

技成培训网

www.jcpeixun.com

从入门到精通

系列
丛书

电路识图

从

到

入门精通

▶ 孙立群 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

电路识图

从入门到精通



封面设计：董福彬



分类建议：家电维修 / 电子基础
人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn

ISBN 978-7-115-24104-7



9 787115 241047 >

ISBN 978-7-115-24104-7

定价：35.00 元

电路识图

从入门到精通

► 孙立群 编著

人民邮电出版社
北京



图书在版编目(CIP)数据

电路识图从入门到精通 / 孙立群编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011.1
(从入门到精通系列丛书)
ISBN 978-7-115-24104-7

I. ①电… II. ①孙… III. ①电子电路—识图法
IV. ①TN710

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第195939号

内 容 提 要

本书是一本帮助读者快速掌握家用电器、通信产品、办公电子产品电路图识图方法的书籍。本书通过“入门篇”和“精通篇”循序渐进、由浅入深地介绍了电路图的基础知识、典型单元电路的识图方法,以及典型小家电、电动车、洗衣机、电冰箱、空调器、彩色电视机等电器的电路图识图技巧。因此,本书可指导维修人员和维修爱好者快速入门,逐渐精通,成为电路识图的行家里手,还可帮助维修人员进一步提高维修技能。

本书内容深入浅出,通俗易懂,图文并茂,覆盖面广,具有较强的实用性和可操作性,适合广大家电维修人员和电子爱好者阅读、参考,也可作为家电维修培训用书。

从入门到精通系列丛书
电路识图从入门到精通

- ◆ 编 著 孙立群
责任编辑 付方明
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子信件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.5
字数: 473千字
印数: 1-4000册

2011年1月第1版
2011年1月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-24104-7

定价: 35.00元

读者服务热线: (010)67129264 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号



前 言

随着家用电器的种类越来越多，不同种类的电路图随之出现，这给一些维修人员和电子爱好者的识图带来了一定的困难。为了解决这个难题，我们编写了该书。本书根据循序渐进、由浅入深的原则分为“入门篇”和“精通篇”。

“入门篇”主要介绍了电路图的基础知识，强电电路识图方法，强电电路用电子元器件的识别及其应用电路，典型小家电、洗衣机、电冰箱、空调器强电电气电路的识图方法，电子元器件功能、符号、特性，电子电路识图方法与技巧，典型单元电路识图方法与技巧。掌握本篇内容，是维修和调试小家电、洗衣机、空调器的基础。

“精通篇”介绍了智能控制型电饭锅、蒸炖煲、电饼铛、抽油烟机、电热水器、消毒柜、洗碗机、微波炉、电磁炉、豆浆机等小家电电路的识图，介绍了电动车充电器、电动车控制器电路的识图，介绍了智能控制型洗衣机、电冰箱、空调器电路的识图，最后介绍了彩色电视机电路识图方法。通过本篇的学习，就可以精通电子电路图的识读方法。

本书力求做到深入浅出、点面结合、图文并茂、通俗易懂、好学实用。

参加本书编写的还有宿宇、王忠富、郭立祥、陈鸿、张燕、赵宗军、王明举、李杰等同志，在这里表示衷心的感谢。

作 者



目 录

入 门 篇

第一章 初识电路图	1
第一节 电路的功能、组成	1
一、什么是电路	1
二、电路的基本组成	1
三、电路的状态	2
第二节 电路图的解读与绘制规则	2
一、什么是电路图	2
二、电路图的功能	2
三、电路图的分类	2
四、电路图的组成	3
五、电路图的绘制规则	6
第二章 强电电路的识图基础	8
第一节 强电电路识图方法	8
一、强电电路图的特点	8
二、强电电路图的种类	8
三、强电电路图的识图方法	9
第二节 强电电路使用的电子元器件及其应用电路	10
一、电阻	10
二、电容	12
三、二极管	14
四、晶闸管	19
五、开关	21
六、熔断器	21
七、电加热器	22
八、定时器	23
九、温控器	24
十、交流电动机	26
十一、压缩机	27
十二、压缩机启动器、过载保护器	28
十三、电磁阀	30
十四、蜂鸣器	34

第三章 典型强电电路识图	35
第一节 典型小家电电路识图	35
一、电饭锅	35
二、电烤炉	36
三、电炒锅	36
四、吸尘器	36
五、调光型台灯	37
六、电吹风	38
七、普通吸油烟机	39
八、机械控制式电风扇	39
九、机械控制单热式饮水机	40
十、机械控制式微波炉	41
十一、机械控制式全自动洗碗机	41
第二节 洗衣机电路识图	43
一、普通双桶洗衣机电路	43
二、波轮全自动洗衣机	44
三、滚筒全自动洗衣机	47
第三节 电冰箱电路识图	51
一、直冷式电冰箱电路	51
二、双温双控直冷式电冰箱电路	55
三、间冷式电冰箱电路	55
第四节 空调器电路识图	57
一、单相电空调器室外机电气接线图	57
二、三相电空调器室外机电气接线图	58
第四章 电子元器件功能、符号、特性	59
第一节 电子元器件与电子电路的关系	59
第二节 普通电子元器件识别与典型应用电路	59
一、电阻	59
二、电容	62
三、二极管	65
四、三极管	69
五、场效应管	76
六、IGBT	77
七、电感线圈	78
八、变压器	80
九、继电器	83
十、光电耦合器	90

十一、扬声器	91
十二、蜂鸣片和蜂鸣器	92
十三、传声器	93
十四、传感器	95
十五、晶体振荡器	100
十六、陶瓷元件	101
十七、LED 数码管	102
十八、直流电动机	103
第三节 集成电路识别与典型应用电路	106
一、集成电路的构成、特点	106
二、集成电路的分类	107
三、模拟集成电路	107
四、数字集成电路	113
五、混合集成电路	118
第五章 电子电路识图方法与技巧	124
第一节 电子电路图的特点、学习方法	124
一、电子电路图的特点	124
二、电子电路图的识图学习技巧	124
第二节 电子电路图的分类及识图	124
一、原理图	124
二、方框图	125
三、印制电路板图	129
第三节 复杂电路的识图技巧	131
一、通过了解功能识图	131
二、通过化整为零识图	131
三、根据元器件特点识图	132
四、根据供电走向识图	132
五、根据信号流程识图	132
六、根据交流等效电路识图	132
七、直流等效电路分析法	133
第六章 典型基本单元电路识图方法与技巧	134
第一节 三极管放大电路识图	134
一、三极管单级放大电路识图	134
二、三极管两级放大电路识图	136
三、负反馈型三极管放大电路识图	138
第二节 功率放大电路识图	140
一、甲、乙类功率放大器识图	140

二、OTL 功率放大器识图	142
三、OCL 功率放大器识图	143
四、BTL 功率放大器识图	144
第三节 振荡电路识图	144
一、三点式振荡器	144
二、晶体振荡器	146
三、RC 振荡器	147
四、多谐振荡器	149
第四节 电源电路识图	151
一、线性稳压电源电路	151
二、开关电源电路	152

精 通 篇

第七章 智能控制型小家电电路识图	158
第一节 智能控制型厨房电器电路识图	158
一、智能控制型电饭锅	158
二、智能控制型电子蒸炖煲	161
三、智能控制型电饼铛	162
四、智能控制型电烤炉	164
五、智能控制型抽油烟机	165
六、智能控制型消毒柜	168
七、智能控制型微波炉	169
八、智能控制型电磁炉	174
九、智能控制型洗碗机	184
十、智能控制型豆浆机	188
第二节 饮水机、热水器电路识图	190
一、智能单热式饮水机	190
二、智能冷热式饮水机	192
三、智能型电热水器	193
第三节 加湿器、电风扇电路识图	197
一、超声波加湿器	197
二、智能控制型电风扇	198
第四节 电动车充电器、控制器电路识图	202
一、电动车充电器	202
二、电动车控制器	205
第八章 智能控制型洗衣机、电冰箱、空调器电路识图	209
第一节 智能控制型洗衣机电路识图	209

一、海尔小神童全自动波轮洗衣机	209
二、荣事达全自动洗衣机	214
第二节 智能控制型电冰箱电路识图	217
一、双开门电冰箱	217
二、对开门电冰箱	221
第三节 智能控制型空调器电路识图	236
一、普通智能控制型空调器	236
二、变频空调器	242
第九章 彩色电视机电路识图	261
第一节 新型 CRT 彩色电视机电路识图	261
一、TDA935×/6×/8×超级单片的实用资料	261
二、康佳 K 型彩色电视机构成方框图与单元电路作用	261
三、CPU 电路	265
四、节目接收、图像通道电路	267
五、视频信号处理电路	271
六、视频输出放大及附属电路	273
七、音频信号处理电路	275
八、行/场扫描电路	282
九、电源电路	286
第二节 液晶彩色电视机电路识图	292
一、液晶彩色电视机的构成与特点	292
二、液晶彩色电视机典型电路识图	293



第一章 初识电路图

电气设备修理人员、电路设计工作人员只有通过分析电路图，了解了电路的功能和工作原理后，才能快速完成本职工作。

第一节 电路的功能、组成

一、什么是电路

电路是由各种元器件（或电工设备）按一定方式连接起来的一个总体，也就是为电流流通提供回路的路径。

二、电路的基本组成

电路主要由电源、负载、控制器件、导线四部分组成，如图 1-1 所示。

1. 电源

电源是为电路提供能量的部件。日常生活中，家用电器多由市电电压供电，而门铃、手电筒等电器都是由干电池供电的，所以人们通常将市电电压或干电池称为电源。实际电路中，蓄电池、干电池、发电机等装置可以为负载供电，所以它们都是电源。

实际应用中，电源有交流和直流两种，蓄电池、干电池是直流电源，市电电压、交流发电机是交流电源。

2. 负载

负载是使用（消耗）电能的设备或器件，如电动机、加热器、照明灯等。实际应用中，对于市电电压而言，照明灯、电视机、洗衣机、电冰箱等家用电器都是它的负载；而对于手电筒而言，灯泡则是干电池的负载。

3. 控制器件

控制器件是控制电路工作状态的器件或设备，如开关、漏电保护器等。实际应用中，开关就是照明灯电路的控制器件，电饭锅按键内联动的开关就是电饭锅电路的控制器件。

4. 导线

导线的作用是将电气设备或元器件按一定方式连接起来（如各种铜、铝电缆线等）。实际



图 1-1 电路的基本组成

应用中，照明灯线是照明灯电路的导线，而手电筒的外壳也是一种特殊的导线。



提示 在电路中，导线不仅仅是提供回路的线材，也可以将导通的开关、二极管、电感等元器件看作连线，从而使电路变得简单明了。

三、电路的状态

1. 通路

通路是指电源与负载接通，电路中有电流流过，电气设备或元器件获得一定的电压和电功率，进行能量转换。

2. 开路

开路也叫断路，是指电路中没有电流通过。

3. 短路

短路是指负载击穿短路，相当于电源两端的导线直接相连接，会导致电源严重过载。为了防止电源被烧毁或发生火灾，通常要在电路中安装熔断器等保险装置，实现过电流保护。

第二节 电路图的解读与绘制规则

一、什么是电路图

电路图是用各种电气符号、带注释的方框、简化的外形表示系统、设备、装置、元器件相互关系的电气图。

二、电路图的功能

人们在安装、调试、维修和研究电气设备时，只要拿着一张图纸就可以分析电路，而不必把电路板翻来覆去地察看，看电路图不仅省时而且省力。同样，设计电路的工作也可以从容地在纸上或计算机（俗称电脑）上进行，大大提高了工作效率。

三、电路图的分类

1. 强电电路和弱电电路

按照工作电压电路可分为强电电路和弱电电路两种。

(1) 强电电路

强电电路一般指其工作电压超过交流电压 36V 的电路，如家庭中的电灯、台灯、吸油烟机、电饭锅、电热水器、取暖器、电冰箱、空调器、洗衣机等电器，均为强电电气设备。

(2) 弱电电路

弱电电路通常被人们称为电子电路，它一般是指供电电压不足 36V（交流电压）的电路，如电视机、彩色显示器、音响、电磁炉等电气设备的主板电路，以及电脑控制型电冰箱、空调、洗衣机、小家电的电脑板电路，均为弱电电路。

目前，许多电子产品不仅包括强电电路，还包括弱电电路，比如彩色电视机的开关电源

和显像管消磁电路就属于强电电路，而主板电路就属于弱电电路。

2. 电路图按功能分类

电路图按功能可分为原理图、方框图、接线图和印制板图等。

(1) 原理图

原理图就是用来体现电路的工作原理的一种电路图，又被称为“电路原理图或电原理图”。这种电路图直接体现了电路的结构和工作原理，主要用于设计、分析电路。分析电路时，通过识别图纸上所画的各种电路元器件符号以及它们之间的连接方式，就可以了解电路的实际工作情况。因此，原理图除了详细地表明电路的工作原理外，还可以用来作为采集元器件、制作电路的依据。

(2) 方框图

方框图是一种用方框和连线来表示电路工作原理和构成概况的电路图。从根本上讲，这是一种特殊的原理图。它和上面的原理图主要的区别就在于原理图上详细地绘制了电路全部的元器件和它们的连接方式，而方框图只是简单地将电路按功能划分为几个部分，将每一个部分描绘成一个方框，在方框中加上简单的文字说明，在方框间用连线（有时用带箭头的连线）说明各个方框之间的关系。因此，方框图只能大致说明电路的工作原理。

实际工作中，通过对方框图的识图就可以大致了解电路的整体功能，方框图分得越细就越容易了解电路的功能和工作原理。

(3) 接线图

接线图表示的是强电电气产品的整件、部件内部的接线情况。它是根据电路原理图的要求，按照设备中各元器件和接线位置的相对位置绘制的，主要表达各元器件和装配的相对位置关系和接线点的实际位置，与接线无关的元器件或零部件可以省略不画。

实际工作中，接线图多与原理图结合使用，维修人员就可以方便地找到某个元器件和其实际位置。

(4) 印制板图

印制板图的全名是印制电路板图，它是供装配实际电路使用的。

印刷电路板是在一块绝缘板上先覆上一层金属箔，再将电路不需要的金属箔腐蚀掉，剩下的部分金属箔作为电路元器件之间的连接线，然后将电路中的元器件安装在这块绝缘板上，利用板上剩余的金属箔作为元器件之间导电的连线，完成电路的连接。由于这种电路板的一面或两面覆的是铜皮，所以印制电路板又叫“覆铜板”。由于印制电路板在设计中，不仅要考虑所有元器件的分布和连接是否合理，还要考虑元器件的体积、散热等问题，所以印制板图和原理图相差较多。

随着科技的发展，现在印制电路板的制作技术已经有了很大的提高，除了单面板、双面板外，还有多面板，已经大量运用到日常生活、工业生产、国防建设、航天等许多领域。

四、电路图的组成

由于电气产品是由众多的电子元器件构成的，所以电路图就会通过对应的电路符号反映电路的构成，而这些电路符号需要连线连接，并且还要对其进行注释。因此，电路图主要由元器件符号、绘图符号以及注释（文字符号）三大部分组成。

1. 元器件符号

元器件符号表示实际电路中的元器件，它的形状与实际元器件不一定相似，甚至完全

不一样。但是它一般都表示出了元器件的特点，并且引脚的数量和实际应用的元器件完全相同或基本相同，如电阻、加热器、开关、熔断器、二极管的电路符号，如图 1-2 所示。

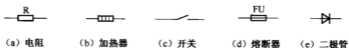


图 1-2 常见元器件的电路符号

2. 绘图符号

电路图中除了元器件符号以外，还必须有表示电压、电流、波形的各种符号，而这些符号需要连线、接地线、导线及连接点等进行连接后，才能形成一幅完整的电路图。常用的绘图符号见表 1-1~表 1-3。

表 1-1 电压、电流符号

图 形 符 号	说 明
—	直流 (文字符号为 DC)
---	直流 (注: 在上一符号可能引起混乱时用本符号)
~	交流 (文字符号为 AC)
~ (low frequency)	低频 (工频或亚音频)
~ (medium frequency)	中频 (音频)
~ (high frequency)	高频 (超高频、载频或射频)
— (with AC symbol)	交直流
~ (with DC symbol)	具有交流分量的整流电流
N	中性 (中性线)
M	中间线
+	正极
-	负极

表 1-2 导线及连接点符号

图 形 符 号	说 明
—	导线
— (with 3 lines)	导线组 (示例为三根导线)
— (with 3 lines and '3')	导线组 (示例为三根导线)
— (with wavy line)	柔软导线
— (with circle)	屏蔽导线
— (with double line)	绞合导线 (示出两股)
— (with circle and dot)	同轴对、同轴电缆
— (with circle and dot and line)	同轴对连接到端子

续表
























图形符号	说明
	屏蔽同轴对、屏蔽同轴电缆
	导线的连接点
	导线的连接
	导线的连接
	导线的多线连接
	导线的交叉连接
	导线的交叉连接单线表示法 (示出 3x3 线)
	导线的交叉连接多线表示法 (示出 3x3 线)
	导线或电缆的分支和合并
	导线的不连接 (跨越)
	导线的不连接单线表示法 (示出 2x3 线)
	导线的不连接多线表示法 (示出 2x3 线)

表 1-3

接地和其他符号

图形符号	说明
	接地, 一般符号
	无噪声接地 (抗干扰接地)
	保护接地
	接机壳或接底板
	接机壳或接底板
	等电位
	故障 (用以表示假定故障位置)
	击穿
	导线间绝缘击穿
	导线对机壳绝缘击穿

续表

图形符号	说明
	导线对地绝缘击穿
	永久磁铁
	测试点指示

3. 注释

电路图中所有的文字、字符都属于注释部分，它也是电路图重要的组成部分。

注释部分主要用来说明元器件的名称、型号、主要参数等，通常紧邻元器件电路符号进行标注，如图 1-2 中的字母“R”和字母“FU”分别表示元器件的符号为电阻和熔断器。另外，许多比较复杂的电路图还对重要的电源电路、特殊装置等部位进行注释。因此，注释部分是电路识图的重要依据之一。

五、电路图的绘制规则

要想学会电路识图，必须要了解电路图的绘制规则。

1. 元器件的排列

首先，各种元器件在电路图上排列时应由左到右、由上到下，电路的输入部分应排在左侧，输出部分排在右侧。其次，元器件的排列方向应与图纸的边缘平行或垂直，尽量避免斜线排列。最后，元器件电路符号的布局要均衡、疏密相间，做到图面整齐、简洁、美观。

2. 导线的画法

电路图上的导线（连线）除了特殊需要，都要求横平竖直，并且折弯处要为直角。下面介绍几种情况下导线的画法。

(1) 导线的连接

在电路图上，导线有几种连接方式，一种是“T”形连接，另一种是“+”形连接。对于“T”形连接的导线，它们的连接点可以加实心黑圆点，也可以不加，如图 1-3 (a) 所示。对于交叉的导线，若这两条线是连接的，则应加黑圆点；若两条线不连接，则不能加黑圆点，如图 1-3 (b) 所示。

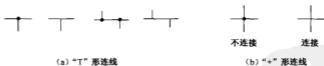


图 1-3 导线的连接状态

(2) 连线的汇总画法

当连线的根数太多时，许多电路图为了减少连线的根数，将多条连线绘制成一条汇总线（该汇总线不加粗），汇合处用 45°角或圆角表示，并在每根汇总线的两端用相同的数字或字符进行标注，如图 1-4 所示。



提示 图 1-4 (a) 所示的单线上的四道斜线表示汇总的线根数为四条。连续的汇总画法属于连续画法的一种，所谓的连续画法是指连线的头和尾是连通的。

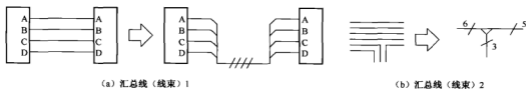


图 1-4 连线的汇总画法

(3) 连线的中断画法

中断画法是指连线的头和尾是中断的，在中断处用相同的数字或字符标注，如图 1-5 所示。



图 1-5 连线的中断画法

3. 可动作元器件的画法

可动作（可操作性）元器件在图中的画法有一定规则，如果没有特别说明，规则如下。

(1) 开关

普通开关处于开路位置，而转换开关处于开路位置或具有代表性的位置，如图 1-6 所示。

(2) 继电器

继电器处于通电前的静止状态，常开型继电器的触点处于断开状态，而常闭型继电器的触点处于接通状态，如图 1-7 所示。



图 1-6 开关画法

图 1-7 继电器的触点状态



提示 有的电路图为了清晰简洁，将继电器的线圈和触点分开画，但它们必须要采用相同的位置代号。另外，交流接触器、干簧管的触点通常也处于断开的位置。

4. 组件的画法

在电路内共同完成一个任务的一组元器件，不论它在实际电路中的位置是否在一起，画图时都可以将它们绘制在一起。有时，也会将该组元器件画上点画轮廓线。

第二章 强电电路的识图基础

第一节 强电电路识图方法

一、强电电路图的特点

1. 结构简单

无论是电饭锅、热水器、微波炉、电风扇等小家电，还是洗衣机、电冰箱、空调器等家用电器的强电电路，其结构都比较简单，元器件较少，仅全自动洗衣机等少部分电器的强电电路比较复杂。

图 2-1 所示是某品牌电热水器电路。通过该图可以发现该热水器的电路比较简单，主要器件是加热管，辅助器件有温控器、超温（过热）保护器和指示灯。

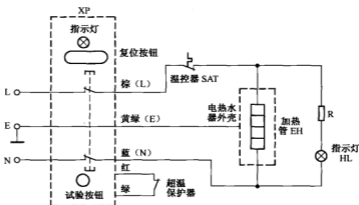


图 2-1 某品牌电热水器电路

2. 元器件特点突出

强电电路的供电电源多为市电电压或经降压后的交流电压，负载多为感性负载和阻性负载，常见的感性负载是电动机、线圈，常见的阻性负载多为加热器或照明灯。图 2-1 中的核心器件就比较突出，是加热管 EH、温控器 SAT 以及超温保护器。

二、强电电路图的种类

由于强电电气设备比较简单，所以电路图主要是原理图，一般不使用印制板图，但许多强电产品会给出接线图。

图 2-2 所示为某品牌洗衣机的电气接线图。通过该图可以看出洗涤电动机、脱水电动机、电容器（运转电容）、定时器和控制开关的安装位置以及它们之间的接线情况，这对电器的安

装和维修有很大的帮助。

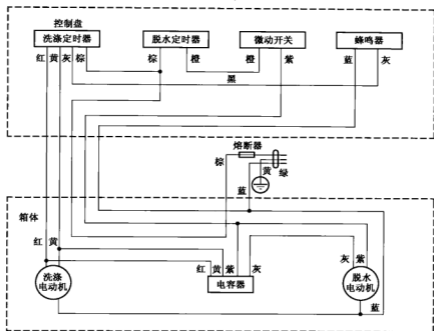


图 2-2 某品牌洗衣机的电气接线图

三、强电电路图的识图方法

1. 应有一定的电工、电子技术基础知识

由于强电电路是由不同的电子元器件构成的，所以识图人员应掌握一定的电工、电子技术知识，这样才能搞清楚电源是如何为负载供电的，控制电路是如何对电路进行控制的，保护电路是如何工作的。

2. 从简单到复杂

初学看电路图，要从易到难、从简单到复杂地进行。一般情况下，电水壶、电饭锅电路要比洗衣机、空调器的强电电路简单，单项控制电路要比系列控制电路简单。再复杂的电路也是由简单的电路组合而成，从看简单电路图开始，熟悉每一个电气符号的含义，掌握每个电气元器件的作用，了解它们的工作原理，就可以逐步掌握电路图的识图方法。

3. 要熟记和会用电气图形符号和文字符号

电路图使用的图形符号和文字符号以及项目代号、接线端子标记等是电气技术文件的“词汇”，就相当于我们写文章时需要的词汇一样。

4. 掌握各类强电电路图的典型电路

典型电路也就是常见的、常用的电路。电饭锅电路、洗衣机电路都是典型的强电电路，掌握这些电路是学习复杂强电电路的基础。

5. 电路图与接线图对比看

电路图与接线图对照起来看，对尽快搞清楚电路的特点和工作原理是十分有益的。看接线图时，要先了解线路的走向和连接方法，并且要熟悉电子元器件的外形。当看到这些元器件的实物时，就应知道它是什么元器件，这对电路图的识图是极为重要的。

第二节 强电电路使用的电子元器件及其应用电路

强电电路是由许多电子元器件和导线构成的，所以掌握这些元器件的实物和电路符号是学习强电电路及电路识图的基础。

一、电阻

1. 电阻的作用

电阻的作用就是阻止电流，也可以说它是一个耗能元件，电流经过它就会发热。电阻在电路中通常起限流、分压、温度检测、过电压保护等作用。强电系统应用的电阻则主要用于限流、分压和过电压保护。

2. 典型电阻的识别

强电电气系统使用的电阻主要是普通电阻和压敏电阻两种。

(1) 普通电阻

普通电阻在电路中通常用字母“R”表示，普通电阻的实物和电路符号如图 2-3 所示。



图 2-3 普通电阻实物和电路符号

(2) 压敏电阻

压敏电阻（VSR）是一种非线性元件，就是在它两端压降超过标称值后阻值会急剧变小的电阻。此类电阻主要用于市电过电压保护或防雷电保护。常见的压敏电阻实物和电路符号如图 2-4 所示，而它在电路中多用字母“ZNR”或“RV”等表示。

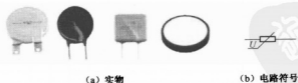


图 2-4 压敏电阻实物和电路符号

3. 电阻的串联

参见图 2-5 (a)，一个电阻的一端接另一个电阻的一端，称为串联。串联后电阻的阻值为这两个电阻阻值之和，即 $R_1 + R_2 = R$ 。比如， R_1 的阻值为 $3.3k\Omega$ ， R_2 的阻值为 $5.1k\Omega$ ，那么 R 的阻值为 $8.4k\Omega$ 。

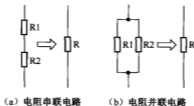


图 2-5 电阻串/并联电路



提示 串联回路中的电流处处相等，也就是流过 R_1 和 R_2 的电流是相等的，与阻值大小无关。而它们两端的压降却与阻值大小有关，也就是阻值越大，压降就越大。

4. 电阻的并联

参见图 2-5 (b)，两个电阻的两端并接，称为并联。并联后电阻的阻值为两个电阻的阻值相乘再除以它们的阻值之和，即 $R = R_1 \times R_2 / (R_1 + R_2)$ 。比如， R_1 、 R_2 都是阻值为 $20k\Omega$ 的电阻，那么 R 的阻值为 $10k\Omega$ 。



提示 并联回路中的电压处处相等，也就是 R_1 和 R_2 的两端的压降是相等的，与阻值大小无关。而流过它们的电流却与阻值大小有关，也就是阻值越小，电流就越大。

5. 电阻的限流功能

限流功能是电阻的最基本功能，只要将电阻串联在电路中，就可以实现限流功能。由欧姆定律 $I = U/R$ 可知，在电压 U 固定时，电阻 R 的阻值越大，电流 I 则越小，说明限流功能越强，反之结果相反。

图 2-6 所示是普通电饭锅的加热电路。煮饭期间，由于主开关（总成开关）接通，限流电阻（电阻丝片）被短接，此时由于加热盘的阻值较小，回路中的电流较大，加热盘功率较大。当饭煮熟后，主开关在磁钢的控制下断开，限流电阻与加热盘串联后接在电路中，由于限流电阻的阻值较大，而加热盘的阻值较小，所以回路中的电流较小，电饭锅工作在保温状态。



图 2-6 普通电饭锅加热电路

6. 电阻的分压功能

分压功能也是电阻的最基本功能之一。图 2-7 所示是由 R_1 、 R_2 构成的最基本的电阻分压电路。由于 R_1 、 R_2 串联，这样在 R_2 两端产生的电压就是输出电压 U_o ， $U_o = U_i \times R_2 / (R_1 + R_2)$ 。假设 U_i 为 $12V$ ， R_1 、 R_2 为 $22k\Omega$ ，则 U_o 为 $6V$ 。

7. 电阻的过电压保护功能

由于压敏电阻是一种非线性元件，当它两端的压降超过标称值后阻值会急剧变小，所以它主要用于市电过电压保护。

图 2-8 所示是利用压敏电阻构成的一种典型市电过电压保护电路。压敏电阻 RV 并联在市电输入回路，当市电电压正常时， RV 的阻值为无穷大，相当于开路，不起任何作用。当市电电压出现浪涌脉冲，使 RV 两端的浪涌电压达到它的标称值后， RV 的阻值急剧减小，电流迅

速增大，使熔断器 FU 迅速熔断，切断市电输入回路，避免用电电路过电压损坏，实现过电压保护。

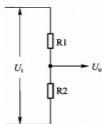


图 2-7 电阻构成的基本分压电路

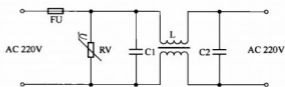


图 2-8 压敏电阻构成的市电过电压保护电路

二、电容

1. 电容的作用

电容的主要物理特征是存储电荷，就像蓄电池一样可以充电 (charge) 和放电 (discharge)。电容在电路中通常用字母 “C” 表示，它在电路中的主要作用是滤波、耦合、延时等。强电电路中的电容的主要作用是市电滤波和市电移相。

2. 电容的特性

与电阻相比，电容的性能相对复杂一点。它的主要特点是：电容两端的电压不能突变。就像一个水缸一样，要将它装满需要一段时间，要将它全部倒空也需要一段时间。电容的这个特性对以后我们分析电路很有用。在电路中电容有通交流、隔直流，通高频、阻低频的功能。

3. 电容的应用

强电电路主要应用的聚苯乙烯电容是采用金属化聚苯乙烯薄膜制成的无极性电容。此类电容具有损耗小、内部温升低、高频性能好、耐高压、负温度系数、阻燃性能好等优点。电动机使用的运转电容和市电滤波用的 MKP 电容都属于聚苯乙烯电容。无极性电容在电路中的符号和常见的电容实物如图 2-9 所示。



(a) 无极性电容的电路符号



(b) 常见电容实物

图 2-9 强电电路电容电路符号和实物

4. 电容的串联

参见图 2-10 (a)，一个电容的一端接另一个电容的一端，称为串联。串联后电容的容量为这两个电容容量相乘再除以它们的容量之和，即 $C = C_1 \times C_2 / (C_1 + C_2)$ 。例如， C_1 、 C_2 是

容量为 $10\mu\text{F}$ 的电容，那它们串联后的容量为 $5\mu\text{F}$ 。由此可见，串联的电容越多，容量会越小，这和电阻构成的并联电路的特性是一样的。

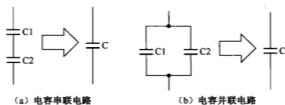


图 2-10 基本的电容串/并联电路



提示 电容串联电路和电阻串联电路一样，就是流过每个电容的电流是一样的，与它们的容量大小无关。但它们两端的压降却与容量的大小有关，也就是容量大的电容两端的压降小，容量小的电容两端的压降大。因此，许多小家电产品采用电容对市电电压进行降压。



注意 在串联电容时，要注意电容的耐压值，以免电容因耐压不足而过电压损坏，导致电容击穿或爆裂。原则上，选用串联的电容耐压值应不低于或略低于原电容的耐压值。

5. 电容的并联

参见图 2-10 (b)，两个电容两端并接，称为并联。并联后电容的容量是这两个电容容量的和，即 $C = C_1 + C_2$ 。电容并联时，电容的耐压值应与原电容相同或高于即可。例如， C_1 、 C_2 是容量为 $4.7\mu\text{F}$ 的电容，那它们并联后的容量为 $9.4\mu\text{F}$ 。由此可见，并联的电容越多，容量就会越大，这和电阻构成的串联电路的特性是一样的。



提示 电容并联电路和电阻并联电路是一样的，就是它们两端的电压相同，流过每个电容的电流是不一样的，与它们的容量大小有关，由于大容量电容的容抗较小，所以大容量电容流过的电流也就越大。

6. 电容的市电滤波功能

图 2-11 所示是电容构成的基本市电滤波电路。市电输入回路并联的 C_1 就是高频滤波电容，它可以市电电网中的高频干扰进行滤波。一般情况下，电容容量越大，对市电中的干扰脉冲滤波效果越好。但由于容量越大的电容其容抗越小，功耗也就越大，所以不能选用容量太大的电容作为市电滤波电容。

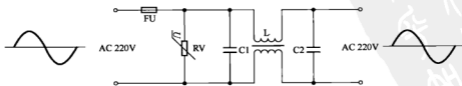


图 2-11 市电滤波电路及波形



提示 由于电容对通过的交流电也有一定的阻碍作用，该阻碍作用被称为“容抗”，因此，有时分析电路时会把电容的容抗理解为特殊的电阻。容抗的大小与电容的容量大小和交流电的频率成反比，即频率越高容抗越小，容量越大容抗越小。

7. 电容的市电移相功能

由于电容具有电流可以突变、电压不能突变的特点，通过电容的电流超前它两端电压 90° ，如图 2-12 所示。

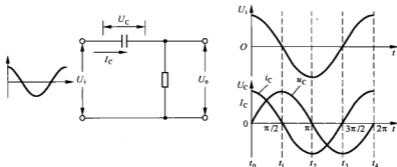


图 2-12 通过电容的电流与电压的关系示意图

三、二极管

1. 二极管的作用

二极管的作用主要有整流、检波、限幅、调制、开关、稳压、发光、混频、阻尼和瞬变电压抑制等。强电电路多采用普通整流二极管和双向触发二极管，而很少采用其他二极管。

2. 二极管的主要特性

二极管最主要的特性是单向导电性。所谓单向导电性可以通过加到二极管两端的电压与流经二极管的电流的关系来说明，这个关系也就是伏安特性，二极管的伏安特性如图 2-13 所示。

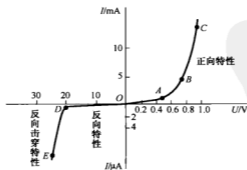


图 2-13 二极管的伏安特性曲线



提示 该特性曲线只适用于普通二极管，而对于稳压管、发光二极管等特殊二极管是不适用的，它们有自己的伏安特性曲线。

(1) 正向特性

加到二极管两端的正向电压低于死区电压时（锗管低于 0.1V，硅管低于 0.5V），管子不导通，处于“死区”状态；当正向电压超过死区电压，达到起始电压后，二极管开始导通。二极管导通后，电流会随着电压稍微增大而急剧增加。不同材料的二极管，起始电压不同，硅管为 0.5~0.7V，锗管为 0.1~0.3V。通过正向特性曲线发现，*AB* 间的曲线是弯曲的，所以该区域为非线性区域；*BC* 间的曲线较直，所以称为线性区域。

(2) 反向特性

当二极管两端加上反向电压时，反向电流应该很小，随着反向电压逐渐增大时，反向电流也基本不变，这时的电流称为反向饱和电流（见曲线的 *OD* 段）。不同材料的二极管的反向电流大小不同，硅管为 1 μ A 到几十微安，锗管可高达数百微安。另外，反向电流容易受温度变化的影响，所以锗管的稳定性比硅管差。

当反向电压增加到某一数值时，反向电流急剧增大，这种现象称为反向击穿（见曲线的 *DE* 段），这时的反向电压称为反向击穿电压。不同结构、工艺和材料制成的二极管，其反向击穿电压值有较大不同，最高可达数千伏。

(3) 频率特性

由于二极管的 PN 结存在结电容，该结电容在频率高到某一程度时容抗减小，使 PN 结短路，致使二极管失去单向导电性，无法工作。PN 结面积越大，结电容也越大，高频性能越差。

(4) 击穿特性

二极管的击穿特性包括电击穿和热击穿两种。

① 电击穿。电击穿不是永久性击穿。切断加在二极管两端的反向电压后，它能恢复正常的特性，二极管不会损坏，但可能会有损伤。

② 热击穿。热击穿是永久性击穿。当二极管处于较长时间的电击穿状态时，管内的 PN 结因长时间大电流而过热，导致二极管因过热而出现永久性的击穿，此时即使切断加在二极管两端的反向电压，它也不能恢复正常的特性。

3. 整流二极管

(1) 识别

普通整流二极管是利用二极管的单向导电性来工作的，有两个引脚，它根据功率大小有塑料封装和金属封装两种结构，如图 2-14 所示。普通整流二极管多用于低频整流，典型的塑料封装普通二极管有 1N4001~1N4007（1A）、1N5401~1N5408（3A）等。



图 2-14 普通整流二极管实物和电路符号

(2) 整流功能

整流是二极管的最主要功能。整流方式主要有半波整流、全波整流、桥式整流和倍压整流。强电电路多采用半波整流和桥式整流两种方式。

① 半波整流。图 2-15 所示是典型的半波整流电路及波形。所谓的半波整流就是采用一个二极管作为整流管。

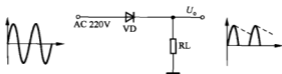


图 2-15 典型的半波整流电路及波形

市电电压为正半周（上正、下负）时，二极管 VD 导通，于是市电电压通过 VD 和负载 RL 构成的半波整流回路整流后，为负载供电；当市电电压为负半周（上负、下正）时，VD 反偏截止，负载无供电电压。这样，市电电压经 VD 的整流后产生直流脉动电压。

② 全波整流。图 2-16 所示是典型的全波整流电路及波形。它与半波整流电路不同的是不仅采用了两只二极管作为整流管，而且需要设置变压器。

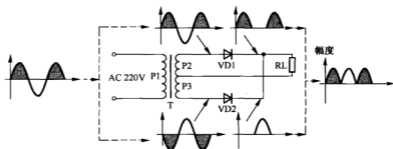


图 2-16 典型的全波整流电路及波形

当市电电压为正半周（上正、下负）时，变压器 T 的二次绕组 P2、P3 输出的交流电压为上正、下负。此时，P2 绕组输出的交流电压通过 VD1、RL 构成的回路进行整流，为负载 RL 供电；P3 绕组输出的交流电压使 VD2 反偏截止。因此，市电电压正半周期间，RL 由 VD1 整流后的电压供电。

当市电电压为负半周（上负、下正）时，T 的 P2、P3 绕组输出的交流电压为下负、上正。此时，P2 绕组输出的交流电压使 VD1 反偏截止；P3 绕组输出的交流电压通过 VD2、RL 构成的回路整流，为负载 RL 供电。因此，市电电压负半周期间，RL 由 VD2 整流后的电压供电。

通过以上分析可知，全波整流电路的效率要高于半波整流电路，并且输出电压的频率升高为 100Hz。

③ 桥式整流。图 2-17 所示是典型的桥式整流电路。桥式整流电路最大的特点是采用了四只二极管作为整流管。

参见图 2-18，当市电电压为正半周（左负、右正）时，二极管 VD1、VD3 导通，于

是市电电压通过 VD1、VD3 和 R 构成的整流回路整流后，为 R 供电；当市电电压为负半周（左正、右负）时，二极管 VD2、VD4 导通，于是市电电压通过 VD2、VD4 和 R 构成的整流回路整流后，为 R 供电。由此可见，桥式整流电路的效率要比半波整流电路高一倍。

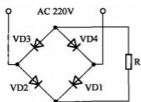


图 2-17 典型的桥式整流电路

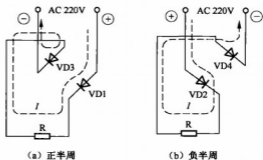


图 2-18 桥式整流示意图

通过以上分析可知，桥式整流电路的效率要高于半波整流电路，并且它不需要变压器就可以构成整流回路。因此，桥式整流电路可对市电电压直接进行整流。同样，它输出电压的频率也为 100Hz，并且市电整流后的波形与全波整流的波形相同。



提示 许多整流电路将四只整流二极管组成整流组件。整流堆按功率大小可分为小功率整流堆、中功率整流堆和大功率整流堆三类，按外形结构可分为方形、扁形和圆形三大类，按焊接方式分为插入式和贴面式两类。

常用的整流堆实物与电路符号如图 2-19 所示。



图 2-19 整流堆实物和电路符号

目前，采用整流堆对市电电压进行整流的电路广泛应用于彩色电视机、彩色显示器、电磁炉、变频空调器、充电器等电气设备中。

④ 倍压整流。图 2-20 所示是典型的倍压整流电路。该图中的 C1 是升压电容，C2 是滤波电容，VD1 和 VD2 是整流管。

当输入电压 U_i 为下正、上负时，它通过 VD1、C1 构成的整流回路为 C1 充电，使 C1 两端建立左正、右负电压。当输入电压 U_i 为下负、上正时，整流管 VD1 截止， U_i 电压与 C1 所充电压叠加后通过 VD2 整流、C2 滤波产生输出电压 U_o 。一般情况下， U_o 是 U_i 的 2 倍。

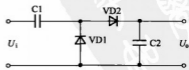


图 2-20 典型的倍压整流电路

4. 发光二极管

(1) 发光二极管的识别

发光二极管 (LED) 简称发光管, 它在强电路内主要用来作照明灯或指示灯。常见的发光二极管实物及其电路符号如图 2-21 所示。



图 2-21 发光二极管实物和电路符号

(2) 发光二极管的特性

伏安特性: 发光二极管的伏安特性和普通二极管相似, 不过发光二极管的正向导通电压较大, 在 1.5~3V 之间, 常见的发光二极管导通电压多为 1.8V 左右。

工作电流与发光强度的关系: 发光二极管的工作电流一般为几毫安 (mA) 至几十毫安, 发光二极管的发光强度基本上与发光二极管的正向电流成线性关系。因此, 发光二极管供电电路需要串联相应阻值的电阻。

5. 双向触发二极管

双向触发二极管 (DIAC) 是一种双向的半导体器件。双向触发二极管具有性能优良、结构简单、成本低等优点, 广泛应用在双向晶闸管的导通电路内。它的实物、结构、等效电路、电路符号和伏安特性如图 2-22 所示。

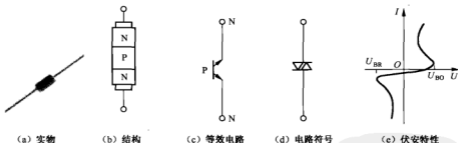


图 2-22 双向触发二极管

参见图 2-22 (b)、(e), 双向触发二极管属于三层双端半导体器件, 具有对称性, 可等效为基极开路、发射极与集电极对称的 NPN 型三极管。其正、反向伏安特性完全对称, 当器件两端的电压 $U < U_{BO}$ 时, 管子为高阻状态; 当 $U > U_{BO}$ 时进入负阻区, 当 $U > U_{BR}$ 时也会进入负阻区。



提示 U_{BO} 是正向转折电压, U_{BR} 是反向转折电压。转折电压的对称性用 ΔU_B 表示, $\Delta U_B < 2V$ 。

四、晶闸管

晶闸管也称可控硅，是一种能够像闸门一样控制电流大小的半导体器件。因此，晶闸管具有开关控制、电压调整和整流等功能。晶闸管的种类较多，强电电路采用的晶闸管主要有单向晶闸管和双向晶闸管两种。常见的晶闸管实物如图 2-23 所示。



图 2-23 晶闸管实物

1. 单向晶闸管

单向晶闸管也叫单向可控硅，它的英文缩写为 SCR。由于单向晶闸管具有成本低、效率高、性能可靠等优点，所以被广泛应用在开关控制、可控整流、交流调压、逆变电源、开关电源等电路中。

(1) 单向晶闸管的构成

单向晶闸管由 PNPN 四层半导体构成，而它等效为两个三极管，它的三个引脚（电极）的功能分别是：G 极为控制极（或称门极）、A 极为阳极、K 极为阴极。单向晶闸管的结构、等效电路和电路符号如图 2-24 所示。

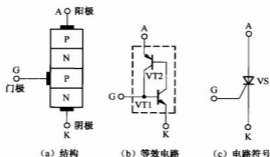


图 2-24 单向晶闸管

(2) 单向晶闸管的基本特性

通过单向晶闸管的等效电路可知，单向晶闸管由一只 NPN 型三极管 VT1 和一只 PNP 型三极管 VT2 组成。当单向晶闸管的 A 极和 K 极之间加上正极性电压时，它并不能导通，只有它的 G 极有触发电压输入后，它才能导通。这是因为单向晶闸管 G 极输入的电压加到 VT1 的基极，使它导通，它的集电极电位为低电平，致使 VT2 导通，此时 VT2 集电极输出的电压又加到 VT1 的基极，维持 VT1 的导通状态。因此，单向晶闸管导通后，即使 G 极不再输入导通电压，它也会维持导通状态。只有使 A 极输入的电压足够小或为 A、K 极间加反向电压，单向晶闸管才能关断。

(3) 晶闸管整流

图 2-25 所示是一种典型的晶闸管整流电路。控制电路产生的矩形触发脉冲加到两个单向

晶闸管 VS1、VS2 的 G 极。当触发脉冲为高电平时，VS1、VS2 导通，对变压器 T 输出的交流电压进行整流；当触发脉冲为低电平期间，VS1、VS2 在交流电过零时截止。这样，在触发脉冲的作用下 VS1、VS2 就可以完成整流工作。另外，通过控制 VS1、VS2 的导通时间，就可以改变输出电压的大小。

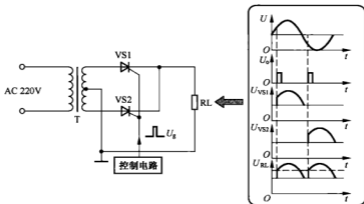


图 2-25 典型晶闸管整流电路及波形

2. 双向晶闸管

双向晶闸管也叫双向可控硅，它的英文缩写为 TRIAC。由于双向晶闸管具有成本低、效率高、性能可靠等优点，所以被广泛应用在交流调压、电动机调速、灯光控制等电路中。

(1) 双向晶闸管的构成

双向晶闸管是两个单向晶闸管反向并联而成的，所以它具有双向导通性能，即 G 极输入触发电流后，无论 T1、T2 间的电压方向如何，它都能够导通。双向晶闸管的等效电路和电路符号如图 2-26 所示。

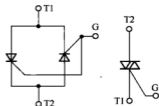


图 2-26 双向晶闸管

(2) 双向晶闸管的导通方式

双向晶闸管与单向晶闸管的主要区别是可以双向导通，并且有四种导通方式，如图 2-27 所示。

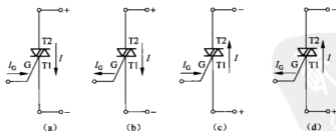


图 2-27 双向晶闸管的四种导通方式示意图

当 G 极、T2 极输入的电压相对于 T1 极输入的电压为正时，电流流动方向为 T2 到 T1，T2 为阳极、T1 为阴极。

当 G 极、T1 极输入的电压相对于 T2 极输入的电压为负时，电流流动方向为 T2 到 T1，

T2 为阳极、T1 为阴极。

当 G 极、T1 极输入的电压相对于 T2 极输入的电压为正时，电流流动方向为 T1 到 T2，T1 为阳极、T2 为阴极。

当 G 极、T2 极输入的电压相对于 T1 极输入的电压为负时，电流流动方向为 T1 到 T2，T1 为阳极、T2 为阴极。

五、开关

开关的主要功能是用于接通、断开和切换电路。开关有手动开关、按钮、拉拔开关、旋转开关、微动开关、水银（汞）开关、杠杆式开关、行程开关等多种，其电路符号如图 2-28 所示。早期电路上的开关用 K 表示，现在电路上多用 S 或 SX 表示，常见开关实物如图 2-29 所示。

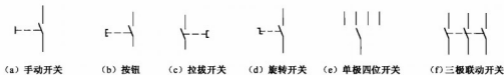


图 2-28 开关的电路符号



图 2-29 开关实物

六、熔断器

熔断器俗称保险丝、保险管，它在电路中通常用 F、FU、FUSE 等表示，它的电路符号如图 2-30 所示。

熔断器按工作性质分有过电流熔断器和过热熔断器，按封装结构可分为玻璃熔断器、陶瓷熔断器和塑料熔断器等多种，按电压高低可分为高压熔断器和低压熔断器，按能否恢复分为不可恢复熔断器和可恢复熔断器，按动作时间可分为普通熔断器、温度熔断器和延时熔断器。



图 2-30 熔断器电路符号

1. 普通熔断器

普通熔断器最常用的是玻璃熔断器，它是由熔体、玻璃壳、金属帽构成的保护元件，如图 2-31 所示。普通熔断器根据额定电流的不同，有 0.5A、0.75A、1A、1.5A、2A、3A、5A、8A、10A 等几十种规格。

2. 延时熔断器

延时熔断器也叫延迟保险管，它的构成和普通熔断器基本相同，不同的是它常用的熔体具有延时性。它的熔体常用高熔点金属与低熔点金属复合而成，既有抗脉冲的延时功能，又有过电流快速熔断的特点，从外观上看它的熔体的中间部位突起或熔体采用螺旋结构，如图 2-32 所示。



图 2-31 普通熔断器实物

3. 温度熔断器

温度熔断器也叫超温熔断器、过热熔断器或温度保险丝等，常见的超温熔断器如图 2-33 所示。温度熔断器早期主要应用在电饭锅内，现在还应用在空调器、变压器等产品内。



图 2-32 延时熔断器实物



图 2-33 温度熔断器实物

温度熔断器的作用就是当它检测到的温度达到标称值后，它内部的熔体自动熔断，切断发热源的供电电路，使发热源停止工作，实现超温保护。

七、电加热器

电加热器是在获得供电后能够发热的器件。电加热器不仅广泛应用在电炉、电水壶、电热水器、电饭锅、电炒锅、饮水机、滚筒洗衣机上，而且电冰箱、空调器还采用它进行化霜或辅助加热。电加热器的电路符号如图 2-34 所示。

1. 加热丝

加热丝具有加热快、效率高等优点，但也存在易漏电的缺点。常见的加热丝如图 2-35 所示。



图 2-34 电加热器的电路符号



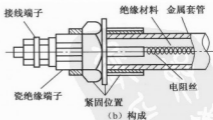
图 2-35 加热丝实物

2. 电加热管

电加热管具有绝缘性能好、功率大、防震、防潮等优点，所以广泛应用在电水壶、滚筒洗衣机等电器内。常见的电加热管实物如图 2-36 (a) 所示。此类电加热管是将电阻丝装在带有结晶氧化镁的圆形金属套管内，并添加绝缘材料制成，如图 2-36 (b) 所示。



(a) 实物



(b) 构成

图 2-36 电加热管实物和构成

3. 电加热盘 (板)

将电加热管铸于铝盘、铝板中或焊接 (或镶嵌) 于铝盘、铝板上，即可构成各种形状的电加热盘 (板)，它广泛应用在电饭锅、电熨斗、电水壶、电咖啡壶、电饼铛等电器内。常见

的电加热盘（板）如图 2-37 所示。



图 2-37 电加热盘（板）实物

4. 正温度系数（PTC）式加热器

PTC 式加热器是一种新型的加热器，它具有寿命长、加热快、效率高、自动恒温、适应供电范围强、绝缘性能好等优点。典型的 PTC 式加热器如图 2-38 所示。它采用 PTC 热敏电阻作为发热器件，并由温控器、熔断器、散热片等构成，如图 2-39 所示。温控器用于温度控制，熔断器用于过热保护，散热片用于散热。



图 2-38 PTC 式加热器实物

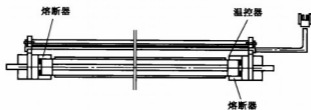


图 2-39 PTC 式加热器的构成

八、定时器

定时器是一种控制用电设备通电时间长短的时间控制器件。定时器按结构可分为发条机械式定时器、电动机驱动机械式定时器和电子定时器三种。在此介绍前两种定时器。

1. 发条机械式定时器

发条机械式定时器主要应用在普通洗衣机、消毒柜、电风扇等电子产品上。常见的发条机械式定时器如图 2-40 所示。



图 2-40 发条机械式定时器实物

发条机械式定时器由发条、主轴、头轮、开关凸轮、触点等构成，如图 2-41 所示。

发条是该定时器的动力源，它由 0.3~0.5mm 的不锈钢钢条经特殊工艺制作而成。它的一端固定在主轴上，另一端与齿轮连接。用手旋转定时器上的旋钮使发条卷紧，待松手后卷紧的发条就转换为机械能驱动齿轮转动，而齿轮转动后，就会驱动凸轮运转。当凸轮的圆弧部位与触点的簧片接触时，上面的簧片受力向下弯曲，使触点闭合，接通负载的电源；当凸轮的缺口部位对准触点簧片时，上面的簧片向上弹起，使触点分离，切断负载的电源，实现定时控制。

2. 电动机驱动机械式定时器

电动机驱动机械式定时器应用在洗衣机、微波炉、洗碗机、电冰箱的化霜电路上。常见的电动机驱动机械式定时器如图 2-42 所示。

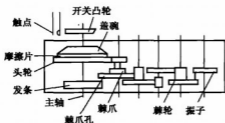


图 2-41 发条机械式定时器的构成



图 2-42 电动机驱动机械式定时器实物

图 2-43 所示是电冰箱化霜采用的电动机驱动机械式定时器的构成，它由电动机、齿轮、凸轮、触点等构成。

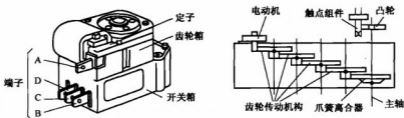


图 2-43 电动机驱动机械式定时器的构成

化霜定时器内的开关不仅串联于压缩机供电回路中，而且还控制化霜供电电路。化霜定时器通电后，它内部的电动机旋转，带动齿轮转动，进而带动凸轮做间歇运动，每隔 8h 凸轮使开关接通一次，使化霜加热器的供电电路工作，开始化霜。接通化霜供电电路时，切断压缩机的供电回路，使压缩机停止工作，其余时间接通压缩机供电回路。

九、温控器

为了控制电冰箱、空调器等制冷设备的制冷温度和控制电加热器的加热温度，制冷设备和电加热器上都安装了温度控制器（简称温控器）。

1. 双金属片温控器

双金属片温控器也叫温控开关，它的作用主要是控制电加热器的加热时间。常见的双金属片温控器有温度可调型和不可调型两种。典型的双金属片温控器如图 2-44 所示。



图 2-44 典型双金属片温控器实物

双金属片温控器由热敏器、双金属片、销钉、触点、触点簧片等构成，如图 2-45 所示。

电加热器通电后开始加热，温控器检测到的温度较低时，双金属片向上弯曲，不接触销钉，触点在触点簧片的作用下吸合。随着加热的不断进行，温控器检测到的温度达到设置值后，双金属片变形下压，通过销钉使触点簧片向下弯曲，致使触点释放，电加热器因无供电而停止工作，进入保温状态。随着保温时间的延长，温度开始下降，被温控器检测后，它的双金属片复位，触点在簧片的作用下吸合，再次接通电加热器的供电回路，开始加热。重复以上过程，即实现了温度的自动控制。

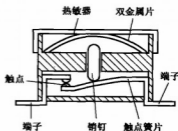


图 2-45 双金属片温控器的构成

2. 制冷温控器

制冷温控器（机械型）主要应用于普通直冷型电冰箱，它的主要作用是控制压缩机的运转、停止时间，实现制冷控制。常见的制冷温控器的实物和构成如图 2-46 所示。

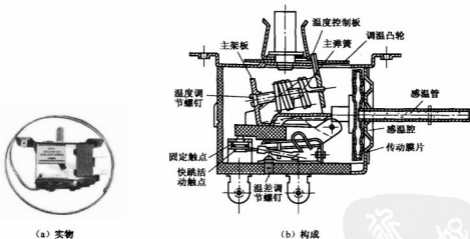


图 2-46 制冷温控器实物和构成

电冰箱室内温度较高时，安装在电冰箱内胆表面上的感温管的温度也随之升高，管内感温剂膨胀使压力增大，致使感温腔前面的传动膜片向前移动。当升高到某个温度时，快跳活动触点（动触点）与固定触点闭合，接通压缩机供电回路，压缩机开始运转，电冰箱进入制冷状态。随着制冷的不断进行，蒸发器表面温度逐渐下降，感温管的温度和压力也随之下降，感温腔的膜片向后位移。当降到某个温度时，动触点在主弹簧的作用下与固定触点分离，切断压缩机供电电路，压缩机停转，制冷结束。重复上述过程，温控器对压缩机运行时间进行

控制，确保箱内温度在一定范围内变化。

电冰箱内温度高低的控制，是通过旋转温控器调节钮来实现的。当温度高低范围不符合要求（温度控制有误差）时，可通过调整温差调节螺钉进行校正。不过，一般维修时不要调整，特别是对带有化霜装置的温控器，以免带来不必要的麻烦。

