当通过电感的原电流突然减小时，电感自身同样能产生一个感应电动势，其方向与减小的方向相反，又阻碍电流的突然减小。这样的特性使变化的电流不能通过电感线圈加到负载上，使负载上的电压变化较缓，从而起到稳压的作用。

阻容滤波和 π 形滤波的电路形式如图 2-6 (b) 和 (d) 所示，它们的工作原理与上述两种滤波电路原理很相似，请读者自行分析。

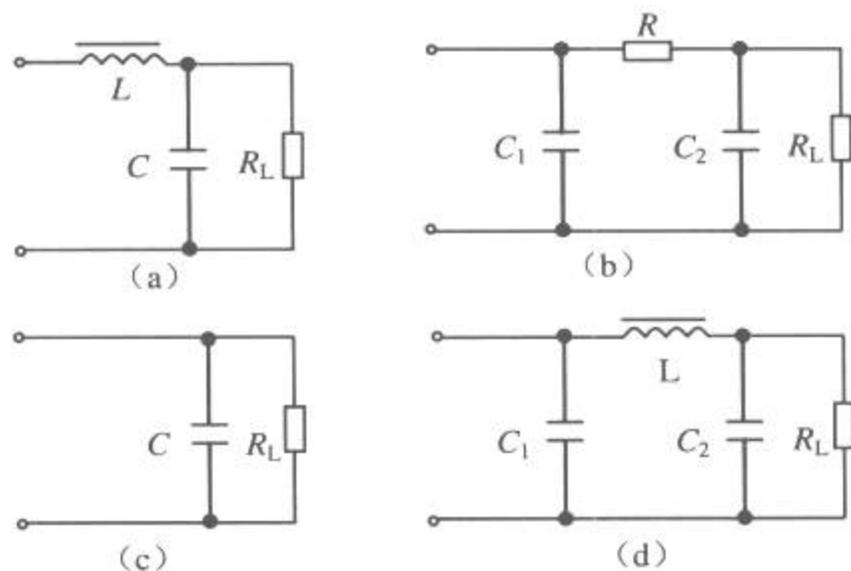


图 2-6 滤波的几种方式

从这几种滤波方式的图形可见，电容滤波简单，阻容滤波负载电流较小，电阻不能太大；电感滤波效果好，但电感体积较大， Π 形滤波效果最好。

2.1.2 单相全波整流滤波

由于半波整流存在输出电压脉动大以及电源利用率低等缺点，因而实际应用中常采用全波整流。其电路组成如图 2-7 (a) 所示。与半波整流不同的是变压器多了一个中间抽头，其 1~0 绕组与 0~2 绕组匝数相等。

参看图 2-7 (a)、(b)。输入交流电压 U_1 为正半周时，变压器次级感应电压 U_2 被分为 U_{2a} 和 U_{2b} 两部分。 U_{2a} 由变压器次级 1~0 绕组产生，设极性为“1 正 0 负”； U_{2b} 由变压器次级 0~2 绕组产生，极性为“0 正 2 负”。二极管 D_1 因正偏而导通（相当于开关接通），电流自上而下流经





负载 R_L 到变压器中心抽头 0 端；二极管 D_2 因反偏而截止（相当于开关断开）。当输入交流电压 U_1 为负半周时，变压器次级感应电压极性为“1 负 0 正”、“0 正 2 负”，因而， D_1 截止， D_2 导通，电流还是自上而下流经负载到中心抽头 0 端。

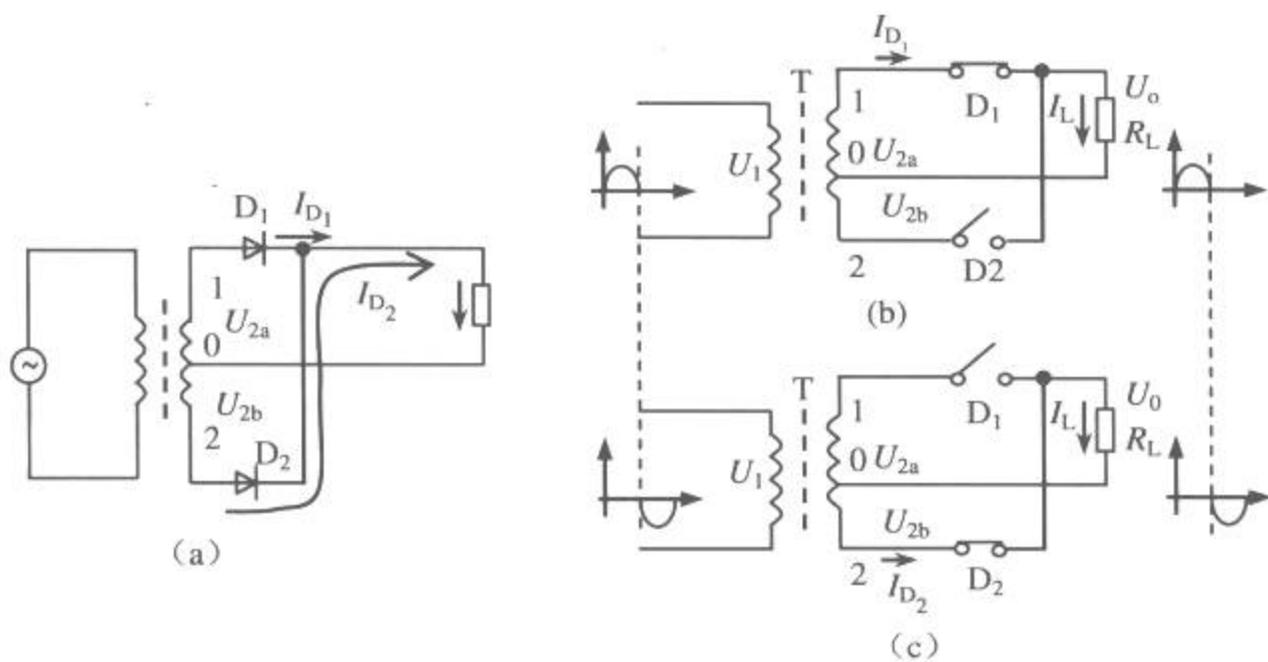


图 2-7 单相半波整流电路原理图

当交流电进入下一个周期时，又重复上述过程。可见，交流电的正负半周使 D_1 与 D_2 轮流导通，在负载上总是得到自上而下的单向脉动直流电流。与半波整流相比，它有效地利用了交流电的负半周。全波整流波形如图 2-8 所示。

由图分析可知，全波整流电路的输出电压 U_o 比半波整流提高了一倍，且有

$$U_o = 0.9U_2$$

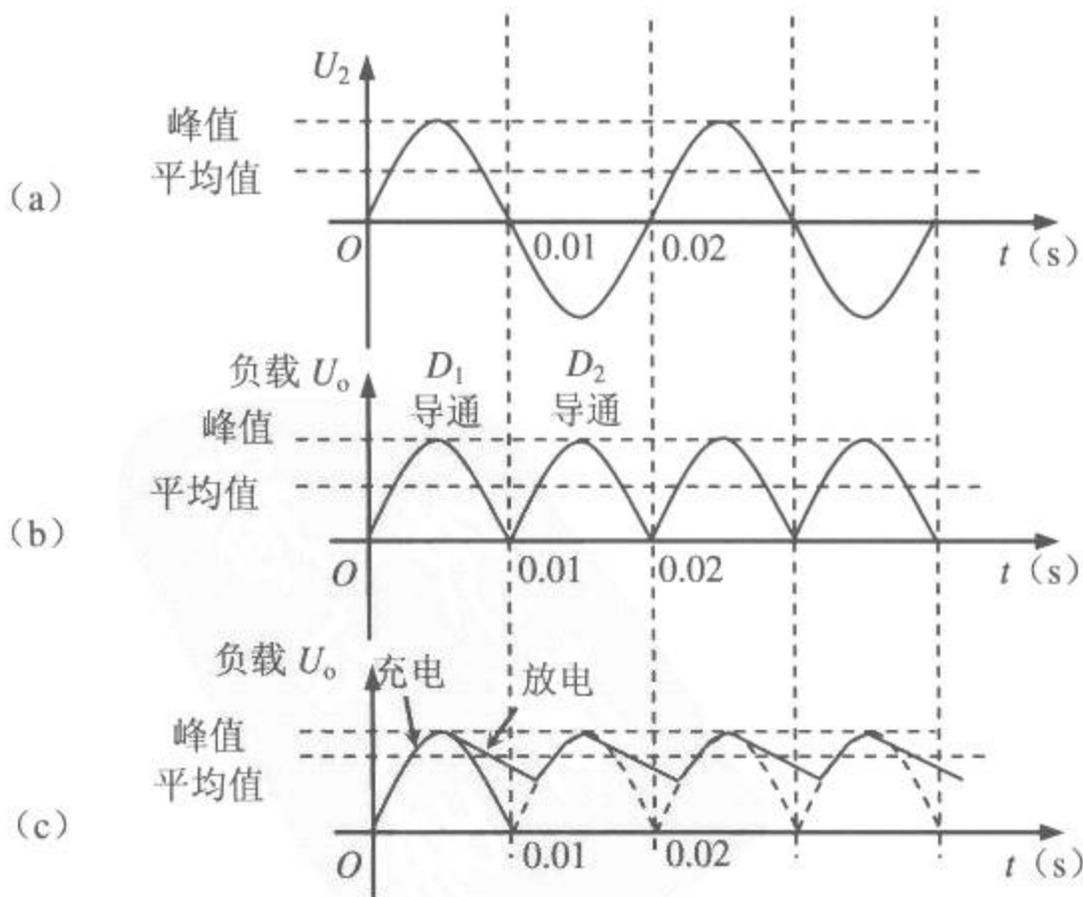


图 2-8 全波整流滤波波形图



2.1.3 桥式整流及滤波电路

为了克服半波整流的缺点,实际电路中常采用桥式整流及滤波电路。桥式整流及滤波电路原理图如图 2-9 所示。

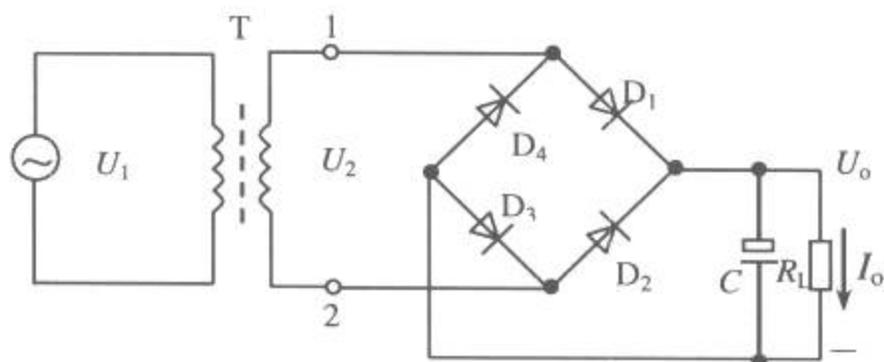


图 2-9 桥式整流电路原理图

从电路图中可以看出,该电路用了四个整流二极管,其工作原理如下所述。

假设 U_2 为变压器次级交流电压,在 U_2 的正半周期间,变压器次级为上正下负,二极管 D_1 、 D_3 因正偏导通;电流由 1 端流出,经 D_1 、 R_L 和 D_3 回到变压器 2 端,在负载上得到“上正下负”的电压,此时, D_2 和 D_4 因反向而截止,波形如图 2-10 (a) 所示。请读者注意电流的方向和通路。

在 U_2 的负半周期间,变压器次级为上负下正,二极管 D_2 、 D_4 导通, D_1 、 D_3 截止;电流由 2 端流出,经 D_2 、 R_L 和 D_4 回到变压器 1 端,在负载上得到的还是“上正下负”的电压。可见在 U_2 的整个周期内 D_1 、 D_3 工作半周, D_2 、 D_4 工作半周,两组轮流导通,在负载上总是得到上正下负的单向脉动直流电压,其波形变化如图 2-10 (b) 所示。

当在负载两端并接上电容器滤波时,其输出电压更加平稳。其输出电压波形如图 2-10 (c) 中实线所示。

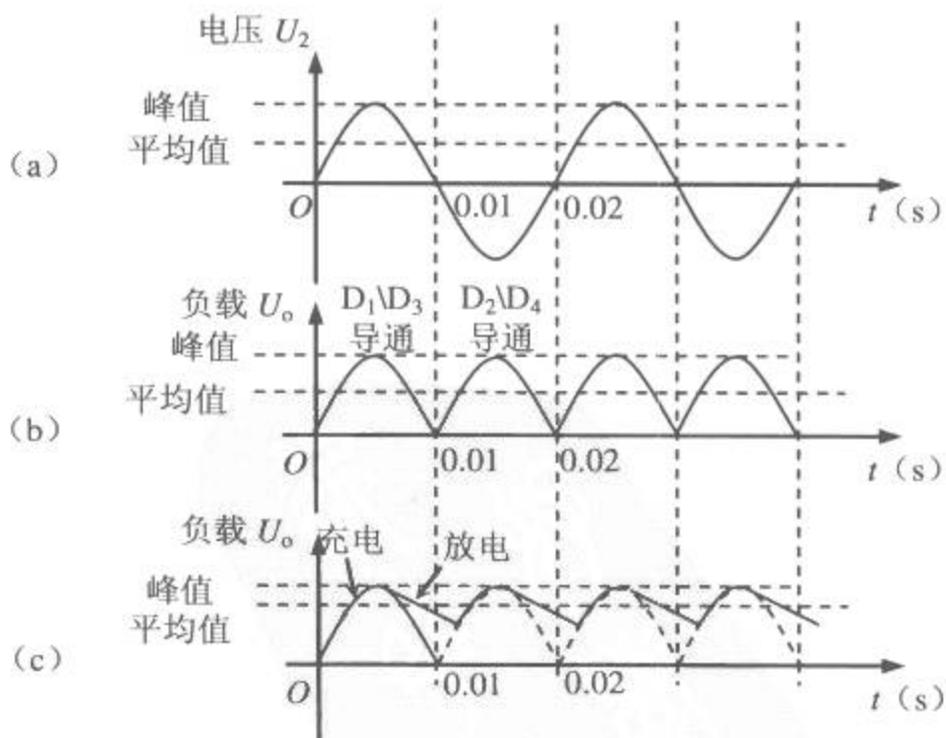


图 2-10 桥式整流及滤波波形图

桥式整流及滤波电路的特点是脉动减小,电源利用率提高。桥式整流电路的输出电压在无电容时约为 $0.9U_2$;桥式整流后的滤波电路同于单相滤波电路,滤波后的输出电压为 $U_o = \sqrt{2} U_2$ 。



2.1.4 整流滤波电路的常见故障及检测

1. 整流滤波电路的常见故障

(1) 整流管常见故障

整流管常见故障主要有:

① 整流管击穿短路,使变压器次级电流增大,通过变压器引起初级电流增大,致使变压器过热烧毁或使变压器前接的保险烧断,输出电压为 0。

② 整流管正向电阻变大,使输出电压降低。

③ 整流管反向电阻变小,使输出电压降低,同时使变压器过热,烧毁保险。

④ 整流管开路,输出电压为 0。

(2) 滤波电容器常见故障

滤波电容器常见故障主要有击穿短路、漏电、容量减小。

① 滤波电容器击穿短路,故障同整流管击穿短路。

② 滤波电容器容量减小,使输出电压脉动成分增大,平均输出电压降低。

③ 滤波电容器漏电,使输出电压降低,同时使变压器过热,烧毁保险。电容器本身也会因过热发生爆裂。

2. 整流滤波电路常见故障的检测方法

整流滤波电路常见故障的检测方法主要有电阻检测法和电压检测法。

(1) 电阻检测法

具体检测方法参考第 2 章的内容。

(2) 电压检测法

01 万用表功能旋钮选择在直流电压挡,用万用表的红表笔接滤波电容器的正极,黑表笔接电容器的负极,给整流滤波电路通电,读取所测数据。

02 将万用表功能旋钮选择在交流电压挡,表笔不分极性,分别接在变压器次级两端,读取数据。

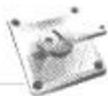
03 比较两次测得的值。半波整流滤波输出直流电压约等于交流电压,桥式整流滤波输出电压约等于交流电压的 $\sqrt{2}$ 倍。对比结果符合上述规律,说明整流滤波电路正常;如果测得直流电压值为 0,而有交流电压 U_2 ,则有两只整流管开路;如果测得直流电压值约等于交流值的 $1/2$,说明电容器开路。

对桥式整流及滤波电路来说,如果测得直流电压值为 0,而交流电压为 U_2 ,说明至少有两个整流管开路;如果测得直流电压值约等于交流值 U_2 ,说明电容器开路。若测得直流电压值介于 $U_2 \sim \sqrt{2} U_2$ 之间,说明电容器容量不足。

2.2

基本放大电路

放大电路也叫放大器,是电子设备中最基本的单元电路。在学习放大电路之前,我们先了解



一下基本放大电路的组成、元器件的作用及放大原理，明确一些基本概念，如多级放大器的级间耦合方式及特点、功率放大器等，然后简要介绍由场效应管构成的放大电路，最后介绍用三极管构成的开关电路。

2.2.1 基本放大电路的组成

基本放大电路是由三极管、电阻、电源、耦合电容及负载等构成的。如图 2-11 (a) 所示为电路原理图，三极管是放大电路的核心元件，担负着放大电流的作用。在描绘电路图时习惯用图 2-11 中 (b) 所示形式，不再画出电源符号。

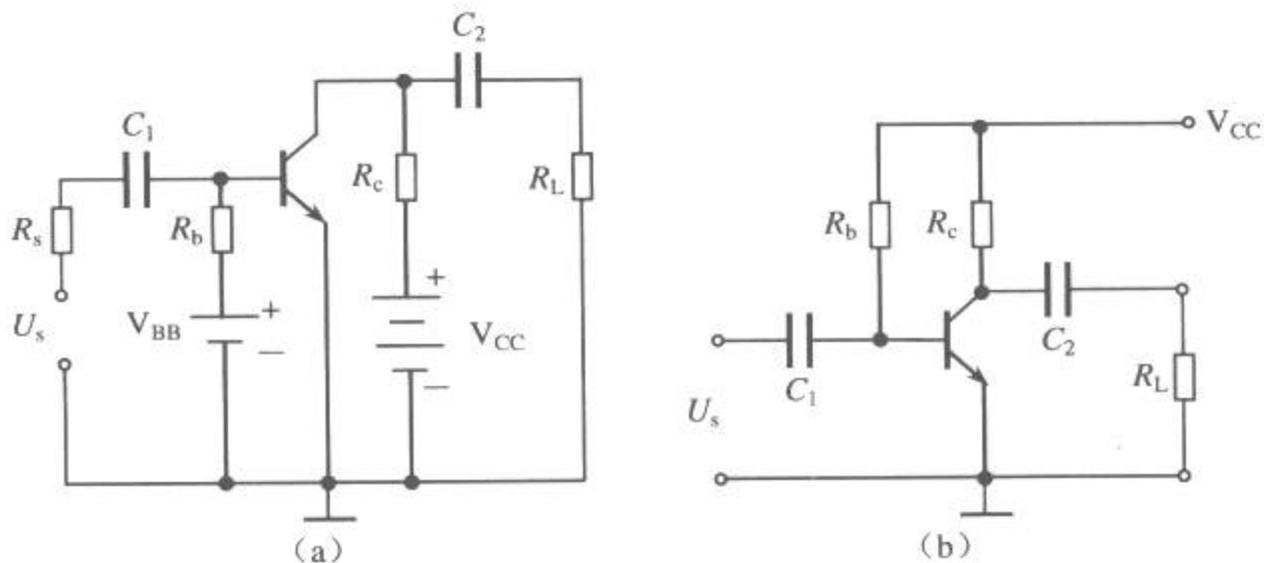


图 2-11 基本放大电路的组成原理图

基本放大电路中各元件的作用如下：

V_{BB} 是基极偏置电源， V_{CC} 是集电极偏置电源，它们使三极管具备放大条件。 R_b 叫作基极偏置电阻，通过 V_{BB} 可为三极管提供合适的基极电流 (I_b)，这个电流通常叫基极偏置电流。 R_b 过大或过小都会造成三极管不能正常起到放大作用。

R_c 是集电极负载电阻，一方面给集电极提供适当的直流电位（静态电位），还能防止 I_c 过大使三极管过热而损坏，另一方面通过它可将电流变化转变为电压变化。

C_1 和 C_2 为隔直耦合电容器。我们已经知道电容器对高频信号呈短路（电阻很小），对直流信号呈现为高电阻，相当于不通（直流电被隔断）。电路图中“ \perp ”表示“接地”，通常与电源的负极相接。它并不是指土地的地，而是表示电路的参考“零”电位，只表示电路中各点电压的公共端点。这是一个很重要的概念，在对电路测量电压时大多是以地为参考点的。

在实际应用电路中，使用两个电源很不方便，一般从 V_{CC} 中通过电阻分压获取 V_{BB} ，即使用同一个电源，这时要适当改变 R_b 的阻值，以提供合适的 I_b 。

输入端（输入回路）接信号源电压 U_s ， R_s 表示信号源内阻，输入信号电压为 U_i ；输出端（输出回路）接负载电阻 R_L ，输出电压为 U_o 。

2.2.2 共射放大电路

1. 固定偏置放大电路

固定偏置放大电路的结构如图 2-12 所示。当电路接通时，就有 I_b 和 I_c 产生，并且 I_b 是





固定不变的, $I_b = (V_{CC} - U_{be}) / R_b$, 又 $U_{be} = 0.6 \sim 0.7V$, 因此 $I_b \approx V_{CC} / R_b$, $I_c = \beta \times I_b$, 知 I_c 受 I_b 控制变化。 $I_e = I_b + I_c$, 这是三个电流一定要满足的。 I_c 流过 R_c 产生压降, 可得集电极电压 $U_c = V_{CC} - I_c \times R_c$ 。

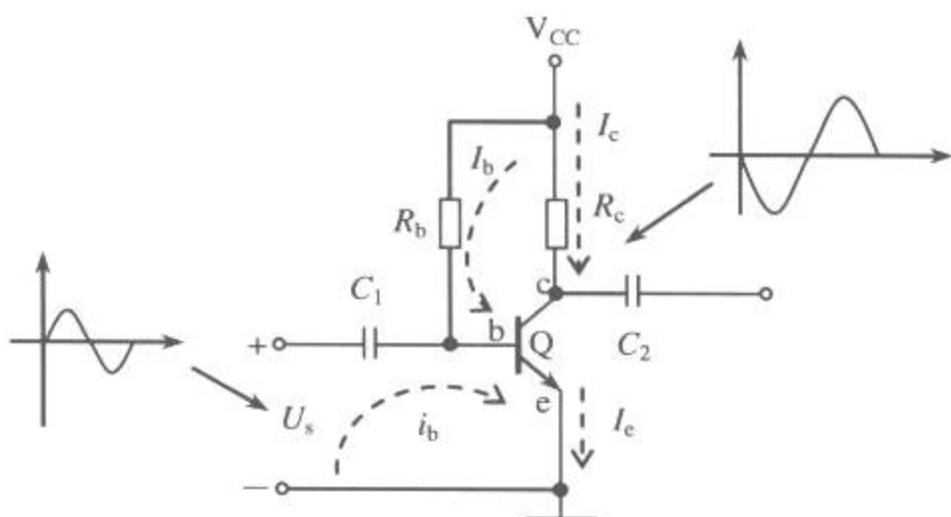


图 2-12 固定偏置放大电路图

固定偏置放大电路的电压放大工作原理为:

在输入端加上正弦波信号源后, 信号源电压 (U_s) 通过电容器 C_1 、三极管的 b-e 结形成的回路产生信号电流 i_b , 信号电流是随信号内容变化的。

在信号电压的正半周, 信号电流 i_b 通过电容器 C_1 、三极管的 b-e 结回到信号源的负极, 对电容器 C_1 充电, 其充电电流就是信号电流 i_b , 加到 I_b 上使基极电流增大为 $I'_b = i_b + I_b$ 。由三极管的电流放大原理可知, I_c 增大为 $I'_c = \beta \times I'_b$, 此时集电极电压 $U_c = V_{CC} - I'_c \times R_c$ 。

在信号电压的负半周, 信号电流 i_b 使 I_b 减小, 同时 I_c 也减小, U_c 跟着减小。

这里还要注意, 集电极输出的信号波形与输入信号波形是相反的, 也就是呈反相。所以该放大器又称为反相放大器。这种放大电路由于基极偏置电流是由固定电阻 R_b 提供的, R_b 的阻值确定后, I_b 和 I_c 就确定了, $I_b = V_{CC} / R_b$, 所以属于固定偏压放大电路。另外, 环境温度变化, 电源电压波动, 元件老化等因素, 都会使其原来设置好的静态工作点 (偏置电流) 发生改变, 从而影响放大器的正常工作。比如, 温度上升时, 三极管的穿透电流增大, 会导致电路不能正常工作。

2. 分压偏置放大电路

分压偏置放大电路的结构形式如图 2-13 所示。

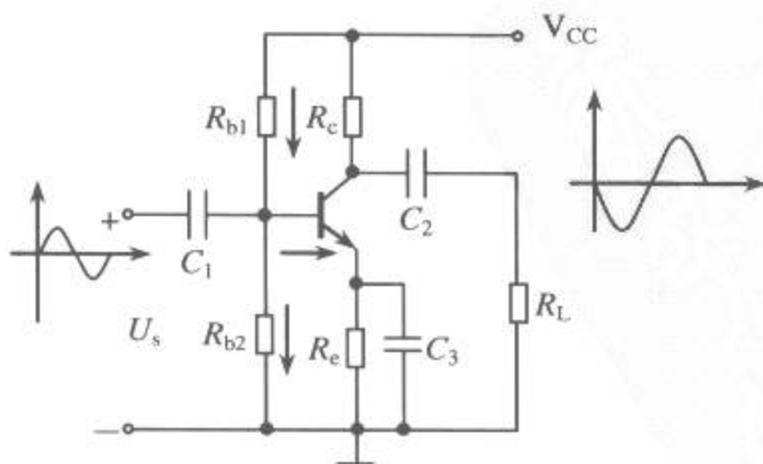
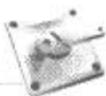


图 2-13 分压偏置放大电路



该电路中, R_{b1} 、 R_{b2} 对电源电压串联分压得到 $U_b = V_{CC} \times R_{b2} / (R_{b1} + R_{b2})$, 可知, 基极电压 U_b 不随温度发生变化, 且有

$$\begin{aligned} U_e &= U_b - 0.7V \\ I_e &= U_e / R_e \\ I_c &\approx I_e \\ U_{ce} &= V_{CC} - I_c \times (R_c + R_e) \end{aligned}$$

分压偏置放大电路的放大原理与固定偏置放大电路相同, 即变化的 U_o 通过负载 R_L 对电容 C_2 充电、放电, 在 R_L 上得到被放大的信号。

2.2.3 共集电极放大电路

共集电极放大电路原理图如图 2-14 所示。

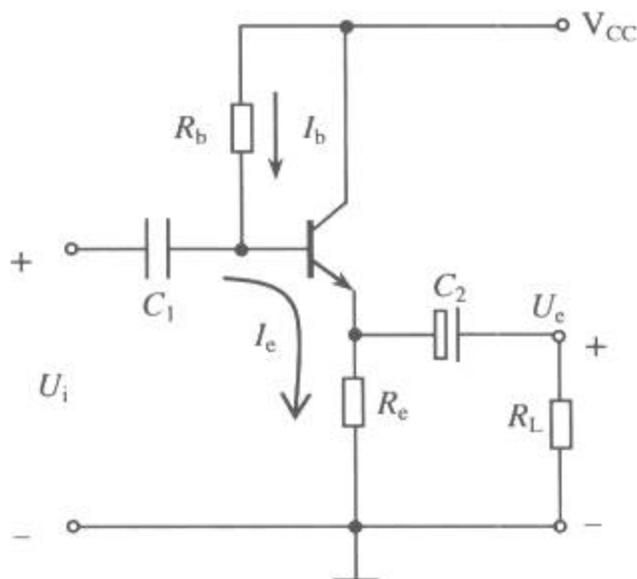


图 2-14 共集电极放大电路

与共射放大电路不同的是, 共集电极放大电路中三极管集电极上没有接电阻。输入信号为 U_i , 输出信号从 R_e 两端取出。

共集电极放大电路的特点是, 偏置固定, 由 R_b 、 R_e 和三极管的 b-e 结内阻决定了基极电压 U_b 。从固定偏置上可看出, 输出电压 U_e 在任何时候都比 U_b 低 $0.6V$ 。所以该电路的电压放大倍数略小于 1。因此该电路又叫射极跟随器、射极输出器或电压跟随器。电路中的电流满足 $I_c = \beta \times I_b$, 与前述电路相同。

该电路虽然没有电压放大能力, 但仍有较大的电流放大能力, 这是该电路的最大特点。也正因为这个特点, 绝大多数电子设备中都使用该电路来带动负载。

2.2.4 共基极放大电路

共基极放大电路原理图如图 2-15 所示。

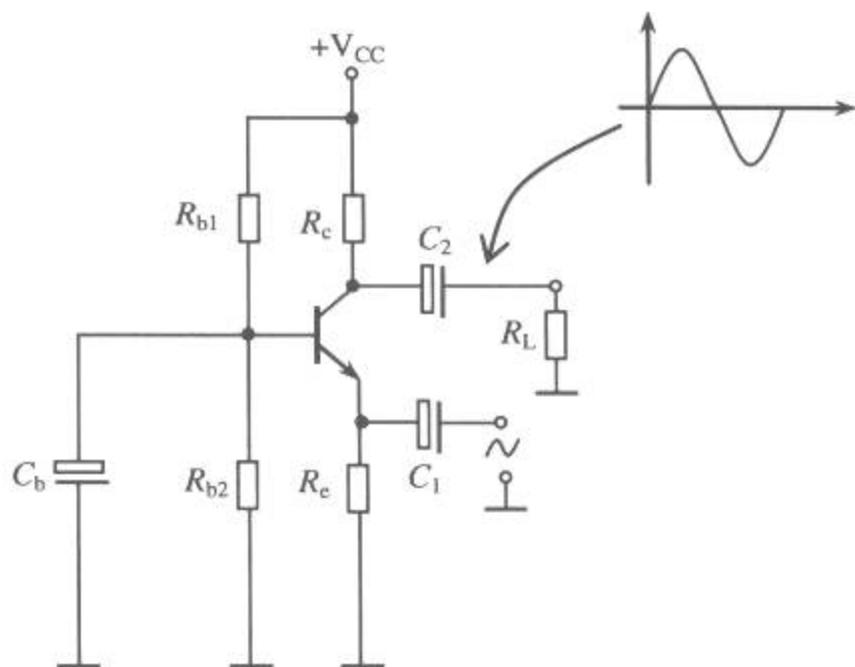


图 2-15 共基极放大电路

共基极放大电路的特点是：基极由电容器 C_b 接地，用以稳定基极电压。信号通过 C_1 由发射极输入，被放大的信号从集电极经 C_2 输出。

共基极放大电路的放大原理请读者自行分析。

2.2.5 基本放大电路的故障分析与检修

下面我们以共射放大电路中的分压偏置放大电路为例，来介绍基本放大电路的故障分析与检修。

1. 电路静态工作点

下面我们先了解电路的静态工作点，如图 2-16 所示，设图中电阻 $R_{b1}=33k\Omega$ ， $R_c=3.3k\Omega$ ， $R_{b2}=10k\Omega$ ， $R_e=1.5k\Omega$ ， $R_L=5.1k\Omega$ 。电源电压为+24V。

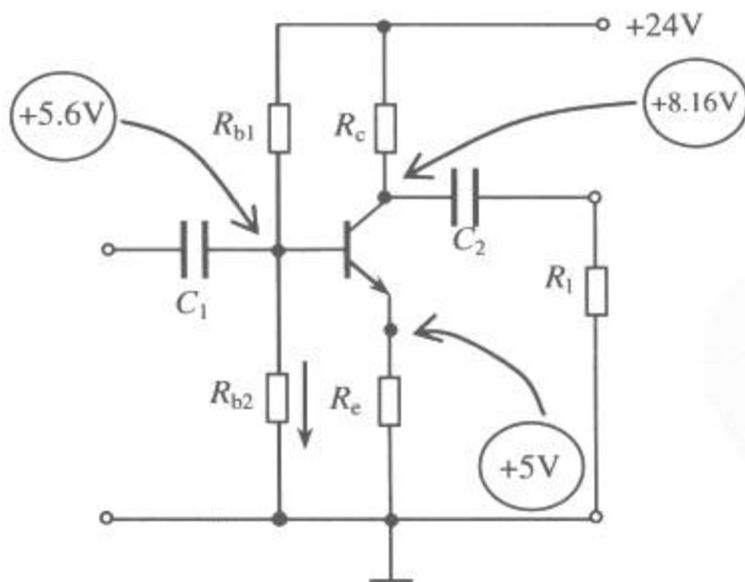
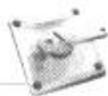


图 2-16 分压偏置放大电路原理图

对所给电路进行分析可得，该电路的静态工作点为



$$U_b = V_{CC} \times R_{b2} / (R_{b1} + R_{b2}) = \frac{24V \times 10k\Omega}{33k\Omega + 10k\Omega} \approx 5.6V$$

$$U_c = U_b - U_{be} = 5.6V - 0.6V = 5V$$

$$I_c = I_e = U_c / R_e = \frac{5V}{1.5k\Omega} \approx 3.3mA$$

$$U_c = V_{CC} - I_c \times R_c = 24V - 3.3mA \times 3.3k\Omega \approx 13V$$

$$U_{ce} = V_{CC} - I_c \times R_c - I_e \times R_e = V_{CC} - I_c (R_c + R_e) = 24V - 3.3mA \times (3.3k\Omega + 1.5k\Omega) = 8.16V$$

2. 放大电路的故障检测

检查放大电路的故障，主要是检查三极管的三个电极的电压是否正常。具体检查的方法有测量电压法、模拟检测法、测量电阻法等。

(1) 测量电压法

选择万用表电压挡合适量程（这里选择电压 20V 挡），黑表笔接地，红表笔依次接到三极管的基极、发射极和集电极，然后分别得到三个电压，即 U_b 、 U_e 和 U_c ，用这三个电压与正常值比较，通过分析推断，确定故障元件。

有时需要测量 U_{ce} 和 U_{be} ，用黑表笔接发射极，红表笔接集电极，测得的结果为 U_{ce} ($U_{ce} = U_c - U_e$)；用黑表笔接发射极，红表笔接基极，测得的值为 U_{be} ($U_{be} = U_b - U_e$)。用所测得的结果与正常值比较，推断出损坏元件。对电路的检测一般用测量电压法，几乎不用测量电流法。

故障判断方法如下：

① 假设 R_{b1} 开路，则三极管基极没有偏置电压，即 $U_b = 0$ ，由此引起 $U_c = 0$ ， $I_c = I_e = 0$ ， $U_{ce} = 24V$ （电源电压）。当用万用表检测到 $U_b = 0$ ，而 $V_{CC} = 24V$ 时，就可以毫无疑问地判定 R_{b1} 开路。

② 假设 R_{b2} 开路，则 I_b 通路发生改变，为 $V_{CC} \rightarrow R_{b1} \rightarrow b-e$ 结 $\rightarrow R_e \rightarrow$ 地，基极电流必然增大。此时 I_c 将增大，三极管饱和（c-e 结内阻很小， U_{ce} 低于 0.1V）， $U_c = U_e = 7.2V$ ，三极管必然发热严重。

③ 假设 R_c 开路， R_c 开路不会影响到 U_b ，只会造成 $I_c = 0$ ，理论上 U_c 就该为 0V，但在测量电压时，三极管的 b-c 结通过万用表的内阻正向导通，测得与 U_b 约相等的电压，实际测量的值等于 U_b 。若 U_e 正常，可断定 R_c 开路。

④ 假设 R_e 开路，也不会影响 U_b ，因 $I_b = 0$ ， $I_c = I_e = 0$ ， $U_c = V_{CC}$ ， $U_e = U_b$ 。实际测量的结果如果是这些值，就说明 R_e 开路。

⑤ 假设三极管的 b-e 结击穿短路 ($U_{be} = 0V$)，则 $U_b =$ 正常值 (5.6V)， $U_e = U_b$ ， $U_c = V_{CC}$ ；若 b-e 结断路，则 $I_b = 0$ ， U_b 正常， $U_e = U_b$ ， $U_c = V_{CC}$ 。

⑥ 假设三极管的 c-e 结击穿短路，不影响 U_b 和 U_e ，造成 $U_{ce} = 0V$ ， $U_c = U_e = 7.5V$ （即 R_c 与 R_e 的串联分压值）；c-e 结开路， U_b 、 U_e 正常， $U_c = V_{CC}$ 。

通过对 U_b 、 U_c 、 U_e 测量，用这三个数据与正常值比较，可分析推断出损坏元件。在许多的电路中，在 R_{b1} 和 R_e 上还并接了电容器。电容器开路不影响直流偏置，但可能会影响到信号的耦合，使信号的幅度减小，放大量不够或者产生干扰等；若是电容器漏电或击穿短路，故障情况与上述电阻损坏情况相似。

(2) 模拟检测法

模拟检测法就是人为地给电路加一个信号，检查电路是否正常的一种检查方法。模拟检



测法的原理是：短路 b-e 结，使 I_b 人为地等于 0， I_c 也就等于 0，三极管截止， U_c 升高到电源电压值。

具体检测方法为：在检测 U_c 电压的同时，瞬间短路三极管的 b-e 结，观察 U_c 是否变化，若变化，则电路正常；否则该电路有故障。

(3) 测量电阻法

测量电阻法是用万用表电阻挡依次检查各个电阻以及三极管是否正常。这种方法因不通电，检查时比较安全。但因电路中还并接有其他元件，所测电阻值往往不准确，实际测得的值偏小，有时需要拆下元件的一只引脚，才能测出实际值。

2.3

多级放大电路

2.3.1 多级放大电路的组成

多级放大电路是由若干个单级放大电路串联起来构成的。单级放大电路的放大倍数不大，一般不超过 200，在实际应用的电子设备中，放大倍数往往要高达成千上万，这样单级放大电路就不能胜任，需要把若干个单级放大电路串联起来构成多级放大电路，多级放大电路形式如图 2-17 所示。

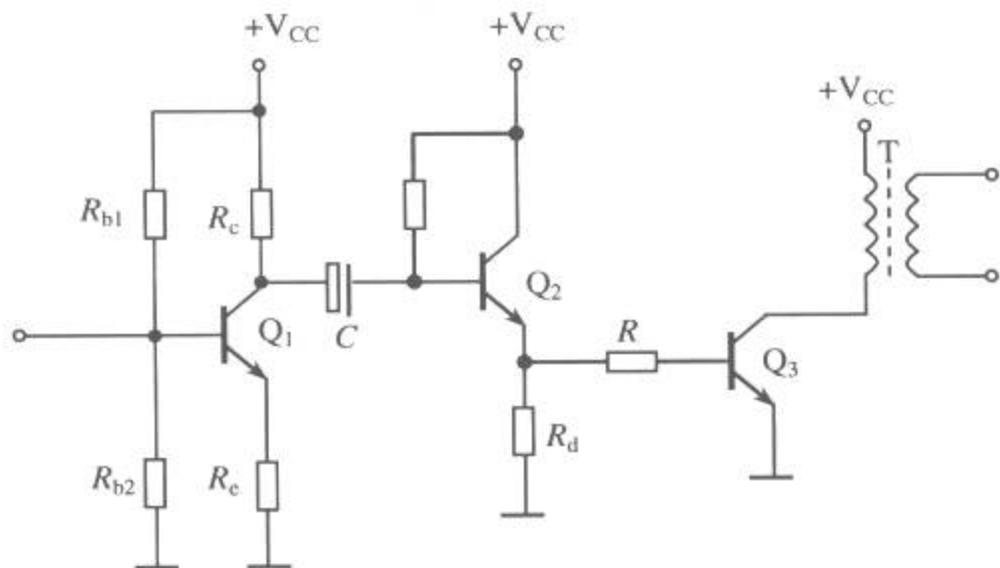


图 2-17 多级放大器原理示意图

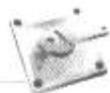
该形式的放大电路中，信号在 Q_1 和 Q_2 二级放大电路间通过电容器 C 传递，信号在 Q_2 与 Q_3 两级间通过电阻 R 传递，经 Q_3 放大的信号由变压器 T 输送到下级。

2.3.2 信号在多级放大器之间的传递

信号在多级放大器之间的传递称为耦合，耦合的方式有直接耦合、阻容耦合、变压器耦合三种，下面我们逐一介绍它们的特点。

1. 阻容耦合

阻容耦合就是用电容器和电阻将前后两级放大器连接起来，例如图 2-17 所示电路中的 Q_1 与



Q_2 之间的电容器。

阻容耦合的特点为：

- (1) 前后各级工作点互不影响，方便检修。
- (2) 由于电容器对低频信号的衰减大，不适合传送变化缓慢的信号。
- (3) 由于电容的体积较大，不能集成化。

2. 直接耦合

直接耦合就是将前级与后级直接连接或中间串联小阻值电阻。如图 2-17 中 Q_2 和 Q_3 之间的电阻 R (很多电路不用电阻)。

直接耦合的特点为：

- (1) 元器件少，便于集成。
- (2) 前后级工作点互相影响，任一级有问题，整个电路的工作点都将发生变化；易产生“零漂”。“零漂”就是输入级短路（无信号输入）时，输出端直流电压出现缓慢变化。“零漂”对放大电路非常有害。

3. 变压器耦合

变压器耦合是利用变压器将前后两级连接起来，信号通过变压器在两级之间传送。如图 2-17 中的 T。

变压器耦合的特点为：

- (1) 能够进行阻抗变换，前后级工作点互不影响。这是它的最大优点。
- (2) 因变压器体积稍大，不能集成，频率特性差。

2.4 低频功率放大器

前面讲的放大器一般属于电压放大器，任务是将微弱的信号进行电压放大。其输入和输出的电压电流都比较小，不能直接驱动功率较大的设备。为满足要求，这就需要在放大器的末级增加功率放大器。功率放大器的任务是放大信号的功率（电压和电流都要放大），因此属于大信号放大器。

在这一节中，我们将介绍电子设备中常用的几种功率放大器。

2.4.1 双电源互补对称功率放大器 (OCL 电路)

OCL 电路的电路组成如图 2-18 所示。该电路主要由 Q_1 (NPN 型) 和 Q_2 (PNP 型) 及负载构成，采用正、负相等的两组电源供电，信号为 U_i ，从两管的基极输入，负载为 R_L ， Q_1 又称为上功率管， Q_2 称下功率输出管。

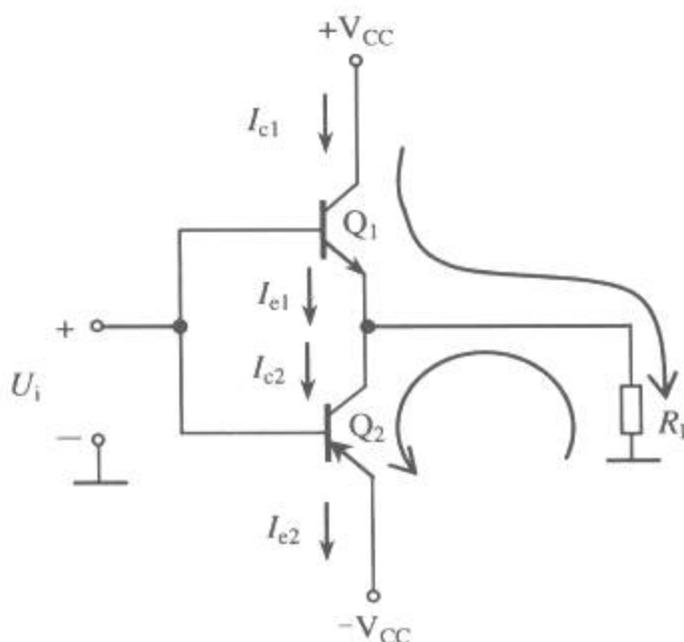


图 2-18 OCL 电路原理图

OCL 电路的工作原理为：当信号电压为正半周时， Q_1 正向导通， Q_2 截止， V_{CC} 通过 Q_1 的 c-e 结，流过负载，在负载上得到放大的正半周信号；当信号电压为负半周时， Q_1 截止， Q_2 正向导通， $-V_{CC}$ 通过负载和 Q_2 的 e-c 结到负电源，在负载上得到放大的负半周信号；正负半周信号在负载上合成为全波。两管交替工作，互为补充，所以该电路称为互补对称电路。

这种电路输出功率大，效率高，应用广，在显示器中主要用在场输出集成电路以及平行四边形校正电路中。

2.4.2 单电源互补对称功率放大器 (OTL 电路)

由于 OCL 电路需要两个电源，在某些场合使用多有不便，为此，可采用单电源供电的互补对称功放电路，又称 OTL 电路。如图 2-19 所示即为 OTL 电路原理图。图中， Q_3 为前置放大管， Q_1 、 Q_2 组成互补对称输出级， D_1 、 D_2 提供偏置，并有温度补偿作用。 C_1 为信号输入耦合电容， C_L 为输出耦合电容。 R_1 、 R_2 、 R_3 提供偏置，A 点为功放中点，其正常工作电压为 $V_{CC}/2$ 。 C_L 容量很大，相当于一个 $V_{CC}/2$ 的电源。

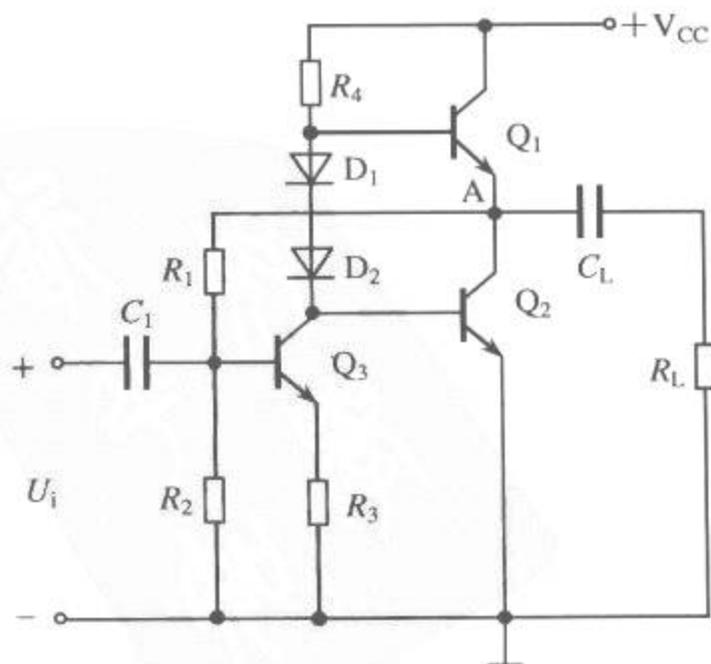
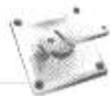


图 2-19 OTL 电路原理图



OTL 电路的工作原理是：在 U_i 的负半周， Q_3 导通程度减弱，集电极电压升高，引起 Q_1 导通加强， Q_2 截止。 V_{CC} 经过 Q_1 、 R_L 对 C_L 充电，其充电电流在负载 R_L 上产生自上而下的电流 (i_{c1})，在负载上形成输出电压 U_o 。正半周。同时，电容 C_L 被充上了左正右负的电。在 U_i 的正半周， Q_3 导通程度增大， Q_1 截止， Q_2 导通， C_L 上的电压经 Q_2 、 R_L 放电，其放电电流在负载 R_L 上产生自下而上的电流 (i_{c2})，在负载上形成输出电压 U_o 。负半周。其结果是在负载上得到放大的输出信号 U_o 。

该电路存在动态范围小、最大输出电压幅值不够的问题。当 Q_3 集电极电压升高时， Q_1 因基极电位升高而导通，导通越强，中点电压升上越多，这样会使正偏电压 V_{be1} 下降， Q_1 动态范围变小，最大输出电压偏小。解决办法是增加一个自举电容 C_2 和电阻 R_5 ，如图 2-20 所示即为增加电容和电阻后的 OTL 电路原理图。

加入 C_2 后，由于其容量较大，其两端电压可视为不变。当 Q_1 导通使中点电压升高时， C_2 正极电压也跟着升高，使 Q_1 基极电位升高而获得正常偏压，保证了 Q_1 的大电流输出。电阻 R_5 为隔离电阻，将电源与隔开，使 C_2 上自举的电压不被电源吸收。由于加入电容器 C_2 和电阻 R_5 后使 Q_1 基极电位自动升高获得正常偏压，所以，电容 C_2 和电阻 R_5 组成的电路又称为自举电路， C_2 称为自举升压电容。OTL 电路原理图。该电路被广泛应用于显示器、彩电场输出电路及各种音频功率放大电路。

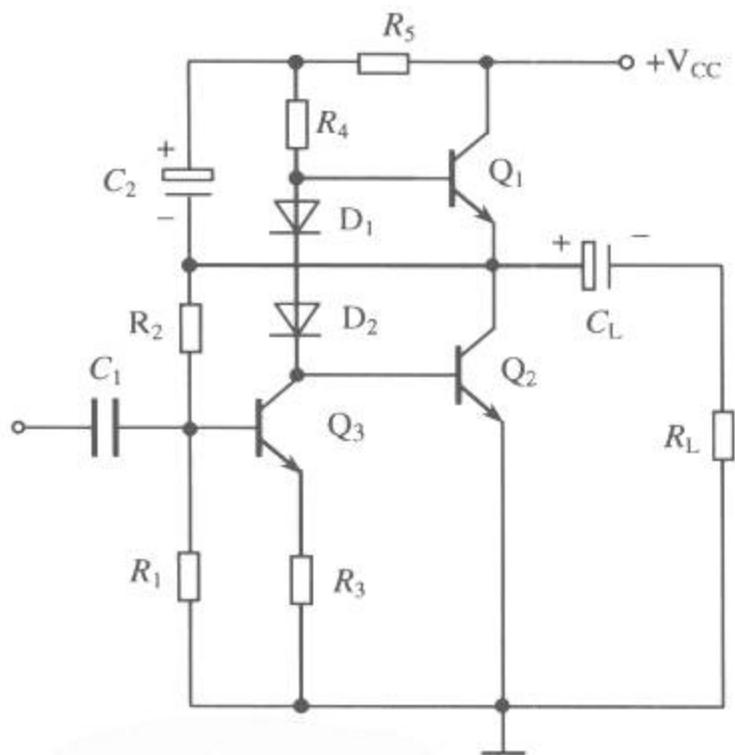


图 2-20 增加电容和电阻后的 OTL 电路原理图

2.4.3 OTL 电路故障检修

OTL 电路应用极为普遍，我们这里对该功率放大器的检修做一些相关介绍。常见故障现象为中点电压不正常。易损坏元件主要有上功率输出管和下功率输出管及自举升压电容器。

OTL 电路与 OCL 电路都是直接耦合，直流工作点互相影响，电路中任何一个元件发生故障都会使中点电压不正常。

OTL 电路故障的检修方法为：在加电情况下检测中点电压，如电压不正常，说明电路中有损坏的元件，需要断电，用检测电阻法逐个检查电路的每个元件。

2.5

简单稳压电路

在许多电子设备中，通常都需要电压稳定的直流电源。在本章第一节已讲过，通过整流滤波后得到的电压仍为不稳定的三角波形，会随电网电压产生波动，同时电子设备工作时负载电流的变化及温度的变化等，都会引起输出电压不稳定，这将严重影响设备正常工作。为了使电子设备能正常稳定地工作，就要配置专门的直流稳压电源。本节主要讲述简单的直流稳压电源。

稳压电源电路的形式主要有两种：一种是并联型，将调整元件与负载并联，如图 2-21 (a) 所示；另一种是串联型，将调整元件与负载串联，如图 2-21 (b) 所示。

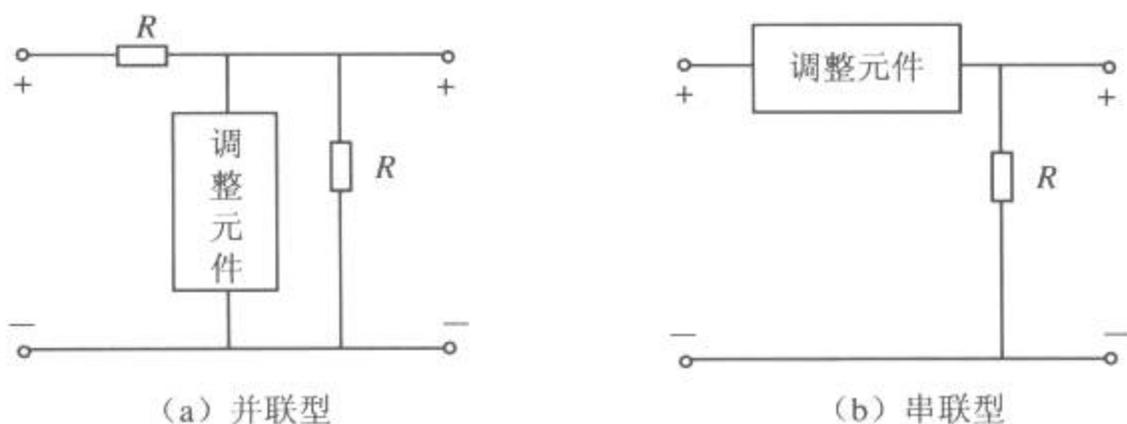


图 2-21 稳压电路的两种形式

2.5.1 稳压二极管构成的稳压电路

如图 2-22 所示为稳压二极管作调整元件构成的稳压电路。电路中调整元件采用硅稳压二极管，供电电压经电阻 R 限流后，在负载上并联稳压二极管。这里输出的稳定电压由稳压管的稳压值决定。下面分两种情况对稳压二极管构成的稳压电路工作过程进行分析。

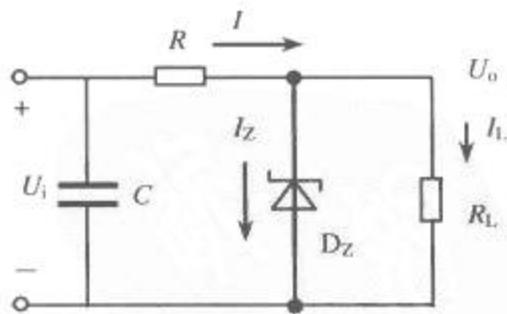


图 2-22 稳压二极管构成的稳压电源

1. 负载电流不变、输入电压变高时的稳压过程

当输入电压升高时，输出电压也略增大，稳压管的工作电流 (I_Z) 将增大，使流过限流电阻 R 的电流也增大，同时电阻 R 上电压降也增大，而输出电压 $U_o = U_i - U_R$ ，由 U_R 增加， U_o 必减小，从而保持输出电压 U_o 基本不变。



2. 输入电压不变、负载电流变化时的稳压过程

当负载电流增大时，在 R 上的压降增大，引起输出电压 U_o 减小，由于稳压管的工作电流 I_Z 也减小，所以最后通过 R 的电流基本不变。

稳压二极管构成的稳压电路的优点是电路简单、稳压效果好，但是输出电压值不能调整，且输出电流小。

2.5.2 简单串联稳压电源

1. 电路组成

电路如图 2-23 所示，由三极管 Q 、电阻 R 、稳压二极管 D_Z 组成稳压电源。 U_i 为输入电压， U_o 为输出电压。电阻 R 为稳压二极管提供基础电流，稳压二极管提供基准电压 V_Z ，三极管 Q 为调整元件。从电路中可以得到

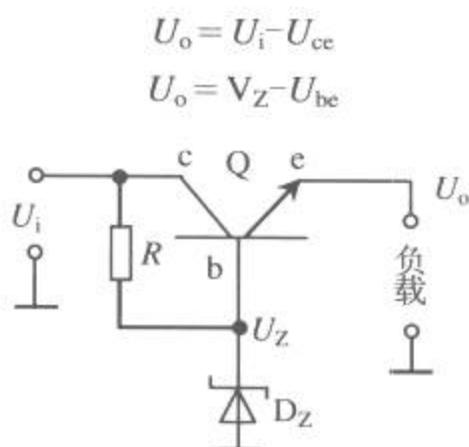


图 2-23 简单串联稳压电源

2. 工作（稳压）原理

若输入电压 U_i 升高，可能会引起输出电压升高，稳压电源电路将通过自动调整使输出电压降低，保证稳定输出电压。原理简述如下：当 U_o 升高时，根据 $U_o = V_Z - U_{be}$ ， V_Z 不变，因此 U_{be} 下降；又根据三极管的特性， U_{be} 降低使三极管基极电流 I_b 减小，三极管导通程度降低， I_c 减小，使 U_{ce} 升高；根据 $U_o = U_i - U_{ce}$ 可知， U_o 也将降低，从而使输出电压稳定。其稳压控制过程可简述为

$$U_i \uparrow \rightarrow U_o \uparrow \rightarrow U_{be} \downarrow \rightarrow I_b \rightarrow I_c \downarrow \rightarrow U_{ce} \uparrow \rightarrow U_o \downarrow$$

相反，当输入电压降低时，输出电压可能降低，其稳压控制过程与上述相反。

当负载变重时，会引起输出电压降低；当负载减轻时又会使输出电压有所升高。同样，稳压电源都会通过自动调整使输出电压得到稳定。

从稳压过程可看出，稳压电源由取样环节、基准电压源、比较环节及调整环节等部分组成。输出电压 U_o 被用作样品（取样），与基准电压比较，产生的误差就是 U_{be} ，三极管 Q 可根据误差电压调整导通程度（改变输出电流），使输出电压稳定。

2.5.3 具有放大环节的稳压电源

1. 电路组成

参看图 2-24 所示。从电路功能上看，该稳压电源是由取样环节、基准电压源、比较环节、



误差放大环节及调整环节组成的。

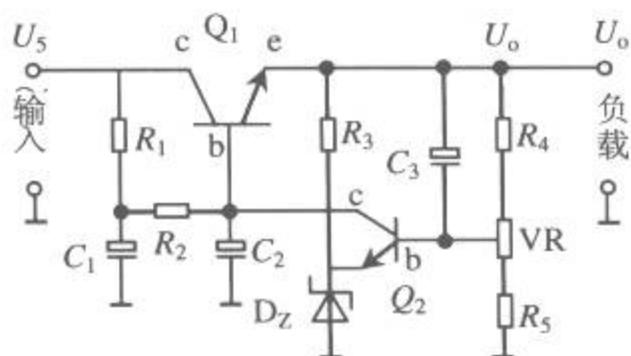


图 2-24 具有稳压环节的直流稳压电源

(1) 取样环节

取样环节由电阻 R_3 、VR 及电阻 R_4 组成。取样环节对输出电压分压，在 VR 的中间端获得样品电压，加到三极管 Q_2 的基极。该电压与输出电压成比例，即

$$U_{b2} = \frac{(R_4 + VR_{\text{下}}) \times U_o}{R_3 + VR + R_4}$$

(2) 基准电压源

电阻 R_2 为稳压二极管 D_Z 提供基础电流，稳压二极管为电路提供基准电压 V_Z 。

(3) 比较放大环节

样品电压 U_b 经三极管 Q_2 的 b-e 结与基准电压 V_Z 相比较，产生误差电压 U_{be} 。误差电压被三极管 Q_2 放大，其导通程度受 U_{be} 控制，流过 Q_2 的集电极电流发生改变 (U_{ce} 改变)。

(4) 调整环节

调整电路由三极管 Q_1 组成。通过控制 Q_1 的基极电流，进而改变 Q_1 的集电极电流，调整 U_{ce} 使输出电压得到控制。

● 提示

$\frac{R_4 + VR_{\text{下}}}{R_3 + VR + R_4}$ 称为分压比，用 n 表示。 $U_b = V_Z + U_{be}(Q_2)$ ，因 V_Z 远远大于 U_{b2} 忽略不计，则

$$\text{输出电压 } U_o = \frac{V_Z}{n}。$$

2. 稳压控制过程

假设负载变重，引起输出电压降低。当输出电压 U_o 降低时，样品电压 U_b 与 U_o 成比例降低，经 Q_2 的 b-e 结电压 U_{be} 与基准电压 V_Z 相比较，因 $U_b = V_Z + U_{be}$ ，产生的误差电压 U_{be} 必将减小；减小的 U_{be} 使误差放大三极管 Q_2 的基极电流 I_b 减小，引起 Q_2 集电极电流 I_c 变小 (U_{ce} 增大)；输入电压 U_i 流经 R_1 进入三极管 Q_1 的基极电流被 Q_2 集电极电流分流减少， Q_2 基极电压升高，使 Q_2 集电极电流增大， U_{ce} 减小；根据 $U_o = U_i - U_{ce}$ ，输出电压 U_o 将升高，结果输出电压被调整升高，弥补负载变重引起的下降，从而使输出电压得以稳定不变。

这一过程可简述如下：

负载重 $\rightarrow U_o$ 降低 $\rightarrow U_b(Q_1) \downarrow \rightarrow U_{be}(Q_1) \downarrow \rightarrow I_b(Q_1) \downarrow \rightarrow I_c(Q_1) \downarrow \rightarrow U_{ce}(Q_1) \uparrow \rightarrow U_b(Q_2) \uparrow \rightarrow I_b(Q_2) \uparrow \rightarrow I_c(Q_2) \uparrow \rightarrow U_{ce}(Q_2) \downarrow \rightarrow U_o \uparrow。$



相反，负载变轻引起输出电压升高时的稳压控制过程正与上述过程相反。

2.5.4 三端集成稳压电源

随着电子技术的发展，稳压电路也实现了集成化，最常见的有三端集成稳压器件，可分为固定式稳压器件和可调式稳压器件。

三端固定式集成稳压器特点是输出电压不可调节，其型号主要有：

- (1) LM78XX 系列，为正电压输入、正电压输出，常见的有 LM7805、LM7809、LM7812 等。
- (2) LM79XX 系列，为负电压输入、负电压输出，常见的有 LM7905、LM7909、LM7912 等。
- (3) LM78XX 系列与 LM79XX 系列输入输出电压幅值相同，但极性不同，管脚排列也不同。
- (4) 与 LM 系列相似的还有 CW78XX 系列，KA78XX 系列等，它们可直接替换使用。

三端固定式集成稳压器型号的后两位数 XX 表示输出稳压值，最大输出电流为 1.5A。如 LM7805 为输出+5V 电压，LM7812 为输出+12V 电压。图 2-25 所示为 KA7805 三端稳压集成器实物图应用电路原理图及实物图。

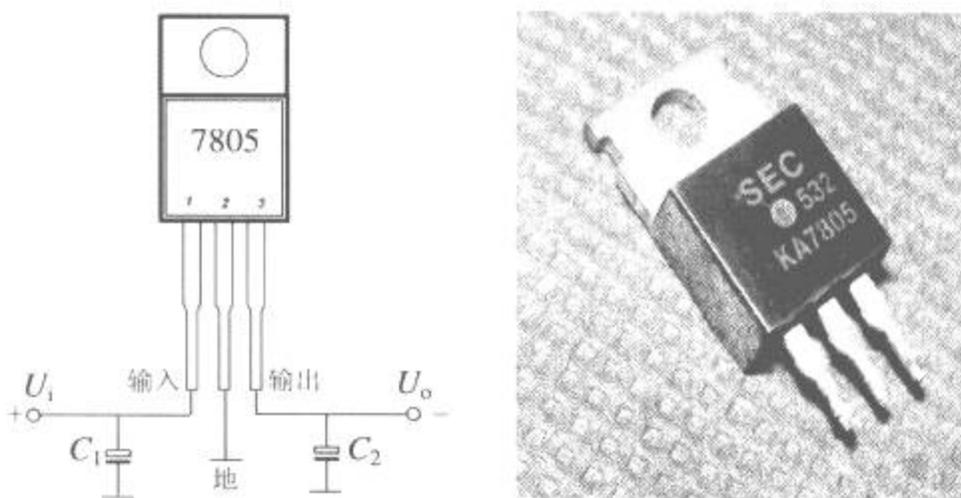
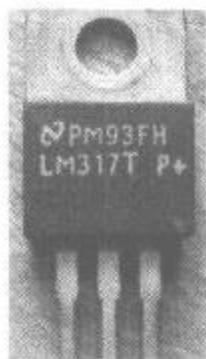


图 2-25 KA 7805 三端稳压集成电路应用图

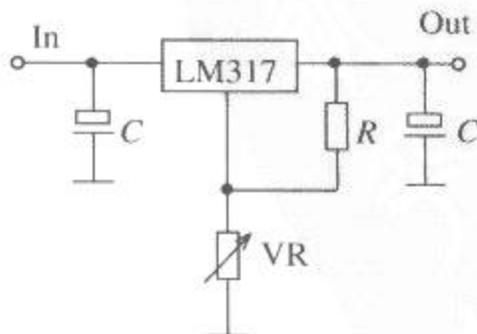
提示

三端稳压集成稳压器输入端电压要大于输出电压时，才能输出规定电压。

常见的三端可调式集成稳压器件有 LM317。LM317 实物图及其应用电路如图 2-26 所示，输出电压由 R/VR 的比值决定，调节 VR 就可改变输出电压。一般情况下，要在 LM317 输入与输出端接入电容器，以稳定输出电压。



(a) LM317 实物



(b) LM317 典型应用

图 2-26 LM317 及其应用电路



2.5.5 三端精密稳压控制器

常应用于电路中的 TL431 就是三端精密稳压控制器，是一种可控精密电压比较稳压器件，相当于一个稳压值在 2.5~36V 间可变的稳压二极管，其外形、符号及内部结构如图 2-27 所示。其中，A 为阳极，K 为阴极，R 为控制极。

TL431 稳压器的的工作原理为：

加到 R 两端的电压 U_{RA} 在 TL431 内部通过比较运算放大器与基准电压 (V_{ref}) 进行比较，当其高于基准电压时，运算放大器输出高电压使内部三极管导通加强（即 I_{KA} 增大），反之， I_{KA} 减小。

TL431 主要用在稳压控制电路中。

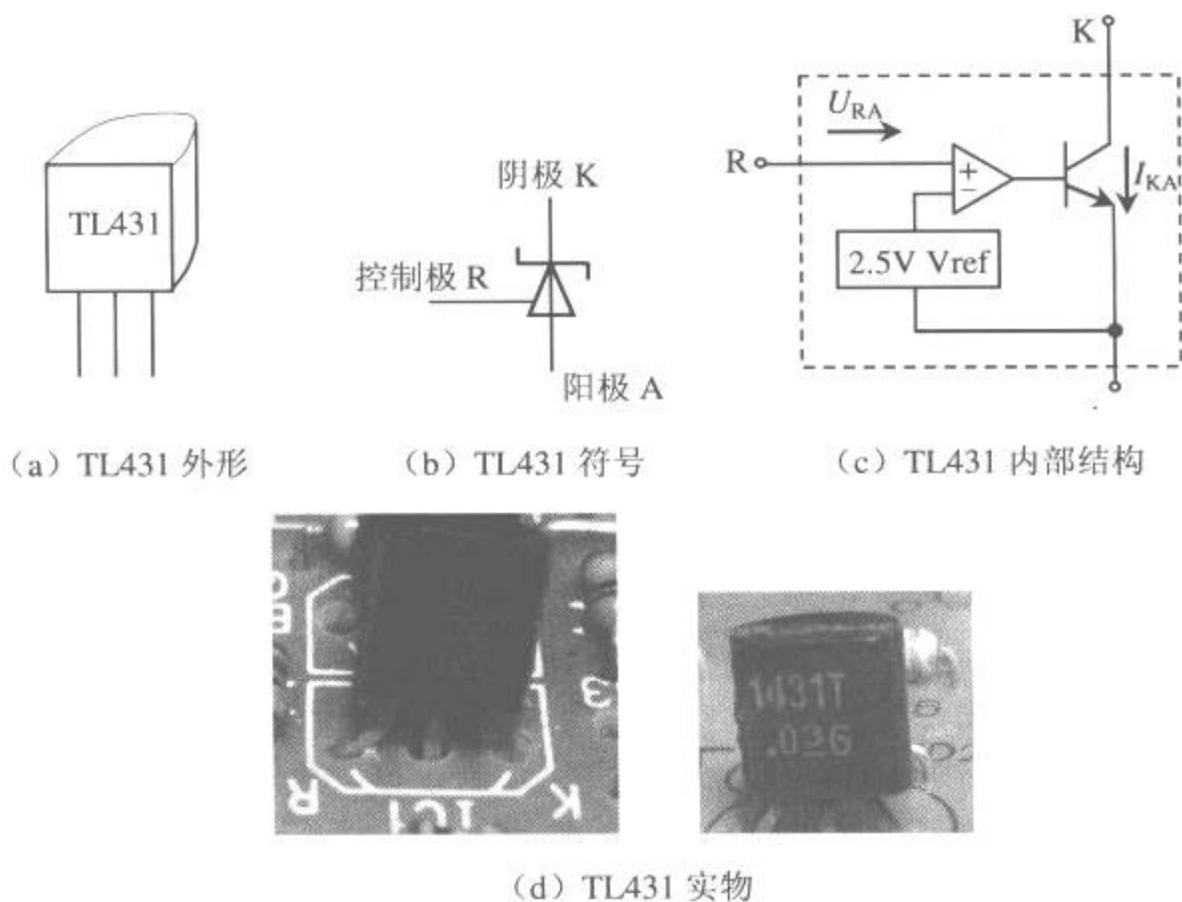


图 2-27 TL431 的外形、符号内部结构

2.6 开关电路

2.6.1 三极管构成的开关电路

三极管构成的开关电路是把三极管的截止与饱和当作机械开关的“开和关”来使用的。当三极管在截止状态时， I_c 为 0，相当于开关“断开”；而在饱和状态时，由于饱和压降很小，相当于开关的“接通”。因此，三极管广泛用做开关器件，主要用在数字电路中。

图 2-27 (a) 所示即为三极管构成的开关电路原理图，当三极管接通 U_1 信号时， U_1 为上负下正，在输入电路中，三极管因 b-e 结反偏而截止，三极管处于截止状态，此时 $I_b=0$ ， $I_c=0$ ，



$U_{ce}=U_o=V_{CC}$ 。三极管的三个电极间相当于开路，等效于图 2-28 (b) 所示的开关符号。

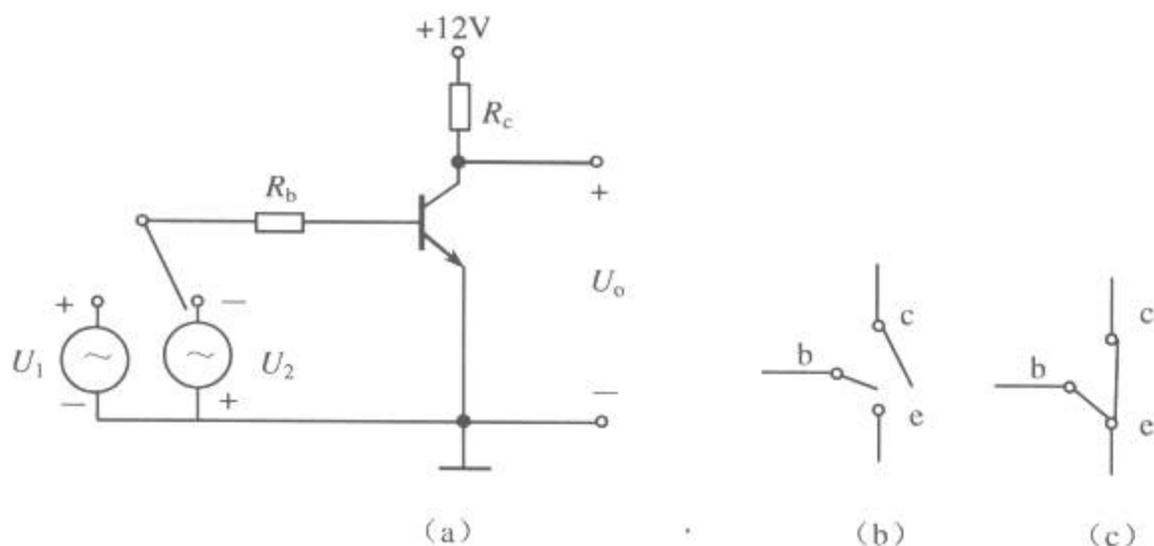


图 2-28 三极管构成的开关电路

当三极管输入 U_2 信号时，三极管处于饱和状态，流过三极管的 I_b 大于等于基极临界饱和基极电流， I_c 不随 I_b 变化， U_{ce} 一般低于 $0.1V$ ，c、e 二极近似短路。三极管此时等效于图 2-28 (c) 所示开关，可见三极管相当于一个由基极电流控制的无触点开关。截止时相当于断开，饱和时相当于闭合。

当三极管用作开关来使用时，三极管从截止到饱和的过程需要一定的时间，在维修代换管子时一定要注意管子的开关参数，如行输出电路中的行输出管对管子的开关时间要求就要高一些。为了加速三极管的开关速度，常在开关电路中的 R_1 上并联一个电容器，这个电容器称为加速电容器，如图 2-29 中所示。

另外，场效应管有比普通三极管更好的开关特性，被大量用在数字电路中。这里不再举例。

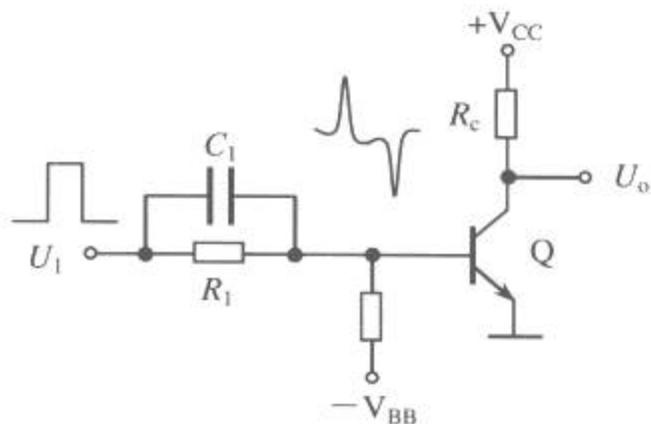


图 2-29 三极管开关电路中的加速电容

2.6.2 三极管作开关器件的应用举例

如图 2-30 所示为显示器的受控+12V 电压输出电路。当把开关 K 按下后，1 端接通地，三极管 Q836 截止，集电极为高电压。+12V 电源通过电阻 R835 为三极管 Q813 的 b-e 结提供偏流，使三极管 Q813 导通，从发射极输出+12V 电压。

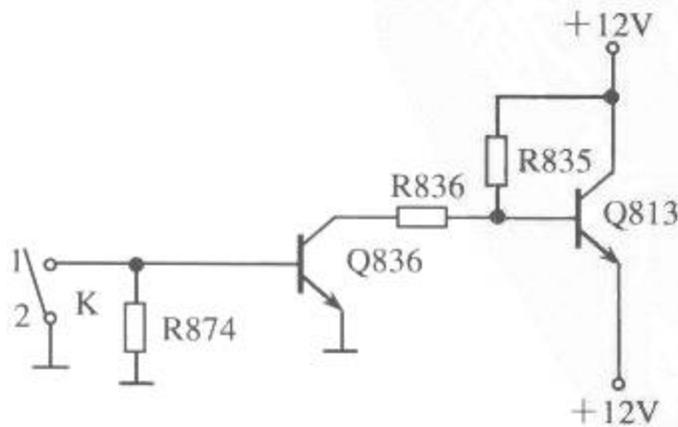


图 2-30 显示器的受控+12V 电压输出电路



2.6.3 开关电路的故障检修

下面以图 2-30 所示显示器的受控+12V 电压输出电路为例,讲解开关电路的故障检修。该电路常见故障现象为开机后无+12V 电压输出。

检测方法:用万用表测三极管 Q813 的集电极电压,如果电压为+12V,说明三极管 Q813 未工作。接着测三极管 Q836 的集电极电压,如果电压为 0V,说明三极管 Q836 已饱和或已短路损坏。最后测三极管 Q836 的基极电压,如果电压为+0.5V,说明 Q813 无输出,是因 Q836 被击穿短路后 Q813 无基极电流截止引起的。

2.7

技能点拨

要点总结:

(1) 电子设备都是由一个一个的电子元件组成的,由电子元件组成基本放大器,由放大器组成单元电路,由任务不同的单元电路共同组成完整的电子设备。掌握基本放大器单元电路的原理与故障维修是维修电子设备的基础。

(2) 本章首先介绍了三种整流滤波电路的结构、工作原理,详细分析了整流滤波电路的常见故障,还介绍了整流滤波电路的检修方法与步骤。整流滤波电路是所有使用交流市电作电源供给的电子设备所必需的,掌握整流滤波电路的原理及检修方法对检修工作是很重要的。

(3) 构成电子设备的功能单位是基本放大电路,三极管是组成基本放大电路必须具备的元件,为保证放大电路正常工作,必须为放大电路提供合适的静态工作点。

(4) 共基极放大电路、共集电极放大电路、共发射极放大电路是放大器的基本形式。本章详细介绍了共发射极放大电路的工作原理及故障检修。

(5) 多级放大器及信号耦合。

(6) 常用的低频功率放大器。

(7) 本节较为详细地分析了具有放大环节的串联型稳压直流电源,是开关稳压电源所必不可少的一个组成部分。我们要掌握它的组成及工作原理。

重点掌握:

(1) 整流滤波电路的结构、工作原理及检修方法。

(2) 基本放大电路的工作原理,对单级放大器故障的检修方法。

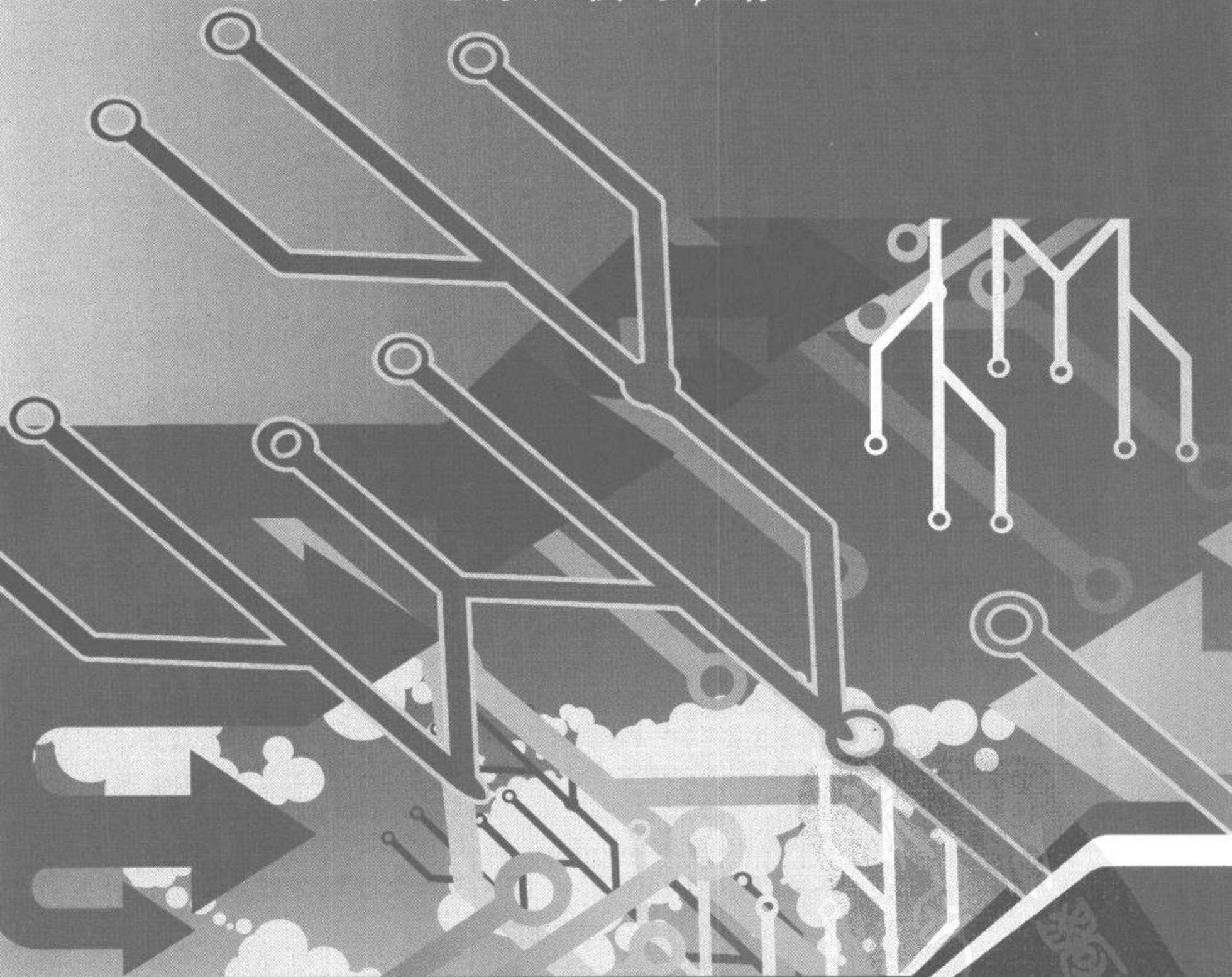
(3) 具有放大环节的稳压电源的工作原理。

(4) 三极管的三个工作状态。

Chapter

03

电脑开关电源分析与检修



电子维修



3.1

开关电源概述

任何电子设备都要有电源提供电能。电源主要有两大类型：一是传统的串联型电源，另一种是开关电源。传统的串联型电源虽然技术成熟，并且有大量集成化的线性稳压电源模块，具有稳定性能好、输出纹波电压小、使用可靠等优点，但通常都需要体积大且笨重的工频变压器起隔离之用，滤波器的体积和重量也很大。而调整管工作在线性放大状态，为了保证输出电压稳定，其功率调整管必须承受较大的电压差，导致调整管功耗较大，电源效率很低，一般只有45%左右。由于调整管上的功率消耗较大，需要采用大功率调整管并安装很大的散热器，这就难以满足电子设备小型节能发展的要求，从而促进了效率高、体积小、重量轻的开关电源的迅速发展。

从20世纪70年代起，开关电源就在国内外的多种电器设备中开始应用。开关电源重量轻、体积小、功耗小、效率高、机内温升低，提高了整机的稳定性和可靠性，而且对电网的适应能力也有较大的提高。一般串联稳压电源允许电网波动范围为 $220V \pm 10\%$ ，而开关型稳压电源在电网电压从110~260V范围内变化时，都可获得稳定的输出电压。

开关电源的应用范围很广，从电视接收机、激光视盘机、计算机、显示器及电脑办公设备到手机充电器，无处没有开关电源的应用。

开关电源就其与负载的连接方式来说，有并联型和串联型两种类型。串联型开关电源主要用在早期的电视机中，这种开关电源通过开关调整管及整流二极管与电网相连，整个机板与电网相通，使机板带电，不便于与外部其他电器设备相连接，因此在现代电子设备中已很少使用，取而代之的是并联型开关电源。并联型开关电源输出端与电网通过开关变压器隔离，电路板上除开关变压器初级与电网相连通外，其余部分与电网都不直接相连，机板不带电，安全性好，也容易与外部设备相连接。因此，并联型开关电源在现代电器，尤其在互联网及办公设备中得到了广泛应用。

现代并联型开关电源电路主要有两种形式：一种是由分立元件构成的单管自激振荡式和由集成电路构成的他激式单管开关电源，另一种是双管半桥式脉冲可调式开关电源。

单管开关电源自身组成振荡电路，直接进行功率变换，电压调整简单，但不宜用于对双极性输出电压调整，输出功率相对较小，主要用在电视接收机、显示器、传真机、打印机及各种充电器当中。双管半桥式开关电源采用专用脉冲产生电路，两个开关管做模拟开关交替工作，工作稳定，功率变换效率高，输出电压调控易行，容易增设保护电路。这种电源适于功耗较大的电器设备中。

就电路功能来讲，不管是哪种开关电源，都包括交流输入及抗干扰电路、整流滤波电路、启动电路、开关振荡管Q、开关变压器T、稳压控制电路、脉冲整流输出电路以及过压过流保护电路等。

3.1.1 单管并联式开关电源的结构

1. 电路组成

单管并联式开关电源电路主要由交流输入及抗干扰电路、整流滤波电路、启动电路、开关振荡管、开关变压器T、正反馈电路（或有专用脉冲产生集成电路）、稳压控制电路、脉冲整流输



出电路、过压过流保护电路等组成。

2. 电路结构框图

单管并联式开关电源电路结构框图如图 3-1 所示。

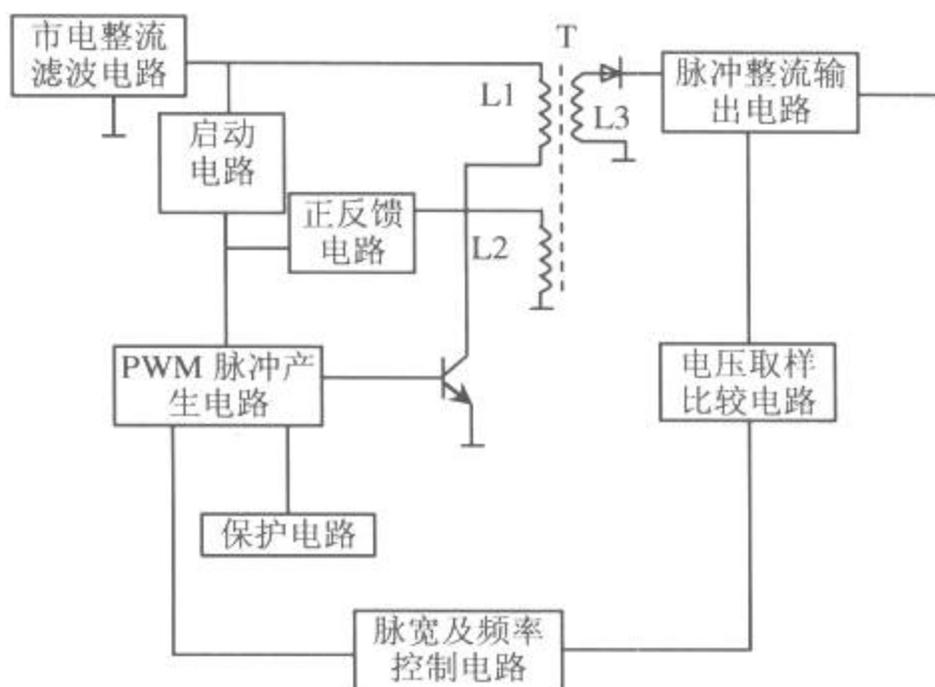


图 3-1 单管并联式开关电源电路结构框图

3. 单管并联式开关电源工作原理

220V 交流市电经开关（或无开关）、保险管，再经滤波器滤除其中的高频杂波，由桥式整流及电容滤波后得到约 310V 直流电压。

310V 电压一路通过启动电路回到开关管控制极或到 PWM 脉冲产生电路，产生驱动脉冲控制开关管开始导通，另一路经过开关变压器初级加到开关管上。

在 PWM 脉冲的驱动下，开关管工作于开关状态。在开关变压器 T 的初级绕组（L1）中流过脉冲电流，在其输出绕组（L3）中也产生感应电压。反馈绕组（L2）产生的感应电压在分立元件构成的开关电源中用于反馈，维持开关管工作于开关状态；在集成电路组成的开关电源中用于为集成电路提供辅助电源。输出绕组（L3）中产生的感应电压经脉冲整流得到输出电压，为负载提供电源。不同的电源输出绕组的多少不同（一般有 2~4 组），输出的电压也不同。

稳压控制电路从输出电压中取出样品电压，与基准电压相比较，产生误差电压。误差电压通过改变 PWM 脉冲的频率和宽度改变开关管导通的时间长短和频率，调整输出电压的高低，实现稳压控制。

3.1.2 双管半桥式开关电源的结构

1. 电路组成

双管半桥式开关电源电路主要由交流输入及抗干扰电路、整流滤波电路、开关管、开关变压器、稳压控制电路、PWM 脉冲产生电路、功率变换电路、过压过流保护电路等组成。与单管自激振荡开关电源不同的是双管半桥式开关电源电路采用两个功率开关管，启动方法有自激式启动和他激式启动两种。

2. 双管半桥式开关电源的结构框图

双管半桥式开关电源的结构框图如图 3-2 所示。

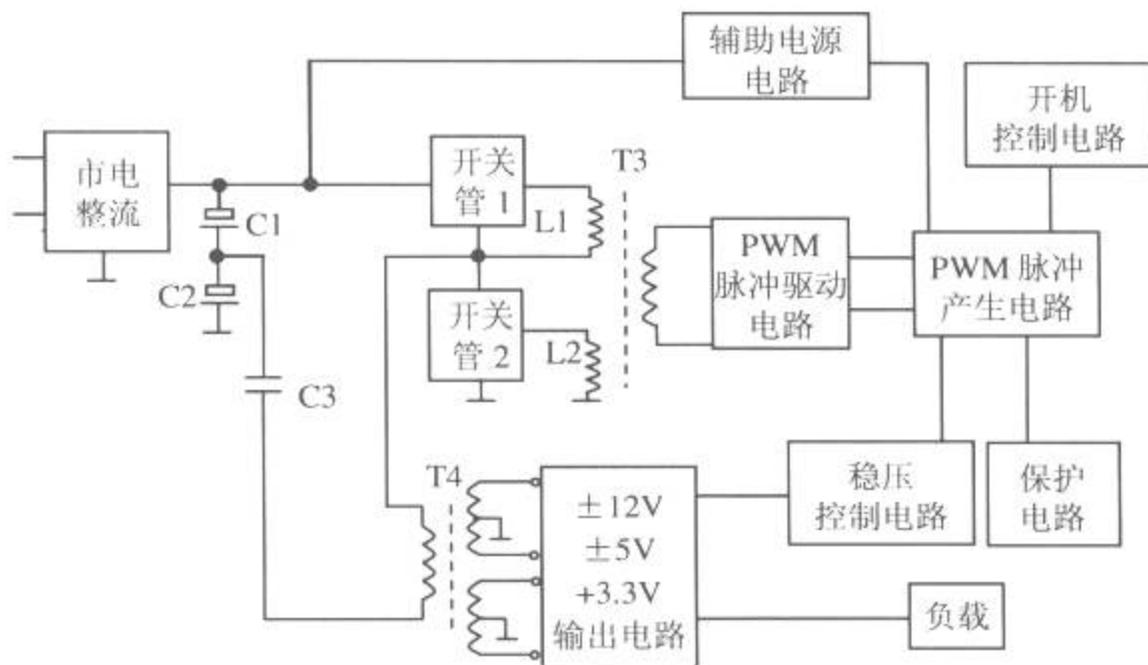


图 3-2 双管半桥式开关电源结构框图

3. 双管半桥式开关电源工作原理简述

市电经抗干扰、整流后由串联的 C1 与 C2 滤波后得到 +310V 直流电压，在 C1 与 C2 上各形成对称的约 +155V 的电压。辅助电源电路得到 +310V 电压后，开始工作产生辅助电压，并加到 PWM 脉冲产生电路。在开机电路控制下，PWM 电路产生相位相反的两个脉冲，经驱动电路通过脉冲驱动变压器 T3，在 L1 与 L2 中分别产生相位相反的两个驱动脉冲，分别驱动开关管 1 和开关管 2 轮流工作于开关状态。

开关管 1 导通时，开关管 2 截止。C1 上的 +155V 电压通过开关管 1、T4 初级绕组、C3 回到 C1 负极构成回路，在 T4 初级产生由上而下的电流。

开关管 2 导通时，开关管 1 截止。C2 上的 +155V 电压通过 C3、T4 初级绕组、开关管 2、经地回到 C2 负极构成回路，在 T4 初级产生由下而上的电流。

T4 为功率变换变压器，是开关电源中体积最大的元件。T4 初级中流过的相反方向的电流，由次级各绕组经整流得到不同的输出电压，为负载提供电源。

稳压控制电路从输出电压中取出样品电压，与基准电压相比较，产生误差电压，经稳压控制电路送到 PWM 脉冲产生电路，调整输出脉冲的宽度或频率，再经驱动电路调整两只开关管的导通时间或频率，使流过 T4 初级的电流改变，从而调整输出电压。

3.2

电脑开关电源辅助电源分析与检修

现行电脑电源由两大部分组成。一部分为辅助电源，产生 +5V 及 +12V 电压输出。+5V 电压通过一根紫色引线输送到电脑主机，用作主机的待机电源，有人称为“紫 5V”。+12V 用于开关电源内部相关电路。第二部分为主开关电源，是为电脑主机提供 ±12V、±5V 及 +3.3V 电压的主电源。



下面我们以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，介绍电脑主机开关电源的原理与检修技巧。

3.2.1 辅助电源的电路组成及工作原理

电脑主机开关电源中的辅助电源主要由交流输入及抗干扰电路、整流滤波电路、启动电路、开关振荡管、开关变压器、稳压控制电路、脉冲整流输出电路、过压过流保护电路等组成。

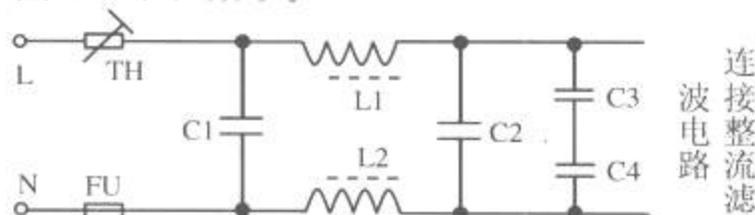
1. 交流输入及抗干扰电路

抗干扰电路又称干扰抑制电路，通常设置在整流滤波电路之前，作用是用来抑制交流电中的高频干扰成分，防止串入开关电源电路对电源产生干扰；更为重要的是防止开关电源电路工作时产生的高频杂波通过电源线串入电网对电网造成干扰，这种干扰称为传导干扰。

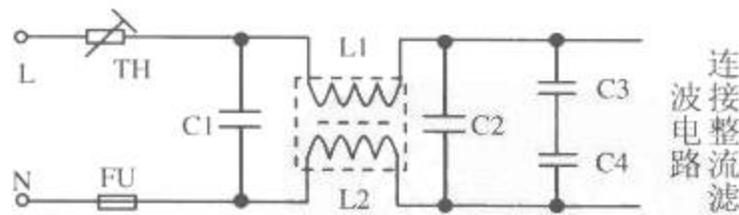
传导干扰在电路中传输的形式有两种，一种为差模干扰，另一种为共模干扰。传输在两导线之间的干扰信号，属于对称性干扰，称之为差模干扰。传输在导线与地之间的干扰信号，属于非对称性干扰，称之为共模干扰。通常，因差模干扰信号频率低、幅度小，所造成的干扰较小。而共模干扰信号的频率高、幅度大，并可经过导线产生辐射，所造成的干扰较大，必须对其加以抑制。

电源电路中的抗干扰电路原理图如图 3-3 所示。其中，在图 3-3 (a) 中，L1、L2 组成互感滤波器，是匝数相同、绕向不同的两个电感，也有些电源将这两个电感制作在同一个磁芯里如图 3-3 (b) 所示；在交流电流通过时，所产生的磁通正好大小相等，方向相反而抵消，能有效地抑制共模干扰信号。电容 C3、C4 组成共模滤波器，滤除两导线间的共模干扰信号。因差模干扰信号较小，电路中高频旁路电容 C1、C2 即可将其滤除。另外，C1 与 C2 容量一般为 $0.01\mu\text{F}$ ，体积较大。在银河系列 ATXP-1 电源中，抗干扰电路采用图 3-3 (a) 的电路形式。

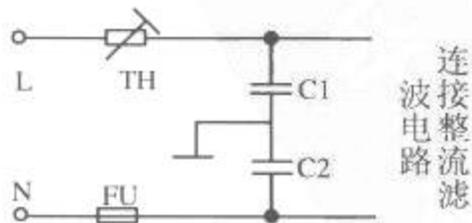
在有些厂家生产的电源中，为了节约成本而没有使用互感滤波器，只用两个高频电容 C1、C2 滤除共模干扰信号，如图 3-3 (c) 所示。



(a) 互感滤波器组成的抗干扰电路



(b) 组合式互感滤波器抗干扰电路



(c) 高频电容组成的抗干扰电路

图 3-3 抗干扰电路原理图



一般来讲,为了防止负载短路对电网造成危害,在整流滤波电路之前都采取保护措施,一般是用保险丝(保险管)串接在输入与抗干扰电路之间,如图 3-3 中的 BX 即为保险管。在电路原理图中,保险管一般标注为 FU,也有的标注为 BX(BX 是“保险”汉语拼音的缩写,FU 是英语 FUSE 的缩写)。保险管的防护是一次性的,一旦损坏只能更换。其规格一般为 250V/3~5A,在更换保险管时不要随意改变规格。

另外,在开关电源通电工作的一瞬间,电网电压对整流滤波电路会产生很大的冲击作用,有可能会损坏整流滤波元件。为避免这种情况,在整流之前又增设热敏电阻作为限流元件,如图 3-3 中的 TH 即为限流元件,也有的电路图用 NT 来表示。TH 是一个负温度系数热敏电阻,常温下阻值一般在 10Ω 以下,当热敏电阻中流过电流使其温度升高后,它的阻值变小,这样一来,在开机之时能起到限制浪涌电流对整流滤波电路的冲击,在开机之后,又不会阻碍开关电源大电流的需要。因在关机后热敏电阻温度不可能很快降低,所以在关机后应间隔一段时间(3 分钟以上)才能再启动,否则很可能造成整流元件及功率开关管损坏。

2. 整流滤波电路

市电经抗干扰电路滤除杂波后,进入整流滤波电路。整流电路采用桥式整流,利用晶体二极管的单向导电特性进行整流。整流电路一般有两种形式。其中一种采用四只整流二极管,如图 3-4 中的 D1~D4。另一种采用一只整流桥(内部包含四只整流二极管),例如银河系列 ATX2P4-1 电源整流滤波电路,如图 3-5 所示,整流后经电容滤波得到 +310V 不稳定的直流电压。这里要提出的是滤波电容采用 C7 与 C8 串联,是供主电源使用的。电阻 R2 与 R3 称为均压电阻,分别与 C7 与 C8 并联,以保证 C7 与 C8 上电压相等。

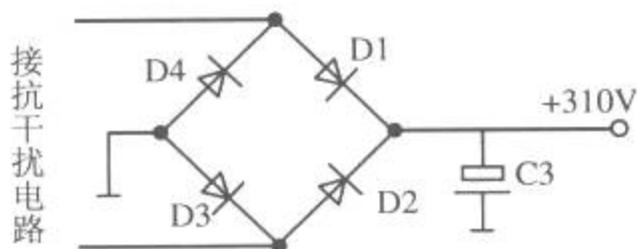


图 3-4 采用四只整流二极管的整流滤波电路原理图

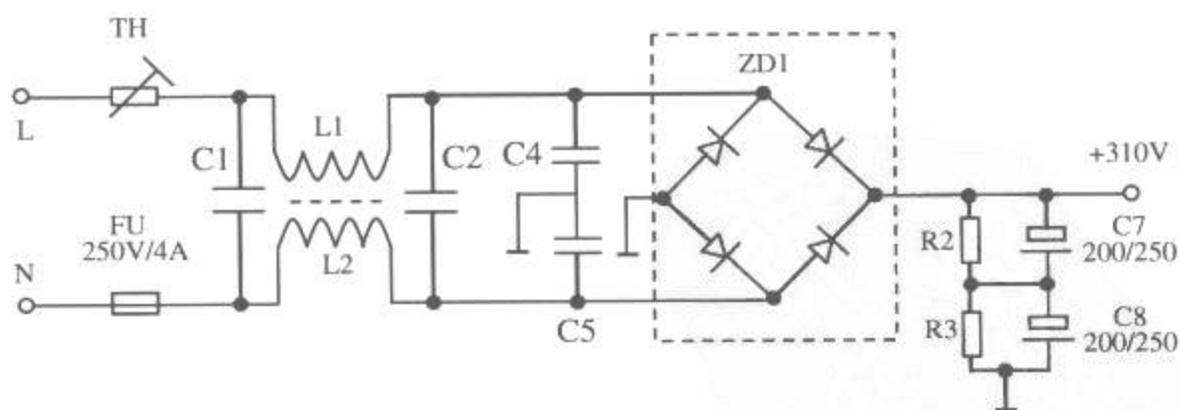


图 3-5 银河系列 ATX2P4-1 电源交流输入抗干扰及整流滤波电路

抗干扰及整流滤波电路实物图如图 3-6 所示。几乎所有开关电源的交流输入抗干扰整流滤波电路都是由上述元件组成的。

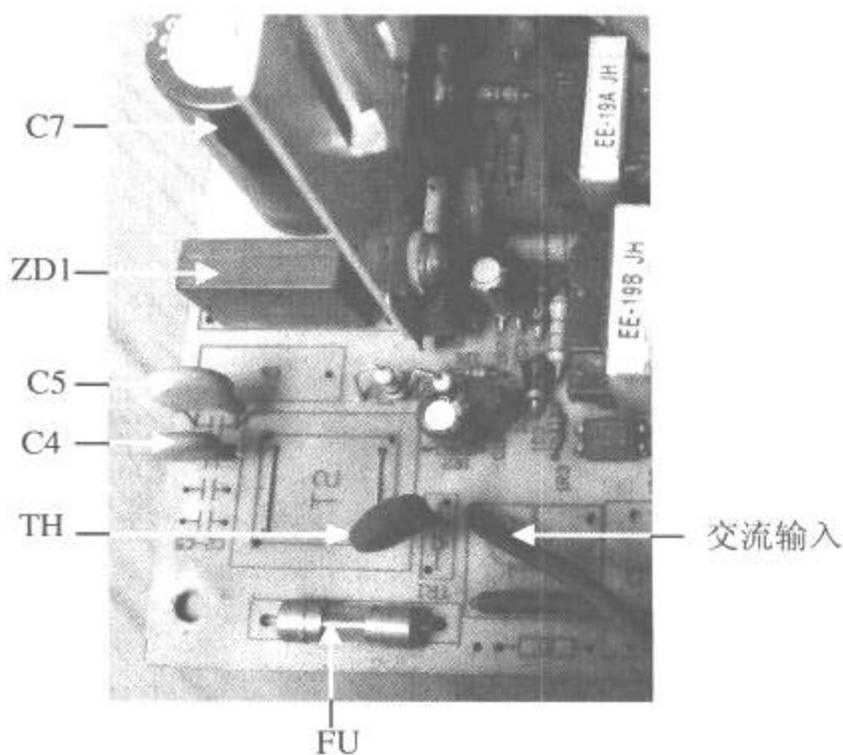


图 3-6 抗干扰及整流滤波电路实物图

3. 启动电路

启动电路的作用就是给开关电源的工作提供启动电压，使开关电源开始工作。启动电路一般有两种形式：一种是采用 RC 串联电路，这种启动电路仅在电源启动时起作用，在电脑、显示器办公设备中很少使用；另一种就是采用一个高值电阻或者两个电阻串联启动。在银河系列开关电源辅助电源中采用两个高值电阻串联，标号均为 $1R1$ ，这两个电阻阻值都是 $220K\Omega$ ，如图 3-7 所示。 $+310V$ 电压通过 $1R1$ 加在开关管 $G12$ 的控制极，给开关管提供启动电压。

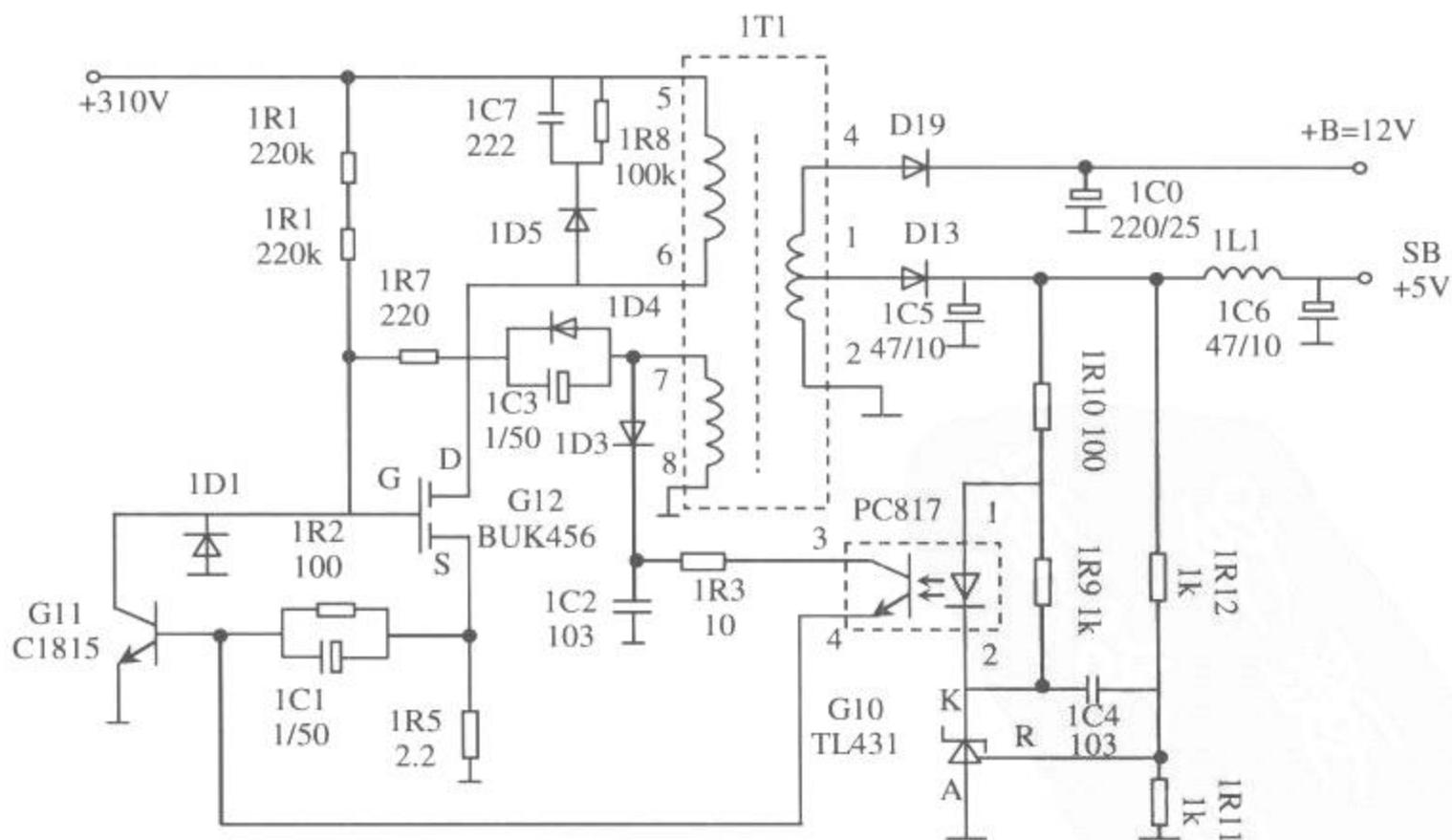


图 3-7 ATX2P4-1 辅助电源电路图



4. 开关变压器

开关变压器是电源中体积最大的元件，也是完成功率转换的核心元件。开关变压器的实质也是一个变压器，不过它与普通变压器有很大的区别，并且与普通变压器是不能互换的。开关变压器中流过的是脉冲电流，绕组的匝数比普通变压器少，导线比普通变压器粗。电源中的开关变压器实物如图 3-8 所示，其内部结构可参看图 3-7 中 IT1。开关变压器的工作原理与普通变压器的工作原理相同，这里不再赘述。

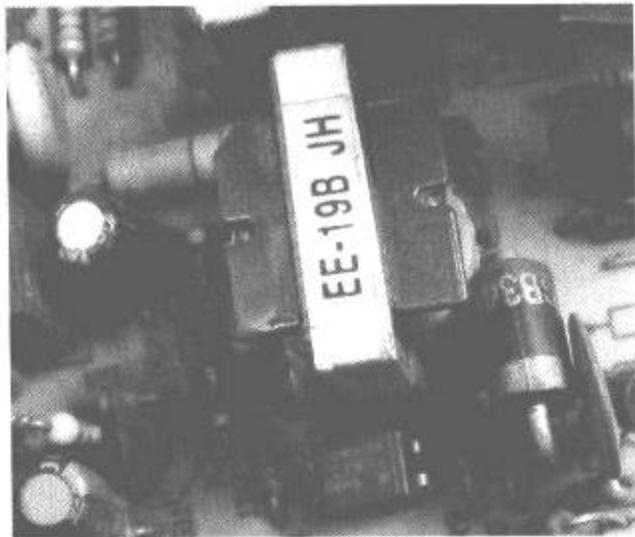


图 3-8 开关变压器实物

5. 开关管自激振荡电路

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，介绍开关管的自激振荡过程，参看图 3-7。

整流滤波后的+310V 电压，通过启动电阻 1R1 加到开关管（场效应管）G12 的栅极（控制极），使开关管微导通，产生一个微弱的漏极电流 I_D ，这一电流是由整流滤波后的+310V 通过开关变压器初级 5~6 绕组和开关管源极、漏极产生的。这个电流虽然很弱，但它是一个突变增大的电流，在 5~6 绕组两端必然产生 5 正 6 负的感应电动势，从而使反馈绕组 7~8 上也产生 7 正 8 负的感应电动势。这一感应电动势通过 1R7、1C3、1D4 反馈电路，加至开关管的栅极，使栅极电压进一步增大，又引起场效应管更大的漏极电流，又使 7~8 绕组产生更大的反馈电压，并对 1C3 进行充电，使 C3 产生左负右正的电压。这是一个正反馈过程。如此反复，很快会使开关管 G12 由截止状态越过放大状态进入饱和状态。

开关管饱和导通之后，由于初级 5~6 绕组（储能绕组）的电感量很大，因此，开关管漏极和源极的电流仍将增长一段时间，开关变压器初级 5~6 绕组中的电流缓慢增大。当 5~6 绕组中的电流不再增加时，反馈绕组 7~8 绕组中的感应电动势为零，1C3 由原来左负右正的充电状态通过 1D4 放电，为下一次充电做准备。这个放电过程将使开关管的栅极电压下降，引起开关管退出饱和状态，漏极电流开始减小，5~6 绕组中就产生反向感应电动势 5 负 6 正，反馈绕组 7~8 间也将产生反向感应电动势 7 负 8 正，并通过 1R7、1C3、1D4 加到开关管的栅极，使栅极电压进一步减小。减小的栅极电压使开关管源极电流变得更小，又使反馈绕组 7~8 产生更大的反向反馈电压，并变为负电位（这正是当开关管进入振荡状态时，测控制极电位总有负 0.3V 的原因）。这个过程也是一个正反馈过程。如此反复，很快会使开关管 G12 由饱和状态越过放大区进入截止状态。

开关管截止之后，各绕组感应电动势也为零，电路变回到初始状态。+310V 直流电压又会经 1R1 加到开关管控制极，使开关管控制极电位再次升高后再一次微导通，进入下一次饱和与截止



过程。就这样，开关管周而复始地重复上述过程，反复导通与截止，形成自激振荡，进行工作。

这里特别说明一点，在开关管突然导通后，在开关变压器 5~6 绕组中的电流不是突然增大的，因为 5~6 绕组是一个电感量很大的线圈，在突然增大的电流作用下能产生较大的反向感应电流（略比原电流小），这个电流与原电流互相抵消，使从 5~6 绕组中流过的电流不能突然增长。随着导通时间加长，5~6 绕组中流过的电流将越来越大。当然这是一个瞬间的过程。

6. 功率变换、脉冲整流输出电路

在图 3-7 中，开关管 G12 在导通期间，电流流过开关变压器 5~6 绕组，根据变压器原理可知，在次级 2~1 和 2~4 中也产生 2 正 1 负与 2 正 4 负的感应电动势，二极管 D13 和 D19 因反偏而截止，不向负载供电，5~6 绕组中流过的电流（电能）以磁场能的形式储存在开关变压器中。当开关管截止时，在次级 2~1 和 2~4 中产生的感应电动势反向，D13、D19 因正偏而导通，开关变压器初级 5~6 绕组储存的磁能转换为电能泄放，经 D13 和 D19 高频整流，电容 1C5 和 C0 平滑滤波后，得到输出电压，并向负载供电。由于 2~1 和 2~4 绕组匝数不同，整流滤波后输出电压也不同。

辅助电源只有两路输出。一路是由 D19、C0 整流滤波输出 +B=+12V 的电压，用作主开关电源产生脉冲及驱动电路的工作电压；另一路是由 D13、1C5 整流滤波输出 SB=+5V 的电压，经 1C5、1L1 和 1C6 组成的“II 型”滤波器进一步滤波后，通过插接线输送到电脑主板上，作为电脑主板开机电路使用。因 SB=+5V 是通过一根紫色线送到主板上的，所以也有人称为“紫 5V”，又称“待机电源”。

7. 稳压控制电路

从变压器的工作原理来讲，输出电压的高低取决于开关变压器的初级 5~6 绕组中电流的大小和时间长短。5~6 绕组中电流越大，电流流过的时间越长，次级绕组获得的感应电压越高（参考图 3-7）。反之，次级绕组获得的感应电压越低。因此，通过控制 5~6 绕组中电流流过的时间长短，就可以控制输出电压的高低。

G12 进入饱和导通后，导通时间（即脉宽）的长短由脉宽控制电路来控制。也就是说，G12 从导通转入截止，是由控制电路来实现的。

控制电路由取样电路、比较放大电路、基准电压、脉宽调整元件等组成。取样比较电路根据输出电压的高低，与基准电压比较后输出不同的误差电压去控制脉宽调整电路，由脉宽调整电路来调节开关管的导通时间，实现输出电压的稳定。电路上主要采用了光电耦合器 PC817 和精密稳压器 G10 及脉宽调制三极管 G11 组成。

(1) 取样电路

取样电路的取样方式一般分直接取样和间接取样两种。直接取样是直接取自负载上的电压，银河系列 ATX2P4-1 就是用 1R12 和 1R11 从 +5V 输出端直接取样。直接取样的优点是反应速度快，但需要一只光电耦合器来将取样电路的输出信号传送给脉宽调整电路，以隔离开关电源的“冷”与“热”部分。间接取样由开关变压器另设一组取样绕组提供，开关电源的“冷”与“热”部分则由开关变压器绕组间的绝缘解决（参见集成电路构成的他激式单管开关电源）。

银河系列 ATX2P4-1 的取样是直接取样，取样点是 SB=+5V。用电阻 1R12、1R11（阻值均为 1kΩ）串联，对 SB=+5V 电压分压，根据欧姆定律，对 5V 分压产生 2.5V 的样品电压，这一电压随 SB=+5V 的变化成比例变化，反映了 SB=+5V 电压的实际状态，所以称为样品电压。参看图 3-7。





(2) 比较电路

参考图 3-7。比较电路由 G10 构成。G10 由一只精密可控稳压源担任，型号是 TL431，这是一种由电压控制，稳压值在 2.5~36V 间可变的稳压器件，相当于一个稳压二极管（参看第 1 章 1.7 节）。当电压 U_{RA} 与内部基准电压比较表现为增大时，电流 I_{KA} 增加， U_{KA} 降低；当电压 U_{RA} 与内部基准电压比较表现为减少时，电流 I_{KA} 减少， U_{KA} 升高。无论 U_{KA} 降低还是升高，只要 U_{RA} 确定不变， U_{KA} 就不变，从而稳压。样品电压加到控制极后，与内部的基准电压比较产生误差电压，误差电压改变电流 I_{KA} 的大小，从而使流过光电耦合器中发光二极管的电流发生变化。光电耦合器中发光二极管的电流变化又转换为光的强弱变化，控制光敏三极管的导通程度。电阻 1R9 用于对光耦中发光二极管的分流，保证发光管工作安全。

(3) 误差放大

开关变压器中 7~8 绕组既是反馈绕组，也为误差放大电路提供辅助电源。反馈绕组的反馈电压经 1D3 整流 1C2 滤波，再由 1R3 限流后加到光电耦合器 3 脚，从 4 脚流出经三极管 G11 的 b-e 结到地形成通路。光电耦合器 3 脚与 4 脚内部是一只光敏三极管，从 3 脚 4 脚流过的电流受发光二极管光的强弱控制。这样，反映输出电压（SB=+5V）实际情况的样品电压通过比较后产生的误差电压被隔离，放大并转换为电流，加到三极管 G11 的 b-e 结控制三极管 G11 的导通，并被三极管 G11 放大。

(4) 脉宽调制电路

脉宽调制由一只三极管 G11 来完成。严格来讲，脉宽调制电路是由整个稳压控制电路组成的。当从误差放大电路来的控制电流增大时，三极管 G11 导通增强，对开关管 G12 控制极的反馈电压分压增强，G12 提前截止，电流流过开关变压器 5~6 绕组的时间变短，从而使输出电压降低；当从误差放大电路来的控制电流减小时，三极管 G11 导通减弱，对开关管 G10 控制极的反馈电压分压减弱，G12 导通时间加长，电流流过开关变压器 5~6 绕组的时间增长，从而使输出电压升高。

整个稳压控制过程可简述如下：

当某种原因使 SB=+5V 升高时， $SB \uparrow \rightarrow U_{RA} \uparrow \rightarrow U_{KA} \downarrow \rightarrow I_{KA} \downarrow \rightarrow$ 光耦中发光二极管发光 $\uparrow \rightarrow$ 光敏管导通 $\uparrow \rightarrow$ G11 基极电流 $\uparrow \rightarrow$ G11 导通 $\uparrow \rightarrow$ G10 提前截止 $\rightarrow SB \downarrow$ ，从而实现稳压。

当某种原因使 SB=+5V 降低时，其稳压过程与上述相反。

8. 保护电路

电源中的保护电路主要包括浪涌电流限制电路、尖峰吸收电路、过流保护电路和过压保护电路等，下面进行详细讲解。

(1) 浪涌电流限制电路

现代开关电源大都不设置开关控制交流电的输入，而是在接入交流市电后电源就直接工作。由于在用手插入插头时，不可避免发生抖动，造成接触不良；即使有开关，开机瞬间的大电流也会对整流滤波电路产生冲击，损坏开关电源。为此，常用一只负温度系数热敏电阻连在整流滤波电路之前，作为加浪涌电流限制元件。如图 3-3 中的限流元件 TH。

(2) 尖峰吸收电路

在开关管由导通转入截止状态时，在 5~6 绕组中将会产生高达 1kV 的反向感应电动势，这一高压会使开关管瞬间击穿，为保护开关管，电路设置了由 1D5、1R8、1C7 组成的开关管保护网络，称为尖峰吸收电路。在开关管导通期间，该电路对电源工作没有影响；在开关管截止时，



1D5 正偏导通, 将 5~6 绕组中的反向感应电动势释放, 防止反峰高压将开关管击穿, 保护开关管 (参考图 3-7)。

(3) 过流保护电路

当电源负载过重或有短路故障时, 流过开关管的电流将会急剧增大, 进而损坏开关管。为此, 几乎所有的电源都会设计过流保护装置, 例如银河体系列 ATX2P4-1 电源中的保护电路由 1R5、1R2、1C1 和三极管 G11 构成, 1R5 称为过流保护取样电阻 (参考图 3-7)。当由于负载过重或负载回路有严重短路故障时, 流过开关管的电流就会猛增过大, 流过电阻 1R5 的电流也增大, 并由 1R5 转换为电压, 通过 1R2 加到三极管 G11 的 b-e 结, 使三极管 G11 饱和导通, 将开关管的栅极电压箝位在 0.1V 以下, 使开关管停止工作, 达到保护的目。电容 1C1 起到加速保护启动的作用, 称为加速电容。

(4) 过压保护电路

过压保护的作用是防止由于故障时输出电压过高而损坏负载电路。

银河系列 ATX2P4-1 电源中的过压保护电路由稳压控制电路来完成, 其保护过程与稳压控制过程相似, 所不同的是只有当输出电压超过一定值时, 保护电路才能启动。稳压控制、过压保护、过流保护都是通过 G11 来执行的。

9. 光电耦合器简介

在开关电源中常用的光电耦合器主要有 PC817 和 4N35 两种。

PC817 为四脚封 DIP 装, 内部结构如图 3-9 (a) 所示。1~2 脚之间为一只发光二极管, 3~4 脚之间为光敏三极管。当 1~2 脚之间流过的电流越大时, 发光二极管发光越强, 光敏三极管导通越强, 3~4 脚之间的电压越小, 流经 3~4 脚的电流越强。

4N35 为 6 脚 DIP 封装, 内部结构如图 3-9 (b) 所示。其中 1~2 脚之间为一只发光二极管, 4~5 脚之间为光敏三极管。当 1~2 脚之间流过的电流越大时, 发光二极管发光越强, 光敏三极管导通越强, 4~5 脚之间的电压越小, 流经 4~5 脚的电流越强。

光电耦合器在实际应用中, 多用在既隔离又控制的电路里。



图 3-9 光电耦合器 PC817 及 4N35 内部结构

3.2.2 辅助电源电路常见故障及故障检测点

1. 检查确定故障范围

当确定是电源故障后, 我们还要进一步检查确定是主电源故障还是辅助电源故障。

检查确定故障范围的方法如下:

首先从电脑主板上拔下电源各插头, 将电源从主机内拆出来, 放在工作台上, 不拆电源外壳, 对电源进行检查。将电源接入交流电, 用万用表测电源输出二十线插头上紫色线对黑色线的电压





(SB 电源线), 根据检测结果区分故障范围。

- (1) 若所测得电压为零, 说明辅助电源出现故障。
- (2) 若电压正常 (正常为+5V), 表明辅助电源基本正常。

2. 辅助电源常见故障分析

辅助电源电路常见故障有三种: 无输出电压, 输出电压低且有吱吱声。

(1) 无输出电压故障。辅助电源有两路电压输出, 若两路均无输出电压, 一般原因是无交流电输入、电源连接线断线及辅助开关电源损坏。两路输出电压中某路输出偏低: 若是+12V 输出偏低, 一般是滤波电容器 C0 失容, 可打开电源外壳后直接更换电容; 若是+SB5V 电压输出偏低, 一般为稳压控制电路有故障, 滤波电容失容也是常见原因。

(2) 输出电压过低且有吱吱声。这种现象表明负载有短路故障, 可按短路故障处理。

3. 电源故障检测点

以银河系列 ATX2P4-1 电源为例, 电源故障检测点主要包括:

(1) +310V 直流电压输出点, 即高压整流滤波电容器 C7 的正极与 C8 的负极。该点直流电压随交流电网电压的波动而有变化, 正常情况下, 该点直流电压等于交流电压乘以 $\sqrt{2}$ 。当电网交流电压大于 180V, 而在该点测得的直流电压低于 250V 时, 表明整流滤波电路有故障。

(2) 开关管 G12 的栅极对地点。通过测量该点电压可判定开关管是否处于振荡工作状态, 正常情况下可在该点测出负电压。

(3) 低压整流输出端 IC5 和 C0 两端。正常情况下 IC5 两端有+5V 直流电压, C0 端为+12V。当测得这两点电压为零时, 表明辅助电源无直流电压输出。

3.2.3 辅助电源电路输出电路检修方法

1. 抗干扰及整流滤波电路检修方法

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例讲解抗干扰及整流滤波电路的检修方法, 其交流输入抗干扰及整流滤波电路如图 3-10 所示。

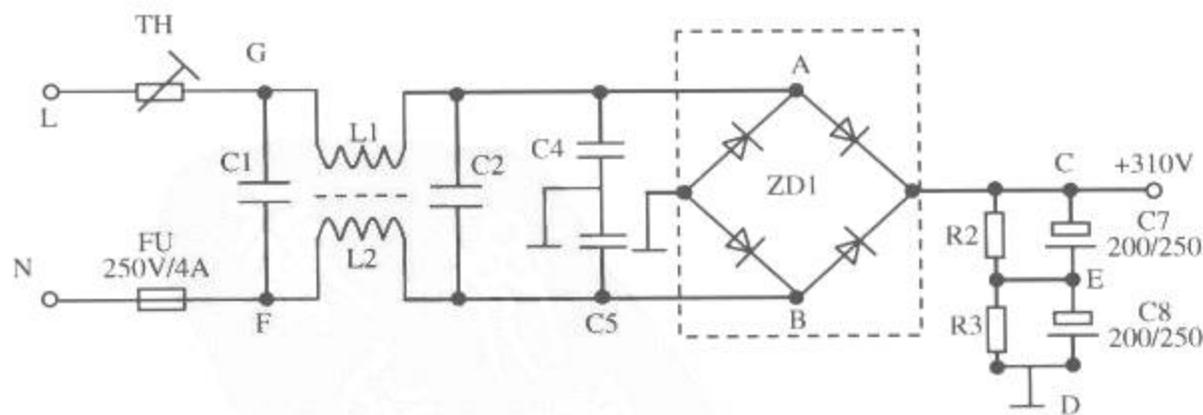


图 3-10 抗干扰及整流滤波电路检修测试点图

该电路常见故障主要有无 310V 直流电压、电压过低, 尤其是串联电容器 C7 与 C8 上的电压不相等。

抗干扰及整流滤波电路检修方法为 (参看图 3-10)。



01 首先打开电源外壳，拆出电路板。若因导线短，可将短导线拆下并用长一点的导线重新连接。

02 直观检查。通过直观检查能发现保险管是否发黑、大滤波电容是否有“鼓胀”、开关管是否有炸裂破损等现象。若有明显损坏元件，将其拆除或更换（滤波电容可立即更换，保险管及开关管可暂不接入电路）。

03 用电阻法检查保险管是否开路。用万用表电阻挡测量保险管两端电阻，若阻值为无穷大则保险管开路损坏；在有些机型中，保险管是透明的，用眼就可看出来是否发黑，对不透明的保险管只能用电阻法测量。若保险管已开路，表明电路有严重短路故障元件。若保险管完好，可对电路加电进行电压检查，以进一步检查故障：

① 用万用表电阻挡检测 C1 两端电阻（图 3-10 中 GF 两点间或 AB 两点间），正常情况下应接近无穷大，若阻值很小，说明 C1、C2 或整流桥中的整流管有短路，可逐一检查并更换损坏的元件。

② 若 C1 两端阻值正常，测整流桥任两脚间电阻，若不正常，更换整流桥。

③ 测滤波电容器 C7 正极与 C8 负极两端间电阻（图 3-10 中 C 与 D 两点间）。指针万用表红表笔接电容器 C8 负极，黑表笔接电容器 C7 正极。数字万用表红表笔接 C7 正极，黑表笔接 C8 负极。若阻值很小，表明有短路元件。拆下开关管（因三只开关管共用一只散热片，需要全部拆下），再一次检查 C7 正极与 C8 负极两端电阻是否恢复正常。若恢复正常，表明是开关管短路，转入安全检修法查找故障。否则，继续查找并更换短路元件。

04 给独立电源（未与电脑主机相连）通上交流电，进行电压检测

万用表选择 500V 挡，红表笔接 C7 正极，黑表笔接 C8 负极，正常情况下在接通交流市电后应有 310V 左右的直流电压。若测不到电压，表明从 L、N 输入端到整流桥输入端间有损坏元件或线路有开路处，检查并修复之；若测得电压低于 250V，常见损坏元件为串联电容之一失容，必要时测量 C7 正负极两端电压（C 与 E 两点间）与 C8 正负极两端电压（E 与 D 两点间），应均为 155V 左右，若不相等表明滤波电容有故障，应予以更换；若能测量到有 +310V 左右电压，表明整流滤波电路正常。

05 整流滤波电压正常后，装上辅助电源开关管（主电源开关管仍暂不装）进行下一步检查。若是辅助电源开关管 G12 击穿，则不能装上开关管立即通电，否则开关管会有再一次被击穿的危险。在对稳压控制电路和尖峰吸收电路检查确定无故障元件后，才能通电试验。

整流滤波电路检修流程如图 3-11 所示。

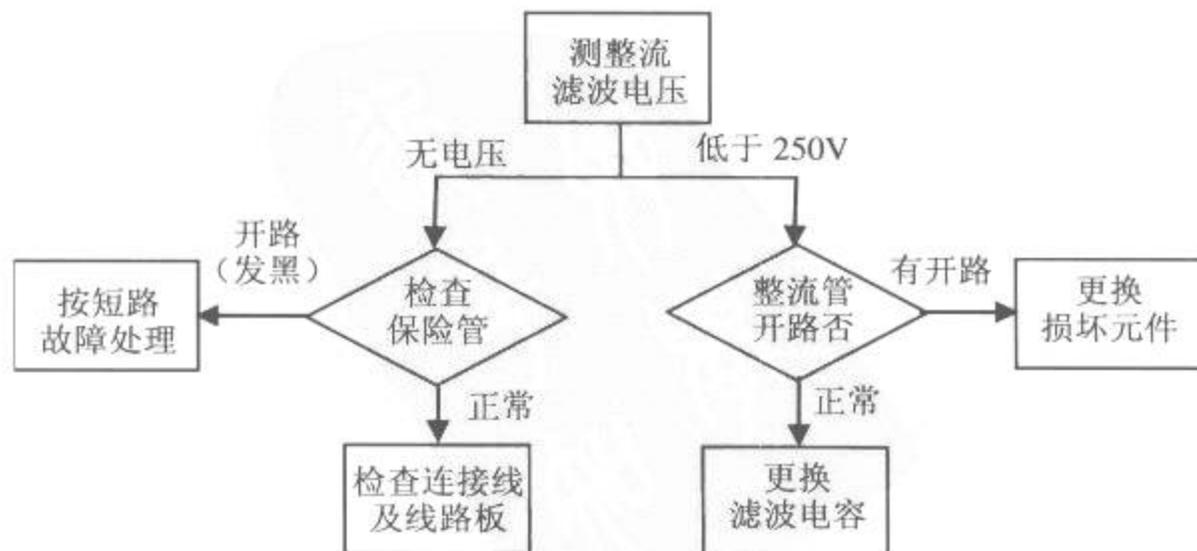


图 3-11 整流滤波电路检修流程



2. 启动电路的检修方法

如果电源电路中的整流滤波电压(310V 电压)正常,须检查启动电路(以银河系列 ATX2P4-1 电源为例,参考图 3-7)。

启动电路比较简单, ATX2P4-1 电源采用两个 220k 电阻 1R1 串联。启动电阻开路是很常见的故障之一,当启动电阻开路后,在开关管 G12 栅极将测量不到电压。

启动电路的检查方法为:用万用表红表笔接开关管栅极,黑表笔接电源地,万用表选择 20V 挡。在通电情况下测量的结果有三种情况:一种是测量的电压为零,另一种是测量的电压约为 0.5V 左右,第三种是测量的电压约为 -0.1~0.3V。下面进行详细分析。

(1) 测得电压结果为零

测得电压结果为零,表明启动电阻损坏或三极管 G11 击穿短路。可在断电后,先对电容器 C7 与 C8 进行放电,然后在路检查开关管栅极对地电阻。若阻值很小,说明 G11 击穿短路或开关管栅极与漏极短路。若阻值基本正常,检查启动电阻,必要时须将其拆下,测量其阻值,以进一步证实。若确为启动电阻损坏,直接更换即可。启动电阻阻值一般都在 200k 左右。

● 注 意

放电方法如下:

- ① 直接放电,用一把小起子把 C7 和 C8 的正负两极分别相碰。这种放电法可听到叭的一声响,放电电流大,对电容器有损害。
- ② 找一只功率及体积稍大点电阻(便于直接用手持),电阻值可选 100Ω 以下。把电阻的两个引脚电极与 C7 的正极与负极相碰,然后对 C8 也同样进行放电,也可以将 C7 的正极与 C8 负极相碰(放电时注意人身安全)。

(2) 测得电压约为 0.5V 左右

若实际测得值约为 0.5V 左右时,表明启动电路正常,接下来应检查正反馈电路。

(3) 测得电压约为 -0.1~0.3V

若可测得一负值,表明启动及正反馈电路均正常。可在电容 C0 和 C1、C5 两端测其输出电压。若正常则是输出导线有断线。

3. 反馈与振荡电路检修方法

反馈与振荡电路的常见故障主要为电路不起振。

如果测得开关管栅极电压约为 0.5V 时,表明电路不起振。因为在电路没有起振时,反馈绕组就不会产生反馈电压,因而在加电情况下无法测出电压。该电路的检查与其他电路的检查方法不同,一般来讲,电阻检查法较为常用。

反馈与振荡电路检查方法为(参考图 3-7):

① 在断电状态下,对滤波电容放电。

② 用电阻法检查反馈绕组电阻,反馈绕组导线较粗,工作电流小,一般不会开路,常见的是开关变压器反馈绕组脱焊。

③ 检查反馈电阻 1R7、二极管 1D4 是否开路,对反馈电容 1C3 先观察其外形是否正常,不能确定时对其代换。



04 检查开关管 G12 是否正常, 常见的是开关管击穿短路, 开路故障少见。若是开关管击穿, 保险管和电阻 1R5 必然至少有一个开路, 这种情况依照开关管击穿故障检修——安全检修法进行检测。

4. 稳压控制电路检修方法

稳压控制电路常见故障主要有输出电压过低和因稳压控制电路故障造成的电源失控、开关管被击穿损坏。

(1) 输出电压偏低的检修

参考图 3-12, 从稳压原理上来讲, 输出电压过低表明是由于三极管 G11 导通过强, 进一步可推出光电耦合器中光敏管导通过强、光电耦合器中发光管电流过大或精密稳压控制器导通过强, 以及取样电路中电阻 1R11 阻值增大等, 都可以引起输出电压降低。因稳压控制电路元件多, 在有输出电压的情况下, 各点电压变化不是太明显, 因而电压法检查不能有效地确定故障元件。利用最原始的方法——电阻法进行检查最有效。对相关元件逐一排查, 也可以采用模拟法进行检查, 以确定故障范围。

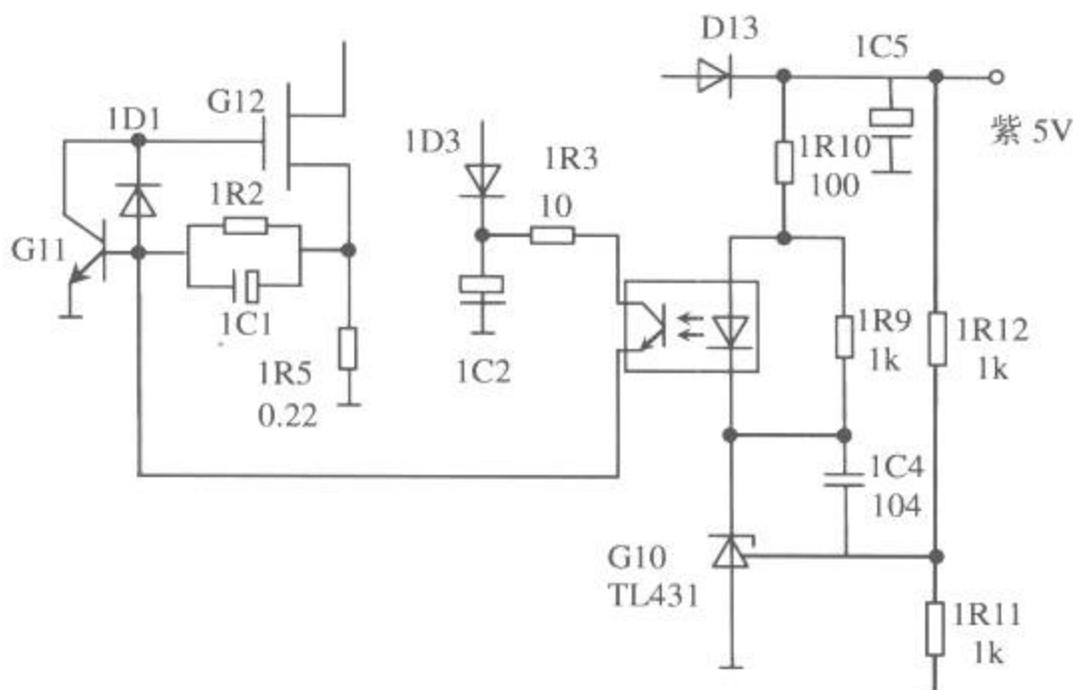


图 3-12 稳压控制电路

(2) 稳压控制电路的检修

首先直观检查滤波电容器 1C5、1C6, 如果有鼓胀、漏液, 更换电容器试机, 如果不能排除故障, 则用模拟检查法。检查过程如下:

01 先将万用表接在 1C5 的正负极准备检测电压, 然后通电, 用镊子将光电耦合器的 3 脚与 4 脚短路, 观察输出电压是否有变化。若使电源停止工作, 输出电压变为 0, 表明电源初级部分基本正常。

02 将 TL431 阴极对地短路, 观察输出电压是否有变化。若依然有输出电压, 可确定三极管 G11 或光电耦合器中的光敏管有软击穿故障, 将其更换即可排除故障。如果 TL431 本身击穿短路损坏, 短路的结果不能发现问题, 这时可用电阻法和电压法确定。

模拟检查法的优点是可迅速确定故障范围, 若是被短路元件本身损坏, 则不能反映问题。如光电耦合器 3 脚与 4 脚本已短路, 再人为短路 3 脚与 4 脚时, 输出是不会有太大变化的。



对稳压控制电路进行模拟检查时,千万不能使稳压控制电路开路,否则会使反馈振荡失去控制,导致输出电压过高,甚至使开关管在一瞬间击穿,造成不必要的损失。例如将三极管 G11 基极对地短路,将会使稳压控制电路失控。

利用模拟检查大致确定故障范围后,往往利用电阻法逐一排查故障元件。

5. 保护电路的检修方法

在银河系列 ATX2P4-1 辅助电源中,过流保护元件只有四个,即过流保护取样电阻 1R5、限流电阻 1R2、脉宽控制三极管 G11 及电容器 1C1 (参考图 3-7)。对这部分电路不宜用电压检查法,电阻检查法较为适用。

保护电路常见故障分析:

(1) 电阻 1R5 开路,则电源停振,无输出;阻值增大,大于 10Ω 时即可造成输出电压低且不稳定,负载能力差。

(2) 电阻 1R2 开路,会引起脉宽控制电流增大(缺少 1R5 与 1R2 的分流),造成输出电压低,同时失去过流保护功能。

(3) 三极管 G11 的 c-e 结击穿短路,则电源停振,无输出;若开路,电源失控,最终开关管必将击穿损坏。

通过检查,更换损坏的元件,即可排除故障。

3.2.4 辅助电源电路开关管击穿损坏情况下的检修方法

开关管击穿短路在检修中是难度最大,也是最令人头痛的故障。一般情况下,开关管击穿短路,往往连带造成损坏脉宽控制管及过流保护取样电阻。但只要掌握方法技巧,维修也不是一件难事。

1. 开关管损坏故障分析

发现开关管击穿后,先不要急于更换,应首先查清原因。造成开关管击穿损坏的原因不外乎以下几方面:

- (1) 稳压控制回路有开路性故障。
- (2) 尖峰吸收电路发生故障。
- (3) 交流供电过高。

2. 开关管损坏故障检修方法——安全检修法

开关管击穿损坏检查方法如下:

- 01 电阻法检查输出端对地电阻,确定负载有无故障。
- 02 在不加电的情况下,对稳压控制电路通过电阻法逐一对电路元件进行检查,对主要元件更不能放过。如果大意,可能会发生再次击穿开关管的事故。
- 03 检查过流保护取样电阻 1R12 及 1R11 是否正常。
- 04 检查光电耦合器是否正常。
- 05 检查精密稳压器 TL431 是否正常。
- 06 检查整流管 1D3 及脉宽调控管 G11 是否正常。



07 如果没有发现故障元件，还要检查尖峰吸收电路元件（1D5、1R8 及 1C7）。

08 当完成以上检查并更换损坏元件后，可装上开关管进行通电试机。

如果没有原型号的元件，可以用代换的方法更换损坏元件。代换是指在实践中，有时候手头上没有与原型号相同的元件，用性能参数与其相近的元件来代替损坏元件的一种维修措施。

代换的原则是：首先辨认损坏元件的型号，然后从参数手册中查看其主要参数，再从手中备有的元件中挑选与损坏元件主要参数相近的元件代换损坏元件。

3.2.5 辅助电源检修流程

综上所述，可总结出辅助电源检修流程图 3-13 所示。

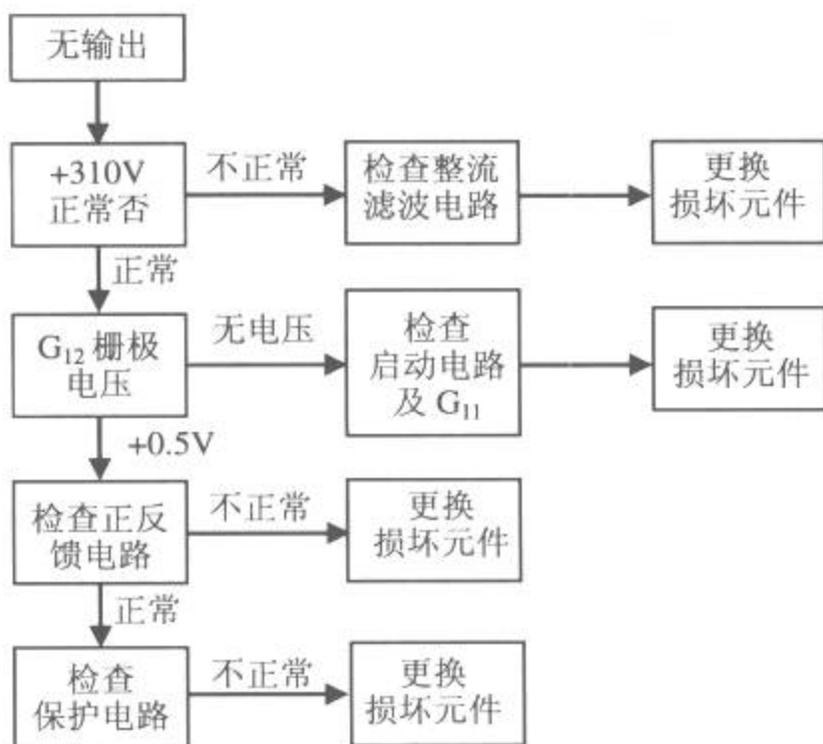


图 3-13 辅助电源检修流程

3.2.6 特殊元件的检测方法

1. 光电耦合器的检测方法

光电耦合器的检测方法如下（以 PC817 为例，参照图 3-9 (a)）：

01 定性测试。用指针万用表的 R100 挡对其进行大致测试。正常情况下，正向测量 1~2 脚，电阻约在 1.1k 左右，反向为无穷大；3~4 脚正反向均为无穷大。若测得 1~2 脚和 3~4 脚有短路，表明已坏。

02 定量测试。用指针万用表的 R×1 挡，黑表笔接 1 脚，红表笔接 2 脚（实际是为内部二极管加上正向电流），用另一块万用表选择 R×100 挡测量 3~4 脚电阻（黑表笔接 3 脚，红表笔接 4 脚）。正常情况下，3~4 脚电阻是受 1~2 脚上电压控制可变的，即：1~2 脚不接万用表，3~4 脚电阻为无穷大；1~2 脚接上 R×1 挡，3~4 脚电阻降为很低值。如果不符合此规律，说明光电耦合器已损坏。

2. 精密稳压器 TL431 的检测方法

由于 TL431 内部是集成电路，用万用表不能直接测出其好坏，所以只能对其进行大致判断。





只要任两脚间没有短路，即可在电路中试机，然后通过电压法进行确证。

3.2.7 辅助电源电路故障案例

1. 开机后电脑主机不启动，辅助电源无 SB（待机）电压输出（启动电阻问题）

故障现象：电源与电脑主机相连，开机时主机不能启动。将电源从主机内拆出后，人为短路电源插头中绿色线与黑色线，电源风扇不转。经查无 SB 待机电压输出。

故障分析：SB 端无待机电压输出，说明辅助电源没有工作。

检修过程：

01 拆开外壳取出电路板后，直观检查没有明显损坏元件。

02 加电检查。首先测整流滤波电压约为 300V 正常，继续测开关管栅极电压，若为零，遂确定启动电阻损坏或脉宽调制三极管击穿短路。

03 断电并将电容器放电后，用万用表测开关管栅极对地电阻正常，继续测启动电阻发现有一个开路。将其更换后试机，测 SB 电压，恢复正常。

04 人为短路绿色线与地线，电源风扇转动。进一步检测主电源 5V、12V、3.3V 及 PG 信号电压均正常，故障排除（在修复之后，不要忘了最后还要检查确认 PG 信号是否正常，方可交付使用）。

2. 开机后电脑主机不启动，辅助电源无 SB（待机）电压输出（开关变压器故障）

故障现象：将电源从主机内拆出后，人为短路电源插头中绿色线与黑色线，发现电源风扇不转。经查 SB 无待机电压输出。

故障分析：SB 无待机电压输出，说明辅助电源没有工作。

检修过程：

01 拆开外壳取出电路板后，直观检查没有发现明显损坏元件。

02 加电检查。首先测整流滤波电压约为 300V 正常，继续测开关管栅极电压约为 0.5V，说明正反馈电路有故障。

03 测正反馈及开关管通路，没有发现开路损坏元件，测负载端无短路，怀疑开关变压器有故障。

04 更换开关变压器后故障排除。最后复查各路输出电压及 PG 信号均正常，交付使用。

3. 开机后电脑主机不启动，可听到电源有轻微“吱吱”声

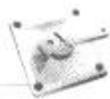
故障现象：对独立电源检查时，发现通上交流电就可听到轻微“吱吱”声，经查 SB 无待机电压输出。

故障分析：听到轻微“吱吱”声，且无 SB 电压输出，判断辅助电源的正反馈及开关振荡电路工作正常。可能原因是输出端有短路，电路处于保护状态。

检修过程：

01 拆开外壳取出电路板后，通电检测三极管 G11 基极电压，结果有 0.4V 电压，说明确实是电路处于保护状态（参考图 3-7）。

02 测负载端对地电阻，结果正常。试分析，负载无短路，三极管 G11 基极的高电压从何而来？它是从反馈电压经 1D3 整流，通过和光电耦合器而来，基于这样的原理，判断可能是光电



耦合器软击穿或光电耦合器中的发光管发光太强引起的故障。遂检查光电耦合器 3~4 脚间电阻，结果正常。

03 检查 TL431 阴极对地电阻，发现很小，更换 TL431 后试机，故障排除。最后复查主电压输出及 PG 信号电压均正常，交付使用。

3.3

主电源电路分析与检修

3.3.1 主电源电路分析

电源的主电源电路主要由交流输入抗干扰整流滤波电路和双管半桥式开关主回路电路等组成。

1. 交流输入抗干扰整流滤波电路

主电源的交流输入抗干扰整流滤波电路与辅助电源使用同一个交流输入电路。参考图 3-5 所示电路，交流电经整流后产生 310V 直流高压，在 C7、C8 上分别产生 150V 对称直流高压输出，R2 与 R3 为均压电阻，保证 C7 与 C8 上的电压相等。这里没有使用单电容滤波是应双管半桥式主开关电源所需要。在早期的 PC 电源中，当使用 110V 交流电源时，设计有一个开关，开关闭合，将 L 或 N 与电容 C7、C8 的中间点直接相连，就组成倍压整流滤波电路，在 C7、C8 上分别产生 150V 直流高压输出，经电压叠加，输出 310V 直流高压。该转换电路的作用是保证在两种不同输入电源的环境下都能产生相同的对称工作电源输出。目前电脑的开关电源已不再有这个转换开关，而是直接使用 220V 交流电。

2. 开关主回路（双管半桥式）电路

开关主回路（双管半桥式）电路由大容量电解电容与开关管及 C9 组成桥式连接构成，其回路负载是高频变压器 T4 的初级绕组，如图 3-14 所示。

电路在通电状态下，电解电容上各有 150V 直流高压，相当于一对正负对称电源。当 G1 导通 G2 截止时，C7 上的电压从正极经 G1 的漏极、源极和 T4、C9 回到 C7 的负极，组成放电回路，电流由上至下流经 T4；当 G1 截止 G2 导通时，C8 上的电压从正极经 C9、T4 下端、上端和 G2 的漏极、源极，通过地回到 C8 的负极，组成放电回路，电流由下至上流经 T4。

可见，G1、G2 在 PWM 芯片 TL494 提供的两路频率约几十千赫，相位差为 180° ，宽度可变的调制脉冲驱动下轮流工作于饱和与截止状态，为高频变压器 T4 提供高频交变工作电流，再经次级绕组完成功率变换，输出不同的直流电压。其中的 C10 与 R8 用来消除谐振。

T3 为脉冲驱动变压器，7~6 绕组与 5~4 绕组绕向不同。初级的驱动脉冲被 T3 的 7~6 绕组与 5~4 绕组分解为相位相差 180° 的两个脉冲，分别驱动 G1 和 G2 使其轮流导通与截止。电阻 R4 与 R5、R6 与 R7 用于限流匹配，防止产生谐振。

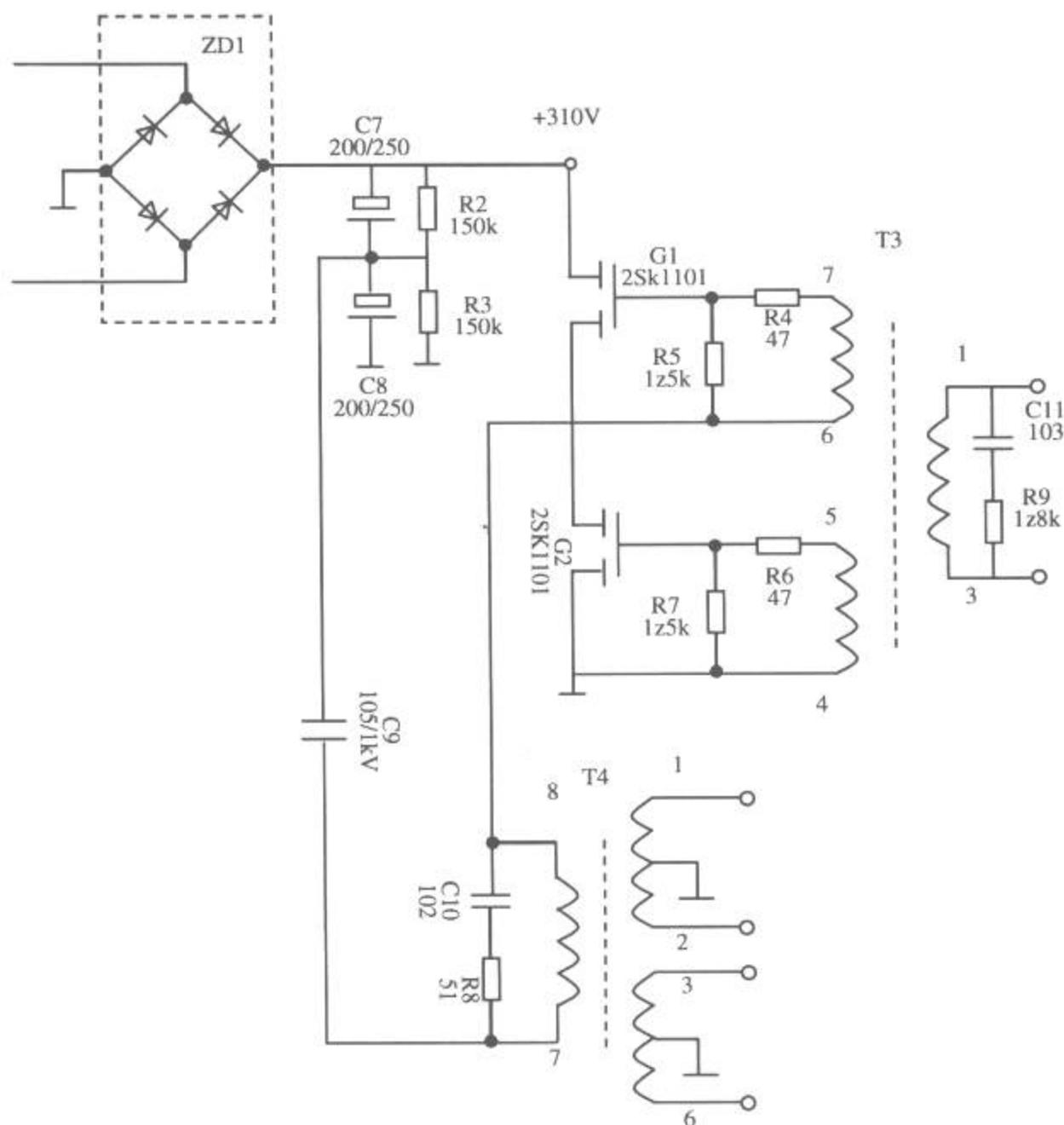


图 3-14 银河系列 ATX2P4-1 电源的双管半桥式开关主回路

3. 高频功率变换及低压输出电路

(1) 高频功率变换电路

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例讲解高频功率变换电路，如图 3-15 所示。在双管半桥式开关主回路中，T4 为高频功率变换变压器，是功率变换的主要元件，体积最大。开关管 G1 与 G2 轮流导通，在 T4 初级绕组中流过正反两个方向的电流，根据变压器工作原理在次级 1~G 和 2~G 以及 3~G 和 6~G 绕组中必然产生方向不同的感应电动势。1~G 与 2~G 绕组匝数相等，绕向相反；3~G 与 6~G 绕组匝数相等，绕向相反。因此，在 1~G 与 2~G 绕组中产生的感应电动势大小相等，方向相反；同理，在 3~G、6~G 绕组中也产生大小相等，方向相反的感应电动势。1~G、2~G 绕组和 3~G、6~G 绕组匝数不同，因此感应电动势不同。在银河系列 ATX2P4-1 电源中，1~G、2~G 绕组为+12V 输出绕组，3~G、6~G 绕组为+5V 输出绕组。在有些机型中，还设有+3.3V 专用绕组。

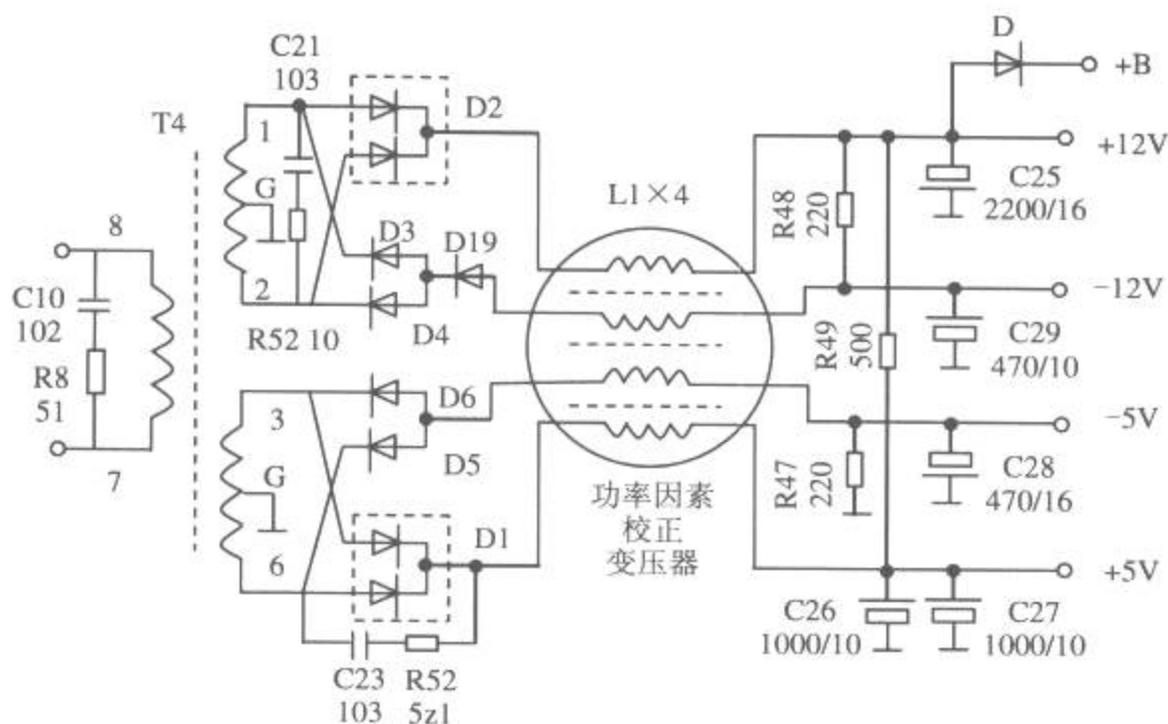


图 3-15 银河系列 ATX2P4-1 电源高频功率变换及低压整流输出电路

(2) 低压整流输出电路

在图 3-15 中, 开关主回路中 T4 的正反不同方向的电流通过高频变压器, 在次级各绕组中将得到不同的感应电压, 分别经高频全波整流、滤波后得到主机工作需要的 $\pm 5\text{V}$ 和 $\pm 12\text{V}$ 直流电压。电路中, D2 及 D1 为肖特基整流二极管组件, 可对正极性脉冲进行整流得到 $+12\text{V}$ 和 $+5\text{V}$ 直流电压, 其工作电流较大, 损坏后是不可随意用其他二极管代替的。D3、D4 和 D5、D6 为四个独立的二极管, 可对负极性脉冲整流得到 -5V 和 -12V 直流电压。

这四组输出电压采用 LC 滤波电路, 用以减小输出的直流电压的纹波系数, 保证微机系统的稳定运行。这里用到的滤波电感被绕制在同一个磁芯内, 称为功率因素校正变压器, 但它并没有变压作用, 只是起到滤波校正的作用。

电路中 D2、L1、D (实物板上无编号) 及辅助电源中的 C0 组成倍压整流滤波电路, 当主开关电源工作后, 在输出端得到 $+24\text{V}$ 直流电压, 可由这个 $+24\text{V}$ 电源代替辅助电源中的 $+B=12\text{V}$ 电源。

电路中, C10 与 R8 用于消除 T4 初级绕组的谐振, 防止产生振荡。R52、C23 用于保护二极管, R47、R48 和 R49 为各路输出电压的负载, 可避免电源因空载造成输出电压升高。

某些机型中用到的 $+3.3\text{V}$ 电压产生电路如图 3-16 所示。

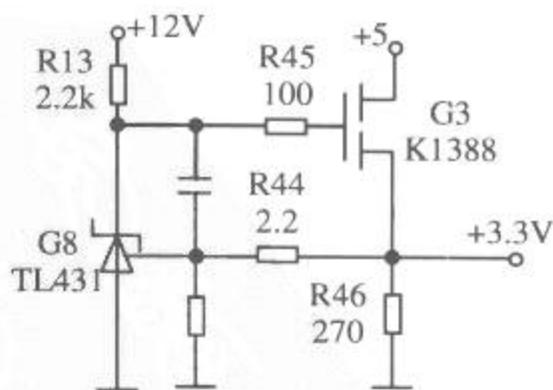


图 3-16 $+3.3\text{V}$ 电压产生电路

$+3.3\text{V}$ 电压产生电路主要有两种形式。一种是使用 $+5\text{V}$ 绕组, 经全波整流后由一只三极管调整输出 $+3.3\text{V}$, 如新生代电源。另一种是由从 $+5\text{V}$ 输出电压中串联一只场效应管 G3 进行调整后输出 $+3.3\text{V}$ 。





+12V 电压通过电阻 R13, 一方面为 G8 提供电流源, 另一方面通过电阻 R45 为 G3 控制极提供电压, 使 G3 导通, 使+5V 电压源通过 G3 在电阻 R46 上产生输出电压。这个电压又通过电阻 R44 加到 G8 的控制极, 与其内基准电压相比较, 产生误差电压控制其 I_{KA} , 改变 G3 的栅极电压进而调整 G3 的输出电压。最终, 使 G3 输出稳定的+3.3V 电压。

在有些机型中, 设置有专用+3.3V 绕组, 经整流滤波输出+3.3V 电压。

4. PWM 脉冲产生电路

在电脑电源中, 由于功率消耗较大, 一般都采用双管半桥式开关电源, 因此就要有一对相位相差 180° 的 PWM 调制脉冲来驱动, 调制脉冲的产生通常由专用集成电路来完成。在现代电源中最为常见的脉宽调制集成电路有 494 系列 (如 TL494, LM494 等), 此外还有 3524 系列 (如 SG3524, CA3524 等)。3524 系列多用在 UPS 电源中。

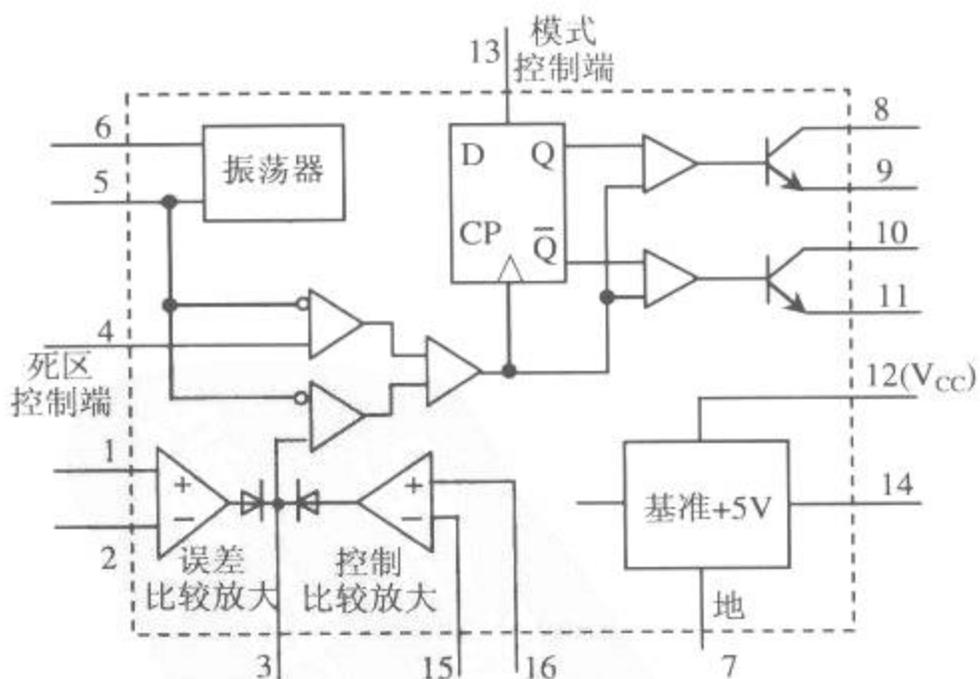
494 系列集成电路作为脉宽调制组件, 因结构简单、性价比高等优点, 在开关电源中得到了广泛应用。下面以 TL494 为例, 对其工作原理进行说明。

(1) TL494 集成电路结构

TL494 采用 14 脚双列 DIP 封装, 其实物图内部结构框图如图 3-17 所示。



(a) TL494 实物图



(b) TL494 内部结构框图

图 3-17 TL494 外形及内部结构框图

TL494 的内部电路包括基准电压发生器、振荡器、间歇期调整电路、两个误差放大器、PWM 比较器和输出放大电路等。



TL494 的各引脚用途及作用如下:

① TL494 的第 12 脚为供电端, 其典型电压为+15V, 一般采用 12V 供电。

② 第 14 脚内部为+5V 基准电压发生器, 只要第 12 脚加上+12V 工作电压, 14 脚就能输出+5V 基准电压。基准电压供 TL494 的内部和外部电路使用。

③ 第 6 脚外接定时电阻 R_T , 第 7 脚外接定时电容 C_T , 它们与内电路构成振荡器, 振荡器的振荡频率为

$$f = \frac{1.1}{R_T C_T}$$

振荡器输出的锯齿波电压送入间歇期调整电路及 PWM 调整电路。

④ 第 4 脚内部为间歇期调整电路, 在外加电压 (0~3.5V) 的控制下, 能强行控制振荡器的输出脉冲宽度。第 4 脚外加电压高于 3.5V 后, 输出脉冲宽度为零, 该电压称为死区电压, 第 4 脚又称为死区控制端。电脑主机的开机及保护功能, 就是利用控制第 4 脚的外加电压来实现的。

⑤ 第 1 脚与第 2 脚内部为一个误差放大器, 通常用作输出电压监视。开关电源输出电压的稳压控制就是通过该脚实现的。第 15 脚与第 16 脚内部为另一个误差放大器, 一般用作输出电流监视。将两个误差放大器的输出电平 (第 3 脚) 与振荡电路输出的锯齿波电平进行比较, 当锯齿波电平上升到大于第 3 脚电平时, 振荡器产生的锯齿波脉冲才能输出。

⑥ 在 TL494 内部还有一个 D 触发器, 将振荡器的锯齿波分解为两个相位相差 180° 的脉冲, 分别驱动两个输出级。

⑦ 输出级由两个晶体三极管组成, 分别输出 200mA 的电流。第 13 脚为工作模式控制端, 该脚的外加电压将控制输出级两个三极管的工作状态。当第 13 脚接入+5V 时, 两管为推挽输出方式; 当其接地时, 两管为并联式输出 (两个三极管当作一个来使用)。作为电脑电源半桥式功率输出电路的驱动电路使用时, 13 脚与 14 脚 (基准+5V 输出) 相连接, 为推挽式输出。

TL494 集成电路在各开关电源中, 1、2 脚和 15、16 脚外接的取样电路可能有所不同, 以外其他引脚外接电路的形式基本一致。在正常工作时, 其各引脚工作电压值如表 3-1 所示。

表 3-1 TL494 引脚参考电压

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
电压/V	2.5	2.5	3.9	0.25	2.2	3.6	0	1.8	0	0	1.8	12	5	5	5	0

(2) TL494 集成电路的工作原理

TL494 集成电路的工作过程如下:

① 辅助电源产生的+B=12V 电压加在 TL494 的第 12 脚、第 8 脚和第 11 脚。TL494 的内部振荡器开始工作, 产生锯齿波脉冲送到内部间歇期调整电路, 与第 4 脚的电压相比较, 当 4 脚电压低于 3.5V 时, 因内部两个误差放大器均输出低电压, 所以, 间歇期调整电路输出的最宽脉冲通过内部触发器分成两个相位相关差 180° 的脉冲 (TL494 第 13 脚外接 $V_{ref}=+5V$, 内部两个晶体管作推挽输出), 分别由第 9 脚和第 10 脚送到脉冲驱动电路、主开关电路, 使功率变换电路工作, 产生各组输出电压。

② 由第 14 脚输出的 $V_{ref}=+5V$ 基准电压, 分四个支路输出: 第一路为内部比较运算放大器提供工作电压, 第二路经 R35、R34 分压后为内部误差采样放大器的反相输入端 (第 2 脚) 提供



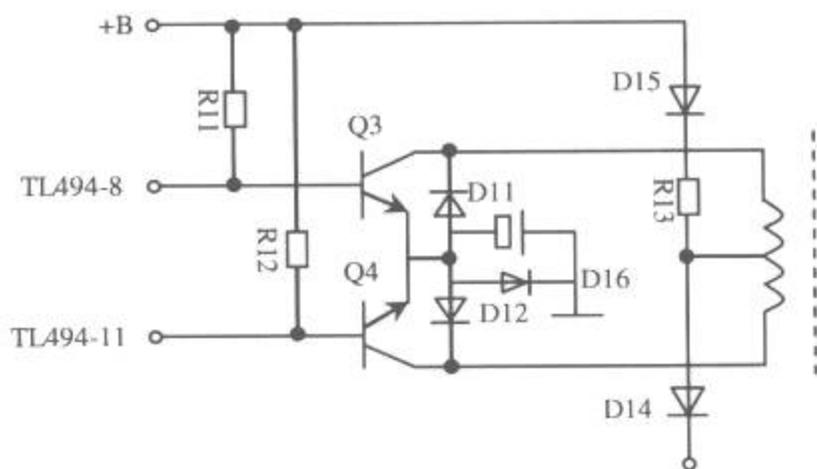


比较参考电压，第三路经 R14 为内部控制放大器的反相输入端（第 15 脚）提供控制参考电压，第四路为由 R42 等组成的 RC 延迟启动电路提供充电电流。

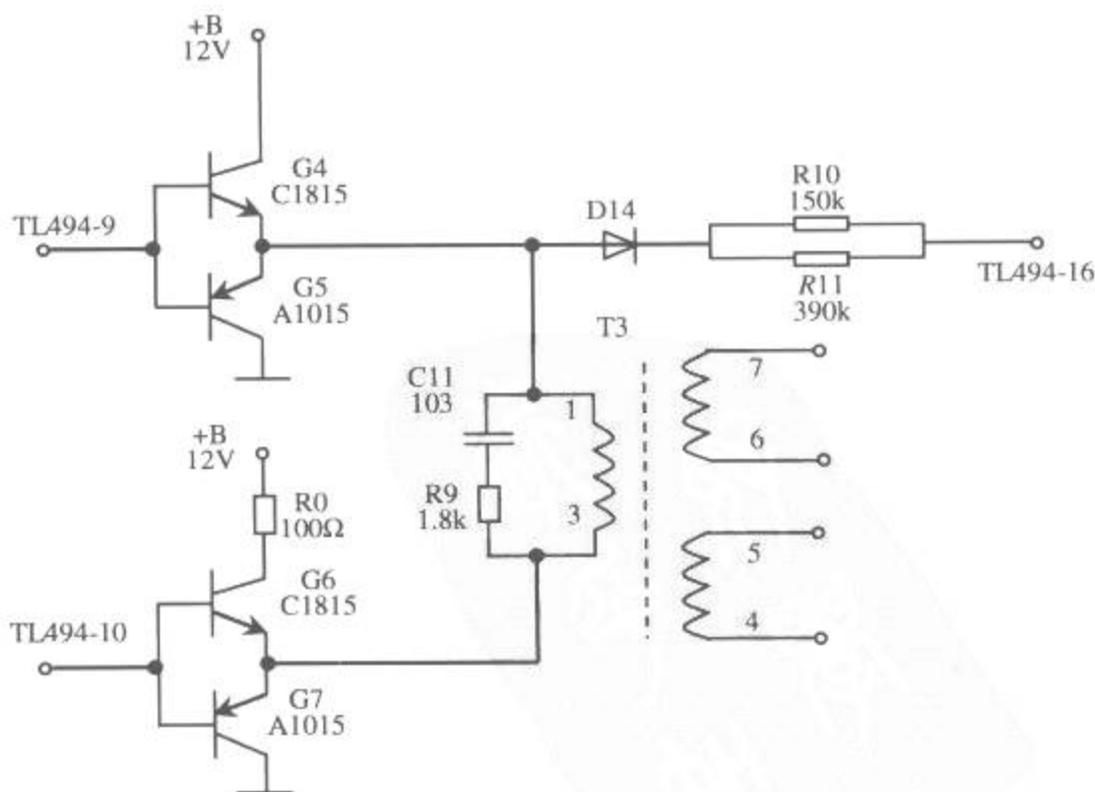
③ 延迟启动。刚开机时，因各晶体管、集成电路、检测电路等不能立即进入稳定工作状态，若 TL494 产生不正常的调制脉冲，很可能使两个开关管同时导通造成损坏。在 TL494 第 4 脚外接有电阻 R42、电容器 C 等延迟启动单元，刚开机时，由于参考电压 V_{ref} 对电容器的充电作用，R42 上的电压较高，这一高电压被送到 TL494 第 4 脚，使 TL494 不能输出脉冲，起到延迟启动作用；随着充电的进行，R42 上的电压逐渐降低，TL494 第 4 脚电压也逐渐降低，当低于死区电压时，TL494 才根据各检测信号的情况送出相应的脉冲信号驱动功率变换电路，使其进入正常工作状态，实现开机延迟启动保护。

(3) PWM 脉冲驱动电路

脉冲驱动电路的任务是将 TL494 产生的两个脉冲进行放大，以推动负载工作。驱动电路主要有两种形式。一种是由两只三极管构成的推挽式驱动电路，另一种是由四只三极管构成的推挽式驱动电路。常见的脉冲驱动电路如图 3-18 所示。



(a) “新生代”开关电源脉冲驱动电路



(b) 银河系列 ATX2P4-1 开关电源脉冲驱动电路

图 3-18 开关电源的 PWM 脉冲驱动电路



PWM 脉冲驱动电路的工作过程如下:

① 当 TL494 第 9 脚为高电平脉冲时, 三极管 G4 导通, G5 截止; 与此同时 TL494 第 10 脚为低电平, 三极管 G6 截止, G7 导通。+B 12V 经 RJ8 流过导通的 G4、T3 初级、G7 到地, 形成通路。在 T3 初级产生自上而下的驱动电流。

② 当 TL494 第 9 脚为低电平脉冲时, 三极管 G4 截止, G5 导通; 与此同时 TL494 第 10 脚为高电平, 三极管 G6 导通, G7 截止。+B 12V 经 R0 流过导通的 G6、T3 初级、G5 到地, 形成通路。在 T3 初级产生自下而上的驱动电流; 这样由于在 T3 初级产生正反两个方向的电流, 在 T3 的次级 7~6、5~4 两个绕组中将产生相位相反的两个感应电动势。即当 T3 的 7 为正 6 为负时, 必然有 5 为负 4 为正, 或 7 负 6 正时为 5 正 4 负。相位相反的两个脉冲分别通过 R_4 和 R_6 加在两个功率开关管的栅极, 使两个功率开关管轮流导通或截止。

在脉冲驱动电路中, C11 与 R9 用于防止产生谐振; D14、R10/R11 将部分驱动脉冲电流整流, 之后得到的电压反映了驱动脉冲电流的大小, 这一电压加到 TL494 的第 16 脚上, 驱动脉冲电流大, 第 16 脚上的电压就高, 驱动电流小, 第 16 脚上的电压就低。当第 16 脚上的电压过高 (大于第 15 脚基准电压) 时, TL494 的内部控制比较器输出低电压。一路送到间歇期调整器电路, 使脉冲宽度为零, 也就是停止输出驱动脉冲, 从而主开关电源停止工作, 起到保护作用; 另一路通过第 3 脚输出低电压, 送到 PG 信号产生电路, 停止 PG 信号的输出, 使电脑主机停止工作。

5. 主电源开关机控制电路

银河系列 ATX2P4-1 电源中, 主电源开关机控制电路主要由运算放大器 LM339 及外围元件来组成, 也有些机型使用 LM324。

(1) 运算放大器 LM339 简介

LM339 为 14 脚塑封双列直插式结构, 3 脚为供电端, 12 脚为接地端, 工作电压范围为 3~32V, 一般供电为 +12V。LM339 的外形及内部结构如图 3-19 所示。

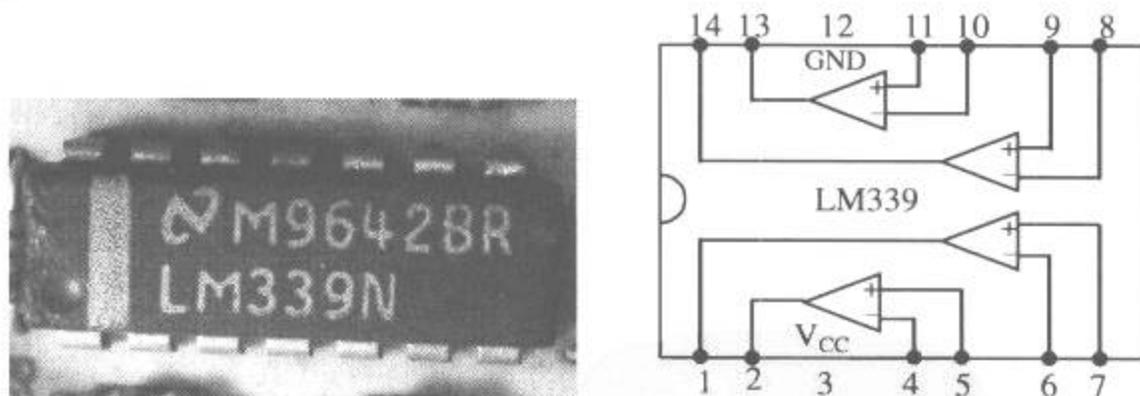


图 3-19 LM339 外形及内部结构图

LM339 的内部电路由四个完全相同而且是互相独立的运算放大器构成。每个运算放大器都有三个端子, 一个为同相输入端 (用+表示), 一个为反相输入端 (用-表示), 一个为输出端。

运算放大器的基本工作原理是: 当同相输入端与反相输入端电压相等时, 输出端输出电压约为电源电压的 $1/2$ ($V_{CC}/2$); 当同相输入端电压高于反相输入端电压时, 输出端输出电压高于 $V_{CC}/2$ 并接近于电源电压 V_{CC} ; 当同相输入端电压低于反相输入端电压时, 输出端输出电压低于 $V_{CC}/2$, 接近于地 (GND) 电压, 即约为 0。

与 LM339 功能相同的运算放大器还有 LM324、TL339 等, 但它们的引脚排列不同, 不能直



接互换。LM339 在银河系列 ATX2P4-1 电源中的具体应用电路如图 3-20 所示。

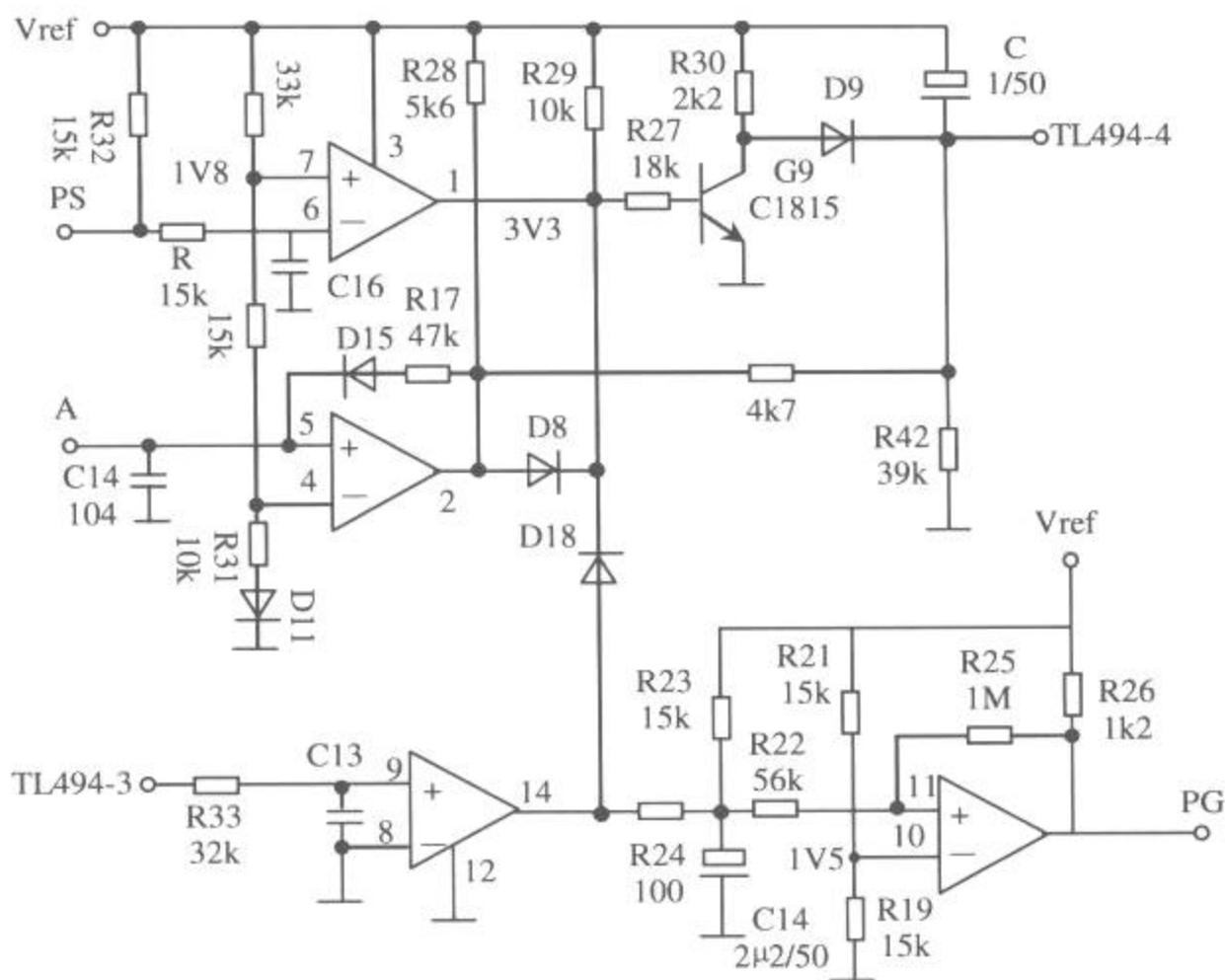


图 3-20 开机电路、PG 信号产生电路

(2) 开关机电路分析

主电源的开关机是受绿色线的电压控制的，这一电压来自电脑主板的开机电路，绿色线称为 PS 信号线。银河系列 ATX2P4-1 电源的开关机电路如图 3-20 所示。

绿色线经电阻 R32 接于 Vref 为 +5V 高电平，经电阻 R 送到比较运算放大器反相输入端 LM339 第 6 脚。当主机未发出开机信号或电源输出插接线未与主板连接时，LM339 第 9 脚获得一个高电压。因 LM339 第 7 脚由 33k、15k 电阻及 R31、D11 分压后输入约 2.2V 电压，低于 LM339 第 6 脚电压，所以其输出端 LM339 第 1 脚输出低电压，经隔离电阻 R27 加到三极管 G9 的基极，使其截止。三极管 G9 集电极输出大于 4.5V 的高电压，通过 D9 送到脉冲产生集成电路 TL494 第 4 脚，控制 TL494 的输出脉冲宽度为零，也就是不输出脉冲，主电源不工作，没有 ±5V 和 ±12V 直流电压输出，电脑主机也就不工作。

当主机发出开机信号时，主板将绿色线的电压降低至零，或人为地将绿色线与地线（黑色线）相接时，PS 的低电压经电阻 R 送到 LM339 第 6 脚，使输出端 LM339 第 1 脚输出高电压，经电阻 R27 使三极管 G9 饱和，集电极输出低电压（约为 0V）。这一低电压通过 D9 送到脉冲产生集成电路 TL494 第 4 脚。TL494 内间歇期调整电路输出宽度受误差电压比较器控制的脉冲，最终从 TL494 第 9 脚和 TL494 第 10 脚输出宽度可调脉冲，经驱动电路推动功率开关管工作，经功率变换电路输出 ±5V 和 ±12V 直流电压。

6. 稳压控制电路

+5V 和 +12V 输出电压分别经电阻 R38 和 R39 加在电阻 R40 上，分出约 4.3V 电压加在 TL494



第 1 脚上，作为稳压控制电路样品电压，与第 2 脚参考电压相比较（由电阻 R35 和 R34 对基准电压分压产生 4.6V 电压）。在 TL494 内部经电压比较器相比较，产生误差电压，再送到间歇期调整电路，通过控制脉冲宽度实现稳压。取样电路及基准电压电路如图 3-21 所示。

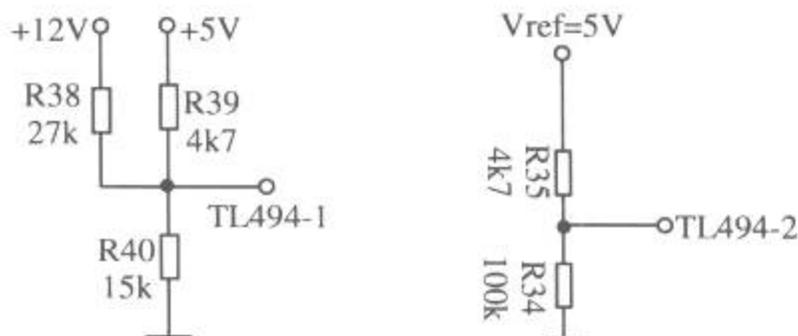


图 3-21 稳压控制取样电路及基准电压电路

7. PG 信号产生电路

PG 是英文 POWER GOOD 的缩写，意为“电源好”，这是标志电脑主机能否正常启动的很重要的控制信号。在主电源工作后，它有一个从低电压经延时 100ms 左右后跃变升高为约 5V 的过程。PG 信号产生电路大多采用电压比较运算放大器构成，也有的由分立元件构成或使用专用集成电路。

PG 信号产生电路工作过程如下（参考图 3-20）：主电源开机后，在 +5V 电压稳定之前，TL494 第 3 脚输出低电平，通过 R23 加到 LM339 第 9 脚（同相输入端），由第 14 脚输出低电压，通过 R24、R22 加到 LM339 第 11 脚。因 LM339 第 10 脚由电阻 R21 对基准电压分压得约 1.5V 电压，因此，LM339 第 13 脚输出低电平，也就是说输出 PG 信号为低电平。此时，电脑主机因 PG 信号为低电平而不启动。当 +5V 电压升高大于 4.5V 以后，TL494 第 3 脚输出高电平约 +3.2V 送到 LM339 第 9 脚，并从 LM339 第 14 脚输出高电平约 2.5V，经 R24、R22 加到 LM339 第 11 脚，从 LM339 第 13 脚输出约 5V 高电压，也就是输出了“电源好”的信号。最终经灰色线将 PG 信号送到电脑主板复位电路，主板开始工作。在这个过程中，C14 起到了延时作用。

在电源断电时，因滤波电容的作用，PG 高电压信号下降速度较 +5V 快。也就是说，在 +5V 还没有消失时，PG 信号就从高电压降为 0V，比 +5V 消失提前约 100ms，使电脑在 +5V 电压消失之前结束应用程序，停止工作，以防不测。

8. 保护电路

主电源的保护电路有过流保护电路、过压保护电路、欠压保护电路和缺相保护电路等。延迟开机保护过流检测信号从 TL494 第 15 脚输入，自动保护控制信号由 D14 送入 TL494 第 4 脚。

主电源输出的直流电压有 $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 和 3.3V 五组电压，如果由于某种原因这五组电压缺少一组，就称为“缺相”；任一组电压过高称为过压。

如图 3-22 所示为过压及缺相保护电路的综合采样电路，分别对 $\pm 5V$ 、 $-12V$ 及 3.3V 四组电压进行检测。



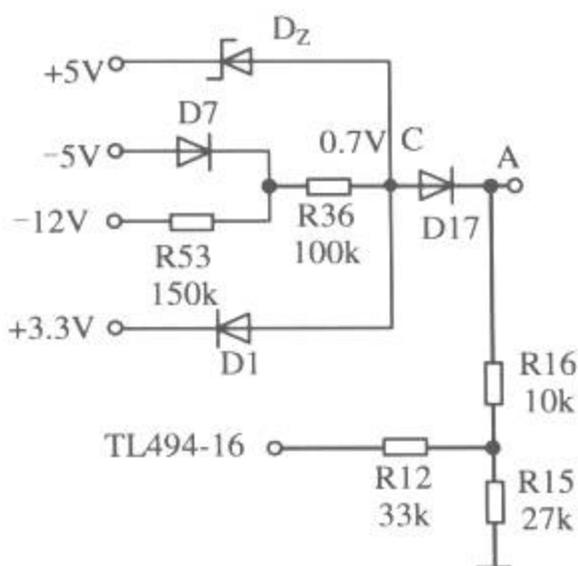


图 3-22 过压、缺相保护电路的采样电路

正常情况下，C 点电压 (V_c) 约为 0.8V，LM339 第 5 脚电压约为 0.45V。若任一路输出电压发生变化（过压、缺相）都将引起 C 点及 A 点电压改变，经 D17 送入 LM339 第 5 脚（同相输入端）的电压也将发生改变（参看图 3-21）。若因某种原因造成某路输出电压升高，例如 +5V 输出升高到 5.4V、+12V 输出升高到 13.2V、-12V 或 -5V 升高到 0V 时，在 LM339 第 5 脚上的电压也将随之升高到（或超过）1.2V，于是在 LM339 第 2 脚输出端将产生 5V 左右的保护控制电压输出，经 D10（实物为 4.7k 电阻）送到 TL494 第 4 脚的自动保护控制端，通过脉宽调制电路将使驱动功率开关管的脉冲宽度变为零，迫使功率转换电路停止工作，以保护主机及电源本身的安全。与此同时，LM339 第 5 脚得到的电压经电阻 R16 与 R15 分压，经 R12 送到 TL494 第 16 脚（同相输入端），TL494 第 15 脚（反相输入端）的基准电压相比较产生控制电压，送到间歇期调整电路，同样迫使脉冲宽度变为零，功率转换电路停止工作，由此实现过压和缺相保护。

该保护电路在迫使功率转换电路停止工作的同时，由 TL494 第 3 脚先行输出低电压，通过 PG 信号产生电路使 LM339 第 13 脚输出低电压 PG 信号（也就是无 PG 信号输出），电脑主机停止工作。

3.3.2 主电源常见故障分析

主开关电源的常见故障主要有：

(1) $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 及 +3.3V 五组输出电压均无输出。主电源无输出，一般是主开关电源不工作、损坏或处于保护状态。

(2) $\pm 5V$ 及 $\pm 12V$ 输出基本正常，电源风扇不转。有正常输出电压，仅电源风扇不转，故障仅限于风扇损坏或风扇转轴干涸，更换风扇或修复即可。

(3) $\pm 5V$ 及 $\pm 12V$ 有输出，PG 信号不正常。PG 信号不正常，表明电源输出电压不正常，虽然有 $\pm 5V$ 及 $\pm 12V$ 输出，但可能不稳定，检测电路检测到不正常，就不输出 PG 信号，或者 PG 信号产生电路本身损坏。

3.3.3 主电源故障检修

一般来讲，对主电源的检修在辅助电源正常之后才能进行。

1. 抗干扰及整流滤波电路常见故障的检修方法

因主电源与辅助电源共用同一个抗干扰及整流滤波电路，这部分的检修可参考 3.2.3 节内容。



2. 开关主回路的检修

(1) 开关主回路的常见故障

开关主回路常见的故障主要有:

- ① 两只开关管都击穿或一只击穿短路, 并烧毁保险管。
- ② 电容器 C7、C8 击穿短路, 烧毁保险管, 或 C7、C8 有一只或两只失容。
- ③ 电容器 C9 不良。
- ④ 功率变换变压器引脚脱焊。

(2) 开关主回路的检修

开关主回路元件少、体积大, 因此对开关主回路的检查采用电阻法较为方便。

01 分别检查两只开关管是否有击穿短路。检查方法为: 用万用表电阻挡测量开关管的漏极与源极电阻是否正常, 对双极性三极管须测量其集电极与发射极电阻是否正常。

02 电阻法检查推动变压器绕组是否有开路, 匹配电阻有无开路; 检查主功率变换变压器有无开路。

3. 功率变换输出电路故障的检修

(1) 功率变换输出电路的常见故障

功率变换输出电路的常见故障主要有:

- ① 肖特基整流管击穿短路。
- ② 滤波电容鼓胀, 容量不足。

(2) 功率变换输出电路的检修方法

功率变换输出电路相对来说比较简单, 主要是采用电阻法检查是否有短路元件。由于各组输出电路对地都接有电阻做负载, 且阻值都很小, 所以应用低阻挡测量其阻值即可。主电压输出电路检测点包括电源输出插头处、整流管后。各组输出端对地阻值如表 3-2 所示。

表 3-2 各组输出端对地阻值

检测点	红色线 (+5V)	米黄色线 (+12V)	白色线 (-5V)	蓝色线 (-12V)	橙色线 (+3.3V)
参考电阻值	47Ω	220Ω	270Ω	560Ω	25Ω

主电压输出电路的检测方法如下: 用万用表电阻挡, 测量各检测点对地的电阻, 检查有无短路元件, 若所测点对地电阻明显小于正常值, 表明有短路元件, 并更换损坏元件。数字万用表红表笔接各检测点, 黑表笔接黑色线(地); 指针万用表黑表笔接各检测点, 红表笔接黑色线(地)。要注意指针万用表换挡时均要重新调零, 数字万用表也要换挡。

● 注 意

对开关主回路和输出电路, 必须查清短路元件并更换后, 才可通电试机。在没有确定有无短路元件之前, 最好不要通电试机, 否则可能会再次损坏, 产生同样的故障。





4. 开关脉冲驱动电路的故障检修

(1) 开关脉冲驱动电路常见的故障

无驱动脉冲输出会导致主开关电源不工作，无直流电压输出。实际电路中常用的 PWM 脉冲驱动电路如图 3-23 所示，其常见的故障主要有驱动三极管损坏，脉冲变压器脱焊。

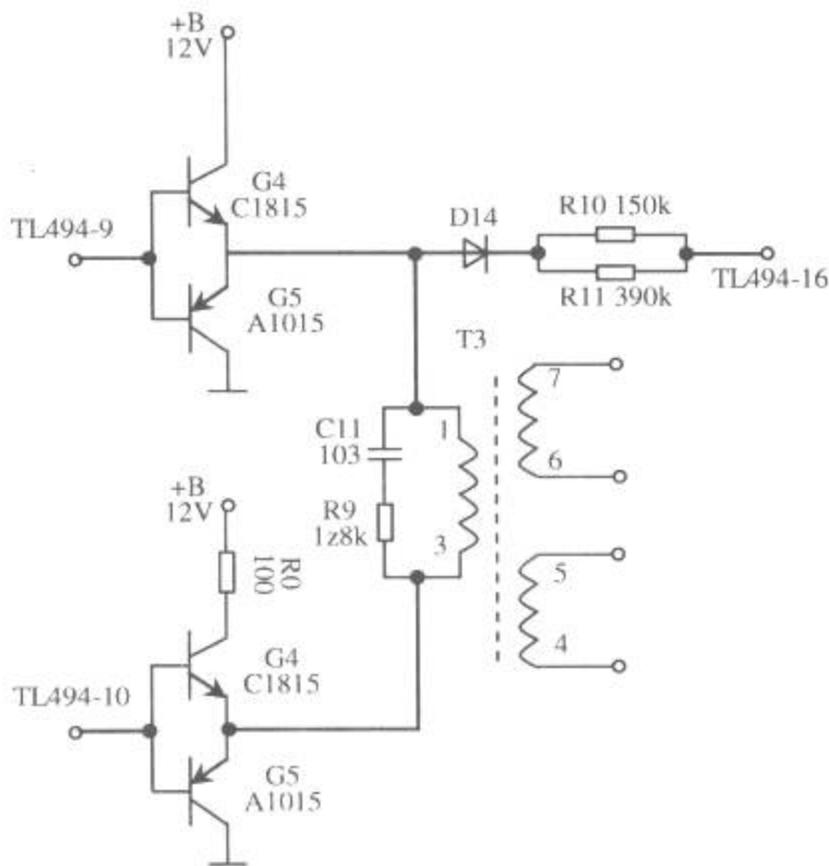


图 3-23 PWM 脉冲驱动电路

(2) 开关脉冲驱动电路的检修方法

对电路进行检修时，只能在开关主回路和低压整流输出电路无短路的情况下才可以对电路通电，进行深入检查。检修过程中应做到以下几点：

❶ 在不装主功率开关管情况下，给电源通电。

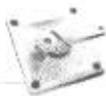
❷ 反复模拟开关机（用镊子或短导线将绿色线与地短接），并用万用表测量 TL494 第 9 脚和第 10 脚的电压。若电压不变化，检查脉冲产生电路；若变化正常，检查脉冲驱动变压器 T3 的初级 1~3 绕组有无交流电压；若无交流电压，检查四只推动管是否有损坏。

❸ 检查 T3 的次级 6~7、5~4 绕组上是否有交流电压。若有交流电压，接入开关管，进行通电试机。

❹ 接入开关管，模拟开机，观察电源风扇是否转动。若风扇正常转动，检查各组输出电压和 PG 信号电压是否正常。若均正常无异，即可将电路板装回外壳，把电源装进电脑主机进行最后试机。若能正常启动，即可交付使用。若电脑主机仍不能正常启动，重复以上检查，直至电脑主机能正常启动。

● 注 意

在业余条件下，一般的检查方法是先将万用表接入被测点，然后模拟开关机，通过观察电压数据变化来判断电路是否正常，比先通电后测量更直观。



5. 开关脉冲产生电路的故障检修

(1) 开关脉冲产生电路的常见故障

开关脉冲产生电路的常见故障主要是无调宽脉冲输出，引起开关电源不工作，无直流电压输出。

(2) 开关脉冲产生电路的检修方法

在主电源电路分析一节中，我们已经知道脉宽可调脉冲产生电路采用的是集成电路 TL494，它的工作条件是第 12 脚要有正常工作电压，内部+5V 基准电压发生器要正常。第 5 脚与第 6 脚外接的定时电阻与定时电容器正常的情况下，只要集成电路外加电压正常，锯齿波发生器就工作，并产生振荡脉冲。脉冲能不能从 TL494 第 9 脚和第 10 脚输出，还受到 TL494 第 4 脚电压的控制，当 TL494 第 4 脚电压低于 3.5V 时，可调脉冲才能输出。因此，对开关脉冲产生电路的检修就应从这几点入手。

01 在不使用示波器的业余条件下，先把万用表电压挡接至 TL494 第 9 脚或第 10 脚，然后模拟开机，观察电压变化。若电压有明显变化，一般认为脉冲产生电路基本正常。若没有电压变化，须检查 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能否降低为零。若不能降为零，须检查开关机控制电路。

02 若 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能降低为零，检查第 5 脚与第 6 脚定时电阻和定时电容器是否正常。

若定时电阻、定时电容器正常，则 TL494 第 4 脚电压能随模拟开关机发生高低变化，但 TL494 第 9 脚与 TL494 第 10 脚无输出（无电压变化），就要考虑 TL494 是否已损坏。还要说明一点，TL494 第 1 脚与第 2 脚及其第 15 脚与第 16 脚内部为两个比较运算放大器，一个起稳压控制作用，另一个起过流保护作用。TL494 还有个特点，即使外部电路有故障，在开机一瞬间还是有脉冲输出的。

6. 开关机控制电路的故障检修

(1) 开关机控制电路的常见故障

开机电路常见故障主要为不能开机，主电源无输出，表现为 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时不能降低。

(2) 开关机控制电路的检修方法

开机电路的检修方法如下（参考图 3-21）：

01 检测 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能否降低为零。若正常检查脉冲产生电路。

02 检测 LM339 第 6 脚电压在模拟开机时能否降为零，若不能，检查 R32 及另一个 15k 电阻，或检查绿色线及电路板上是否畅通。

03 检查 LM339 第 7 脚电压是否正常（约为 2.2V），若不正常须检查分压电阻。

04 检查 LM339 第 6 脚电压在模拟开机时能否升为高电压。若不能，检查更换 LM339。

05 检查三极管 G9 的集电极在模拟开机时能否降为低电压。若不能，检查更换 G9 及电阻。

06 检查更换 D9 后电路板是否畅通。

7. 稳压控制电路的故障检修

(1) 稳压控制电路的常见故障

稳压控制电路的常见故障主要为输出电压不稳定、PG 信号不正常。

(2) 稳压控制电路的检修方法

关于稳压控制电路的故障检修方法如下（参看图 3-22）：

稳压控制电路对+12V 和+5V 综合采样。图 3-22 中 R38 和 R39 分别接+12V 和+5V，用 R40 分压后，送到 TL494 第 1 脚运算放大器的同相输入端。当输出电压有变化时，TL494 第 1 脚电压将发生变化，与第 2 脚基准电压比较后产生误差，将误差电压在 TL494 内部送到间歇期调整电路，调整输出脉冲的宽度，经驱动电路调整开关管的导通时间实现稳压。因此，当输出电压偏高或偏低时，须重点检查这三个电阻的阻值。

8. 保护电路故障检修

(1) 保护电路的常见故障

保护电路出现故障时，在负载正常的情况下，往往表现不出故障。若负载发生故障时，保护电路不能工作，将会引起电源大面积损坏，尤其是开关管的损坏，会导致无输出。对开关管损坏的故障电源进行维修时，就须要注意检查保护电路是否正常。

(2) 保护电路故障的检修方法

保护电路的组成可参考图 3-24。

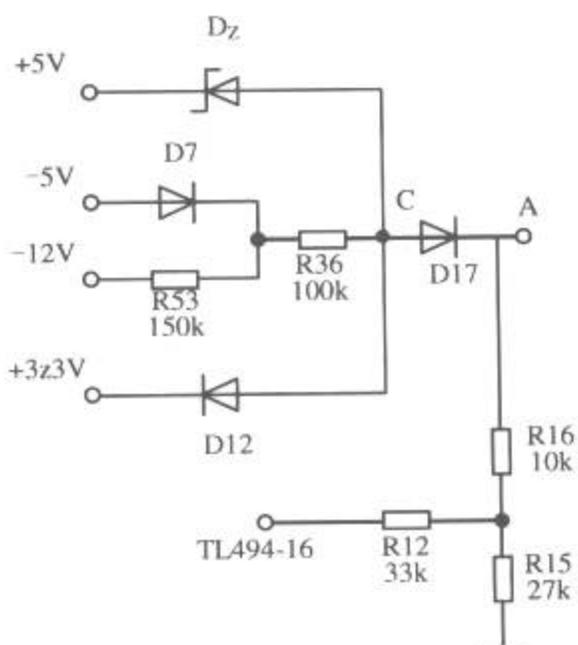


图 3-24 过压、缺相保护电路

在各路输出电压正常的情况下，C 点电压约为 0.8V（数字万用表测量），经二极管 D17 隔离后，在 A 点约为 0.45V（注：在测量瞬间电源保护）。当无-12V 时，C 点（ U_C ）约为 1.0V，无+12V 时， U_C 约为 0.37V。

过压、缺相保护电路的检修方法如下：

- 01 分别检查电阻 R36、R53、R12、R16、R15 是否正常。
- 02 检查稳压二极管 D_z 是否正常，检查二极管 D7 是否正常。
- 03 更换损坏元件。



3.4 动手实践

3.4.1 动手实践的目的

通过实践认识电源电路中的电子元件，了解电路结构，搞清电路的基本工作原理，确定检测时的一些关键点，获得一些关键点的数据，为维修提供参考资料，从而掌握基本的维修方法与步骤。

3.4.2 动手实践的方法

动手实践的方法主要有：

(1) 静态观察。观察电路中的元件分布，辨认特征元件。通过观察，确定检修时的关键检测点。对故障电源有时还可以发现一些明显损坏元件，为尽快修复打好基础。

(2) 测量电阻。对不易看清的电路连接方式通过用电阻测量法搞清其连接、走向，进而搞清电路结构。同时掌握某些关键点的对地电阻值，为以后维修提供参考数据。

对地电阻值的测量方法为：指针万用表电阻 $R \times 10$ 挡（或 $R \times 100$ 挡），红表笔接地，黑表笔接测试点；数字万用表用蜂鸣挡（或其他挡，根据测量对象实际阻值情况定），黑表笔接地，红表笔接测试点。

(3) 测量电压。在加电情况下，对某些关键点进行电压测量，掌握维修的第一手资料。

电压测量的方法为：指针万用表用直流电压挡（根据具体对象值选定用哪个挡位），黑表笔接地，红表笔接测试点；数字万用表用直流电压挡（根据具体对象值选定用哪个挡位），黑表笔接地，红表笔接测试点。

3.4.3 辅助电源电路跑线实战（共 7 例）

1. 认识电脑电源

这里将以如图 3-25 所示的一款电脑电源为例帮你了解电脑电源。

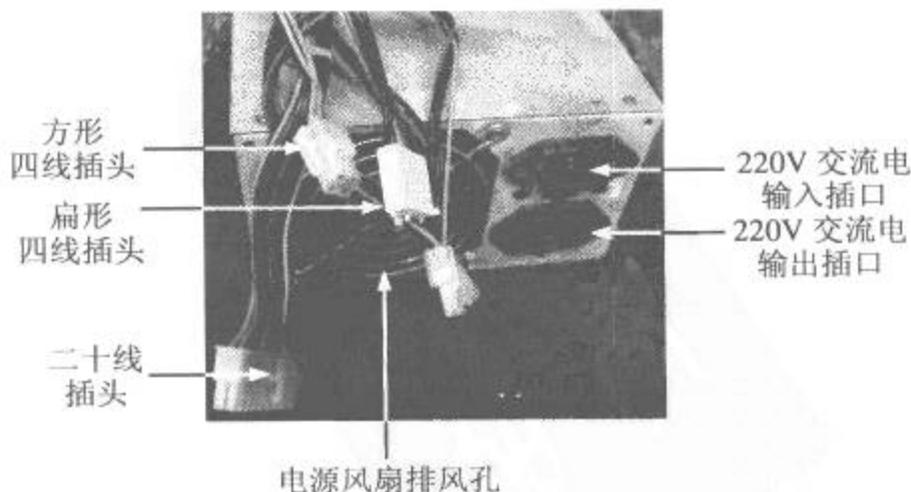


图 3-25 电脑电源



01 电源外形及输入输出接口。输入接口就一个交流供电输入插口。输出接口有两类：一类是有一个可插入 CRT 显示器电源插头的插座（有些品牌电源没有这个插口），也有些机型另有一个小型+12V 输出插口，专为液晶显示器提供电源；另一类是低电压直流电压输出连线及各插头。须要注意识别各线颜色、名称并熟记其用途。

02 电源风扇，想一想电源的排风方向。

03 电源铭牌标志，熟悉电源的性能指标。

04 测量各组输出端对地的电阻值。要对各线的颜色及电压值有明确认识，并做记录。

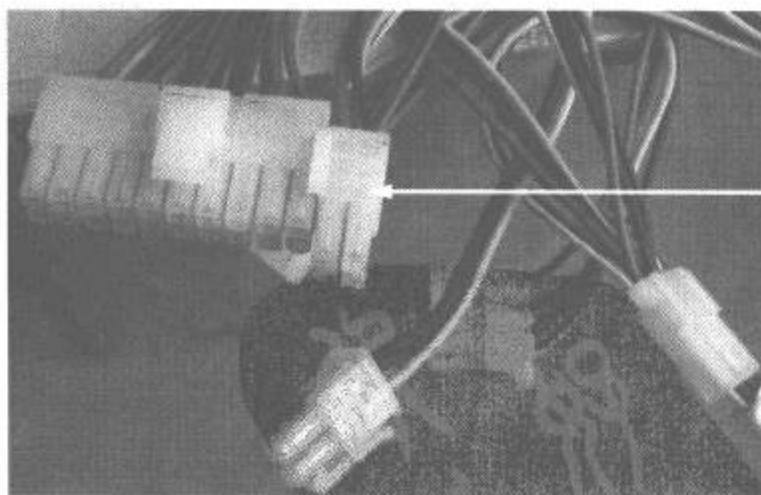
05 加电，模拟开机（在通电状态下，人为短路绿色线与黑色线），测量各组输出电压值。如表 3-3 所示为电源插头各个线的输出电压及对地电阻值。

表 3-3 各组输出电压值

输出线颜色	紫色	绿色	红色	白色	米黄色	蓝色	橙色	黑色	灰色 (PG)
排列位置	9	14	4, 6, 19, 20	18	10	12	1, 2, 11	3, 5, 7, 13, 15, 16, 17	8
对地电阻	1.9k	约 18k	47Ω	270Ω	220Ω	560Ω	25Ω	地	较大
输出电压	+5V	>4.5V	+5V	-5V	+12V	-12V	+3.3V	0	+5V

扁形四线插头中有两个黑线为地线，一个红色线为+5V 输出线，一个黄色线为+12V 输出线。方形四线插头中，也有两个黑色地线，另两个均为+12V 输出线。四线插头中的+5V 与+12V 输出跟 20 线中的输出电压是一样的，换句话说，是同一个来源。

在最新式 ATX 电源中，又出现了一种扩展方形四线插头，可与 20 线插接头并在一起，使 20 线增加为 24 线。其输出电压为+5V 和+12V，有两个黑线（地线）。如图 3-26 所示。



扩展插接头

图 3-26 最新式 ATX 电源中的扩展方形四线插头

06 打开电源外壳，观察输入输出连接线，辨认电路中有特征的元件，以便于测量时能迅速找到测量点。如图 3-27 所示。

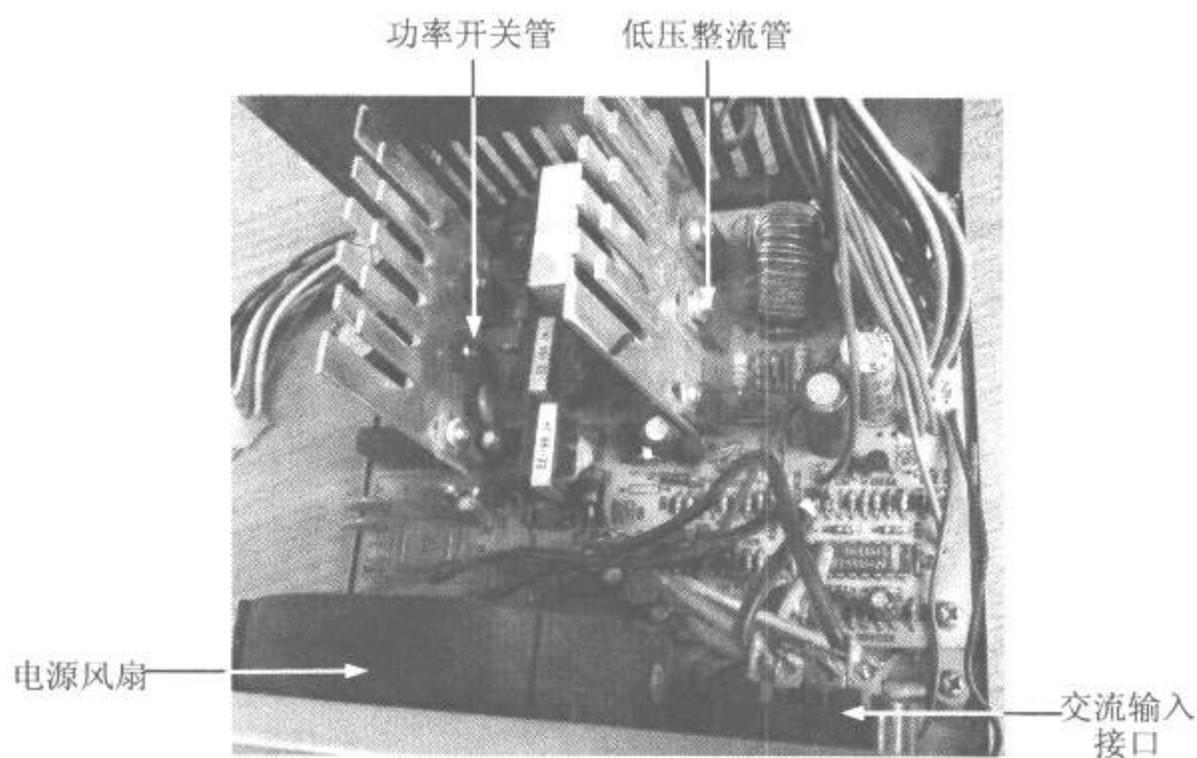


图 3-27 电源电路实物图

2. 交流输入、抗干扰及整流滤波电路跑线实战

01 首先明确电路的组成。银河系列 ATX2P4-1 电源的交流输入、抗干扰及整流滤波电路参考图 3-5 所示电路。

02 从线路板正面观察辨认交流输入、抗干扰及整流滤波电路的元件及分布。可以看出，在线路板上，C1、C2、C3 及 T1 均没有使用，T2 用两根裸导线代替。参看如图 3-28 所示实物图。

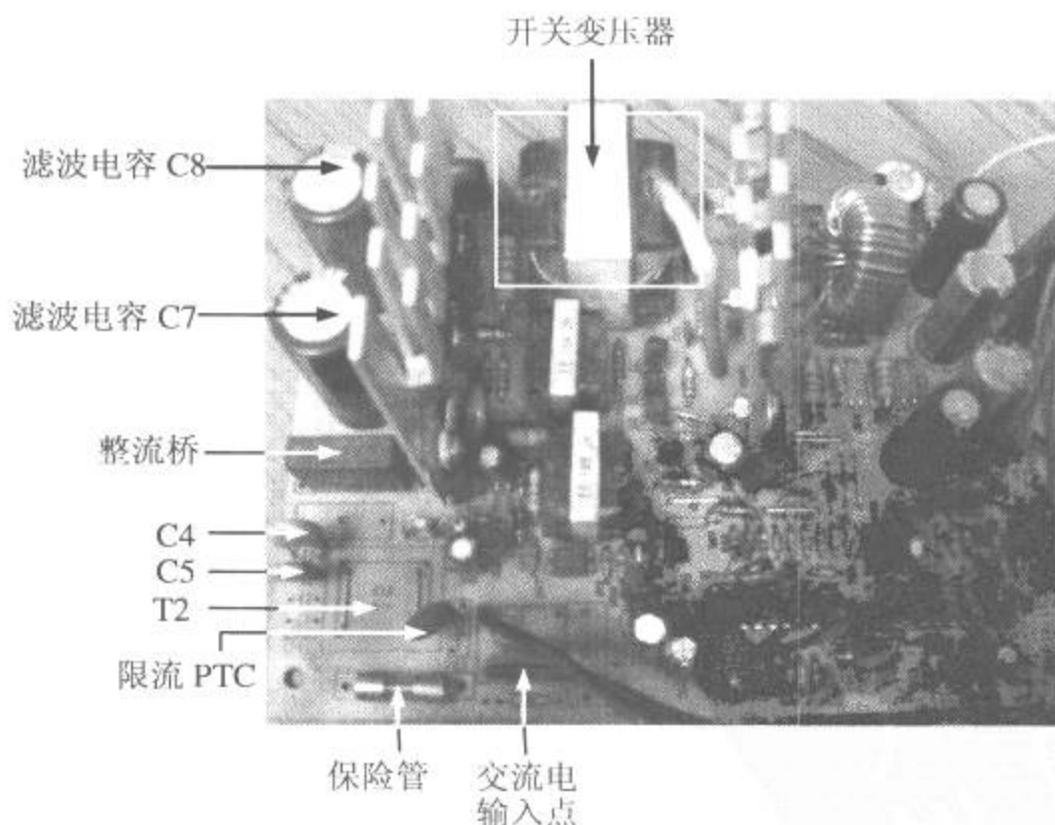


图 3-28 银河系列 ATX2P4-1 电源电路板正面图

03 再从线路板反面观察各元件的连接。电子元件除导线连接外，主要通过背面的铜箔来连



接,当观察不清时,可借助万用表电阻挡进行确认。指针万用表 $R \times 10$ 挡测量两点间电阻,电阻为零时表明电路相连通,否则不是直接连通。数字万用表用蜂鸣挡(二极管挡)测量,听到蜂鸣声时表明电路相连通,否则未直接相连通。参看如图 3-29 所示实物图。

04 电阻测量。测量输入端电阻和滤波电容器两端电阻。

测量方法如下:

① 测交流输入端电阻,指针万用表选 $R \times 10$ 挡,数字万用表选 $R \times 200$ 挡,表笔不分极性,分别接触输入点 L 与 N 点。通过测量了解阻值,可判断滤波电容器及整流管是否有击穿短路损坏。

② 测量保险管,指针万用表选 $R \times 10$ 挡,数字万用表用蜂鸣挡(二极管挡),表笔不分极性,分别接触保险管两端,可测出保险管是否有开路。

③ 分别测量滤波电容器 C7 与 C8 两端电阻,指针万用表选 $R \times 10$ 挡,红表笔接电容负极,黑表笔接电容正极;数字万用表选用蜂鸣挡(二极管挡),黑表笔接电容负极,红表笔接电容正极。可测出滤波电容器和开关管是否有击穿短路。

05 加电后测量电压。加电后,测量整流输出直流电压。测量时要注意安全。测量方法为:指针万用表选直流电压 500V 挡,红表笔接电容正极,黑表笔接电容负极;数字万用表选 1000V 挡,表笔接法同于指针万用表。可测出整流滤波电路是否正常(整流管有无开路,滤波电容器有无失容)。

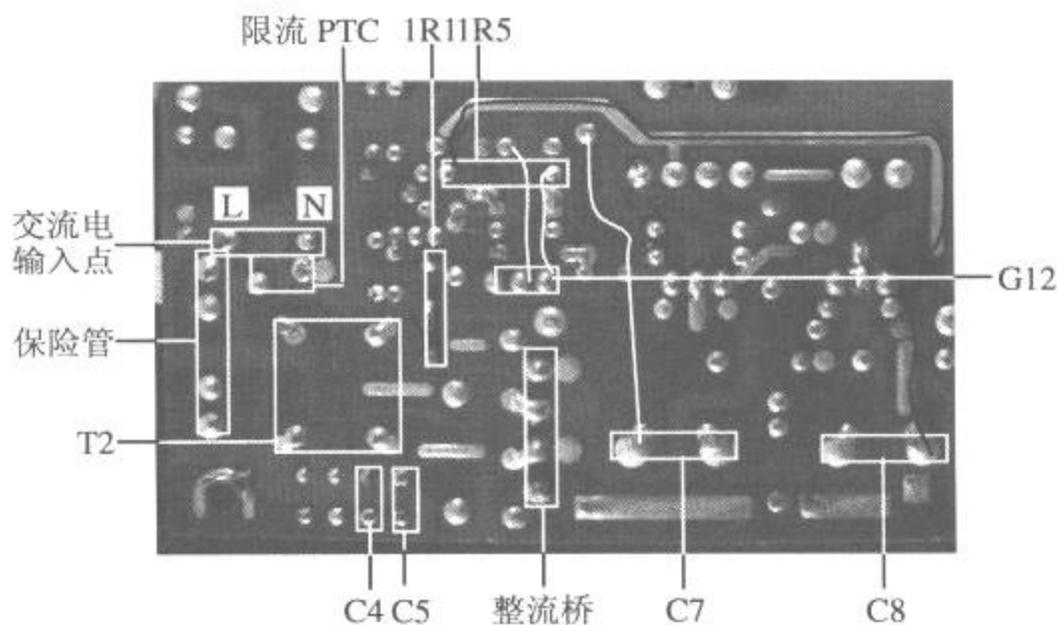


图 3-29 银河系列 ATX2P4-1 电源电路板背面图

3. 辅助电源开关管通路跑线实战

01 开关通路跑线。

从+310V 滤波电容器 C7 正极出发,沿铜箔进入开关变压器 5 脚,由 6 脚经铜箔接到开关管 D 极,由 S 极经电阻 1R5 接地回到 C7 的负极。当开关管击穿损坏时,电阻 1R5 大多也会损坏开路(参考图 3-7)。

02 电阻测量。

指针万用表选 $R \times 10$ 挡,黑表笔接 C7 正极,红表笔依次接开关变压器 5 脚、6 脚、开关管 D 极。电阻值为零,表示电路相通(正常);若电阻很大,表明电路不通。当红表笔接到开关管 S 极(1R5 上端),地时,正常情况下,电阻值有一个从小变大的变化过程(这是万用表内电源对电容器 C7、C8 的充电过程,充电结束后表针指示值很大)。当开关管击穿短路时,所测电阻



很小；如果 1R5 已开路损坏，所测阻值则很大，没有充电过程。

数字万用表选用蜂鸣挡，红表笔接 C7 正极，黑表笔依次接开关变压器 5 脚、6 脚、开关管 D 极。数字万用表将持续蜂鸣，表示电路相通（正常）；否则有开路故障。当接到开关管 S 极、地时，刚接触时有蜂鸣声，而后万用表所示数值跳变到很大值。当开关管击穿短路时，蜂鸣声持续。如果 1R5 已开路损坏，则无蜂鸣声，依此检测电阻 1R5 是否正常，它的阻值一般低于 1Ω 。如果 1R5 阻值过大，将会使电源负载能力下降，表现为紫 5V 输出电压在开机状态下不稳定。

03 电压测量。

在通电不开机的情况下，测量开关管 D 极电压为 +300V 左右。因开关管三个电极相距很近，一般不在这点进行测量。若怀疑此点无 +300V 电压，可以用电阻法测量此点至 C7 正极是否连通（电阻为零）。通常是对 S 极电压进行测量，方法是：指针万用表直流电压 500V 挡，红表笔接开关管 S 极，黑表笔接地。正常情况下，电压为 0.1V 以下，若电压与整流滤波电压相同（+300V 左右），表明电阻 1R5 开路。

4. 启动电路跑线实战

银河系列 ATX2P4-1 辅助电源启动电路参考图 3-5 所示电路，其电路板实物背面图如图 3-30 所示。只有两个串联电阻，这两个电阻用一个标号 1R1，上端与 C7 正极相接，下端与 G10 控制极相接。因 1R1 阻值很大，电阻法测量往往不准确，常用电压法进行判定。在加电不开机的状态下进行测量，正常情况下，开关管控制极电压约为 -0.3~0.1V。若所测电压值为 0V（不为负值）表明启动电阻开路；若所测电压值接近 0.5V，表明启动电阻正常。若正反馈电路或开关通路及负载通路有故障，会使电源不起振或处于保护状态。若怀疑启动电阻有问题，可将其拆下，然后测量其电阻值进行确认。对于不同的电源，启动电阻阻值也不同，但一般不低于 $150k\Omega$ ，有些机型甚至用 $1M\Omega$ 。

5. 正反馈电路跑线实战

参看图 3-7。正反馈电路由开关变压器 5~6 绕组、1D4、1C3、1R7、1R5、1D1 及开关管 G12 组成。

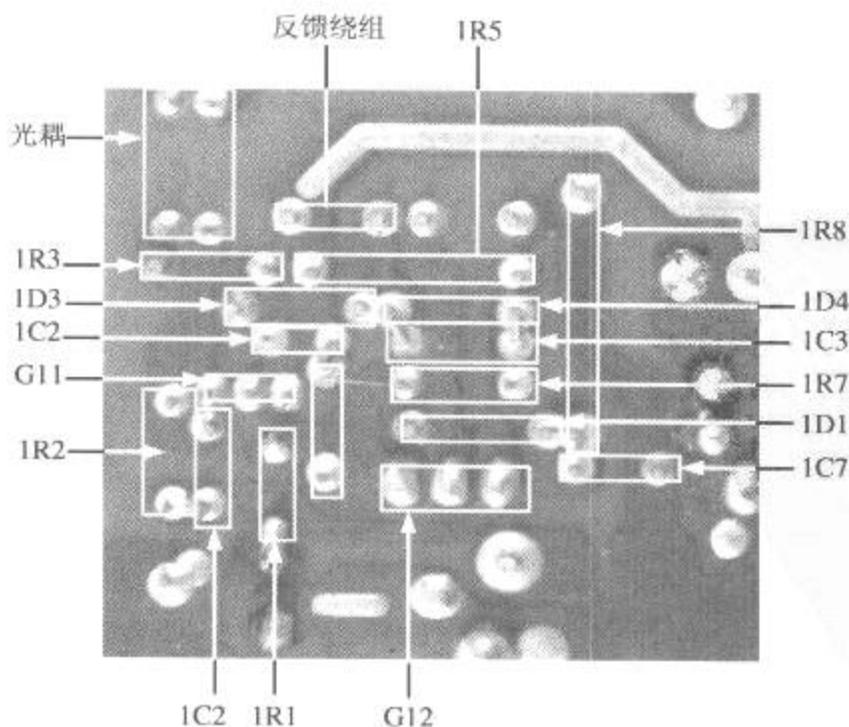


图 3-30 银河系列 ATX2P4-1 辅助电源启动电路



电阻测量：测量开关变压器 5~6 绕组是否相通，检查二极管 1D4、电容器 1C3 及电阻 1R7 是否正常。它们组成的正反馈电路有故障时，电源不起振，没有感应电压，所以电压测量不适用。

6. 低压整流输出电路跑线实战

01 紫 5V 输出电路实践。

电路组成：由开关变压器 2~1 绕组、D13、IC5 及 IC6 组成。线路板的背面结构如图 3-31 所示。

电阻测量：主要测量开关变压器 2~1 绕组是否相通以及 IC5 正极对地的电阻。当所测电阻值较小时，常见原因是 D13 击穿短路。

电压测量：在开机态下测量 IC5 两端的电压。

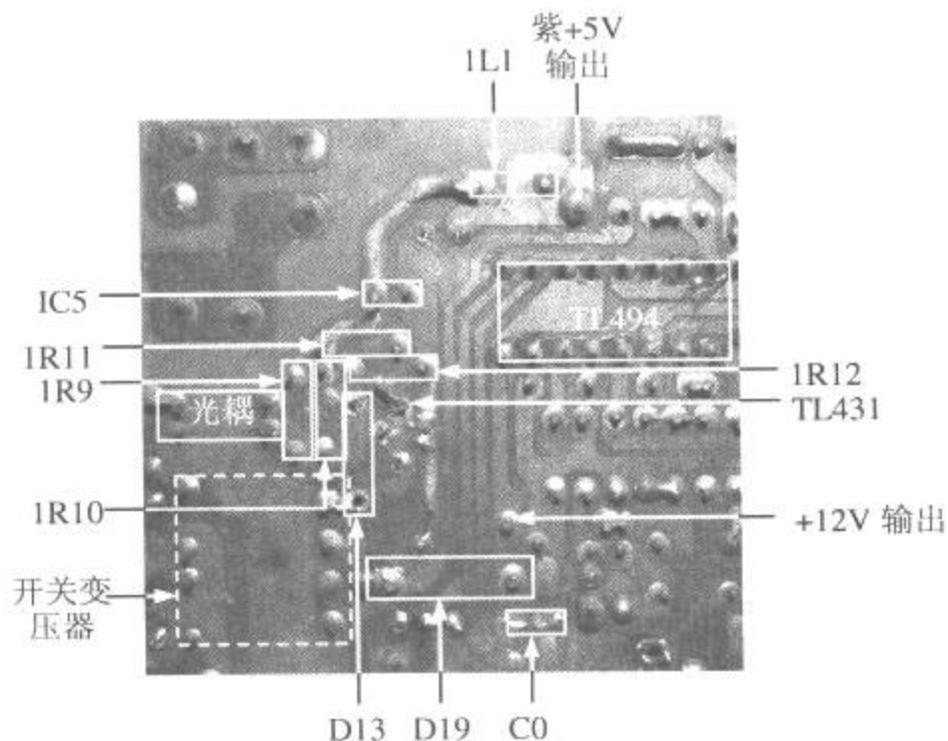


图 3-31 低压整流输出电路

02 辅助+12V 电压输出电路实践。

① 电路组成：由开关变压器 4~2 绕组、D19、C0 组成。

② 实践方法与紫 5V 输出电路相似。

7. 稳压控制电路跑线实战

稳压控制电路的组成参考图 3-7。

01 通路测量。

① 首先测量开关变压器次级绕组 1 经 D6 到输出端 CN1-3 的通路，继而测量开关变压器次级绕组 2 经 D5 到 IC2 输入端的通路以及从 IC2 输出端到 CN1-2 通路。

测量方法：数字万用表红表笔接开关变压器次级绕组 1 点，黑表笔依次接 D6 正极、负极、L3 两端。指针万用表黑表笔接开关变压器次级绕组 1 点，红表笔依次接 D6 正极、负极、L3 两端。

② 分别测量 C10、C8、C9 两端电阻，若电阻值过小，表明有短路元件。

02 电压测量。



电源在通电后,分别在 C10、C8 及 C9 两端测量输出电压。模拟开机后,在电源正常工作的情况下, C10 两端的电压约为+24V, C8 两端的电压在+12V 左右, C9 两端的电压为+5V。测量方法是:红表笔接电容器的正极,黑表笔接电容器的负极。

03 电阻法测量。

① 测量取样电路的通路,从 D6 的负极经可调电阻 VR208、R14、R15 到地,及到 IC1 控制极。

② 测量基准电压电路及比较放大电路的通路,测量从 D13 负极经电阻 1R10 到光耦第 1 脚,从光耦第 2 脚到 G10 阴极的通路及相关元件是否正常。

04 电压测量。

在开机态下测量 IC1 的控制极电压和 PC1-1 与 PC1-2 脚间的电压差。测量方法:利用万用表直流电压 20V 挡,红表笔接 PC1-1 脚,黑表笔接 PC1-2 脚。

3.4.4 主开关电源跑线实战 (共 6 例)

1. 双管半桥开关主回路跑线实战

(1) 电路组成

开关主回路由大容量电解电容器 C7、C8 与开关管 G1、G2 及 C9 组成桥式连接,其回路负载是高频变压器 T4 的初级绕组。如图 3-32 所示为双管半桥开关主回路电路板背面结构。

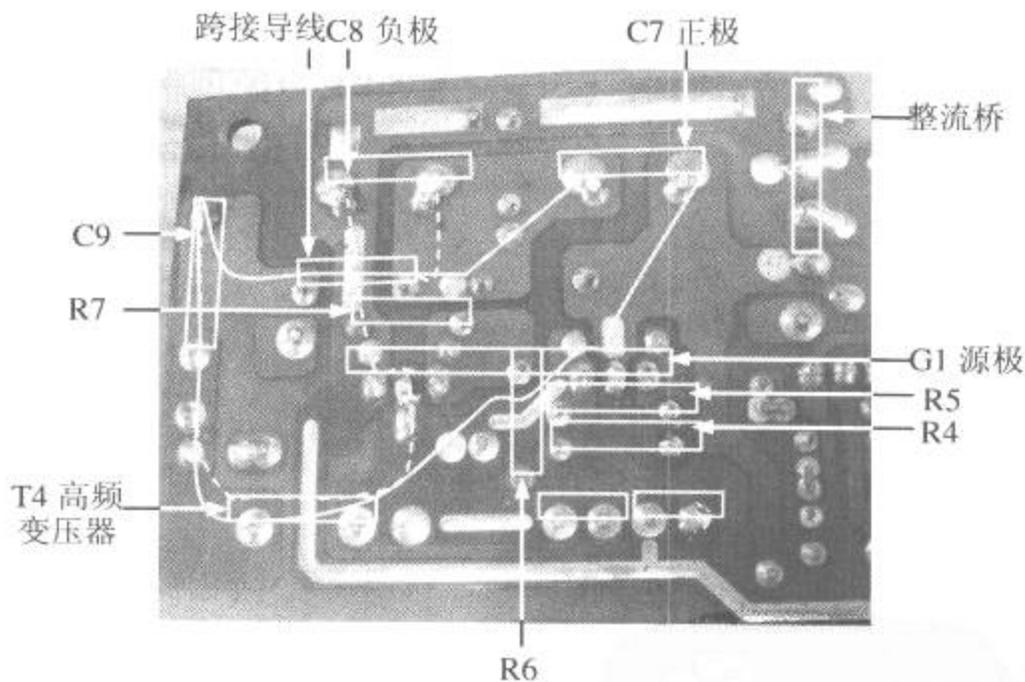


图 3-32 双管半桥开关主回路电路实物图

(2) 电阻测量

测量该回路是否有击穿短路和开路的故障点。电阻法测量 C7 的正极至开关管 G1 的源极是否相通,源极与漏极是否击穿,漏极与高频变压器 T4 初级绕组是否相通,电容器 C9 是否有击穿短路以及从 C9 至 C7 负极是否相通。

2. 低压整流直流电压输出电路跑线实战

低压整流直流电压输出电路板背面结构如图 3-33 所示。

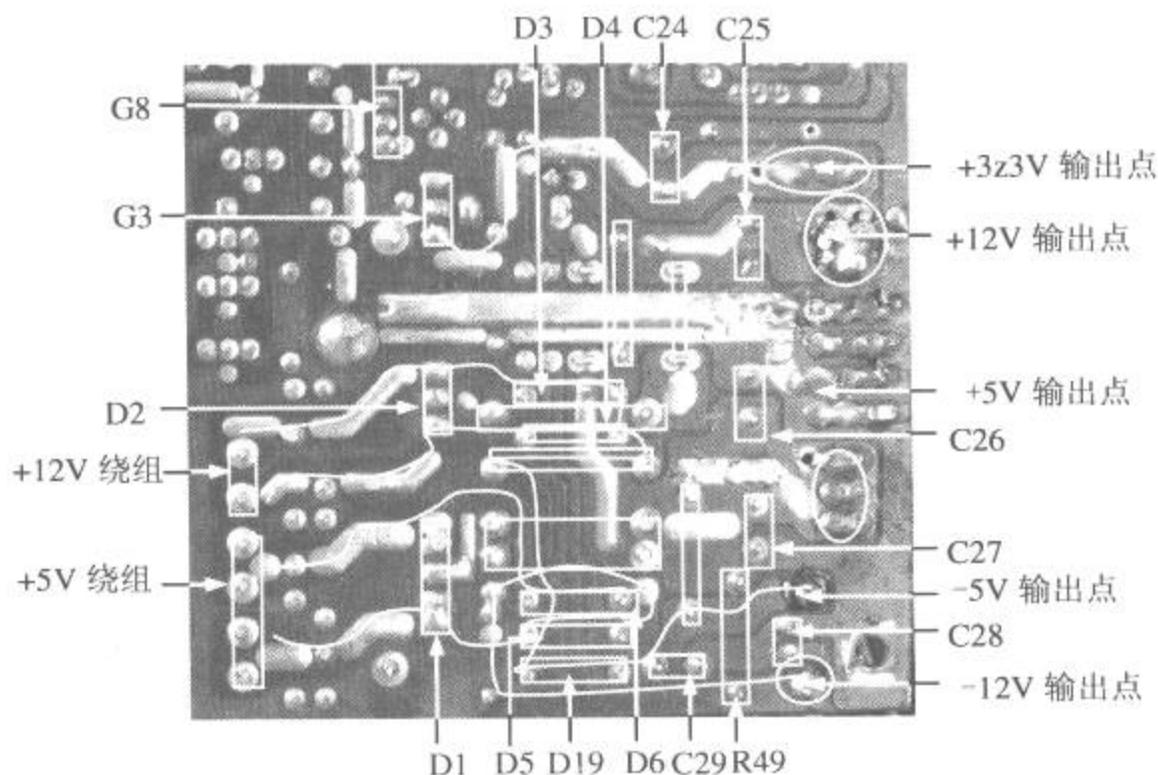


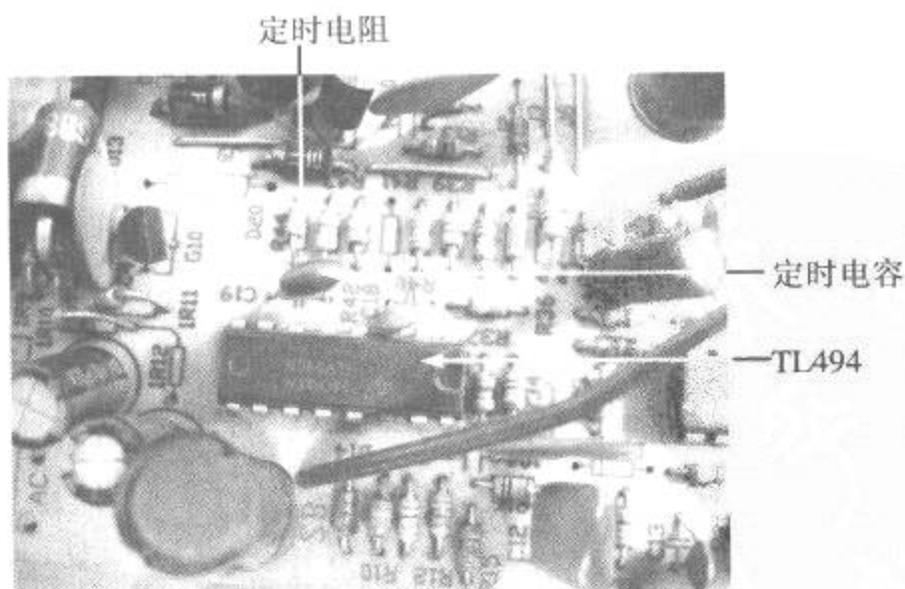
图 3-33 低压整流直流电压输出电路实物图

01 电阻测量：首先找出各组直流电压输出点，然后测量从 D1 负极到+5V 输出点的通路电阻，测量从 D2 负极到+12V 输出点的通路电阻，测量从 D5、D6 正极到-5V 输出点的通路电阻，测量 D3、D4 正极至-12V 输出点的通路电阻；理清电路结构，并对各点对地的电阻进行测量。

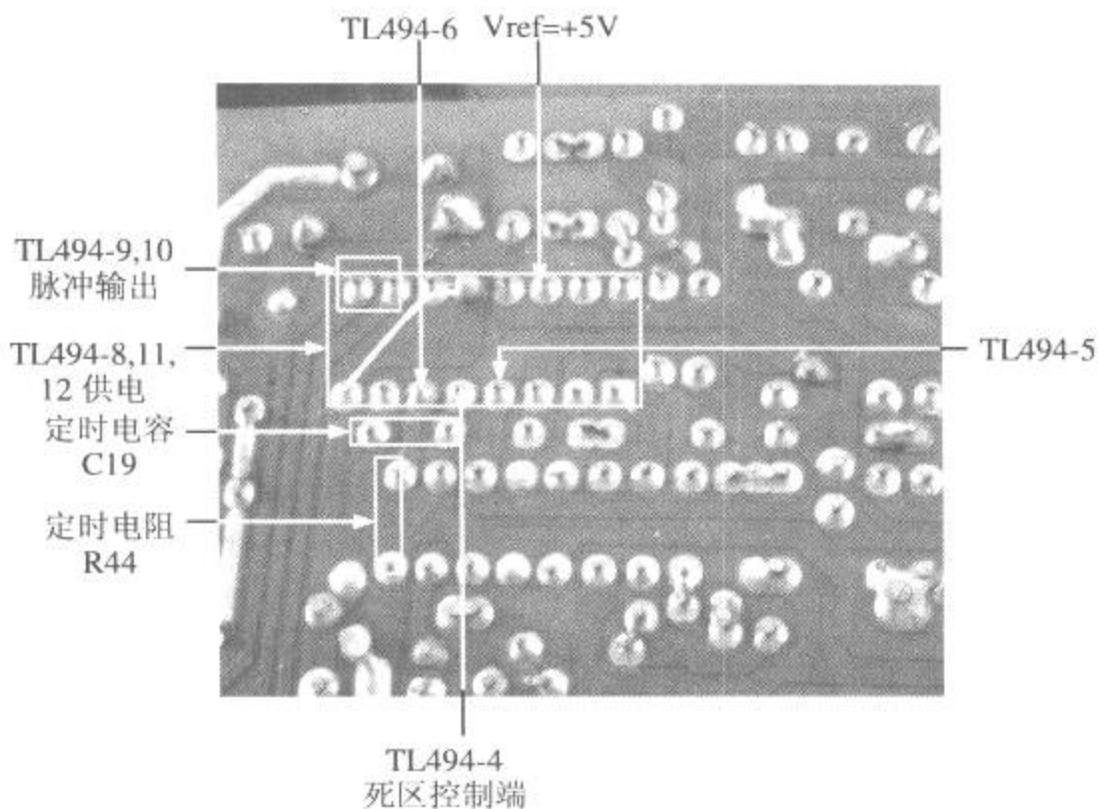
02 电压测量：在模拟开机态下，测量各路直流电压输出点的电压。方法是将万用表红表笔接各输出点，黑表笔接地。

3. PWM 脉冲产生电路跑线实战

PWM 脉冲产生电路实物如图 3-34 所示。



(a) PWM 脉冲产生电路板正面图



(b) PWM 脉冲产生电路板背面图

图 3-34 PWM 脉冲产生电路板实物图

- 01 电阻测量：测量 TL494 第 5 脚和第 6 脚的对地电阻。
- 02 电压测量：测量 TL494 第 12 脚电源电压、TL494 第 14 脚基准电压和 TL494 第 4 脚控制电压。

4. 开关脉冲驱动电路跑线实战

开关脉冲驱动电路板背面结构如图 3-35 所示。

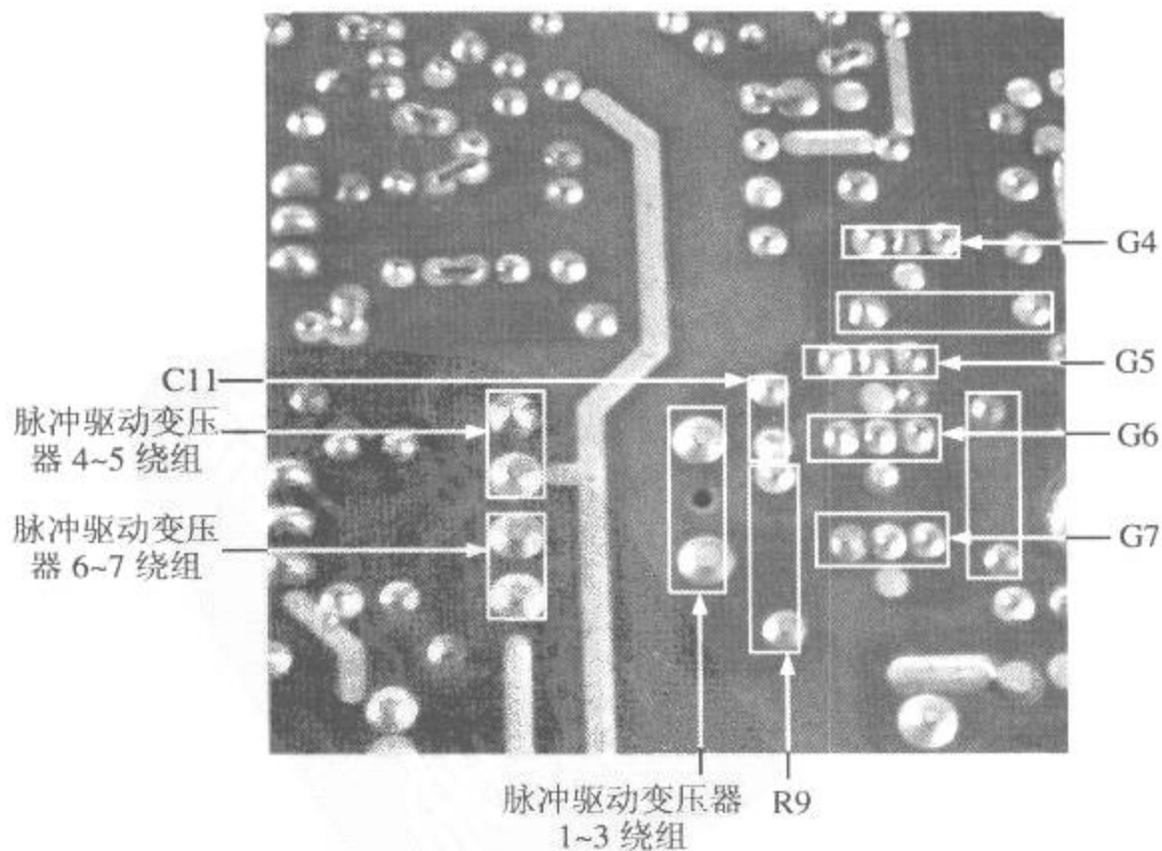


图 3-35 开关脉冲驱动电路实物图



01 电阻测量：测量 TL494 第 9 脚、第 10 脚与 G4~G7 控制极通路及各极的对地电阻，测量 T3 初级绕组的通断。

02 电压测量：反复模拟开关机，测量 TL494 第 9 脚、第 10 脚的直流电压和交流电压，测量 T3 的 1 脚与 3 脚的直流电压（黑表笔接地，红表笔测量），测量 T3 的 1~3 绕组两端的交流电压（方法是两支表笔分别接在 T3 的 1 脚与 3 脚）。在不接开关的情况下，测量 T3 的 4~5、6~7 绕组的交流电压。

5. 开关机电路跑线实战

开关机电路比较复杂，主要由 PS 点、LM339 的一个运算放大器、G9、D9 等等组成。如图 3-36 所示为开关机电路板背面实物图。

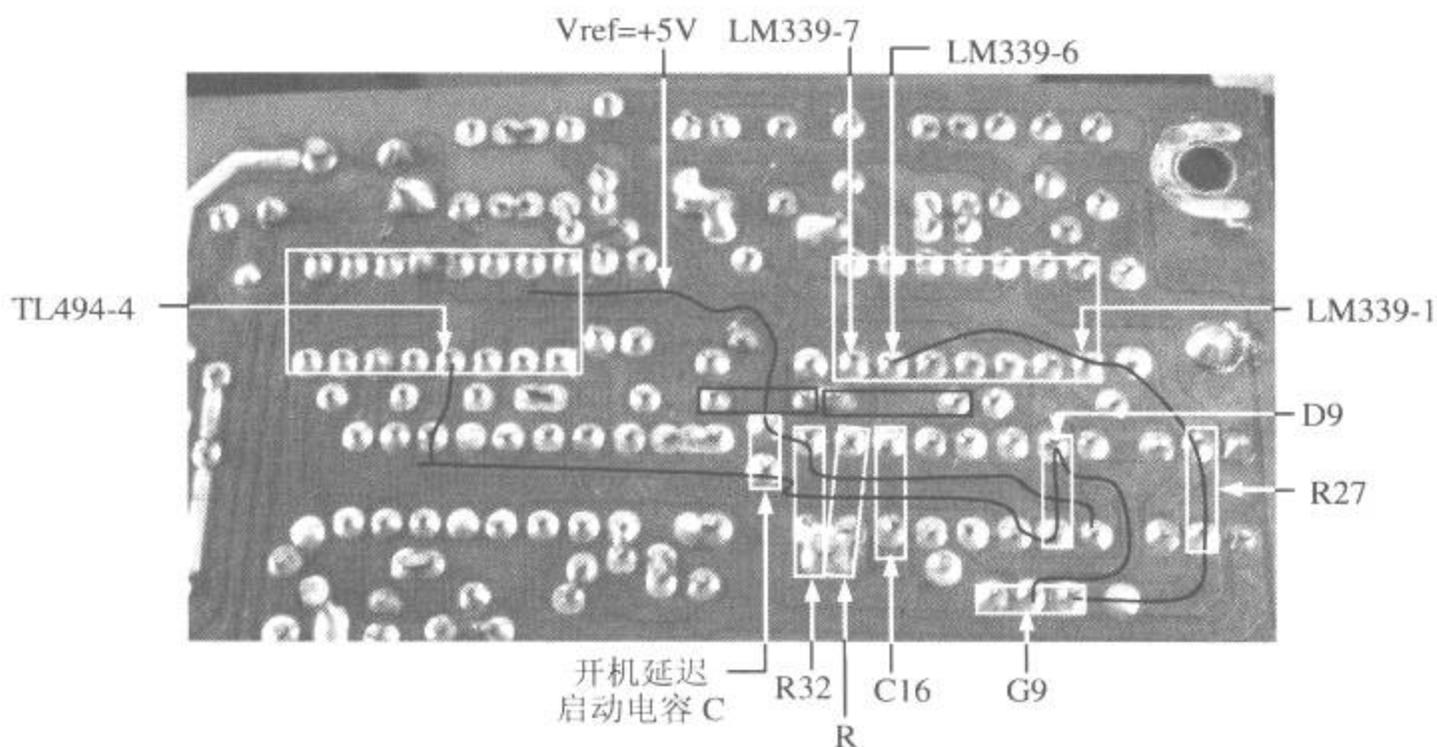


图 3-36 开关机电路板背面实物图

01 电阻测量：测量 PS 点到 LM339 第 6 脚的通路，LM339 第 1 脚至 G9 基极的通路以及 G9 集电极经 D9 至 TL494 第 4 的通路，并测试各点的对地电阻。

02 电压测量：在反复模拟开关机情况下，测量各点对地电压的变化。

6. PG 信号产生电路跑线实战

PG 信号产生电路由 LM339 中的两个运算放大器来担任，主要由 TL494 第 3 脚，LM339 的第 8、第 9、第 14 三脚，电容器 C14，LM339 的第 11、第 10、第 13 脚构成。如图 3-37 所示即为 PG 信号产生电路板背面实物图。

01 电阻测量：测量 TL494 第 3 脚至 LM339 第 9 脚的通路、LM339 第 14 脚至第 11 脚的通路以及 LM339 第 13 脚至 PG 信号输出点的通路。

02 电压测量：在开机态下，测量 TL494 第 3 脚、LM339 第 9 脚、LM339 第 14 脚、LM339 第 11 脚、LM339 第 13 脚及 LM339 第 10 脚的电压。

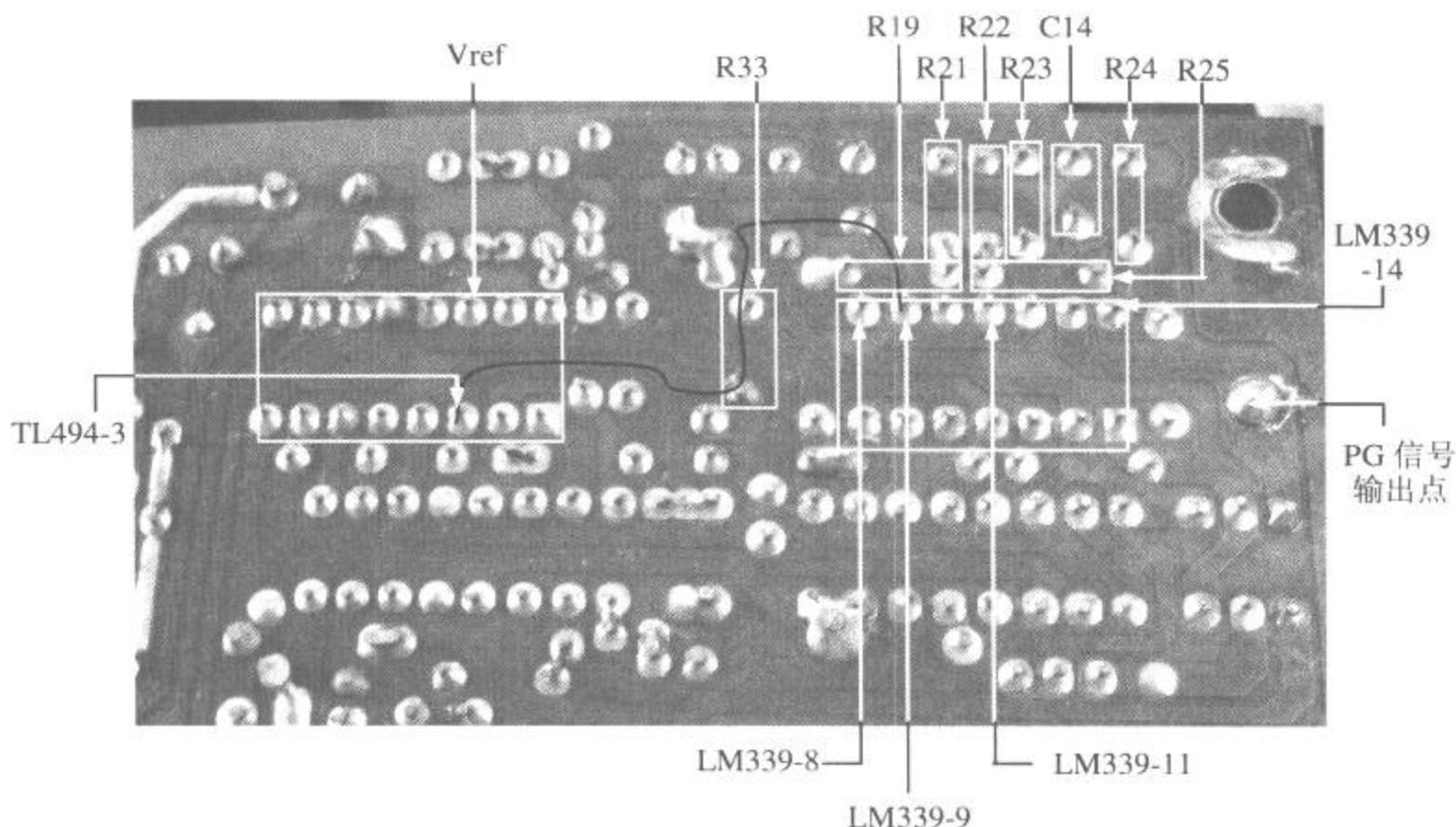
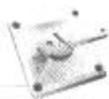


图 3-37 PG 信号产生电路板背面实物图

3.5

电脑电源故障维修案例

3.5.1 电源无直流电压输出（启动电阻问题）

故障现象：电源无直流电压输出，电脑主机不能开机。

故障分析：首先拆下电源，接上交流电，然后模拟开机（将绿色线与黑色线短路），发现电源风扇不转。接下来在输出插头处检查紫色线对黑色线的电压，电压为 0。说明辅助电源电路没有工作，故障应该出在辅助电源电路。

故障检修：下面先检查辅助电源电路。

❶ 拆电源外壳，拆出电路板。观察保险管无异，电阻法检查保险管正常。

❷ 给电源加电。检查+310V 电压正常（红表笔接滤波电容器正极，黑表笔接电容负极），则辅助电源开关管集电极电压为+310V，正常。检查开关管基极电压为 0V。根据结果可判定启动电路没有工作。

❸ 断电，对+310V 电压放电（用 100Ω 以下电阻两极分别接触滤波电容器正负极）。电阻法测量开关管基极对地电阻正常（红表笔接地，黑表笔接开关管基极）。判定启动电阻开路。

❹ 将启动电阻拆下，单独测其电阻，为无穷大，证实开路。该机启动电阻阻值应为 1MΩ，将其更换。

● 注 意

高阻值电阻最易发生开路故障。



- 05 给电源加电。测量紫色线+5V 电压输出，结果正常。重新模拟开机，电源风扇转动。
- 06 检查各组输出电压（±5V、±12V、+3.3V、PG 信号）正常。
- 07 装上外壳，将电源接入电脑主机试机，一切正常，交付使用。

3.5.2 电源无直流电压输出（开关管等问题）

故障现象：电源无直流电压输出，电脑主机不能开机。

故障分析：首先拆下电源，接上交流电，然后模拟开机（将绿色线与黑色线短路），发现电源风扇不转。接下来在输出插头处检查紫色线对黑色线的电压，电压为 0。说明辅助电源电路没有工作，故障应该出在辅助电源电路。

故障检修：

- 01 拆电源外壳，拆出电路板。观察保险管发现严重发黑，主电源两只开关爆裂，匹配电阻烧黑。
- 02 拆除损坏的开关管和电阻。
- 03 更换保险管，通电检查紫色线输出电压，结果正常。
- 04 断电后，检查低压整流输出端对地电阻（用指针万用表 R×10 挡红表笔接地，黑表笔依次接 D1 负极、D2 负极，数字万用表 R×200 挡黑表笔接地，红表笔分别接 D1 负极、D2 负极）。检查结果发现，D1 严重短路。
- 05 更换整流管，装上开关管，更换匹配电阻。再试机，电源风扇仍不转。电压测量仍无直流输出。
- 06 模拟检查：在通电状态下，模拟开关机，依次检查 LM393 第 6 脚电压、LM393 第 1 脚电压、G9 基极和集电极电压以及 TL494 第 4 脚电压，均变化正常。通过这一检查过程，说明开关机电路正常。进一步模拟检查 TL494 第 9 脚和第 10 脚电压，发现变化很弱。
- 07 关机。测量 TL494 第 9 脚和第 10 脚对地电阻，发现阻值很小，估计驱动管击穿短路。继续检查四只驱动管均短路，更换四只驱动管。
- 08 重新模拟开机，电源风扇转动，查各组输出电压均正常。
- 09 装回外壳，接入电脑主机试机，一切正常，交付使用。

● 注 意

维修的过程是一个故障分析与操作技巧能力的综合应用过程，它包括对电子元件的认识、掌握及应用，在掌握一些基本电路工作原理的基础上，理解电路的工作过程，熟练操作方法与操作技巧。除此外，还要有一定的基本素质，要有一定的耐心和坚韧不拔的精神，要有一种高尚的职业道德，本着为国家节约资源、为社会服务的原则，从事维修工作。

3.5.3 电源风扇不转，可听到电源发出轻微“吱吱”声

故障现象：电脑开机后，主机 CPU 风扇运转，但电源风扇不转，电脑主机不能启动，且可听到电源发出轻微“吱吱”声（电源型号：恒力源增强版 HLY-350ATXP4）。

故障分析：从现象上看是电源主开关电源出现了故障。从电脑主机 CPU 风扇能运转上看，主开关电源已输出了 ±5V 与 ±12V 及 +3.3V 电压。如果是这样，电源风扇为什么不转呢？独立测试电源时，给电源通上交流电，用万用表分别测量紫色线和绿色线的对地电压，结果正常；然后用镊子将绿色线与黑色线连接（称为模拟开机），分别测量五组输出电压，结果发现各组电压



基本正常，证实风扇不转属风扇本身故障。测量 PG 信号时，发现不正常。根据以上分析，电源风扇有可能是因使用时间过长，尘土积累于风扇轴中使风扇运转受阻。

故障检修：

01 打开电源外壳，用小工具轻拨风扇，发现阻力很大，稍微可转动。

02 直观检查，发现有两个电容已鼓胀，这两个电容为 3.3V 和 5V 输出电压滤波电容，均为 10V3300 μ F。

03 更换鼓胀的两个电容，并对风扇清理加注润滑油。

04 重新通电试机，一切正常。

05 将电源装入电脑试机，交付使用。

3.5.4 电源风扇转动，但电脑主机不能启动

故障现象：电脑开机后，CPU 风扇运转，电源风扇也能正常转动，但电脑主机不能启动（电源型号：恒力源增强版 HLY-350ATXP4）。

故障分析：从现象上分析，开关电源已工作，可能是输出电压不稳定或滤波不良导致 PG 信号不正常。

故障检修：对电源独立检查， $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$ 及 $+3.3V$ 五组电压均有输出，PG 信号不正常。打开外壳，直观检查，发现 300V 整流滤波电容一个严重鼓胀，另一个也稍有鼓胀。直接更换这两个电容，然后将电源装到主机上试机，一切正常。

3.6

技能点拨

要点总结：

本章主要内容包括电脑电源的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

(1) 本章首先概述了开关电源的用途和类型，简述了单管并联式和双管半桥式两类开关电源的结构特点及工作原理。它们是现代电子设备中应用最为广泛的开关电源。

(2) 为适应电脑开机功能需要，电脑电源中有辅助电源和主电源两大部分。前者用作待机电源，功率小，采用单管并联式开关电源；后者是为电脑提供工作电源的主电源，工作电流大，还要提供正负极性对称的电源，因此采用双管半桥式开关电源，可以输出较大功率，满足电脑工作的需要。

(3) 以银河系列 ATXP4-1 电源为例，详细介绍了电脑电源中辅助电源及主电源各功能单元的结构、工作原理。

(4) 重点介绍了电源的常见故障分析、故障检修流程及主要测试点。

(5) 利用实物图示的方法指导读者进行实践，通过实践确认主要检测点，掌握检修方法。

(6) 最后，对通过一些故障检修实例的讲解，帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法，不断提高维修技能。



重点掌握：

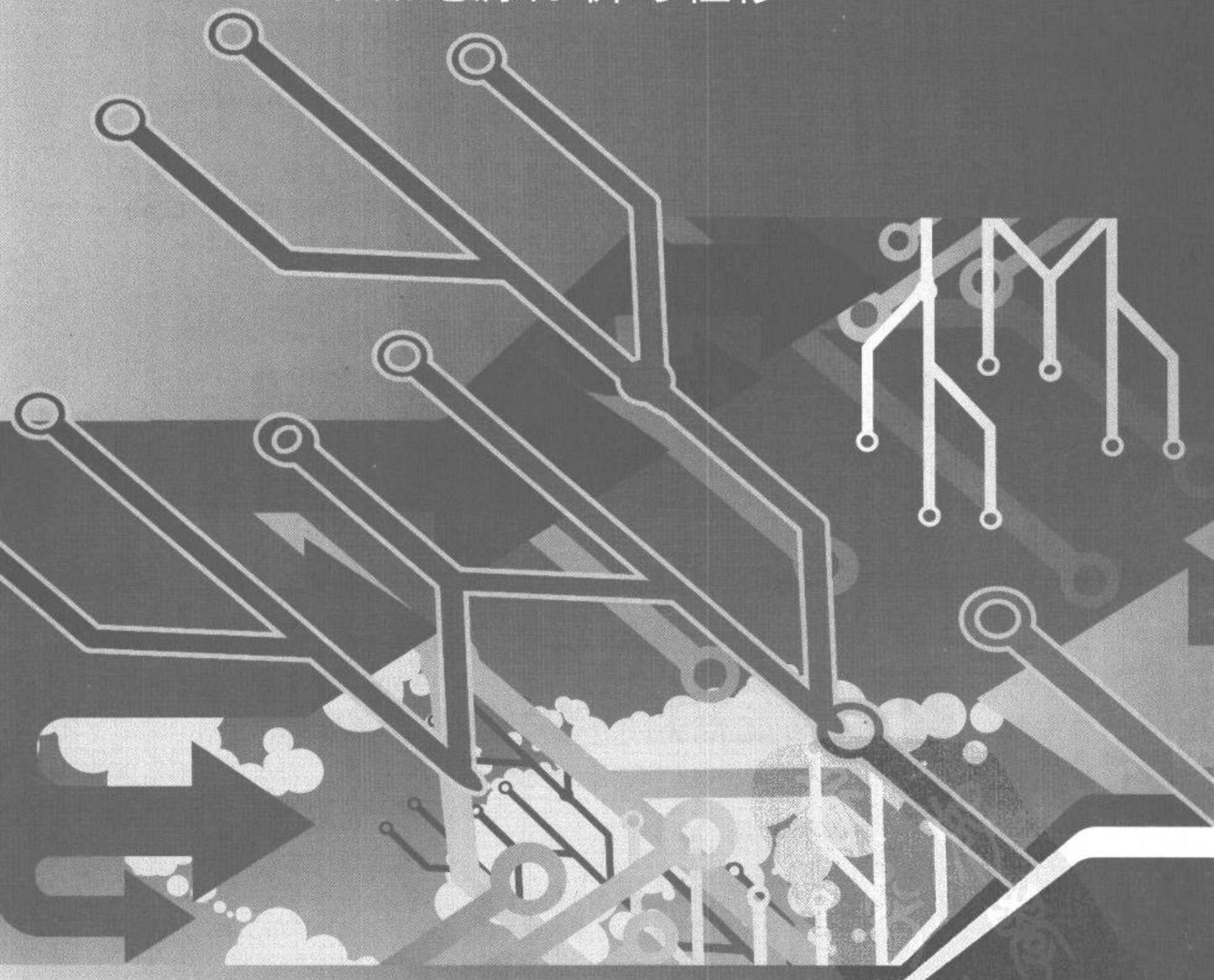
- (1) 电脑电源电路的结构，看懂电路的工作原理。这是我们分析判断故障的出发点，对于确定主要检测点及检修方法起着至关重要的作用。
- (2) 特征元件，学会怎样确认主要检测点，对关键点的静态电阻及工作电压要做到心中有数。
- (3) 根据故障现象进行分析，判断故障范围及故障点。
- (4) 单元电路的检修流程，熟练掌握检测方法与步骤。



Chapter

04

显示器电源分析与检修





4.1

显示器电源概述

4.1.1 显示器电源的作用

可以说电源是一切电子设备的能源供给站，任何一部电子设备都离不开电源，电源的好坏直接影响到电子设备性能的发挥。同样显示器也离不开电源，显示器电源负责向显示器内各部分电路提供各种所需电压。

显示器的种类很多，不同显示器供电方式各有自己的特点，目前生产的显示器都采用开关型稳压电源（简称开关电源）。

显示器的开关电源是用起开关作用的三极管（简称开关管）制作的稳压电源。这种开关管的工作状态就像普通机械开关一样，当开关管截止时相当于开关断开，而开关管饱和导通时相当于开关接通。如图 4-1 所示为采用开关电源的显示器电源电路结构实物图。

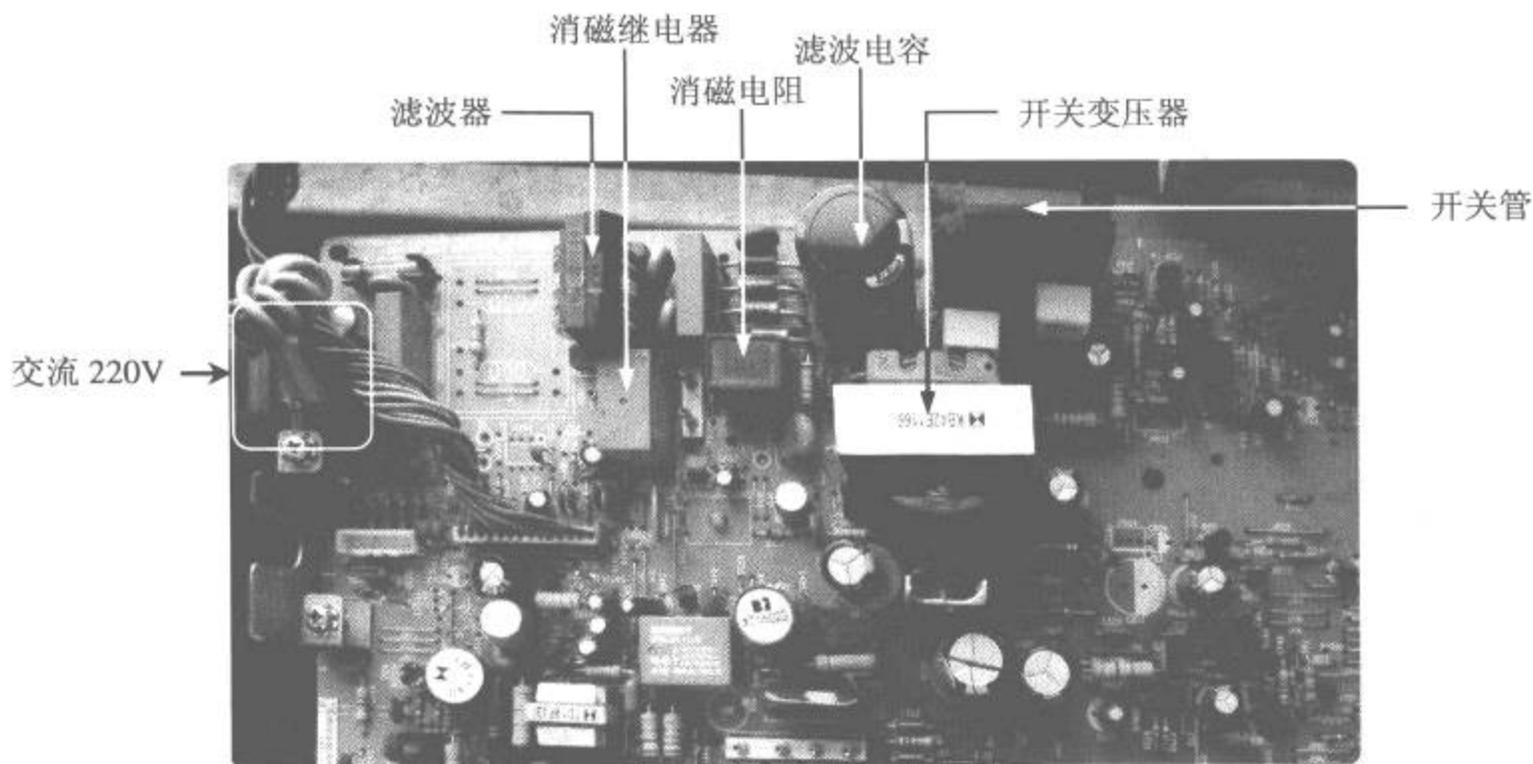


图 4-1 显示器电源电路

4.1.2 显示器电源的特点

早期的显示器电源采用串联型稳压电路，电源电路功耗大、效率低，为隔离交流电网，常用笨重的电源变压器，由于电源的适应能力差，现已彻底被淘汰。随着显示器技术的发展，为适应多频显示器、大屏幕显示器的需求，就要求显示器电源有较强的负载能力并适应显示模式的多变，输出电压也要及时调整。显示器电源一般不需要对称正负电源，因此，大都采用单管并联式开关电源。以分立元件构成的并联开关电源多见于早期的显示器中，在目前流行的 17~19 英寸 CRT 显示器中，大多采用集成电路作脉宽调制组件，减少了元件数量，稳定性也大幅度提高。因此，



新一代环保节能型显示器电源具有高效、节能、体积小等特点。

4.1.3 显示器电源的分类

目前的显示器电源大多采用开关电源,所谓开关电源,就是电源调整管工作在开关状态,具有较高的转换效率。开关电源又有串联型和并联型两种。串联型开关电源已基本退出了历史舞台。按稳压控制方式开关电源可分为调频式和调宽式:调频式用反馈来控制开关脉冲的频率,使其输出电压稳定;调宽式则利用行频脉冲同步电源,通过改变开关脉冲的宽度,也就是开关管导通的时间来达到稳压的目的。现代显示器电源大多采用调宽式,即都利用行逆程脉冲同步电源,达到稳压目的。按开关电源的启动方式,开关电源又可分为他激式和自激式。早期的显示器采用分立元件,开关管使用双极型三极管;现代显示器采用电源管理集成电路(PWM),开关管采用场效应管,提高了效率,减小了体积。

4.2

显示器开关电源电路分析

4.2.1 显示器电源电路的结构及工作原理

节能型的显示器开关电源大多采用并联型开关电源电路,其组成方框图如图4-2所示。显示器电源电路通常由抗干扰电路、自动消磁电路、整流滤波电路、启动电路、PWM信号产生电路、开关管电路、稳压控制电路、保护电路、行频同步电路等组成。

开关电源电路结构复杂,工作电压高,是显示器中故障率较高的电路。在本章中,我们以长城1770DF显示器电源为例,详尽介绍各电源电路的结构及工作原理,以使读者更好地理解开关电源电路的工作原理及维修方法。

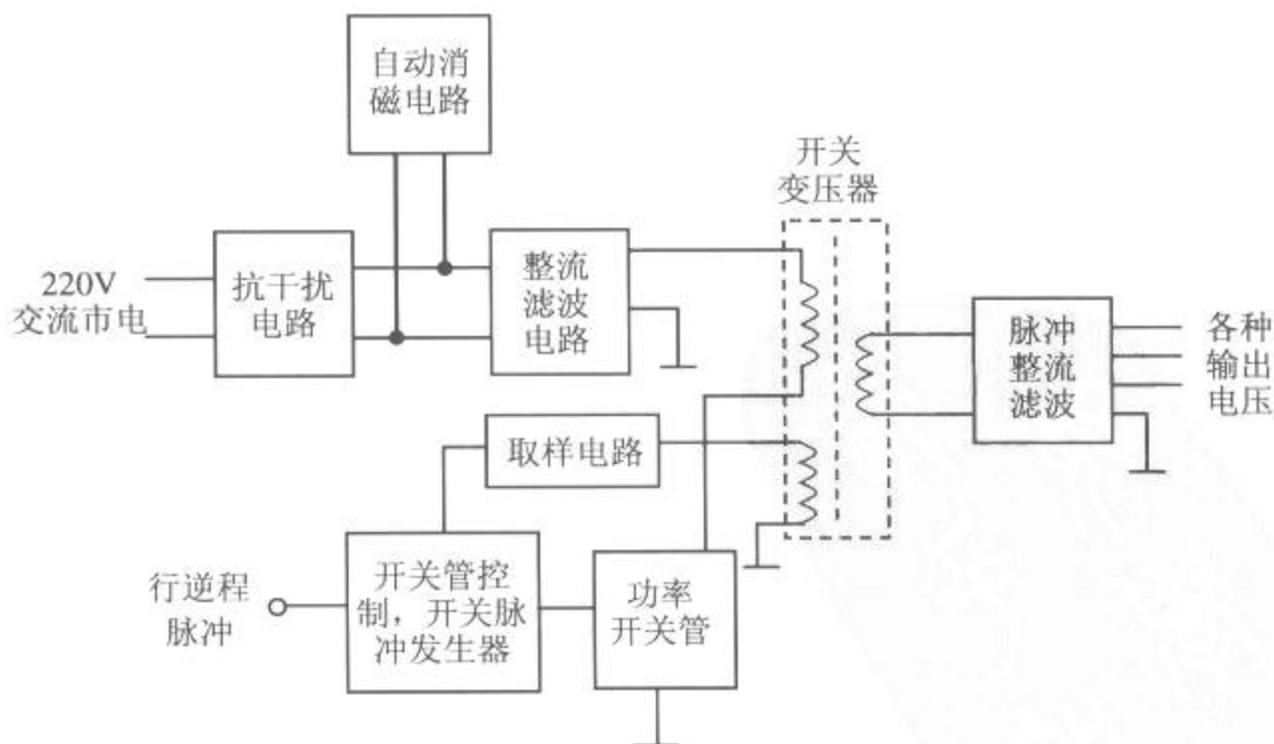


图4-2 显示器开关电源的电路组成



4.2.2 抗干扰电路分析

同环境污染一样，在交流电网中，形形色色的电器的使用以及各种高频无线电波的存在，往往会给交流电产生各种各样的干扰。受污染的交流电送到电子设备的电源电路，就会对电源电路产生干扰，甚至损坏电源电路。反过来，电子设备中开关电源工作时的高频信号也会通过导线窜入到电网，造成对电网的污染。