3. 磁性温控器

磁性温控器也叫磁钢限温器，俗称磁钢，它主要应用在电饭锅内，它的作用是控制电饭锅煮饭时间的长短。常见的磁性温控器的实物和构成如图 2-47 所示。

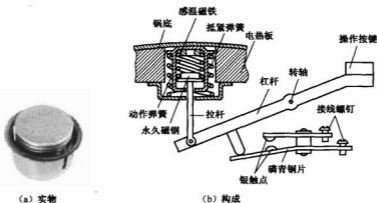


图 2-47 磁性温控器实物和构成

十、交流电动机

电动机通常简称为电机，俗称马达，在电路中用字母“M”（旧标准用“D”）表示。它的作用就是将电能转换为机械能。根据工作电源的不同，电动机可分为直流电动机和交流电动机；电动机按结构及工作原理可分为同步电动机和异步电动机两种。强电电路主要采用的是交流电动机，而中、小功率电气电路多采用单相异步电动机，大功率电气电路多采用三相异步电动机。

1. 普通电动机

电风扇、吸油烟机、空调器的散热系统、洗衣机脱水桶等产品多采用单相异步电动机。它的电路符号和常见的实物如图 2-48 所示。



图 2-48 普通电动机电路符号和实物



提示 由于普通电动机仅正向运转，所以它的副绕组的匝数通常为主绕组的 20%~40%。

2. 特殊电动机

(1) 双桶洗衣机的洗涤电动机

双桶洗衣机的洗涤电动机采用的是单相异步电动机，如图 2-49 所示。由于双桶洗衣机的洗涤电动机需要正向、反向交替运转，所以它的主、副绕组的线径相同，并且匝数也相同。

(2) 滚筒洗衣机电动机

滚筒洗衣机电动机为了完成洗涤和脱水工作，采用了双速电动机和单相串励电动机。滚筒洗衣机采用的电动机如图 2-50 所示。其中，双速电动机具有优异的启动特性和运转性能，过载能力强，但存在功率不足和转速低的缺点。单相串励电动机具有启动力矩大、过载能力强、转速高、体积小等优点，但它存在需要经常维护的缺点。



图 2-49 洗涤电动机实物



图 2-50 滚筒洗衣机电动机实物



提示 另外，单相串励电动机还广泛应用于电钻、电锤、电刨、电动缝纫机、吸尘器、电吹风、榨汁搅拌机、微波炉、豆浆机、电动按摩器、电推子等电动工具和家用电器中。

(3) 风扇电动机

部分风扇电动机采用了多抽头单相异步电动机，如图 2-51 和图 2-52 所示。



图 2-51 风扇电动机实物

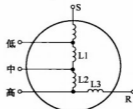


图 2-52 风扇电动机调速原理图

当 220V 市电电压从高速抽头输入时，运行绕组匝数最少 (L_3)，形成的旋转磁场最强，转速最高；当 220V 市电电压从中速抽头输入时，运行绕组匝数为 L_2+L_3 ，产生的磁场使电动机运转在中速；当 220V 市电电压从低速抽头输入时，运行绕组匝数最多 ($L_1+L_2+L_3$)，形成的旋转磁场最弱，转速最低。

十一、压缩机

压缩机的作用是将电能转换为机械能，推动制冷剂在制冷系统内循环流动，并重复工作在气态、液态。在这个转换过程中，制冷剂通过蒸发器不断地吸收热量，并通过冷凝器散热，实现制冷的目的。压缩机主要应用在电冰箱、房间空调器、汽车空调器、冷库等制冷设备内。空调器、电冰箱采用的压缩机如图 2-53 所示。

参见图 2-54，电冰箱压缩机外壳的侧面有一个三接线端子，分别是公用端子 C、启动端

子 S、运行端子 M。空调器压缩机外壳的上面有一个三线端子，分别是公用端子 C、启动端子 S、运行端子 R。压缩机的电路符号如图 2-55 所示。



(a) 空调器压缩机实物 (b) 电冰箱压缩机实物

图 2-53 空调器、电冰箱压缩机实物



(a) 电冰箱压缩机绕组引出端子



(b) 空调器压缩机绕组引出端子

图 2-54 压缩机绕组引出端子

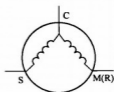


图 2-55 压缩机电路符号

因压缩机运行绕组（又称主绕组，用 CM 或 CR 表示）所用漆包线线径粗，故电阻值较小；启动绕组（又称副绕组，用 CS 表示）所用漆包线线径细，故电阻值大。又因运行绕组与启动绕组串联在一起，所以运行端子与启动端子之间的阻值等于运行绕组与启动绕组的阻值之和。

十二、压缩机启动器、过载保护器

1. 压缩机启动器

压缩机启动器的作用就是启动压缩机运转。压缩机启动器主要有重锤启动器和 PTC 启动器两种。启动器的实物如图 2-56 所示。它在压缩机上的安装位置如图 2-57 所示。



(a) 重锤启动器

(b) PTC 启动器

图 2-56 启动器实物



图 2-57 启动器的安装位置



提示 重锤启动器由驱动线圈、重锤（衔铁）、触点、接线柱等构成。虽然重锤启动器适应范围大，但触点易氧化，引起触点接触不良，产生启动困难或不能启动的故障。为此，现在新型制冷设备广泛采用 PTC 启动器。实际上，PTC 启动器是一个 PTC 热敏电阻，它的温度低于居里点（110℃）时为低阻值状态，阻值仅为 10~33Ω，且几乎不随温度变化而变化；当温度高于居里点时，它的电阻值急剧增大，可达几百千欧甚至几兆欧，相当于开路。

（1）重锤启动器

典型的重锤启动电路如图 2-58 所示。接通电源后，因启动器触点是分离的，启动绕组（CS 绕组）没有供电，电动机无法启动，导致流过运行绕组（MC 绕组）的电流较大，使启动器的驱动线圈产生较大的磁场，衔铁（重锤）被吸起，使触点闭合，接通压缩机启动绕组的供电回路，压缩机电动机启动，开始运转。当压缩机运转后，运行电流下降到正常值，驱动器驱动线圈产生的磁场减小，衔铁在自身重量和回复（复位）弹簧的作用下复位，切断启动绕组的供电回路，完成启动过程。



提示 压缩机功率不同，配套使用的重锤启动器的吸合和释放电流也不同。启动器的吸合和释放电流随压缩机功率的增大而增大。

（2）PTC 启动器

典型的 PTC 启动器电路如图 2-59 所示。

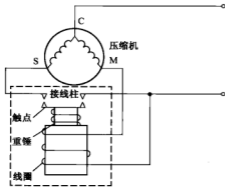


图 2-58 重锤启动器电路

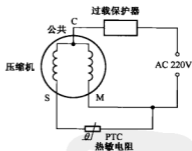


图 2-59 PTC 启动器电路

接通电源的瞬间，因 PTC 启动器呈现低阻状态，所以 220V 市电电压全部加在启动绕组上，冲击电流约为 4A（运行绕组的冲击电流约为 7A），使电动机启动，随后启动电流使 PTC 启动器自身发热，温度急剧升高，进入高阻状态，启动电流迅速下降到 20mA 左右，该电流维持 PTC 元件的高阻值状态，相当于切断启动绕组的供电回路。此时，电动机启动过程结束。PTC 启动器从启动进入稳定的工作状态所需的时间约为 3min，启动结束后，运行电流也降到 1A 左右。

2. 压缩机过载保护器

压缩机过载保护器的全称是压缩机过载过热保护器，实际上它也是一种双金属片温控器。

常见的过载保护器实物如图 2-60 所示。

碟形过载保护器由碟形双金属片、电阻丝、一对常闭触点及外壳构成，如图 2-61 所示。



图 2-60 过载保护器实物



图 2-61 碟形过载保护器的构成

参见图 2-59，过载保护器串联在压缩机供电电路内，并安装在压缩机外壳上，以便对压缩机电流和温度进行检测。当电流过大时，过载保护器内的电阻丝产生的压降增大，温度升高，碟形双金属片受热变形，使触点分离，切断压缩机电动机的供电回路，压缩机停止工作，避免了它过电流损坏，实现过电流保护；当压缩机外壳的温度过高时，过载保护器内的双金属片也会受热变形，使触点分离，压缩机停止工作，实现过热保护。

当压缩机的温度下降到正常范围内后，过载保护器内的触点会再次闭合。但故障未排除前，该保护器还会动作。



提示 压缩机功率不同，配套使用的过载保护器型号也不同，接通和断开温度也不同，维修时要更换型号相同或参数相同的过载保护器，以免丧失保护功能，给压缩机带来危害。

十三、电磁阀

电磁阀是一种流体控制器件，通常应用于自动控制电路中。它由控制系统（又称输入回路）和被控系统（阀门）两部分构成。它实际上是用较小的电流、电压的信号去控制流体管路通断的一种“自动开关”。电磁阀具有成本低、体积小、开关速度快、接线简单、功耗低、性价比高、经济实用等显著特点，因而被广泛应用在自动控制领域的各个环节。

1. 电磁阀的构成

阀体部分被封闭在密封管内，由滑阀芯、滑阀套、弹簧底座等组成。电磁阀的电磁部件由固定铁芯、动铁芯、线圈等部件组成，电磁线圈被直接安装在阀体上。这样阀体部分和电磁部分就构成一个简洁、紧凑的组件。电磁阀的种类较多，常见的电磁阀有液用电磁阀、气用电磁阀、油用电磁阀、消防专用电磁阀、制冷电磁阀等多种。

2. 二位二通电磁阀

二位二通电磁阀主要应用在全自动洗衣机、淋浴器、洗碗机等产品内。常见的二位二通电磁阀如图 2-62 所示。

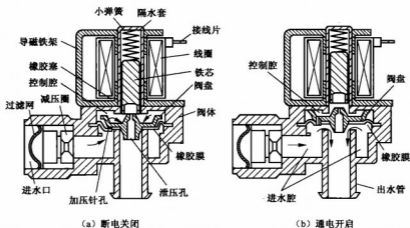
洗衣机进水电磁阀的构成如图 2-63 所示。进水电磁阀的线圈不通电时，不能产生磁场，于是铁芯在小弹簧推力和自身重量的作用下下压，使橡胶塞堵住泄压孔，此时，从进水孔流入的自来水再经加压针孔进入控制腔，使控制腔内的水压逐渐增大，将阀盘和橡胶膜紧压在

出水管的管口上, 关闭阀门。为线圈通电, 使其产生磁场后, 磁场克服小弹簧推力和铁芯自身的重量, 将铁芯吸起, 橡胶塞随之上移, 泄压孔被打开, 此时, 控制腔内的水通过泄压孔流入出水管, 使控制腔内的水压逐渐减小, 阀盘和橡胶膜在水压的作用下上移, 打开阀门。这样, 即可实现注水功能。



(a) 进水电磁阀 (b) 排水电磁阀

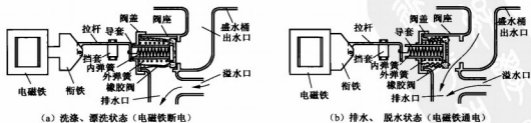
图 2-62 典型的二位二通电磁阀实物



(a) 断电关闭 (b) 通电开启

图 2-63 洗衣机进水电磁阀的构成与工作原理图

洗衣机排水电磁阀的构成如图 2-64 所示。排水电磁阀的线圈不通电时, 不能产生磁场, 衔铁在导套内的外弹簧推力下向右移动, 使橡胶阀被紧压在阀座上, 阀门关闭。为线圈通电, 使其产生磁场后, 磁场吸引衔铁左移, 通过拉杆向左拉动内弹簧, 将外弹簧压缩后使橡胶阀左移, 打开阀门, 将桶内的水排出。



(a) 洗滌、漂洗状态 (电磁铁断电)

(b) 排水、脱水状态 (电磁铁通电)

图 2-64 洗衣机排水电磁阀的构成与工作原理图



提示 目前，许多全自动洗衣机的排水系统采用了牵引器，牵引器是以交流电动机和排水阀为核心构成的。

3. 二位三通电磁阀

由于二位三通电磁阀具有零压启动、密封性能好、开启速度快、可靠性能好、使用寿命长等特点，所以不仅应用在双温双控、多温多控电冰箱内，而且还广泛应用于医疗器械、制冷设备、仪器仪表、冶金、制药等行业。常见的二位三通电磁阀实物如图 2-65 所示，内部构成如图 2-66 所示。

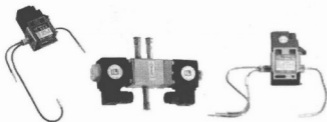


图 2-65 二位三通电磁阀实物

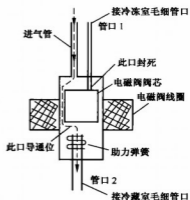


图 2-66 二位三通电磁阀的构成

二位三通电磁阀的线圈不通电时，阀芯处于原位置，使管口 1 关闭、管口 2 打开；线圈通电后产生的磁场将阀芯吸起，将管口 2 关闭，使管口 1 畅通。

4. 四通阀

四通阀也叫四通电磁阀、四通换向阀，它们都是四通换向电磁阀的简称。四通阀主要是通过切换制冷剂的走向，改变室内、室外热交换器的功能，实现制冷或制热功能，也就是说它是热泵冷暖型空调器区别于单冷型空调器最主要的器件之一。典型的四通阀实物如图 2-67 所示，它的安装位置如图 2-68 所示。



图 2-67 四通阀实物

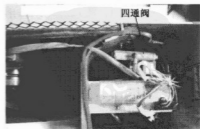


图 2-68 四通阀的安装位置

(1) 构成

四通阀由电磁导向阀和四通换向阀两部分组成。其中，电磁导向阀由阀体和电磁线圈两

部分组成。阀体内部设置了弹簧和阀芯、衔铁，阀体外部有 C、D、E 三个阀孔，它们通过 C、D、E 三根导向毛细管与换向阀连接。四通阀的阀体内设半圆形滑块和两个带小孔的活塞，阀体外有管口 1、管口 2、管口 3、管口 4 四个管口，它们分别与压缩机排气管、吸气管、室内热交换器、室外热交换器的管口连接，如图 2-69 所示。

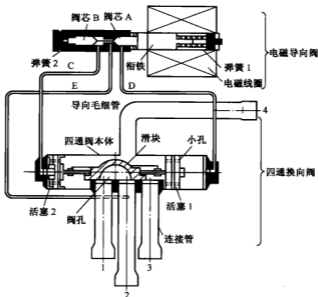


图 2-69 四通阀内部结构

(2) 工作原理

参见图 2-70 (a)，当空调器工作在制冷状态时，电气系统不为电磁导向阀的线圈提供 220V 市电电压，线圈不能产生磁场，衔铁不动作。此时，弹簧 1 的弹力大于弹簧 2，推动阀芯 A、B 一起向左移动，于是阀芯 A 使导向毛细管 D 关闭，而阀芯 B 使导向毛细管 C、E 接通。由于换向阀的活塞 2 通过 C 管、导向阀、E 管接压缩机的回气管，所以活塞 2 因左侧压力减小而带动滑块左移，将管口 4 与管口 3 接通，管口 2 与管口 1 接通，此时室内热交换器作为蒸发器，室外热交换器作为冷凝器。这样压缩机排出的高压高温气体经换向阀的管口 4 和管口 3 进入室外热交换器，利用室外热交换器开始散热，再经毛细管进入室内热交换器，利用室内蒸发器吸热汽化后，经管口 1 和管口 2 构成的回路返回压缩机。因此，空调器工作在制冷状态。

参见图 2-70 (b)，当空调器工作在制热状态时，电气系统为电磁导向阀的线圈提供 220V 市电电压，线圈产生磁场，使衔铁右移，致使阀芯 A、B 向右移动，于是阀芯 A 使导向毛细管 D、E 接通，而阀芯 B 将导向毛细管 C 关闭。由于换向阀的活塞 1 通过 D 管、导向阀、E 管接压缩机的回气管，所以活塞 1 因右侧压力减小而带动滑块右移，将管口 4 与管口 1 接通，管口 3 与管口 2 接通，此时室内热交换器作为冷凝器，室外热交换器作为蒸发器。这样压缩机排出的高压高温气体经换向阀的管口 4 和管口 1 构成的回路进入室内热交换器，利用室内热交换器开始散热，再经毛细管节流、降压后进入室外热交换器，利用室外热交换器吸热汽化，随后通过管口 3 和管口 2 构成的回路返回压缩机。因此，空调器工作在制热状态。

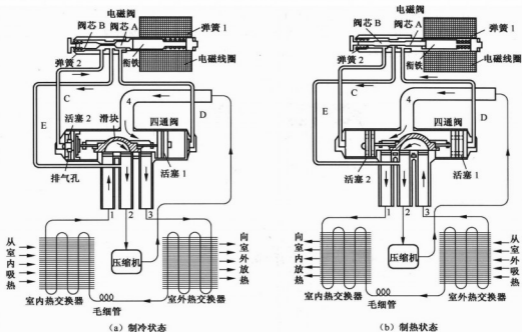


图 2-70 四通阀工作状态示意图

十四、蜂鸣器

蜂鸣器是一种电声转换器件，当洗衣机等产品工作结束前十几秒钟，它开始鸣叫，提醒用户工作即将结束。它在电路中通常用字母 BZ 或 BUZ 等表示。常见的蜂鸣器实物和电路符号如图 2-71 所示。



图 2-71 蜂鸣器实物和电路符号



提示 洗衣机等采用的蜂鸣器直接由 220V 市电电压供电，内部有一套完整的电路，而空调器、电磁炉等采用的蜂鸣器实际就是塑料外壳内安装了一个蜂鸣片。

第三章 典型强电电路识图

第一节 典型小家电电路识图

一、电饭锅

典型的机械控制型电饭锅电路如图 3-1 所示。该电路中的核心元器件是加热盘（电加热板）EH、磁性温控器 ST1、切换开关 S、温控器 ST2、温度熔断器 FU，辅助元器件有整流管 VD4、指示灯 LED1~LED3、电阻 R1~R4。

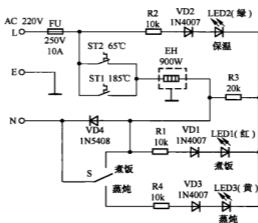


图 3-1 典型机械控制型电饭锅电路

1. 煮饭

将功能选择开关 S 拨到“煮饭”的位置，再按下按键，磁性温控器内的永久磁铁在杠杆的作用下克服弹簧的推力，上移与感温磁铁吸合，使总线开关 ST1 的触点闭合，220V 市电电压第一路经温度熔断器 FU、保温温控器 ST2//磁性温控器 ST1、加热盘 EH、功能选择开关 S 构成煮饭回路，使 EH 加热煮饭；第二路经 R2、VD2、LED2、R3 构成回路，使 LED2 发光；第三路经 R1、VD1、LED1、R3、EH、ST2 构成回路，使 LED1 发光。当煮饭的温度升至 103℃时，饭已煮熟，磁钢的感温磁铁的磁性消失，感温磁铁在弹簧的作用下复位，通过杠杆将 ST1 触点断开，加热器因无供电而停止工作，电饭锅进入保温状态。

若保温的温度低于 65℃，温控器 ST2 的触点吸合，EH 开始加热；当温度升高到 65℃时，ST2 的双金属片变形，使它的触点释放，EH 停止加热。这样，在 ST2 的控制下，锅内的温度保持在 65℃。保温期间，煮饭指示灯 LED1 时亮时灭，保温指示灯 LED2 常亮。

2. 蒸炖

蒸炖与煮饭的工作原理基本相同，有几点不同：一是将功能开关 S 拨到“蒸炖”的位置；二是煮饭指示灯 LED1 不发光，而蒸炖指示灯（黄色发光二极管）LED3 发光；三是在蒸炖时，市电电压通过二极管 VD4 构成的整流电路进行半波整流后，为加热器 EH 供电，使它进入小功率的加热状态，以满足蒸炖的需要。

二、电烤炉

电烤炉电路和电饭锅电路一样，也是由加热盘（器）及其控制电路构成的。不过，由于电烤炉在烤制不同食物时需要不同的温度，所以电烤炉电路还具有调温功能。

图 3-2 所示是典型的温控器调温式电烤炉电路。

插好电源线并调节好温度后，220V 市电电压经温控器 ST 输入，不仅经 R 限流使指示灯 HL 发光，而且为加热器 EH1、EH2 供电，使它们加热。当加热温度达到温控器 ST 的调整值后，ST 的双金属片动作，使它的触点断开，加热器停止加热。当温度下降到某一值时，ST 的双金属片复位，触点闭合，会再次接通电源。

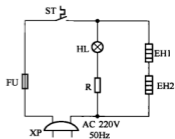


图 3-2 典型温控器调温式电烤炉电路

三、电炒锅

电炒锅电路和电饭锅电路一样，也主要是由加热盘（器）及其控制电路构成的。不过，由于电炒锅烹饪不同食物时需要不同的温度，所以电炒锅电路还具有调温功能。目前，电炒锅采用的调温电路主要有温控器调温式和双向晶闸管调温式两种方式。

1. 温控器调温式

图 3-3 所示是典型的温控器调温式电炒锅电路。该调温式电炒锅和图 3-2 所示的电烤炉电路基本相同，不再介绍。

2. 双向晶闸管调温式

图 3-4 所示是典型的双向晶闸管调温式电炒锅电路。在该电路中，双向晶闸管 VS 是核心控制器件，它不仅起开关控制功能，还具有电压调整功能。

市电电压通过指示灯 HL 加到电位器 RP 的一端，同时还加到双向晶闸管 VS 的 T1 极。调整 RP 使 RP、R1、C 构成的充电回路开始工作，为 C 充电。当 C 的充电电压达到双向触发二极管 VD 的标称电压后，VD 导通，为 VS 的控制极提供触发电压，使 VS 导通，接通加热盘 EH 的供电回路，使 EH 开始加热。

调整 RP 改变 C 的充电速度后，可改变 VS 的导通角大小，也就改变了 VS 输出电压的高低。EH 两端电压增大后，EH 加热的温度升高，反之相反。这样，通过调整 RP 就可以改变加热温度。

四、吸尘器

图 3-5 所示是一种典型的调速型吸尘器电路。通过该图可以看出，该电路与图 3-4 所示的电炒锅电路基本相同，区别主要是负载，电炒锅的负载是加热器，而该电路的负载是电动机 M。

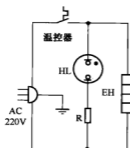


图 3-3 典型温控器调温式电炒锅电路

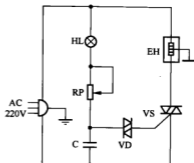


图 3-4 典型的双向晶闸管调温式电炒锅电路

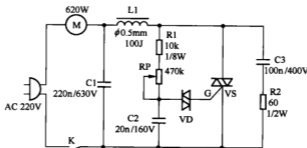


图 3-5 典型的调速率吸尘器电路



提示 由于电动机属于感性负载，所以为了保证双向晶闸管 VS 等元器件的可靠工作，还设置了由电感 L1 和 C3、R2 构成的保护电路。

五、调光型台灯

1. 双向晶闸管控制型

图 3-6 所示是采用双向晶闸管控制的台灯电路。通过该图可以看出，该电路与图 3-4 所示的电炒锅电路基本相同，主要区别是负载，电炒锅的负载是加热器，而它的负载是白炽灯 EL。

2. 单向晶闸管控制型

图 3-7 所示是一种采用单向晶闸管控制的台灯电路。在该电路中，市电电压通过 VD1~VD4 桥式整流产生脉动的直流电压，该电压通过照明灯 EL 不仅加到电位器 RP 的一端，同时还加到单向晶闸管 VS 的阳极。

旋转 RP 使 RP、R1、C 构成的充电回路开始工作，为 C 充电。当 C 的充电电压达到一定值后，该电压经 R2 限流后为 VS 的控制极提供 0.7V 的触发电压，使 VS 导通，接通 EL 的供电回路，使 EL 开始发光。当旋转 RP 使 VS 的 G 极无触发电压输入后，它会在市电过零时截止，EL 熄灭，实现台灯的开关控制。

EL 发光期间，若调整 RP 改变 C 的充电速度，就可以改变 VS 的导通程度，也就改变了 EL 的供电电压大小，从而改变了 EL 的发光强度，实现了调光的目的。

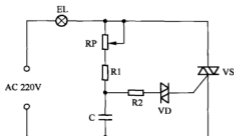


图 3-6 采用双向晶闸管控制的台灯电路

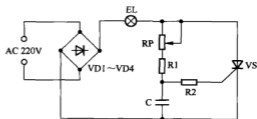


图 3-7 采用单向晶闸管控制的台灯电路

六、电吹风

图 3-8 所示是典型的电吹风电路。在该电路内有三个主要元器件：第一个是风扇电动机 M，第二个是加热器 EH，第三个是转换开关 S1。开关 S1 是双刀四掷开关。

1. 关闭模式

将开关 S1 拨到“2”的位置后，不能接通整流电路，也不能接通加热器的电路，该机处于关闭状态。

2. 冷风模式

将开关 S1 拨到“1”的位置后，不能接通加热器电路，但通过 S1-1 的①脚接通整流电路。此时，市电电压通过 R 限流，再通过 VD1~VD4 构成的桥式整流电路整流后为电动机供电，使它旋转。此模式下，由于加热器不工作，所以电吹风吹出的是冷风。

3. 高温模式

将开关 S1 拨到“3”的位置后，一路通过 S1-2 的④脚和二极管 VD5 接通加热器电路，此时，由于 VD5 对市电电压进行半波整流，所以加热器加热温度减小；另一路通过 S1-1 的④、③脚接通整流电路，如上所述，电动机开始旋转。此模式下，由于加热器工作在高温状态，所以电吹风吹出的是温度较高的热风。

4. 低温模式

将开关 S1 拨到“4”的位置后，一路通过 S1-2 的③脚接通加热器电路，市电电压经加热器 EH、过热保护器 S2、S1-2 构成的回路为 EH 供电，EH 开始加热；另一路通过 S1-1 的③脚接通整流电路，如上所述，电动机开始旋转。此模式下，由于加热器工作在低温状态，所以电吹风吹出的是温度低一些的热风。

5. 过热保护电路

为了防止风扇电机或其供电电路异常，导致它不能旋转或旋转异常致使加热器或外壳等部件过热损坏，新型电吹风都设置了过热保护电路。该保护功能由过热保护器 S2 实现。当电动机旋转正常时，加热器电路产生的温度在正常范围内，S2 内的触点闭合。当电动机旋转异常或不转时，加热器的温度升高，被 S2 检测后，它的金属片变形使其触点断开，切断加

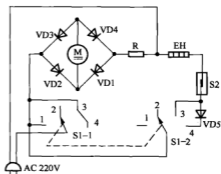


图 3-8 典型的电吹风电路

热器的供电电路，加热器停止加热，实现过热保护。

七、普通吸油烟机

图 3-9 所示是一种典型的普通吸油烟机电气原理图。该电路的核心元器件是电动机 M1、M2，运转电容 C1、C2，以及琴键开关（组合开关）S。

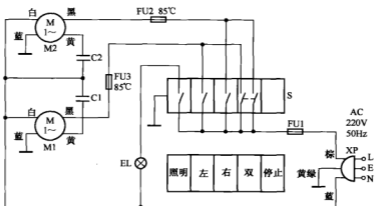


图 3-9 普通吸油烟机电气原理图

按下琴键开关 S 内的照明灯按键，照明灯 EL 的供电回路被接通，EL 开始发光；按下左风道键或右风道键，接通左风道风机 M1 或右风道风机 M2 的供电回路，在运转电容 C1 或 C2 的配合下 M1 或 M2 开始运转，进行排污；当按下双风道按键时，M1 和 M2 同时转动进行抽油烟；当按下停止键后，各按键自动复位，照明灯熄灭，电动机停转，整机停止工作，进入关机状态。

FU1 是熔断器，当电动机或运转电容发生短路，引起大电流时，FU1 过电流熔断，实现过电流保护。

FU2、FU3 是温度熔断器，当 M1、M2 或其运转电容异常使温度升高并达到 85℃ 时，FU3 或 FU2 熔断，切断电动机供电线路，以免扩大故障，实现过热保护。

八、机械控制式电风扇

机械控制式电风扇又根据有无导风功能分为普通电风扇和导风式电风扇两种。下面以 3-10 所示电路进行介绍。

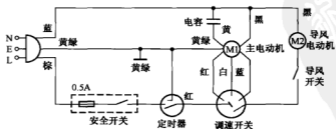


图 3-10 导风机械控制式电风扇电路

1. 主电动机电路

主电动机电路的核心元器件是主电动机 M1、运转电容、定时器、安全开关和调速开关。

(1) 电动机供电电路

将电源插头插入 220V 插座，旋转定时器进行时间定时后，市电电压通过 0.5A 熔断器、定时器、调速开关为电动机相应转速的绕组供电，电动机绕组在运转电容的配合下开始旋转，带动扇叶转动。

(2) 调速控制

调速是由调速开关和电动机共同完成的。若切换调速开关，分别接电动机的高、中、低速供电端子后，电动机就会以高速、中速、低速三种模式旋转，从而实现风速调整。

(3) 防跌倒保护

安全开关也叫防跌倒开关，当电风扇直立时，该开关接通，电风扇可以工作；若电风扇跌倒，该开关自动断开，电风扇不能工作，避免了电风扇损坏，实现防跌倒保护。

2. 导风电动机控制电路

导风电动机控制电路的核心元器件就是导风电动机和导风开关。按下导风开关后，市电电压为导风电动机 M2 供电，M2 开始旋转，带动导风扇叶摆动，实现多方向送风的导风控制。

九、机械控制单热式饮水机

图 3-11 所示是安吉尔 YR-5-X 型机械控制单热式饮水机电路。该电路中的核心器件是加热器、温控器。

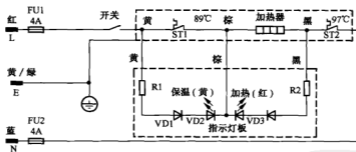


图 3-11 安吉尔 YR-5-X 机械控制单热式饮水机电路

1. 加热电路

加热电路的核心元器件是加热器、温控器 ST1 和过热保护器 ST2，辅助元器件是熔断器 FU1、FU2 和二极管、指示灯、限流电阻。

插好电源线并按下开关后，220V 市电电压一路经 FU1、ST1、加热器、ST2、FU2 构成回路，为加热器供电，使它开始加热；另一路经 R2 限流、VD3 半波整流，使双色指示灯 VD2 内的红色发光二极管发光，表明该机处于加热状态。随着加热的不断进行，水罐内水的温度逐渐升高，当温度达到 89℃后，ST1 的触点断开，加热器失去供电，停止加热，但市电电压通过 R1、VD1、VD2、加热器和 ST2 构成的回路使 VD2 内的黄色发光二极管发光，表明该

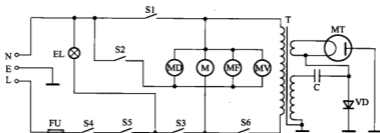
机进入保温状态。当水温下降到某一值时，ST1 的双金属片复位，触点闭合，再次接通电源，如此反复，水罐内的热水始终保持一定的温度。

2. 过热保护电路

加热保护电路的核心元器件是过热保护器 ST2。当水罐内无水或温控器异常，使水罐的温度超过 97℃ 后，水罐表面上的 ST2 断开，切断加热器的供电回路，加热器停止加热，避免了加热器烧断或产生其他故障，实现过热保护。

十、机械控制式微波炉

图 3-12 所示是一种典型的机械控制式微波炉电路。该电路的核心元器件是磁控管 MT、高压变压器 T、定时器、主连锁开关，辅助元器件是转盘电动机、炉灯。



FU—熔断器；S1—副连锁开关；S2—连锁监控开关；S3—主连锁开关；S4—过热保护器；S5—定时器开关；S6—功率调节器开关；MD—定时器电动机；M—转盘电动机；MF—风扇电动机；MV—功率调节器电动机；T—高压变压器；MT—磁控管；C—电容；VD—高压二极管；EL—炉灯

图 3-12 机械控制式微波炉电路（图中开关处于关门状态）

关闭炉门时，连锁机构随之动作，使连锁监控开关 S2 断开，主连锁开关 S3 和副连锁开关 S1 闭合，此时微波炉处于准备工作状态。将定时器置于某一时间挡后，定时器开关 S5 即闭合，炉灯 EL 的供电回路被接通，EL 开始发光。再将功率调节器调为需要的挡位，此时 220V 市电电压不仅为定时器电动机 MD、转盘电动机 M、风扇电动机 MF 供电，使它们开始运转，而且加到高压变压器 T 的一次绕组，使它的灯丝绕组和高压绕组输出交流电压。其中，灯丝绕组向磁控管的灯丝提供 3.3V 左右的工作电压，点亮灯丝为阴极加热；高压绕组输出的 2 000V 左右的交流电压，通过高压电容 C 和高压二极管 VD 组成半波倍压整流电路，产生 4 000V 的负压，为磁控管的阴极供电，使阴极发射电子，磁控管形成 2 450MHz 的微波能，经波导管传入炉腔，通过炉腔反射，刺激食物的水分子使其以每秒 24.5 亿次的高速振动，互相摩擦，从而产生高热，实现食物的烹饪。

十一、机械控制式全自动洗碗机

下面以万宝 WQP-900 型全自动洗碗机电路为例介绍全自动洗碗机的电路识图方法。万宝 WQP-900 型全自动洗碗机电路由程序控制器（简称程控器）、电源开关、水位开关、进水管、排水泵、洗涤剂添加装置、指示灯等构成，如图 3-13 所示。

1. 进水电路

进水控制电路的核心元器件是程控器、水位开关（传感器）、进水电磁阀、门开关、操作开关，辅助元器件是过热保护器 ST3。

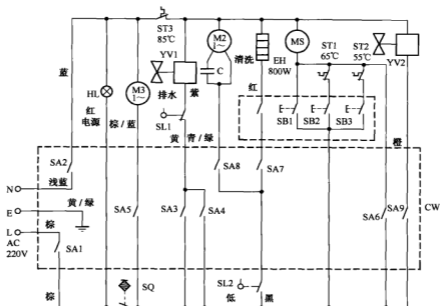


图 3-13 万宝 WQP-900 型全自动洗碗机电路

插好电源和水源后，旋转程控器 CW 的旋钮使它置于“开”的位置，它的触点 SA1、SA2 接通，市电电压能够加到指示灯 HL 两端使它发光，表明该机已输入市电电压。

按规定加入适量的洗涤剂并关好机门，门开关 SQ 的触点受压闭合，接通供电线路。此时，市电电压通过 SA6 为同步电动机 MS 供电，MS 开始运转，程控器开始运行，洗碗机按设定程序进入自动控制程序。随后，程控器的触点 SA3、SA4 接通，由于桶内无水，被高水位开关 SL1、低水位开关 SL2 检测后，SL2 的触点断开，而 SL1 的触点接通。SL1 的触点接通后，为进水电磁阀 YV1 的线圈供电，使 YV1 的进水口打开，自来水通过 YV1 流入桶内，使桶内的水位逐渐升高。当水位到达需要值后，SL2 的触点闭合，而 SL1 的触点断开，切断 YV1 的供电回路，使 YV1 关闭进水口，注水结束。

2. 洗涤控制电路

洗涤控制电路的核心元器件是程控器、加热器、洗涤剂添加装置、清洗电动机、操作按钮 SB1~SB3、电磁阀 YV2。

注水结束后，SL2 的触点闭合，随着程控器的运行，它的触点 SA6 断开，同步电动机 MS 停转，进入待机状态。当按下普通洗 SB2 按钮后，MS 的供电回路接通，使 MS 再次运转，致使触点 SA7、SA9 闭合。SA9 闭合后，洗涤剂电磁阀 YV2 的供电回路接通，YV2 打开阀门，向水内注入适量的洗涤剂，随后 SA9 断开，加注结束。触点 SA7 闭合后，加热器 EH 的供电回路接通，加热器开始加热桶内的水。当水温达到 55℃ 后，温控器 ST2 断开，切断 MS 的供电回路，程控器暂停，使触点 SA7 断开，切断加热器 EH 的供电回路，EH 停止加热，同时接通触点 SA8、SA5。SA8 接通后，为清洗电动机 M2 供电，M2 开始运转，使混有洗涤剂的热水流沿空心轴进入喷嘴，通过喷嘴开始喷水。喷嘴在喷水的反作用力作用下开始旋转，水流以不同方位喷到餐具上，将它们表面上的污物冲落到水中；触点 SA5 接通后，为排水泵

的电动机供电，打开排水泵的阀门，将污水排出。

随着排水的不断进行，水位开关 SL2 的触点断开，切断加热器 EH 和清洗电动机 M2 的供电回路，使它们停止工作，同时 ST2 的触点再次接通，同步电动机 MS 再次运转，控制 SA5 断开，而使 SA3、SA4 再次接通，同时 SL1 的触点因水位的下降而闭合，使进水电磁阀再次注水，使水位逐渐升高，最终使 SL1 断开，SL2 接通。SL2 接通后，M2 会再次运转，对餐具进行再次冲洗，同时接通 SA5 进行排水。这样，经多次的冲洗后利用 EH 将餐具烘干，程控器控制相关触点断开，洗涤工作彻底结束，洗碗机再次进入待机状态。

3. 过热保护电路

过热保护电路的核心元器件是过热保护器 ST3。当程控器的触点短路导致加热器加热温度过高，如温度达到 85℃后，ST3 的触点断开，切断市电输入回路，加热器停止工作，实现过热保护。

第二节 洗衣机电路识图

一、普通双桶洗衣机电路

下面以海尔 XPB70-71GS 型双桶洗衣机电路为例介绍普通双桶洗衣机电路的识图方法。海尔 XPB70-71GS 型双桶洗衣机电路原理图、接线图如图 3-14 所示。

1. 洗涤电路

洗涤电路的核心元器件是洗涤电动机、运转电容 C1、洗涤定时器，辅助元器件是蜂鸣器。

该机通上市电电压后，拧动洗涤定时器选择好洗涤时间，洗涤定时器开始运转，触点 S2 和 S3 随着它的运转而交替接通。S2 接通期间，220V 市电电压通过该开关为洗涤电动机供电，在运转电容 C1 的配合下，洗涤电动机开始顺时针运转。S3 接通期间，洗涤电动机就会逆时针运转。而 S2、S3 都不接通期间，电动机停转。这样，在定时器的控制下，洗涤电动机按正转、停止、反转的周期运转，通过传动带带动波轮运转，实现衣物的洗涤。在洗涤结束前 15s，定时器内的触点 S1 接通，为蜂鸣器供电，蜂鸣器开始鸣叫，提醒用户洗涤工作快要结束。

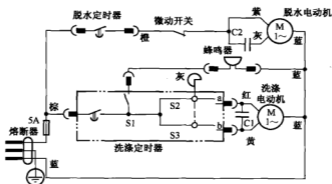
2. 脱水电路

脱水电路的核心元器件是脱水电动机、运转电容 C2、脱水定时器、盖开关（微动开关）。

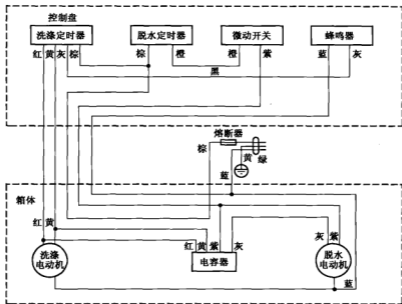
当盖严脱水桶的上盖使微动开关（盖开关）接通，并且旋转脱水定时器使其触点接通后，市电电压不仅加到脱水电动机的主绕组两端，而且在运转电容 C2 的作用下，使流过副绕组的电流超前主绕组 90°的相位差，于是主、副绕组形成两相旋转磁场，驱动转子运转，带动脱水桶旋转，实现衣物的甩干脱水。

3. 标准、轻柔控制

该机的定时器将水流开关和定时器结合在一起，通过定时器外面的摇杆就可以控制定时器内部凸轮的滑动，也就可以改变 S2、S3 的接通时间，改变了洗涤电动机的运行时间，也就实现了标准洗涤和轻柔洗涤两种洗涤方式的控制。



(a) 电路原理图



(b) 接线图

图 3-14 海尔 XPB70-71GS 型双桶洗衣机电路原理图和接线图

二、波轮全自动洗衣机

下面以小天鹅 XQB70-7 型波轮全自动洗衣机电路为例介绍波轮全自动洗衣机电路的识图方法。小天鹅 XQB70-7 型波轮全自动洗衣机电路由 CXD-Q-3 型电动式程控器、电源开关、水位开关、指示灯、蜂鸣器等构成，如图 3-15 所示。

1. 电动式程控器 CXD-Q-3 简介

该洗衣机的控制中心是电动式程控器 CXD-Q-3，了解 CXD-Q-3 的功能是该机电路识图的基础。CXD-Q-3 具有标准洗涤、节约洗涤和单洗涤三种洗涤程序。其中，标准洗涤就是一洗二

源, 节约洗涤就是一洗一漂。而洗涤方式还包括标准洗、轻柔洗两种, 洗涤时可根据衣物多少或种类选择洗涤方式。洗衣机通电后, CXD-Q-3 就会按表 3-1 所示的时序进行工作。

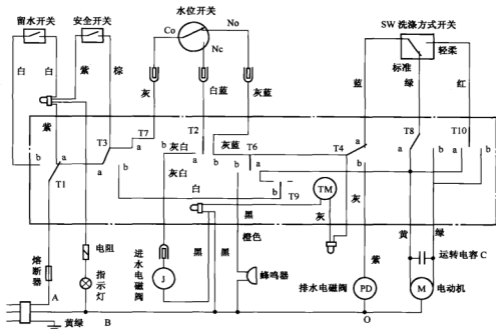


图 3-15 小天鹅 XQB70-7 型波轮全自动洗衣机电路

表 3-1

CXD-Q-3 型电动式程控器时序

程序	标准程序										节约程序										单洗	
	洗涤	排水	浸泡	脱水	漂洗	排水	浸泡	脱水	漂洗	排水	洗涤	排水	浸泡	脱水	漂洗	排水	浸泡	脱水	漂洗	排水	洗涤	排水
T1	a																					
T2	a																					
T3	a																					
T4	a																					
T5	a																					
T6	a																					
T7	a																					
T8	a																					
T9	a																					
T10	a	0.8s	1.8s	1.8s	0.8s	1.8s	1.8s	0.8s														
	b																					

2. 进水控制电路

进水控制电路的核心元器件是程控器、水位开关、进水电磁阀。水位开关用于检测水位高低, 进水电磁阀负责注水。

该机输入市电电压后, 市电电压通过触点 T1 及电阻为指示灯供电, 使指示灯发光, 表

明该机已输入市电电压。此时，若桶内无水或水位太低，被水位开关（传感器）检测后，它的动触点 Co 与静触点 Nc 接通。通过表 3-1 可知，进水时 T1~T4 的动触点都与静触点 a 接通。因此，市电电压通过电源线 A→T1a→安全开关/T3a→水位开关的 Nc→T2a→进水电磁阀的线圈→电源线 B 构成回路，为进水电磁阀 J 的线圈供电，使 J 打开进水口，自来水通过 J 流入盛水桶内，随着注水的不断进行，桶内的水位逐渐升高。当水位到达需要值后，水位开关动作，它的触点接在 No 位置，切断 J 的供电回路，使 J 关闭进水口，注水结束。



提示 若进水、洗涤、漂洗状态时桶盖被打开，安全开关处于断开状态，市电电压通过触点 T3 就可以为相关电路供电。

3. 洗涤控制电路

洗涤控制电路的核心元器件是程控器、电动机、运转电容、水位开关。水位开关在这里用于供电控制。

注水结束后，则进入洗涤状态。通过表 3-1 可知，洗涤时 T1~T4 的动触点都与静触点 a 接通。同时，水位开关的动触点 Co 接通静触点 No。因此，市电电压通过电源线 A→T1a→安全开关/T3a→水位开关的 No→同步电动机 TM 的绕组→电源线 B 构成回路，为 TM 的绕组供电，使 TM 获得供电后开始运转，进入洗涤程序。

(1) 标准洗

用户拨动开关 SW 选择的洗涤状态为标准洗时，市电电压通过电源线 A→T1a→S2/T3a→水位开关的 No→T4a→洗涤方式开关 SW→T8→电动机的绕组→电源线 B 构成回路，为电动机的绕组供电，在运转电容 C 的配合下，使电动机按正转、停止、反转的周期工作，使衣物之间、衣物与桶壁之间在水中进行柔和的摩擦，实现去污清洗的目的。

(2) 轻柔洗

若用户拨动开关 SW 选择轻柔洗方式时，市电电压通过触点 T10 为电动机供电，使电动机运转时间缩短，实现衣物的轻柔洗涤。

4. 排水控制电路

排水控制电路的核心元器件是程控器、水位开关、排水电磁阀。水位开关用于检测水位高低，排水电磁阀负责排水。

洗涤结束后，进入排水状态。通过表 3-1 可知，排水时 T1、T3 的动触点与静触点 a 接通，T2、T4 的动触点与静触点 b 接通，而水位开关仍接在 No 位置。由于 T4 接在 b 点，所以切断电动机的供电回路，电动机停止运转。同时，市电电压通过电源线 A→T1a→S2/T3a→水位开关的 No→排水电磁阀 PD 的绕组→电源线 B 构成回路，为 PD 的绕组供电，使 PD 的电磁铁动作，不仅使排水电磁阀开始排水，而且还带动离合器制动臂使离合器的棘爪和棘轮分离，制动带松开，准备脱水。排水到一定位置后，水位开关转到 Nc 的位置。随后，再经一段时间，排水结束。

5. 脱水控制电路

脱水控制电路的核心元器件是程控器、安全开关、电动机、排水电磁阀。安全开关用于防止脱水期间桶盖被打开。

排水结束后，就进入 39s 间脱（间歇脱水）和 1min34s 的脱水（连续脱水）状态。参见

表 3-1, 在间脱和脱水期间, T1 接 a 点, T3、T4、T9 都接 b 点。间脱和脱水期间, 市电电压通过 T1a→安全开关→水位开关的 Nc→T2b→排水电磁阀 PD 的绕组构成回路, 使排水电磁阀继续排水。

(1) 间歇脱水

在间歇脱水(间脱)期间, 由于触点 T9 在凸轮的控制下交替吸合、断开, 所以市电电压通过 T1a→安全开关→T3b→T9b 使电动机转 4s、停 2.5s 地交替工作, 实现间脱控制。

(2) 连续脱水

在连续脱水期间, 市电电压通过 T1a→安全开关→水位开关 Nc→T2b→T6b 为电动机供电, 使电动机连续高速运转, 实现脱水控制。

6. 溢漂控制电路

脱水结束后, 进入溢漂状态。通过表 3-1 可知, 溢漂时 T1~T4 的动触点与静触点 a 接通, 和洗涤控制一样, 所以溢漂期间, 不仅排水电磁阀关闭排水口, 而且电动机旋转。同时, 由于 T7 接 b 点后, 进水电磁阀的线圈有供电输入, 始终进水, 使洗衣机一边漂洗, 一边进水, 从衣物上漂洗下来的泡沫和污水通过溢水口流出, 再经排水管流入下水道, 实现溢漂控制。

7. 蜂鸣器控制电路

蜂鸣器控制电路的核心元器件是程控器、蜂鸣器。为了方便使用, 需要在程序要结束前, 也就是最后一次脱水即将结束前 30s 左右, 使程控器控制蜂鸣器开始鸣叫, 提醒用户洗衣工作要全部结束。

参见表 3-1, 程序要结束前 30s, 程控器的触点 T1、T2、T4、T6 接 b 点, T8 断开。T6 接 b 点和 T8 断开后, 不仅切断电动机的供电, 使电动机处于惯性运转状态, 降低对制动组件的损耗, 而且接通蜂鸣器的供电回路, 为蜂鸣器供电, 蜂鸣器开始鸣叫, 提醒用户洗涤工作即将结束。



提示 蜂鸣器能否鸣叫还受留水开关的控制。参见表 3-1, 在最后一次溢漂结束后, 触点 T1 就接在 b 点, 此时若留水开关也处于断开状态, 就不能进行最后一次的排水、间脱和脱水控制, 蜂鸣器也会因没有供电而不能鸣叫。不过, 用户取出漂洗后的衣物, 留在盛水桶内的水可再洗其他衣物, 节约了用水。

三、滚筒全自动洗衣机

图 3-16 所示是小鸭 XQG50-156 型滚筒全自动洗衣机电路原理图。该电路由电动式程控器 9171、电源开关、水位开关、门开关、电动机、指示灯等构成。

1. 电动式程控器 9171 简介

该洗衣机的控制中心是电动式程控器 9171, 了解 9171 的功能是该机电路识图的基础。9171 共有 18 种程序, 程序内容见表 3-2。程控器旋钮的刻度旋到位置“1”, 洗衣机便从“1”开始工作, 自动完成 1~10 的标准洗涤程序内容; 如刻度在“3”的位置开始工作, 就自动完成 3~10 的洗涤程序。

2. 供电电路

供电电路的核心元器件是电磁型门开关(电动门锁)BL, 辅助元器件是电源指示灯 HL。

关好洗衣机的门，按下电源开关 S1，有电流流过 BL 内的热敏电阻，热敏电阻发热速度加快，2s 左右使 BL 内的双金属片变形抬起，不仅控制门锁将门锁住，而且使它内部的触点吸合，为负载供电，同时指示灯 HL 获得供电开始发光，表明该机已输入市电电压。

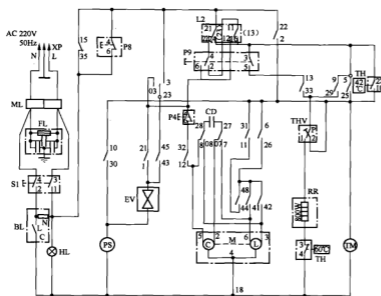


图 3-16 小鸭 XQG50-156 型滚筒全自动洗衣机电路

序号	代号	名称
1	1-48	程控器触点
2	P8	防壁开关
3	P4	不脱水开关
4	XP	电源线
5	TM	程控器电动机
6	THV	调温器
7	TH	温控器
8	RR	加热器
9	CD	运转电容
10	L2	双水位开关
11	P9	节能开关
12	EV	进水电磁阀
13	M	双速电动机
14	PS	排水泵
15	HL	电源指示灯
16	BL	门开关
17	S1	电源开关
18	ML	电源续套环
19	FL	滤波器

3. 进水电路

该机的进水控制分为预进水、进水 + 洗涤、强制进水三种。其中强制进水用于漂洗。进水电路的核心元器件是程控器、水位开关、进水电磁阀 EV、开关 S1、门开关 BL，辅助元器件是排水泵（牵引器）电动机 PS、节能开关 P9。

(1) 预进水

参见表 3-2，预进水期间，程控器的凸轮控制触点 22 接通 2、23 接通 03、35 接通 15、45 断续接通 43，同时水位开关（传感器）L2 检测到盛水筒内无水或水位太低，它的触点 21 接通 22。此时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关 L2 的 21、22→节能开关 P9 的 4、6→触点 03、23→触点 45、43→EV 的电磁阀线圈、PS 的电动机绕组→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为 EV 和 PS 供电。由于 EV 的线圈的阻值为 4kΩ 左右，而 PS 绕组的阻值小于 300Ω，所以 PS 因电流太小不能启动，仅 EV 的线圈产生磁场，打开进水口，开始为盛水筒注水。触点 45 和 43 以 30s 的周期交替接通、断开，从而使进水阀 30s 打开进水，30s 关闭。



提示 节能开关 P9 的触点 4、6 接通期间为该机的正常洗涤状态。

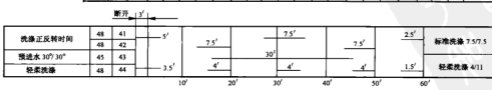
(2) 进水 + 洗涤

参见表 3-2，进水 + 洗涤期间，程控器的凸轮控制触点 24 接通 14、25 接通 5、27 接通

表 3-2

9171 型电动式程控器时序

				29	22	23	24	25	30	27	28	21	26	33	34	31	35	36	37			
				9	2	03	4	14	5	10	7	07	8	08	1	6	12	13	14	11	15	16
预进水	—	○																		1	3'	
进水+洗液	12+6	标准																			P=2'	
进水+加热器+洗液	12+6	标准																			P=7+4'	
停止/排水+洗液	—	标准																			00/2'	
预进水	—	○																			5	2'
进水+洗液	12+6	标准																			P=4'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+16'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=16'	
进水+洗液	—	标准																			P=4'	
预进水	—	○																			10	P=2'
进水+洗液	12+6	标准																			2'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=4'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+16'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=16'	
进水+洗液	—	标准																			15	P=2'
预进水+洗液	—	标准																			2'	
进水+洗液	12+6	标准																			P=4'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+4'	
进水+洗液	—	标准																			P=1'	
进水+冷却+洗液	12+6+6	标准																			20	P=4'
排水+洗液	—	标准																			4'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
排水+洗液	—	标准																			2'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
排水+洗液	—	标准																			25	2'
排水+排水(高速旋转)	—	—																			3'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
排水+洗液	12+6	标准																			2'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
排水+洗液	—	标准																			30	2'
排水+排水(高速旋转)	—	—																			2'	
预进水+洗液	—	标准																			4'	
进水+洗液	12+6	标准																				
进水+加热器+洗液	—	标准																			35	P=2'
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+16'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=4'	
进水+洗液	—	标准																			P=4'	
预进水+洗液	—	标准																			40	2'
进水+洗液	12+6	标准																			P=2'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+4'	
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=1'	
进水+洗液	—	标准																			P=2'	
预进水+洗液	—	标准																			2'	
进水+洗液	12+6	标准																			45	P=4'
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+4'	
进水+洗液	—	标准																			P=16'	
预进水	—	○																			2'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
进水+加热器	—	—																			50	P=4'
进水+加热器+洗液	—	标准																			P=7+4'	
排水	—	—																			2'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=2'	
排水	—	—																			55	2'
进水+洗液	12+6+6	标准																			2'	
排水	—	—																			2'	
进水+洗液	12+6+6	标准																			P=1.2'	
停止/排水+洗液	—	—																			00/2'	
排水+排水(高速旋转)	—	—																			2'	
停止	—	—																			60	



7、28 接通 08、21 接 1、26 接通 6、31 接通 11、33 接通 13、36 接通 16，同时，水位开关 L2 检测到盛水筒内无水或水位太低，它的触点 21 接通 22，节能开关 P9 的触点 4、6 接通。因此，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关 L2 的 21、22→节能开关 P9 的 4、6→触点 21、1→进水电磁阀 EV 的线圈→排水泵电动机 PS 的绕组→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为 EV 和 PS 供电，进水电磁阀仍然注水。随着进水的不断进行，筒内的水位逐渐升高。当水位达到高水位设置值后，水位开关 L2 动作，它的触点 21 与 22 断开，而与 24 接通，切断 EV 的供电回路，使 EV 关闭进水口，注水结束。

4. 加热+洗涤电路

加热+洗涤电路的核心元器件是程控器、电加热器、温控器、调温器、电动机、运转电容 CD，辅助元器件是水位开关、进水电磁阀 EV、开关 S1、门开关 BL。

(1) 单独加热

水到位后，就会进入加热状态。参见表 3-2，加热期间，程控器的凸轮控制触点 29 接通 9，同时由于水位开关的触点 21 接通 24，并且由于洗涤液加热前的温度低于 42℃，所以 42℃温控器的触点断开，60℃温控器的触点接通。此时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关 L2 的触点 21、24→触点 9、29→调温器 THV 的触点→加热器 RR→60℃温控器的触点→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为 RR 供电，使 RR 发热，为洗涤液加热。

(2) 边加热边洗涤控制

当水温加热到 42℃后，42℃温控器的触点接通，为程控器的电动机 TM 供电，使 TM 获得供电后开始运转，通过凸轮控制触点的吸合与释放，使洗衣机进入边加热边洗涤程序。

参见表 3-2，边加热边洗涤期间，程控器的凸轮控制触点 29 接通 9、24 接通 14、27 接通 7、28 接通 08、21 接通 1、26 接通 6、33 接通 13、31 接通 11、35 接通 15，此时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关 L2 的 21、24→42℃温控器的触点→触点 31、11//触点 6、26→触点 48 轮流接触点 41、42→电动机 M 的低速绕组 L→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为电动机的低速绕组 L 供电，同时由于触点 27 接 7、触点 28 接 08，所以电动机在运转电容 CD 的配合下按正转 7.5s、停止 7.5s、反转 7.5 的周期低速运转，实现洗涤衣物的目的。