通过导线产生的干扰称为传导干扰。传导干扰在电路中有两种传输形式：一种为差模干扰，又称为对称性干扰，其干扰信号幅度小，频率低，对电器的干扰较小；另一种是共模干扰，是在导线与地之间传输的干扰，属非对称性干扰，它频率高，幅度大，并可经过导线产生辐射，所造成的干扰较大，在开关电源电路中必须加以抑制。为此，通常在开关电源交流电输入端与开关电源之间增设一级或两级滤波电路，称之为抗干扰电路。

长城 1770DF 彩色显示器的抗干扰电路具体电路形式如图 4-3 所示。各种不同的电子设备，其抗干扰电路都基本相同，读者还可参看电脑电源的辅助电源部分。

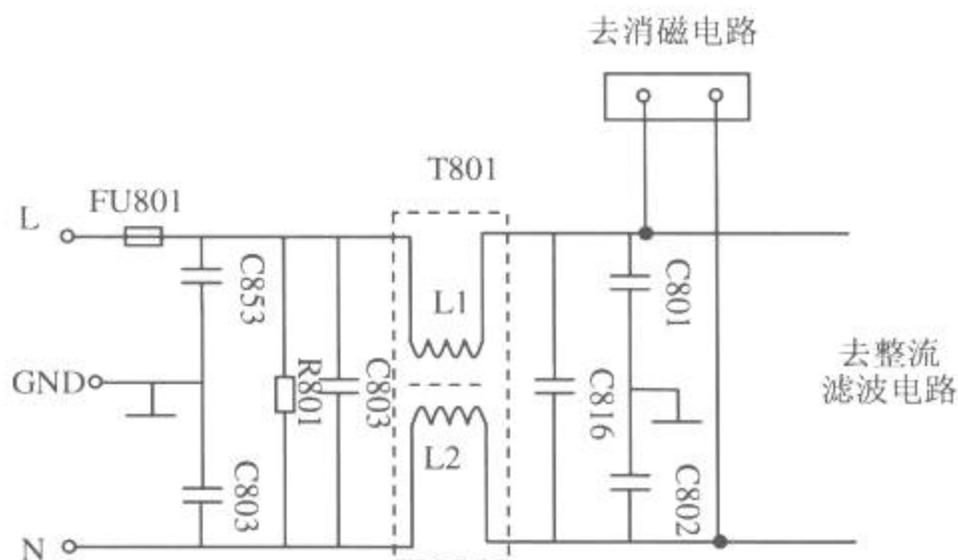


图 4-3 抗干扰电路

在图 4-3 中，L、N 表示交流市电输入端，位于交流输入插座处。F801 为保险管。T801 内 L1 与 L2 是绕在同一磁芯上的匝数相同而绕向不同的两个电感线圈，但不是变压器。由于绕向不同，交流电电流在通过时所产生的磁场正好大小相等，方向相反，从而能有效地抑制共模干扰信号。电容 C801、C802 及 C852、C853、R801 构成共模滤波电路，滤除两导线间的共模干扰信号。由于差模干扰信号幅度较小，设置高频旁路电容器 C801、C806 即可有效将其滤除。往往在个别非正规厂家生产的开关电源电路中，有可能为了节约成本没有使用滤波电感，或者使用的元件不够。

从电路图上可看出，开关电源没有使用电源开关，只要将电源线插头插入插座，显示器电源即可工作，这是显示器开关电源及其他设备开关电源的共同特点。

在长城 1770DF 彩色显示器电源中，设计有两级滤波电感，但只使用了一级。没有使用电感 T804，用导线将其直接连通，如图 4-4 所示，为长城彩色显示器电源中抗干扰电路部分元件结构实物图。

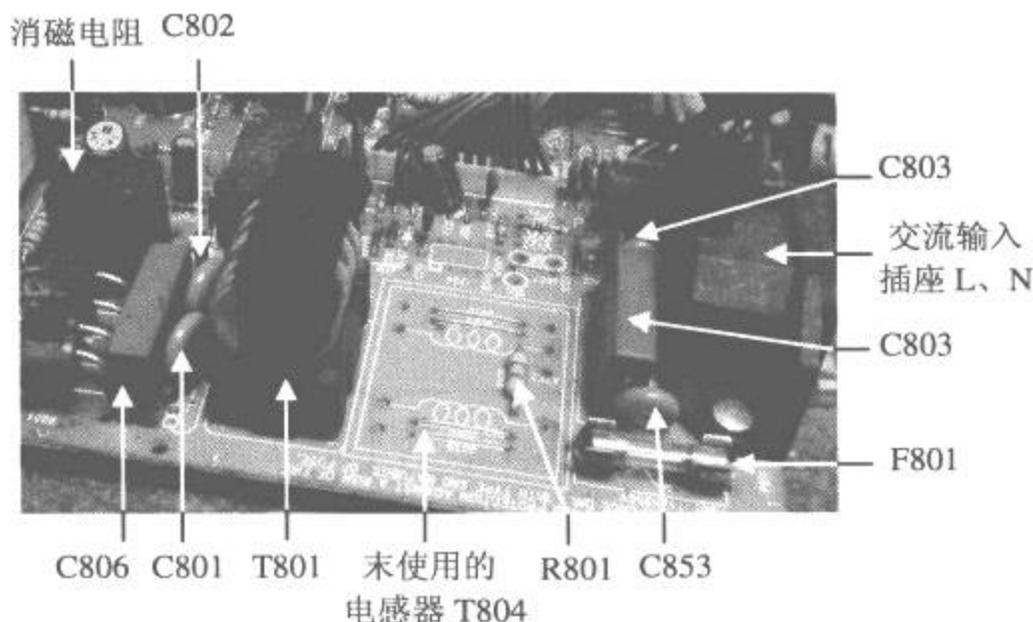


图 4-4 长城彩色显示器电源抗干扰电路元件实物

4.2.3 消磁电路分析

在显示器的电源电路中，一般在抗干扰电路之后会设置自动消磁电路，用于消除地磁及外部磁场对显像管电子束电流的影响，以保证色纯良好。下面分析消磁电路。

1. 消磁电路的作用及组成

在显示器及彩色电视机中，消磁电路由消磁线圈和消磁电阻（PTC）组成。早期生产的显示器在工作过程中，消磁电路一直工作；而在现代节能型显示器中，消磁电路只在开机的一瞬间工作，之后停止工作。

在显示器工作过程中，如果需要消磁，也可以在 CPU 的控制下随时进行手动消磁。消磁线圈是绕在显像管外壁上的匝数不多的电感。消磁电阻是由钛酸钡等材料制作的半导体元件，常用 PTC 表示，它也属热敏电阻，其阻值随温度升高而增大，属正温度系数热敏电阻。

消磁电阻在常温下有 12Ω 、 18Ω 、 27Ω 和 36Ω 等几种规格，其特性是：冷态下初次通电时，由于电阻较低，交流 220V 电压流过它的瞬间电流可高达 10A 以上，会在消磁线圈中产生足够大的磁场，使显像管金属件上的杂散磁场消除，达到消磁的目的。在这个过程中，较大的电流使消磁电阻温度急剧升高，当升高到居里点时，消磁电阻的阻值急剧增大，流过的电流又迅速减小（小于 0.75mA ），这个过程仅持续 1~3s 的时间。这一小电流一方面维持消磁电阻的高温状态，另一方面所形成的磁场很弱，不影响显像管电子束的偏转，从而实现一次消磁动作。读者可参看第 1 章的相关内容。

消磁电阻有两种形式：一种是二端结构，内部只有一个热敏电阻；另一种是在内部有两个热敏电阻，其中一个热敏电阻用于消磁，另一个用于维持高温。消磁电阻的内部结构及实物如图 4-5 所示。



图 4-5 消磁电阻结构与实物



2. 消磁电路的形式

(1) 最简自动消磁电路

最简自动消磁电路的电路形式如图 4-6 所示。

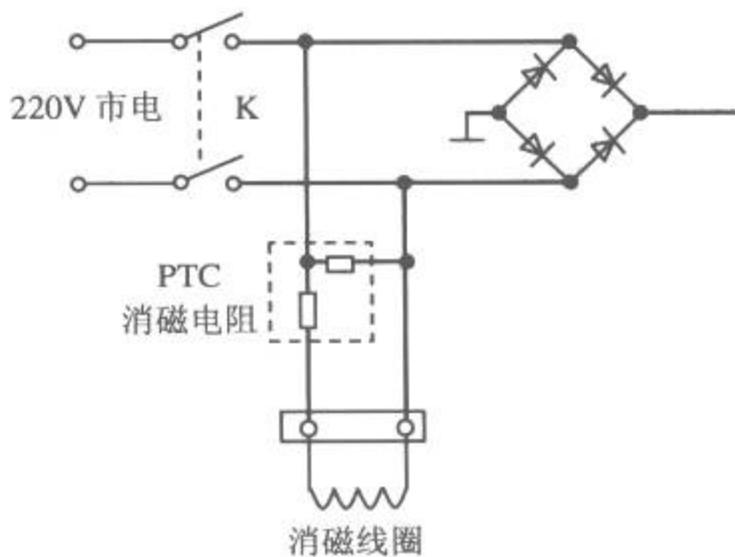


图 4-6 自动消磁电路

这种形式的消磁电路主要用在彩色电视机和早期的彩色显示器中。该电路也存在一定的缺陷。首先，只有在每次重新开机时才能执行一次消磁，而且关机一段时间后重新开机才能有效消磁（要等热敏电阻冷却）；其次，从节能上来讲，在显示器的整个工作过程中仍消耗电能；第三，消磁电路在工作时会对电路产生干扰。在现代新型显示器中已不采用这种电路结构，而采用继电器来控制消磁电路的工作。继电器吸合一次，消磁电路执行一次消磁。在显示器工作一段时间后需要消磁时，还可以手动通过菜单调整进行消磁。

(2) 延迟型消磁电路

延迟型消磁电路是在显示器内电源开始工作产生了直流电压后，通过对消磁电路中的延时元件进行充放电控制消磁电路的通断，来执行消磁的；并在消磁完成之后，自动断开消磁电路，使消磁电路退出工作。延迟型消磁电路的延迟时间一般仅为数秒。如图 4-7 所示为联想彩色显示器采用的一种延迟型消磁电路形式。

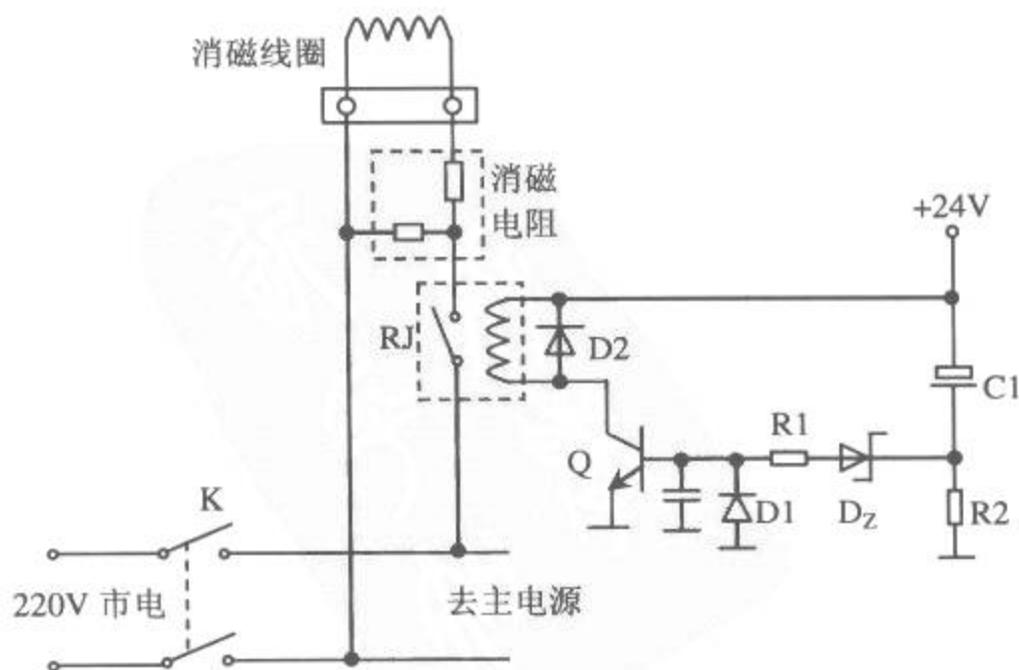


图 4-7 联想彩显消磁电路



延迟型消磁电路的工作原理如下：

当显示器接通交流电源开关电源工作后，开关电源产生的+24V 直流电压通过电阻 R2 对电容器 C1 充电，在电阻 R2 上产生一高电压，使稳压管 D_Z 击穿，再经 R1 限流，使三极管 Q 饱和导通。+24V 电压通过饱和导通的三极管 Q 流过继电器 RJ，在继电器线圈中产生磁场，使继电器内的触点吸合。220V 交流电通过吸合的继电器流过消磁电阻和消磁线圈，在消磁线圈中产生足够强的磁场对显像管进行一次消磁。当 C1 被充电到接近电源电压时，充电电流减小至零，R2 上的电压也降为零，三极管 Q 截止，继电器触点断开，切断消磁通路，从而节省电能，同时降低了消磁电路的故障率。电路中的二极管 D2 用于保护继电器线圈，防止产生振荡。

3. CPU 控制型

CPU 控制型就是利用 CPU（微处理器）进行消磁控制。现代显示器绝大多数都利用 CPU 对显示器工作状态进行控制，对消磁电路同样也可由 CPU 来控制。如图 4-8 所示的长城显示器消磁电路就属于 CPU 控制型。

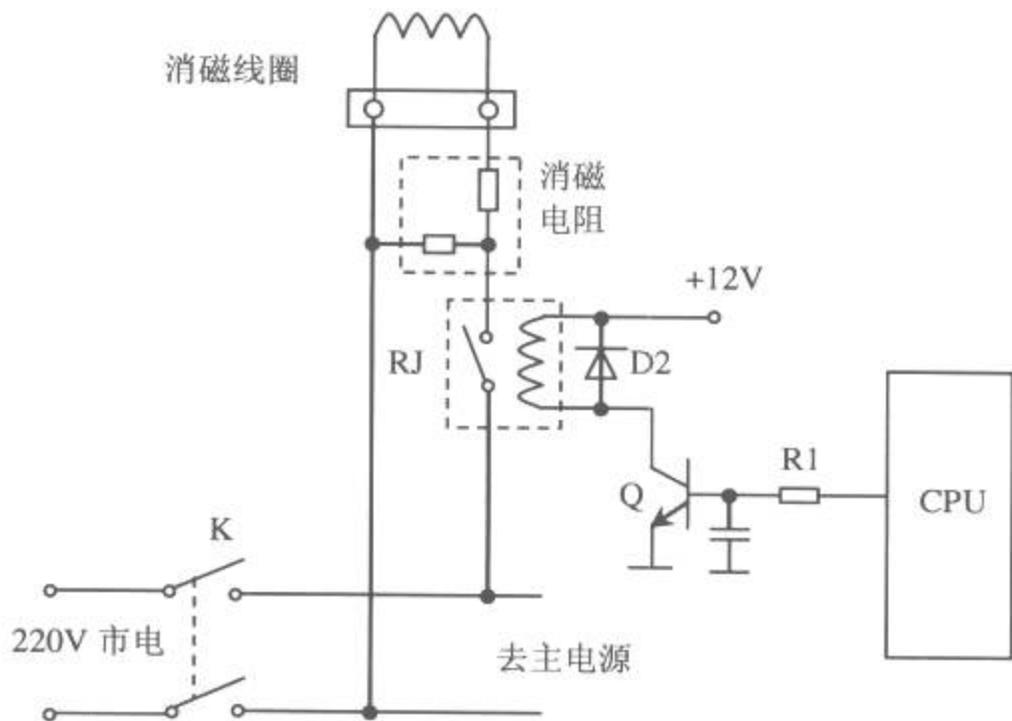


图 4-8 CPU 控制型消磁电路

CPU 控制型消磁电路的工作原理如下：

当显示器每次开机时，CPU 都会送出一个开关脉冲，通过电阻 R1 加到三极管 Q 的基极，使其导通。此时继电器吸合一次，接通消磁电路，使其工作，完成消磁动作。消磁完成后，由 CPU 输出低电平，三极管 Q 截止，继电器内触点分离，切断消磁通路。这种形式的消磁电路在实际中应用较多。在显示器的工作过程中，也可以通过菜单调节来启动消磁电路进行消磁。

4.2.4 整流滤波电路分析

开关电源是不能直接使用交流电源的，使用之前必须将交流电转变为直流电。将交流电转变为直流电的过程称为 AC-DC 转换。显示器开关电源采用桥式整流电路将交流电转换为直流电，以提高电源利用率。桥式整流器可以采用四只整流二极管，也可以用一只整流桥堆（内含四只整





流二极管), 以缩小体积。在采用四只整流二极管时, 一般在每只二极管上并联一个小容量电容器, 以防止接通交流市电的瞬间产生的浪涌电流损坏整流管。

图 4-9 为长城 1770DF 彩色显示器的电源整流滤波电路图, 采用了四只整流二极管 D801~D804, 交流市电经整流后由大容量电容器 C808 滤波, 得到约+310V 的直流电压。有关整流滤波工作原理, 请参看第 2 章 2.1.3 节内容。

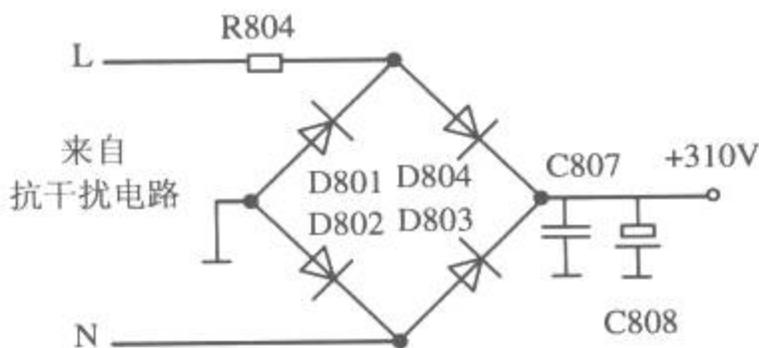


图 4-9 长城 1770DF 彩显电源整流滤波电路

整流滤波电路中的整流电流流动方向: 当 L 端输入的交流电在正半周时, 电流经 R804 二极管 D804、电容 C808、地、二极管 D802 回到 N 端; 当 N 端输入的交流电在正半周时, 电流经二极管 D803、电容 C808、地、二极管 D801、R804 回到 L 端。在电容 C808 上形成上正下负的直流电, 其电压幅值约为 310V, 一般通称 300V。桥式整流滤波后输出直流电压等于交流电压值的 $\sqrt{2}$ 倍, 此+310V 直流电压是否正常是判别整流滤波电路是否正常的重要依据。在检修中, 若发现电容 C808 两端电压偏低或约等于交流电压时, 一般是因为电容 C808 容量丧失, 实践中还经常发现该电容容量不足、顶部外形鼓胀、有漏液、击穿短路等。对该电容的检查方法有两种: 一种是检测对地电阻, 一种是检测电压。如有异常应首先予以排除。但在实践中经常发现滤波电容外形无异, 对地电阻也较大, 开机就烧保险的现象, 此时更换该滤波电容即可排除故障。

为了防止接通交流市电的瞬间产生的浪涌电流对整流滤波电路的冲击, 须在开关管之前串联一个热敏电阻, 如图 4-9 中的电阻 R804。此电阻是一个负温度系数热敏电阻, 在冷态下, 其电阻值较大 (也仅有不足 10Ω), 有电流通过时会使其发热, 电阻减小。正是由于这个特性, 使显示器在接通交流市电的瞬间防止了大电流对整流滤波电路和开关管的冲击, 稍后, 电阻减小, 又不影响开关电源的电流供给。不同的机型中这个电阻设备的位置不一样, 有的在整流前, 有的在整流后, 还有的接在滤波电容器负极与地之间。在开关电源工作期间, 这个电阻始终保持在高温状态, 关机后它的温度不可能很快降低, 也就不能很快恢复到高阻状态, 所以在关机后应间隔一段时间 (3min 以上) 才能再启动。不然的话, 很可能造成整流滤波元件损坏。

为了防止电路发生故障造成电流过大, 在显示器的整流器之前一般都设有过流保护器件, 大多采用保险管, 额定电流一般为 3~5A, 例如图 4-3 中的保险 FU801 是一次性保护元件, 当负载出现短路故障时, 过大的电流将会使其熔断, 切断交流供电, 从而起到保护作用。一旦因电流过大而烧毁后, 这种一次性保护元件不能自动恢复, 必须按原规格进行更换。

整流滤波电路实物元件结构可参看图 4-10。



图 4-10 长城彩色显示器电源整流滤波部分元件实物

4.2.5 主开关电源电路分析

一般来讲，主开关电源都由启动电路、可调脉宽脉冲产生电路、主开关电路、功率变换输出电路、稳压控制电路以及保护电路等组成。

1. 启动电路

启动电路的作用就是给开关电源工作提供启动电压，使开关电源开始工作。启动电路一般有两种形式：一种是采用 RC 串联电路，这种启动电路仅在电源启动时起作用，在电脑、显示器等办公设备中很少使用；另一种就是采用一个高值电阻或者两个电阻串联启动。无论分立元件构成的开关电源或是由集成电路作 PWM 的开关电源，启动电路大多使用一只高值电阻或两只电阻串联的形式。

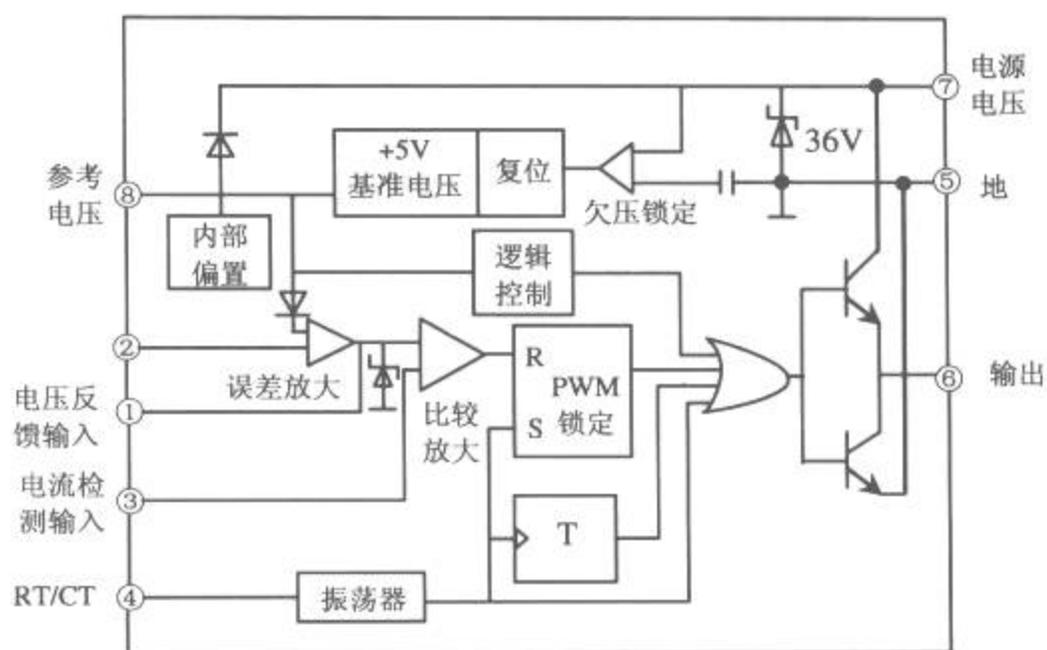
2. PWM 脉冲产生电路

开关电源所需要的矩形开关脉冲为脉冲宽度可调的脉冲，又称为 PWM 脉冲。脉冲的宽度控制了开关管导通时间的长短，脉冲越宽，开关管导通时间越长，开关变压器内储存的能量越大，次级经整流得到的输出电压也就越高；反之，输出电压就越低。

显示器中的开关脉冲产生电路有两种类型：一种是用分立元件构成的自激振荡电路，用于早期的单色显示器中，其电路结构与电脑辅助电源相似，可参看第 2 章电脑辅助电源部分；第二种是采用集成电路产生 PWM 脉冲。在本节，我们以现代机型最常用的 UC3842 为例，来分析开关脉冲的产生原理。

(1) UC3842 控制芯片简介

UC3842 是一种单端输出 PWM 控制芯片，内部结构框图如图 4-11 (a) 所示，外形见图 4-11 (b)。UC3842 的内部电路内部主要由基准电压发生器、启动电路、振荡器、推挽放大器、保护电路等组成，是一款功能比较完善的 PWM 组件。



(a) UC3842 内部结构框图

(b) UC3842 实物图

图 4-11 UC3842 结构及实物图

(2) UC3842 控制芯片的引脚定义

UC3842 控制芯片的引脚定义及功能如表 4-1 所示。

表 4-1 UC3842 控制芯片的引脚定义及功能

引脚号	引脚定义	功能	参考电压 (V)
1	COMP	反馈信号放大器输出, 外接补偿元件	2.95
2	VFB	反馈信号反相输入端, 用于控制脉冲宽度	2.5
3	CS	过流保护信号输入端	0.35
4	R _T /C _T	振荡器矩齿波脉冲形成端	0.7
5	GND	地	0
6	OUTPUT	脉冲推挽放大输出端	2.1
7	V _{CC}	供电, 欠压保护输入端	17
8	V _{ref}	+5V 基准电压输出端	5

第 2 脚为误差信号输入端, 其输入信号来自取样反馈电路。通过内部电路控制脉冲宽度, 从而调整开关电源的输出电压。因此常通过调节该脚电压来调整开关电源的输出电压。

第 3 脚为过流保护控制信号输入端, 开关电源电流过大时, 经取样电阻反馈至该脚内电路, 迫使 UC3842 停止工作, 不输出开关脉冲。

第 4 脚内电路为振荡器, 外接定时电阻和定时电容。

第 7 脚既是供电引脚也是欠压保护信号输入端, 还兼做启动控制端。当该脚电压从 0 上升到启动电压 15V 时, UC3842 开始工作, 从第 6 脚输出开关脉冲, 在开关脉冲推动下开关电源电路开始工作; 当开关电源工作后, 如果第 7 脚电压下降至 10V, UC3842 将进入保护状态 (欠压保护)。

第 8 脚是基准电压产生输出端。UC3842 进入工作状态后会产生 +5V 基准电压在该端输出。与 UC3842 控制芯片功能相同的还有 KA3842 控制芯片, UC2842~UC2845、UC3842~



UC3845 和 KA2842~KA2845、KA3842~KA3845 属同一类产品。它们在内部结构、引脚功能上都相同，只是第 7 脚的启动电压、欠压保护和第 6 脚的脉冲占空比最大值不同。实际应用中，KA3842 可与 UC3842 直接互换使用。UC3842 控制芯片的典型应用电路如图 4-12 所示。

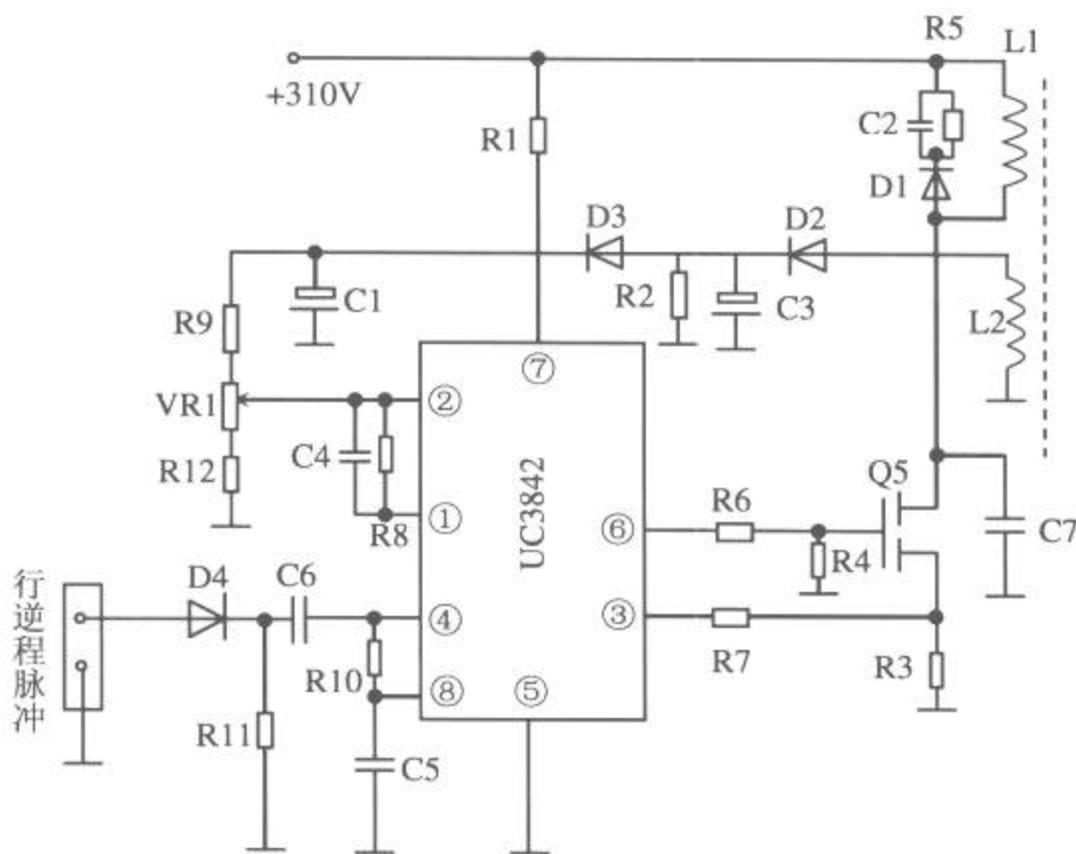


图 4-12 UC3842 的典型应用电路图

(3) 开关脉冲的产生

一路+310V 电压经启动电阻 R1 加至集成电路 UC3842 第 7 脚，由于有电容 C1 的充电作用，经 500ms 至 1s 后，电容上的电压升至 16V 时，集成电路 UC3842 进入工作状态。这就是所谓的软启动或慢启动，以利于保护开关管。然后 UC3842 第 4 脚外接定时电阻 R10、电容 C6 构成的振荡器开始工作，产生略低于行频的脉冲，其频率由第 4 脚外接电阻电容参数决定，为

$$F = \frac{1.4}{R_{10} \times C_6}$$

R10 取值一般为 27k，C6 取值 2n2~3n3，其工作频率约为 30kHz。

当 UC3842 检测到第 3 脚没有过流保护电压输入后将从第 6 脚输出矩形开关脉冲，其波形如图 4-13 所示。

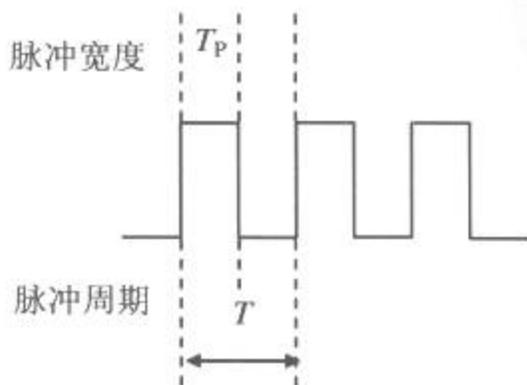


图 4-13 矩形开关脉冲波形



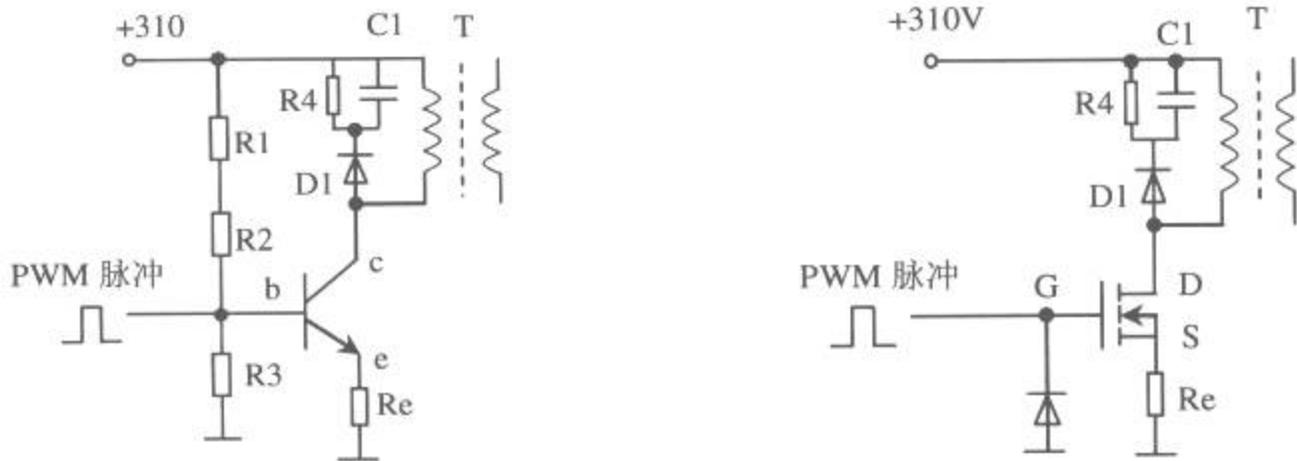
图中 T 为脉冲周期, T_p 为脉冲宽度, T_p 决定开关管导通时间, T_p/T = 脉冲占空比。

开关脉冲经电阻 R_5 加在开关管 Q_1 的控制极 G 上。在开关脉冲的高电平期间, 使开关管饱和导通, $+310V$ 电压经开关变压器初级 L_1 、开关管 Q 、 R_3 到地, 产生由零增大的电流, 继而产生磁场并以磁能的形式储存在开关变压器内; 在开关脉冲低电平期间开关管截止, L_1 中的电流由大突变减小到零, 开关变压器内次级绕组的感应电压变向, 整流管导通, 经整流滤波得到输出电压。与此同时, L_2 绕组出得到感应电压经 D_2 整流、 C_2 滤波, 加到 UC3842 的第 7 脚, 作为 UC3842 的工作电源。 D_3 起到隔离作用, 防止因 R_1 、 R_2 等分压过低造成 UC3842 难以启动。 R_2 还能用于平缓供电电压, 以减小 UC3842 工作电压的波动。

在以场效应管作开关管的开关电源中, R_3 的取值一般在 $0.27 \sim 1\Omega$ 之间。该电阻阻值不能过大, 否则将会引起开关管驱动不足, 发热严重, 时间稍长将不可避免地损坏开关管。

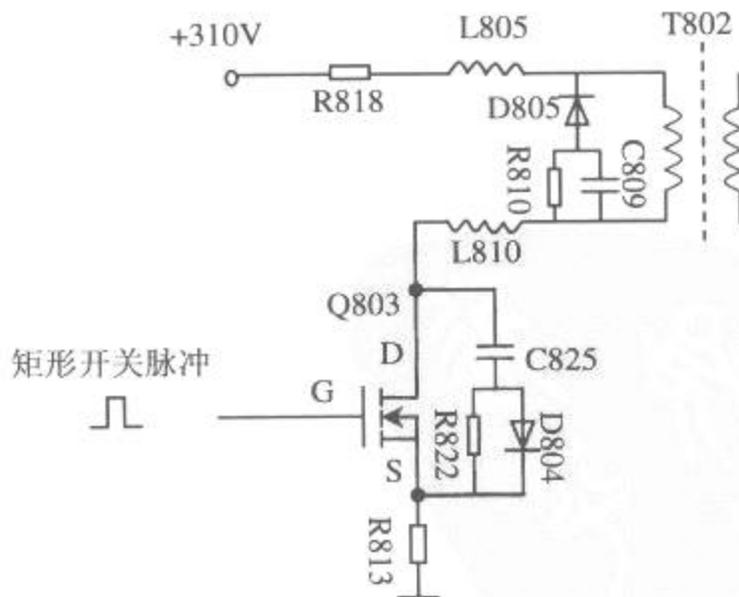
3. 主开关电路

开关电源中主开关电路的组成如图 4-14 所示。一般有两种形式, 一是由半导体三极管构成的开关电路, 如图 4-14 (a) 所示; 二是由场效应管构成的开关电路, 如图 4-14 (b) 所示。不论哪种形式, 它们都是由开关变压器 T 、开关管及过流保护取样电阻 R_e 组成。



(a) 由半导体三极管构成的主开关电路

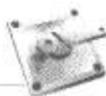
(b) 由 N 沟道场效应管构成的主开关电路



(c) 长城 1770DF 显示器开关电源主开关电路

图 4-14 显示器开关管电路

开关管是开关脉冲产生的关键元件之一。以半导体三极管为开关管构成的开关电源, 其脉冲



产生电路通常采用分立元件；以场效应管为开关管的电源常采用集成电路提供开关脉冲。

主开关电路的工作原理：参看图 4-14 (c)，PWN 脉冲（矩形开关脉冲）加在开关管的栅极（在图 4-14 (a) 中为三极管的基极 b），在矩形开关脉冲高电平期间，开关管突然导通，+310V 电压经开关变压器初级绕组、开关管（场效应管的源极和漏极，三极管 c-e 结）、过流保护取样电阻 R_e 到地，产生突然增大的电流，在开关变压器中产生磁场，使电能转化为磁场能储存在开关变压器内；在开关脉冲低电平期间，开关管突然截止，储存在开关变压器内的磁场能经开关变压器次级释放。

当开关管工作在开关状态时，在开关变压器的初级绕组中将产生高达 1 千多伏的反峰电压，这一高电压对开关管会造成很大的威胁，会使开关管在一瞬间被击穿损坏。因此，要对这一反峰电压进行泄放，保护开关管，所有开关电源都设计有吸收电路，采用的电路称为尖峰吸收电路，例如图 4-14 (c) 中 D805、R810、C809 及 C825、R822、D804 即组成了尖峰吸收电路。

尖峰吸收电路的保护原理：在开关管截止时，L1 中产生的反峰高压为下正上负，经 R810//C809 及 D805 形成回路，从而泄放。在长城显示器电源中，还使用了 C805、D809 及 R822 进一步加强了对反峰高压的吸收。

4. 功率变换输出电路

功率变换输出电路，也就是主电压输出电路，即各组电压输出电路，也称为脉冲整流输出电路。

脉冲整流输出电路由开关变压器 T802 的次级、高频整流二极管、滤波电容等元件组成，如图 4-15 所示。

由于开关变压器次级绕组的绕向及整流二极管的接法原因，当开关管导通，开关变压器初级有突变增加电流时，整流二极管不导通，开关变压器内的电能以磁场能的形式储存；在开关管截止，电流突减时，开关变压器内的磁场能极性改变，次级感应电压极性也随之改变，这时，二极管正向导通，开关变压器内的磁场能以电能的形式泄放，经整流二极管整流以及电容滤波后得到各种电压。这些电压主要有 80V 左右的视放电压、+B1 主电压、+6.5V 灯丝电压、±12V 电压及场扫描供电电压等。不同机型的显示器输出电压略有不同。+80V 电压用于视频放大，+B1 用于行扫描电路，+6.5V 经限流降为 +6.3V 后用于点亮显像管灯丝，+12V 用于机内小信号处理电路等。

为防止浪涌电流冲击损坏整流二极管，往往在二极管上并联电容，如图 4-15 中的电容 C822、C832 和 C821。为防止负载发生短路对电源造成危害，还可在电路中串联保险电阻，若负载发生短路，过大的电流将会使保险电阻熔断，切断供电，起到保护作用，例如图 4-15 中的电阻 1R12。在脉冲整流输出电路中加入电感 L803、L808、L809 主要是增强滤波效果。

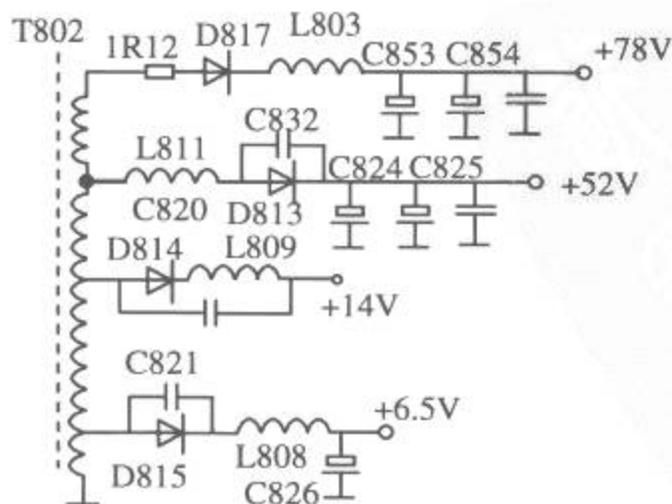


图 4-15 显示器电源脉冲整流输出电路图





5. 稳压控制电路

稳压控制电路一般都由取样电路、比较电路、误差放大电路以及脉宽调制电路等组成。可参阅第3章稳压控制有关部分。

稳压控制电路的稳压控制过程：参看图4-12，开关变压器L2绕组产生的感应电压经D2、C3整流滤波后，一方面作为UC3842控制器的工作电源，另一方面作为稳压取样电压，经电阻R9、VR1、R12分压，加到UC3842的第2脚，与第2脚内部电路产生的2.5V基准电压相比较后产生一个误差电压。这个误差电压再与第3脚上的电压相比较，经比较放大后送到脉宽控制器，调整开关脉冲宽度，以达到自动稳定输出电压的目的。VR1用于调整开关电源的输出电压。当开关电源输出电压升高时，UC3842第2脚电压升高，经内电路处理，减小了开关脉冲的宽度，开关管导通期缩短，输出电压下降；反之，输出电压升高。

6. 保护电路

电源中的保护电路主要包括浪涌电流限制电路、尖峰吸收电路、过流保护电路和过压保护电路等。

(1) 浪涌电流限制电路

现代开关电源大都不设置开关控制交流电的输入，在接入交流市电后电源就直接工作。因为在用手插入插头时，不可避免地发生抖动，会造成接触不良。并且即使有开关，开机瞬间的大电流也会对整流滤波电路产生冲击，损坏开关电源。为此，常用一只负温度系数热敏电阻设在整流滤波电路之前，作为浪涌电流限制元件。可参阅本节整流滤波电路部分。

(2) 尖峰吸收电路

在开关管由导通转入截止状态时，在开关主绕组中将会产生高达1kV的反向感应电动势，这一高压会使开关管瞬间击穿。为保护开关管，电路设置了开关管保护网络，称为尖峰吸收电路，例如图4-14(a)、(b)中的D1、R4、C1。在开关管导通期间，该电路对电源的工作没有影响，在开关管截止时，D1正偏导通，将开关主绕组中的反向感应电动势释放，防止反峰高压将开关管击穿，从而保护开关管。

(3) 过压保护电路

过压保护的目的是为了防止因稳压控制电路异常引起电源输出电压过高而对显示器其他电路造成损坏。电压过高有两方面情况：一是输入电压过高，二是输出电压过高。对于输入电压过高保护，一般机型中都未使用，这里主要分析一下输出电压过高的保护电路。

过压保护电路的形式有很多，但主要有两种：一是限压型，二是截止型。

① 限压型保护电路。限压型保护电路多采用间接取样，也就是利用反馈绕组的感应电压。限压型保护电路原理图如图4-16所示。

当由于某种原因使输出电压升高，而稳压调整电路失效时，反馈绕组得到的电压也将升高，UC3842第7脚电压也将随之升高，稳压二极管 D_z 将会被击穿导通，称为齐纳击穿，这种稳压二极管称为齐纳二极管。此电压被加到UC3842第2脚，当第2脚电压超过2.5V后，UC3842的内电路就不再输出开关脉冲，迫使开关管停止工作，达到保护的目。这种保护电路存在的问题是，当保护启动后不能保持，电源将重复启动、保护。保护启动后开关管不工作，反馈绕组将失去电压，使UC3842第7脚电压降低，稳压二极管又会截止，取消保护，而后电源又会重新启动。因此，电源将重复启动、保护，并会发出“吱吱”声。在检修过程中，如果能听到电源发出的“吱



吱”声，证明电源启动电路、正反馈电路等均处于正常状态。

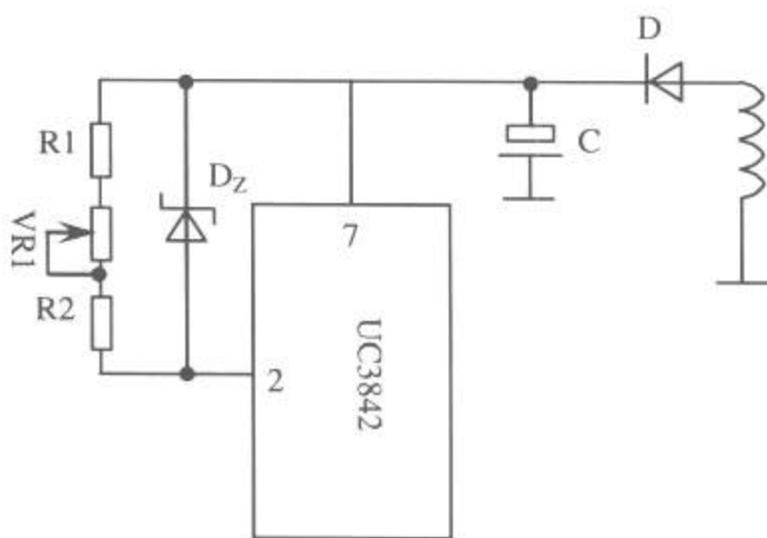


图 4-16 限压型保护电路原理图

② 截止型保护电路。截止型保护电路大多采用可控硅，或用三极管接成可控形式的保护电路。可控硅一旦导通，就能保持，因此这种保护电路启动后，只有故障排除并重新开机才能解除。截止型保护电路原理图如图 4-17 所示。

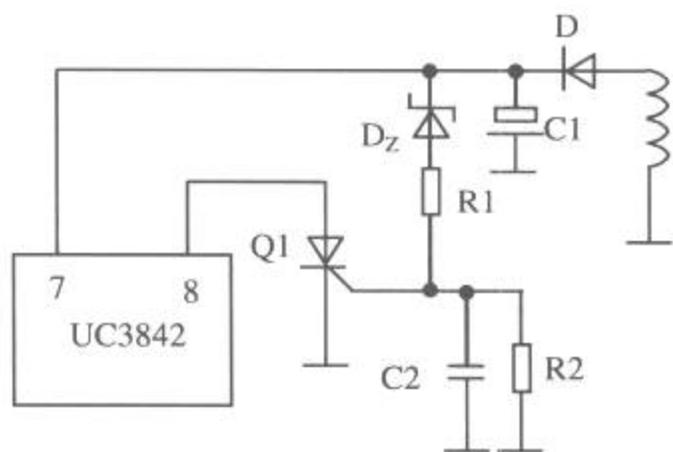


图 4-17 截止型保护电路原理图

当输出电压过高，稳压调整电路失控时，反馈绕组得到的电压也将升高，稳压二极管被击穿导通，触发可控硅 Q1 导通并保持；UC3842 第 8 脚输出的基准电压通过导通的可控硅 Q1 接地，使 UC3842 失去基准电压，由 UC3842 内部处理停止工作，从而实现保护功能。由于可控硅导通后能保持，所以电源将不会再次进入工作状态。

(4) 过流保护电路

当开关电源负载过重或出现短路故障时，极易引起开关管电流过大而损坏的故障。为避免故障扩大，几乎所有的开关电源都设计过流保护电路。

一般情况下，在三极管发射极或场效应管漏极设置一个检测电阻，例如图 4-12 中的 R3。UC3842 第 3 脚内接比较放大器，外接至开关管漏极电阻 R3 上。当流过开关管的电流过大时，在电阻 R3 上形成的电压必然升高，经 R7 送至 UC3842 第 3 脚，经第 3 脚内电路处理，封锁比较放大器的输出，控制脉冲宽度降为零，使 UC3842 第 6 脚不输出开关脉冲，迫使开关管停止工作，开关电源无输出电压，从而保护各元件不被损坏。因此，在检修 UC3842 没有开关脉冲输出的故障时，就要检查其第 3 脚电压是否过高，如果过高，说明有过流保护或 R3 开路损坏。过流保护的峰值计算式为



$$I_{\max}(\text{A}) = \frac{1.0}{R3}$$

过流保护值一般设在 2~3A, R3 的阻值一般取 0.22~0.68Ω 之间。由于该电阻设主开关回路中, 因此, 该电阻阻值不能太大。如果过大, 保护起控点将提高, 电源内阻将增大, 会使电源带不动负载。如果太小, 又不能起到保护作用。

除 UC3842 外, 在显示器开关电源中还较常用到 TEA1504、TEA1507 及 DP104 等集成电路。

7. 开关电源的附属电路——行频同步电路

UC3842 的第 4 脚内外电路振荡器的振荡频率略低于行频, 可能会对电路产生一定的影响。因此, 把行扫描电路工作后的行频脉冲经行频同步电路送到电源电路, 使开关电源的工作频率与行扫描的频率一致, 可以减少干扰。

行频同步电路组成可以参看图 4-12, 主要由 D4、R11、C6 及行回扫变压器上只有一圈的绕组等组成。图 4-18 为行回扫变压器外形图, 其磁芯上装有一圈行频同步绕组, 也称行逆程脉冲绕组。该绕组的绕向是特定的, 在更换行回扫变压器时, 一定要将该绕组的绕向装对, 否则有可能会对电源产生不良影响, 甚至造成电源不能正常工作。

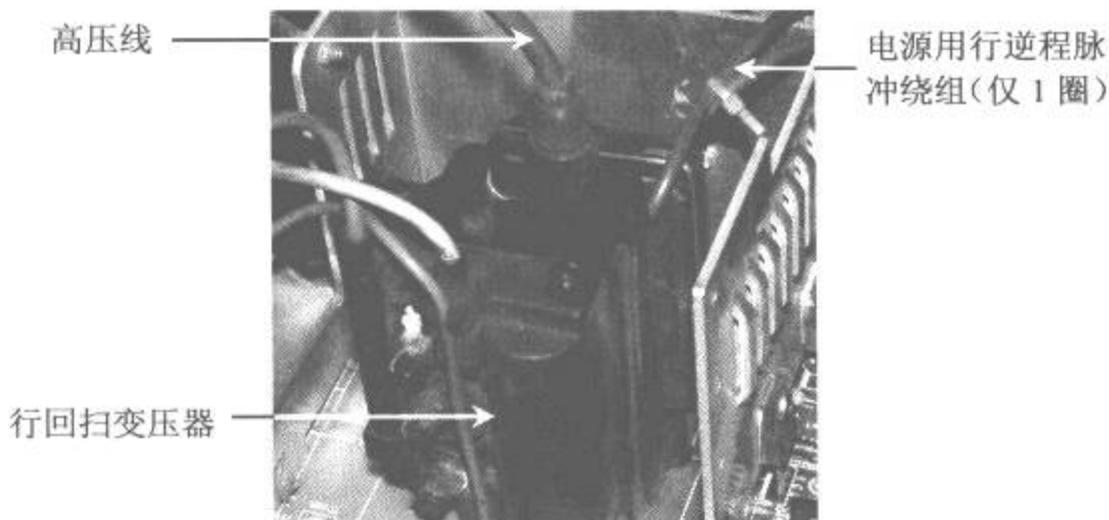


图 4-18 电源用行逆程脉冲绕组

行频同步电路工作原理: 行回扫变压器工作后的行逆程脉冲, 经 D4、R11、C6 加在 UC3842 的第 4 脚上, 形成一个上跳电压, 强迫振荡器提前翻转, 提高工作频率, 使开关管工作频率与行频同步, 减小了开关电源对显示器各单元电路的干扰。

4.2.6 长城 1770DF 显示器电源电路分析

在上一节, 我们详细介绍了显示器开关电源的结构和工作原理。下面, 我们以长城 1770DF 显示器开关电源电路为例, 对开关电源的工作过程加以总结。该电源实际使用的是 KA3842 集成电路, 它与 UC3842 完全一样。

1. 抗干扰电路及整流滤波电路

如图 4-19 所示, 交流市电通过保险管 FU801 后, 经由 C803、C853、T801、C806、C801 及 C802 组成的抗干扰电路滤除杂波后, 一路进入消磁电路, 另一路经 R804 对浪涌电流抑制后进入整流滤波电路, 最终由 D801~804 桥式整流及 C808 滤波后得到约+310V 直流电压。

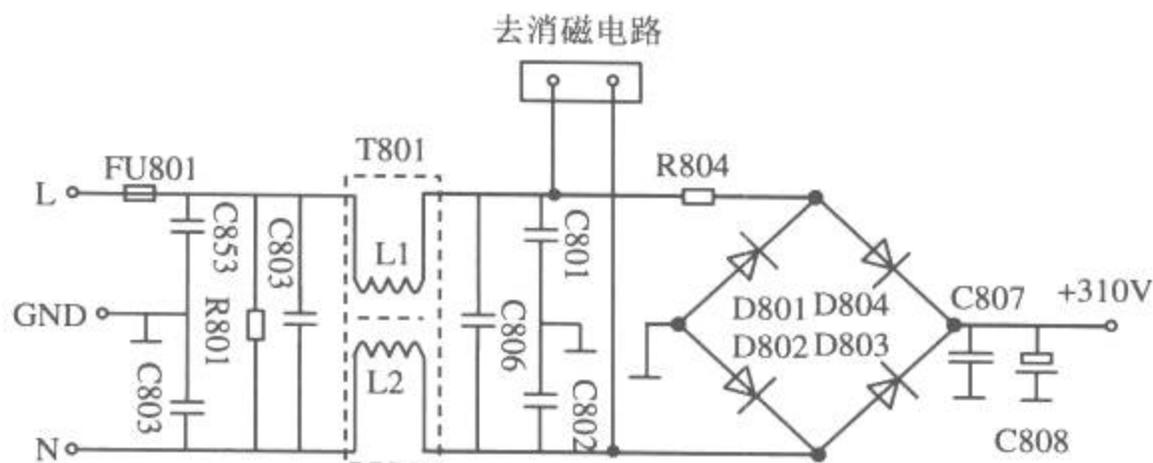


图 4-19 长城 1770DF 彩色显示器整流滤波电路

2. 启动电路

启动电路由电阻 R873、R807 及电容 C812、C811 组成，参看图 4-20。接入交流电后，+310V 电压的一路经启动电阻给电容 C812 充电。当电容两端电压升高到 15V 以上时，KA3842 第 7 脚得到工作电压进入工作状态，振荡电路开始工作产生矩形脉冲，并从第 6 脚输出开关脉冲。KA3842 启动后，如果第 7 脚电压降低到 10V 以下，KA3842 将进入欠压保护状态。在保护状态下，第 7 脚电压出现波动，第 6 脚输出的电压也在不停地波动，这是判定 KA3842 好坏的一个很重要的依据。

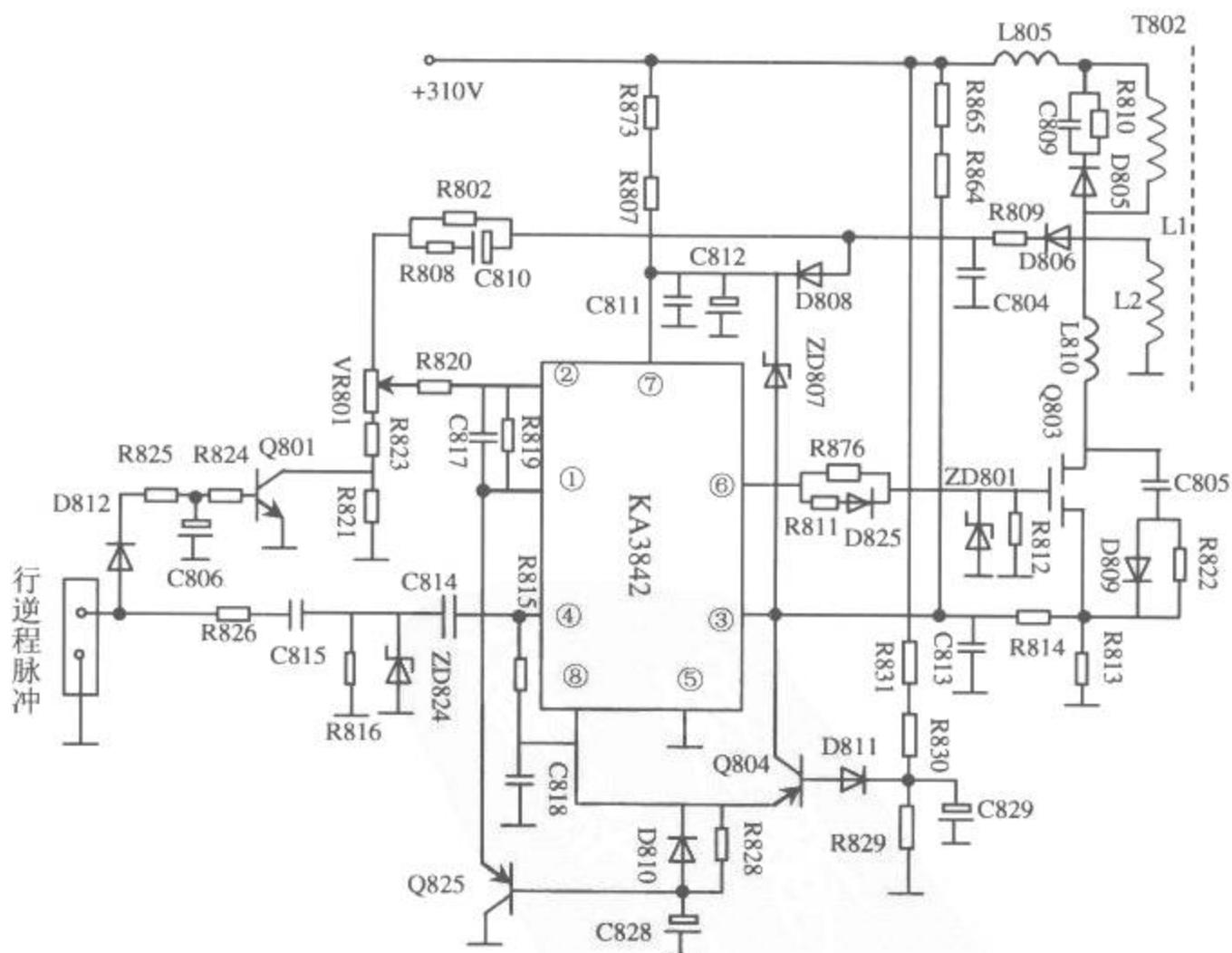


图 4-20 长城 1770DF 显示器电源电路（初级部分）



3. PWM 脉冲产生

KA3842 第 7 脚得到工作电压后, KA3842 进入工作状态, 从第 8 脚输出 +5V 基准电压, 供 KA3842 内外电路使用; 第 4 脚内外电路构成的振荡器开始工作, 产生 PWM 脉冲, 由第 6 脚输出。

4. 主开关通路及功率变换

参看图 4-20。+310V 电压的另一路经 L805、开关变压器初级绕组 L1、L810、开关管 Q803、R813 到地形成回路。

KA3842 第 6 脚输出的开关脉冲经电阻 R876、二极管 D825//R811、电阻 R812 分压, 并经稳压二极管限幅, 送到开关管控制极。开关管在开关脉冲的驱动下, 开始工作在开关状态。

当开关管导通时, 在开关变压器初级绕组 L1 中流过由零增长的电流, 产生感应电动势(感应电压), 在开关变压器次级绕组也产生感应电压。由于开关变压器次级绕组的绕向及二极管的接法原因, 次级绕组产生的感应电压不能形成回路泄放, 开关变压器内的电能以磁能的形式储存。

当开关管截止时, 在开关变压器初级绕组 L1 中的电流突变为零, L1 中的感应电动势反向, 通过变压器时, 在次级各绕组中也将产生反向的感应电压, 此时各支路整流二极管 D817、D813、D815、D814 都因正偏而导通, 经整流、滤波得到各路输出电压。参看图 4-21。这几路输出电压分别为:

- (1) +80V 左右电压, 为视频放大电路提供电源。
- (2) +50V 左右电压, 为行输出电路提供电源。
- (3) 6.5V 电压, 为显像管灯丝提供电源。
- (4) +12V 电压, 为行场小信号处理电路及 CPU 提供工作电源。

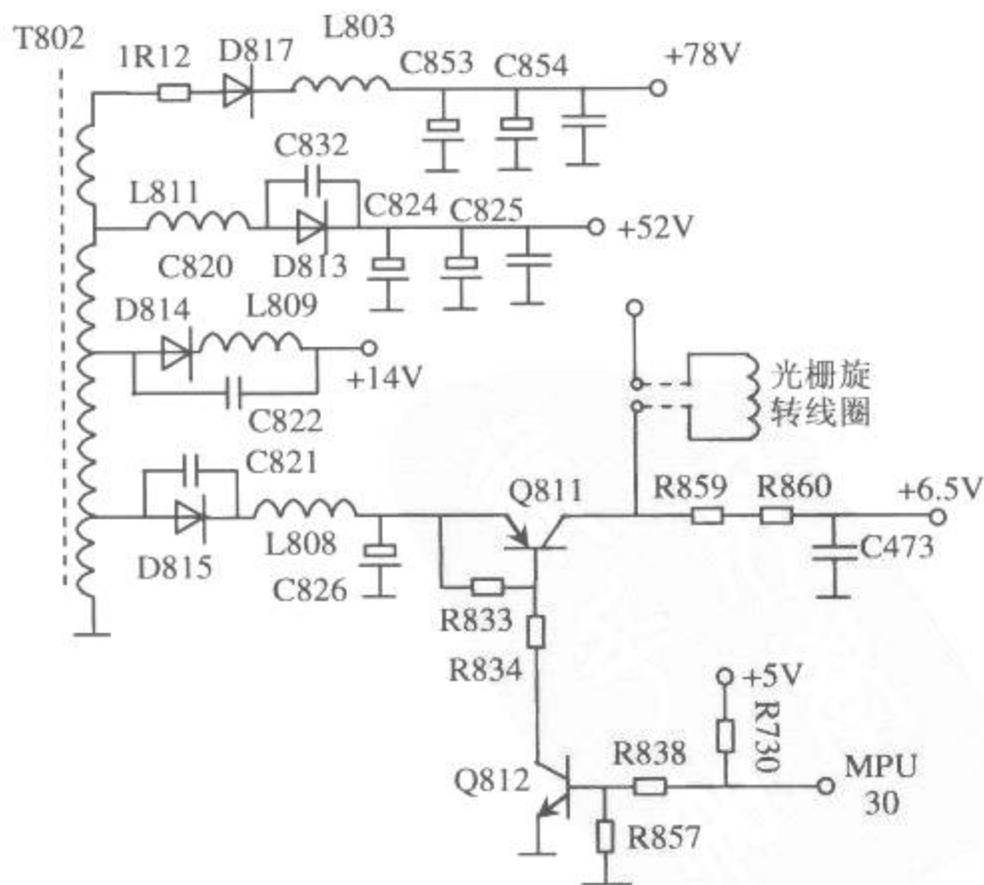


图 4-21 长城 1770DF 显示器电源功率变换电路(次级部分)



5. 稳压控制电路

长城 1770DF 显示器中的稳压控制电路主要由取样绕组、D806、R809、D808、R802、VR801、R823、R821 及电容 C814 组成。

参看图 4-20。开关电源工作时，在变压器 L2 绕组中产生的感应电压经 D806 整流、R809 限流分两路输出。一路经隔离二极管 D808，再经 C812 滤波产生约+17V 的电压为 KA3842 提供工作电源；另一路经 C814 滤波，再经电阻 R802//R808C819、VR801、R823、R821 分压，由 R820 送到 KA3842 第 2 脚。在第 2 脚内与基准电压比较后产生误差电压去控制或改变开关脉冲的宽度，以控制电源的输出电压，使其稳定。

6. 保护电路

长城 1770DF 显示器电源电路的保护电路比较完善，电路稍复杂一些，主要包括尖峰吸收电路、过压保护电路、欠压保护电路等。

(1) 尖峰吸收电路

参看图 4-20。长城 1770DFDF 显示器电源的尖峰吸收电路由 R810、C809、D805、L810 及 C805、R822、D809 组成。尖峰吸收能力更好。正是由于电路设计得优秀，长城显示器的电源损坏开关管的机会才很小。

(2) 过压保护电路

过压保护由间接取样绕组 L2、D806、R809、D808、C812 及 UC3842 第 3 脚内电路组成（参考图 4-20）。

对于电源输出电压过高引起的保护，我们是难以检查到输出电压升高的。如果过压保护失效，开关电源在发生输出电压过高时，开关管必损坏。而在 ZD807 击穿时，电路处于保护状态，电源不输出直流电压。因此在检修时电源时，若开关管没有损坏而电源无输出，要检查稳压二极管 ZD807 是否短路；在开关管损坏时，则要检查稳压控制电路。

① 输入交流市电过高引起的保护：大多数显示器没有设计市电过高保护电路。在长城 1770DF 彩色显示器中设计了电阻 R865、R864 及 R813 用以检测输入电压。当输入电压升高时，+310V 电压也升高，通过电阻 R865、R864 加在电阻 R813 上的电压也将升高，经电阻 R814 送至 KA3842 第 3 脚，启动内部保护电路，由内电路封锁第 6 脚的脉冲输出，迫使开关管停止工作，起到保护作用。当输入电压恢复到正常时，自动解除过压保护。当 R865、R864 开路时，不会影响到电源的正常工作，只是失去了输入电压过高时的过压保护功能。

② 输出电压过高的保护：当输出电压过高时，经 D806 整流的电压也将升高，稳压二极管 ZD807 被击穿导通，并将这一电压加到第 3 脚，启动内部电路进入保护状态。

这两种过压保护都是通过第 3 脚来实施的，与前面讲述的保护方法不一样，读者应注意区别。

(3) 欠压保护电路

参看图 4-20。欠压保护就是当输入交流市电过低时启动保护电路，迫使开关电源停止工作。大多数机型都没有设计该项保护。实际检修中，我们发现，输入电压即使下降到 160V 以下，开关电源也能正常工作。长城 1770DF 显示器的欠压保护电路由电阻 R831、R829、电容 C829D811 及三极管 Q804 等组成。保护过程：当输入交流电压过低时，由电阻 R831、R830、R829 分压，在 R829 上得到的电压将变低，二极管 D811 导通，三极管 Q804 基极电压下降，并导通。三极管





Q804 饱和导通有两方面的作用，一是使 KA3842 第 8 脚输出的基准电压通过导通的 Q804 加到 KA3842 的第 3 脚，迫使电源停止工作，达到保护目的。二是通过 R828/D810 使三极管 Q825 导通，将 KA3842 第 1 脚电压拉低，使其内部比较器的基准电压降低，并从内部启动保护电路工作。由以上分析可知，长城 1770DF 显示器的保护电路相当完善。

(4) 过流保护电路

参看图 4-19。当开关电源负载过重或出现短路故障时，流过电阻 R813 的电流就会增大，经电阻 R814 送到 KA3842 的第 3 脚。经第 3 脚内电路处理，封锁比较放大器的输出，控制脉冲宽度降为零，使 KA3842 第 6 脚不输出开关脉冲，迫使开关管停止工作，开关电源无输出电压，从而保护各元件不被损坏。

7. 节能控制电路

参考图 4-20 所示电路，在长城彩色显示器 1770DF 的电源电路中，增加了以三极管 Q801 为控制核心的节能控制电路。在无行逆程脉冲时，亦即行输出电路没有工作时，三极管 Q801 处于截止状态，R821 参与到取样电压的分压中，在 KA3842 第 2 脚上得到的分压电压较高，开关脉冲的宽度变小，电源的输出电压降低；当行输出电路工作时，行逆程脉冲经二极管 D812、电阻 R825、R824 加到三极管 Q801 基极，使其饱和导通，R821 失去对取样电压的分压，使第 2 脚电压降低，再经内部电路处理，使电源输出电压升高。从而在显示器不执行显示任务时，电源输出电压降低，达到节能目的。同时有利于保护负载电路免受高电压冲击。

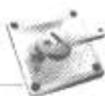
8. 开关机控制电路

在彩色显示器中，开关机电路有很大的不同，不同的机型，开关机电路也不同。在长城显示器的电源接入交流市电后即开始工作，只是 R821 因接入至分压电路，电源输出电压稍低，经 D814 整流得到的电压不超过 10V（正常工作时应为 +14V）。

如图 4-22 和图 4-21 所示，K1 和 K2 组成一个联动自锁开关，设在显示器面板上。当按下开机按键后，K1 的 1~2 相通，K2 的 1~2 相通。+10V 电压经 R843 加到三极管 Q805 基极，为其提供基极偏流，使其导通，+14V 电压经 R842 限流，再经三极管 Q805 调整，从发射极输出 +5V 电压。这个电压送到 CPU，使 CPU 得到供电并复位后开始工作。

CPU 工作后，对各相关电路开始检测。当检测到有行场同步信号（来自电脑主机显卡）时，便输出三路控制信号。一路从第 30 脚输出高电压，经电阻 R838 与 R875 分压后加到三极管 Q812 基极，使其导通，进而引起三极管 Q811 导通，并从其集电极输出，经电阻 R859 与 R860 限流后送到显像管上，为显像管灯丝提供工作电压；第二路是从 CPU 第 31 脚输出高电压控制信号，经电阻 R837 和接通的开关加到三极管 Q816 的基极使其导通，进而使三极管 Q813 导通，并从其集电极输出 +12V 工作电压，供给各电路使用，显示器整机开始工作；第三路从 CPU 上输出指示灯控制电压，点亮指示灯，以指示显示器的工作状态（指示灯电路没有画出）。

关机过程与上述相反。在开机态下再次按下开机按键后，开关弹起，K1 的 1~2 断开，1~3 接通，Q805 基极被接地，不能导通，不输出 +5V 电压，MPU 因得不到工作电压不工作。与此同时，K2 的 1~3 断开，1~2 接通，Q816 截止引起 Q813 截止 +12V 电压不能输出，显示器除电源工



作外，其余电路均停止工作。

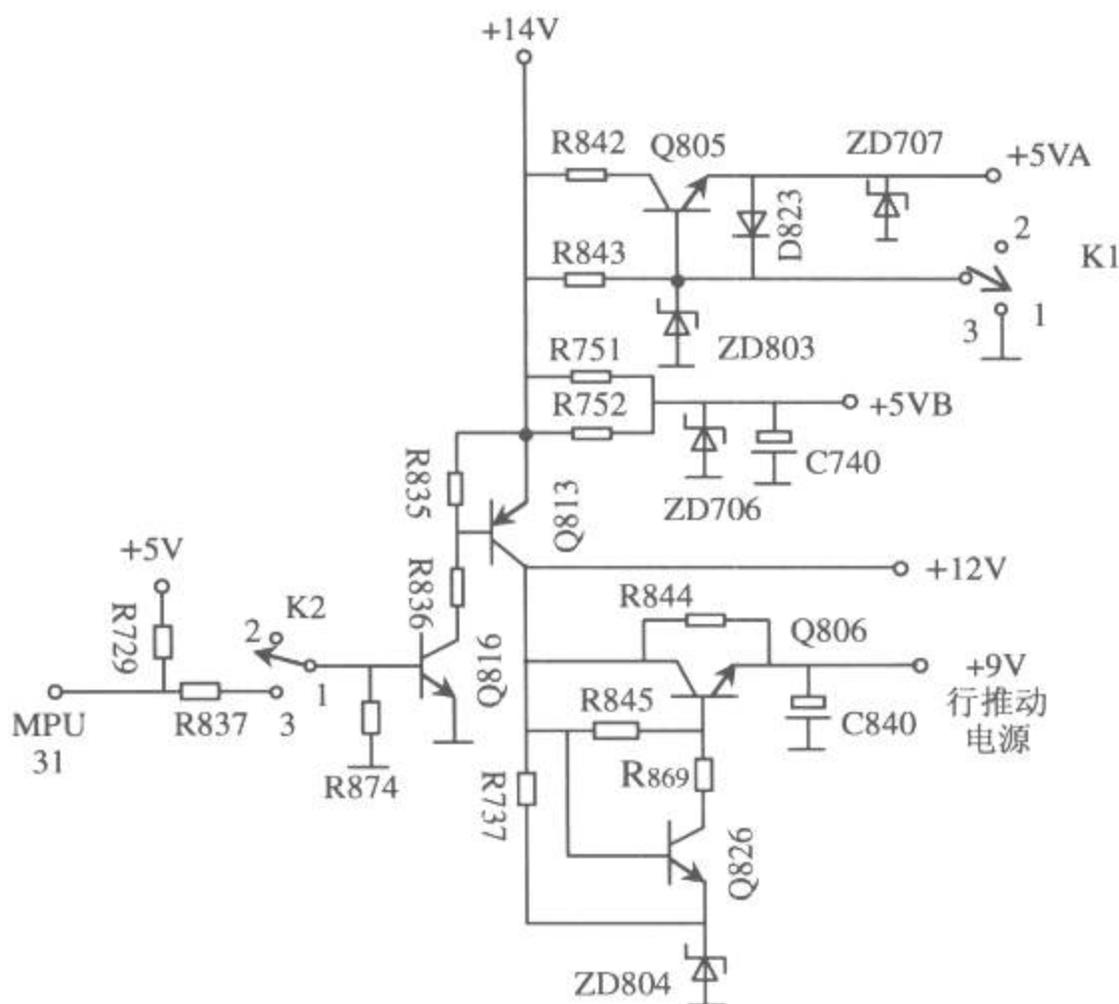


图 4-22 开关机控制电路

● 注 意

不同的机型，其开关机电路及节能控制电路各不相同。

4.3

显示器开关电源电路检修

上一节，我们详细分析了电源电路中各个单元电路的结构、工作原理，下面介绍显示器开关电源的检修方法。

4.3.1 显示器电源电路的常见故障及现象

显示器电源电路的常见故障及现象主要有：

- (1) 主电压无输出，表现为无光栅，无显示，指示灯不亮。
- (2) 输出电压过低，表现为行场幅度过小，严重时无显示，指示灯不亮。
- (3) 输出电压过高，表现为行场幅度过大，严重时常击穿行输出管。无显示指示灯闪烁。
- (4) 输出电压不稳定，表现为行场幅度不稳定，忽大忽小，严重时击穿行输出管，之后无显



示, 指示灯闪烁。

(5) 有彩色色斑, 手动消磁无效果, 这是消磁电路故障所致。

(6) 光栅边缘有 S 形扭曲, 主要是+300V 滤波电容器失容, 电源电路滤波不良引起该故障。该电容器在不同的机型中失容或者其失容程度不同, 所引起的故障现象也有很大不同, 如有的表现为图像左右轻微抖动, 电源发出“吱吱”响声等。

(7) 显示屏图像上有重影或网纹干扰, 这种情况多见于更换回扫变压器后, 是因为回扫变压器上给电源的反馈绕组极性接反, 这时把线头调换一下即可。

4.3.2 显示器电源电路的故障原因分析

显示器电源电路的故障主要是指输出电压不正常。这里所说的输出电压是指开关变压器的次级输出的对行输出级供电的电压, 也可称为主电压, 或称为+B1, 是在电容 C824、C825 (参看图 4-21) 两端测得的电压。

在显示器中, +B1 输出电压一般有两种。一是输出电压为 50~80V, 采用该输出电压的显示器, 其行输出电源必为升压式。另一种输出电压在 180V 左右, 采用该电压输出的显示器其行输出电源使用降压式。

1. 主电压无输出, 指示灯不亮故障分析

这是显示器最常见的故障现象之一。这类故障的特点是, 开机后显示器毫无反应。

主电压无输出有两种情况: 一种是行负载或其他负载短路, 引起开关电源保护, 此时开关电源有“吱吱”高频叫声或“嗒嗒”声, 指示灯闪烁, 也有些机型指示灯不闪烁。另一种是开关电源本身未工作, 指示灯不亮。在某些高档显示器中, 开关电源的工作受行场同步脉冲的控制, 当没有行场同步脉冲时, 也就是主机未开机时, 开关电源处于降频工作模式, 主电源输出电压很低或无输出。这种情况下表现为黄色指示灯亮, 闪烁, 属正常情况。

2. 主电压输出电压过低故障分析

此故障现象是显示器在正常工作情况下输出电压低, 其产生的原因有两种情况: 一是负载过重或电源的负载能力过低, 二是电源自身的故障引起输出电压低, 产生该故障的原因是开关电源内部的稳压控制电路有故障。

3. 主电压输出太高故障分析

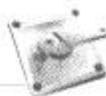
此故障现象是开关电源的稳压控制环节出现故障, 失去了稳压控制。

4. 输出电压不稳定故障分析

此故障现象的原因也是由电源稳压环节不良引起的。

4.3.3 显示器开关电源电路常用的检修方法

显示器的开关电源因为与交流市电直接相通, 电压高, 工作电流大, 在带电操作时易发生危险, 因此, 在检修开关电源时要采用正确合适的检修方法。合适的方法能使你快速准确地找到故障点, 及时修复故障。如若方法不当, 不但修不好机子, 还会使故障扩大。在实践中, 原本没有



损坏的开关管在维修过程中因操作不当造成损坏的情况屡见不鲜。显示器开关电源电路常用的检修方法主要包括以下几种。

1. 目测法

目测法主要是观察有无明显损坏的元件或故障点，如保险管是否变黑（有些保险管因不透明看不到）、元件有无炸裂、滤波电容有无异样、有无明显虚焊点等。通过观察，发现明显损坏的元件后，可以大致判断故障的大小及故障范围，甚至立即找到故障点。

2. 静态电阻测量法

静态电阻测量法主要测量有无明显短路点或短路元件，在加电检修之前必须排除短路元件，否则直接通电会使故障扩大，增加维修的难度和成本。

3. 电压检测法

利用电压检测法排除短路元件后可加电试机，然后根据加电后显示器表现出来的现象进行分析、判断。

显示器电源电路的电压检查点主要有：

- (1) +300V 直流电压是否正常。
- (2) 启动电压是否正常。
- (3) 保护电路是否正常，输出电压是否正常。

4. 假负载法

所谓假负载，就是脱开行负载后，由于开关电源处于轻负载下，可能会引起输出电压升高或其他故障，为此而进行的一种保护性检测方法，可以区分故障范围。关于假负载法众说不一，主要有两种。一种是脱开主电压与行电路后，在+B1 滤波电容器两端接一个 60W/220V 的灯泡，优点是方便取材，缺点是因灯泡的冷态电阻小，使开关电源不易启动，易给检修带来判断失误。但一般情况下还是可用的。另一种做法是接一只 50W/300Ω 的电阻，更能准确模拟行输出级负载，缺点是输出电压正常与否不能直观看出来，再一个取材较难。

在使用假负载法时，注意因行输出级不工作，+B2 没有反馈信号可能会使电源输出电压升高至 200V 以上，所以最好是让+B2 调整管停止工作，同时也要使行输出级停止工作。

使用假负载维修的经验：场效应管的控制栅极不能悬空，可以断开源极供电或干脆将其拆下，待修复之后再装上；也可以用一小截导线将控制极与源极连起来。

5. 脱开法

脱开法就是让某一局部电路停止工作，是用于判断故障范围的检修方法。如脱开+B2 储能电感线圈或整流管，或用导线将+B2 调整管的控制极对地短路，使其不能工作。使行输出管失去供电或供电电压降低，对保护行输出管非常有效。

脱开行输出管使其停止工作的方法有多种：

- (1) 拆下行输出管。
- (2) 切断行供电。
- (3) 将行输出管的 b-e 结短路。



6. 短路法

短路法主要是用来模拟三极管的饱和与截止而采取的一种方法。具体测量方法为：用镊子将三极管的 b-e 结短路，三极管因 b-e 结短路必然截止。在某些电路中也可以将三极管的 c-e 结短路，模拟三极管的饱和，这种操作要求对电路熟悉。在开关电源电路中，尽量不要采用该方法。但是电源开关管的 c-e 结是万万不能短路的。

7. 外接电压法

外接电压法是为了安全检修采用的一种方法。如，给行输出电路外接稳定的符合行输出电路要求的电压，来检查判定故障，当然在正常情况下光栅是减小的，如果能得到这个结果，就表明行输出电路基本正常。再如，给开关电源电路中的 UC3842 第 7 脚外接+17V 电压，如果 UC3842 本身及外围电路正常，它的第 6 脚就应该输出脉冲电压。这里必须拆下开关管，否则，没有稳压调整会损坏开关管及 UC3842。

8. 代换法

代换法是用好的元件替换某个经判断不能确定是否损坏的元件的一种维修方法。在实践中代换法是非常实用的，当不能判定某元件是否损坏时，经用一只好的替换后故障排除或故障现象发生改变，就可证明被替换的元件为故障元件。

9. 敲击、振动法

显示器工作时好时坏，且易受振动影响，主要是元件有虚焊或接触不良或金属氧化使接触电阻增大等原因引起的，运用敲击振动法对检修该类故障是行之有效的。在检修过程中，有时故障表现不明显，就无从判断。这时就可采用敲击、振动法，让故障表现出来，以进一步检修。

敲击、振动法的测量方法为：用手指尖或绝缘小棒轻轻敲击电路板，或轻轻扭动线路板，或在线路板中央轻压，使故障尽快表现出来。与此同时注意观察故障现象的变化，当故障表现出来后，再用电压检测法等进行检测。

● 提示

有时，在黑暗（关灯）条件下，在振动线路板上可发现打火点，即故障点。

此外，还有诸如温升法、对比法等。检修时，向用户询问显示器的使用过程、故障发生的时间及现象也是必不可少的！

4.3.4 抗干扰及整流滤波电路的检修

抗干扰及整流滤波电路的常见故障主要有保险管熔断、无 310V 直流电压或电压偏低等（参考图 4-19）。

1. 直观检查

通过直观检查能发现保险管是否发黑、+300V 滤波电容器是否有鼓胀、开关管是否有炸裂破损等。若有明显损坏元件，将其拆除更换（滤波电容器要立即更换，保险管及开关管可暂不接入电路）。



在有些机型中，保险管不透明，不能直接看出是否损坏，这就要借助万用表电阻检查法进行判定。

2. 用电阻法检查保险管是否开路

利用万用表电阻挡 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡，两支表笔分别接触保险管的两端（表笔不分极性），正常情况下其阻值小于 1Ω 。若保险管已开路或发黑，说明有严重短路的故障元件，这时需要对电路用电阻法进行短路故障检查。如果保险管完好，则要仔细检查是否有脱焊或线路板上铜箔条是否有断裂、烧痕。

3. 用电阻法检查整流二极管或整流桥是否正常

利用万用表电阻挡 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡，分别检查整流二极管两端的电阻。若电阻过小，表明二极管击穿损坏，更换损坏二极管或整流桥。

4. 电阻法检查整流滤波电容器正负极电阻

以长城 1770DF 显示器为例。

利用万用表电阻挡 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡，测量+310V 滤波电容器 C808 正极对负极的电阻。若电阻过小表明有击穿损坏元件，这时，可脱开电容正极与开关管的连接线路，重测（如在长城 1770DF 显示器中可脱开电阻 R818），若恢复正常表明开关管损坏。若电容器正极对负极的电阻正常可通电进一步检查。

5. 通电检查

若保险管正常，则可以通电测量滤波电容器 C808 两端直流电压进行判断。用万用表红表笔接滤波电容器正极，黑表笔接负极，万用表选择直流电压 500V 挡，正常情况下应有 300V 左右直流电压。测量结果有三种情况：一是正常，二是无电压，三是电压偏低。如果所测电压为零，表明整流滤波电路有开路性故障；如果测得电压低于 250V，常见故障一般是滤波电容失容；如果+300V 电压正常，表明交流输入、抗干扰电路及整流滤波电路均正常；若开关电源还不工作，检查开关电源的其他组成电路。

● 提示

检查故障时，先通电检查可快速区分故障范围。对于先通电检查，这种方法有人可能认为不合适，因为若有短路元件可能会引起更大损坏。实际上，用户在发现显示器有问题时，总是经过长时间开机等待，证实显示器有故障不能正常工作后才送修的。因此，如果有严重短路故障元件，早在用户开机等待过程中就已发生连带损坏，而不是在维修时发生，即使发生这种情况也不是经常碰到。

当发现保险管开路或有严重发黑的情况时，不能立即装上保险管开机，否则会再遭损坏。必须排除短路故障元件后，才可装上保险管进行试机。正确的检查处理过程为（以长城 1770DF 显示器为例）：

01 首先用万用表电阻挡检测 R801 两端电阻，若阻值很小，说明 C801、C802、整流桥中整流管有击穿短路损坏，可逐一检查并更换损坏的元件。



02 测滤波电容器 C808 正极对地的电阻，指针万用表红表笔接电容器负极，黑表笔接电容器正极。数字万用表红表笔接电容器正极，黑表笔接电容器负极。若阻值很小，表明确有短路元件。脱开 R818，再一次检查 C808 两端电阻是否恢复正常。若正常，则是开关管击穿短路，否则继续查找短路元件。有时，不能很容易地找出短路故障元件，但是通过以上检查没有问题，装上保险管后开机仍会烧保险，原因可能是滤波电容器软击穿或消磁电阻损坏。

03 最后复查，在不接 R818 的情况下，装上保险管，通上交流电，测量 C808 两端的直流电压。

整流滤波电路的检修流程如图 4-23 所示。

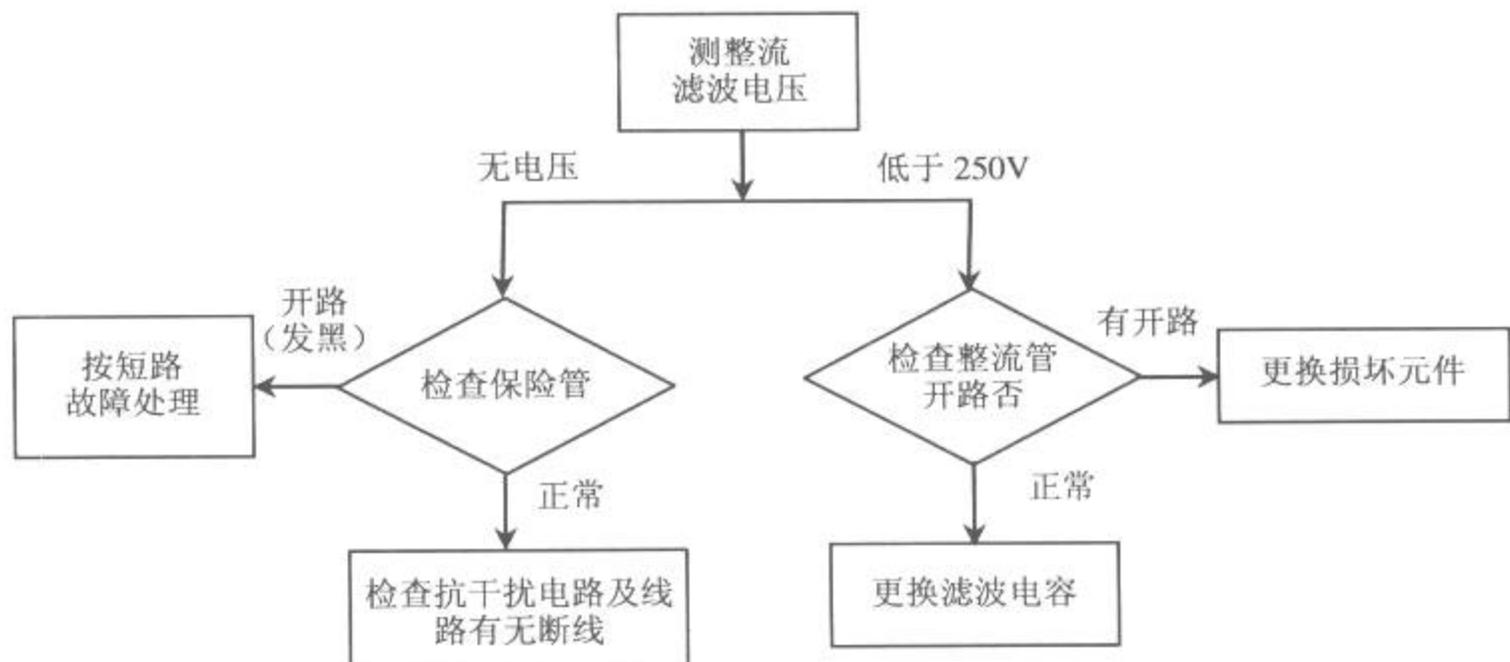


图 4-23 整流滤波电路检修流程

4.3.5 消磁电路的检修

1. 消磁电路的常见故障

消磁电路常见故障主要有：

- (1) 开机烧保险，或在正常工作过程中手动消磁时发生烧保险。
- (2) 屏上出现彩色色斑，即屏上色彩不均匀，通过消磁不能消除。

2. 消磁电路的故障分析

消磁电路只有两个元件，就是消磁电阻和控制继电器。消磁电阻的常见故障是内部电阻片破碎，内部两个电极相碰造成短路。大多数情况下，电极相碰有偶发性的故障，在受振动情况下最易发生。但因有继电器隔离，在正常工作时，即使相碰也不会引起烧保险。只有在消磁动作时，才会发生烧保险。用户在使用显示器的过程中，如果是在设置手动消磁时发生故障，就可以证明是消磁电阻损坏。如图 4-24 所示，是长城彩色显示器消磁电路。

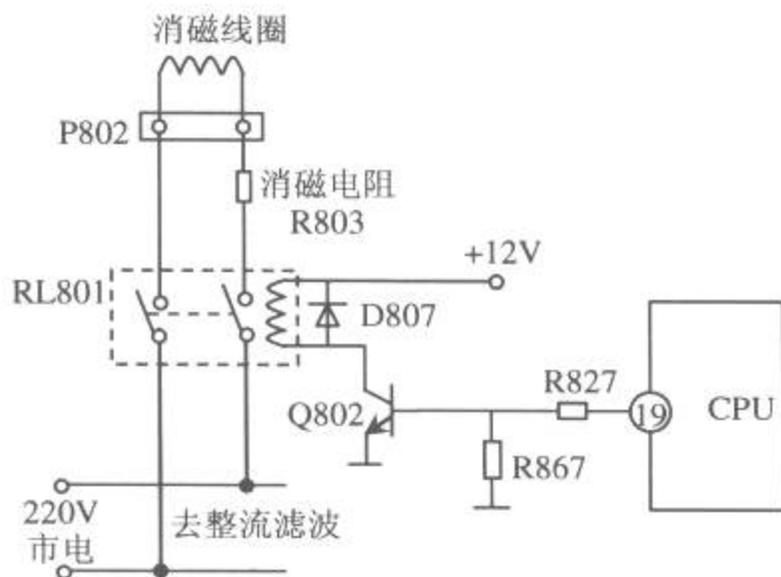


图 4-24 长城 1770DF 彩色显示器消磁电路

3. 消磁电路的检修方法

消磁电路的检修方法如下:

01 检查消磁电阻。

消磁电阻有二端和三端两种类型, 其阻值常见的有 12Ω 、 16Ω 、 18Ω 、 27Ω 等几种。对消磁电阻可直接在电路中测量其阻值, 正常值为 12Ω 以上, 如过低则须更换。

02 检查继电器及消磁控制电路。

当屏上出现彩色色斑, 通过消磁动作不能消除时, 应对继电器及控制电路进行检查。在设置消磁动作或在开机瞬间, 仔细用耳听, 看能否听到继电器动作时发出的“咔嗒”声。如听不到响声, 检查 CPU 第 19 脚电压是否在消磁动作时有电压变化。如果没有变化, 则是 CPU 发生故障, 这种情况一般比较少见; 如有变化检查电阻 R827、三极管 Q802、继电器。继电器最常见的故障是触点接触不良, 参看图 4-23。

4.3.6 启动电路的检修

1. 启动电路的常见故障

启动电路的常见故障一般为电源不能启动或无输出。常见的故障元件有启动电阻开路。

启动电路比较简单, 一般只有启动电阻和启动电容器。长城 1770DF 彩显的启动电阻为 R873 与 R807 串联, 用电容器 C812 和 C811 滤波。启动电阻开路是很常见的故障之一。当启动电阻开路后, UC3842 由于得不到工作电压将不工作 (参考图 4-20)。

2. 启动电路的检修方法

在不接开关管的情况下, 给显示器加电, 测量 UC3842 第 7 脚的电压, 结果有三种情况: 一是有波动电压, 在 $10\sim 15V$ 间波动; 二是无电压; 三是电压偏低。

若实际能测得 $10\sim 15V$ 波动电压, 表明启动电路正常, 同时也反映出 UC3842 基本正常; 若 UC3842 第 7 脚无电压则可能是启动电阻开路。若测得 UC3842 第 7 脚电压为零或偏低, 有两种原因: 一是 C811、C812 击穿短路或 UC3842 第 7 脚内部短路, 二是启动电阻开路损坏。可在断电并对 C808 放电后, 测量 UC3842 第 7 脚对地的电阻。若阻值很小, 说明 UC3842、C812、



C811 击穿短路；若阻值基本正常，则是启动电阻开路损坏。因启动电阻阻值较大（启动电阻阻值一般都在 200k 左右），直接测量不准确，必要时须将其拆下，测量其阻值，以进一步证实。若确为启动电阻损坏，直接更换即可。

对 C808 放电的方法有：

(1) 直接放电，可用一把小起子把 C808 的正负两极相碰。也可用一根导线将 C808 的正负极碰触一二次，这种放电法可听到“叭”的一声响，放电电流大，对电容器有损害。

(2) 找一只功率及体积稍大点的电阻（便于直接用手持），电阻值可选 100Ω 以下，把电阻的两个引脚分别与 C808 的正极、负极相碰，放电时注意人身安全。

启动电路的故障检修流程如图 4-25 所示。

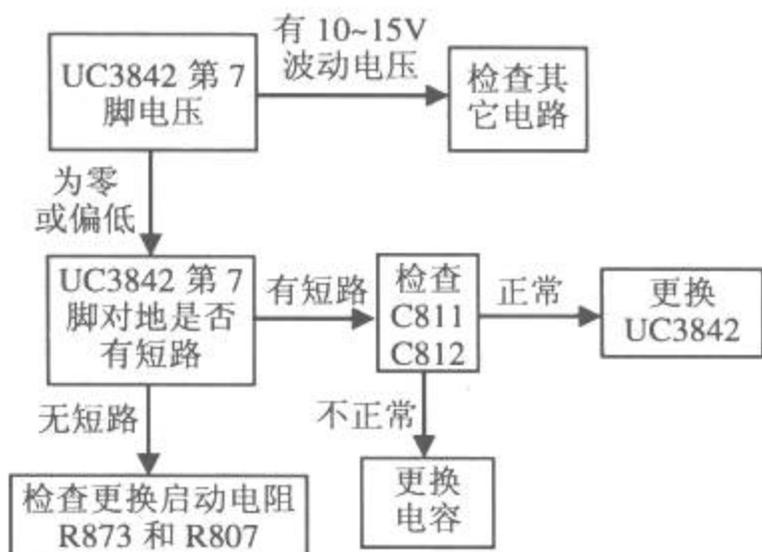


图 4-25 启动电路检修流程图

4.3.7 PWM 脉冲产生及输出电路的检修

1. PWM 脉冲产生及输出电路的常见故障

PWM 脉冲产生及输出电路常见故障主要有 PWM 电路工作不正常、不能产生 PWM 脉冲，导致开关电源不工作、无输出电压等。

2. PWM 脉冲产生及输出电路的检修方法

这里我们以长城 1770DF 显示器为例讲解脉冲产生及输出电路的检修方法，参看图 4-20。

若 UC3842 第 7 脚有 10~15V 波动电压，测量 UC3842 第 6 脚的脉冲输出端电压，结果有两种情况。一种是有 0~1.5V 波动电压，另一种是无电压输出。

(1) UC3842 第 6 脚有波动电压输出，说明开关脉冲产生电路正常。接下来可接上开关管进行试机。

(2) 第 6 脚无波动电压输出，检查第 3 脚电压是否为高电压。这种情况下的检修步骤为：

- 01 若第 3 脚为高电压，检查并更换电阻 R813，检查三极管 Q804 和电容器 C829。
- 02 检查 UC3842 第 8 脚电压，不正常时检查 C818 或更换 UC3842。
- 03 检查 UC3842 第 1 脚电压，主要是检查三极管 Q825 是否击穿。
- 04 检查定时电阻 R815 及电容器 C814 是否正常，不正常时须更换。



4.3.8 功率变换输出电路的检修

1. 功率变换输出电路的常见故障

功率变换输出电路的常见故障现象主要有：

- (1) 整流管及滤波电容器击穿短路，引起开关电源处于保护工作状态，无输出。
- (2) 负载发生短路故障，电源工作于保护状态，无输出。

2. 功率变换输出电路的检修方法

功率变换输出电路主要应采用电阻法检查输出电路是否有短路，方法如下：

检查开关变压器次级各整流管负端对地电阻是否正常。如不正常，检查是负载短路，还是整流管及滤波电容短路，并更换损坏元件。对整流管上并联的小电容不要忽视检查。

● 提示

二极管软击穿或者反向漏电时，用数字万用表难以有效检测出来，最好用指针万用表检测，因为指针万用表的效果比较明显。

4.3.9 稳压控制电路的检修

1. 稳压控制电路的常见故障

稳压控制电路的常见故障主要有：

- (1) 输出电压偏低。
- (2) 电源输出电压过高。这种情况下，开关管大多被击穿损坏。对开关管损坏的故障机尤其要对稳压控制电路进行检查。
- (3) 稳压控制电路自身出现故障及保护电路启动时造成的输出电压不正常。

显示器电源的稳压控制电路大多采用间接取样，通常都用取样绕组获得取样电压，兼做 UC3842 的工作电压。其电路组成也比较简单。

2. 稳压控制电路的检修方法

以长城 1770DF 显示器为例，参考图 4-20，对于稳压控制电路的检修方法与步骤如下：

- 01 检查 VR801 是否不良，电容器 C812 是否正常。
- 02 检查三极管 Q825 是否正常，不正常时更换。
- 03 检查 C828 是否否正常，不正常时更换。
- 04 检查 Q804 是否正常，不正常时更换。

对稳压控制电路进行检查时，切记在稳压控制电路开路情况下不能开机，否则会因没有稳压控制导致输出电压过高，击穿负载或将电源开关管击穿损坏，造成不必要的损失。

4.3.10 保护电路的检修

1. 过流保护电路的检修

参考图 4-20。当负载端发生短路性故障时，流过开关管的电流将会大幅增大，在过流保护



取样电阻 R813 上的电压将升高, 这一电压通过电阻 R814 送到 UC3842 第 3 脚, 从而启动过流保护。过流保护时, 常可以听到电源发出的“吱吱”声或“嗒嗒”声, 此时, 电源无输出。若能听到电源发出的“吱吱”声或“嗒嗒”声, 从另一个侧面也能反映出过流保护电路是正常的。在 R813 开路时, 开关电源不工作, 不能输出直流电。

过流保护电路检修方法: 用电阻法检查过流保护取样电阻 R813 和 R814。

2. 过压保护电路的检修

参考图 4-20。在电源输出电压过高引起保护时, 我们是难以检查到输出电压升高的。如果过压保护失效, 开关电源在发生输出电压过高时, 开关管必损坏。而在 ZD807 被击穿时, 电路处于保护状态, 电源不输出直流电压。因此在检修电源时, 若开关管没有损坏而电源无输出, 要检查稳压二极管 ZD807 是否短路。在开关管损坏时, 则要检查稳压控制电路。检查 UC3842 第 3 脚电压, 若过高检查更换 R813。

欠压保护电路的检修: 检查电阻 R831、R830 是否有开路, 检查电容器 C829、D811 是否有击穿短路, 检查 Q804 的 c-e 结是否击穿短路。如有损坏元件, 更换即可。

4.4

显示器开关电源电路常见故障维修

4.4.1 故障检测点及常见故障元件

显示器故障检测点及常见故障元件如下:

- (1) +310V 直流电压输出端。常见故障元件有滤波电容器、整流桥堆、保险管、消磁电阻。
- (2) 开关变压器次级主电压及其他各路输出整流滤波端。常见的是整流管击穿短路和开路以及瓷片电容器击穿短路。
- (3) 开关管驱动芯片的供电端 (如 UC3842 第 7 脚)。常见的是 UC3842 击穿损坏, 大多伴随开关管击穿而损坏。
- (4) 开关脉冲输出端 (如 UC3842 的第 6 脚)。常见的是 R876 开路损坏。
- (5) 开关管电流取样点 (如 UC3842 的第 3 脚)。常见的故障是取样电阻开路, 常伴随开关管击穿而开路。
- (6) 输出整流管滤波端。须检查其对地电阻, 常见故障是整流管击穿、滤波电容器失容、负载短路。

4.4.2 电源开关管击穿损坏情况下的检修方法

1. 电源开关管击穿故障的原因分析

开关电源电路复杂, 相互联系紧密, 又工作在高电压状态下, 并且长时间工作, 是故障率最高的电路, 检修难度也大。开关管损坏的原因不外乎以下几个方面。

- (1) 交流供电过高、滤波电容失容。这时可能是稳压控制回路有开路性故障。稳压控制电路开路, 会引起控制电路失控, PWM 脉冲宽度加大, 开关管导通时间过长, 输出电压过高, 从而



损坏开关管。

(2) 尖峰吸收电路发生故障。尖峰吸收电路损坏,不能有效吸收反峰高压脉冲,致使开关管击穿损坏。

(3) 过流保护电路损坏。负载出现过流时,不能有效进入保护状态,导致损坏开关管。

(4) 开关变压器损坏。由于开关变压器损坏,稳压控制电路不工作,导致开关电源工作失控,最终损坏开关管。

2. 电源开关管击穿故障的检修方法

一般情况下,开关管击穿短路,往往连带损坏脉宽控制集成电路及过流保护取样电阻。在维修过程中,如果措施不当,还会再次发生损坏,由于开关管价格较高,致使一些维修人员产生畏难情绪。为防止在检修过程中损坏开关管,减少不必要的损失,采用安全检修法就显得很有实用价值。

安全检修是我们对开关管损坏的显示器所进行的一种保护性检修措施。发现开关管击穿后,先不要急于更换,要先查清原因。

安全检修法:事先要准备好一个能输出 80~260V 的可手动连续调节的交流调压器。将交流电降至 80~100V 间,输入到显示器电源电路中,代替 220V 交流电。这样,如果开关电源稳压控制电路有故障,电源的输出电压也不会升得太高;如果输出电压还偏高,可以再降低一点。检修完后,逐渐调高输入电压,观察输出电压是否升高,如果不再升高,说明故障排除。否则,继续检修。

电源开关管击穿故障检修过程:

1 首先拆下开关管。静态检查有无明显短路的故障元件,若有予以更换。接下来检查下面几个方面:

① 在不加电的情况下,通过电阻法对稳压控制电路元件逐一进行检查,并更换。对主要元件不能放过。如果大意,则可能会发生再次击穿开关管的事故。

② 电阻法检查功率变换输出端的对地电阻,以确保负载无故障。

③ 检查过流保护取样电阻 R813 是否正常。

④ 检查尖峰吸收电路元件 (R810、C809、D805、R822、C805、D809)。

当完成以上检查并更换损坏元件后,可在不装开关管的情况下进行通电试机。

2 加电检查+300V 是否正常,若不正常,检查整流滤波电路。如果正常,接着按照下面步骤检查:

① 检查 UC3842 第 7 脚的电压值。如果 $U_7=0$,检查第 7 脚对地的电阻,如果正常则是启动电阻坏;如果不正常,则检查滤波电容、稳压二极管及 UC3842。如果 $U_7 \approx 17V$ 不跳变,则检查 UC3842 第 3 脚的取样电阻有无开路,并更换损坏元件;如果没有损坏元件,接着检查 UC3842 第 1、2、4 脚的外围元件,并更换损坏元件;如果没有损坏元件,则更换 UC3842。直到 $U_7 \approx 12 \sim 15V$ 有跳变电压,UC3842 第 6 脚有 0~3V 波动电压输出后,才可以装上开关管,进行进一步检查。

② 接上假负载。

③ 将调压器输出电压调到 80~100V,用调压器给显示器供电,检查开关电源输出电压是否正常。若还不正常,重复以上检查。

3 当开关电源工作后,检查输出电压是否正常。逐渐调高交流输入电压,检查开关电源输





出电压是否稳定。如果不稳定检查稳压控制电路。若输入电压在 140~240V 间变化, 输出直流电压能稳定不变, 表明开关电源修好了。

● 提示

假负载检修法也是对电源进行保护性检修的一种方法, 尤其是在电源输出电压过高时, 为防止过高电压对负载造成损坏而采用的一种保护性检修方法。其方法为: 脱开各直流电压输出端与负载的连接, 只保留+B1 主电压输出整流滤波, 切断+B1 输出与负载的连接, 在主电压整流滤波电容器 C855 两端接入一只 220V/60W 灯泡 (用一只 300Ω/50W 电阻更好)。

4.4.3 显示器电源电路的易损元件参数及代换

1. 保险管

保险管是电源电路中的过流保护元件, 其保护作用是一次性的, 一旦损坏, 只能更换。保险管的规格为额定电压 250V、额定电流 3~5A。由于在消磁动作的一瞬间, 电流可高达 10A, 所以, 这里的保险管要选用具有延时性的, 不能使用普通保险管。

2. 市电整流二极管或整流桥堆

市电整流二极管的工作频率较低, 其基本要求: 整流电流要大于 3A, 反向耐压大于 600V。

3. 脉冲整流二极管

脉冲整流二极管须工作在高频状态下, 因此, 检修过程中不能用普通二极管代换脉冲整流二极管。

常用的脉冲整流二极管及其参数如表 4-2 所示。

表 4-2 常用的脉冲整流二极管型号及其参数

型号	整流电流 I_{FM} (A)	反向耐压 U_{RRM} (V)
1N4148	0.2	100
1N5406	3	600
1N5408	3	1000
31DF6	3	600
FR304	3	400
RU3C	3	1000
RL207	2	1000

4. 开关管

早期的显示器中常用半导体三极管作开关管, 其基本参数要求是: 反向 U_{ce} 要大于 600V, I_{cm} 不小于 6A, 最大功率不小于 50W。在现代流行显示器中, 大多数使用场效应管做开关管, 其



参数要求与半导体三极管相近。不同的显示器所用的开关管是不一样的。如表 4-3 和表 4-4 所示为常用的开关管参数和常用场效应管参数。

表 4-3 常用开关管型号及参数

型号	类型	U_{ce0} (V)	I_c (A)	P_{cm} (W)
BU2508A	NPN	1500	8	125
BU2508AF	NPN	1500	8	45
BU2520AF	NPN	1500	10	45
BU2520AX	NPN	1500	10	45
C3039	NPN	500	7	50
BUT11A	NPN	1000	5	100
C4769	NPN	1500	7	60
C5129	NPN	1500	10	50
C5148	NPN	1500	8	50
C5250	NPN	1500	8	50

表 4-4 常用场效应管参数

型号	类型	U_{ce0} (V)	I_c (A)	P_{cm} (W)
07N03	N	30	80	150
70N06	N	60	70	125
K727	N	900	5	125
K2141	N	600	6	40
K2645	N	600	8	50
K2645	N	600	8	50
IRF634	P	250	4z3	74
J512	P	250	5	30
J449	P	250	6	35

4.4.4 显示器电源电路常见故障的维修

1. 电源不工作, 指示灯不亮的故障维修方法

电源不工作, 指示灯不亮的故障维修方法如下(以长城 1770DF 彩色显示器为例, 参考图 4-8)。



01 首先检查滤波电容器 C808 正极的对地阻值是否正常。如果不正常, 脱开电阻 R818, 然后重新测量。如果还不正常, 则检查整流滤波电路。

02 如果滤波电容器 C808 正极的对地阻值正常, 接着检查开关管集电极的对地阻值是否正常。如果不正常, 则开关管击穿, 转入安全检修法; 如果开关管正常, 则加电检测+300V 电压是否正常。

03 如果+300V 电压不正常, 则检查输入及整流滤电路; 如果+300V 电压正常, 检查 UC3842 第 7 脚电压 U_7 。

04 如果 $U_7=0$, 检查第 7 脚的对地阻值是否正常, 如果正常, 则启动电阻损坏; 如果不正常, 则检查滤波电容器、稳压二极管及 UC3842。

05 如果 $U_7 \approx 12 \sim 15V$, 且跳变, 则检查 UC3842 第 6 脚至开关管控制极是否开路, 查正反馈电路 D806、R809 及开关管是否开路, 正反馈绕组是否开路。

06 如果 $U_7 \approx 17V$ 不跳变, 则检查 UC3842 第 3 脚取样电阻有无开路, 检查 UC3842 第 1、2、4 脚外围元件; 如果不正常, 更换 UC3842。

2. 电源“吱吱”声响, 指示灯闪烁的故障维修方法

电源“吱吱”声响, 指示灯闪烁的故障维修方法如下 (参考图 4-16):

01 首先观察+300V 滤波电容器有无异样, 检查电压是否正常。如果不正常, 检查整流滤波电路, 更换滤波电容; 如果正常, 则用假负载法检修。

02 停止+B2 及行输出级工作, 在 C848 上接一只假负载, 然后检查电源工作是否正常。

03 如果正常, 则检查+B2 电路或行输出级是否有故障; 如果不正常, 检查开关变压器次级各直流输出端对地阻值是否正常。

04 如果开关变压器次级各直流输出端对地阻值不正常, 排除不正常元件的故障; 如果正常, 则检查各个整流二极管及其上并接的小电容器是否击穿 (包括软击穿)。

05 如果小电容被击穿, 更换即可; 如果正常, 则检查 UC3842 的振荡定时元件及行逆程脉冲输入电路是否完好。

3. 输出电压过高 (或过低) 的故障维修方法

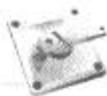
在假负载检修后, 若发现主电压输出过高 (或过低), 表明稳压控制电路有不良元件, 其检修重点是稳压控制电路。如 D806、R809、C811、R802、VR801、R823、R821 及 UC3842 集成块本身 (参考图 4-16)。一般情况下, R814 的阻值增大是造成输出电压低, 输出电压不稳定或带不动负载的主要原因。

4.5

动手实践

4.5.1 动手实践的目的

通过实践认识电源电路中的电子元件, 了解电路结构, 搞清电路基本工作原理, 确定检



测时的一些关键点，从而掌握基本的维修方法与步骤，获得一些关键点的数据，为维修提供参考资料。

4.5.2 动手实践的方法

1. 静态观察

观察电路中的元件分布，辨认特征元件。通过观察，确定检修时的关键测试点，有时对故障电源还可以发现一些明显损坏的元件，为尽快修复打好基础。

2. 测量对地阻值

测量对地电阻就是对不易看清的电路连接方式通过用电阻测量法搞清其连接、走向，搞清电路结构。同时掌握某些关键点的对地电阻值，为以后的维修提供参考数据。

测量对地阻值的方法：指针万用表电阻 $R \times 10$ 挡（或 $R \times 100$ 挡），红表笔接地，黑表笔接测试点；数字万用表用蜂鸣挡（或其他挡，根据测量对象实际阻值情况定），黑表笔接地，红表笔接测试点。

3. 测量电压

在加电情况下，对某些关键点进行电压测量，掌握维修的第一手资料。

测量电压的方法：指针万用表用直流电压挡（根据具体对象值选定用哪个挡），黑表笔接地，红表笔接测试点；数字万用表用直流电压挡（根据具体对象值选定用哪个挡），黑表笔接地，红表笔接测试点。

4.5.3 整流滤波电路动手实践

整流滤波电路原理图可以参考图 4-19，实物图如图 4-26 所示。

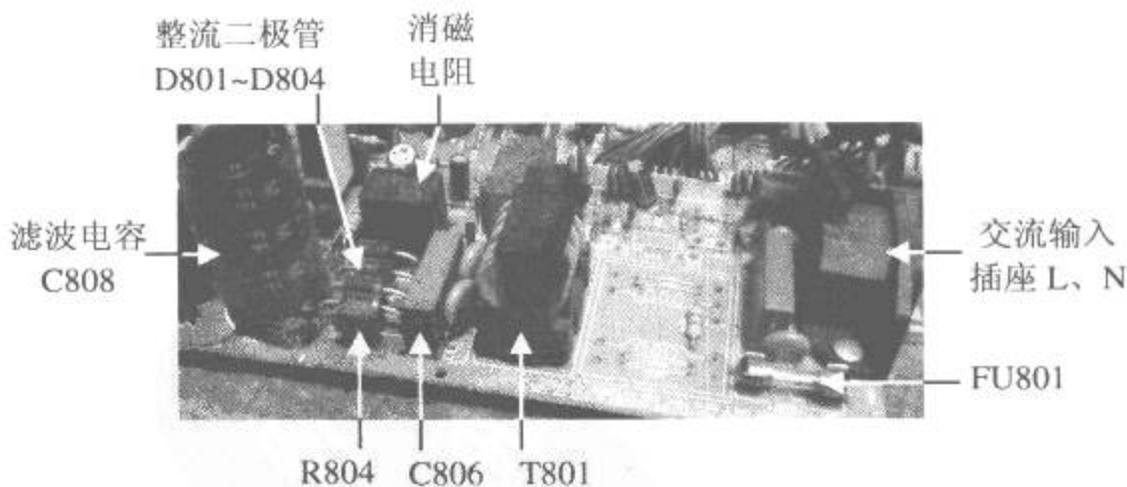


图 4-26 长城 1770DF 彩色显示器电源整流滤波部分元件实物图

1. 直观检查

所谓直观检查就是从线路板的正面辨认特征元件，如交流输入点、保险管、共模滤波电容器、电感器 T801、四只整流管及滤波电容器，并注意有无变形、破裂、烧焦变黑的元件；然后从线路板背面，确认电路的连接——跑线。商家出售的显示器是不带电路图的，维修资料奇缺，使初



学显示器维修有一定的难度，因此，跑线对于初学显示器维修有着非常重要的意义。下面我们以前述长城 1770DF 显示器为例，介绍跑线的过程。

2. 跑线

跑线就是通过观察和电阻测试，熟悉电路结构，查找电子元件间的电路连接，分析电路工作原理，从而确定维修时的关键测试点。如图 4-27 所示为长城 1770DF 显示器的整流滤波电路电路板实物背面。

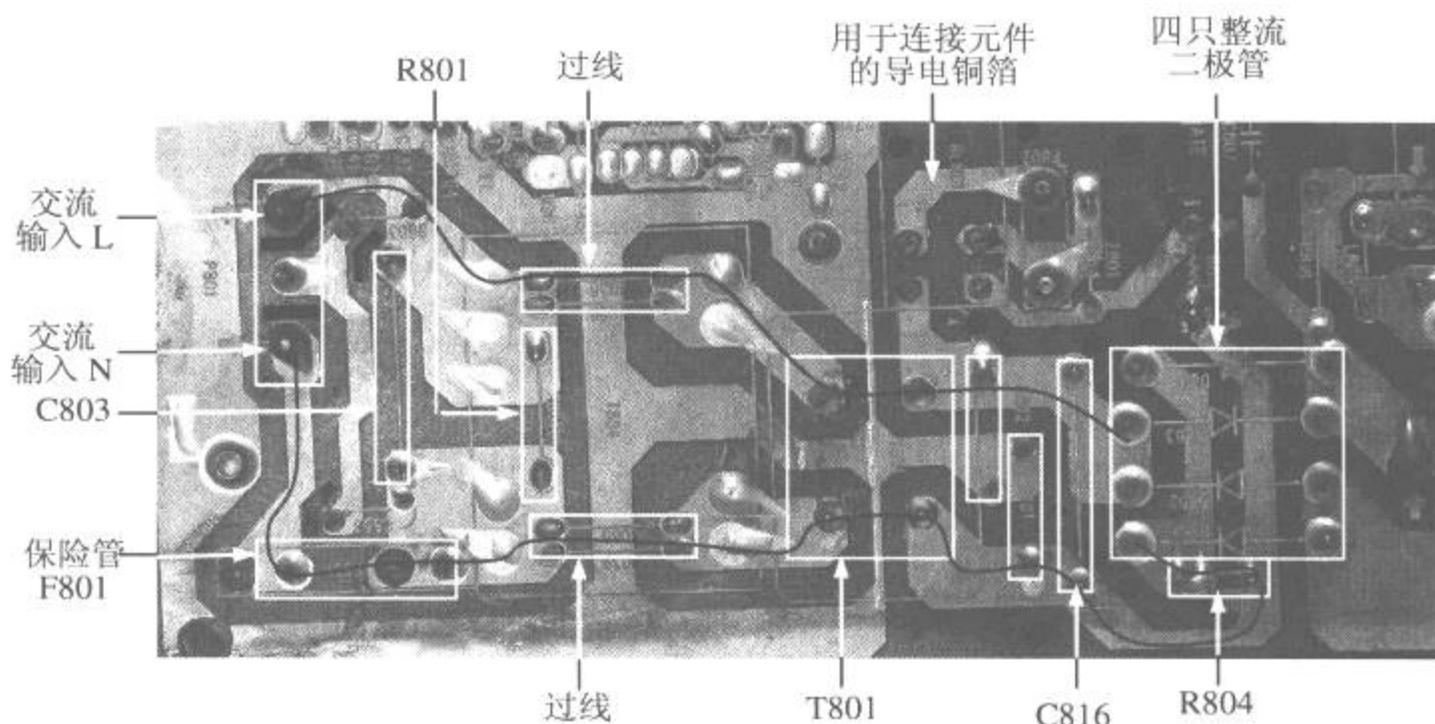


图 4-27 整流滤波电路电路板背面

● 注 意

图 4-26 中只指出一处导电铜箔，导电铜箔是连接电子元件的导线。参看第 1 章电路板内容。

检修时，利用指针万用表用 $R \times 10$ 挡，数字万用表用蜂鸣挡（也就是二极管档），表笔不分极性。

01 测量交流输入 L 端至整流二极管输入端。测量方法：一只表笔接 L 点不动，另一只表笔接分别接触过线左端、右端以及 T801 的输入引脚焊点、输出引脚焊点，直至到整流二极管 D803 的正极引脚焊点。在每一次测量后，正常情况所测电阻均应为零，数字表应有蜂鸣声，表示电路连通；若所测得电阻过大则电路有开路。

02 测量交流输入 N 端到整流二极管输入端。测量方法：一只表笔接 N 点；另一只表笔接保险输入端，电阻应很小，数字表应有蜂鸣。在 N 点的表笔不动，另一只表笔移到保险管的另一端，再测，电阻很小，数字表有蜂鸣，证明保险管是好的。也可以将两只表笔分别接在保险管的两端测量，检查保险管的通断。移动表笔到过线近保险管一端测量，电阻为零；再移动表笔到过线近保险管另一端，再到 T801、R804 引脚上，最后测到整流二极管处。

03 测量 R801 两端间电阻。用万用表直接在电阻 R801 两端测量，也可以在 C806 两端测。此时，表笔不分极性，分别接触 C806 两端，所得结果用来判断四只整流管是否有击穿短路损坏。若所测电阻过小，说明有损坏。交换表笔再测一次，二次测量后才能决定整流二极管是否正常。



04 分别测量整流二极管，以检查其是否有损坏。

05 测量电容器 C808 两端电阻，用于检查 C808、开关管是否有击穿损坏。用指针万用表 $R \times 10$ 挡，红表笔接 C808 负极，黑表笔接正极。数字万用表用峰鸣挡，红表笔接电容正极，黑表笔接负极。

● 注 意

图 4-26 中没有包含 C808。

3. 电压测量

给显示器通电，进行如下测量：

01 在 L、N 点测交流电压。测量方法：万用表选交流 250V 挡，表笔不分极性，分别接于 L 与 N 点。

02 在 R801 两端测交流电压。测量方法同上。如果在此处测不到交流电压，说明保险管损坏。

03 在整流二极管处测交流电压。如果在此处测不到交流电压，说明 R804 损坏或电路有不通。

04 在 C808 两端测直流电压。测量方法：万用表选直流 250V 挡，红表笔接 C808 正极，黑表笔接负极。如果在此处测得的直流电压不足 300V，说明整流二极管或滤波电容有损坏。

4.5.4 主开关管电路动手实践

通过该项检查，以检查主开关管电路是否连通。下面以长城 1770DF 显示器开关管电路为例进行实践，主开关管电路原理图可参考图 4-14 (c)，其电路板实物图如图 4-28 所示。

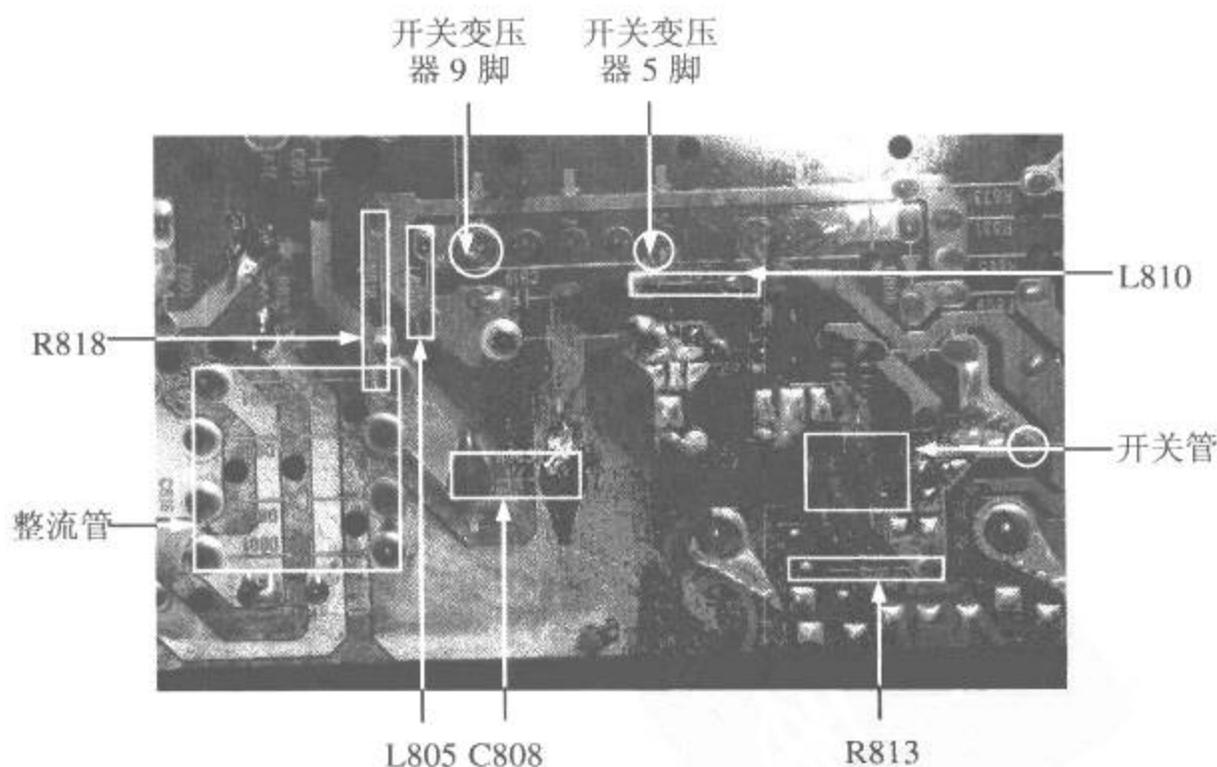


图 4-28 长城 1770DF 显示器开关管电路实物图



1. 跑线

将万用表一只表笔接 C808 的正极不动, 另一只表笔依次接 R818 引脚、L805 两端、开关变压器 9 脚和 5 脚、L810 两端以及开关管漏极。所测得电阻值应很小, 数字表有蜂鸣。

2. 对地电阻测量

测量开关管源极及漏极的对地电阻, 利用万用表红表笔接地, 黑表笔接开关管。

3. 电压测量

给显示器加电, 万用表黑表笔接 C808 负极不动, 红表笔依次接 C808 正极、R818 两个引脚、L805 两个引脚、开关变压器 9 脚和 5 脚、L810 两端以及开关管漏极。在每点所测得的电压值均应为 300V 左右。若不正常, 表明有开路处。

4.5.5 启动电路动手实践

启动电路原理图参看图 4-20, 实物图如图 4-29 所示。

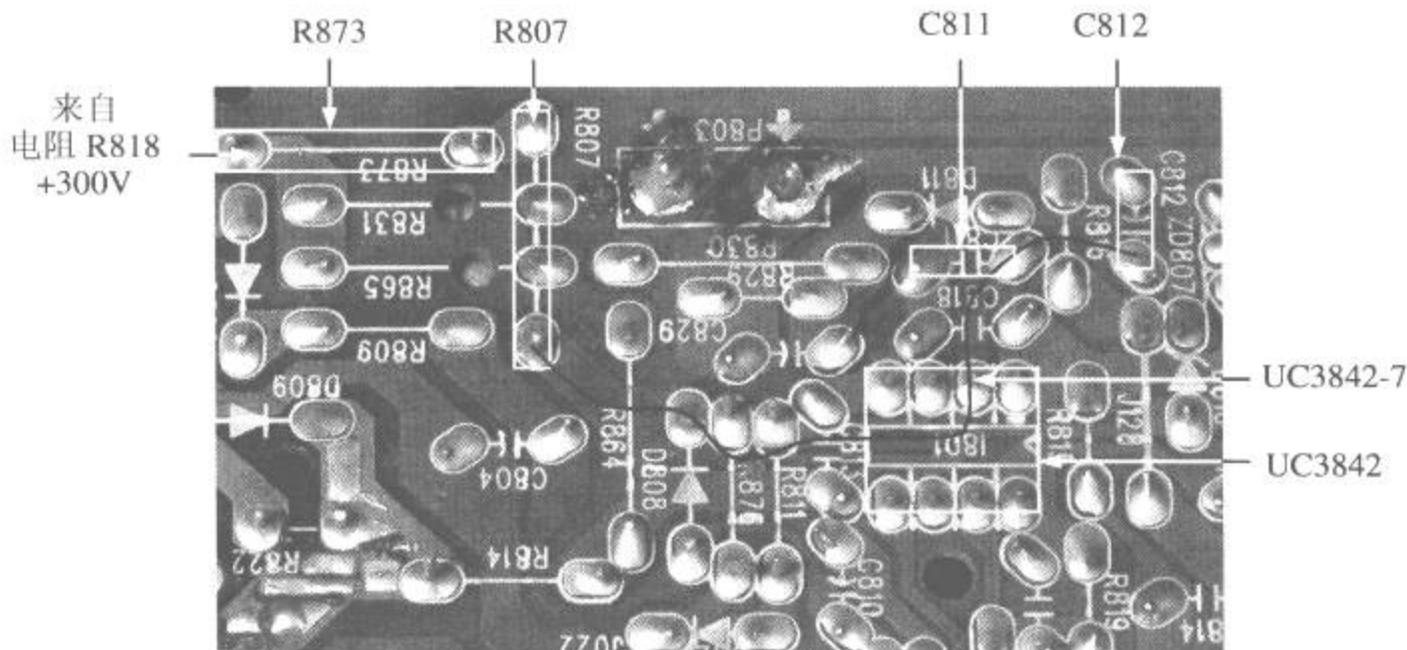


图 4-29 长城 1770DF 显示器电源 PWM 电路实物图

1. 跑线

启动电阻阻值较大, 在电路板上直接测量的数据往往不准确。用万用表电阻挡测量线路连接, 一只表笔接 R807 下端不动, 另一只表笔依次测试 UC3842 第 7 脚、C811 非接地端、C812 正极。

这里关于对地电阻的测量, 可直接测量 UC3842 第 7 脚的对地电阻。

2. 电压测量

在通电状态下, 测量 UC3842 第 7 脚的直流电压。依次测量 R837 两端的对地直流电压 (要用直流 500V 挡) 及 R807 下端电压, 即 UC3842 第 7 脚电压。测量集成电路各脚电压时, 由于引脚密, 一般不在集成电路引脚上直接测量, 以防止万用表金属棒将两个引脚间短路。可选一个稍远一点的地方来测量, 如在 C812 上测量。



4.5.6 脉冲产生电路动手实践

如图 4-30 及图 4-31 所示为脉冲产生电路实物图（脉冲产生电路原理图参考图 4-20）。

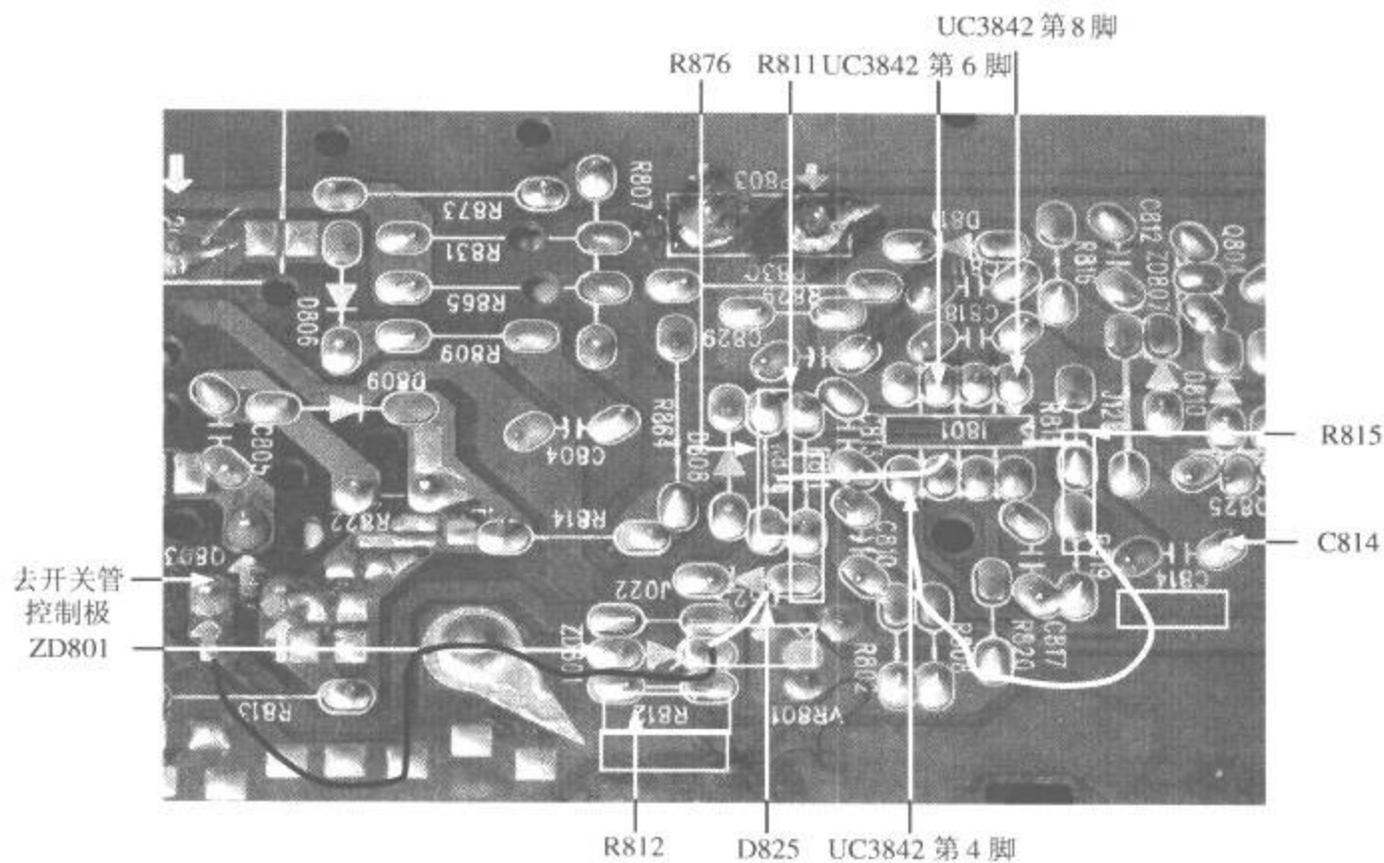


图 4-30 脉冲产生电路电路板背面实物图

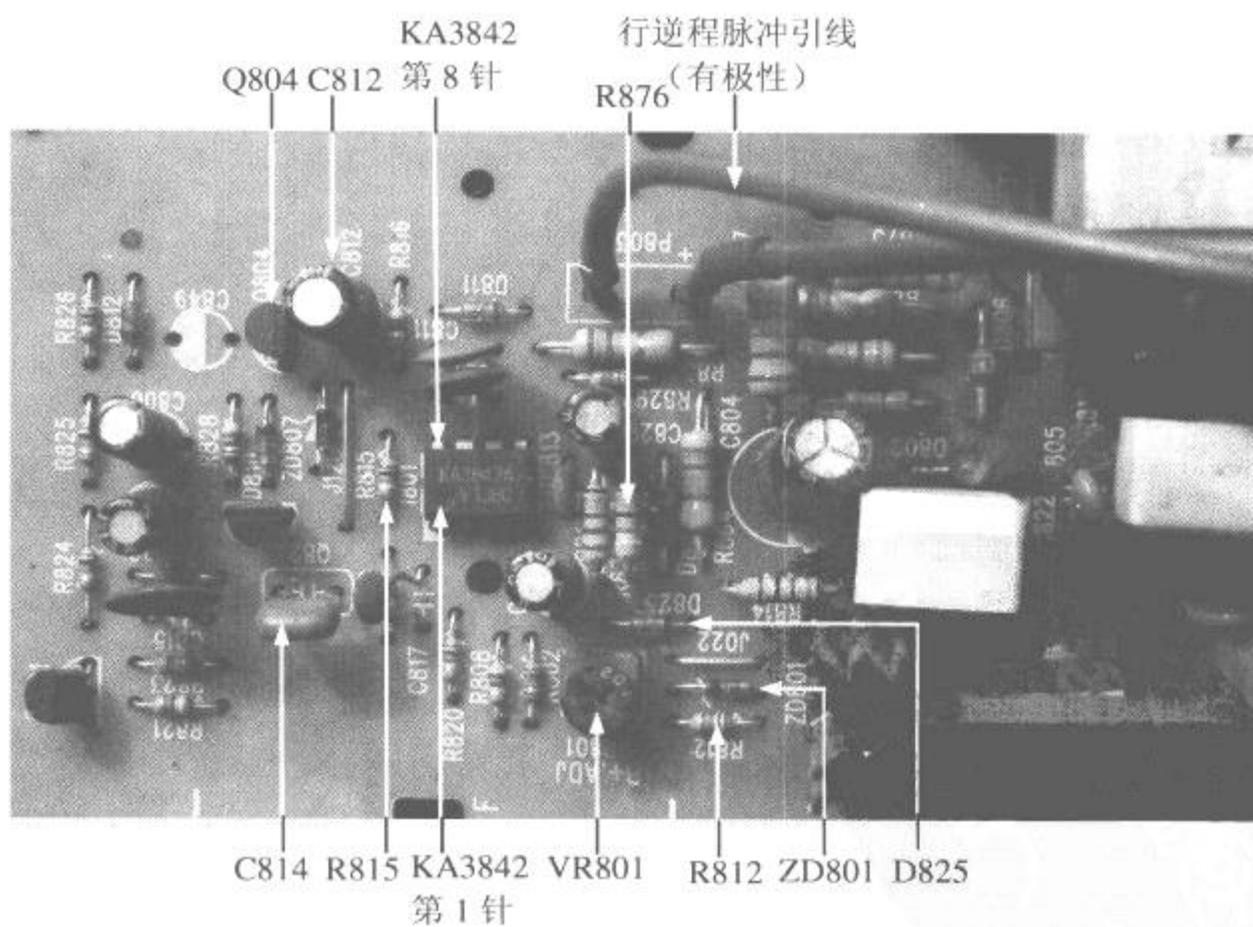


图 4-31 脉冲产生电路实物图

1. 跑线

用万用表电阻挡，一只表笔接 UC3842 第 6 脚，另一只表笔接 R876 一端；一只表笔接 R876



另一端，另一只表笔接开关管控制极。

对地电阻测量：测量 UC3842 第 6 脚对地电阻，测量开关管控制极的对地电阻。

2. 电压测量

测量 UC3842 第 6 脚电压、开关管控制极电压，测量 UC3842 第 8 脚电压，测量 UC3842 第 3 脚电压。

4.5.7 功率变换整流输出电路动手实践

功率变换整流输出电路原理图参看图 4-21 所示电路图。

1. 跑线

- 01 测量 1R12 脚到 C853 的通路。
- 02 测量 L811 脚到 C824 的通路。
- 03 测量 D815 脚到 C826 的通路。

2. 测量各点对地电阻

- 01 测量 C853 对地电阻。
- 02 测量 C824 对地电阻。
- 03 测量 C826 对地电阻。
- 04 测量 C825 对地电阻。

3. 各路输出电压测量

- 01 测量 C853 对地电压。
- 02 测量 C824 对地电压。
- 03 测量 C826 对地电压。
- 04 测量 C825 对地电压。

其余电路的实践操作读者可自行进行。通过以上实践操作，相信读者也能学会掌握对其他电路的检查检测。

4.6

电源电路故障维修案例

4.6.1 显示器无显示，指示灯不亮（整流管问题）

故障现象：按下开机键后，显示器无显示，指示灯不亮。

故障分析：根据故障现象分析可能是开关电源未工作。

拆机检查：首先直观检查保险管，发现已炸裂，说明有严重短路故障元件；接着测量整流滤波电容正极对地阻值，发现正常；再测量四只整流二极管，发现其中两只严重短路；接下来测量开关电源各路负载端，均无明显短路故障，看来是整流管损坏引起的故障。



故障处理：更换整流管，然后开机测试，恢复正常，故障排除。

4.6.2 显示器无显示，指示灯不亮（滤波电容问题）

故障现象：按下开机键后，显示器无显示，指示灯不亮。

故障分析：根据故障现象分析可能是开关电源未工作。

拆机检查：首先直观检查保险管，发现已严重发黑，说明有严重短路故障元件；接着测量整流滤波电容器正极对地阻值，发现阻值极小，几乎为零，脱开电源开关管的 D 极，复测对地电阻，仍然很小，说明故障局限在整流管及滤波电容器这两个元件；外观检查滤波电容，发现其上部已呈开裂状，拆下测量已严重短路，将其拆下；然后复测对地阻值，阻值正常。看来故障是滤波电容损坏引起的。

故障处理：更换滤波电容，开机测试，故障排除。

4.6.3 显示器无法开机，无显示，且机内曾冒烟

故障现象：显示器无法开机，无显示，而且用户说机内曾冒烟（机型：ACER V551）。

故障原因：电网电压超高。

拆机检查：该机主板下用一块铁板固定，检修时要将其拆下，比较费事，但将电路板拆出来可以独立进行检修。

❶ 首先直观检查，发现+300V 电容器已爆裂，电阻 R632 严重烧焦。更换滤波电容器。电阻 R632 已看不清色环，大致量其电阻为 10kΩ 左右。

❷ 接着再测量主要检测点的对地阻值，尤其是稳压二极管 ZD606。从原理上分析，烧坏 R632 的原因是电流过大，ZD606 击穿的可能性很大，测量 ZD606 两端电阻的结果证实其已击穿短路。因无电路原理图，电阻的阻值及稳压管的稳压值无法确定，可根据电路板简单描绘出电路，如图 4-32 所示。

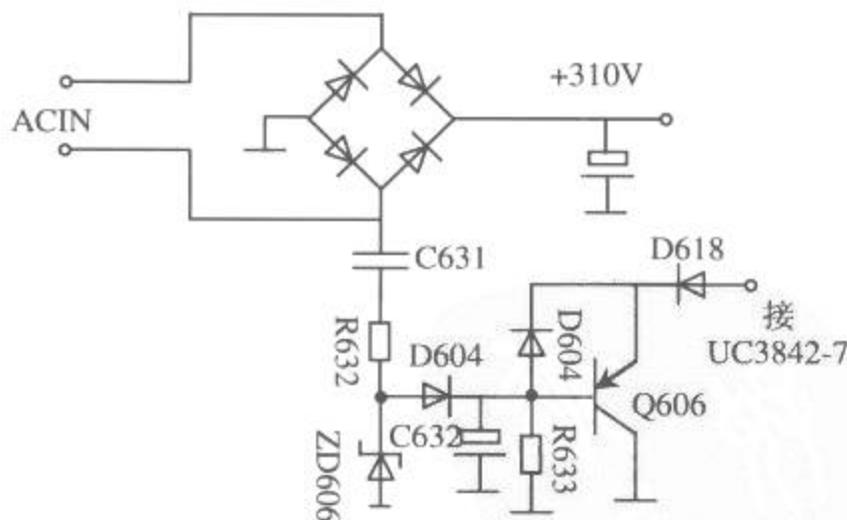


图 4-32 ACER V551 彩色显示器欠压保护电路

❸ 电路分析。从电路组成上分析，C631、R632、ZD606 及 Q606 等组成欠压保护电路。C631、R632、ZD606 限流稳压，D604、C632 对交流电进行半波整流滤波。当显示器正常工作时，Q606 截止，不影响电源工作；当市电电压过低，经 D604、C632 整流滤波后的电压低于 12V 时，Q606 饱和导通，通过 D618 将 UC3842 第 7 脚供电电压拉低，使 UC3842 停止工作，达到保护的目。





04 稳压管及电阻阻值的确定。因 UC3842 第 7 脚的电压为 12~17V，要保证 Q606 可靠截止，Q606 基极电压就不能低于 12~17V，据此选择 15V 左右稳压管。电阻用试验法确定，在试验之前脱开主开关管（最好是将其拆下来），试验从 10kΩ 电阻开始，把一只 10k/2W 可调电阻焊接在 R632 位置的两端，开机后，监测 ZD606 两端电压，调节可调电阻的阻值，使其电压维持在 15V 左右。最后发现在 1~3kΩ 之间均可，故选定 2kΩ 电阻。

更换稳压管及电阻之后，装上开关管，接上假负载。因电路板没有装到显像管上，将行输出管基极与地用一短导线连起来，使行输出级不能工作（这样做用于防止行输出级工作后产生的高压损坏电路板上元件）。开机试机，结果电源嗒嗒响，指示灯（黄灯）随之闪烁，主电源无输出。据此分析可能是负载过重。

05 测量开关变压器次级负载对地电阻均正常，逐一断开负载试机，发现当断开行场扫描小信号处理集成电路 TDA4858 的第 9 脚后，电源工作正常，输出主电压为 +43V。怀疑 TDA4858 损坏，更换后故障依旧，维修陷于困境。

06 再分析，一般来讲，开关电源的自由振荡频率还要用行输出级的行逆程脉冲来同步，无行逆程脉冲时，开关电源工作频率低，输出电压就低，负载能力也就弱。于是拆掉行输出管 b-c 结上的短路线，开机试机，开关电源工作正常，高压帽上发出“滋滋”声，证明高压有了。将主板装回显像管上，联机再试，出现水平一条线。

07 检查行场输出电路。供电正常，从 TDA4858 的第 12、13 两脚人为施加干扰，水平线能上下移动，说明 TDA4858 坏。回想，该集成块是刚买的，有可能质量不可靠，果断把原来的装回。再试机，显示出图像，但光栅行幅大，有桶形失真，用菜单调节无效。

08 检查枕校调整管 D669 已击穿。

故障处理：更换枕校调整管 D669，因无原型号管，用 C3296 代换（引脚不同），菜单调整后恢复正常。

4.6.4 显示器开机后无显示，指示灯不亮（稳压管问题）

故障现象：显示器开机后无显示，指示灯不亮。

故障分析：经了解，用户在开机使用过程中，突然听到“叭”的一声响之后，光栅、图像全无。根据故障发生的过程及故障现象分析，故障原因可能是开关电源发生故障。

拆机检查：接下来按照下面的方法进行拆机检查。

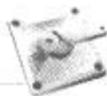
01 首先直观检查，发现保险管严重发黑，说明有严重短路元件，因为是在使用过程中发生的，不可能是消磁电阻故障引起烧毁保险管。

02 静态检测。检查整流滤波电容器两端电阻约为零，证实有短路元件。

03 拆下开关管检查，发现开关管击穿损坏（型号是 IRF740），复测整流滤波电容器两端电阻基本正常。

04 暂不装开关管，更换保险管（4A），开机进行电压检查。首先测整流滤波电容器两端电压约为 300V，正常；接着测 UC3842 第 7 脚电压为 13.2V，第 6 脚电压为 6.3V，说明 UC3842 损坏。

05 更换 UC3842 后开机，复查上述两点电压。结果为第 7 脚电压在 12~16V 之间摆动（这是正常的表现），第 6 脚电压有 0~3V 左右的摆动电压，说明 UC3842 已正常工作，并输出了开关驱动脉冲。



06 装上开关管，并接上假负载，再试机，开关电源仍不工作，无电压输出。

07 复测 UC3842 第 6 脚电压正常，测开关管控制极电压为零，没有摆动的电压，说明电阻 R811 开路或稳压管 ZD801 击穿。经检查为 ZD801 击穿。

故障处理：更换 ZD801，然后开机测试，开关电源工作，测量输出电压为 52.6V。拆除假负载，恢复电路，联机后试机，显示正常。装上外壳，故障排除。

4.6.5 显示器开机后，指示灯能变色，无显示

故障现象：显示器开机后，指示灯能变色，无显示（机型：冠捷 C776）。

故障分析：从联机开机后指示灯能变色来分析，显示器的相关电路已接收到主机信号。通过再次开机，仔细听，但听不到开机瞬间的高压启动声，由此判断故障原因是显示器的行场扫描电路没有工作。

拆机检查：接下来按照如下方法进行检查。

01 拆机后，联机加电，检查行输出管集电极及行输出电源输入端电压，发现均只有 10V 左右。

02 检查开关电源的整流输出主电源有 56V 电压。

由上述两步结果可知，从主电压 56V 至行输出电源输入段有开路处。

03 仍用电压法检查 L609 两端电压，发现其一端有 56V 电压，而另一端却只有 10V。由此确定电感线圈 L609 开路。仔细观察 L609 的焊接引脚时发现其一脚有一明显的黑色圈（用电阻法也可查出电感线圈 L609 开路）。

04 测量电感两侧对地电阻，无异常，怀疑电感有问题。

故障处理：补焊电感 L609，然后开机测试，故障排除。再观察整机图像质量，无异常。

4.6.6 显示器无显示，指示灯不亮，可听到“嗒嗒”声（行管问题）

故障现象：按下开机键后，显示器无显示，指示灯不亮，可听到机内发出的“嗒嗒”声（机型：三帝显示器）。

故障分析：电源负载有元件击穿短路后会造成电源电流增大，此时开关电源由于负载加重而实施保护动作，处于间歇工作状态，输出电压极低，指示灯不亮，开关电源发出“嗒嗒”声。

拆机检查：接下来按照如下方法进行检查。

01 首先测量行输出管集电极对地电阻，约为零，说明有短路元件。一般情况下经常是行管击穿，二次电源调整管击穿。

02 接着测量主电压输出端 C526 正极对地电阻，正常说明行管击穿；拆下行管对其检测，证实行管确实损坏。

对于行管击穿的故障，一般情况下不能直接更换行输出管，行管损坏一般是有原因的。如果没有排除故障根源，直接更换行管后可能会再次击穿行输出管。由于行输出管价格较高，当连续多次损坏行输出管后，维修人员一般有畏惧心理。因此，对屡损行输出管故障的处理要慎重。

引起行输出管损坏的常见故障原因有行输出电源电压过高、行频偏低、行推动不足、逆程电容器容量不足、行偏转线圈损坏以及回扫变压器损坏等。这些故障原因可分为两大类：一是过压损坏（行输出电源电压过高），二是过流损坏（行输出管电流过大）。

03 行输出电源电压检查。用一导线将二次电源调整管 G、S 极短路（停止其工作），在行输





出管集电极与地之间接假负载，联机后开机，测量输出电压约 58V，正常。

04 观察行逆程电容外形无异常，检查其焊接点，发现 C601 焊点有一处有脱开痕迹，怀疑此处引起行管损坏。

故障处理：将电容器 C601 补焊处理后，更换行输出管，拆掉假负载开机测试，故障排除。

4.6.7 显示器无显示，指示灯不亮，可听到“嗒嗒”声（回扫变压器问题）

故障现象：按下开机键后，显示器无显示，指示灯不亮，可听到机内发出“嗒嗒”声。

故障分析：开关电源负载过重是造成开关电源间歇工作，发出“嗒嗒”声的主要原因。

拆机检查：接下来按照如下方法进行检查。

01 首先进行静态电阻测量。测量行输出管集电极对地电阻及主电压输出端对地电阻，无明显短路。

02 联机后开机进行电压测量，发现输出电压极低，开关电源发出“嗒嗒”声，证明有短路。

03 测量开关电源各路电压输出端对地电阻均，没有发现问题。

04 用一导线将行输出管 b-e 结短路，同时将二次电源调整管 Q630R 的 G、S 极短路，并在行输出管集电极与地之间接假负载，然后开机，发现灯亮；再测量电压约 58V 正常，于是怀疑是回扫变压器损坏。

故障处理：更换回扫变压器后，试机，故障排除。

● 注意

① 更换回扫变压器后的聚焦电压调整是一件较难的工作，要仔细认真对待，否则可能会使聚焦不良。② 开关电源用的行逆程脉冲绕组的绕向一定不要装错。

4.6.8 显示器开机后，无显示，指示灯不亮（二极管问题）

故障现象：开机后，显示器无显示，指示灯不亮（机型：HPC-19 显示器，电路图如图 4-33 所示）。

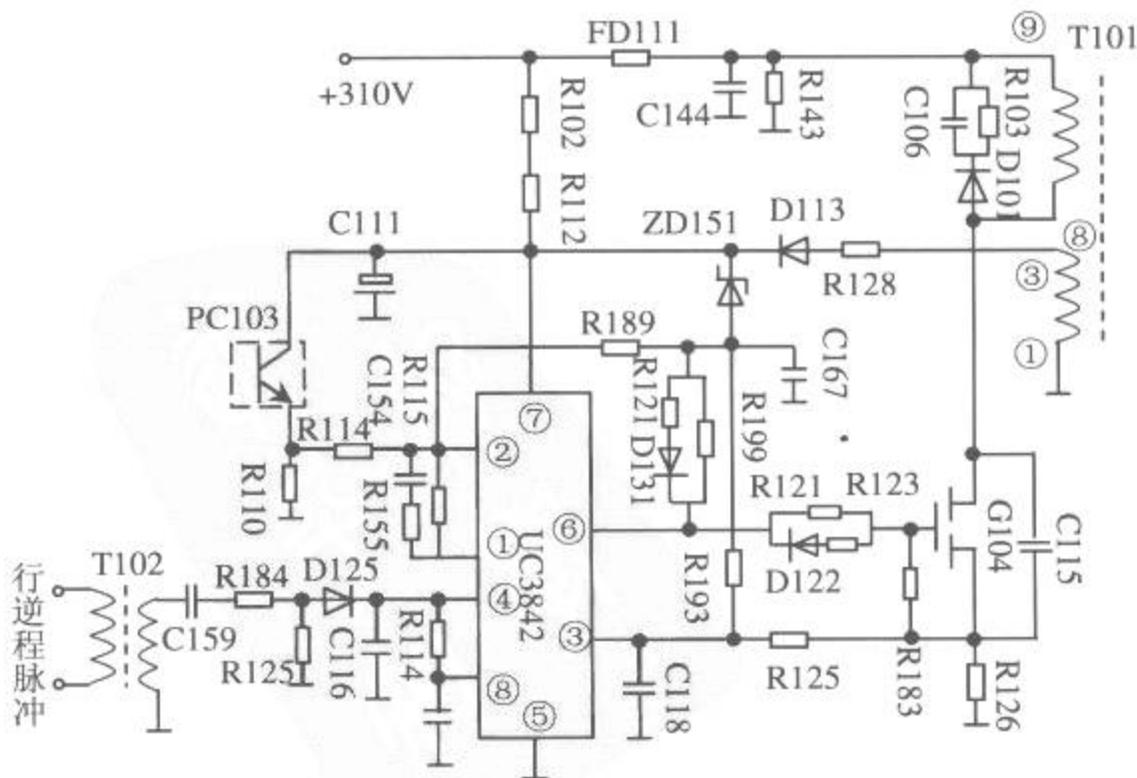


图 4-33 HPC-19 显示器电源功率变换输出电路图（初级部分）



故障分析：电源不工作。

拆机检查：接下来按照如下方法进行检查。

01 首先测量+300V 直流电压，发现电压正常；再测量 UC3842 第 7 脚电压，电压正常；测量第 6 脚电压，电压为 0；测量第 3 脚电压，电压为 0。

02 接着检查 UC3842 第 8 脚电压，电压正常；检查第 4 脚电压，电压为 0。

03 最后检查 D125，发现软击穿，怀疑是此二极管的问题引起的故障。

故障处理：更换二极管，测试，故障排除。

4.6.9 显示器工作时有“吱吱”声，且图像不稳定

故障现象：显示器在工作时有“吱吱”声，且图像不稳定，再到后来无显示（机型：HPC-19 显示器，电路图如图 4-34 所示）。

故障分析：显示器发出“吱吱”声，一般来自电源或行扫描电路。根据分析，图像不稳定是电源输出电压纹波太大引起的，主要是电容器失容造成的。

拆机检查：经检查发现各路输出电压基本正常。随后进行直观检查，发现电容器 C123、C125 及 C128 均已鼓胀，看来是电容器的问题引起该故障

故障处理：更换问题电容器后，开机测试，故障排除。

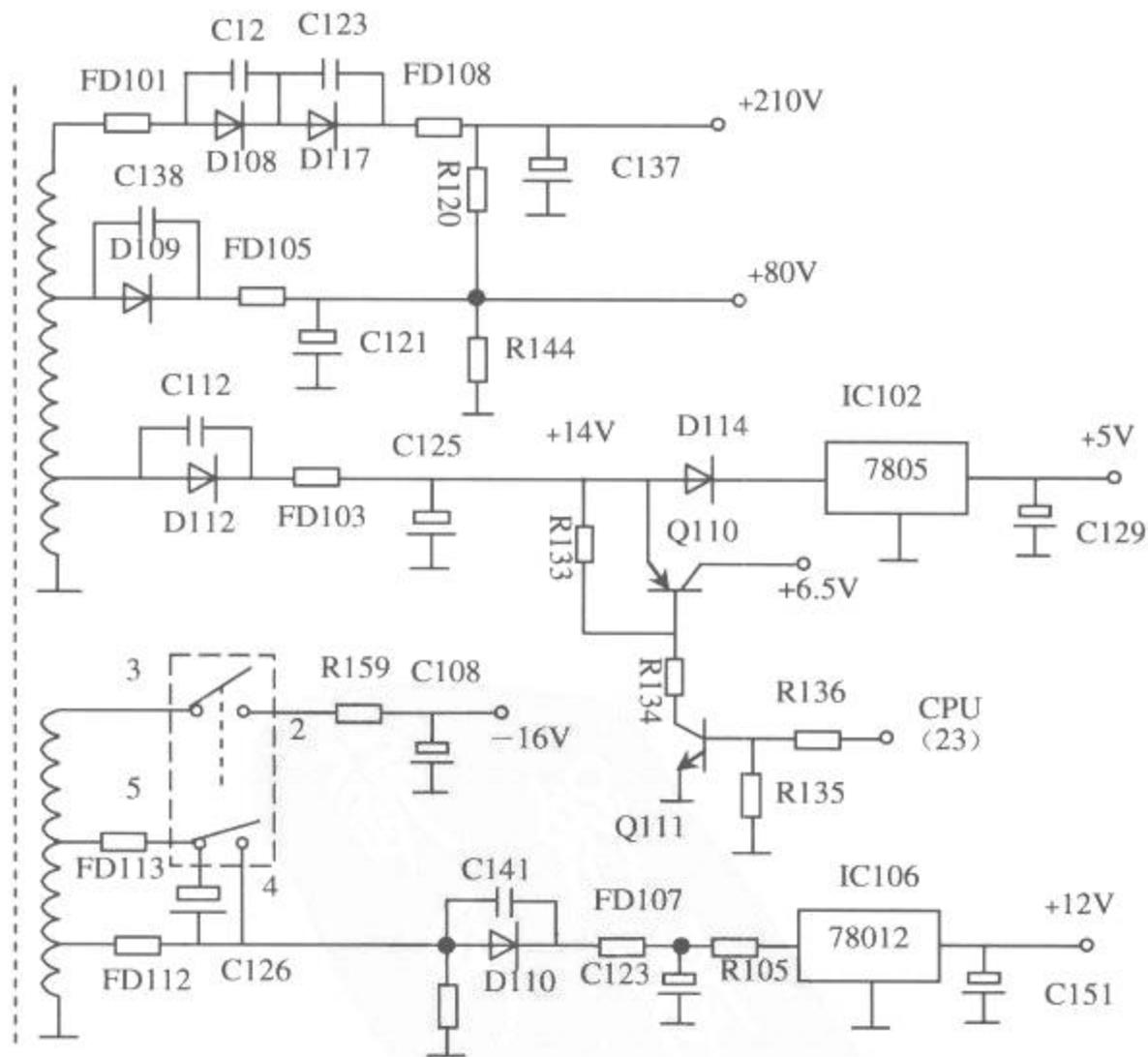


图 4-33 HPC-19 显示器电源功率变换输出电路图

4.6.10 屡烧开关管及 UC3842

故障现象：开机后无显示，指示灯不亮（机型：HPC 17690SD 彩色显示器）。

故障分析：电源不工作。

故障检修：拆机后经检查，发现开关管损坏，进一步检查，证实 UC3842 损坏。更换开关管及 UC3842 后，工作正常。半个小时后，开关管及 UC3842 又一次损坏。经多次维修，多次损坏，以致于开机就损坏开关管。

为防止再次损坏开关管，对电路进行全面检查，发现电阻 R516 损坏开路。电阻 R516 从色环上看应为 15kΩ，实测为 150kΩ；电阻 R534 实测为 1kΩ，R522 实测为 10kΩ，ZD502 为 24V，稳压管已击穿短路。

故障处理：将以上损坏元件更换，R516 用 15kΩ，R534 用 39Ω，R522 用 1kΩ，更换 ZD502。试机一切正常。参看图 4-35。

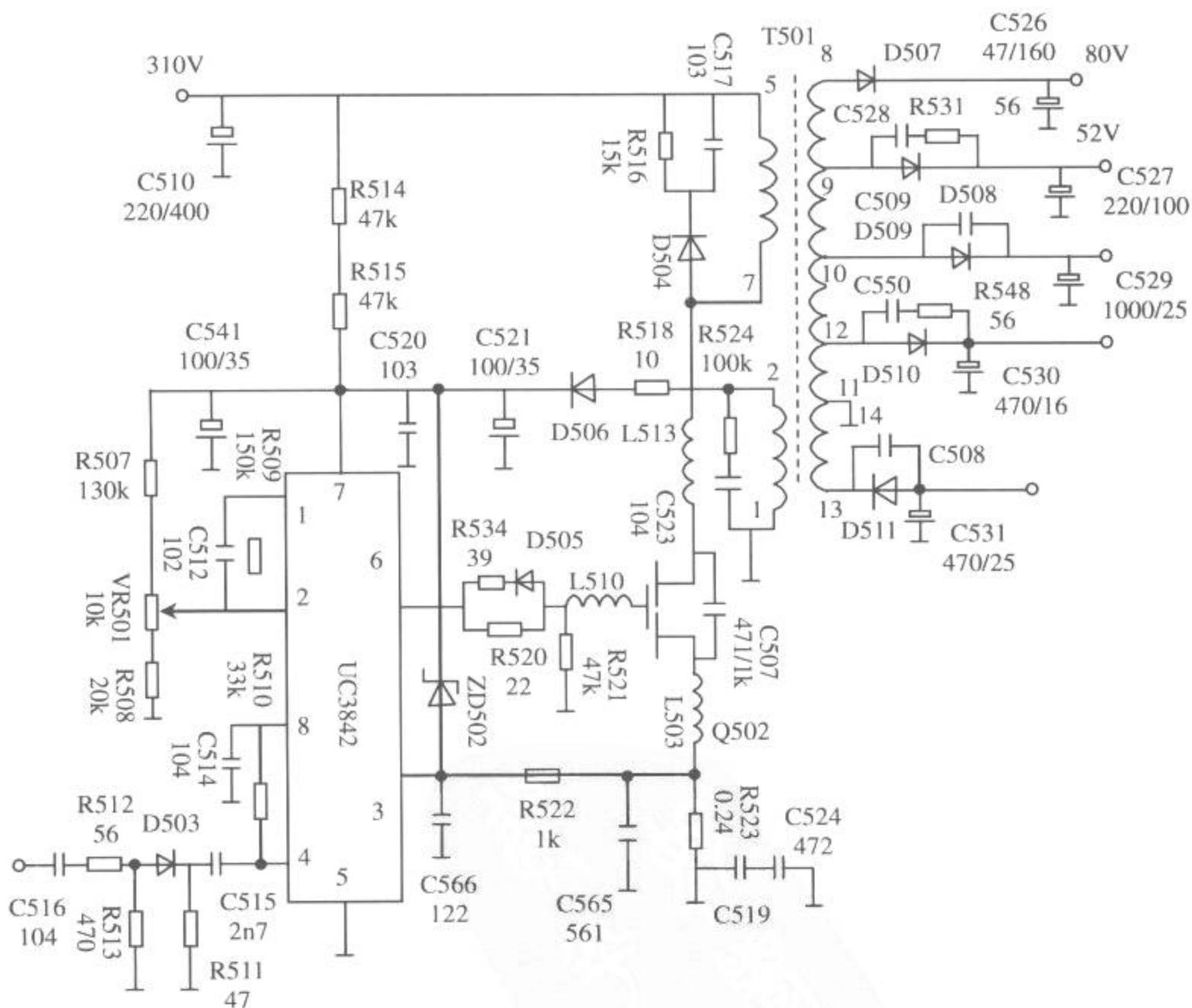


图 4-35 HPC 17690SD 彩色显示器电源电路图



4.6.11 无显示, 指示灯亮

故障现象: 无显示, 指示灯亮 (机型: 长城 N521 1559V)。

故障分析: 按动菜单键时, 指示灯能正常改变, 由此说明电源电路及单片机正常。不能显示的故障可能是由于行扫描电路没有工作引起的。

故障检修: 检查行输出管电压, 发现只有 52V, 由此说明行输出极未工作。进一步检查, 发现无+12V 输出, 行场小信号处理电路因没有供电而不工作, 从而导致行输出级不工作。沿路查出 Q512 (B772) 及 Q9659 (D882) 同时损坏, 进一步查出+12V 输出端对地有短路, 用脱开法、电阻法查出短路发生在视频板。打开视频板后, 发现在插座下+12V 输入点焊点下有一大块焊锡片将+12V 输出端与地相连。将其剔开, 短路排除。

故障处理: 剔开短路点, 更换 Q512 及 Q965 试机, 显示器恢复正常。

4.6.12 无显示, 指示灯亮

故障现象: 无显示, 指示灯亮 (机型: 长城 N521 1559V)。

故障分析: 从故障现象上看, 电源电路工作正常, 不能显示是由于行输出电路不工作或无行场同步信号而造成的, 引起单片机工作于节能模式。试调节菜单, 指示灯能正常改变, 说明电源电路及单片机正常。不能显示的故障可能是由于行扫描电路没有工作引起的。

故障检修: 首先检查二次电源电压。在电感器 L603 一端有+56V, 另一端仅有 10V 左右, 由此说明 L603 开路或脱焊。将其补焊, 开机试机, 显示正常。但有“吱吱”声。通过直观检查, 发现+310V 滤波电容鼓胀, 将其更换, “吱吱”声消除, 故障排除。

4.7

技能点拨

要点总结:

本章主要讲解显示器电源的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

(1) 与电脑电源及其他开关电源相比, 显示器电源采用单管并联开关电源。在电路结构上由抗干扰电路、整流滤波电路、开关电路 PWM 脉冲产生电路、功率变换电路、稳压控制电路及保护电路等组成。

(2) 书中以长城 1770DF 彩色显示器电源为例, 详细介绍了电源电路中各功能单元的结构和工作原理。

(3) 重点介绍了电源常见故障分析、故障检修流程及主要测试点。

(4) 用实物图示的方法指导读者进行实践, 通过实践确认主要检测点, 掌握检修方法。

(5) 最后, 通过一些故障检修实例帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法, 提高维修技能。

重点掌握:

(1) 电源电路结构。不同的显示器电源电路结构不同, 我们要重点掌握 UC3842 的引脚功能





及检修方法。

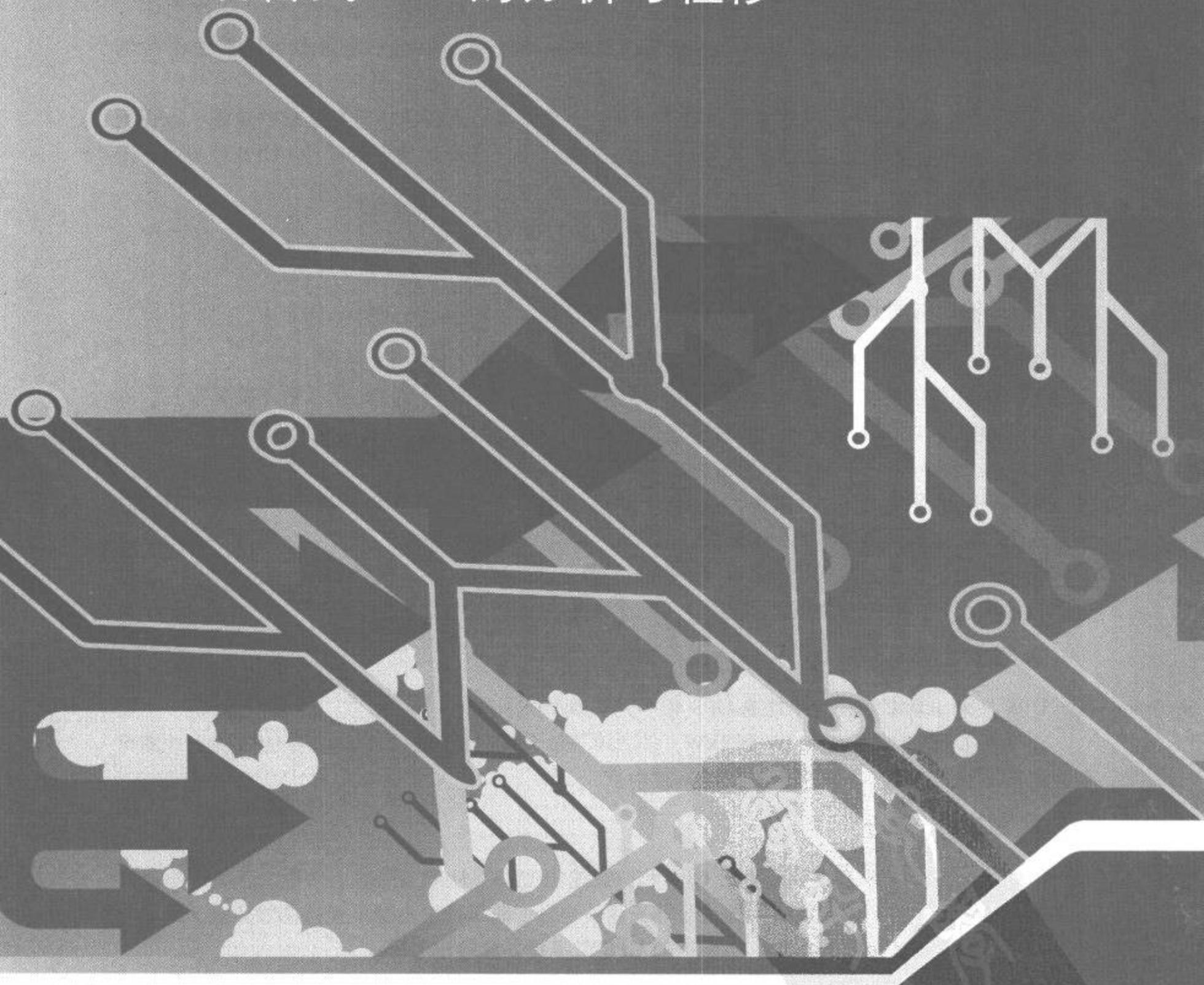
- (2) 电路工作原理。工作原理对分析判断故障、确定主要检测点起着至关重要的作用。
- (3) 确认主要检测点。
- (4) 对不同故障的检修流程、检测方法与步骤。
- (5) 显示器的检修方法也适用于其他开关电源的检修。



Chapter

05

后备式 UPS 的分析与检修





5.1

UPS 概述

UPS 是英文 Uninterruptible Power System 的缩写，意为不间断电源系统。UPS 是电脑系统中一种常见的辅助设备，这是随计算机的普及、信息处理技术的发展而诞生的一种设备。在计算机系统工作进行时，若突然出现供电不正常，轻则发生数据丢失、程序损坏，重则有可能导致硬件损坏，造成严重损失。在网络系统中，供电不正常有可能产生不可估计的恶果。

UPS 的基本用途就是，在交流供电不正常时，为计算机系统提供符合要求的电源，以保证计算机系统继续可靠运行。尤其在电力供应缺乏的地区及一些比较重要的部门，UPS 就成为了不可或缺的设备。

5.1.1 UPS 的分类

1. 按输出时间长短分

按输出时间长短，UPS 可分为长延时型 UPS 和短延时型 UPS。

不同的计算机系统（或其他电器系统）有不同的供电要求。个人 PC 机系统不需要很长时间的 UPS 供电，而在网络系统中，却需要较长时间的供电。因此，为其提供电力保障的 UPS 根据供电时间长短可分为长延时型和短延时型。前者可持续供电几十分钟到几个小时，甚至几十个小时，常见于网络系统中，其功率也大，价格也高；后者只能持续供电几分钟到几十分钟不等，主要用在个人电脑或业务量不大的单机中。

供电时间的长短主要取决于蓄电池的容量。蓄电池的容量越大，可持续供电的时间越长；蓄电池的容量越小，可持续供电时间越短。

2. 按输出功率分

UPS 按输出功率可分为小功率 UPS 和中大功率 UPS。

小功率 UPS 一般只有 300W 到 1kW，多适用于单个电脑系统中；中大功率 UPS 输出功率可高达几千瓦甚至几十千瓦，多用在网络系统中。

3. 按输出波形分

按输出波形，UPS 有正弦波输出 UPS 和方波输出 UPS。从电工原理上来讲，正弦波电源对负载的过流承载能力及供电质量明显优于非正弦波电源。非正弦波电源不宜接感性负载，如电动机，而正弦波电源可接各类负载。市面上的 UPS 大多是方波输出 UPS。

4. 按工作方式分

按工作方式，UPS 可分为后备式 UPS 和在线式 UPS。

后备式 UPS 在市电供电正常时，由 UPS 通过内部开关控制，将交流电送给输出端，由交流



市电向负载提供电源；在市电不正常时，由 UPS 将蓄电池电源通过逆变产生交流电向负载供电。在线式 UPS 在有交流市电时将交流电转换为直流电（称为 AC-DC 转换），一方面向蓄电池充电，另一方面通过逆变器再转换为交流电（称为 DC-AC 转换），供给负载。这两种 UPS 的工作模式分别是：

(1) 后备式：有交流电时，市电→稳压控制器→负载；市电不正常时，蓄电池→逆变→负载。

(2) 在线式：有交流电时，市电→蓄电池→逆变→负载；市电不正常时，蓄电池→逆变→负载。

在线式 UPS 在供电质量上要明显优于后备式 UPS，但其效率稍低。市场上通常出售的是后备式的 UPS，价格适中，在外部电源停止或电压过低时，它会在很短的时间（0.1s）内切换为蓄电池供电。

5. 按逆变功率管来分

逆变功率管是将蓄电池电能转换为交流电能的主要元件，常见的有达林顿晶体管、场效应管及现代刚出现的 IGBT 管。相应地，UPS 也可根据功率管分为达林顿晶体管 UPS、场效应管 UPS 及 IGBT 管 UPS。

在早期的 UPS 中，使用达林顿晶体管作为输出驱动管的较多，达林顿晶体管电流大，工作稳定，但功耗较大。场效应管 UPS 由于控制电路简单，功耗小，成本低，在小功率 UPS 中应用较为普遍，但场效应管易受干扰损坏。IGBT 管 UPS 综合了上述两种 UPS 的优点，把达林顿晶体管和场效应管合并在一起使用，主要用在大功率 UPS 电源中。

5.1.2 UPS 的基本结构

在这一章，我们以 HENDEN H500 型 UPS 为例，重点介绍后备式 UPS 的电路结构和工作原理。在此基础上，我们将详细介绍维修流程，对 UPS 的常见故障进行分析，通过动手实践提高维修技能。

1. 认识 HENDEN H500 型 UPS

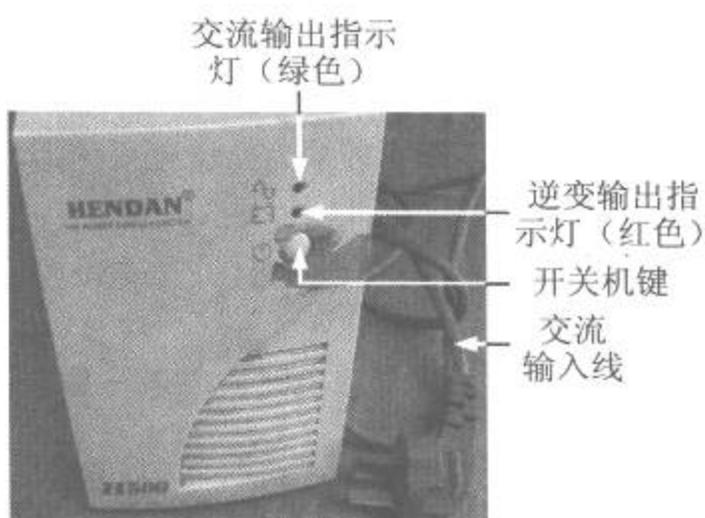
如图 5-1 所示为 HENDEN H500 型 UPS 的外观，其前面板上有操作按键，后部有交流输入电源线、保险管座和输出插座。UPS 都有铭牌标志，给出了性能指标说明。

UPS 的内部结构：在 UPS 的内部都有调压变压器、控制电路板及连接线。小容量 UPS 一般都有内置蓄电池，大容量 UPS 大多采用外接蓄电池，如图 5-2 所示。

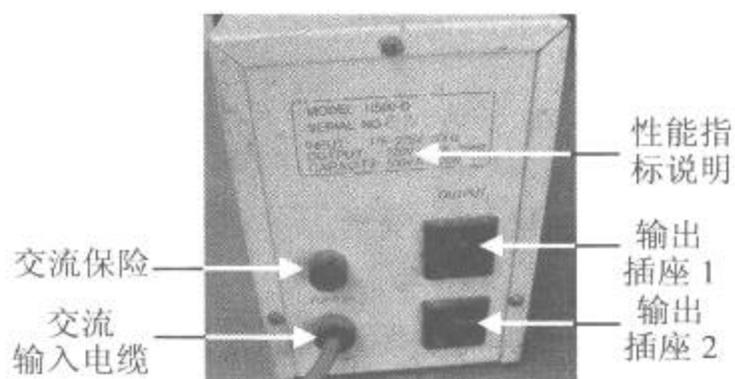




(a) HENDEN H500 型 UPS 外观



(b) HENDEN H500 型 UPS 前面板



(c) HENDEN H500 型 UPS 后面板

图 5-1 HENDEN H500 型 UPS

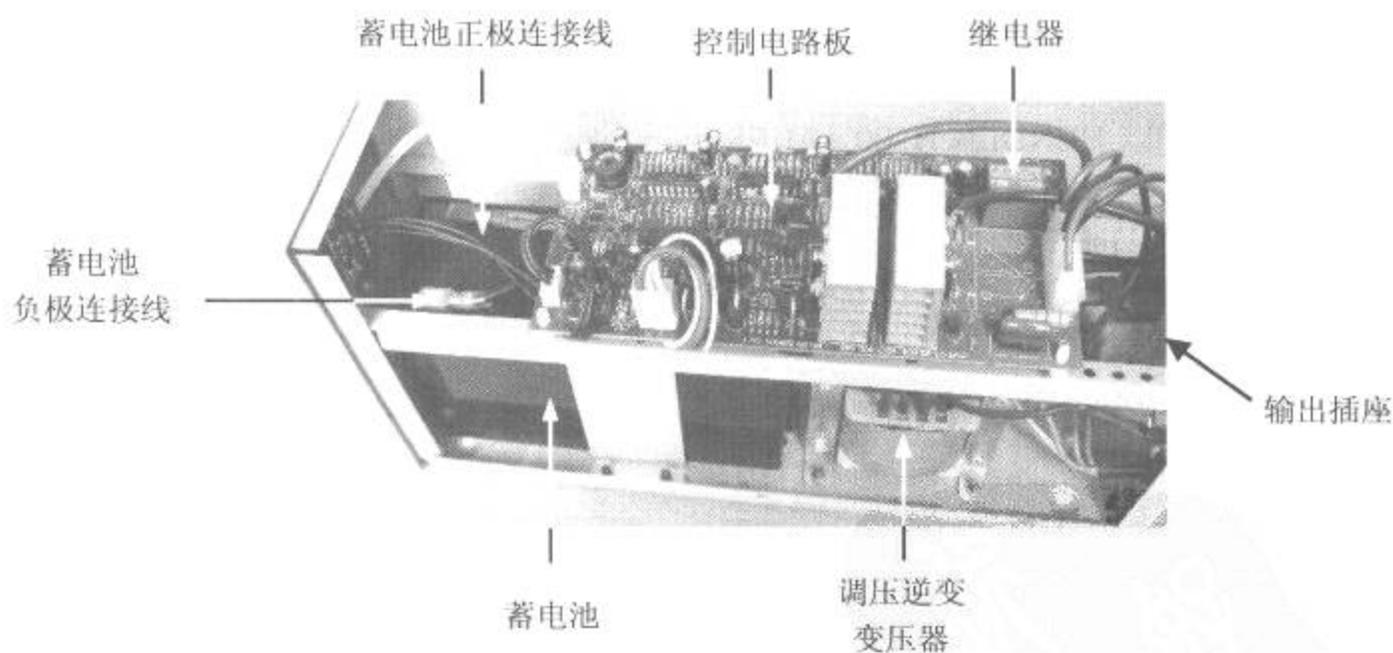


图 5-2 UPS 内部结构

2. UPS 的电路构成

尽管 UPS 的品牌型号及功率容量各不相同，但其原理和主要功能基本一致，它的基本电路都包括以下几大部分：

- (1) 开机电路。
- (2) 控制电路。



- (3) 市电输入及检测电路。
- (4) 交流输出与逆变输出切换电路。
- (5) 交流输出稳压控制电路。
- (6) 蓄电池充电电路。
- (7) 逆变电路。
- (8) 蓄电池电压监视电路。
- (9) 状态显示及报警电路。
- (10) 保护电路。

在高档 UPS 中还有由 MPU 构成的控制及显示电路。

这些电路大多分布在称为控制板的电路板上。HENDEN H500 型 UPS 的内部控制电路板如图 5-3 所示。

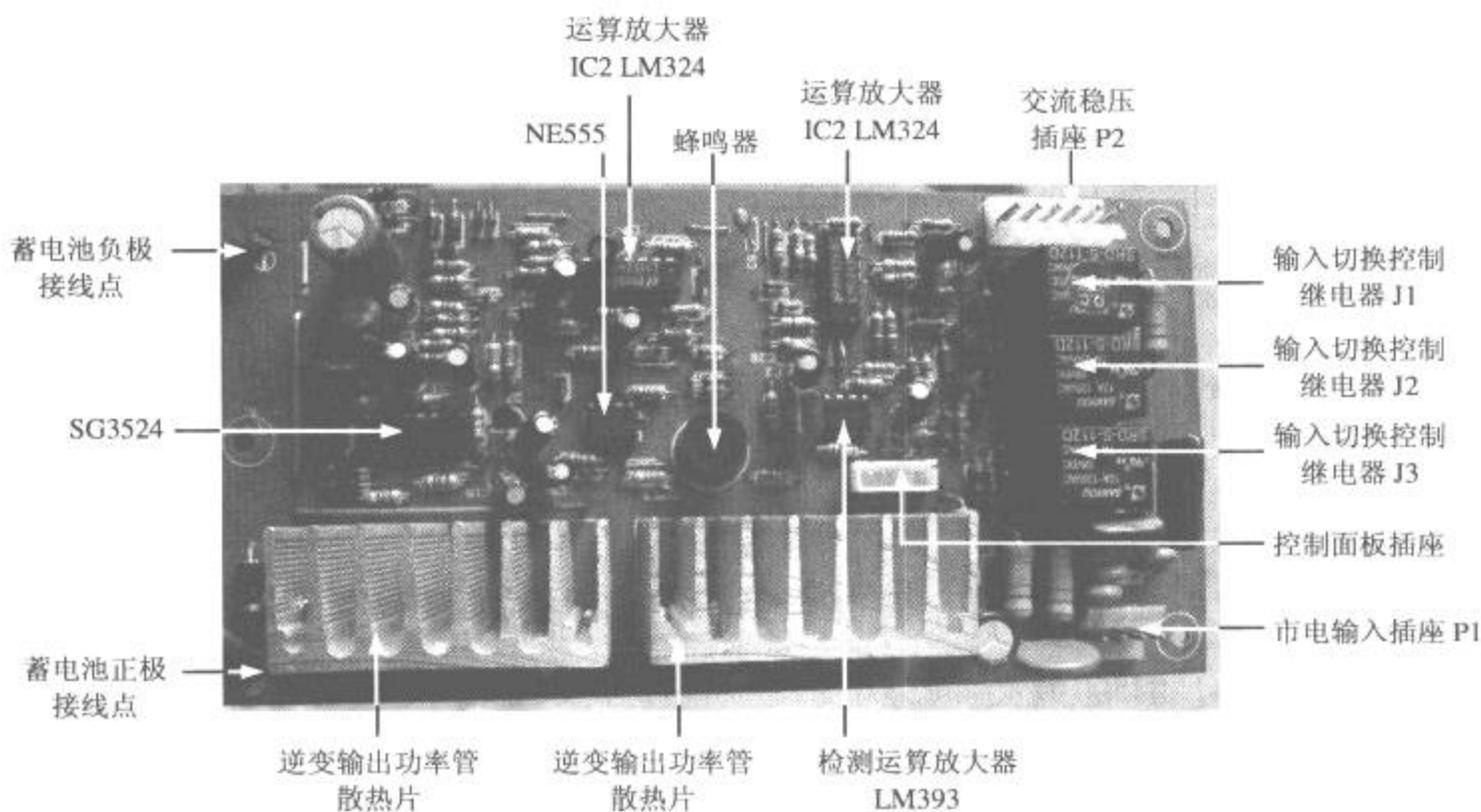


图 5-3 UPS 内部电路组成

3. UPS 的基本工作原理

在市电正常，UPS 电路中的控制电路根据检测结果发出控制信号，将交流电送给输出端，由交流市电向负载提供电源。与此同时，启动状态显示电路指示交流供电。

当交流市电不正常（包括过压、欠压）时，控制电路根据检测结果，由逆变控制电路发出控制指令，切断交流输入、输出，启动逆变电路工作，由逆变输出电源向负载供电。同时，启动状态显示电路指示工作状态，并发出报警声。

从市电供电到逆变供电的转换过程一般不超过半个交流电周期，即不长于 10ms。

在交流市电供电正常时，蓄电池起到储存电能的作用，在市电不正常时，在控制电路控制下向逆变电路供电，由逆变电路转换为交流电后向负载供电。

5.2

后备式 UPS 电路分析

5.2.1 后备式 UPS 的电路组成原理

后备式 UPS 基本原理框图如图 5-4 所示，其主要由交流输入、电池、逆变器、稳压调节器、控制电路、市电检测、状态指示和蓄电池监视电路以及稳压输出电路、保护电路等几部分组成。

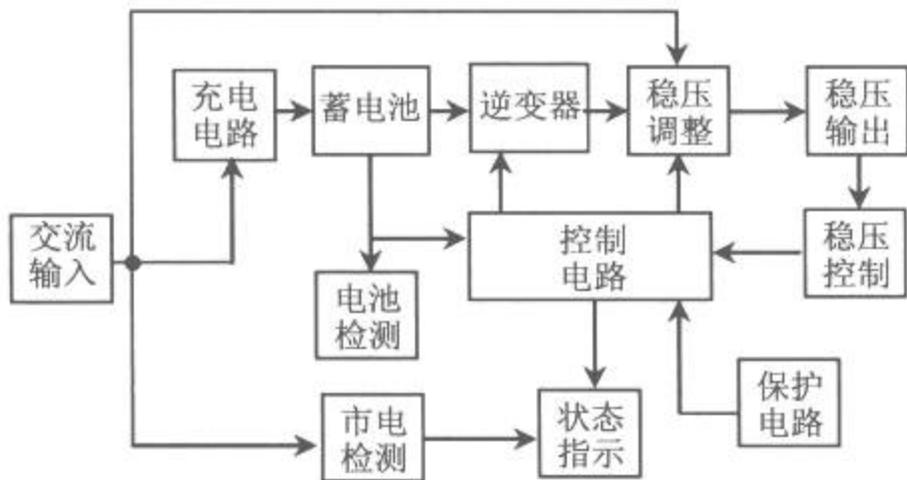


图 5-4 后备式 UPS 原理框图

5.2.2 后备式 UPS 电路分析

我们以 HENDAN H500-D 型 UPS 为例，分析后备式 UPS 的电路结构与工作原理。该 UPS 的电路原理图均是我们根据实物描绘出来的。

该 UPS 的性能参数为：交流输入 175~275V，频率 50Hz；方波输出 220V±10%，频率为 50Hz；容量 500VA/300W；逆变功率管为场效应管。

1. 开机电路

后备式 UPS 的开机电路比较简单，由 UPS 内部蓄电池、操作面板上的开机键（开关）及连接导线构成。

开关机控制：按下面板上的开机键（开关）将蓄电池与 UPS 内部控制电路接通，使控制电路得到供电开始工作，实现了开关机控制。该开关有自锁机构，按下后自动锁定，内部触点持续接通；再次按下开关，锁定机构弹开，触点断开从而关机。开机电路如图 5-5 所示。

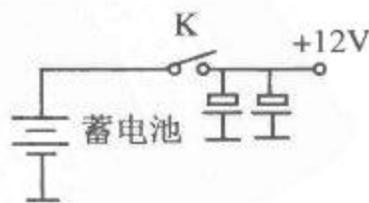


图 5-5 开机电路



2. 市电输入检测电路及切换控制电路

市电输入检测电路比较复杂，在 UPS 中其功能常用比较运算放大器来完成。我们首先了解一下运算放大器。在 UPS 中常用的运算放大器主要有 LM324、LM339 及 LM393，它们也是其他设备中应用较多的运算放大器。

(1) LM324 运算放大器

LM324 为 14 脚塑封双列直插式集成电路，其中第 4 脚为供电端，第 11 脚为接地端；其工作电压范围为 3~32V，一般供电为 +12V。LM324 的外形及内部结构如图 5-6 和图 5-7 所示。



图 5-6 LM324 运算放大器外形

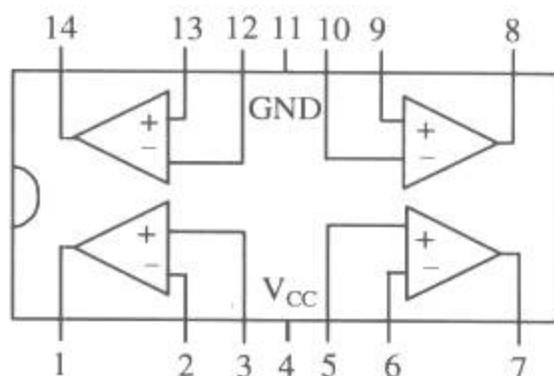


图 5-7 LM324 的内部结构

LM324 的内部电路由四个互相独立而且是完全相同的运算放大器构成。每个运算放大器都有三个端子，一个为同相输入端 (+)，一个为反相输入端 (-)，一个为输出端。

运算放大器的基本工作原理：当同相输入端与反相输入端电压相等时，输出端输出电压约为电源电压的 1/2 ($V_{CC}/2$)；当同相输入端电压高于反相输入端电压时，输出端输出电压高于 $V_{CC}/2$ 并接近电源电压 V_{CC} ；当同相输入端电压低于反相输入端电压时，输出端输出电压低于 $V_{CC}/2$ 接近地 (GND)，即约为 0。

与 LM324 功能相同的还有 LM339、TL339 等，但它们的引脚排列不同，所以，检修时不能直接互换。

(2) LM393 运算放大器

LM393 也是运算放大器，其外形为 8 脚双列直插式结构，内部只有两个互相独立且完全相同的运算放大器。如图 5-8 和图 5-9 所示分别为 LM393 运算放大器外形和内部结构。

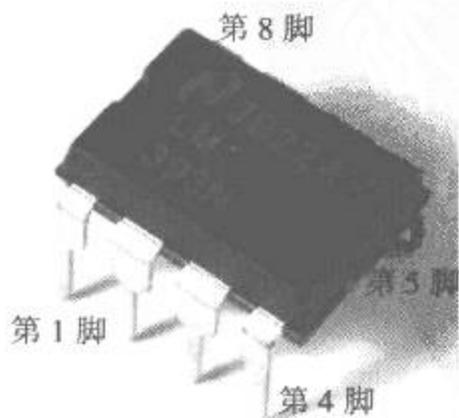


图 5-8 LM393 运算放大器

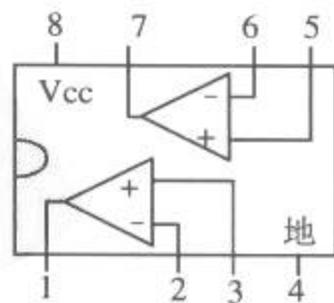


图 5-9 LM393 内部结构



将 LM393 的内部结构与 LM324 相比较, 可看出, LM393 只是 LM324 的一半。它的用法与 LM324 完全相同, 这里不再赘述。

(3) 市电输入检测取样电路

市电输入检测取样电路组成如图 5-10 所示。

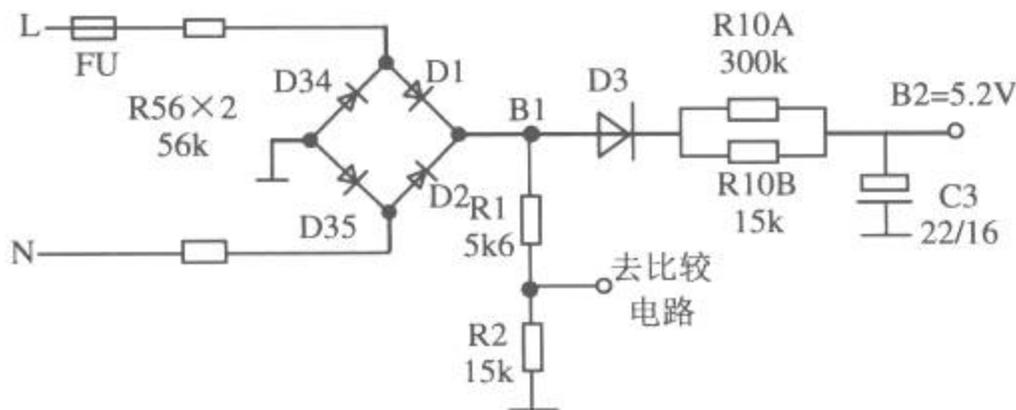


图 5-10 市电输入检测电路

交流市电经保险管 FU 输入后, 分别经两个电阻 R56 限流后, 通过 D1、D2、D34、D35 整流, 获得不稳定直流电压, 分两路输出。一路经电阻 R1 与 R2 分压后获得样品电压, 送到比较运算放大器 LM393 的反相输入端, 用于检测有无市电输入; 另一路经 D3、电阻 R10A 与 R10B 限流及 C3 滤波, 产生较为平滑的直流电压, 用于稳压调节电路。

有交流输入 (大于 175V) 时, 在 B1 点可得到不稳定的直流电压, 在电容器 C3 两端 (B2 点) 可获得约为 5.2V 的直流电压; 无交流输入的情况下, 在 B1 和 B2 两点均无直流电压。

在输入市电为 220V 时, B2 点电压约为 5.2V, 这一电压是随电网电压波动的, 作为样品电压用于稳压控制电路。

(4) 比较控制电路

比较控制电路主要以运算放大器 LM393 为核心, 如图 5-11 所示。

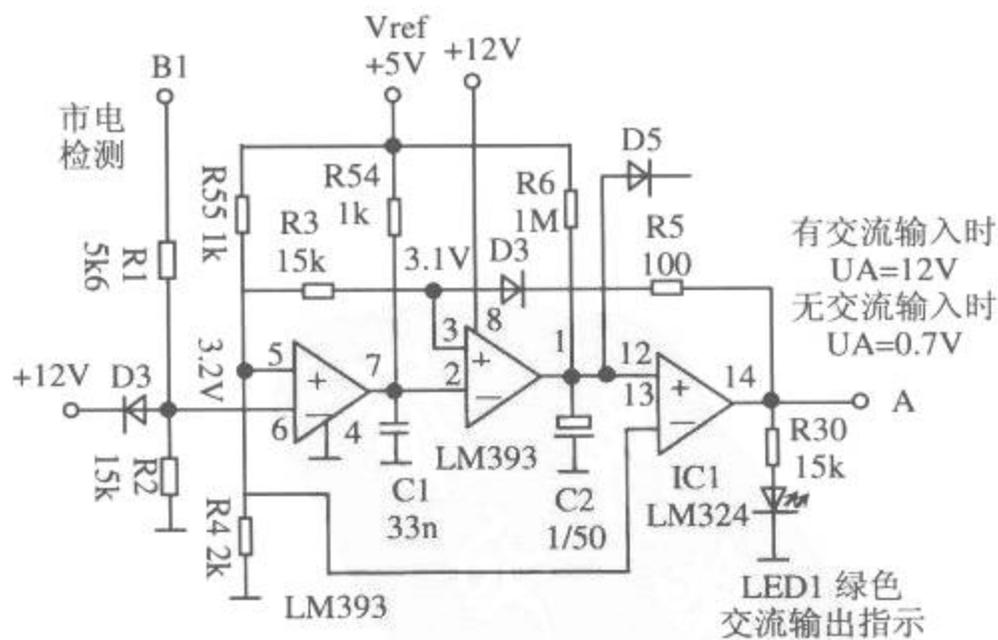


图 5-11 市电输入比较控制电路图

对有无市电输入的样品电压加到 LM393 反相输入端第 6 脚时的输出电压与同相输入端 LM393 第 5 脚参考电压相比较。第 5 脚参考电压是电阻 R55 与 R4 串联对基准电压 Vref 分压获



得的, 约为 3.2V。在 LM393 运算放大器内进行比较的结果是: 当没有交流市电输入时, LM393 第 6 脚输入电压为 0, 低于 LM393 第 5 脚电压, 于是 LM393 第 7 脚输出高电压 (约 12V); 反之, 当有交流输入电压时, LM393 第 6 脚输入电压高于 LM393 第 5 脚电压, LM393 第 7 脚输出约为 0V 的低电压。

LM393 第 7 脚电压被送到 LM393 第 2 脚, 与 LM393 第 3 脚参考电压进行比较。有交流输入时, LM393 第 1 脚输出高电压, 无交流输入时, 输出低电压。最后, LM393 第 1 脚输出再送到 IC1 LM324 第 12 脚, 经比较和放大, 由 LM324 第 14 脚 (A 点) 输出控制电压。

电阻 R6 及电容器 C2 在电路中起延时作用。在刚开机时, $V_{ref}=+5V$, R6 对电容器 C2 进行充电, 由于电容上的电压不能突变, 所以, LM393 第 12 脚电压要延时 2s 左右才能升高。在这期间, 继电器 J1 不能吸合, 即使有交流电也不能立即输入到 UPS 中。同时, 逆变电路也不能立即工作, 从而起到延时作用。

● 注 意

$V_{ref}=+5V$ 基准电压是由脉宽调制电路输出的, 也有的由专门电路产生, 详见后述。

综上所述, 经比较产生的结果, 如表 5-1 所示。

表 5-1 比较产生的结果

输入	LM393 第 7 脚	LM393 第 1 脚	IC1 LM324 第 14 脚(A 点)	绿色指示灯
有交流输入	低	高	高	亮
无交流输入	高	低	低	不亮

从 LM324 第 14 脚输出的结果有多种用途, 分多路输出:

① 第一路通过电阻 R30、P3 (插接口) 送到面板上, 点亮或不点亮绿色指示灯。当 A 点为高电压时, 点亮指示灯, 表示有交流市电输入, UPS 工作于交流输出状态; 当无交流电输入时, 绿色指示灯不亮。参看图 5-10 中 R30 及 LED1。

② 第二路通过比较放大, 驱动继电器 J1 工作, 接通或切断交流输入通路。见后述。

③ 第三路通过二极管 D19、R26 送到蜂鸣报警控制电路, 用于指示 UPS 的工作状态。

蜂鸣报警电路有两方面作用: 一是用于指示 UPS 的工作状态, 二是提醒操作人员做必要的操作处理。见后述。

④ 第四路通过电阻 R47, 经三极管 Q7 放大倒相后, 用于控制可调脉宽产生组件, 启动或停止逆变电路工作, 见后述。

有交流输入时, A 点为高电压, 通过电阻 R47 使三极管 Q7 饱和导通, 参考电压 V_{ref} 通过 Q7 使 SG3524 第 10 脚处于低电压, 封锁 SG3524 输出逆变脉冲, UPS 工作于交流输出状态; 当无交流输入时, A 点为低电压, 三极管 Q7 截止, 解除对 SG3524 的封锁, 允许工作于逆变状态。

⑤ 第五路通过 D27 改变 LM317 的输出电压, 防止在逆变输出时对蓄电池进行充电。

3. 交流输入切换控制电路

交流输入切换控制电路由市电检测电路, 比较控制电路、驱动电路等组成。市电检测电路, 比较控制电路可参看上一小节及图 5-10、图 5-11。驱动电路如图 5-12 所示。

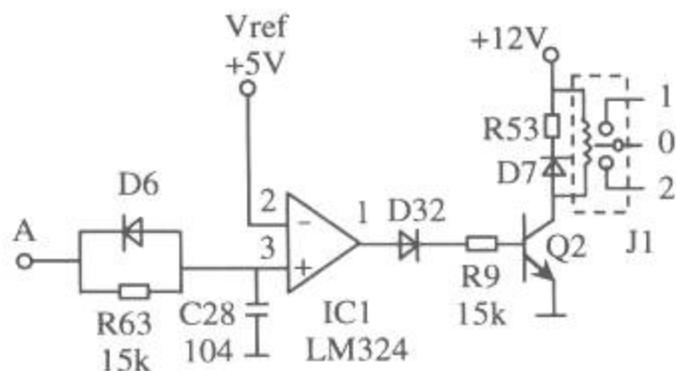


图 5-12 交流输入切换驱动电路

检测到有或无交流市电输入的结果从 A 点输出，其中一路通过二极管 D6 及电阻 R63 送到 IC1 LM324-3 脚，与 IC1 LM324-2 脚的基准电压相比较，比较结果从 IC1 LM324-1 脚输出。

当有交流市电输入时，A 点为高电压 (约为 +12V)，使 IC1 LM324-3 脚电压高于 IC1 LM324-2 脚的基准电压，IC1 LM324-1 脚输出高电压；经二极管 D32 隔离，电阻 R9 限流，加到三极管 Q2 基极，使其饱和导通，继电器 J1 吸合，其 0~2 触点接通；将交流市电送入 UPS 电路中，并通过继电器 J2 与 J3 将交流市电接入调压变压器 T，使 UPS 工作于交流输入输出状态。

反之，当没有交流市电输入时，A 点得到低电压，IC1 LM324-3 脚输入为 0，从 LM324 第 1 脚输出低电压 (约为 0V)，经二极管 D32 隔离，电阻 R9 限流，加到三极管 Q2 基极，使其截止，继电器 J1 不吸合，切断 UPS 与外部电路的连接，避免 UPS 在逆变输出时将逆变输出送到电网去。

4. 交流输出及稳压调节电路

(1) 交流输出电路的组成

后备式 UPS 大多采用自耦变压器做稳压调节器，如图 5-13 所示。

T 即为自耦调压变压器，是 UPS 中体积最大的元件。它有三个绕组，一个是用于交流调压切换的绕组 (L1)，另一个是用于逆变的绕组 (L2)，第三个是用于逆变输出检测取样以及为蓄电池充电的绕组 (L3)。

J1、J2、J3 为三只电磁继电器，作切换开关。在控制电路控制下使交流市电由自耦变压器的 0~1 绕组或 0~2 绕组或 0~3 绕组输入，经稳压调节后从 0~2 绕组输出，经连接导线送到输出插座。电路中 C17、C21 及 R49 组成输出抗干扰电路，其作用是滤除 UPS 在工作时内部产生的各种杂波，防止这些杂波被输送到负载中去。

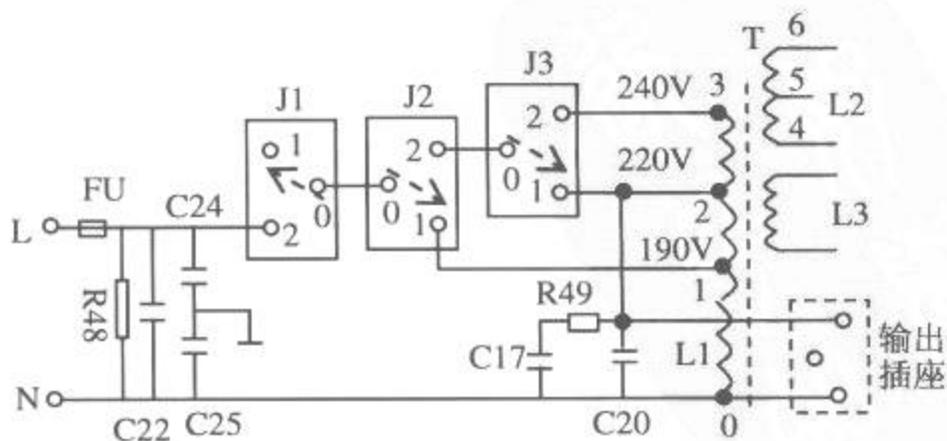


图 5-13 HENDEN H500 型 UPS 调压变压器电路原理图



当输入电压为 220V 时, 交流电通过切换开关(一般用继电器)加到自耦变压器 0~2 绕组上, 输出也从 0~2 端取出。当输入电压较低时, 加到 0~1 绕组上, 并在 0~1 绕组内有电流流过, 这一电流必将产生感应电动势, 同时在 1~2 绕组、2~3 绕组两端也产生感应电动势, 其方向为 2 正 1 负, 3 正 2 负。感应电动势的大小与各绕组的匝数成比例。这一感应电动势与原电动势叠加, 得到升高了的电压。举例说, 在 0~1 绕组中加入 180V 交流电压, 在 1~2 绕组得到 40V 交流电压, 这两个电压叠加, 在 0~2 绕组中得到的是 220V 交流电压。

当输入电压过高大于 240V 后, 输入端切换为 0~3 绕组, 自耦变压器在 0~2 绕组中的感应电压降低, 只有 220V 左右, 从输出端 0~2 绕组得到降低了的交流电压。(自耦变压器工作原理参看第 1 章变压器小节)

(2) 交流稳压调节电路的组成

交流稳压调节电路由取样电路及稳压调节电路组成。取样电路可参看图 5-10, 交流稳压调节电路由运算放大器 IC1 LM324、驱动三极管 Q3、Q4 及继电器 J2、J3 等组成, 如图 5-14 所示, 其中, D5 用于过压保护。

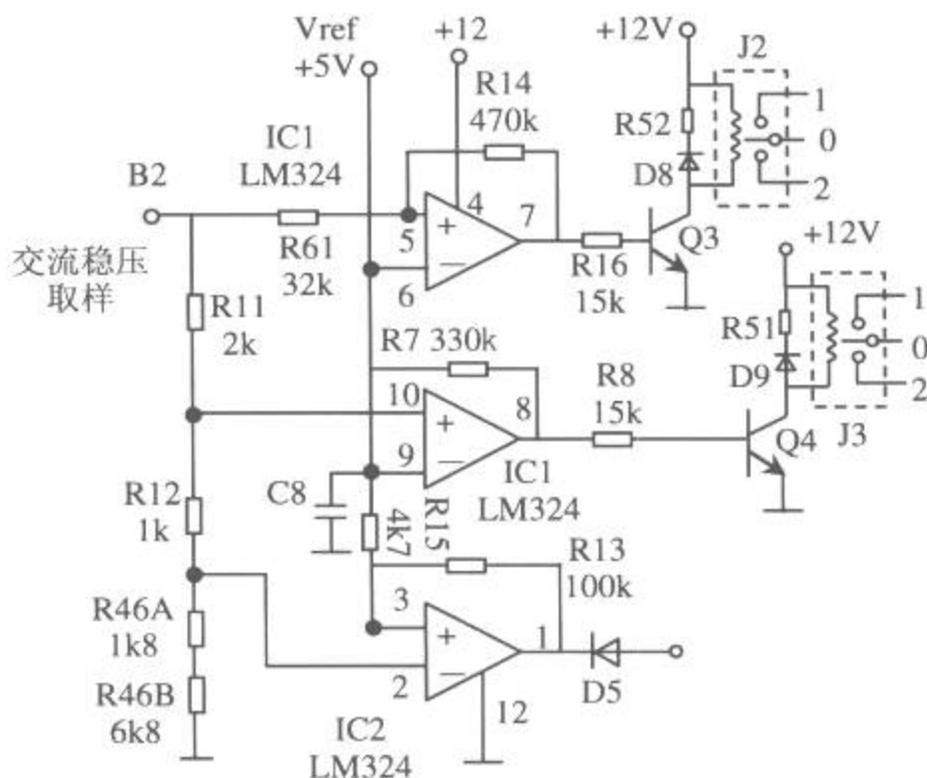


图 5-14 交流稳压调节电路

(3) 稳压调节原理

交流市电输入时, 检测电路得到的 B2 样品电压, 经三只电阻 R11、R46A、R46B 串联分压后, 成三路输出:

① 第一路经电阻 R61 加在运算放大器 IC1 LM324-5 脚, 与 IC1 LM324-6 脚基准电压比较, 从 IC1 LM324-7 脚输出比较结果, 通过电阻 R166 驱动三极管 Q3, 使其导通或截止, 控制继电器 J2 的工作。

② 第二路经电阻 R11 送入 IC1 LM324-10 脚, 与 IC1 LM324-9 脚电压比较, 从 IC1 LM324-9 脚输出比较结果, 通过电阻 R8 驱动三极管 Q4, 使其导通或截止, 控制继电器 J3 的工作。

③ 第三路经电阻 R12 送入 IC2 LM324-2 脚, 与 IC2 LM324-3 脚电压比较, 从 IC2 LM324-1 脚输出控制电压, 通过二极管 D5 加到 IC1 LM324-12 脚, 用于过压保护。



(4) 交流输出稳压调节

为方便叙述,我们以交流电压的变化情况对电路的工作过程进行分析,参考图 5-14 及图 5-13。因有交流输入,继电器 J1 吸合,在切换控制电路的作用下使 0~2 触点接通。

① 输入交流电压在 175~200V 之间时,交流输入取样电压较低,通过电阻 R61 加到 IC1 LM324-5 脚,其电压低于 IC1 LM324-6 脚电压,使 IC1 LM324-7 脚输出低电压,通过电阻 R16 后不能使三极管 Q3 导通,继电器 J2 不吸合,0~1 常闭触点通,交流市电通过 J1 的 0~2 触点与 J2 的 0~1 触点接入到调压变压器的 0~1 绕组(190V 挡)。由自耦变压器原理可知,在调压变压器的 0~2 绕组中将得到升高了的交流电压(220V),并通过插座输出。此时,继电器 J3 的状态不影响交流电的输出。

② 输入交流电压在 200~240V 之间时,IC1 LM324-5 脚经电阻 R61 得到的输入电压高于 IC1 LM324-6 脚电压,于是 IC1 LM324-7 脚输出高电压,经电阻 R16 使三极管 Q3 导通,继电器 J2 吸合,0~1 常闭触点断开,0~2 常开触点接通;与此同时,IC1 LM324-10 脚得到的输入电压还低于 IC1 LM324-9 脚电压,IC1 LM324-8 脚输出低电压,经电阻 R8 使三极管 Q 不能导通,继电器 J3 不吸合,0~1 触点通;然后,交流市电通过接通的继电器 J1 的 0~2 触点、J2 的 0~2 触点及 J3 的 0~1 触点接入调压变压器的 0~2 绕组(220V 挡),通过输出插座输出。此种情况下,调压变压器消耗功率很小。

③ 当输入交流电压高于 240V 时,继电器 J2 及 J3 均吸合,交流市电被接入调压变压器的 0~3 绕组(240V 挡),输出电压仍从 0~2 绕组输出。此时,调压变压器处于降压工作状态。

④ 若交流输入电压过低(如低于 170V),A 点电压也将过低,引起 J1 不吸合,从而会切断交流输入。此时,UPS 转入逆变工作状态或处于保护工作状态。

UPS 交流输出电压的稳压调节控制,就是通过检测电路、控制电路,改变调压变压器的工作状态来实现稳压的。不过对 HENDEN H500 型 UPS 来说,它的稳压精度不高。如果要获得更高的稳压效果,需要使用较多的继电器及调压变压器,也要设置更多的绕组。

各继电器的动作状态如表 5-2 所示。

表 5-2 各继电器的动作状态

U	J1	J2	J3	调压变压器工作状态
$U \leq 200V$	吸合 1~2 通	不吸合 1~3 通	× (任意)	升压
$200V < U \leq 240V$	吸合 1~2 通	不吸合 1~3 通	× (任意)	不升压也不降压
$U > 240V$	吸合 1~2 通	吸合 1~2 通	吸合 1~2 通	降压

从上面的分析可以看出,继电器 J1 只是起到接通电源的作用,不参与调压。在有交流供电(高于 170V)时,J1 就要吸合,以接通交流电;在无交流供电时,它不吸合,切断与外部的联系。J2 与 J3 都用于稳压调节。

5. 蓄电池充电电路

UPS 中的电池是在无交流输入的情况下为负载提供电能的电源器件。当 UPS 在逆变输出工作状态中使用一段时间后,蓄电池的电力逐渐下降,若不加以限制,将会影响逆变输出电压的稳



定,甚至造成功率管及蓄电池被损坏。为保证在下次交流断电后能为负载提供电能,必须对其进行充电以补充电能。充电是在有交流输入的情况下进行的。

(1) 蓄电池充电电路的组成

对蓄电池充电的充电电路由调压变压器中的 L3 绕组、D10~D13 整流桥、可调稳压集成组件 LM317 等组成,如图 5-15 所示。

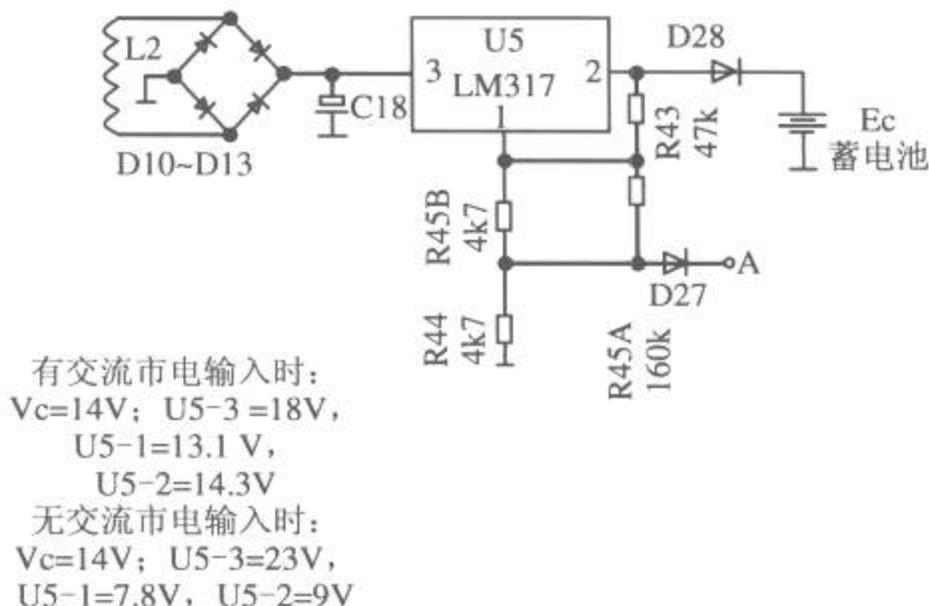


图 5-15 蓄电池充电电路

在充电电路中用了一个 LM317 元件,这是一个集成可调稳压电源组件,如图 5-16 所示为其实物图及示意图。

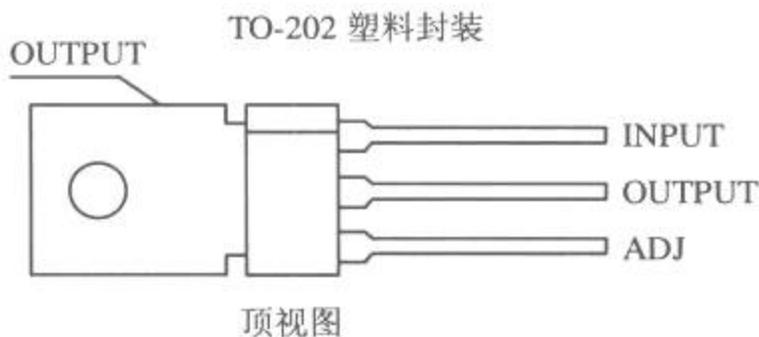


图 5-16 LM317 实物及示意图

INPUT 为输入端, OUTPUT 为输出端, ADJ 为输出电压调整控制端。其典型应用电路如图 5-17 所示。输出电压与电阻 R1 和 R2 的比值有关,当 R1 和 R2 的阻值确定后,输出电压就不变,通过调节 R2 就可调节输出电压,输出电压可调范围为 3~32V。

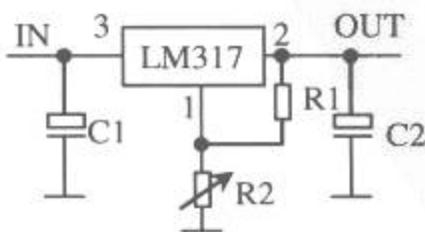


图 5-17 LM317 的典型应用电路



(2) 蓄电池充电过程

在有交流电输入的情况下，由变压器原理可知，调压变压器的 L3 绕组得到降低了的交流电压；经二极管 D10~D13 整流、C18 滤波，得到约为+18V 左右的直流电压，加到 LM317 的输入端；经 LM317 稳压后输出为 14.5V 的直流电压，经二极管 D28 隔离，对蓄电池进行充电。

在 HENDEN H500 型 UPS 中，LM317 的输出电压除由电阻 R43、R45 及 R44 的固定比值确定外，还受 D27 的影响。参看图 5-13，当无交流市电输入时，A 点为低电压，接近 0.7V，通过 D27 将 R44 的上端电压拉低到 1.4V 以下，LM317 第 1 脚电压降为 7.8V 左右，LM317 第 2 脚的输出电压降为 9V 左右。这时不能对蓄电池进行充电，因为这时 UPS 工作于逆变状态，是不能对蓄电池充电的。

6. 逆变输出电路

(1) 逆变输出电路组成

逆变输出电路由驱动电路、逆变输出功率管 Q5、Q6 和逆变功率输出变压器 T（与调压变压器合为一体）组成，Q5 和 Q6 都是与两只场效应管 IRFZ44 并联，如图 5-18 所示。

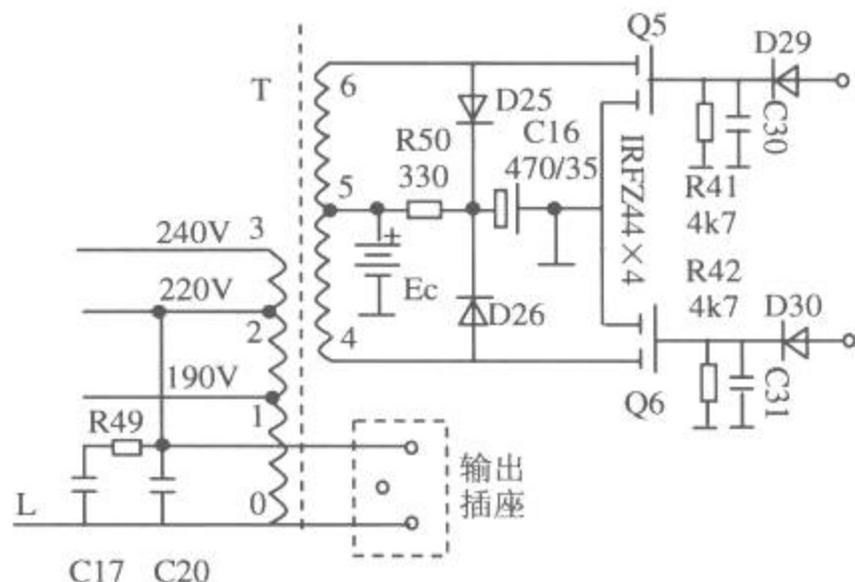


图 5-18 逆变输出电路

(2) 逆变输出电路工作原理

逆变输出电路工作原理：逆变脉冲产生电路输出极性相反的两个驱动脉冲，分别经二极管 D29 与 D30 隔离、电阻 R41 与 R42 分压、电容器 C31 与 C30 消除杂波后，加到功率管 Q5 及 Q6 的 G 极，使 Q5 与 Q6 交替导通与截止。

Q5 导通 Q6 截止时，蓄电池的电能从正极经功率输出变压器（调压变压器）的 5~6 绕组，再经导通的 Q5 流回到蓄电池负极；在 5~6 绕组有电流通过，这一电流必将产生感应电动势，并引起 0~2 绕组中也产生感应电动势，形成输出电压的正半周期。

Q5 截止 Q6 导通时，蓄电池的电能从正极经功率变换变压器的 5~4 绕组，再经导通的 Q6 流回到蓄电池负极；在 5~4 绕组中同样有电流通过，这一电流也产生感应电动势，并引起 0~2 绕组中也产生感应电动势，形成输出电压的负半个周期。

正负半周合成一个完整周期。这样，Q5 与 Q6 交替导通一次，在 0~2 绕组中就产生一个完整的交流电周期，通过输出插座送到负载。但是，这两个“正、负半周期”的电流方向是相反的。

在逆变输出时，继电器 J1 处于不吸合状态，以防止逆变输出电压被送到电网去。



电路中 C17、C21 及 R49 组成输出杂波消除电路，其作用是滤除 UPS 在工作时内部产生的各种杂波，防止这些杂波被输送到负载中去。

7. 逆变脉冲产生电路

逆变脉冲产生电路是 UPS 在无交流供电情况下逆变的控制核心，它一方面负责宽度可调的驱动脉冲的产生，另一方面检测控制逆变输出电压的稳定。在 UPS 中常见的脉宽调制器件主要有 SG3524、SG3525，这两种脉宽调制器件属于同一系列。

(1) SG3524 简介

SG3524 是专用脉宽调制组件，采用 16 脚双列直插式封装结构。它的内部结构框图如图 5-19 所示。

SG3524 的内部电路主要由 +5V 基准电压发生器、锯齿波振荡器、误差运算放大器、控制放大器、比较器、触发器、门电路及驱动管等组成。SG3524 各引脚功能定义如表 5-3 所示。

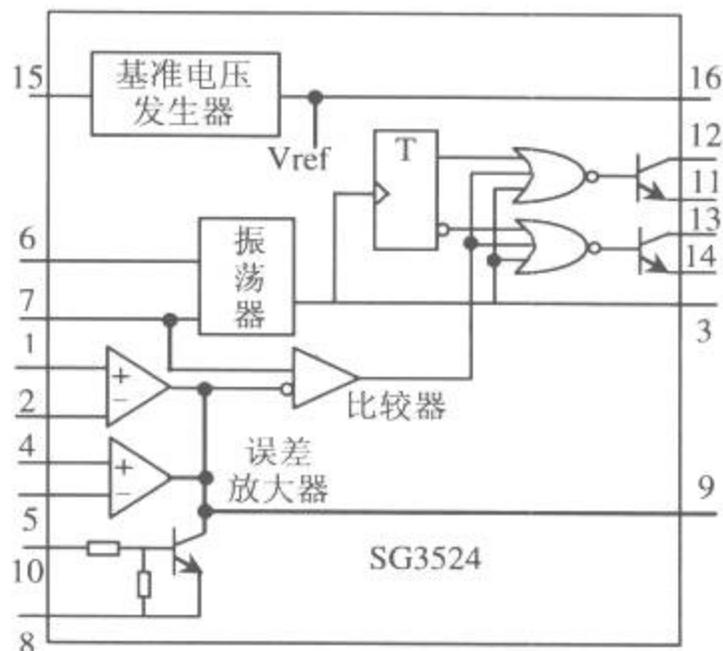


图 5-18 SG3524 内部结构

表 5-3 引脚功能定义

引脚	功能	功能定义	引脚	功能	功能定义
1	IN-	比较器反相输入端	16	REF OUT	基准电压输出端
2	IN+	比较器同相输入端	15	VCC	供电端
3	OSCOUT	锯齿波输出端	14	EMIT 2	发射极 1
4	CURRLIM+	控制比较器同相输入端	13	COL 2	集电极 1
5	CURRLIM-	控制比较器反相输入端	12	EMIT 1	发射极 2
6	RT	定时电阻	11	COL 1	集电极 2
7	CT	定时电容	10	SHUTDOWN	封锁端
8	GND	地	9	COMP	反馈放大输出端



SG3524 各引脚功能描述如下:

① 第 15 脚为供电端, 一般采用+12V 供电。

② 第 16 脚为基准+5V 电压输出端, 当 SG3524 得到正常+12V 供电进入工作状态后, 产生+5V 基准电压输出, 一路作为内部电路的电源, 另一路从第 16 脚输出。基准电压也称为参考电压。

③ 第 6、7 两脚内外电路构成锯齿波振荡器, 第 6 脚外接定时电阻 R_T , 第 7 脚外接定时电容 C_T 。振荡器的工作频率为 $f = \frac{1.3}{R_T C_T}$ 。

④ 第 1、2 两脚和第 4、5 两脚内接误差放大器, 其输入信号来自取样反馈电路, 通过内部电路控制脉冲宽度。第 1 脚电压高于第 2 脚电压时, 输出脉冲宽度变窄; 第 1 脚电压低于第 2 脚电压时, 输出脉冲宽度变宽。在这里, 可以通过调整功率输出管的导通时间调整输出电压的大小。第 4 脚与第 5 脚作用与第 1、2 两脚作用相同。

⑤ 第 10 脚为死区控制端, 又称为封锁端。当该脚电压高于 1.4V 时, SG3524 不输出驱动脉冲。

⑥ 第 9 脚用于补偿。该脚电压低于 0.7V 时, 封锁 SG3524 脉冲的输出。当第 10 脚电压为高电压时, 从第 9 脚输出约 0V 低电压; 当第 10 脚电压为低电压时, 从第 9 脚输出约 1.8V 高电压。

⑦ 12、11 两脚和 13、14 两脚分别为内部的两个驱动管的集电极和发射极。SG3524 内部产生的逆变驱动脉冲可以从集电极输出, 也可以从发射极输出, 不同的机型有不同的用法。大多数机型从发射极输出。

(2) 逆变驱动脉冲的产生

SG3524 在 HENDEN H500 型 UPS 中的应用电路如图 5-20 所示。

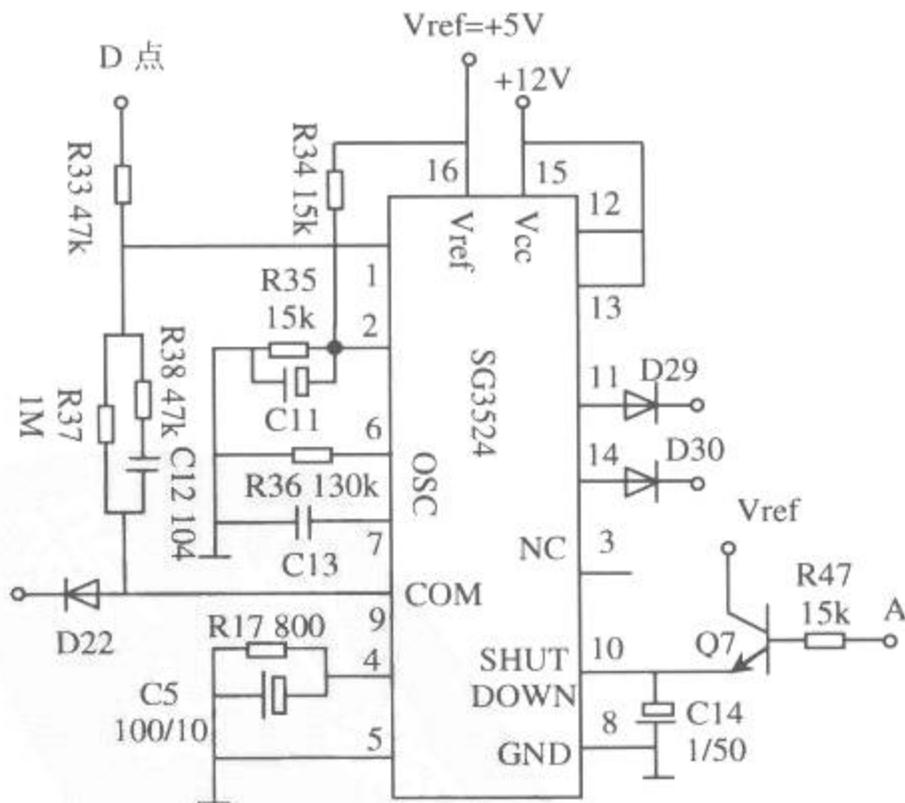


图 5-20 SG3524 在 HENDEN UPS 中的应用电路

SG3524 工作过程: SG3524 第 15 脚得到+12V 供电后, 内部产生+5V 基准电压, 供给内部电路使用, 并从第 16 脚输出基准+5V 电压供外电路使用; 6、7 两脚内外振荡电路开始工作产生



锯齿波，锯齿波分两路输出：一路送到内部电压比较器的反相输入端，与同相输入端的信号相比较。当同相输入端电压高于反相输入端电压时，比较放大器才有输出，且形成矩形波电压，反之，则没有输出；另一路在内部送到触发器，被分解为两个相位相差 180° 的矩形脉冲 VQ 和 \overline{VQ} 。这两个相反的矩形脉冲与从电压比较放大器来的矩形脉冲同时送到两个与非门中。在与非门中相与后，分别输出相位相差 180° 的两个脉冲，再分别经内部的两个三极管进行功率放大后输出。

从上述原理中可看出，SG3524 第 9 与 SG3524 第 10 两脚都能用来控制驱动脉冲的输出。SG3524 第 1 与 SG3524 第 2 脚、SG3524 第 4 与 SG3524 第 5 脚的电压差调整脉冲的宽度。

SG3524 第 1 脚电压高于 SG3524 第 2 脚电压时，输出脉冲宽度为 0，即不输出脉冲；SG3524 第 4 脚电压低于 SG3524 第 5 脚电压时，SG3524 也不输出脉冲。

刚开机时，无论有无交流市电输入，因 V_{ref} 通过电阻 R6 对 C2 的充电作用，IC1 LM324-12 脚的电压不能立即升高，使其暂时处于低电压（即使在开机前有交流市电输入，该处电压也不能立即升高）。因此 IC1 LM324-14 脚输出低电压，即 A 点为低电压。该低电压通过 R47 使 Q7 截止，SG3524 第 10 脚为低电压，不影响 SG3524 输出驱动脉冲。与此同时，D22 负端为高电压，不影响 SG3524 第 9 脚电压，也不影响 SG3524 输出驱动脉冲。因此，SG3524 可从 11 及 14 两脚输出驱动脉冲，经 D29、D30 隔离后驱动功率输出管 Q5 及 Q6 工作，从而使 UPS 工作于逆变状态。

如果没有交流市电输入，A 点持续为低电压，UPS 就工作于逆变状态；如果有交流市电输入，通过检测比较电路将 A 点置为高电压，再通过 R47，使 Q7 导通，使 SG3524 第 10 脚获得高电压，封锁了驱动脉冲输出，停止了逆变输出，UPS 切换为交流输出状态。

从这里可以看出，后备式 UPS 在刚开机时先工作于逆变状态，然后才根据市电输入检测电路检测结果，确定工作状态。

8. 逆变输出稳压控制电路

(1) 逆变输出稳压控制电路组成

逆变输出稳压控制电路由逆变输出检测电路、比较控制电路、逆变输出电路等组成。

① 逆变输出检测电路由变压器 T 的 L3 绕组（又称为取样绕组）、整流桥 D23、D24、D10、D11 等组成，如图 5-21 所示。

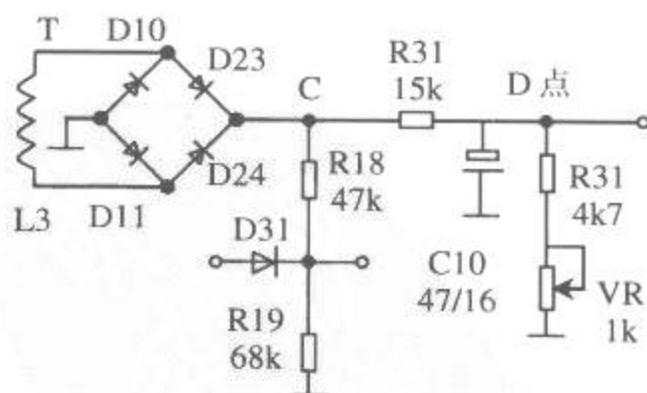


图 5-21 逆变输出检测电路

在逆变工作模式下，逆变功率管 Q5、Q6 交替导通与截止（参考图 5-18）。逆变输出变压器 T 中 L3 的 5~6 与 5~4 绕组中流过正反两个方向的电流，通过变压器在 L1 中得到输出电压并输出。同时在 L3 绕组必将产生感应电压（取样电压），感应电压的大小由绕组匝数比例确定，反映



了 L1 中的输出电压大小。取样电压经整流桥 D23、D24、D10、D11 整流后得到不稳定的直流电压（约 14V），经电阻 R31 和电容器 C10 限流滤波后，由电阻 R32 和 VR 分压，获得样品电压，通过电阻 R33 送到比较控制电路（SG3524 第 1 脚），用作稳压控制的输入信号。送入到 SG3524 第 1 脚的电压高低，反映了逆变输出电压的高低。正常情况下，C 点电压约为 14V 左右。

② 比较控制电路。比较控制电路由 SG3524 的内外电路构成，如图 5-22 所示。

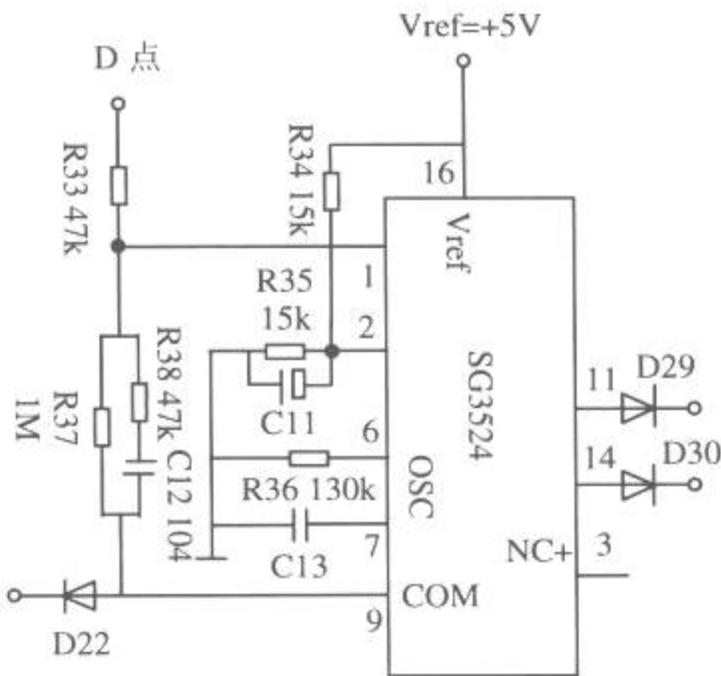


图 5-22 比较控制电路

(2) 比较控制电路工作过程

样品电压经电阻 R33 送到 SG3524 第 1 脚，与 SG3524 第 2 脚参考电压在内部进行比较。SG3524 第 2 脚参考电压由电阻 R34、R35 对 $V_{ref}=+5V$ 串联分压获得，约 2.5V。当 SG3524 第 1 脚电压升高（即逆变输出升高）时，比较的结果使内部输出的误差电压减小，从而调整脉冲宽度变短，通过缩短驱动管的导通时间降低输出电压；当 SG3524 第 1 脚电压降低（即逆变输出降低）时，比较的结果使内部输出的误差电压增大，从而调整脉冲宽度加宽，通过增加驱动管的导通时间来升高输出电压。

其稳压控制过程可简述如下：逆变输出电压升高→L2 交流电压升高→C10 两端电压升高→SG3524 第 1 脚电压升高→SG3524 第 11 及 SG3524 第 14 输出脉冲宽度缩窄→驱动管 Q5、Q6 导通时间缩短→逆变输出电压降低。当输出电压降低时，其稳压过程与之相反。

9. 蓄电池电压检测及自动保护电路

蓄电池在逆变输出工作状态下工作一段时间后，电力逐渐下降。当电力下降后，如果逆变时间过长，会造成蓄电池过度放电而损坏。为此，UPS 中都设置了蓄电池电压检测和保护电路，当蓄电池电力下降到临界放电电压时，由检测电路输出保护控制信号控制逆变电路，停止逆变工作，防止蓄电池过度放电而损坏。

(1) 蓄电池电压检测及自动保护电路的组成

蓄电池电压检测电路以运算放大器 LM324 为核心，在 HENDEN H500 型 UPS 中的具体应用电路如图 5-23 所示。

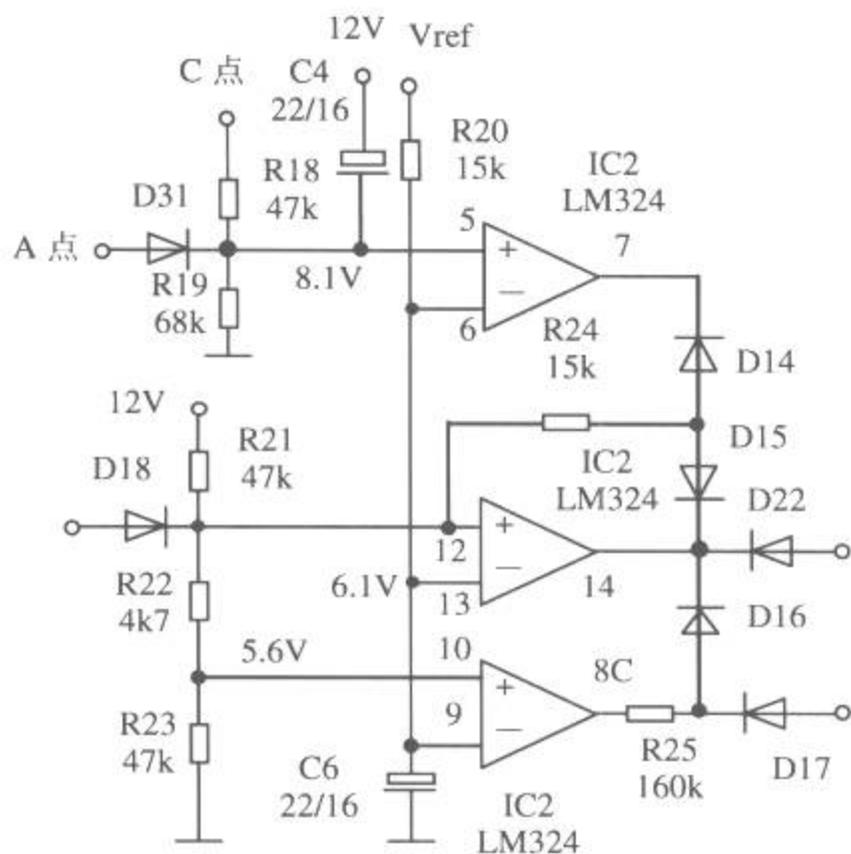


图 5-23 蓄电池检测及保护电路

(2) 蓄电池电压检测及自动保护电路的工作过程

蓄电池电力充足时，其电压经电阻 R21、R22、R23 分压，得到约 6.3V 和 5.8V 的电压，分两路分别加在 IC2 LM324-10 脚和 IC2 LM324-12 脚。这两点电压随蓄电池放电呈逐渐下降趋势。

第一路分压电压加到 IC2 LM324-10 脚，与 IC2 LM324-9 脚电压相比较。当蓄电池使用一段时间后，蓄电池电压下降，IC2 LM324-10 脚电压随之下降，IC2 LM324-8 脚输出电压也逐渐下降。这一逐渐下降的电压变化通过电阻 R25、二极管 D17 送到状态显示及报警电路。

第二路分压电压加到 IC2 LM324-12 脚，与 IC2 LM324-13 脚电压相比较。当蓄电池电压下降到临界电压后，IC2 LM324-12 脚电压低于该脚参考电压，IC2 LM324-14 脚输出低电压，分两路输出：一路经 D22，使 SG3524 第 9 脚电压箝位在 0.7V 以下，封锁 SG3524 逆变驱动脉冲输出，迫使逆变工作停止，从而保护蓄电池；第二路经 D16 和 D17 送到状态显示及报警电路。

10. 工作状态指示及报警电路

工作状态指示及报警电路以集成电路 NE555 为核心，外接阻容元件组成低频变频信号发生器，以推动发光二极管及压电蜂鸣器产生报警信号。

(1) NE555 功能简介

NE555 集成电路是一种定时电路，也称 555 时基电路，是一种将数字电路和模拟电路综合在一起的时基集成电路。它的功能很强，适用范围很广，外接少量阻容元件就可以构成不同用途的脉冲产生电路或定时电路，如多谐振荡器、单稳态电路及施密特触发器等。555 时基电路有 TTL 型的 (NE555)，也有 CMOS 型的 (CC7555)，两者在电路构成及功能上完全相同。

NE555 的内部电路主要由两个高精度电压比较器、R-S 触发器、放电管及非门构成，如图 5-24 所示为 NE555 内部结构图，各引脚功能如表 5-4 所示。

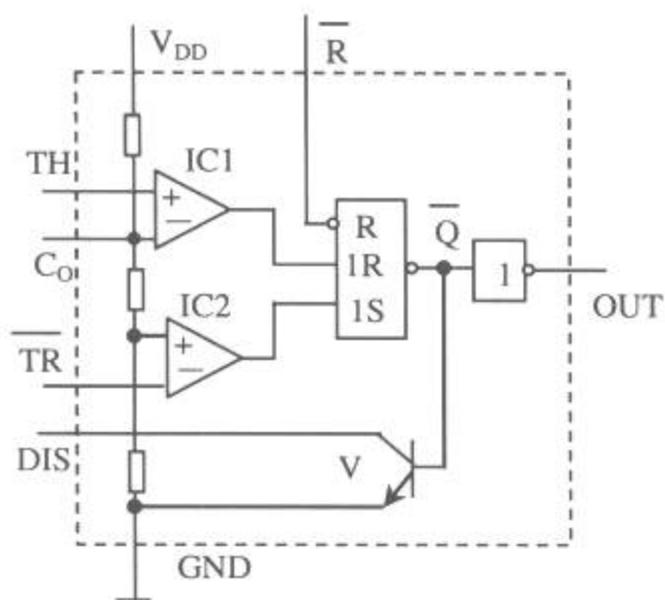


图 5-24 NE555 内部结构框图

表 5-4 NE555 引脚功能

引脚	功能	功能定义	引脚	功能	功能定义
1	GND	接地端	5	C _O	电压控制端
2	$\overline{\text{TR}}$	低触发端	6	TH	高触发端
3	OUT	输出端	7	DIS	放电端
4	$\overline{\text{R}}$	复位端	8	V _{CC}	供电端

① 电压比较器 IC1、IC2 是两个完全相同的高精度比较器，三个分压电阻 R 对电源 V_{DD} 分压，使比较器 IC1 的反相输入端电压为 2V_{DD}/3，比较器 IC2 的同相输入端电压为 V_{DD}/3。当高触发端 (TH) 电压大于 2V_{DD}/3，低触发端 ($\overline{\text{TR}}$) 电压低于 V_{DD}/3 时，IC2 输出高电压。C_O 用于从外部设定两个比较器的参考电压。IC1 与 IC2 的输出送到内部的 RS 触发器。

② 触发器，RS 触发器有三个输入端和两个输出端。输入端中一个是 R 端，一个是 S 端，另一个是复位端 $\overline{\text{R}}$ ；输出端有 Q 端和 $\overline{\text{Q}}$ 端。触发器的最大特点是有记忆功能，其状态变化如下：
 当 IC1=1，IC2=0，即 R=1，S=0 时，触发器 $\overline{\text{Q}}$ 端输出高电压，OUT (输出端) 输出低电压。
 当 IC1=0，IC2=1，即 R=0，S=1 时，触发器 $\overline{\text{Q}}$ 端输出低电压，OUT 输出高电压。
 当 IC1=0，IC2=0，即 R=0，S=0 时，触发器 $\overline{\text{Q}}$ 端保持原状态不变。

$\overline{\text{R}}$ 为复位端，如果 $\overline{\text{R}}=0$ ，触发器 $\overline{\text{Q}}$ 端输出为 1，OUT 输出低电压。平时工作状态下， $\overline{\text{R}}$ 应接高电压。

③ 非门是一种数字电路，在逻辑功能上，它的输出状态由输入状态决定。简单讲，就是输入为高电压时，输出为低电压；输入为低电压时，输出为高电压。

(2) 工作状态指示及报警电路的工作过程

下面我们以 NE555 在 UPS 中构成多谐振荡器的用法对工作状态指示及报警电路的工作过程作简要分析。利用 NE555 构成多谐振荡器的电路如图 5-25 所示。

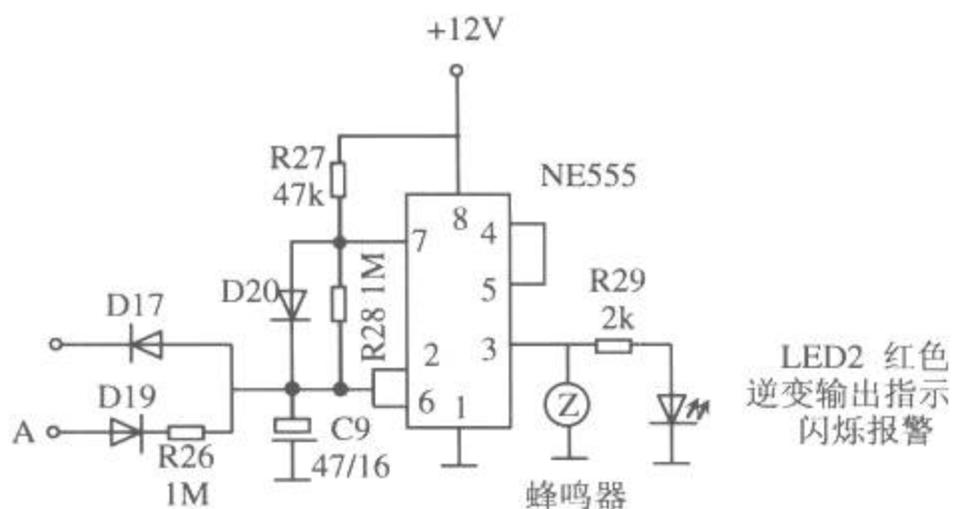


图 5-25 蜂鸣报警电路

从图中可以看出, NE555 第 4 脚复位端与第 5 脚相连, 利用内部的参考电压使复位端始终为高电压。

01 刚接通电源时, 电容器 C_9 两端电压 U_C 为 0 (TH 为 0), 内部放电管不导通, NE555 第 3 脚输出为高电压, 电路处于第一稳态。

02 之后, +12V 电压通过电阻 R_{27} 与 R_{28} 对电容器 C_9 进行充电。随充电进行, C_9 两端电压 (U_C) 逐渐升高。当 NE555 第 6 脚电压 (U_C) 大于等于 $2V_{DD}/3$ 后, 内部比较器 IC1 输出高电压, RS 触发器翻转置 0, \bar{Q} 为高电压, 内部放电管 V 导通, 经非门使 NE555 第 3 脚输出为低电压, 电路进入第二稳态。

03 电容器 C_9 通过电阻 R_{18} 及内部放电管开始放电, U_C 下降, 当 $U_C \leq V_{DD}/3$ 时, 触发器置 1, \bar{Q} 为低电压, 内部放电管断开, NE555 第 3 脚输出高电压, 电路又回到第一稳态。

04 电源电压再次通过电阻对 C_9 充电, 以后重复上述过程, 从而产生脉冲信号。NE555 第 3 脚输出的脉冲信号直接推动发光二极管及压电蜂鸣器产生报警信号。其工作波形如图 5-26 所示。

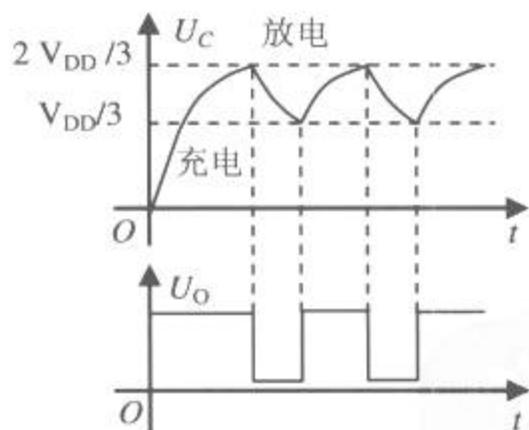


图 5-26 NE555 用作多谐振荡器工作波形图

综上所述, 当蓄电池电压充足时, D_{17} 截止, NE555 以较低频率输出报警信号。当蓄电池电压逐渐下降时, D_{17} 负端电压也下降, 逐渐改变 C_9 上的电压 (渐低), 进而改变 NE555 的充放电时间常数, 使 NE555 输出脉冲的频率逐渐升高, 驱动第 3 脚以越来越快的频率输出报警信号。因此, 蜂鸣器的蜂鸣频率逐渐加快, 指示灯闪烁速度加快, 从而提醒操作人员注意。当蓄电池电压下降到临界电压后, 经 D_{17} 将 NE555 集成电路的第 2 和第 6 脚电压箝位在 1.4V 左右, NE555 集成电路的第 3 脚便输出高电压, 红色指示灯常亮, 蜂鸣器长鸣, 这是提示操作人员要关

掉 UPS。当 A 点为高电压时，通过 D19、R26 使 C9 两端维持高电压，内部放电管持续导通，NE555 第 3 脚输出电压，不产生报警信号。

通过蜂鸣及指示灯电路的情况，我们可以方便地了解 UPS 的当前工作状态，为正确使用及维护 UPS 提供了方便。

11. 保护电路

保护电路主要包括过压保护电路、欠压保护电路和过流保护电路等。

(1) 交流输入过压保护电路分析

交流输入过压保护电路主要由取样电路、比较控制电路、驱动切换电路等组成，如图 5-26 所示。

取样电路参看图 5-10。比较控制电路参看图 5-11。

过压保护过程如下：

当输入交流电压过高时，经 D1、D2、D34、D35 桥式整流得到取样电压 B2（参看图 5-10），经电阻 R11、R12、R46 串联分压后被送到 IC2 LM324-2 脚，与 IC2 LM324-3 脚参考电压比较。如果输入电压过高（IC2 LM324-2 脚电压高于 IC2 LM324-3 脚），会使 IC2 LM324-1 脚输出低电压，通过 D5 使 IC1 LM324-12 脚输入电压低于 IC1 LM324-13 脚电压，IC1 LM324-14 脚输出低电压（参看图 5-11）；经 D6 使 IC1 LM324-3 脚电压低于 IC1 LM324-3 脚基准电压，从 IC1 LM324-1 脚输出低电压；又通过 D32 使三极管 Q2 截止，继电器 J1 不能吸合，触点 0~2 断开（参考图 5-12），切断交流输入通路（参考图 5-13），从而起到输入电压过高时的保护作用。与此同时，通过 Q7 启动逆变电路（见图 5-20）；通过 D19 启动报警电路（见图 5-25）。

图 5-27 中的 R46A 和 R46B 用于起控点的调整，在有些机型中，该电阻采用可调电阻。

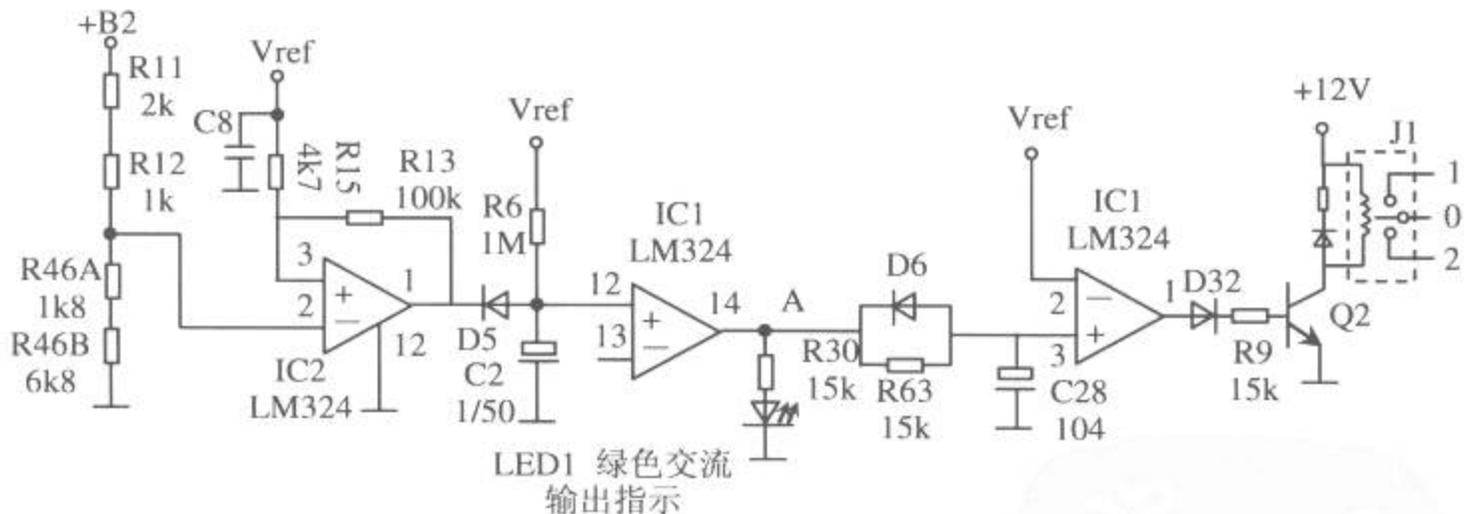


图 5-27 交流输入过压保护电路

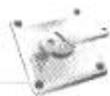
当输入电压超过 270V 时，在交流输入端并接的 R48 将被击穿短路，并熔断保险，切断交流输入，从而起到过压保护的作用。

(2) 交流输入欠压保护电路分析

当交流输入电压过低时，UPS 将从交流输出状态切换到逆变输出工作状态，参考“交流输出与稳压调节电路”一节。

(3) 蓄电池电压过低保护电路分析

蓄电池电压过低保护电路分析参考“蓄电池电压检测及自动保护电路”一节，这里不再赘述。



(4) 逆变输出过流（欠压）保护电路分析

逆变输出过流（欠压）保护电路主要由逆变输出稳压取样电路、控制电路及逆变脉冲产生电路组成，如图 5-28 所示。

过流（欠压）保护电路保护过程如下：

当输出端发生短路或负载过重时，在逆变输出变压器的 L2 绕组（取样绕组）中得到的感应电压将会大幅降低，经 D23、D24、D10、D11 整流后得到的取样脉动电压也将大幅降低；再由电阻 R18 及 R19 分压送到 IC2 LM324-5 脚，与 IC2 LM324-6 脚参考电压相比较，输出低电压；经 D14、R24 使 IC2 LM324-12 脚电压低于 IC2 LM324-13 脚参考电压，于是从 IC2 LM324-14 脚输出低电压。这一低电压分两路输出。一路经 D22 将 SG3524 第 9 脚电压箝位在 0.7V 以下，封锁 SG3524 第 3 脚逆变脉冲的输出，迫使逆变器停止工作，从而起到保护作用；第二路经 D16、D17 启动报警电路工作，提醒操作人员，提示有故障。此时，逆变器处于既无逆变输出，也无交流输出的保护工作状态。

电容器 C4 的作用。在开机瞬间，+12V 电源电压对电容器 C4 充电，使 IC2 LM324-5 脚电压处于高电压状态，从 IC2 LM324-7 脚输出高电压，不影响 IC2 LM324-14 脚的输出状态。如果没有 C4 的充电作用使 IC2 LM324-5 脚维持高电压，就会在开机时，通过 D14 使得 IC2 LM324-14 脚处于低电压，误启动报警电路并封锁 SG3524 输出，使 UPS 不能正常工作。当 UPS 开始工作后，L2 绕组中得到了感应电压，经 R18 送入 IC2 LM324-5 脚，维持 IC2 LM324-7 脚高电压，防止产生误动作。

在开机瞬间，Vref 电源通过电阻 R20 对电容器 C6 充电，使 IC2 LM324-6 脚、IC2 LM324-13 脚及 IC2 LM324-9 脚为低电压，其结果使 IC2 LM324-14 脚、IC2 LM324-8 脚输出高电压，防止误动作。当充电结束后，IC2 LM324-5 脚恢复为低电压，IC2 LM324-7 脚输出低电压，将 D14 正极端箝位在 0.7V 左右，并通过电阻 R24 对 IC2 LM324-12 脚的电压进行分压，使 IC2 LM324-12 脚的电压降低到约 2.9V 左右，IC2 LM324-10 脚电压降低到约 2.6V 左右。通过比较放大器，使 IC2 LM324-14 脚及 IC2 LM324-8 脚均输出低电压。

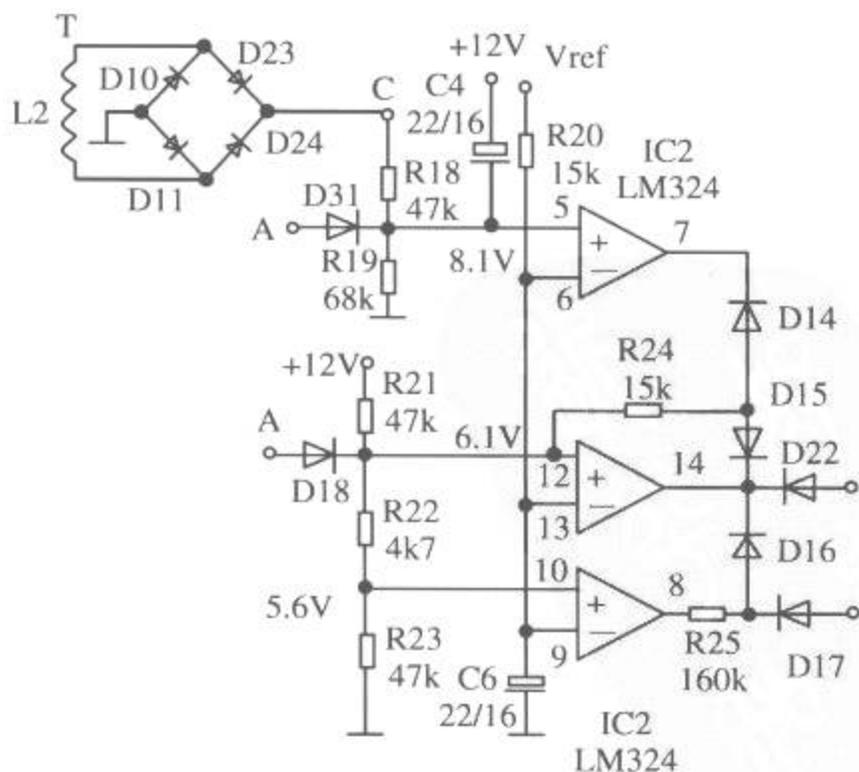


图 5-28 逆变输出欠压及过流保护电路



(5) 逆变输出过压保护电路分析

逆变输出过压保护通过稳压控制电路和过流保护电路来实现，参看图 5-20 及图 5-21。当逆变输出电压超过调压范围后，通过电阻 R33 使 SG3524 第 1 脚电压大于第 2 脚电压，使 SG3524 输出脉冲宽度为 0，也就是不输出逆变驱动脉冲，停止逆变工作。此时，逆变输出变压器 L2 绕组将不再有感应电压，于是启动过流保护电路工作，从而达到保护目的。

5.3

后备式 UPS 电路检修

我们以 HENDEN H500 型 UPS 为例，介绍后备式 UPS 的检修。

5.3.1 交流输入检测电路的检修方法

1. 交流输入检测电路故障分析

交流输入检测电路发生故障时，UPS 在交流输入正常的情况下，不能切换为交流供电，只能工作于逆变状态；逆变输出指示灯闪烁，蜂鸣器报警。造成该故障的原因是，控制电路有损坏或不良元件，不能检测到有交流市电输入。

2. 交流输入检测电路的检修方法

参看图 5-10。在对交流输入检测电路进行检修时，首先要为 UPS 提供正常的交流供电，在检修的过程中，还要接入一小功率负载，通常接入一只 60W 的白炽灯泡。为节约蓄电池的电能，也可以暂时不接负载。

对交流输入检测电路故障的检修方法为：

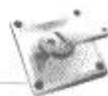
❶ 在不开机的情况下，检查保险管是否完好。如果发现保险管熔断，要按短路故障进行处理，不可直接更换保险管就开机，否则，有可能造成保险管再次损坏。若保险管完好，则可以开机进行下一步检测。

❷ 开机后检查 B1 点电压是否正常，该点电压是交流市电通过两个限流电阻 R56 后，由桥式整流得到的，若不正常，说明以上元件有故障。由于大多数后备式 UPS，无论开机与否，只要接通交流市电，该部分电路就始终工作，长期工作就有可能造成这几个元件损坏。若有损坏元件，直接更换损坏元件即可。这里，还要提醒一下，有时，元件并无损坏，而是线路不通造成的，尤其是接插件接触不良，要事先做个检查，以免多走弯路。

❸ 检查 LM393-6 脚电压是否正常。后备式 UPS 采用 LM393 运算放大器作检测部件，LM393-6 脚是样品电压输入端。该脚输入电压不正常，是不能检测到有交流输入电压的。若该脚电压不正常，则可以肯定是电阻 R1 开路损坏，可以直接更换。

❹ 若 LM393-6 脚电压正常，接下来检查 LM393-7 脚电压是否正常（应为低电压）。若为 LM393-7 脚高电压，则是 LM393 损坏。

❺ 检查 LM393-1 脚电压是否正常。若 LM393-1 脚为高电压正常，可以肯定是 IC1 LM324 损坏。若 LM393-1 脚为低电压，则可能有四方面原因。一是电容 C2 短路，引起该点电压过低；二是交流输入过压保护电路动作；三是 LM393 损坏，不能输出高电压；四是 IC1 LM324 损坏。



致使 IC1 LM324-14 脚不能输出高电压。

06 检查电容器 C2 是否短路。需要将 C2 拆下来进行检查。

07 检查过压保护电路是否动作。检测 D5 负端是否为低电压，若 D5 负端为低电压，表明是过压保护电路动作。

08 若第 6、7 步检查正常，脱开 IC1 LM324-12 脚，重复检查 LM393-1 脚电压是否恢复正常，若恢复正常，则是 IC1 LM324 损坏，否则，则是 LM393 损坏。

3. 交流输入检测电路的检修流程

交流输入检测电路的检修流程如图 5-29 所示。

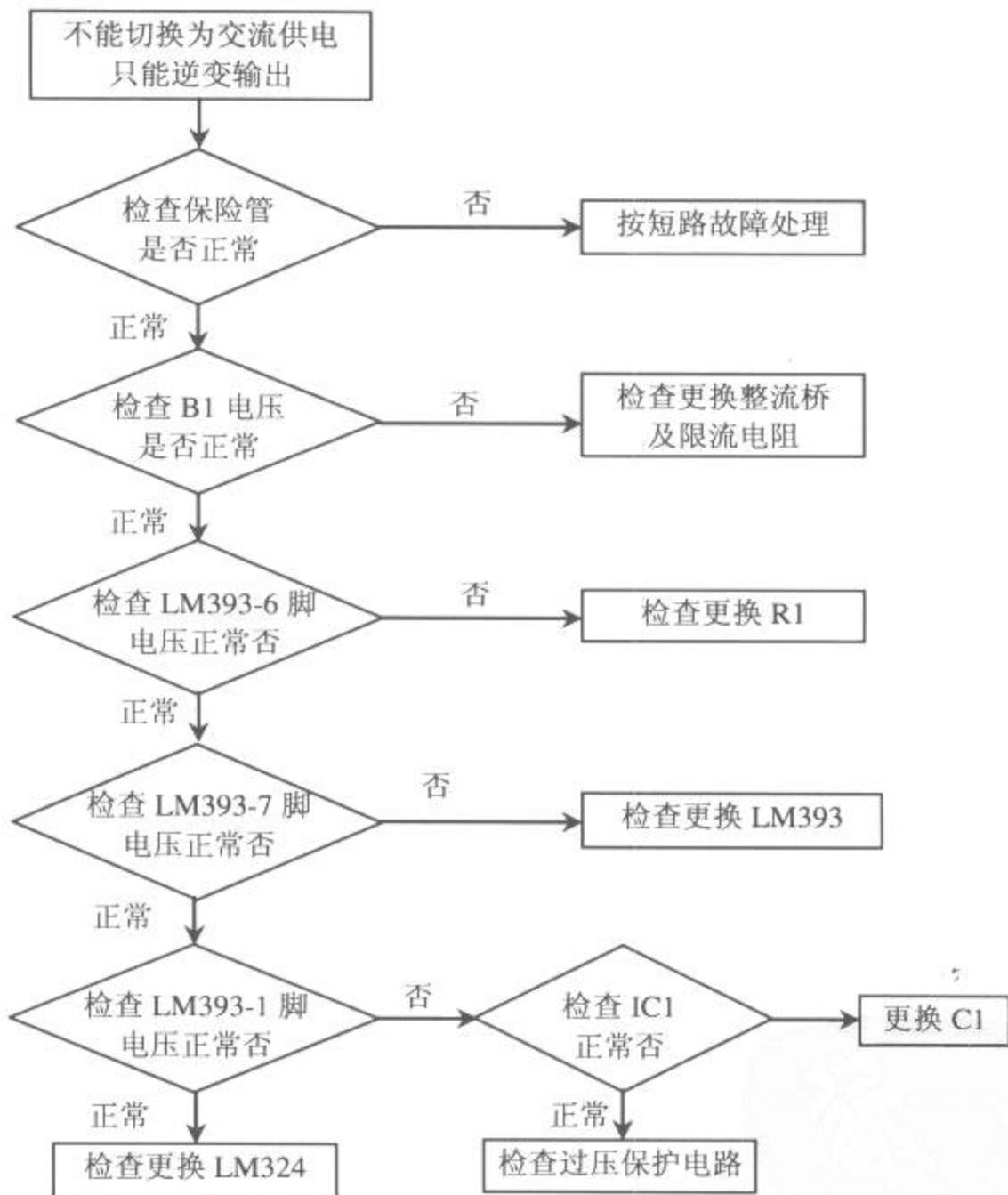


图 5-29 交流输入检测电路检修流程

5.3.2 交流输入切换控制电路的检修方法

1. 交流输入切换控制电路故障分析

参考图 5-12。交流输入切换控制电路发生故障时，交流输出指示灯亮，UPS 工作于交流输出状态，但无输出。从故障现象上看，交流输出指示灯能点亮，表明交流输入检测电路是正常的。



产生该故障的原因可能是继电器 J1 不能吸合。Q2 饱和导通是继电器 J1 吸合的必要条件，只有 J1 吸合时，其 1~2 触点接通，才能将交流市电接入调压变压器，并从输出插座输出。否则，交流市电不能送到调压变压器，导致 UPS 无输出。

2. 交流输入切换控制电路的检修方法

交流输入切换控制电路的检修方法如下：

① 检查三极管 Q2 的集电极电压是否正常。若 Q2 集电极电压为正常低电压时，说明继电器 J1 接触不良或损坏，直接更换即可。继电器线圈开路、触点粘连是多发故障，尤其是在电力不正常的地区。触点烧蚀引起接触不良是经常发生的。若 Q2 集电极为高电压，说明该三极管处于截止状态。

② 检查三极管 Q2 的基极电压。若发现 Q2 基极电压为 0.7V 左右，说明 Q2 损坏；若 Q2 基极电压为 0V，表明故障还在前级。

③ 检查 IC1 LM324-1 脚是否为高电压，该脚输出高电压是三极管饱和导通的驱动源。若所测结果为高电压，说明 D32 或 R9 开路，可检查更换；若 IC1 LM324-1 脚为低电压，表明运算放大器没有工作或损坏。

④ 检查 IC1 LM324-3 脚是否为高电压。该脚若有高电压（要大于 IC1 LM324-3 脚），可以肯定 IC1 LM324 损坏；若为低电压，检查更换电容器 C28、电阻 R63。

3. 交流输入切换控制电路的检修流程

交流输入切换控制电路的检修流程如图 5-30 所示。

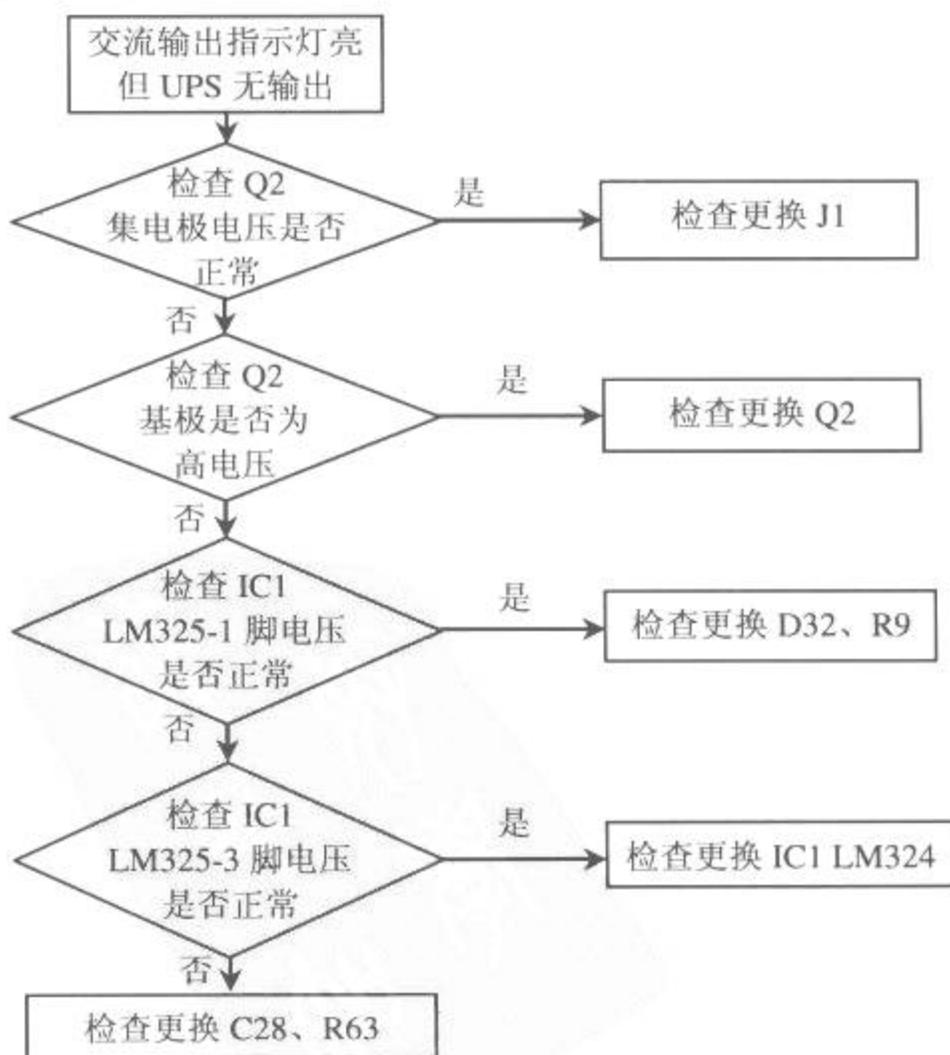


图 5-30 交流输入切换电路检修流程



5.3.3 交流稳压调节电路的检修方法

1. 交流稳压调节电路故障分析

稳压调节电路发生故障时, UPS 可以工作在交流输出状态, 但输出电压不正常, 不是偏高就是偏低。当输出过高时, 还会引起过压保护电路动作, 产生既无交流输出, 也无逆变输出的故障, 同时 UPS 发出报警。从稳压控制电路上来分析, 发生该故障的原因有两个方面: 一是取样及控制电路不良, 二是继电器 J2 及 J3 不能正常工作。若输入电压超过 265V, 输出电压将超过 290V, 这对负载是个很大的危险。若输出电压偏低约 20V, 原因是 J3 吸合; 若输出电压偏高约 20V, 原因是 J2 没有吸合。

● 注 意

交流输入电压过低引起的输出偏低不属于故障。

2. 交流稳压调节电路的检修方法

(1) 对于输出电压偏高的检修方法
输出电压偏高的检修方法如下:

- 01 首先检查继电器 J2 是否正常。
- 02 检查 Q3 是否正常。
- 03 检查 IC1 LM324-7 脚电压是否正常。
- 04 检查 B2 电压是否正常。

(2) 对于输出电压偏低的检修方法
输出电压偏低的检修方法如下:

- 01 首先检查继电器 J3 是否正常。
- 02 检查 Q4 是否正常。
- 03 检查 IC1 LM324-8 脚电压是否正常。
- 04 检查 B2 电压是否正常。

(3) 交流输出过压保护电路的检修方法
交流输出过压保护电路的检修方法如下:

- 01 首先检查 B2 电压是否正常。
- 02 检查 IC2 LM324-2 脚电压是否正常。
- 03 检查 D5 是否正常。

3. 交流稳压调节电路的检修流程

交流稳压调节电路的检修流程如图 5-31 和图 5-32 所示。



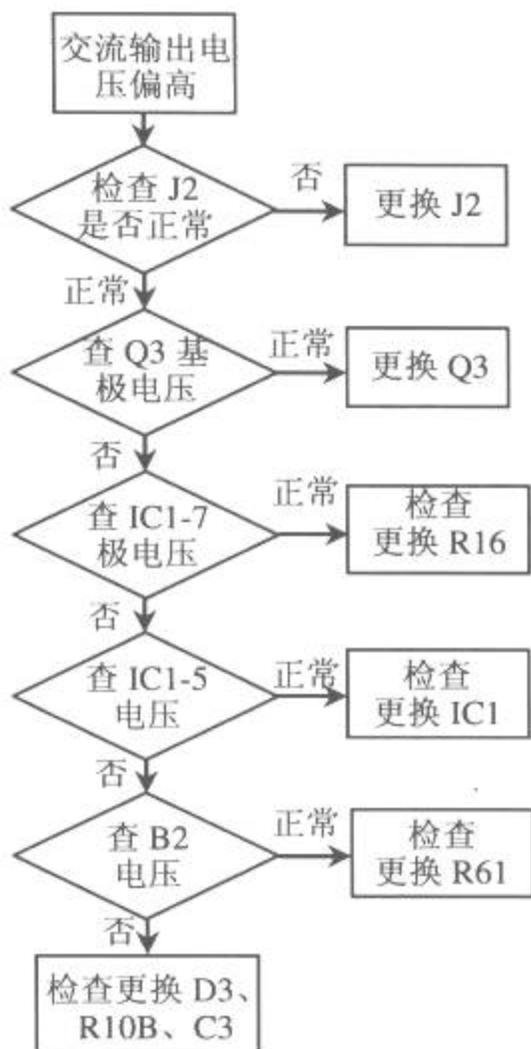


图 5-31 交流输出偏高检修流程

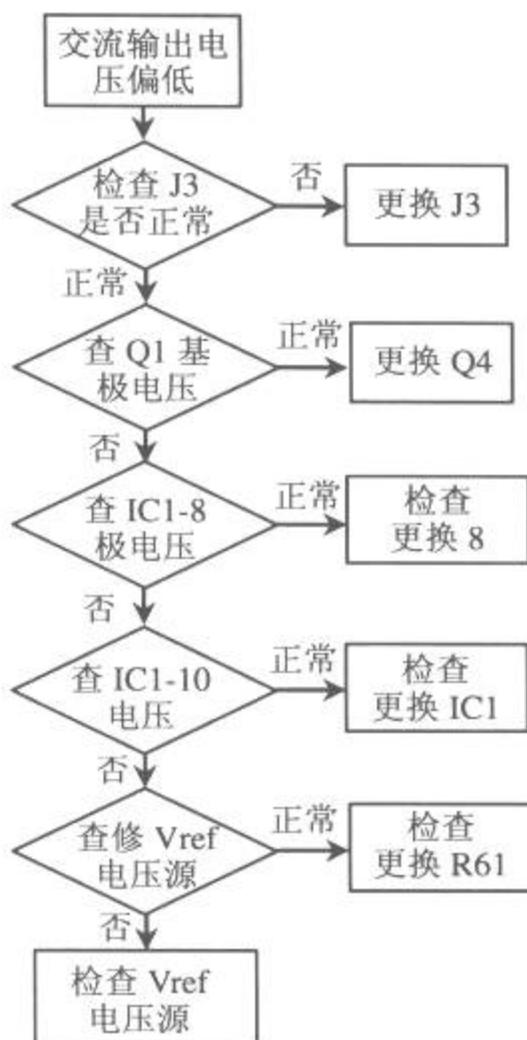


图 5-32 交流输出偏低检修流程

5.3.4 蓄电池充电电路的检修

1. 蓄电池充电电路故障分析

蓄电池由于长时间使用，电能消耗较大又不能补充，久而久之，UPS 表现出开机后不能逆变，处于保护状态，大多数根本不能开机。蓄电池充电电路发生故障后，在电池电压充足的情况下不影响 UPS 的正常工作。在维修中若发现蓄电池电压过低，就必须对充电电路检查，防止再次损坏蓄电池。

2. 蓄电池充电电路的检修方法

一般来讲，蓄电池电压过低时，UPS 不能顺利开机。这时，我们首先要想法让 UPS 工作起来，才能进行下一步检修。当确定蓄电池电压过低后，在接入交流市电的情况下可另找一个蓄电池替代故障蓄电池使 UPS 开机。也可以不使用蓄电池，而将继电器 J1 的 1~2 触点瞬间接通一下（这两点与电网直接相连，要注意安全）即可开机，这就是人为开机，或强制开机。

参看图 5-15。对蓄电池充电电路的检修方法如下：

01 人为开机后，测量蓄电池充电正极电压是否正常。测量时要从蓄电池正极上拔掉插接线，否则，所测结果将是蓄电池的电压，不能反映出故障。若充电电压正常，对 UPS 其他功能检查无误后即可结束检修。

02 检查 LM317 输出端第 2 脚电压是否正常。若正常检查更换 D28。

03 检查 LM317 输入端电压是否正常。输入电压正常时，检查更换 LM317。



04 检查电阻 R43、R44、R45 是否正常。在有些机型中，R43 采用可调电阻，用来对充电电压进行调整，可调电阻是易损元件。

05 若发现 LM317 输入端电压不正常，检查整流桥、滤波电容及调压变压器。

3. 蓄电池充电电路的检修流程

蓄电池充电电路的检修流程如图 5-33 所示。

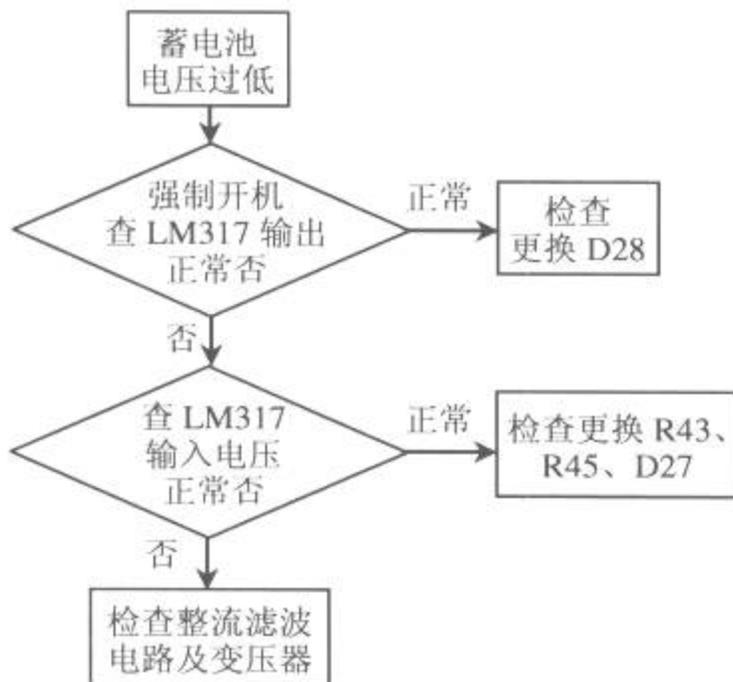


图 5-33 蓄电池充电电路检修流程

对于交流输入电压过高保护有两种情况，一是在一定范围内，由保护电路完成；二是压敏电阻起作用，必烧保险管。

5.3.5 蓄电池欠压自动保护电路的检修

1. 蓄电池欠压自动保护电路故障分析

蓄电池欠压自动保护电路发生故障后，UPS 在逆变输出时将失去对应于蓄电池电压过低的自动保护功能，随之而来的问题是蓄电池过度放电，逆变输出电压不稳，严重时还会引发蓄电池损坏。同充电电路一样，我们在一开始检修 UPS 时，是不能发现该电路有故障的，所以，在检修蓄电池亏电故障时，既要检修充电电路，还要检修蓄电池欠压保护电路。

2. 蓄电池电压欠压自动保护电路的检修方法

蓄电池电压欠压自动保护电路的检修方法如下：

01 检查取样电阻 R21、R22、R23 及 D18 是否正常。

02 检查 D22 是否正常。

03 检查 IC2 LM324 是否正常。

3. 蓄电池电压欠压自动保护电路的检修流程

蓄电池电压欠压自动保护电路的检修流程如图 5-34 所示。

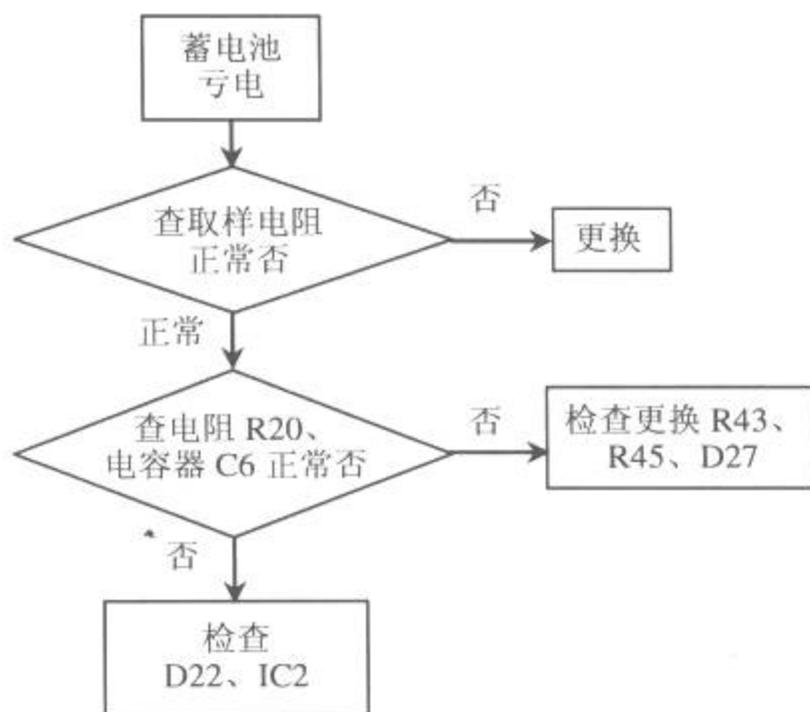


图 5-34 蓄电池欠压自动保护电路检修流程

5.3.6 逆变脉冲产生电路的检修

1. 逆变脉冲产生电路故障分析

逆变脉冲产生电路的任务是在无交流输入时产生逆变驱动脉冲，使 UPS 工作在逆变状态下，为负载提供电源。当该电路发生故障后，UPS 就不会产生逆变脉冲，UPS 就不能逆变输出，因此，该电路发生故障的常见现象是不能逆变输出，甚至不能开机。

2. 逆变脉冲产生电路的检修方法

参看图 5-20。逆变脉冲产生电路的检修方法如下：

- 01 首先检查 SG3524 第 15 脚有无正常供电。
- 02 检查 SG3524 第 16 脚有无参考电压输出。参考电压是 SG3524 内外电路工作的电压。
- 03 检查 SG3524 第 10 脚是否为低电压。若该脚是高电压，就会封锁脉冲输出。
- 04 若 SG3524 第 10 脚为高电压，检查 Q7 是否损坏。
- 05 检查 SG3524 第 9 脚电压是否为正常高电压，正常工作时该脚由内部输出 1.8V 左右的电压。若 SG3524 第 9 脚电压远低于 1.8V，要脱开 D22 重测，若能恢复正常，说明是蓄电池欠压保护电路动作，否则更换 SG3524。
- 06 检查蓄电池欠压保护电路。
- 07 检查定时电阻和定时电容器是否损坏。一般来讲，定时电阻及定时电容器很少有损坏。
- 08 检查 SG3524 第 2 脚、第 4 脚外接电容器是否正常。不正常时更换。
- 09 以上检查都正常时，更换 SG3524。

3. 逆变脉冲产生电路的检修流程

逆变脉冲产生电路的检修流程如图 5-35 所示。

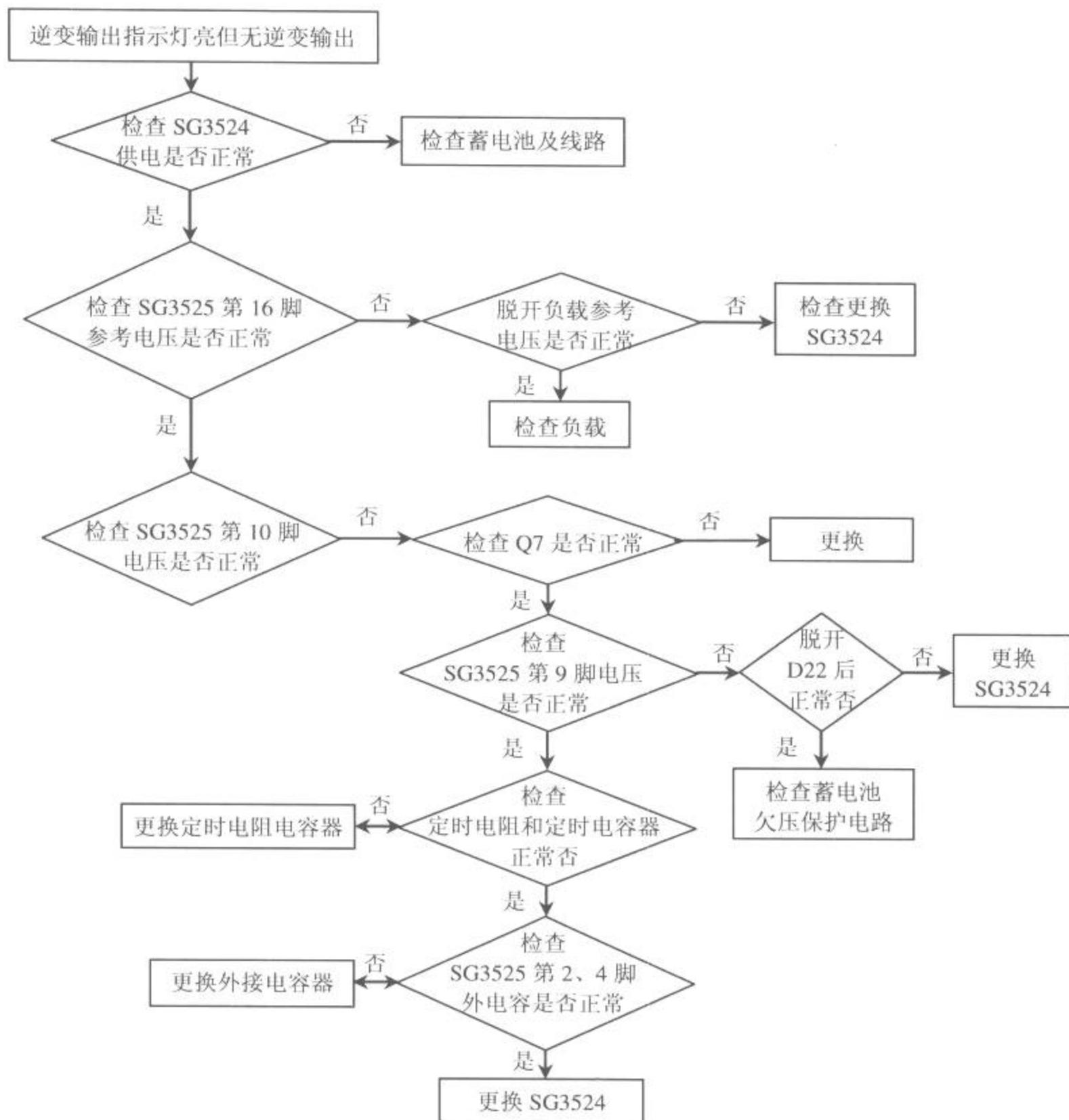
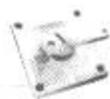


图 5-35 逆变脉冲产生电路检修流程

5.3.7 逆变输出电路的检修

1. 逆变输出电路故障分析

逆变输出电路担负着将蓄电池电能转换为交流输出电能的任务，是 UPS 中电流最大的部位，也是故障的易发部位。该部分发生故障后往往会引起连带损坏多个元件，最常见的故障现象是开机后蜂鸣器长鸣报警，无逆变输出，交流输出正常。电压检查时可发现 SG3524 第 9 脚电压降为 0.8V 左右，SG3524 不输出逆变驱动脉冲。



2. 逆变输出电路的检修方法

逆变输出电路的检修方法如下:

01 首先直观检查功率输出管是否有损坏迹象,如爆裂、变形等。如确有损坏,在更换前还要检查保护元件是否完好。

02 检查线路是否畅通。

03 检查 D29、D30 及分压电阻、滤波电容是否不良,并更换损坏元件。

3. 逆变输出电路的检修流程

逆变输出电路检修流程如图 5-36 所示。

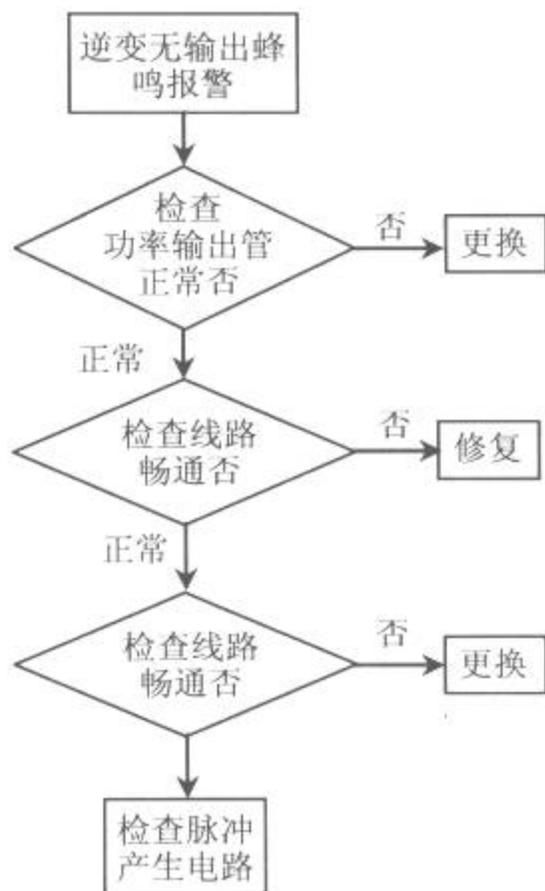


图 5-36 逆变功率输出电路检修流程

5.3.8 逆变输出稳压控制及过压保护电路的检修

1. 逆变输出稳压控制及过压保护电路故障分析

当逆变输出稳压控制及过压保护电路发生故障时,会引起逆变输出电压过高或过低,若输出过高则会引发过压保护电路动作,从而导致 UPS 无逆变输出,也无交流输出,报警电路工作,蜂鸣器长鸣,红色指示灯长亮。

2. 逆变输出稳压控制及过压保护电路的检修方法

逆变输出稳压控制及过压保护电路原理图参考图 5-21 及图 5-22,检修方法如下:

01 检查稳压调整可调电阻 VR 是否有不良状态。可调电阻在各种电器产品中都是易发故障元件。



- 02 检查电容器 C10 及 C11 是否有不良状况。
- 03 检查桥式整流管 D10、D11 及 D23、D24 有无开路。
- 04 检查电阻 R31、R32、R33 有无损坏。
- 05 检查 R18、D31 有无损坏。
- 06 检查 IC2 LM324 是否损坏。

3. 逆变输出稳压控制及过压保护电路的检修流程

逆变输出稳压控制及过压保护电路的检修流程如图 5-37 和图 5-38 所示。

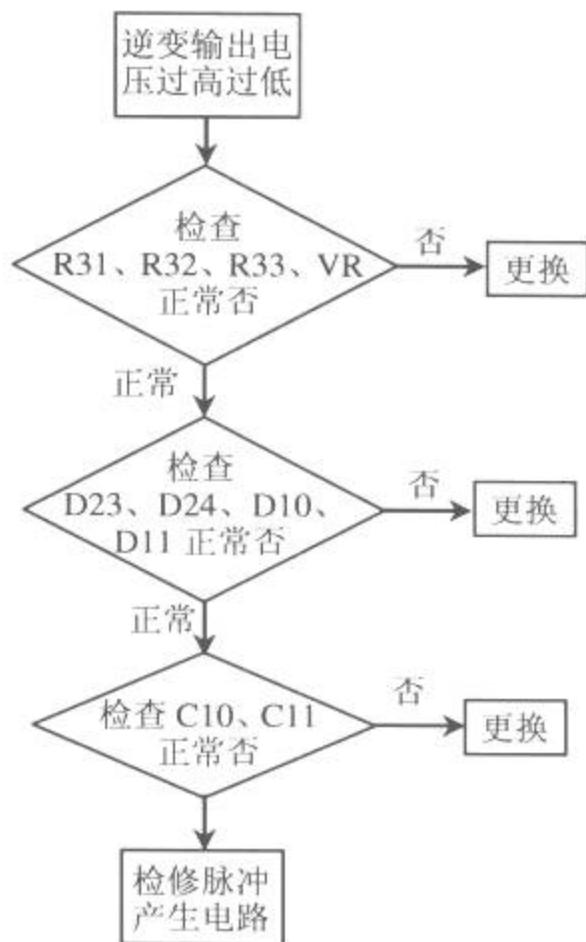


图 5-37 逆变输出稳压控制电路检修流程

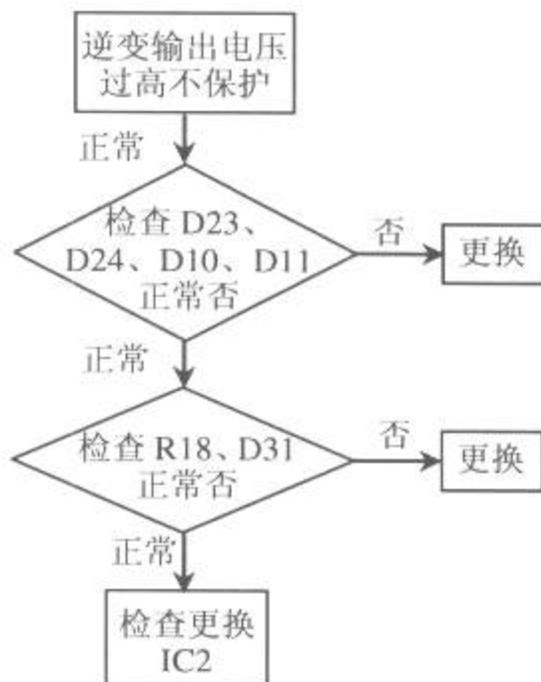


图 5-38 逆变输出过压保护电路检修流程

5.3.9 报警电路的检修方法

1. 报警电路故障分析

报警电路的作用是在 UPS 使用过程中若突遇交流市电停电，UPS 转换为逆变输出时，以红色指示灯闪烁的蜂鸣报警来告知操作人员。若该电路发生故障，那么在交流市电停电后不能报警，操作人员就不能及时做相关的处理操作，当蓄电池电力下降到一定程度时将自动停机，如同没有 UPS 一样，会造成各种意想不到的故障。

2. 报警电路的检修方法

报警电路的检修方法如下：

- 01 首先检查 NE555 的供电是否正常。
- 02 检查 R27、R28、C9 是否正常。



03 检查 NE555 第 3 脚外部线路是否畅通。

04 更换 NE555。

3. 报警电路的检修流程

报警电路的检修流程如图 5-39 所示。

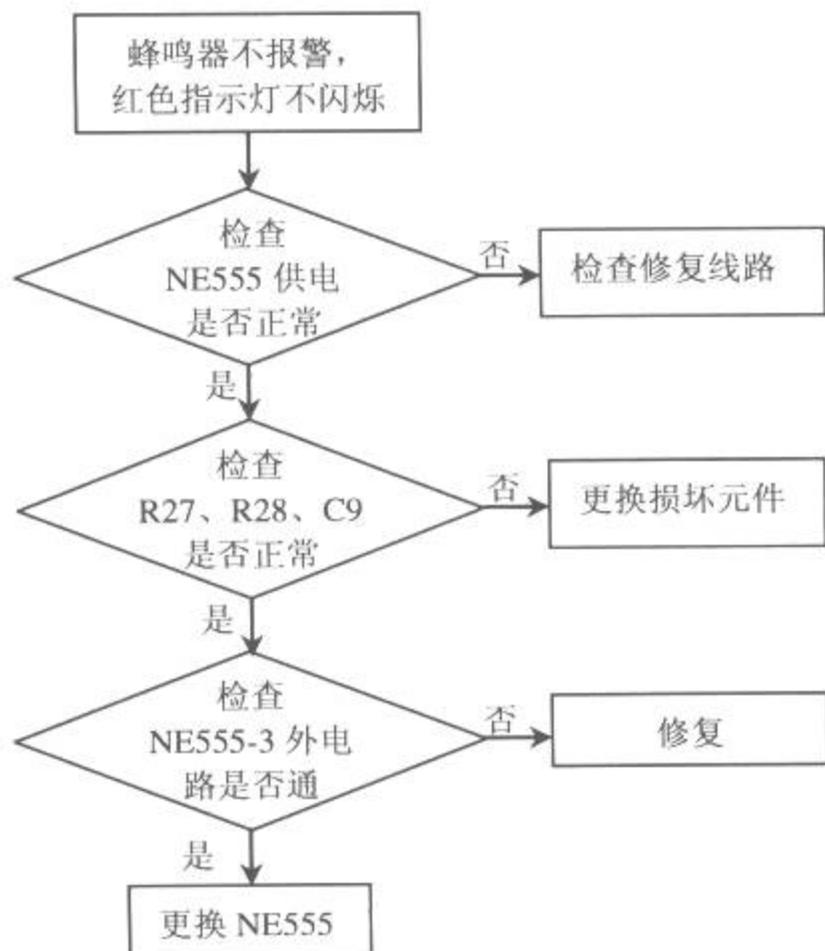


图 5-39 报警电路检修流程

5.3.10 交流保险管熔断时的安全检修

在检修中发现交流保险管熔断，说明负载过重，或 UPS 有严重短路的故障元件。此时，不可贸然更换保险管开机，否则有可能再次损坏。保险管熔断一般有两种情况：一是交流输入电压过高，接在保险管后的过压保护压敏电阻击穿损坏；二是在交流输出时负载过重或有短路故障，这两种情况均能引起烧毁保险管。保险管的规格一般是 3~5 A/250V，更换时不可随意加大参数。

交流保险管熔断时的安全检修方法如下：

01 检查调压变压器是否损坏。拔下调压变压器输入调压绕组的插接线，用电阻法测量各绕组电阻。若电阻过低说明变压器有故障，需要更换调压变压器；若阻值基本正常，接下来进行第 2 步检查。有时，调压变压器内部绕组有局部短路损坏时，电阻法不能直接测出好坏，如果在没有接负载时立即烧毁了保险管，证明调压变压器已损坏。

02 检查压敏电阻是否击穿损坏，检查方法是直接测量其两端电阻。压敏电阻击穿损坏时，一般都有破裂、烧黑的痕迹，可以用眼看出来。若无损坏痕迹，可以通过测量其电阻进行判定。正常情况下，其阻值为无穷大，用指针万用表 R×10k 挡测量时，表针若有偏转，即说明其已损坏。



☑ 若以上检查结果都正常，则可以更换保险管试机，再根据表现出来的故障现象进行检修。

5.4

后备式 UPS 维修动手实践

5.4.1 UPS 的结构

1. UPS 的内部物理结构

后备式 UPS 内部一般包括蓄电池、调压变压器、接插件、连接线、控制电路板以及控制面板等几部分。UPS 内部物理结构可以参考图 5-2。

2. UPS 的电路结构

UPS 电路板图可参考图 5-34。

5.4.2 开机电路动手实践

开机电路由蓄电池、控制面板上的开关、连接线等组成。按下开关时，开关接通，将蓄电池电源电压送到各单元电路。

蓄电池电压测量：红表笔接蓄电池正极，黑表笔接电池负极。首先在不开机状态下测量蓄电池电压，然后红表笔接在蓄电池上不动，按下开关开机，再测量电压，注意指针万用表的指针有无大幅降低摆动。若不开机状态下蓄电池电压偏低，就要更换蓄电池；若不开机状态下蓄电池电压足够，但按下开机键后，若万用表指针大幅降低摆动，随即又恢复正常，同时 UPS 报警，说明是蓄电池负载能力太差，已不能使用。

开机按键的检测：将蓄电池正极插件拔下来，测量开关键是否正常，用万用表电阻挡，黑表笔接正极处，红表笔接控制电路板上的 P3 插座第 2 针端，反复按压开关。若电阻很小，说明开机按键正常，若阻值很大，说明按键不正常。

开机电路的检测：接上蓄电池正极插件，用万用表电压挡，测量开机电压。黑表笔接蓄电池负极端，红表笔接 P3 插座第 2 针端，反复按压开关。若能测到 +12V 电压，说明开机电路正常。

5.4.3 交流输入电路动手实践

1. 交流输入电路跑线实战

先直观检查交流输入插头到 P1 插件的通路，然后通过电阻法测量：用万用表电阻挡分别检查插头线到 P1 插件第 2、3 端是否畅通。

2. 电压测量

将插头接入交流市电，用万用表交流电压挡在 P1 第 2、3 端 (L、N 端) 测量，看是否有交流输入。如果没有交流输入，说明输入通路不正常，检查交流保险是否损坏或导线是否不通。大多数后备式 UPS 在接入交流市电后，就有交流电压。测量点参看图 5-40 所示。



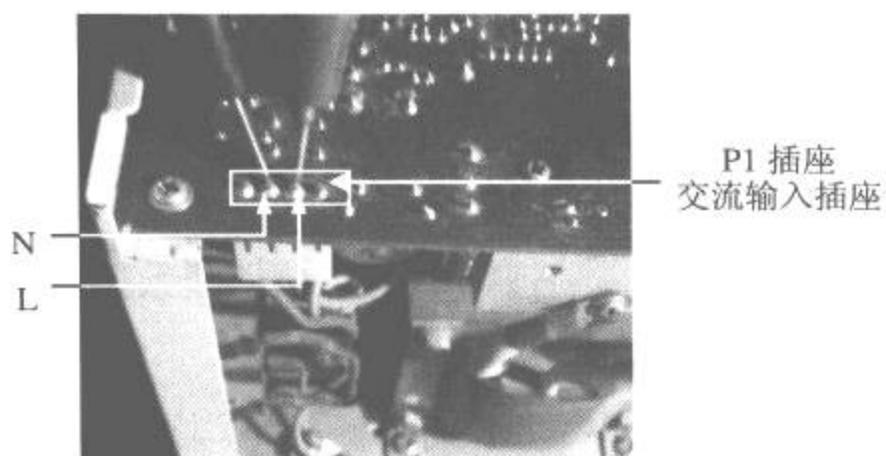


图 5-40 交流输入电路测量点

5.4.4 交流市电检测电路动手实践

1. 交流市电检测电路跑线实战

参照电路结构图 5-41 所示，首先要搞清实物电路元件的位置。借助万用表电阻挡，从 L、N 点开始测量，沿 R56、R56' 整流桥、R1 到 LM393-6 脚，从 LM393-7 脚到 LM393-2 脚，沿导线到 IC1 LM324-12 脚，最后从 IC1 LM324 第 14 脚输出。

2. 电压测量

在开机状态下，黑表笔接电路负极（地），红表笔接依次接测量点 1、测量点 2、测量点 3 及测量点 4 各点，读取所测电压数据。在有和无交流输入时，要注意 A 点电压的变化及指示灯的亮灭情况。如图 5-41 所示。

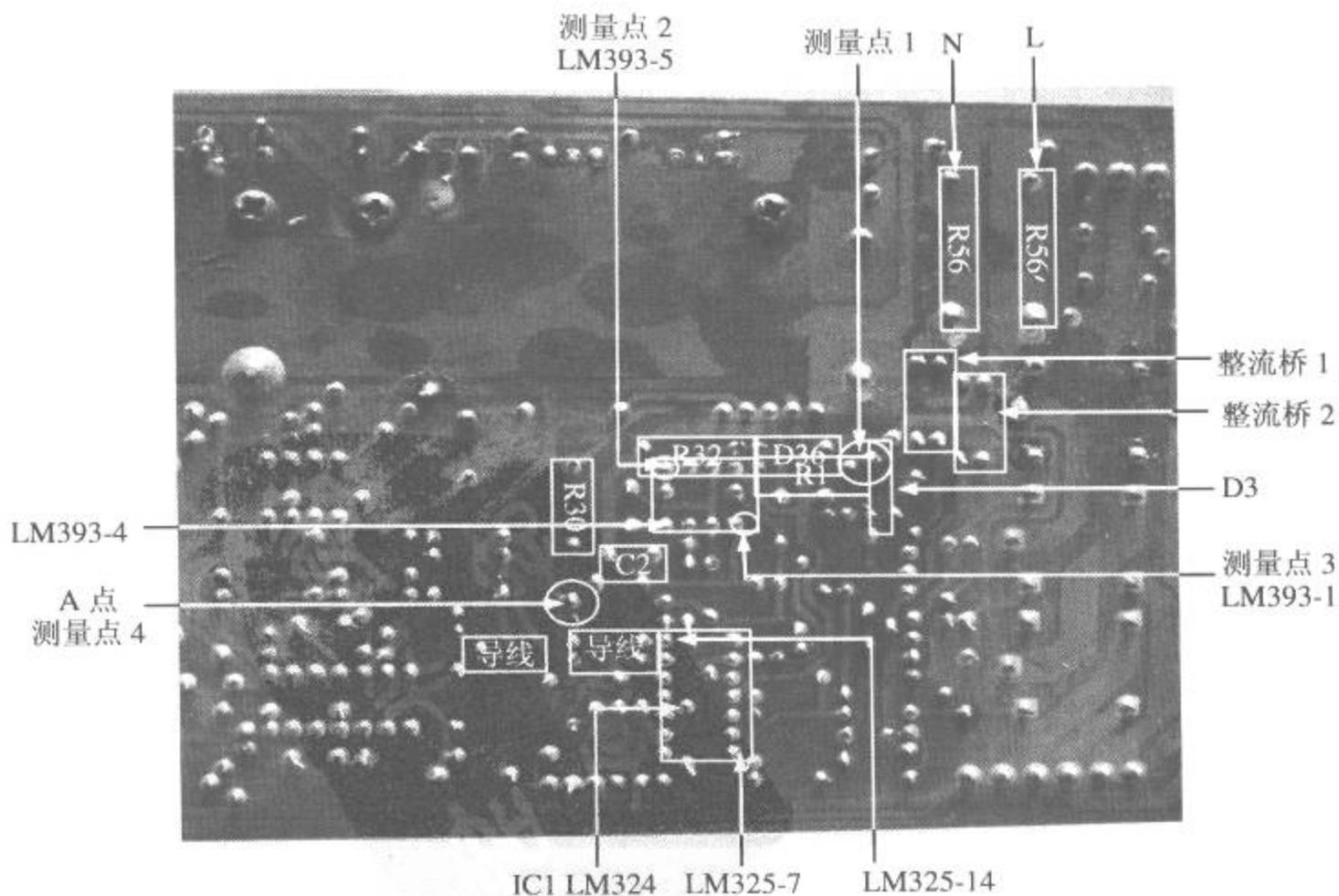


图 5-41 交流市电检测电路实践图



5.4.5 交流输入切换控制电路动手实践

1. 交流输入切换控制电路跑线实战

参考图 5-42。借助万用表电阻挡，根据实物电路板理清电路结构，从 A 点经 D6//R63、IC1 LM324-3 脚、IC1 LM324-1 脚、D32、R9、Q2 到继电器 J2。

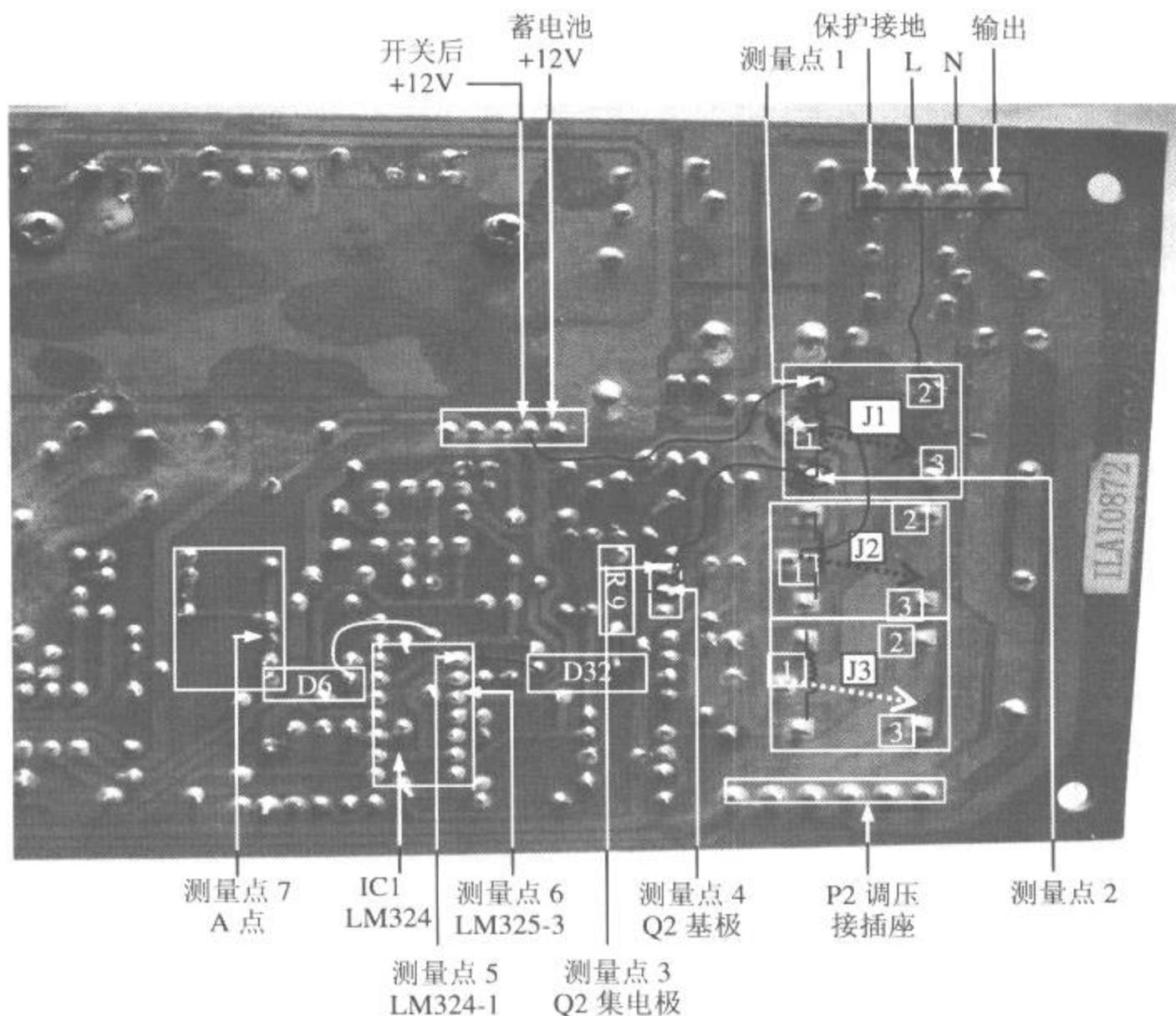


图 5-42 交流输入切换控制电路检测点

2. 电压测量

在开机状态下，测量各关键点电压。黑表笔接蓄电池负极，红表笔依次接 Q2 集电极、Q2 基极、IC1 LM324-1 脚、IC1 LM324-2 脚、IC1 LM324-3 脚以及 A 点，并对各点数据做一记录。

5.4.6 交流稳压控制电路动手实践

交流稳压控制电路由检测电路、驱动电路及调压逆变变压器组成，各部分电路构成图可参考图 5-9、图 5-10、图 5-12 及图 5-13。

1. 调压逆变变压器的测量

电阻法测量 N 端对 190V 挡、220V 挡及 240V 挡的电阻。N~190V 挡间电阻约为 15Ω ，N~220V



挡间电阻约为 17Ω ，N~240V 挡间电阻约 20Ω 。逆变变压器的功率大小不一样，其电阻值不同。对于烧毁保险管的逆变变压器的，用电阻法测量其好坏是常用的方法。

调压逆变变压器的电压测量：将调压逆变变压器接入交流市电，在开机状态下测量交流电压。一只表笔接 N 端不动，另一只表笔分别接 190V 挡、220V 挡及 240V 挡，参考图 5-43 所示电路测量点。

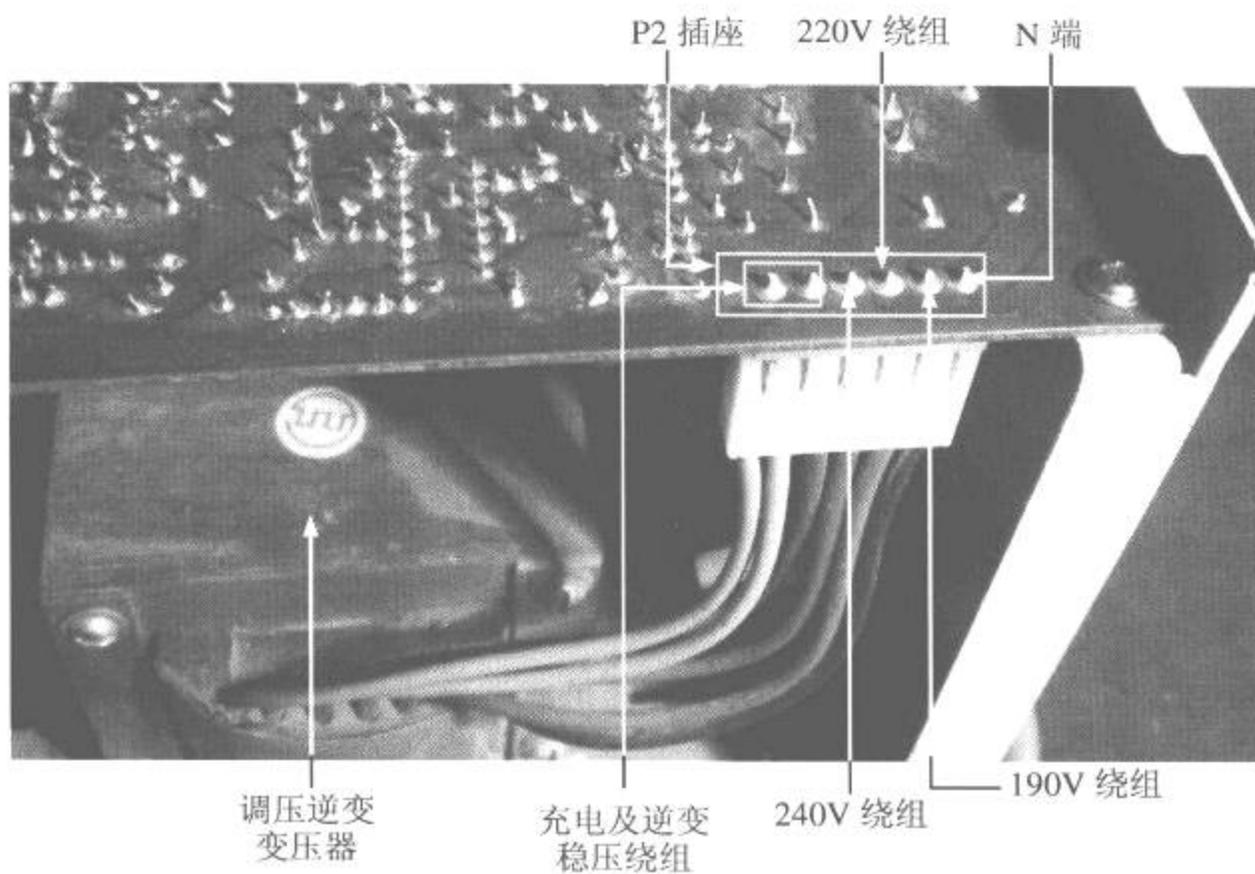


图 5-43 交流稳压控制电路测量点

2. 交流稳压控制电路的测量

交流稳压控制电路由 IC1 LM324 及驱动三极管 Q3、Q4 和继电器 J2、J3 构成。电路结构可参考图 5-14。

(1) 交流稳压控制电路跑线实战

由于在 UPS 中直接寻找关键控制点 (A 点) 比较难，因此，我们应该从继电器开始往反方向查找。

参考图 5-44。首先找出继电器供电端，即测量点 1，然后分两路进行跑线。一路从继电器 J2 下端 (测量点 2) 开始，找到驱动三极管 Q3 的集电极和基极 (测量点 3)，经隔离电阻 R16 找到比较放大器输出端 LM324 第 7 脚 (测量点 4)，再由运算放大器知识找出 LM324 第 5 脚 (测量点 6)，经 R61 到 C3 正极 (测量点 7)，最后查找到测量点 8，这点就是交流输入电压经整流后的取样点。另一路从继电器 J3 下端 (测量点 21) 开始，找到驱动三极管 Q4 的集电极和基极 (测量点 22)，经隔离电阻 R8 找到比较放大器输出端 LM324 第 8 脚 (测量点 23)，再由运算放大器知识，找出 LM324 第 10 脚 (测量点 24)，经过一个导线和电阻 R11 到 C3 正极 (测量点 7)。

(2) 电压测量

在开机交流输出状态下，分别测量各点的直流电压，并做记录。测量时用黑表笔接地，红表



笔分别接各测量点。

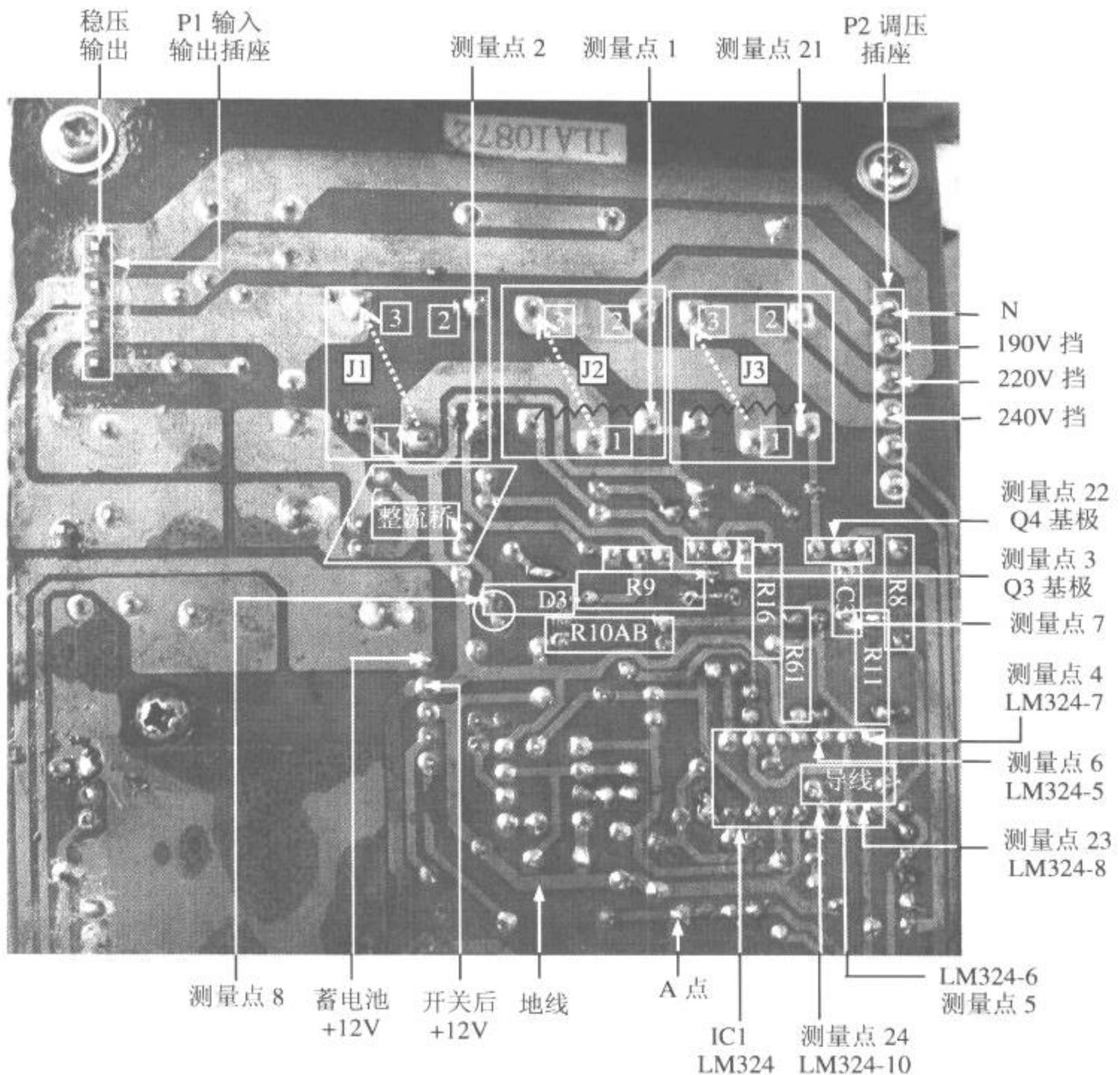


图 5-44 交流稳压控制电路检测点

5.4.7 逆变功率输出电路动手实战

1. 逆变输出电路跑线实战

参考图 5-45，首先直观观察从第 11 脚和第 14 脚到 Q5、Q6 的通路。注意观察功率管到蓄电池负极的导线很粗很宽，在大多数 UPS 中还串联有保险管（本机没有使用保险管）。然后用万用表电阻挡测量，分别从 SG3524 第 11 脚和第 14 脚开始，经 D29、D30 到 Q5、Q6 的通路，测量逆变绕组阻值。一般来说，逆变绕组导线较粗，几乎不会损坏。图 5-45 给出了逆变功率输出电路检测点。

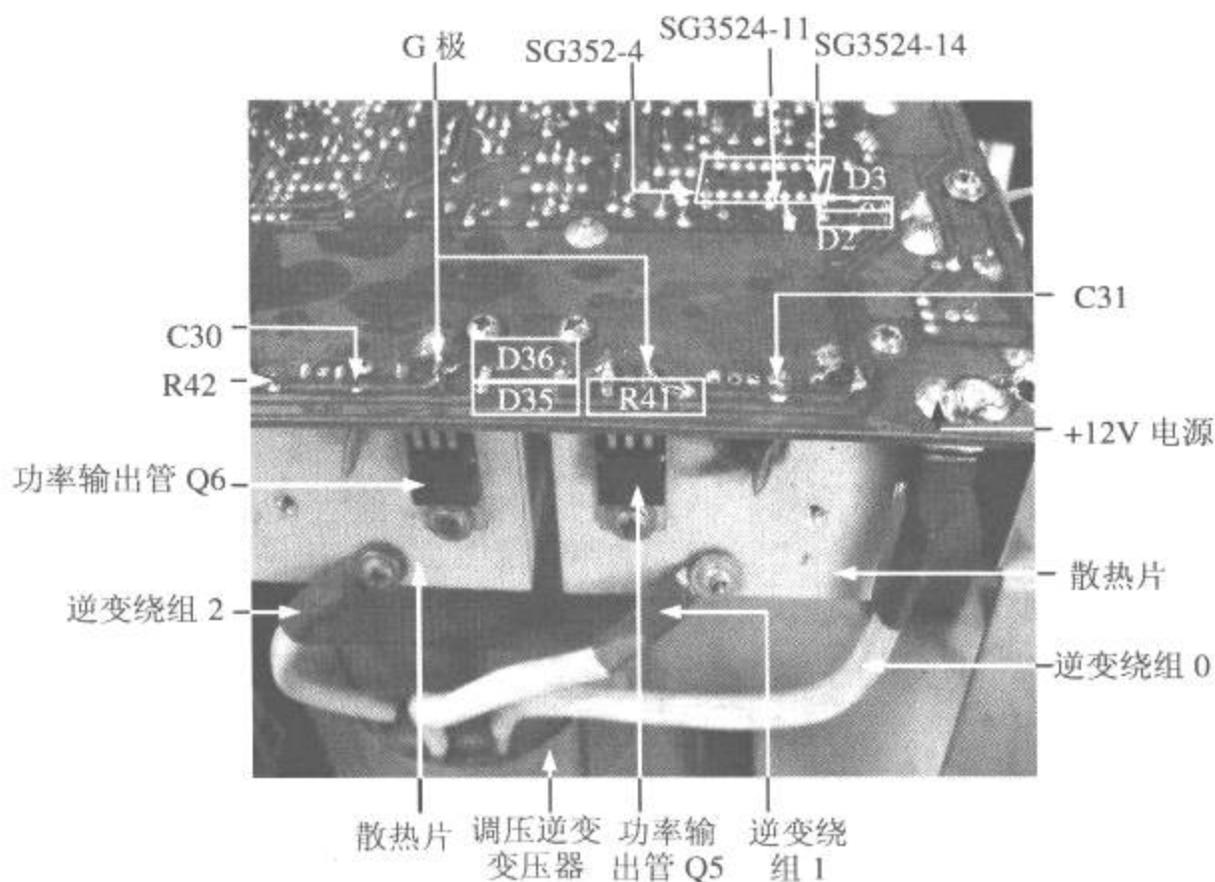


图 5-45 逆变功率输出电路检测点

2. 电压测量

在逆变态下测量 SG3524 第 11 脚和第 14 脚的直流电压以及 Q5、Q6 两管控制极的直流电压，并做记录；测量功率输出管源极电压。

5.4.8 逆变驱动脉冲产生电路及稳压控制电路动手实践

1. 电阻测量

逆变驱动脉冲产生电路及稳压控制电路检测点如图 5-46 所示。

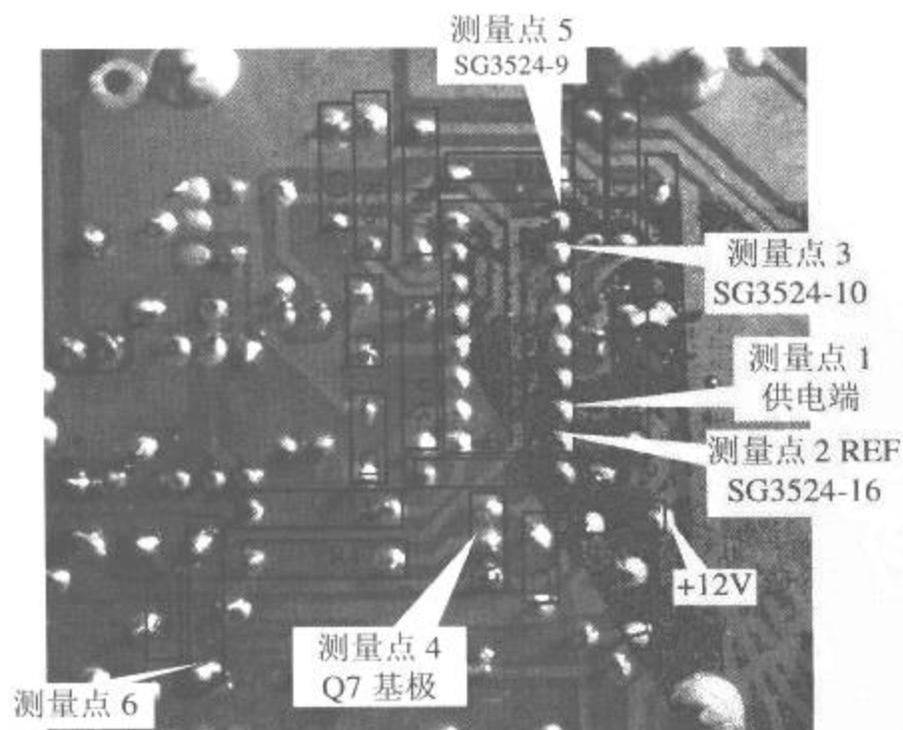


图 5-46 逆变驱动脉冲产生电路及稳压控制电路检测点



从 SG3524 第 15 脚开始沿电路板上铜箔找到+12V 供电来源（开关后——P2 插座第 2 针）。

从 SG3524 第 15 脚开始沿路查找 Q7 的发射极与基极、电阻 R47，直至关键控制点（A 点）；从 SG3524 第 9 脚开始，经 D22 沿路找到蓄电池欠压保护电路的控制输出点（IC2 LM324-14）。

从 SG3524 第 1 脚开始，经电阻 R33 找到逆变输出的稳压控制取样点（C10 正极），并找到稳压调整可调电阻 VR。

辨认定时电阻、定时电容。

2. 电压测量

开机后，测量各测量点的直流电压。在逆变状态下测量各测量点的直流电压；在交流输出状态下测量各测量点的直流电压。测量时，黑表笔接地，红表笔接各测量点。

在逆变工作状态下，对于微调可调电阻 VR，用万用表测量其输出电压，观察输出电压的变化。

● 注 意

调节要缓慢，防止输出电压变化过大而不稳定。

5.4.9 蓄电池充电电路动手实践

1. 电阻测量

蓄电池充电电路原理图参考图 5-15。跑线实践中的电阻测量包括：

(1) 用万用表电阻挡测量调压逆变变压器 L2 绕组的阻值。

(2) 测量整流桥 D10~D13 到 LM317 的通路，测量 LM317 第 2 脚经 D28 到蓄电池的电路连接。如图 5-47 所示为蓄电池充电电路的检测点。

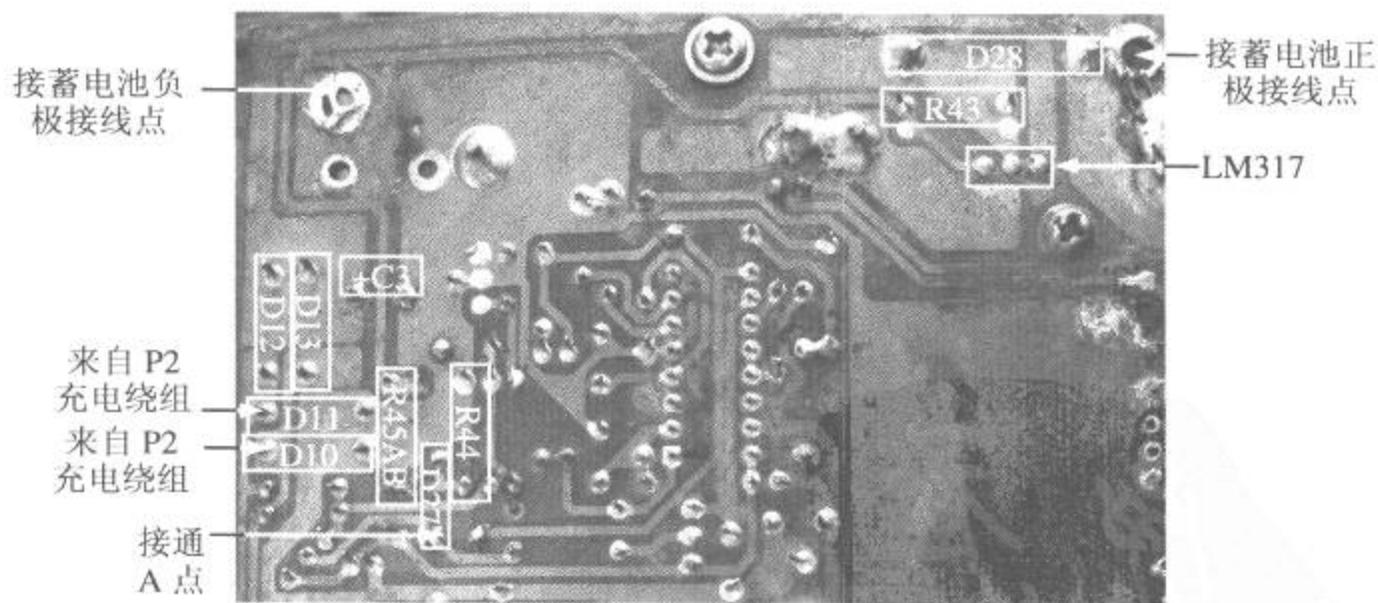


图 5-47 蓄电池充电电路检测点

2. 电压测量

在交流输入态下测量 C3 正极对地电压，LM317 第 3 脚和第 2 脚、第 1 脚电压，以及 D28 负极电压（即充电电压）和 A 点电压。

在逆变状态下重新测量以上各点电压。



5.4.10 报警电路动手实践

1. 电阻测量

参考如图 5-48 所示的报警电路检测点，借助万用表查找电路通路，包括如下步骤：

- 01 NE555 第 8 脚供电来源。
- 02 第 3 脚输出后的驱动对象蜂鸣器及指示灯通路。
- 03 第 6 脚通过 D17 到蓄电池保护电路的通路及通过电阻 R26、D19 到 A 点的通路。

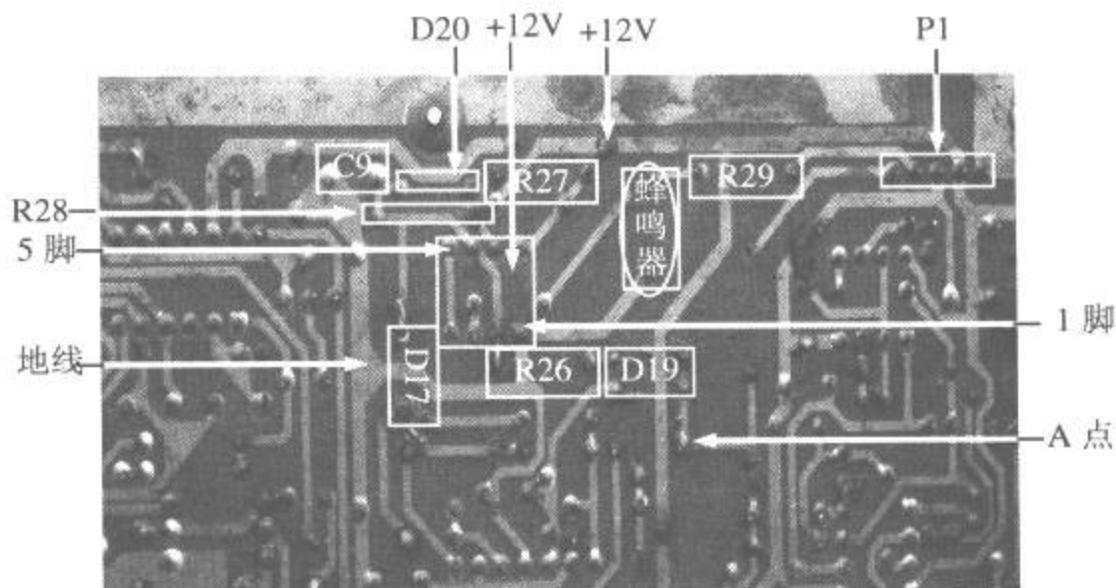


图 5-48 报警电路检测点

2. 电压测量

在逆变状态（拔掉 UPS 交流电源线，并打开 UPS 开关）下测量：

- 01 NE555 第 8 脚供电电压。测量电压时，万用表黑表笔接地，红表笔分别接各测量点。
- 02 第 3 脚直流电压。注意观察指针万用表指针是否能上下摆动。
- 03 第 2 脚直流电压。注意观察指针万用表指针是否在缓慢上升和下降摆动。
- 04 测量 D17 负端电压。
- 05 测量 D19 正极电压。

在交流输入输出状态（拔掉 UPS 交流电源线，并打开 UPS 开关）下，重复进行上述测量。

5.4.11 蓄电池电压欠压保护电路动手实践

1. 电阻测量

蓄电池电压欠压保护电路的检测点如图 5-49 所示，依次做如下工作：

- 01 查找蓄电池欠压保护取样电阻 R21、R22、R23 到比较放大器 IC2 LM324 的通路。
- 02 查找比较放大器输出后（第 8 脚）经 D17 到控制对象报警电路的通路；并查找比较放大器第 14 脚输出后经 D22 到控制对象逆变脉冲产生电路的通路。
- 03 查找基准电压源的来源。

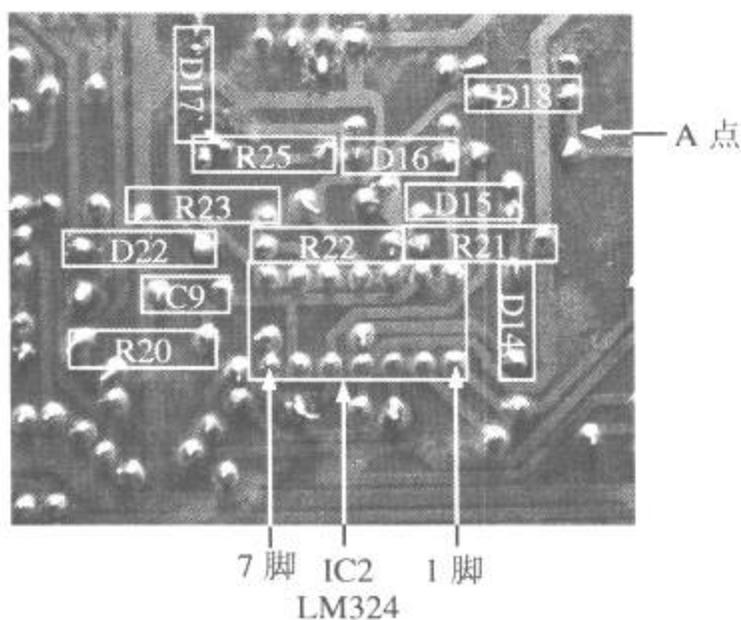


图 5-49 蓄电池欠压保护电路检测点

2. 电压测量

在逆变状态（拔掉 UPS 交流电源线，并打开 UPS 开关）下依次测量：

- 01 IC2 LM324-12、IC2 LM324-14 两脚电压。
- 02 IC2 LM324-10、IC2 LM324-8 两脚电压。
- 03 IC2 LM324-9、IC2 LM324-13 两脚电压。
- 04 测量基准电压。

5.5

后备式 UPS 维修案例

5.5.1 UPS 开机后无输出，指示灯不亮

故障现象：UPS 很长时间没有使用，使用时发现开机后无输出，指示灯不亮。

故障分析：从开机没有任何反应，UPS 又长时间没有使用这两点来看，蓄电池损坏的可能性极大。

故障排除：拆机后，测量蓄电池电压，发现仅仅只有 2V 多，证实分析是正确的。更换蓄电池后开机恢复正常。

UPS 长期不用，蓄电池长期不进行充放电，自然损坏不在少数。

5.5.2 市电中断后，UPS 蜂鸣声持续不断，红色指示灯长亮，无输出

故障现象：市电中断后，UPS 蜂鸣声持续不断，红色指示灯长亮，无输出。

故障分析：蜂鸣声持续不断，红色指示灯长亮，无输出，说明蓄电池欠压保护电路是正常的。产生该故障的原因有两方面：一是蓄电池电压过低，二是保护电路动作。

故障排除：

- 01 首先检查蓄电池电压。用指针万用表电压挡测量蓄电池电压，发现在不开机的情况下约



为 12V，基本正常。接下来表笔不松开，按下开机键，发现电压立即下降到 6V 左右，随着蜂鸣声响，电压又恢复到 12V。可以认定，蓄电池电力不足。

02 为免走弯路，用一只电力充足的蓄电池替换原蓄电池试机。开机后，输出正常。由此证明故障是由于蓄电池电压过低引起的。

03 将 UPS 交流输入电缆插头插入交流市电插座中，开机，在一声蜂鸣后，听到继电器咔哒一声后，绿色指示灯亮，输出电压稳定正常。

04 在交流输入输出状态下检查充电电路，查 LM317 的输入端电压为 18V，正常。

05 更换蓄电池，故障排除。

在电力不正常的地区，蓄电池经长时间使用后，自然损坏的现象很多。

5.5.3 市电中断时，UPS 逆变器无输出，蜂鸣器长鸣

故障现象：市电中断时，UPS 逆变器无输出，蜂鸣器长鸣。

故障分析：蜂鸣器长鸣，说明该稳压电源的转换控制电路正常，逆变器不工作是因保护电路动作所致。用万用表检测电池电压正常，说明故障出在逆变回路。该机逆变回路由脉宽调制器 SG3524、调压逆变变压器 L2 绕组、逆变管 Q5、Q6 等组成。

故障排除：

01 首先测量脉宽调制器 SG3524 的第 10 脚，看是否被锁定（锁定时为高电平），正常结果为低电压。接着测逆变管 Q5、Q6 静态时的对地阻值。

02 拔去蓄电池与电路板的连接线，利用数字万用表黑笔接地，红表笔测量（指针式万用表测量时，黑表笔接地，红表笔测量）。实测得 Q5、Q6 的 G 极对地阻值均只有 100Ω，可以肯定逆变管 Q5、Q6 均已烧坏。

03 更换逆变管，然后试机，故障排除。

5.5.4 市电供电正常时，输出电压偏高至 270V

故障现象：市电供电正常时，输出电压偏高至 270V。

故障分析：根据稳压电源工作原理可知，只有当电源的市电取样检测电路和市电稳压电路有故障时，才会出现上述现象。输出电压的高低取决于继电器 J2 与 J3 的工作状态，它们又受检测及控制电路的控制。

交流输入电压经电阻 R56、R56'限流，再由 D1、D2、D34、D35 整流，通过 D3，经电阻 R10 限流，C3 滤波后，得到样品电压，分两路加至 IC1 LM324 的两个电压比较器，分别驱动三极管 Q3 与 Q4，使继电器 J2 与 J3 工作。

故障排除：

01 在开机态下检查继电器 J2 的工作状态。用万用表电压挡测量 J2 线圈两端的电压，发现为 11.5V，说明驱动三极管 Q3 已饱和导通。

02 断电，电阻法测量 J2 线圈的阻值，结果为无穷大，表明线圈已断，J2 不能吸合。

03 更换继电器 J2。试机，输出电压正常。

由于 J2 不能吸合，将交流 220V 送入调压变压器的 190V 挡，调压变压器工作于升压状态，



故输出电压升高。

5.5.5 交流市电正常, 开机后, UPS 蜂鸣器长时间间断鸣叫, 红色指示灯闪烁

故障现象: 交流市电正常, 开机后, UPS 蜂鸣器长时间间断鸣叫, 红色指示灯闪烁。

故障分析: 蜂鸣器长时间间断鸣叫, 红色指示灯闪烁, 说明控制电路工作正常。但 UPS 不能转换到交流输出工作状态, 可能原因是, 电路没有检测到有交流市电输入或检测电路发生故障。

故障排除:

01 首先检查交流输入检测电路的整流桥输出端电压, 结果在 D1 与 D2 的负端测得电压为 0, 这说明确实没有交流输入。

02 断电, 检查电阻 R56 及 R56' 发现 R56 不通。

03 更换 R56, 试机, 故障排除。

R56 的阻值较大, 为 56k。在电路中, 高值电阻发生开路性损坏是常见的一种故障。

5.5.6 交流市电正常, 开机后, UPS 交流输出绿色指示灯亮, 而 UPS 无输出

故障现象: 交流市电正常, 开机后, UPS 交流输出绿色指示灯亮, 而 UPS 无输出。

故障分析: 交流输出指示灯能亮, 表明控制电路是正常的, 市电检测电路也检测到有交流输入。UPS 无输出的原因可能是交流市电没有输送到调压逆变变压器。

故障排除:

检查继电器 J1 的吸合状态。在开机状态下, 指针万用表黑表笔接地, 红表笔测量继电器 J1 线圈两端的电压, 结果发现一端有 +11.3V 电压, 另一端约为 0.2V。从这个数据上看, 驱动三极管 Q2 已经饱和, 继电器 J1 应该吸合。实际上, 继电器没有吸合, 在开机时没有听到“咔哒”声。

5.6

技能点拨

要点总结:

本章主要讲解后备式 UPS 的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

(1) 首先简要介绍了 UPS 的用途及种类, 然后介绍了 HENDEN H500 型 UPS 的结构。

(2) 以 HENDEN H500 型 UPS 为例, 详细介绍了后备式 UPS 的电路结构、工作原理, 重点介绍了电源故障的检修流程及主要测试点。

(3) 用实物图示的方法指导读者进行实践, 通过实践确认主要检测点, 掌握检修方法。

(4) 最后, 通过一些故障检修实例帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法, 不断提高维修技能。



重点掌握：

通过本章学习，我们要重点掌握：

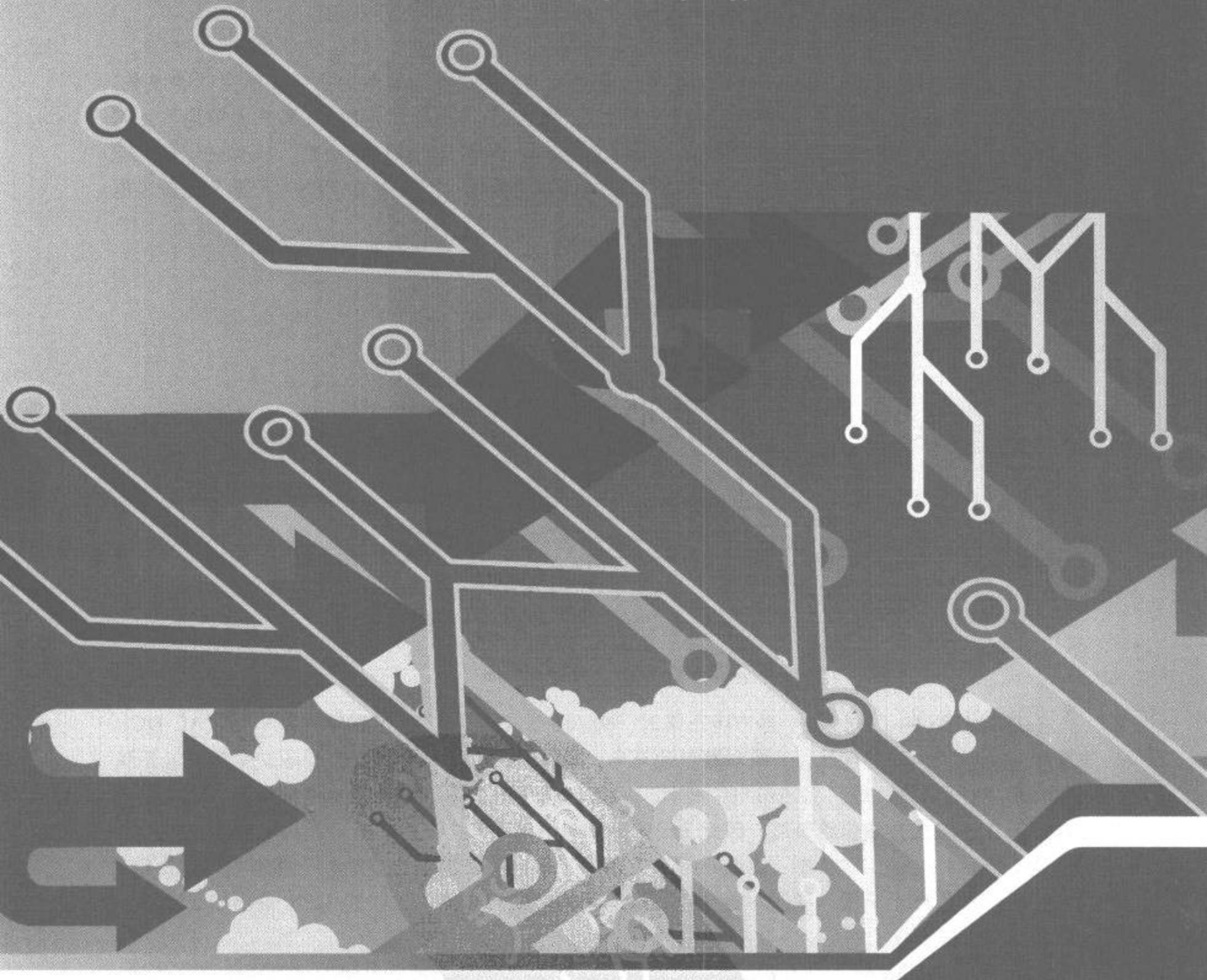
- (1) UPS 电路结构。不同的 UPS 电路结构差别很大，结构不同，工作过程也就不相同，分析判断故障的方法也就不同。
- (2) 电路工作原理。工作原理对分析判断故障、确定主要检测点起着至关重要的作用。
- (3) 确认主要检测点。
- (4) 对不同故障的检修流程、检测方法与步骤。



Chapter

06

在线式 UPS 的分析与检修



6.1 在线式 UPS 电路分析

前一章我们详细讲解了后备式 UPS 各种电路的结构、原理与维修方法，本章我们将讲解 UPS 的另一种重要分类——在线式 UPS，首先我们从电源电路的分析入手。

6.1.1 在线式 UPS 电路构成原理

不论在线式 UPS 还是后备式 UPS，都是在无交流供电的情况下暂时为负载提供电能的设备，但是，它们的电路结构还是有一定区别的。最大区别就在于：后备式 UPS 在有交流供电且正常的情况下，不进行逆变输出，只是在控制电路的作用下，将交流电输送给负载，只有在无交流电输入或交流供电不正常情况（欠压、过压）下才进行逆变输出；而在线式 UPS，无论有无交流电输入，都是通过逆变输出。

在线式 UPS 的基本原理如图 6-1 所示。

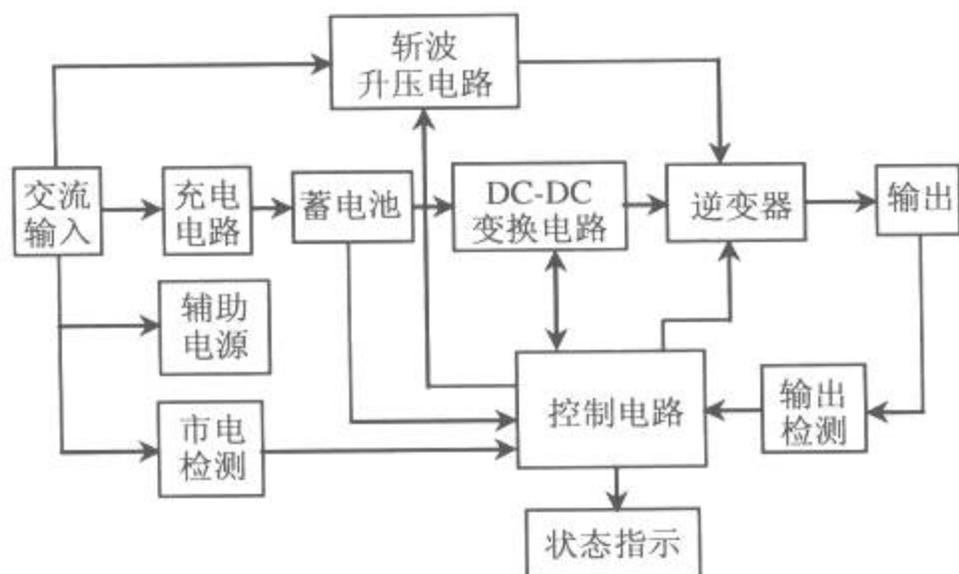


图 6-1 UPS 工作原理框图

在线式 UPS 的工作过程：当市电正常时，输入交流电压通过交流-直流转换电路（AC-DC）将交流电压转换为直流电压，一面对蓄电池充电，同时通过逆变器再将直流电压逆变成交流正弦（或方波）电压供给负载。而当市电中断时，后备电池开始工作，此时电池的电压通过逆变器变换成交流正弦波或方波供给负载。因此，无论是市电供电正常，还是市电中断由电池逆变供电期间，逆变器始终处于工作状态，这就从根本上消除了来自电网的电压波动和干扰对负载的影响，真正实现了对负载无干扰、稳压、稳频以及零时间的转换。因此，在线式 UPS 输出的正弦波电压稳定，波形失真小。

由于在线式 UPS 的工作方式是先对电池充电，然后再由逆变器将电池的电能逆变成交流电，在电能的转化过程中有一部分电能将被损失掉，因此在线式 UPS 的电源效率较低，一般在 90% 以下。但在线式 UPS 的优点在于它的零转换时间以及高质量的电压输出，因此，它更适合于一些关键性的应用场合。



不同的在线式 UPS，其电路组成是不一样的。我们以 SANTAK 型 UPS 为例，分析在线式 UPS 电源的电路结构、工作原理及维修方法。

6.1.2 SANTAK 型 UPS 的结构

1. SANTAK 型 UPS 的外观结构

SANTAK 型 UPS 的外观结构如图 6-2 所示。

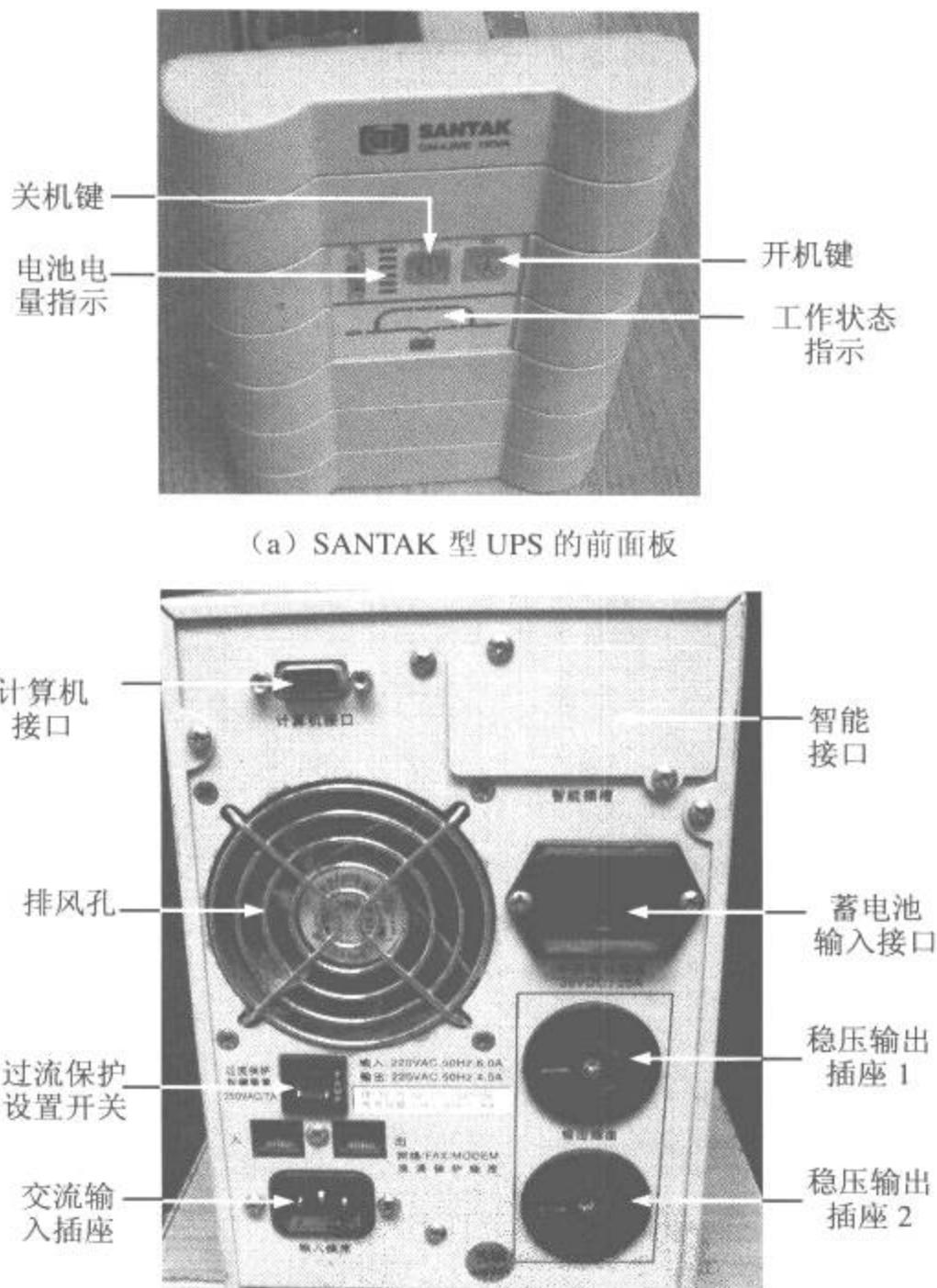
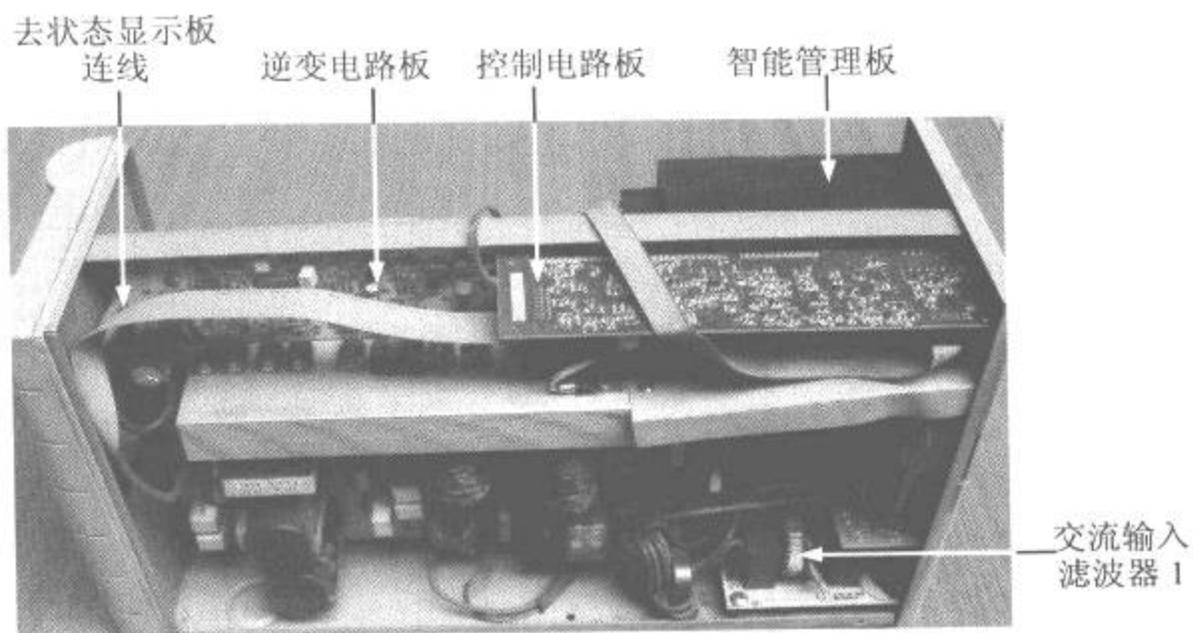


图 6-2 SANTAK 型 UPS 的外观结构

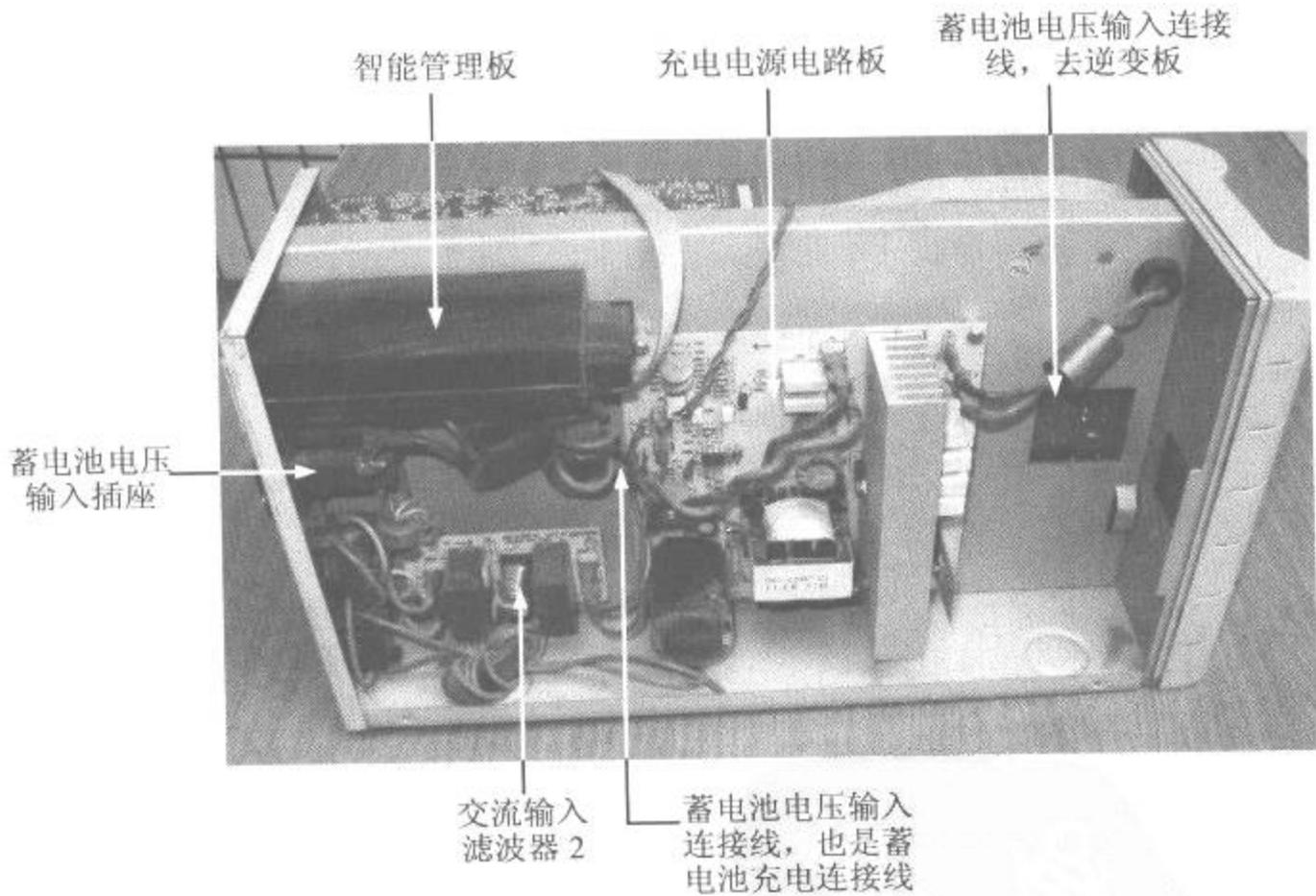
2. SANTAK 型 UPS 的内部结构

打开 UPS 外壳，可以看到该 UPS 内部由 7 块电路板组成。第 1 块是交流输入滤波器板，第 2 块是逆变电路板，第 3 块是控制电路板，第 4 块是电池充电电源滤波器板（交流输入滤波器 2 板），第 5 块是充电电源电路板，第 6 块是智能管理板（未使用），第 7 块是工作状态显示板（分

布在面板内) 如图 6-3 所示。



(a) 内部电路结构一



(b) 内部电路结构二

图 6-3 SANTAK 型 UPS 的内部电路结构

在逆变电路板上主要有辅助电源、DC-DC 变换电路、交流斩波升压电路、逆变电路、逆变输出电路等, 如图 6-4 所示。图中, CN1、CN2、CN3 是控制电路板与逆变板的连接端子, RY1、RY2 为两个继电器。

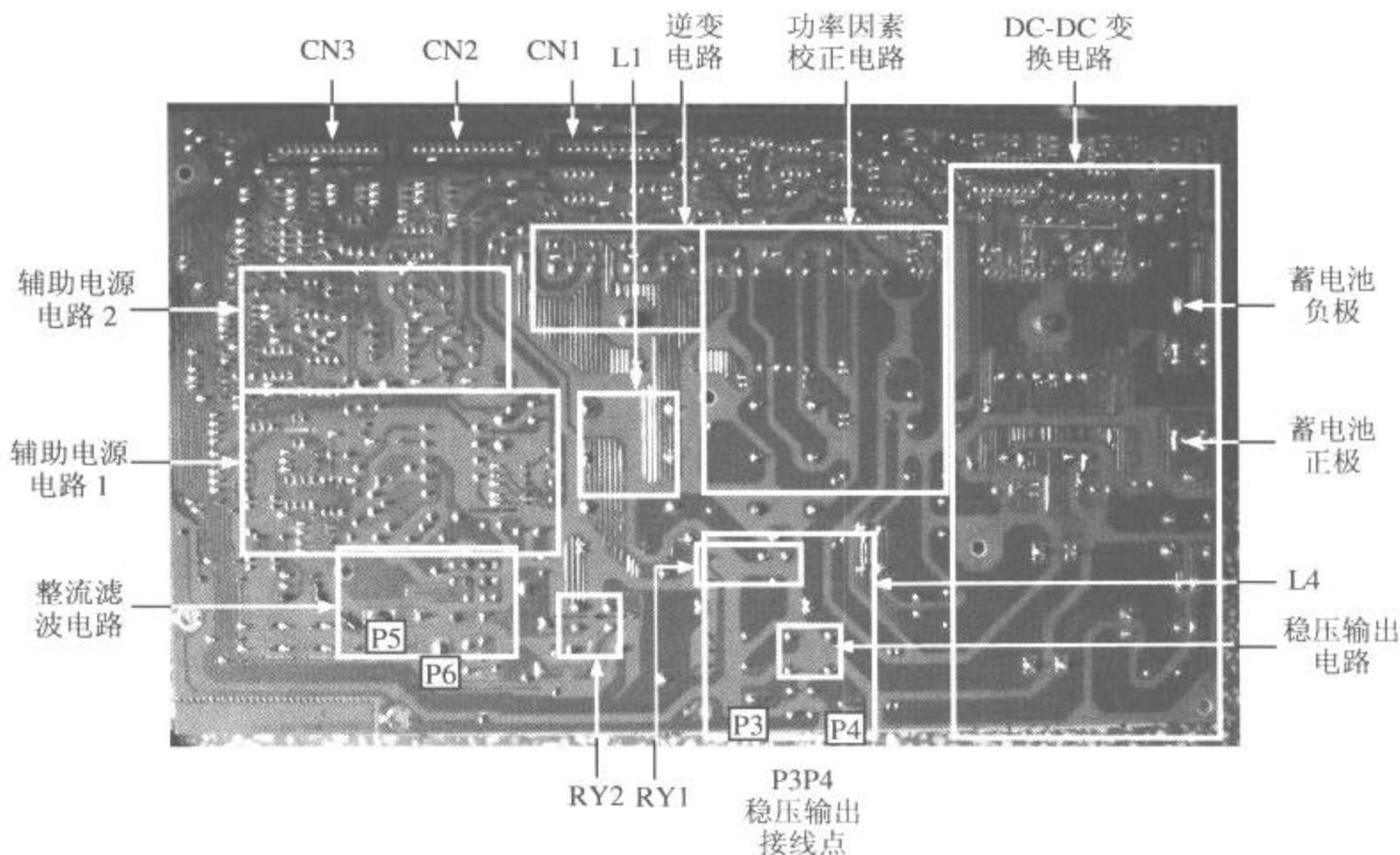


图 6-4 逆变电路板的电路组成

6.1.3 在线式 UPS 蓄电池充电电路分析

在线式 UPS 蓄电池的充电电路大多采用开关电源。

SANTAK UPS 蓄电池充电电路分布在一块独立电路板——充电电源板上，参看图 6-3 (b)。从电路组成上看，蓄电池充电电路是一个完整而且与其他电路完全独立的开关电源。它也有交流输入、抗干扰电路、整流滤波电路、脉冲产生电路、功率变换电路、稳压控制电路以及保护电路等。

1. 交流输入及抗干扰电路分析

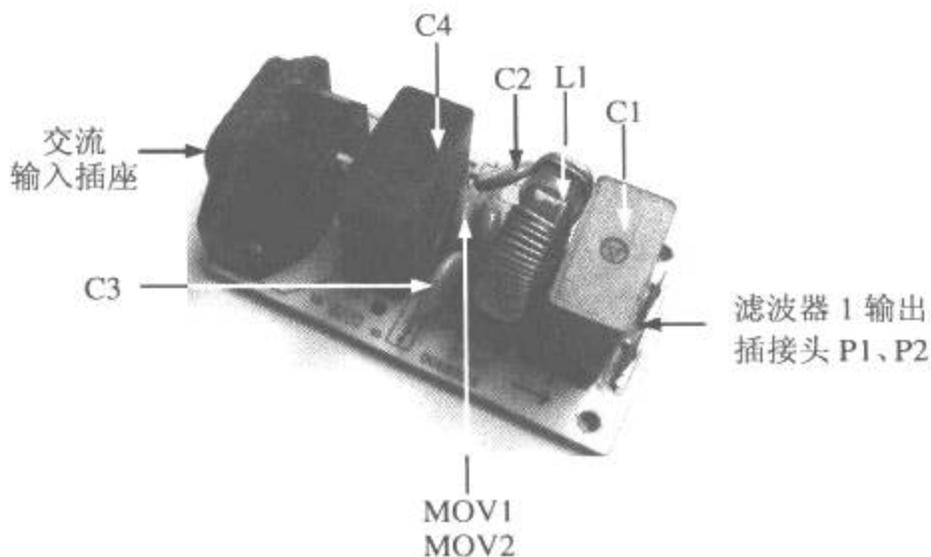
SANTAK 型 UPS 的交流输入抗干扰电路有两级，第一级与其他电路分离，采用一块独立的电路板，如图 6-5 (a) 所示。其抗干扰滤波电路 1 如图 6-5 (b) 所示。

交流输入抗干扰电路用于消除交流市电中的杂波，起抗干扰的作用，其工作原理可参考电脑电源部分，这里不再赘述。图 6-5 中的 MOV1 与 MOV2 为两个压敏电阻。

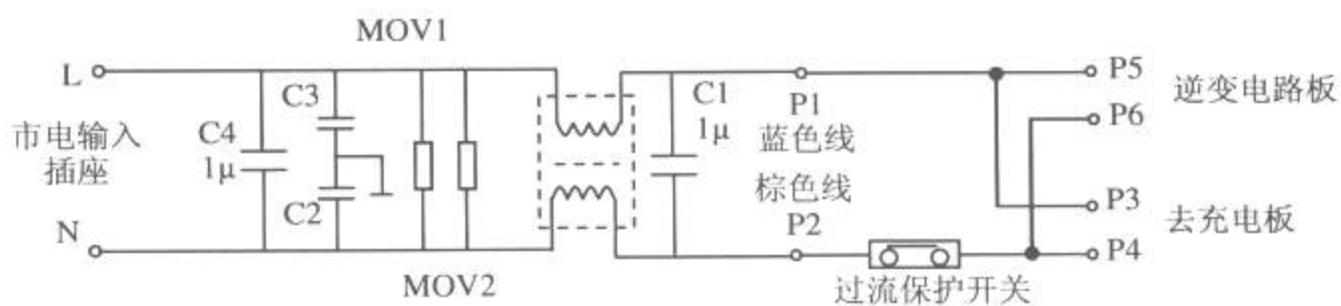
交流输入电压经滤波电路 1 滤除杂波后，从 P1、P2 两点通过连接线输出，经过过流保护设置开关后，分两路输出：一路进入逆变电路板插接点 P5、P6；另一路进入滤波电路 2 电路板，然后送入充电电路板。

2. 整流滤波电路

经交流输入滤波电路 1 后的交流市电，在进入充电电源电路之前还要经过滤波电路 2 滤波。滤波电路 2 的电路结构和功能与滤波电路 1 完全相同，只是没有使用压敏电阻。如图 6-6 所示，输入端为 P3、P4，输出端编号为 P1 与 P2，然后通过导线送入蓄电池充电电路板 P5、P6。



(a) 交流输入滤波电路 1 实物图



(b) 交流输入滤波电路 1 电路原理图

图 6-5 交流输入抗干扰电路 1

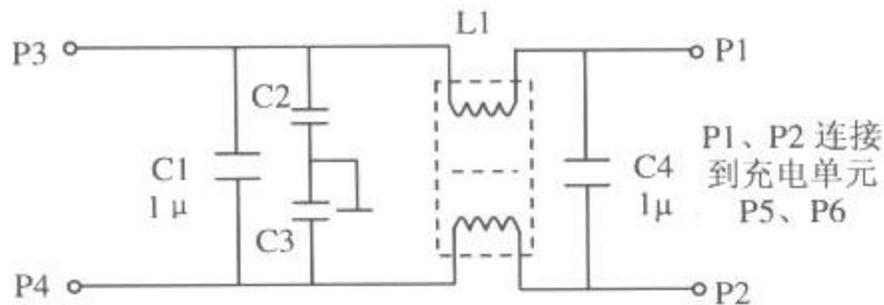


图 6-6 滤波电路 2

● 注意

P 表示导线连接的接插点，在不同的电路板上接插点编号不一致。

在充电电源电路板上，交流市电经 6.3A 保险管、热敏电阻 NYC501 对浪涌电流抑制后，由整流桥 (REC501) 桥式整流，再经电容器 C514 滤波得到 +310V 的直流电压，可起到整流滤波的作用，如图 6-7 所示。

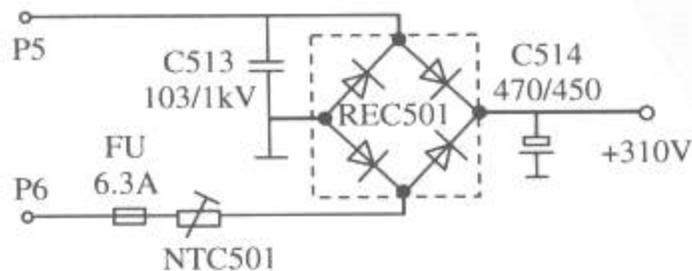


图 6-7 整流滤波电路



3. 充电电源电路结构及工作原理

在线式 UPS 的充电电路大多采用开关电源。开关电源电路如图 6-8 所示。

从电路图中可以看到, 该 UPS 采用的电源电路与显示器电源采用的电路极其相似, 所不同的是它采用集成电路 UC3845 作为电源脉宽调节器。UC3845 与 UC3542 属同一系列, 其引脚名称及功能基本相同; 其区别是它们的第 7 脚电源启动电压不一样。UC3845 第 7 脚启动后的正常工作电压为 12V。

以 UC3845 构成的电源电路由启动电路、PWM 脉冲产生电路、功率变换电路、输出电路、稳压控制电路以及过流过压保护电路等组成。

UC3845 的工作原理与 IC3842 相同, 其工作原理可参考显示器电源的维修部分。这里我们分析一下稳压控制电路。

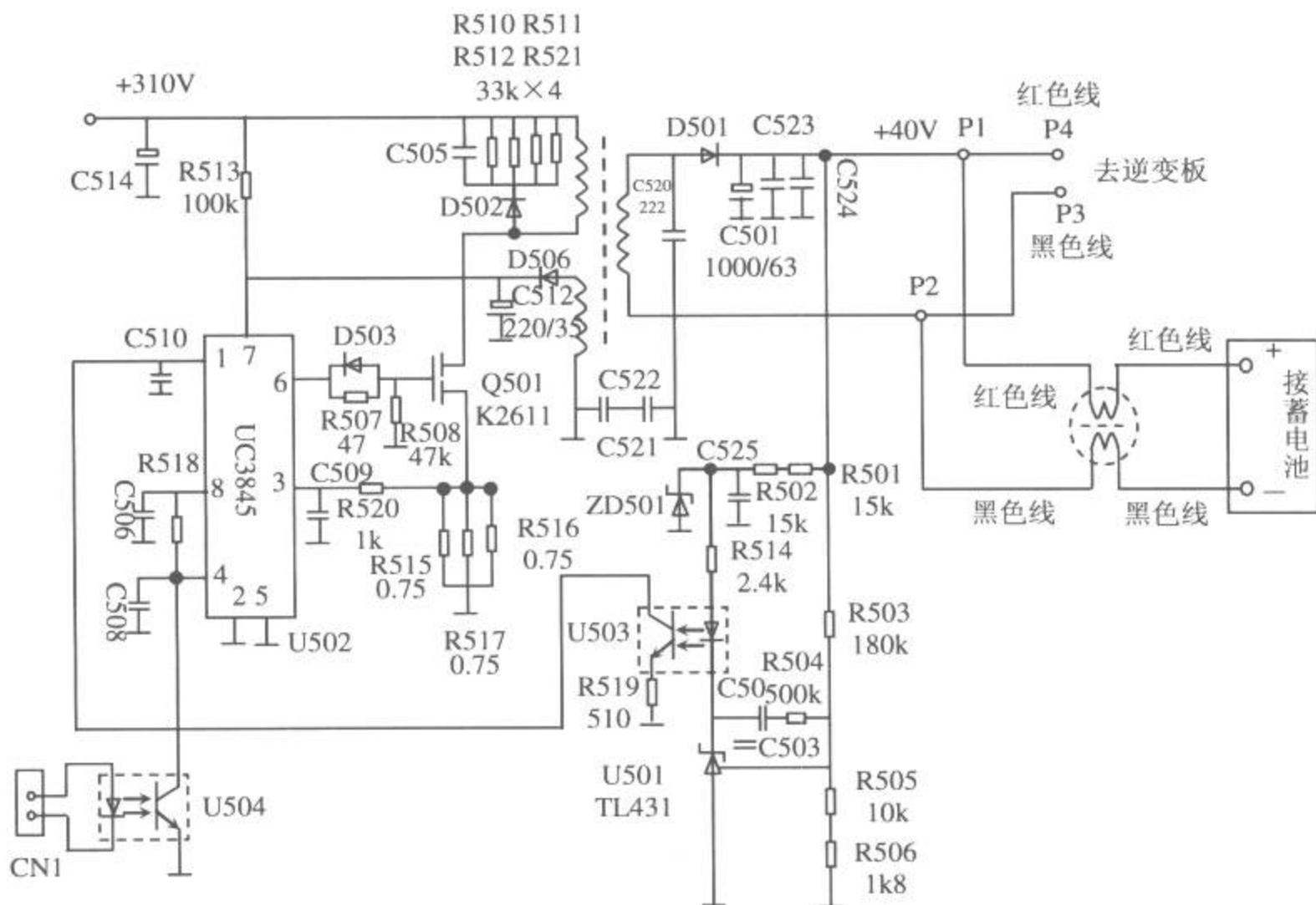


图 6-8 蓄电池充电电路

开关电源输出约为+40V 的直流电压, 分两路输出。一路通过导线送到蓄电池, 给蓄电池充电 (该 UPS 蓄电池电压采用 36V); 另一路通过连接导线送到逆变电路板, 经逆变后输出。只要有 220V 交流市电接入 UPS, 该部分电源即开始工作。当无交流输入时, 在控制板电路的控制下, 由 CN1 输入控制信号, U504 工作将 UC3845 第 4 脚电压降为 0V 左右, 迫使 UC3845 停止工作。

在有交流输入的情况下, 充电电路输出+40V 电压, 一方面给蓄电池充电, 另一方面给逆变电路板提供电源。因此, 即使蓄电池电能消耗完结无电压, UPS 也能工作。

4. 稳压控制电路分析

稳压控制电路由取样电路、基准电压、比较放大电路及脉宽控制电路组成。参考图 6-8。

取样电路采用间接取样，开关电源工作后输出的+40V 电压，通过电阻 R503、R505、R506 分压获得样品电压，加到 U501 的控制极（R 极）。另一路通过电阻 R501、R502 由 ZD501 稳压，作为 U503 光电耦合器的工作电源。

基准电压与比较放大电路由 U501 内电路组成，样品电压在 U501 内与基准电压比较后产生的误差电压控制 U501 的阴极电流，使流过 U503 光电耦合器中发光二极管的电流改变，发光强度发生变化，进一步使光电耦合器中光电管的导通程度发生变化，由此改变 UC3845 第 1 脚电压。在 UC3845 内部调整开关管驱动脉冲宽度，可使开关管的导通时间得到调整，最终使输出电压得到稳定。

当某种原因使+40V 直流电压升高时，稳压控制过程如下：

+40V ↑ → U501 的 R 极电压 ↑ → U501 的 I_{KA} ↑ → 光耦中二极管发光 ↑ → 光敏管导通 ↑ → UC3845 第 1 脚电压 ↓ → UC3845 第 6 脚脉宽缩短 ↓ → 开关管 Q501 提前截止 → 输出电压 ↓，从而实现稳压。

当某种原因使+40V 输出降低时，其稳压过程与上述过程相反。

6.1.4 辅助电源电路分析

同所有电子设备一样，UPS 同样也离不开电源。SANTAK 型 UPS 中有两个辅助电源，它们分布在逆变板电路上。

1. 辅助电源 1 电路

辅助电源 1 电路以市电供电为电源，产生 UPS 各相关电路逆变时所需要的工作电源。

(1) 抗干扰及整流滤波电路

从抗干扰及整流滤波电路输出的交流市电送入逆变板上的 P5、P6 接插点，又一次经由 C24、C25、C26 组成的抗干扰电路滤除杂波，并经 NTC1、NTC2 及 L6 防浪涌冲击，由 REG2 整流桥整流，经 C10 滤波，最后得到约 310V 的直流电压。其电路结构如图 6-9 所示。

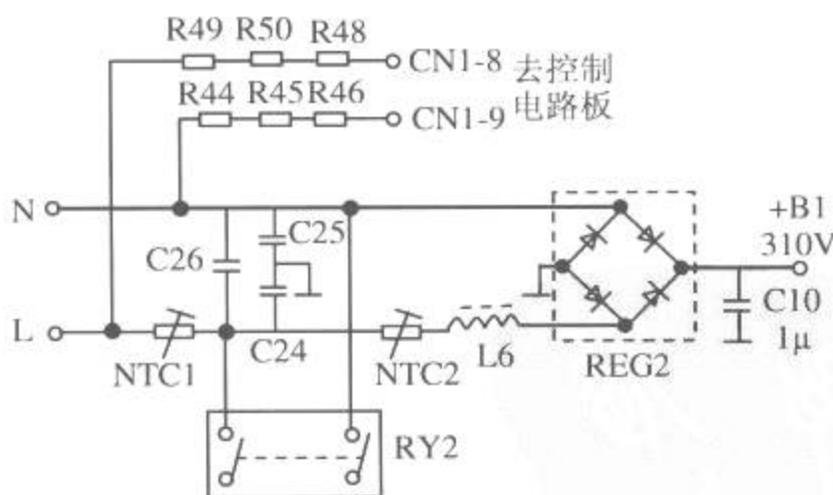


图 6-9 抗干扰及整流滤波电路

● 注意

由于电容器 C10 容量较小，而且使用的是无极性电容器，用万用表测量时，C10 两端电压可能会偏低。

图中，电阻 R49、R50、R46 及 R44、R45、R46 对输入的交流电压限流后，送到控制电路板。



用于对输入交流市电进行检测。其中，RY2 为继电器，市电正常时，在控制电路控制下用于接通功率因素校正电路。

(2) 开关电源电路

① 开关电源电路的结构

辅助电源 1 电路也是由以 UC3845 为核心构成的开关电源，其电路结构如图 6-10 所示。从该电源的电路结构上可以看出，其电路结构与充电电路电源几乎完全一样，只是元件编号不同；另外，该开关变压器次级多了一个绕组，电源的输出功率不同。工作原理可以参考充电电源部分。

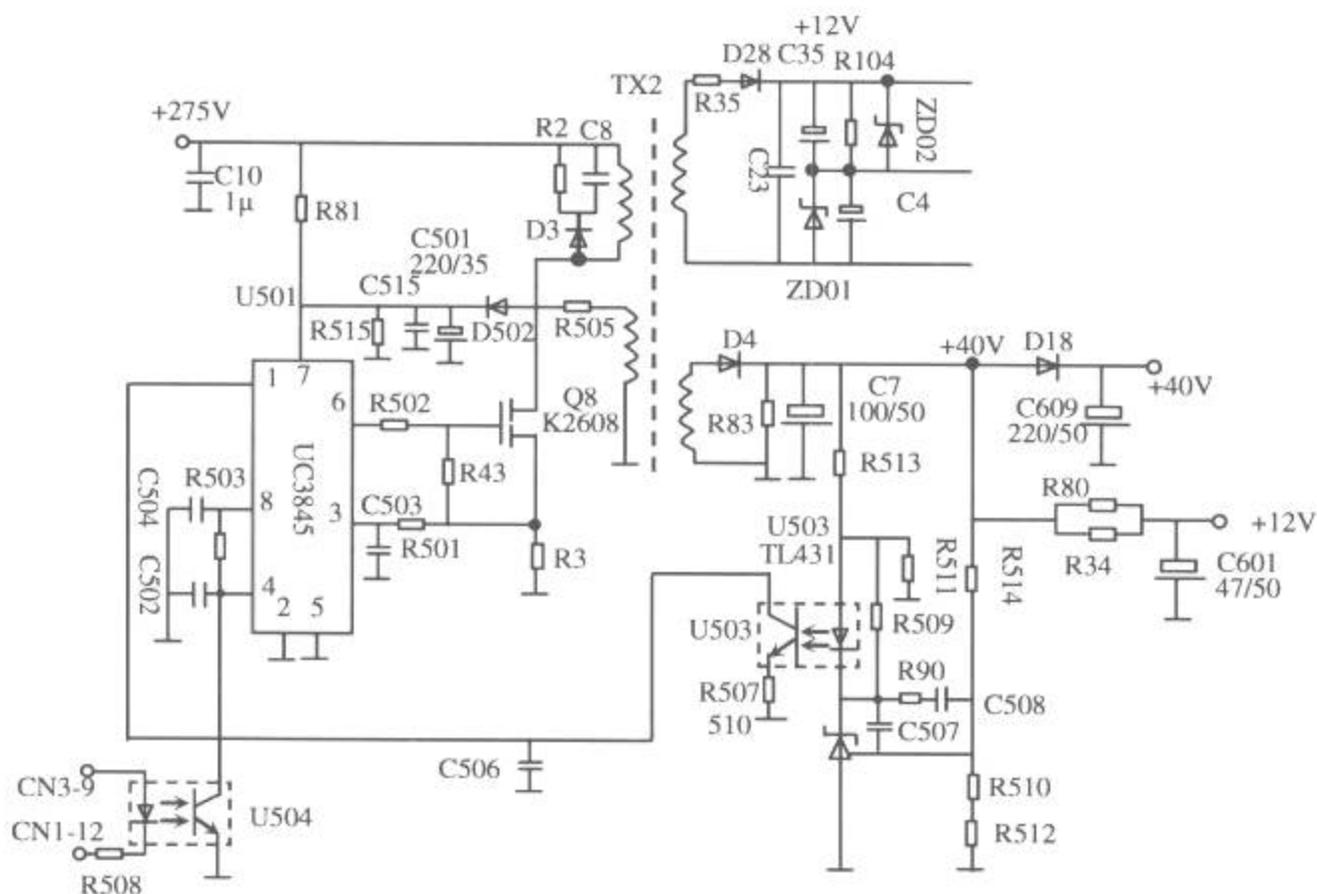


图 6-10 辅助电源 1 电路原理图

有交流市电输入时，该开关电源即开始工作。次级输出有三路，第一路经 D4 整流、C7 滤波后得到约+40V 的电压，分两路输出：一路经 D18 整流、C609 滤波得到约+40V 的电压，与蓄电池正极相通；另一路经并联电阻 R80/R34 限流后得到+12V 电源电压。第二路经电阻 R35 限流、D28 整流后，由电容器 C35 及 C4 串联分压，经 ZD02 稳压，在 C35 两端得到+12V 电压，C4 两端可得到+5V 电压，供给 U10 使用。这部分电源作为一个辅助电源用于功率因素校正电路的工作电源（见后述）。第三路经电阻 R80 与 R34 并联为 U601 提供启动电源。

控制电路通过市电检测电路检测到有正常交流市电输入后，在控制电路的控制下，发出控制信号，经由 CN3-2 与 CN1-12 送到逆变电路板上的 U504，使 U504 中的发光管不工作，光敏管截止，不影响 U501 (UC3845) 工作。U501 从第 6 脚输出驱动脉冲，使开关管工作，电源产生输出电压。在无交流市电输入或输入电压不正常（欠压、过压）时，控制电路发出控制信号，使 U504 中的光敏管导通，UC3845 第 4 脚被接地，辅助电源 1 停止工作。这时，UPS 工作于蓄电池供电的逆变状态。

② 稳压控制电路

由电阻 R514、R510 及 R512 构成取样电路，对电源输出的电压分压后加到 U502 的控制极

上,与 U502 内的基准电压相比较,产生的误差电压经 U502 内部转换为电流,使流过 U502 的电流 I_{KA} 发生变化;由此, U503 中发光二极管的发光强度发生改变,经 U503 中光敏管放大,改变 UC3845 第 1 脚电压,由 UC3845 内部调整第 6 脚输出的脉冲宽度,改变开关管 Q8 的导通与截止时间,从而实现稳压控制。当由于某种原因使输出电压升高时,取样电阻获得的样品电压升高, U502 导通加强,流过 U503 中的电流加大,发光增强,光敏管导通增强, UC3845 第 1 脚电压下降,第 6 脚输出脉冲宽度变窄, Q8 导通时间缩短,输出电压下降,使输出电压稳压。当输出电压下降时,其稳压控制过程与上述相反。

2. 辅助电源 2 电路

辅助电源 2 电路以蓄电池电源电压为工作电源,在控制电路的控制下输出稳定的电压,为逆变电路提供稳定的工作电源。

(1) 辅助电源 2 电路

辅助电源 2 电路结构如图 6-11 所示。

下面我们只对稳压控制电路进行分析,其他电路可参考辅助电源 1 部分。

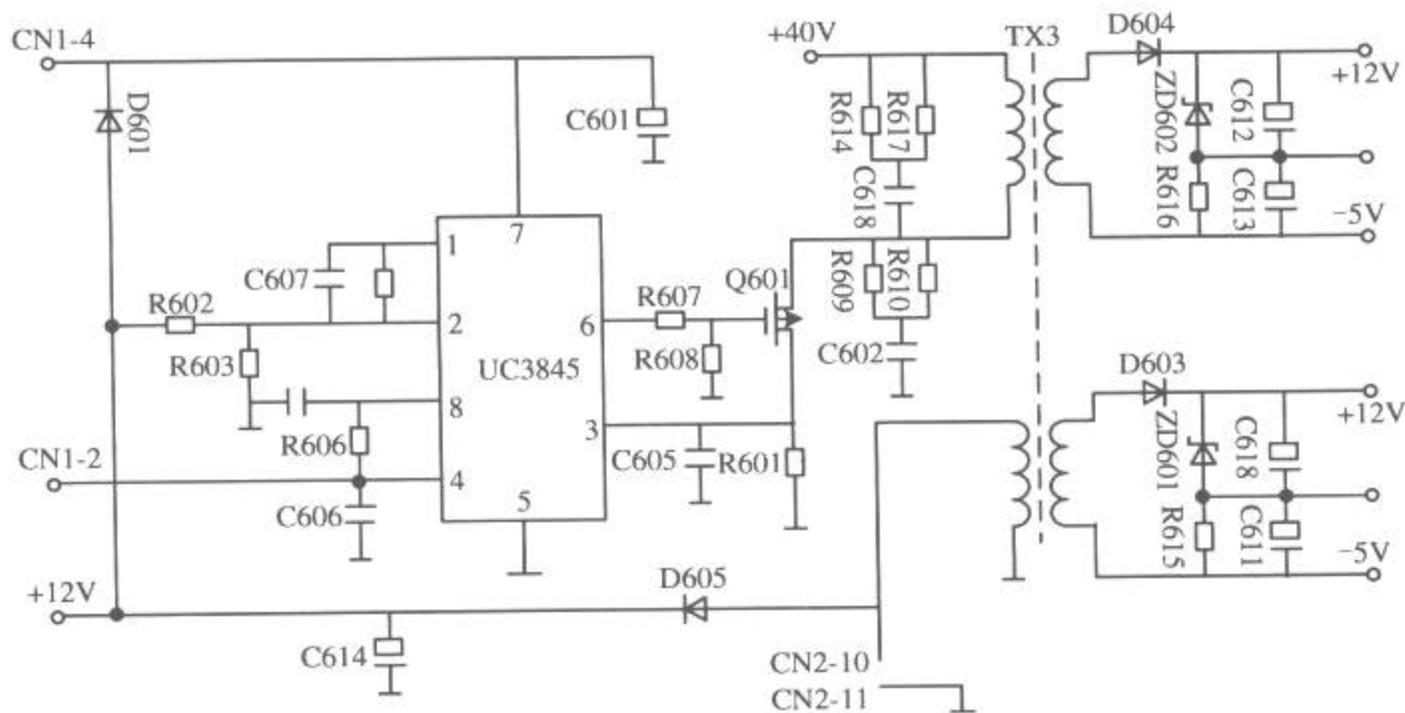


图 6-11 辅助电源 2 电路结构

从电路结构图中可以看出,该辅助电源 2 电路与辅助电源 1 电路在电路结构及工作原理上是一样的, PWM 组件都使用 UC3845。不同之处有三点:

- ① 开关电源主供电不同。辅助电源 1 电路以交流供电为电源,而辅助电源 2 电路的启动及工作电源由控制电路将蓄电池降压获得。
- ② UC3845 第 7 脚启动及工作电源不同。辅助电源 1 以交流市电作为启动电源,辅助电源 2 以蓄电池电压为启动电源。
- ③ 稳压控制电路的取样方式不同。辅助电源 1 采用间接取样,以光电耦合器隔离;辅助电源 2 取样不需要隔离。

(2) 辅助电源 3 电路的启动过程

在无交流市电输入、蓄电池供电正常且接入 UPS 后,当按下开机键时,控制电路发出开机



指令, 从 CN1-4 端输出约 9V 的电压加到 U601 第 7 脚, 作为启动电压使 U601 开始工作。U601 第 6 脚输出驱动脉冲, 通过电阻 R607 加到开关管 Q601 的栅极, 使 Q601 工作于开关状态。

开关变压器次级将得到的感应电压经整流滤波输出 3 路电压。第 1 路经 D605 整流, C614 滤波后得到+12V 输出电压, 一方面为逆变工作时各相关电路提供必需的电源 (包括为 U601 提供工作电源), 另一方面作为该辅助电源的取样电压, 用于稳压控制。第 2 路经 D603 整流后, 在电容器 C618 与 C611 上分为+12V 和-5V 两个电压。第 3 路与第 2 路完全相同, 这两路电压为 DC-DC 变换电路提供稳定的正负电源。

(3) 辅助电源 2 电路的稳压控制

同充电电源一样, 稳压控制电路由取样电路、比较放大电路及控制电路开关管等电路组成。该开关电源启动后输出的+12V 电压, 通过电阻 R602 与 R603 分压后加到 UC3845 第 2 脚, 通过 UC3845 内电路对样品电压检测, 比较放大后, 输出脉宽控制电压, 调整第 6 脚输出的驱动脉冲的宽度, 改变开关管的导通与截止时间, 从而使输出电压稳定。其稳压控制过程可简述如下:

若由于某种原因使+12V 输出电压升高, 则 R602 与 R603 分压后的样品电压升高, 经 UC3845 内电路比较放大, 调整输出脉冲的宽度使其缩短, 开关管导通时间缩短, 开关电源输出电压降低; 若输出电压降低, 其稳压控制过程与上述相反。

● 注 意

在没有发出开机指令前, U601 第 7 脚无启动电压, 逆变不能进行, CN1-4 端只输出一次启动电压; 当 U601 工作后, 开关电源输出+12V 电压, 通过 D601 送回到 U601 第 7 脚作为继续工作的电源。

在有交流市电输入时, 辅助电源 1 电路工作产生的+40V 电压通过电阻 R80 与 R34 加到 U601 第 7 脚上作为启动电源。

6.1.5 DC-DC 变换电路分析

与后备式 UPS 不同的是, 在线式 UPS 不是将蓄电池电压 (充电电压) 直接进行逆变, 而是通过一个斩波器将单一的直流电压 (蓄电池电压) 转换为高压直流电压 (+BUS 与-BUS, 约为 690~720V), 然后再将高电压送到逆变器, 经逆变后输出。

DC-DC 变换电路由控制电路、脉冲产生电路及 DC-DC 变换电路等几部分组成。

1. DC-DC 变换脉冲产生电路

(1) SG3525 简介

与后备式 UPS 不同的是, 在线式 UPS 的逆变脉冲产生集成电路大多采用 SG3525。SG3525 也是专用脉宽调制组件, 采用 16 脚双列直插式塑封结构, 与 SG3524 相同。它的内部主要由+5V 基准电压发生器、欠压保护电路、锯齿波振荡器、误差运算放大器、控制放大器、比较器、触发器、两个与非门电路及驱动管等组成。其内部结构框图和各引脚定义如图 6-12 和表 6-1 所示。

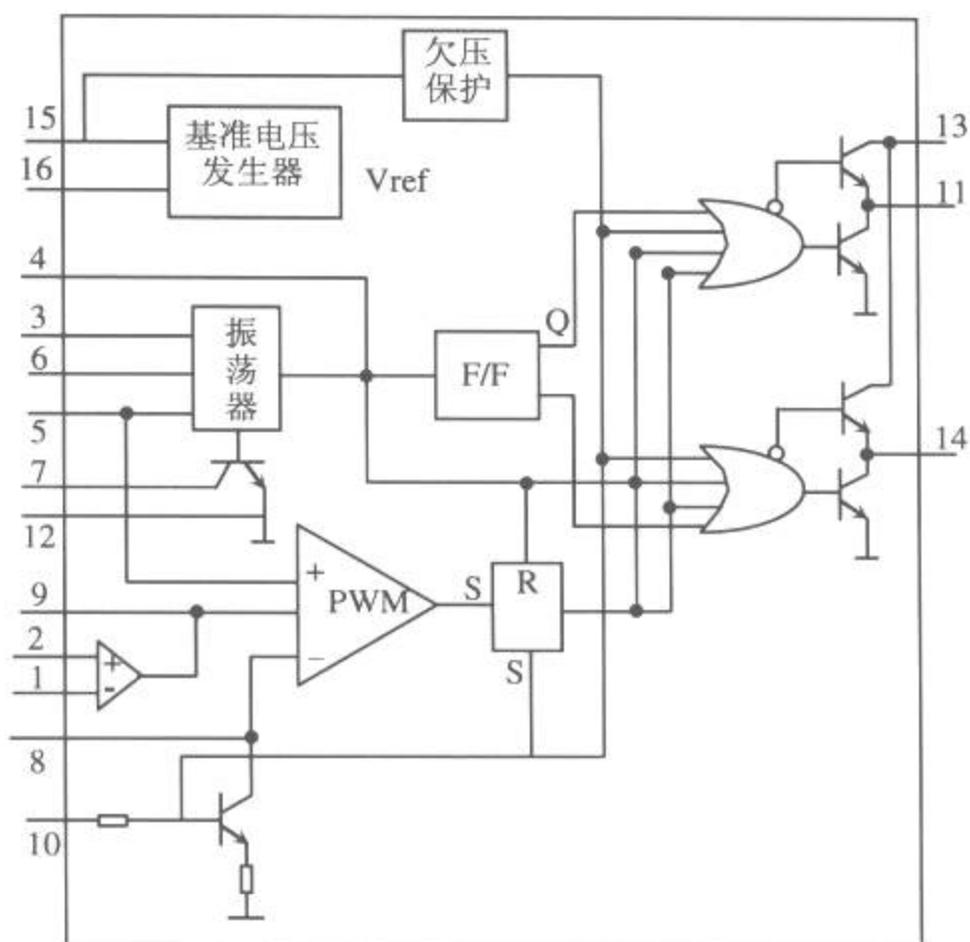


图 6-12 SG3525 内部结构框图

表 6-1 SG3525 各引脚定义

引脚	功能	功能定义	引脚	功能	功能定义
1	IN-	比较器反相输入端	16	Vref OUT	基准电压输出端
2	IN+	比较器同相输入端	15	Vcc	供电端
3	Sync	同步信号输入端	14	OUTPUT B	发射极 1
4	OSCOUT	振荡器输出端	13	COL 2	集电极 1
5	CT	定时电容	12	GND	接地端
6	RT	定时电阻	11	OUTPUT A	集电极 2
7	CT	放电端	10	SHUTDOWN	封锁端
8	Soft-start	软启动控制端	9	COMP	放大输出补偿端

SG3525 引脚功能描述如下:

① 第 15 脚为供电端, 一般采用+12V 供电。

② 第 16 脚为+5V 基准电压输出端, 当 SG3524 得到正常的+12V 供电进入工作状态后, 产生+5V 基准电压输出, 一部分作为内部电路的电源, 另一路从第 16 脚输出。基准电压也称为参考电压, 常用 Vref 表示。

③ 第 6、7 两脚内外电路构成锯齿波振荡器, 第 6 脚外接定时电阻 R_T , 第 7 脚外接定时电



容 C_T 。

④ 第 1、2 两脚内接误差放大器，其输入信号来自取样反馈电路，通过内部电路控制脉冲宽度。第 1 脚电压大于第 2 脚电压时，输出脉冲宽度变窄；第 1 脚电压低于第 2 脚电压时，输出脉冲宽度变宽。通过调整功率输出管的导通时间可以调整输出电压的大小。

⑤ 第 10 脚为死区控制端，又称为封锁端。当该脚输入高电压时，SG3525 不输出驱动脉冲。

⑥ 第 8 脚为软启动控制端。当该脚输入低电压时，封锁 SG3525，禁止输出驱动脉冲。

⑦ 第 3 脚为同步控制端，当该脚输入某频率脉冲时，迫使 SG3525 振荡频率与其同步。

⑧ 第 11、14 两脚分别为内部的两个驱动输出端。

(2) 脉宽可调脉冲的产生

振荡器产生的锯齿波分三路输出：第一路通过第 4 脚输出；第二路送到内部双稳态触发器，分为两个相位相差 180° 的两个脉冲；第三路送到两个与非门。

在与非门中，当同相输入端电压高于反相输入端电压时，比较放大器才有输出，形成锯齿波电压；反之，则没有输出。另一路在内部送到触发器的脉冲被触发器分解为两个相位相差 180° 的矩形脉冲 V_Q 和 $\overline{V_Q}$ ，这两个相反的矩形脉冲与从电压比较放大器来的矩形脉冲同时送到两个与非门中；在与非门中相与后，分别输出相位相差 180° 的两个脉冲，再分别经内部的两个三极管进行功率放大后输出。从上述原理中可看出，SG3525 第 8 脚与第 10 脚两脚电压的高低控制 SG3525 能不能输出驱动脉冲。

(3) SG3525 在 SANTAK 型 UPS 中的具体应用

SG3525 在 SANTAK 型 UPS 中的应用电路如图 6-13 所示。

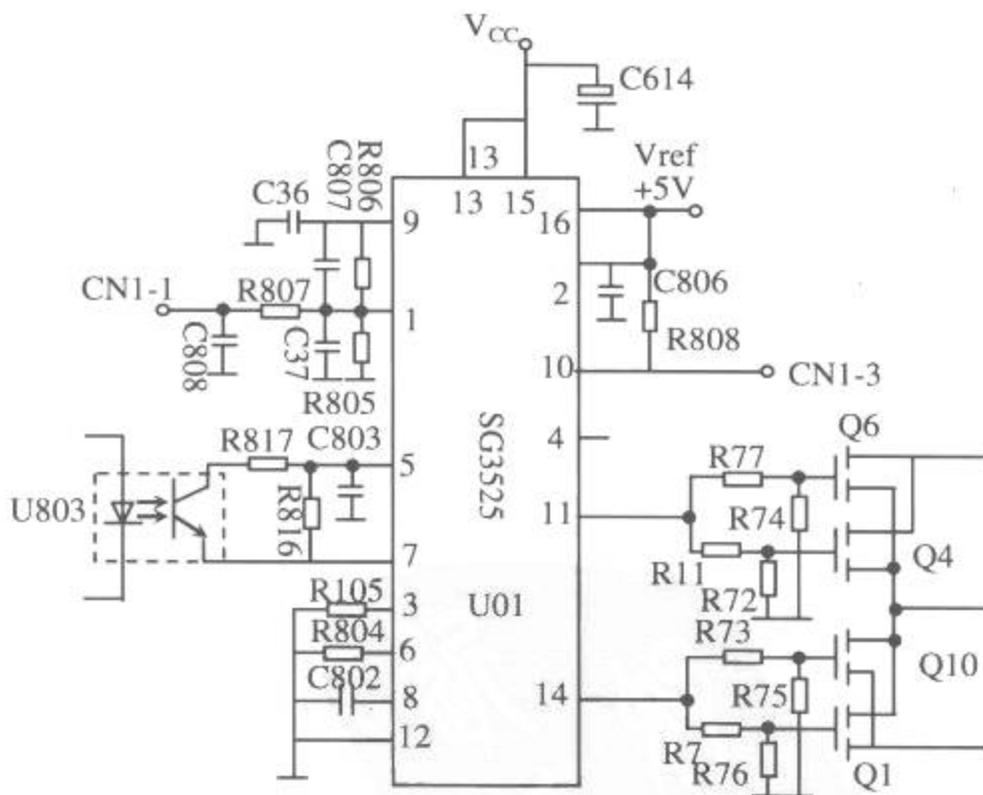


图 6-13 SG3525 在 SANTAK 型 UPS 中的应用电路

SG3525 的工作过程如下：

SG3525 第 15 脚得到 +12V 供电后，内部产生 +5V 基准电压，供给内部电路使用，并从第 16 脚输出基准 +5V 电压供外部电路使用；然后由 5、6 两脚内外振荡电路开始工作产生锯齿波。锯齿波分三路输出：一路是经双稳态触发器分解为两个相位相差 180° 的两个脉冲，送到两个与非



门；另一路经第4脚输出到其他电路（本机未使用）；第三路直接送到两个与非门。还有一路与比较放大结果及软启动控制电压一起送到脉宽调节比较放大器，经由封锁控制器送到与非门。

在与非门输入端有四路信号输入，一路是封锁端控制信号，第二路是欠压保护信号，第三路是振荡器锯齿波，第四路是脉宽控制信号。经与非门后由内部的两只三极管驱动从第11和第14两脚输出。

SG3525的工作受控制电路板上的CPU控制。在关机状态下，SG3525第10脚约为4.8V高电压，封锁驱动脉冲输出。在开机时降为0.2V左右，解除封锁，SG3525可从第11、第14两脚输出相位相反的逆变驱动脉冲，经电阻R11、R77及R7、R73分别送到逆变输出场效应管。该机使用四只场效应管作逆变输出，Q4与Q6并联，Q10与Q11并联。另一方面，SG3525还受有无正常交流市电的影响，在市电正常时不工作，只有在市电中断或不正常时，才在控制电路的控制下开始工作。