随着加热的不断进行，当温度达到 THV 的设置温度时，THV 的触点断开，切断加热器的供电回路，加热器停止加热，仅双速电动机在运转，该机工作在热水洗涤状态。若 THV 的温度设置到最大，则在加热达到 60℃后，60℃温控器的触点断开，使最高温度为 60℃。



提示 若将调温器 THV 旋到不加热位置，则加热器不工作，该机处于冷洗状态。

5. 排水电路

排水电路的核心元器件是程控器、排水泵（牵引器）电动机 PS、水位开关，辅助元器件是开关 S1、门开关 BL。

洗涤结束后，进入排水状态。通过表 3-2 可知，排水时 22 接 2、35 接 15、30 接 10，而水位开关 L2 的触点 21 接 24。由于触点 31 与 11 断开，触点 26 与 6 断开，电动机的供电回路被切断，电动机停止运转。同时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→触点 2、

22→触点 10、30→电动机 PS 的绕组→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，使 PS 运转，带动排水阀将水排出。排水结束后，水位开关 L2 的触点 21 接通 22、触点 11 接通 12。

6. 脱水电路

排水结束后，就进入脱水状态。脱水电路的核心元器件是程控器、电动机、排水牵引器。

参见表 3-2，脱水期间，27 接 07、28 接通 8、22 接通 2、24 接通 14、30 接通 10、32 接通 12、34 接通 14。同时，水位开关 L2 的触点 21 接通 22、触点 11 接通 12。如上所述，排水泵进行排水。同时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关触点 21、22→节能开关触点 4、6→不脱水开关 P4→触点 32、12→电动机高速绕组 C→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为电动机的高速绕组 C 供电，同时由于触点 27 接 07、触点 28 接 8，所以电动机在运转电容 CD 的配合下为电动机绕组 C 供电，使 M 高速运转，衣物进行脱水，通过排水泵将水排出。



提示 P4 是不脱水/脱水控制开关，在洗衣物前，若按下 P4 使其触点断开后，在程序执行到脱水指令时，电动机 M 的高速绕组 C 因没有供电而不能工作，实现不脱水控制。只有 P4 的触点接通时，该机才能进行脱水控制。

7. 节能电路

节能电路的核心元器件是节能开关 P9。需要洗衣机进入节能洗涤状态时，首先按下 P9，使 P9 的触点 4、2 接通，而触点 4、6 与 3、5 都不能接通。此时，市电电压通过电源线 L→开关 S1→触点 35、15→水位开关 L2 的触点 21、22→节能开关 P9 的触点 4、2→水位开关 L2 的触点 11、12→触点 21、1→进水电磁阀 EV 的绕组、排水泵电动机 PS 的绕组→门开关 BL→开关 S1→电源线 N 构成回路，为 EV 和 PS 供电，使进水电磁阀 EV 开始进水。随着进水的不断进行，筒内的水位逐渐升高。当水位到达低水位的位置后，水位开关 L2 的触点 11 与 12 断开，切断 EV 的供电回路，使 EV 关闭进水口，注水结束。由于水位低，不仅节省了自来水，而且因 P9 内的触点 3、5 释放；所以缩短了加热时间，还节约了电能。

8. 防皱电路

防皱电路的核心元器件是防皱开关 P8。需要洗涤吸水性能差的衣物时，在洗涤前按下 P8，使它的触点断开，此时，程控器的旋钮转到位置超过“17”后，它内部的凸轮使触点 35、15 断开，使洗衣机除了指示灯亮外，其他工作因无供电而全部停止。直到用户再次按 P8，洗衣机才进入普通洗涤状态。

第三节 电冰箱电路识图

一、直冷式电冰箱电路

直冷式电冰箱的电路根据压缩机启动方式的不同，有重锤启动式、PTC 启动式两大类。

1. 重锤启动式电冰箱电路

(1) 普通重锤启动式

普通重锤启动式电冰箱电路多应用在老式电冰箱内，典型电路如图 3-17 所示。

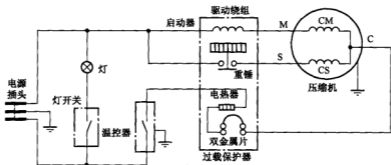


图 3-17 普通重锤启动式电冰箱电路

① 运行电路。该电路的核心元器件是压缩机、启动器，辅助元器件是过载保护器、温控器。

当电冰箱的箱内温度较高，被温控器的感温头检测后，温控器的触点接通，220V 市电电压通过温控器的触点、启动器驱动绕组、压缩机运行绕组 CM、过载保护器构成的回路产生较大电流。这个大电流使启动器驱动绕组产生较强的磁场，使启动器的衔铁（重锤）被吸动（吸合电流为 2.5A），将启动器的触点接通，压缩机启动绕组 CS 得到供电，绕组 CS 形成磁场，驱动转子转动。当电动机转速提高后，回路中的电流在反电动势作用下开始下降，使启动器驱动绕组产生的磁场减小。当下降的磁场不能吸动衔铁时，启动器的触点断开，完成启动，压缩机正常运转。当压缩机正常运转后，运行电流降到额定电流（1A 左右）。

② 过载、过热保护电路。该电路的核心元器件是过载保护器。过载保护器的触点正常时处于接通状态，但在电动机过电流或压缩机壳体温度过高时自动转入断开状态，起保护作用。当压缩机过载时电流增大，使过载保护器内的电热器产生的压降增大而使其发热，双金属片会因受热迅速变形，使触点断开，切断压缩机供电回路，压缩机停止转动。另外，因过载保护器紧固在压缩机外壳上，当压缩机的壳体温度过高时，也会导致过载保护器内的双金属片受热变形，切断压缩机供电电路。过几分钟后，随着温度的下降，过载保护器内的双金属片恢复到原位，又接通压缩机的供电回路，压缩机继续运转。但故障未排除时，过载保护器会继续动作，直至故障排除。过载保护器接通或断开时，会发出“咔嚓”的响声。因此，当压缩机不能正常运转且过载保护器有规律地发出响声时，说明压缩机不能正常工作，导致过载保护器进入保护状态。

③ 温度控制电路。温度控制电路的核心元器件是温控器。温控器的感温头固定在蒸发器表面上，当感温头检测的温度达到设置要求时，温控器自动断开，切断压缩机的供电回路，压缩机停转，电冰箱进入保温状态。随着保温工作的不断进行，箱内的温度逐渐升高，当感温头检测到温度升高到一定值时，温控器的触点接通，再次为压缩机供电，压缩机开始运转，电冰箱进入下一轮的制冷状态。

④ 照明灯电路。照明灯电路的核心元器件是照明灯、门开关。冷藏室箱门关闭时，位于冷藏室箱门框的灯开关受挤压而断开，切断照明灯的供电回路，照明灯不亮。当打开冷藏室门后，门灯开关弹出，将触点接通，接通照明灯回路，使它开始发光。

(2) 改进型重锤启动式电冰箱电路

图 3-18、图 3-19 所示是另外两种典型重锤启动式电冰箱电路。下面仅介绍它们的特有电路。

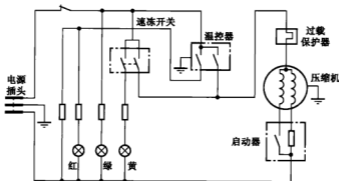


图 3-18 具有速冻功能的重锤启动式电冰箱电路

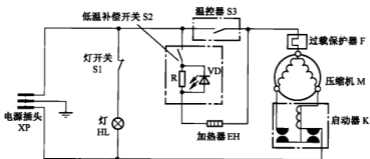


图 3-19 具有低温补偿功能的重锤启动式电冰箱电路

参见图 3-18，接通速冻开关后，市电电压不仅通过电阻限流使黄色指示灯发光，表明该机工作在速冻状态，而且为压缩机供电，使压缩机工作，该机进入速冻状态。由于温控器被速冻开关短路，所以箱内压缩机的运行时间不再受温控器的控制，实现速冻。

参见图 3-19，当温控器 S3 的触点接通后，低温补偿电路被短接，使其无法加热，而且使压缩机运转，开始制冷。当箱内温度到预定值时，温控器 S3 的触点断开，切断压缩机的供电，制冷结束。此时若接通低温补偿开关 S2，市电电压通过压缩机的运行绕组、过载保护器、加热器 EH、电阻 R 和开关 S2 构成的回路为 EH 供电，EH 开始加热，冷藏室温度升高，从而避免了环境温度过低时电冰箱不启动或停机时间过长，产生的冷藏温度过低而冷冻室温度偏高的异常现象。同时，R 两端产生的压降使发光二极管 VD 发光，表明该机工作在低温补偿状态。



提示 由于加热器的功率小，阻值较大，所以产生的电流较小，加到压缩机运行绕组两端的电压较小（仅为几伏）。因此，压缩机的运行绕组仅为加热器提供了回路，对压缩机没有任何影响。

2. PTC 启动式电冰箱电路

PTC 启动式电冰箱电路与采用重锤启动方式的电冰箱电路的区别仅在于启动过程。典型 PTC 启动式电冰箱电路如图 3-20~图 3-23 所示。这四个电路主要的区别：一是温控器有无开、停控制功能，二是低温补偿电路的工作方式。下面以图 3-20 所示电路进行介绍。

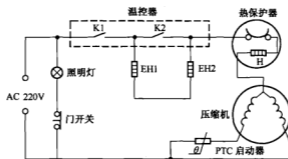


图 3-20 具有开/停机功能的电冰箱电路

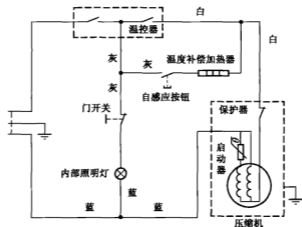


图 3-21 自动控制低温补偿的电冰箱电路

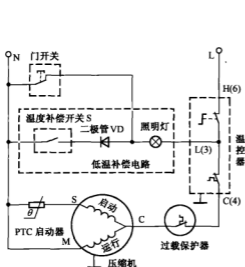


图 3-22 门灯兼作低温补偿的电冰箱电路

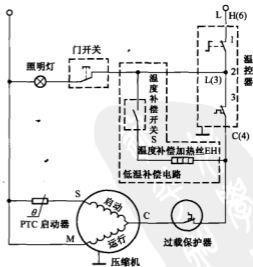


图 3-23 人工控制低温补偿的电冰箱电路

如果把温控器旋钮置于“OFF”（关）位置，触点K1、K2断开，压缩机、温度补偿加热

器 EH1 和 EH2 因无供电不工作。如果将温控器旋钮旋离“OFF”位置，K1、K2 闭合，接通压缩机的供电回路，因 PTC 式启动器内热敏电阻的阻值在通电瞬间较小，仅为 $22\sim 33\Omega$ ，所以 220V 市电电压通过热敏电阻、压缩机启动绕组形成较大的启动电流，使压缩机电动机开始运转，同时热敏电阻因有大电流通过，温度急剧升至居里点以上，进入高阻状态（相当于断开），断开启动绕组的供电回路，完成启动。完成启动后，启动回路的电流迅速下降到 30mA 以内，运转回路的电流下降到 1A 左右。

二、双温双控直冷式电冰箱电路

双温双控直冷式电冰箱电路与普通电冰箱电路相比的主要区别：一是冷藏室、冷冻室都需要安装温控器，二是制冷系统需要通过电磁阀进行控制。典型的双温双控直冷式电冰箱电路如图 3-24 所示。

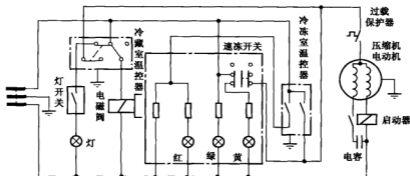


图 3-24 典型双温双控直冷式电冰箱电路

通过图 3-24 可以看出，该电路的核心元器件是冷藏室温控器和冷冻室温控器。其中，冷藏室温控器除控制冷藏室温度外，同时控制着电磁阀的工作状态；而冷冻室温控器仅控制冷冻室的温度。

当冷藏室的温度没有达到设置值时，冷藏室温控器接通压缩机回路，同时切断电磁阀供电回路，电磁阀的阀芯不动作，使冷藏室、冷冻室的两个蒸发器同时吸热制冷。当冷藏室温度达到设置值时，冷藏室温控器动作，不仅切断压缩机供电回路，而且接通电磁阀供电回路，电磁阀的阀芯动作，仅接通冷冻室蒸发器，而切断冷藏室的蒸发器，使冷藏室进入保温状态。此时，若冷冻室的温度没有达到要求时，冷冻室温控器继续为压缩机供电，使冷冻室继续制冷。当冷冻室的温度达到设置值时，冷冻室温控器动作，切断压缩机供电回路，使压缩机停止工作，冷冻室也进入保温状态。



提示 该机还在运行绕组的供电回路中增加了一只电容（ $3\mu\text{F}$ 左右），它的作用是增大电动机的转矩，改善功率因数和降低功耗。

三、间冷式电冰箱电路

间冷式电冰箱是依靠冷冻室内的风扇强制空气加速循环，加强蒸发器进行热交换的速度，从而达到冷却食品的目的。间冷式冰箱与直冷式冰箱的不同之处主要是风扇电动机控制电路

和自动化霜电路。典型的间冷式电冰箱电路如图 3-25 所示。

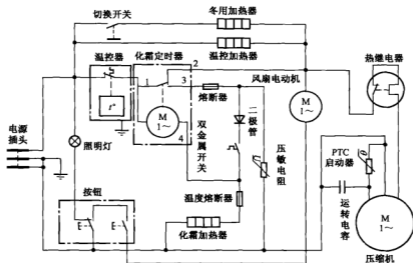


图 3-25 间冷式电冰箱电路

1. 风扇电动机电路

风扇电动机电路的核心元器件是风扇电动机、按钮（门开关），辅助元器件是化霜定时器。

当箱门关闭使按钮接通风扇电动机的供电回路，风扇电动机开始运转，带动扇叶旋转，使冷冻室和冷藏室的空气形成对流，这样冷藏室、冷冻室的热气就被冷冻室蒸发器吸收，实现制冷降温。当箱门打开后按钮断开，风扇电动机停转，以免箱内的冷气大量外泄，实现节能。

2. 全自动化霜电路

全自动化霜电路的核心元器件是化霜定时器、加热器、温度熔断器、温控器（双金属开关）。

（1）化霜控制

电冰箱通电后，市电电压通过温控器、化霜定时器的 1、3 触点分四路输出：第一路为压缩机电路供电，使压缩机运转；第二路为风扇电动机电路供电，使风扇运转；第三路为温控器的加热器供电，为温控器化霜；第四路为冬用加热器供电。同时市电电压还经定时器内的电动机、温度熔断器、化霜加热器构成的回路使电动机运转，化霜定时器开始计时。由于化霜加热器的阻值比化霜定时器电动机的内阻小得多，所以加在化霜加热器两端的电压极低，化霜加热器不会加热。

当化霜定时器的计时时间达到 8h 后，化霜定时器的触点 1、2 断开，切断通往压缩机的供电回路，停止制冷，同时接通 1、3 触点，通过二极管半波整流，再通过化霜温控器为化霜加热器供电，化霜加热器加热，将蒸发器表面的霜融化。此时化霜定时器被双金属开关和二极管短路而停转，不再计时。

当蒸发器表面的霜全部融化完后，并且蒸发器表面的温度达到 $13^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 时，双金属开关内的触点断开，使定时器电动机恢复运转。当化霜定时器继续运转的时间达到 2min48s 左右，定时器再次接通压缩机的供电回路，使压缩机再次运转。随着压缩机运转时间的增长，蒸发器的表面温度不断下降，当蒸发器温度降到一定值，化霜温控器达到复位温度（多为

-5℃)时,它内部的触点再次接通,重复以上过程,电冰箱进入下一轮的全自动化霜控制。

(2) 过热保护

温度熔断器又称化霜超温保护器或温度保险,串联在化霜加热电路中。它也安装在蒸发器上,直接检测蒸发器的温度。双金属开关失效使蒸发器温度升高,当升高的温度达到 65~70℃后,化霜熔断器熔断,切断化霜加热器及压缩机回路,实现过热保护,以免蒸发器等部门过热损坏。



提示 该熔断器损坏后不能用普通熔断器或导线更换,以免在化霜温控器损坏后扩大故障范围。

第四节 空调器电路识图

一、单相电空调器室外机电气接线图

图 3-26 所示是典型的单相电空调器的室外机电气接线图。在该电路中的核心元器件是压缩机、风扇电动机及它们的运转电容。

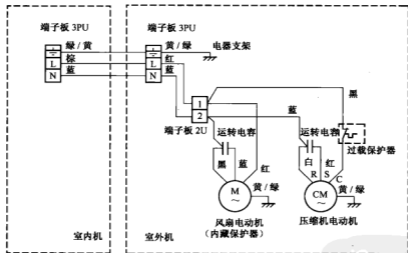


图 3-26 典型单相电空调器室外机电气接线图

当室内机输出的 220V 市电电压通过连接器 L、N 端子进入室外机后,其中一路不仅为压缩机供电,而且为室外风扇电动机供电,风扇电动机压缩机在运转电容的配合下开始运转。

压缩机供电回路内串联了过载保护器。当压缩机电流正常时,过载保护器内的触点闭合,压缩机正常运转;当压缩机过电流后,过载保护器动作,触点断开,切断压缩机电动机的供电回路,压缩机停止工作,实现过电流保护。

另外,室外风扇电动机内设置了过热保护器,其控制原理和压缩机供电回路内的过载保护器一样。

二、三相电空调器室外机电气接线图

图 3-27 所示是典型的三相电空调器的室外机电气接线图。室外机六位端子板上的 R 为 R 相相线，S 为 S 相相线，T 为 T 相相线，N 为零线，两侧的都是接地线。其中，S 相、R 相、T 相相线的电压不仅输入到交流接触器的三个输入端子上，而且送到相序板。当相序板检测到 R、S、T 三相电相序正确并将该信息送给室内机电脑板后，室内机电脑板输出压缩机运转指令，通过供电控制电路为交流接触器线圈提供 220V 交流电压，使交流接触器的三对触点闭合，三相电加到压缩机 U、V、W 的三个端子上，压缩机电动机获得供电后开始运转。

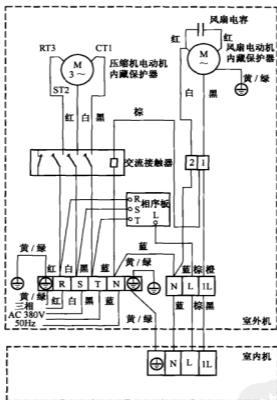


图 3-27 典型三相电空调器室外机电气接线图

第四章 电子元器件功能、符号、特性

第一节 电子元器件与电子电路的关系

电子电路（又称弱电电路）主要是由电阻、电容、二极管、三极管、集成电路等元器件构成的，因此，熟悉电子元器件的电路符号、功能与典型应用电路是学习电子电路识图的基础之一。

图 4-1 所示是一个空调器电路板，通过该图可以看出，空调器电路板由众多的电子元器件构成，才能实现空调器制冷、制热的控制。

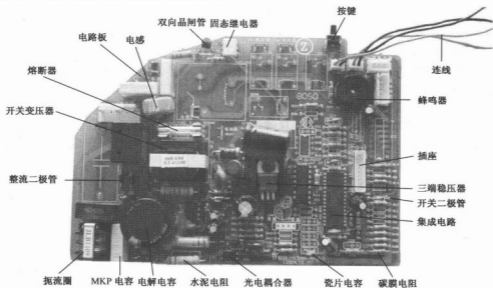


图 4-1 空调器电路板实物

第二节 普通电子元器件识别与典型应用电路

电子电路应用的电子元器件的种类要比强电电路多得多，识别这些元器件的实物、电路符号、电路的注释，以及了解它们的特点和典型应用电路，是学习电子电路识图的基础。

一、电阻

在第二章我们介绍了电阻的作用、电阻的串联电路、电阻的并联电路以及普通电阻和压敏电阻的功能。电子电路不仅使用普通电阻、压敏电阻，还使用可调电阻、熔断电阻、热敏

电阻、磁敏电阻等。下面主要介绍这几种电阻。

1. 可调电阻

可调电阻的特点是旋转它的滑动端时它的阻值是变化的。通过螺丝刀等工具进行调整的可调电阻就被称为可调电阻或微调电阻，而通过旋钮进行阻值调整的则称为电位器。可调电阻在电路中通常用 VR 或 RP 表示，常见的可调电阻（电位器）实物和电路符号如图 4-2 所示。

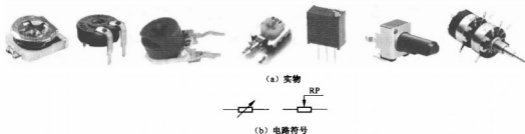


图 4-2 可调电阻（电位器）实物和电路符号

2. 热敏电阻

热敏电阻就是不同温度下阻值会变化的电阻。热敏电阻有正温度系数（PTC）和负温度系数（NTC）两种。所谓的正温度系数热敏电阻就是它的阻值随温度升高而增大，负温度系数热敏电阻的阻值随温度升高而减小。正温度系数热敏电阻主要应用在彩色电视机、彩色显示器的消磁电路或电冰箱压缩机启动回路中。负温度系数热敏电阻主要应用在供电限流回路或温度检测电路中。常见的热敏电阻实物如图 4-3 所示，电路符号如图 4-4 所示。



图 4-3 常见的热敏电阻实物

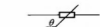


图 4-4 热敏电阻电路符号

3. 熔断电阻

熔断电阻也叫保险电阻，它既有过电流保护的作用，又有电阻限流的作用。熔断电阻通常安装在供电回路中，起到限流供电和过电流保护的双重作用。当流过它的电流达到保护值时，它的阻值迅速增大到标称值的数十倍或熔断开路，切断供电回路，以免故障扩大，实现过电流保护功能。因此，此类电阻过电流损坏后除了应检查过电流的原因，还必须采用同规格的电阻更换。常见的熔断电阻实物和电路符号如图 4-5 所示。

4. 光敏电阻

光敏电阻是应用半导体光电效应原理制成的一种特殊的电阻。当光线照射在它的表面后，它的阻值迅速减小；当光线消失后，它的阻值会增大到标称值。光敏电阻广泛应用于各种光控电路，如灯光开关控制、灯光调节等电路中。典型的光敏电阻实物和电路符号如图 4-6 所示。

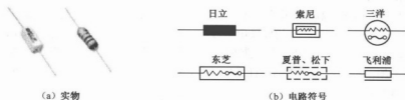


图 4-5 常见的熔断电阻实物和电路符号

5. 湿敏电阻

湿敏电阻是利用湿敏材料吸收空气中的水分而导致本身电阻值发生变化这一原理制成的。当它吸收空气内的水分后阻值会发生变化。湿敏电阻具有体积小、灵敏度高等优点，广泛应用于粮库、蔬菜大棚、楼宇等场所进行湿度控制。常见的湿敏电阻实物如图 4-7 所示。

6. 排电阻

排电阻由多个阻值相同的电阻构成，它和集成电路一样，有单列和双列两种封装结构，所以也叫集成电阻。典型的单列排电阻实物和电路符号如图 4-8 所示。



图 4-6 光敏电阻实物和电路符号



图 4-7 湿敏电阻实物

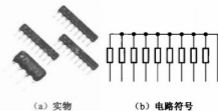


图 4-8 排电阻实物和电路符号

7. 电阻的应用电路

电阻的应用电路主要有限流电路、分压电路、温度检测电路、消磁电路、光线检测电路、湿度检测电路等，在第二章我们介绍了限流电路和分压电路，下面介绍消磁、温度检测等电路。

(1) 消磁电路

图 4-9 所示是一种典型的彩色显像管消磁电路。该电路的核心元器件是两端消磁电阻和消磁线圈。消磁电阻内有主、副两个热敏电阻，主热敏电阻 R_1 与消磁线圈 L 构成串联回路，而副热敏电阻 R_2 并联在该回路的两端。

彩色电视机通电瞬间，220V 的市电电压通过 R_1 、 L 构成的回路产生 20A 的初始大电流，该电流使 R_1 迅速发热。由于 R_1 是正温度系数热敏电阻，所以当它的温度达到居里点后阻值会急剧增大，使回路中的残余电流低于 10mA，波形如图 4-9 (b) 所示。这样， L 产生的交变磁场对显像管的铁质部件进行消磁，以免其受地球磁场或其他磁场的影响，而导致色纯变坏。 R_2 的作用在于通过自身发热，为 R_1 加热，确保流过 R_1 的残余电流尽可能小，以免残余电流使 L 产生不必要的磁场而影响显像管的色纯。

(2) 温度检测电路

图 4-10 所示是一种典型的温度检测电路。该电路的核心元器件是温度传感器 RT 、分压

电阻 R 和滤波电容 C。

由于 RT 是负温度系数热敏电阻，所以 RT 检测的温度较高期间，它的阻值相对较小，5V 电压通过 RT 与 R 分压取样产生的取样电压较低。该电压通过 C 滤波后提供给 CPU，被微处理器（CPU）识别后，才能发出下一步控制的指令。当 RT 检测的温度下降后，RT 的阻值会随温度的下降而增加，使 C 两端产生的取样电压增大，被 CPU 检测后，就可以做出进一步的控制。

（3）光线检测电路

图 4-11 所示是一种典型的光线检测电路。该电路的核心元器件是光敏电阻 R1、分压电阻 R2 和控制电路。

当光线变亮后，R1 的阻值变小，5V 电压通过 R2、R1 取样后产生的取样电压减小；当光线变暗后，R1 的阻值变大，5V 电压通过 R2、R1 取样后产生的取样电压增大。R1 两端根据光线亮度产生的取样电压被控制电路处理后就可以控制负载的工作状态。

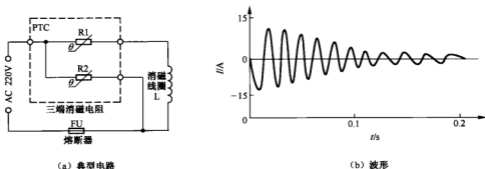


图 4-9 彩色显像管消磁电路及波形

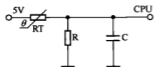


图 4-10 温度检测电路

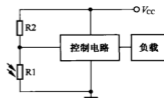


图 4-11 光线检测电路

二、电容

在第二章我们介绍了聚苯乙烯无极性电容的使用，而电子电路不仅使用聚苯乙烯无极性电容，而且使用瓷片、涤纶（聚酯）、纸介、云母等无极性电容，另外还使用铝电解电容和钽电解电容等有极性电容。其中钽电容的稳定性较高。电容的电路符号如图 4-12 所示。

1. 瓷片电容

瓷片电容是采用陶瓷材料制成的无极性电容，它具有稳定性好、体积小、损耗小、耐高温、耐高压、价格低等优点，应用广泛。典型的瓷片电容实物如图 4-13 所示。

2. 涤纶电容

涤纶电容是采用涤纶薄膜制成的无极性电容，具有损耗小、耐高温、耐高压、价格低等优



图 4-12 电容电路符号

点,但存在稳定性差的缺点,该电容应用也很广泛。典型的涤纶电容实物如图 4-14 所示。

3. 铝电解电容

铝电解电容是由以电解的方法形成的氧化膜材料制成的电容,具有容量大、体积小、价格低等优点,但存在绝缘电阻小、耐压低、热温度性能差、频率性能差等缺点。铝电解电容多为有极性电容,应用广泛。典型的铝电解电容实物如图 4-15 所示。



图 4-13 瓷片电容实物



图 4-14 涤纶电容实物

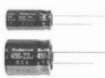


图 4-15 铝电解电容实物



提示 铝电解电容也有无极性的产品,主要应用在彩色电视机、彩色显示器的枕形失真校正电路中。

4. 钽电解电容

钽电解电容是采用金属钽作为介质制成的电容。由于该电容没有电解液,所以具有稳定性好、损耗小、温度系数小、体积小等优点,但也存在价格高的缺点,主要应用在精密电路中。典型的钽电解电容的实物如图 4-16 所示。

5. 排电容

排电容由多个容量相同的电容构成,它和集成电路一样,有单列和双列两种封装结构,所以也叫集成电容。典型的单列排电容实物如图 4-17 所示。

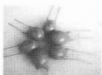
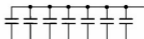


图 4-16 钽电解电容实物



(a) 实物



(b) 电路符号

图 4-17 排电容实物和电路符号

6. 电容的应用电路

电容的应用电路主要有滤波电路、耦合电路、移相电路、分压电路等,在第二章我们介绍了移相电路和市电滤波电路,下面介绍电容耦合电路、直流电压滤波电路、分压电路。

(1) 电容耦合电路

图 4-18 所示是一种典型的电容耦合电路。该电路内的 VT_1 、 VT_2 是放大管, $C_1 \sim C_3$ 是低频信号耦合电容, U_i 是输入信号。 U_i 经 C_1 耦合到放大管 VT_1 的基极,经其倒相放大后,再利用 C_2 耦合到 VT_2 的基极,利用 VT_2 再次放大,通过 C_2 耦合后得到交流输出信号 U_o 。电容 C_1 将 VT_1 的基极上的直流电压与信号源进行隔离,而 C_2 将 VT_1 的集电极高直流电位与 VT_2 的基极低电位进行隔离,但它们对于低频交流信号几乎是导线,所以低频信号可以顺利通过并被放大器放大。



提示 由于电容具有隔直流、通交流的特性,所以 $C_1 \sim C_3$ 各自的输入端、输出端的信号波形是一样的,也就是说,通过电容耦合的交流信号的相位和频率是不变的。

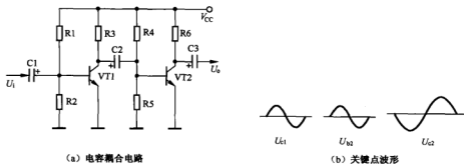


图 4-18 电容耦合电路及波形



注意 由于低频信号放大电路采用的耦合电容多为有极性电解电容，所以安装时要注意电容的极性，正极必须安装在电位高的一侧，否则可能会导致电容损坏，比如 C2 的正极要接 VT1 的集电极。

(2) 直流电压滤波电路

图 4-19 所示是一种典型的直流电压滤波电路。该电路核心的元器件是整流堆 DB、滤波电容 C。交流电压通过 DB 桥式整流、C 滤波后就会产生直流电压。

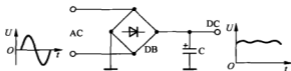


图 4-19 直流电压滤波电路及波形



提示 C 的容量越大，滤波效果越好，直流电压越纯净。不过，相同规格的电容容量越大，价格也就越高。因此，在保证电路能正常工作的情况下，选择容量合适的电容即可。

(3) 分压电路

图 4-20 所示是一种典型的大屏幕彩色电视机行输出电路的局部电路。该电路核心的元器件是滤波电容 C1、C2。由于电容存在容抗，所以 C1、C2 构成的分压电路不仅对行逆程脉冲进行分压，而且对直流电压 B+ 进行分压。

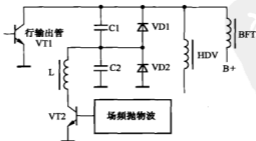


图 4-20 大屏幕彩色电视机行输出电路局部电路

改变场频抛物波的直流分量的大小, 就可以改变 VT2 的导通程度, 也就改变了 C2 两端直流电压的高低, 最终改变流过行偏转线圈 HDV 偏转电流的大小, 实现行幅调整。而调整场频抛物波的幅度时, 通过 C2 幅度后, 改变加到 C2 两端场频抛物波的幅度, 最终就可以实现水平枕形失真的校正。

三、二极管

我们在第二章介绍了二极管的作用、特性以及整流二极管、发光二极管和双向触发二极管的使用, 这里主要介绍快恢复/超快恢复二极管、肖特基二极管、稳压管、红外发光二极管、光敏二极管、瞬间电压抑制二极管、高压整流二极管。

1. 快恢复/超快恢复二极管

快恢复二极管 (FRD)、超快恢复二极管 (SRD) 是一种新型的半导体器件, 它具有反向恢复时间极短、开关性能好、正向电流大等优点。快恢复/超快恢复二极管电路符号如图 4-21 所示。

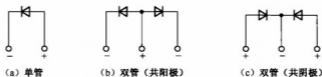


图 4-21 快恢复/超快恢复二极管电路符号

快恢复/超快恢复二极管按功率可分为小功率管、中功率管和大功率管三大类。其中, 小功率型快恢复/超快恢复二极管的外形和普通整流管相似, 中功率快恢复/超快恢复二极管 (电流为 20~30A) 采用 TO-220 封装结构, 大功率快恢复/超快恢复二极管 (电流大于 30A) 采用 TO-3P 封装结构。典型的快恢复/超快恢复二极管实物如图 4-22 所示。

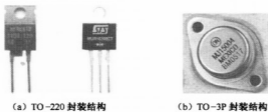


图 4-22 快恢复/超快恢复二极管实物



提示 常见的共阴极超快恢复二极管有 MUR3040PT 等型号, 常见的共阳极超快恢复二极管有 MUR16870A 等型号。

2. 肖特基二极管

肖特基二极管是一种大电流、低功耗、超高半导体器件, 其反向恢复时间可缩短到几纳秒, 正向导通压降多不足 0.4V。肖特基二极管的实物、内部构成、内部电路如图 4-23 所示。

肖特基二极管在结构原理上与普通二极管有很大区别, 它的内部是由阳极金属 (用钼或铝等材料制成的阻挡层)、二氧化硅 (SiO_2)、N-外延层 (砷材料)、N 型基片、N+阴极层及阴极金属等构成的。二氧化硅用来消除边缘区域的电场, 提高管子的耐压值。在基片下边形成 N+阴极层, 其作用是减小阴极的接触电阻。通过调整结构参数, 可在基片与阳极金属之

间形成合适的肖特基势垒。当加上正偏压 E 时, 金属 A 和 N 型基片 B 分别接电源的正、负极, 此时势垒宽度变窄, 其内阻变小; 加负偏压 $-E$ 时, 势垒宽度增加, 其内阻变大。

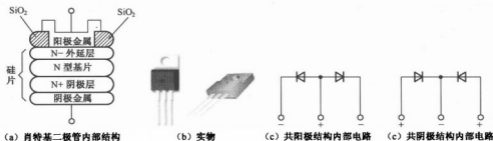


图 4-23 肖特基二极管

3. 稳压二极管

稳压二极管又称齐纳二极管, 简称稳压管, 它是利用二极管的反向击穿特性来工作的。稳压管常用于基准电压形成电路和保护电路。稳压管也有塑料封装和金属封装两种结构。塑料封装的稳压管采用 2 引脚结构, 而金属封装的稳压管有 2 引脚封装和 3 引脚封装两种结构。目前, 稳压管多采用塑料封装, 而几乎不采用金属封装。稳压管的电路符号和常见的塑料封装的稳压管实物如图 4-24 所示。稳压管的伏安特性曲线如图 4-25 所示。



图 4-24 稳压管电路符号和实物

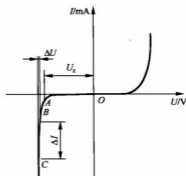


图 4-25 稳压管的伏安特性曲线



提示 3 引脚封装稳压管的其中一个引脚的一端与外壳相接, 另一端接地。

稳压管的伏安特性曲线和普通二极管基本相同, 但反向特性曲线却不同, 它的反向击穿是可逆的, 不会发生“热击穿”。通过图 4-25 可以发现, 稳压管所加的反向电压 U_z 达到 A 点后, 稳压管开始击穿, 并且击穿后的特性曲线比较陡直 (图中的 BC 段), 即反向电压基本不随反向电流变化而变化, 这就是稳压管的稳压特性。

4. 红外发光二极管

红外发光二极管是一种把电能信号直接转换为红外光信号的发光二极管, 虽然它采用砷化镓 (GaAs) 材料构成, 但也具有半导体的 PN 结。红外发光二极管主要应用在彩色电视机、VCD、空调器等设备的红外遥控器内。常见的红外发光二极管如图 4-26 所示, 它的电路符号

和发光二极管相同。

5. 光敏二极管

光敏二极管也叫光电二极管。光敏二极管与半导体二极管在结构上是类似的，其管芯是一个具有光敏特征的 PN 结，具有单向导电性，因此工作时需加上反向电压。无光照时，光敏二极管截止，但会有很小的反向漏电流，即暗电流；当受到光照时，形成光电流，它随入射光强度的加强而增大。因此，可以利用光照强弱来改变电路中的电流。常见的光敏二极管实物和电路符号如图 4-27 所示。



图 4-26 红外发光二极管实物



(a) 实物



(b) 电路符号

图 4-27 光敏二极管实物和电路符号

6. 瞬间电压抑制二极管

瞬间电压抑制二极管 (TVS) 的作用就是抑制电路中瞬间出现的脉冲电压。此类二极管主要应用在彩色电视机、空调器、电话交换机、医疗仪器等电子产品的开关电源中，对开关电源出现的浪涌电压脉冲进行钳位，可以有效地降低由于雷电、电路中感性元件产生的高压脉冲，避免高压脉冲损坏电子产品。

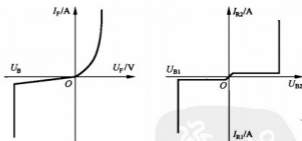
目前应用的 TVS 有单向 (单极) 型和双向 (双极) 型两种。单向 TVS 的电路符号和稳压管相同，而双向 TVS 相当于两个单向 TVS 电路符号的组合，如图 4-28 所示。TVS 的伏安特性曲线如图 4-29 所示。

单向 TVS 的正向特性与稳压管基本相同，反向击穿拐点近似“直角”，属于硬击穿，所以单向 TVS 是典型的雪崩击穿型电子器件。从击穿点到 U_B 段可以看出，当电路出现瞬间电压时，TVS 的电流急剧增大；而电压则被钳位到标称值。



(a) 单向 TVS (b) 双向 TVS

图 4-28 TVS 的电路符号



(a) 单向 TVS 的特性曲线

(b) 双向 TVS 的特性曲线

图 4-29 TVS 的伏安特性曲线

双向 TVS 的伏安特性曲线犹如两只单向 TVS 的反向特性曲线的组合，即它的正、反两个曲线都具有相同的雪崩击穿、钳位特性。

7. 高压整流二极管

高压整流二极管俗称高压硅堆、硅柱，它是一种硅高频、高压整流管。因为它由若干个整流管的管芯串联后构成，所以它整流后的电压可达到几千伏到几十万伏。高压硅堆早期主

要应用在黑白电视机的行输出变压器中，现在主要应用在微波炉等电子产品中。常见的高压整流二极管如图 4-30 所示。

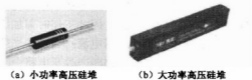


图 4-30 高压整流二极管实物



提示 大高压整流二极管的表面上标注的参数为 $0.2\sim 0.8\text{A}/100\text{kV}$ ，说明该高压整流二极管的整流电流可达到 $0.2\sim 0.8\text{A}$ ，而最大耐压为 100kV 。

8. 二极管的应用电路

二极管的应用电路主要有整流电路、基准电压电路、触发电路、过电压保护电路、瞬间电压抑制电路等，在第二章我们介绍了整流电路、触发电路，下面主要介绍稳压电路、瞬间电压抑制电路、红外发射电路。

(1) 稳压电路

图 4-31 所示是一种典型的 5V 稳压电路。该电路的核心元器件是 VZ ，由它产生 5.6V 基准电压， VT 是调整管， C1 、 C2 是滤波电容， R 是限流电阻。

12V 电压经 C1 滤波后不仅加到 VT 的集电极，而且通过 R 限流，利用 5.6V 稳压管 VZ 稳压产生 5.6V 基准电压。该电压加到 VT 的基极后， VT 的发射极就可以输出 5V 电压。



提示 基准电压形成电路不仅应用在稳压电路上，还广泛应用在误差信号比较电路和数字电路中。

(2) 瞬间电压抑制电路

图 4-32 所示是一种典型的瞬间电压抑制电路。该电路的核心元器件是单向瞬间电压抑制二极管 VD2 、开关变压器 T 、开关管 VT 。

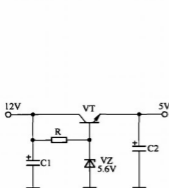


图 4-31 5V 稳压电路

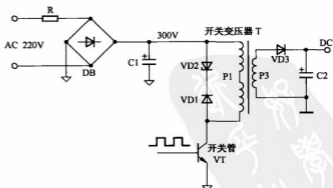


图 4-32 瞬间电压抑制电路

当激励脉冲为高电平时 VT 导通， T 的 P1 绕组产生的电动势为上正、下负；当激励脉冲

为低电平时 VT 截止, T 的 P1 绕组产生的电动势为下正、上负。该脉冲电压通过 VD1 使 VD2 瞬间击穿导通, 将过高的反峰电压泄放到 300V 电源, 从而避免了 VT 在截止瞬间过电压损坏, 实现尖峰脉冲抑制功能, 也就是瞬间电压抑制功能。

(3) 红外发射电路

图 4-33 所示是一款典型的红外发射电路。该电路的核心元器件是集成电路 $\mu\text{PD6121001}$ 、455kHz 时钟晶体 FOSC、红外发射管 (LED02)。

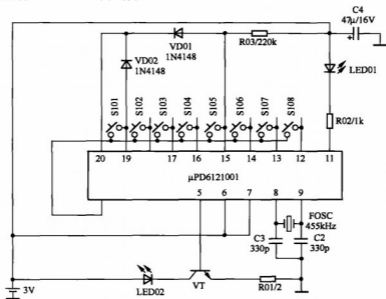


图 4-33 遥控发射电路

3V 电压加到 $\mu\text{PD6121001}$ 的⑤、⑦脚, 为它供电, 于是 $\mu\text{PD6121001}$ 的⑧、⑨脚内部的振荡器与外接晶体 FOSC, 以及移相电容 C2、C3 通过振荡产生时钟脉冲, 通过分频产生 38MHz 载波脉冲信号。当按动遥控器上的功能键时, 启动 $\mu\text{PD6121001}$ 工作, 对操作功能键进行识别和编码; 一路以调幅形式调制在 38MHz 载波后从⑤脚输出, 经三极管 VT 放大后, 使红外发光二极管 LED02 以红外信号的形式发射出去; 另一路通过⑪脚输出, 通过 R02 限流, 使发光二极管 LED01 闪烁发光, 表明遥控器在进行遥控操作。

四、三极管

三极管也称晶体管或晶体三极管, 它也是电子产品中应用相当广泛的半导体器件之一。常见的三极管实物如图 4-34 所示。

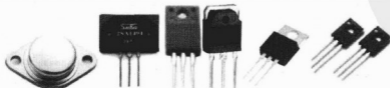


图 4-34 三极管实物

1. 三极管的构成

三极管是在一块半导体基片上制作两个相距很近的 PN 结，两个 PN 结把半导体分成三部分，中间部分是基区，两侧部分是发射区和集电区，排列方式有 PNP 和 NPN 两种。从三个区引出相应的引脚，分别为基极（b 极）、发射极（e 极）和集电极（c 极），如图 4-35 所示。

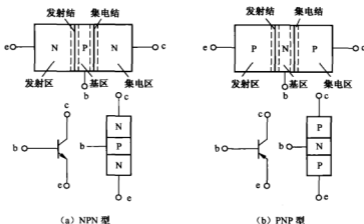


图 4-35 三极管的构成和电路符号

发射区和基区之间的 PN 结叫发射结，集电区和基区之间的 PN 结叫集电结。NPN 型三极管的发射区“发射”的是自由电子，其移动方向与电流方向相反，故发射极箭头向外。PNP 型三极管发射区“发射”的是空穴，其移动方向与电流方向一致，故发射极箭头向里。

2. 三极管的特性曲线

三极管外部各极电压和电流的关系曲线称为三极管的伏安特性曲线。它不仅能反映三极管的质量与特性，还能用来定量地估算出三极管的部分参数，对分析和设计三极管电路至关重要。

对于三极管的不同连接方式，有着不同的特性曲线。应用最广泛的是共发射极电路，它的特性曲线测试电路如图 4-36 所示，它的特性曲线可以由晶体管特性图示仪直接显示出来，也可以用描点法绘制出来。

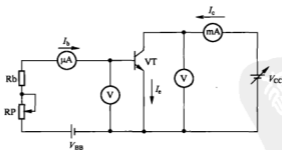


图 4-36 三极管特性曲线测试电路

(1) 输入特性曲线

在三极管共射极电路中，当基极与发射极之间的电压 U_{be} 维持不同的定值时， U_{be} 和 I_b 之间的关系曲线称为共射极输入特性曲线，如图 4-37 所示。该特性曲线有以下两个特点。

一是调节电位器 RP 使三极管 VT 的基极有一个开启电压 U_{be} ，在开启期间，虽然 U_{be} 已大于零，但 I_b 几乎仍为零，只有当 U_{be} 的值大于开启值后， I_b 的值与二极管一样才随 U_{be} 的增加按指数规律增大。硅三极管的开启电压值约为 0.5V，发射结导通电压 U_{on} 为 0.6~0.7V；锗三极管的开启电压值约为 0.2V，发射结导通电压为 0.2~0.3V。

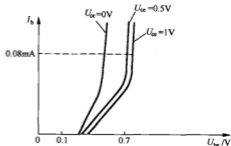


图 4-37 三极管输入特性曲线

二是三条曲线分别为 $U_{ce}=0V$ 、 $U_{ce}=0.5V$ 和 $U_{ce}=1V$ 三种情况。当 $U_{ce}=0V$ 时，相当于集电极和发射极短路，即集电结和发射结并联，输入特性曲线和二二极管的正向特性曲线相类似。当 $U_{ce}=1V$ 时，集电结已处在反向偏置状态，三极管工作在放大区，集电极收集基区扩散过来的电子，使在相同 U_{be} 值的情况下，流向基极的电流 I_b 减小，输入特性随着 U_{ce} 的增大而右移。当 $U_{ce}>1V$ 以后，输入特性几乎与 $U_{ce}=1V$ 时的特性曲线重合，这是因为 $U_{ce}>1V$ 后，集电极已将发射区发射过来的电子几乎全部收集走，对基区电子与空穴的复合影响不大， I_b 的变化也不明显。

(2) 输出特性曲线

输出特性曲线如图 4-38 所示。由图 4-38 可以看出，输出特性曲线可分为截止、放大、饱和三个区域。

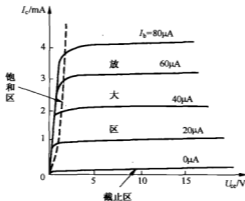


图 4-38 三极管输出特性曲线

① 截止区。指 $I_b=0\mu A$ 的那条特性曲线以下的区域。在此区域里，三极管的发射结和集电结都处于反向偏置状态，三极管不工作，集电极只有微小的穿透电流 I_{cso} 。

② 饱和区。在此区域内，对应不同 I_b 值的输出特性曲线簇几乎重合在一起。也就是说， U_{ce} 较小时， I_c 虽然增加，但增加不大，即 I_b 失去了对 I_c 的控制能力。这种情况称为三极管饱和。饱和时，三极管的发射结和集电结都处于正向偏置状态。三极管集电极与发射极间的电压称为集-射饱和压降，用 U_{ces} 表示。 U_{ces} 很小，中小功率硅管的 $U_{ces}<0.5V$ ；三极管基极与发射极之间的电压称为基-射饱和压降，以 U_{bes} 表示，硅管的 U_{bes} 在 0.8V 左右。在临界饱和状态下的三极管，其集电极电流称为临界集电极电流，以 I_{cs} 表示；其基极电流称为临界基极电流，以 I_{bs} 表示。这时 I_{cs} 与 I_{bs} 的关系仍然成立。

③ 放大区。在截止区以上，介于饱和区与截止区之间的区域为放大区。在此区域内，特性曲线近似于一簇平行等距的水平线， I_c 的变化量与 I_b 的变化量基本保持线性关系，即 $\Delta I_c = \beta \Delta I_b$ ，且 $\Delta I_c \gg \Delta I_b$ ，就是说在此区域内，三极管具有电流放大作用。在放大区，集电极电压对集电极电流的控制作用也很弱，当 $U_{ce} > 1V$ 后，即使再增加 U_{ce} ， I_c 几乎也不再增加，此时若 I_b 不变，则三极管可以看成是一个恒流源。

在放大区，三极管的发射结处于正向偏置状态，集电结处于反向偏置状态。

3. 特殊三极管

(1) 行输出管

行输出管是彩色电视机、彩色显示器行输出电路采用的一种大功率三极管。行输出管从内部结构上分为两种：一种是不带阻尼二极管和分流电阻行输出管，另一种是带阻尼二极管和分流电阻的大功率管。其中，不带阻尼二极管和分流电阻的行输出管和普通三极管的检测方法是一样的，而带阻尼二极管和分流电阻的行输出管与普通三极管的检测方法有较大区别。带阻尼二极管、分流电阻的行输出管的实物和电路符号如图 4-39 所示。

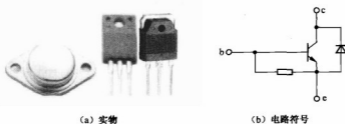


图 4-39 行输出管实物和电路符号

(2) 达林顿管

达林顿管是一种复合三极管，多由两只三极管构成。其中，第一只三极管的发射极直接接在第二只三极管的基极，引出基极、集电极、发射极三个引脚。由于达林顿管的放大倍数是级联三极管放大倍数的乘积，所以可达到几百、几千，甚至更高，如 2SB1020 的放大倍数为 6 000。常见的达林顿管多由两只三极管级联构成。达林顿管如图 4-40 所示。

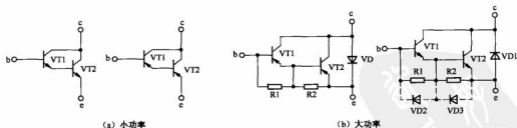


图 4-40 达林顿管



提示 大功率达林顿管内的电阻 R_1 、 R_2 是为漏电流提供泄放回路而设置的，而 VT_2 的集电极和发射极上并联的续流二极管 VD 用于过电压保护。

(3) 带阻三极管

从外观上看，带阻三极管与普通的小功率三极管几乎相同，但内部构成却不同，它由一只三极管和1~2只电阻构成，如图4-41所示。带阻三极管在电路中多用字母“QR”表示。不过，因为带阻三极管多应用在国外或合资的电子产品中，所以电路符号各不相同，如图4-42所示。

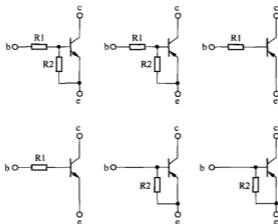


图 4-41 带阻三极管的构成

公司 类型	松下、东芝、 三菱	三洋、日电、 罗兰士	夏普、 飞利浦	日立	富士、 爱普生
PNP 型					
NPN 型					

图 4-42 带阻三极管的电路符号

带阻三极管在电路中多被用作“开关”，管中内置的电阻决定它的饱和导通程度，基极电阻 R 越小，三极管导通程度越强，集电极、发射极间压降就越低，但该电阻不能太小，否则会影响开关速度。

(4) 光敏三极管

光敏三极管简称光敏管，它是在光敏二极管的基础上开发生产的一种具有放大功能的光敏器件，在电路中多用“TV”表示。常见的光敏三极管实物和电路符号如图4-43所示。

光敏三极管按构成可分为 NPN 型和 PNP 型两种，按放大能力可分为普通型和达林顿型两种。光敏三极管的工作原理可等效为光敏二极管和普通三极管的组合，如图 4-43 (c) 所示。

参见图 4-43 (c)，光敏三极管基极、集电极间的 PN 结就相当于一个光敏二极管，有光照时，光敏二极管导通，由其产生的导通电流 I_L 输入到三极管的基极，使三极管导通，它的集电极流过集电极电流 $I_c (\beta I_L)$ 。由于光敏三极管的基极输入的是光信号，所以它只有发射极、集电极两个引脚。

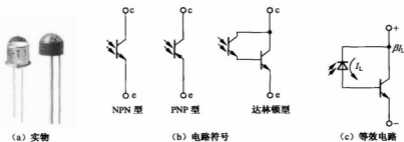


图 4-43 光敏三极管

(5) 复合对管

复合对管是将两只性能一致的三极管封装在一起构成的。复合对管按结构可分为 NPN 型高频小功率对管和 PNP 型高频小功率差分对管两种，按封装结构有金属封装结构和塑料封装结构两种，如图 4-44 所示。



图 4-44 复合对管

4. 三极管的应用电路

三极管的应用电路主要有放大电路、振荡电路、开关电路。

(1) 放大电路

三极管的放大功能是它最基本的功能。图 4-45 所示是一种典型的三极管放大器。输入信号 U_i 经 C1 耦合后加到 VT 的基极，使基极电流 I_b 随 U_i 变化而变化，致使集电极电流 I_c 随之变化，并且变化量为 βI_b 。 I_c 在 R3 两端产生随之变化的压降 U_3 ，而 V_{CC} 减去 U_3 就是 VT 的集电极电压 U_c ，因此， U_c 与 U_i 的相位相反，也就是说，该放大器属于倒相放大器。 U_c 经 C2 耦合后得到交流输出信号 U_o 。

通过以上分析可知，共发射极放大器的输入信号 U_i 是从放大器的基极、发射极之间输入的，输出信号 U_o 取自发射极与集电极之间。另外，此类放大器不仅有电流放大功能，而且还有电压放大功能。

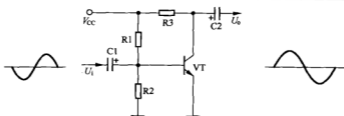


图 4-45 共发射极放大器及信号波形

(2) 振荡电路

图 4-46 所示是典型的三极管振荡电路。该电路的核心元器件是振荡管（开关管）VT、开关变压器 T、正反馈元件 R2 和 C1。

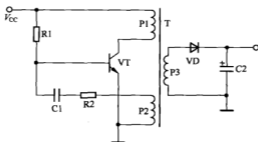


图 4-46 典型三极管振荡电路

电源 V_{CC} 一路通过开关变压器 T 的一次绕组 P1 为振荡管 VT 供电，另一路通过启动电阻 R1 限流后为 VT 的基极提供启动电压，使 VT 导通，它的集电极电流使 P1 绕组产生上正、下负的电动势，该电动势不仅使 T 存储能量，而且使正反馈绕组 P2 感应出上正、下负的脉冲电压，该脉冲通过 R2、C1、VT 构成回路使 VT 因正反馈雪崩过程迅速进入饱和和导通状态。VT 饱和后，它的集电极电流不再增大，因电感中的电流不能突变，所以绕组 P1 产生反相的电动势，致使 P2 相应产生反相的电动势。该电动势通过 R2、C1 使 VT 迅速截止。VT 截止后，T 存储的能量经 VD 整流、C2 滤波后产生直流电压，为负载供电，随着 T 存储的能量释放到一定的时候，T 各个绕组产生反相电动势，于是 P2 绕组产生的脉冲电压经 R2、C1 再次使 VT 进入饱和和导通状态，形成自激振荡。

(3) 开关电路

图 4-47 所示是典型的三极管开关电路。该电路的核心元器件是控制管 VT1。

当 CPU 输出的控制信号为低电平时，VT1 截止，此时 7.3V 电压通过 R3 使供电管 VT2 的基极、发射极同电位，致使 VT2 截止，它的集电极无电压输出。当 CPU 输出的控制信号为高电平时，通过 R1 限流使 VT1 导通，通过 R2 使 VT2 的基极电位下降，VT2 开始导通，从它的集电极输出 7V 电压为负载供电，实现开关控制。

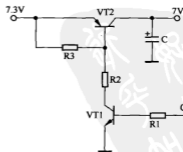


图 4-47 典型三极管开关电路



提示 许多三极管开关控制电路的开关管采用的是带阻三极管，从而取消了限流电阻，简化了电路结构。

五、场效应管

1. 场效应管的特点

场效应管的全称是场效应晶体管（Field Effect Transistor，简称为FET）。它是一种外形与三极管相似的半导体器件。但它与三极管的控制特性截然不同，三极管是电流控制型器件，通过控制基极电流来达到控制集电极电流或发射极电流的目的，即需要信号源提供一定的电流才能工作，所以它的输入阻抗较低；而场效应管则是电压控制型器件，它的输出电流决定于输入电压的大小，基本上不需要信号源提供电流，所以它的输入阻抗较高；此外，场效应管比三极管的开关速度快、高频特性好、热稳定性好、功率增益大、噪声小，因此在电子产品中得到广泛应用。

2. 场效应管的分类和引脚功能

场效应管根据极性不同又分为N沟道和P沟道两种，根据结构可分为结型场效应管和绝缘栅型场效应管两种，而绝缘栅型场效应管又分为耗尽型和增强型两种。常见的场效应管实物如图4-48所示。

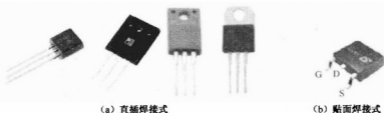


图4-48 常见的场效应管实物

不管哪种场效应管，都有栅极（G极），漏极（D极）和源极（S极）三个引脚（电极）。这三个引脚所起的作用与三极管对应的集电极、基极、发射极相似。其中，栅极对应基极，漏极对应集电极，源极对应发射极。而N沟道型场效应管对应NPN型三极管，P沟道型场效应管对应PNP型三极管。场效应管电路符号如图4-49所示。

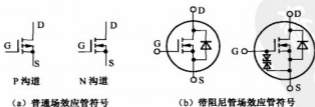


图4-49 场效应管电路符号

3. 场效应管的应用

场效应管的应用和三极管的应用基本相同，也可以构成放大电路、振荡电路、开关控制

电路，并且工作原理基本相同，不再介绍。

六、IGBT

IGBT 的英文全称是 Insulated Gate Bipolar Transistor，翻译为绝缘栅双极型晶体管。

1. IGBT 的特点

IGBT 是由场效应管和大功率双极型三极管构成的，IGBT 将场效应管的开关速度快、高频特性好、热稳定性好、功率增益大及噪声小等优点与双极型大功率三极管的大电流、低导通电阻特性集于一体，是性能较高的高速、高压半导体功率器件。它具有的特点：一是电流密度大，是场效应管的数十倍；二是输入阻抗高，栅极驱动功率极小，驱动电路简单；三是低导通电阻，在给定芯片尺寸和 U_{ce} 的情况下，其导通电阻 R_{ce} 低于场效应管的 R_{ds} 的 10%；四是击穿电压高，安全工作区大，在瞬态功率较大时不容易损坏；五是开关速度快，关断时间短，耐压为 1~1.8kV 的 IGBT 的关断时间约为 1.2 μ s，而耐压为 600V 的 IGBT 的关断时间约为 0.2 μ s，仅为双极型三极管的 10%左右，接近功率型场效应管，并且开关频率达到 100kHz，开关损耗仅为双极型三极管的 30%。因此，IGBT 克服了功率型场效应管在高压、大电流下出现导通电阻大、输出功率下降、发热严重的缺陷。IGBT 广泛应用在电磁炉等电子产品中，用作功率管。

2. IGBT 的实物与电路符号

常见的 IGBT 的实物和电路符号如图 4-50 所示。

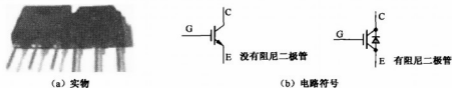


图 4-50 IGBT 实物和电路符号

IGBT 的 G 极和场效应管一样，是栅极或控制极，C、E 极和普通三极管一样，C 极是集电极，E 极是发射极。

3. IGBT 的应用电路

图 4-51 所示是电磁炉采用的一种典型的 IGBT 应用电路。该电路的核心元器件是功率管 IGBT、谐振电容 C2、谐振线圈（线盘）L2、阻尼管 VD。



提示 由于 C2 与 L2 并联，所以主回路组成的谐振回路为电压谐振，又因 IGBT 的 C、E 极两端接有阻尼管 VD，所以该谐振回路属于准谐振回路。对于熟悉彩色电视机行输出电路原理的维修人员，该电路的原理可谓是一目了然。

$t_1 \sim t_2$ 期间，高电平激励脉冲加至 IGBT 的栅极使它饱和导通，300V 电压通过 L2 和 IGBT 的集电极、发射极构成导通回路，因流过电感的电流不能突变，所以 IGBT 的集电极电流 I_c (I_1) 在 $t_1 \sim t_2$ 期间线性增大，使 L2 产生左正、右负的电动势，到达 t_2 时刻电流达最大。

$t_2 \sim t_3$ 期间，由于激励脉冲变为低电平，IGBT 截止，由于 I_c 不能突变为 0，所以 L2 通过自感产生右正、左负的电动势以阻止电流的突变，该电动势对 C2 充电，充电电压由低逐渐升高，实现功率管的零电压关断，即 IGBT 关断瞬间它的集电极电压最低。C2 充电产生电

流 I_2 ，到达 t_3 时刻 I_2 变为 0，C2 右端电压达到最大，它与 C1 两端电压叠加后加到 IGBT 的集电极、发射极，此电压就是 IGBT 截止期间产生的反峰电压，相当于彩色电视机中行输出管集电极上产生的逆程电压。

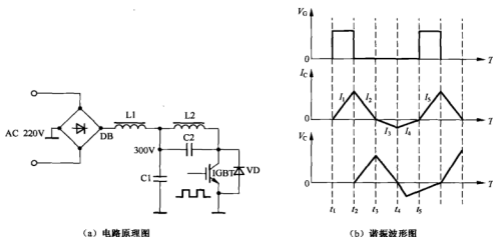


图 4-51 功率变换器及谐振波形

$t_3 \sim t_4$ 期间，由于 IGBT 继续截止，所以 C2 存储的电压通过 L2 放电，产生放电电流 I_3 ，当 I_3 达到负的最大值，C2 放电结束，它存储的电能又转为 L2 中的磁能。

$t_4 \sim t_5$ 期间，因 I_3 不能突变为 0，于是 L2 再次产生左正、右负的电动势，该电动势通过 C1 和阻尼管 VD 构成的回放电路，放电不仅可阻止振荡的持续进行，而且产生电流 I_4 为 C1 补充能量，当电流 I_4 为 0 时放电结束。 t_5 时刻，IGBT 在高电平激励脉冲作用下再次导通，实现功率管的零电压导通。IGBT 导通后，产生导电电流 I_5 ，重复以上过程，在线盘 L2 上就产生了和激励脉冲工作频率 f (20~30kHz) 相同的脉冲电流。

综上所述，在一个谐振周期内，只有导电电流 I_1 是电源供给 L2 的能量，所以加热功率的大小主要取决于 I_1 的大小。因 I_1 与 IGBT 的导通时间成正比，所以通过调节激励脉冲的宽度就可实现加热功率的调节，当占空比大时 IGBT 导通时间延长， I_1 增大，输出功率大，反之结果相反。

七、电感线圈

电感线圈简称电感，它是一种电抗元器件，在电路中用字母“L”表示。它在电路里可以完成扼流、滤波、调谐、延时、耦合、补偿等功能。

1. 电感的特性

电感的主要物理特性是将电能转换为磁能并存储起来，它是一个存储磁能的元件。电感在电路中的特殊性质与电容刚好相反。电感中的电流不能突变，这与电容两端的电压不能突变的原理相似。因此，在电路分析中常称电感为“惯性元件”。

2. 空心电感

空心电感是导线在非磁导体上绕制而成的，这种电感的电感量小，无记忆，很难达到磁饱和，所以得到了广泛的应用。典型的空心电感和电路符号如图 4-52 所示。



图 4-52 空心电感实物和电路符号



提示 所谓磁饱和就是周围磁场达到一定饱和度后磁力不再增加,也就不能工作在线性区域了。

3. 铁氧体电感

铁氧体电感是在铁氧体的上面或外面绕上线圈制成的。这种电感的优点是电感量大、频率高、体积小、效率高,但也存在容易磁饱和的缺点。常见的铁氧体电感和电路符号如图 4-53 所示。

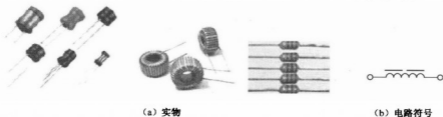


图 4-53 铁氧体电感实物和电路符号

黑白电视机、彩色电视机、彩色显示器采用的偏转线圈就是铁氧体电感,并且大屏幕彩色电视机、彩色显示器行输出电路用的行线性校正线圈和枕形失真校正线圈也是铁氧体电感。

4. 可调电感

可调电感是利用旋动磁芯在线圈中的位置来改变电感量,这种调整方式比较方便。常见的可调电感如图 4-54 所示。彩色电视机和收音机的中周采用的就是可调电感。



图 4-54 可调电感实物和电路符号

5. 电感的应用电路

电感的应用电路主要有滤波电路、阻高频电路、谐振电路等。

(1) 滤波电路

图 4-55 所示是一种典型的电感滤波电路。该电路的主要元器件是电感 L 和电容 C_1 、 C_2 。

L 、 C_1 、 C_2 组成的是 π 形滤波器。交流电压通过整流堆 DB 和 C_1 构成的桥式整流电路,变换为 100Hz 脉动电压。 L 将脉动电压的交流部分进行阻流,随后通过 C_2 进一步滤波,就可以获得较为纯净的直流电压。

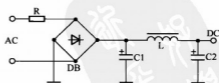


图 4-55 电感滤波电路

(2) 阻高频电路

图 4-56 所示是一种典型的彩色电视机、彩色显示器水平枕形失真校正电路。在该电路内, VT 是放大管, L 是调制电感, C 是调制电容。

由场频抛物波电路输出的场频抛物波信号通过 R 限流,利用 VT 倒相放大,通过 L 加到行输出电路,对行频信号进行调制,实现水平方向的枕形失真校正。由于 L 具有阻高频功能,

所以行输出电路产生的高频脉冲不能入场扫描电路。

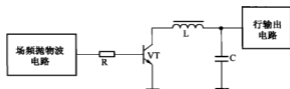


图 4-56 水平枕形失真校正电路



提示 电感的阻高频电路还广泛应用在许多领域。比如，许多电气设备的市电输入电路利用互感线圈对市电网内的高频干扰信号进行抑制，以免高频干扰脉冲进入该设备，影响它的正常工作，同时也对该设备产生的高频干扰进行抑制，以免它窜入市电网，影响其他电气设备的正常工作。如图 4-57 内的 L 就用来抑制高频干扰脉冲的。

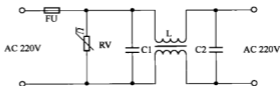


图 4-57 市电滤波电路

(3) 谐振电路

典型的 L、C 谐振电路参见图 4-51，读者通过该电路就可以掌握 L、C 谐振电路的工作原理。

八、变压器

变压器是利用线圈互感的原理制成的电子元器件，广泛应用在各个领域的电子产品内。变压器的主要功能有电压变换、阻抗变换、隔离耦合、稳压（磁饱和变压器）等多种。变压器在电路中常用“T”、“B”或“TR”等字母表示。变压器常用的电路符号如图 4-58 所示，常见实物如图 4-59 所示。

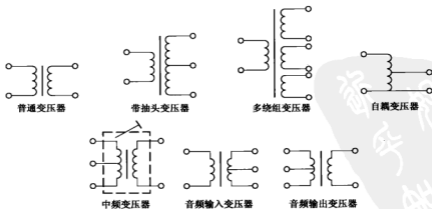


图 4-58 变压器常用的电路符号



图 4-59 变压器实物

1. 变压器的构成

变压器由铁芯（或磁芯）和绕组（线圈）组成，绕组有两个或两个以上，其中接电源的绕组叫一次绕组，其余的绕组叫二次绕组。

2. 变压器的基本原理

(1) 电压变换原理

参见图 4-60，变压器的一次绕组 n_1 输入交流电压时，一次绕组就会有交流电流流动，铁芯（或磁芯）内会产生交流磁通，使二次绕组 n_2 感应出交流电压。 n_2 绕组感应电压的大小取决于 n_2 绕组与 n_1 绕组的匝数比，即 $u_2 = u_1 (n_2/n_1)$ 。

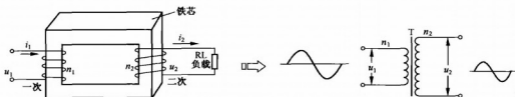


图 4-60 变压器的电压变换原理图



提示 为了保证变压器正常工作，还应了解变压器的输出电流与输出电压的关系。通常，在铁芯不变的情况下，变压器输出电流与输出电压成反比，即 $i_2 = i_1 (n_1/n_2)$ 。

(2) 阻抗变换原理

参见图 4-61，变压器的一次绕组 n_1 、二次绕组 n_2 匝数不同，会导致它们的阻抗也不同，即 $R_2 = R_1 (n_2/n_1)^2$ 。

(3) 相位变换原理

参见图 4-62，在绕制变压器一次绕组、二次绕组时，根据绕制方向的不同，就可以确定各个绕组的相位关系。图中绕组一端标注的黑点就是同名端的标记，即标有同名端的端上的电压极性相同。

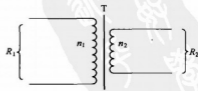


图 4-61 变压器的阻抗变换原理图

3. 变压器的隔离特性

变压器的隔离特性是指变压器二次绕组与一次绕组是隔离的，也就是说一次绕组在输入

220V 市电电压时，用手摸二次绕组的一个端子的输出电压，由于不能和一次绕组构成回路，所以一般不会发生触电事故。

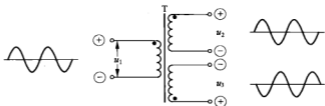


图 4-62 变压器的相位变换原理图



提示 如果变压器匝数比为 1:1，则说明该变压器就是隔离变压器。



注意 接入隔离变压器后，也不能用两只手同时接触隔离变压器的两个输出端，否则会发生触电事故。

4. 变压器的应用电路

(1) 电源变压器的应用

电源变压器的功能是将 220V 市电电压降为几伏到几十伏的交流电压，以满足线性稳压电源电路正常工作的需要。图 4-63 所示是一种典型线性稳压电源电路。该电路的核心器件是变压器 T。

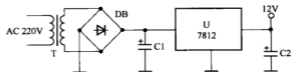


图 4-63 线性稳压电源电路



提示 图 4-63 所示是一种最简单的线性稳压电源电路，此类电源电路广泛应用于彩色电视机、空调器、VCD、音响、电磁炉、微波炉、电脑控制型电冰箱、电脑控制型洗衣机、电脑控制型电饭锅等电子产品内。

220V 市电电压首先通过变压器 T 降压，从 T 的二次绕组输出 12V（与市电电压高低有关）左右的交流电压。该电压通过整流堆 DB 桥式整流、C1 滤波产生 17V 左右的直流电压。该电压经三端稳压器 U（7812）稳压、C2 滤波获得的 12V 直流电压为它的负载供电。

T 的一次绕组内部通常安装了过热熔断器。当整流堆 DB 内的整流管、滤波电容 C1 或 U 击穿，使 T 的绕组因过电流而迅速发热，且温度达到过热熔断器的标称温度值后，过热熔断器熔断，切断市电输入，以免扩大故障，实现了过热保护。

(2) 开关变压器的应用

开关变压器是开关电源的主要器件。图 4-64 所示是一种典型的他励式开关电源的局部电路。

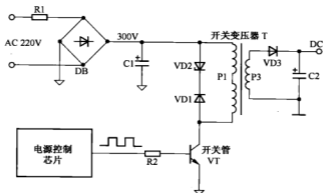


图 4-64 他励式开关电源局部电路



提示 开关电源电路广泛应用于彩色电视机、彩色显示器、充电器、空调器、VCD、电脑控制型洗衣机、电磁炉等电子产品内。

电源控制芯片输出的激励脉冲为高电平时，通过 R2 限流使 VT 导通，它的集电极电流使 P1 绕组产生上正、下负的电动势，此时由于 T 二次绕组 P3 的电动势为下正、上负，整流管 VD3 截止，所以能量存储在 T 内部。当激励脉冲为低电平时 VT 截止，T 的 P1 绕组产生反相的电动势，于是 P3 绕组产生上正、下负的电动势，该电动势通过 VD3 整流、C2 滤波后产生直流电压，为负载供电。

(3) 升压变压器的应用

升压变压器主要应用在微波炉磁控管供电电路、空气清新电路、煤气灶点火器等电路上。图 4-65 所示是一种典型的升压变压器应用电路。该电路的核心元器件是升压变压器 T、高压整流管 VD、滤波电容 C。

升压变压器 T 的一次绕组输入交流电压 U_1 后，该电压经 T 变换后从它的二次绕组输出升高的交流电压，再经 VD 整流、C 滤波后，就可以得到负载需要的极高的直流电压。

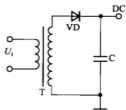


图 4-65 升压变压器应用电路



提示 彩色电视机、彩色显示器、示波器的行输出变压器也属于升压变压器。

九、继电器

1. 继电器的作用

继电器是一种控制器件，通常应用于自动控制电路中。它由控制系统（又称输入回路）和被控系统（又称输出回路）两部分构成。它实际上是用较小的电流、电压的信号或热、声音、光照等非信号去控制较大电流的一种“自动开关”。由于继电器具有成本低、结构简单等优点，所以广泛应用在工业控制、交通运输、家用电器等领域。

2. 继电器的分类

继电器按工作原理可分为电磁继电器、固态继电器、时间继电器（SSR）、温度继电器、压力继电器、风速继电器、加速度继电器、光继电器、声继电器等多种。其中，电磁继电器和固态继电器两种继电器应用范围最广。继电器按功率大小可分为大功率继电器、中功率继电器和小功率继电器等多种。继电器按封装形式可分为密封型继电器和裸露式继电器两种。

3. 电磁继电器

电磁继电器的线圈通过产生电磁场控制触点接通或断开。电磁继电器一般由线圈、铁芯、衔铁、触点簧片、外壳、引脚等构成。常见的电磁继电器的实物如图 4-66 所示。



图 4-66 电磁式继电器实物



提示 在固态继电器未应用时，人们习惯将电磁继电器称为继电器，所以目前资料上所介绍的继电器多指电磁继电器。

(1) 分类

① 按供电方式分类。电磁继电器根据线圈的供电方式可以分为直流电磁继电器和交流电磁继电器两种，交流电磁继电器的外壳上标有“AC”字符，直流电磁继电器的外壳上标有“DC”字符。

② 按触点的工作状态分类。电磁继电器根据触点的状态可分为常开型电磁继电器、常闭型电磁继电器和转换型电磁继电器三种。三种电磁继电器的电路符号如图 4-67 所示。

线圈符号	触点符号	
	 KR-1	动合触点（常开），称 H 型
	 KR-2	动断触点（常闭），称 D 型
	 KR-3	切换触点（转换），称 Z 型
	 KR1-1	 KR1-2
	 KR1-3	
	 KR2-1	 KR2-2

图 4-67 普通电磁继电器的电路符号

常开型电磁继电器也叫动合型电磁继电器，通常用“合”字的拼音字头“H”表示。此类继电器的线圈没有导通电流时，触点处于断开状态，当线圈通电后触点就闭合。

常闭型电磁继电器也叫动断型继电器，通常用“断”字的拼音字头“D”表示。此类继电器的线圈没有电流时，触点处于接通状态，通电后触点就断开。

转换型电磁继电器用“转”字的拼音字头“Z”表示，转换型有三个一字排开的触点，中间的触点是动触点，两侧的是静触点。此类继电器的线圈没有导通电流时，动触点与其中的一个触点接通，而与另一个断开；当线圈通电后触点移动，与原闭合的触点断开，与原断开的触点接通。

③ 按控制路数分类。电磁继电器按控制路数可分为单路继电器和双路继电器两大类。双路继电器设置了两组可以同时通断的触点，如图 4-68 所示。

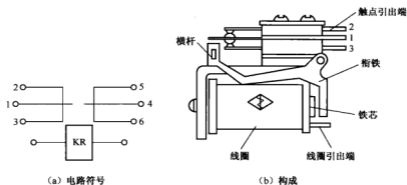


图 4-68 双路继电器

(2) 工作原理

参见图 4-69，为电磁继电器的线圈加上额定电压后，线圈中的电流使线圈产生磁场，通过铁芯将衔铁吸下，衔铁上的杠杆推动弹簧使动触点与静触点闭合。当线圈断电后，线圈产生的磁场消失，衔铁在簧片作用下复位，使动触点与静触点断开。

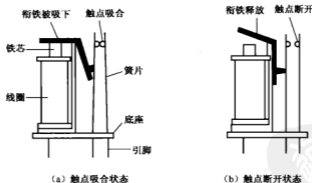


图 4-69 电磁继电器的工作原理图

4. 固态继电器

固态继电器（Solid State Relays，简称为 SSR）是一种由分立元器件、膜固定电阻和芯片构成的无触点电子开关，内部无任何可动的机械部件。常见的固态继电器实物如图 4-70 所示。

(1) 特点

一是输入控制电压低（3~14V），驱动电流小（3~15mA），输入控制电压与 TTL、DTL、

HTL 电平兼容，直流或脉冲电压均能作输入控制电压；二是输出与输入之间采用光电隔离，可在以弱控强的同时，做到强电与弱电完全隔离，两部分之间的安全绝缘电压大于 2kV，符合国际电气标准；三是输出无触点、无噪声、无火花、开关速度快；四是输出部分内部一般含有 RC 过电压吸收电路，以防止瞬间过电压而损坏固态继电器；五是过零触发型固态继电器对外界的干扰非常小；六是采用环氧树脂全灌封装，具有防尘、耐湿、寿命长等优点。因此，固态继电器已广泛应用在各个领域，不仅可以用于加热管、红外灯管、照明灯、电动机、电磁阀等负载的供电控制，而且还应用到电磁继电器无法应用的单片机控制等领域，最终将逐步替代电磁继电器。

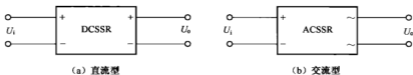


图 4-70 固态继电器实物

(2) 分类

固态继电器按输出方式可分为直流型固态继电器(DCSSR)、交流型固态继电器(ACSSR)两种，按开关形式可分为常开型和常闭型两种，按输入方式分有电阻限流直流、恒流直流和交流等类型，按输出额定电压分有交流电压(220~380V)及直流电压(30~180V)两种，按隔离方式可分为混合型、变压器隔离型和光电隔离型等多种。其中，以光电隔离型应用最多。典型的固态继电器电路符号如图 4-71 所示。

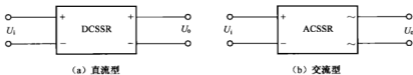


图 4-71 固态继电器电路符号



提示 目前，直流型固态继电器的输出器件主要使用大功率三极管、大功率场效应管、IGBT 等；交流型固态继电器的控制器件主要使用单向晶闸管、双向晶闸管。交流型固态继电器按触发方式又分为过零触发型和随机导通型两种。其中，过零触发型固态继电器是当控制信号输入后，在交流电源经过零电压附近时导通，故干扰很小。随机导通型固态继电器则是在交流电源的任一相位上导通或关断，因此在导通瞬间可能产生较大的干扰，并且它内部的晶闸管容易因功耗大而损坏。交流型固态继电器按采用的输出器件不同，分为双向晶闸管普通型和单向晶闸管反并联增强型两种。由于单向晶闸管比双向晶闸管具有阻断电压高和散热性能好等优点，所以单向晶闸管及并联增强型多被用来制造高电压、大电流产品和用于感性、容性负载中。

为了保证固态继电器的正常工作，应保证其有良好的散热条件，额定工作电流在 10A 以上的固态继电器应采用铝质或铜质的散热器进行散热，100A 以上的固态继电器应采用风扇强制散热。在安装时应注意继电器底部与散热器的良好接触，并考虑涂适量导热硅脂以达到最佳散热效果。



注意 固态继电器有强的温度敏感性,当工作温度接近标称值后,必须通过加散热器、风扇等措施进行散热,否则固态继电器不能正常工作,甚至可能会损坏。

(3) 构成

固态继电器主要由输入(控制)电路、驱动电路、输出(负载控制)电路、外壳和引脚构成。

① 输入电路。输入电路的功能是为固态继电器的触发信号提供输入回路。固态继电器的输入电路多为直流输入,个别的为交流输入。直流输入又分为阻性输入和恒流输入。阻性输入电路的输入控制电流随输入电压呈线性正向变化;恒流输入电路在输入电压达到预置值后,输入控制电流不再随电压的升高而明显增大,输入电压范围较宽。

② 驱动电路。驱动电路包括隔离耦合电路、功能电路和触发电路三部分。隔离耦合电路目前多采用光电耦合和高频变压器耦合两种电路形式。常用的光电耦合器有发光二极管-光敏三极管、发光二极管-晶闸管、发光二极管-光敏二极管阵列等。高频变压器耦合方式是将一次绕组输入的 10MHz 的脉冲信号通过磁芯传递到二次绕组,实现变压器耦合。功能电路包括检波整流、零点检测、放大、加速、保护电路等。触发电路的作用是给输出器件提供触发信号。

③ 输出电路。输出电路是在触发信号的驱动下,实现对负载供电的通断控制。输出电路主要由输出器件和起瞬态抑制作用的吸收回路组成,有的还包括反馈电路。目前,各种固态继电器使用的输出器件主要有三极管、单向晶闸管、双向晶闸管、MOSFET、IGBT 等。

(4) 过零型交流固态继电器的工作原理

典型的过零型交流固态继电器的内部结构如图 4-72 所示。①、②脚是输入端,③、④脚是输出端。 R_9 为限流电阻;VD1 是为防止反向供电损坏光电耦合器 IC 而设置的保护管;IC 将输入与输出电路进行隔离;VT1 构成倒相放大器; R_4 、 R_5 、VT2 和单向晶闸管 VS1 组成过零检测电路;VD2~VD5 构成整流桥,为 VT1、VT2、VS1 和 IC 等电路供电;由 VS1 和 VD2、VD3 为双向晶闸管 VS2 提供开启的双向触发脉冲; R_3 、 R_7 为分流电阻,分别用来保护 VS1 和 VS2; R_8 和 C 组成浪涌吸收网络,以吸收电源中带有尖峰电压或浪涌电流,防止给 VS2 带来冲击或干扰。

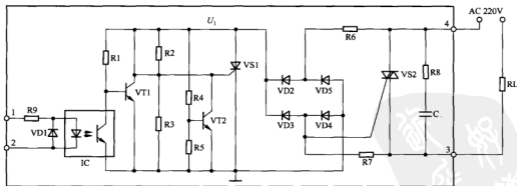


图 4-72 典型过零型交流固态继电器的内部结构

当固态继电器接入电路后,220V 市电电压通过负载 R_L 构成的回路加到固态继电器的③、④脚上,经 R_6 、 R_7 限流,再经 VD2~VD5 桥式整流产生脉动电压 U_1 , U_1 除了为 IC、VT1、VT2、VS1 供电,还通过电阻取样后为 VT1、VT2 提供偏置电压。当固态继电器的①、②脚

无电压信号输入时,光电耦合器 IC 内的发光二极管不发光,使它内部的光敏三极管因无光照而截止, U_1 通过 R1 限流使 VT1 导通,致使晶闸管 VS1 因无触发电压而截止,进而使双向晶闸管 VS2 因栅极无触发电压而截止,固态继电器处于关闭状态。当固态继电器的①、②脚有信号输入后,通过 R9 使 IC 内的发光二极管发光,它内部的光敏三极管导通,VT1 因基极没有电压输入而截止,VT1 不再对 VS1 的栅极电位进行控制。此时,若市电电压较高,使 U_1 电压超过 25V 时,通过 R4、R5 取样后的电压超过 0.6V,使 VT2 导通,VS1 的栅极仍然没有触发电压输入,VS1 仍截止,从而避免市电高时导通可能因功耗大而损坏。只有当市电电压接近过零区域,使 U_1 电压在 10~25V 的范围后,经 R4 和 R5 分压产生的电压不足 0.6V,使 VT2 截止,于是 U_1 通过 R2、R3 分压产生 0.7V 电压使 VS1 触发导通。VS1 导通后,220V 市电电压通过 R6、VD2、VS1、VD4 构成的回路触发 VS2 导通,为负载提供 220V 的交流供电,从而实现了过零触发控制。由于 U_1 电压低于 10V 后,VS1 可能因触发电压而截止,导致 VS2 也截止,所以说过零触发实际上是与 220V 市电的幅值相比可近似看作“零”而已。

当①、②脚的电压信号消失后,IC 内的发光二极管和光敏三极管截止,VT1 导通,使 VS1 截止,但此时 VS2 仍保持导通,直到负载电流随市电减小到不能维持 VS2 导通后,VS2 截止,固态继电器进入关断状态。



提示 在固态继电器关断期间,虽然 220V 电压通过负载 RL、R6、R7、VD2~VD5 构成回路,但由于 RL、R6、R7 的阻值较大,只有微弱的电流流过 RL,所以 RL 不工作。

(5) 直流固态继电器的工作原理

典型的直流固态继电器电路原理图如图 4-73 所示。①、②脚是输入端,③、④脚是输出端。R1 为限流电阻,VD1 是为防止反向供电损坏光电耦合器 IC 而设置的保护管,IC 将输入与输出电路进行隔离,VT1 构成射随放大器,VT2 是输出放大器,R2、R3 是分流电阻,VD2 是为防止 VT2 反向击穿而设置的保护管。

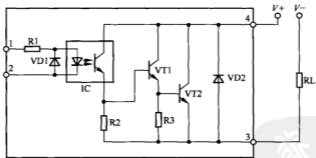


图 4-73 直流固态继电器的电路原理图

当直流固态继电器的①、②脚无电压信号输入时,光电耦合器 IC 内的发光二极管不发光,使它内部的光敏三极管因无光照而截止,致使 VT1 和 VT2 相继截止,固态继电器处于关闭状态。当固态继电器的①、②脚有信号输入后,该信号通过 R1 使 IC 内的发光二极管发光,它内部的光敏三极管导通,由它发射极输出的电压加到 VT1 的基极,经 VT1 射随放大后,从它的发射极输出,再使 VT2 饱和导通,为负载提供直流电压,负载开始工作。

当①、②脚的电压信号消失后,IC1 内的发光二极管和光敏三极管相继截止,VT1 和 VT2

因基极无导通电压输入而截止，固态继电器才进入关断状态。

5. 继电器的应用电路

(1) 电磁继电器的应用

图 4-74 所示是一种典型的空调器室外风扇电动机供电电路。该电路的核心器件是继电器 KR。

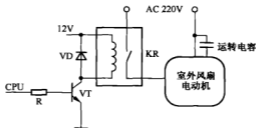


图 4-74 空调器室外风扇电动机供电电路 (一)

需要室外风扇电动机运转时，CPU 输出高电平控制信号，控制信号通过 R 限流，再经 VT 倒相放大后，为 KR 的线圈提供驱动电流，使 KR 内的触点吸合，220V 市电电压加到室外风扇电动机的供电端子上，室外风扇电动机开始运转。反之，若 CPU 输出的控制信号为低电平，VT 截止，KR 的触点断开，室外风扇电动机因无供电而停转。

VD 是钳位二极管，当 VT 截止瞬间，KR 的线圈通过自感产生反相电动势。该电动势通过 VD 钳位到 12V 电源，以免 VT 过电压损坏。

(2) 固态继电器的应用

图 4-75 所示是一种典型的空调器室内风扇电动机供电电路。该电路的核心器件是固态继电器 IC2 和 IC1 (CPU)、室内风扇电动机。

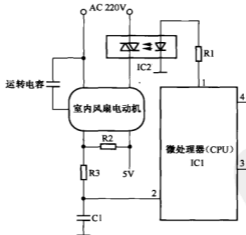


图 4-75 空调器室内风扇电动机供电电路 (二)

制冷/制热期间，IC1 的室内风扇电动机供电控制端输出高电平控制电压，该电压通过 R1 限流，为固态继电器 IC2 内的发光二极管供电，使发光二极管开始发光，致使 IC2 内的双向晶闸管开始导通，接通室内风扇电动机的供电回路，启动风扇电动机运转，开始为室内机通风，确保室

内热交换器能够完成热交换功能。当 IC1 的①脚输出的控制信号为低电平时，IC2 内的发光二极管因无导电电流而熄灭，致使它内部的双向晶闸管截止，室内风扇电动机因失去供电而停转。

十、光电耦合器

1. 光电耦合器的识别

光电耦合器又称光耦合器或光耦，属于一种具有隔离传输性能的器件，已经广泛应用于彩色电视机、彩色显示器、电脑、音视频等各种控制电路中。常见的光电耦合器有 4 脚直插和 6 脚两种。其典型实物和电路符号如图 4-76 所示。

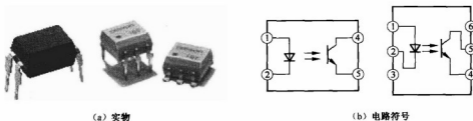


图 4-76 光电耦合器实物和电路符号

光电耦合器通常由一只发光二极管和一只光敏三极管构成。当发光二极管流过导电电流后开始发光，光敏三极管受到光照后导通，这样通过控制发光二极管导电电流的大小、改变其发光的强弱就可以控制光敏三极管的导通程度。

2. 光电耦合器的应用电路

图 4-77 所示是一种典型的光电耦合器开关电源电路。该电路的核心元器件是光电耦合器 IC2、TOP 系列电源模块 IC1、开关变压器 T。

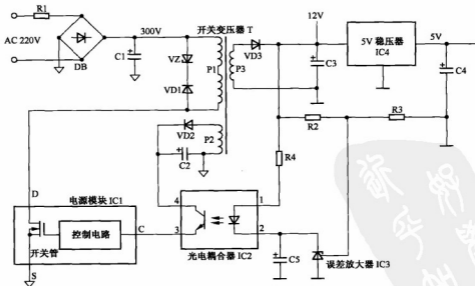


图 4-77 光电耦合器型开关电源电路

当市电升高或负载变轻引起开关电源输出的电压升高时,滤波电容 C3 两端升高的电压经 R4 使光电耦合器 IC2①脚输入的电压升高,同时该电压经 R2、R3 组成的取样电路取样,产生的取样电压超过 2.5V。该电压经三端误差放大器 IC3 放大后,使 IC2②脚电位下降,IC2 内的发光二极管因导通电压升高而发光强度增大,致使 IC2 内的光敏三极管因受光加强而导通加强,此时 IC2③脚输出的电压增大,为 IC1 的控制信号输入端 C 提供的控制电压增大,经 IC1 内的控制电路处理后,开关管的导通时间缩短,输出端电压下降到规定值。当输出端电压下降时,稳压控制过程相反。

光电耦合器 IC2②脚外接的 C5 是软启动电容。开机瞬间, C5 需要充电,在它充电的过程中, IC2②脚电位由低逐渐升高到正常值,使它内部的光敏三极管导通程度由强逐渐下降到正常,为 IC1③脚提供的电压也是由大逐渐降低到正常,使开关管导通时间由短逐渐延长到正常,避免了开关管在开机瞬间可能过激励损坏。

十一、扬声器

扬声器俗称喇叭,是一种十分常用的电声换能器件。扬声器是音响、电视机、收音机、放音机、复读机等电子产品中的主要器件。

1. 扬声器的电路符号与实物

扬声器在电路中常用字母“B”或“BL”表示,它的电路符号如图 4-78 所示,常见的扬声器实物如图 4-79 所示。



图 4-78 扬声器电路符号



图 4-79 扬声器实物

2. 扬声器的构成

扬声器由纸盆、磁铁(外磁铁或内磁铁)、铁芯、线圈、支架、防尘罩等构成,如图 4-80 所示。

3. 扬声器的应用电路

图 4-81 所示是一种典型的扬声器应用电路。该电路的核心器件是扬声器和放大器。音频信号通过放大器放大后,驱动扬声器发音。

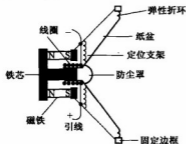


图 4-80 扬声器的构成



图 4-81 扬声器的应用电路

十二、蜂鸣片和蜂鸣器

蜂鸣片、蜂鸣器是一种电声转换器件。蜂鸣片、蜂鸣器主要应用在电磁炉、空调器、洗衣机、门铃、玩具等电子产品内，它们在电路中通常用“B”、“BZ”、“BUZ”等字母表示，电路符号如图 4-82 所示。

1. 蜂鸣片

蜂鸣片是压电陶瓷蜂鸣片的简称，它也是一种电声转换器件。压电蜂鸣片由钽钛酸铅或铌镁酸铅压电陶瓷材料制成。在陶瓷片的两面镀上银电极，经极化和老化处理后，再与黄铜片或不锈钢片粘在一起就成了蜂鸣片。

当通过引线为蜂鸣片输入脉冲信号时，它的压电陶瓷带动金属片产生振动，从而推动周围的空气发出声音。蜂鸣片有裸露式和密封式两种，所谓的密封式就是蜂鸣片装在一个密封的塑料壳内。常见的蜂鸣片实物如图 4-83 所示。

由于蜂鸣片体积小、成本低、重量轻、可靠性高、功耗低、声响度高（最高可达到 120dB），所以广泛应用在电子计时器、电子手表、玩具、门铃、报警器、豆浆机、电磁炉、空调器等电子产品中。

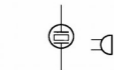


图 4-82 蜂鸣片、蜂鸣器电路符号



图 4-83 蜂鸣片实物



提示 目前，在家用电器中多将带有外壳的蜂鸣片称为“蜂鸣器”。

2. 蜂鸣器

这里介绍的蜂鸣器和前面介绍的蜂鸣片截然不同，它不仅体积大，而且内部还设置了电路。此类蜂鸣器根据电路的构成可分为压电式和电磁式两种，根据供电方式可分为交流电压（市电电压）、直流电压供电两种。常见的蜂鸣器如图 4-84 所示。



图 4-84 蜂鸣器实物

(1) 压电式蜂鸣器

压电式蜂鸣器主要由多谐振荡器、压电蜂鸣片、阻抗匹配器及共鸣箱、外壳等组成，如图 4-85 所示。有的压电式蜂鸣器外壳上还安装了发光二极管，在蜂鸣器鸣叫的同时发光二极管闪烁发光。

多谐振荡器多由集成电路和电阻、电容等元件构成。当多谐振荡器得到 3~15V 的供电后开始起振，产生频率为 1.5~2.5kHz 的音频信号，通过阻抗匹配器放大后，驱动压电蜂鸣片发声。

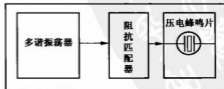


图 4-85 压电蜂鸣器构成方框图

(2) 电磁式蜂鸣器

电磁式蜂鸣器由振荡器、电磁线圈、磁铁、振动膜片及外壳等组成。接通电源后，振荡器产生的音频信号电流通过电磁线圈，使电磁线圈产生磁场。该磁场与磁铁产生的磁场相互作用后，就可以使振动膜片发生振动，从而使蜂鸣器周期性地鸣叫。

3. 蜂鸣片和蜂鸣器的应用电路

图 4-86 所示是一种典型的蜂鸣器控制电路。该电路的核心器件是蜂鸣器 BZ、CPU。

当 CPU 输出蜂鸣器驱动信号后，该信号通过 R 限流、VT 倒相放大后驱动蜂鸣器 BZ 鸣叫。若 CPU 没有驱动信号输出，则蜂鸣器停止鸣叫。

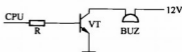


图 4-86 蜂鸣器控制电路

十三、传声器

传声器也叫话筒或麦克风，它是把声波信号转换成电信号的一种器件。话筒的电路符号如图 4-87 所示。话筒在电路中原来用“S”、“M”或“MIC”表示，现在多用“B”或“BM”表示。

1. 话筒的分类

话筒根据构成可分为动圈式、晶体式、铝带式、电容式等多种，根据信号传输方式的不同可分为有线式和无线式两种。目前，常用的话筒有动圈式和电容式两种。



图 4-87 话筒电路符号

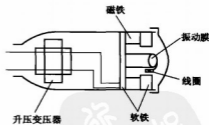
2. 话筒的原理

(1) 动圈式话筒

动圈式话筒常见的实物如图 4-88 (a) 所示，它内部主要由磁铁、线圈、振动膜、升压变压器、软铁等构成，如图 4-88 (b) 所示。磁铁和软铁构成磁路，磁场集中于芯柱和外圈软铁所形成的缝隙中。在软铁前面装有振动膜，它上面带有线圈，正好套在芯柱上，位于强磁场中。当振动膜受声波压力前后振动时，线圈便切割磁力线而产生感应电动势，从而将声波信号转换成了电信号。



(a) 实物



(b) 构成

图 4-88 动圈式话筒实物和构成

由于话筒线圈（通常称为音圈）的匝数很少，阻抗很低，输出的电压小，不能满足（与之相连接的）扩音机对输入信号的要求。因此，动圈式话筒中都装有升压变压器，一次侧接振动膜线圈（音圈），二次侧接输出线，将话筒输出的信号进行大幅度提升。

根据升压变压器的一次、二次绕组匝数比不同，动圈式话筒有低阻抗和高阻抗两种输出阻抗。其中，低阻抗为 200~600Ω，高阻抗为几十千欧。

动圈式话筒频率响应范围一般为 $50 \sim 10\,000\text{Hz}$ ，输出电平范围为 $-50 \sim -70\text{dB}$ ，无方向性。组合式动圈话筒频率响应范围可达 $35 \sim 15\,000\text{Hz}$ ，并具有不同的方向特性供使用时选择。

(2) 电容式话筒

电容式话筒在整个音频范围内具有很好的频率响应特性，灵敏度高、失真小，但体积要比动圈式话筒大一些，多用在要求高音质的扩音、录音工作中。常见的普通电容式话筒实物如图 4-89 (a) 所示，它内部主要由振动膜、极板、电阻等构成，如图 4-89 (b) 所示。



图 4-89 普通电容式话筒实物和构成

振动膜是一块表面经过金属化处理且很轻、弹性很强的薄膜，它与极板构成一只电容。由于它们之间的间隙很小，所以面积很小的振动膜就形成了一定电容量的电容。当有声波传到振动膜上时，它的电容量发生变化。这样，该电容两端并联的电阻 R 上就会产生随声音变化的交变电压，从而把声波信号转换成电信号。

驻极体话筒是电容式话筒的一种。驻极体话筒是用事先已注入电荷而被极化的驻极体代替极化电源的电容式话筒。驻极体话筒有两种类型：一种是用驻极体高分子薄膜材料做振膜（振膜式），此时振膜同时担负着声波接收和极化电压双重任务；另一种是用驻极体材料做后极板（背极式），这时它仅起着极化电压的作用。由于该种话筒不需要极化电压，从而简化了结构。另外，由于其电声特性良好，所以在录声、扩声和户外噪声测量中已逐渐取代外加极化电压的话筒。常见的驻极体话筒的实物和构成如图 4-90 所示。



图 4-90 驻极体话筒实物和构成

参见图 4-91，驻极体话筒有两块金属极板，其中一块表面涂有驻极体薄膜并将其接地，另一块极板接在场效应管的栅极上。这样，这两个极板之间就形成了一个电容。当驻极体膜片因声波振动时，电容两端就形成了变化的电压。该电压变化的大小，反映了外界声压的强弱，而电压变化频率反映了外

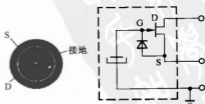


图 4-91 驻极体话筒内部电路

界声音的频率。不过，电容两端产生的电压较小，所以必须通过场效应管对其进行放大。场效应管的栅极与源极之间接的二极管用作保护，以免它因过电压等原因而损坏。

3. 话筒的应用电路

图 4-92 所示是典型的驻极体话筒应用电路。该电路的核心器件是话筒 BM。

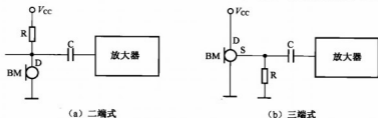


图 4-92 话筒应用电路

参见图 4-92 (b)，当驻极体膜片因声波振动时，电容两端就形成了变化的电压。该电压经场效应管放大后从 S 极输出，再利用 C 耦合到放大器进行放大。

十四、传感器

传感器是一种能够探测、感受外界的信号、物理条件（如光、热、湿度）或化学组成（如烟雾）的装置或器件。它是实现自动检测和自动控制的基础。

传感器有热敏传感器、磁敏传感器、气敏传感器、湿敏传感器、光敏传感器、霍尔传感器等。热敏传感器在前面的章节中已作介绍，下面介绍其他传感器。

1. 霍尔传感器

(1) 霍尔传感器的特点

霍尔传感器是以霍尔元件为核心构成的一种传感器。霍尔传感器具有结构牢固，体积小，寿命长，安装方便，功耗小，频率高，耐振动，不怕灰尘、油污及盐雾等的污染或腐蚀等优点。常见的霍尔传感器如图 4-93 所示。



图 4-93 霍尔传感器实物



提示 霍尔传感器是由具有霍尔效应的砷化镓 (InAs)、锑化铋 (InSb)、砷化镓 (GaAs) 等半导体构成的磁敏元件。

(2) 霍尔传感器的工作原理

霍尔传感器是利用霍尔效应工作的传感器。霍尔效应是指置于磁场中的静止载流导体，当电流方向与磁场方向垂直时，在垂直于电流和磁场方向上的两个面之间产生电动势的现象。霍尔传感器的工作原理如图 4-94 所示。

(3) 霍尔传感器的分类和构成

霍尔传感器按照输出方式可分为线性输出型和开关输出型两类。

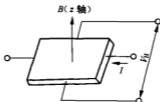


图 4-94 霍尔传感器工作原理图

线性输出型霍尔传感器是由霍尔元件、放大器、温度补偿电路等构成的，如图 4-95 所示。所谓的线性输出型霍尔传感器就是当由强到弱的磁场靠近它时，其输出电压随之逐渐增大或减小。开关输出型霍尔传感器是由霍尔元件、放大器、整形电路、放大管等构成的，如图 4-96 所示。开关输出型霍尔传感器就是当一个磁场靠近或远离霍尔元件时，其输出电压随之改变为低电平或高电平。

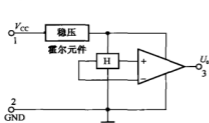


图 4-95 线性输出型霍尔传感器内部构成

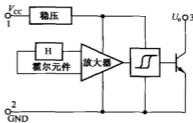


图 4-96 开关输出型霍尔传感器内部构成

2. 干簧管

干簧管是一种特殊的磁敏开关。典型的干簧管实物和电路符号如图 4-97 所示。

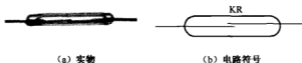


图 4-97 典型的干簧管实物和电路符号

(1) 构成

干簧管通常由两个或三个既导磁又导电材料做成的簧片触点，被封装在充有氮、氩等惰性气体或真空的玻璃管里制成。

(2) 干簧管的分类

干簧管按触点形式分为常开型和转换型两种。常开型干簧管内的触点平时打开，只有干簧管靠近磁场被磁化时，触点才能吸合；而转换型干簧管在结构上有三个簧片，第一片由导电不导磁的材料做成，第二、第三片用既导电又导磁的材料做成，上、中、下依次是 1、3、2。当它不接近磁场时，1、3 片上的触点在弹力的作用下吸合；当它接近磁场时，3 片上的触点与 1 片上的触点断开，而与 2 片上的触点吸合，从而形成了一个转换开关。

(3) 干簧管的工作原理

下面以常开型干簧管为例简单介绍干簧管的工作原理。

当干簧管靠近磁铁时，或者由绕在干簧管上面的线圈通电后形成磁场使簧片磁化时，簧片

就会感应出极性相反的磁极。由于磁极的极性相反而相互吸引，当吸引的磁力超过簧片自身的弹力时，簧片移动使触点吸合；当磁力减小到一定值时，在簧片自身弹力的作用下触点断开。

(4) 干簧管的应用

干簧管可作为传感器使用，用于计数、限位等。有一种自行车公里计时器，它是在轮胎上粘上磁铁，同时在附近的车架上安装两个干簧管构成的。许多门铃也使用了干簧管，将它装在门上，就可以实现开门时的报警、问候等；而有的断线报警器中也使用了干簧管。

3. 接近传感器（接近开关）

接近传感器也叫接近开关，它可以在不与目标物实际接触的情况下检测到靠近传感器的目标物。接近开关主要应用在自动化控制系统中，常见的接近开关实物和工作原理如图 4-98 所示。



图 4-98 接近开关实物和工作原理图

根据操作原理，接近开关大致可以分为电磁式、电容式。

(1) 电磁式接近开关

电磁式接近开关属于一种有开关量输出的位置传感器，它由 LC 高频振荡器和放大电路组成。LC 高频振荡器通过振荡产生振荡脉冲。当金属物体接近这个能产生电磁场的振荡感应头时，它的内部产生涡流。这个涡流使接近开关内的振荡器的振荡能力减弱，于是该开关判断出有金属物体接近，进而控制开关接通。反之，当金属物体离开后，该开关自动关断。

(2) 电容式接近开关

电容式接近开关也属于一种具有开关量输出的位置传感器，它的测量头通常是构成电容器的一个极板，而另一个极板是物体本身。这种接近开关不仅可以检测接近的金属物体，而且可以检测绝缘的液体或粉状物体。

当物体移向接近开关时，物体和接近开关的介电常数发生变化，通过放大电路放大后，控制开关的接通。反之，物体离开后，该开关自动关断。在检测较小介电常数的物体时，可以顺时针调节位于开关后部的电位器来增大感应灵敏度。

4. 气敏传感器

气敏传感器是一种基于声表面波器件波速和频率随外界环境的变化而发生漂移的原理制作而成的一种新型的传感器。气敏传感器除了应用在抽油烟机内，实现厨房油烟的自动检测，还广泛应用于矿山、石油、机械、化工等领域，实现火灾、爆炸、空气污染等事故的检测、报警和控制。常见的气敏传感器实物如图 4-99 所示。



图 4-99 气敏传感器实物

气敏传感器由气敏电阻、不锈钢网罩（过滤器）、螺旋状加热器、塑料底座和引脚构成，如图 4-100（a）所示。气敏传感器的电路符号如图 4-100（b）所示。其中，A-a 两个脚内部短接，是气敏电阻的一个引出端；B-b 两个脚内部短接，是气敏电阻的另一个引出端；H-h 两个脚是加热器供电端。

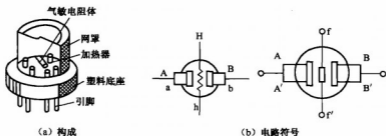


图 4-100 气敏传感器构成和电路符号



提示 许多资料将 H、h 脚标注为 F、f。

当加热器得到供电后，开始为气敏电阻加热，使它的阻值急剧下降，随后进入稳定值。进入稳定状态后，气敏电阻的阻值会随着被检测气体的吸附值而发生变化。N 型气敏电阻的阻值随气体浓度的增大而减小，P 型气敏电阻的阻值则会增大。

5. 热电偶传感器

热电偶是一种特殊的传感器，它能够将热信号转换为电信号，并且有一定的带载能力。

热电偶传感器是将 A、B 两种成分且热电性能不同的材料一端焊接在一起，另一端与放大器电路相接，如图 4-101 所示。常见的热电偶传感器如图 4-102 所示。

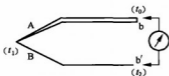


图 4-101 热电偶传感器结构示意图



图 4-102 典型热电偶传感器实物

热电偶温控器焊接端称为检测端或热端。该端安装在被检测温度的部位，设其温度为 t_1 ；未焊接端称为自由端或冷端，设其温度为 t_2 。当 $t_1 > t_2$ 时，回路中就会产生热电动势。该电动势经放大后控制执行部件，便可实现对被控制器件的温度控制。

6. 热释电传感器

热释电传感器除了应用在防盗系统内，还广泛应用于自动门、自动灯、自动烘干机、高级光电玩具等产品内，实现自动控制。常见的热释电传感器实物和内部构成如图 4-103 所示。

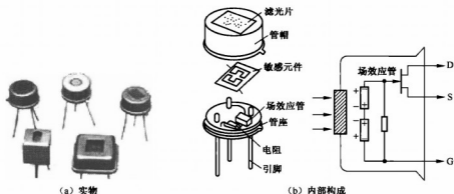


图 4-103 热释电传感器实物和内部构成

参见图 4-103 (b)，热释电传感器由敏感元件、菲涅耳透镜（图中未画出）、电阻、场效应管、滤光片、管帽和引脚等构成。

当人体辐射的红外线通过滤光片滤除太阳光、灯光等可见光中的红外线，仅让人体发出的红外光进入传感器，传感器内的菲涅耳透镜将输入的人体红外光转换成一个“盲区”和“高灵敏区”交替的光脉冲信号。该脉冲信号加在热释电传感器的敏感元件后，再由它转换为电信号，随后通过场效应管放大，从热释电传感器的输出端输出。

7. 光电开关

光电开关是通过把光强度的变化转换成电信号的变化来实现控制的。光电开关主要应用在录像机、复印机、打印机等电子产品内。常见的光电开关实物如图 4-104 所示。



图 4-104 光电开关实物

(1) 光电开关的分类

光电开关主要分为槽形光电开关、对射型光电开关、反光型光电开关和扩散反射型光电开关四种。其中，常用的是槽形光电开关。

(2) 光电开关的构成与工作原理

光电开关主要由光发射管(发送器)、光接收管(接收器)、发射窗、接收窗、外壳、引脚构成，如图 4-105 所示。

槽形光电开关是把一个光发射管（发光二极管）和一个光接收管（光敏三极管）面对面地装在一个槽的两侧。光发射管能通过发射窗发出红外光或可见光，在无阻情况下，光接收管通过接收窗接收到光信号而导通。当有物体从槽中通过时，光发射管发出的光被

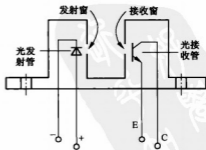


图 4-105 典型光电开关的构成

遮挡，光接收管因无光照而截止，输出一个开关控制信号，切断或接通负载电流，从而完成一次控制过程。



提示 槽形光电开关的发射窗与接收窗因受整体结构的限制，一般只有几十毫米到几厘米。

十五、晶体振荡器

晶体振荡器的英文名为 Crystal，它简称为晶振。晶振是利用石英晶体（二氧化硅的结晶体）的压电效应制成的一种谐振器件。晶振是时钟电路中最重要部件，它就像个标尺，其工作频率不稳定会造成相关设备工作频率不稳定，自然容易出现问题。由于制造工艺不断提高，现在晶振的频率偏差、温度稳定性、老化率、密封性等重要技术指标都得到大幅度的提高，大大降低了故障率，但在选用时仍要注意选择质量好的晶振。

1. 构成

晶振是在一块石英晶体上按一种特殊工艺切出薄片（简称为晶片，它可以是正方形、矩形或圆形等），在晶片的两面涂上银层，然后夹在（或焊在）两个金属引脚之间，再用金属、陶瓷等材料制成的外壳密封而成的，如图 4-106 所示。

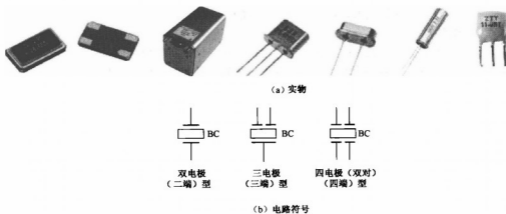


图 4-106 晶振实物和电路符号

2. 晶振的特性

若在晶片的两个电极上加一电场，晶片就会产生机械变形。反之，若在晶片的两侧施加机械压力，则在晶片相应的方向上产生电场，这种物理现象称为压电效应。如果在晶片的两极上加交变电压，晶片就会产生机械振动，同时晶片的机械振动又会产生交变电场。在一般情况下，晶片机械振动的振幅和交变电场的振幅非常微小，但当外加交变电压的频率为某一特定值时，振幅明显加大，比其他频率下的振幅大得多，这种现象称为压电谐振。它与 LC 回路的谐振现象十分相似。它的谐振频率与晶片的切割方式、几何形状、尺寸等有关。

3. 晶振的工作原理

晶片和金属板构成的电容称为静电电容 C_1 ，它的大小与晶片的几何尺寸、电极面积大小

有关，一般为几皮法到几十皮法，如图 4-107 所示。当晶体振荡时，机械振动的惯性可等效为电感 L 。一般 L 的电感量为几十毫亨到几百毫亨。而晶片的弹性可用电容 C_2 来表示， C_2 的容量很小，一般只有 $0.0002 \sim 0.1\text{pF}$ 。晶片振动时因摩擦而产生的损耗用 R 来表示，它的数值约为 100。由于 L 很大，而 C_2 和 R 很小，所以该振荡回路的品质因数 Q 很高，可高达 $1\,000 \sim 10\,000$ 。

该振荡回路有两个谐振频率，即当 L 、 C_2 、 R 支路发生串联谐振时，它的等效阻抗最小（等于 R 的阻值），串联谐振频率用 f_s 表示，石英晶体对于串联谐振频率 f_s 呈纯阻性；当频率高于 f_s 时， L 、 C_2 、 R 支路呈感性，可与电容 C_1 发生并联谐振，其并联频率用 f_0 表示。

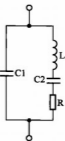


图 4-107 晶振的等效电路

十六、陶瓷元件

陶瓷元件是由陶瓷制成的谐振元件。它与晶振一样，也是以压电效应工作的。目前的陶瓷元件通常采用铅钛酸铅陶瓷材料做成薄片，再在两面涂上银层，焊上引线后，用塑料或金属进行封装。目前，它在电路中用字母“Z”或“ZC”表示，旧标准用字母“SF”或“CF”、“X”表示。