2. DC-DC 变换电路

DC-DC变换电路的用途是在无交流市电输入时将蓄电池电压升压为逆变需要的高电压（约为690V直流电压）。

(1) DC-DC变换电路的构成

DC-DC变换电路（逆变升压输出电路）由功率输出管（Q4~Q6、Q10~Q11）、逆变变压器TX1、倍压整流及滤波电路等组成。其电路如图6-14所示。

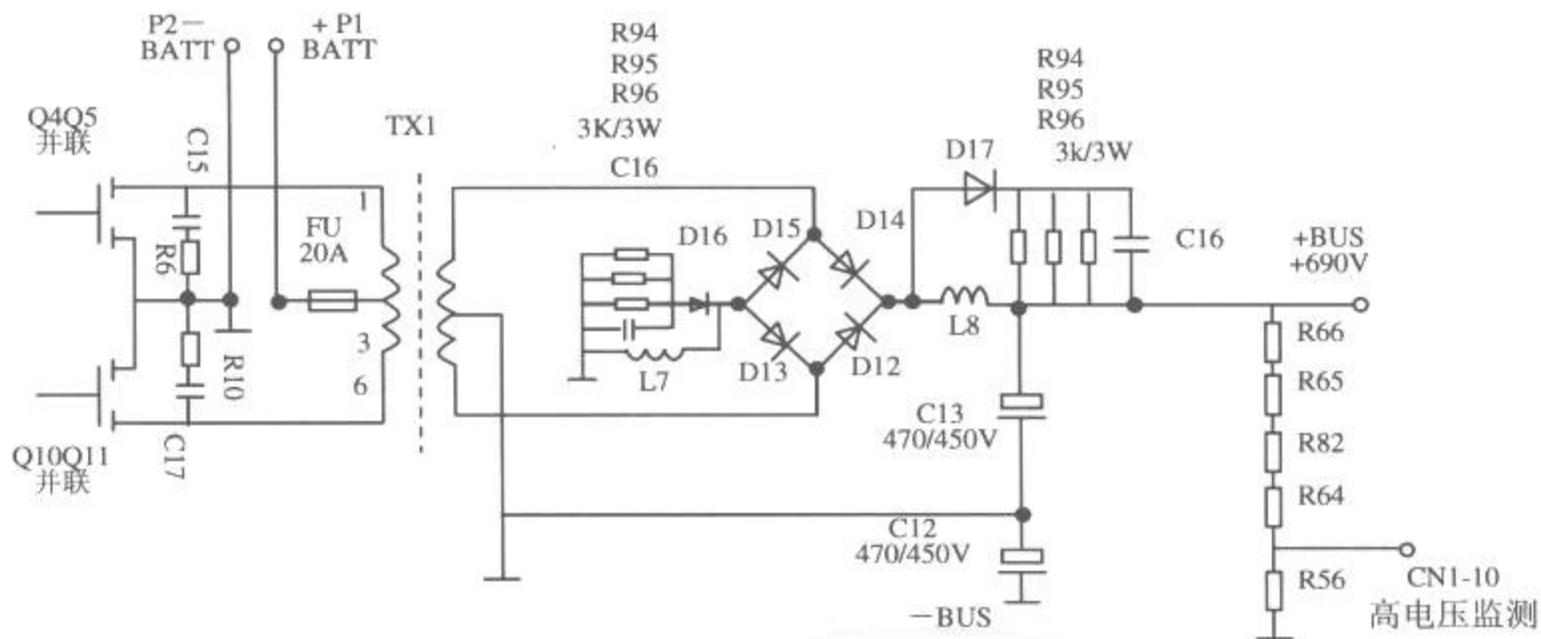


图 6-14 DC-DC 转换电路

在有正常市电输入时，SG3525受控制电路控制停止工作，接通继电器RY2，市电经整流滤波在电容器C13与C12上得到约+720V的高压直流电，当市电中断或不正常时，SG3525在控制电路的控制下开始工作，将蓄电池电压通过DC-DC变换电路升到约+690V左右时再送入逆变器，使逆变输出不致中断。 \pm BUS输出电压的大小由控制板上的CPU设定控制，用SG3525来进行调整。当市电正常时，关闭SG3525，该电路停止工作，只有在市电不正常时该电路才工作。

(2) DC-DC变换电路的工作过程

DC-DC变换电路的工作过程如下：



SG3525 第 11、第 14 两脚输出相位相反的逆变驱动脉冲，分别驱动 Q4~Q6 及 Q10~Q11 功率输出管，使其轮流导通。

① Q4~Q6 导通 Q10~Q11 截止时，蓄电池的电能从正极经保险管 FU、功率输出变压器 TX1 初级的 3~1 绕组，再经导通的 Q4~Q6 流回到蓄电池负极，在初级的 3~1 绕组中有电流通过。这一电流必将产生感应电动势，并引起次级绕组中也产生感应电动势。

② Q4~Q6 截止 Q10~Q11 导通时，蓄电池的电能从正极经保险管、功率变换变压器 TX1 初级的 3~6 绕组，再经导通的 Q10~Q11 流回到蓄电池负极，在初级的 3~6 绕组中同样有电流通过。这一电流也产生感应电动势，并引起次级绕组中也产生感应电动势。TX3 的次级得到的感应电压经倍压整流，在电容器 C13、C14 上各产生约+345V 的电压，两者叠加产生约 690V 的高压；在交流输入电压正常时，C13、C14 上产生约为+720V 的高电压。这一高电压分两路输出：一路送到逆变输出电路，第二路经电阻 R66、R65、R82、R64、R56 串联分压送往逆变控制电路，用于对逆变升压电路的输出电压进行检测。

电路中 C15、R6 及 C17、R10 用于保护功率管的安全，其作用是泄放功率管截止时存在的高电压。

3. 蓄电池电压降低时的稳压控制电路

当蓄电池电压降低时，DC-DC 变换电路输出的+BUS 电压将会降低，由此可能会引起逆变电路的输出电压不稳定，因此，在电路中设置了自动控制电路。

(1) 蓄电池电压降低时的稳压控制电路组成

蓄电池电压欠压保护电路由取样电路、基准电压、运算放大器 U801 (LM358)、驱动三极管 Q801 及 U01 (SG3525) 等组成，如图 6-15 所示。

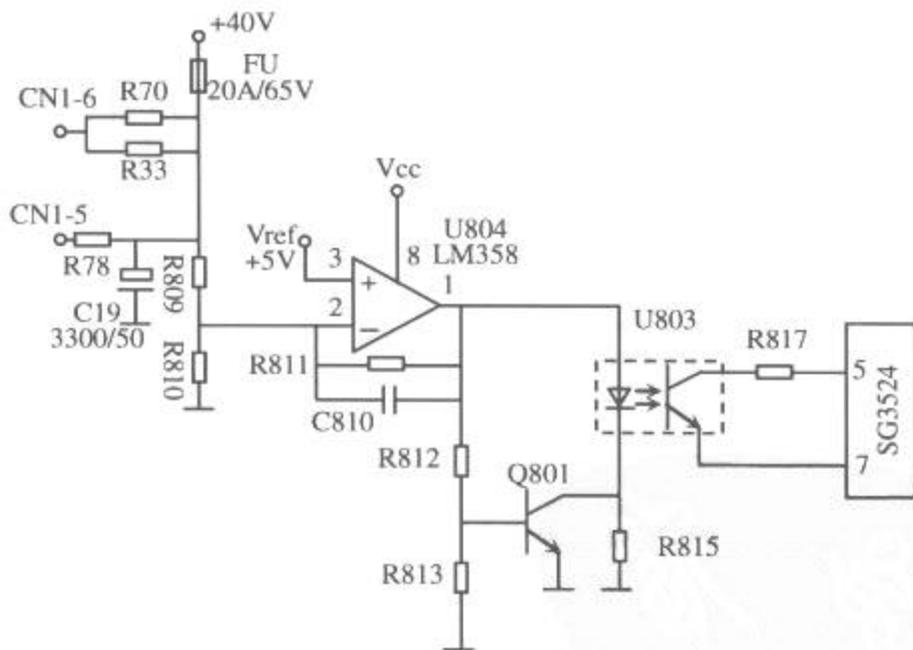


图 6-15 蓄电池电压检测电路

(2) 蓄电池电压降低时稳压控制电路的工作原理

蓄电池电压经电阻 R809 与 R810 分压获得样品电压，加在 LM358 第 2 脚反相输入端，与第 3 脚同相输入端上的基准电压（来自 SG3525 第 16 脚）相比较。当蓄电池电压缓慢降低时，与基准电压相比较的结果，LM358 第 1 脚输出电压逐渐升高，通过 R812 与 R813 分压后加在三极管 Q801 基极，使 Q801 的导通程度逐步加强，集电极的输出电压逐步降低，通过电阻 R814 使 U803



第 2 脚电压不断降低，U803 内发光二极管发光增强，光敏管导通程度加大，将 SG3525 第 5 脚通过电阻 R817 与其第 7 脚相接，SG3525 内振荡器的振荡频率加快，从而使 DC-DC 变换电路输出的 +BUS 电压不致降低太多。

6.1.6 功率因素校正电路分析

功率因素校正电路由校正电路、脉宽可调脉冲产生电路和反馈电路组成。

1. 校正电路

功率因素校正电路通过对输入交流电的调整，使输入电流波形与电压波形相近，并且相位相同，以提高输入功率因素，避免对电网产生谐振波干扰；同时有助于逆变器输出电压更加稳定。

校正电路主要由 Q14、CT2、U10、D10、D11 等组成，如图 6-16 所示在有交流市电输入时，交流市电经 RY2、保险管 F3、L9、REG1、Q14、CT2、D10、D11、U10、C12 和 C13 组成的升压斩波电路升压，在电容器 C13 及 C12 上产生约 $\pm 360\text{V}$ 的 BUS 电压；在无交流市电输入时，蓄电池电压经 DC-DC 变换电路在 C12、C13 上产生约 $\pm 345\text{V}$ 的 BUS 电压。BUS 电压用作逆变电路的输入电源，经逆变器逆变转换产生正弦交流输出，控制电路通过对输入交流电压的高低和当前 BUS 电压的高低进行监测、比较，产生脉宽可调的驱动脉冲，通过 U10 隔离后，再通过 Q14 的导通程度及时间执行调整，不需要人工调整。

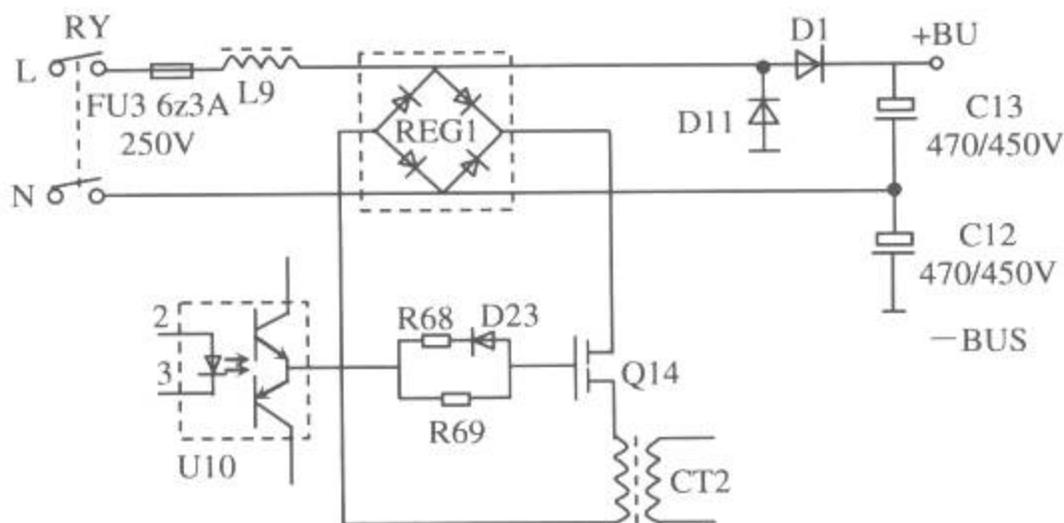


图 6-16 功率因素校正电路

2. 脉宽可调脉冲产生电路

脉宽可调脉冲由 U401 (UC3843) 产生，如图 6-17 所示。UC3843 与 UC3842 的用法几乎相同，它们的区别仅在于第 7 脚供电不同。请参看第 4 章显示器电源的维修部分。

控制电路通过对 BUS 电压检测，发出两路控制信号。一路经 CN1-1、R406 送到 UC3843-2 脚，设定参考电压；另一路经 CN1-7、R407 送到三极管 Q402 基极，改变基极电压，由集电极输出控制电压调整 UC3843 第 1 脚电压，使 UC3843 第 6 脚输出的驱动脉冲宽度发生改变，不断地调整功率因素校正值，从而使校正电路输出合适的电压。

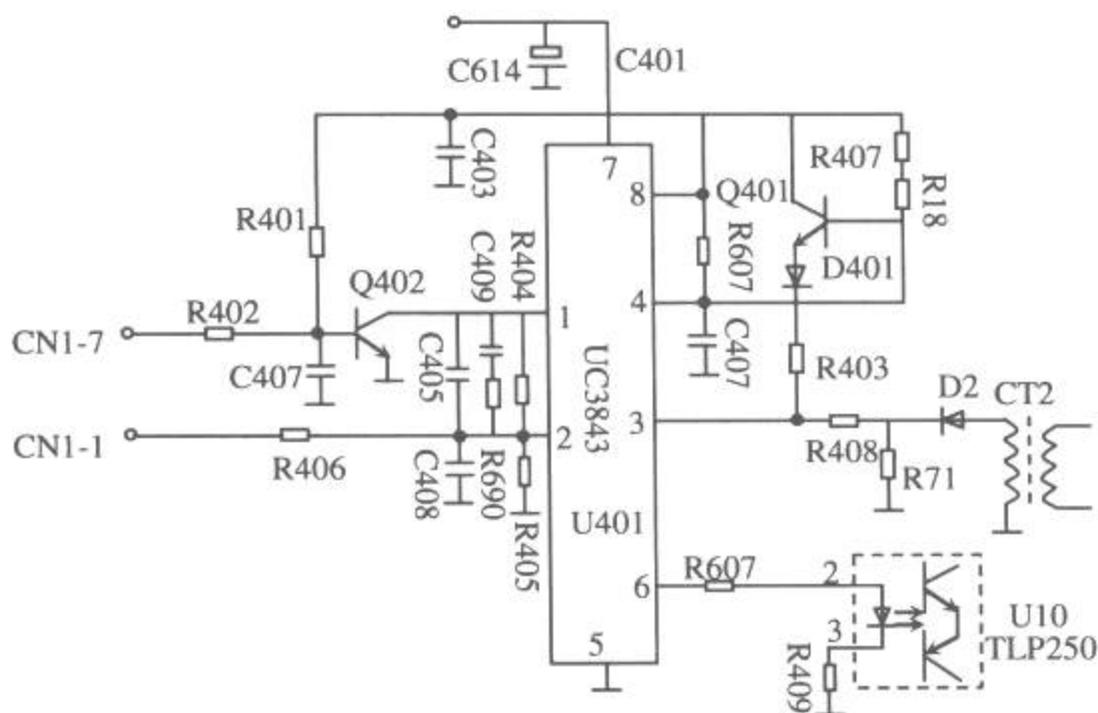


图 6-17 功率因素校正脉冲产生电路

3. 反馈电路

通过 CT2 检测到校正电路中 Q14 的源极电流后，由 D24 整流，经电阻 R408 送入 UC3843 第 3 脚，当流过 Q14 的电流过大时，UC3843 第 3 脚电压升高，UC3843 停止工作，UC3843 第 6 脚不输出控制脉冲，从而起到校正及保护作用。

6.1.7 逆变稳压输出电路分析

逆变稳压输出电路的任务是将高压直流电通过逆变电路变换为 220V 交流电压供给负载使用，UPS 的用途也就体现在此项功能上，是 UPS 的核心作用，其他电路都是为它服务的。逆变稳压输出电路由功率变换及输出电路、逆变脉冲产生电路、稳压控制电路等组成。

1. 功率变换电路及输出电路

(1) 功率变换电路及输出电路

功率变换电路及输出电路由驱动管 (Q12、Q13)、电容器 (C12、C13)、电抗器 L1、电容器 C2 等组成，如图 6-18 所示。

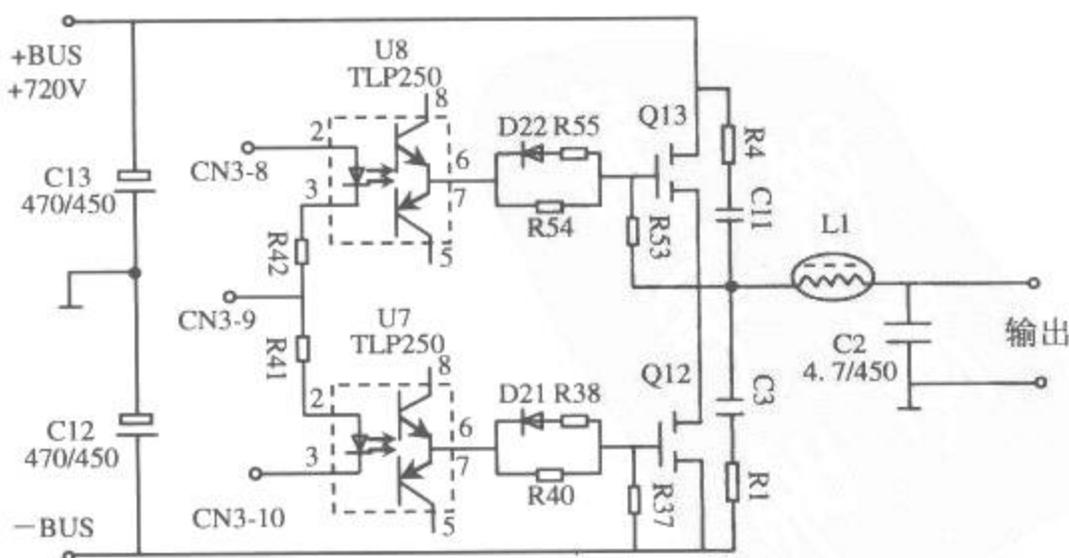


图 6-18 功率变换电路



(2) 功率变换电路工作过程

逆变脉冲产生电路输出极性相反的两个驱动脉冲，分别经二极管 D22 与 R55/R54、D21/R38/R400 隔离，由电阻 R53 与 R37 分压，加到场效应管 Q13 及 Q12 的控制极上，使 Q13 与 Q12 轮流导通与截止。

在 Q13、Q12 轮流导通与截止的过程中，C13 与 C12 上的电压轮流放电。由于电感器 L1 的电感量很大，电感内的电流不能突变，而 C2 上的电压也不能突变，电容 C2 两端的电压呈指数规律上升，形成正弦交流电。Q13、Q12 轮流导通一次就产生一个完整周期交流电压。

输出电压经电阻 R22、R23、R24、R19、R20、R21 及 R25、R26、R27 通过分压后送到控制电路，用于对输出电压的检测。

2. 逆变稳压输出电路

控制电路检测到功率变换电路（逆变器）工作正常后，经 CN3-1 脚和 CN2-12 脚发出输出控制信号，驱动继电器 RY1 吸合，接通 L1，将输出切换到逆变输出。逆变输出电路如图 6-19 所示。

在逆变输出时，C2 两端的电压通过接通的继电器 RY1，经滤波器 L4 及电容器 C5、C6 滤波后由接插点 P5、P6，通过导线输送到输出插座。

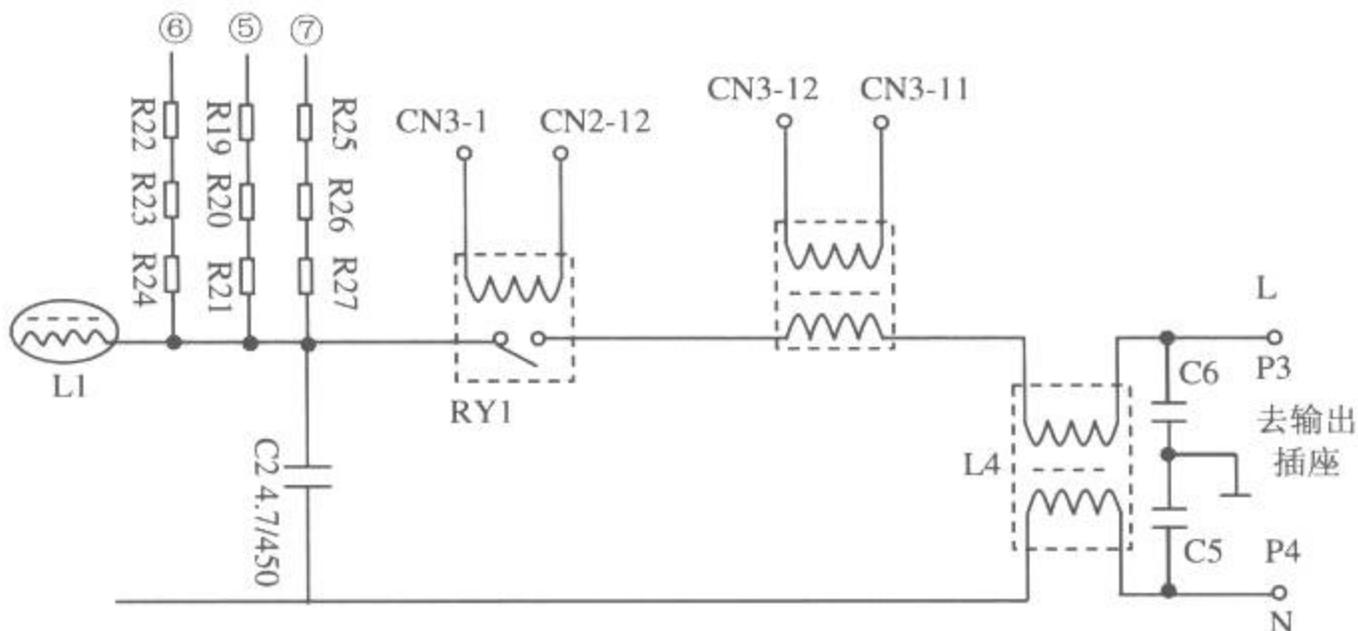


图 6-19 逆变稳压输出电路

电路中，C5、C6 及 L4 为输出滤波电路。其作用是滤除 UPS 在工作时内部产生的各种杂波，防止这些杂波被输送到负载中去。

3. 逆变稳压输出控制电路

功率变换及输出电路、逆变驱动脉冲产生电路、取样电路共同组成逆变稳压输出控制电路。参看图 6-18 及图 6-19。

输出电压经电阻 R22、R23、R24、R19、R20、R21 及 R25、R26、R27 分压后，作为取样电压由 CN3-5、CN3-6、CN3-7 反馈到控制电路；在控制电路中，根据反馈来的样品电压与基准电压相比较，产生误差，不断调整逆变脉冲的宽度，通过 CN3-8、CN3-9 送到逆变电路板，经 U7、U8 隔离，改变 Q13 及 Q12 轮流导通与截止的时间，由此实现对输出电压的稳定控制。



● 注 意

从输出电路结构中可以看出，逆变输出端没有使用负载，因此，UPS 不宜空载。

4. 风扇控制电路

UPS 在工作时逆变功率元件会产生较高的温度，若不能及时降温，功率元件有可能因过热损坏，因此需要用风扇对功率管进行散热。风扇控制电路原理图如图 6-20 所示。风扇的工作是由控制板上的 MPU 来控制的。

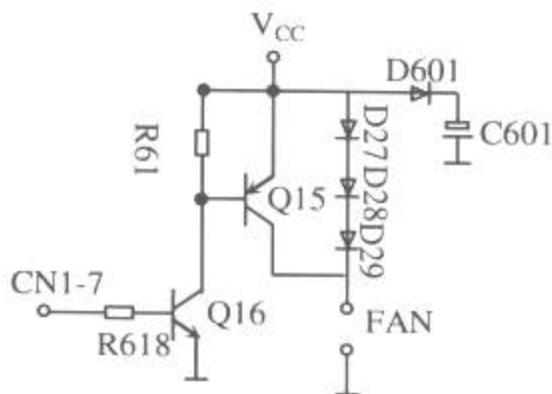


图 6-20 风扇控制电路

6.1.8 特殊元件介绍

1. TLP250

(1) 电路结构

TLP250 是日本东芝公司设计生产的专用电压变换器集成电路。其特点是适应电压宽，在 10~35V 电压范围内均可正常工作，输出电流大，最大输出电流可达 1.5A，开关时间短，通常少于 1.5 μ s。它的内部结构包括一个发光二极管，两个光敏三极管，其内部等效结构图如图 6-21 所示。

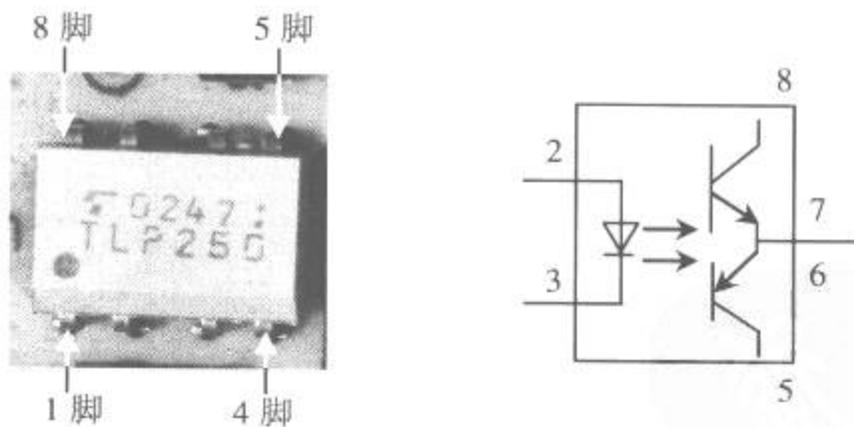


图 6-21 TLP250 实物及内部等效电路图

(2) 引脚功能

TLP250 的第 1 脚与第 4 脚为空脚，第 2 脚接发光二极管正极，第 3 脚接发光二极管负极，第 5 脚接地，第 8 脚为电源端，第 6 脚与第 7 脚共同用作输出端。

(3) 工作原理

TLP250 的工作原理如下：



当第2脚电压大于第3脚电压时，TLP250内部的发光二极管因有电流流过而发光，上光敏三极管接收光照射而导通（8脚与7脚导通），电流从8脚流入，7脚流出；与此同时，下光敏管截止。当第2脚电压低于第3脚电压时，TLP250内部发光管截止不发光，上光敏管截止不导通，下光敏管导通（6脚与5脚导通），电流从7脚流入，5脚流出。

2. IGBT 管

(1) IGBT 管简介

在逆变输出电路中使用的功率输出管 Q12 与 Q13 是一种复合管，是由普通三极管与 MOS 型场效应管复合而成的，其内部等效电路如图 6-22 所示。近几年出现的电磁炉中一般都使用 IGBT 管作功率输出管。

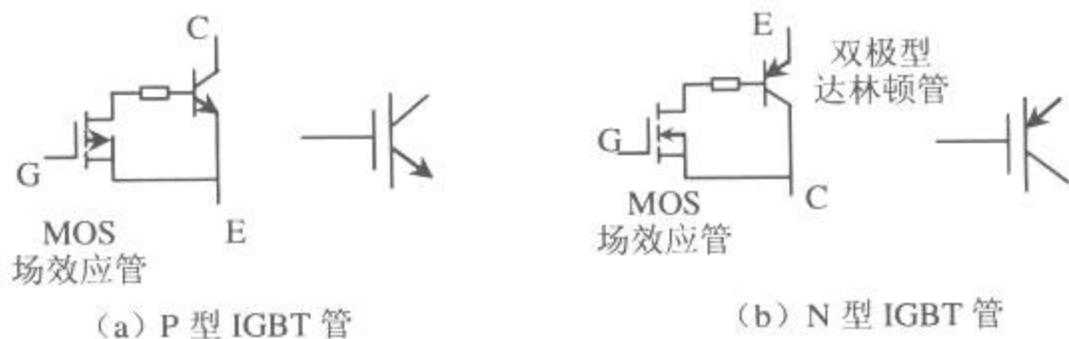


图 6-22 IGBT 管内部等效结构及符号

IGBT 管是英文 Insulated Gate Bipolar Transistor 的缩写，意为“绝缘栅双极型门控管”。其特点是开关特性好，输出功率大。

普通的 MOS 型场效应管开关特性好，但在高电压、大电流下易发热损坏；双极型达林顿三极管虽然可工作于大电流、高电压的情况下，但需要的驱动电流更大。因此，把它们结合起来可以发挥其各自的优点，使其驱动电流小、输出电流大，能适应高电压下长期安全工作，并能表现出极好的开关特性，输出功率可达到 1kW 以上。

到目前为止，IGBT 管还没有统一的图形符号规定，最常用的符号如图 6-23 所示。其引脚顺序一般是从管子正面自左至右排列，依次是门极 (G)、集电极 (C)、发射极 (E)。其实物图如图 6-24 所示。

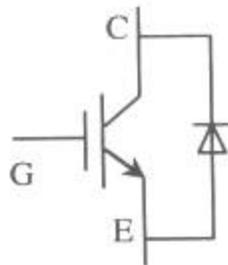


图 6-23 带阻尼 IGBT 管

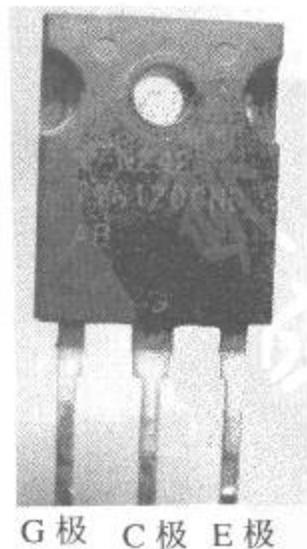


图 6-24 IGBT 管实物及引脚排列图



有些 IGBT 管在 C 极与 E 极间还接有一只二极管，称为阻尼二极管，如图 6-74 所示。

(2) IGBT 管的检测

IGBT 管的检测方法如下：

用指针万用表 $R \times 100$ 挡，或用数字万用表二极管挡进行检测。检测前先将 IGBT 管三个电极互相碰触（放电）。指针万用表两支表笔分别正反测量 G 极与 E 极，及 G 极与 C 极，正常情况下，所测阻值为无穷大，若有电阻值，表明管子已坏。最后测量 C 极与 E 极间电阻，正常情况下，指针万用表黑表笔接 C 极，红表笔接 E 极，电阻值为无穷大；黑表笔接 E 极，红表笔接 C 极，有 3k 至 5k 左右的电阻。数字万用表红表笔接 C 极，黑表笔接 E 极，阻值为无穷大；若是带阻尼的 IGBT 管，红表笔接 E 极，黑表笔接 C 极，所测结果为阻尼二极管的正向压降。

6.1.9 控制电路板分析

控制电路分布在一块独立的电路板上，如图 6-25 所示为 UPS 中的控制电路板。

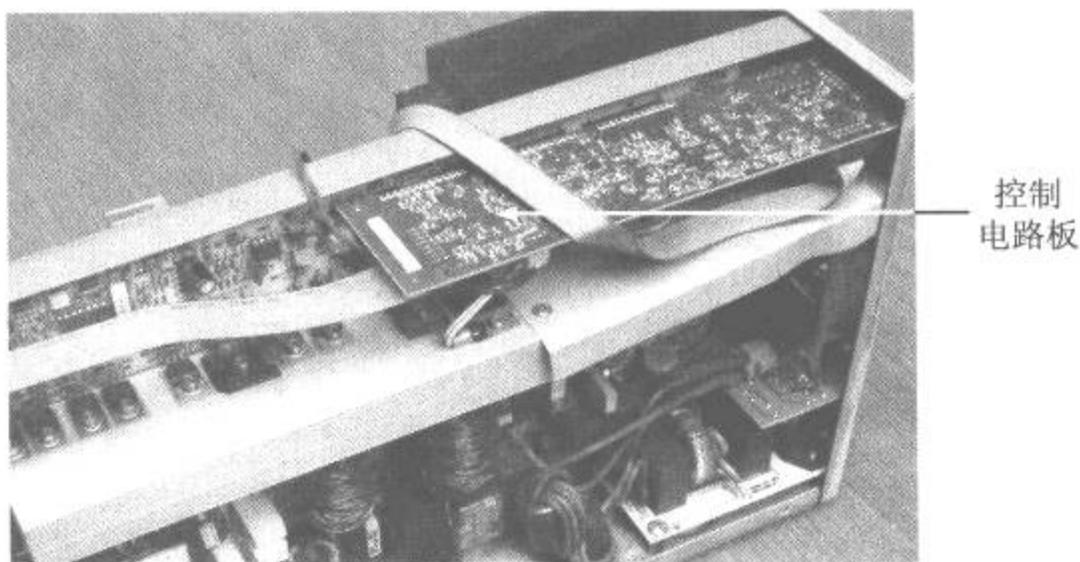


图 6-25 控制电路板

在控制电路板上主要有微电脑处理器 (MCU)、运算放大器、计算机接口、交流输入检测、蓄电池检测以及状态指示控制等电路，通过三个 12 针接插头 (CN1、CN2、CN3) 与逆变板及操作面板相接。控制电路板采用双面板，包含有数字电路，电路复杂，对初学者有一定难度。因此我们在这里只对控制电路板上三个插头所接信号的名称及用途做一下介绍。如图 6-26 所示为控制电路板正反面图。

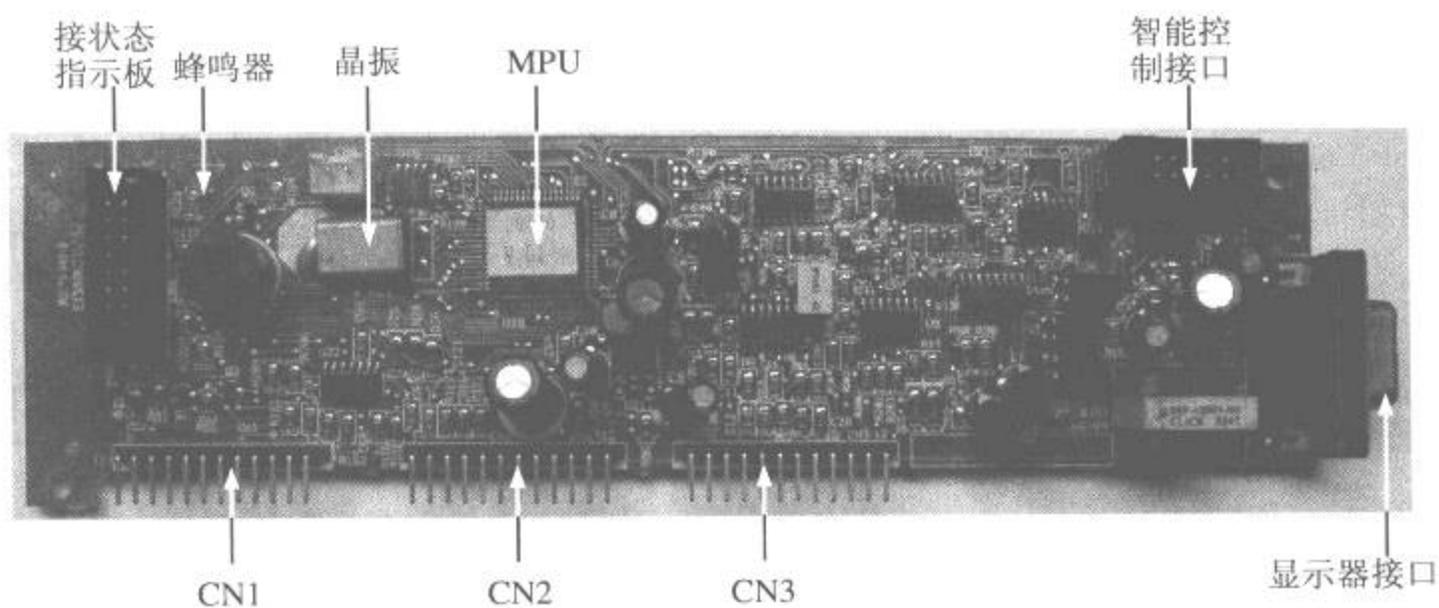
1. CN1 的控制信号及用途

CN1-1 通过 R406 接 U401 第 2 脚，用于功率因素校正控制。通过 R807 接 U01 第 1 脚，正常工作时约为 +9V ~ 11V。

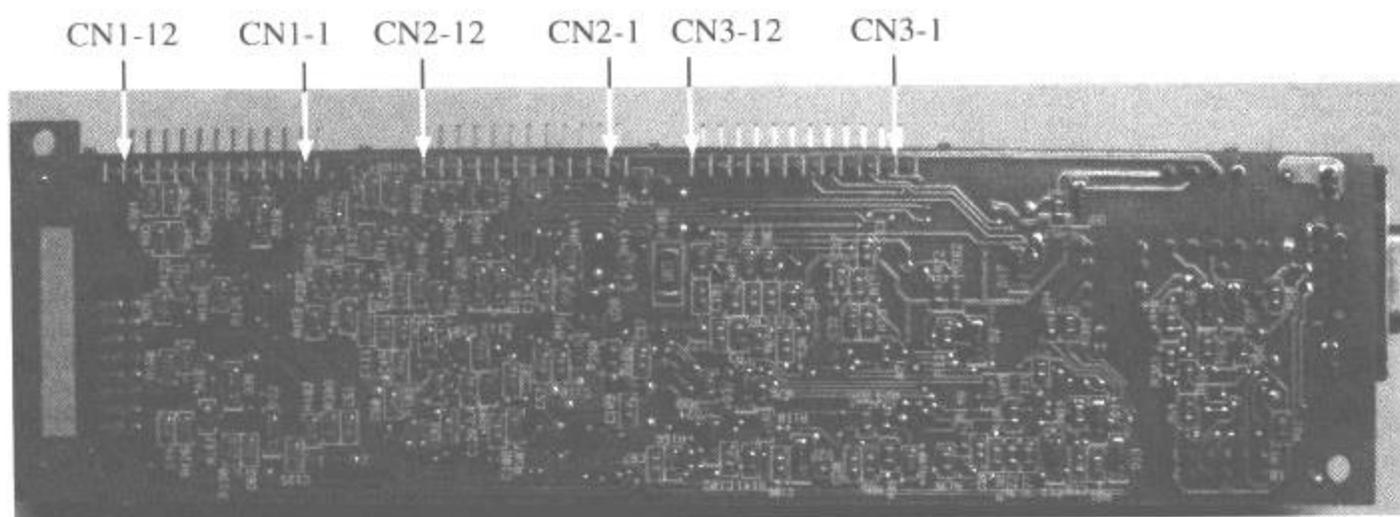
CN1-2 通过电阻接 -BUS 线，用于检测高压直流电。

CN1-3 通过电阻 R808 接 U01 第 10 脚，用于启动控制 SG3525 工作或保护。正常工作时为低电压。

CN1-4 接 U601 第 7 脚，+12V 启动电压输出。在无交流输入时，控制电路板先输出 +9V 左右的直流电压，使 U601 工作，然后由辅助电源 2 电路输出 +12V 电压。



(a) 控制电路板正面图



(b) 控制电路板背面图

图 6-26 控制电路板正反面图

CN1-5 通过 R78 接蓄电池正极，为控制电路板提供工作电源及用于蓄电池电压检测。

CN1-6 通过 R70//R33 接蓄电池正极，用于蓄电池电压检测。

CN1-7 通过 R618 接三极管 Q16，用于控制风扇工作；通过电阻 R402 接三极管 Q402，用于控制功率因素校正电路和脉冲产生电路。

CN1-8 及 CN1-9 用于检测交流市电。

CN1-10 接+BUS 线，用于检测高压直流电。

CN1-11 与 CN2-9 接继电器 RY2，用于逆变输出控制。

CN1-12 与 CN2-2 控制辅助电源 1 工作。

2. CN2 的控制信号及用途

CN2-1 接 U601 第 4 脚，用于辅助电源 2 输出电压的稳压控制。

CN2-2 与 CN1-12 控制辅助电源 1 的工作，检测交流电。

CN2-3、CN2-4、CN2-5、CN2-6 空脚，未用。

CN2-7、CN2-8、CN2-11 接地。

CN2-9 用于+12V 工作电压输入。



CN2-10 接 TX3 次级 D605 正极端，用作辅助电源工作检测。

CN2-12 接继电器 RY1，与 CN3-1 控制交流市电输入切换控制。

3. CN3 的控制信号及用途

CN3-1 接 RY1。

CN3-2 与 CN3-3 接热敏电阻（装在散热片上），用于对逆变功率管温度检测。

CN3-4 通过电阻 R14、R17、R15 接地，为控制电路板所用。

CN3-5、CN3-6、CN3-7 逆变稳压输出检测。

CN3-8、CN3-9、CN3-10 驱动 U7、U8、U10 工作，为逆变驱动脉冲和功率因素校正驱动脉冲输出端。

CN3-11 与 CN3-12 接 CT1 两端，用于逆变稳压输出过流保护检测信号输入。

6.2

在线式 UPS 电路的检修方法

不同的在线式 UPS 蓄电池的配备不同，有的 UPS 有内置蓄电池，有的 UPS 蓄电池需要外置无内置蓄电池，需要外接。我们以 SANTAK C1KS 型 UPS 为例介绍 UPS 的检修过程。SANTAK C1KS 型 UPS 无内置蓄电池，但该 UPS 在无蓄电池电压输入时，只要有正常交流市电输入，也可以正常工作。

6.2.1 蓄电池充电电路故障检修

充电电路发生故障时，蓄电池不能及时被充电，经长时间使用后，当无交流输入时，UPS 将不能逆变输出，UPS 面板上显示电池电压低或不显示。

1. 整流滤波电路故障检修

(1) 整流滤波电路检修方法

通过初步检查确定充电电路发生故障后，按照下面的方法进行检查。

01 拆开外壳后，首先直观检查充电电路有无明显损坏或变形元件，保险管是否发黑，可用万用表电阻挡检查是否开路。

02 给 UPS 通电，测量充电电路板上的输出端 P4 对 P3 两点间有无约 40V 直流电压输出。若无输出表明故障就在充电电路。

03 测量充电电路板上 P5 与 P6 两点间的交流电压。若有 220V 交流市电输入，证明交流市电输入正常；接下来要对充电电路板进行检修，将充电电路板从机内拆出来，并重新连接好市电输入电路；给充电电路加上交流市电，测量检查整流滤波电路是否正常。

(2) 测量电压

用万用表红表笔接 C514 正极，黑表笔接负极，万用表选择直流电压 500V 挡。正常情况下应有 300V 左右的直流电压。测量结果有三种情况：一种是正常，第二种是无电压，第三种是电压偏低。若测得电压低于 250V 时，常见损坏元件为滤波电容器 C514 失容；若所测电压为零，





表明整流桥及输入电路有故障，须重点检查整流桥 REC501 及 NTC501；若+300V 电压正常，表明交流输入及抗干扰电路正常，须检查开关电源。

(3) 整流滤波电路的检修流程

整流滤波电路的检修流程如图 6-27 所示。

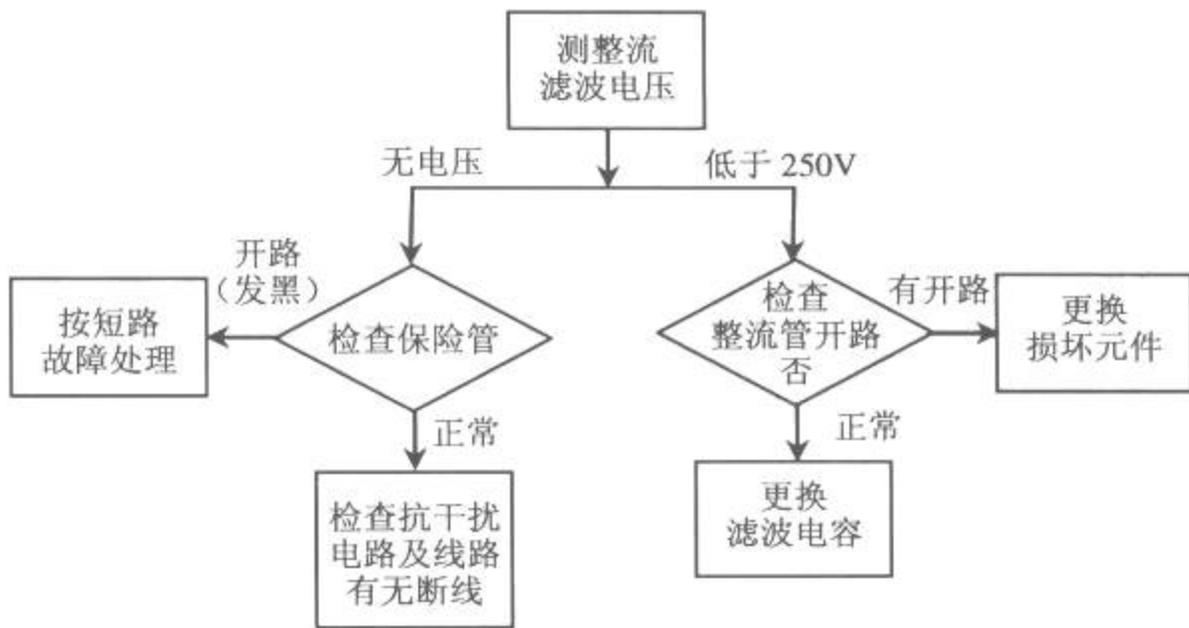


图 6-27 整流滤波电路检修流程

提示

首先检查蓄电池电压，以判断故障范围。若蓄电池电压正常，说明不能逆变输出的原因可能是逆变电路的问题，而非充电电路的故障。对于 SANTAK C1KS 型 UPS 来说，它没有内置蓄电池，检修该类 UPS 时，客户一般不带蓄电池来，无法测量蓄电池电压。

2. 启动电路故障的检修方法

(1) 启动电路故障分析

启动电路的常见故障主要是电源不能启动，无输出。其常见故障元件有启动电阻开路，在开关管击穿短路时，UC3845 也常损坏。

启动电路比较简单，一般只有启动电阻和电容。在线式 UPS 的启动电路只有一个电阻 R513 及 UC3845 构成。启动电阻开路是很常见的故障之一。当启动电阻开路后，UC3845 得不到工作电压将不工作。

(2) 启动电路的检修流程

启动电路的检修流程如图 6-28 所示，电路原理图如图 6-29 所示。

(3) 启动电路的检修方法

在+310V 电压正常的情况下，直接测量 UC3845 第 7 脚电压，结果有三种情况：一种是有波动电压，在 10~15V 间波动；另一种是无电压；第三种是电压偏低。

① 若测得结果为零或偏低，表明启动电阻损坏或 UC3845、C512、D506 击穿短路，可在断电并对电容器 C512 放电后测量 UC3845 第 7 脚的对地电阻。

② 若阻值很小，说明有击穿短路元件。

③ 若阻值基本正常，则是启动电阻开路损坏。因启动电阻阻值较大，直接测量不准确，必要时须将其拆下测量其阻值，以进一步证实。



④ 若确为启动电阻损坏，直接更换即可（该启动电阻阻值为 100k）。

⑤ 若实际能测得波动电压，表明启动电路正常。同时，也可反映出 UC3845 基本正常。对 C512 放电的方法（对电容放电均可参考此法）为：

① 直接放电，用一把小起子把 C512 的正负两极相碰，或用一根导线将 C512 的正负极碰触一二次即可。这种放电法可听到“叭”的一声响，放电电流大，对电容器有损害。

② 找一只功率及体积稍大点的电阻（便于直接用手持），电阻值可选 100Ω 以下，把电阻的两个引脚 C512 的正极与负极相碰。放电时须注意人身安全。

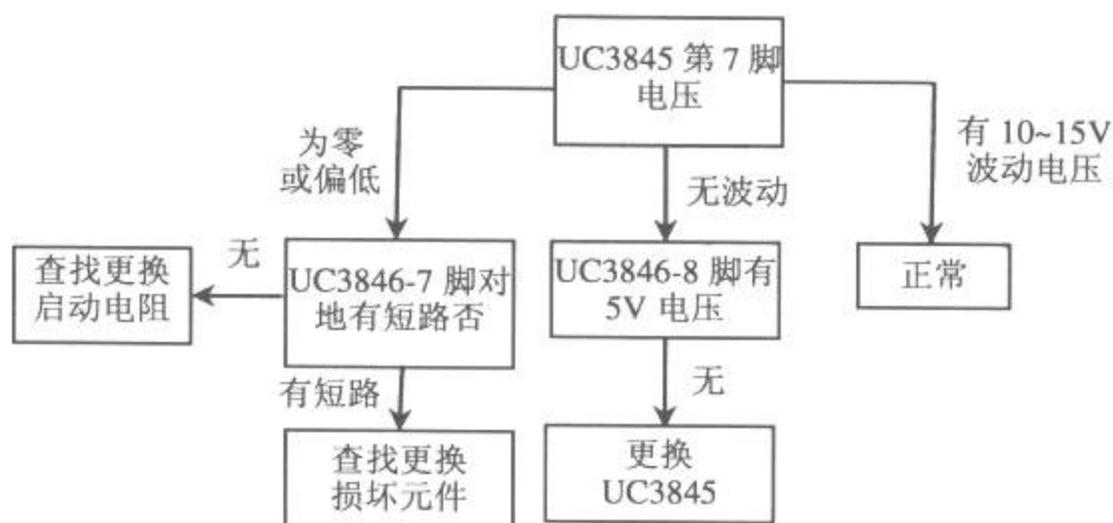


图 6-28 启动电路检修流程

3. 脉冲产生及输出电路故障的检修方法

(1) 脉冲产生及输出电路故障分析

脉冲产生及输出电路的常见故障为 UC3845 第 6 脚无脉冲输出，开关电源不工作无输出。

(2) 脉冲产生及输出电路的检修方法

脉冲产生及输出电路的检修方法如下（参考图 6-8）：

01 若 UC3845 第 7 脚有 10~15V 以上电压，测量第 6 脚电压，结果会有两种情况：一种是有 0~1.5V 波动电压，另一种是无电压输出。

02 UC3845 第 6 脚有波动电压输出，说明开关脉冲产生电路正常，检查 R507 及开关管 Q501。

03 UC3845 第 6 脚无波动电压输出，检查 UC3845 第 3 脚电压是否为高电压。若第 3 脚为高电压，检查并更换电阻 R515、R516 及 R517。

04 检查 UC3845 第 8 脚电压，正常时应为 +5V。不正常时检查 C506，或更换 UC3845。

05 检查 UC3845 第 4 脚电压，主要是检查 U504 中的光敏管是否击穿。

06 检查定时电阻 R815 及电容器 C814 是否正常，不正常时更换。

4. 功率变换输出电路故障的检修方法

(1) 功率变换输出电路故障分析

功率变换输出电路的常见故障为整流管击穿短路、电源工作于保护状态、无输出等。

(2) 功率变换输出电路的检修方法

功率变换输出电路的检修主要是采用电阻法检查输出电路是否有短路，检查开关变压器的次级整流管 D501 负端对地电阻是否正常。如不正常，检查是负载短路，还是整流管及滤波电容器



短路，并更换损坏元件。因为我们是在单独对充电电路进行检查，没有负载，不须考虑负载问题。检修中不要忽视对 C520 的检查，不能确定时可将其拆开一只引脚再试机，若电源能工作了，可证明 C520 损坏。

● 注 意

二极管软击穿或者反向漏电时，用数字万用表难以有效检测出来，不如指针万用表检测效果明显。

5. 稳压控制电路故障检修方法

稳压控制电路自身出现故障也会使开关电源无输出，其常见故障主要包括：

① 输出电压过低。

② 因稳压控制电路故障造成电源输出电压过高。这种情况下，开关管大多被击穿损坏。

在线式 UPS 与显示器开关电源几乎相同，稳压控制电路也采用间接取样，所不同的是其取样电压从输出电压中获得，取样电路由电阻 R503、R505 及 R506 构成，由 U501 提供基准电压源，比较放大电路由 U503 光电耦合器来担任。

对稳压控制电路进行检查时，切记在稳压控制电路开路情况下不能开机，否则会因没有稳压控制导致输出电压过高，击穿负载或使电源开关管击穿损坏，造成不必要的损失。在开关电源无输出时，主要是检查 U501 和 U503 是否有击穿短路故障。若取样比较放大电路有开路性故障，开关电源必将输出过高导致开关管损坏。

R515、R516、R517 三只电阻并联用作过流保护取样。当用电阻法检查得知其开路时，电源无输出。

最后，有一点需要注意，U504 通过 CN1 连接到控制电路板上，由控制电路板对充电电路进行控制。当对蓄电池充电完成后，控制电路就停止对蓄电池的充电，所以当控制电路中该功能不正常时，充电电路也将不工作。控制电路的控制过程是：首先对交流市电进行检测，当有交流市电输入且蓄电池电压较低时，才能启动充电电路；在无交流市电输入时，控制电路将发出控制信号停止充电电路工作。因此，当交流市电检测电路出现故障时，也不能对蓄电池进行充电。判断控制电路这个功能是否正常的方法很简单，当拔下 CN1 后开关电源能正常工作，而插上 CN1 不能工作，这就可证明故障出在控制电路上。

6.2.2 辅助电源 1 电路故障检修

辅助电源 1 电路的常见故障主要是在有正常交流市电输入的情况下 UPS 无输出。

辅助电源 1 电路与蓄电池充电电路几乎完全一样，只是元件编号不同，因此对辅助电源 1 电路的检修流程及测试点这里不再重复，可参考充电电路的检修流程部分。

6.2.3 辅助电源 2 电路故障检修

(1) 辅助电源 2 电路故障分析

辅助电源 2 电路的常见故障主要为：按下开机键时，面板指示灯不亮，UPS 无输出。

无论有无交流市电输入，辅助电源 2 电路都要工作，以产生逆变电路所需要的 +12V 电压输出。因此，辅助电源 2 电路不工作或工作不正常时，各相关电路都将因无 +12V 电源供给不能进入工作状态，表现为指示灯不亮，UPS 无输出。



(2) 辅助电源 2 电路故障的检修方法

对于辅助电源 2 电路的一般检查操作是不接交流市电，用蓄电池供电进行检修的，下面以 SANTAK CIKS 型 UPS 为例进行讲解，由于其没有内置蓄电池，因此需要接市电，参考图 6-11 检修方法如下：

01 接通交流市电输入，测量 C609 两端的直流电压是否正常。正常情况下应有+40V 的直流电压输入；若不正常，检查辅助电源 1 电路及蓄电池电压输入电路。

02 测量 UC3845 第 7 脚供电电压是否正常。正常情况下，不按开机键，UC3845 第 7 脚应有+12V 电压输入。该电压由辅助电源 1 电路中经电阻 R80//R34 得到。若该脚无输入电压，检查供电电路及辅助电源 1 电路。在无交流市电输入时，该点无电压；按下开机键时，控制电路经 CNI-4 输出约+8.6V 启动电压到 UC3845 第 7 脚。

03 检查 UC3845 第 8 脚准电压输出是否正常。若不正常，检查更换 UC3845。

04 检查开关管 Q601 及过流保护电阻 R601 是否正常。

05 检查负载有无短路。测量 C614 两端电阻，测量 C612 正极对 C613 负极电阻，测量 C618 正极对 C611 负极电阻。

● 注 意

该电源输出端+12V 及-5V 的接地线与蓄电池负极不共用。

6.2.4 DC-DC 变换电路故障检修

DC-DC 变换电路担负的任务是将蓄电池电压经变换升高为 $\pm 690 \sim 720\text{V}$ 高压。该电路不正常或不工作时，UPS 将无输出。

DC-DC 变换电路的故障检修方法如下（参考图 6-13 和图 6-14）：

01 检查保险管 FU (20A) 是否正常。若保险管损坏，检查更换 Q4、Q6 及 Q10、Q11。

02 检查四只整流二极管 D12~D15 是否正常。

03 检查电容器 C13 与 C12 是否正常。

04 检查二极管 D10、D11 是否正常。

05 检查 SG3525 第 7 脚电压是否正常，不正常时检查辅助电源 2 电路。

06 检查 SG3525 第 16 脚电压是否正常，不正常时检查更换 C806、U804 及 SG3525。

07 检查 SG3525 第 10 脚电压。在按下开机键后，应能从约 4.5V 高电压下降到约 0.2V 低电压；否则，检查该脚到 CNI-3 通路及控制电路。

6.2.5 逆变及输出电路故障检修

逆变及输出电路的常见故障主要为逆变输出功率管损坏，这会引起 UPS 处于保护状态，无输出。

逆变及输出电路的故障检修方法如下（参考图 6-18）。

01 检查逆变输出功率管 Q12 与 Q13 是否击穿短路。当该管损坏时，常表现为无输出，指示灯不亮。

02 检查+BUS 对-BUS 电压是否正常。不正常时检查 DC-DC 变换电路。



03 检查 U7 与 U8 供电电压是否正常。正常情况下，U8-8 脚对 Q13 源极的电压为+12V 左右，U8-5 脚对 Q13 源极的电压为-5V 左右；同时检查 U7-8 脚及 U7-5 脚电压是否正常。该两个电压不正常时，检查辅助电源 2 电路。

04 检查 CN3-9 脚对 CN3-8 脚及 CN3-10 脚有无脉冲输出。若无驱动脉冲输出，检查更换控制电路。

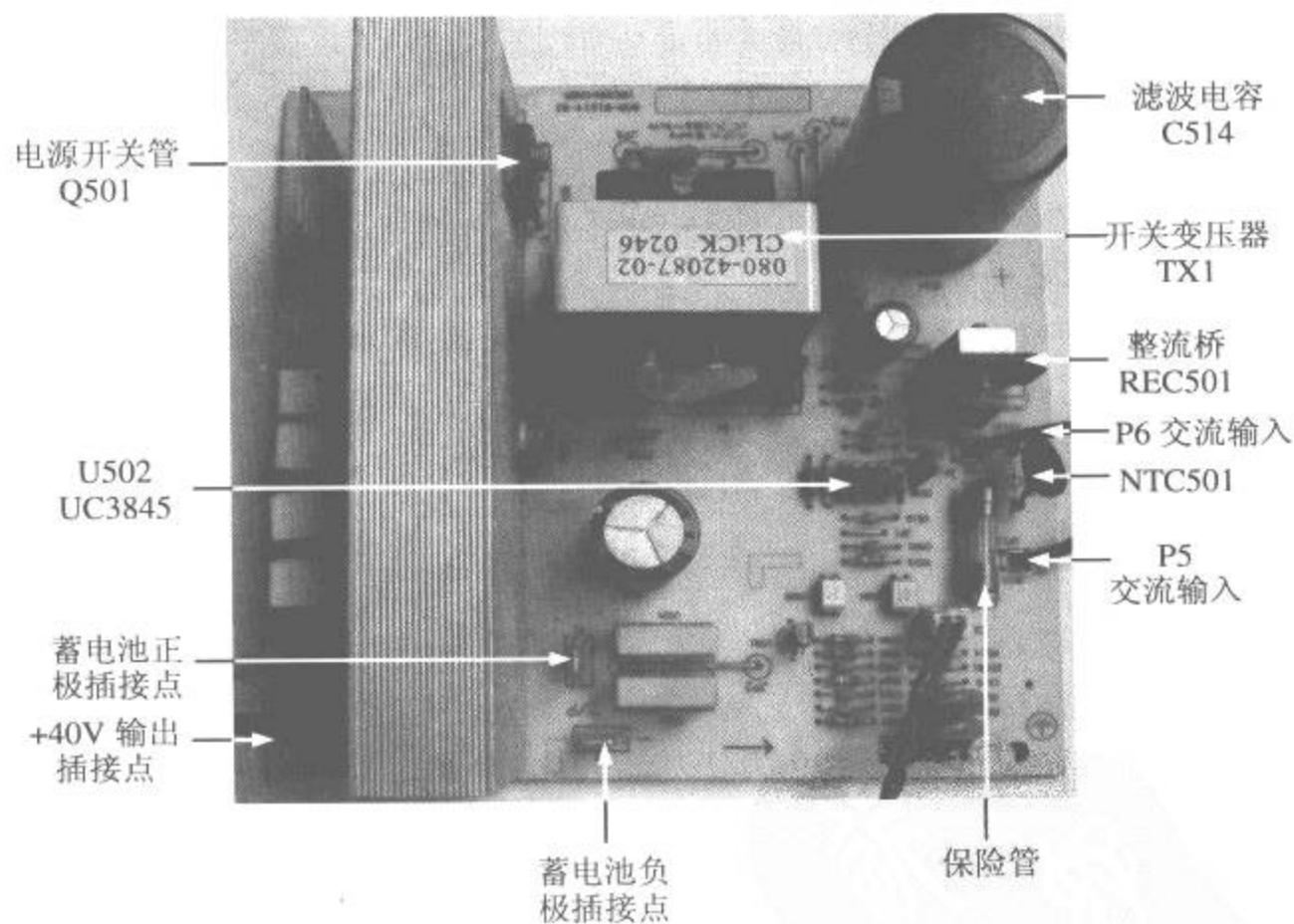
6.3

在线式 UPS 电路动手实践

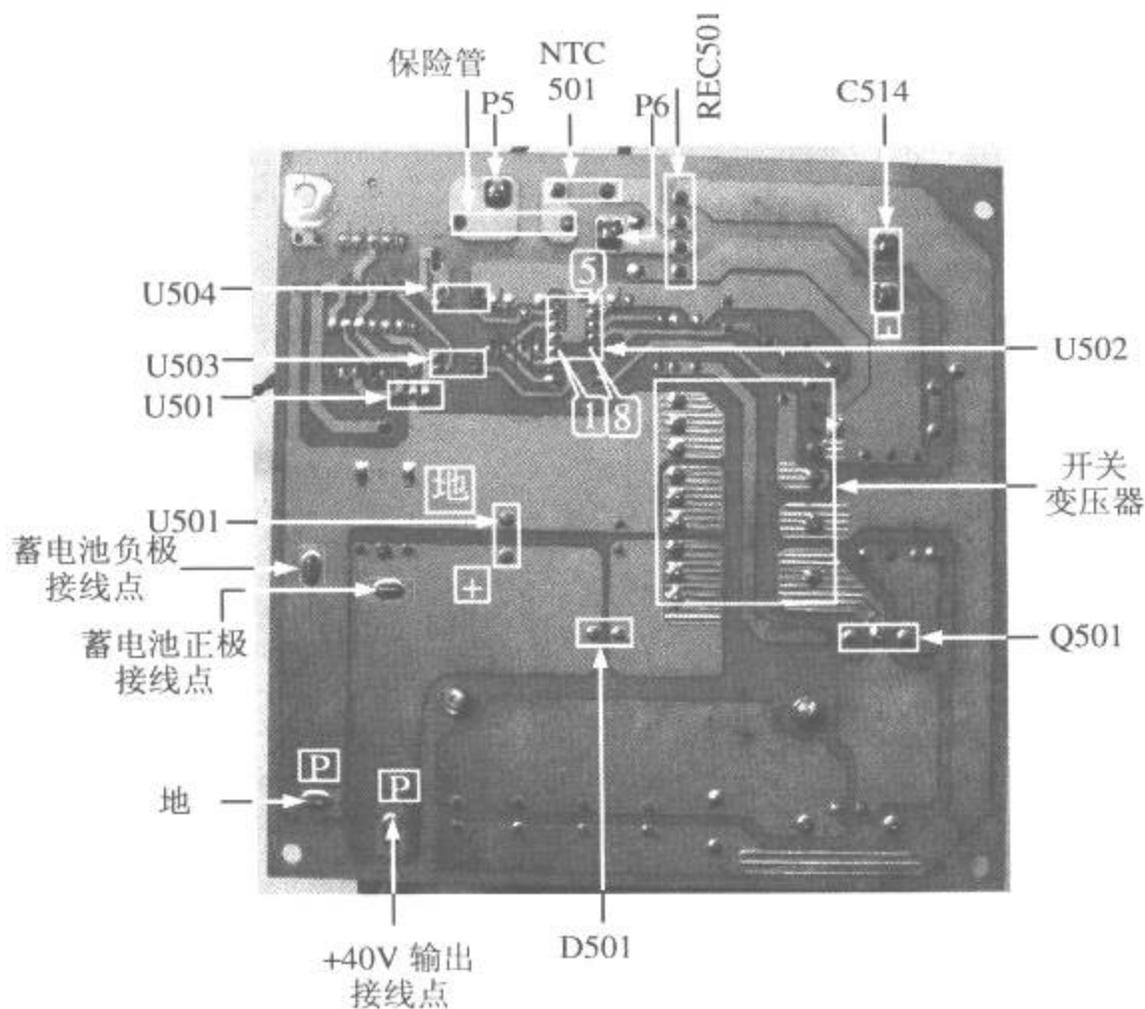
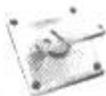
6.3.1 UPS 维修动手实践（共 2 例）

1. 蓄电池充电电源电路动手实践

充电电路板是一块独立的电路板，可方便地拆出来单独对其进行检修。若发现是充电电路不正常，可将其拆出来，然后进行测量，如图 6-29 所示为充电电源电路板。



(a) 充电电源电路板



(b) 充电电源电路板背面

图 6-29 充电电源电路板

01 交流输入电路（抗干扰电路）测量。

测量交流输入插座到充电板 P5、P6 的通路。

① 电阻测量法。用万用表电阻挡测量，表笔不分极性。一只表笔接输入插口内的一只插针，另一只表笔接充电板 P5 或 P6。若电阻很小，说明该线正常，否则中间有开路处。用同样的方法检查另一只插针到 P5 或 P6 的电阻。

② 电压测量法。给输入接插口插入交流市电，在充电板 P5、P6 处测量其交流电压。若电压正常，说明输入通路（抗干扰电路）正常。

● 注 意

凡是电阻测量都只能在断电情况下测量，电压测量是在开机状态下进行测量的，以后不再说明。

02 整流滤波电路测量。

① 电阻测量：测量 C514 两端电阻，若电阻过小，表明有击穿短路故障元件。检查整流桥 REC501、开关管及 C514 是否正常。

② 电压测量：测量 C514 两端电压，正常情况下应有+310V 左右的直流电压。若电压偏低，须检查整流桥及电容器 C514。

03 启动电路测量。

电压法测量 UC3845 第 7 脚电压，正常时，就有 8V 以上的电压；若电压为 0，检查启动电



阻 R513 是否正常。

04 开关电源电路测量。

在不接开关管的情况下进行测量，方法如下：

① UC3845 第 8 脚应有+5V 基准电压输出，若无，须检查更换 UC3845。

② UC3845 第 6 脚应有波动电压输出，用指针万用表测量时，指针有摆动。若无摆动电压输出，检查 UC3845 第 3 脚的对地电压，正常情况下约为 0V；若为高电压，则 R515、R516 及 R517 开路。

③ 检查 UC3845 第 4 脚的对地电压，若为 0V，则 UC3845 无输出，须检查 U504 是否正常。

05 脉冲整流输出端测量。

① 电阻测量：测量电容器 C501 两端的直流电阻。若电阻过小，检查 D501 及电容器 C501 是否正常。

② 电压测量：测量 C7 两端的直流电压。当开关电源正常工作时，C7 两端的直流电压约为+40V。

06 稳压控制电路测量。

① 测量电阻 R514、R510 及 R512 是否正常，测量电阻 R513 及电阻 R511 是否正常。

② 测量 U503 是否正常。利用指针万用表电阻 R×100 挡，黑表笔接 U503 第 1 脚，红表笔接第 2 脚。

③ 测量 U501 是否正常。

2. 逆变板电路动手实践

逆变板电路板背面如图 6-30 所示。

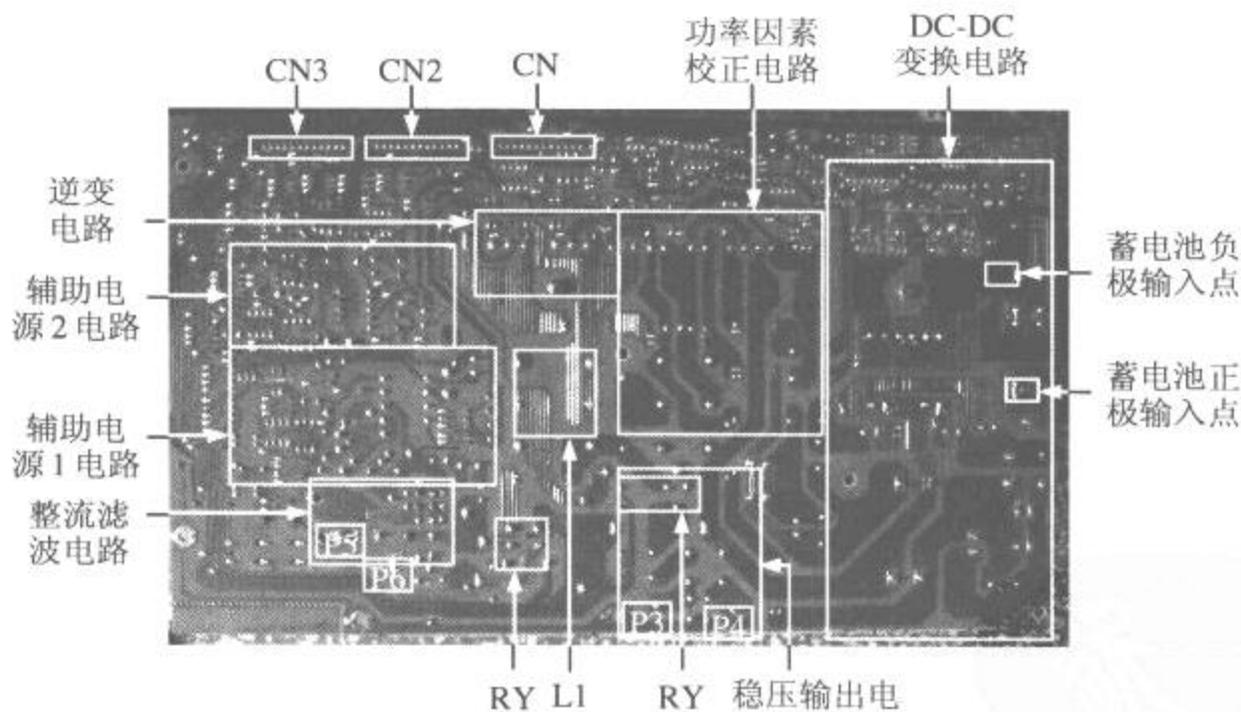


图 6-30 逆变电路板实物图

6.3.2 辅助电源 1 电路测量动手实践（共 3 例）

1. 整流滤波电路动手实践

整流滤波电路原理图可参考图 6-9，实物图如图 6-31 所示。

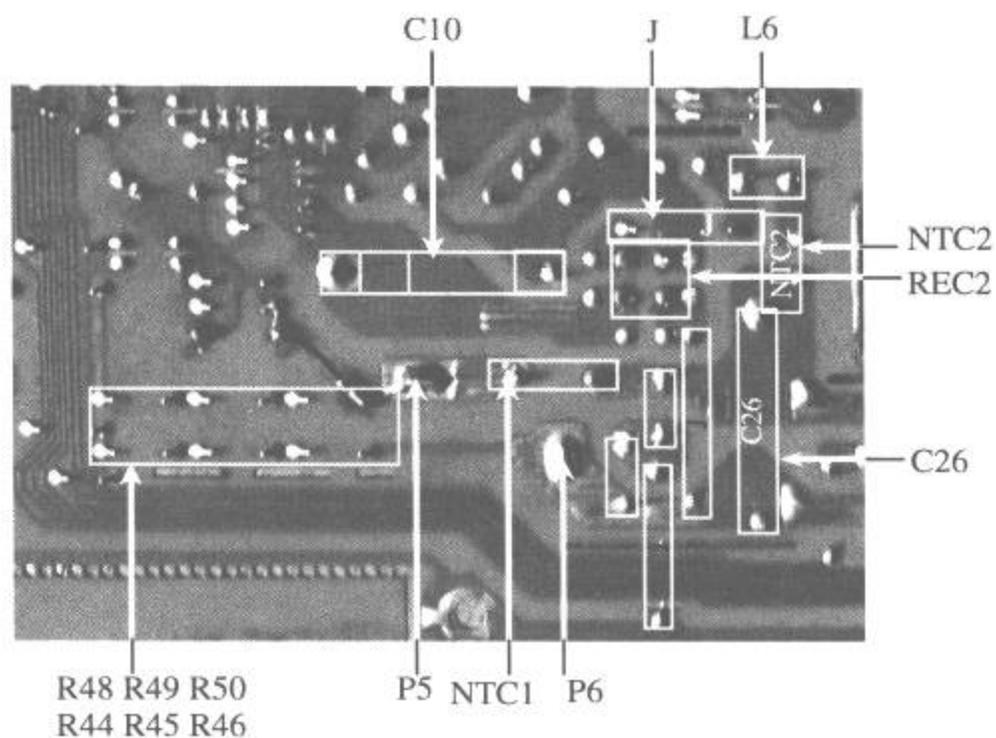


图 6-31 辅助电源 1 整流滤波电路实物图

整流滤波电路跑线实战：

- 01 测量 P6 点到 REC2 的输入端通路。
 - 02 测量 P5 点经 NTC1、NTC2、L6 到 REC2 的输入端通路。
- 图中，J 表示连接导线。在电路板中，连接导线常用 J 或 JP 表示。

2. 开关电源电路及输出电路动手实践

开关振荡电路及输出电路原理图可参考图 6-10，实物图如图 6-32 所示。

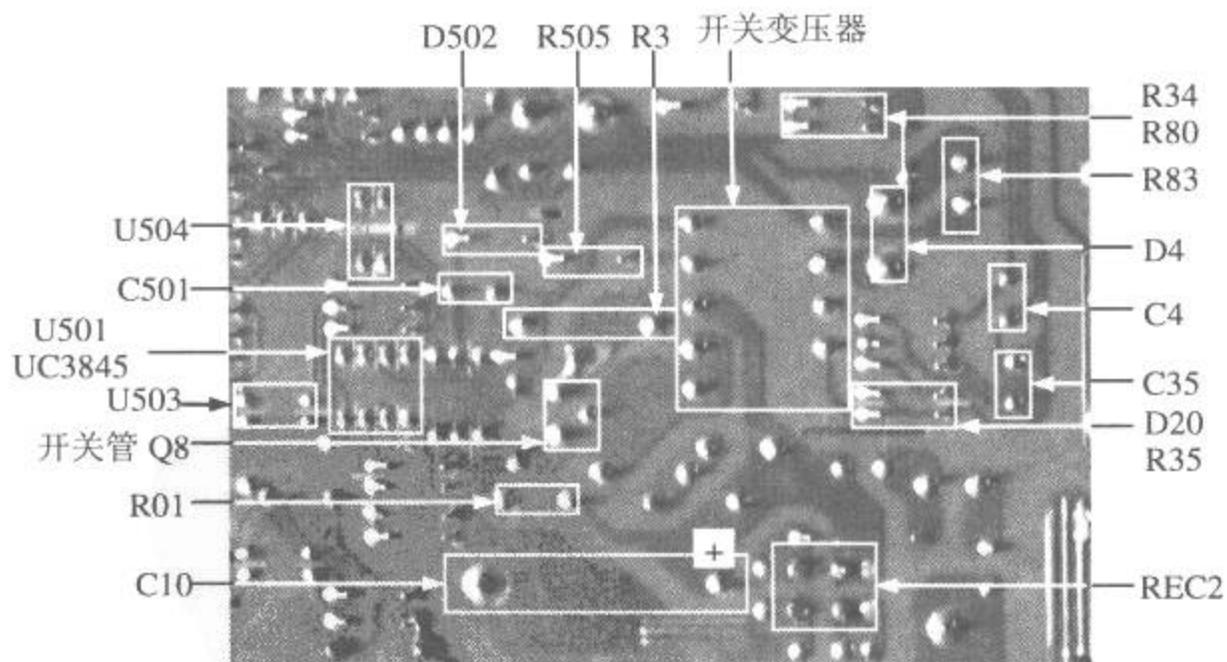


图 6-32 开关电源及输出电路

(1) 电阻法测量

01 测量开关管通路。用万用表电阻挡测量 C10 正极到开关管 Q8 源极的通路。指针万用表黑表笔接 C10 正极，红表笔依次接开关变压器主绕组两端，开关管源极。数字万用表红表笔接 C10 正极，



黑表笔依次接开关变压器主绕组两端、开关管源极。若电阻过大或为无穷大则电路有开路处。

02 测量启动电路通路。指针万用表黑表笔接 C10 正极，红表笔接 R01 一端；黑表笔换到 R01 另一端；红表笔接 U501 第 7 脚，数字万用表红表笔接 C10 正极，黑表笔接 R01 一端；红表笔换到 R01 另一端，黑表笔接 U501 第 7 脚。R01 本身阻值较大，当不能确定其是否正常时，可将其拆出来，测量其电阻值，判断是否正常或通过电压法进行判定。测量 U501 第 7 脚的对地电阻，判断 U501 及电容器 C501、C515 及 D502 是否正常。

03 正反馈电路测量。测量反馈绕组的非接地端，经 R505、D502 到 U501 第 7 脚。

04 测量开关管漏极经电阻 R3 到地的电阻，以判断 R3 是否正常。

05 测量 C7 两端的电阻，以确定负载、C7 及 D4 有无击穿短路损坏。测量 C28 两端的电阻，以确定 D28 及负载有无损坏。

(2) 电压法测量

利用电压测量方法时，红表笔接相关的测量点，黑表笔接地。

01 测量 U501 第 7 脚电压。

02 测量 U501 第 8 脚电压。

03 测量 U501 第 3 脚电压。

04 测量 U501 第 4 脚电压。

05 测量 C601 两端电压，正常情况下就应有+12V 电压。

(3) 稳压控制电路测量

测量电阻 R514、R510 及 R512 是否正常，测量 R513、U503 及 U504 是否正常。

3. 辅助电源 2 电路动手实践

辅助电源 2 电路原理图可参考图 6-11，实物图如图 6-33 所示。

(1) 电阻法测量

01 测量蓄电池输入接插点 P1 点到开关管 Q601 源极的通路。

02 测量 U601 第 7 脚至 CN1-4 脚的通路。

其余电路的测量实践参考辅助电源 1 部分。

(2) 电压测量

01 测量开关管 Q601 的源极电压。

02 测量 U601 第 7 脚电压在按下开机键后有无上升到+12V。首先将万用表选择在直流 20V 挡量程，红表笔接在 C601 正极，黑表笔接在蓄电池负极接插点 P2 点；然后按下开机键，观察电压有无升上。

03 测量 C614 两端的直流电压，正常时应为+12V。若无电压输出，则是该电源未工作。该电压是逆变工作时各相关电路必需的电源，若该电压不正常，UPS 将不能工作。

04 分别测量 C612、C613、C610、C611 两端电压，正常情况下分别为+14.5V 和-5.6V。

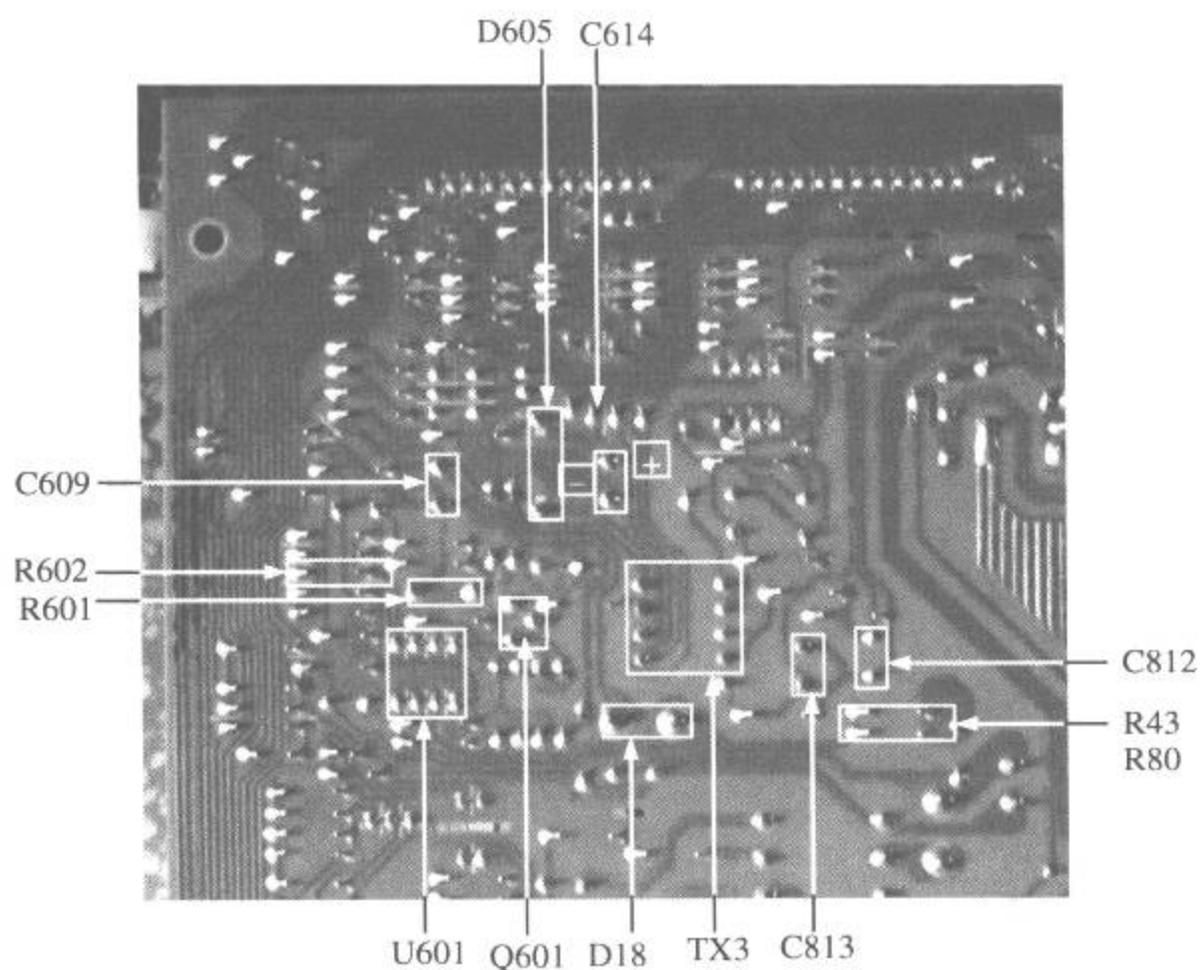
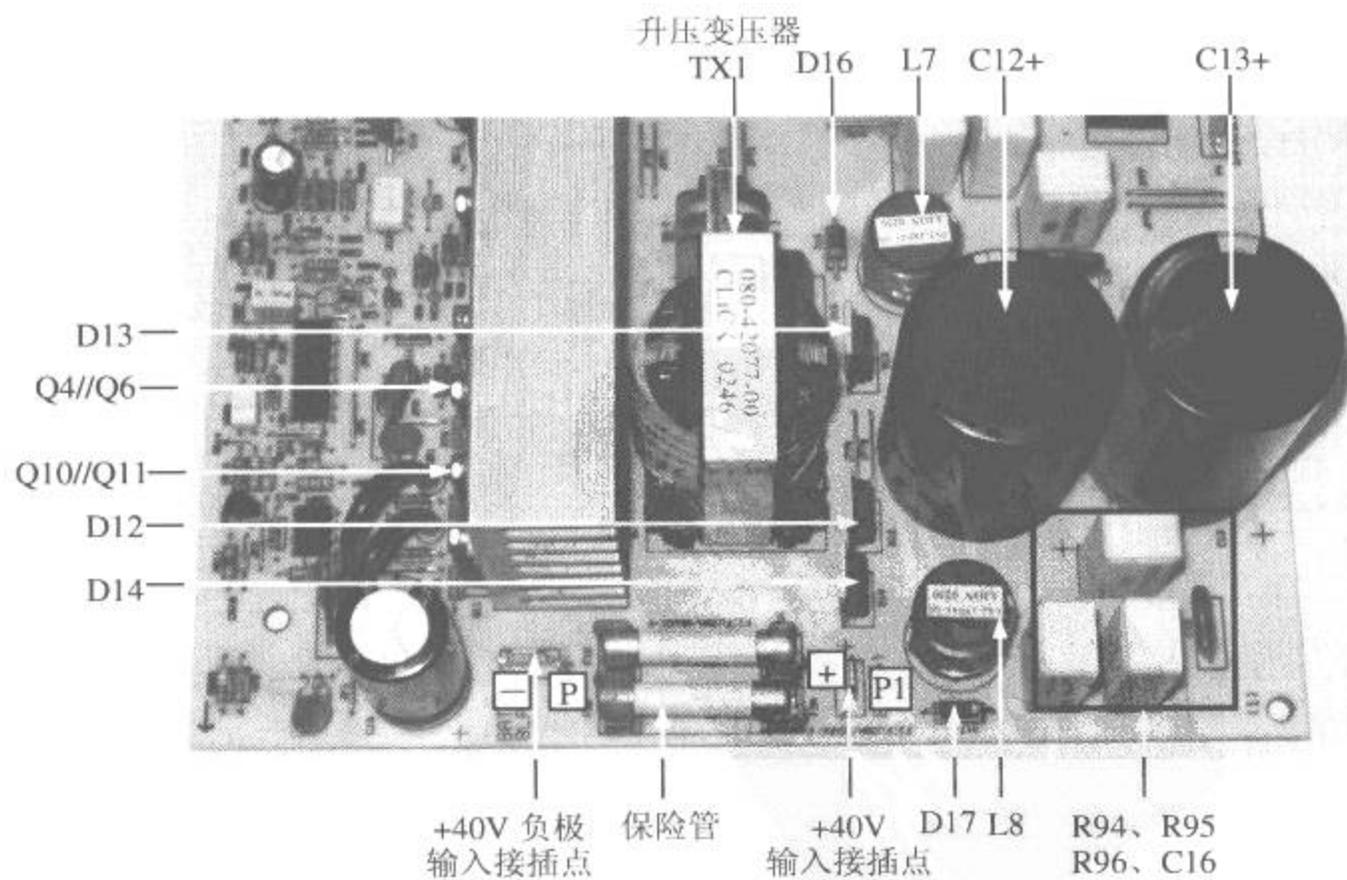


图 6-33 辅助电源电路 2 电路图

6.3.3 DC-DC 变换电路（斩波升压电路）测量实践（共 2 例）

1. DC-DC 变换电路动手实践

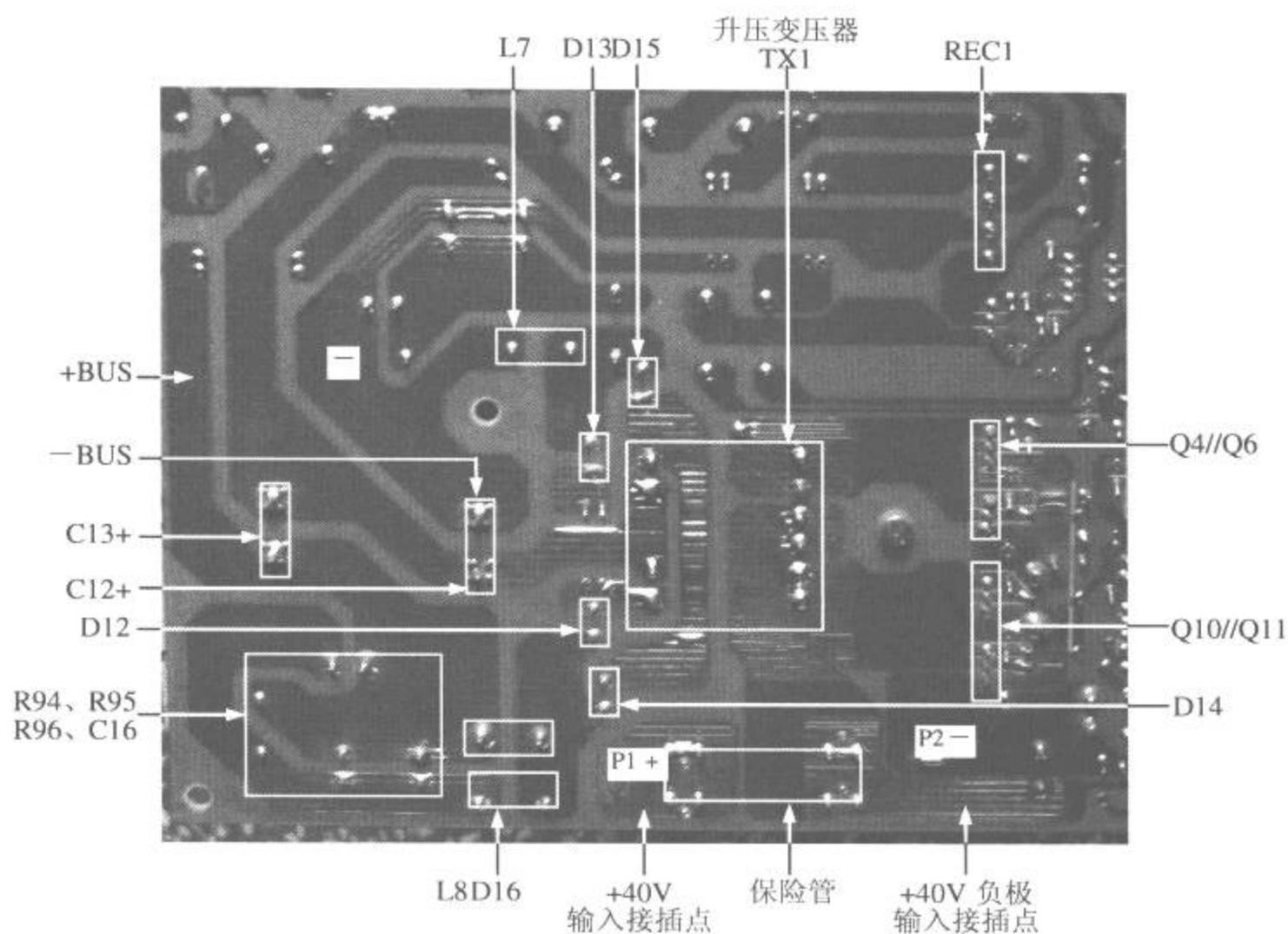
DC-DC 变换电路原理图可参考图 6-14，实物图如图 6-34 所示。



(a) DC-DC 变换电路实物图正面

Chapter 06





(b) DC-DC 变换电路实物电路图背面

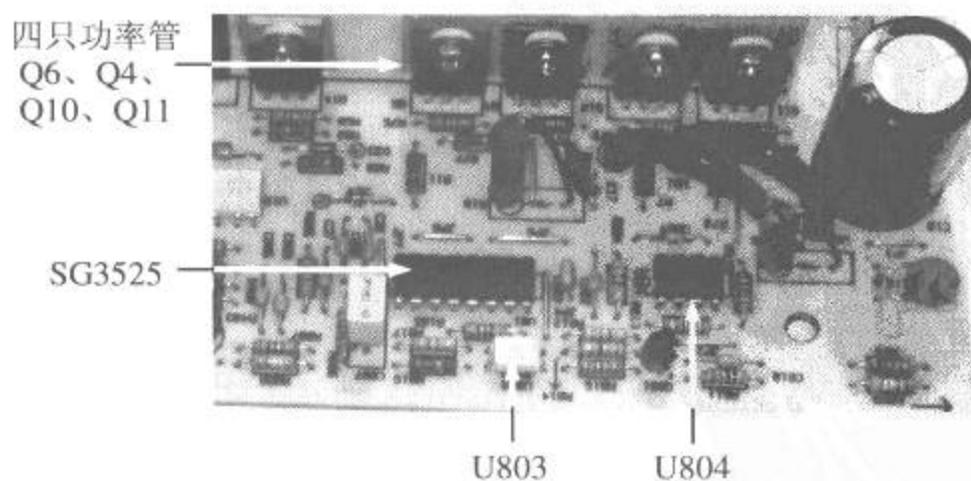
图 6-34 DC-DC 变换电路实物图

DC-DC 变换电路实战测量如下:

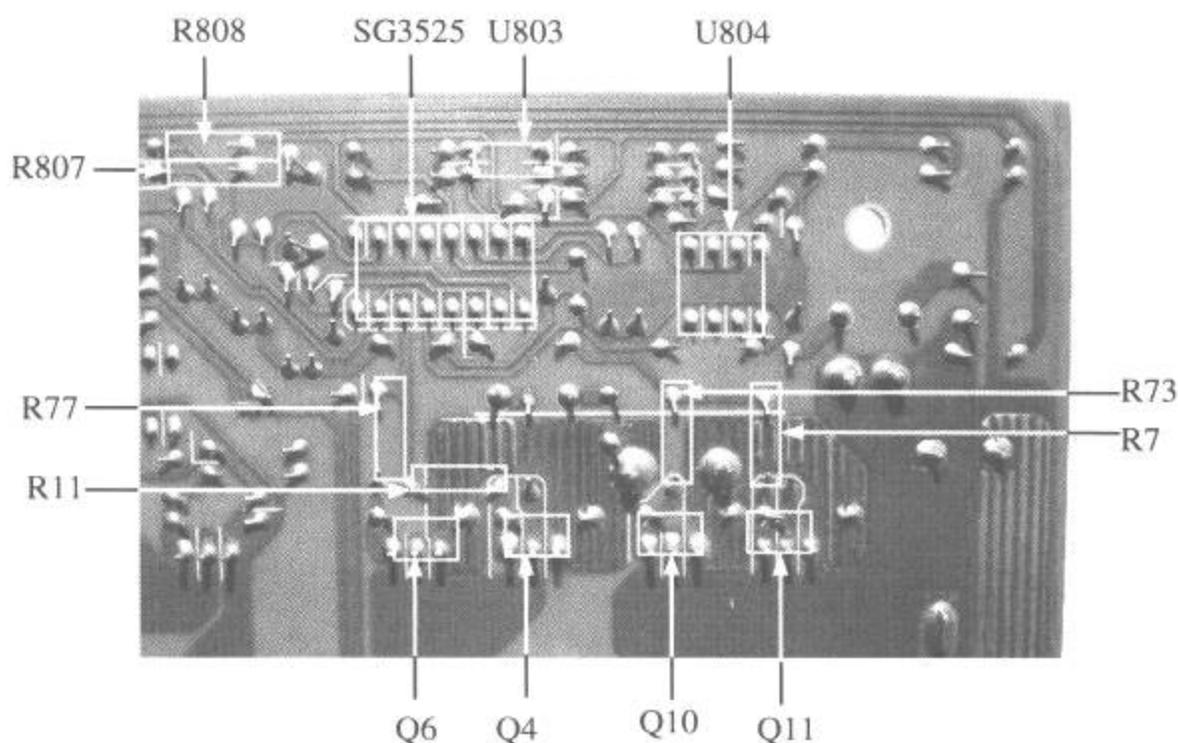
- 01 测量保险管是否正常。
- 02 测量 D12~D15 是否正常。
- 03 测量 C13 与 C12 两端的电阻。
- 04 测量 C13 与 C12 两端的电压。

2. DC-DC 变换脉冲产生电路动手实践

DC-DC 变换脉冲产生电路实物图如图 6-37 所示。



(a) DC-DC 变换脉冲产生电路正面



(b) DC-DC 变换脉冲产生电路背面

图 6-35 DC-DC 变换脉冲产生电路实物图

DC-DC 变换脉冲产生电路实战测量如下:

- 01 分别测量 SG3525 第 15 脚及 SG3525 第 16 脚的对地电阻。
- 02 分别测量 SG3525 第 11 脚及 SG3525 第 14 脚到 Q4、Q10 的通路。
- 03 测量 SG3525 第 1 脚到 CNJ-1 的通路。
- 04 测量 SG3525 第 10 脚到 CN1-3 的通路。
- 05 在不接交流市电的情况下, 开机后测量 SG3526-15 脚及 SG3526-16 脚的对地电压。
- 06 在不接交流市电的情况下, 开机后测量 SG3525 第 10 脚电压。
- 07 在不接交流市电的情况下, 开机后分别测量 SG3525 第 11 脚及 SG3525 第 14 脚的对地电压。

6.3.4 功率因素校正电路及校正控制电路 (交流市电斩波升压电路) 实践 (共 2 例)

1. 功率因素校正电路动手实践

功率因素校正电路原理图可参考图 6-16, 实物图如图 6-36 所示。

01 电阻测量。

- ① 测量交流市电输入端 L 点经 RY2、F3 及 L9 到 REC1 输入端, 再到 D11 负极端的电阻。
- ② 测量交流市电输入端 N 点经 RY2 到 REC1 输入端, 再到 C12 正极端的电阻。
- ③ 测量 REC1 正极到 Q14 源极、漏极, 再到 REC1 负极的通路。

02 电压测量。

分别测量 C13、C12 两端的电压, 在有交流输入的工作情况下, 应分别为+360V; 在无交流输入, 由蓄电池供电时, 分别为+345V 左右。

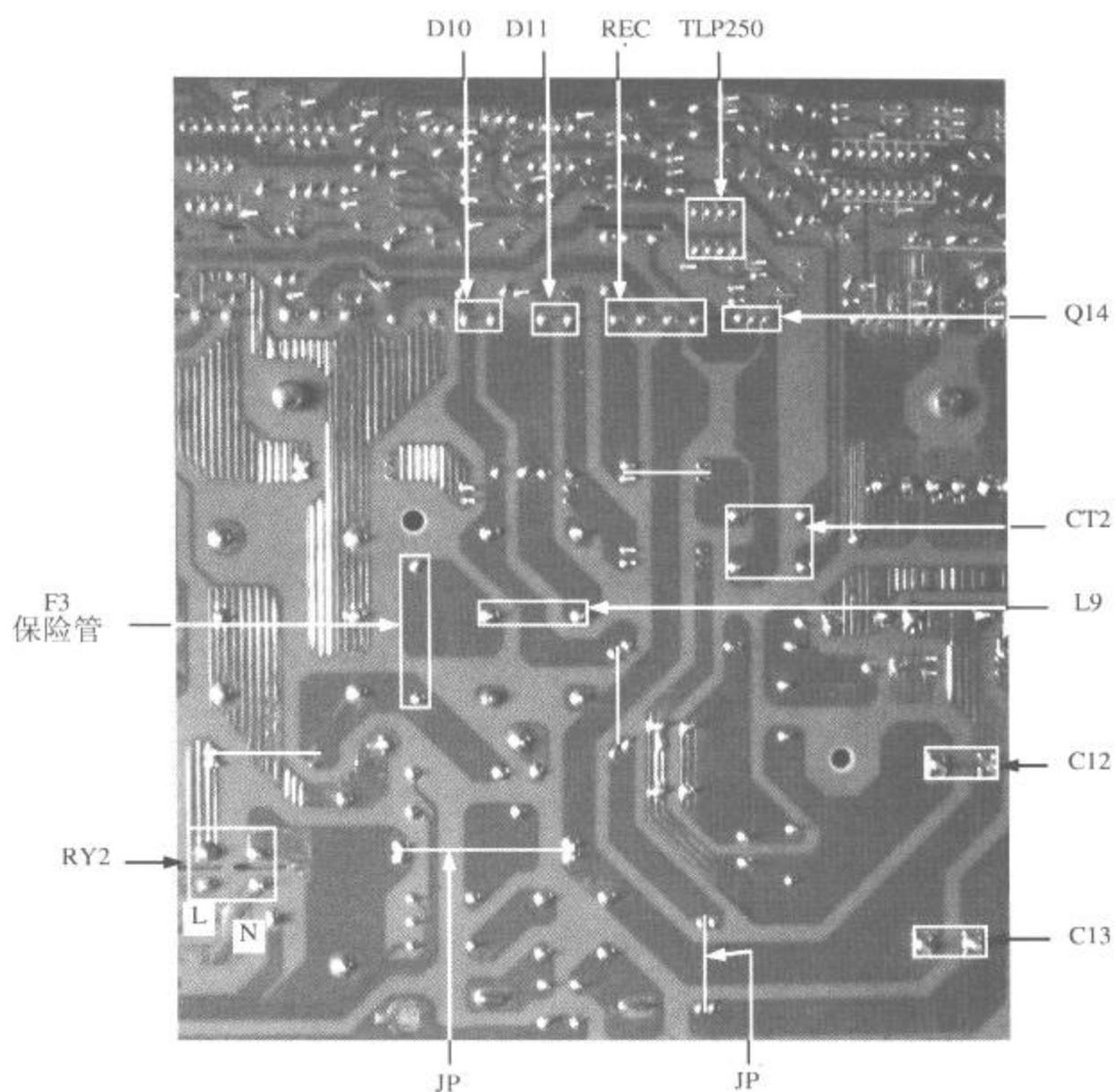
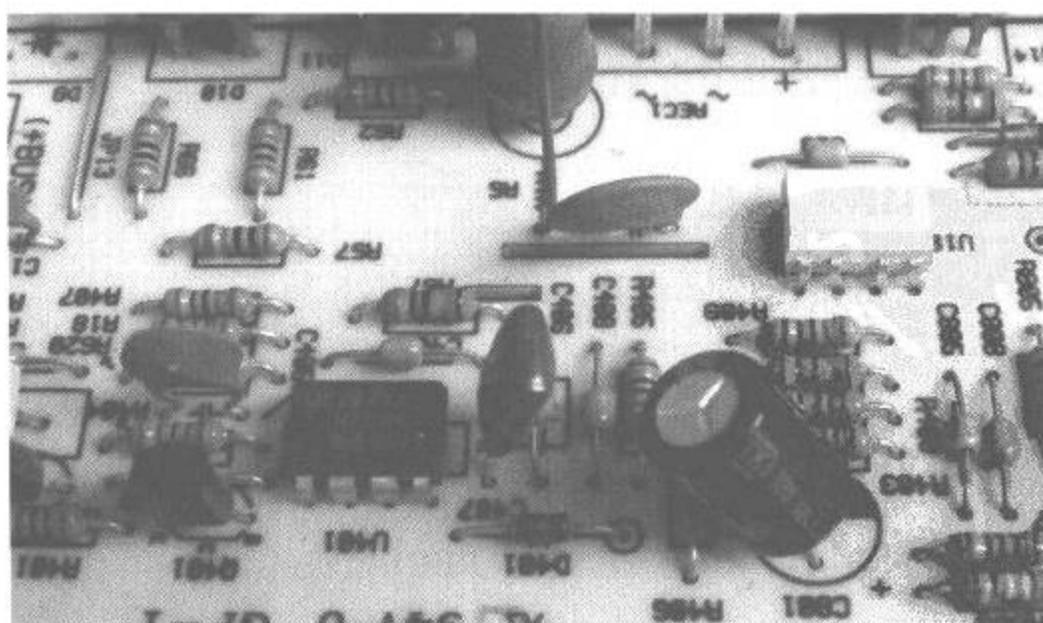


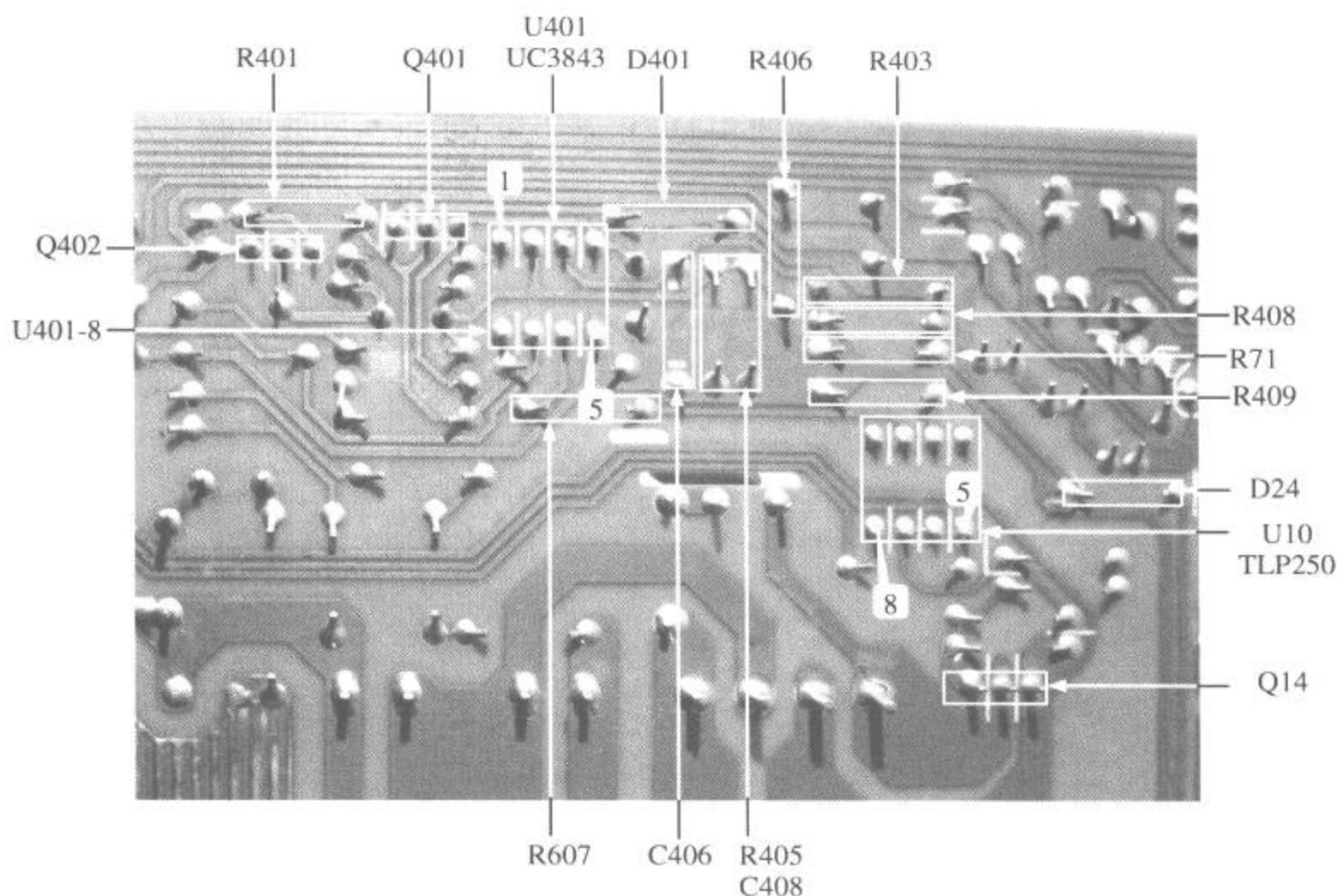
图 6-36 功率因素校正电路实物图

2. 功率因素校正脉冲控制电路动手实践

功率因素校正脉冲控制电路原理图可参考图 6-17，实物图如图 6-37 所示。



(a) 功率因素校正脉冲产生电路实物图正面



(b) 功率因素校正脉冲产生电路实物图背面

图 6-37 功率因素校正脉冲产生电路实物图

01 功率因素校正脉冲产生电路跑线实战。

- ① 测量 U401-6 脚至 U10-2 脚的通路；
- ② 测量 U401-3 脚经电阻 R408D24 至 CT2 的通路；
- ③ 测量 U401-1 脚经 Q402 至 CN1-7 脚的通路；
- ④ 测量 U401-2 脚经 R406 至 CN1-1 脚的通路；

02 电压测量。

- ① 测量 U401-7 脚的直流电压；
- ② 测量 U401-8 脚的电压；
- ③ 测量 U10-8 脚，U10-5 脚的电压；

6.3.5 逆变稳压输出电路动手实践（共 2 例）

1. 功率变换电路动手实践

功率变换电路原理图可参看图 6-18，实物图如图 6-38 所示。

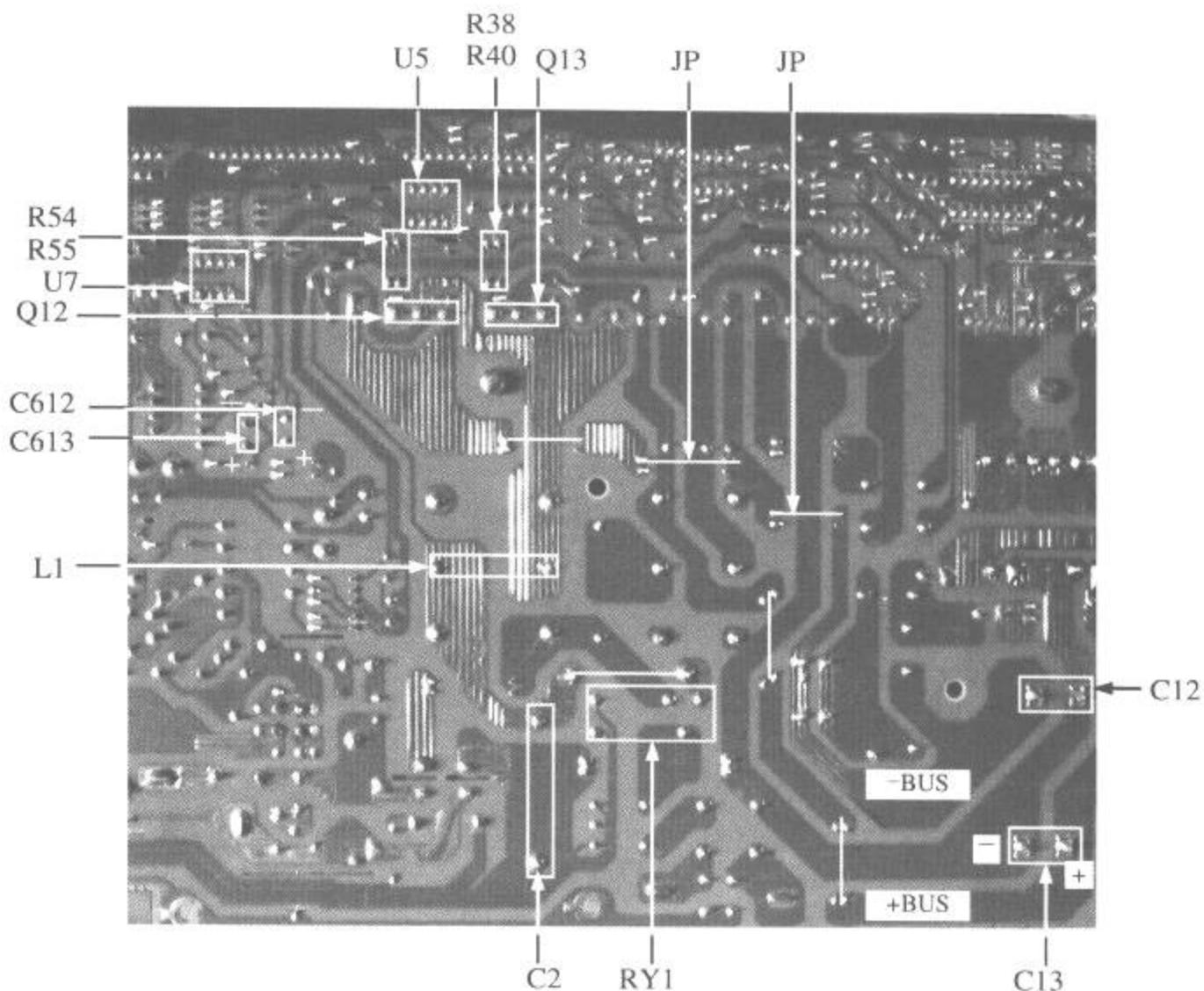


图 6-38 功率变换电路实物图

1 功率变换电路跑线实战。

- ① 测量 C13 正极 (+BUS) 到 Q13 漏极的通路；
- ② 测量 C12 负极 (-BUS) 到 Q12 源极的通路；
- ③ 测量 Q13 与 Q12 中间点经 L1 到继电器 RY1 一端的通路；
- ④ 测量 U8-7 脚经电阻 R54//R55D22 到 Q13 栅极的通路；
- ⑤ 测量 U7-7 脚经电阻 R40//R38D21 到 Q12 栅极的通路；
- ⑥ 测量 U8-2 脚经电阻 R42 到 CN3-9 的通路和 U8-3 脚到 CN3-8 的通路；
- ⑦ 测量 U7-2 脚经电阻 R41 到 CN3-9 的通路和 U7-3 脚到 CN3-10 的通路；

2 电压测量。

- ① 分别测量 U8 第 8 脚和第 5 脚电压。

测量方法：数字万用表黑表笔接 C612 负极 (Q13 源极)，红表笔接 U8-8 脚及 U8-5 脚，正常情况下可分别测得约+14.5V 和-5.6V 的直流电压；指针万用表黑表笔接 C612 负极 (Q13 源极)，红表笔接 U8-8 脚可测得+14.5V 的直流电压，然后黑表笔移到 U8-5 脚，红表笔接 Q13 源极，可测得-5.6V 直流电压。

- ② 分别测量 U7 第 8 脚和第 5 脚电压。

测量方法：数字万用表黑表笔接 C613 负极 (Q12 源极)，红表笔接 U7-8 脚及 U7-5 脚，正常情况下可分别测得约+14.5V 和-5.6V 的直流电压；指针万用表黑表笔接 C613 负极 (Q12 源极)，红表笔接 U7-8 脚可测得+14.5V 的直流电压，然后黑表笔移到 U7-5 脚，红表笔接 Q12 源极，可



测得-5.6V 的直流电压。

测量时须注意, C612 正极相对负极电压低, 但 C612 正极对蓄电池地极有较高电压(约 310V), 手最好不要触及此处。对于 C613、C618 及 C611 处与上述相同, 都有高电压。

③ 测量 C2 两端的交流电压。

测量方法: 指针万用表与数字万用表测量方法相同, 将功能旋钮旋到交流 250V 挡, 表笔不分极性。

2. 逆变稳压输出电路动手实践

逆变稳压输出电路原理图可参考图 6-19, 实物图如图 6-39 所示。

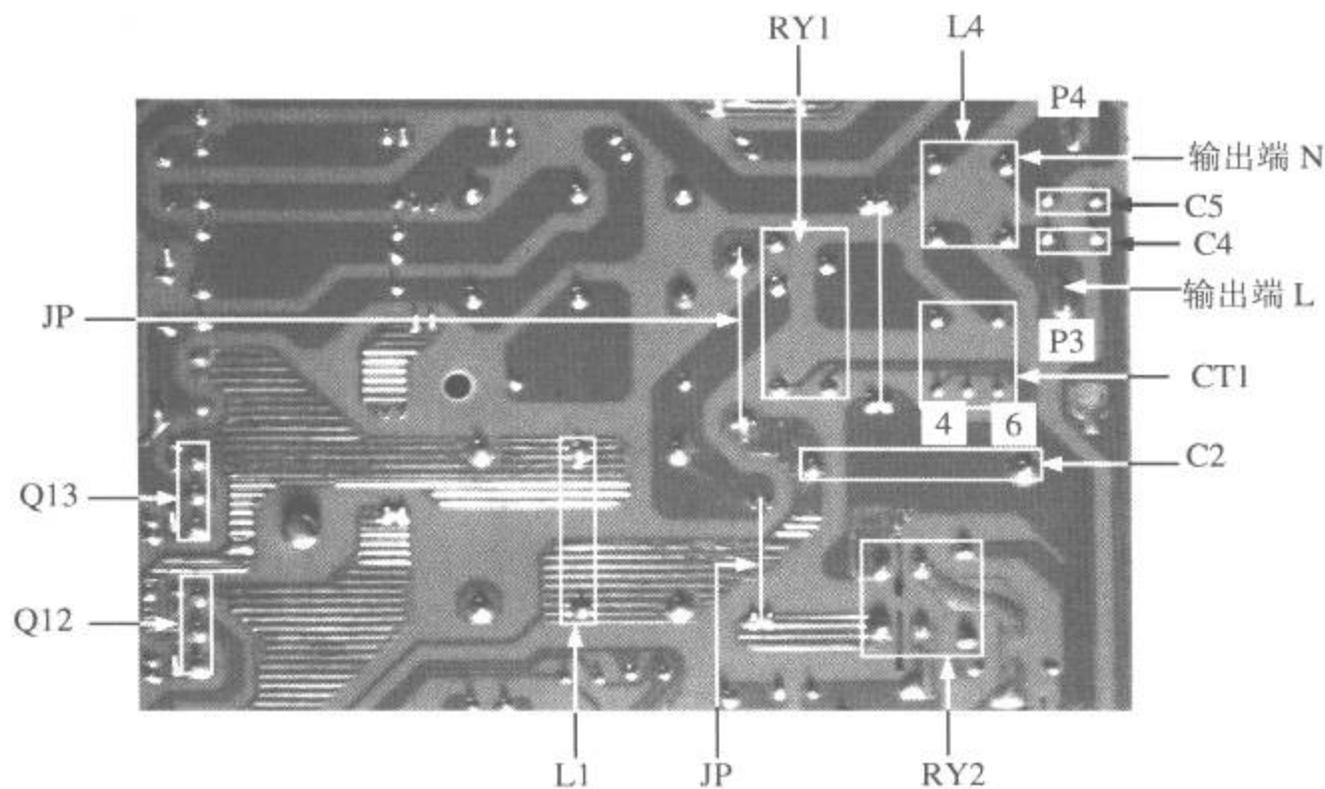


图 6-39 逆变稳压输出电路实物图

01 电阻测量。

- ① 测量从 L1 到 RY1, 经 CT1、L4 到输出点 P3 的通路; 测量从 C2 到输出点 P4 的通路。
- ② 分别测量 CT1-4 脚、CT1-6 脚到 CN3-11 和 CN3-12 的通路。

02 电压测量。

- ① 测量 C2 两端的交流电压以及 P3 与 P4 两点间的交流电压。
- ② 测量 CT1-4 与 CT1-6 脚间的直流电压。

6.4

在线式 UPS 维修案例

6.4.1 在市电正常时, UPS 能向负载供电, 市电停电时无输出

故障现象: 在市电正常时, UPS 能向负载供电, 市电停电时无输出。



故障分析：市电正常时，能输出，表明 UPS 基本正常。在停电后不能输出，其原因可能是蓄电池电压不足或完全无电压。但是近期交流供电比较好，很少发生停电。由于蓄电池长期不用，可能是蓄电池本身自然损坏。

故障排除：

用三块 12V 蓄电池串联起来，接到 UPS 上试机，结果 UPS 输出正常。

6.4.2 无论有无交流市电输入，按下开机键，UPS 均不能输出，指示灯不亮

故障现象：无论有无交流市电输入，按下开机键，UPS 均不能输出，指示灯不亮。

故障分析：从 UPS 的工作原理分析，两种供电情况下 UPS 均不能输出，且指示灯不亮，说明 UPS 内部发生故障。最常见的故障就是小信号处理电路所需要的+12V 电源缺失。

故障排除：拆机后直观检查，发现交流输入滤波器 1 的电感线圈严重烧焦。由此可以看出，UPS 内部有短路元件。用万用表电阻挡测量滤波器 1 的输出端 P1 与 P2 两点间的电阻，结果阻值很大。这样必须要考虑是什么原因使导线较粗的滤波线圈严重烧焦。

因 P1 与 P2 两点间电阻值很大，可以先给 UPS 通电。当给 UPS 通上交流市电后，无异常现象。检查充电电路输出端 P3 与 P4 直流电压，有+40V 正常电压（这里检测很方便）；检查辅助电源的 1 整流输出端以及 C10 两端直流电压，结果为 0，正常情况下应为+310V，由此可证明该辅助电源整流滤波电路发生损坏。接下来，断电后用电阻法检查，发现整流桥 REC2 完全开路。再检查 C10 两端直流电阻正常，更换 REC2。

将滤波电感器仔细拆开，并记录导线绕向及匝数，用相同规格的漆包线按原样绕制，并做绝缘，装到电路上。接通交流市电试机，无异常。按下开机键，可看到面板指示灯逐次闪亮，蜂鸣器一声鸣叫后，可听到咔哒响，UPS 开始工作。立即关机，给 UPS 接上一个负载（可接入一只 60~100W 白炽灯泡）后，重新开机。灯泡发光，测量输出电压为交流 220V 且很稳定。

将电路板装回到固定板上，装上外壳，交付使用。

6.4.3 开机后，UPS 蓄电池电量指示灯依次闪亮后熄灭，无输出

故障现象：接通交流市电按下开机键后，UPS 蓄电池电量指示灯依次闪亮后熄灭，无输出。

故障分析：指示灯能亮表明辅助电源 1 电路是正常的，不能逆变输出的可能原因是电路有短路元件，UPS 检测到有故障后处于保护状态。

故障排除：直观检察没有发现明显损坏的异常元件。用电阻法检查充电电路输出端 P3 与 P4 两点间的电阻正常，分别测量 C12 与 C13 正极对负极的电阻正常，测量 C13 正极对 C12 负极（+BUS 对-BUS）的电阻时发现电阻为 0，由此表明 Q13 与 Q12 有短路。将 Q12 与 Q13 分别拆开一个引脚再测，证实 Q13 与 Q12 均击穿短路。更换损坏的 Q12 与 Q13 后，开机试验，故障排除。

● 注 意

Q12 与 Q13 为 IGBT 管，不能用普通三极管或场效应管代换。代换时，一定要注意参数必须要能满足逆变输出功率的需要。



6.5 技能点拨

要点总结:

本节主要讲在线式 UPS 的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

(1) 以 SANTAK 型 UPS 为例,详细介绍了在线式 UPS 电路的结构、工作原理。重点介绍了电源故障的检修流程及主要测试点。

(2) 用实物图示的方法指导读者进行实践,通过实践确认主要检测点,掌握检修方法。

(3) 最后,通过一些故障检修实例帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法,不断提高维修技能。

重点掌握:

(1) 在线式 UPS 电路结构。不同的 UPS 电路结构差别很大,结构不同,工作过程也就不相同,分析判断故障的方法也就不同。

(2) 电路工作原理。工作原理对分析判断故障,确定主要检测点起着至关重要的作用。

(3) 确认主要检测点。

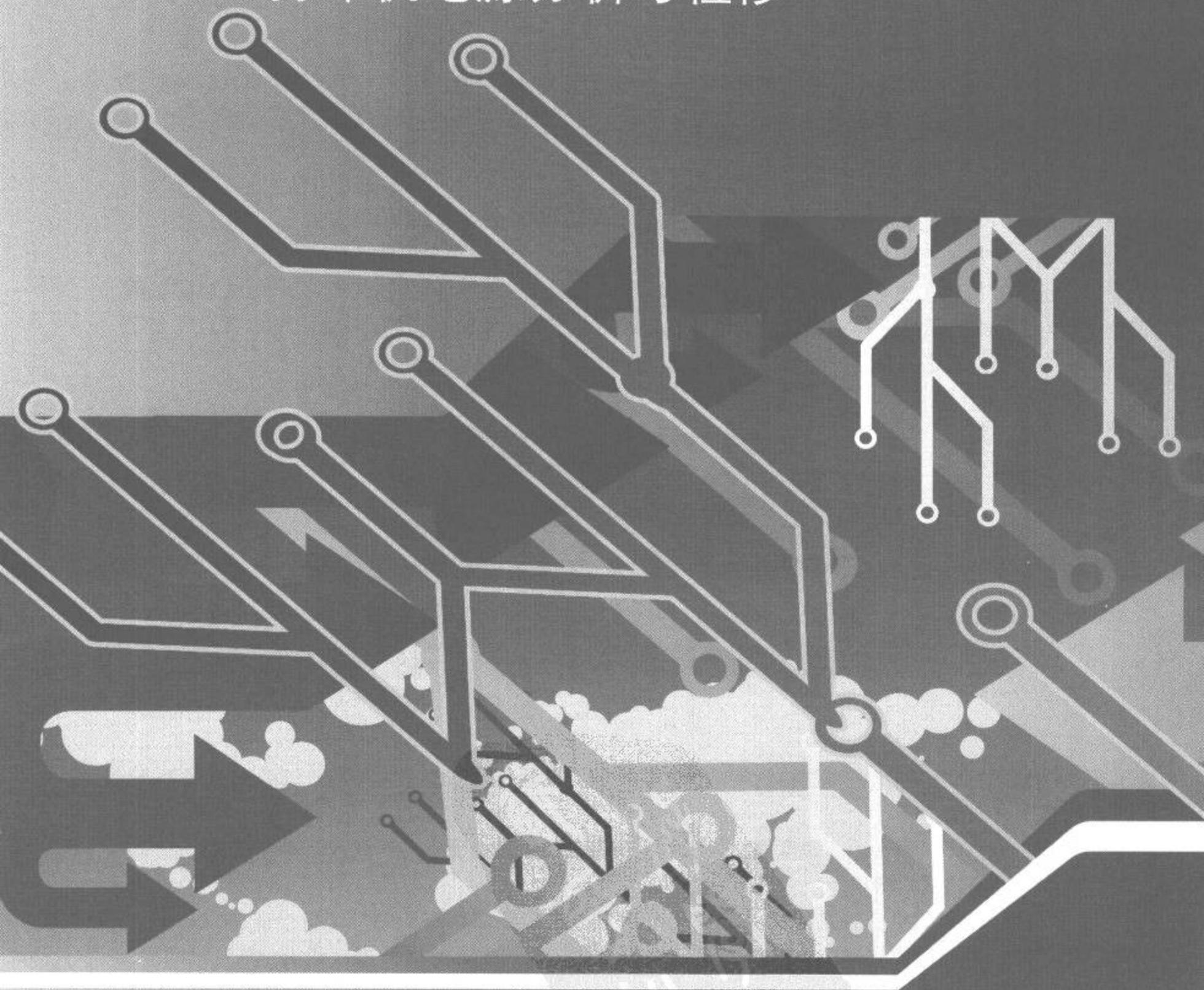
(4) 对不同故障的检修流程、检测方法与步骤。



Chapter

07

打印机电源分析与检修





7.1

打印机概述

打印机是现代办公必备的办公设备之一,可以说,打印机的出现大大减轻了工作的劳动强度,提高了工作效率,使办公环境变得更加轻松。

7.1.1 打印机分类

打印机的种类较多,不同种类的打印机功能原理不同,用途不同,下面我们按照打印的原理和用途来讲解打印机的分类。

1. 按打印机的原理分类

按照打印机的工作原理,可以分为击打式打印机和非击打式打印机两大类。

(1) 击打式打印机

击打式打印机主要是利用机械击打来实现打印的,一般分为字模式打印机和针式打印机两种。其中针式打印机是利用钢针撞击色带和打印纸来打印出点阵组成字符或图形的,并且得到了广泛的应用,是击打式打印机的主流,如图 7-1 所示为针式打印机的一种。

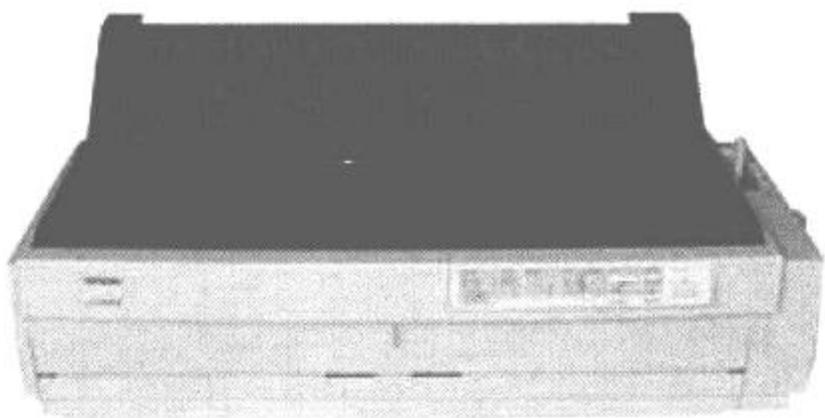


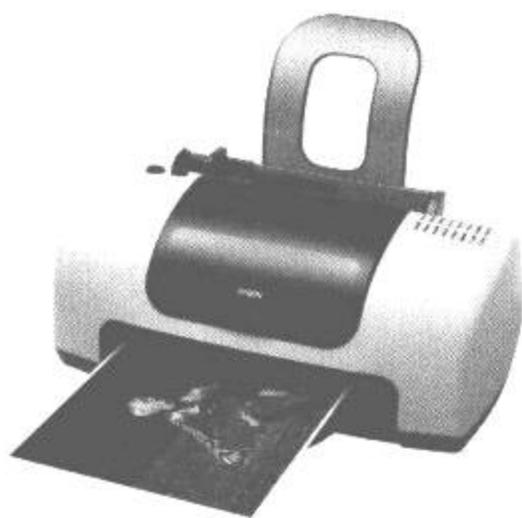
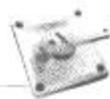
图 7-1 针式打印机

字模式打印机利用机械击打活字载体上的字符,使活字载体撞击色带和打印纸打印出字符,目前基本被淘汰。

击打式打印机噪音大、速度慢,打出的字质量差,但价格便宜,对纸张无特殊要求。

(2) 非击打式打印机

非击打式打印机,顾名思义,就是不利用机械击打来实现打印的打印机。非击打式打印机一般是利用物理或化学的方法来印刷出字符或图形的,主要包括喷墨打印机、激光打印机、热敏打印机(喷蜡、热蜡、热升华打印机)和离子式打印机等,如图 7-2 所示为非击打式打印机。



(a) 喷墨打印机



(b) 激光打印机

图 7-2 非击打式打印机

非击打式打印机的噪音小, 速度快, 打印质量高。非击打式打印机中的热敏打印机价格最高, 主要用于专业领域, 其次是激光打印机, 最后是喷墨打印机, 但喷墨打印机的消耗品价格较高。

2. 按打印机的用途分类

按照用途分类, 打印机可以分为办公和事务通用打印机、商用打印机、专用打印机、家用打印机、便携打印机以及网络打印机等应用于不同领域的打印机。

(1) 办公和事务通用打印机

办公和事务通用打印机主要是针式打印机。由于针式打印机有中等分辨率和打印速度, 耗材便宜, 同时还具有高速跳行、多份拷贝打印、宽幅面打印以及维修方便等特点, 目前仍然是办公和事务处理中打印报表、发票等的优选机种。

(2) 商用打印机

商用打印机是指商业印刷用的打印机, 由于商用打印机要求印刷的质量比较高, 有时还要处理图文并茂的文档, 因此, 一般选用高分辨率的激光打印机。

(3) 专用打印机

专用打印机一般是指各种微型打印机、存折打印机、平推式票据打印机、条形码打印机以及热敏印字机等用于专用系统的打印机, 如图 7-3 所示为热敏打印机。

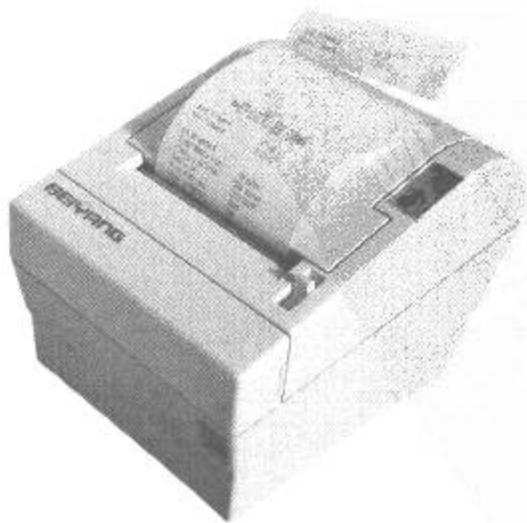


图 7-3 热敏打印机



(4) 家用打印机

家用打印机是指与家用电脑配套进入家庭的打印机,根据家庭使用打印机的特点,目前低档的彩色喷墨打印机是家用打印机的主流产品。

(5) 便携式打印机

便携式打印机一般用于与笔记本电脑或数码相机配合使用,便携式打印机具有体积小、重量轻、可电池驱动、便于携带等特点,其外形如图 7-4 所示。

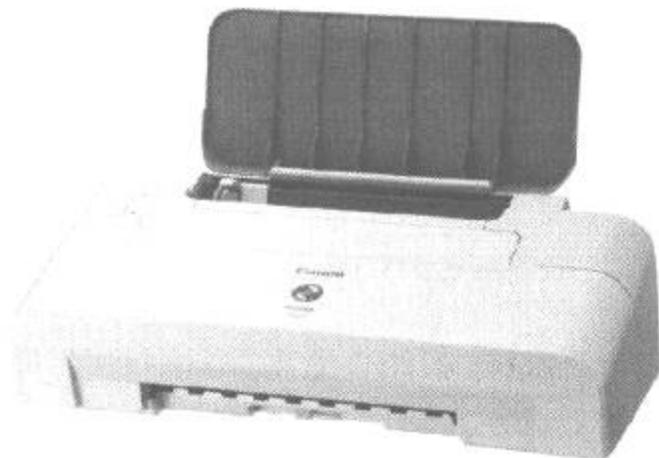


图 7-4 便携式打印机

(6) 网络打印机

网络打印机是指可以单独在网络上作为一个个体使用的打印机,网络打印机只需把网线插入网络打印机背部的以太网接口(打印机须内置有网卡),再给打印机分配一个 IP 地址,在一个局域网内的用户只要访问到这个 IP 地址就可进行打印作业。

由于网络打印机用于网络系统,要为多数人提供打印服务,因此要求这种打印机具有打印速度快,能自动切换仿真模式和网络协议,便于网络管理员进行管理等特点,如图 7-5 所示即为网络打印机。

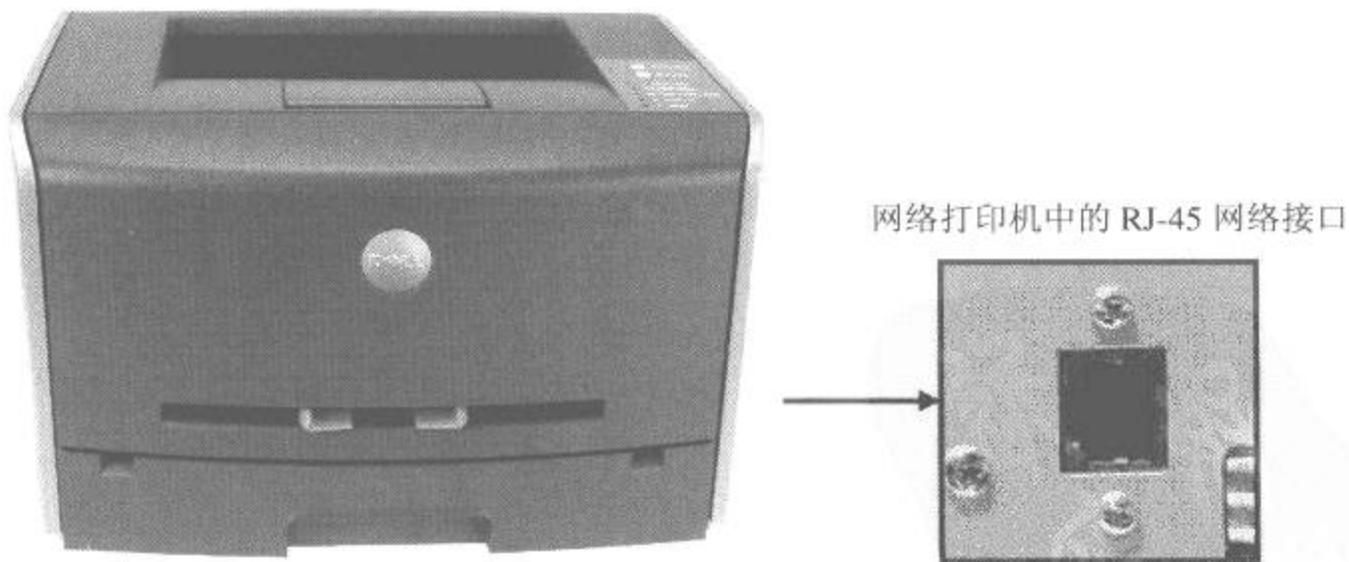


图 7-5 网络打印机

7.1.2 常用打印机的特点

目前最常用的打印机主要有针式打印机、喷墨打印机和激光打印机,这 3 种打印机的用途和特点各不相同,各自在不同的领域发挥着重要作用。



1. 针式打印机

针式打印机通过机内字符库中的字形编码矩阵电路激励打印头中的打印针进行打印,形成字符。当打印机接受打印命令后,利用打印信息控制打印头内部的打印针撞击色带,将色带上的墨迹打印到纸上。

针式打印机可以分为通用针打机与专用针打机两类。通用针打机即滚筒式打印机,主要用户是个人用户和一般办公用户;专用针式打机即平推式打印机,主要用户是银行、证券、保险、公安、邮电、税务、交通、医疗以及海关等行业用户,又可分为票据打印机、存折打印机两类。针式打印机根据打印针的数量不同,还可分为9针和24针两种;根据打印的宽度不同,可分为窄行(80列)和宽行(132列)两种。针式打印机的打印速度一般为50~200个汉字/秒。

针式打印机的特点是结构简单、维护费用低、耗材省,且能打印多层介质(如财务部门常用的多联单据等),但体积较大,打印速度慢,分辨率低,噪声大,打印针容易折断。

2. 喷墨打印机

喷墨打印机是介于针式打印机和激光打印机之间的一类打印机,它是目前家用打印机中最为流行的打印机之一。

喷墨打印机,顾名思义,就是通过将墨滴喷射到指定打印介质上来形成文字内容或图像的打印机,它也是先由计算机生成需要输出的信号,接着再由喷墨打印机上的喷嘴依照不同的打印信号来控制打印喷头喷出需要的墨汁。若使用的是单色喷墨打印机(通常为黑色),那么不管打印内容显示的是什么颜色,喷墨打印机输出的都是黑色墨迹,而对于彩色的输出信息,喷墨打印机先要将打印内容转换成黑色的灰度信息来打印,信息中的各种彩色颜色将自动转换成不同的色阶范围。而要是大家使用的是彩色喷墨打印机的话,那么打印机通常有红、黄、兰、黑4个色彩墨盒,根据三原色打印原理,这四种颜色可以合成几乎所有需要的图像颜色,彩色喷墨打印机会自动根据计算机输出的彩色打印信号来及时控制各种颜色墨盒的墨水喷洒量,从而合成为彩色的图像。