1. 陶瓷滤波器

陶瓷滤波器的作用是将信号内需要的分量选取出来。它是利用压电陶瓷的压电效应制成的带通滤波器，具有性能稳定、无须调整、价格低等优点，取代了 LC 滤波回路，广泛应用于电视机、录像机、收音机等产品中。常见的陶瓷滤波器有三端和二端两种结构。它的实物和电路符号如图 4-108 所示。

电视机、录像机中常用的陶瓷滤波器有 5.5MHz、6MHz 和 6.5MHz 伴音中频滤波器，其作用是将全电视信号内的视频信号衰减，并取出第二伴音中频信号。常见型号有 LT6.5M、LT6.5MA、LT6.5MB、LT5.5MB、LT6.0M、SFE6.5/B、EFC6.5R5S4、EFC-6.5R5MS3、EILTER6.5MC、CF6.5MC、SFC6.5、FCM6.5、6.5S4、6.5S3、LTB6.5、LTW6.5 等。



图 4-108 陶瓷滤波器实物和电路符号

AM 调幅收音机中使用的中频滤波与选频用的陶瓷滤波器为 465kHz，常见的型号有 UX1A、31A65、LT465、LT465MA、LT465MB 等。

FM 调频收音机和收录机中使用的中频滤波器用的陶瓷滤波器为 10.7MHz，常见型号有 LT10.7、LT10.7MA、LT10.7MB、LT10.7MC、LTB10.7 等。

2. 陶瓷陷波器

陶瓷陷波器是利用压电陶瓷的压电效应制成的带阻滤波器，它的作用是阻止或滤掉信号中有害分量对电路的影响。陶瓷陷波器也有二端型和三端型两种结构，它在电路中的文字符号及图形符号与陶瓷滤波器相同。

电视机中使用的陶瓷陷波器有 6.5MHz、6MHz、5.5MHz 和 4.5MHz 等几种标准频率。其中 4.5MHz 陶瓷陷波器用来消除副载波信号对图像的干扰，5.5MHz、6MHz 和 6.5MHz 陶瓷陷波器用来消除伴音信号对图像的干扰。常用的陶瓷陷波器有 XT4.43M、XT6.0MA、XT5.5MA、XT4.5MB、XT6.5MA、XT6.5MB、TPS6.5MB、2TP4.5、2TP6.5 等型号。

3. 陶瓷鉴频器

陶瓷鉴频器是一种具有移相鉴频特性的陶瓷滤波元件，主要用在电视机或录像机的伴音中频放大或解调电路中以及 FM 调频收音机的鉴频器电路中。它分为平衡型和微分型两种类型，前者用于同步鉴相器作平衡式鉴频解调，后者用于差分峰值鉴频器作差动微分式鉴频解调。陶瓷鉴频器的文字符号和图形符号与陶瓷滤波器相同。

用于电视机或录像机中的陶瓷鉴频器有 JT4.5MD、JT5.5MB、JT6.0MB、JT6.5MD、JT6.5MB2、CDA6.5MC、CDA6.5MD 等型号。用于 FM 调整收音机中的陶瓷鉴频器有 JT10.7MG3 等型号。

4. 声表面波滤波器

声表面波滤波器是利用压电陶瓷、铌酸锂、石英等压电晶体振荡材料的压电效应和声表面波传播的物理特性制成的一种换能式无源带通滤波器，它的英文缩写为 SAWF 或 SAW。它用于电视机和录像机的中频输入电路中作选频元件，取代了中频放大器的输入吸收回路和多级调谐回路。

声表面波滤波器在电路中用字母“Z”或“ZC”（旧标准用“X”、“SF”、“CF”）表示。它的实物和常见的电路符号如图 4-109 所示。



图 4-109 声表面波滤波器实物和电路符号

声表面波滤波器内部由输入换能器、压电基片、输出换能器和吸声材料等组成，如图 4-110 所示。当其输入端有中频电视信号输入时，输入换能器将电信号转换为机械振动信号，在压电基片上产生声表面波信号，该信号经输出换能器转换为电信号并输出。因此，中频信号通过声表面波滤波器对无用成分进行衰减或滤除，并将有用的成分选出。

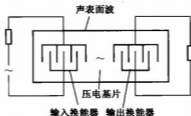


图 4-110 声表面波滤波器的构成



提示 彩色电视机采用的声表面波滤波器的标称频率有 37MHz、38MHz 等多种。

十七、LED 数码管

LED 数码管是由发光二极管 (LED) 构成的数字、图形显示器件，主要用于数字仪器仪表、数控装置、家用电器、电脑的功能或数字显示。LED 数码管按显示位数可分为一位、双位、多位 LED 数码管。一位就是人们常说的数码管，双位由两个一位数码管构成，而三位以

上的数码管多称为数码显示屏。常见的LED数码管如图4-111所示。



图4-111 LED数码管实物

1. LED数码管的构成

LED数码管有共阳极、共阴极两种，如图4-112所示。所谓的共阳极就是七只LED的正极连接在一起，如图4-112(b)所示；所谓的共阴极就是将七只LED的负极连接在一起，如图4-112(c)所示。

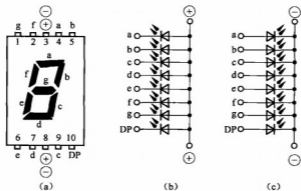


图4-112 一位LED数码管的构成

a~g脚是七个笔段的驱动信号输入端；DP脚是小数点驱动信号输入端；③、⑩脚的内部相接，是公共阳极或公共阴极。

2. LED数码管的工作原理

对于共阳极数码管，它的③、⑩脚是供电端，接电源；它的a~g脚是激励信号输入端，接在激励电路输出端上。当a~g脚内的某个脚或多个脚输入低电平信号，则相应笔段的LED发光。

对于共阴极数码管，它的③、⑩脚是接地端，直接接地；它的a~g脚也是激励信号输入端，接在激励电路输出端上。当a~g脚内的某个脚或多个脚输入高电平信号，则相应笔段的LED发光，该笔段被点亮。

十八、直流电动机

直流电动机就是利用直流电压工作的电动机，常见的直流电动机包括有刷直流电动机、无刷直流电动机、步进电动机三种。常见的直流电动机如图4-113所示。



提示 有刷直流电动机对外只有两条引出线，步进电动机多有五条引出线，而无刷直流电动机的引出线通常要超过五条。

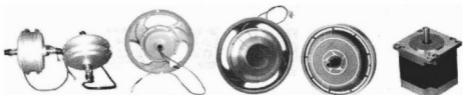


图 4-113 常见的直流电动机实物

1. 有刷直流电动机

(1) 特点

有刷直流电动机就是采用了电刷（俗称炭刷）的直流电动机。有刷直流电动机是靠整流子（俗称换向器）和电刷配合来实现电流极性的交替转换，自动完成换向（相），换向器和电刷装在电动机内部。有刷电动机又分为高速和低速两种。



提示 有刷电动机最大的优点是驱动电路简单，过载能力强，容易控制，而它的主要缺点是成本较高，故障率高，维修难度大。

(2) 工作原理

参见图 4-114，有刷直流电动机的定子上安装了永久磁铁（磁钢），由它构成主磁极 N 和 S，在转子上安装了电枢铁芯和绕组，绕组的两端接换向器的铜片，再通过铜片与电刷相接。由于控制器输出的驱动电压加到电刷正、负极，所以当换向器的条状铜片交替与电刷的正、负极接触时，绕组就能通过换向器得到交替变化的导通电流，使绕组产生不同方向的电动势，从而产生交变磁场，吸引转子旋转。

电动机绕组两端电压越高，磁场强度越大，转子转动的转矩也越大，电动机的转速也就越快，反之则结果相反。因此，通过调整绕组两端所加电压大小就可实现电动机转速的调整，而改变绕组的供电方向可改变电动机的旋转方向。

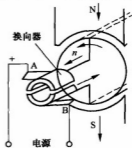


图 4-114 有刷直流电动机工作原理图

2. 无刷直流电动机

(1) 特点

无刷直流电动机就是未采用电刷的电动机。为了实现换向，无刷电动机采用了三极管和位置传感器（霍尔元件）代替电刷和换向器。由于此类电动机取消了电刷和换向器，所以不仅消除了电磁干扰和降低了机械噪声，而且延长了使用寿命。但此类电动机的控制器（电动机驱动、控制电路）比较复杂，增大了成本，并且低速启动时轻微抖动。

(2) 工作原理

无刷直流电动机的工作原理是通过给两相绕组通电使它产生一定的磁场。由于磁通具有走最短路径的特点，转子和定子的相对位置发生了变化。当按照一定的顺序为不同两相绕组供电时，则可使电动机内部的磁场旋转起来，从而使电动机转动。电动机通电顺序不同，电动机转动的方向也就不同。

参见图 4-115、图 4-116，无刷直流电动机由电动机主体、位置传感器及电子换向开关电路三个基本部分组成。其中位置传感器的定子和电子换向开关电路相当于一个静止的换向器，

与位置传感器旋转着的“电刷”一起组成一个没有机械接触的电子换向装置。

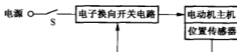


图 4-115 无刷直流电动机工作原理图

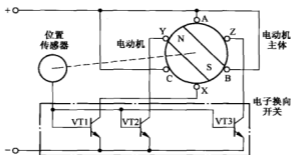


图 4-116 无刷直流电动机及传感器位置图

电枢绕组分别与相应的电子换向开关电路连接。为了保持电枢绕组电流与磁场极性的相对关系不变，设有检测转子位置的传感器，使电枢绕组能随转子位置变化依次通电。

位置传感器是一种无机械接触的检测转子位置的装置，由传感器定子和转子构成，分别装在定子机壳内和转子轴上，由它提供的信号通过控制器内的解码器处理后，再通过放大器放大后就可按一定顺序触发电子换向开关电路。目前，无刷直流电动机常用的传感器定子为霍尔传感器，传感器的转子为永磁体。

电子换向开关电路中各功率元件分别与相应的各相定子绕组串联，各功率元件的导通与截止取决于位置传感器的检测信号。绕组电路的导通可以是一相一相依次导通，也可以是两相两相依次导通。

当电动机绕组两端电压很高，使磁场强度增大时，转子转动的转矩也越大，电动机的转速也就越快，反之则结果相反。因此，通过调整绕组两端所加电压的大小就可实现电动机转速的调整。当主转子 N 极在定子 Y 位置时，垂直换向传感器将产生 X 方向上的电动势，此信号使电子换向开关导通，与其串联的定子 X 绕组中将有电流流过，并使定子 X 极磁化为 S 极，以吸引转子旋转 90°，N 极到达定子 X 位置，此时垂直换向传感器输出为 0，水平换向传感器将产生 Y 方向电动势，并使定子 Y 极磁化为 S 极，以吸引转子继续旋转 90°。因此，对于不同的主转子位置，换向传感器依次输出不同信号，使主定子绕组按 X→Y→Z→X→Y 的循环顺序轮流通电，形成旋转磁场，吸引转子旋转。



相关链接

无刷直流电动机的磁钢数量一般是 12 片、16 片或 18 片，其对应的定子槽数是 36 槽、48 槽或 54 槽。电动机在静止状态时，转子磁钢的磁力线有沿磁阻最小方向行走的特性，因此转子磁钢所停顿的位置恰好为定子槽凸极的位置。磁钢不会停在定子槽心的位置，这样转子与定子的相对位置只有 36 种、48 种或 54 种这有限的几个位置。因此无刷直流电动机的最小磁拉力角就是 $(360/36)^\circ$ 、 $(360/48)^\circ$ 或 $(360/54)^\circ$ 。霍尔组件通常安装在转子有引线一端，并靠近定子磁钢的地方。

3. 步进电动机

步进电动机是将脉冲信号转变为角位移或线位移的开环控制元件。由于步进电动机在非超载的情况下，它的转速、停止的位置只取决于脉冲信号的频率，而不受负载变化的影响，因此，许多室内机的摆风电动机采用步进电动机。步进电动机通常有五根引出线，其中红线为 12V 电源线，其他四根是脉冲驱动信号输入线。

参见图 4-117，电脑板通过 A、B、C、D 四个端子为步进电动机的绕组输入不同的相序驱动信号后，绕组产生的磁场可以驱动转子正转或反转，而改变驱动信号的频率时可改变电动机的转速，频率高时电动机转速快，频率低时电动机转速慢。

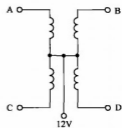


图 4-117 步进电动机绕组连接图

第三节 集成电路识别与典型应用电路

集成电路也称为集成块、芯片，在我国港台地区称为积体电路，它的英文全称是 Integrated Circuit，缩写为 IC。

一、集成电路的构成、特点

集成电路是指采用一定的工艺，把一个电路中所需的三极管、二极管、电阻、电容、电感等元器件及导线互连在一起，制作在一小块或几小块陶瓷、玻璃或半导体晶片上，然后封装在一起，成为一个能够实现一定电路功能的微型电子器件或部件。因此，集成电路具有体积小、重量轻、引脚少、寿命长、可靠性高、成本低、性能好等优点，同时还便于大规模生产。它不但广泛应用于工业、农业、家用电器等领域，而且广泛应用于军事、科学、教育、通信、交通、金融等领域。用集成电路装配的电子设备，不仅装配密度比三极管装配的电子设备提高了几十倍至几百倍，而且延长了设备的使用寿命。

集成电路有直插双列、单列和贴面焊接等多种封装结构，如图 4-118 所示。它在电路中多用字母“IC”表示，也有的用字母“N”、“Q”等表示。

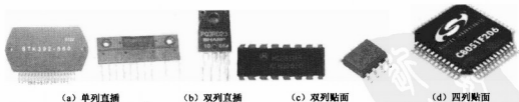


图 4-118 常见集成电路实物



提示 集成电路的引脚排列顺序有一定的规律，若在引脚附近有小圆坑、色点或缺角，则这个引脚是①脚。而有的集成电路商标向上，左侧有一个缺口，那缺口左下的第一个引脚就是①脚。

二、集成电路的分类

1. 按电路结构分类

集成电路按电路结构的不同可分为模拟集成电路和数字集成电路两大类。

模拟集成电路主要是用来产生、放大和处理各种模拟信号，比如，复读机重放的录音信号就是模拟信号，收音机、电视机接收的音频信号也是模拟信号。模拟集成电路根据功能又分为运算放大器、电压比较器、稳压器等多种。

数字集成电路主要是用来产生、放大和处理各种数字信号，如 DVD 视盘机重放的音频信号和视频信号。数字集成电路又分为 TTL 集成电路、HTL 集成电路、STTL 集成电路、ECL 集成电路、CMOS 集成电路等多种。

2. 按集成度分类

集成电路按集成度高低的的不同可分为小规模集成电路、中规模集成电路、大规模集成电路和超大规模集成电路。

3. 按导电类型分类

集成电路按导电类型可分为双极型集成电路和单极型集成电路两类。其中，双极型集成电路不仅制作工艺复杂，而且功耗较大，大部分模拟集成电路和 TTL、ECL、HTL、LST-TL、STTL 类型的数字集成电路都属于双极型集成电路。单极型集成电路不仅制作工艺简单，而且功耗也较低，易于实现超大规模化，常见的 CMOS、NMOS、PMOS 等类型的数字集成电路就属于单极型集成电路。

4. 按焊接方式分类

集成电路按焊接方式分为直插式集成电路和贴面式集成电路两大类。直插式集成电路又分为双列（双排引脚）集成电路和单列（单排引脚）集成电路两类。其中，小功率直插式集成电路多采用双列方式，而功率较大的集成电路多采用单列方式。

贴面式集成电路又分为双列贴面式和四列贴面式两大类。中、小规模贴面式集成电路多采用双列贴面焊接方式，而大规模贴面式集成电路多采用四列贴面焊接方式。

三、模拟集成电路

1. 集成运算放大器

集成运算放大器（Integrated Operational Amplifier）简称集成运放，是由多级直接耦合放大器组成的高增益模拟集成电路。它的增益可高达 60~180dB，输入电阻高达几十千欧至百万兆欧，输出电阻低到几十欧，共模抑制比可高达 60~170dB，失调且漂移小，而且还具有输入电压为零时输出电压为零的特点，适用于正、负两种极性信号的输入和输出。集成运放的电路符号和常见实物如图 4-119 所示。



(a) 电路符号



(b) 实物

图 4-119 集成运放电路符号与常见实物

集成运放可在同相放大、反相放大和差动放大三种基本工作模式下工作。

(1) 同相放大

图 4-120 所示是由集成运放构成的同相放大电路。该电路的核心元器件是运放、反馈电阻 R_f 、限流电阻 R 。输入信号 U_i 加到运放的同相输入端，输出电压 U_o 的相位与 U_i 相同，闭环放大倍数 $A = 1 + R_f/R$ 。

(2) 反相放大

图 4-121 所示是由集成运放构成的反相放大电路。该电路的核心元器件是运放、反馈电阻 R_f 、限流电阻 R 。输入信号 U_i 加到运放的反相输入端，输出电压 U_o 的相位与 U_i 的反相，闭环放大倍数 $A = R_f/R$ 。

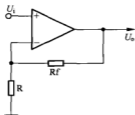


图 4-120 同相放大电路

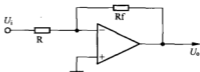


图 4-121 反相放大电路

(3) 差动放大

图 4-122 所示是由集成运放构成的差动放大电路。该电路的核心元器件是运放，反馈电阻 R_f ，限流电阻 R_1 、 R_2 ，平衡电阻 R_P 。

2. 集成稳压器

稳压器的作用是将不稳定的直流电压变换为稳定的直流电压。而集成稳压器凭借体积小、稳压性能好和保护功能完善等优点应用范围越来越广。集成稳压器有线性电源式稳压器和开关电源式稳压器两大类。由于开关电源式稳压器属于模拟、数字混合电路，所以我们在后文介绍此类稳压器，下面仅介绍模拟集成稳压器。模拟集成稳压器有三端式和多端式两种。常见的集成稳压器的电路如图 4-123 所示。

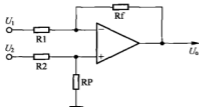
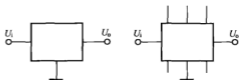


图 4-122 差动放大电路



(a) 三端式

(b) 多端式

图 4-123 集成稳压器的电路符号

(1) 三端稳压器

三端稳压器又分为不可调和可调两种。常见的三端稳压器实物与引脚功能如图 4-124 所示。

① 三端不可调稳压器。三端不可调稳压器是目前应用最广泛的稳压器。三端不可调稳压器主要有 78×× 系列和 79×× 系列两大类。其中，78×× 系列稳压器输出的是正电压，而 79×× 系列稳压器输出的是负电压。三端不可调稳压器主要的产品有 NC 公司的 LM78××/79××、摩托罗拉公司的 MC78××/79××、仙童公司的 μ A78××/79××、东芝公司的 TA78××/79××、日立公司的 HA78××/79××、日电公司的 μ PC78××/79××、三星公司的 KA78××/79×× 以及意法联合公司

生产的 L78 $\times\times$ /79 $\times\times$ 等。其中， $\times\times$ 代表电压数值，比如，7812 代表的是输出电压为 12V 的稳压器，7905 代表的是输出电压为 -5V 的稳压器。

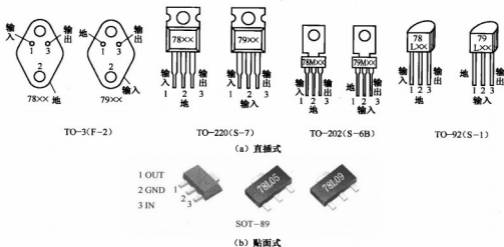


图 4-124 三端稳压器实物和引脚功能

a. 分类。三端不可调稳压器按输出电压可分为 10 种，以 78 $\times\times$ 系列稳压器为例介绍，包括 7805 (5V)、7806 (6V)、7808 (8V)、7809 (9V)、7810 (10V)、7812 (12V)、7815 (15V)、7818 (18V)、7820 (20V)、7824 (24V)。不可调三端稳压器按输出电流可分为多种，稳压器最大输出电流与字母的关系见表 4-1。

表 4-1 稳压器最大输出电流与字母的关系

字母	L	N	M	无字母	T	H	P
最大电流/A	0.1	0.3	0.5	1.5	3	5	10

参见表 4-1，常见的 L78M05 就是最大电流为 500mA 的 5V 稳压器，而常见的 KA7812 就是最大电流为 1.5A 的 12V 稳压器。

b. 三端不可调稳压器的工作原理。下面以 78 $\times\times$ 系列三端不可调稳压器为例介绍三端不可调稳压器的工作原理。78 $\times\times$ 系列三端不可调稳压器由启动电路（恒流源）、取样电路、基准电压形式电路、误差放大器、调整管、保护电路等构成，如图 4-125 所示。

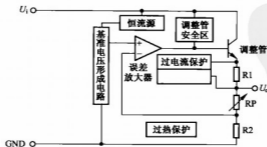


图 4-125 78 $\times\times$ 系列三端不可调稳压器构成方框图

当 78 $\times\times$ 系列三端不可调稳压器输入端有正常的供电电压输入后，该电压不仅加到调整管

的集电极，而且通过基准电压形成电路产生基准电压。基准电压加到误差放大器后，误差放大器为调整管的基极提供基准电压，使调整管的发射极输出电压，该电压经 R_1 限流，再通过三端不可调稳压器的输出端子输出后，为负载供电。

当输入电压降低或负载变重，引起三端不可调稳压器输出电压 U_o 下降时，通过可调电阻 RP 与 R_2 取样后的电压减小。该电压加到误差放大器的反相输入端，与同相输入端输入的参考电压比较后，输出的电压增大，调整管因基极输入电压增大而导通程度加强，使 U_o 升高到规定值，实现稳压控制。当输出电压升高时，稳压控制过程相反。

当负载异常引起调整管过电流，被过电流保护电路检测后，调整管停止工作，避免调整管过电流损坏，实现了过电流保护。另外，调整管过电流时，温度会大幅度升高，被芯片内的过热保护电路检测后，也会使调整管停止工作，避免了调整管过热损坏，实现了过热保护。

② 三端可调稳压器。三端可调稳压器是在三端不可调稳压器的基础上发展而来的，它最大的优点就是输出电压在一定范围内可以连续调整。它和三端不可调稳压器一样，也有正电压输出和负电压输出两种。

a. 分类。三端可调稳压器按输出电压可分为四种：第一种是输出电压为 $1.2\sim 15V$ 的，如 LM196/396；第二种是输出电压为 $1.2\sim 32V$ 的，如 LM138/238/338；第三种是输出电压为 $1.2\sim 33V$ 的，如 LM150/250/350；第四种是输出电压为 $1.2\sim 37V$ 的，如 LM117/217/317。

三端可调稳压器按输出电流分为 $0.1A$ 、 $0.5A$ 、 $1.5A$ 、 $3A$ 、 $5A$ 、 $10A$ 等多种。在稳压器型号后面加字母“L”的稳压器的输出电流为 $0.1A$ ，如 LM317L 就是最大电流为 $0.1A$ 的稳压器；在稳压器型号后面加字母“M”的稳压器的输出电流为 $0.5A$ ，如 LM317M 就是最大电流为 $0.5A$ 的稳压器；在稳压器型号后面不加字母的稳压器的输出电流为 $1.5A$ ，如 LM317 就是最大电流为 $1.5A$ 的稳压器。而 LM138/238/338 是 $5A$ 的稳压器，LM196/396 是 $10A$ 的稳压器。

b. 工作原理。三端可调稳压器由恒流源（启动电路）、基准电压形成电路、调整器（调整管）、误差放大器、保护电路等构成，如图 4-126 所示。

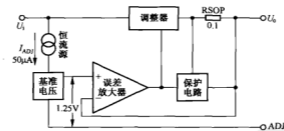


图 4-126 三端可调稳压器 LM317 的构成方框图

当稳压器 LM317 的输入端有正常的供电电压输入后，该电压不仅为调整器供电，而且通过恒流源为基准电压放大器供电，由它产生基准电压。基准电压加到误差放大器的同相输入端后，误差放大器为调整器提供导通电压，使调整器开始输出电压，该电压通过输出端子输出后，为负载供电。

当输入电压减小或负载变重，引起 LM317 输出电压下降时，误差放大器反相输入端输入的电压减小，误差放大器为调整器提供的电压增大，调整器输出电压增大，最终使输出电压升高到规定值，实现稳压控制。输出电压升高时，稳压控制过程相反。

LM317 内的 $1.25V$ 基准电压形成电路的输出电压受调整端 ADJ 输入电压的控制，当 ADJ

端子输入电压升高后，基准电压形成电路输出的电压就会升高，误差放大器输出的电压因同相输入端电压升高而升高，使调整器输出电压升高。反之，控制过程相反。这样，通过调整 ADJ 端子的电压，也就可以改变 LM317 输出电压的大小。

另外，LM317 内的保护电路和 LM7812 内的保护电路工作原理相同，不再介绍。

(2) 多端稳压器

① 四端稳压器。四端稳压器是由夏普 (Sharp) 公司生产的一种新型稳压器，它实际上是在三端不可调稳压器的基础上发展而来的，与三端不可调稳压器相比，最大的区别是具有输出电压控制功能，所以该稳压器加设了控制端子，但其稳压值与普通三端稳压器相同，如型号 (系列) PQ××后面的“××”代表稳压值，如 PQ05RD21 就是 5V 稳压器。常见的 PQ 系列四端稳压器实物如图 4-127 所示。

四端稳压器由基准源 (误差放大器)、调整管 VT1、放大管 VT2、开关控制电路、基准电压形成电路、自动保护电路、取样电阻等构成，如图 4-128 所示。

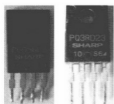


图 4-127 PQ 系列四端稳压器实物

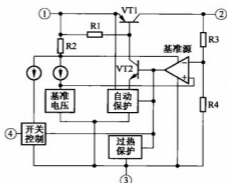


图 4-128 PQ 系列四端稳压器的构成方框图

当稳压器的①脚有正常的供电电压输入后，该电压第一路加到调整管 VT1 的发射极，为它供电；第二路经 R1 加到放大管 VT2 的集电极，为 VT2 供电；第三路通过 R2 限流，不仅为基准源和开关控制电路供电，而且通过基准电压形成电路产生基准电压，为基准源的同相输入端提供基准电压。基准源开始为放大管 VT2 的基极提供导通电压，使 VT2 导通，致使调整管 VT1 导通，由它的集电极输出电压，该电压通过②脚输出后为负载供电。

当输入电压升高或负载变轻，引起稳压器的②脚输出电压升高时，该电压经 R2、R3 取样后使基准源反相输入端输入的电压增大，基准源为 VT2 提供的电压减小，VT2 导通程度减弱，使 VT1 的导通程度减弱，于是 VT1 的集电极输出的电压减小，最终使②脚输出的电压下降到规定值，实现稳压控制。②脚输出的电压下降时，稳压控制过程相反。

当负载异常引起调整管 VT1 过电流时，被自动保护电路检测后，自动保护电路输出低电平保护信号，使放大管 VT2 截止，调整管 VT1 因基极电位为高电平而截止，避免 VT1 过电流损坏，实现了过电流保护。另外，调整管 VT1 过电流时，温度会大幅度升高，被芯片内的过热保护电路检测后，也会输出低电平保护信号，使 VT2 和 VT1 相继截止，避免了 VT1 等元器件过热损坏，实现了过热保护。

该稳压器的②脚能否输出电压，不仅取决于①脚能否输入正常的工作电压，而且还取决于④脚能否输入控制信号 (开关信号)。当④脚有高电平的控制信号输入后，开关控制电路变

为高阻状态，不影响放大管 VT2 的基极电位，此时 VT2 和 VT1 能正常工作，稳压器的②脚开始输出电压。当④脚输入低电平信号后，开关电路输出低电平信号，使 VT2 截止，致使 VT1 截止，稳压器的②脚无电压输出，实现开关控制。

② 五端稳压器。五端稳压器主要有具有复位功能和输出电压可调两种。

a. 五端稳压、复位稳压器。五端稳压、复位稳压器广泛应用于彩色电视机、电脑等电子产品中，下面以常用的五端稳压器 L78MR05FA 为例进行介绍。L78MR05FA 的内部由启动电路、基准电压形成电路、调整管 VT1、放大管 VT2、误差放大器、复位电路、保护器、取样电阻等构成，如图 4-129 所示。它的引脚功能与检测参考数据见表 4-2。

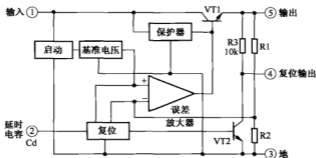


图 4-129 五端稳压器 L78MR05FA 的构成方框图

表 4-2 五端稳压器 L78MR05FA 的引脚功能和检测参考数据

脚号	脚名	功能	电压/V	在路阻值/kΩ	
				黑表笔测量	红表笔测量
①	IN	供电	7.6	187	37
②	Cd	外接延时电容	4.6	∞	6.4
③	GND	接地	0	0	0
④	RESET	复位信号输出	4.8	22	5.2
⑤	OUT	5V 电压输出	5	7.3	3.8

b. 五端受控稳压器。五端受控稳压器广泛应用于彩色电视机、录像机、彩色显示器等电子产品中，常见的五端受控稳压器有 BA×× 系列产品。该系列稳压器根据输出电压的不同，可分为 3.3V、5V、6V、9V 等多种。在 BA 后面的数字就代表稳压器的输出电压值，如 BA033ST 就是输出电压为 3.3V 的稳压器，BA12ST 就是输出电压为 12V 的稳压器。该系列稳压器根据有无电压取样功能可分为两种：一种是内置电压取样电路，⑤脚外无须设置取样电阻的稳压器，此类稳压器通过加“AST”/“ASFP”字符进行表示；另一种是内部无电压取样电路，外部需要设置取样电阻的稳压器，此类稳压器通过加“ST”/“SFP”字符进行表示。

BA×× 系列五端受控稳压器的内部由基准电压形成电路、调整管、控制开关、误差放大器、保护电路等构成，如图 4-130 所示。它的引脚功能见表 4-3。

当稳压器的②脚有正常的供电电压输入后，该电压第一路加到调整管 VT 的发射极，为它供电；第二路经基准电压形成电路产生基准电压。该电压加到误差放大器的反相输入端后，误差放大器输出低电平信号，使 VT 导通，由其集电极输出电压，该电压通过④脚输出后，为负载供电。

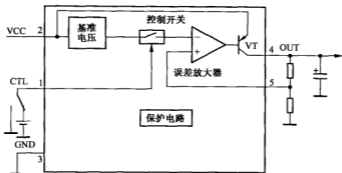


图 4-130 BA××系列五端受控稳压器的构成方框图

表 4-3 BA××系列五端稳压器的引脚功能

脚号	脚名	功能
①	CTL	控制信号输入端
②	VCC	供电
③	GND	接地
④	OUT	电压输出
⑤	NC	空脚
	C	输出电压取样信号输入

当输入电压降低或负载变重，引起稳压器的④脚输出电压下降时，经外接的取样电阻取样后的电压减小，该电压通过稳压器的⑤脚输入到误差放大器的同相输入端后，使误差放大器输出电压减小，使调整管 VT 的导通程度加强，于是 VT 的集电极输出的电压升高，最终使④脚输出的电压升高到规定值，实现稳压控制。④脚输出的电压下降时，稳压控制过程相反。

当负载异常引起调整管 VT 过电流时，芯片温度会大幅度升高。当芯片温度达到 25℃ 时，被过热保护电路检测后，控制误差放大器输出的电压随温度升高而增大，使调整管 VT 导通逐渐减弱，致使稳压器输出的电压随温度升高而减小；当温度超过 125℃ 时，过热保护电路控制信号使误差放大器始终输出高电平电压，使 VT 截止，避免了 VT 等元器件过热损坏，实现了过热保护。

该稳压器的④脚能否输出电压，不仅取决于②脚能否输入正常的工作电压，而且还取决于①脚能否输入控制信号（开关信号）。当①脚输入高电平的控制信号，经开关电路处理后，不影响误差放大器反相输入端的电位，调整管 VT 导通，稳压器的④脚输出电压。当①脚输入低电平信号后，控制开关电路输出低电平信号，使误差放大器输出高电平控制信号，致使 VT 截止，稳压器的④脚无电压输出，实现开关控制。

四、数字集成电路

数字集成电路主要由逻辑门电路、触发器、寄存器等构成，下面介绍这些电路的识图方法。

1. 逻辑门电路

逻辑门电路除了可以实现各种逻辑处理，还可以用于多谐振荡器和模拟放大电路，常用的逻辑门电路主要有与门、或门、非门、与非门、或非门、异或门、异或非门等。

(1) 与门

与门电路的电路符号如图 4-131 所示。它的逻辑关系是 $Y = AB$ ，也就是 A、B 两个输入信号都为高电平时，输出端输出的信号 Y 才能为高电平，否则 Y 就为低电平。

(2) 或门

或门电路的电路符号如图 4-132 所示。它的逻辑关系是 $Y = A+B$ ，也就是 A、B 两个输入信号的其一为高电平时，输出端输出的信号 Y 就为高电平；若想 Y 为低电平，则需要 A、B 两个信号都为低电平。

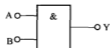


图 4-131 与门电路符号



图 4-132 或门电路符号

(3) 非门

非门电路的电路符号如图 4-133 所示。它的逻辑关系是 $Y = \bar{A}$ ，也就是输出端信号 Y 和输入信号 A 相反，因此非门也叫反相器或倒相器。

(4) 与非门

与非门电路的电路符号如图 4-134 所示。它的逻辑关系是 $Y = \overline{AB}$ ，该逻辑关系和与门电路的逻辑关系正好相反：只有 A、B 两个输入信号都为高电平时，输出信号 Y 才能为低电平，否则 Y 为高电平。

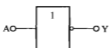


图 4-133 非门电路符号



图 4-134 与非门电路符号

(5) 或非门

或非门电路的电路符号如图 4-135 所示。它的逻辑关系是 $Y = \overline{A+B}$ ，该电路的逻辑关系与或门的逻辑关系正好相反：只有 A、B 两个信号都为低电平时，输出端信号 Y 才能为高电平；而 A、B 两个输入信号的其一为高电平时，Y 就为低电平。

(6) 异或门

异或门电路的电路符号如图 4-136 所示。它的逻辑关系是 $Y = A\bar{B} + \bar{A}B$ ，也就是 A、B 两个输入信号不同时，输出信号 Y 就为高电平；若 A、B 两个信号相同时，Y 则为低电平。

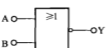


图 4-135 或非门电路符号



图 4-136 异或门电路符号

2. 触发器

触发器是实现时序处理的主要电路之一，常见的触发器主要有 RS 触发器、JK 触发器、D 触发器、单稳态触发器、施密特触发器等。

(1) RS 触发器

RS 触发器是最基本的触发器，它的逻辑图和逻辑符号如图 4-137 所示。通过图 4-137 可

以看出, RS 触发器由两个与非门构成, 所以可按与非门的逻辑关系进行分析。

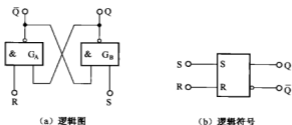


图 4-137 RS 触发器的逻辑图和逻辑符号

在 $S = 0, R = 0$ 状态, 由于 S, R 端均输入低电平信号, 两个与非门的输出端 Q, \bar{Q} 的电位都会变为高电平, 当低电平过后使 R, S 端同时输入高电平信号时, 会导致输出端 Q, \bar{Q} 输出的电位紊乱, 所以这种状态是不允许出现的。

在 $S = 0, R = 1$ 状态, 由于 S 端输入低电平信号, Q 端电位变为高电平, 而 R 端输入的信号也为高电平, 所以 \bar{Q} 端的电位变为低电平。

在 $S = 1, R = 0$ 状态, 由于 R 端输入低电平信号, Q 端电位变为高电平, 而 S 端输入的信号也为高电平, 所以 Q 端的电位变为低电平。

在 $S = 1, R = 1$ 状态, Q, \bar{Q} 端的电位会保持原有的状态而不发生变化, 所以这种状态也叫记忆状态。



提示 分析触发器的逻辑关系时, 通常将 $Q = 1, \bar{Q} = 0$ 的状态称为“1”态, 将 $Q = 0, \bar{Q} = 1$ 的状态称为“0”态。因此, S 端被称为置“1”端, R 端被称为置“0”端, 也就是 $S = 0$ 时 $Q = 1, R = 0$ 时 $Q = 0$ 。

(2) JK 触发器

JK 触发器是一种功能完善、应用广泛的双稳态触发器。图 4-138 (a) 所示的是一种典型结构的 JK 触发器。它由两个可控的 RS 触发器串联构成, 分别称为主触发器和从触发器, 所以此类 JK 触发器也叫主从型 JK 触发器。J、K 是信号输入端; CP 是时钟信号输入端, 由它控制主触发器和从触发器的翻转。

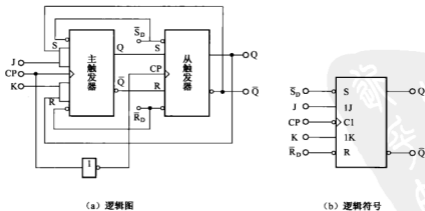


图 4-138 主从型 JK 触发器的逻辑图和逻辑符号

当 $CP=0$ 时，主触发器状态不变，从触发器输出状态与主触发器的输出状态相同。

当 $CP=1$ 时，输入信号 J 、 K 的电位高低影响主触发器的状态，而从触发器状态不变。当 CP 从 1 变为 0 时，主触发器输出的状态传送到从触发器，即主、从触发器是在 CP 下降沿到来时才能控制触发器翻转的。主从型 JK 触发器的逻辑分析如下。

① $J=1$ 、 $K=1$ 时，设触发器的初始状态在时钟脉冲到来前（即 $CP=0$ ）为 0。这时主触发器的 $R=K=0$ 、 $S=J=1$ ，时钟脉冲到来后（即 $CP=1$ ）主触发器翻转成为 1 态。当 CP 从 1 跳变为 0 时，主触发器状态不变，从触发器的 $R=0$ 、 $S=1$ ，所以它会翻转成 1 态。反之，若设触发器的初始状态为 1，则主、从触发器就会翻转成 0 态。因此，主从型触发器在 $J=1$ 、 $K=1$ 的情况下，来一个时钟脉冲就会翻转一次，也就是在此状态下该触发器具有计数功能。

② $J=0$ 、 $K=0$ 时，设触发器的初始状态为 0，当 $CP=1$ 时，由于主触发器的 $R=0$ 、 $S=0$ ，它的状态保持不变。当 CP 跳变为 0 时，由于从触发器的 $R=1$ 、 $S=0$ ，它的输出为 0 态，即触发器始终保持 0 态不变；如果初始状态为 1，则触发器会始终保持 1 态不变。

③ $J=1$ 、 $K=0$ 时，设触发器的初始状态为 0。当 $CP=1$ 时，由于主触发器的 $R=0$ 、 $S=1$ ，它翻转成 1 态。当 CP 跳变为 0 时，由于从触发器的 $R=0$ 、 $S=1$ ，所以也翻转成 1 态。如果触发器的初始状态为 1，当 $CP=1$ 时，由于主触发器的 $R=0$ 、 $S=0$ ，它保持原态不变；在 CP 从 1 跳变为 0 时，由于从触发器的 $R=0$ 、 $S=1$ ，也会保持 1 态不变。

④ $J=0$ 、 $K=1$ 时，设触发器的初始状态为 1 态。当 $CP=1$ 时，由于主触发器的 $R=1$ 、 $S=0$ ，它翻转成 0 态。当 CP 下跳时，从触发器也翻转成 0 态。如果触发器的初始状态为 0 态，当 $CP=1$ 时，由于主触发器的 $R=0$ 、 $S=0$ ，它保持原态不变；在 CP 从 1 跳变为 0 时，由于从触发器的 $R=1$ 、 $S=0$ ，也保持 0 态。

(3) D 触发器

主从型 JK 触发器是在 CP 脉冲高电平期间接收信号，如果在时钟脉冲 CP 高电平期间输入端出现干扰信号，那么就有可能使触发器产生与逻辑功能表不符合的错误状态。而边沿触发器的电路结构可使触发器在时钟脉冲 CP 有效触发沿到来前一瞬间接收信号，在有效触发沿到来后产生状态转换，从而提高了抗干扰能力和电路工作的可靠性。下面以维持阻塞式 D 触发器为例介绍边沿触发器的工作原理。

维持阻塞式边沿 D 触发器的逻辑图、逻辑符号如图 4-139 所示。该触发器由六个与非门组成，其中 $G1$ 、 $G2$ 构成基本 RS 触发器， $G3$ 、 $G4$ 组成时钟控制电路， $G5$ 、 $G6$ 组成数据输入电路。该触发器的逻辑关系是：当 $D=1$ 时，在时钟脉冲 CP 的下降沿期间， Q 端置 1；当 $D=0$ 时，在 CP 的下降沿期间， Q 端置 0。

(4) T 触发器

T 触发器是在 D 触发器基础上开发的。T 触发器的逻辑符号如图 4-140 所示。该触发器的逻辑关系是：当 $T=1$ 时，该触发器处于计数状态，每来一个时钟脉冲 CP ，触发器翻转一次；当 $T=0$ 时，该触发器处于记忆状态，时钟脉冲即使到来也不会影响触发器的状态。

(5) 单稳态触发器

单稳态触发器的逻辑符号如图 4-141 所示。图中的 $TR+$ 是上升沿触发脉冲输入端， $\overline{TR}-$ 是下降沿触发脉冲输入端， Q 为输出端， \overline{Q} 为反相输出端。单稳态触发器的特点是，当它被触发后就会输出一个频率固定的矩形脉冲，然后自动返回。频率由 C_e 、 R_e 端外接的阻容元件参数来决定，即 $f=1/0.69R_eC_e$ 。

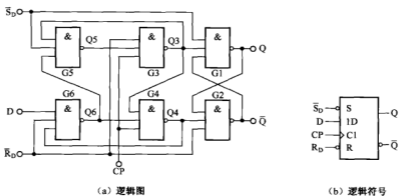


图 4-139 D 触发器的逻辑图和逻辑符号

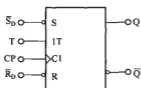


图 4-140 T 触发器的逻辑符号

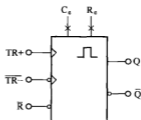


图 4-141 单稳态触发器的逻辑符号

(6) 施密特触发器

施密特触发器有同相输出和反相输出两种类型，它们的逻辑符号如图 4-142 所示。施密特触发器的特点是具有滞后电压特性，即当输入电压升高到正向阈值电压 U_{T+} 时触发器翻转，当输入电压下降到负向阈值电压 U_{T-} 时触发器再次翻转，波形如图 4-143 所示。

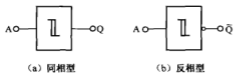


图 4-142 施密特触发器的逻辑符号

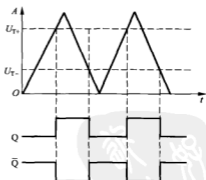


图 4-143 施密特触发器波形

3. 寄存器

在数字电路中，用来存放二进制数据或代码的电路称为寄存器。寄存器是由具有存储功能的触发器组合起来构成的。一个触发器可以存储一位二进制代码。存放 N 位二进制代码的寄存器，需用 n 个触发器来构成。寄存器主要有基本寄存器和移位寄存器两种。基本寄存器主要设置在单片机内部，所以不作介绍，而移位寄存器被许多电子产品用于操作显示电路，

下面简单介绍移位寄存器。

移位寄存器中的数据可以在移位脉冲作用下一次逐位右移或左移，数据既可以并行输入、并行输出，也可以串行输入、串行输出，还可以并行输入、串行输出，串行输入、并行输出，十分灵活，用途也很广。

目前常用的集成移位寄存器种类很多，如 74164、74165、74166 均为八位单向移位寄存器，74195 为四位单向移位寄存器，74194 为四位双向移位寄存器，74198 为八位双向移位寄存器。图 4-144 所示是 74HC164 的逻辑符号。图中 A、B 为串行码信号输入端，CLR 为清零信号输入端，CLK 为时钟信号输入端。当时钟信号处于上升沿期间，A、B 相与后的状态依次由 QA 移向 QH。

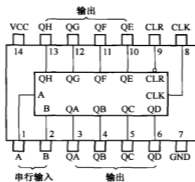


图 4-144 74HC164 的逻辑符号

五、混合集成电路

所谓的混合集成电路是由模拟集成电路和数字集成电路构成的。常见的混合集成电路有时基集成电路、开关电源控制集成电路等。

1. 时基集成电路

时基集成电路也叫时基芯片，是一种可以产生时间基准和能完成各种定时控制功能的模拟集成电路。目前常用的时基芯片是 555 单时基芯片和 556 双时基芯片。下面以 555 单时基芯片为例进行介绍。

(1) 构成

555 单时基芯片（型号主要有 EN555、HA17555、CA555、LM555）有 DIP-8 双列直插 8 脚和 SOP-8（SMP）两种封装形式。它的内部由电阻分压器、比较器、RS 触发器、放电开关、输出电路五部分构成，如图 4-145 所示。它的引脚功能如表 4-4 所示。555 单时基芯片是由于它内部的三个 $5k\Omega$ 分压电阻而得名的。

(2) 工作原理

首先， V_{CC} 通过 R1、R2、R3 取样后，产生 $(1/3)V_{CC}$ 和 $(2/3)V_{CC}$ 两个取样电压。其中， $(1/3)V_{CC}$ 作为基准电压加到比较器 A2 的反相输入端， $(2/3)V_{CC}$ 作为基准电压加到比较器 A1 的同相输入端。

当 555 单时基芯片的②脚电位低于 $(1/3)V_{CC}$ 时，比较器 A2 输出低电平控制电压，该电压加到 RS 触发器的 S 端，使 RS 触发器翻转为 1 态。它的 Q 端输出高电平信号， \bar{Q} 端输出低电平信号。Q 端输出的高电平电压通过输出电路放大后从③脚输出，而 \bar{Q} 端输出的低电平使放电管 VT 截止。

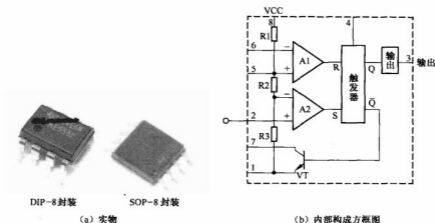


图 4-145 555 单时基芯片实物和内部构成方框图

表 4-4 555 单时基芯片的引脚功能

脚 号	脚 名	功 能	脚 号	脚 名	功 能
①	GND	接地	⑤	VC	控制信号输入
②	TR	置 1 信号输入	⑥	TH	置 0 信号输入
③	V _o	输出	⑦	DIS	电容放电控制
④	MR	复位控制信号输入	⑧	VCC	供电

当 555 单时基芯片的⑥脚输入的电压超过 $(2/3)V_{CC}$ 后, 比较器 A1 输出低电平电压, 该电压加到 RS 触发器的 R 端使它翻转为 0 态, 它 Q 端输出的低电平电压通过输出电路放大后使输出变为低电平, 同时从 \bar{Q} 端输出高电平电压使 VT 导通。

另外, 触发器能否工作受④脚电位的控制。若④脚为低电平, 触发器不工作; 只有④脚为高电平后, 触发器才能工作。

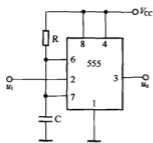
(3) 典型应用电路

555 单时基芯片和少量的阻容元件就可以构成单稳态触发器、无稳态触发器(多谐振荡器)、双稳态触发器和施密特触发器。下面介绍 555 单时基芯片构成的单稳态触发器、无稳态触发器、施密特触发器的基本原理。

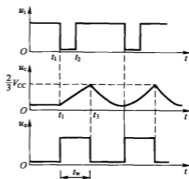
① 单稳态触发器。图 4-146 所示是 555 单时基芯片构成的一种典型单稳态触发器。该电路的核心是 555 单时基芯片、电阻 R 和电容 C, u_i 是输入信号, u_o 是输出信号, V_{CC} 是供电电压。

当输入信号 u_i 为低电平, 使 555 的②脚电位低于 $(1/3)U_{CC}$ 时, 555 的③脚输出高电平电压, 而且它内部的放电管截止, 此时, V_{CC} 通过 R 对 C 充电。当 C 两端的充电电压超过 $(2/3)V_{CC}$ 后, 555 内的 RS 触发器翻转, ③脚输出低电平电压, 同时它内部的放电管导通, 通过⑦脚使 C 快速放电。C 充电到 $(2/3)V_{CC}$ 的时间就是波形的高电平宽度, 即 $t_w = 1.1RC$ 。

由于 555 只有②脚输入低电平信号后, ③脚才能输出一个高电平脉冲, 所以该电路属于单稳态触发器。



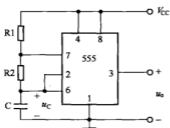
(a) 电路原理图



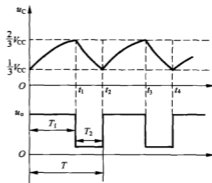
(b) 波形图

图 4-146 555 单时基芯片构成的单稳态触发器

② 无稳态触发器。图 4-147 所示是 555 单时基芯片构成的一种典型无稳态触发器。该电路的核心是 555 单时基芯片、电阻 R1、R2 和电容 C。 u_c 是输入信号， u_o 是输出信号， V_{CC} 是供电电压。



(a) 电路原理图



(b) 波形图

图 4-147 555 单时基芯片构成的无稳态触发器

通电瞬间，供电电压 V_{CC} 通过 R1、R2 对 C 充电，充电电压使 u_c 不足 $(1/3)V_{CC}$ 时，555 的③脚不仅输出高电平电压，而且它内部的放电管截止，随着 C 充电的不断进行，当 C 两端的充电电压超过 $(2/3)V_{CC}$ 后，555 内的 RS 触发器翻转，使③脚输出低电平，同时它内部的放电管导通，通过 R2 使 C 快速放电。当 C 两端电压低于 $(1/3)V_{CC}$ 后，555 的③脚再次输出高电平，重复以上过程，从而形成了多谐振荡脉冲。

③ 施密特触发器。图 4-148 所示是 555 单时基芯片构成的一种典型灯光自动控制电路。该电路的核心是由 555 单时基芯片、光敏电阻 RG 等元器件构成的施密特触发器。

无光照时，光敏电阻 RG 的阻值较大，电源 V_{CC} 通过 R 分压后提供电压为 $(1/2)V_{CC}$ ，而 555 的⑤脚电位在 C 的作用下低于 $(1/2)V_{CC}$ ，所以 555 的③脚电位为低电平，不能为继电器 K 的线圈供电，K 的触点吸合，接通 EL 的供电回路，EL 发光。有光照时，RG 的阻值迅速变小，使 555 的②、⑥脚电位低于 $(1/3)V_{CC}$ 后，555 的③脚输出高电平电压，该电压使 K 的线圈产生磁场，致使 K 内的触点释放，EL 熄灭，实现灯光的自动控制。

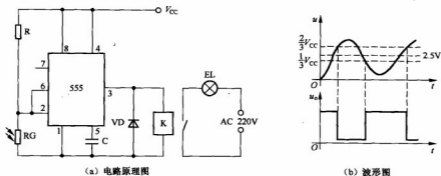


图 4-148 灯光自动控制电路

2. 开关电源控制集成电路

他励式开关电源控制集成电路是采用了模拟电路和数字电路构成的，下面以典型的 UC/KA3842 为例进行介绍。

(1) 特点

UC/KA3842 属于单端输出脉宽控制芯片，它是一种高性能的固定频率电流型控制电路，采用它构成的开关电源广泛应用于彩色电视机、彩色显示器、VCD、DVD、充电器、卫星接收机等电子设备中。它主要的优点是外接元器件少、结构简单、成本低。它的内部电路包括如下性能：一是可调整的充放电振荡器，可精确控制占空比；二是采用电流型控制，并可在 500kHz 高频状态下工作；三是误差放大器具有自动补偿功能；四是带锁定的 PWM 控制电路，可进行逐个脉冲的电流控制；五是具有内部可调整基准电压，具有欠电压保护锁定功能；六是采用图腾柱输出电路，提供大电流输出，输出电流可达到 $\pm 1\text{A}$ ；七是可直接驱动场效应管或双极三极管。

(2) 实物与构成

UC/KA3842、UC/KA3843 有双列直插 Minidip (DIP) 式和双列贴片 SO8 式两种封装结构，如图 4-149 所示，它的引脚功能见表 4-5。

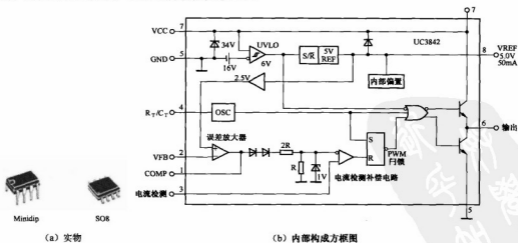


图 4-149 UC/KA3842 的实物和内部构成方框图

表 4-5 UC/KA3842 的引脚功能

脚 号	功 能
①	误差放大器输出, 与②脚间接有 RC 补偿网络, 缩短放大器响应时间
②	误差信号输入, 该脚输入的电压与开关电源输出的电压成反比
③	开关管电流检测信号输入
④	振荡器外接 R、C 定时元件端/外触发信号输入
⑤	接地
⑥	开关管激励脉冲输出
⑦	供电/欠电压检测
⑧	5V 基准电压输出端



提示 UC3842~UC3845/UC2842~UC2845 属于一个系列产品, 仅供电端⑦脚的启动电压、关闭电压和激励脉冲输出端⑥脚输出的激励信号的最大占空比不同, 见表 4-6。

表 4-6 UC3842~UC3845/UC2842~UC2845 主要参数

型 号	启动电压/V	关闭电压/V	输出激励信号占空比最大值
UC3842/UC2842	16	10	100%
UC3843/UC2843	8.5	7.6	100%
UC3844/UC3844	16	10	50%~70%可调
UC3845/UC2845	8.5	7.6	50%~70%可调

(3) 基本原理

当 UC3842 的⑦脚电压达到 16V 后, UC3842 内的启动电路开始启动, 通过 5V 基准电压形成电路产生 5V 电压, 该电压不仅由⑧脚输出, 而且为它内部的振荡器、PWM 调制器等电路供电。振荡器获得供电后开始工作, 利用④脚外接的 RC 元件产生振荡脉冲, 该脉冲通过逻辑电路处理后产生矩形脉冲, 再通过推挽放大器放大后从⑥脚输出。

当它的②脚输入电压升高或①脚电位下降时, 都会导致它⑥脚输出的脉冲的占空比减小; 而③脚输入的电压升高时, 也会导致⑥脚输出的激励脉冲的占空比减小。

(4) 典型应用电路

图 4-150 所示是爱国者 400A 彩色显示器的主电源电路。该电路是以芯片 I801 (UC3842) 为核心构成的。②脚外接的 VR801、R817、R818 是误差取样电路; ⑦脚外接的 D808、C821 组成的整流、滤波电路不仅为 I801 提供启动后的工作电压, 而且为误差取样电路提供取样电压; ④脚外接的 C812、R823、R820 是振荡器的外接定时元件, R822 是行频触发脉冲输入限流电阻; ③脚外接的 C817、R828 构成开关管电流检测信号输入电路。

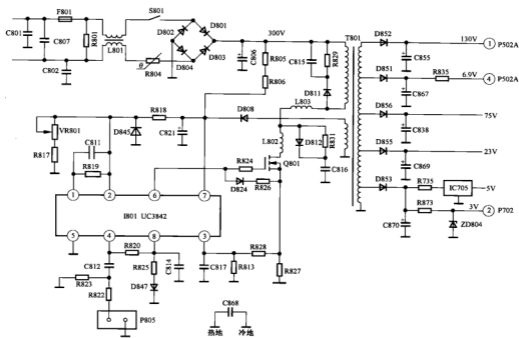


图 4-150 UC/KA3842 的典型应用电路



第五章 电子电路识图方法与技巧

第一节 电子电路图的特点、学习方法

一、电子电路图的特点

1. 结构复杂

电子电路图要比电气电路图复杂得多，不仅电视机、显示器、DVD、音响、电磁炉、电动车充电器等家用电器的电子电路图结构极为复杂，而且全自动洗衣机、空调器、电冰箱的微处理器（CPU）电路也是十分复杂的。

2. 元器件种类众多

电子电路为了实现不同的功能，采用了大量且种类繁多的元器件，并且随着电子技术的不断发展，大量新型元器件的应用，尤其是大规模集成电路的不断应用，给电路识图带来更多困难。

二、电子电路图的识图学习技巧

1. 通过元器件学识图

电子元器件是构成电子产品的最小单位，所以了解元器件的实物外形、电路符号、文字符号，再进一步了解它们的工作原理，是学习电路识图的基础。由于电子元器件种类繁多，不可能短时间掌握所有的元器件，可以先了解电阻、电容、二极管、三极管等常用元器件。

2. 通过单元电路学识图

任何电子电路都是由不同数量的单元电路构成的，简单电路采用的单元电路数量较少，复杂电路采用的单元电路较多。比如，自激式开关电源是由启动电路、振荡电路、误差取样放大电路、调宽电路、输出电压整流/滤波电路、保护电路构成的。再比如，彩色电视机行扫描电路是由行振荡器、行激励电路、行输出电路构成的。这些单元电路又是由电阻串/并联电路、电容串/并联电路、放大电路、振荡电路等基本单元电路构成的。

如果将整机电路比作是一间房屋，那电子元件就是一砖一瓦，而单元电路就是一段墙。因此，掌握了电子元件和单元电路的工作原理和识图方法，也就可以快速掌握整机电路的识图方法。

第二节 电子电路图的分类及识图

电子电路主要包括原理图、方框图和印制电路板图三种。

一、原理图

由于电子产品的结构比强电电气产品的结构复杂得多，所以它的原理图又分为整机原理图和单元电路原理图两种。



提示 电路原理图是最常用也是最重要的电路图，能够看懂原理图，也就基本掌握了电路的工作原理，绘制方框图，设计装配图、印制电路板图就比较容易了。因此，掌握了原理图后，就可以轻松地进行电器维修和设计。

1. 整机原理图

整机原理图描述了整个机器的电路结构、各个单元电路的具体形式和它们之间的相互关系，从而表达了整机电路的工作原理。另外，整机原理图上还给出元器件的编号、型号、主要参数，并且有的整机原理图还给出关键点的电压值、信号波形等数据，这对于测量、检修工作极为重要。

功能简单的电子产品的整机原理图比较简单，但大部分电子产品的电子电路比较复杂。图 5-1 所示是美的 EF197 型电磁炉电路。通过该图可以看出，电磁炉电路由电源电路、微处理器电路、谐振电路、保护电路、功率调整电路、同步控制电路、锯齿波形成电路等多个单元电路构成。

2. 单元电路原理图

许多电子产品的功能较多，电路比较复杂，所以它的整机原理图也就比较复杂。为了更好地反映此类电子产品的电路结构和工作原理，通常会根据电路功能画出单元电路。图 5-2 所示是一幅典型彩色电视机的操作控制电路原理图。

二、方框图

方框图是一种用方框和连线来表示电路工作原理和构成概况的电路图。从根本上说，这也是一种原理图。不过在这种图纸中，除了方框和连线几乎没有别的符号。它和上面的原理图主要的区别就在于原理图上详细地绘制了电路的全部元器件和它们的连接方式；而方框图只是简单地将电路按功能划分为几个部分，将每一个部分描绘成一个方框，在方框中加上简单的文字说明，在方框间用连线（有时用带箭头的连线）说明各个方框之间的关系。所以方框图只能用来体现电路的大致工作原理。电路图中使用的方框图主要有整机电路方框图、单元电路方框图和集成电路方框图三种。

1. 整机电路方框图

整机电路方框图是反映整机电路的方框图，属于最复杂的一种方框图。图 5-3 所示是一幅遥控彩色电视机整机电路方框图。在该图上，根据不同功能将电路分成多个方框，如微处理器电路、高频信号处理电路、中频信号处理电路、色度/亮度/扫描小信号处理电路、场输出电路、行推动电路、行输出电路、音频功放电路、视频输出电路、显像管等。

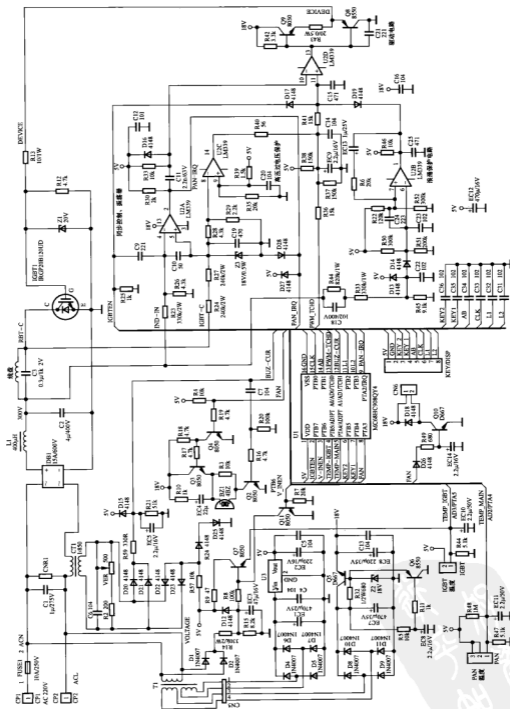


图 5-1 美的 EF197 型电磁炉电路

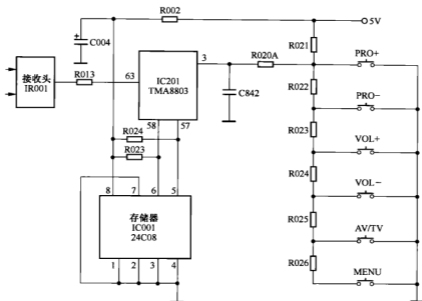


图 5-2 典型彩色电视机操作控制电路原理图



提示 通过整机方框图可了解整机电路的组成、信号流程以及各单元电路间的关系。

2. 单元电路方框图

单元电路方框图也叫系统方框图，它是反映单元电路构成的方框图，比整机方框图更加详细。图 5-4 所示是一幅典型彩色电视机行、场扫描单元电路方框图。通过该图可更直观地了解彩色电视机行、场扫描电路的构成和信号流程。

3. 集成电路方框图

集成电路方框图是指集成电路内部各个单元电路的方框图，此类方框图的结构、复杂程度根据集成电路的功能不同而有所不同。图 5-5 所示是多功能芯片 TDA8843/8844 的内部构成方框图。



提示 通过集成电路方框图不仅可以了解集成电路的组成、信号流程，而且对于了解集成电路的引脚功能也有很大的帮助。

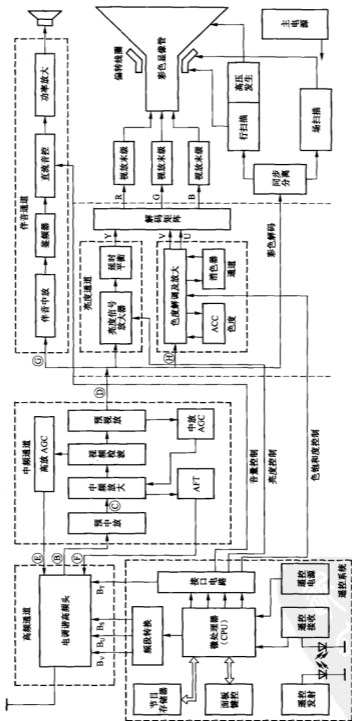


图 5-3 遥控彩色电视机整机电路方框图

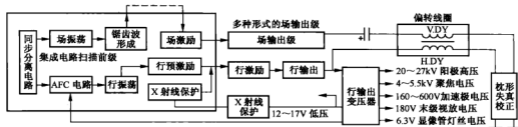


图 5-4 典型彩色电视机行、场扫描单元电路方框图

三、印制电路板图

印制电路板图起到电路原理图与实际电路板之间的桥梁作用，是安装、维修电子产品的主要图纸之一。典型的印制电路板图如图 5-6 所示。

通过印制电路板图可以分别在实际电路板上找到电路原理图中的每个元器件，若没有印制电路板图或印制电路板图上未对元器件进行标注，会给查找元器件带来一定的困难。



方法与技巧

在观察电路板上元器件与铜箔线路的连接情况、铜箔线路走向时，可以用台灯或手电筒对着电路板照明，如图 5-7 所示。将台灯或手电筒放置在电路板的背面，在电路板的正面就可以清晰、方便地观察到铜箔线路与各元器件的连接情况，从而减少了翻转电路板的次数。这样不仅缩短了查找元器件的时间，而且避免了重复翻板可能折断电路板与其他装置间的连线。

当然，看电路板背面的印制电路板图时，在电路板正面用手电筒进行照明时也比较方便。

另外，因为电路中使用了大量的电阻、电容，当很难找到某个需要更换的电阻或电容时，可先找到与它连接的特殊元器件（如集成电路、大电感、变压器、三极管、场效应管等元器件），通过它再寻找需要更换的电阻或电容。参见图 5-8，需要查找滤波电容 C2 时，可先找到开关变压器 T，再找到它的二次绕组所接元器件，就可以快速找到 C2。



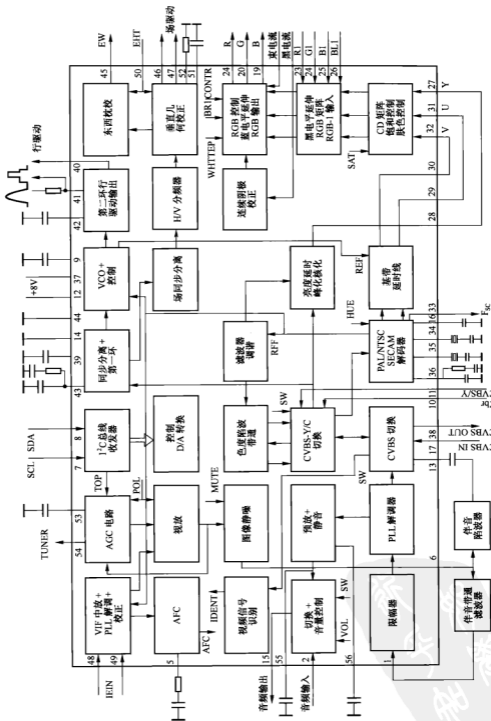


图 5-5 TDA8843/TDA8844 的内部构成方框图

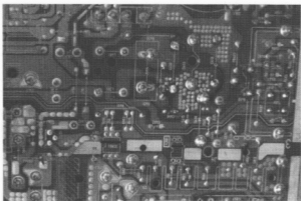


图 5-6 典型印制电路板图

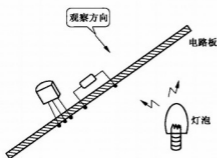


图 5-7 观察电路板

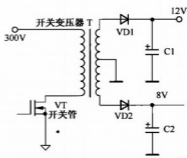


图 5-8 开关电源局部电路

第三节 复杂电路的识图技巧

看复杂电路图应按照从局部到整体、从输入到输出、化整为零、聚零为整的思路和方法进行，用整机电路的工作原理指导单元电路，利用单元电路分析整机工作原理。

一、通过了解功能识图

进行电路识图前，要清楚需要识图的电子产品的功能是什么，有什么特点。比如，电视机、DVD 或空调器用的遥控器，它主要的功能是当按下需要操作功能对应的按键后，微处理器的操作键输入端就会得到键控脉冲，被微处理器识别、处理后，输出控制信号。控制信号再经放大电路进行放大，利用红外发射管发射出去。红外信号最终被受控设备上的接收电路接收后，就可以实现用户需要的控制功能。因此，遥控器要想正常工作，需要设置电源电路、单片机（微处理器）、操作键、放大电路、红外发射二极管。了解产品功能可以帮助理解电路的构成和工作原理。

二、通过化整为零识图

先将整机电路根据不同的功能划分为若干个单元电路，究竟划分多少个单元电路，不仅与电路的结构和复杂程度有关，而且与读者所掌握的电子技术知识多少和识图能力有关。要对划分后的单元电路进行分类，并根据它们的特点进行分析。比如，自激式开关电源是由启

动电路、振荡电路、误差取样放大电路、调宽电路、输出电压整流/滤波电路、保护电路构成的；再比如，彩色电视机行扫描电路是由行振荡器、行激励电路、行输出电路构成的。

三、根据元器件特点识图

通过电子元器件的电路符号或实物比较容易找到需要的单元电路。比如，在对彩色电视机电路进行识图时，通过电源变压器可识别出电源电路，通过行激励变压器可识别出行激励电路，通过扬声器可识别出伴音电路，通过大规模集成电路和晶振可识别出微处理器电路，通过场输出集成电路可识别出场输出电路。再比如，在对电磁炉电路进行识图时，通过谐振线圈（线盘）可识别出功率变换电路，通过大限流电阻可识别出同步控制电路，通过风扇可识别出散热系统，通过蜂鸣器可识别出蜂鸣器电路。

四、根据供电走向识图

任何电子产品都需要在电源电路提供工作电压后才能工作，而许多复杂的电子产品采用了多种供电方式，所以通过查看供电电压的走向，就可以初步进行电路识图。比如电磁炉的微处理器电路采用 5V 供电，而它的功率管激励电路、保护电路多采用 18V 供电；再比如，普通彩色电视机的微处理器电路采用 5V 供电，小信号处理电路采用 12V 供电，场输出电路多采用 20~110V 供电，而行输出电路多采用 105~150V 供电。

五、根据信号流程识图

任何信号处理电路都会有信号输入、信号输出电路，所以根据信号流程就可以将电路分解成多个单元电路，并可以对它进行分析。比如彩色电视机场扫描电路可以根据信号流程划分为场同步电路、场振荡电路、场激励电路、场输出电路。

另外，根据电路输入、输出信号之间的变化规律及它们之间的关系可识别出基本单元电路是放大电路，还是振荡电路、脉冲电路、解调电路。

六、根据交流等效电路识图

首先画出交流等效电路，再分析电路的交流状态，即电路有信号输入时，电路中各环节的电压和电流是否按输入信号的规律变化，以确认电路是放大电路、振荡电路，还是限幅削波、整形、鉴相等电路。



提示 画交流等效电路时，要将原电路中的电容和电源画成通路，将线圈看成开路，如图 5-9 所示。

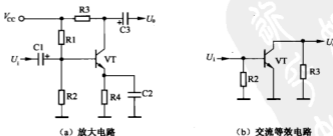


图 5-9 三极管放大电路及其交流等效电路

七、直流等效电路分析法

画出直流等效电路图，分析电路的直流系统参数，搞清三极管静态工作点和偏置性质、级间耦合方式等，分析有关元器件在电路中所处的状态及起的作用。例如：三极管的工作状态，如饱和、放大、截止区，二极管处于导通或截止等。



提示 在画直流等效电路时，要将原电路中的线圈画成通路，将电容看成开路，如图 5-10 所示。

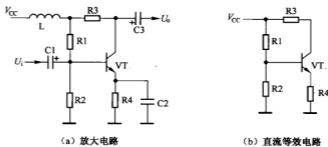


图 5-10 三极管放大电路及其直流等效电路



第六章 典型基本单元电路识图方法与技巧

基本单元电路是构成整机电路的基础，所以掌握本章内容是学习整机电路的基础。

第一节 三极管放大电路识图

三极管放大电路包括三极管单级放大电路、三极管双级放大电路、负反馈型三极管放大电路。熟悉这些放大电路的功能和构成，并且掌握它们的工作原理，是进行整机电路识图的基础。

一、三极管单级放大电路识图

三极管单级放大电路在电子电路中是应用最多的单元电路。三极管单级放大电路有共基极放大器、共发射极放大器、共集电极放大器三种。



方法
与
技巧

区别这三种放大器的最简单方法就是查看放大管的交流接地引脚，就可以确认放大器的种类，比如，放大管的发射极交流接地，则该放大器就是共发射极放大器。

1. 共发射极放大器

共发射极放大器是应用最广泛的放大器。所谓的共发射极放大器就是信号输入和信号输出都要依靠发射极完成的放大器。图 6-1 所示是一种典型的共发射极放大器。在该放大器内，VT 是放大管，C1 是输入信号耦合电容，C2 是输出信号耦合电容，R1、R2 是 VT 基极的直流偏置电阻，R3 是 VT 的集电极负载电阻， V_{CC} 是供电电压， U_i 是输入信号， U_o 是输出信号。

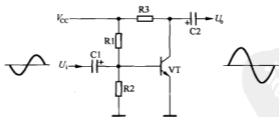


图 6-1 共发射极放大器及信号波形

(1) 直流偏置

供电电压 V_{CC} 通过 R1、R2 分压后，加到 VT 的基极，为基极提供直流偏置电压，基极电压 $U_b \approx V_{CC} R_2 / (R_1 + R_2)$ 。流过 R1 的电流分两路到地：一路通过 R2 到地，另一路通过 VT 的发射结到地。

(2) 信号放大过程

输入信号 U_i 经 C_1 耦合到 VT 的基极, 使 VT 的基极电流 I_b 随 U_i 变化而变化, 致使 VT 的集电极电流 I_c 随之变化, 并且变化量为 βI_b 。 I_c 在 R_3 两端产生随之变化的压降 U_3 , 而 V_{CC} 减去 U_3 就是 VT 的集电极电压 U_c 。因此, U_c 与 U_i 的相位相反, 也就是说, 该放大器属于倒相放大器。 U_c 经 C_2 耦合后得到交流输出信号 U_o 。

通过以上分析可知, 共发射极放大器不仅有电流放大功能, 而且还有电压放大功能。

2. 共集电极放大器

共集电极放大器也是应用十分广泛的一种放大器。图 6-2 所示是一种典型的共集电极放大器。在该放大器中, VT 是放大管, C_1 是输入信号耦合电容, C_2 是输出信号耦合电容, R_1 是 VT 基极的直流偏置电阻, R_2 是 VT 的发射极电阻, V_{CC} 是供电电压, U_i 是输入信号, U_o 是输出信号。

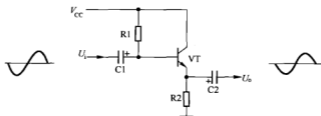


图 6-2 共集电极放大器及信号波形



提示 前面我们曾介绍过, 放大器哪个极交流接地, 该放大器就属于哪类放大器, 有的读者可能要问, 图 6-2 中的 VT 的集电极并未接地, 它怎么就是共集电极放大器呢? 这是因为电源 V_{CC} 的内阻较小, 并且电源两端都会接有大容量的滤波电容, 所以电源在交流状态下相当于短路。因此, VT 的集电极是通过电源 V_{CC} 及其滤波电容接地的。

(1) 直流偏置

供电电压 V_{CC} 通过 R_1 限流加到 VT 的基极, 为基极提供直流偏置电压。基极电流 $I_b \approx (V_{CC} - U_{be}) / [R_1 + (1 + \beta)R_2]$, 基极电流回路是: $V_{CC} \rightarrow R_1 \rightarrow$ VT 的发射结 $\rightarrow R_2 \rightarrow$ 地。

(2) 信号放大

输入信号 U_i 经 C_1 耦合到 VT 的基极, 使 VT 的基极电流 I_b 随 U_i 变化而变化, 致使 VT 的发射极电流 I_e 随之变化, 并且变化量为 $(1 + \beta) I_b$ 。 I_e 在 R_2 两端产生随之变化的压降 U_2 。 U_2 经 C_2 耦合后得到交流输出信号 U_o 。由于 U_o 与 U_i 的相位相同, 所以该放大器也叫射极跟随放大器, 简称射极跟随器。

通过以上分析可知, 共集电极放大器的输入信号 U_i 是从放大器的基极、发射极之间输入的, 输出信号 U_o 取自发射极。由于 U_2 等于 $U_b - 0.6V$, 所以该放大器仅有电流放大功能, 而没有电压放大功能。



提示 由于共集电极放大器具有输入阻抗高、输出阻抗低的优点，所以在多级放大电路中，通常利用共集电极放大器将前级和后级放大器进行隔离，由它对信号进行缓冲放大，以免前、后级放大器互相影响。又因共集电极放大器具有电流放大功能，所以不仅串联稳压电源采用此类放大器，而且有的多级放大电路的末级放大器也采用此类放大器。

3. 共基极放大器

共基极放大器的应用较前两种放大器要少得多。图 6-3 所示是一种典型的共基极放大器。在该放大器内，VT 是放大管，C1 是输入信号耦合电容，C2 是输出信号耦合电容，C3 是基极的交流接地电容，R1、R2 是 VT 基极的直流偏置电阻，R3 是 VT 的集电极负载电阻，R4 是 VT 的发射极电阻， V_{CC} 是供电电压， U_i 是输入信号， U_o 是输出信号。

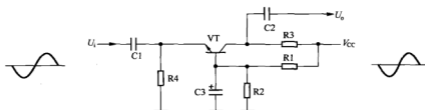


图 6-3 共基极放大器及信号波形

(1) 直流偏置

供电电压 V_{CC} 通过 R1、R2 分压后，加到 VT 的基极，为基极提供直流偏置电压， $U_b \approx V_{CC}R_2/(R_1+R_2)$ 。流过 R1 的电流分两路到地：一路是通过 R2 到地，另一路是通过 VT 的发射结、R4 到地。

(2) 信号放大

输入信号 U_i 经 C1 耦合到 VT 的发射极，使 VT 的发射极电流 I_e 随 U_i 变化而变化，致使 VT 的集电极电流 I_c 随之变化。 I_c 在 R3 两端产生随之变化的压降 U_3 ，而 V_{CC} 减去 U_3 就是 VT 的集电极电压 U_c 。因为 U_c 与 U_i 同步变化，所以相位相同。 U_c 经 C2 耦合后得到交流输出信号 U_o 。



提示 共基极放大器具有高频特性好的优点，但也存在输入阻抗小和输出阻抗大的缺点。因此，该放大器主要应用在高频信号放大电路。

二、三极管两级放大电路识图

三极管两级放大电路就是由两个三极管构成的放大电路。此类电路也是最常见的放大电路。根据前、后级放大器的耦合方式的不同，两级放大器有阻容耦合、直接耦合、变压器耦合和光电耦合器耦合四种。

1. 阻容耦合方式

阻容耦合方式就是后级放大器的输入端通过电容与前级放大器的输出端相接。阻容耦合

放大电路具有两级放大器的直流工作点互不影响、放大倍数高、信号传输损耗小等优点，但也存在不能放大直流信号和结构相对复杂、不便于集成等缺点。

图 6-4 所示是一种典型的阻容耦合两级放大电路。该电路内的 VT1、VT2 是放大管，C1~C3 是低频信号耦合电容， U_i 是输入信号， U_o 是输出信号。

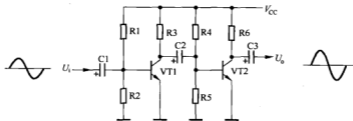


图 6-4 阻容耦合两级放大电路及信号波形

(1) 直流偏置

R1、R2 是放大管 VT1 的基极偏置电阻，为它的基极提供偏置电压；R4、R5 是放大管 VT2 的基极偏置电阻，为它的基极提供偏置电压。

(2) 信号放大

输入信号 U_i 经 C1 耦合到放大管 VT1 的基极，经其倒相放大后，再利用 C2 耦合到 VT2 的基极，利用 VT2 再次倒相放大，通过 C3 耦合后得到交流输出信号 U_o 。

2. 直接耦合方式

直接耦合方式就是后级放大器的输入端直接接在前级放大器的输出端上。直接耦合放大电路放大倍数高，而且可以放大直流信号，并且有利于电路集成，但放大器间的直流工作点相互影响，容易出现零点漂移等异常现象。

图 6-5 所示是一种典型的直接耦合两级放大电路。该电路内的 VT1、VT2 是放大管， U_i 是输入信号， U_o 是输出信号。R1、R2 是放大管 VT1 的基极偏置电阻，为它的基极提供偏置电压；R3 不仅是 VT1 的集电极负载电阻，而且是 VT2 的基极偏置电阻，为它的基极提供偏置电压。

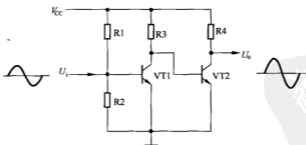


图 6-5 直接耦合两级放大电路及信号波形

3. 变压器耦合方式

变压器耦合方式就是后级放大器的输入端通过变压器接在前级放大器的输出端上。变压器耦合放大电路主要应用在需要冷、热地隔离或需要提升驱动电流的场合。

图 6-6 所示是一种典型的彩色电视机激励电路。该电路内的 VT1 是行激励管, VT2 是行输出管, U_i 是行激励信号, R 是行激励电路的供电限流电阻, C 是滤波电容, T2 是行输出变压器。

行激励信号 U_i 经 VT1 的基极, 通过 VT1 倒相放大后, 再利用行激励变压器 T1 变换为电压较低, 但电流较大的激励信号, 驱动行输出管 VT2 工作在开关状态。

4. 光电耦合器耦合方式

光电耦合器耦合方式就是后级放大器的输入端通过光电耦合器接在前级放大器的输出端上。光电耦合器耦合放大电路主要应用在需要冷、热地隔离的场合。

图 6-7 所示是一种典型的开关电源的稳压控制电路。该开关电源的误差取样方式采用了直接取样方式, 也就是该电源是通过冷地侧的直流电压进行取样, 再通过热地侧的调宽管控制开关管的导通时间, 来实现稳压控制。

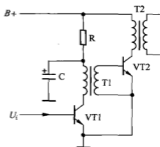


图 6-6 变压器耦合两级放大电路

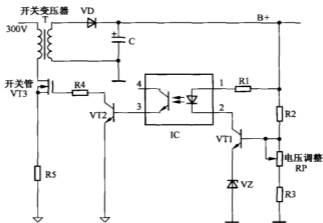


图 6-7 光电耦合器耦合两级放大电路

当 B+ 电压升高时, 升高的 B+ 电压不仅通过 R1 使为 IC 的①脚提供的电压增大, 而且通过 R2、RP、R3 取样后的电压升高, 该电压加到 VT1 的基极, 由于 VT1 的发射极由稳压管 VZ 提供基准电压, 所以 VT1 因基极输入电压升高而导通加强, 它的集电极电流增大, 使 IC 内的发光二极管发光加强, 与它对应的光敏三极管因受光加强而导通加强, 使调宽管 VT2 导通加强, 开关管 VT1 导通时间缩短, 开关变压器 T 存储能量下降, B+ 电压下降到正常值。反之控制过程相反。这样通过 IC 的耦合, 将冷地端的误差取样放大信号传递给热地端的调宽电路, 从而控制开关管的导通时间, 实现稳压控制。

三、负反馈型三极管放大电路识图

1. 反馈电路与构成

将放大器的一部分输出量 (电压或电流) 送回输入端的过程就是反馈, 而传送反馈量的电路就是反馈电路。典型的反馈电路构成如图 6-8 所示。

若反馈量与输入量的相位相同，使放大倍数增大的反馈称为正反馈；若反馈量与输入量的相位相反，使放大倍数减小的反馈称为负反馈。

由于正反馈用于电路产生振荡，负反馈用于提高放大器的工作性能，所以放大电路主要采用负反馈。

2. 负反馈电路的分类

放大器采用的负反馈电路有并联电流负反馈、并联电压负反馈、串联电流负反馈和串联电压负反馈四种。若负反馈量与输出电压成正比，能使输出电压稳定，输出电阻减小，称为电压负反馈；如果负反馈量与输出电流成正比，能使输出电流稳定，输出电阻增加，则称为电流负反馈。串联负反馈的反馈量以串联形式串接入输入回路，并联负反馈的反馈量以并联形式接入输入回路。串联负反馈能增大输入阻抗，而并联负反馈却减小输入阻抗和输出阻抗。

另外，还可以根据反馈信号的性质分为交流负反馈、直流负反馈和交/直流负反馈三种负反馈电路。顾名思义，反馈信号仅有交流成分，则属于交流负反馈；若反馈信号仅有直流成分，则属于直流反馈；若反馈信号不仅有交流成分，而且有直流成分，则属于交、直流反馈。

3. 单级电流串联负反馈放大器

单级电流串联负反馈放大器是一种应用十分广泛的放大器。图 6-9 所示是一种典型的单级电流串联负反馈放大器。该放大器的核心元器件是放大管 VT 和负反馈电阻 R₃。

放大器的输出电流在 R₃ 两端产生压降 U_f，该电压通过提高 VT 的发射极电位来降低放大倍数，所以该电路属于负反馈控制。将输出信号 U_o 对地短接使 U_o 为 0 后，反馈电压 U_f 仍存在，说明该电路属于电流负反馈电路。同时，由于 U_f 与输入信号 U_i 串联后加到 VT 的发射结上，所以该电路属于串联负反馈电路。又因 U_f 内不仅有直流成分，还有交流成分，所以该电路属于交、直流负反馈电路。

4. 单级电压并联负反馈放大器

单级电压并联负反馈放大器也是一种应用十分广泛的放大器。图 6-10 所示是一种典型的单级电压并联负反馈放大器。该放大器的核心元器件是放大管 VT 和负反馈电阻 R₂。

放大器的输出电压通过 R₂ 为 VT 的基极提供反馈电压 U_f，由于 VT 属于倒相放大器，所以 U_f 与 U_i 的极性相反，减小了输入到基极的电压，所以属于负反馈控制。将输出电压 U_o 对地短接使 U_o 为 0 后，负反馈电压 U_f 随之消失，说明该电路属于电压负反馈电路。由于 U_f 与输入信号 U_i 并联后加到 VT 的基极，所以该电路属于并联负反馈电路。

5. 两级电压串联负反馈放大器

两级电压串联负反馈放大器也是一种应用十分广泛的放大器。图 6-11 所示是一种典型的两级电压串联负反馈放大器。该放大器的核心元器件是放大管 VT₁ 和 VT₂、负反馈电阻 R₆、



图 6-8 反馈电路构成方框图

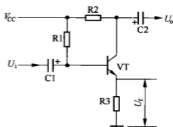


图 6-9 单级电流串联负反馈放大器

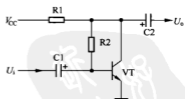


图 6-10 单级电压并联负反馈放大器

负反馈电容 C3。

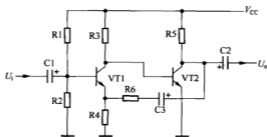


图 6-11 两级电压串联负反馈放大器

放大器 VT2 集电极的输出电压通过 C3、R6 为 VT1 的发射极提供反馈电压 U_f ，减小了 VT1 的发射结上的导通电压，所以属于负反馈控制。将输出信号 U_o 对地短接使 U_o 为 0 后，负反馈电压 U_f 随之消失，说明该电路属于电压负反馈电路。由于负反馈电压 U_f 与输入信号 U_i 串联，所以该电路属于串联负反馈电路。又因负反馈电路采用了耦合电容 C3，所以该电路属于交流负反馈电路。

第二节 功率放大电路识图

功率放大电路包括甲、乙类功率放大器，OTL 功率放大器，OCL 功率放大器，BTL 功率放大器。熟悉这些放大器的功能和构成，并且掌握它们的工作原理，是整机电路识图的基础。

一、甲、乙类功率放大器识图

根据功率放大器所设静态工作点的不同，功率放大器可分为甲类、乙类、甲乙类等多种。

1. 甲类功率放大器

甲类功率放大器的功率放大管 VT 的基极接有偏置电阻，在整个信号周期内 VT 都会有导通电流，但工作效率不足 50%，所以仅早期的收音机采用它做末级放大器，如图 6-12 所示。输入信号 U_i 经激励变压器 T1 耦合，再经 VT 倒相放大，利用输出变压器 T2 耦合，推动扬声器 BL 发音。

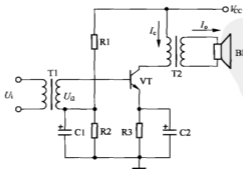


图 6-12 收音机应用的甲类功率放大器



提示 甲类功率放大器的应用还是比较广泛的，除了应用在彩色电视机的行激励等电路，还应用在大功率放大器中作为推动级。

2. 乙类功率放大器

乙类功率放大器没有偏置电阻，所以静态电流为 0，也就在激励信号的正半周期间导通，而在负半周期间截止。为了使放大电路在整个信号周期都可以工作，乙类功率放大器多采用两个不同极性的三极管轮流工作，从而构成了乙类互补推挽放大器。典型的乙类互补推挽放大器如图 6-13 所示。其中，变压器耦合式的乙类互补推挽放大器主要应用在扩音机等电路中，而无变压器式乙类互补推挽放大器主要应用在大功率放大器或开关电源内作为推动级。下面以图 6-13 (a) 所示电路为例介绍乙类功率放大器的工作原理。

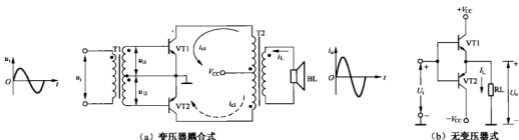


图 6-13 乙类互补推挽放大器及波形

参见图 6-13 (a)，静态时，VT1、VT2 因基极没有导通电压输入而截止。当输入信号 U_i 的正半周加到激励变压器 T1 的一次绕组后，它的两个二次绕组耦合输出的信号都为上正、下负，使 VT2 截止、VT1 导通，产生集电极电流 i_{c1} ，该电流经输出变压器 T2 耦合到二次绕组，形成输出信号的上半周； U_i 的负半周信号经 T1 耦合后，它的两个二次绕组输出的信号都为下正、上负，使 VT1 截止、VT2 导通，产生集电极电流 i_{c2} ，该电流经输出变压器 T2 耦合到二次绕组，形成输出信号的下半周。这样，就可以得到一个完整的信号。

虽然乙类互补推挽放大器的静态电流为 0，降低了功耗，提高了效率，但在输入信号的初期和末期，它的幅度低于三极管的导通电压时，三极管就会截止，导致正、负半周交接部分的信号不能被放大，产生图 6-14 所示的交越失真。

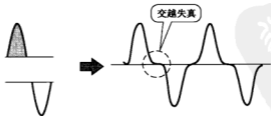


图 6-14 乙类放大器的交越失真

3. 甲乙类功率放大器

甲乙类功率放大器的工作介于甲类和乙类之间，它是目前应用较多的功率放大器之一。

此类放大器通过偏置电阻为两只推挽放大管提供较小的静态工作电流，每个三极管导通的时间大于信号的半个周期。这样，整个周期的输入信号都能被放大，从而抑制了交越失真。典型的甲乙类功率放大器如图 6-15 所示。其中，变压器耦合式的甲乙类互补推挽放大器已基本淘汰，目前应用较多的是无变压器式甲乙类互补推挽放大器。因此，下面以图 6-15 (b) 所示电路为例介绍甲乙类功率放大器的工作原理。

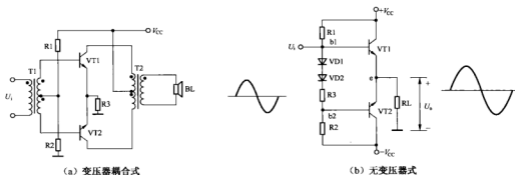


图 6-15 甲乙类互补推挽放大器及波形

参见图 6-15 (b)，正、负电源 $+V_{CC}$ 、 $-V_{CC}$ 分别通过偏置电阻 R_1 、 R_2 加到放大管 VT_1 、 VT_2 的基极，为它们提供一个较小的静态电流。当输入信号 U_i 的正半周信号不仅通过 VD_1 、 VD_2 、 R_3 加到 VT_2 的基极使它截止，而且加到 VT_1 的基极，使 VT_1 导通时，它的集电极电流 i_{c1} 由 $+V_{CC}$ 经 VT_1 、 RL 到地构成回路，形成输出信号的上半周；当 U_i 的负半周信号加到 VT_1 的基极后 VT_1 截止，而 VT_2 导通，它的集电极电流 i_{c2} 由地、 RL 、 VT_2 到 $-V_{CC}$ 构成回路，形成输出信号的负半周。这样，就可以得到一个完整的信号。

二、OTL 功率放大器识图

1. 特点与构成

OTL 是“无输出变压器”的英文缩写，也就是说 OTL 功率放大器不再使用输出变压器。因采用交流输出方式，所以该电路有输出耦合电容。该形式的放大电路具有效率高、功率大、失真小和安全性高、容易集成等优点，所以得到了广泛的应用。OTL 功率放大器主要有变压器倒相式、三极管倒相式和互补对称式三种。目前，前两种 OTL 功率放大器已基本淘汰，所以下面介绍互补对称式 OTL 功率放大器的工作原理。

典型电路如图 6-16 所示。互补对称式 OTL 功率放大器的功率放大管由一只 NPN 型三极管 VT_2 和一只 PNP 型三极管 VT_3 构成，所以只需要一个基极信号就可以工作，而这个信号就是激励管 VT_1 的集电极输出的电压信号。

2. 工作原理

电源 V_{CC} 不仅通过偏置电阻 R_1 、 R_2 为激励管 VT_1 的基极提供一定的偏置电压，而且通过 R_3 、 R_4 为放大管 VT_3 、 VT_2 的基极提供偏置电压。当输入信号 U_i 的负半周信号经 C_1 耦合到 VT_1 的基极，经它倒相放大后， VT_3 截止、 VT_2 导通，它的集电极电流 i_{c1} 由 V_{CC} 经 VT_2 、输出耦合电容 C_2 、扬声器 BL 到地构成回路，不仅形成输出信号的上半周，而且使 C_2 建立左正、右负的直流电压[电压值为 $(1/2)V_{CC}$ 左右]；当 U_i 的正半周信号通过 C_1 耦合，再经

VT1 倒相放大后,使 VT2 截止、VT3 导通,它的集电极电流 i_{c2} 由 C4 经 VT2、BL 构成回路形成输出信号的负半周。这样,就可以得到一个完整的信号。

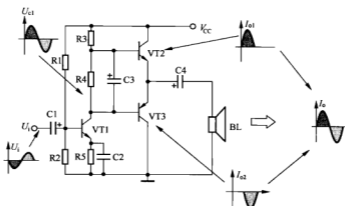


图 6-16 典型互补对称式 OTL 功率放大器及波形

三、OCL 功率放大器识图

1. 特点与构成

OCL 是“无输出耦合电容”的英文缩写。OCL 功率放大器的特点:一是采用正、负电源供电方式,二是采用单端或双端输入方式,三是采用单端直接耦合输出方式。由于采用直流、交流输出方式,所以该电路没有输出耦合电容,电路更简单。此类功率放大器的效率高于 OTL 功率放大器,所以广泛应用在新型彩色电视机、彩色显示器、音响等电路中。

典型的 OCL 功率放大器如图 6-17 所示。OCL 功率放大器的功率放大管也是由一只 NPN 型三极管 VT2 和一只 PNP 型三极管 VT3 构成的,所以它们的导通电压也是由激励管 VT1 提供的。

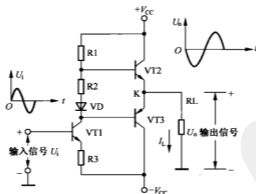


图 6-17 典型 OCL 功率放大器及波形

2. 工作原理

正电源 $+V_{CC}$ 通过 R1、R2、VD 加到放大管 VT2、VT3 的基极,为它们提供偏置电压;而负电源 $-V_{CC}$ 不仅加到 VT3 的集电极,而且通过 R3 加到 VT1 的发射极。当输入信号 U_i 的负半周信号通过 VT1 倒相放大,使 VT3 截止、VT2 导通时,它的集电极电流 i_{c2} 由 $+V_{CC}$ 经

VT2、RL 到地构成回路，形成输出信号的上半周；当 U_i 的正半周信号经 VT1 倒相放大后，使 VT2 截止、VT3 导通，它的集电极电流 i_{c3} 由地、RL、VT3 到 $-V_{CC}$ 构成回路，形成输出信号的负半周。这样，就可以得到一个完整的信号。

四、BTL 功率放大器识图

1. 特点与构成

BTL 是“平衡式无输出变压器”的英文缩写。此类功率放大器属于桥式推挽放大电路。BTL 功率放大器的特点：一是采用单电源供电方式，二是采用上升沿和下降沿脉冲信号触发，三是采用双端直接耦合输出方式。此类放大器的效率高于 OCL 功率放大器，所以广泛应用于新型彩色电视机、彩色显示器、音响等电路中。

典型 BTL 功率放大器如图 6-18 所示。BTL 功率放大器的功率放大管是由两个互补对称电路构成的四桥臂电路，负载 RL 接在两个互补对称电路的输出端，并且采用直接耦合输出方式。

2. 工作原理

电源电压 V_{CC} 加到放大管 VT1、VT2 的集电极，为它们供电。静态时，由于没有信号输入，放大管 VT1~VT4 截止，无电压输出，RL 上无电流流过。当输入 U_i 的正半周信号时，VT1 和 VT4 导通，它们的集电极电流 i_1 由 V_{CC} 经 VT1、RL、VT4 到地构成回路，形成输出信号的上半周；当输入 U_i 的负半周信号时，VT2、VT3 导通，它们的集电极电流 i_2 由 V_{CC} 、VT2、RL、VT3 到地构成回路，形成输出信号的负半周。这样，就可以得到一个完整的信号。

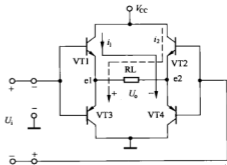


图 6-18 典型 BTL 功率放大器

第三节 振荡电路识图

振荡电路主要有变压器耦合振荡器、三点式振荡器、晶体振荡器、RC 振荡器等几种。下面主要介绍三点式振荡器、RC 振荡器、晶体振荡器和多谐振荡器。

一、三点式振荡器

三点式振荡器利用电容耦合或电感（自耦变压器）耦合代替互感耦合，可以克服互感耦合振荡器振荡频率低的缺点，是一种应用范围较广的振荡电路，其工作频率可达到几百兆赫。

1. 组成与振荡条件

三点式振荡器是指振荡回路的三个端点与三极管的三个引脚（电极）分别连接而构成的振荡器，如图 6-19 所示。VT 是三极管， X_{be} 、 X_{cb} 、 X_{ce} 是三个电抗。

振荡器起振的条件是：要求 X_{be} 、 X_{ce} 必须是相同性质的电抗，也就是同为电感或同为电容；而 X_{cb} 则与 X_{be} 、 X_{ce} 的电抗性质相反。

2. 分类

三点式振荡器主要有电感三点式振荡器、电容三点式振荡器、改进型电容三点式振荡器等。

(1) 电感三点式振荡器

典型的电感三点式振荡器如图 6-20 所示。该电路的核心元器件是 VT、L1、L2、C3、C1。其中，VT 是振荡管，L1、L2 和 C3 是振荡回路的三个电抗，C1 是正反馈电容。

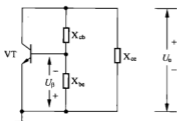


图 6-19 三点式振荡器原理图

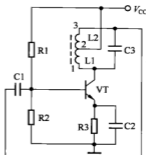


图 6-20 典型的电感三点式振荡器

电源电压 V_{CC} 一路通过电感 L1 加到振荡管 VT 的集电极，另一路通过 R1、R2 分压后为 VT 的基极提供导通电压，使 VT 导通，它的集电极电流使 L1 产生上正、下负的电动势，使电感 L2 感应出上正、下负的脉冲电压，该脉冲通过正反馈电容 C1 加到 VT 的基极，使 VT 因正反馈雪崩过程迅速进入饱和导通状态。VT 饱和后，它的集电极电流不再增大，因电感中的电流不能突变，所以 L1 产生反相的电动势，致使 L2 相应产生反相的电动势。该电动势通过 C1 使 VT 迅速截止。VT 截止后，L1 两端的电动势对谐振电容 C1 充电，随着 C1 不断充电，充电电流不断减小，致使 L1 再次产生反相电动势，L2 相应产生反相电动势，如上所述，VT 进入振荡状态。振荡器频率由 L1、L2 和 C3 的参数大小来决定，改变 C3 的容量就可以调节振荡频率。因此，C3 可以使用可调电容。



提示 电感三点式振荡器具有易起振、振荡幅度大、频率调节范围宽等优点，但它的正反馈信号对高次谐波的阻抗大，容易导致输出波形失真，所以此类振荡器主要应用在波形要求不高的场合。

(2) 电容三点式振荡器

典型的电容三点式振荡器如图 6-21 所示。该电路的核心元器件是 VT、C3、C4、L、C1。其中，VT 是振荡管，C3、C4 和 L 是振荡回路的 3 个电抗，C1 是正反馈电容。

电源电压 V_{CC} 通过 R1、R2 分压获得 U_b ，该电压加到 VT 的基极后，VT 导通，它的集电极输出倒相后（相差 180° ）的电压 U_o 。该电压不仅加到 C3 两端，而且加到 L、C4 两端，因电感中的电流滞后电压 90° ，所以流过 L 的电流 I 要比 U_o 滞后 90° ，而 I 流过 C4 产生的电压又比 I 滞后 90° ，也就是与 U_o 反相（相差 180° ），但与 U_b 同相，所以它是作为正反馈电压通过 C1 加到 VT 的基极，最终使 VT 进入振荡状态。

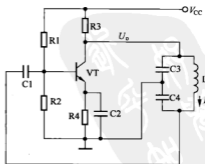


图 6-21 典型的电容三点式振荡器



提示 电容三点式振荡器具有输出波形好、振荡频率稳定等优点，但也存在不易起振、频率调节范围窄的缺点。

(3) 改进型电容三点式振荡器

典型的改进型电容三点式振荡器如图 6-22 所示。该电路的核心元器件是 VT、C2~C4、L1、C1。其中，VT 是振荡管，C2~C4 和 L1 是振荡回路的 3 个电抗。

该电路与图 6-21 所示电路主要的区别是：一是将容量大的 C2、C3 分别并联在 VT 的集电极、发射极和基极、发射极间，二是在 L1 的回路中串联容量小的 C4。由于 C4 的容量远小于 C2、C3 的容量，所以该振荡器的振荡频率主要由 L1 和 C4 的参数大小来决定，改变 C4 的容量也就可以改变振荡频率。振荡器频率由 L1、L2 和 C3 的参数大小来决定，改变 C3 的容量就可以调节振荡频率。因此，C4 可以使用可调电容。振荡器产生的振荡脉冲信号通过 L2 耦合输出。

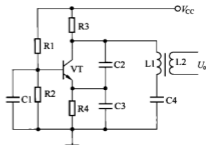


图 6-22 典型的改进型电容三点式振荡器



提示 改进型电容三点式振荡器比普通电容三点式振荡器具有更高的振荡频率。

二、晶体振荡器

由于晶体振荡器的振荡频率稳定，所以晶体振荡器是一种应用范围较广的振荡电路。常用的晶体振荡器主要有并联晶体振荡器和串联晶体振荡器两种。

1. 并联晶体振荡器

并联晶体振荡器又分 c-b（集电极-基极）型晶体振荡器（也叫皮尔斯振荡器）和 b-e（基极-发射极）型晶体振荡器（也叫密勒振荡器）两种。下面以 c-b 型晶体振荡器为例进行介绍。

典型的 c-b 型晶体振荡器如图 6-23 所示。在该电路中，晶体 X 作为反馈元件并联在 VT 的 c、b 极之间，R1、R2 是 VT 的 b 极偏置电阻，R3 是 VT 的 c 极电阻，R4 是 e 极电阻，C1 是滤波电容。因此，该电路的交流等效电路如图 6-24 所示。

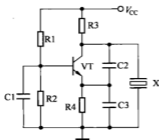


图 6-23 c-b 型并联晶体振荡器



图 6-24 c-b 型并联晶体振荡器的等效电路

参见图 6-24, 晶体 X 代替三点式振荡器的一个电感构成电容三点式振荡器。X 与电容 C2、C3 构成并联谐振回路, 它们的参数共同决定振荡器的频率。其工作原理和电容三点式振荡器完全相同, 不再介绍。

2. 串联晶体振荡器

典型的串联晶体振荡器如图 6-25 所示。VT1、VT2 构成两级阻容耦合放大器, R1、R3 分别是 VT1、VT2 的基极偏置电阻, R2、R4 分别是 VT1、VT2 的集电极电阻, 晶体 X 和 C2 串联后构成正反馈网络。该电路的等效电路如图 6-26 所示。

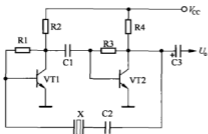


图 6-25 串联晶体振荡器

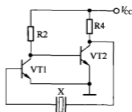


图 6-26 串联晶体振荡器的等效电路

参见图 6-26, 由于 VT2 的输出电压与 VT1 的输入电压同相, 所以晶体 X 可以等效为一个电阻与 C2 为 VT1 的基极提供正反馈电压, 使该电路进入振荡状态。该电路的振荡频率就是 X 的固有频率。

三、RC 振荡器

通常情况下三点式振荡器主要用于频率较高的场合。频率较低的场合常采用 RC 振荡器。RC 振荡器的工作原理同三点式振荡器一样, 都是依靠放大器的正反馈, 使电路满足振荡的相位条件和振幅条件。常用的 RC 振荡器有移相式、桥式和双 T 式。

1. RC 选频网络

许多 RC 电路都可以作为 RC 振荡电路的选频网络。常用的有超前移相网络、滞后移相网络、串/并联选频网络和双 T 选频网络。RC 选频网络的电路结构和特性见表 6-1。

表 6-1 RC 选频网络的电路结构和特性

项目	超前移相网络	滞后移相网络	串/并联选频网络	双 T 选频网络
电路				
幅频特性				

续表

项目	超前移相网络	滞后移相网络	串/并联选频网络	双 T 选频网络	
相频特性					
ω_0		$\omega_0 = \frac{1}{RC}$		$R' = \frac{R}{2}$	$\omega_0 = \frac{2\pi}{5RC}$

2. RC 移相振荡器

RC 移相振荡器具有结构简单、成本低的优点，但也存在输出波形质量差、不易调节等缺点，主要应用在要求不高的场合。

图 6-27 (a) 所示是典型的超前式 RC 移相振荡器。VT 是共发射极放大器，R3、R4 是 VT 的偏置电阻，C1~C3、R1~R3 组成三级移相网络。通过表 6-1 可知，一级的 RC 移相电路的最大相移小于 90°，所以需要三级 RC 移相电路将 VT 输出的电压移相 180°，作为正反馈电压加到 VT 的基极，才能实现振荡的相位平衡条件。

图 6-27 (b) 所示的是滞后式 RC 移相振荡器。此类振荡器为了减小放大管 VT2 的输入电阻对 RC 移相电路的频率特性的影响，在移相网络与 VT2 间加了一级由 VT1 等组成的共集电极放大器作为缓冲级。

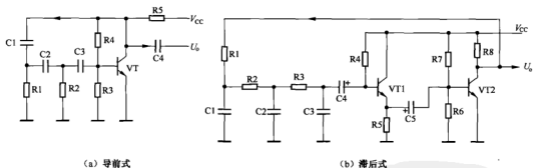


图 6-27 典型 RC 移相振荡器

3. RC 桥式振荡器

RC 桥式振荡器又称文氏电桥振荡器，此类振荡器具有容易起振、输出波形好、输出功率大、频率调节方便等优点，所以应用比较广泛。典型的 RC 桥式振荡器如图 6-28 所示。VT1、VT2 组成两级共发射极耦合放大器，R1、C1、R2、C2 组成串、并联选频网络，R6 和 R11 是串联负反馈电阻，C7 是输出电压反馈电容，R3、R4 和 R7、R8 分别是放大管 VT1、VT2 的偏置电阻。



提示 在实际应用中，R6 常采用热敏电阻，来保证该电路在温度变化时能稳定工作。

R_1 、 C_1 、 R_2 、 C_2 构成的正反馈回路和 R_5 、 R_{11} 构成的负反馈回路构成一个四臂电桥，如图 6-29 所示。它可以很方便地得到频率范围较宽且连续可调的振荡频率。而 VT_1 、 VT_2 组成移相角 $\varphi = 0^\circ$ 的放大器。电桥的 A、D 端接放大器的输出端，B、C 端接放大器的输入端，当正反馈电路的谐振频率等于输入信号频率时，输出电压 U_o 与输入电压同相后， VT_1 在正反馈电压的作用下进入振荡状态。

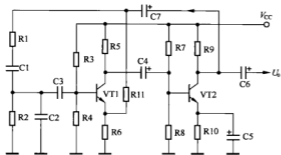


图 6-28 典型 RC 桥式振荡器

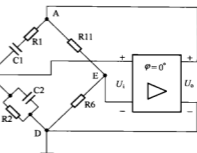


图 6-29 典型 RC 桥式振荡器等效电路



提示 由于三极管共发射极放大器的输入阻抗低、输出阻抗高，接上 RC 串/并联选频网络后，容易影响 RC 选频网络的频率特性，所以在实际电路中多采用高输入阻抗的场效应管代替三极管 VT_1 接到 RC 网络的输出端。

4. 双 T 选频网络振荡器

双 T 选频网络比 RC 选频网络的选频特性好。由于双 T 选频网络振荡器输出波形好，所以此类振荡器的应用范围较广。典型的双 T 选频网络振荡器由共发射极放大器和双 T 选频网络组成，如图 6-30 所示。 VT_1 是共发射极放大器； $R_1 \sim R_3$ 、 $C_1 \sim C_3$ 组成两个 T 形选频网络，由它提供相移 180° 的正反馈电压，确保 VT_1 进入振荡状态； VT_2 为共集电极放大器，用以保证负载变化不影响选频网络。

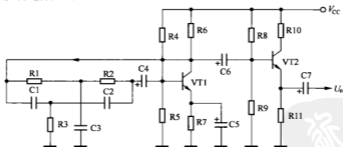


图 6-30 典型双 T 选频网络振荡器

四、多谐振荡器

多谐振荡器是一种非正弦波振荡器，它可以产生连续的脉冲信号，是应用较多的振荡器。多谐振荡器可由三极管、门电路和时基电路构成。下面介绍三极管、门电路构成的多谐振荡器。

1. 三极管型多谐振荡器

典型的三极管型多谐振荡器如图 6-31 所示。该电路中，两个三极管 VT_1 、 VT_2 的发射极接

地，基极、集电极通过电容 C_1 、 C_2 交叉连接， R_2 、 R_3 分别是 VT_1 、 VT_2 的基极偏置电阻， R_1 、 R_4 分别是 VT_1 、 VT_2 的集电极负载电阻。

由于元器件的参数有一定的误差，并且接线电阻、电容也有所不同，所以 VT_1 、 VT_2 不可能同时导通，只能是一侧导通，另一侧截止，所以该电路也就存在这两个暂稳态。下面分别介绍它们的工作过程。

(1) VT_1 导通、 VT_2 截止

VT_1 导通、 VT_2 截止时， C_1 所充的电压通过 VT_1 的集电极和发射极、 R_2 构成的回路放电； V_{CC} 通过 R_4 、 C_2 、 VT_1 的发射结构成充电回路为 C_2 充电，充电极性为左负、右正。当 C_1 放电结束后， V_{CC} 通过 R_2 、 C_1 、 VT_1 的集电极、发射极构成的回路充电，充电极性为左负、右正。当 C_1 右端电压达到 $0.7V$ 后， VT_2 开始导通。 VT_2 导通后， C_2 两端电压通过 VT_2 的集电极、发射极使 VT_1 因发射结反偏迅速截止，电路翻转进入另一个暂稳态。

(2) VT_2 导通、 VT_1 截止

VT_2 导通、 VT_1 截止时， C_2 所充的电压通过 VT_2 的集电极、发射极、 R_3 构成的回路放电； V_{CC} 通过 R_1 、 C_1 、 VT_2 的发射结构成充电回路为 C_1 充电，充电极性为左正、右负。当 C_2 放电结束后， V_{CC} 通过 R_3 、 C_2 、 VT_2 的集电极、发射极构成的回路充电，充电极性为左正、右负。当 C_2 左端电压达到 $0.7V$ 后， VT_1 开始导通。 VT_1 导通后， C_1 两端电压通过 VT_1 的集电极、发射极使 VT_2 因发射结反偏迅速截止，电路再次翻转，进入另一个暂稳态。

重复以上过程，振荡器工作在多谐振荡状态，振荡周期为 $T = 0.7(R_2C_1 + R_3C_2)$ ，由于 R_2 、 R_3 阻值相同，可以用 R 表示， C_1 、 C_2 的容量相同，可以用 C 表示，所以 $T = 1.4RC$ 。该电路波形如图 6-32 所示。

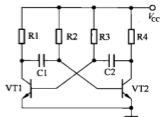


图 6-31 典型三极管多谐振荡器

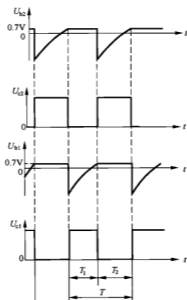


图 6-32 三极管型多谐振荡器工作波形



2. 门电路多谐振荡器

采用门电路构成的多谐振荡器要比三极管构成的多谐振荡器结构简单、性能稳定，所以门电路构成的多谐振荡器应用比较广泛。常见的门电路多谐振荡器主要是采用非门构成。

(1) 普通非门多谐振荡器

普通非门多谐振荡器如图 6-33 所示。该电路中，D1、D2 是非门，R 为定时电阻，C 为定时电容。B 点（D1 输出端）和 E 点（D2 输出端）分别输出相位相反的方波脉冲信号。电路工作过程如下。