喷墨打印机的特点是应用范围广(既可以打印文稿,也可以打印照片)、噪声小、分辨率高、打印速度较快、价格低,但耗材价格较高。

3. 激光打印机

激光打印机是一种将激光扫描技术与电子显像技术相整合的输出设备,根据打印机型的不同,其打印功能也有一定差别,不过其工作原理基本相同。

在执行打印命令后,计算机中的应用程序就会对要打印的内容进行预处理,再由激光打印机驱动程序将其转换成打印机能够识别的打印命令或者打印控制语言;这种命令信号一旦送到内部的高频驱动电路后,就能控制激光发射器的开和关,从而产生点阵激光束,并经反射镜射入声光偏转调制器;同时,从计算机传送过来的二进制图文点阵内容,从接口传输到字形发生器,形成所需要字形的二进制脉冲信号,再由同步器产生的脉冲信号控制高频振荡器,然后经频率合成器及功率放大器加至声光调制器上,对由反射镜射入的激光束进行调制;调制后的光束射入多面转镜,再经广角聚焦镜把光束聚焦后射至光导鼓(硒鼓)表面上,使角速度扫描变成线速度扫描,完成整个扫描过程。

而激光打印机的感光硒鼓是一个光敏器件,有受光导通的功能。硒鼓表面的光导涂层在进行扫描曝光之前,会自动在充电辊上充上一定量的电荷。一旦激光束通过点阵形式扫射到硒鼓表面



上时，被扫描到的光点就会因曝光而自动导通，这样电荷就通过导电电极对地快速释放。而没有接受曝光的光点仍然保持原有的电荷大小，这样就能在感光硒鼓表面产生一幅电位差“潜像”，一旦产生电位差潜像的感光硒鼓旋转到有墨粉磁辊的位置时，那些带相反电荷的墨粉就能被自动吸附到感光硒鼓表面，从而产生了“墨粉图像”。

要是装有墨粉图像的感光硒鼓继续旋转，到达图像即将转移的装置时，事先放置好的打印纸也同时被传送到感光硒鼓和图像转移装置的中间，这个时候图像转移装置会自动在打印纸背面放出一个强电压，将感光硒鼓上的墨粉图像吸附到打印纸上，然后再将附有墨粉图像的打印纸输送到高温定影装置处来进行加温、加压，以便让墨粉融化到打印纸中。这样指定的打印内容就会显示在打印纸上了，打印过程结束。

激光打印机的特点是色彩艳丽、分辨率高、速度快、噪声小、打印效果好，但价格较高。

针式打印机、喷墨打印机和激光打印机各有优点，分别适合不同的场合使用。一般来说，如要进行宽幅面、多层打印工作，大多采用 24 针宽行式打印机；如要进行图文混排，并且对字型输出的要求较高，则应采用分辨率大于 300dpi 的喷墨打印机或激光打印机。

7.2

针式打印机电源电路分析与检修

针式打印机的电源电路主要是将 220V 市电压转换成打印机需要的各种稳定的直流电，其输出的电压主要有+5V 电压（供逻辑电路、操作面板、电机锁定等使用）、高压电源（主要有+35V 左右）等几种。

针式打印机的电源电路一般采用开关稳压电源，主要由抗干扰电路（线路滤波电路、浪涌抑制电路）、桥式整流滤波堆电路、开关振荡电路、稳压控制电路以及保护电路等组成。如图 7-6 所示为针式打印机电源的电路方框图。

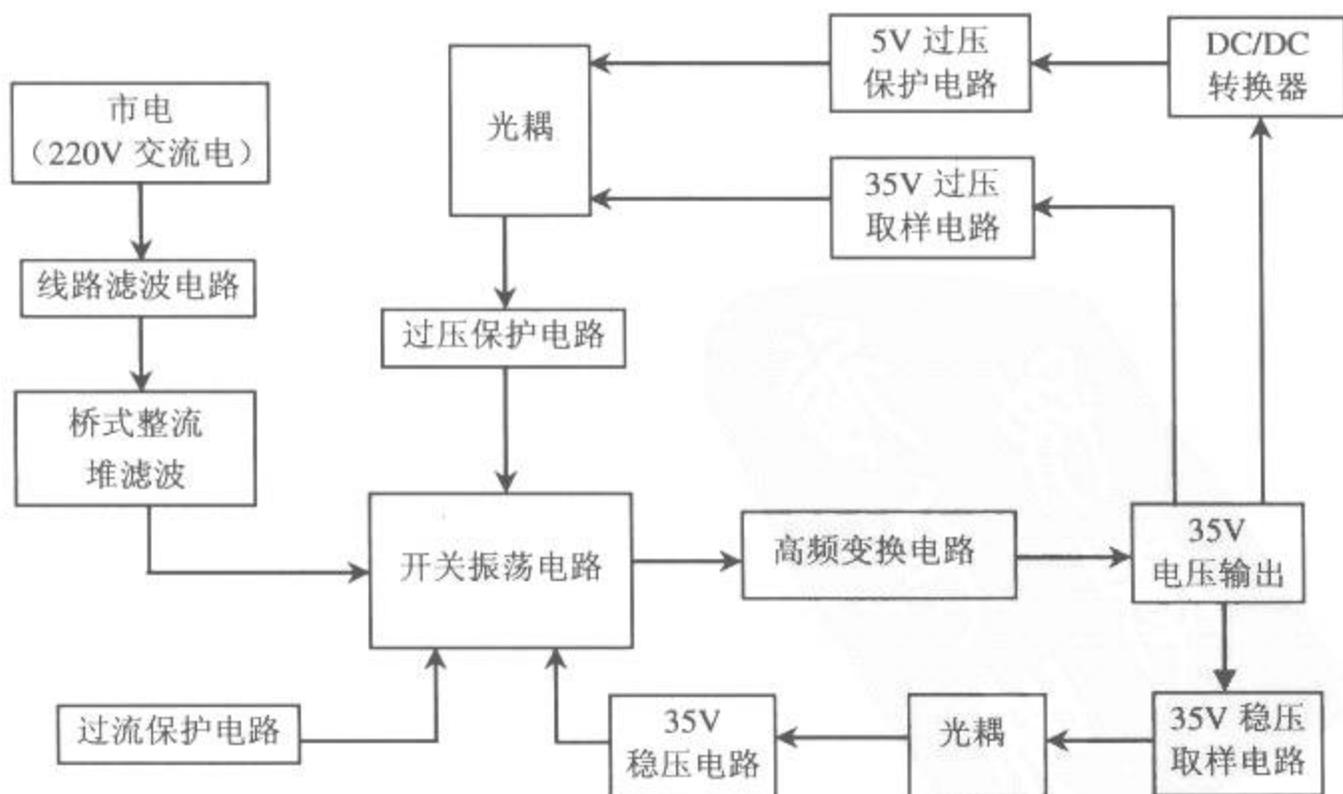


图 7-6 针式打印机电源电路方框图



下面以富士通 DPK3600E 针式打印机为例讲解针式打印机电源电路的原理与检修。富士通 DPK3600E 针式打印机的电源电路主要由整流滤波电路、浪涌抑制电路、开关振荡电路、+35V 稳压控制电路、过压保护电路、过流保护电路以及+5V 输出电路等组成。

7.2.1 交流输入、抗干扰整流滤波电路分析与检修

1. 交流输入、抗干扰整流滤波电路分析

交流市电经插座输入后，先经过一只 3.15A 保险管，再受开关 SW101 控制。该开关设在打印机的前面左下方，便于操作。该电源采用两节滤波电路，抗干扰效果好。有关抗干扰原理可参考前面的各章节。滤波后，经 D101 桥堆整流、C107 滤波得到+310V 直流电压。如图 7-7 所示。

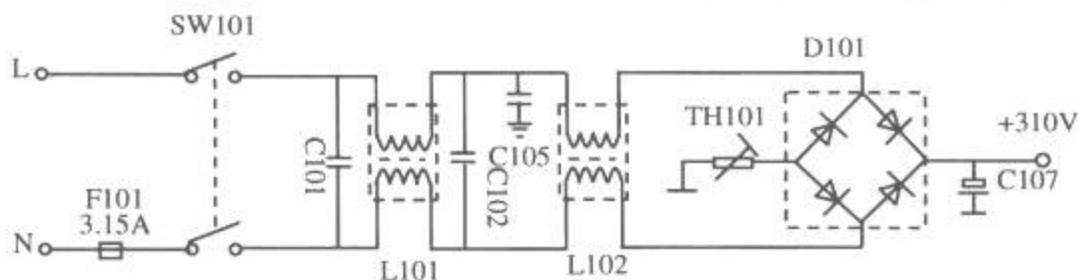


图 7-7 交流输入、抗干扰整流滤波电路

2. 交流输入、抗干扰整流滤波电路检修

整流滤波电路的检修流程与前面讲的几种设备的检修方法没有区别，主要的检测点就是+310V 滤波电容器两端的直流电压。

(1) 交流输入、抗干扰整流滤波电路的常见故障及损坏元件

交流输入、抗干扰整流滤波电路发生故障后，会造成+310V 直流电压不正常。常见的故障为滤波电容器 C107 爆裂、整流桥击穿短路、保险熔断。

(2) 交流输入、抗干扰整流滤波电路的检修方法

01 直观检查。

通过直观检查能发现保险管是否发黑、+300V 滤波电容器是否有“鼓胀”，开关管是否有炸裂破损、线路板上的铜箔条是否有断裂和烧痕等。若有明显损坏的元件，将其拆除（滤波电容器可立即更换，保险管及开关管可暂不接入电路）。

02 电阻法检查。

在有些机型中，保险管不透明，不能直接看出是否损坏，这就要借助电阻检查法进行判定。用万用表电阻挡 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡，两支表笔分别接触保险管的两端（表笔不分极性），正常情况下其阻值小于 1Ω 。若保险管已开路或发黑，说明有严重短路的故障元件，这时需要对电路用电阻法进行短路故障检查。

用万用表电阻挡 $R \times 10$ 或 $R \times 100$ 挡，分别检查整流二极管两端的电阻。若电阻过小，表明二极管击穿损坏，更换损坏二极管或整流桥即可。

用万用表电阻挡 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡，测量+310V 滤波电容器 C107 正极对负极的电阻。若电阻过小表明有击穿损坏元件。这时，可脱开电容器正极与开关管的连接线路重测，若恢复正常表明开关管损坏。若电容正极对负极电阻正常可通电进一步检查。

03 通电检查。



若保险管正常，则可以通电测量滤波电容器 C107 两端的直流电压判断。测量方法为：用万用表红表笔接滤波电容器正极，黑表笔接负极，万用表选择直流电压 500V 挡，正常情况下应有 300V 左右的直流电压。测量结果有三种情况，一是正常，二是无电压，三是电压偏低。如果所测电压为零，表明整流滤波电路有开路性故障；如果测得电压低于 250V，常见故障为滤波电容器失容；如果 +300V 电压正常，表明交流输入、抗干扰电路整流滤波电路均正常。上述故障排除后，若开关电源还不工作，检查开关电源其他电路部分。

(3) 抗干扰整流滤波电路的检修流程

抗干扰整流滤波电路的检修流程如图 7-8 所示。

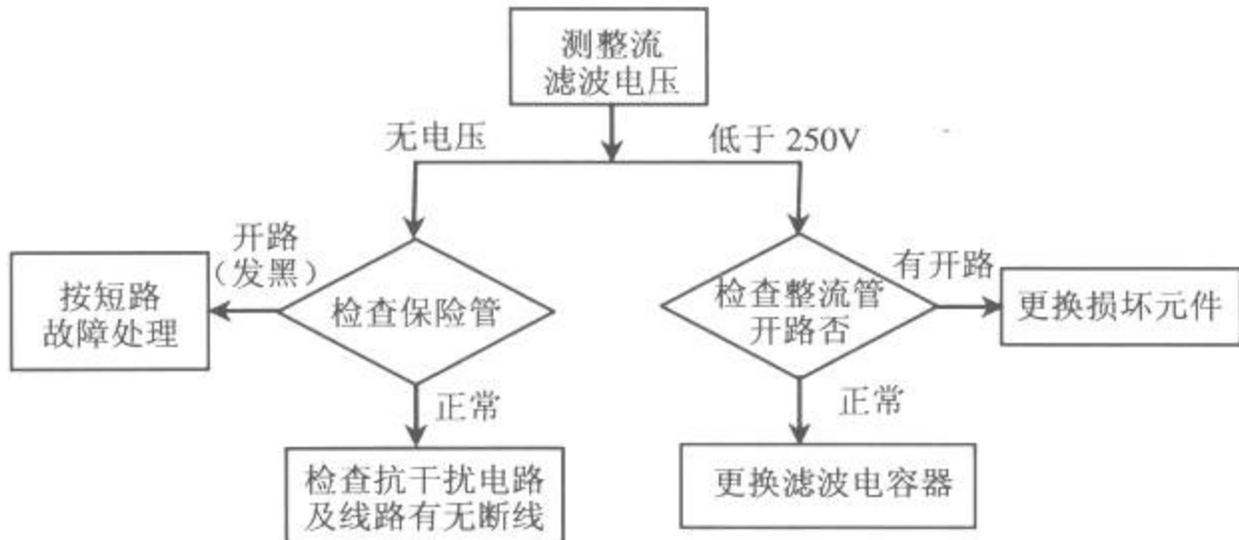


图 7-8 抗干扰整流滤波电路检修流程图

7.2.2 开关振荡电路分析与检修

1. 开关振荡电路分析

开关振荡电路由启动电路、反馈电路、PWM 脉冲产生电路、主开关通路等组成，如图 7-9 所示。

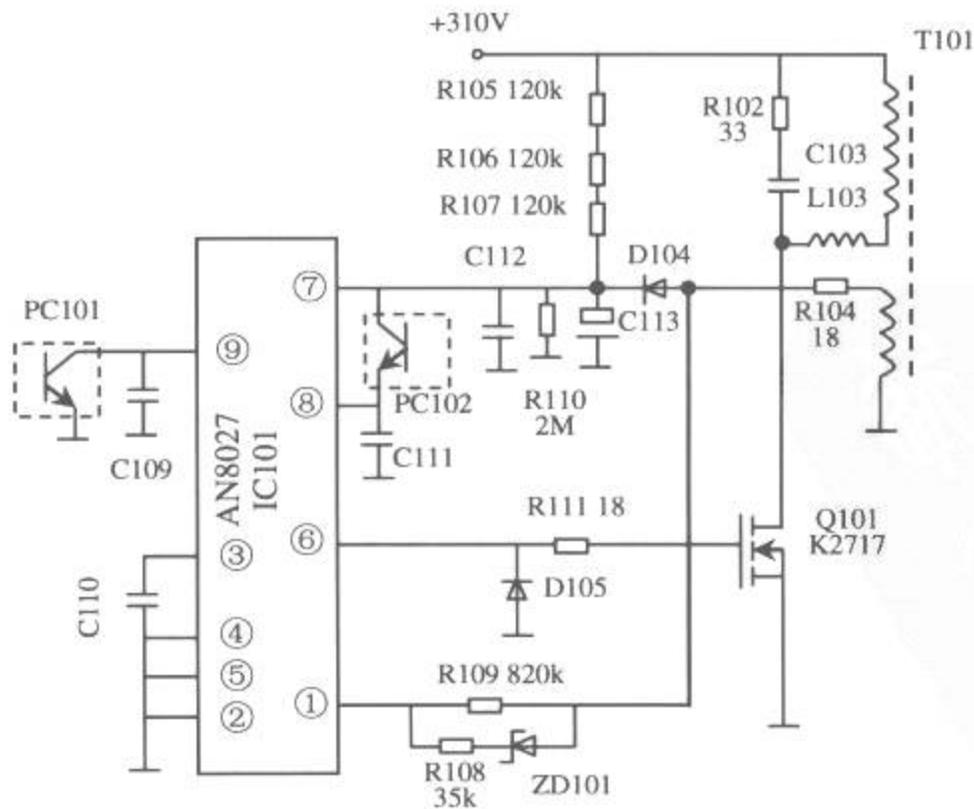


图 7-9 开关振荡电路



(1) 启动电路

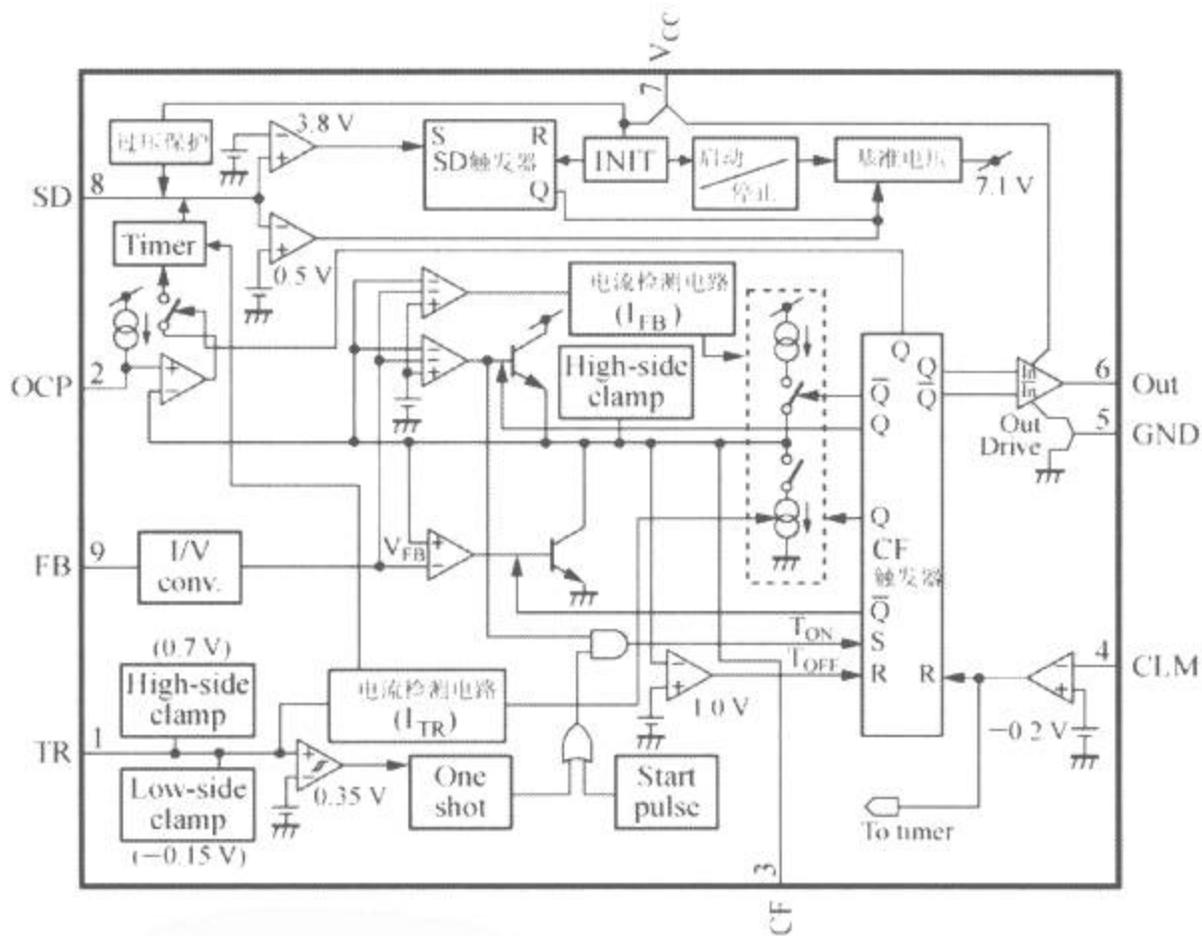
参考图 7-9, 启动电路由电阻 R105~R107 及电容 C113 构成, +310V 直流电压经 R105~R107 在电容器 C113 上产生一个逐渐上升的电压, 当 C113 两端电压达到一阈值后, PWM 电路开始工作, 完成启动。

(2) PWM 脉冲产生电路

富士通 DPK3600E 针式打印机电源电路使用了一块 AN8027 集成电路作为 PWM 脉冲产生电路。AN8027 集成电路是专用脉宽调制组件, 主要用在电视机与打印机电源中。其内部结构较为复杂, 主要有基准电压发生器、锯齿波振荡器、过流过压保护电路、过零检测、脉宽控制器、大电流图腾柱输出驱动等电路构成。所用外围元件很少, 其工作稳定, 过压、欠压保护锁定, 过流保护等功能设计优秀。

① AN8027 集成电路。

AN8027 集成电路采用 9 脚单列直插式封装结构, 如图 7-10 所示为 AN8027 集成电路的内部结构框图和实物图。



(a) AN8027 集成电路内部结构框图



(b) AN8027 集成电路实物图

图 7-10 AN8027 内部结构框图和实物图



AN8027 集成电路共 9 个针脚，其各针脚功能如表 7-1 所示。

表 7-1 AN8027 集成电路各引脚功能

引脚号	引脚名称	功能定义
1	TR	过零检测输入端
2	OCP	保护电平设置端
3	CF	定时电容端
4	CLM	定时锁定、脉冲过流保护输入端
5	GND	接地端
6	OUT	驱动脉冲输出端
7	Vcc	供电端，兼启动保护控制端
8	SD	模式选择、过压保护输入端
9	FB	反馈输入、稳压控制端

AN8027 集成电路的第 7 脚为供电端，该端还兼有过压欠压保护、软启动控制的功能，一般采用+12V 供电；第 3 脚外接振荡电容器，与内电路构成振荡器；第 6 脚为驱动脉冲输出端，可直接驱动场效应管；第 8 脚为模式选择控制端，当该脚电压低于 0.1V 时，封锁驱动脉冲输出；第 9 脚内接误差放大器，其输入信号来自取样反馈电路，通过内部电路控制脉冲宽度，通过调整功率输出管的导通时间调整输出电压的高低，即稳压控制。

AN8027 集成电路在富士通 DPK3600E 针式打印机电源电路中的具体应用电路参考图 7-9。

● 注 意

该应用电路没有使用第 2 脚与第 4 脚的保护功能，而是把这两脚接地。

② 工作过程。

接通交流市电并按下开关，经整流滤波后得到+310V 直流电压；通过启动电阻 R105、R106 及 R107 加到 AN8027 第 7 脚，由于电容 C113 的存在，电压不能立即升上来。当电压逐渐升高到 14.9V 时内部电路开始启动，振荡电路开始工作，内部产生一个对电容器 C109 的充电电流。在对 C109 充电期间，AN8027 输出宽度较窄的脉冲，推动开关管 Q101 工作，完成软启动。充电结束后 AN8027 正常工作。在开关电源工作期间，若 AN8027 第 7 脚电压降低到 8.6V 时，内部欠压保护电路工作，停止输出驱动脉冲并保持在保护工作状态；若该脚电压超过 20.5V 时，内部过压保护电路启动，停止输出驱动脉冲，从而达到保护的目。

(3) 主开关通路、反馈电路及功率变换电路

① 主开关通路。

主开关通路由开关变压器 T101、L103 和开关管 Q101 组成，参考图 7-9。

+310V 电压经开关变压器 T101、L103 加在开关管漏极。当开关电源软启动结束后，IC101 第 6 脚输出的开关脉冲经电阻 R111、二极管 D105 限幅，送到开关管控制极。开关管在开关脉冲



的驱动下，开始工作在开关状态。开关管导通，+310V 电压经 L103、开关管流过 T101 主绕组，产生由零增长的电流，由此产生感应电动势（感应电压）。

② 反馈电路。

反馈电路由开关变压器中的反馈绕组、R104、D104、C103、R110 以及 C112 组成，如图 7-10 所示。

当开关管导通，有电流流过 T101 主绕组时，反馈绕组也因此产生感应电压，经 D104 整流、C113 滤波后加到第 7 脚，为 AN8027 提供工作电源。若该电路不工作时，第 7 脚电压将降低到 8.6V 以下，内部欠压保护电路启动。

③ 功率变换电路。

功率变换电路主由开关变压器次级绕组、整流管 D201 及 D202 构成如看图 7-11 所示。

开关管导通期间，在开关变压器次级绕组也产生感应电压。由于开关变压器内次级绕组的绕向及二极管的接法原因，次级绕组产生的感应电压不能形成回路泄放。开关变压器内的电能以磁能的形式储存，当开关管截止时，在开关变压器初级绕组中的电流突变为零，主绕组中的感应电动势反向，通过变压器时在次级各绕组中也将产生反向的感应电压，此时各支路整流二极管 D201、D202 都因正偏而导通，经整流、滤波得到各路输出电压。

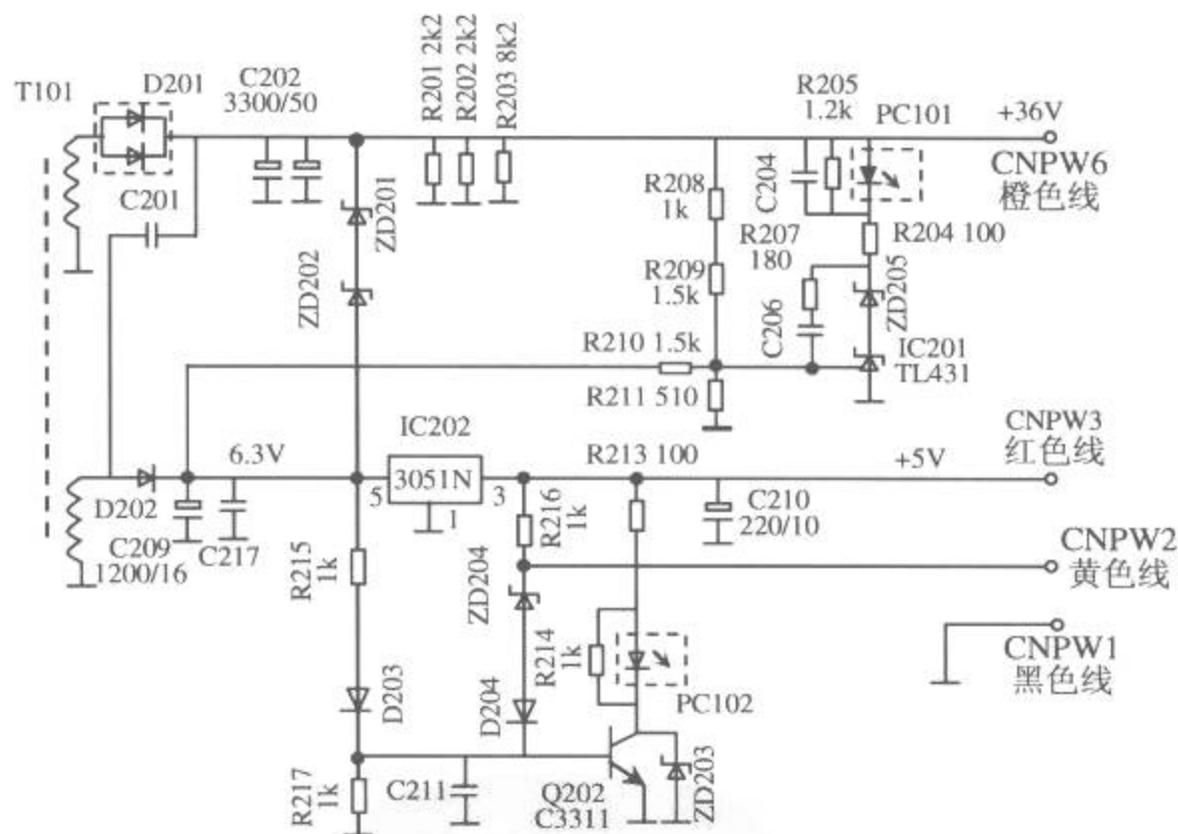


图 7-11 脉冲整流输出电路

在该电源中只有两路输出电压。一路经 D201 肖特基整流二极管整流，再经电容器 C202、C203 滤波后输出+36V 电压作为该电源的主输出电压。另一路经 D202 整流、C209 滤波输出 6.3V 电压。R201、R202 及 R203 为+36V 输出电压的负载。

打印机是一种数字化电子设备，一般来讲，绝大多数的数字化电子设备都需要+5V 电压。该电源没有设置+5V 输出绕组，但有一个 6.3V 低压输出绕组，因此，它就利用该电源输出的+6.3V 电压，从中经一只稳压集成电路输出+5V 电压。该集成稳压器件是一个 5 脚集成电路，如图 7-12 所示。它的第 2 脚与第 4 脚未使用，第 5 脚为输入端，第 3 脚为输出端，第 1 脚为接地端，其功





能与 LM7805 相同。只要有+6.3V 输入电压, IC202 就能输出+5V 电压, 与其他电路关系不大。



图 7-12 集成稳压器

2. 开关振荡电路、反馈电路及功率变换电路的检修

打印机电源电路中的开关电源故障通常会造成电源不工作, 无输出电压。当打印机出现此故障时, 可以按照下面的方法进行检修 (参考图 7-10)。

在电路没有起振时, 反馈绕组就不会产生反馈电压给 IC101 提供工作电源, IC101 处于保护工作状态, 因而在加电情况下无法测出电压。该电路的检查与其他电路的检查方法就有不同, 一般来讲, 电阻检查法较为常用。具体检查方法如下:

① 在断电态下, 对滤波电容器放电。

② 用电阻法检查主开关通路、反馈绕组是否有断路点, 开关变压器绕组导线较粗, 一般不会开路, 常见的是开关变压器绕组引脚脱焊。

③ 检查电容器 C113 及 D104 是否正常。对 C113 不能确定好坏时可将其更换。

④ 检查开关管 Q101 及电阻 R111、D105 是否正常。打印机电源采用 AN8027 构成的开关电源, 由于其保护措施相当完美, 外围元件很少, 开关管损坏的情况很少发生。电阻法检查各元件用不了多长时间。

⑤ 电压检查, 通电后检查 AN8027-7 脚电压是否正常。正常情况下应有+8.6V 以上的电压。将万用表选择直流 20V 挡, 用万用表红表笔接 IC101 的第 7 脚, 黑表笔接电源地端进行测量。测量后的结果有三种可能:

① 测得结果为零。若测得结果为零, 表明启动电阻损坏、C113 击穿短路或二极管 D104 短路。可在断电后, 先对电容器 C107 进行放电, 然后在路检查 IC101 第 7 脚的对地电阻。若阻值很小, 说明确有短路, 逐个检查更换损坏元件。若阻值基本正常, 检查启动电阻, 必要时将其拆下, 测量其阻值, 以进一步证实。若确为启动电阻损坏, 直接更换即可。

② 电压为 9V 左右。若实际测得值为 9V 左右时, 表明启动电路正常, 此时开关电源处于保护工作状态。当电源处于保护工作状态时, 电源反馈绕组及次级输出绕组均不工作, 此时测量电压已不能适用。电阻法检查主开关通路、反馈电路、保护电路及电源负载是否正常。

③ 若 AN8027-7 脚电压为 12V 左右, 说明开关电源工作正常, 包括稳压控制电路均正常。

⑥ 振荡电路由 AN8027 集成电路第 3 脚的内外电路构成, 外接只有一个电容器 C110, 其容量直接影响驱动脉冲的宽度。当正常工作时, 第 3 脚电压为 2.6V 左右。当怀疑其有问题时, 可直接代换一试。若第三脚电压不正常, 试代换 AN8027。

综上所述, 开关振荡电路的检修流程如图 7-13 所示。

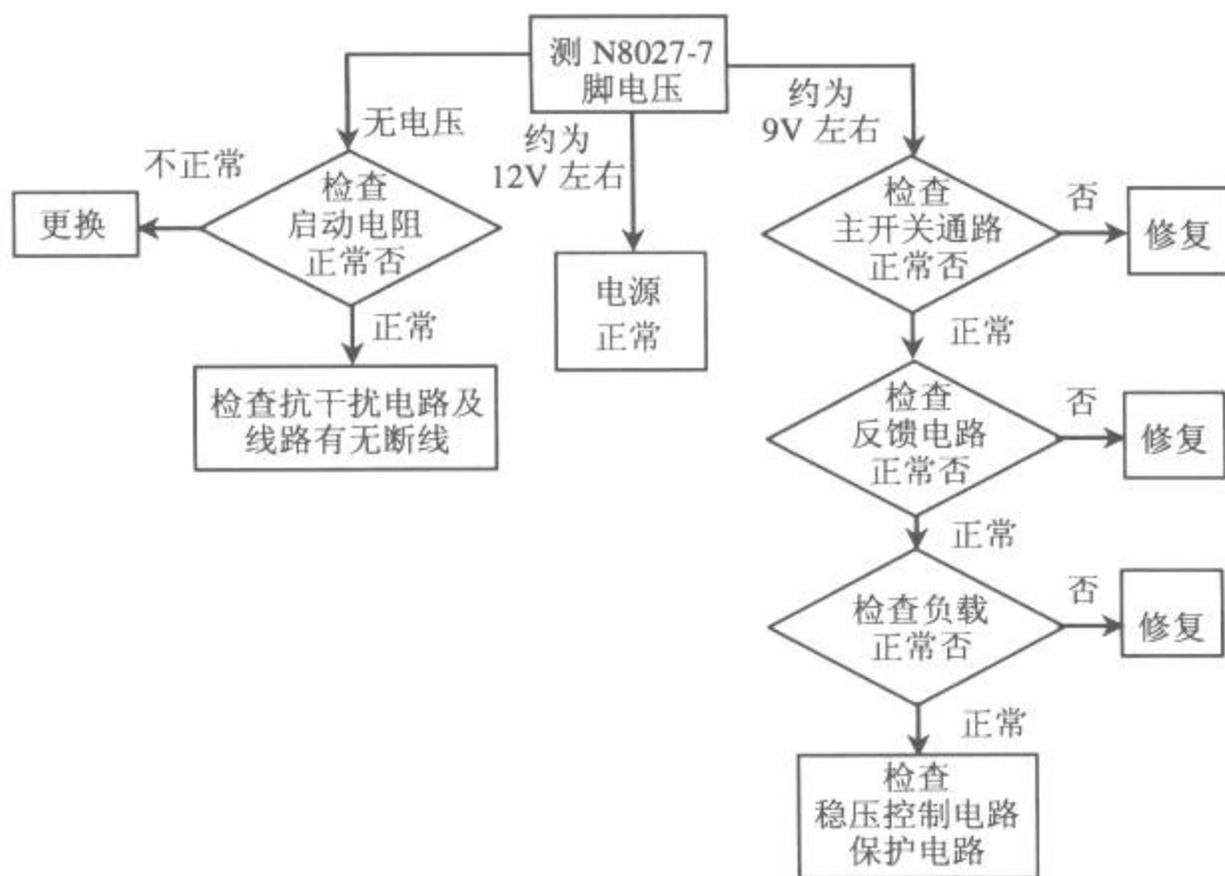


图 7-13 开关振荡电路检修流程图

7.2.3 稳压控制电路分析与检修

1. 稳压控制电路分析

(1) 稳压控制电路组成

稳压控制电路由开关变压器次级的 PC101、ZD205、IC201、电阻 R208、R209、R210、R211 及 IC101 (AN8027) 内部电路等共同组成, 如图 7-14 所示。

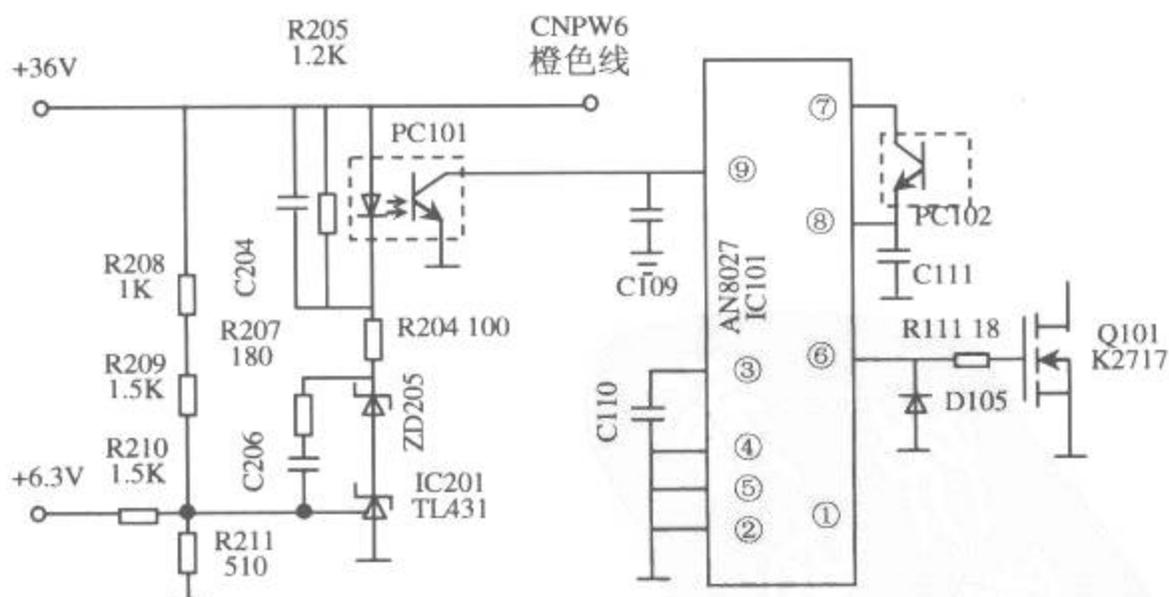


图 7-14 稳压控制电路

(2) 稳压控制电路工作原理

+36V 输出电压通过电阻 R208、R209、R211 分压后, 在 R211 上获得约 2.5V 左右的样品电压, 然后加到 IC201 的控制端。IC201 为三端精密稳压器件, 型号为 1431T, 其功能及引脚与 TL431



完全相同。

若输出电压发生变化，加到 IC201 控制端的样品电压成比例随之变化，引起流过 IC201 中的电流发生变化，这个电流是+36V 经 PC101 中发光二极管、电阻 R204 及稳压二极管 ZD205 产生的。因此，流过 PC101 的电流也发生变化，使 IC101 中光敏三极管的导通程度发生变化，引起 IC101-9 脚内电路电压变化，通过内部电路调节 IC101-6 脚输出的脉冲宽度，使开关管 Q101 的导通时间改变，从而调整输出电压，使其稳定。

同理，当+6.3V 输出端电压变化时，经电阻 R210、R211 分压取得样品电压加在 IC201 控制极，同样也调节 IC101-6 脚输出的脉冲宽度，使输出电压稳定。

在检修打印机电源时，总是将其从打印机中拆出来，这时开关电源就没有了负载。当电源无负载时，该电源有空载保护功能，即电源在无负载时处于保护工作状态。因此，在检修时，要给电源接上一个负载，通过负载上的电压情况进行检查判定。

(3) 接假负载的方法如下：

① 准备一只 100~200Ω10W 的大功率电阻，在电阻两电极焊上两根引线，将引线焊接在电容器 C202 的正负极两端（或焊接在橙色线与黑色线处），做好绝缘，以便于检修。

② 用一小段导线将黄色线焊接点与地连接，若选择的电阻过小，+36V 输出电压将会有所降低，+6.3V 输出端电压可能有波动。

2. 稳压控制电路检修

(1) 稳压控制电路的常见故障

① 输出电压偏低、偏高或不稳定。

② 因稳压控制电路故障造成电源失控，IC101 工作于保护状态，电源无输出。

从稳压原理上来讲，输出电压过低是由于 PC101 中光电耦合器的光敏管导通过强引起的，稳压电路中的元件损坏都可引起该故障。光电耦合器中发光管电流过大，或精密稳压控制器击穿短路或导通过强及取样电路中电阻 R211 阻值增大等，都可以引起输出电压降低。

因稳压控制电路元件多，在有输出电压的情况下，各点电压变化不是太明显，因而电压法检查不能有效地确定故障元件。最原始的方法——电阻法进行检查最有效，对相关元件逐一排查。另外，也可以采用模拟法进行检查，以确定故障范围。

在检修稳压控制电路前，要先保证整流滤波电路及电源负载无故障。

(2) 稳压控制电路的检修方法

① 直观检查有无明显损坏的元件，滤波电容器 C202、C203 是否正常，不能确定时代换。

② 电阻法检查电阻 R204~R211 是否正常，不正常更换；同时检查 PC101 和 ZD205 正常否，不正常更换。

7.2.4 保护电路分析与检修

1. 保护电路分析

打印机电源电路的保护电路主要包括输出电压过压保护电路、过流保护电路、尖峰吸收电路等。

(1) 输出电压过压保护电路

输出电压过压保护有两路：一路是+36V 输出过压保护电路，由 ZD201、ZD202、电阻



R215、二极管 D203、电阻 R217、三极管 Q202、PC102、D204、ZD204 及电阻 R216 等组成；电阻 R216、ZD204、D204、Q202 及 PC102 组成开关机控制电路，如图 7-15 所示。

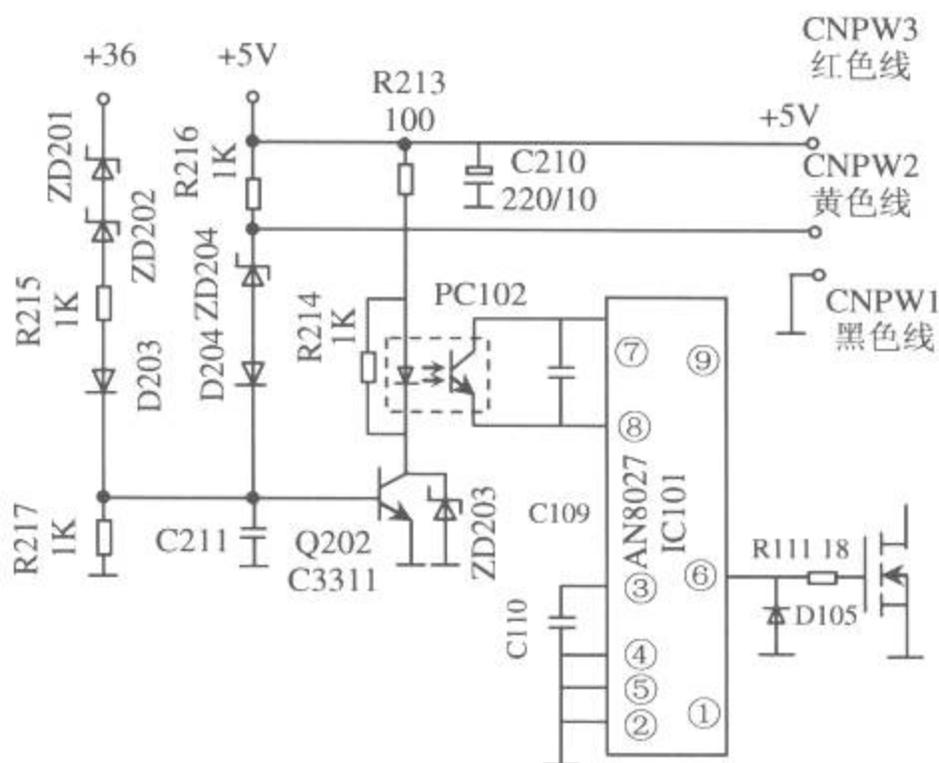


图 7-15 过压保护电路

当+36V 输出电压过高超过稳压调整范围后，过高的输出电压将使 ZD201、ZD202 击穿，经过电阻 R215、D203 加到三极管 Q202 的基极，使其饱和导通；IC202 输出的+5V 电压经电阻 R213、PC102 中发光二极管和导通的 Q202，使发光二极管发光增强，致使 PC102 中光敏三极管的导通程度加大，进而使 AN8027-8 脚电压升上超过 3.9V，内部过压保护电路启动，AN8027-6 脚停止输出驱动脉冲，迫使开关管停止工作，开关电源不再输出电压，达到保护目的。

当打印机在工作过程中检测到有故障需要停机时，通过黄色线送入高电平信号，加到 ZD204 上，或者切断黄色线与打印机的连接，此时，电源输出的+5V 电压经电阻 R216 使 ZD204 击穿，通过 D204 使三极管 Q202 饱和导通，结果使开关电源进入保护工作状态。开关电源一旦进入保护工作状态，就一直保持在保护状态下。要解除保护，只要关掉电源重新开机即可，当然引起保护的故障因素要排除。

当+5V 输出电压过压时，经电阻 R216 使 ZD204 击穿，经 D204 加到三极管 Q202 基极，使其导通，最终使电源处于保护状态，不输出电压。

● 注 意

此时，电源是处在保护状态，而不是停止工作。

(2) 过流保护电路

打印机电源电路没有直接从开关管源极提取开关管电流样品电压，而是采用 IC101 内部的脉冲式过流保护功能来实现过流保护。

(3) 尖峰吸收电路

由电阻 R102 及电容器 C103 构成，电路比较简单。该电路的作用是吸收开关管截止时产生的反峰高压，保护开关管的安全。在开关管导通时，主绕组中产生的感应电动势为上正下负，对



开关管影响不大,但在开关管截止时,主绕组中感应电动势反向,变为下正上负,这一反峰高压通过电阻 R102 对电容器 C103 充电,使高压泄放,保护了开关管。

2. 保护电路检修

在富士通打印机电源中,过压保护电路同其他电源的保护电路一样,都是对主输出电压进行监控,与稳压控制共用同一个电路。对这部分电路不宜用电压检查法,相对地,电阻检查法较为适用。

打印机电源电路中的保护电路常见故障主要包括:开关电源无输出,AN8027-7 脚电压为 9V 左右;电阻 R211、R217 开路,三极管 Q202 击穿短路,稳压管击穿短路,PC102 软击穿。

电源工作一瞬间即处于保护状态,无输出。此时,测量 IC101 第 7 脚的电压为 8.6V 左右。反过来,若能测量到 C101 第 7 脚的电压为 9V 左右时,就说明电源处于保护工作状态。在保护电路动作时,电源无输出,电压检查法不能适用,还须使用电阻法检查。

就电路组成来讲,稳压控制电路与过压保护电路的结构并不复杂,所使用的元件也不过就 10 个左右,所以,电阻法排查也不是太困难的,相反,可能检修的速度更快。

具体检修方法可参考稳压控制电路检修方法。

7.2.5 电源开关管击穿损坏情况下的检修

前面提到过,开关管击穿短路在检修中是难度最大,也是最令人头痛的故障。一般情况下,开关管击穿短路,往往造成连带损坏脉宽控制管和过流保护取样电阻。但在富士通打印机电源中,开关管损坏的故障几乎不会发生,因 AN8027 的软启动和脉冲式过流保护电路在开机时就发挥作用,即使开关变压器主绕组发生短路,IC101 也会在开机时检测到电流过大,继而进入保护工作状态。但是,任何事物都不可能十全十美,同样,尽管设计不错,也难免有个别元件在使用一段时间后发生故障。一旦发生开关管损坏,最大可能是因为 IC101 AN8027 本身损坏而引起。

在我们介绍的几种设备的开关电源中,富士通打印机电源在元件数量上可能是使用最少的电源。因此单从维修这一方面来说,也很简单。除 IC 本身外,开关电源的初级部分也就只有十几个元件,即使对元件全部检查也用不了多长时间。

发现开关管击穿后,先不要急于更换,要先查清原因。前面我们讲过,造成开关管击穿损坏的原因不外乎以下几方面:

- (1) 稳压控制回路有开路性故障。
- (2) 尖峰吸收电路发生故障。
- (3) 交流供电过高。

在该电源中,由于所用元件较少,我们在检修中,除了检查短路零件之外,不妨对其他元件也检查一下。

电源开关管击穿损坏故障的检查方法为:

- 01 在不加电的情况下,通过电阻法逐一检查 IC101 本身及其周围元件有无损坏,尤其是电容器 C110、109、C111。
- 02 电阻法检查输出端的对地电阻,以确保负载无故障。
- 03 检查稳压控制电路有无不良。



04 如果没有发现故障元件，还要检查尖峰吸收电路元件（1D5、1R8 及 1C7）。当完成以上检查更换损坏元件后，可装上开关管进行通电试机。

7.2.6 保险管熔断故障检修流程

保险管熔断故障检修流程如图 7-16 所示，该流程同样也适用于对其他开关电源的检修。

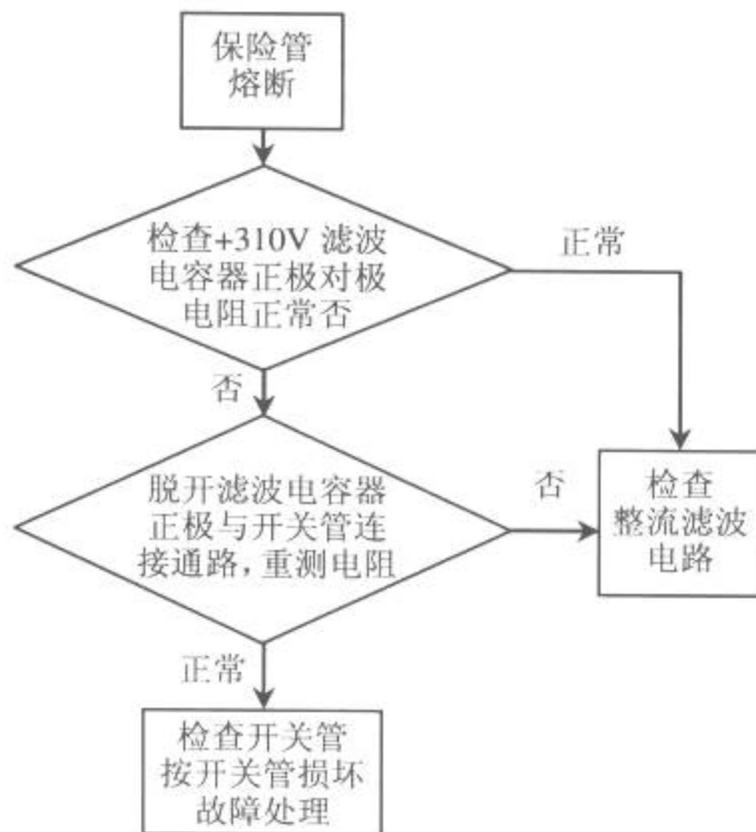


图 7-16 保险管熔断检修流程图

7.2.7 动手实践（共 6 例）

1. 拆卸针式打印机电源电路板动手实践

拆卸针式打印机的电源电路板时，可以按照下面的方法进行（以富士通针式打印机为例）。

01 富士通打印机电源也是一个独立部分，安装在上面板下，拆时要先将上面板拆除。图 7-17 所示为拆开上面板后露出的电源部分。

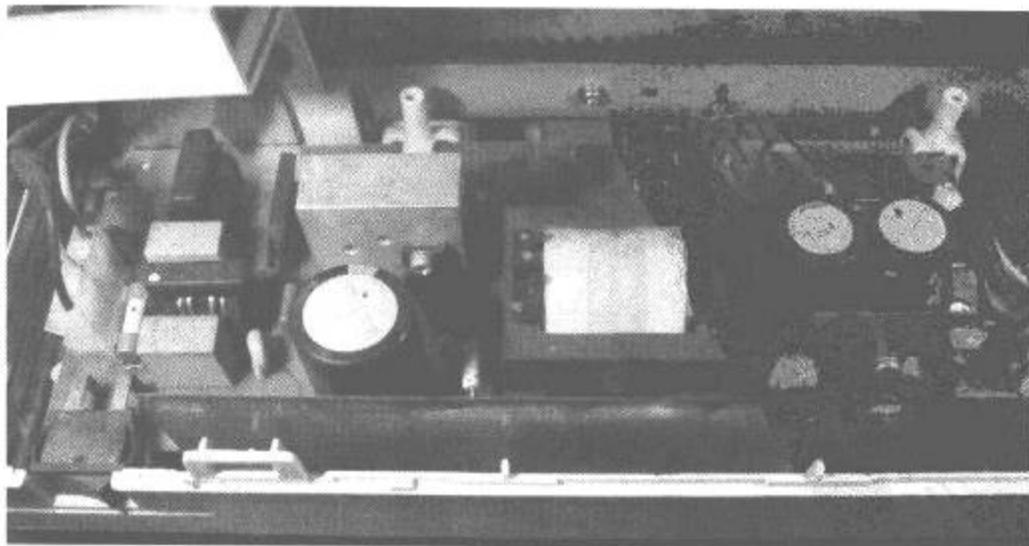


图 7-17 拆下外壳后露出的开关电源部分



02 接着拔下交流输入插头，电源输出插头。

03 将电源拆出后直观检查电路板上有无明显变形、损坏的元件，如图 7-18 所示。

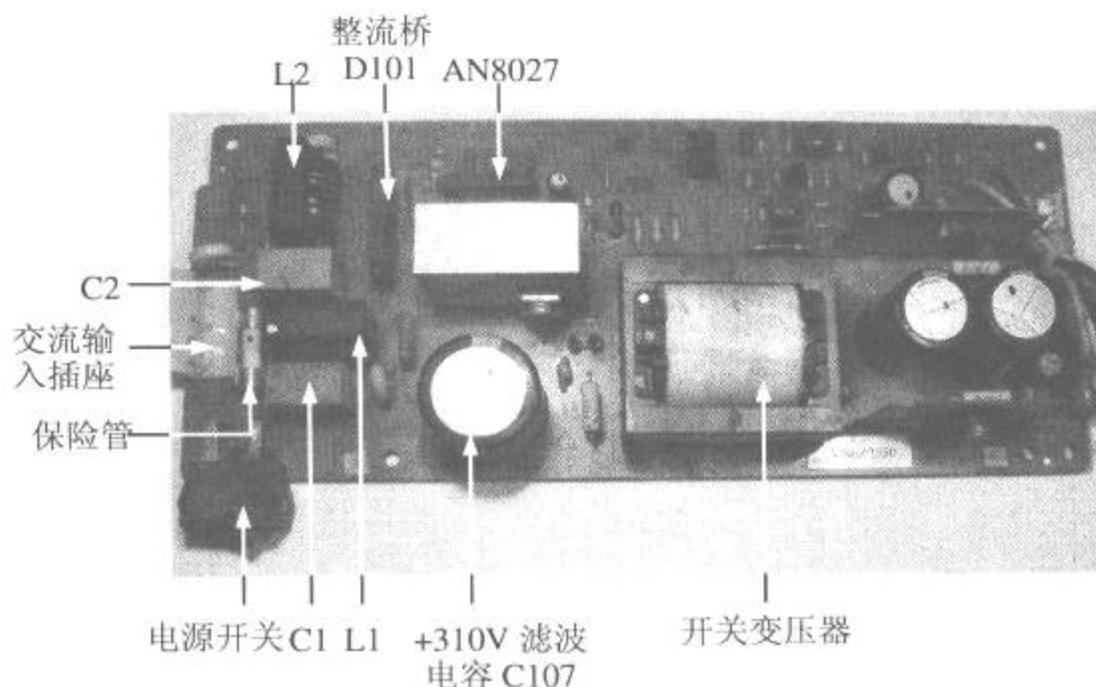


图 7-18 整流滤波电路实物图

2. 交流输入整流滤波电路动手实践

交流输入整流滤波电路如图 7-19 所示，具体的实践方法如下：

- 01 检查保险管是否完好。
- 02 测量 L、N 经开关 SW1 到整流桥输入端通路。重点是检查有无导线不通或开关不良。
- 03 测量 TH101 电阻。
- 04 加电测量 C107 两端电压。

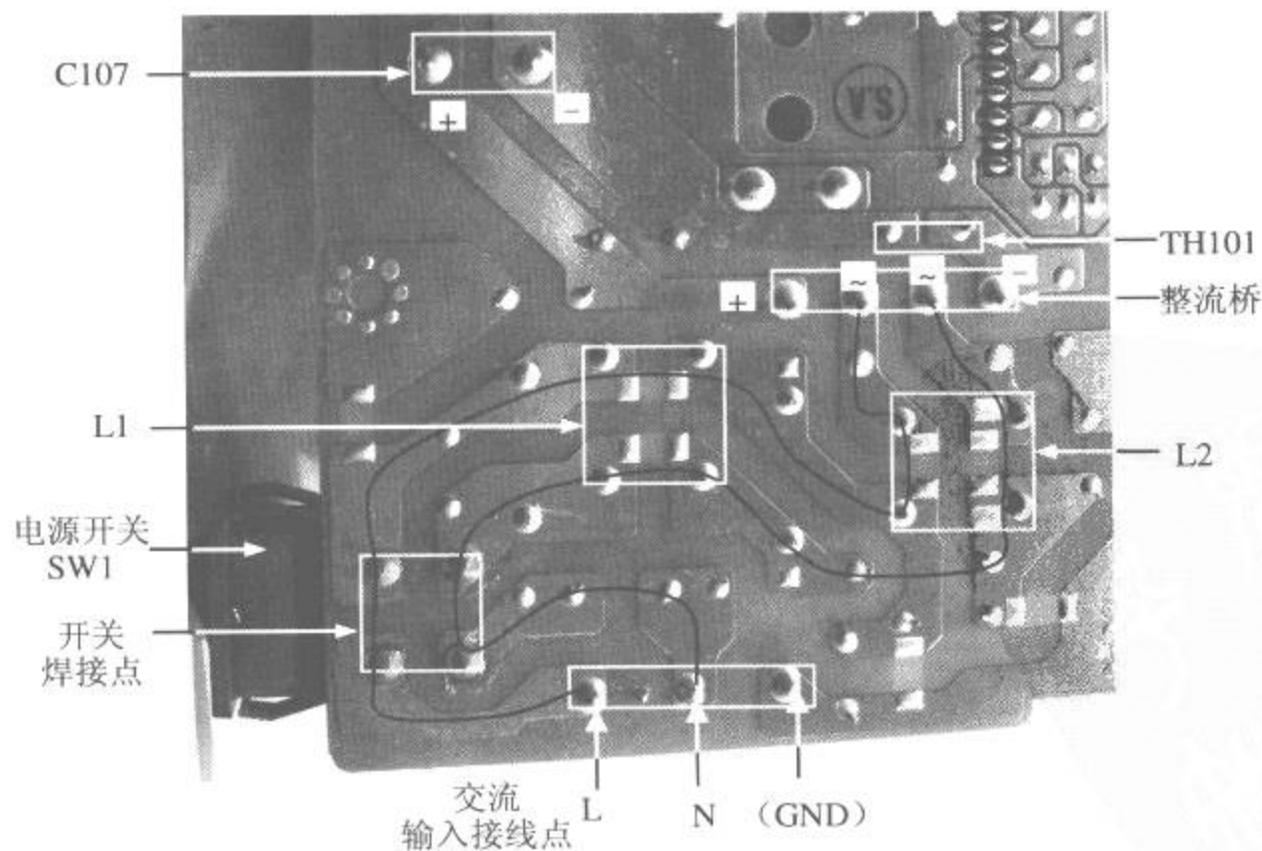


图 7-19 整流滤波电路实践图



3. 启动电路、开关管通路和反馈绕组动手实践

启动电路、开关管通路和反馈绕组电路板实物图背面如图 7-20 所示，具体实践方法如下：

- 01 测量 C107 正极到开关管漏极的通路。
- 02 测量 C107 正极经启动电阻到 IC101-7 脚的通路。
- 03 测量反馈绕组经电阻 R104、二极管 D104 到 IC101-7 脚通路。
- 04 测量 IC101-6 脚经电阻 R111 到开关管 Q101 栅极通路。
- 05 加电后测量 IC101-7 脚电压 (C113 两端电压)。

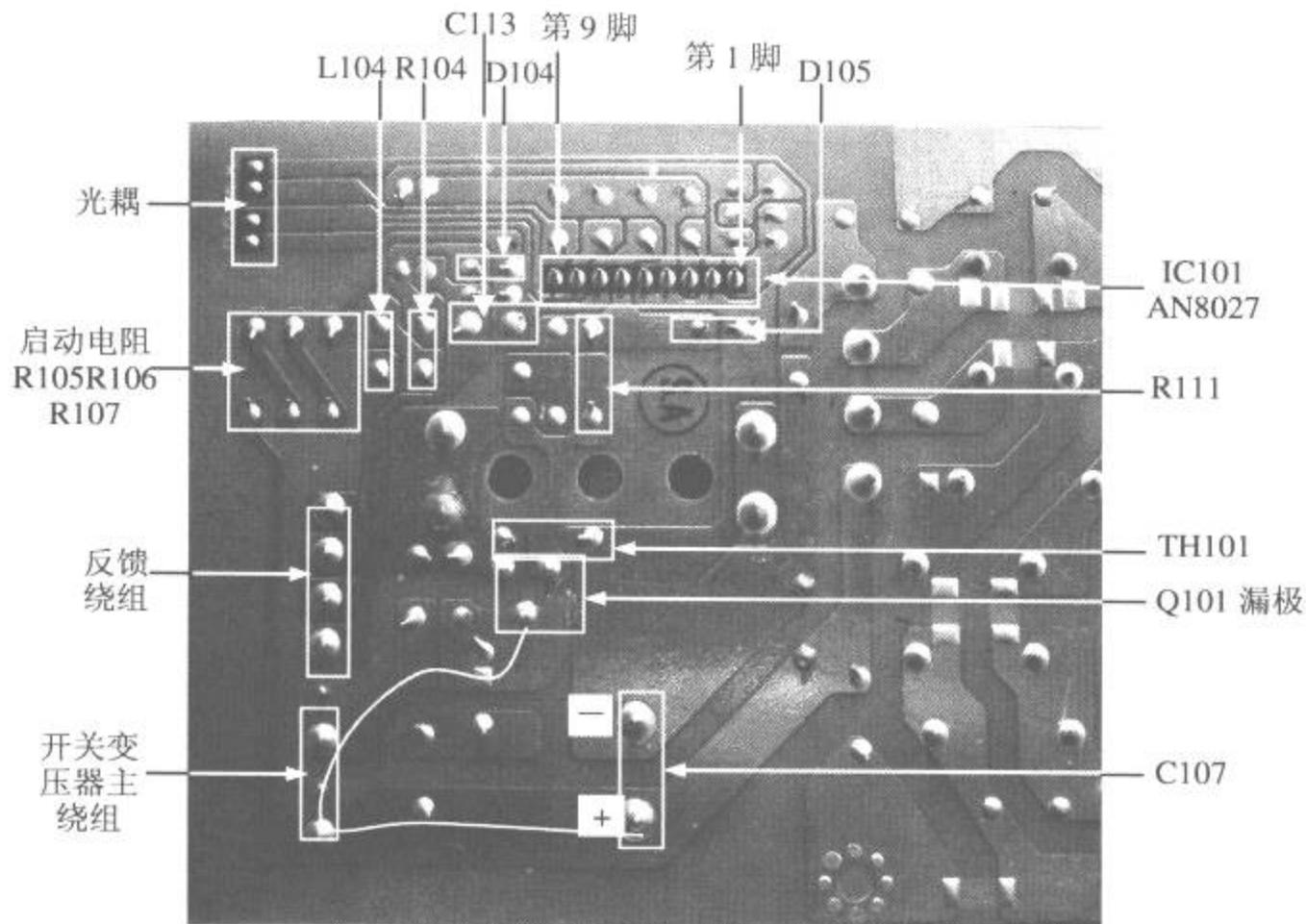


图 7-20 启动电路、开关管通路及反馈绕组通路电路板背面图

4. 脉冲整流输出电路动手实践

脉冲整流输出电路板背面实物如图 7-22 所示。具体实践方法如下：

(1) 连接假负载

在测量前，首先在 C202 两端或 C203 两端接假负载，同时将 CNPW2 点用一短导线与地连接，以防电源在启动时因有 +5V 电压输出。随即过压保护电路将启动，而使电源工作于保护状态，无输出，不能进行电压测量。接假负载的情况如图 7-21。

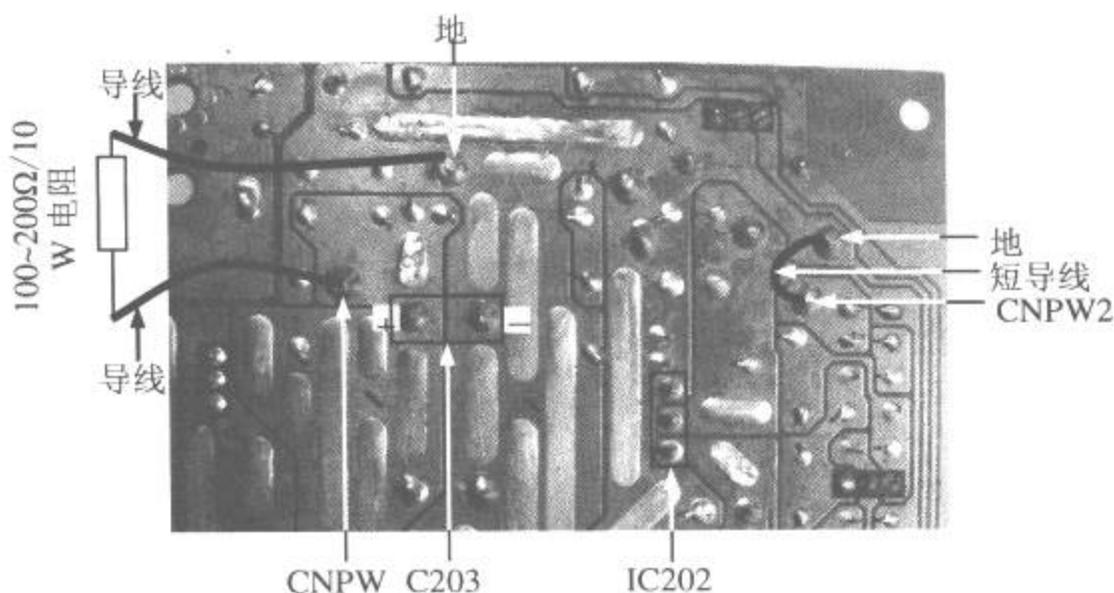


图 7-21 脉冲整流输出电路假负载接法

(2) 电压测量法维修实践

连接好假负载后，接着按照图 7-22 所示的电路板图进行电压测量实践。

01 通电后测量 CNPW6 点输出电压。数字万用表红表接 CNPW6 点，黑表笔接 CNPW1 点（地）；指针万用表红表笔接 CNPW6 点，黑表笔接 CNPW1 点。因接的是假负载，测得的电压可能与正常输出电压有偏差，偏差的多少与假负载阻值有关。

02 测量 C209 两端电压。在假负载作用下，该点电压可能有波动（输出电压不稳定）。

03 测量 C210 两端电压。

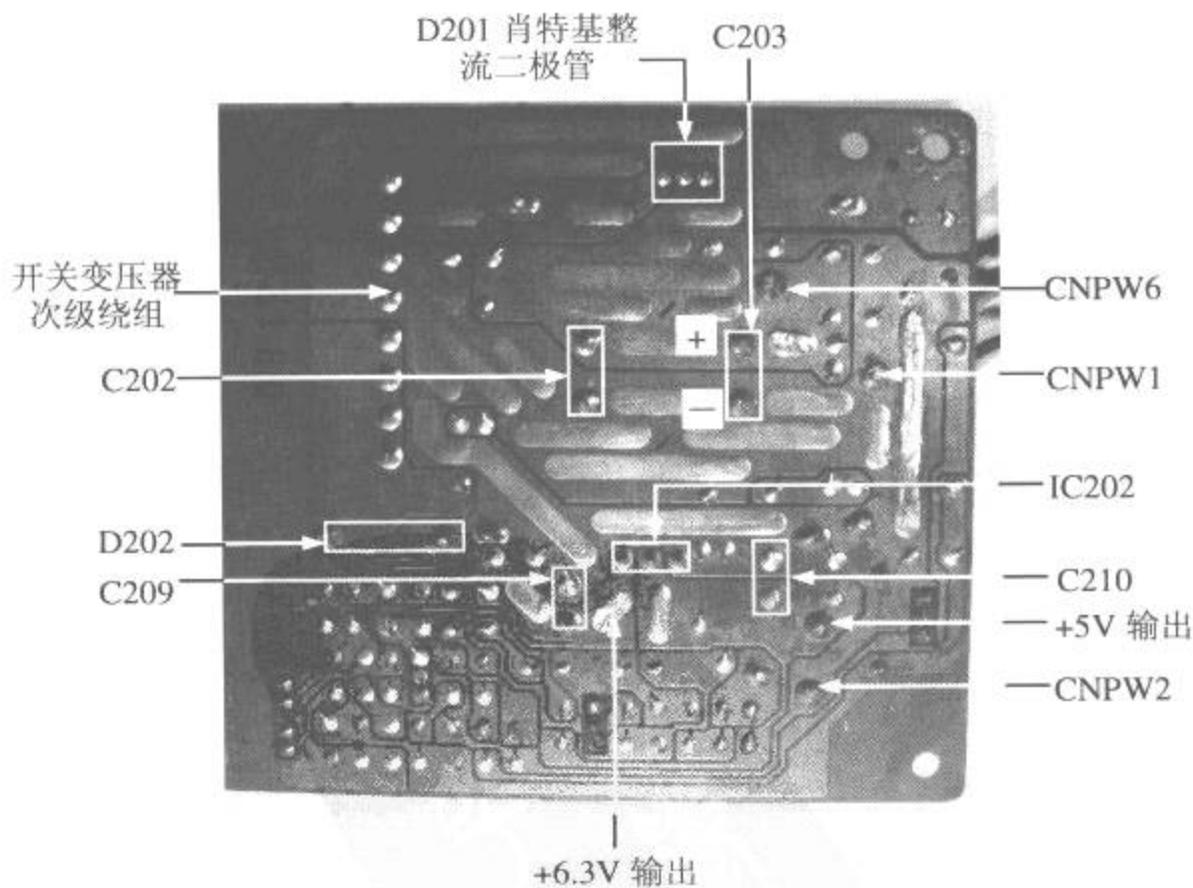


图 7-22 脉冲整流输出电路

在维修过程中，若对于 IC202 是否正常不能确定，可在 C209 两端外接+5~+12V 稳压电源，可由电脑电源中或其他电源引入，要求甚是简便。通电后测量输出端 CNPW3 点的对地电压。若



不能输出+5V 电压, 即说明 IC202 有问题。外接电源的方法如图 7-23 所示。

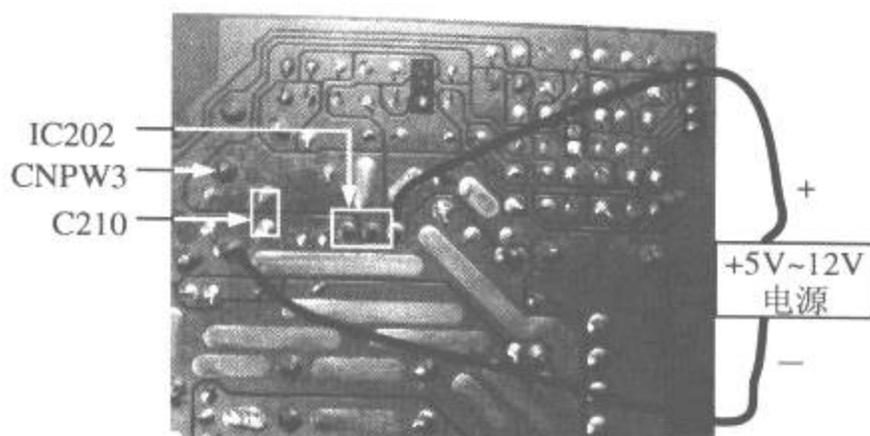


图 7-23 外接电源法示意图

(3) 电阻测量法维修实践

01 测量 C202 两端电阻, 以检查+36V 输出端有无短路。正常情况下该处电阻应大于 $1k\Omega$ 。若电阻过小, 检查 D201 及 C202、C203 有无短路。检查方法是数字万用表红表笔接 C202 正极, 黑表笔接 C202 负极; 指针万用表黑表笔接 C202 正极, 红表笔接 C202 负极。或者在 CNPW6 与 CNPW1 间检查, 结果相同。

02 测量 C209 两端电阻, 以检查+6.3V 输出端有无短路。若阻值过小, 检查 D202、C209 及 IC202 是否正常。

03 检查 C210 两端电阻, 以检查+5V 输出端有无短路。

5. 稳压控制电路动手实践

稳压控制电路由取样电路、基准电压、比较放大电路及控制电路组成。在富士通打印机电源中, 取样电路有两处: 一处是+36V 电压输出端, 另一处是+6.3V 电压输出端。稳压控制主要由 IC101 担任, 其电路组成如图 7-14, 实物图如图 7-24 所示。

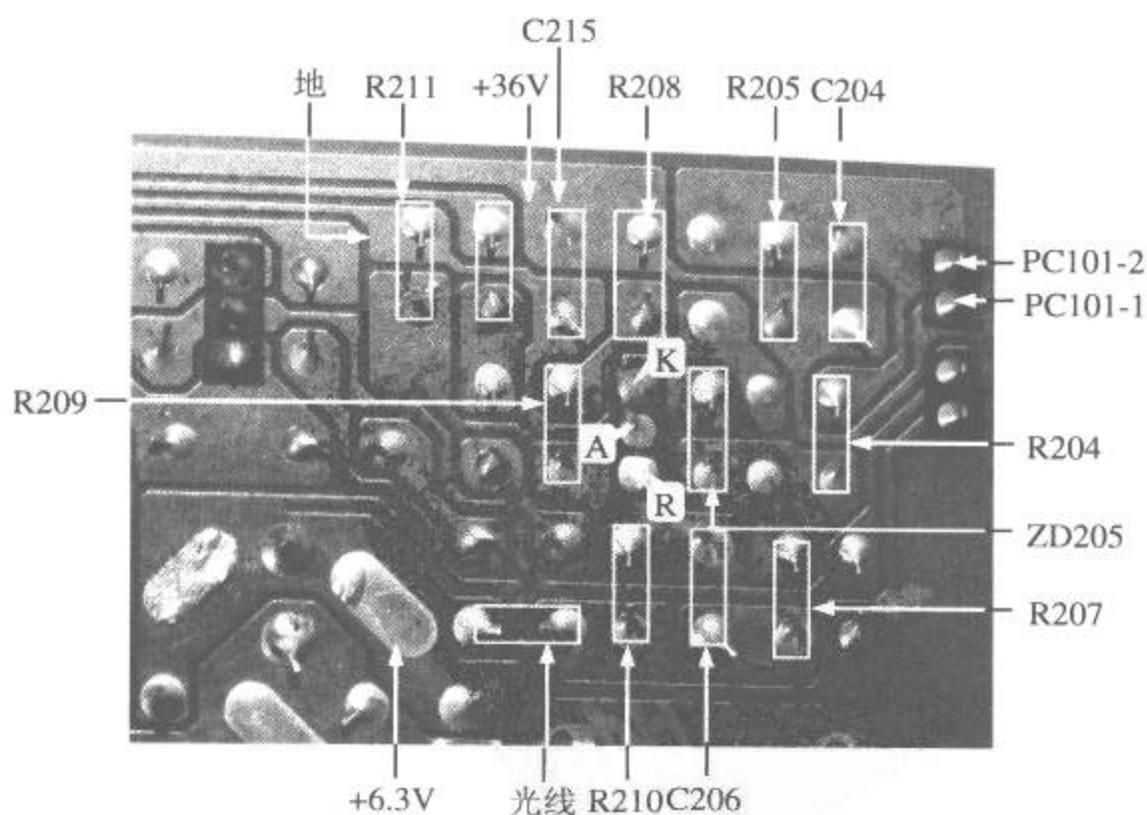


图 7-24 稳压控制电路实物图



稳压控制电路的测量实践方法如下：

- 01 测量取样电路的通路，包括从电阻 R208 经 R209、R211 到地和 R210 经 R211 到地的通路。
- 02 测量基准电压电路及比较放大电路的通路，即从光电耦合器 IC1011 脚经 2 脚、R204、稳压二极管 ZD205、IC201 到地的通路。
- 03 首先连接上假负载，然后通电测量 IC201 控制极（R 极）电压，正常情况下应为 2.5V 左右。

6. 过压保护电路动手实践

过压保护电路由取样电路、基准电压、比较放大电路及控制电路组成。在富士通打印机电源中，过压保护取样点有两处：一是+36V 输出过压保护，二是+5V 输出过压保护。其电路组成参考图 7-15 实物图如图 7-25 所示。

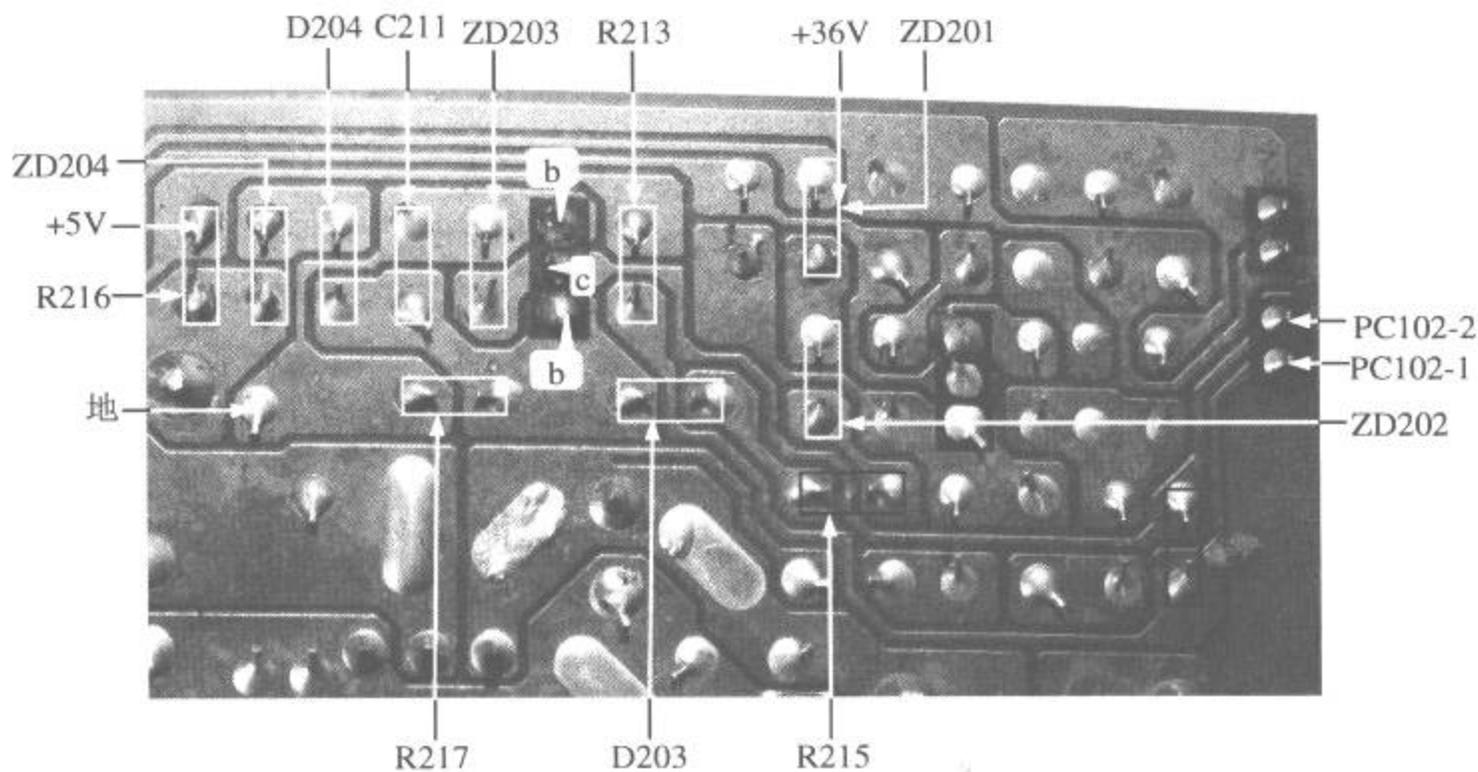


图 7-25 过压保护电路实物图

过压保护电路的测量实践方法如下：

- 01 测量取样电路的通路，即从电阻 R216 经 ZD204、D204 到三极管 Q202 基极的通路；测量从 ZD201 经 ZD202、R215、D203 到三极管 Q202 基极，测量基极对地电阻。
- 02 测量比较放大电路的通路，从+5V 输出点经 R213、PC102-1 脚、PC102-2 脚到三极管 Q202 的集电极。
- 03 首先连接上假负载，然后通电测量 Q202 基极电压，正常情况下应为 0V，集电极电压为 5V。
- 04 测量黄色接线点电压，正常情况下应为 0.18V 左右。



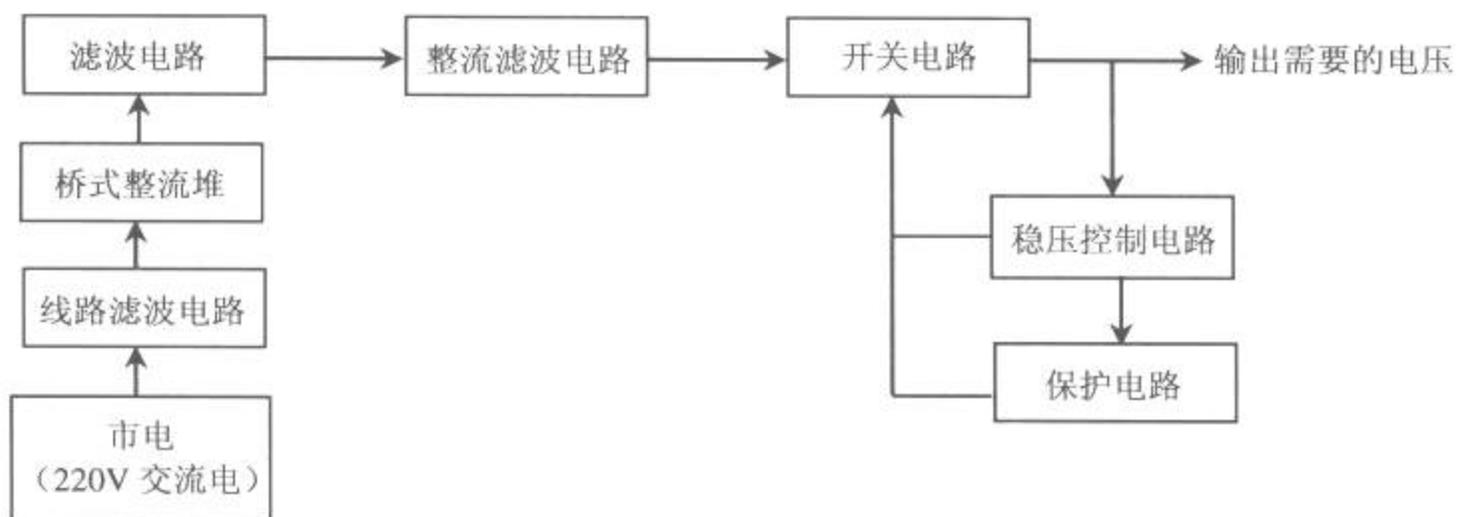
7.3

喷墨打印机电源分析与检修

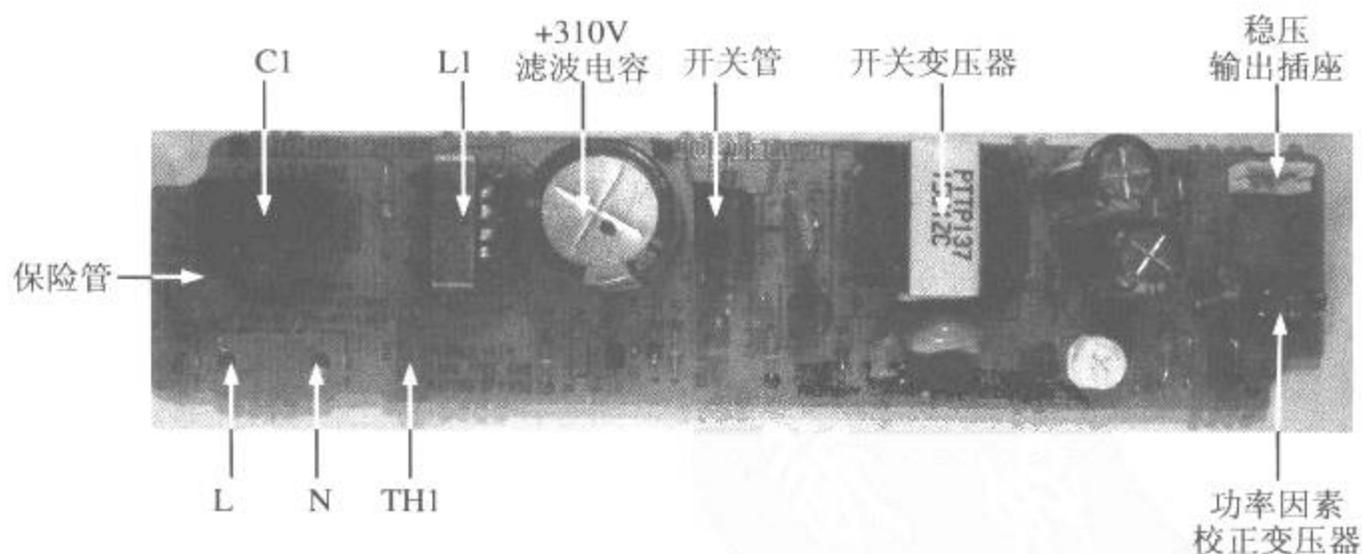
喷墨打印机的电源电路主要是将 220V 市电转换成打印机需要的各种稳定的直流电。喷墨打印机的电源电路主要有两种：一种采用集成稳压电源，主要被低档喷墨打印机所采用；另一种采用开关稳压电路，主要被中、高档喷墨打印机所采用。

下面以 EPSON 喷墨打印机为例，分析喷墨打印机的开关稳压电源。

开关稳压电路组成的电源电路主要由线性滤波电路、桥式整流堆、整流滤波电路、开关电路、稳压控制电路、保护电路等组成。如图 7-26 所示即为喷墨打印机电源电路方框图及实物电路图。



(a) 喷墨打印机电源电路方框图



(b) 喷墨打印机电源电路实物图

图 7-26 喷墨打印机电源电路原理图及实物图

7.3.1 抗干扰整流滤波电路分析

抗干扰整流滤波电路中，交流市电由 L、N 分别经保险管 FU1、TH1 防浪涌冲击后，通过由 C1、R1 及 L1 组成的抗干扰电路，再由 D1 桥式整流、C2 滤波后，得到+310V 左右的直流电压。



如图 7-27 所示为抗干扰整流滤波电路原理图，其工作原理可参看前面各章节。

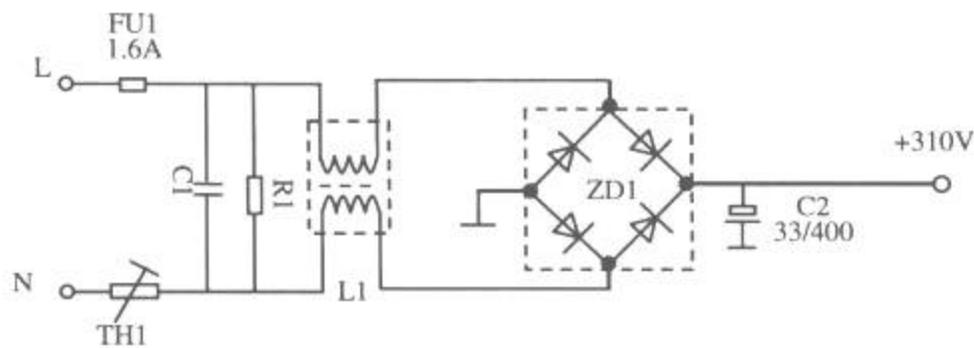


图 7-27 抗干扰及整流滤波电路原理图

7.3.2 开关电源电路分析

佳能 EPSON 喷墨打印机电源电路的开关振荡电路如图 7-28 所示。该电源采用分立元件构成。从电路组成上看，该开关电源与前面各章节已详细叙述过的开关电源组成及工作原理相同。

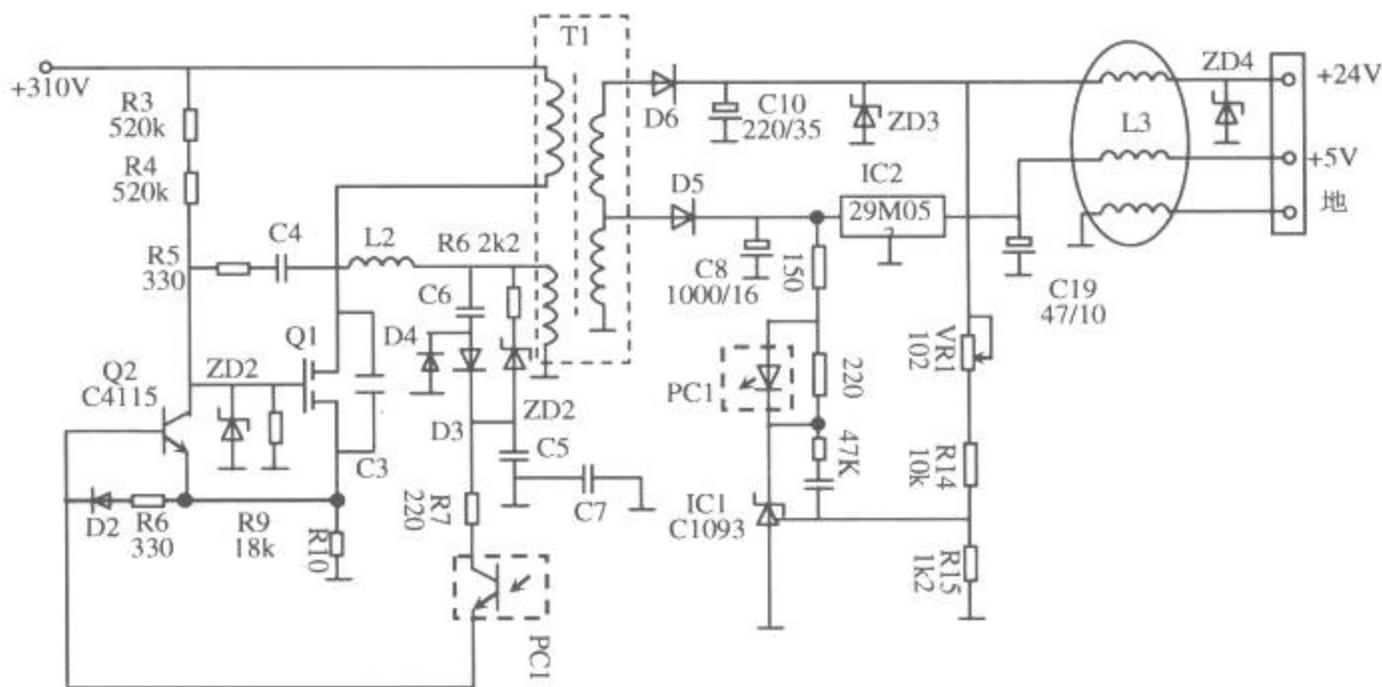


图 7-28 佳能 EPSON 喷墨打印机开关电源电路

整流滤波后的+310V 电压，通过启动电阻 R3、R4 加到开关管（场效应管）Q1 的栅极使开关管微导通，产生一个微弱的漏极电流 I_D ，由整流滤波后的+310V 电压通过开关变压器初级主绕组、开关管漏极、源极产生。这个电流虽然很弱，但它是一个突变增大的电流，在主绕组两端产生上正下负的感应电压，从而使反馈绕组上也产生上正下负的感应电压，这一感应电压通过由 L2、C4、R5 组成的反馈电路，加至开关管的栅极，使栅极电压进一步增大；增大的栅极电压又引起场效应管更大的漏极电流，又使主绕组产生更大的反馈电压，并对电容器 C4 进行充电，这是一个正反馈过程。如此反复，很快会使开关管 G12 雪崩似的由截止状态越过放大区进入饱和状态。

开关管饱和导通之后，由于初级绕组的（储能绕组）的电感量很大，开关管源极和漏极的电流仍将增长一段时间，开关变压器初级主绕组中的电流缓慢增大。当主绕组中的电流不再增加时，反馈绕组中的感应电压为零，电容器 C4 由原来左负右正的充电状态，通过 ZD2、R9、R5、L2 放电，为下一次充电做准备。这个放电过程将使开关管的栅极电压下降，引起



开关管退出饱和，漏极电流开始减小，开关变压器主绕组中的电流发生变化（减小），就产生反向感应电压，反馈绕组因此也将产生反向感应电压，并通过 L2、C4、R5 加到开关管的栅极，使栅极电压进一步减小。减小的栅极电压又使开关管源极电流更小，又使反馈绕组产生更大的反向反馈电压，并变为负电位（这正是当开关管进入振荡状态时，测控制极电位总为负值的原因）。这个过程也是一个正反馈过程。如此反复，很快使开关管 Q1 雪崩似的由饱和状态越过放大区进入截止状态。

开关管截止之后，各绕组感应电压均为零，电路变回到初始状态。+310V 直流电压又会经启动电阻加到开关管控制极，使开关管再一次微导通，进入下一个饱和与截止的过程。就这样，开关管周而复始地重复上述过程，反复导通与截止，形成自激振荡，进入工作状态。

这里特别说明一点，在开关管突然导通后，在开关变压器 5~6 绕组中的电流不是突然增大的，因为 5~6 绕组是一个电感量很大的线圈，在突然增大的电流作用下能产生较大的反向感应电流（略比原电流小）与原电流相抵消，从而使 5~6 绕组中流过的电流不能突然增长。随着导通时间加长，5~6 绕组中流过的电流将越来越大。当然这是一个瞬间的过程。

7.3.3 脉冲整流输出电路

参考图 7-28，开关管 Q1 在导通期间，电流流过开关变压器主绕组，根据变压器原理可知，在次级各绕组中也产生感应电压，其方向为下正上负，由于二极管 D5 和 D6 均反偏而截止，不向负载供电，主绕组中流过的电流（电能）以磁场能的形式储存在开关变压器中。当开关管截止时，在次级各绕组中产生的感应电压反向，D5、D6 因正偏而导通，经高频整流、电容器 C10 和 C8 滤波，获得直流电压向负载供电。由于次级绕组匝数不同，整流滤波后的输出电压不同。该电源只有两路输出：一路输出约 +6.5V 电压，经 IC2 稳压后输出 +5V 电压（IC2 型号为 29M05，是一只 +5V 稳压器件，同 LM7805 功能相同）；另一路由 D6、C10 整流滤波后输出 +24V 的电压。这两路输出电压通过一只功率因素校正变压器 L3 后，经插座 CN1 送到主板上。+5V 电压用于打印机的小信号处理电路，+24V 电压主要用于喷墨头电路。

7.3.4 稳压控制电路

从变压器的工作原理来讲，输出电压的高低取决于开关变压器初级主绕组中电流的大小和时间长短，主绕组中电流越大，电流流过的时间越长，次级绕组获得的感应电压越高；反之，次级绕组获得的感应电压越低。这个电流也就是流过开关管的电流，因此，通过控制开关管导通时间的长短，就可以控制输出电压的高低。

参考图 7-28，开关管 Q1 进入饱和导通后，导通时间（即脉宽）的长短由脉宽控制电路来控制。

稳压控制电路由取样电路、基准电压、比较放大电路、脉宽调制电路等组成，其中主要采用了脉宽调制三极管 Q2 及两个特殊元件——光电耦合器 PC1、精密稳压器 IC1。

1. 取样电路

取样电路采用从 +24V 输出电压上直接取样，再由电阻 VR1、R14、R15 对输出电压分压获得的样品电压。



2. 比较电路

比较电路由 IC1 担任，它的型号是 C1903，是一只精密可控稳压源，与 TL431 的功能相同。C1903 是一种电压控制，稳压值在 2.5~36V 间可变的稳压器件，相当于一个稳压二极管。C1903 共有三个电极，分别为 A（阳极），K（阴极），R（控制极）。

当电压 U_{RA} 与内部基准电压比较表现为增大时，电流 I_{KA} 增加，电压 U_{KA} 降低；当电压 U_{RA} 与内部基准电压比较表现为减少时， I_{KA} 减少， U_{KA} 升高。无论 U_{KA} 降低还是升高，只要 I_{RA} 确定不变， U_{KA} 就不变，从而达到稳压效果。样品电压加到控制极后，与内部的基准电压比较产生误差电压，误差电压改变电流 I_{KA} 的大小，从而使流过光电耦合器 PC1 中发光二极管的电流发生变化。电流变化又转换为光的强弱变化，控制光敏三极管的导通程度。220Ω 贴片电阻用于对光耦中发光二极管的分流，保证发光管工作安全。

3. 误差放大

光电耦合器 PC1 的第 3 脚与第 4 脚内部接一只光敏三极管，从第 3 脚和第 4 脚流过的电流受发光二极管光的强弱控制。这样，反映输出电压（SB=+5V）实际情况的样品电压通过比较后产生的误差电压被隔离、放大并转换为电流，加到三极管 Q2 的 e-b 结，控制三极管 G11 的导通。

4. 脉宽调制电路

脉宽调制由一只三极管 Q2 来完成。严格来讲，脉宽调制电路是由整个稳压控制电路组成的。当从误差放大电路来的控制电流增大时，三极管 Q2 导通增强，对开关管 Q1 栅极的反馈电压分压增强，Q1 提前截止，电流流过开关管的时间变短，从而使输出电压降低；当从误差放大电路来的控制电流减小时，三极管 Q2 导通减弱，对开关管 Q1 栅极的反馈电压分压减弱，Q1 导通时间加长，电流流过开关管的时间增长，从而使输出电压升高。

整个稳压控制过程简述如下：

当某种原因使 +24V 输出电压升高时， $+24V \uparrow \rightarrow U_{RA} \uparrow \rightarrow U_{KA} \downarrow \rightarrow I_{KA} \downarrow \rightarrow$ 光耦中发光二极管发光 $\uparrow \rightarrow$ 光敏管导通 $\uparrow \rightarrow$ Q2 基极电流 $\uparrow \rightarrow$ Q2 导通 $\uparrow \rightarrow$ Q1 提前截止 \rightarrow 输出电压 \downarrow ，从而实现稳压；当某种原因使 +24V 输出电压降低时，其稳压过程与上述相反。

7.3.5 保护电路

保护电路主要包括浪涌电流限制电路、尖峰吸收电路、过流保护电路等。

现代的开关电源大都不设置开关来控制交流电的输入，在插入插头后电源就直接工作。由于在手动插入插头时，不可避免发生抖动，造成接触不良，即使有开关，开机瞬间的大电流也会对整流滤波电路产生冲击，损坏开关电源。为此，常用一只负温度系数热敏电阻设在整流滤波电路之前，添加浪涌电流限制元件，组成浪涌电流限制电路。

另外，由一只电容 C5 组成尖峰吸收电路。由电阻 R10 和 Q2 组成过流保护电路。

7.3.6 检修流程及测试点

1. 抗干扰整流滤波电路检修

抗干扰整流滤波电路的常见故障主要有：



- (1) 无 310V 直流电压。
- (2) 电压过低。

抗干扰整流滤波电路的故障检修流程如图 7-29 所示。

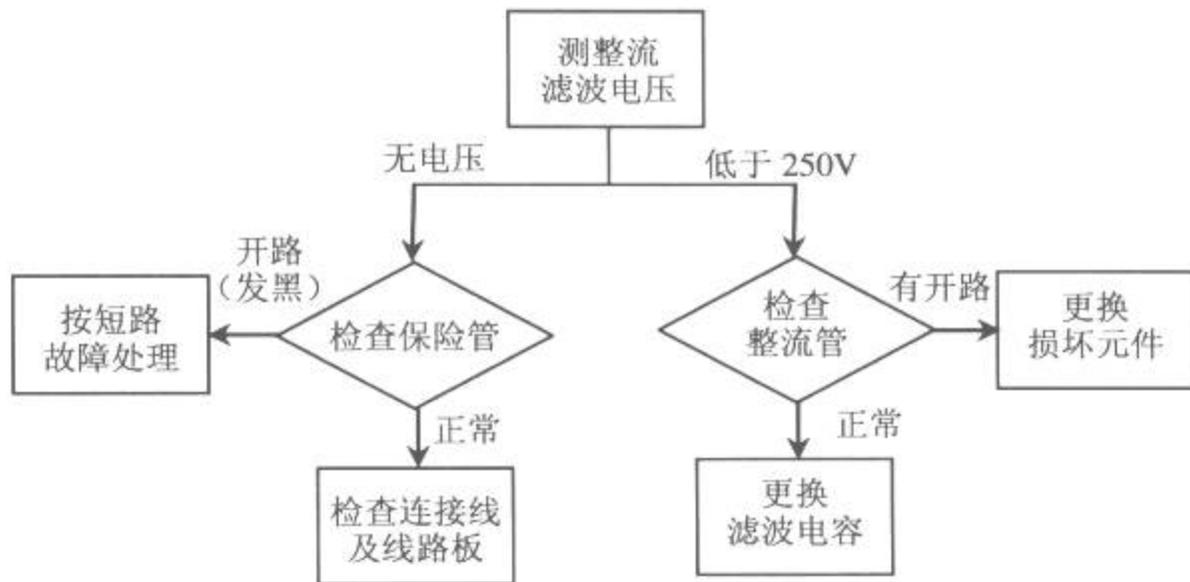


图 7-29 抗干扰及整流滤波电路故障检修流程图

抗干扰整流滤波电路故障检查方法为：

01 首先打开电源外壳，将电源板从打印机中拆出来。

02 直观检查电源电路板中的保险管是否发黑，大滤波电容器是否有“鼓胀”，开关管是否有炸裂破损等明显故障现象。如果电源电路板中有明显损坏的元件，将其拆除更换（滤波电容器可立即更换，保险管及开关管暂不接入电路）。

03 用电阻法检查保险管是否开路。如果保险管已发黑开路，说明电路中有短路故障。接着用万用表电阻挡检测 C1 两端的电阻，若阻值很小，说明 C1 或整流桥中整流管有短路，可逐一检查并更换损坏的元件。

04 如果 C1 两端的阻值正常，测量整流桥任两脚间的电阻。如果整流桥两端电阻不正常，则更换整流桥；如果整流桥两端的电阻正常，接着测量滤波电容器 C2 两端的阻值（测量时将指针万用表红表笔接电容器负极，黑表笔接电容器正极；数字万用表红表笔电容器正极，黑表笔接电容器负极）。

05 如果测量的阻值很小，表明确有短路元件。接着拆下开关管（因三只开关管公用一只散热片，需要全部拆下），再一次检查线路板上的电阻是否恢复正常，如果正常，转入**06**；如果还不正常，继续查找短路元件。

06 给独立电源通上交流电进行检测。将万用表的挡位调到 500V 挡，然后将万用表红表笔接 C2 正极，黑表笔接 C2 负极进行测量，正常情况下应有 310V 左右的直流电压。如果测得的电压正常，说明整流滤波电路正常；如果测量的电压低于 250V，则是整流桥中有损坏的元器件（可能是整流桥中有一只或两只二极管开路）；如果所测电压高于 250V 又低于 300V，则一般是滤波电容器失容，更换滤波电容即可。

2. 启动电路检修

启动电路比较简单，该电源采用两个 520kΩ 的电阻 R3、R4 串联。启动电阻开路是很常见



的故障之一，当启动电阻开路后，在开关管 Q1 栅极将测不到电压。

启动电路的检查方法：将万用表的挡位调到直流 20V 挡，然后将万用表红表笔接开关管栅极，黑表笔接电源地极进行测量。测量的结果有电压为零，电压约为 0.5V 左右，电压约为负的 0.1~0.3V 三种。下面进行详细分析。

(1) 电压为零

若测得结果为零，表明启动电阻损坏或三极管 Q2 击穿短路。可在断电后，先对电容器 C2 进行放电，放电方法同前述，然后在路检查开关管栅极的对地电阻。若阻值很小，说明 Q2 击穿短路或开关管栅极与源极短路。若阻值基本正常，检查启动电阻，必要时将其拆下，测量其阻值，以进一步证实。若确为启动电阻损坏，直接更换即可（启动电阻阻值一般都在 200~500kΩ 间）。

(2) 电压为 0.5V 左右

若实际测得值约为 0.5V 左右，表明启动电路正常，但开关电源仍不能输出。接下来应检查正反馈电路。

(3) 电压约为负的 0.1~0.3V。

若可测得一负值，表明启动电路及正反馈电路均正常，开关电源已正常工作。

3. 反馈与振荡电路的检修流程及测试点

反馈与振荡电路出现故障后，会引起电路不起振、电源无输出等故障。

若测得开关管栅极电压约为 0.5V，表明电路不起振。在电路没有起振时，反馈绕组就不会产生反馈电压，因而在加电情况无法测出电压。该电路的检查与其他电路的检查方法有所不同，一般来讲，电阻检查法较为常用。

反馈与振荡电路的检查方法如下：

① 首先在断电态下，对滤波电容器放电。

② 用电阻法检查反馈绕组电阻。反馈绕组导线较粗，工作电流小，一般不会开路，常见的情况是开关变压器反馈绕组引脚脱焊。

③ 检查反馈元件 L2、电容器 C4 及电阻 R5 是否正常，对反馈电容器 C4 先观察其外形是否正常，不能确定时对其代换。

④ 检查三极管 Q2 是否正常，常见的是击穿短路，开路故障较少见。若是开关管击穿，保险管和电阻 R10 必然至少有一个开路，这种情况可按开关管击穿故障检修。

4. 稳压控制电路的检修流程及测试点

(1) 稳压控制电路的常见故障

① 输出电压偏低偏高。

② 因稳压控制电路故障造成电源失控，开关管被击穿损坏。

从稳压原理上来讲，输出电压过低表明是由于三极管 Q2 导通过强造成的（参考图 7-28），并且光电耦合器中光敏管导通过强，光电耦合器中发光管电流过大，或精密稳压控制器导通过强及取样电路中电阻 R11 阻值增大等，都可以引起输出电压降低。因稳压控制电路元件多，在有输出电压情况下，各点电压变化不是太明显，因而电压法检查不能有效确定故障元件。所以最原始的方法——电阻法进行检查最有效，这就是对相关元件逐一排查。也可以采用模拟法进行检查，以确定故障范围。



(2) 稳压控制电路故障检查方法

参考图 7-28。

01 首先检查滤波电容器 C8、C10 是否正常，如果不正常，更换损坏的元器件；如果正常，接着进行下面的检查。

02 模拟检查。模拟检查可迅速确定故障范围，模拟检查过程包括如下两步：

① 先将万用表接在 C6 的正负极准备检测电压，然后通电，用镊子将光电耦合器 PC1 的第 3 脚与第 4 脚短路，观察输出电压是否有变化。若能使电源停止工作，输出电压变为 0，表明电源的控制部分 Q2 基本正常。

② 将 IC1 阴极对地短路，观察输出电压是否有变化。若依然有输出电压，可确定光电耦合器中光敏管有软击穿故障，将其更换即可排除故障。如果 TL431 本身击穿短路损坏，将 IC1 阴极对地短路时不能发现问题，可进一步用电阻法和电压法确定。

模拟检查法的优点是可迅速确定故障范围，但若是被短路元件本身损坏，则不能反映问题。如：光电耦合器 3 脚与 4 脚本已短路，再人为短路 3 脚与 4 脚，输出是不会有太大变化的。

对稳压控制电路进行模拟检查时，切记千万不能使稳压控制电路开路，否则会使反馈振荡失去控制，导致输出电压过高，甚至使开关管在一瞬间击穿，造成不必要的损失。如：将三极管基极对地短路，将会使稳压控制电路失控。

03 电阻法检查。利用模拟检查法大致确定故障范围后，用电阻法逐一排查故障元件。

5. 保护电路的检修

在佳能喷墨打印机电源中，过流保护元件只有一个电阻 R10 和 Q2（参考图 7-28），对这部分电路不宜用电压检查法，反而电阻检查法较为适用。

保护电路的常见故障如下：

- (1) 电阻 R10 开路，电源停振，无输出。
- (2) 阻值增大，大于 10Ω ，即可造成输出电压低、不稳定，负载能力差。

对于保护电路的故障可用电阻法检查，检测出损坏的元器件后，更换即可排除故障。

6. 电源开关管被击穿损坏故障检修

开关管击穿短路在检修中是难度最大的故障。一般情况下，开关管击穿短路，往往造成连带损坏脉宽控制管和过流保护取样电阻。但只要掌握方法技巧，维修也不是一件难事。

发现开关管击穿后，先不要急于更换，要先查清原因。造成开关管击穿损坏的原因一般有以下几个方面：

- (1) 稳压控制回路有开路性故障。
- (2) 尖峰吸收电路发生故障。
- (3) 交流供电过高。

电源开关管被击穿损坏的故障检查方法如下：

01 首先在不加电的情况下，对稳压控制电路只能通过电阻法逐一对电路元件进行检查，对主要元件不能放过。如果大意，则会发生再次击穿开关管的事故。

02 电阻法检查输出端对地阻值，以确定负载无故障。然后检查取样电阻过流保护取样电阻





R10 是否正常, 检查可调电阻器 VR1 光电耦合器是否正常, 检查精密稳压器 TL431 是否正常, 检查整流管 D3、D4、电阻 R6、电容器 C5 及脉宽调控管 Q2 是否正常。如果发现损坏的元器件, 更换即可; 如果没有发现故障元件, 还要检查尖峰吸收电路元件 (1D5、1R8 及 1C7)。

当完成以上检查更换损坏元件后, 可装上开关管进行通电试机。

7.3.7 动手实践 (共 2 例)

1. 抗干扰整流滤波电路动手实践

抗干扰整流滤波电路实物图如图 7-30 所示。

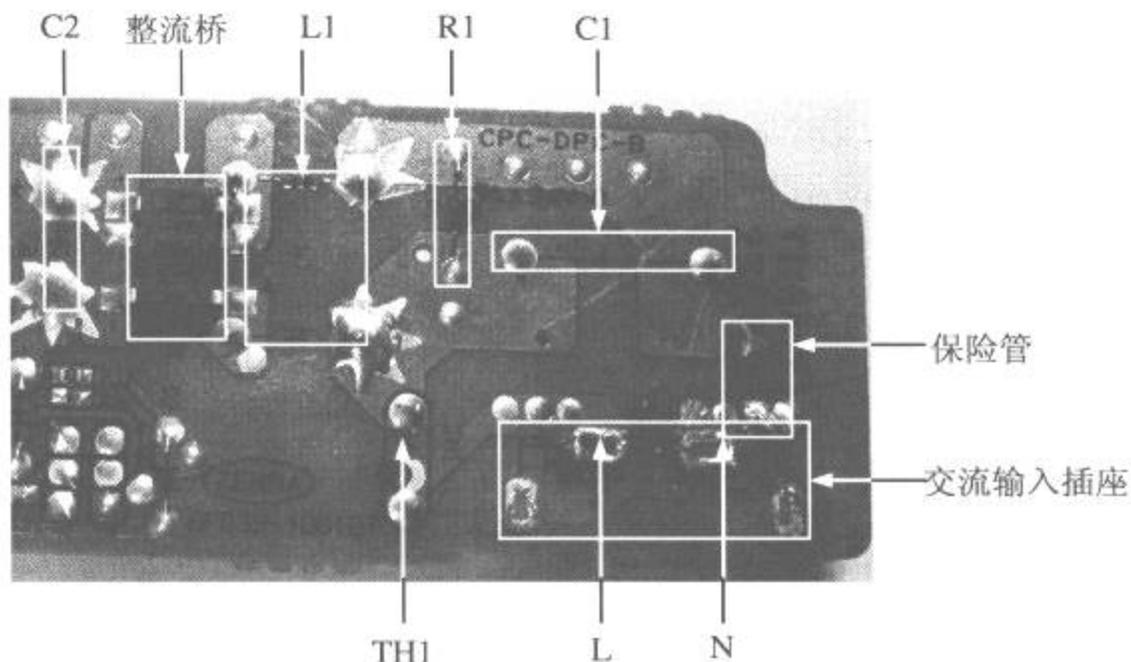


图 7-30 整流滤波电路实物图

01 测量保险管。

利用数字万用表二极管挡, 红黑表笔分别接在保险管的两端, 正常时应有蜂鸣声, 否则, 保险管开路损坏; 指针万用表 $R \times 1$ 挡或 $R \times 10$ 挡, 红黑表笔分别接在保险管的两端, 正常时阻值很小, 若阻值过大, 则是保险管接触不良或开路损坏。

02 测量从交流输入端到整流桥输入点的通路。

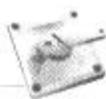
数字万用表红表笔接 L 点, 黑表笔依次接 TH1 前端, 后端, 正常时数字万用表应有蜂鸣声, 若无蜂鸣声说明 TH1 损坏或导电铜箔有开路处; 红表笔接 N 点, 黑表笔依次接保险管前端, 后端, 整流桥输入端, 正常时电阻值约为 0Ω , 应有蜂鸣声, 否则说明保险管损坏或导电铜箔有开路处; 指针万用表黑表笔接 L 点, 红表笔依次接 TH1 前端, 后端, 正常时其阻值应在 10Ω 以下, 若阻值过大或不通, 说明 TH1 损坏或导电铜箔有开路处; 指针万用表黑表笔接 N 点, 红表笔依次接保险管前端, 后端, 正常时其阻值约为 0Ω , 若阻值过大或不通, 说明保险管损坏或不良, 或导电铜箔有开路处。

03 测量整流桥输入端间的电阻 (即电阻 R1 两端)。

通过测量, 可检查 C1 及整流桥是否有短路。

04 测量 C2 两端的电阻。

电阻法测量前先对 C2 放电, 放电方法见前述。选用数字万用表蜂鸣挡, 红表笔接 C2 正极,



黑表笔接 C2 负极。正常时，在表笔刚接触的一瞬间有蜂鸣声，随即不响，且显示屏数字不断增大；若持续有蜂鸣声，则有短路元件。也可利用指针万用表 $R \times 10$ 挡，黑表笔接 C2 正极，红表笔接 C2 负极。正常时，在表笔刚接触的一瞬间，指针向右偏转，随即指针向左退回，直到接近无穷大处；若指针不能退回，电阻过小，说明有短路元件。

2. 开关振荡电路动手实践

喷墨打印机开关电路、振荡电路实物图如图 7-31 所示。

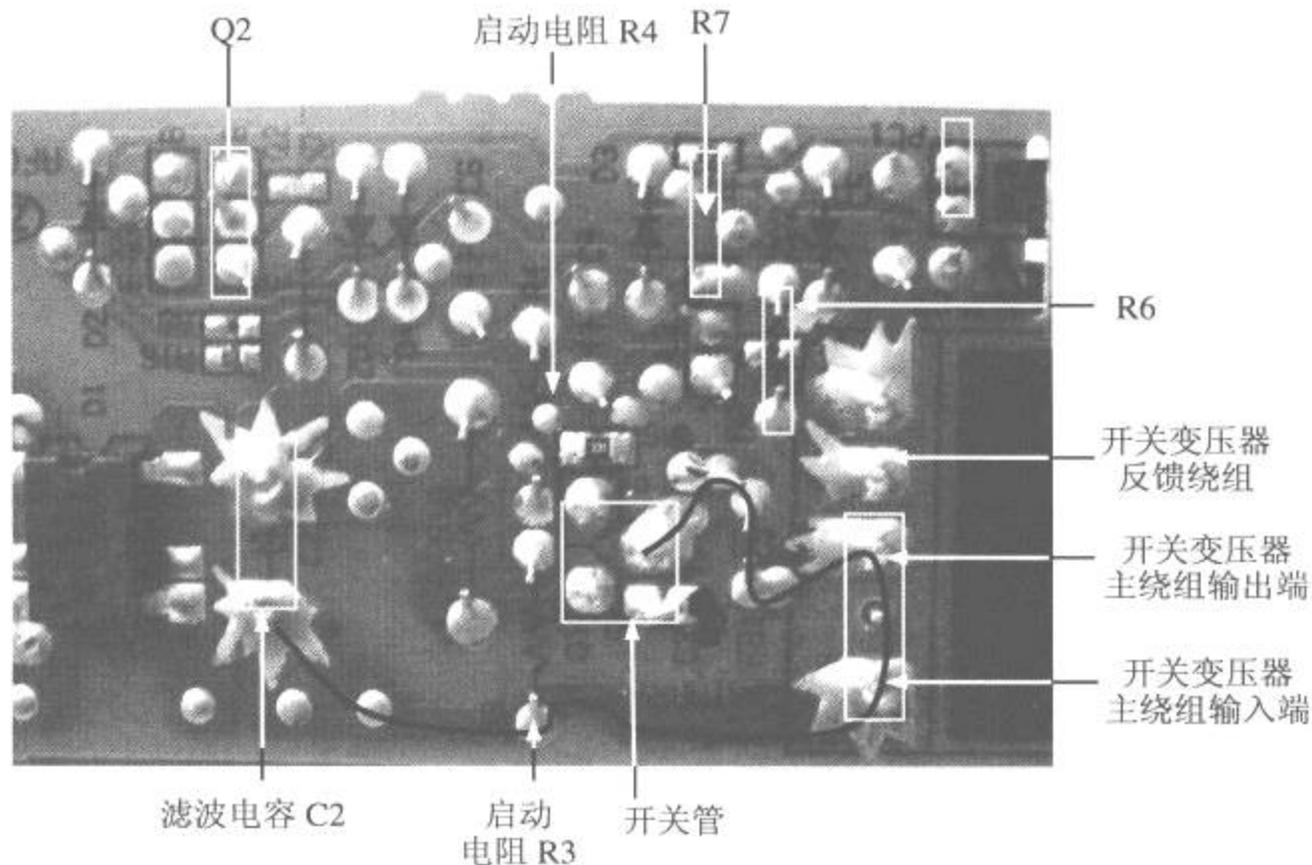


图 7-31 开关电路、振荡电路实践图

01 测量开关管。

用数字万用表蜂鸣挡，红表笔接 C2 正极，黑表笔依次接开关变压器输入引脚、输出引脚、FB1、开关管 Q1 漏极，在各点测量时数字万用表均能蜂鸣；若不能鸣响，则有开路处。将红表笔移到漏极，黑表笔接地，如果测量的阻值很小，则 Q1 正常；如果阻值过大，说明 R10 开路损坏。

用指针万用表黑表笔接 C2 正极，红表笔依次接开关变压器输入引脚、输出引脚、FB1、开关管 Q1 漏极，在各点测量的结果阻值约为 0，否则电路有开路处。黑表笔移到漏极，红表笔接地，如果测量结果阻值不大于 1Ω ，则 Q1 正常；否则 R10 有可能阻值变大，会引起开关电源工作时负载能力差。

02 测量启动电阻。

启动电阻有两个，是高值电阻，在电路中直接测量时，可能误差较大。可以拆开电阻的一个引脚，然后分别测量每一个电阻的阻值是否正常。

03 测量反馈绕组通路。

将数字万用表调到蜂鸣挡，红表笔接反馈绕组非接地端，黑表笔依次接 L2 两端、C4 一侧，若在每一点测量都有蜂鸣，否则有开路处。

将指针万用表黑表笔接反馈绕组非接地端，红表笔依次接 L2 两端、C4 一侧，阻值应为 0Ω ，

否则有开路处。

用数字万用表直接测量 R5 的阻值约为 330Ω ，直接在路测量反馈绕组经 R6 到 Q2 基极的通路时，在路测量电阻时，用数字万用表所测结果较为准确。用指针万用表在路测量时，可能有误差。

测量 Q1 栅极对地电阻，正常时应为十几 k 以上。若过小表明 Q2、ZD2 或 Q1 有短路。

04 脉宽控制电路跑线。

脉宽控制电路由 Q2、PC1、电阻 R7、ZD2、R6 及反馈绕组等组成，如图 7-32 所示。

测量开关变压器反馈绕组经 R6、ZD2、R7、PC1-3、PC1-4 到 Q2 基极的通路。测量方法为：用数字万用表电阻挡分别测量各电阻的阻值及稳压二极管的正反向电阻。

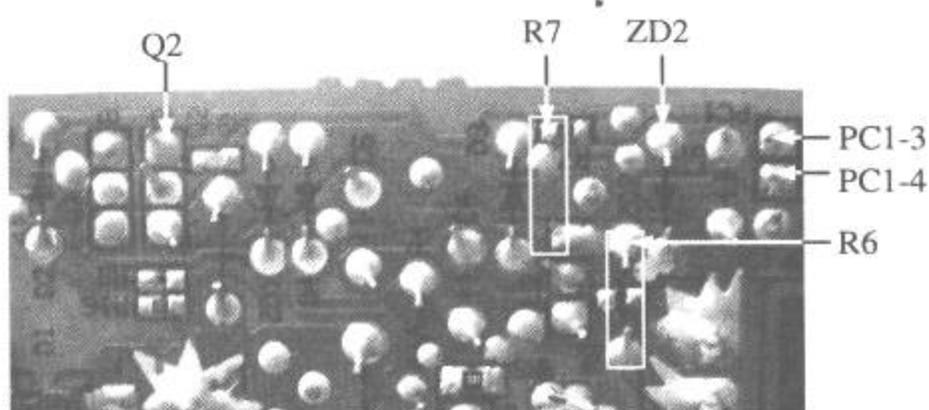


图 7-32 脉宽控制电路实践图

● 注意

在电路板上有三极管 Q3 的预留位置，但没有使用，脉宽控制三极管只有 Q2。在很多的电路板中，都有这样的情况，电路板上或多或少地总有一些没插入元件的孔。没有使用的这些元件的特殊功能在本电路中没有作用，因而不需要这些元件。

05 脉冲整流输出电路维修实践。

脉冲整流输出电路实物图如图 7-33 所示。

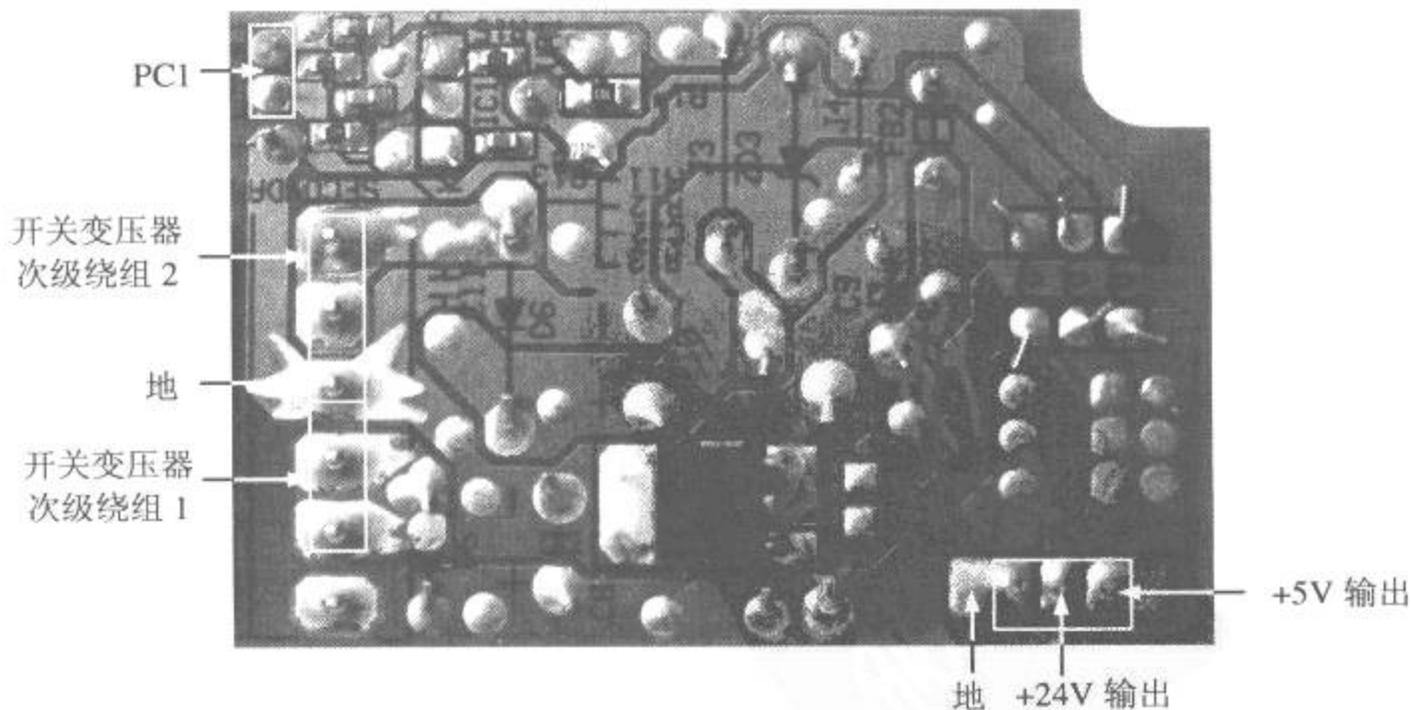


图 7-33 脉冲整流输出电路实物图



脉冲整流输出电路的检修方法如下:

① 测量开关变压器次级绕组 1 经 D6 到输出端 CN1-3 的通路。

② 测量开关变压器次级绕组 2 经 D5 到 IC2 输入端的通路。

③ 测量 2 输出端到 CN1-2 的通路。测量方法为: 数字万用表红表笔接开关变压器次级绕组 1 点, 黑表笔依次接 D6 正极、负极、L3 两端; 指针万用表黑表笔接开关变压器次级绕组 1 点, 红表笔依次接 D6 正极、负极、L3 两端。

④ 分别测量 C10、C8、C9 两端的电阻, 若电阻值过小, 表明有短路元件。测量方法为: 电源电路通电后, 红表笔接电容器的正极, 黑表笔接电容器的负极, 分别在 C10、C8 及 C9 两端测量输出电压。电源在正常工作的情况下, C10 两端电压约为+24V, C8 两端电压在+12V 左右, C9 两端电压为+5V。

● 注 意

IC2 为一个+5V 稳压集成电源组件, 其功能与 LM7805 相同。

06 稳压控制电路维修实践。

稳压控制电路由取样电路、基准电压电路、比较放大电路及脉宽控制电路组成, 实物图如图 7-34 所示。

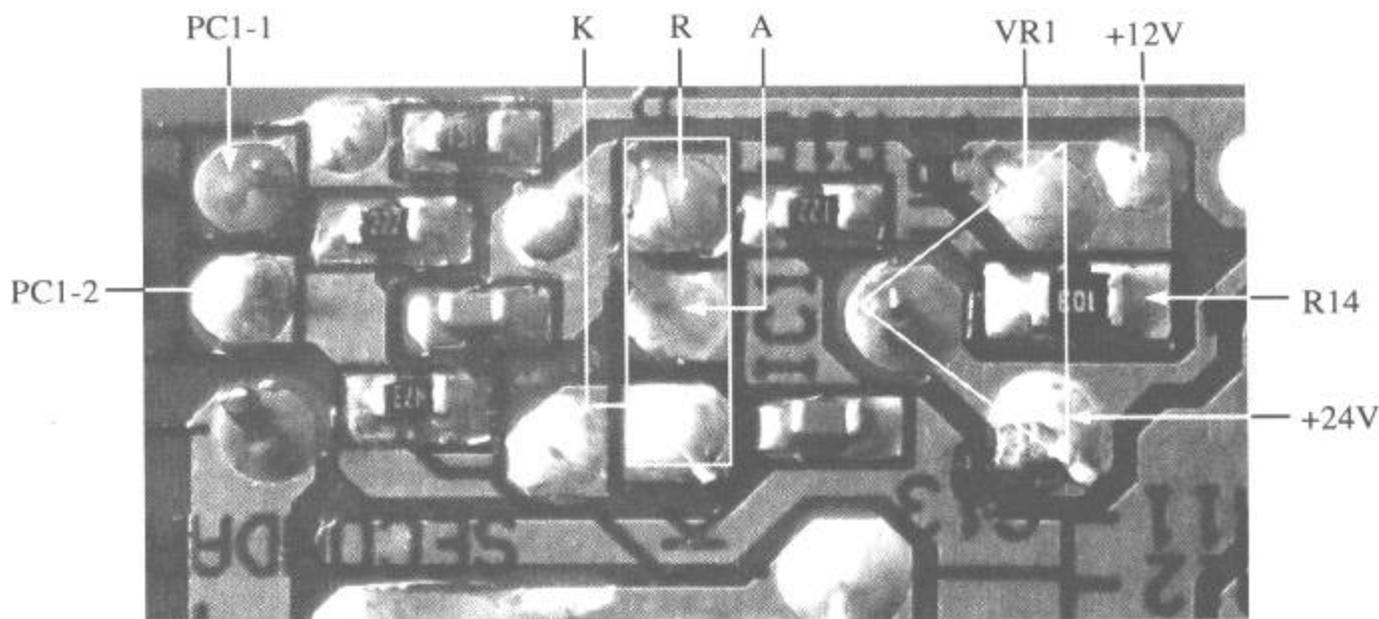


图 7-34 稳压取样比较放大电路实物图

① 测量取样电路时, 从+D6 负极经可调电阻 VR1 及电阻 R14、R15 到地, 再到 IC1 控制极的通路。

② 测量基准电压电路及比较放大电路的通路, 即从 D5 负极经光电耦合器 IC101-1 脚经一个贴片电阻进入 PC1-1 脚、PC1-2 脚、IC1 阴极。

③ 在开机态下测量 IC1 控制极电压和 PC1-1、PC1-2 间的电压差。测量方法为: 将万用表调到直流电压 20V 挡, 红表笔接 PC1-1 脚, 黑表笔接 PC1-2 脚进行测量。



7.4 激光打印机电源电路分析与检修

激光打印机电源电路主要包括抗干扰电路、整流滤波电路、开关电路、稳压控制电路、保护电路等。激光打印机电源电路主要产生+5V、+24V 电压等。下面以联想 LJ2312 激光打印机电源电路为例讲解激光打印机电源电路的工作原理及维修。

7.4.1 抗干扰整流滤波电路

抗干扰整流滤波电路原理图如图 7-35 所示。

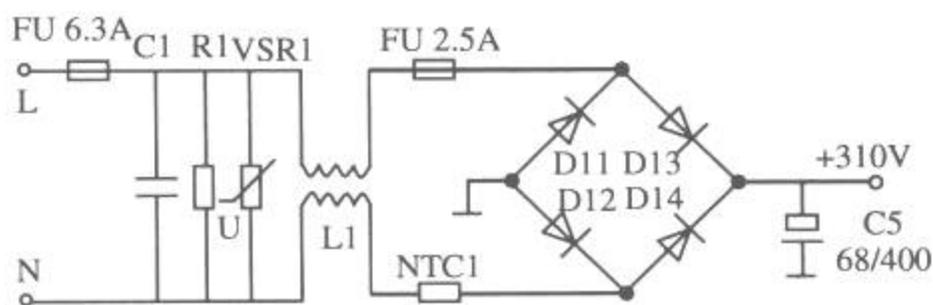


图 7-35 抗干扰整流滤波电路原理图

抗干扰电路由 C1 和 L1 等组成：VSR1 为压敏电阻，用于输入电压过压保护。该机电源整流桥采用分立元件构成。

交流市电输入 L、N 分别经 FU6.3A、抗干扰电路、NTC1 防浪涌冲击，经过一只保险管 FU2.5A，经由 D11~D14 组成的桥式整流器整流，再经 C5 滤波，得到+310V 左右的直流电压。从滤波电容器 C5 的容量看，激光打印机的电源功率也不大。

7.4.2 定影辊加热电路

定影辊加热器所用电源为 220V 交流电源，其加热电路设在交流输入电路后。其电路由 L2、TRA1、电阻及光电耦合器 PC2 组成，如图 7-36 所示。TRA1 是一个双向可控硅。

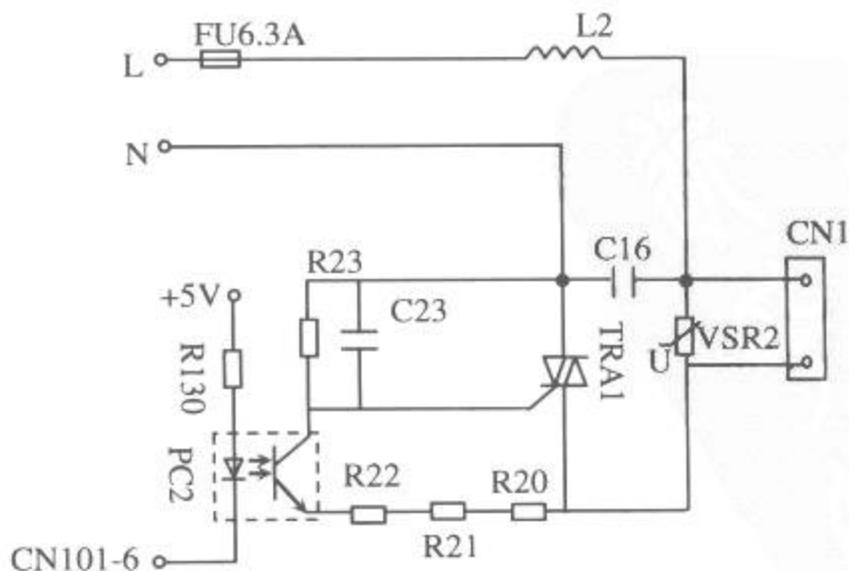
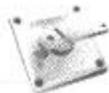


图 7-36 定影辊加热电路

Chapter 07



打印机通电并开机后, 在控制电路的控制下, 输出定影辊加热信号, 经光电耦合器 PC2 隔离, PC2 中的光敏管导通, 使晶闸管 TRA1 导通, 220V 交流电经 L2、插座 CN1 接通定影辊加热器, 使定影辊开始加热。定影辊加热到规定温度时, 由传感器获得温度信号, 送到控制电路, 由控制电路再发出停止加热的信号, 使可控硅关断, 停止加热。

7.4.3 开关振荡电路分析

联想 LJ2312 激光打印机电源开关振荡电路如图 7-37 所示。该电路中除了开关电路外, 还有启动电路、正反馈电路、稳压电路、保护电路等。启动电路由电阻 R2、R3 及开关管 Q1 组成; 正反馈电路由反馈绕组、电阻 R6//R7、D7、C10 及开关管组成; Q2、反馈绕组、D9 构成脉宽控制电路的辅助电源, Q2 为脉宽控制三极管。

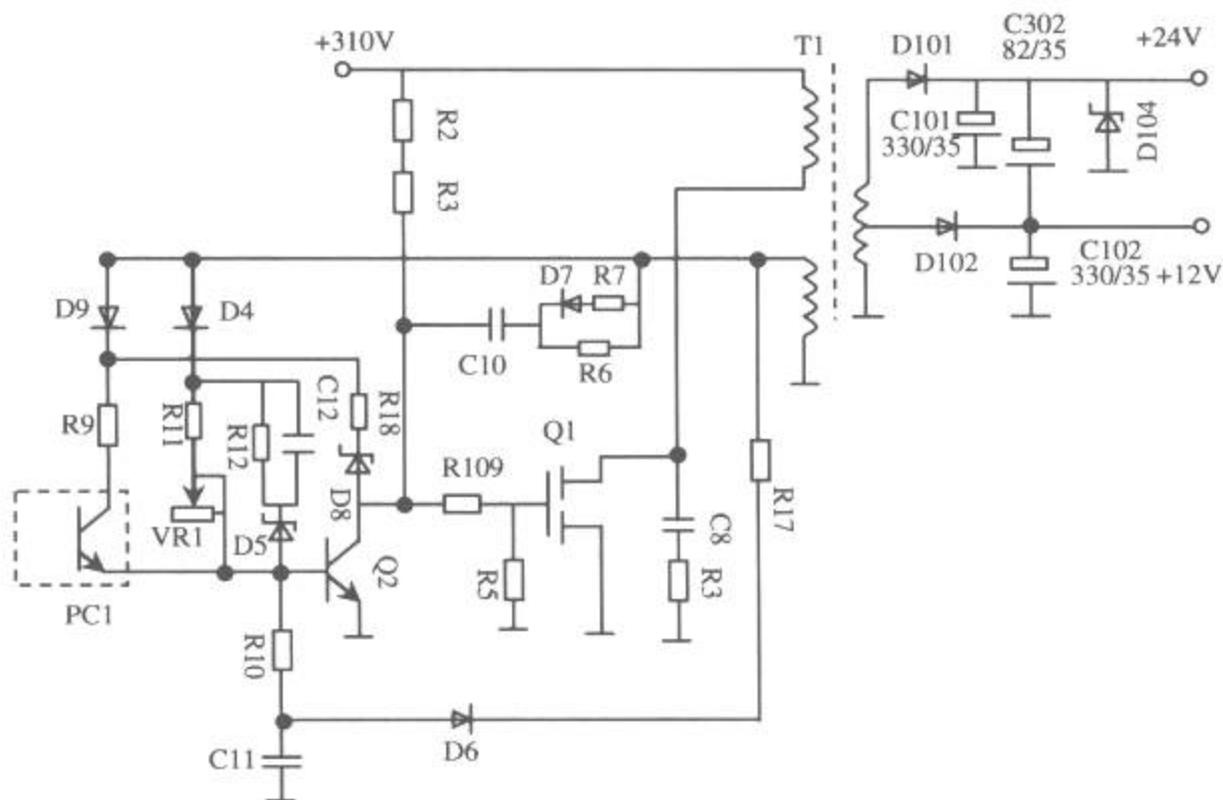


图 7-37 联想 LJ2312 激光打印机开关电源电路

开关振荡电路工作原理如下:

整流滤波后的+310V 电压, 通过启动电阻 R2、R3 加到开关管 (场效应管) Q1 的栅极, 使开关管微导通; 同时会有一个微弱的漏极电流, 是由整流滤波后的+310V 通过开关变压器初级主绕组、开关管源极、漏极产生的。这个电流虽然很弱, 但它是一个突变增大的电流, 会使主绕组两端产生上正下负的感应电压, 从而使反馈绕组上也产生上正下负的感应电压; 这一感应电压通过由 R6//R7、D7、C10 组成的反馈电路, 加至开关管的栅极, 使栅极电压进一步增大; 增大的栅极电压又引起场效应管更大的漏极电流, 又使主绕组产生更大的反馈电压, 并对电容器 C10 进行充电, 这是一个正反馈过程。如此反复, 很快使开关管 Q1 雪崩似的由截止状态越过放大区进入饱和状态。

开关管饱和导通之后, 由于初级绕组的 (储能绕组) 的电感量很大, 因此, 开关管源极和漏极的电流仍将增长一段时间, 同时, 开关变压器初级主绕组中的电流缓慢增大。当主绕组中的电流不再增加时, 反馈绕组中的感应电压为零, 电容器 C10 由原来的左负右正充电状态, 转为通过





R6、反馈绕组、R5、R109 放电，为下一次充电做准备。这个放电过程将使开关管的栅极电压下降，引起开关管退出饱和，漏极电流开始减小，开关变压器主绕组中的电流发生变化（减小）；此时会产生反向感应电压，反馈绕组因此也将产生反向感应电压，使栅极电压进一步减小；减小的栅极电压又使开关管源极电流减到更小，同时使反馈绕组产生更大的反向反馈电压，并变为负电位（这正是当开关管进入振荡状态时，测控制极电位总为负值的原因）。这个过程也是一个正反馈过程，如此反复，很快使开关管 Q1 雪崩似的由饱和状态越过放大区进入截止状态。

开关管截止之后，反馈绕组感应电压也为零，C10 继续通过 R6、反馈绕组及 R5 放电，维持 Q1 截止。当 C10 放电结束后，电路变回到初始状态。+310V 直流电压又会经启动电阻加到开关管控制极，使开关管再一次微导通，进入下一个饱和与截止的过程。就这样，开关管周而复始地重复上述过程，反复导通与截止，形成自激振荡，进入工作状态。

7.4.4 脉冲整流输出电路分析

参考图 7-37，开关管 Q1 在导通期间，电流流过开关变压器主绕组。根据变压器原理可知，在次级各绕组中也产生感应电压，其方向为下正上负，由于二极管 D101 和 D102 均反偏而截止，不向负载供电，主绕组中流过的电流（电能）以磁场能的形式储存在开关变压器中。当开关管截止时，在次级各绕组中产生的感应电压与原来反向，D101、D102 因正偏而导通，经高频整流、电容器 C101 和 C102 滤波获得直流电压向负载供电。由于次级绕组匝数不同，整流滤波后输出电压不同。

该电源只有两路输出。一路由 D101、C101 整流滤波经 D104 稳压输出+24V 的电压。它经插座 CN101 送到主板上，用于激光头电路、高压发生电路及电机驱动电路。

另一路输出约+12V 电压，经 IC101 及 Q201、L201 组成的二次电源稳压后输出+5V 电压。+5V 电压用于打印机的小信号处理电路。

7.4.5 稳压控制电路分析

从变压器的工作原理来讲，输出电压的高低取决于开关变压器初级主绕组中电流的大小和流过时间的长短，主绕组中电流越大，电流流过的时间越长，次级绕组获得的感应电压越高；反之，次级绕组获得的感应电压越低。这个电流也是流过开关管中的电流；因此，通过控制开关管导通时间的长短，就可以控制输出电压的高低。开关管进入饱和导通后，导通时间（即脉宽）的长短由脉宽控制电路来控制。

联想激光打印机电源的稳压控制电路中，采用了一只编号为 IC101 集成电路，是一种贴片元件，如图 7-38 所示。这种元件往往要焊接在电路板的背面。

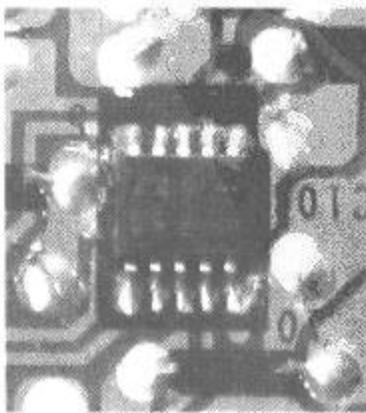


图 7-38 IC101 集成电路



该集成电路内部由脉宽可调脉冲产生电路及稳压控制电路两大部分组成,用该集成电路构成的稳压控制电路结构如图 7-39 所示。

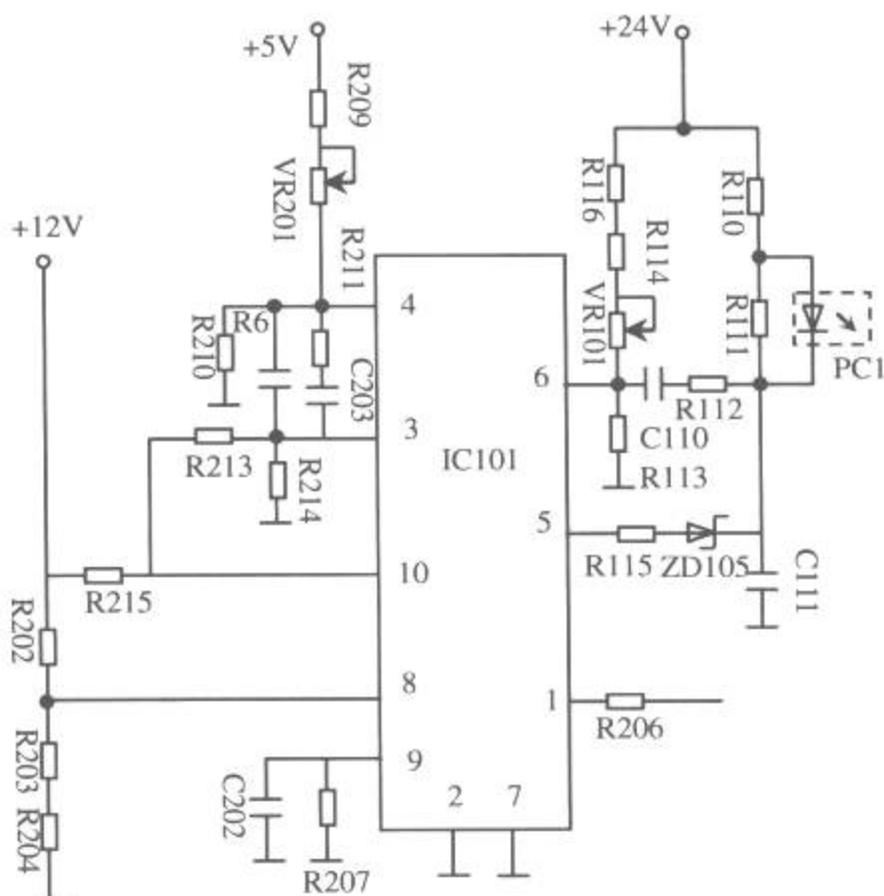


图 7-39 稳压控制电路原理图

1. +24V 输出电压的稳压控制电路

稳压控制电路由取样电路、基准电压、比较放大电路及脉宽控制电路等组成。参考图 7-39。

(1) 取样电路

稳压控制电路的取样电路采用间接取样,以开关电源工作后输出的+24V 电压作为取样电压,经电阻 R116、VR114、R113 对其分压获得样品电压,加到稳压控制集成电路 IC101 第 6 脚。

(2) 比较放大电路

比较放大电路主要由 IC101 内电路组成,比较放大后产生的误差电压通过改变 IC101 第 5 脚的输出电流改变光电耦合器 PC1 中发光二极管的导通程度。当第 5 脚输出电压降低时,从+24V→R110→PC1→D105→R115→第 5 脚的电流增大;反之,当第 5 脚输出电压升高时,+24V→R110→PC1→D105→R115→第 5 脚的电流增大,从而使流过光电耦合器 PC1 中发光二极管的电流发生变化。电流的变化又转换为光的强弱变化,控制光敏三极管的导通程度。电阻 R111 用于对光电耦合器中发光二极管的分流,保证发光二极管工作安全。

(3) 脉宽调制电路

脉宽调制由一只三极管 Q2 来完成(参考图 7-37)。当从误差放大电路来的控制电流增大时,三极管 Q2 导通增强,对开关管 Q1 栅极的反馈电压分压增强, Q1 提前截止,电流流过开关管的时间变短,从而使输出电压降低;当从误差放大电路来的控制电流减小时,三极管 Q2 导通减弱,对开关管 Q1 栅极的反馈电压分压减弱, Q1 导通时间加长,电流流过开关管的时间增长,从而使输出电压升高。

开关电源开始工作后输出的+12V 电压,通过电阻 R25 加到 IC101 第 10 脚,作为 IC101 的



工作电源。

当某种原因使+24V 电压升高时，稳压控制过程为：+24V ↑ → IC101 第 6 脚电压 ↑ → 第 5 脚 ↓ → 光耦中电流 ↑ → 光耦中发光二极管发光 ↑ → 光敏管导通 ↑ → Q2 基极电流 ↑ → Q2 导通 ↑ → Q1 提前截止 → 输出电压 ↓，从而实现稳压。当某种原因使+24V 输出降低时，其稳压过程与上述相反。

电路中 VR101 用于设定样品电压值，从而可调节输出电压的高低。当+24V 输出电压获得稳定后，开关变压器另一输出绕组，即+12V 绕组的输出也是稳定的。

2. +5V 电压输出电路

联想激光打印机开关电源的+5V 电压不是直接从开关变压器绕组上获得的，而是从+12V 输出电压中经过一个二次电源输出，如同现代彩色显示器行输出电源一样。这是与其他机型开关电源+5V 电压的输出不一样的地方。

+5V 电压输出电路由脉冲产生电路和二次电源调整（功率输出）电路两部分组成。其电路原理图如图 7-40 所示。

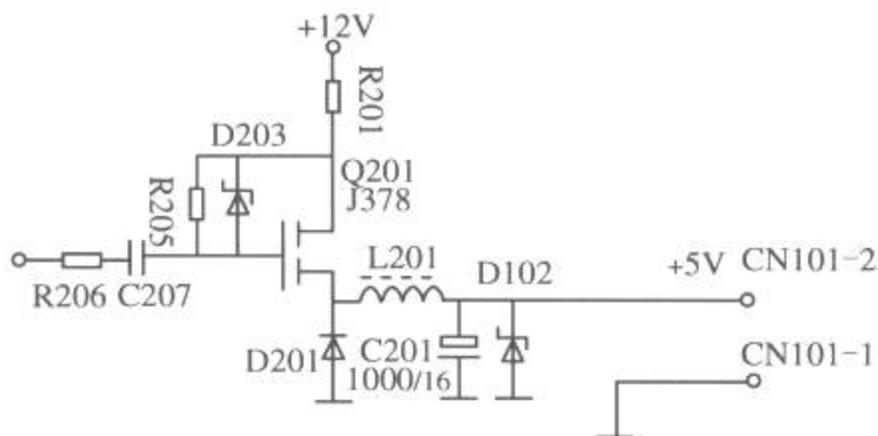


图 7-40 +5V 电压输出电路原理图

图中，场效应管 Q201 在可调脉宽脉冲的驱动下工作在开关状态，其输出的脉冲电流经 L201 阻流，再经电容器 C201 滤波，获得+5V 稳定电压输出。电路中 D201 用于续流，当 Q201 导通时，D201 截止，注入 L201 中的电能一部分转变为磁能储存，另一部分供给负载；当 Q201 截止时，L201 中产生的感应电动势反向，二极管 D201 导通，L201 中的磁能以电能的形式泄放，从而经滤波后可得到稳定的输出。

可调脉宽脉冲产生电路由 IC101 组成，IC101 在获得电源输出的+12V 电压后，锯齿波产生电路开始工作，经内部处理，产生脉宽可调的驱动脉冲，从第 1 脚输出，经电阻 R206、C207 推动 Q201 工作在开关状态，经滤波后输出+5V 电压。

● 注 意

只要+12V 电压正常，IC101 及 Q201 工作，就可输出+5V 电压，与+24V 电源关系不大。据此，在检修时，可对 IC101 的外接电源检查，确保其是否正常。

3. +5V 稳压控制电路

参考图 7-39，当二次电源工作后，由电阻 R209、VR201 及 R210 串联组成的取样电路，对+5V 输出电压进行分压，获得取样电压加到 IC101 第 4 脚。取样电压被加到 IC101 内部后，经



比较放大，调整输出脉冲的宽度，由第 1 脚输出，驱动场效应管 Q201，控制其导通时间，从而调整输出电压。VR201 用于调整输出电压。

IC101 不断地对输出电压进行取样比较，不断地调整输出脉冲的宽度，通过场效应管 Q201 从+12V 电压中获得+5V 输出电压，经电感器 L201 及电容器 C201 滤波后得到稳定的电压输出。

由上述分析可知，+5V 电源的产生电路是一个独立的电路，与开关电源没有直接联系，它是在开关电源稳定工作后，才在驱动脉冲推动下从+12V 电源中输出+5V 电压的。

7.4.6 过压保护电路

参考图 7-37，过压保护电路由反馈绕组、D4、R11、VR1、R12、D5 及 R17、D6、R10、脉宽控制三极管 Q2 等组成。当输出电压过高时，反馈绕组获得的电压也将升高，过高的电压将 D5 击穿使 Q2 基极电压升高，Q2 饱和，开关管停止工作；同理，过高的电压也会将 D6 击穿，经电阻 R17 及 R10 使 Q2 基极电压升高，Q2 饱和，开关管停止工作，从而起到保护作用。VR1 用于设定过压保护起控点。

7.4.7 激光打印机电源电路故障检修

1. 激光打印机电源电路的常见故障分析

(1) 无输出电压

如果激光打印机电源电路中的+5V 和+24V 电压均无输出，一般是由于无交流电输入，或电源连接线断线，或开关电源损坏等引起的。

(2) 输出电压低

如果激光打印机电源电路中的+5V 和+24V 输出电压均偏低，一般是由于滤波电容器失容引起的，可打开电源外壳后直接更换电容器。

(3) 无输出且有“吱吱”响声

如果激光打印机电源电路无输出电压，且有“吱吱”响声，一般是由于+300V 滤波电容器失容，或负载有短路引起的。

2. 激光打印机电源电路故障维修

(1) 定影辊加热电路故障维修

下面以联想激光打印机为例，讲解定影辊加热电路故障维修方法。该激光打印机电源的整流滤波电路与前面介绍的并无多大区别，前面对交流输入及抗干扰电路的检修流程讲述较多，可以参看显示器及电脑电源部分内容，这里不再赘述。这里重点分析一下定影辊不能加热的检修方法。

定影辊加热电路相对来说是一个比较独立的部分，与电源电路的其他部分电路没有直接联系。

定影辊加热电路故障维修方法如下（参考图 7-36）：

❶ 首先检查定影辊加热器是否正常。拆开激光打印机外壳，然后拔下 CN1 插头，测量加热器电阻是否正常。如果不正常，则是加热器损坏。

❷ 如果定影辊加热器正常，接着拆下电源电路板，直观检查电源电路板上是否有脱焊或导电铜箔断裂的地方。如果有重新加焊或修复断裂的铜箔。





03 如果电源电路板正常,接着测量电源电路中的+5V 输出电压是否正常。如果不正常,检查+5V 电压输出电路。

04 如果+5V 输出电压正常,接着检查电阻 R23、R22、R21 及 R20 是否正常。不正常更换即可。

05 如果步骤 4 中的电阻正常,接着检查 TRA1 和 PC2 是否正常。对这两个元件一般要将其拆下来检查,或直接更换一只试验。

这里介绍一种不用拆的检查方法:在 CN1 插座处接一只 40W 灯泡,然后给电源通电,观察灯光亮否,若通电后灯泡即亮,说明可控硅已击穿短路。打印机在使用过程中,若因定影加热辊处于持续加热工作状态而不能受到控制,打印机的定影加热辊肯定已被烧坏。若灯泡不亮,用一只带绝缘柄的小起子将 PC2 的 3 脚与 4 脚断续相碰,观察灯泡能否亮灭变化。灯泡若能亮灭变化表明 TRA1 是好的,否则已坏;用指针万用表的 $R \times 1$ 挡,黑表笔接光耦第 1 脚,红表笔断续碰触第 2 脚,观察灯泡能否亮来灭变化。若灯泡能亮,表明 PC2 及可控硅都及整个加热电路正常。

(2) 启动电路故障维修

启动电路比较简单,联想激光打印机中的电源电路采用 2 个 $520k\Omega$ 电阻 R3、R4 串联作为启动电路。启动电阻开路是启动电路中常见的故障之一。当启动电阻开路后,在开关管 Q1 的栅极将检测不到电压。

对开关管 Q1 进行检查时,将万用表的挡位调到直流 20V 挡,然后用万用表红表笔接开关管栅极,黑表笔接电源地进行测量。测量的结果将有 3 种情况:

① 电压为零。若测得结果为零,表明启动电阻损坏或三极管 Q2 击穿短路。这时可在断电后,先对电容 C5 放电,然后在路检查开关管栅极对地电阻。若阻值很小,说明 Q2 击穿短路或开关管栅极与源极短路。若阻值基本正常,检查启动电阻,必要时将其拆下,测量其阻值,以进一步证实。若确为启动电阻损坏,直接更换即可。(启动电阻阻值一般都在 $200\Omega \sim 500k\Omega$ 间。)

② 电压为 0.5V 左右。若实际测得值为 0.5V 左右时,表明启动电路正常。接下来应检查正反馈电路。

③ 约为负的 $-0.1 \sim -0.3V$ 。若可测得一负值,表明启动及正反馈电路均正常。开关电源已正常工作。

(3) 开关振荡电路故障维修

开关振荡电路的常见故障主要为电路不起振。

若测得开关管栅极电压约为 0.5V 时,表明电路不起振。由于在电路没有起振时反馈绕组就不会产生反馈电压,因而在加电情况下无法测出电压。该电路的检查与其他电路的检查方法有所不同,一般来讲,电阻检查法较为常用。

电路不起振检查方法为:

01 首先在断电态下,对滤波电容器进行放电。

02 接着用电阻法检查反馈绕组电阻,反馈绕组导线较粗,工作电流小,一般不会开路,常见故障可能是开关变压器反馈绕组脱焊。

03 如果反馈绕组电阻正常,接着检查反馈元件电阻 R6、R7、D6、C10 及 R109 是否正常,对反馈电容器 C10 检查时,要先观察其外形是否正常,不能确定时对其进行代换检测。



04 如果反馈元件正常,接着检查三极管 Q2 是否正常。Q2 的常见故障主要是击穿短路,开路故障较少见。

(4) 开关电源发出“吱吱”响声故障维修

开关电源发出“吱吱”响声故障的原因可能有三种情况:一是+310V 滤波电容器失容,二是负载故障,电源处于保护工作状态,三是电源工作频率过低。若能听到开关电源发出的“吱吱”声,说明电源的启动电路、正反馈电路及保护电路本身基本正常,原因可能是由于电源供电不稳定、负载过重或脉宽控制三极管导通过强等原因,电源处于保护工作状态或低频工作状态。

开关电源发出“吱吱”响声故障的检修方法如下:

01 首先直观检查+310V 滤波电容器有无异样,或测量电压是否正常。如果电容器接触不良或损坏,重新焊接或更换即可。

02 如果+310V 滤波电容器正常,接着检查负载方面,检查 C302 和 C101 正极对负极电阻。若阻值过小,表明负载有短路故障。接着将电源输出插头从电源板上拔下,然后重新测量。若阻值恢复正常,表明是负载有故障,然后检查或更换小信号处理电路板;若不能恢复正常,表明整流滤波元件有故障,检查更换整流管及滤波电容。

03 如果负载方面没有故障,接着检查稳压控制电路方面。

(5) 稳压控制电路故障维修

稳压控制电路的常见故障主要包括:

- ① 输出电压过低,有时有“吱吱”声。
- ② 因稳压控制电路故障造成电源失控,开关管被击穿损坏。

从稳压原理上来讲(参考图 7-37 所示),输出电压过低表明是三极管 Q2 导通过强,进一步可推出光电耦合器中光敏管导通过强,光电耦合器中发光管电流过大,或精密稳压控制器导通过强,及取样电路中电阻 R11 阻值增大等,这些都可以引起输出电压降低。因稳压控制电路元件多,在有输出电压的情况下,各点电压变化不是太明显,因而电压法检查不能有效确定故障元件,利用电阻法进行检查更为有效,对相关元件逐一排查。也可以采用模拟法进行检查,以确定故障范围。

稳压控制电路故障检查方法如下:

01 首先分别检查滤波电容器 C302、C101 正极对地是否有短路,并排除短路故障。

02 先将万用表红表笔接在 C101 的正极黑表笔接在负极,准备检测电压,然后通电。用带绝缘柄的小起子将光电耦合器 PC1 的 3 脚与 4 脚短路,观察输出电压是否有变化。若能使电源停止工作,输出电压变为 0,表明脉宽控制电路及 Q2 基本正常。

03 将 PC1 阴极(第 2 脚)对地短路,观察输出电压是否有变化。若依然有输出电压,可确定是光电耦合器中光敏管有软击穿故障,将其更换即可排除故障。如果 TL431 本身击穿短路损坏,短路的结果不能发现问题,这时可用电阻法和电压法确定。

(6) 电源开关管被击穿损坏故障维修

开关管被击穿短路在检修中是检修难度最大的故障。一般情况下,开关管击穿短路,往往会连带损坏脉宽控制管及过流保护取样电阻。但只要掌握方法技巧,维修也不是一件难事。

造成开关管击穿损坏的原因主要有:

- ① 稳压控制回路有开路性故障。
- ② 尖峰吸收电路发生故障。





③ 交流供电过高。

开关管被击穿短路故障的检查方法如下：

01 首先在不加电情况下，用电阻法对稳压控制电路中的元件逐一进行检查，检查要仔细，以免会发生再次击穿开关管的事故。

02 接着用电阻法检查输出端的对地阻值，检查负载是否正常。如果对地阻值为 0 或很小，则负载有短路故障。检查排除负载故障。

03 如果负载正常，接着检查可调电阻器 VR101、稳压管 D105、光电耦合器是否正常。如果不正常，更换损坏的元器件。

04 如果步骤 3 中的元器件正常，接着检查 D9、D4、VR1 及脉宽调控管 Q2 是否正常。如果有损坏的元器件，更换即可。

05 如果没有发现故障元件，还要检查尖峰吸收电路元件 (C8、R3)。当完成以上检查并更换损坏元件后，可装上开关管进行通电试机，注意不要接打印机负载。

06 故障处理：更换损坏元件，要用相同型元件替换损坏元件。当无相同型元件时可用代换法。元器件代换原则：首先辨认损坏元件的型号，从参数手册中查看其主要参数。从手中备有的元件中挑选与损坏元件主要参数相近的元件代换损坏元件。代换时，有可能元件引脚排列不一样，注意不要装错引脚。

7.4.8 动手实践 (共 5 例)

联想激光打印机电源由一块电路板构成，如图 7-41 所示。电源板与打印机其他电路板通过 CN101 与 CN1 插座相连接。CN1 连接定影辊加热器，CN101 为小信号处理电路提供工作电源。检修过程中可将电源板拆出来，对其单独进行检修。

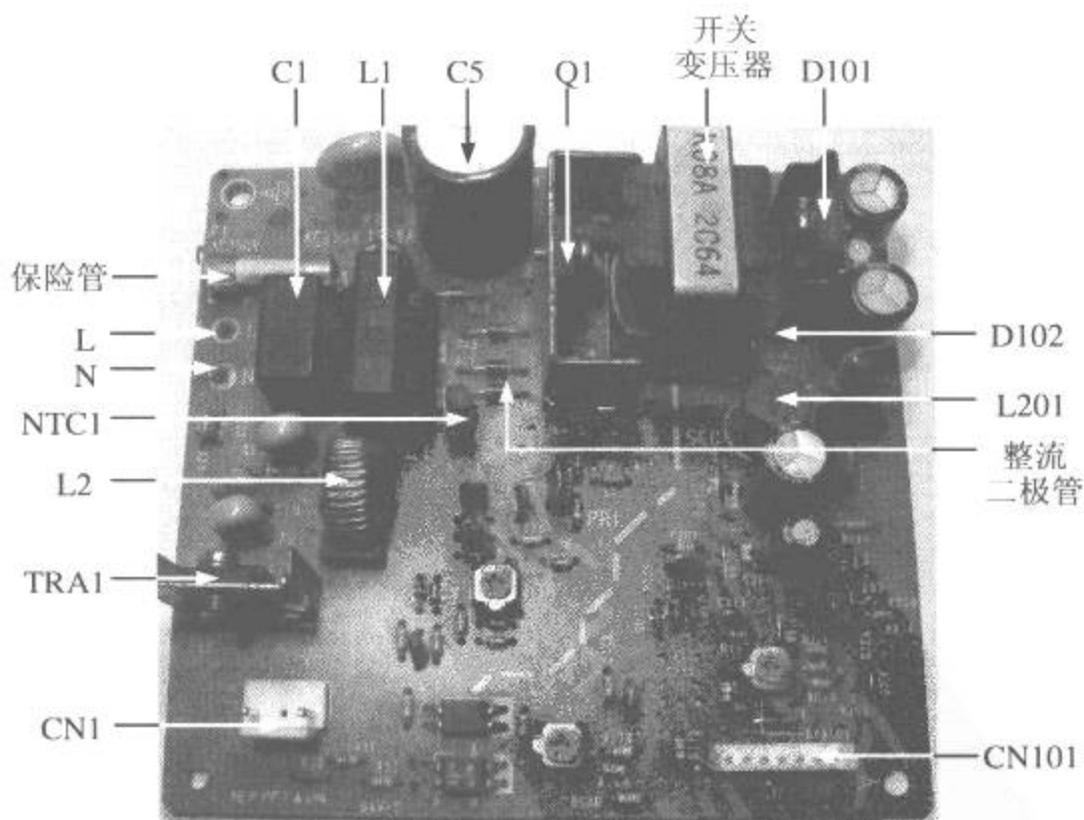
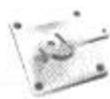


图 7-41 电源板正面



1. 整流滤波电路动手实践

以联想激光打印机为例，其电源电路中的整流滤波电路如图 7-42 所示。

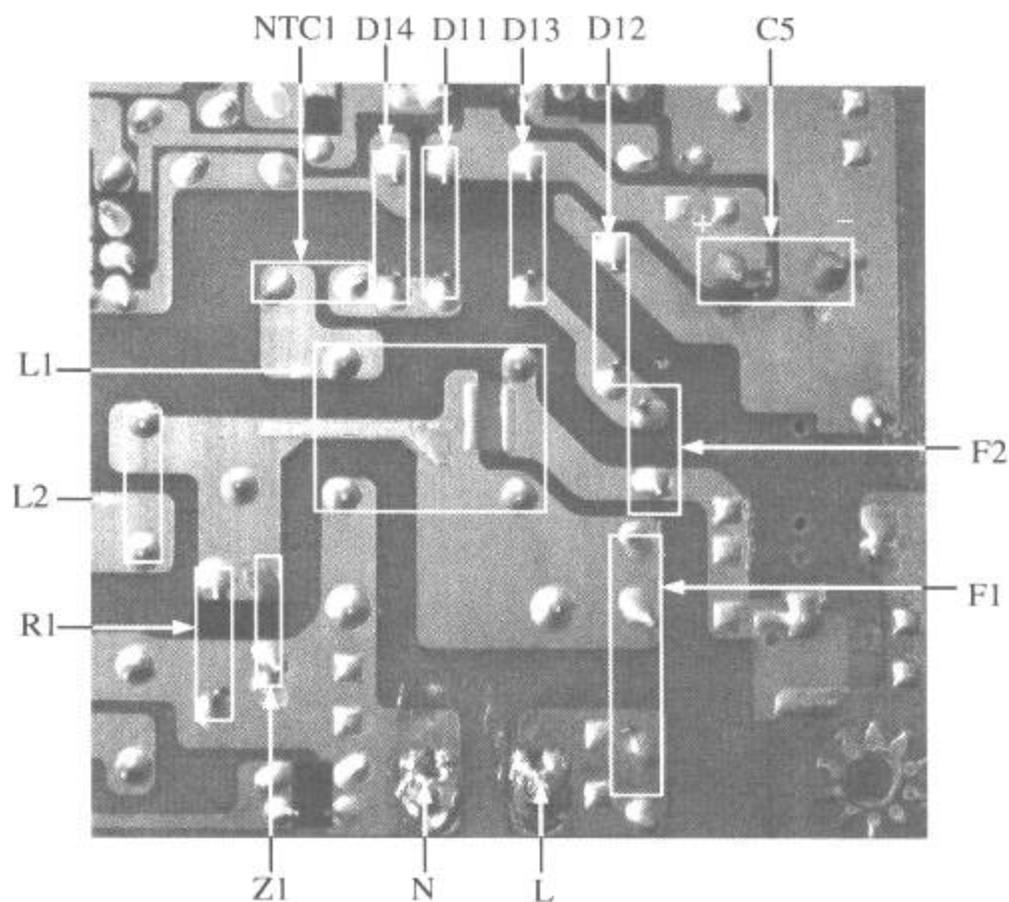


图 7-42 整流滤波电路实物图

整流滤波电路的实践方法如下：

- 01 测量 L 端至整流管 D13 正极的通路和 N 端至整流管 D14 正极的通路。
- 02 测量 L、N 两点间电阻。
- 03 测量 C5 两端电阻。
- 04 测量 C5 正极对负极的电压。

2. 定影辊加热电路动手实践

定影辊加热电路实物图如图 7-43 所示，实践过程中须分别测量 L、N 端到 CN1 插座 1 脚及 2 脚的通路。

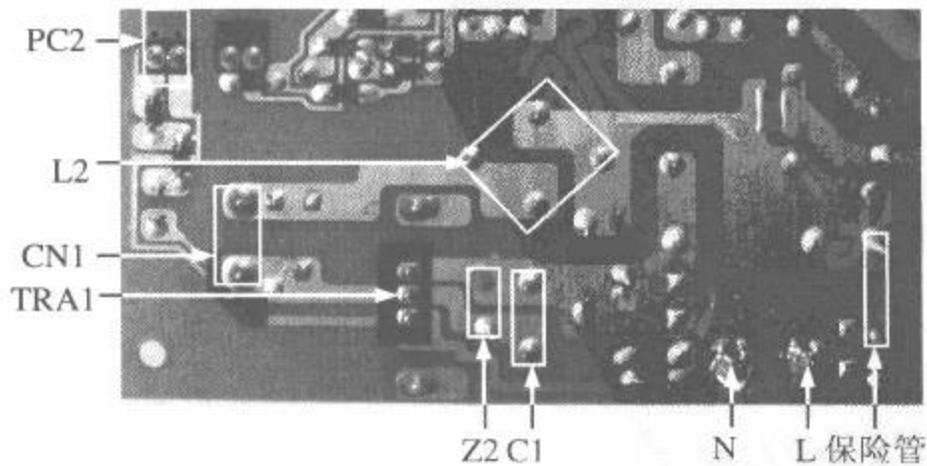


图 7-43 定影辊加热电路实物图



3. 开关管通路、启动电路及正反馈电路动手实践

开关管通路及正反馈电路实物图如图 7-44 所示。开关管通路、启动电路及正反馈电路实践方法如下：

- 01 测量 C5 正极到开关管 Q1 漏极的通路。
- 02 测量 C5 正极经电阻 R2、R3 到开关管栅极的通路。
- 03 测量反馈绕组经电阻 R6//R7D7、C10 到开关管栅极的通路。

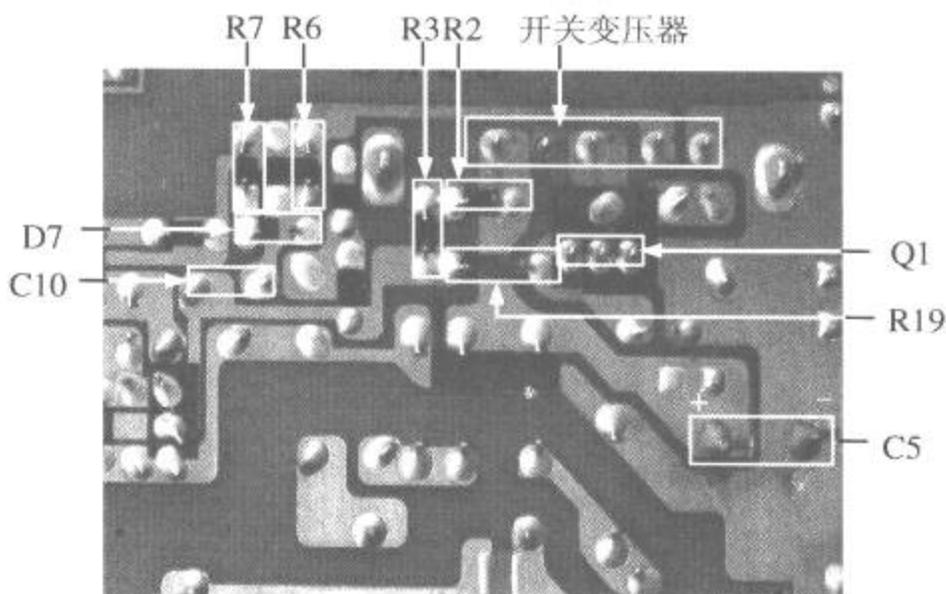


图 7-44 开关管通路及正反馈电路实物图

4. 脉宽控制电路动手实践

脉宽控制电路实物图如图 7-45 所示。脉宽控制电路实践方法如下：

- 01 测量 Q2 集电极对地的电阻。
- 02 测量 Q2 基极对地的电阻。
- 03 测量 PC1 光敏管 3-4 脚间的电阻。
- 04 开机后测量 Q2 集电极（开关管 Q1 栅极）电压，该电压为启动电压。
- 05 测量 Q2 基极电压。

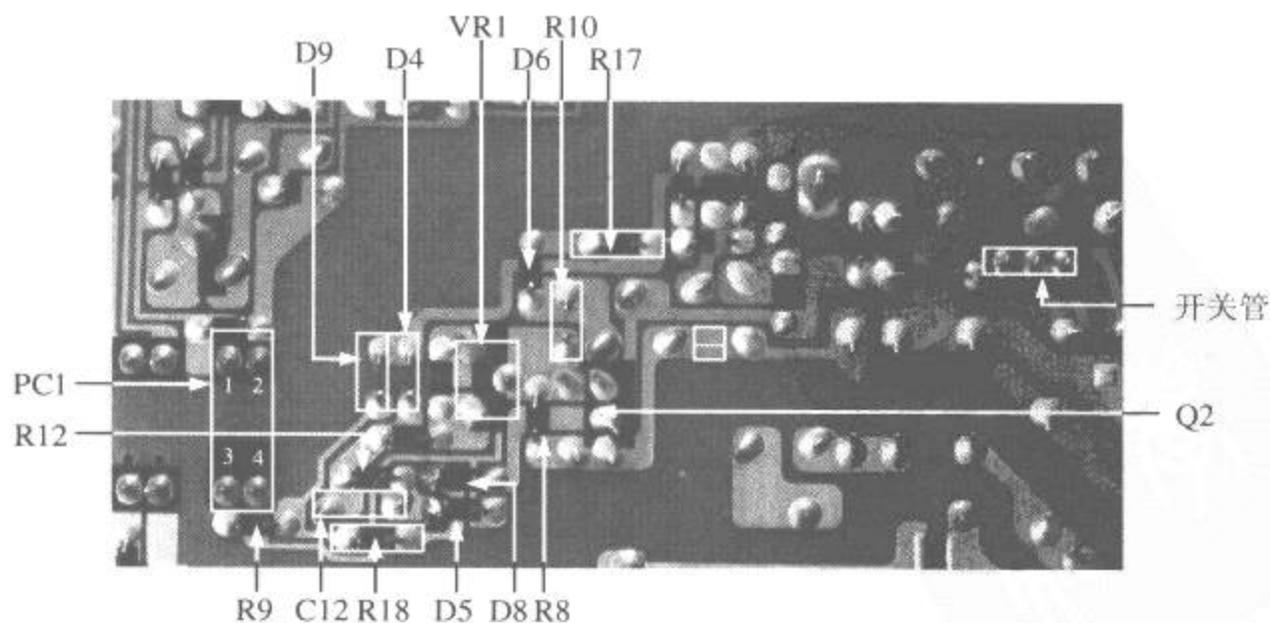


图 7-45 脉宽控制电路实物图



5. 脉冲整流输出电路及稳压控制取样电路动手实践

脉冲整流输出电路及稳压控制取样电路实物图如图 7-46 所示。

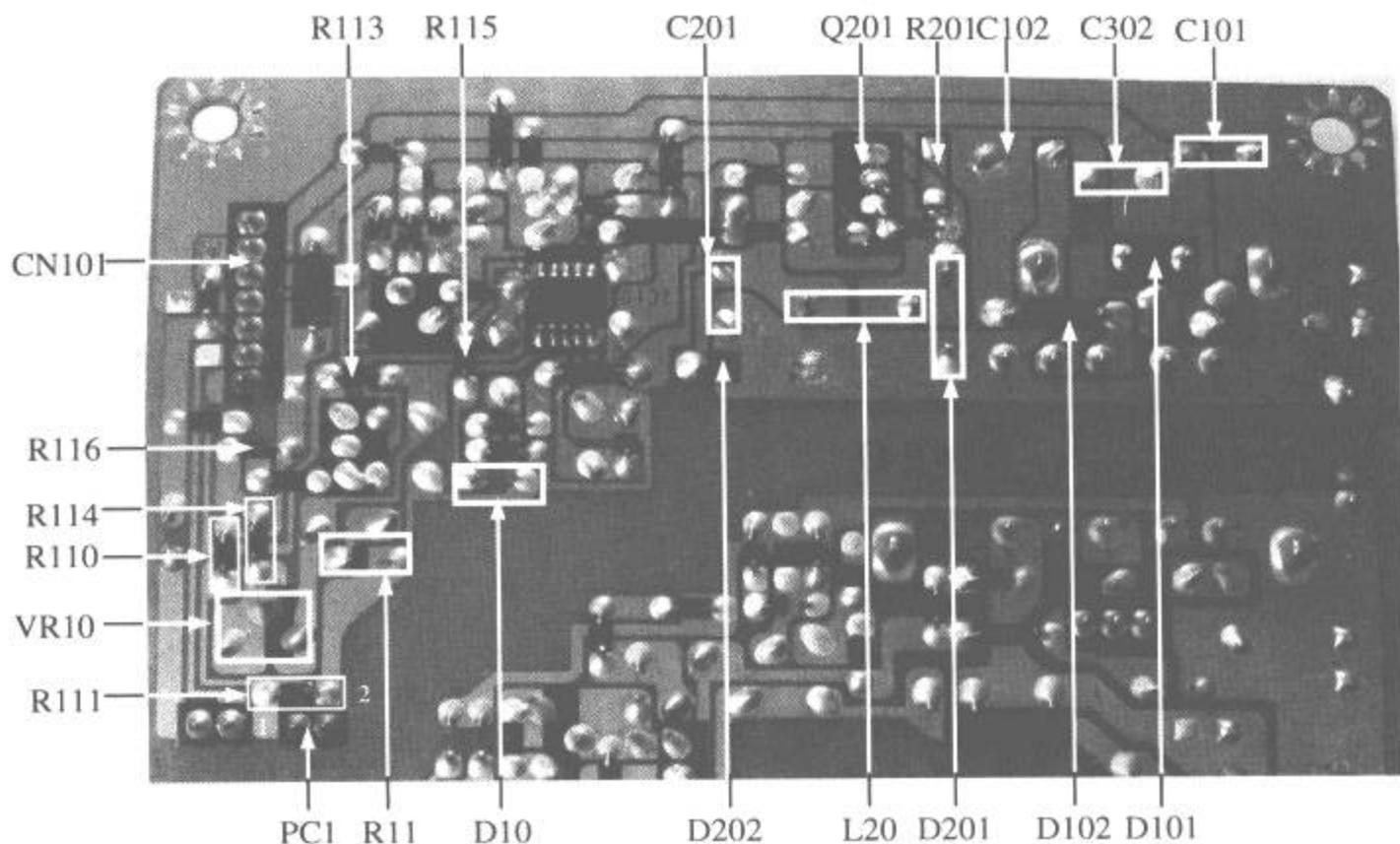


图 7-46 脉冲整流及稳压取样电路实物图

脉冲整流输出电路及稳压控制取样电路实践方法如下：

- 01 测量 C101 两端电阻以及 C102 两端电阻。
- 02 测量 C101 正极经电阻 R116、R114、VR101 到 IC101-6 脚的通路。
- 03 测量 C101 正极经电阻 R110 到 PC1 的 1 脚，再从其第 2 脚经 D105、R115 至 IC101 第 5 脚的通路。
- 04 在开机状态下测量 C101 两端电压以及 C102 两端电压。
- 05 测量 Q201 栅极电压和源极电压以及 C201 两端电压，即+5V 输出电压。
- 06 测量 IC101-10 脚、IC101-8 脚电压。
- 07 测量 IC101-4 脚电压。

稳压控制实践：

01 将万用表红表笔接到 C201 正极，黑表笔接负极（地），用一把小起子缓慢调节 VR201 观察输出电压的变化。这里动作一定要缓慢，否则会引起输出电压较大变化。检测完后再恢复原来位置。

02 将万用表红表笔接到 C101 正极，黑表笔接负极（地），用一把小起子缓慢调节 VR101 观察输出电压的变化。同样要注意操作一定要缓慢，防止输出电压变化过大损坏开关电源。检测完后再恢复到原来位置。



7.5

打印机故障维修案例

7.5.1 一台 Epson C41 喷墨打印机，打开电源后，打印头发出“哒 哒 哒……”的声音，打印头不能复位，最后电源灯灭，进纸/退纸灯为红色，显示打印机错误为打印机里有异物，打印头被卡

故障分析：引起此故障的原因主要有两方面。一方面是打印头堵塞，另一方面是字车传送齿轮有问题。

故障检修：首先检查字车传送齿轮是否有损坏或错位，经检查字车传送齿轮正常。接着用 Epson 自带的清洗打印头功能清洗打印头，清洗后故障依旧；接着拆下打印头，用清洗液进行清洗，经检测故障排除。

7.5.2 一台 Epson 830 喷墨打印机打印时墨尽灯亮，更换新墨盒后，开机面板上的彩色墨尽灯亮

故障分析：引起此故障的原因有两方面。一方面是墨盒未安装好，另一方面是更换墨盒是在关机状态下自行更换的。

故障检修：打开电源，将打印头移动到墨盒更换位置。将新墨盒重新安装好，让打印机进行充墨后试机，故障排除。

7.5.3 一台佳能 BJ330 打印机，开机后，缺墨/缺纸灯闪个不停，无法自检，不能进纸和退纸

故障分析：引起此故障的原因可能有两方面。一方面是缺纸传感器损坏，另一方面是缺墨传感器损坏。

故障检修：首先检查缺纸传感器，打开打印机后，用万用表测量缺纸传感器的两端，发现传感器的性能正常。接着检查缺墨传感器，用万用表检查发现，按动传感器前面的金属接触点，万用表没有变化，说明缺墨传感器损坏，更换后故障排除。

7.5.4 一台 Epson 720 喷墨打印机开机后打印头字车向左移动到最左边，在撞击字车驱动电机后才停下

故障分析：此时控制面板上的电源指示灯闪烁，打印机处于保护状态。引起此故障的原因主要是字车初始位置传感器损坏，因为打印机开机后，字车要复位回到初始位置，当字车初始位置传感器损坏后，控制电路收到字车回到初始位置的信号，会一直带动字车向左移动直到装墙。

故障检修：检查字车初始位置传感器，发现字车初始位置传感器有很多灰尘，将灰尘清除后，故障排除。

7.5.5 一台 Epson 830 喷墨打印机打印不出内容，打印后内容空白

故障分析：引起此故障的原因可能是墨水问题或喷头被堵，亦或墨水输送管被堵。



故障检修:首先更换一个新墨盒,然后开机测试,发现故障依旧。接着用打印机自带的清洗程序清洗打印头,故障依旧。再检查打印机的墨水输送管,墨水输送管畅通。接下来检查打印机喷头,发现打印机喷头被堵。将打印机打印头卸下,把打印头垂直放在清洗液中浸泡 20min 后,然后用注射器吸入清洗液对准打印头上的墨水进口往里注射,反复几次直到打印头喷出的清洗液能顺畅的流下来。故障排除,随后安装好打印头。

7.5.6 HP 6L 激光打印机开机后,控制面板的错误指示灯亮,打印机无反应

故障分析:引起此故障的原因可能是打印机缺纸、机盖没盖好、没有装硒鼓组件、硒鼓组件安装不到位或打印机中有卡纸。

故障检修:首先关闭打印机的电源,查看打印机进纸盒中的打印纸,发现打印纸安装正常;接着检查打印机的机盖,发现打印机盖合上时可以将机盖传感器压到位;同时将打印机中的硒鼓取出重新安装好,开机测试故障排除,看来是硒鼓安装有问题。

7.5.7 一台 HP1000 打印机打印质量差,出现黑条

故障分析:引起此故障的原因可能是激光扫描系统中激光发生器、透镜、反射镜被污染,或者是硒鼓组件中的感光鼓、磁辊被污染等,亦或是走纸系统、转印分离系统中的转印辊等被污染,还可能是定影系统中的定影膜损坏、加热辊等组件被污染等。

故障检修:首先打印一张测试页,发现测试页字迹清晰,右边有明显的黑条。接着再打印测试页,在打印中途关闭打印机的电源,然后取出硒鼓,仔细观察硒鼓上的影像,发现硒鼓上的潜影清晰无黑条,所以硒鼓组件和激光扫描系统正常。接着检查转印辊,发现转印辊很干净,没有被污染。然后检查定影系统,发现定影膜破裂,加热辊上沾有碳粉形成凸点,接着清洁加热辊,并更换定影膜,然后开机自检,故障排除。

7.5.8 一台 HP Laster Jet 1010 激光打印机使用一直很正常,最近碳粉用尽,添加碳粉后发现:打印输出时,在每页纸的同一位置总有一竖着的空行打印不上(空行贯通整页纸),但打印机自检可以通过,且打印机的其他情况一切正常

故障分析:引起此故障的原因可能是激光扫描系统中的激光发生器、透镜、反射镜被污染,或者是硒鼓组件中的碳粉过少,亦或是感光鼓、磁鼓被污染或损坏,还可能是转印系统中的转印辊被污染等。

故障检修:由于故障打印机刚添加过碳粉,所以排除碳粉过少的故障。不过给硒鼓添加碳粉时,如果不小心可能会造成打印机内的部件被污染。打印测试页,在打印中途关闭打印机电源,然后取出硒鼓,观察感光鼓的影像,发现感光鼓的潜像中有一竖的空行,这说明故障可能由激光扫描系统和硒鼓组件引起。接着检查感光鼓和磁辊,发现感光鼓和磁辊正常;然后卸下激光扫描系统检查,发现激光扫描系统中的激光发生器上有一个小碳粉,清除后,开机测试故障排除。

7.5.9 一台 HP 2100 激光打印机接通电源后,打印机没有任何反应,控制面板上的指示灯都亮

故障分析:引起此故障的原因可能是打印机的定影组件中的加热器有故障或激光扫描系统有故障。



故障检修：首先打开打印机的外壳，然后用万用表测量定影加热器插头的电阻值，发现测得的电阻值与标准值一致，定影加热器正常。接下来卸下激光扫描系统，打开检查，用手转动扫描棱镜的中心轴，感觉到有明显的卡涩感觉，说明扫描电机或其控制与驱动电路有故障，用一块新的扫描电机驱动板更换后，开机测试，故障排除。说明是扫描电机控制与驱动电路有故障。

7.5.10 一台 HP 8100 激光打印机从计算机发送打印作业时，打印机无反应

故障分析：引起此类故障的原因主要有：打印机电源线及电源连接线异常，打印机与计算机之间的连接电缆有问题，打印机处于休眠状态，软件中选择了错误的打印机，打印端口配置不正确，打印机接口或接口电路有问题。

故障检修：首先检查打印机的电源线发现，电源线正常。接着检查打印机与计算机的连接电缆，电缆正常。再检查电缆的连接端口，接触良好。接着检查打印机的驱动程序，驱动程序安装正常，但计算机中还安装了其他型号打印机的驱动程序，怀疑是软件中选择了错误的打印机。接着选择 HP 8100 型号的打印机打印测试页，发现打印正常，故障消失。重新打印作业，也打印正常，看来是软件中选择了错误的打印机。

7.6

技能点拨

要点总结：

本章主要讲解打印机电源的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

(1) 首先简要介绍了三种不同类型的打印机，它们在结构及工作过程方面有着很大不同。

(2) 以三种不同类型的打印机为例，分别介绍了各自电源电路的结构。可以看出，这几种不同的打印机虽然物理结构及工作原理大不相同，但必不可少的电源在电路构成上还是相同的，即，电源电路都由交流输入抗干扰及整流滤波电路、开关振荡电路、功率变换电路、稳压控制及保护电路等几部分组成，详细分析了这三种不同机型电源电路的工作原理。

(3) 分别对三种不同电源的易发故障进行了分析，重点介绍了电源故障的检修流程及主要测试点。

(4) 本章分别以三种不同的典型机型为例，用实物图示的方法指导读者进行实践，通过实践确认主要检测点，掌握检修方法。

(5) 最后，通过一些故障检修实例帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法，不断提高维修技能。

重点掌握：

(1) 打印机电源电路结构。不同的打印机电源，其电路结构可能存在很大的差别。结构不同，工作原理也不相同，分析判断故障的方法也就不同。

(2) 电路工作原理。工作原理对分析判断故障、确定主要检测点起着至关重要的作用。

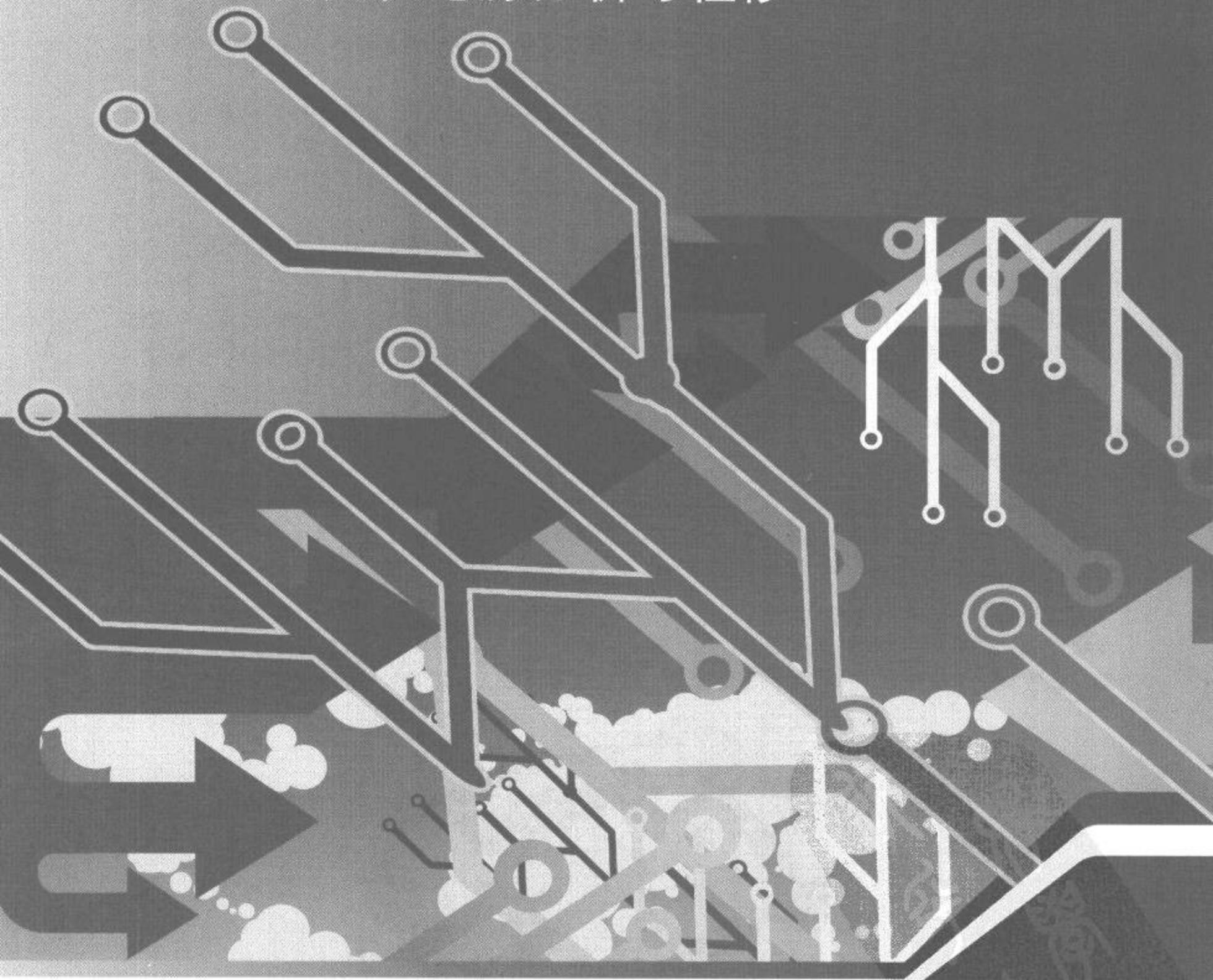
(3) 确认主要检测点。

(4) 对不同故障的检修流程、检测方法与步骤。

Chapter

08

传真机电源分析与检修





8.1 传真机分类

所谓传真机，是指在公用电话网或其相应网络上用来传输文件、报纸、相片、图表及数据等信息的通信设备。传真机是集计算机技术、通信技术、精密机械与光学技术于一体的通信设备。其信息传送的速度快、接收的副本质量高，它不但能准确、原样地传送各种信息，还能传送信息的笔迹，适于保密通信，具有其他通信工具无法比拟的优势，为现代通信技术增添了新的生命力，并在办公自动化领域占有极其重要的地位。

目前正在使用的各类传真机按照打印方式可以分为热敏纸传真机、色带热转印传真机、喷墨式普通纸传真机和激光式普通纸传真机四种。

1. 热敏纸传真机

热敏纸传真机也称为卷筒纸传真机，是通过热敏打印头将打印介质上的热敏材料熔化变色生成所需要的文字和图形。

热敏纸传真机的历史最长，价格也比较便宜，它还具有弹性打印和自动剪裁的功能，可以自己设定手动接收和自动接收两种接收方式，与喷墨/激光式传真机相比，它具有自动识别模式。当传真机被设定为自动识别模式的时候，传真机在响铃 2 声后会停几秒钟，自动检测对方是普通电话机打过来的还是传真机面板上拨号键打过来的。如果检测对方信号为传真信号，就自动接收传真；如果只检测到语音信号，就会自动识别这是通话信号而继续响铃，直到没有人接听再给出一个接收传真信号。这样的接收模式，比起自动接收方式更智能一些，可以尽量减少在误设为自动接收方式时丢失来电。另外就是热敏纸传真机在较复杂或较差的电信环境中的兼容性比较好，传真成功率比较高。

不过，热敏传真机也有不少缺点，它的功能单一，仅有传真功能，不能连接到电脑；另外就是硬件设计简单，分页功能比较差，一般只能一页一页地传。这类传真机在菜单设计上也比较简单，在传真特殊稿件时很难手动调整深浅度、对比度等参数。如图 8-1 所示为热敏纸传真机。



图 8-1 热敏传真机



2. 色带热转印式传真机

色带热转印式传真机可以说是热敏传真机的一种升级,它是从热敏技术发展而来的,通过加热转印色带,使涂敷于色带上的墨转印到纸上形成文字或图像。

色带热转印式传真机的最大特点是利用了专用色带对普通纸张进行着色,这使得它的适用范围更加广泛,打印效果比老式热敏传真机要清晰得多,并能够长时间的保存文件。

这种传真机的缺点是由于打印分辨率较低,无法传真图片。因此,这种传真机目前已经基本不使用了。如图 8-2 所示为色带热转印式传真机。

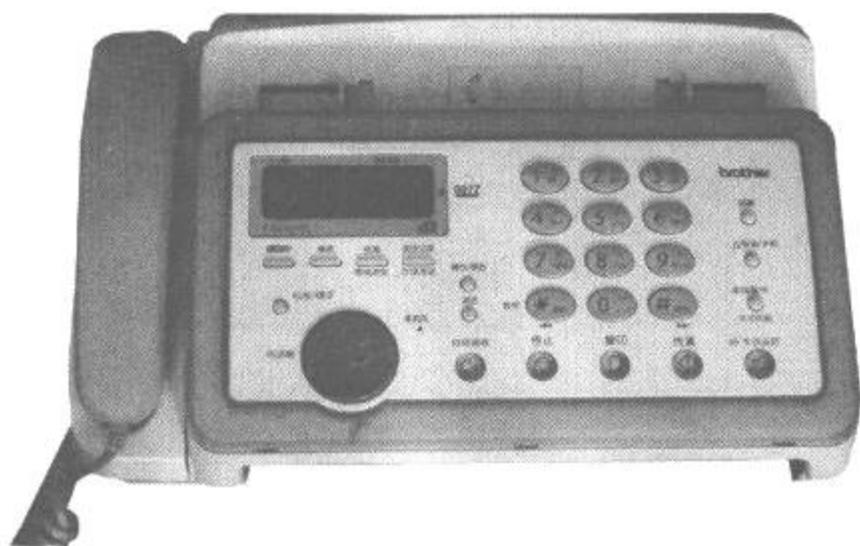


图 8-2 色带热转印式传真机

3. 喷墨式普通纸传真机

喷墨式普通纸传真机也称为喷墨一体机。喷墨式普通纸传真机的工作原理与点矩阵式打印机相似,由步进马达带动喷墨头左右移动,把从喷墨头中喷出的墨水依序喷布在普通纸上完成打印的工作。如图 8-3 所示即为喷墨式普通纸传真机。

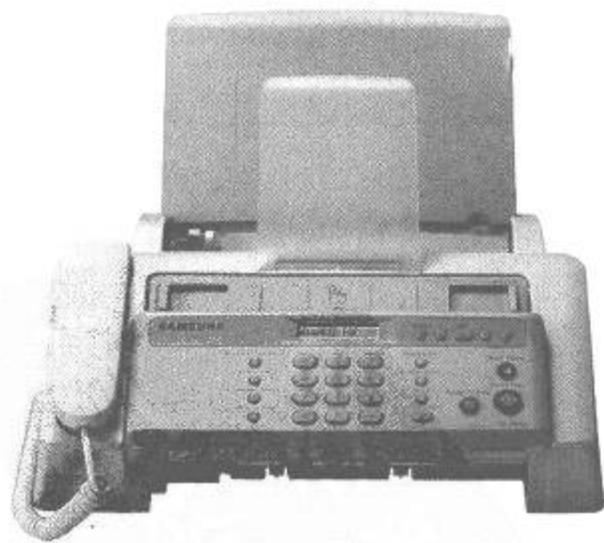


图 8-3 喷墨式普通纸传真机

4. 激光式普通纸传真机

激光式普通纸传真机也称为激光一体机,是利用碳粉附着在纸上成像的一种传真机。它在工作中主要利用机体内控制激光束的一个硒鼓,凭借控制激光束的开启和关闭,在硒鼓上产生带电





荷的图像“潜像”区；硒鼓转动时，碳粉吸附在潜像区，形成碳粉图像；紧接着在硒鼓下送入纸张，此时传真机内部的碳粉会受到电荷的吸引而附着在纸上，形成文字或图像、图形。如图 8-4 所示即为激光式普通纸传真机。



图 8-4 激光式普通纸传真机

8.2

传真机电源电路分析

8.2.1 传真机电源电路的特点

同大多数电子设备一样，传真机也离不开电源。传真机的工作性质决定了传真机电源的特点，现在传真机的电源大致应该具有以下几个功能：

(1) 自动供电。传真来时自动开启传真机电源，传真完毕自动关闭电源，这项功能可使传真机不用长期开机而又不误接收传真，并且节省用电。

(2) 防雷击性能。供传真机的 220V 电源及接入传真机的电话线应有避雷装置，有雷电进入时则可避雷。

(3) 超压及欠压保护。当供电超过 260V 或低于 170V 时自动断开传真机电源，对传真机进行保护。

一般正规渠道进口和国内厂家生产的传真机，都贴有生产厂家的出厂编号以及信息产业部颁发的入网标志。传真机的电源插头应为符合国标的三向扁插头，电源应为 220V、50~60Hz。额定电流为 1~2A。

下面我们以佳能 FAX11 传真机为例分析传真机电源电路的原理。

传真机电源与显示器电源一样，也是由交流输入及抗干扰电路、主开关电路、输出电路、稳压控制电路及保护电路等组成。

将传真机外壳拆开，可看到传真机的电源部分。由于传真机属低耗电量设备，与电脑及显示器相比，功率较小，因此，相对来说传真机电源体积较小，电路比较简单。如图 8-5 所示为打开外壳的佳能 FAX11 传真机，中间为电源部分。

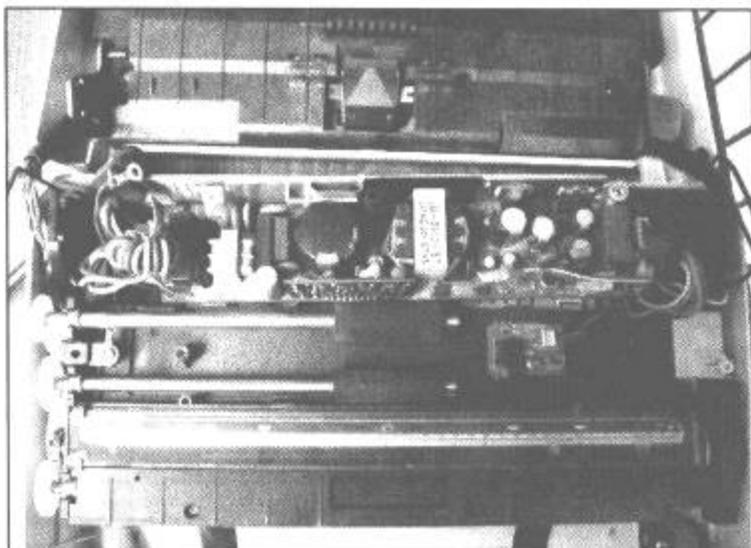
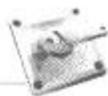


图 8-5 交流输入及抗干扰电路

8.2.2 交流输入、抗干扰、防过压保护电路分析

传真机对输入的交流电具有抗干扰功能，并具有防雷击的保护作用，其电路组成如图 8-6 所示。

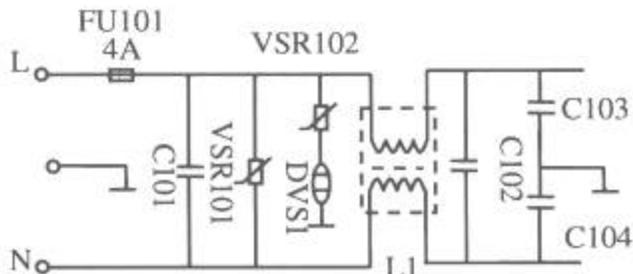


图 8-6 交流输入及抗干扰电路

C101、L1、C102、C103、C104 共同组成抗干扰电路，滤除输入交流电中的杂波，其原理可参考电脑电源及显示器电源的抗干扰电路。需要注意的是，图中 VSR101、VSR102 是两个压敏电阻，DVS1 是一只放电元件，很像一只小灯泡，这三只元件起到防过压保护作用。当输入交流电压升高超过 270V 时，VSR101 被击穿短路，交流市电被短路，将 FU101 熔断，切断输入，防止危及电源内部电路。当交流市电出现瞬间突然升高（如雷击）时，VSR102 被击穿，DVS1 内部电极自动接通，将高压通过接地线泄放，从而起到防雷击的保护作用；当高压消失后，又自动断开解除保护。因此，传真机使用三极插头并要可靠接地对保护电源是非常必要的。

8.2.3 整流滤波电路分析

经滤波与抗干扰后的交流电用一只整流桥堆 BD101 进行整流，由电容器 C105 滤波产生 +310V 电压。如图 8-7 所示。

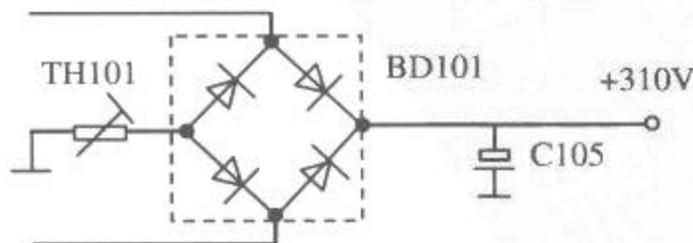


图 8-7 整流滤波电路



为了防止在开关机瞬间产生的浪涌电流对开关电源的冲击,大多数开关电源都在整流前或整流后串入一只负温度系数热敏电阻。但在佳能 FAX11 传真机电源中稍有不同,这个电阻是串接在桥堆负极与地之间,如图 8-7 中的 TH101。这是一个在冷态下电阻值较大(不大于 10Ω)的电阻,当有电流通过使其发热达到居里点后,电阻值急剧减小,正是由于这个特性,使电源在开机瞬间防止了大电流对整流管、滤波电容和开关管的冲击。稍后,电阻减小,又不影响开关管的电流供给。

8.2.4 主开关电路分析

主开关电路由开关变压器 T1、场效应管 Q101、过流保护取样电阻 R108 等组成,如图 8-8 所示。

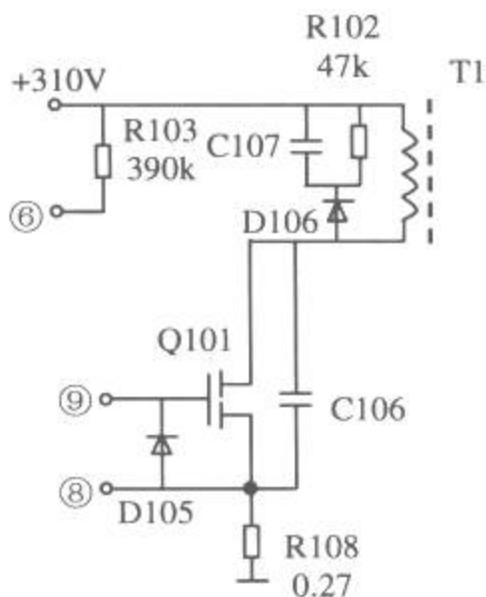


图 8-8 主开关电路

由 PWM 脉冲产生电路产生的矩形开关脉冲控制信号(来自独立的小电路板)加在开关管 Q101 的控制极。在矩形开关脉冲高电平期间,开关管突然导通,+310V 电压经开关变压器初级绕组、场效应管的源极和漏极、过流保护取样电阻 R108 接地,在开关变压器初级绕组内产生突变增大的电流;这个电流在开关变压器中产生磁场,使电能转化为磁场能储存在开关变压器内。在开关脉冲低电平期间,开关管突然截止,储存在开关变压器内的磁场能经开关变压器次级释放。

8.2.5 PWM 脉冲产生电路分析

PWM 脉冲产生电路分布在一小块独立的电路板上,通过插接座与主电路板相连接。该小板上主要有启动电路和正反馈电路两部分。

该机采用 UC3842 集成电路,与其外围元件共同构成 PWM 脉冲产生电路。有关 UC3842 集成电路的说明可以参看显示器电源原理部分。在佳能 FAX-T11 传真机中的应用电路如图 8-9 所示。

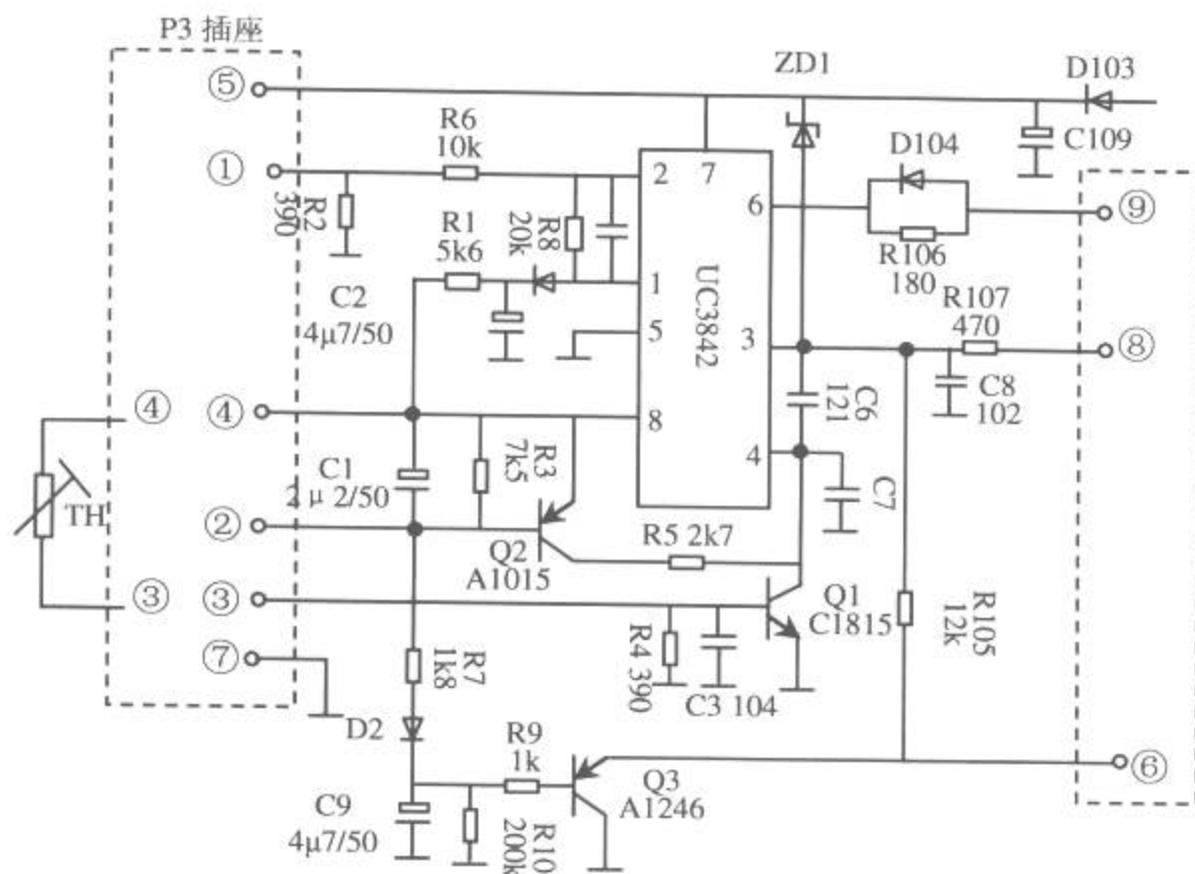
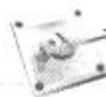


图 8-9 PWM 脉冲产生电路

1. 启动电路

经抗干扰电路滤除杂波后的交流市电通过电容器 C110、D102、D101、C109 半波整流滤波后，电压降低为 10V 左右，由 P3-⑤送到脉冲产生电路板，加到 UC3842 第 7 脚，作为软启动工作电压，如图 8-10 及图 8-9 所示。UC3842-7 脚电压过高或过低都会引起 UC3842 进入保护工作状态，因此，该脚也具有交流输入过压和欠压保护的功能。

2. 正反馈电路

正反馈电路如图 8-11 所示。UC3842 开始工作后，开关电源输出电压，同时在开关变压器 T1 的另一个绕组中产生感应电压，经 D103 整流，C109 滤波，再经过 P3-⑤再送到 UC3842 的工作电源，取代启动电压，使开关电源稳定工作。

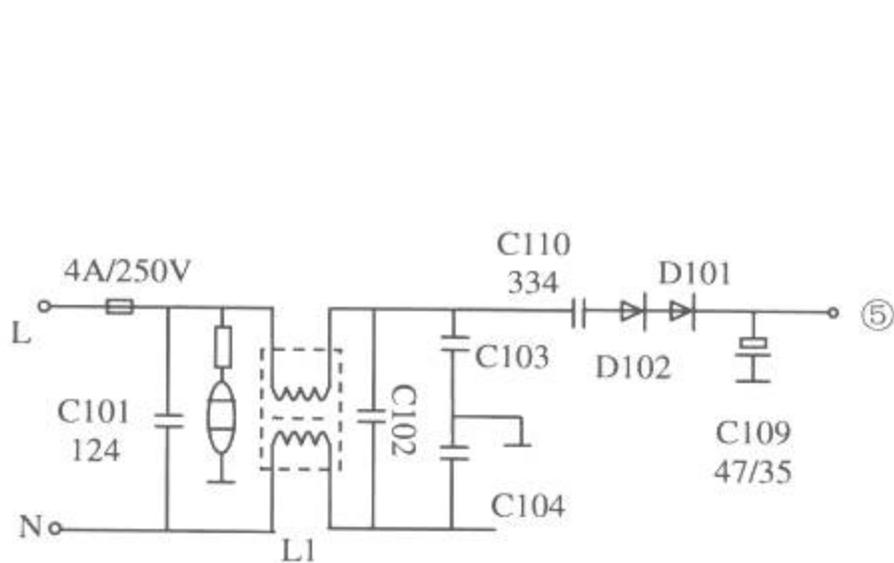


图 8-10 启动电路

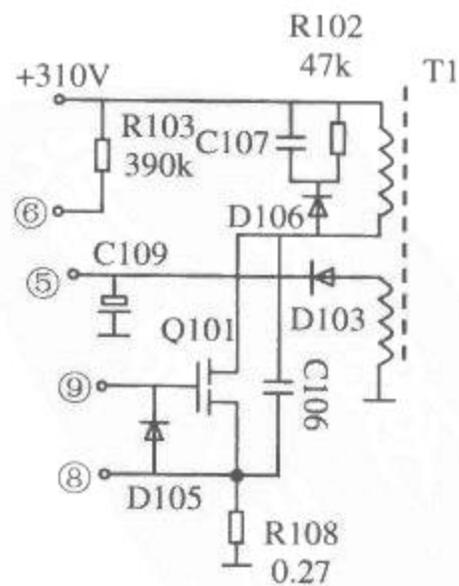


图 8-11 正反馈电路

8.2.6 功率变换输出电路分析

功率变换输出电路也就是主电压输出电路，即各种电压输出电路，也称脉冲整流输出电路，由开关变压器、高频整流二极管、滤波电容器等元件组成，如图 8-12 所示。

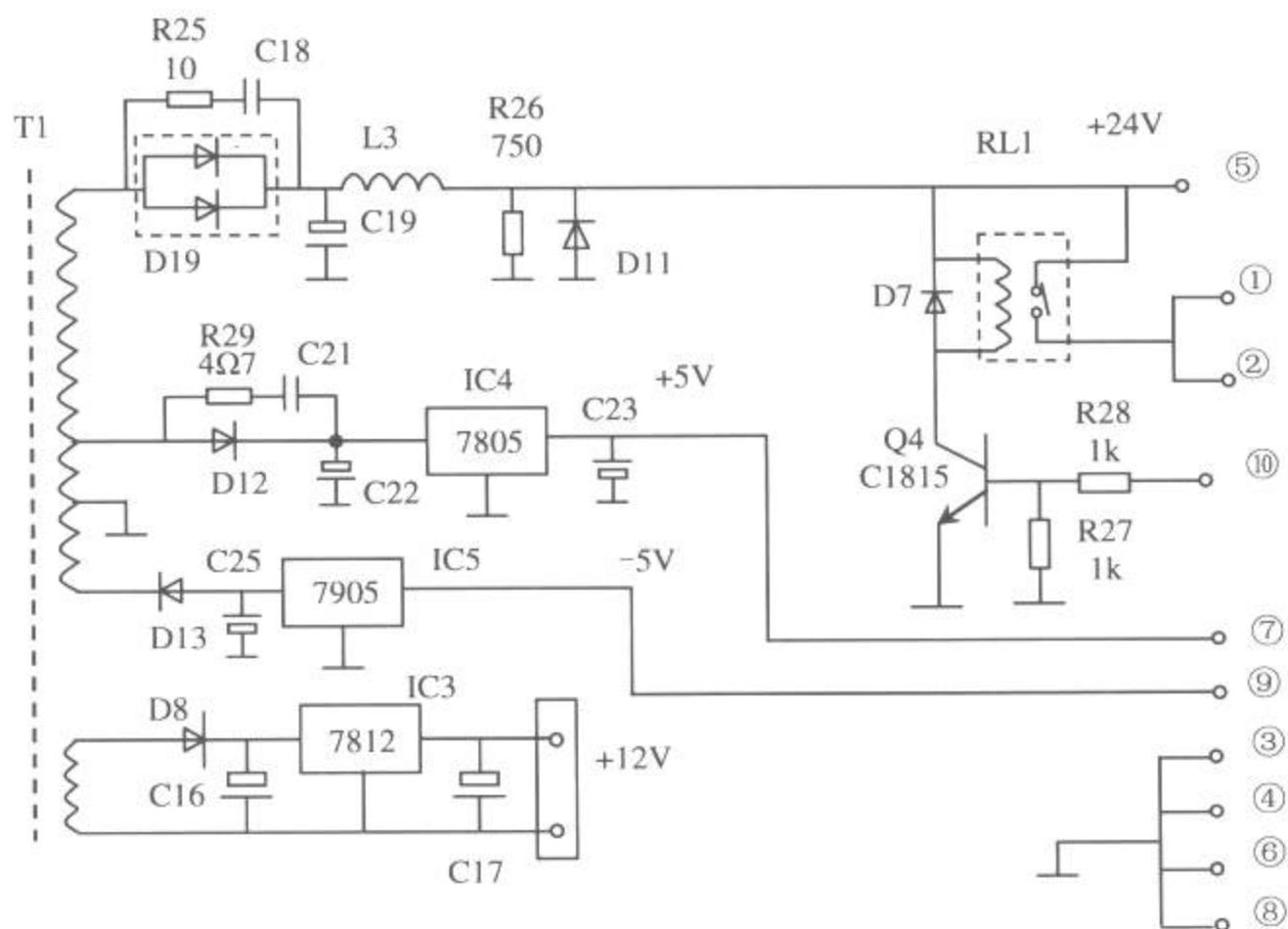


图 8-12 脉冲整流输出电路

由于开关变压器 T1 次级绕组的绕向及整流二极管的接法原因，当开关管导通，开关变压器初级有突变增加电流时，整流二极管不导通，开关变压器内的电能以磁场能的形式储存。在开关管截止电流突减时，开关变压器内的磁场能极性改变，次级感应电压极性也改变，这时，二极管正向导通，开关变压器 T1 内的磁场能以电能的形式泄放，经整流二极管整流，电容器滤波得到各种输出电压。输出电压的种类取决于绕组的多少，输出电压的高低取决于输出绕组线圈的匝数。

第一路是由 D19 整流、C19 滤波，产生的+24V 电压；第二路是由 D12 整流、C22 滤波，产生 8V 左右的电压，再经 LM7805 稳压后输出的+5V 电压；第三路 D13 整流、C25 滤波，产生约为-8V 左右电压，经 LM7905 稳压后输出-5V 电压；第四路 D8 整流、C16 滤波，产生约+15V 电压；经 LM7812 稳压输出+12V 电压。

不同的机型输出电压略有不同。为防止浪涌电流冲击损坏整流二极管，在二极管上还会并联电阻、电容器，如图中的电阻 R25 和电容器 C18 以及电阻 R29 和电容器 C21 等。

8.2.7 稳压控制电路分析

稳压控制电路的组成可参看图 8-13 及图 8-9。

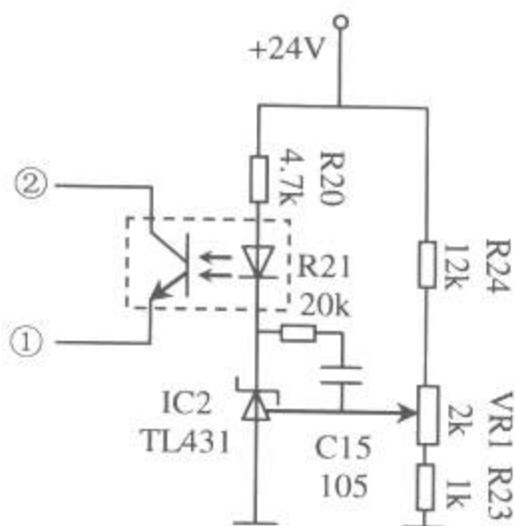


图 8-13 稳压控制电路

开关变压器 T1 次级绕组产生的感应电压经 D9、C20 整流滤波后得到的 +24V 电压，一方面为传真机提供工作电源，另一方面作为稳压取样电压经电阻 R24、VR1、R23 串联分压后获得样品电压加到 IC2 (TL431 精密稳压器) 的控制极 (R)，与 TL431 内部电路产生的 2.5V 基准电压相比较后产生一个误差电压。这个误差电压控制改变阴极 (K) 与阳极 (A) 的电流，使流过光电耦合器 PC817 内发光二极管的电流改变，发光强度变化，光电管导通程度变化，从而改变 UC3842 第 2 脚电压，在 UC3842 内部改变第 6 脚输出的脉冲宽度，进而改变开关管的导通时间，使输出电压得到调整。与此同时，三极管 Q2 导通程度变化将电阻 R5 接入第 4 脚，从而使 UC3842 的振荡频率改变，从第 6 脚输出的脉冲频率改变，以达到自动稳定输出电压的目的。可见，该稳压电路既调脉宽又调频率。

当开关电源的输出电压升高时，UC3842 第 2 脚电压升高，经内电路处理，减小开关脉冲的宽度，同时 PWM 脉冲频率降低，开关管工作频率降低，输出电压下降；反之，输出电压升高。

8.2.8 保护电路分析

传真机电源电路中的保护电路主要包括尖峰吸收电路、欠压过压保护电路、过流保护电路、输出电压过高保护电路、开关变压器过热保护电路以及防雷击保护等。

1. 尖峰吸收电路分析

当开关管工作在开关状态时，在开关变压器主绕组中将产生高达 1 千多伏的反峰电压，这一高电压对开关管 Q101 会造成很大威胁，会使开关管一瞬间被击穿损坏。因此，要对这一反峰电压进行泄放，保护开关管，这种电路称为尖峰吸收电路。如图 8-8 中 D106、R102 和 C107 就组成了一个尖峰吸收电路。

尖峰吸收电路的保护原理：在开关管截止时，主绕组中产生的反峰高压为下正上负，经 R102//C107 及 D106 形成回路，从而泄放反峰电压。这里还使用了 C106 进一步加强了反峰高压的吸收效果，有效地保护开关管。

2. 欠压过压保护电路分析

在图 8-9 中，三极管 Q1、电阻 R9、R10 及电容器 C9 防止在接通交流市电瞬间误启动过压保护电路。在刚开机时，因电容器 C9 上电压为 0，三极管 Q1 饱和导通，使 R103 与 R105 分压，



电压降低，不启动保护电路。

参考图 8-10。当输入的交流电压偏低时，经 C110、D102 及 D101、C109 整流滤波后的电压也将偏低，使 UC3842 第 7 脚电压低于启动电压，UC3842 不能启动，电源进入保护状态；当输入电压过高时，稳压二极管 ZD1 击穿，送入 UC3842 过流保护输入端第 3 脚，通过内部电路启动过流保护电路，最终使 UC3842 停止第 6 脚的 PWM 脉冲输出，开关电源停止工作，起到保护作用。

3. 过流保护电路分析

当开关电源负载过重或负载端出现短路故障时，极易使开关管因电流过大而损坏。为避免故障扩大，几乎所有开关电源都设置过流保护电路。

一般情况下，在开关管射极或场效应管源极设一个检测电阻（称为过流保护电路取样点）。如图 8-9 中的 R108。当流过开关管的电流过大时，在电阻 R108 上形成的电压必然升高，经 R107 送至 UC3842 第 3 脚，UC3842 第 3 脚内接比较放大器，经第 3 脚内电路处理，封锁比较放大器的输出，使 UC3842 第 6 脚不输出开关脉冲，迫使开关管停止工作，开关电源无输出电压，保护各元件不被损坏。

4. 输出电压过高保护电路分析

参考图 8-9，若输出电压过高，在反馈绕组中的感应电压也升高，经 D103、C109 整流滤波后的电压也将过高，将稳压二极管 ZD1 击穿，并加在 UC3842 的第 3 脚启动保护电路，停止输出 PWM 脉冲，开关电源停止工作。

5. 开关变压器过热保护电路分析

参考图 8-9，流经开关变压器的电流增大时，开关变压器的发热量也将增大，温度升高。该电路用一个热敏电阻 TH 对开关变压器的温度进行检测，这个热敏电阻设置在开关变压器内部。正常情况下，它的阻值较大，不影响电路的工作，当温度升高到某一阈值（称为“居里点”）时，TH 的电阻阻值急剧减小；继后经 TH 加到三极管 Q1 基极上的电压升高，使 Q1 饱和导通，将 UC3842 第 4 脚接地，停止振荡器工作，不再输出驱动脉冲，电源停止工作，达到保护的目。当温度下降后，TH 又恢复为较大阻值，解除保护，电路自动开始重新工作。

8.3

联想 5330MFC 传真机电源电路分析

本节我们以联想 5330MFC 传真机为例，分析一下传真机开关电源电路的开关管振荡过程、功率输出电路、稳压控制电路、保护电路等。如图 8-14 所示即为联想 5330MFC 传真机电源电路原理图。

8.3.1 开关管振荡过程

如图 8-14 所示，电阻 R2 与 R3 及开关管 Q1 构成开关电源的启动电路。在启动电路的作用下，+310V 电压通过启动电阻 R2 与 R3 加到开关管 Q1 的栅极，产生栅极电压。+310V 电压通过



微导通的 Q1，经过开关变压器，在开关变压器内产生突变增大的电流，在反馈绕组中又引起感应电压。感应电压经电阻 R5 对 C1 充电，使 Q1 栅极电压进一步增大，Q1 导通程度加强，其漏极电流更大。这就形成一个正反馈。这样经几个反馈后，便使 Q1 雪崩似地由截止状态转为导通状态，开关变压器内的电流以磁场能的形式储存在开关变压器内。

Q1 彻底导通后，流经开关变压器内的电流不再增大，反馈绕组不再产生感应电压。当 C1 充电结束后，Q1 栅极电压开始降低，Q1 开始退出导通状态，进入放大状态，使漏极电流开始减小，流经开关变压器内的电流减小。这一减小的电流使反馈绕组又一次产生感应电压，其方向改变，对 C1 进行反向充电，使 Q1 栅极电压进一步降低。栅极电压的降低使 Q1 导通程度更小，漏极电流更小，流经开关变压器内的电流减小程度更大，使得反馈绕组产生更大的感应电压，使栅极电压更低，这样经几次反馈便使 Q1 又一次雪崩似地由导通状态转为截止状态。

之后，开关管又在启动电路的作用下，再一次启动，重复上述过程，开关电源便工作起来，不断地导通、截止，形成振荡。

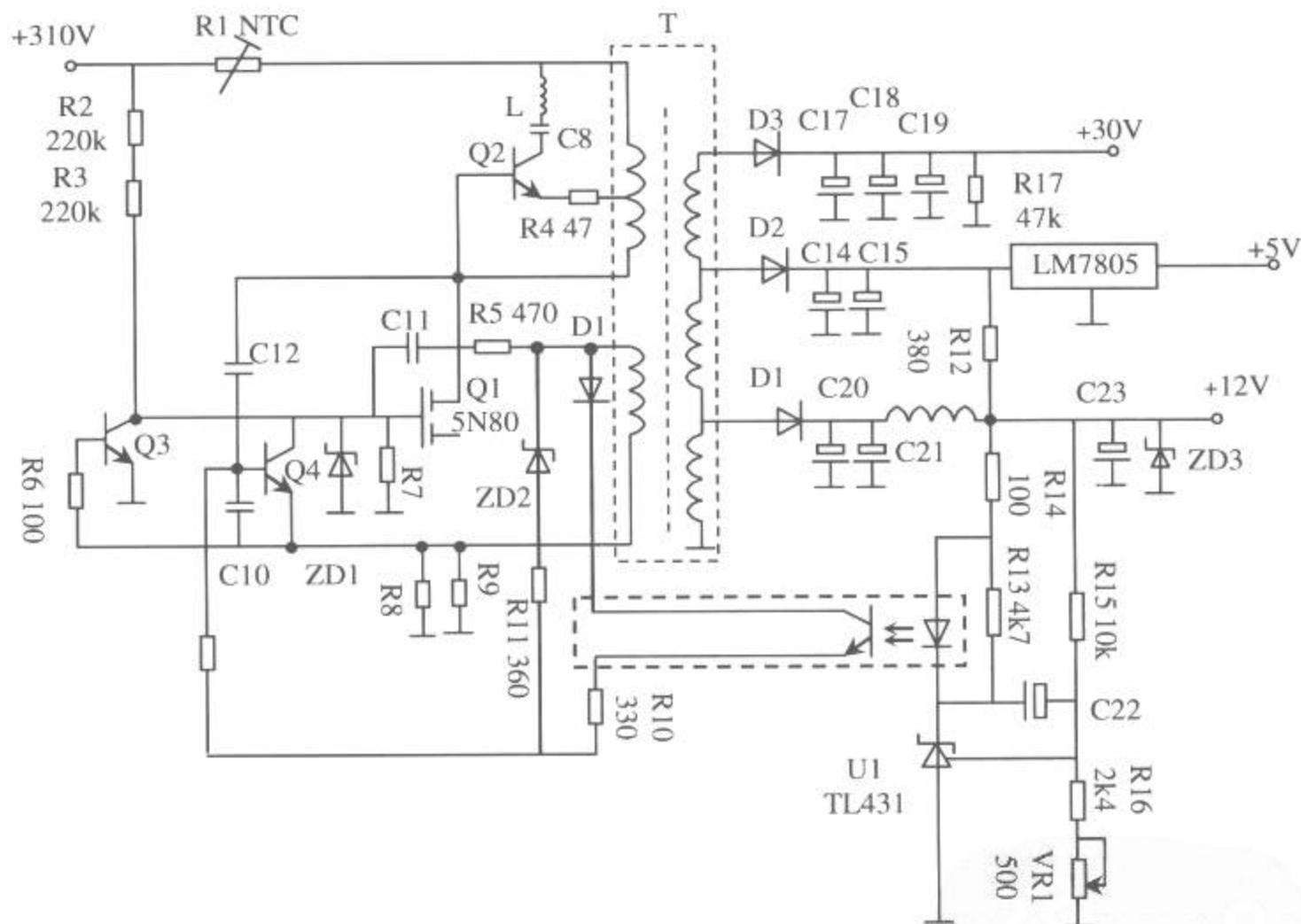


图 8-14 联想 5330MFC 传真机电源电路原理图

8.3.2 功率输出电路

开关管在导通时，输出绕组中产生的感应电压因二极管的接法原因而不能导通，因此，开关变压器内的电能以磁能的形式储存在开关变压器内。当开关管截止时，输出绕组中的感应电压方向改变，此时，整流二极管（D3、D2 及 D1）导通，将开关变压器内的磁能以电能的形式泄放，经整流管整流，电容器滤波得到各种输出电压，参考图 8-14。输出电压的高低取决于输出绕组线圈的匝数，输出电压的种类取决于绕组的多少。在联想传真机电源中有三组输出，分别为+30V、



及+5V 和+12V。

8.3.3 稳压控制电路

稳压控制电路由取样电路、基准电压、比较放大电路、及控制电路等组成，可参考图 8-14。

其中，取样电路由电阻 R15、R16 及 VR1 构成，对+12V 输出电压串联分压产生样品电压。样品电压加到精密稳压器 U1 (TL431) 控制极，与其内部 2.5V 基准电压相比较，产生误差电压；误差电压改变电流 I_{KA} 的大小，从而使流过光电耦合器 (U2) 中发光二极管的电流发生变化。光电耦合器中发光二极管的电流变化又转换为光的强弱变化，控制其内部光敏三极管的导通程度。

开关变压器反馈绕组也为误差放大电路提供辅助电源。反馈绕组的反馈电压经 D1 整流，加到光电耦合器 3 脚，从 4 脚流出经电阻 R10，三极管 Q4 的 b-e 结到地形成通路。从 3、4 脚流过的电流受发光二极管光的强弱控制，这样，反映输出电压 (+12V) 实际情况的样品电压通过比较后产生的误差电压被隔离、放大并转换为电流，控制三极管 Q4 的导通。

稳压控制电路的脉宽调制电路部分由一只三极管 Q4 来完成。严格来讲，脉宽调制电路是由整个稳压控制电路组成的。当从误差放大电路来的控制电流增大时，三极管 Q4 导通增强，对开关管 Q1 栅极分流增强，Q1 提前截止，电流流过开关变压器主绕组的时间变短，从而使输出电压降低；当从误差放大电路来的控制电流减小时，三极管 Q4 导通减弱，对开关管 Q1 栅极的反馈电压分压减弱，Q1 导通时间加长，流过开关变压器主绕组的时间增长，从而使输出电压升高。

当某种原因使+12V 升高时，稳压控制电路的稳压控制过程可表述为： $+12V \uparrow \rightarrow U_{RA} \uparrow \rightarrow U_{KA} \downarrow \rightarrow I_{KA} \downarrow \rightarrow$ 光耦中发光二极管发光 $\uparrow \rightarrow$ 光敏管导通 $\uparrow \rightarrow$ Q4 基极电流 $\uparrow \rightarrow$ Q4 导通 $\uparrow \rightarrow$ Q1 提前截止 \rightarrow 输出 \downarrow ，从而实现稳压。当某种原因使+12V 降低时，其稳压过程与上述相反。

8.3.4 保护电路分析

1. 过压保护

参考图 8-14 所示电路，输出电压过高时，反馈绕组的感应电压也将升高，使稳压二极管 ZD2 击穿，通过电阻 R11 加到三极管 Q4 基极，使 Q4 导通，迫使 Q1 截止，电源无输出。当发生过压保护时，电源无输出，此时，反馈绕组得不到感应电压，ZD2 又恢复正常，电源又开始工作。这样，电源就会处于工作、过压保护、无输出、保护停止，然后电源又工作，又保护的状态下，并且开关变压器会发出轻微“吱吱”声。

2. 过流保护

参考图 8-14 所示电路，过流保护电路由取样电阻 R8、R9 及 Q3 构成。当流过开关管的电流过大时，在电阻 R8 与 R9 上形成的电压将升高较多，经电阻 R6 送到三极管 Q3 基极，使 Q3 饱和导通，迫使电源停止工作。同过压保护相似，当发生过流保护时，电源也会发出轻微“吱吱”声。

8.4

传真机电源常见故障分析

一般传真机电源系统的典型故障主要包括接通电源就熔断保险管，多组输出电压中缺一组电



压输出、电源无输出电压等，下面对这些故障进行简要分析。

8.4.1 接通电源就熔断保险管故障分析

接通电源就熔断保险管故障是指当按下传真机的电源开关时（或者接通交流供电时），传真机不工作，指示灯不亮，而且保险管被烧断；更换新的保险管，再开机时，同样烧断保险管。

1. 故障分析

屡屡烧断保险管，说明传真机的电源系统有严重短路之处，使流过保险管的电流过大。对于此类故障应在排除后再更换保险管，而造成此故障的原因可能是过压保护压敏电阻被击穿，或抗干扰滤波电容器被击穿短路，或整流桥或整流二极管短路，或+310V 滤波电容器击穿短路，或开关管损坏短路。对此类故障进行检修时，应重点检查交流输入抗干扰电路、整流滤波电路及开关管等。

(1) 过压保护压敏电阻被击穿

在大多数传真机电源的内部都设有过压保护元件——压敏电阻。当输入交流电压正常时，压敏电阻处在高阻状态，不影响交流电输入，一旦输入电压超过临界值（居里点），压敏电阻阻值将急剧减小，压敏电阻上将通过强大的电流，会立即把压敏电阻击穿，通常压敏电阻都会爆裂，从外表就能看出来已损坏。压敏电阻击穿短路后使 220V 交流电短路，烧毁保险管，从而达到切断输入电源、保护传真机电源的目的。这种故障常发生在交流供电不稳定的地区。在用电高峰期间电网电压较低，而在用电低谷时，电网电压升高甚至可达 250V 以上，这对开关电源就会产生很大危险。

(2) 抗干扰滤波电容器被击穿短路

一般来说，抗干扰电路是开关电源必不可少的电路，而滤波电容器也是容易发生故障的元件之一。当电容器短路后，所表现出来的故障现象与压敏电阻击穿短路故障一样，都是烧毁保险管。

(3) 整流桥或整流二极管短路

有些机型的传真机采用四只分立整流二极管，大多数机型采用整流桥。整流二极管及整流桥中的二极管短路，也是烧毁保险管的常见原因。

(4) +310V 滤波电容器击穿短路

滤波电容器因经常承受高电压，往往有容量损失、漏电或短路现象，易造成烧保险管的故障。+310V 滤波电容器漏电是一种不容易直接检查出来的故障，用电阻法检查为正常，接上保险管又被烧毁，往往是该电容器漏电。

(5) 开关管损坏短路

开关管损坏短路是一种复杂的故障，会有多方面的原因，如稳压电路不正常、PWM 脉冲产生电路故障、负载故障等。

2. 排除故障

经过分析我们已经清楚造成故障的原因，接下来开始逐个检查可能损坏的元器件。当检查出损坏的元器件后，更换损坏的元器件即可。对开关管击穿短路故障切不可更换开关管后立即开机，必须要查出损坏开关管的原因后才能开机，否则开关管会有再次被击穿损坏的可能。





● 注 意

在维修过程中,对于保险丝熔断的故障现象,先不要急于更换新的保险管,首先要弄清楚熔断丝熔断的原因,排除故障后再更换保险管。

8.4.2 电源无输出电压故障分析

电源无输出电压故障是指按下传真机电源开关后或接通电源后,开关电源不工作,无电压输出,指示灯不亮。

1. 故障分析

引起电源无输出故障的主要原因有:

- (1) 交流供电不正常,如电源引线及插头插座接触不良引起的无交流供电。
- (2) 输入交流市电欠压和过压引起电源保护。
- (3) 电源本身故障不工作。
- (4) 负载故障引起电源保护无输出。

2. 故障排除

逐个检查造成电源无输出电压的各个原因,找出故障点,然后更换损坏的元器件即可。

8.5

传真机电源故障检修流程

8.5.1 交流输入抗干扰及整流滤波电路的检修流程及测试点

电路结构如图 8-15 所示,该电路的常见故障表现为+310V 输出电压不正常。

拆开机壳后首先进行直观检查,观察保险管、压敏电阻有无损坏,看+310V 滤波电容器是否有“鼓胀”,开关管是否有炸裂破损等现象。在有些机型中,保险管不透明,不能直接看出是否损坏,这就要借助万用表电阻检查法进行判定。

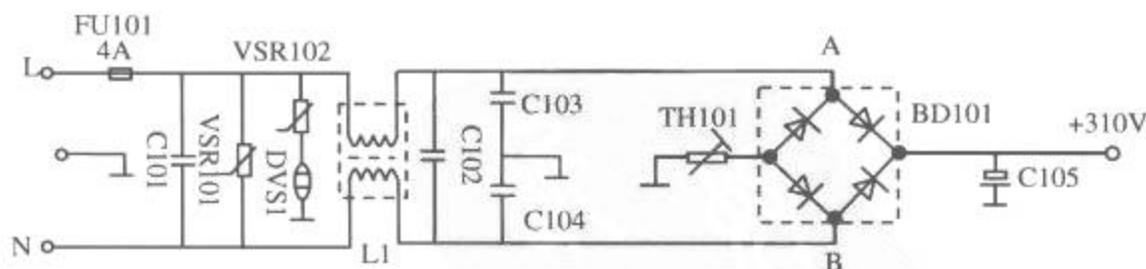


图 8-15 传真机电流输入抗干扰及整流滤波电路原理图

1. 易坏元器件及检测方法

(1) 保险管

选用万用表电阻挡 $R \times 1$ 或 $R \times 10$ 挡,两支表笔分别接触保险管的两端(表笔不分极性),正常情况下其阻值小于 1Ω 。若保险管已开路或发黑,说明有严重短路故障元件,这时需要对电



路用电阻法进行短路故障检查。如果保险管完好，接下来可以加电，测量+310V 滤波电容器两端电压。

(2) 压敏电阻

正常情况下，压敏电阻两端的阻值接近无穷大，用万用表电阻挡测量时，阻值减小时表明损坏。

(3) 310V 电容器

用万用表选择直流电压 500V 挡，测量 310V 电容器（如图 8-15 中的 C105）两端电压。将万用表红表笔接正极，黑表笔接负极进行测量，正常情况下应有 310V 左右的直流电压。如果可以测量到+310V 电压，说明 310V 电容器正常，也同时说明抗干扰电路、整流桥均正常，故障可能是开关电源其他电路引起的；如果测量的电压为零，则表明抗干扰电路及整流滤波电路有开路性故障，接着检查这些电路中是否有断线或元件虚焊的情况；如果测量的电压低于 250V，则可能是整流二极管有开路或滤波电容器失容损坏。

提示

先通电检查快速区分故障范围。对这种检查有人认为不合适，因为若有短路元件可能会引起更大的损坏。实际上，用户在发现传真机有故障时，总是经过长时间开机等待，证实有故障，不能正常工作后才送修的。因此，如果有严重短路的故障元件，早在用户开机等待过程中已发生连带损坏，而不是在维修时发生，既使发生该种情况也纯属巧合。

2. 检修流程图

交流输入抗干扰及整流滤波电路的检修流程如图 8-16 所示。

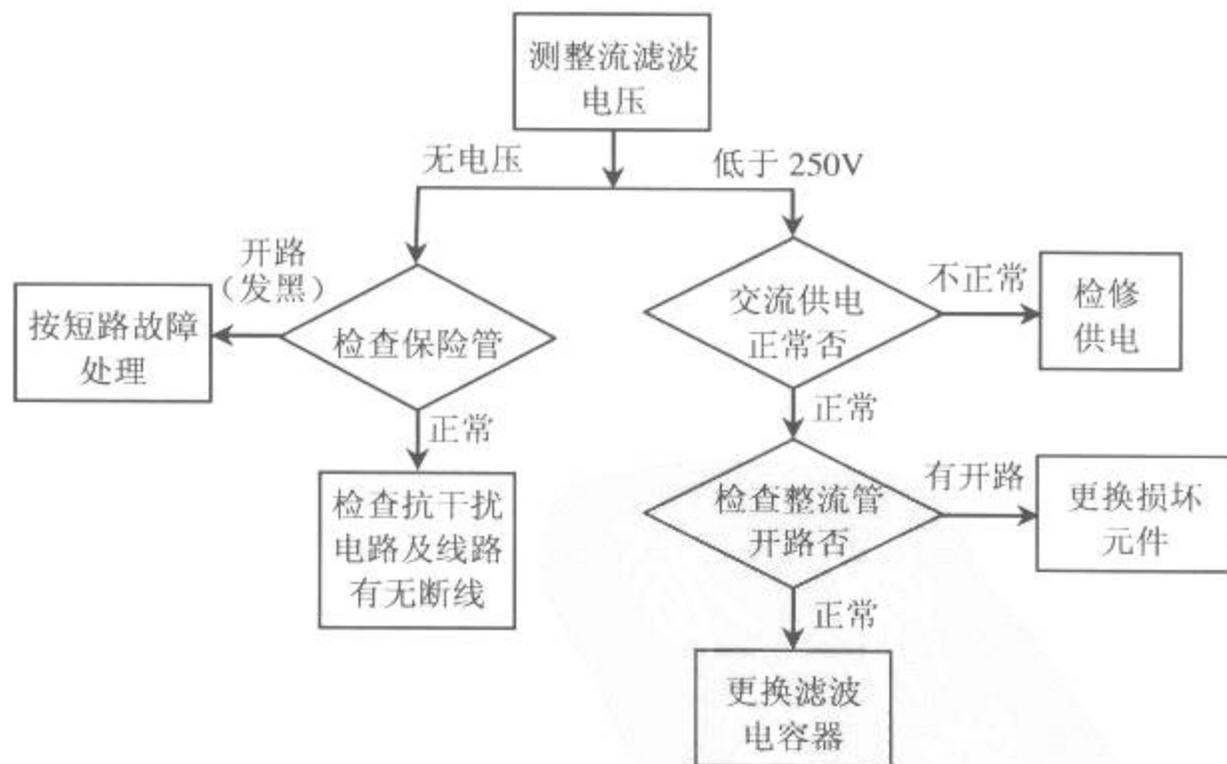


图 8-16 整流滤波电路检修流程图

3. 故障维修方法

传真机交流输入抗干扰及整流滤波电路故障检修方法如下：



① 首先直观检查。通过直观检查能发现保险管是否发黑，若有明显损坏元件，将其拆除（滤波电容器可立即更换，保险管及开关管可暂不接入电路）。

② 用电阻法检查保险管是否开路。当发现保险管开路或有严重发黑情况下，表明有短路故障存在，不能立即装上保险管开机，必须排除短路故障元件后，才可装上保险管试机，否则会再遭损坏。正确的检查处理过程如下（以佳能传真机电源为例，如图 8-15 所示）：

① 首先用万用表电阻挡检测 A、B 两端电阻，若阻值很小，说明 C101、C102、及 VSR101 中有短路元件，或者整流桥中整流管有击穿短路损坏，可逐一检查并更换损坏的元件。直至阻值恢复正常。

② 测滤波电容器 C105 正极对地电阻，指针万用表红表笔接电容器负极，黑表笔接电容器正极。数字万用表红表笔接电容器正极，黑表笔接电容器负极。若阻值很小，表明有短路元件。

③ 接着脱开电容器 C105 正极与开关管的连接，再一次检查 C105 两端电阻是否恢复正常。若正常，则是开关管击穿短路，否则继续查找短路元件。有时，不能很容易地找出短路故障元件，通过以上检查没有问题，装上保险管后开机就烧保险，大多是滤波电容器 C105 软击穿。

④ 最后复查。在不接开关管情况下，装上保险管，通上交流电，检测 C105 两端直流电压是否恢复正常。如果测量的电压高于 220V 又低于 280V，则可能是滤波电容器 C808 失容，可直接更换。如果更换电容器后，测量 C105 两端的电压在 220V 左右时，说明有一个或两个整流二极管开路，检查并更换后即可排除故障。

8.5.2 启动电路的检修流程及测试点

1. 故障分析

启动电路发生故障时，会造成脉冲产生电路不能进入工作状态，开关电源将不工作，无输出。

启动电路比较简单，一般只有启动电阻和电容器。但在不同机型中，结构有所不同。如图 8-17 所示为佳能传真机启动电路，其特点是将交流市电通过 C110、D102 及 D101 半波整流后为 UC3842 提供启动电压。当 C110、D102、D101 开路后，UC3842 得不到工作电压将不工作，不能输出驱动脉冲，开关电源不工作，无输出。

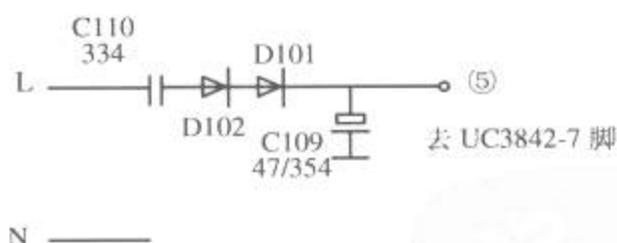


图 8-17 佳能传真机启动电路

2. 检修方法

传真机启动电路的检修方法如下：

在不接开关管的情况下，给传真机加电，然后测量 P3-⑤脚电压（UC3842 第 7 脚电压），结果有三种情况：无电压、电压偏低、有在 10~15V 间波动的电压。

(1) 若测得结果为无电压，表明 C110 或 D102、D101 有开路，可分别检查确定并更换损坏元件。若 UC3842-7 脚内部短路，也会引起该点电压很低。



- (2) 若实际能测得波动电压, 表明启动电路正常。同时, 也可反映出 UC3842 基本正常。
 (3) 如果电压偏低, 一般是电容 C109 失容, 可直接更换即可。

3. 检修流程

通电测量 UC3842 第 7 脚电压, 若有 10~15V 的直流电压, 表明启动电路正常。传真机启动电路的检修流程如图 8-18 所示。

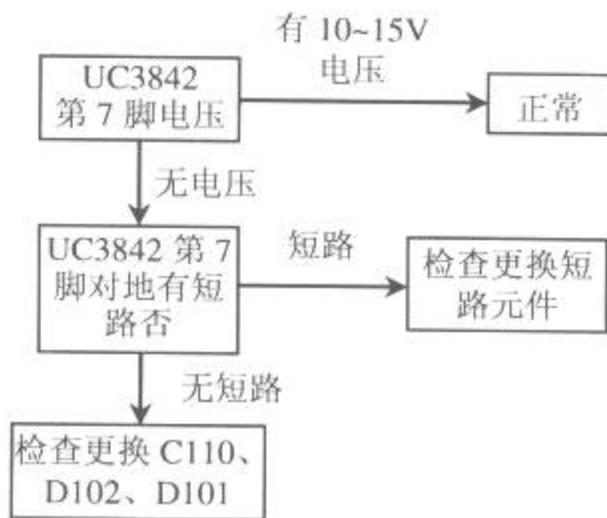


图 8-18 传真机启动电路检修流程

8.5.3 脉冲产生及输出电路的检修流程及测试点

1. 故障分析

脉冲产生及输出电路的常见故障主要是 UC3842 第 6 脚无脉冲输出, 造成开关电源不工作, 无输出。

2. 故障维修

脉冲产生及输出电路故障维修方法如下 (参考图 8-9):

01 首先检查 UC3842 第 6 脚电压, 结果有两种情况:

① UC3842 第 6 脚有 0~3V 的波动电压输出, 说明开关脉冲产生电路正常。指针万用表测量时, 可明显看到指针左右摆动, 数字表测量时可看到数字在不停地跳变。当排除负载短路故障后, 可接上开关管进行试机。

② UC3842 第 6 脚无波动电压输出。

02 检查 UC3842 第 8 脚电压, 如果电压不正常, 最常见的是因 UC3842 损坏引起。

03 如果 UC3842 第 8 脚电压正常, 接着检查 UC3842 第 3 脚电压。

04 如果 UC3842 第 3 脚为高电压, 接着检查电阻 R108 和 ZD1, 并更换损坏的元器件。

05 如果 UC3842 第 3 脚为低电压, 接着检查与 UC3842 第 4 脚连接的三极管 Q1 是否击穿。如果被击穿, 更换即可;

06 如果 Q1 没有被击穿, 接着检查定时电阻 R5 及电容器 C7 是否正常。如果不正常, 更换即可。

07 检查光电耦合器是否正常。

08 如果以上检查均正常, 可接上开关管通电试机, 并监测电源的输出电压, 结果有以下几



种情况:

- ① 无输出, 表明电源未工作, 重复以上检修。
- ② 输出电压偏低或偏高, 检修稳压控制电路。
- ③ 无输出但有“吱吱”声, 表明电源处于保护工作状态, 检修负载。

8.5.4 功率变换输出电路的检修流程及测试点

1. 故障分析

功率变换输出电路的常见故障主要有:

- (1) 整流管被击穿短路, 引起电源保护, 有“吱吱”声。
- (2) 负载短路, 电源工作于保护状态, 无输出。
- (3) 滤波电容器失容, 造成某一路输出电压过低。

2. 故障维修

对于功率变换输出电路的故障, 主要是采用电阻法检查输出电路是否有短路, 具体检修方法如下:

❶ 首先检查开关变压器次级各整流管负端对地电阻是否正常。如不正常, 检查负载是否短路; 如果负载短路, 排除短路故障。

❷ 检查整流管及其上并联的小电容器是否损坏。如果损坏, 更换即可; 如果没有损坏, 检查二极管是否正常。由于二极管软击穿或者反向漏电时, 用数字万用表难以有效地检测出来, 最好用指针万用表检测, 检测效果更为明显。

8.5.5 稳压控制电路的检修流程及测试点

1. 故障分析

稳压控制电路的常见故障主要包括:

- (1) 输出电压偏低或偏高。
- (2) 因稳压控制电路故障造成电源输出电压过高。这种情况下, 开关管大多被击穿损坏, 也可能是电源进入过压保护状态而无输出。

开关电源的稳压控制电路大多采用间接取样, 通常都用取样绕组获得取样电压, 兼做 UC3842 的工作电压, 参考图 8-9。其电路组成也比较简单, 但在佳能传真机电源中, 这两者是分开的。UC3842 的工作电源由一只专用绕组经 D103、C109 整流滤波后提供, 当其开路或 C109 失容时, 会引起输出电压偏低或无输出, 取样电压取自 +24V 输出电压。

2. 故障维修

稳压控制电路故障的检修方法如下 (参考图 8-13)。

- ❶ 首先检查 VR801 是否正常, 如果不正常, 更换即可。
- ❷ 如果 VR801 正常, 接着检查 TL431 是否正常。如果不正常, 更换 TL431。
- ❸ 如果正常, 接着检查光电耦合器是否正常。如果不正常, 更换光电耦合器。



8.5.6 保护电路的检修流程及测试点

1. 过流保护电路故障检修

参考图 8-14 所示电路。当负载端发生短路性故障时，流过开关管的电流将会大幅增大，在过流保护取样电阻 R108 上的电压将升高，这一电压通过电阻 R107 送到 UC3842 第 3 脚，从而启动过流保护。过流保护时，常可以听到电源发出的“吱吱”声或“嗒嗒”声，电源无输出。若能听到电源发出的“吱吱”声或“嗒嗒”声，也能反映出过流保护电路是正常的。

当过流保护电路中的 R108 出现故障(开路)时，通常会引起 UC3842 第 3 脚电压过高，UC3842 第 6 脚不输出开关驱动脉冲，开关电源不工作或电源电路不输出直流电等现象。

过流保护电路出现故障后，可以用电阻法检查过流保护取样电阻 R108，如果开路，更换即可，若是阻值增大，将会引起负载能力低，输出电压不稳定。

2. 过压保护电路故障检修

参考图 8-14 所示电路。输入输出过压保护均由稳压二极管 ZD1 及 UC3842 第 3 脚内电路组成。

在电源输出电压过高引起保护时，我们是难以检查到输出电压升高的。如果过压保护失效，开关电源在发生输出电压过高时，开关管必损坏。而在 ZD1 击穿时，电路处于保护状态，电源不输出直流电压。因此在检修电源时，若开关管没有损坏而电源无输出，要检查 ZD1 是否短路，在开关管损坏时，则要检查稳压控制电路。

另外，如果输入电压过低，经启动电路得到的电压过低，将使 UC3842 不能启动，电源也将不工作。

8.6

动手实践（共 4 例）

本节以佳能传真机为例，讲解动手测量传真机电源电路的方法与步骤，以帮助读者快速掌握传真机电源电路的维修方法。如图 8-19 所示为佳能传真机电源电路板正面图。

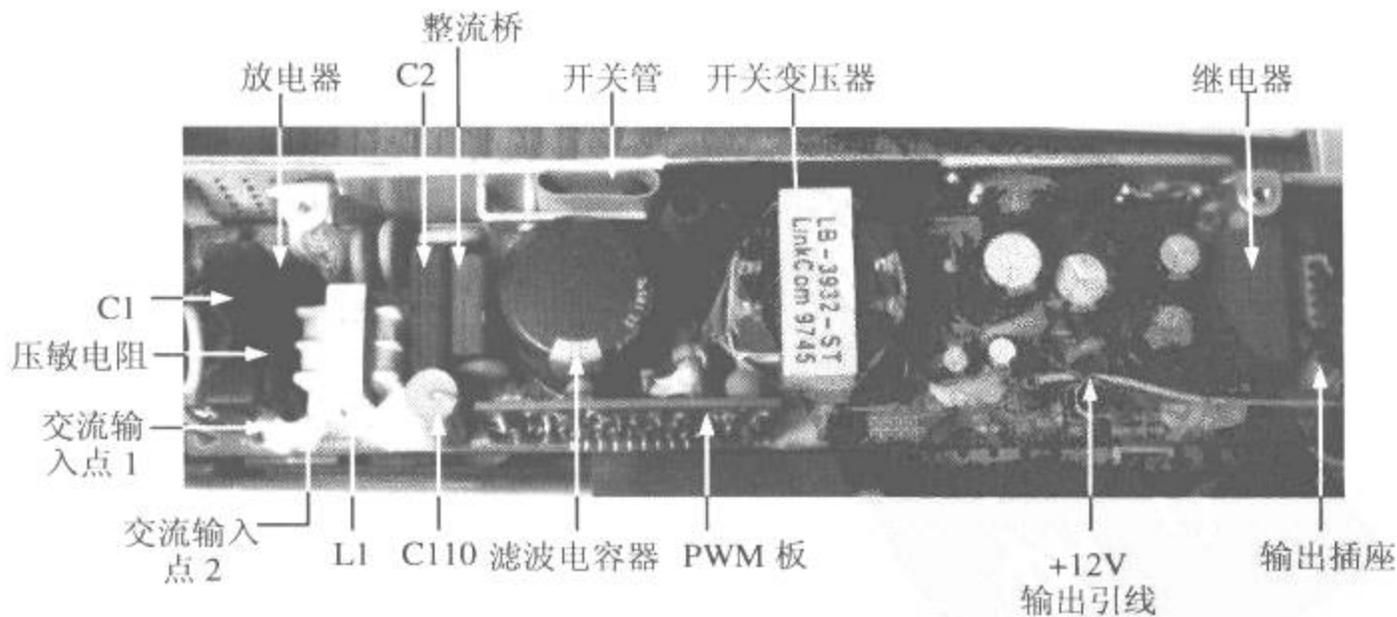


图 8-19 佳能传真机电源电路板正面图



● 提示

图中电源电路板中有一块小电路板，此板就是 PWM 脉冲产生板。

8.6.1 整流滤波电路动手实践

由于在电源板的背面印刷电路板上没有对电子元件进行编号，使得从背面辨认元件有困难，所以我们在电路板背面用长方形框指出了元件，读者可参看电路图进行实践。如图 8-20 所示为电源电路板中的整流滤波电路背面图。

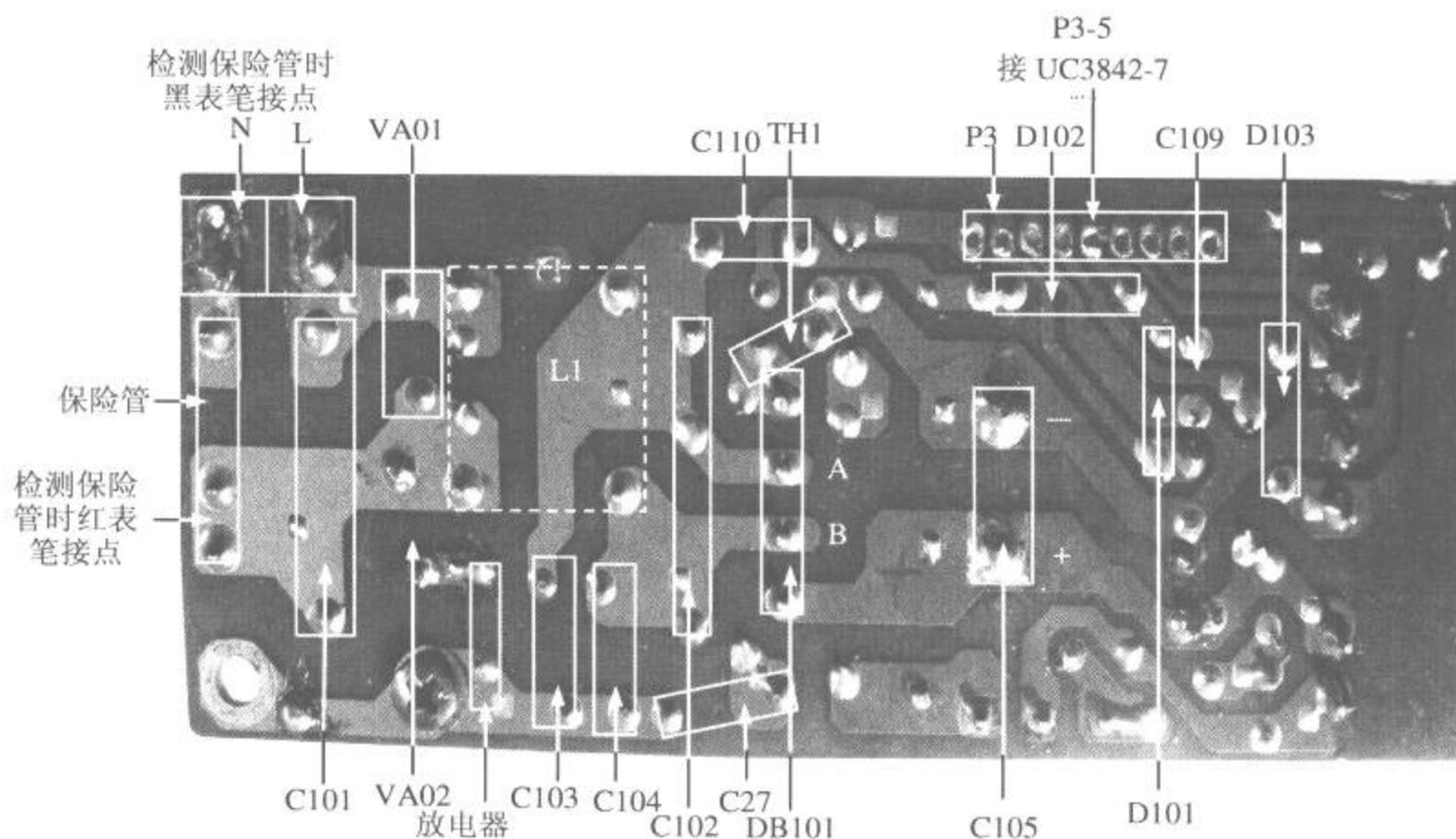


图 8-20 整流滤波电路板背面图

1. 电阻测量

在关闭电源的情况下进行如下测量：

- 01 首先用电阻法检测保险管。
- 02 分别测量 L 点、N 点到 DB101 的通路。
- 03 测量 C101 两端电阻。
- 04 测量 C105 正极对负极电阻。

2. 电压测量

在通电情况下进行如下测量：

- 01 测量 A、B 两端交流电压（参考图 8-20）。
- 02 测量 C105 正极对负极电压。



8.6.2 启动电路动手实践

启动电路由 C110、D102、D101 及 C109 等组成。对于启动电路，读者主要掌握启动电路的线路分布。启动电路实践方法如下（参考图 8-20）：

- 01 测量交流输入端经 C110、D102、D101、P3-5 和 UC3842-7 脚的通路。
- 02 开机状态下电压测量 C109 两端电压。

8.6.3 低压整流输出电路动手实践

低压整流输出电路主要包括+5V 电压输出电路、-5V 电压输出电路、+12V 电压输出电路、+24V 电压输出电路等。如图 8-21 所示为低压整流输出电路板背面图。

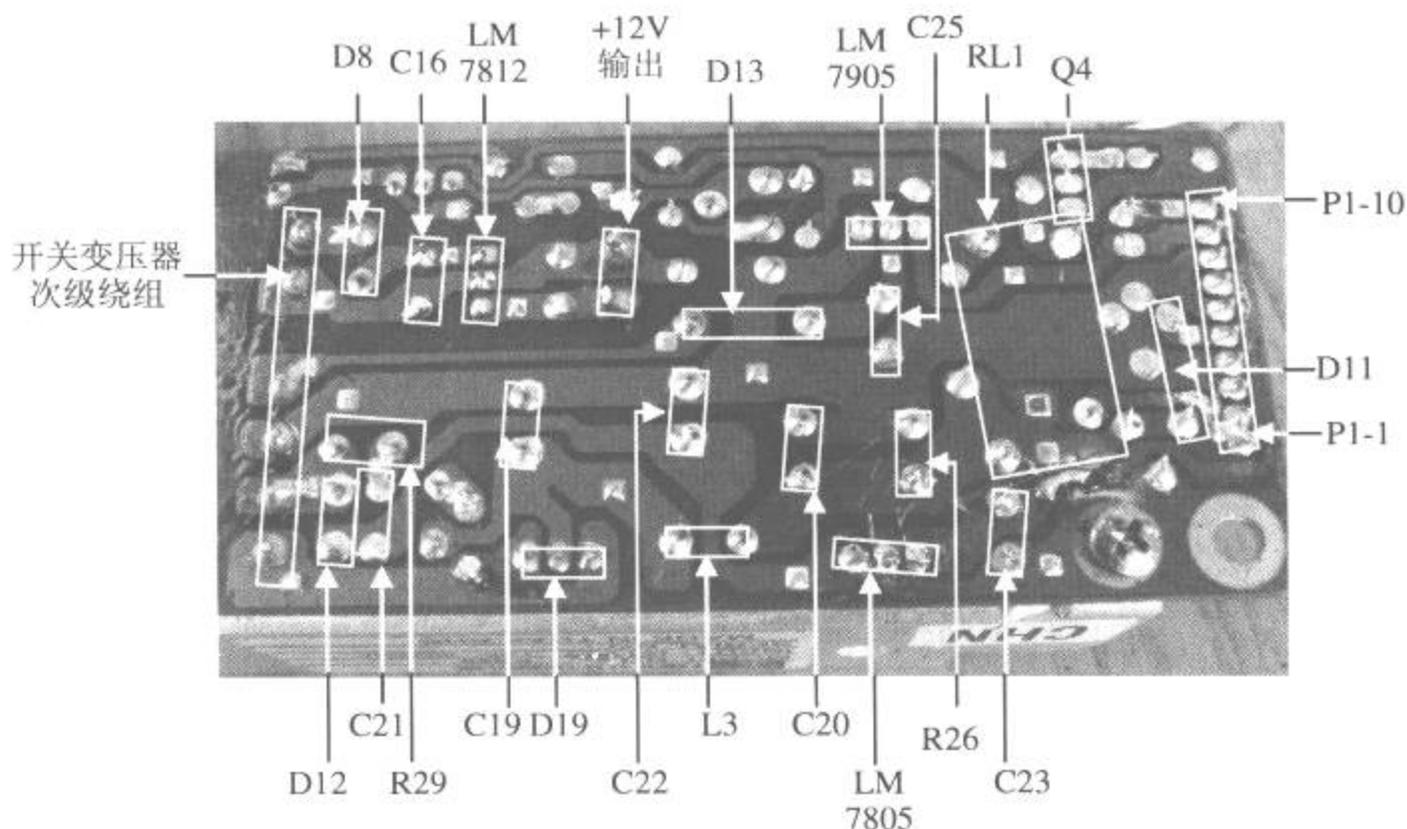


图 8-21 低压整流输出电路板背面图

1. +5V 电压输出电路实践

参考图 8-21，+5V 电压输出电路主要由开关变压器绕组、D12、R29、C21、C22、LM7805 及 C23 等组成。

+5V 电压输出电路的实践方法如下：

- 01 测量 D12 正极至 P1-7 的通路。测量电容器 C22、C23 正极对地电阻。
- 02 在开机状态下测量电容器 C22、C23 两端电压。

2. -5V 电压输出电路实践

参考图 8-21，-5V 电压输出电路主要由开关变压器绕组、D13、C25、LM7905 等组成。-5V 电压输出电路的实践方法如下：

- 01 测量 D13 正极至 P1-9 的通路。测量 C25、P1-9 对地电阻。



02 在开机态下测量 C25、P1-9 对地电压。

3. +12V 电压输出电路实践

+12V 电压输出电路主要由开关变压器绕组、D8、C16、LM7812 等组成，参考图 8-21 所示电路。

+12V 电压输出电路的实践方法如下：

01 测量 D8 负极对地电阻和输出端两端间电阻。

02 在开机态下测量 D8 负极对地电压，测量输出端两线间电压。

● 注 意

该组输出电压地线独立于其他输出电压。

4. +24V 电压输出电路实践

+24V 电压输出电路主要由开关变压器绕组、D19、C19、L3、C20、D11 等组成，参考图 8-21 所示电路。

+24V 电压输出电路实践方法如下：

01 测量 D19 (C19 或 C20) 负极对地电阻。

02 在开机状态下测量 D8 负极对地电压。

8.6.4 稳压控制电路动手实践

稳压控制电路主要由电阻 R24、R23、VR1、TL431、光电耦合器、UC3842 等组成，如图 8-13 所示。

稳压控制电路的实践方法如下：

01 测量从+24V 输出端经电阻 R24 至 R23 通路及至 TL431 的通路。

02 加电后分别测量 IC2 (TL431) 控制极电压和阴极电压，测量光电耦合器 1 脚与 2 脚间电压。

03 测量光电耦合器 3 脚与 4 脚间电压。在测量+24V 输出电压的同时，试微调 VR1，观察输出电压的变化。

8.7

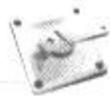
传真机电源电路故障案例

8.7.1 通电不开机，电源指示灯不亮

故障现象：通电不开机，电源指示灯不亮，用户说他的电视机、VCD 传真机都坏了。

故障分析：通过故障现象可说明电源不工作，检修应首先从电源入手。根据从用户了解的情况，原因很可能是电力供应出现了超压，传真机过压保护电路损坏。

拆机检修：拆机后，直观检查没有发现问题，因保险管不透明，看不出好坏。借用万用表检



查，保险管开路。接下来检查整流桥输入两端电阻，阻值几乎为 0，说明有严重短路元件，再测滤波电容器两端电阻，阻值基本正常。通过上述检查可证明抗干扰电路有短路元件。

在传真机电源抗干扰电路中，大多都并接有压敏电阻、防雷击放电器及滤波电容器，不能直接测出哪个元件损坏，因此，采用逐个脱开法进行检查。首先拆下压敏电阻的一个引脚，然后再测电阻，结果恢复正常。将压敏电阻拆下来，去掉外面的热缩胶包装外皮，发现压敏电阻已破裂。更换一只压敏电阻，装上 4A 保险管，然后通电试机。通电后，指示灯点亮，试传真机的外拨电话和接电话功能及收发传真功能均正常。故障排除，装机交付用户。

● 注 意

因传真机与电视机、VCD 等电器的使用不同，一般来说都是一年四季中全天使用，几乎没有停用时间，因此，起过压保护作用的压敏电阻在损坏后要及时更换。

8.7.2 联想传真机开机后不工作

故障现象：联想 5330MFC 传真机，插电后指示灯不亮，整机不工作。

故障分析：根据故障现象分析，指示灯不亮，整机不工作肯定是电源工作不正常。

拆机检修：直观检查发现，电阻 R12、R14 明显烧焦变黑，开关管也已破裂。由此感到该机维修难度很大。保险管肯定也烧毁开路。

为了检修，本人对电源电路进行了详细分析，并根据实物描绘出电源电路图。参看图 8-14 所示电路。对电路图进行分析，R12、R14 能明显烧坏，说明输出电压过高。可以肯定故障是因为稳压控制电路出了故障，过压保护电路又没有及时动作所造成的。

首先将明显损坏的元件拆下来，然后对与损坏元件相关联的电阻进行检查。对开关管损坏的电源，检查负载及稳压取样电路是必不可少的。

电阻法对 L7805 及整流管 D1、D2、D3 检查，基本正常。检查光电耦合器时，发现 1 脚与 2 脚内阻值无穷大，说明光耦已损坏。将以上属电源次级部分的损坏元件全部更换，接下来检查开关电源的初级部分。将开关管拆除，检查 R9、Q3，正常（过流保护元件）；检查 Q1 栅极对地电阻，基本正常，稳压二极管 ZD2 击穿短路；检查 Q4，基本正常（脉宽调制元件）；检查 Q2 时，发现 Q2 及电容器 C8 也都损坏（属尖峰吸收电路）。将以上损坏元件全部更换，检查无误后通电试机。测量输出电压时，在 C19 两端测到只有 4V 左右电压，明显低于正常值+30V。

以上说明开关电源的启动电路和正反馈电路基本正常，输出电压偏低肯定是稳压控制电路中还有故障元件。再一次对稳压控制电路进行全面检查，没有发现问题，维修陷入困境。

此时只有采用模拟法检查。首先在 C19 两端接好万用表以便观察输出电压，然后，接通电源，用一把镊子将光电耦合器 3 脚与 4 脚短路，发现输出电压不变，还有输出，由此证明故障出在脉宽调制电路。该电路只有两个可疑元件，即 Q2 及稳压管 ZD1，在前面检查时，用数字万用表电阻挡检查正常，漏过了故障元件。

前面提过，数字万用表检查软击穿的二极管和三极管时，效果不好。将 Q2 拆下来用指针万用表 R×10k 档检查 c-e 结，发现有 3kΩ 左右电阻，证实 Q2 确已软击穿。将 Q4 更换后试机，输出电压稳定，故障排除。

最后，拆除万用表，将电源板整理好，装回到传真机内，试机，一切正常。故障排除，交付使用。



分析总结：该电源由于稳压控制电路中有故障，导致输出电压过高，过高的输出电压将电阻 R12、R14 烧毁，并将光电耦合器中的二极管烧毁开路；之后，由于电源工作于不受控制状态，电源反馈绕组获得的高电压又击穿稳压二极管 ZD2；继而，开关变压器主绕组的反峰高压将尖峰吸收电路损坏，开关管在反峰高压下也被击穿；最后，熔断保险管。

维修难点：Q4 不良，有软击穿是检修难度增大的主要原因。人为短路 U2 的 3 与 4 脚，仍有输出电压，可证明 Q4 不良。另外，Q2 与 C8 与输出也有很大关系，C8 开路时，输出电压会升高。

8.8

技能点拨

要点总结：

本章主要讲解传真机电源的工作原理及维修方法。

(1) 首先简要介绍了传真机的种类及性能要求：传真机的工作性质决定了要能自动供电，对雷击要有一定的抵抗能力及对交流供电的超压及欠压保护功能。

(2) 以佳能 FAX11 传真机为例，介绍了传真机电源的结构、工作原理，对电源易发故障进行了分析，重点介绍了电源故障的检修流程及主要测试点。

(3) 本章用实物图示的方法指导读者进行实践，通过实践确认主要检测点，掌握检修方法。

(4) 本章最后通过一些故障检修实例帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法，不断提高维修技能。

重点掌握：

(1) 传真机电源电路结构，对于分析判断故障点至关重要。

(2) 确认主要检测点，熟练掌握检测方法。

(3) 融会贯通不同故障现象的检修流程。