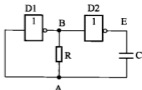


图 6-33 普通非门多谐振荡器

当 $E = 1$ 时，由于流过 C 的电流可以突变，所以在 R 两端的电压最大，即 $A = 1$ ，该电压通过 D1 倒相后使 $B = 0$ 。随后，C 充电。

C 两端电压逐渐升高，充电电流随充电电压升高而减小，致使 R 两端电压减小，A 点电位降低，当 A 点电位达到 D1 的转换阈值后，

D1 输出高电平，使 $B = 1$ 。该电压使 D2 输出低电平，即 $E = 0$ ，电路进入另一个暂稳态。

当 $E = 0$ 时，由于 C 两端电压不能突变，所以 C 通过 D2 和 R 构成的回路放电。随着放电的不断进行，A 点电位开始升高，当 A 点电位达到 D1 的转换阈值后，D1 输出低电平，使 $B = 0$ 。该电压使 D2 输出高电平，即 $E = 1$ ，电路进入下一个暂稳态。

重复以上过程，振荡器工作在多谐振荡状态，振荡周期为 $T = 1.4RC$ 。该电路波形如图 6-34 所示。

(2) 改进型非门多谐振荡器

改进型非门多谐振荡器如图 6-35 所示。该电路中，在非门 D1 的输入端增加了补偿电阻 R2，可以有效地改善由于电源电压变化引起的振荡频率偏离现象。当 $R_2 > 10R_1$ 时，振荡周期 $T = 2.2RC$ 。

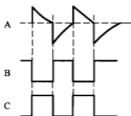


图 6-34 非门多谐振荡器工作波形

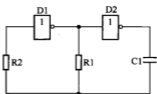


图 6-35 改进型非门多谐振荡器

第四节 电源电路识图

电源电路包括整流、滤波电路和直流稳压电路两部分。我们在介绍二极管、电容的应用电路时，介绍了整流滤波电路，所以本节主要介绍直流稳压电路。目前，常见的直流稳压电路有线性稳压电源电路和开关电源电路两种。

一、线性稳压电源电路

线性稳压电源电路有分离元件构成的稳压电源电路和集成电路构成的稳压电源电路两种。

1. 分离元件式

典型的分离元件式线性稳压电源电路如图 6-36 所示。该电路的核心元器件是 R2、RP、

R3 构成的误差取样电路, R4、VZ 构成的基准电压电路以及误差放大管 VT2。

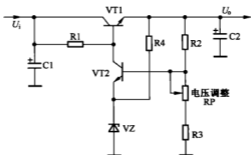


图 6-36 典型分立元件式线性稳压电源电路

当输入电压 U_i 升高或负载变轻, 引起输出电压 U_o 升高后, 该电压通过 R2、RP、R3 分压产生的取样电压升高, 该电压加到 VT2 的基极, 由于 VT2 的发射极电位不变, 所以 VT2 导通加强, 它的集电极电位下降, 也就是使 VT1 的基极电位下降, 致使 VT1 的输出电压下降到正常值。当输出电压 U_o 升高时, 稳压控制过程相反。

2. 集成电路式

集成电路式稳压器包括不可调和可调两种。第四章第三节介绍了不可调、可调集成稳压器内部电路的工作原理, 下面介绍可调集成电路式稳压器的输出电压手动调整原理。典型的集成电路式线性稳压电源电路如图 6-37 所示。该电路的核心元器件是电位器 RP、稳压器 LM317。

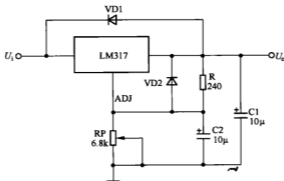


图 6-37 典型集成电路式线性稳压电源电路

调整电位器 RP 使 LM317 的 ADJ 端电压升高后, LM317 的输出电压 U_o 就会升高, 反之相反。

二、开关电源电路

由于线性稳压电源电路不仅适应市电范围小、工作效率低, 而且空载时输出电压会高于正常值较多, 因此现在许多电磁炉采用效率高、体积小的开关电源。电磁炉采用的开关电源有自激式和他激式两种。下面从维修的角度出发对这两种典型的开关电源进行分析。

1. 自激式开关电源

电磁炉采用的并联型自激式开关电源多采用分立元器件构成, 如图 6-38 所示。

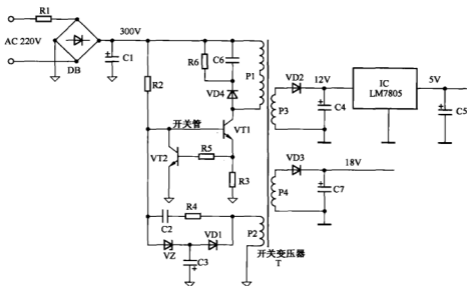


图 6-38 电磁炉采用的并联型自激式开关电源

(1) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是整流堆 DB、滤波电容 C1、开关管 VT1、开关变压器 T、启动电阻 R2、正反馈元件 C2 和 R4。

市电电压通过限流电阻 R1 限流，再经整流堆 DB 桥式整流、C1 滤波产生 300V 直流电压。300V 电压一路通过 T 的一次绕组 P1 为 VT1 供电，另一路通过启动电阻 R2 限流后为 VT1 的基极提供启动电压，使 VT1 导通，它的集电极电流使 P1 绕组产生上正、下负的电动势，正反馈绕组 P2 感应出上正、下负的脉冲电压，P3、P4 绕组感应出下正、上负的电动势，因 VD2、VD3 反偏截止，所以能量存储在 T 内部。同时，P2 绕组产生的脉冲电压通过 R4、C2、VT1 构成回路，使 VT1 因正反馈雪崩过程迅速进入饱和导通状态。VT1 饱和导通后，它的集电极电流不再增大，因电感中的电流不能突变，所以 P1 绕组产生反相的电动势，P2~P4 绕组相应产生反相的电动势。P2 绕组产生的电动势通过 R4、C2 使 VT1 迅速进入截止状态。VT1 截止后，T 存储的能量经整流、滤波后向负载释放，随着 T 存储的能量释放到一定的时候，T 各个绕组产生反相电动势，于是 P2 绕组产生的脉冲电压经 R4、C2 再次使 VT1 进入饱和导通状态，形成自激振荡。

开关电源进入自激状态后，P3 输出的脉冲电压经 VD2 整流、C4 滤波，产生 12V 直流电压，该电压除了为它的负载供电，还经三端稳压器 IC (LM7805) 稳压、C5 滤波获得 5V 直流电压，为它的负载供电。P4 绕组输出的脉冲电压经 VD3 整流、C7 滤波，产生 18V 直流电压，为它的负载供电。

由于开关变压器 T 是感性元件，所以 VT1 截止瞬间，T 的 P1 绕组会在 VT1 的集电极上产生较高的脉冲电压，该脉冲电压的尖峰值较大，容易导致 VT1 过电压损坏。为了避免这种危害，在 P1 绕组两端并联 VD4、R6、C6 组成的尖峰脉冲吸收回路。该电路在 VT1 截止瞬间将尖峰脉冲有效吸收，从而避免了 VT1 因过电压损坏。



提示 部分开关电源的开关管未采用大功率、高反压三极管，而采用大功率、高反压场效应管。

(2) 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是开关变压器 T、整流管 VD1、滤波电容 C3 和稳压管 VZ。

当市电电压升高或负载变轻，引起开关变压器 T 各个绕组产生的脉冲电压升高时，绕组 P2 升高的脉冲电压经 VD1 整流、滤波电容 C3 滤波获得的取样电压（负压）相应升高，使稳压管 VZ 击穿导通程度加强，为开关管 VT1 的基极提供负电压，VT1 截止，致使 VT1 导通时间缩短，T 存储的能量下降，开关电源输出电压下降到正常值，实现稳压控制。反之，稳压控制过程相反。



提示 该开关电源的稳压控制电路通过 T 的绕组 P2 得到取样电压，所以该误差取样方式属于间接取样方式。此类取样方式的稳压控制响应速度慢，空载时电压会略有升高，检修时要注意，不要误判。对于缺乏维修开关电源经验的维修人员，也可在滤波电容 C4 两端接一个假负载。

(3) 过电流保护电路

过电流保护电路的核心元器件是整流堆取样电阻 R3、放大管 VT2。

负载异常导致开关管 VT1 过电流时，在取样电阻 R3 两端产生的压降增大。R3 两端产生的压降超过 0.7V 后，经 R5 限流使 VT2 导通，致使 VT1 截止，以免 VT1 过电流损坏，实现过电流保护。

2. 他激式开关电源

他激式开关电源的开关管不参与振荡，振荡脉冲由单独的振荡电路形成，所以开关电源的效率更高、稳定性更好。因此，他激式开关电源得到了广泛的应用。下面以电源控制模块 VIPer12A/22A 为核心构成的开关电源为例进行介绍。



提示 电源模块 VIPer12A 和 VIPer22A 内部构成相同，只是功率不同。VIPer12A、VIPer22A 由开关管（场效应管）和控制电路两部分构成，控制电路无须外接定时元件就可以产生振荡脉冲，不仅简化了电路结构，而且提高了开关电源的稳定性、可靠性。

VIPer12A 构成的开关电源有并联型和串联型两种，下面分别进行介绍。

(1) VIPer12A 构成的并联型开关电源

VIPer12A 构成的典型并联型开关电源电路如图 6-39 所示。

1) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是电源模块 VIPer12A，开关变压器 T，整流管 VD3、VD4，滤波电容 C4、C3。

300V 电压经 R1 限流，再经 C1 滤波后，通过 T 的初级绕组 P1 加到 IC1（VIPer12A）的供电端⑤~⑧脚，该电压不仅加到开关管的 D 极为它供电，而且通过高压电流源对④脚外接的滤波电容 C2 充电。当 C2 两端建立的电压达到 14.5V 后，IC1 内的 60kHz 脉宽调制器等电

路开始工作, 由该电路产生的激励脉冲使开关管工作在开关状态。开关管导通后, C1 两端的 300V 电压通过 P1 绕组、开关管到地构成回路, 使 P1 产生上正、下负的电动势, P2、P3 绕组被感应出下正、上负的电动势, 由于 VD1、VD2 反偏截止, 所以能量存储在 T 内部。开关管截止后, T 各个绕组的电动势反相, 于是 P2 绕组输出的脉冲电压通过 VD1 整流、C3 滤波产生 18V 左右电压, 一路通过 VD2 取代启动电路为 IC1 内部的控制部分供电, 另一路为功率管驱动电路、风扇电动机、振荡器等电路供电。P3 绕组输出的脉冲电压经 VD3 整流、C4 滤波产生 8V 左右电压, 再通过 R4 限流、C5 滤波后, 为 5V 稳压器 IC2 供电, 由它稳压输出 5V 电压。5V 电压经 C6 滤波后为微处理器、操作显示、指示灯等电路供电。

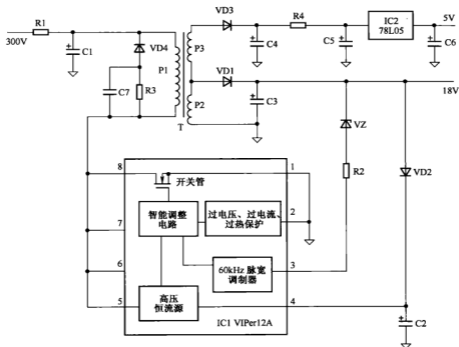


图 6-39 VIPer12A 构成的典型并联型开关电源电路

2) 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是电源模块 VIPer12A、稳压管 VZ、开关变压器 T、整流管 VD1、滤波电容 C3。

当市电电压升高或负载变轻引起开关电源输出电压升高时, C3 两端升高的电压使 VZ 击穿导通程度加强, 经 R2 为 IC1③脚提供的误差电压升高, 被 IC1 内部电路处理后, 使开关管导通时间缩短, T 存储的能量下降, 开关电源输出电压下降到正常值。反之, 稳压控制过程相反。因此, 通过该电路的控制可保证开关电源输出电压不受市电高低和负载轻重的影响, 实现稳压控制。

3) 欠电压保护

当 VD2 或 C2 击穿使 C2 两端在开机瞬间不能建立 14.5V 以上的电压时, IC1 内部的电路不能启动; 若 VD1、VD2 开路或 T 异常为 C2 两端提供的电压低于 8V 时, IC1 内的欠电压

保护电路动作，避免了开关管因激励不足而损坏。另外，IC1 内部还设置了过电压、过电流和过热保护电路。

4) 尖峰脉冲吸收回路

开关管截止瞬间，T 的 P1 绕组会在开关管的 D 极上产生较高的反峰电压，若不对反峰电压中的尖峰脉冲进行吸收，容易导致开关管高压损坏。为此，并联型开关电源为了防止开关管被尖峰脉冲过电压损坏，需要设置由 VD4、R3、C7 组成的尖峰脉冲吸收回路来吸收尖峰脉冲。

(2) VIPer12A 构成的串联型开关电源

VIPer12A 构成的典型串联型开关电源电路如图 6-40 所示。下面介绍该开关电源的功率变换和稳压控制原理。

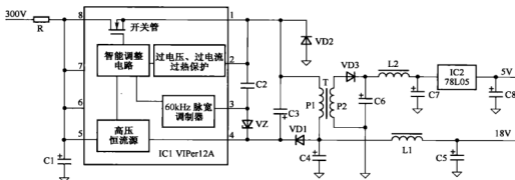


图 6-40 VIPer12A 构成的典型串联型开关电源电路

1) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是电源模块 VIPer12A、开关变压器 T、续流二极管 VD2、滤波电容 C4。

300V 电压通过 R 限流，再经滤波电容 C1 滤波后，加到 IC1 (VIPer12A) 的供电端 ⑤~⑧脚，该电压不仅加到开关管的 D 极为它供电，而且通过高压电流源对 ④脚外接的滤波电容 C3 充电。当 C3 两端建立的电压使 IC1 的 ④脚电压达到 14.5V 后，IC1 内的 60kHz 脉宽调制器等电路开始工作，由该电路产生的激励脉冲使开关管工作在开关状态。开关管导通期间，300V 电压通过 R、开关管 D/S 极、T 的 P1 绕组、C4 构成充电回路，不仅为 C4 充电，而且在 P1 绕组上产生上正、下负的电动势。开关管截止期间，流过 P 绕组的导通电流消失，由于电感中的电流不能突变，所以 P1 通过自感产生下正、上负的电动势。该电动势第一路通过 VD1 整流、C3 滤波后产生 40V 左右的电压，取代启动电路为 IC1 供电；第二路通过 C4、续流二极管 VD2 构成放电回路，继续为 C4 提供能量。由于 C4 在一个振荡周期都可以得到能量，所以该开关电源不仅效率高于并联型开关电源，而且由于开关管 D、S 极间电压相对较低，所以一般不需要设置尖峰脉冲吸收回路。但此类开关电源存在的最大一个缺点是开关管击穿后，300V 电压会进入 18V 供电回路，容易导致大量的负载元件过电压损坏，所以应该在 C5 两端接一只 20V 左右的稳压管作为过电压保护管。当开关管击穿后，该稳压管击穿会导致限流电阻 R 过电流熔断，切断 300V 供电回路，实现过电压保护。

2) 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是电源模块 VIPer12A、稳压管 VZ、开关变压器 T、整流管 VD1、滤波电容 C3。

当市电电压升高或负载变轻引起开关电源输出电压升高时，滤波电容 C3 两端升高的电压使稳压管 VZ 击穿导通程度加强，为 IC1③脚提供的误差电压升高，被 IC1 内部电路处理后，使开关管导通时间缩短，开关变压器 T 存储的能量下降，开关电源输出电压下降到正常值。反之，稳压控制过程相反。因此，通过该电路的控制可保证开关电源输出电压不受市电高低和负载轻重的影响，实现稳压控制。



第七章 智能控制型小家电电路识图

随着人们对智能化要求的越来越高，在芯片价格不断下降、单片机控制技术快速发展的前提下，越来越多的小家电采用了智能控制技术。因此，能够看懂智能控制型小家电的电路图，才能进一步进行检测、维修等工作。

第一节 智能控制型厨房电器电路识图

一、智能控制型电饭锅

图 7-1 和图 7-2 所示是美的 MB-YC50A 型电饭锅的电路。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 T、整流管 VD2~VD5、滤波电容 C1、稳压器 IC2 (7805)，如图 7-1 所示。

220V 市电电压经 C0 滤波，再经电源变压器 T 降压产生 9V 左右的（与市电高低有关）交流电压，该电压经 VD2~VD5 构成的整流堆进行整流，利用 C1、

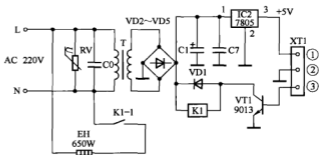


图 7-1 美的 MB-YC50A 型电饭锅电源、加热盘供电电路

C7 滤波产生 9V 直流电压。该电压分为两路输出：一路为继电器 K1 的线圈供电；另一路经三端稳压器 IC2 稳压产生 5V 直流电压，5V 电压通过连接器 XT1 的①脚输出到控制电路板。

市电输入回路的 RV 是压敏电阻，它的作用是防止市电电压过高损坏变压器 T 等元器件。市电升高时，RV 击穿，使输入回路的熔断器熔断（图中未画出），实现市电过电压保护。

2. 电脑控制电路

电脑控制电路的核心元器件是微处理器（CPU）IC1（SD-901）、晶振、显示器 E20501GD、移位寄存器 IC4（74HC164）、功能操作键，辅助元器件是指示灯。电路如图 7-2 所示。

（1）微处理器基本工作条件电路

该机的微处理器基本工作条件电路由供电电路、复位电路和时钟振荡电路构成。

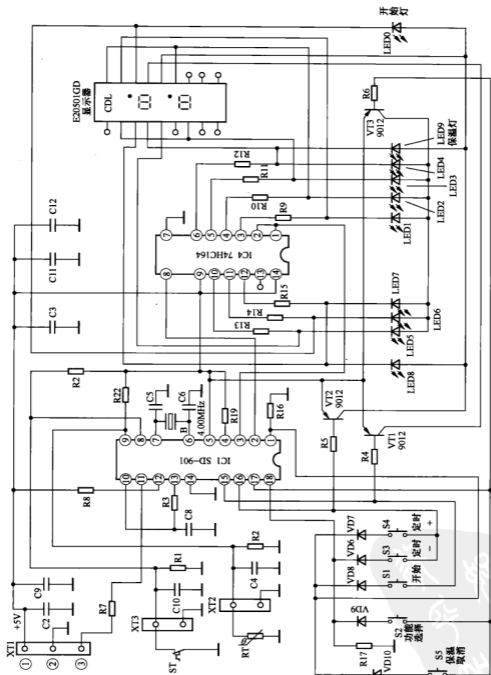


图 7-2 美的 MB-YC50A 型电饭锅电脑控制电路

① 5V 供电。插好电饭锅的电源线，待电源电路工作后，由其输出的 5V 电压经电容 C3、C2、C9、C11、C12 滤波后，加到微处理器 IC1 的供电端⑥脚，为 IC1 供电。

② 复位电路。开机瞬间 IC1 的③脚输出的电压通过 R3 对 C8 充电，在 C8 两端建立一个由 0V 逐渐升高到 5V 的电压，为 IC1 的复位信号端⑩脚输入低电平复位信号期间，IC1 内的存储器、寄存器等电路开始复位，当 IC1 的⑩脚输入高电平电压使 IC1 复位结束后开始正常工作。

③ 时钟振荡。微处理器 IC1 得到供电后，它内部的振荡器与⑥、⑦脚外接的晶振 B 和移相电容 C5、C6 通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 IC1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(2) 操作、显示电路

操作、显示电路的核心元器件是微处理器 IC1、操作键 S1~S5、移位寄存器 IC4、显示屏、指示灯 LED1~LED9、放大管 VT1~VT3。电路见图 7-2。

IC1 的①、⑤~⑩脚是操作键控制信号输入端，按下需要的操作键，信号不仅通过 VT1~VT3 送到指示灯、显示屏电路，而且加送给 IC1 进行识别。IC1 识别后，不仅输出控制信号使电饭锅进入用户需要的工作状态，而且通过②、③脚输出显示信号。显示信号加到 IC4 的①、②、⑧脚后，被 IC4 进行移相处理，控制 LED1~LED9 显示电饭锅的工作状态，同时驱动显示屏显示时间等信息。

3. 煮饭电路

煮饭电路的核心元器件是煮饭功能选择键 S2、微处理器 IC1、八位移位寄存器 IC4、开始键 S1、放大管 VT1、继电器 K1、加热盘 EH、温度传感器 RT（负温度系数热敏电阻），辅助元器件有指示灯、显示屏、R7。电路见图 7-2 和图 7-1。

当按下 S2，被 IC1 检测后进行编码，由 IC1③脚输出八位煮饭、定时的串行数据信号，从②脚输出时钟信号。数据信号加到 IC4 的①、②脚，时钟信号加到 IC4 的⑧脚，从而实现八位输出信号的传递。每组八位信号传递完毕时，会依次在集成电路 IC4 的③~⑥、⑩~⑫脚输出相应的低电平选信号，使煮饭指示灯 LED1、快煮指示灯 LED2、2h 煮汤指示灯 LED3、3h 煮汤指示灯 LED4、1h 蒸炖指示灯 LED5、45min 煮稀饭指示灯 LED6、1h 煮粥指示灯 LED7、2h 煮粥指示灯 LED8、保温指示灯 LED9、开始指示灯 LED0 相继点亮。同时，所设置的定时时间在 CDL 显示器上显示出来。由于各个功能控制过程相同，下面以煮饭控制为例进行介绍。

在选择好煮饭方式或定时时间后，按下开始键 S1，被 IC1 识别后，控制开始指示灯 LED0 发光，表明电饭锅进入煮饭状态，同时从⑩脚输出高电平信号。该信号经 R7 限流，再经连接器 XT1 的③脚加热电源板，使放大管 VT1 导通，为继电器 K1 的线圈提供驱动限流，于是 K1 内的常开触点 K1-1 闭合，接通加热盘 EH 的供电回路，EH 发热，开始煮饭。当煮饭的温度升至 103℃左右时，传感器 RT 的阻值减小，使 IC1 的⑨脚电位下降到设置值，IC1 将⑨脚输入的电压与内部存储的温度/电压数据比较后，判断饭已煮熟，使⑩脚输出低电平信号，VT1 截止，继电器 K1 内的触点释放。若米饭未被食用，则进入保温状态。保温期间，电饭锅在 RT、IC1、VT、K1 的控制下，温度保持在 65℃左右，同时保温指示灯 LED9 发光。

4. 过热保护电路

为了防止干烧导致加热盘、内锅等部件过热损坏，该电饭锅设置了过热保护电路。该电路的核心元器件是过热保护器 ST 和微处理器 IC1。电路见图 7-2。

当锅内没有加水或加热时间过长，导致加热盘的温度超过 103℃时，ST 内的触点闭合，

使 IC1 的②脚电位变为低电平,其内部检测电路动作,使其①脚输出低电平信号,三极管 VT1 截止,继电器 K1 内的常开触点 K1-1 断开,加热盘 EH 停止加热,实现过热保护。

二、智能控制型电子蒸炖煲

图 7-3 所示是万宝 WZ20-150 智能控制型蒸炖煲电路。

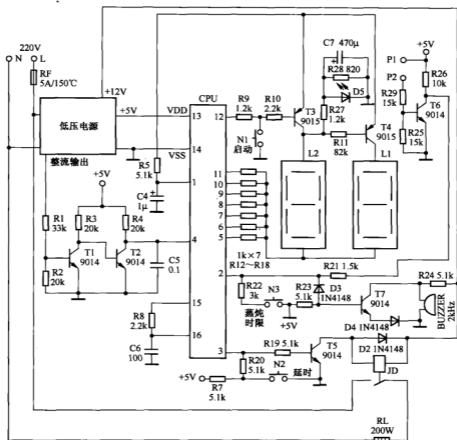


图 7-3 万宝 WZ20-150 智能控制型蒸炖煲电路

1. 电源电路

220 市电电压经低压电源产生 5V、12V 直流电压。12V 电压为继电器 JD 和蜂鸣器 BUZZER 供电, 5V 电压为微处理器 (CPU)、水位检测等电路供电。

2. 加热电路

该机的加热电路的核心元器件是加热器 RL、继电器 JD、测水电极、三极管 T5。

锅内无水时, 水位检测电极 P1、P2 间开路, 使控制管 T6 截止, 5V 电压通过 R26、R21 为 CPU 的②脚提供高电平检测信号, CPU 识别后判断锅内无水, 不仅输出驱动信号使蜂鸣器 BUZZER 鸣叫, 提醒用户锅内无水或水位太低, 而且让它的③脚输出低电平控制信号, 使激励管 T5 截止, 不能为继电器 JD 的线圈供电, JD 内部的触点释放, 加热器 RL 不加热。当

锅内的水位超过 P1、P2 的检测点后，5V 电压通过 P1、P2 送到 R29、R25 组成的偏置电路，由它们为 T6 的基极提供导通电压，T6 导通后为 CPU 的②脚提供低电平的检测信号，CPU 判断水位正常，让③脚输出高电平控制电压，通过 R19 使 T5 导通，为继电器 JD 的线圈提供导通电流，导致它内部的触点吸合，为加热器 RL 供电，使它开始加热。

3. 过热保护电路

过热保护电路的核心元器件是过热保护器 RF。当加热器工作正常时 RF 接通加热器的供电回路，加热器正常加热。当加热器因供电异常等原因引起工作电流过大或工作温度升高时，RF 过热熔断，切断加热器的供电回路，加热器停止工作，实现过热保护。

三、智能控制型电饼铛

典型的智能控制型电饼铛由微处理器（CPU）、液晶屏（显示屏）、操作键、继电器、加热器、指示灯等构成，如图 7-4 所示。

1. 电源电路

该机电源电路的核心元器件是电容 C1、C2，整流堆 Q1，滤波电容 C3、二极管 D2~D9、稳压管 D10。

插好电源线并接通电源开关 K1 后，220V 市电电压经熔断器 FU1 输入，通过电容 C1、C2 降压，再通过四只 1N4007 构成的整流堆 Q1 进行桥式整流，利用二极管 D2~D9 钳位、C3 滤波产生 5.6V 电压。该电压不仅为继电器 J1 和蜂鸣器供电，而且通过 R3 限流、D10 稳压产生 3.6V 电压，经 C4 滤波后为 CPU 供电。

2. 加热控制电路

该机的加热电路的核心元器件是加热器 RL1、RL2，而加热控制电路的核心元器件是 CPU、液晶屏、操作键、继电器 J1。

3.6V 电压通过连接器（接插件）的①脚为 CPU 供电，CPU 开始工作，控制该机进入 5min 预热状态，并控制液晶屏显示 5min 倒计时。预热结束后，CPU 输出的蜂鸣器驱动信号通过接插件的③脚输入到蜂鸣器驱动电路，再通过 R6 限流、V2 倒相放大，驱动蜂鸣器发出提示音，提醒用户向电饼铛内放置食物，并选择加热模式。用户设置的信息被 CPU 检测后，CPU 输出加热控制信号。该信号通过接插件的②脚输入，再经 R4 限流使 V1 导通，继电器 J1 的线圈流过导通电流，使它内部的常开触点接通。此时，市电电压为加热器 RL1（在 K2 接通的情况下）、RL2 供电，使它们开始加热，同时还通过 R1、R2 限流，使指示灯 D1 发光，表明电饼铛处于加热状态。

加热结束后，CPU 输出停止加热信号，该信号使继电器 J1 内的触点断开，切断加热器 RL1、RL2 的供电回路，RL1、RL2 停止加热，同时 CPU 输出蜂鸣器驱动信号，使蜂鸣器鸣叫，提醒用户加热结束。

3. 过热保护电路

过热保护电路的核心元器件是过热保护器 WK1 和 WK2，以及过热熔断器 FU2、FU3。

当因继电器 J1 的触点粘连等原因引起加热器加热时间过长时，加热器温度升高，当温度达到 180℃时过热保护器内的触点断开，切断供电回路，避免加热器过热损坏，实现了过热保护。在过热保护器失效时，加热器的温度会再次升高，当温度达到 240℃时，过热熔断器熔断，确保加热器不过热损坏。

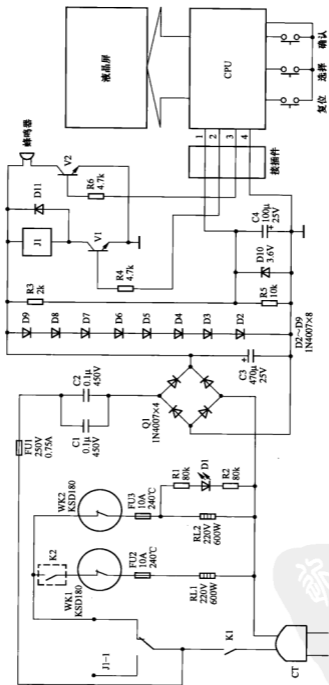


图 7-4 典型智能控制型电饼铛电路

四、智能控制型电烤炉

图 7-5 所示是典型的智能控制型电烤炉电路。

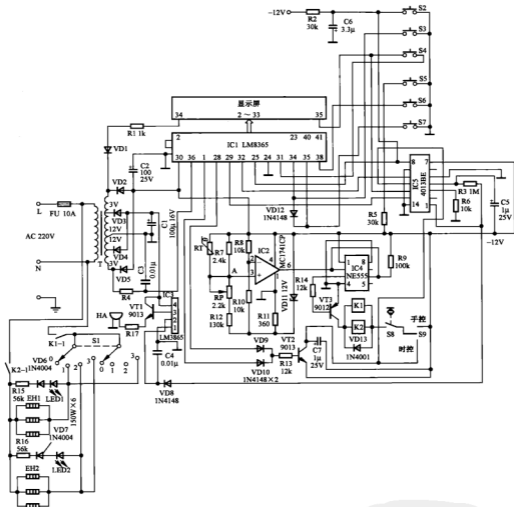


图 7-5 典型智能控制型电烤炉电路

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 T，整流管 VD2~VD5，滤波电容 C1、C2。

插好电源线后，220V 市电电压经熔断器 FU 输入，通过变压器 T 降压，输出 3V 和 12V 两种交流电压，再分别通过 VD2~VD5 组成的两套全波整流电路整流，由 C1、C2 滤波产生 -3V、-12V 的直流电压。其中，-3V 电压为蜂鸣器电路供电，-12V 电压为芯片、继电器供电。

2. 加热电路

加热电路的核心元器件是加热器（150W×6 电加热管）、继电器，辅助元器件是选择开关、指示灯。

220V 市电电压通过继电器 K1、K2 的常开触点 K1-1、K2-1 及功率选择开关 S1 控制后，为加热器供电。选择开关 S1 有四挡：0 挡为停止加热挡（关），1 挡为上层加热，2 挡为下层加热，3 挡是上、下层同时加热。红色发光二极管 LED1、绿色发光二极管 LED2 分别是上、下层的加热指示灯，而 LED1、LED2 全亮时表示上、下层同时在加热，此时的加热功率达到最大。

3. 控制电路

控制电路的核心元器件是芯片 IC1（LM8365）、显示屏、操作键、继电器、指示灯、开关 S9、比较器 IC2、时基芯片 IC4（NE555）。该电烤炉有手动和时控两种加热控制方式。

（1）手动控制

将控制开关置于“手控”位置（温度控制）时，当门连锁开关 S8 闭合后，就会接通继电器 K1、K2 线圈的供电回路。常温下，IC2 的⑥脚电位为低电平，使 IC4 的③脚输出低电平（负压）。该电压经 R14 限流使 VT3 导通，继电器 K1、K2 的线圈有导通电流，使其触点 K1-1、K2-1 吸合，加热器开始加热。随着加热的不断进行，负温度系数热敏电阻 RT 的阻值减小，通过与电位器 RP、R12 组成的取样电路取样后，为 IC2③脚提供的电压增大（负压），IC2 的⑥脚输出高电平（0V）控制信号，该电压加到 IC4 的②脚后，IC4③脚输出的高电平（0V）电压使 VT3 截止，继电器 K1、K2 的触点释放，加热器停止加热，进入保温状态。



提示 调整电位器 RP 的位置，可改变 IC2 的③脚输入电压的大小，也就可以设定该电烤炉的炉温保持范围。另外，-12V 电压通过 R8、R10 组成的分压电路为 IC2②脚提供基准电压。

（2）自动控制

将 S9 置于“时控”（自动控制）位置时，-12V 电压能否为继电器 K1、K2 的线圈供电由 VT2 进行控制。而 VT2 能否导通取决于 IC1 与外围元器件组成的时间控制电路。当 IC1 的①、②脚输出高电平时，通过 VD9 或 VD10 组成的与门电路就会使 VT2 导通，此时，当门连锁开关 S8 闭合后，就会接通继电器 K1、K2 线圈的供电回路。通过按键 S2~S7 可设置不同时间（所烤食品所需的时间）及其他相关功能。当电烤炉的加热时间到达设定时间时，IC1 的②、①脚输出低电平控制信号，VT2 截止，切断 K1、K2 线圈的供电回路，加热器停止加热。

4. 音乐提示电路

音乐提示电路的核心元器件是三极管 VT1、音乐集成块 IC3、蜂鸣器 HA。

当自动控制电路使 VT2 截止时，在加热器停止加热的同时，-12V 电压对电容 C7 充电，充电脉冲加至集成电路 IC5 的①脚，IC5①脚（Q 端）输出的高电平电压不仅通过 R3 对 C5 充电，而且经 VD8 加至 IC3②脚，使 IC3 的③脚输出音乐信号。该信号通过 VT1 放大后，驱动蜂鸣器 HA 发出音乐报警提示乐曲。当 C5 充电结束，使 IC5 的④脚电位变为高电平后，IC5 的①脚输出低电平信号，使 IC3 和 HA 相继停止工作。

五、智能控制型抽油烟机

下面以拓力牌智能控制型抽油烟机电路为例介绍智能控制型抽油烟机电路的识图方法。图 7-6 所示是一种典型的智能控制型抽油烟机电路。

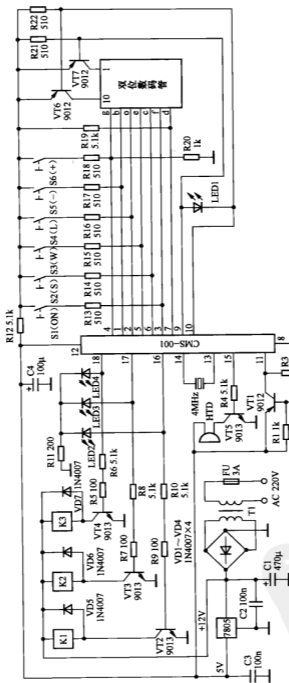


图 7-6 拓力牌智能控制型抽油机电路

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是电源变压器 T1、整流管 VD1~VD4、滤波电容 C1、三端稳压器 7805。

该机通上市电电压后，220V 市电电压一路加到继电器 K 的静触点的引脚上；另一路通过 T1 降压产生 9V 左右的（与市电高低有关）交流电压，该电压经 VD1~VD4 构成的整流堆进行整流，通过 C1 滤波产生 12V 左右的直流电压。12V 电压不仅为继电器 K1~K3 的线圈供电，而且通过 7805 稳压产生 5V 直流电压，为电脑控制电路供电。

2. 微处理器（CPU）基本工作条件电路

CPU 基本工作条件电路的核心元器件是 CPU（CMS-001）、4MHz 晶振、复位管 VT1。CPU 的电源电路输出的 5V 电压经电容 C3、C4 滤波后，不仅加到 CPU 的供电端②脚，为它供电，而且通过 VT1、R2、R1 构成的复位电路为①脚提供复位信号，使 CPU 内的存储器、寄存器等电路复位后开始工作。同时，CPU 内部的振荡器与③、④脚外接的晶振通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 CPU 输出各种控制信号的基准脉冲源。

3. 操作控制电路

该电路的核心元器件是 CPU、数码管、操作键 S1~S6 和三极管 VT6、VT7。

（1）按键及显示

CPU 的①~⑥脚是按键操作信号输入端。当①~⑥脚输入控制信号，被 CPU 识别后输出控制信号，使该机进入用户需要的工作状态。其中，S1 是开关机键，按 S1，被 CPU 识别后，由⑨、⑩脚输出控制信号使指示灯 LED1 发光，表明 CPU 处于时间预置状态；再通过按 S5、S6 键设置时间，CPU 接收到该信息后，通过①~⑦脚输出笔段驱动信号，通过⑨、⑩脚输出个位、十位选通信号，使 VT6、VT7 导通，为数码管供电，从而使数码管显示时间等信息。

（2）蜂鸣器控制

该电路的核心元器件是 CPU、放大管 VT5 和蜂鸣器 HTD。

CPU 的⑮脚是蜂鸣器驱动信号输出端。每次进行操作时，它的⑮脚输出的蜂鸣器驱动信号都通过 R4 限流，再经 VT5 倒相放大，驱动蜂鸣器 HTD 鸣叫，提醒用户抽油烟机已收到操作信号，并且此次控制有效。

4. 照明灯电路

照明灯电路的核心元器件是 CPU、照明灯（图中未画出）、操作键 S4、继电器 K4、放大管 VT4。

按键 S4 是照明灯操作键，CPU 的⑬脚是双稳态输出端口，按一次 S4 键，CPU 的⑬脚输出的高电平控制电压不仅使照明灯指示灯 LED4 发光，而且通过 R6、R5 限流使激励管 VT4 导通，为继电器 K4 的线圈提供导通电流，使 K4 内的触点吸合，为照明灯供电，使其发光。照明灯发光期间，按 S4 后 CPU 的⑬脚电位变为低电平，不仅使 LED4 熄灭，而且使 K4 内的触点释放，照明灯熄灭。

二极管 VD7 是钳位二极管，它的作用是在 VT4 截止瞬间，将 K4 的线圈产生的尖峰电压泄放到 12V 电源，以免 VT4 过电压损坏。

5. 风速调整电路

风速调整电路的核心元器件是 CPU、电动机（采用的是电容运转电动机，图中未画出），

操作键，继电器 K1、K2，放大管 VT2、VT3。

按键 S2、S3 是电动机风速操作键，S2、S3 键具有互锁功能。按 S2 使 CPU 的⑩脚输出高电平控制信号，⑪脚输出低电平控制信号。⑪脚为低电平时 VT3 截止，继电器 K2 不能为电动机的低速端子供电。而⑩脚输出的高电平控制电压不仅使 LED2 发光，表明电动机工作在高速运转状态，而且通过 R9、R10 限流，使 VT2 导通，为继电器 K1 的线圈提供导通电流，使它内部的触点吸合，为电动机的高速端子供电，电动机在运转电容的配合下高速运转。按 S3 使 CPU 的⑩脚输出低电平控制信号，⑪脚输出高电平控制信号。⑩脚为低电平控制信号时不仅 LED2 熄灭，而且 VT2 截止，继电器 K1 不能为电动机的高速端子供电。而⑪脚输出的高电平控制电压使 LED3 发光，表明电动机工作在低速运转状态，而且使继电器 K2 的触点吸合，为电动机的低速端子供电，电动机在运转电容的配合下低速运转。

VD5、VD6 是钳位二极管，它们的作用是在 VT2、VT3 截止瞬间，将 K1、K2 的线圈产生的尖峰电压泄放到 12V 电源，以免 VT2、VT3 过电压损坏。

六、智能控制型消毒柜

下面以万宝 YTD-180C 型消毒柜为例介绍智能控制型消毒柜电路的识图方法。该机的电路由远红外加热管、臭氧放电管、单片机、显示屏、指示灯等构成，如图 7-7 所示。

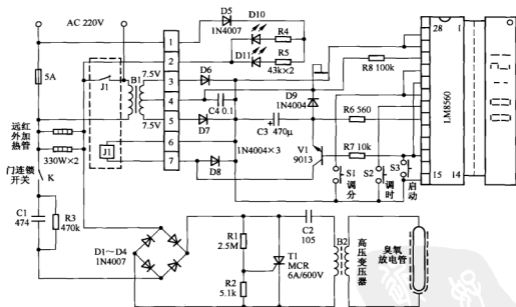


图 7-7 万宝 YTD-180C 型消毒柜电路

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 B1，整流管 D6、D7，滤波电容 C3。

该机输入的 220V 市电电压经变压器 B1 降压产生 7.5V 交流电压，该电压通过 D6、D7 全波整流，C3 滤波产生 10V 左右的直流电压，不仅为继电器 J1 的线圈供电，而且加到 LM8560 的⑩、⑪脚，为它供电。

2. 高温消毒电路

高温消毒电路的核心元器件是启动键 S3、芯片 LM8560、放大管 V1、继电器 J1、远红外加热管、温控器，辅助元器件有指示灯 D10、D11 和 R4、R5、D5。

按启动键 S3 后，LM8560 输出高电平的消毒控制信号。该信号通过 R7 限流使驱动管 V1 导通，使继电器 J1 的线圈产生磁场，它内部的两对触点吸合，此时，市电电压不仅为两根远红外加热管供电，使它们开始发热，而且通过 D5 半波整流，R4、R5 限流，使发光管 D10、D11 发光，表明消毒柜进入消毒状态。随着不断的加热，消毒柜内的温度逐渐升高，当温度升高到 125℃ 左右时，由温度传感器将温度信号转换为电压信号，被 LM8560 识别后，输出停止消毒的控制信号，V1 截止，J1 内的触点释放，指示灯 D10 和 D11 同时熄灭，并且远红外加热管停止加热，消毒结束。

3. 臭氧消毒电路

臭氧消毒电路的核心元器件除包括高温消毒电路的核心元器件外，还有门连锁开关 K、升压电容 C1、整流管 D1~D4、单向晶闸管 T1、高压变压器 B2、升压电容 C2、臭氧放电管。

在继电器 J1 的触点吸合期间，如果消毒柜的门关闭使门连锁开关 K 的触点接通，220V 市电电压通过 R3、C1 降压产生 15V 左右的交流电压，再通过 D1~D4 组成的桥式整流电路整流产生脉动直流电压。该电压不仅加到单向晶闸管 T1 的阳极，而且通过升压电容 C2、升压变压器 B2 的一次绕组构成充电回路为 C2 充电，在 C2 两端建立左正、右负的电压，同时充电电流还使 B2 的一次绕组产生上正、下负的电动势，使 B2 的二次绕组相应产生上正、下负的电动势。C2 充电结束后，通过 R1、R2 分压为 T1 的 G 极提供触发电压，使 T1 导通。T1 导通后，C2 存储的电压通过 T1 放电，使 B2 的一次绕组产生下正、上负的电动势，于是 B2 的二次绕组产生下正、上负的电动势。这样，通过 C2 不断充电、放电，就使 B2 的二次绕组产生 2kV 左右的脉冲高压，为臭氧放电管供电。这种间歇式的脉冲高压使臭氧放电管产生火花放电，激发周围空气中的氧气电离，从而产生臭氧。臭氧放电管工作时，能看到电火花，并可以听到“哒哒”的电击声和闻到带腥味的臭氧气味。

七、智能控制型微波炉

下面以松下变频微波炉为例介绍智能控制型微波炉电路的识图方法。松下变频微波炉的代表机型有 NN-K5540M、NN-K5541F、NN-K5542MF、NN-K5544MF、NN-K5640MF、NN-K5740MF、NN-K5741JF、NN-K5840SF、NN-K5841JF 等。松下变频微波炉的电气原理图如图 7-8 所示，控制电路如图 7-9 和图 7-10 所示。



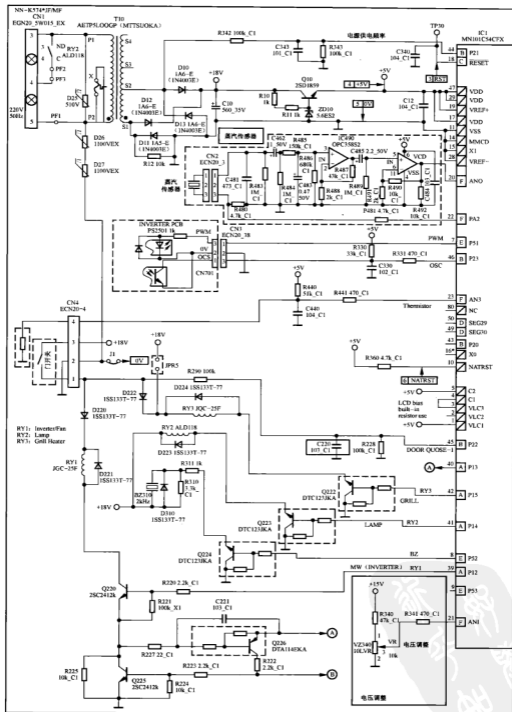
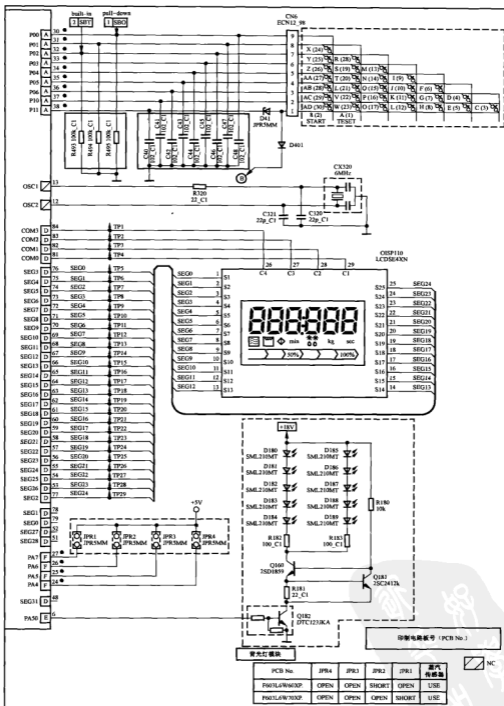


图 7-9 松下变频微波炉控制电路 (一)



1. 电源电路

电源电路的核心元器件是电源变压器 T10、整流管 D10~D13、滤波电容 C10、三极管 Q10、稳压管 ZD10，如图 7-9 所示。

为微波炉通上市电电压后，市电电压通过 T10 降压，从 S1-S2 绕组输出 15V 左右交流电压。该电压通过 D10~D13 桥式整流，再经 C10 滤波产生 18V 左右的直流电压。18V 电压不仅为继电器等电路供电，而且通过 Q10、R10、R11 和 ZD10 组成的 5V 稳压器输出 5V 电压，为微处理器（CPU）等电路供电。

市电输入回路的压敏电阻 D25 用于市电过电压保护。当市电异常升高后，它过电压击穿，使 10A 熔断器过电流熔断，切断市电输入回路，以免电源变压器 T10 等元器件过电压损坏。

2. 微处理器基本工作条件电路

微处理器基本工作条件电路的核心元器件是微处理器 IC1（MN101C54CFX）、复位电路、晶振 CX320。

（1）5V 供电

参见图 7-9，插好微波炉的电源线，待电源电路工作后，由其输出的 5V 电压经电容 C12 滤波后，加到微处理器 IC1 的供电端⑰、⑱、⑳、㉑脚，为 IC1 供电。

（2）复位

参见图 7-10，开机瞬间，由复位电路产生的低电平复位信号加到微处理器 IC1 的⑳脚，使 IC1 内的存储器、寄存器等电路清零复位。当复位电路为 IC1 的⑳脚提供高电平电压后，IC1 内部电路复位结束，开始工作。

（3）时钟振荡

参见图 7-10，微处理器 IC1 得到供电后，它内部的振荡器与㉒、㉓脚外接的晶振 CX320 和移相电容 C320、C321 通过振荡产生 6MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 IC1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

3. 炉门开关控制电路

炉门开关控制电路的核心元器件是连锁开关、微处理器 IC1、三极管 Q223、继电器 RY2，见图 7-8 和图 7-9。

关闭炉门时，连锁机构相应动作，使初级碰锁开关和次级碰锁开关接通，而使短路开关（门监控开关）断开。初级碰锁开关接通后，接通转盘电动机、变频器供电电路、加热器、风扇电动机与 10A 熔断器的线路；次级碰锁开关接通后，18V 电压通过连接器 CN4 的③、①脚输入，不仅能够为继电器供电，而且通过 R290、R228 分压后，加到微处理器 IC1 的⑤脚，被 IC1 检测后识别出炉门已关闭，由④脚输出低电平信号，使带阻三极管 Q223 截止，继电器 RY2 的线圈无导通电流，它内部的触点释放，使炉灯熄灭，微波炉进入待机状态。若打开炉门后，初级碰锁开关断开，切断转盘电动机、加热器、变频器的供电电路，使它们不能工作。同时，IC1 的⑤脚电位变为低电平，IC1 判断炉门被打开，不再输出微波或烧烤的加热信号，而由④脚输出高电平信号，使 Q223 导通，为继电器 RY2 的线圈提供导通电流，线圈产生的磁场使它内部的触点吸合，为炉灯供电，使炉灯发光，以方便用户取、放食物。

4. 微波加热控制电路

微波加热控制电路的核心元器件是 Q225、Q226、IC1、RY1、Q220、风扇电动机、变频

器、磁控管、启动键。电路见图 7-10 和图 7-9。

在待机状态下，首先选择微波加热功能，再选择好时间后按下启动（START，开始）键，产生的高电平信号通过 R223、R224 限流使 Q225、Q226 组成的模拟晶闸管电路导通，不仅接通了 Q220 的发射极回路，而且使微处理器 IC1 的⑧脚电位变为低电平，被 IC1 识别后，IC1 从内存调出烹饪程序并控制显示屏显示的时间，同时控制⑨、⑩脚输出高电平控制信号。如上所述，⑩脚输出的高电平控制信号使继电器 RY2 内的触点吸合，为炉灯、转盘电动机供电，使炉灯发光，并使转盘电动机开始旋转；⑨脚输出的高电平信号使带阻三极管 Q220 导通，为继电器 RY1 的线圈提供导通电流，RY1 内的触点吸合，接通风扇电动机、变频器的供电回路，使风扇电动机开始旋转，同时变频器获得供电后开始工作，由它输出的电压使磁控管产生微波能，微波能经波导管传入炉腔，通过炉腔反射，最终产生高热，将食物煮熟。

5. 烧烤加热控制电路

烧烤加热控制电路与微波加热控制电路的工作原理基本相同，不同的是使用该功能时需要按下面板上的烧烤键，被微处理器 IC1 识别后，IC1 控制⑨、⑩、⑪脚输出高电平控制信号。如上所述，⑨、⑩脚输出的高电平控制信号使炉灯发光，转盘电动机和风扇电动机开始旋转，并使磁控管产生微波。而⑪脚输出的高电平控制信号使带阻三极管 Q222 导通，为继电器 RY3 的线圈提供导通电流，RY3 内的触点吸合，接通烧烤发热器的供电回路，使它开始发热，在微波的配合下快速将食物烤熟。

6. 自动温度控制电路

自动温度控制电路的核心元器件是负温度系数热敏电阻、微处理器 IC1，辅助元器件有连接器 CN4。

连接器 CN4④脚外接的热敏电阻的阻值随温度升高而减小，使 IC1 的⑫脚电位随温度升高而降低。这样，IC1 将⑫脚电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，识别出炉内温度，确定微波炉需要工作在加热状态还是停止加热。

7. 蜂鸣器驱动电路

蜂鸣器驱动电路的核心元器件是蜂鸣器 BZ310、带阻三极管 Q224、微处理器 IC1。

每次进行操作时，微处理器 IC1 的⑬脚输出蜂鸣器驱动信号。该信号通过 Q223 倒相放大，驱动蜂鸣器 BZ310 鸣叫，提醒用户微波炉已收到操作信号，并且此次控制有效。

八、智能控制型电磁炉

下面以美的 PSY18B/18C 型电磁炉为例介绍智能控制型电磁炉电路的识图方法。美的 PSY18B/18C 型电磁炉由 300V 供电电路、主回路（LC 谐振回路）、驱动电路、电源电路、保护电路、操作与控制电路等构成，如图 7-11 和图 7-12 所示。



提示 美的 PVY22A 与 PSY18B 电磁炉的主板构成基本相同，所以维修 PVY22A 型电磁炉时也可参考本节内容。

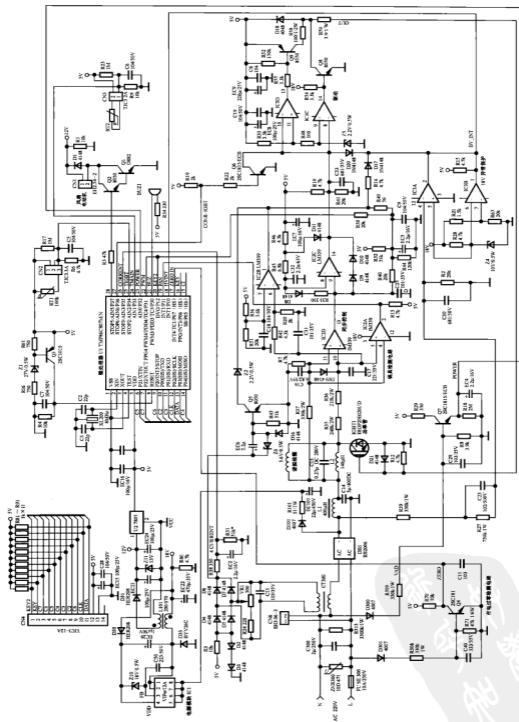


图 7-11 美的 PSY18B/18C 型电磁炉主电路板

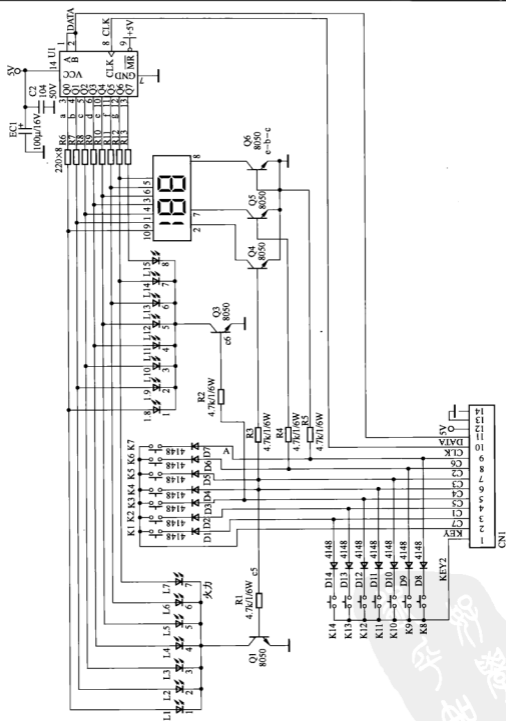


图 7-12 美的 PSY18B 型电磁炉操作、显示板电路

1. 市电输入电路

市电输入电路的核心元器件是熔断器 FUSE300、滤波电容 C300、整流堆 DB1、滤波电容 C14，辅助元器件有电流互感器 CT300、压敏电阻 ZNR300，如图 7-11 所示。

该机输入的市电电压通过 FUSE300 输入，利用 C300 抑制高频干扰脉冲后，第一路送到电压检测电路和市电过零检测电路；第二路通过 CT300 的一次绕组加到 DB1 的交流输入端，市电经 DB1、L1 和 C14 构成的桥式整流、滤波电路整流和滤波，在 C14 两端产生 300V 左右直流电压。该电压不仅为功率变换器（主回路）供电，而且为低压电源电路供电。市电输入回路的 ZNR300 用于市电过电压保护。当市电电压过高时，ZNR300 击穿，使 FUSE300 过电流熔断，切断市电输入回路，以免 C14、功率管和开关电源的元器件过电压损坏。

2. 电源电路

该机的电源电路是以电源模块 IC1（VIPer12A）、开关变压器 L101 为核心构成的串联型开关电源。

（1）功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是电源模块 IC1、开关变压器 L101、续流二极管 D33、滤波电容 EC22、稳压器 U2，如图 7-11 所示。

300V 电压通过 D101 隔离、R101 限流，再经滤波电容 EC101 滤波后，加到 IC1 的供电端⑤~⑧脚，该电压不仅加到开关管的 D 极为它供电，而且通过高压电流源对 IC1④脚外接的滤波电容 EC20 充电。当 EC20 两端建立的电压使 IC1 的④脚电压达到 14.5V 后，它内部的 60kHz 脉宽调制器等电路开始工作，由该电路产生的激励脉冲使开关管工作在开关状态。开关管导通期间，EC101 两端的电压通过开关管 D/S 极、开关变压器 L101 的一次绕组、EC22 构成充电回路，不仅为 EC22 充电，而且在一次绕组上产生左正、右负的电动势。开关管截止期间，流过一次绕组的导通电流消失，由于电感中的电流不能突变，所以一次绕组通过自感产生右正、左负的电动势。该电动势第一路通过 D30 整流、EC20 滤波后产生 40V 左右的电压，取代启动电路为 IC1 供电；第二路通过 EC22、D33 构成放电回路为 EC22 继续补充能量，使 EC22 在一个振荡器周期都可以得到能量，所以该开关电源不仅效率高且并联型开关电源，而且由于开关管 D、S 极间电压相对较低，所以该电源未设置尖峰脉冲吸收回路。

该电源工作后，EC22 两端产生的 18V 电压为功率管驱动电路、振荡器、保护电路等供电。同时，L101 的二次绕组输出的脉冲电压通过 D31 整流，EC21、EC24 滤波产生 12V 电压，该电压不仅为风扇电动机供电，而且经三端稳压器 U2（7805）稳压获得 5V 直流电压，为微处理器（CPU）、操作键电路、指示灯等供电。

（2）稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是电源模块 IC1、开关变压器 L101、稳压管 Z10、滤波电容 EC20。

当市电电压升高或负载变轻引起开关电源输出电压升高时，滤波电容 EC20 两端升高的电压使稳压管 Z10 击穿导通程度加强，为 IC1③脚提供的误差电压升高，被它内部的电路处理后，使开关管导通时间缩短，开关变压器 L101 存储的能量下降，开关电源输出电压下降到正常值。反之，稳压控制过程相反。因此，通过该电路的控制可保证开关电源输出电压不受市电高低和负载轻重影响，实现稳压控制。

(3) 欠电压保护电路

当 D30 或 EC22 击穿使 IC1 的④脚不能建立 14.5V 以上的电压时, 它内部的电路不能启动; 若 D30 开路或 L101 异常为 EC20 两端提供的电压低于 8V 时, U1 内的欠电压保护电路动作, 避免了开关管因激励不足而损坏。

3. 系统控制电路

参见图 7-11, 该机的系统控制电路以微处理器 U1 (TMP86C807M/N) 为核心构成。

(1) 微处理器 TMP86C807M/N 的实用资料

微处理器 TMP86C807M/N 的引脚功能见表 7-1。

表 7-1 微处理器 TMP86C807M/N 的引脚功能

脚号	端口名	应用名	功能
①	VSS		接地
②	XIN		8MHz 晶体输入
③	XOUT		8MHz 晶振输出
④	TEST		测试端(接地)
⑤	VDD		5V 供电
⑥	P21/X TIN	C5	操作键信号输入/指示灯控制信号输出
⑦	P22/X TOUT	C7	操作键信号输入
⑧	RESET	RESET	复位信号输入
⑨	P20/INT5/STOP	C6	键盘扫描信号输入 6
⑩	P00 (HS) /TXD	C2	键盘扫描信号输出 2
⑪	P01 (HS) /RXD	C3	键盘扫描信号输出 3
⑫	P02 (HS) /SCLK	CLK	显示屏时钟信号输出
⑬	P03 (HS) /MOSI	DATA	显示屏控制数据信号输出
⑭	P04 (HC) /MISO	C4	键盘扫描信号输出 5
⑮	SS/P05 (HS)	C1	键盘扫描信号输出 6
⑯	PPG/INT3/P06 (HS)	KEY	空脚
⑰	INT4/TC1/P07 (HS)	ZERO IN	市电过零检测信号输入
⑱	INT1/P10	HV INT	功率管 C 极电压/浪涌电压检测信号输入
⑲	INT1/P11	PAN	锅具检测脉冲输入
⑳	DVO/P12	RVE2	接⑳脚
㉑	PWM3/PDD3/TC3/P30	BUZ	蜂鸣器驱动信号输出
㉒	PPG4/PWM4/PDD4/TC4/P31	PWM	功率调整信号输出
㉓	AIN0/P32	POWER	市电电压检测信号输入
㉔	AIN1/P33	TMAIN	炉面温度检测信号输入
㉕	STOP2/ AIN2/P34	IIGBT	功率管温度检测信号输入
㉖	STOP3/ AIN3/P35	CORRENT	电流检测信号输入
㉗	STOP6/ AIN6/P36	CONR-IGBT	功率管使能控制信号输出
㉘	STOP5/ AIN5/P37		风扇电动机控制信号输出

(2) 微处理器基本工作条件电路

微处理器的基本工作条件电路主要包括供电、复位和时钟振荡电路。该电路的核心元器件是微处理器 U1 (TMP86C807M/N)、三极管 Q3、稳压管 Z1、晶振 XL200。

① 供电。低压电源输出的 5V 电压经 EC16 滤波后, 加到微处理器 U1 供电端⑤脚, 为 U1 内部电路供电。

② 复位。复位电路由 Q3、Z1 等元器件组成。开机瞬间 5V 电源电压在滤波电容的作用下是从 0 逐渐升高到 5V 的。当该电压低于 3.4V 时, Q3 的发射极电位不能超过基极电位 0.7V, 所以 Q3 截止, 它的集电极电位为低电平, 使 U1 的复位信号输入端④脚输入低电平复位信号, U1 内部的存储器、寄存器电路开始复位。当 5V 电源电压超过 3.4V 后, Q3 导通, 由它的集电极输出的高电平电压经 C11 滤波后加到 U1④脚, 使 U1 内部电路复位结束后开始工作。

③ 时钟信号。U1 获得供电后, 它内部的振荡器开始工作, 与②、③脚外接的晶振 XL200 通过振荡产生 8MHz 时钟信号。该信号经分频后作为 U1 工作的基准频率。

4. 待机/开机控制电路

待机、开机控制电路的核心元器件是微处理器 U1、控制管 Q6, 辅助元器件有 Q1、Q2、风扇电动机、蜂鸣器。

(1) 待机控制

U1 获得以上三个基本工作条件后开始工作, U1 输出自检脉冲, 确认电路正常后进入待机状态。U1②脚输出蜂鸣器驱动信号, 该信号驱动蜂鸣器 BUZ1 鸣叫一声, 而且控制指示灯和显示屏发光, 同时从 U1②脚输出高电平的功率管使能控制信号。该控制信号通过 R22 限流, 使 Q6 导通, 致使比较器 IC3C 的⑧脚和 IC3D⑩脚电位为低电平。IC3C 的⑧脚为低电平后 IC3C 的⑭脚输出高电平使 Q8 导通, 而 IC3D 的⑩脚电位为低电平后, IC3D 的⑬脚输出高电平控制信号使 Q9 截止。Q8 导通、Q9 截止后, 功率管 IGBT1 截止, 该机处于待机状态。

(2) 开机控制

电磁炉在待机期间, 按下开关机键后, U1 从存储器内调出软件设置的默认工作状态数据: 一是控制面板上的指示灯显示电磁炉的工作状态; 二是 U1②脚输出低电平控制信号, 使 Q6 截止, 解除对驱动电路关断的控制; 三是 U1 的风扇控制端②脚输出高电平控制信号, 该信号通过 R3 限流, 再通过 Q2 射随放大、Q1 倒相放大, 为风扇电动机的绕组供电, 使风扇电动机带动风扇旋转, 对散热片进行强制散热, 以免功率管过热而不能正常使用。

D1 是用于保护 Q1 的钳位二极管。Q1 截止后, 电动机绕组将在 Q1 的集电极上产生较高的反峰电压, 该电压通过 D1 泄放到 12V 电源, 避免了 Q1 过电压损坏。

5. 锅具检测电路

锅具检测电路的核心元器件是微处理器 U1、谐振线圈 (线盘)、谐振电容 C15、比较器 IC2 及 R37、R7, 辅助元器件是 Q6、Q8、Q9, 如图 7-11 所示。

开机后, 由于 U1 的②脚输出的功率管使能控制信号为低电平, Q6 截止, 它的集电极电位为高电平, 经 IC3C、IC3D 比较放大后, 从⑬、⑭脚输出高电平电压。该高电平信号通过 Q9、Q8 推挽放大, 再利用 R58、R59 限流后驱动功率管 IGBT1 导通。IGBT1 导通后, 谐振线圈 (线盘) 和 C15 进入电压谐振状态, C15 右端产生的脉冲电压通过 R35、R36 限流, 再通过 C17 滤波后加到 IC2A 的⑤脚, 它左端产生的脉冲通过 R37、R7 分压后加到 IC2A 的④

脚，于是 IC2A 的②脚输出 PAN 脉冲，该脉冲加到 U1 的⑩脚。当炉面上放置了合适的锅具，因有负载使流过功率管的电流增大，谐振回路的工作频率降低，IC2A 输出的 PAN 脉冲在单位时间内降低到 3~8 个，被 U1 检测后判断炉面已放置了合适的锅具，于是控制 PWM 端输出功率调整信号，使电磁炉进入加热状态。反之，判断炉面未放置锅具或放置的锅具不合适，控制电磁炉停止加热，U1⑫脚输出报警信号，该信号驱动蜂鸣器 BUZ1 鸣叫报警，同时 U1 还控制显示屏显示故障代码，提醒用户未放置锅具或放置的锅具不合适。

6. 同步控制、锯齿波脉冲形成电路

同步控制、锯齿波脉冲形成电路的核心元器件是谐振脉冲取样电路（限流电阻）、IC2（LM339）内的两个比较器（IC2C、IC2D）、定时电容 C32，如图 7-11 所示。

谐振线圈右端的脉冲电压通过 R35、R36 限流，C17 滤波后加到比较器 IC2D 的反相输入端⑩脚，同时它左端产生的电压通过 R37、R7 取样产生的取样电压加到 IC2D 的同相输入端⑪脚。开机后，U1 输出的启动脉冲使功率管 IGBT1 导通，谐振线圈产生左正、右负的电动势，使 IC2D 的⑩脚电位高于它的⑪脚电位，经 IC2D 比较后使它的⑬脚电位为高电平电压，该电压加到 IC2C 的⑨脚后，IC2C 的⑭脚输出高电平电压。⑭脚输出的高电平电压一路加到 IC3C 的⑧脚和 IC3D 的⑩脚。因 IC3C 的⑨脚和 IC3D 的⑪脚输入的是 2.2V 参考电压，所以 IC3D 的⑬脚输出低电平电压，IC3C 的⑬脚输出低电平电压，致使 Q9 导通、Q8 截止。此时，从 Q9 的发射极输出的电压通过 R58、R59 限流使 IGBT1 继续导通，同时 5V 电压通过 R46、R45、C32 构成的充电回路为 C32 充电。当 C32 所充电压使 IC2C 的⑧脚电位超过它的⑨脚电位后，IC2C 的⑭脚输出低电平电压，⑭脚电位为低电平后，不仅使 C32 两端电压通过 R45、D11 和 IC2C⑭脚内部电路放电，使 C32 两端产生锯齿波脉冲，而且通过 IC2C、IC2D 比较放大后使 Q9 截止、Q8 导通，通过 R59 使 IGBT1 迅速截止，流过谐振线圈的导通电流消失，于是谐振线圈通过自感产生左负、右正的电动势，使 IC2D 的⑩脚电位高于⑪脚电位，致使 IC2D 的⑬脚输出低电平电压，经 IC2C 比较放大后使 IC2C 的⑬脚输出低电平，确保 IGBT1 截止。随后，无论谐振线圈对谐振电容 C15 充电期间，还是 C15 对谐振线圈放电期间，谐振线圈的右端电位都会高于左端电位，IGBT1 都不会导通。因此，只有谐振线圈通过 C14、IGBT1 内的阻尼管放电期间，IC2D 的⑩脚电位高于⑪脚电位，使 IC2D 的⑬脚电位变为高电平，并且 C32 通过 R45、D11 放电使 IC2C 的⑧脚电位低于⑨脚电位后，IC2C 的⑭脚才能再次输出高电平电压，通过驱动电路放大后使功率管 IGBT1 再次导通，不仅实现了同步控制，而且通过控制 C32 充、放电，产生了锯齿波脉冲，即振荡脉冲。



提示 由于振荡器定时电容 C32 的充、放电采用不同的回路，所以产生的锯齿波质量较好，降低了功率管的故障率。

7. 功率调整电路

该机的功率调整电路包括手动调整和自动调整两部分。

(1) 手动调整

手动功率调整电路的核心元器件是微处理器 U1、比较器 IC2C（LM339）、电容 EC3、电阻 R50，如图 7-11 所示。

需要增大输出功率时，U1②脚输出的功率调整信号 PWM 的占空比增大，通过 R50、EC3 和 C9 平滑滤波产生的直流控制电压升高。该电压通过 R40 加到比较器 IC2C 的同相输入端⑨脚，而 IC2C 的反相输入端⑩脚输入的是锯齿波信号，于是 IC2C 的④脚输出激励脉冲的高电平时间延长，通过 IC3C、IC3D 比较放大后，再通过 Q8、Q9 推挽放大，使功率管 IGBT1 导通时间延长，为谐振线圈（线盘）提供的能量增大，功率增大，加热温度高。反之，若 U1②脚输出的功率调整信号占空比减小时，为谐振线圈提供的能量减小，加热温度低。

(2) 自动调整

自动功率调整电路的核心元器件是电流互感器 CT300、微处理器 U1、电位器 VR1、整流管 D4~D7，如图 7-11 所示。

当市电降低等原因引起加热功率减小时，流过功率管的导通电流减小，使 CT300 二次绕组的输出电压减小，通过 C13 滤波、R24 与电位器 VR1 限压、D4~D7 整流得到取样电压（脉动直流电压）减小。该电压一路送到功率管过电流保护电路；另一路通过 R38 限流、EC2 滤波产生的直流取样电压升高，被 U1⑤脚内部电路识别后，U1 的②脚输出的功率调整信号的占空比减小，如上所述，功率管 IGBT1 导通时间缩短，流过谐振线圈的电流减小，加热功率减小。反之控制过程相反，从而实现电流自动调整。



提示 VR1 是用于设置最大取样电流的电位器，调整它就可改变输入到 U1 的⑤脚的电压高低，也就可改变 U1 输出的功率调整信号的占空比的大小。

8. 市电过零检测电路

该机的市电过零检测电路（市电瞬间断电保护电路）的核心元器件是 D301、R308、R71、Q4 和微处理器 U1，如图 7-11 所示。

市电电压通过 D301 半波整流产生脉动直流电压，再通过 R308、R71 取样，利用 C40 滤波后加到 Q4 的基极，经其放大后，在它的集电极输出倒相后的电压就是过零检测信号。该信号加到 U1 的⑰脚。若 U1 识别出⑰脚输入的过零检测信号正常，U1 则输出正常的控制信号，使电磁炉正常工作；若⑰脚输入的过零检测信号异常，U1 则输出控制信号，使电磁炉停止工作，实现市电瞬间断电保护。

当市电异常或该电路异常，使 U1 的⑰脚不能输入正常的市电过零检测信号时，U1 会控制电磁炉停止工作，同时驱动蜂鸣器发出警报声，并控制显示屏显示“E1”的故障代码，表明该机进入市电过零异常的保护状态。

9. 18V 供电电压低保护电路

18V 供电电压低保护电路的核心元器件是 R28、稳压管 Z4、LM339 内的一个比较器 IC3B，如图 7-11 所示。

18V 电压一路通过 R28 限流、稳压管 Z4 稳压产生 10V 电压，该电压作为参考电压加到 IC3B 的⑥脚和 IC3A 的⑤脚；另一路通过 R21、R63 取样后产生的电压超过 10V，该电压加到 IC3B 的⑦脚。当 18V 电压正常时，IC3B 的⑦脚电位高于⑥脚输入的参考电压，于是 IC3B 的①脚内部电路为开路状态，5V 电压通过 R15 不仅使 D20 截止，不影响 IC3C 的⑧脚、IC3D⑩脚电位，而且加到 U1 的③脚，被 U1 识别后控制电磁炉正常工作。开关电源或 18V 供电电

路异常，导致 18V 电压下降，经 R21、R63 取样后的电压低于 10V，经 IC3B 比较后使 IC3B 的①脚内部电路导通。一方面通过 D20 将 IC3C 的⑧脚和 IC3D 的⑩脚电位钳位到低电平，通过 IC3C、IC3D 处理后使驱动管 Q9 截止、Q8 导通，功率管 IGBT1 截止，避免了功率管可能因激励不足而损坏；另一方面还使 U1 的⑩脚电位为低电平，U1 识别后使其输出的功率管调整信号的占空比为 0，实现了 18V 供电低保护。

10. 市电电压异常保护电路

市电电压异常保护电路的核心元器件是 D300、R309、R8、Q7 和微处理器 U1，如图 7-11 所示。

市电电压通过 D300 半波整流，经 R309、R8 分压限流，再通过 Q7 射随放大，从它的发射极输出的电压经 EC4 滤波后加到 U1 的②脚。当市电电压正常时，U1 的②脚输入的电压也正常，被 U1 识别后控制电磁炉正常工作。当市电电压异常时，必然导致 U1 的②脚输入的电压异常，被 U1 识别后，U1 控制功率管等停止工作，以免功率管等元器件因市电异常而损坏。同时，驱动蜂鸣器报警，并控制显示屏显示故障代码，表明该机进入市电异常保护状态。市电低于 170V 时显示的故障代码为“E7”，市电高于 250V 时显示的故障代码为“E8”。

11. 浪涌保护电路

浪涌保护电路的核心元器件是取样电阻 R39、R27、R2 以及比较器 IC3A (LM339)，如图 7-11 所示。

市电电压通过整流堆 DB1 桥式整流产生的电压通过 R39、R27、R2 分压后，加到 IC3A 的反相输入端④脚，而 IC3A 的同相输入端⑤脚输入的是 10V 参考电压。当市电正常时，IC3A 的⑤脚电位高于④脚输入的参考电压，于是 IC3A 的②脚内部电路为开路状态，如 18V 供电电压低保护电路所述，电磁炉正常工作。当市电出现浪涌脉冲，使 IC3A 的④脚电位超过 10V 时，经 IC3A 比较后使 IC3B 的②脚内部电路导通，如上所述，电磁炉停止工作，实现了浪涌脉冲保护。待浪涌脉冲消失后，电磁炉会再次工作。

12. 功率管集电极过电压保护电路

该机的功率管集电极过电压保护电路的核心元器件是取样电阻 R35、R36、R42、R20、R56、R51 和比较器 IC2B，如图 7-11 所示。

5V 电压通过取样电阻 R56、R51 取样后产生 4V 左右的参考电压加到 IC2B 的同相输入端⑦脚，同时功率管 IGBT1 的集电极产生的反峰电压通过 R35、R36、R42、R20 分压后加到 IC2B 的反相输入端⑥脚。当 IGBT1 的集电极产生的反峰电压正常时，IC2B⑥脚输入的电位低于⑦脚电位，IC2B①脚内部电路为开路状态，不影响 IC2C 的⑨脚电位，电磁炉正常工作。当 IGBT1 的集电极产生的反峰电压过高时，通过取样使 IC2B⑥脚电位超过⑦脚电位，于是 IC2B①脚内部电路导通，通过 R49 将功率调整电压电位钳位到低电平，于是 IC2C 的③脚输出的激励电压占空比降为 0，IGBT1 截止，避免了过电压损坏。待 IGBT1 集电极的反峰电压恢复正常，IC2B⑥脚电位低于⑦脚电位后，IC2B 的①脚内部恢复开路，IGBT1 又重新进入工作状态。

13. 功率管过电流保护电路

功率管过电流保护电路的核心元器件是电流互感器 CT300、微处理器 U1、EC6、Z6、Q5，如图 7-11 所示。

当谐振回路电流增大，使 CT300 二次绕组输出电压升高后，通过 C13 滤波、R24 与电位器

VR1 限压、D4~D7 整流得到的取样电压（脉动直流电压）升高。该电压一路送到功率调整电路；另一路通过 EC6、Z6 加到 Q5 的基极，通过 Q5 放大后，使稳压管 Z2 导通加强，通过 R49 使 EC3 两端的功率调整电压为 0，功率管截止，以免功率管等元器件过电流损坏。

14. 功率管过热保护电路

功率管过热保护电路的核心元器件是功率管温度传感器 RT1、R6、C5 和微处理器 U1，辅助元器件是连接器 CN2，如图 7-11 所示。

RT1 是负温度系数热敏电阻，它安装在 IGB1 的散热片上，它的引脚通过连接器 CN2 接到主板。当功率管散热片的温度高于 85℃ 时，RT1 的阻值减小，5V 电压通过 RT1、R6 取样后的电压升高，该电压经 C5 滤波后加到 U1 的 TIGBT 信号输入端⑤脚，被 U1 检测后判断散热片温度超温，减小②脚输出的功率调整信号的占空比，使功率管 IGBT1 导通时间缩短，电流下降，将功率管的工作温度限制在 85℃ 以内；当散热片的温度因风扇异常等原因而高于 95℃ 时，RT1 的阻值进一步减小，U1⑤脚输入的电压进一步升高，被 U1 检测后判断功率管过热，U1 立即输出停止加热信号，使功率管停止工作，以免功率管过热损坏，同时驱动蜂鸣器鸣叫报警，并控制显示屏显示“E6”的故障代码，表明该机进入功率管过热保护状态。



提示 由于温度传感器 RT1 损坏后就不能实现对功率管的温度检测，这样容易导致功率管过热损坏。为了防止这种危害，该机还设置了 RT1 异常保护功能。

当 RT1、连接器 CN2 开路或滤波电容 C5 短路时，U1⑤脚无电压输入，被 U1 识别后不仅不输出加热指令，而且驱动蜂鸣器报警，并控制显示屏显示故障代码“E4”，表明该机进入功率管温度传感器开路保护状态；当 RT1 击穿或 R6 开路使 U1⑤脚输入高电平信号时，被 U1 识别后不再输出加热指令，而且驱动蜂鸣器报警，并控制显示屏显示故障代码“E5”，表明该机进入功率管温度传感器击穿保护状态。

15. 炉面过热保护电路

炉面过热保护电路的核心元器件是炉面温度传感器 RT2、R9、C6 和微处理器 U1，辅助元器件是连接器 CN3，如图 7-11 所示。

RT2 是负温度系数热敏电阻，它安装在谐振线圈的中部，并紧贴炉面底部，它的引脚通过连接器 CN3 接主板。当炉面的温度高于 220℃ 时，RT2 的阻值急剧减小，5V 电压通过 RT2 与 R9 分压后的电压升高，通过 C6 滤波后加到 U1④脚，被 U1 检测后判断炉面温度过高，输出停止加热信号，功率管停止工作，进入炉面温度过热保护状态。



提示 由于温度传感器 RT2 损坏后就不能实现炉面温度检测，这样容易扩大故障范围，为此该机还设置了 RT2 异常保护电路。

当 RT2 击穿、R9 开路，使 U1④脚输入的电压为高电平时，U1 判断 RT2 击穿，输出停止加热指令，而且驱动蜂鸣器报警，并控制显示屏显示故障代码“E2”，提醒该机的炉面温度传感器击穿；当连接器 CN2、RT2 开路或 C6 击穿，使 U1④脚输入的电压为 0，U1 则判断 RT2 开路，输出停止加热指令，而且驱动蜂鸣器报警，并控制显示屏显示故障代码“E3”，提醒该机的炉面温度传感器开路。

九、智能控制型洗碗机

图 7-13~图 7-15 所示是一种典型的智能控制型洗碗机电路。其中，图 7-13 是接线图，图 7-14 是电源电路图，图 7-15 是电脑板电路图。

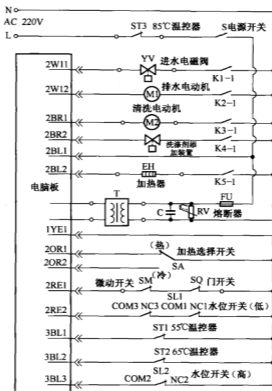


图 7-13 智能控制型洗碗机电路接线图

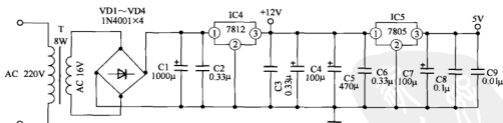


图 7-14 智能控制型洗碗机电源电路

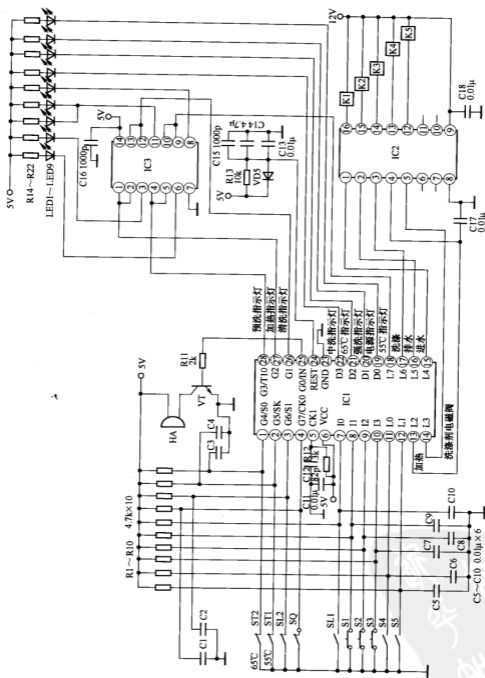


图 7-15 智能控制型洗碗机电路板电路

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是电源开关 S、电源变压器 T、整流管 VD1~VD4、滤波电容 C1~C9、稳压器 IC4 和 IC5，辅助元器件是过热保护器 ST3、滤波电容 C、压敏电阻 RV、熔断器 FU。电路见图 7-13~图 7-15。

接通电源开关后，市电电压通过 ST3、FU 输入，利用 C 滤除市电电网内的高频干扰脉冲，再利用 T 降压得到 16V 左右（与市电电压高低有关）的交流电压。该电压通过 VD1~VD4 桥式整流，再经 C1、C2 滤波产生 22V 左右的直流电压。22V 电压通过 IC4 稳压输出 12V 电压，该电压通过 C3~C5 滤波后，不仅为继电器 K1~K5 和驱动块 IC2 供电，而且通过 IC5 稳压输出 5V 电压，经 C7~C9 滤波后，为微处理器（CPU）等电路供电。

市电输入回路的 RV 是压敏电阻，它的作用是防止市电电压过高损坏变压器 T 等元器件。市电升高时，RV 击穿，使熔断器 FU 过电流熔断，切断市电输入回路，实现市电过电压保护。

2. CPU 电路

该电路的核心元器件是 CPU（IC1）、C11~C15、R12、驱动块 IC3、指示灯、蜂鸣器、三极管 VT。

（1）CPU 的引脚功能

CPU 的引脚功能见表 7-2。

表 7-2 CPU 的引脚功能

脚号	功能	脚号	功能
①	65℃温度检测信号输入	⑮	进水电磁阀控制信号输出
②	55℃温度检测信号输入	⑯	排水泵控制信号输出
③	高水位检测信号输入	⑰	洗涤电动机控制信号输出
④	门开关检测信号输入	⑱	55℃水温指示灯控制信号输出
⑤	振荡器外接定时阻容元件	⑲	电源指示灯控制信号输出
⑥	5V 供电	⑳	强洗指示灯控制信号输出
⑦	低水位检测信号输入	㉑	65℃水温指示灯控制信号输出
⑧	启动/暂停控制信号输入	㉒	中洗指示灯控制信号输出
⑨	程序控制信号输入	㉓	接地
⑩	加热选择信号输入	㉔	复位信号输入
⑪	低温控制信号输入	㉕	蜂鸣器驱动信号输出
⑫	高温控制信号输入	㉖	清洗指示灯控制信号输出
⑬	洗涤剂添加控制信号输出	㉗	加热指示灯控制信号输出
⑭	加热器加热控制信号输出	㉘	预洗指示灯控制信号输出

（2）基本工作条件电路

该机的电源电路输出的 5V 电压经电容 C11 滤波后，不仅加到微处理器（CPU）IC1 的供电端 ⑥脚，为它供电，而且通过 R13、C13~C15 构成的复位电路为 ⑭脚提供复位信号，使 IC1 内的存储器、寄存器等电路复位后开始工作。同时，IC1 内的振荡器与 ⑤脚外接的定时元件 R12、C12 振荡产生时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 IC1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

IC1 工作后, 控制⑨脚输出低电平控制信号, 该信号使指示灯 LED9 发光, 表明该机已输入市电, 并且 IC1 电路也已工作。

(3) 操作控制功能

IC1 的①~④脚、⑦~⑫脚是传感器和开关控制信号输入端。当①~④脚、⑦~⑫脚输入控制信号后, 被它识别后输出控制信号, 使该机进入用户需要的工作状态。同时, 控制⑩~⑫脚、⑮~⑯脚输出指示灯控制信号, 有的信号可直接驱动指示灯发光, 而有的信号通过 IC3 放大后才能驱动指示灯发光, 表明该机处于工作状态。

(4) 蜂鸣器控制

该电路的核心元器件是 IC1、放大管 VT 和蜂鸣器 HA。

IC1 的⑮脚是蜂鸣器驱动信号输出端。每次进行操作时, 它的⑮脚输出的蜂鸣器驱动信号都通过 R11 限流, 再经 VT 倒相放大, 驱动蜂鸣器 HA 鸣叫, 提醒用户该机已收到操作信号, 并且此次控制有效。

3. 进水控制电路

进水控制电路的核心元器件是 IC1、驱动块 IC2、继电器 K1、水位开关(传感器)、进水电磁阀、门开关, 辅助元器件是操作开关、过热保护器 ST3。电路见图 7-13 和图 7-15。

插好电源和水源, 按规定在洗涤剂盒内添加适量的洗涤剂, 再关好机门, 门开关 SQ 的触点受压闭合, 使 IC1 的④脚电位变为低电平, 被 IC1 识别后, 控制该机进入自动控制程序。由于桶内无水, 水位开关 SL1 的触点断开, SL2 的触点接通。SL2 的触点接通后, IC1 的③脚电位为低电平, 被 IC1 识别后它的⑮脚输出高电平控制信号, 该信号经 IC2 内的非门倒相放大后, 为继电器 K1 的线圈提供导通电流, K1 内的触点 K1-1 吸合, 为进水电磁阀的线圈供电, 使 YV1 的进水口被打开, 自来水通过 YV1 流入桶内, 随着注水的不断进行, 桶内的水位逐渐升高。当水位到达需要值后, 水位开关 SL1 的触点闭合, SL2 的触点断开。SL2 断开后, IC1 的③脚电位变为高电平, IC1 的⑮脚输出低电平控制信号, 通过 IC2 倒相放大后, 切断 K1 的线圈的供电回路, 它的触点 K1-1 释放, 电磁阀关闭进水口, 注水结束。

4. 洗涤控制电路

洗涤控制电路的核心元器件是 IC1、加热器、清洗电动机、继电器、驱动块 IC2、操作键、洗涤剂添加电磁阀、温控器, 辅助元器件有 IC3、指示灯。电路见图 7-13 和图 7-15。

注水结束后, IC1 的③脚电位为高电平, 由于 SL1 的触点闭合, IC1 的⑦脚电位为低电平, 进入待机状态。当按下启动/暂停键, 为 IC1 的⑧脚输入一个低电平的键控信号, 被 IC1 检测后它的⑬、⑭脚输出高电平控制信号。⑬、⑭脚输出的信号通过 IC2 内的非门倒相放大后, 接通继电器 K5、K4 的供电回路, 使它的触点 K5-1、K4-1 吸合。K5-1 吸合后, 加热器 EH 的供电回路接通, 开始对桶内的水进行加热。K4-1 吸合后, 洗涤剂电磁阀的供电回路接通, 该电磁阀打开阀门, 向水内注入适量的洗涤剂, 随后 IC1 的⑬脚输出低电平控制信号, 切断 K4 线圈的供电回路, 使洗涤剂电磁阀关闭。加热期间, IC1 的⑯脚输出加热指示灯控制信号, 使加热指示灯发光, 表明该机工作在加热状态。

随着加热的不断进行, 当水温达到 55℃后, 温控器 ST1 的触点断开。若低温控制开关被按下, IC1 的①脚电位为低电平, 则 IC1 的⑯脚输出低电平控制信号, 通过 IC2 倒相放大后, 切断 K5 的供电回路, K5-1 断开, 切断 EH 的供电回路, EH 停止加热, 随后 IC1 的⑰脚输出高电平控制信号, 通过 IC2 内的非门倒相放大, 为继电器 K3 的线圈供电, 使 K3-1 吸合, 为

清洗电动机供电，清洗电动机开始运转，使混有洗涤剂的热水沿空心轴进入喷嘴，通过喷嘴开始喷水。喷嘴在喷水的反作用力作用下开始旋转，水流全方位地喷到餐具上，将它们表面上的污物冲掉。洗涤结束后，IC1 的⑩脚输出高电平控制信号，经 IC2 内的非门倒相放大后，为 K2 的线圈供电，使 K2-1 接通后，为排水泵的电动机供电，打开排水泵的阀门，将污水排出。

随着排水的不断进行，低水位开关 SL1 的触点断开，使 IC1 的⑦脚电位变为高电平，IC1 的⑮脚再次输出高电平电压，控制继电器 K1 为进水电磁阀供电，使进水电磁阀再次注水。达到要求水位后，IC1 的⑰脚再次输出高电平电压，控制继电器 K3 为清洗电动机供电，再次进行洗涤。达到洗涤时间，再次排水。最后执行冲洗过程，排水 10s、进水 10s、排水 40s。

5. 过热保护电路

过热保护电路的核心元器件是过热保护器 ST3。电路见图 7-13。

当程控器的触点短路导致加热器加热温度过高，且温度达到 85℃后，ST3 的触点断开，切断市电输入，加热器停止工作，实现过热保护。

十、智能控制型豆浆机

下面以九阳 JYDZ-8 型智能控制型豆浆机为例介绍豆浆机的电路识图方法。该机由电源电路、控制电路、电动机、加热管等构成，如图 7-16 所示。

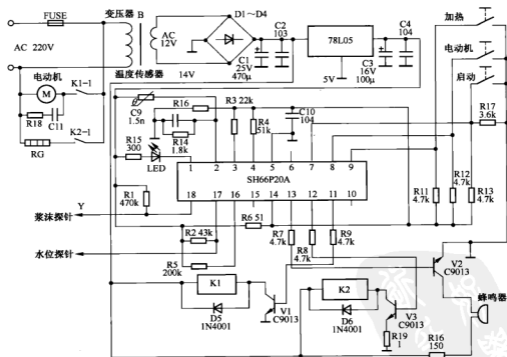


图 7-16 九阳 JYDZ-8 型豆浆机电路

1. 供电与待机电路

供电与待机电路的核心元器件是变压器 B，整流管 D1~D4，滤波电容 C1、C2，三端稳

压器 78L05 和微处理器 (CPU), 辅助元器件有 C2、C4、指示灯 LED。

接通电源, 220V 市电电压经变压器 B 降压后输出 12V 交流电压, 该电压通过 D1~D4 桥式整流, 再通过 C1、C2 滤波产生 14V 直流电压。14V 电压不仅为继电器的线圈和蜂鸣器供电, 而且经 78L05 输出 5V 电压, 经 C3、C4 滤波后, 加到 CPU (SH66P20A) 的⑩脚为它供电。CPU 获得供电后开始工作, 它的①脚电位为低电平, 5V 电压经 R15 为 LED 供电, 使它发光, 表明电源电路已工作。同时, CPU 的⑬脚输出的蜂鸣器驱动信号经 R7 限流, 再经 V2 倒相放大后, 使蜂鸣器发出“嘀”的一声, 表明该机进入待机状态。

2. 打浆电路

打浆电路的核心元器件是 CPU、启动键、放大管 V3、继电器 K2、温度传感器、加热管、电动机、浆沫探针 (防溢电极)。

(1) 自动打浆电路

杯内有水且在待机状态下, 按下启动键后, CPU 检测到⑦脚由高电平变成低电平, 从⑫脚输出高电平驱动信号, 该信号通过 R8 限流使 V3 导通, 为继电器 K2 的线圈提供电流, 使 K2 内的触点 K2-1 吸合, 加热管 RG 得到供电后开始加热。加热约 8min 后水温超过 84℃, 温度传感器的阻值减小, 为 CPU 的②脚提供的电压升高, CPU 将该电压值与内存存储的温度/电压数据进行比较, 判断加热温度达到要求后, 控制⑫脚输出低电平控制信号, ①脚输出高电平控制电压。⑫脚输出低电平控制信号后 V3 截止, 继电器 K2 的触点释放, 加热管停止加热。①脚输出的高电平控制电压经 R9 限流使驱动管 V1 导通, 继电器 K1 的线圈有电流, 它的触点 K1-1 吸合, 使电动机高速旋转, 开始打浆。经过四次 (每次时间为 15s) 打浆后, CPU 的⑩脚电位变为低电平, V1 截止, 电动机停转, 打浆结束。打浆结束后, CPU 的⑫脚再次输出高电平电压, K2 的触点吸合, 加热管继续加热, 一直加热至豆浆第一次沸腾, 浆沫上溢, 接触防溢电极, CPU 的⑬脚电位变为低电平, ⑫脚就输出低电平电压, V3 截止, 停止加热。当浆沫回落, 离开防溢电极后, CPU 的⑬脚电位又变为高电平, ⑫脚又输出高电平, 加热管又开始加热, 如此反复多次防溢延煮, 累计 15min 后 CPU 的⑫脚输出低电平, 停止加热。同时, ⑬脚输出脉冲信号, 经 V2 放大后驱动蜂鸣器报警, 并且控制①脚输出脉冲信号使指示灯闪烁发光, 提示用户自动打浆结束。



提示 电动机运转时间由 CPU⑩脚外接的 R2、C8 (图中未画) 充电时间常数来决定。

(2) 手动打浆电路

当需要单独加热时, 先按加热键, 预置加热程序, 再按一下启动键, CPU 相继检测到⑨、⑦脚为低电平后, 控制⑫脚输出高电平控制信号, 使 V3 导通, 继电器 K2 内的触点吸合, 电热管单独加热。当再次按加热键, CPU 检测到该信号后控制⑫脚输出低电平电压, 使 V3 截止, 停止加热。

当需要单独打浆时, 先按电动机键, 预置电动机工作次数, 再按一下启动键, CPU 相继检测到⑧、⑦脚为低电平后, 控制①脚输出高电平, V1 导通, 继电器 K1 的触点吸合, 电动机开始旋转, 执行打浆预置程序, 完成打浆后, 自动停止。

3. 防干烧保护电路

防干烧保护电路的核心元器件是水位探针、CPU。辅助元器件是放大管 V2、蜂鸣器。

当桶内无水或水量低于水位线,使水位探针接触不到水时,CPU的⑩脚电位变为高电平,⑬脚就输出报警信号,通过V2放大后使蜂鸣器长鸣报警,机器自动停止加热,防止加热器过热损坏,实现防干烧保护。

第二节 饮水机、热水器电路识图

一、智能单热式饮水机

下面以家乐仕饮水机为例介绍智能单热式饮水机电路的识图方法。家乐仕智能控制型饮水机电路如图7-17所示。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是降压元件R2、CV1,整流管D1~D4,滤波电容C1、稳压管DZ1。220V市电电压经电阻R1、电容CV1降压限流,通过D1~D4桥式整流,再经C1、C5滤波,稳压管VD5稳压后形成12V直流电压。该电压不仅为继电器供电,而且通过BG1、DZ2、R4组成的5V稳压器稳压输出5V电压。5V电压除了为微处理器(CPU)等电路供电,还通过R17限流使电源指示灯LED-P发光,表明电源电路已工作。

2. 微处理器电路

微处理器电路的核心元器件是微处理器IC1(CF745-04/P)、晶振XT1。

(1) CF745-04/P的引脚功能

CF745-04/P的引脚功能见表7-3。

表7-3 CF745-04/P的引脚功能

脚号	功能	脚号	功能
①	温控信号输入	⑩	加热指示灯控制信号输出
②	加热控制信号输出	⑪	定时控制信号输入
③	接地	⑫	开关机控制信号输入
④	5V供电	⑬	蜂鸣器驱动信号输出
⑤	接地	⑭	5V供电
⑥	再沸腾控制信号输入	⑮	外接振荡器
⑦	2h定时指示灯控制信号输出	⑯	外接振荡器
⑧	保温指示灯控制信号输出	⑰	4h定时指示灯控制信号输出
⑨	再沸腾指示灯控制信号输出	⑱	外接上拉电阻

(2) 微处理器基本工作条件电路

插好饮水机的电源线,待电源电路工作后,由其输出的5V电压经电容C2、C6滤波后,加到微处理器IC1的供电端④、⑭脚,为IC1供电。IC1得到供电后,它内部的振荡器与⑮、⑯脚外接的晶振XT1通过振荡产生4MHz的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作,并作为IC1输出各种控制信号的基准脉冲源。IC1在获得供电并产生时钟信号后,它内部设置的复位电路使存储器、寄存器等电路进行清零复位,待复位结束后IC1开始工作。

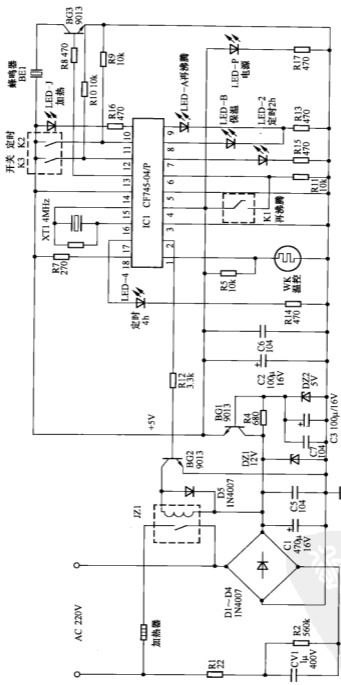


图 7-17 家乐仕智能控制型饮水机电路

3. 加热电路

加热电路的核心元器件是 IC1、按键 K3、三极管 BG2、继电器 JZ1、加热器，辅助元器件有指示灯。

当饮水机加水并通电后，按一下开关键 K3，信号被 IC1 识别后，IC1 从⑩脚输出低电平控制信号，从②脚输出高电平控制信号。⑩脚输出的低电平控制信号通过 R16 使加热指示灯 LED-J 发光，表明该机处于加热状态；②脚输出的高电平控制信号通过 R12 限流使驱动管 BG2 导通，继电器 JZ1 的线圈有导通电流，使它的触点吸合，加热器获得供电开始加热。罐内的水温随着加热器的不断加热而升高，当水烧开后，温控器 WK 的触点断开，使 IC1 的①脚输入高电平信号，IC1 识别后判断水已烧开，控制⑩、⑧脚输出高电平电压，控制②脚输出低电平电压。②脚输出的低电平电压使 BG2 截止，JZ1 的线圈无导通电流，它内部的触点释放，加热器停止加热；⑩脚输出高电平后使加热指示灯 LED-J 熄灭；⑧脚输出高电平电压后，通过 R13 限流使保温指示灯 LED-B 发光，表明该机进入保温状态。随着保温时间的延长，水的温度逐渐下降，当温度下降到一定值后，温控器 WK 的触点再次吸合，使 IC1 的①脚电位再次变为低电平，IC1 的②脚输出高电平，使加热器再次加热。重复以上过程，饮水机就可以为用户提供一定温度的热水。

保温期间，若按下再沸腾键 K1，信号被 IC1 识别后，IC1 从⑨脚和②脚输出高电平控制信号。如上所述，②脚输出高电平控制信号时加热器开始加热。⑨脚输出的高电平控制信号通过 R113 使再沸腾指示灯 LED-B 发光，表明该机处于再沸腾状态。再沸腾的时间通常为 1min，1min 后加热器停止加热。

4. 定时控制电路

该机具有定时功能，若按下定时键 K2 可在 2h、4h 两个时间段内进行选择，待达到所定的时间后自动关机，饮水机进入待机状态。

5. 蜂鸣器驱动电路

蜂鸣器驱动电路的核心元器件是蜂鸣器 BE1、三极管 BG3、IC1。

每次进行操作时，IC1 的⑬脚都输出蜂鸣器驱动信号。该信号通过 R8 限流、BG3 倒相放大，驱动蜂鸣器 BE1 鸣叫，提醒用户饮水机已收到操作信号，并且此次控制有效。

二、智能冷热式饮水机

下面以佳意 YSX-B202 型冷热式饮水机为例介绍智能冷热式饮水机电路的识图方法。该饮水机的电路由加热控制和制冷控制两部分构成，如图 7-18 所示。由于该机的加热电路比较简单，不再介绍，下面介绍制冷电路的识图方法。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是电源变压器 T、整流管 VD1~VD4、滤波电容 C1、稳压管 VD5、限流电阻 R1。

接通制冷开关 S1 后，220V 市电电压通过 S1 加到 T 的一次绕组，从它的二次绕组输出 12V 交流电压，再通过 VD1~VD4 桥式整流、C1 滤波产生 12.5V 左右的直流电压。12.5V 电压不仅为散热风扇电动机 M 和半导体制冷片 PN 供电，而且通过 R1 限流、C3 滤波、VD5 稳压产生 9.1V 电压。该电压不仅加到 IC (LM393P) 的供电端⑧脚，为它供电，而且通过 R4、R7 取样产生 4.5V 的取样电压，为 IC 的同相输入端③脚提供参考电压。

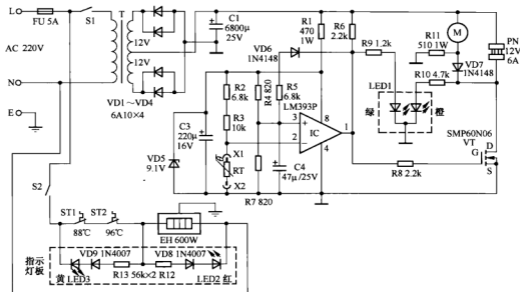


图 7-18 佳意 YSX-B202 型冷热饮水机的电气系统

2. 制冷电路

制冷电路的核心元器件是双电压比较器 IC 温度传感器（负温度系数热敏电阻）RT、场效应管 VT、半导体制冷片 PN。

因制冷初期冷水罐内的水温超过 15°C ，所以 RT 的阻值较大，9V 电压通过 R2、R3、RT 取样后的电压低于 4.5V，通过比较器比较后使 IC 的①脚输出高电平电压。该电压一路通过 R9 限流使 LED1 内的绿色发光二极管发光，表明该机处于制冷状态；另一路经 R8 限流使场效应管 VT 导通，接通 PN 的供电回路，使它开始为冷水罐制冷，而且通过 VD7 接通 M 的回路，使它开始运转，为 PN 散热。同时，LED1 内的橙色发光二极管因 VD7 导通而熄灭。随着制冷的不断进行，冷水罐的温度逐步下降，当冷水的温度达到 7°C ，RT 的阻值增大，为 IC 的②脚提供的电压超过 4.5V，IC 的①脚输出低电平电压，不仅使 LED1 内的绿色发光二极管熄灭，而且使 VT 截止。VT 截止后，不仅使 PN 停止制冷，而且使风扇电动机 M 不再高速运转。此时，12.5V 电压通过 M 和 R11 构成的回路使 M 低速运转，继续为 PN 散热，并且 R11 两端产生的压降通过 VD7、R10 使 LED1 内的橙色发光二极管发光，表明该机处于保温状态。随着保温的不断进行，冷水罐的温度逐步升高，当冷水的温度升高到 15°C ，饮水机再次进入制冷状态。

三、智能型电热水器

下面以比德斯智能型电热水器为例介绍智能型电热水器电路的识图方法。比德斯智能型电热水器是德国产的全自动型电热水器，采用双胆结构，冷热水隔离，提高了热水使用率，电路上采用了电脑控制和液晶显示技术，具有防漏电、过热、干烧保护功能。该机的电源电路如图 7-19 所示，控制电路如图 7-20 所示。

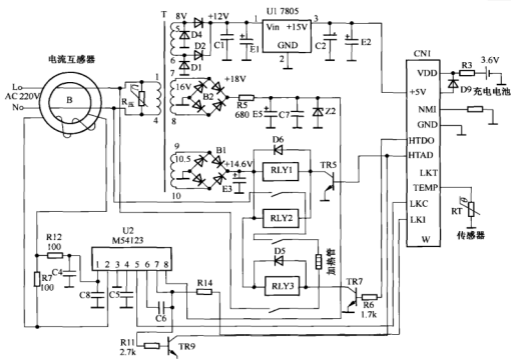


图 7-19 比德斯智能型电热水器电源电路

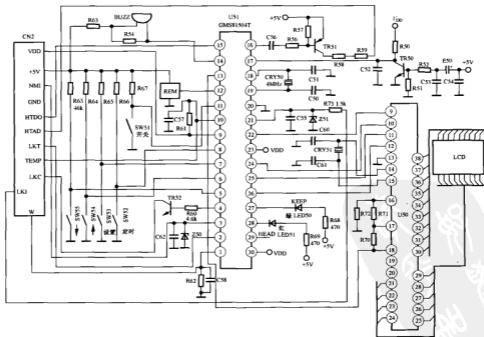


图 7-20 比德斯智能型电热水器控制电路

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 T、整流管 D1~D4、整流堆 B1 和 B2、滤波电容 E1~E3、E5、稳压器 U1 (7805)，如图 7-19 所示。

该机通上市电电压后，220V 市电电压经 T 降压，产生 8V、16V 和 10.5V（与市电电压高低成正比）三种交流电压。其中，8V 交流电压通过 D1~D4 组成的桥式整流堆整流，C1、E1 滤波产生 12V 直流电压，该电压再经 5V 稳压器 U1 稳压输出 5V 电压，不仅通过隔离二极管 D9 为 3.6V 电池充电，而且通过连接器 CN1 为微处理器（CPU）等电路供电；16V 交流电压通过整流堆 B2 桥式整流产生 18V 直流电压，再通过 R5 限流、Z2 稳压产生 12V 直流电压，该电压经 C7、E5 滤波后加到芯片 U2（M54123）的④脚为它供电；10.5V 交流电压通过整流堆 B2 桥式整流、E2 滤波产生 14.6V 直流电压，该电压为继电器 RLY1~RLY3 的线圈供电。

市电输入回路的 R_压 是压敏电阻，它的作用是防止市电电压过高损坏变压器 T 等器件。市电升高时，R_压 击穿，使用户家的熔断器熔断或低压断路器跳闸，切断市电输入，实现市电过电压保护。

2. 微处理器电路

该机的微处理器电路主要由微处理器 U51(GMS81504T)及其外围元器件组成，如图 7-20 所示。

(1) GMS81504T 的主要引脚功能

GMS81504T 的主要引脚功能见表 7-4。

表 7-4 GMS81504T 的主要引脚功能

脚号	功能	脚号	功能
④	控制信号输出	⑩	复位信号输入
⑤~⑧、⑪	操作信号输入	⑬、⑭	外接振荡器
⑨、⑳、㉑	供电	㉒	接地
⑬	温度检测信号输入	㉓	漏电保护信号输入
⑫	遥控信号输入	㉔、㉕~㉖、⑬	显示屏驱动信号输出
⑭	蜂鸣器驱动信号输出	㉗	保温指示灯控制信号输出
⑮	加热控制信号输出	㉘	加热指示灯控制信号输出
⑯	加热使能控制信号输出		

(2) 微处理器基本工作条件电路

微处理器基本工作条件电路的核心元器件是微处理器 U51、复位管 TR50、复位电容 E50、电阻 R50~R52、晶振 CRY51。电路见图 7-20。

① 5V 供电。插好热水器的电源线，待电源电路工作后，由其输出的 5V 电压经 D9 降压产生供电电压 V_{DD}，该电压加到 U51 的供电端⑨、⑳、㉑脚，为 U51 供电。

② 复位。该机的复位电路由 U51 和三极管 TR50、电容 E50、R50~R52 等元器件构成。开机瞬间，由于 5V 电源电压通过 E50、R52、R51 构成充电回路，充电电流在 R51 两端建立的电压超过 0.6V，TR50 导通，为 U51 的⑩脚提供低电平复位信号，使 U51 内的存储器、寄存器等电路清零复位。随着 E50 两端电压的逐渐升高，充电电流逐渐消失，

TR50 截止，5V 电压通过 R50 为 U51 的⑩脚提供高电平电压，使 U51 内部电路复位结束，开始工作。

③ 时钟。U51 得到供电后，它内部的振荡器与⑩、⑪脚外接的晶振 CRY50 和移相电容 C50、C51 通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部件的工作，并作为 U51 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(3) 操作键电路

操作键电路的核心元器件是 U51、操作键 SW51~SW55。

操作键 SW51~SW55 接在 U51 的⑤~⑧及⑩脚上。其中，SW51 是开关键，用于控制电热水器的工作和关闭；SW52 是定时键，用来控制进入/退出定时状态，并选择定时时间；SW53 是设置键，用于选择及确认设置参数；SW54 是数据增加键；SW55 是数据减少键。

(4) 液晶显示电路

液晶显示电路的核心元器件是 LCD 和驱动芯片 U50、U51，晶振 CRY51。

进行操作时，U51 从⑬、⑭~⑯脚输出屏显驱动信号。这些信号加到 U50 的⑬、⑭~⑯脚，被 U50 解码、放大后，从 U50 的⑰~⑱脚输出驱动信号，驱动 LCD 显示时间、温度等数值。U50 内的振荡器和晶振 CRY51，以及移相电容 C60、C61 通过振荡产生时钟信号，供显示屏电路使用。

(5) 蜂鸣器电路

蜂鸣器电路的核心元器件是蜂鸣器 BUZZ、U51。

每次进行操作时，U51 的⑲脚都输出蜂鸣器驱动信号，驱动蜂鸣器 BUZZ 鸣叫，提醒用户电热水器已收到操作信号，并且此次控制有效。

3. 加热电路

加热电路的核心元器件是加热管、继电器 RLY1~RLY3、三极管 TR5 和 TR7、传感器 RT（负温度系数热敏电阻），辅助元器件有指示灯、显示屏等。电路见图 7-19 和图 7-20。

当该机加水并需要加热时，被 U51 识别后，从⑮脚输出高电平控制信号，从⑯脚输出低电平控制信号，从⑰脚输出低电平脉冲信号。⑯脚输出的低电平控制信号使红色发光二极管 LED51 发光，表明该机处于加热状态；⑮脚输出的高电平控制信号经连接器 CN2/CN1 的 HTDO 端子输出到电源板，再经 R6 限流使 TR7 导通，为继电器 RLY3 的线圈提供导通电流，使 RLY3 的触点吸合，接通加热管的一根供电线路；⑰脚输出的低电平脉冲信号通过 C56、R56 耦合，使 TR5 导通，为继电器 RLY1、RLY2 的线圈提供导通电流，使它们的触点吸合，接通加热管的另一根供电线路，使加热管开始加热，致使罐内的水温逐渐升高。当水温达到设置的温度后，传感器 RT 的阻值减小，通过连接器 CN1/CN2 的 TEMP 端子进入控制板，使 U51 的⑩脚电位下降，当 U51 的⑩脚输入的电压值与 U51 内部存储的某个电压值相同时，U51 通过比较就可以算出传感器感应的实际温度，也就是内胆水的温度，控制⑮、⑯脚输出低电平控制信号，⑰脚输出高电平电压。⑰脚输出高电平控制信号后，LED51 熄灭，⑮脚输出低电平控制信号，驱动管 TR7 截止，继电器 RLY3 的线圈无导通电流，它内部的触点释放，加热管停止加热；⑰脚输出低电平控制信号使保温指示灯 LED50 发光，表明该机进入保温状态。随着保温时间的延长，水的温度逐渐下降，当温度下降到一定值后，RT 的阻值增大，使 U51 的⑩脚电位升高，

被 U51 识别后, 控制该电热水器再次进入加热状态。重复以上过程, 电热水器就可以为用户提供热水。

4. 漏电保护电路

漏电保护电路的核心元器件是电流互感器 B、芯片 U2、TR9、U51。电路见图 7-19 和图 7-20。

当该机因加热管破裂等原因发生漏电时, 电流互感器 B 的一次电流矢量和不再为 0, 它的二次侧感应出电压, 经 R12、C4、R7 整形后加到 U2 的①、②脚, 被 U2 处理后, ⑦脚输出高电平控制信号。该信号一路通过 R11 使 TR9 导通, 使 TR5 截止, 继电器 RLY1、RLY2 的线圈无导通电流, 其内部的触点释放, 切断加热管的供电回路, 加热管停止加热; 另一路通过 R14 限流, 再经连接器 CN1/CN2 的 LKT 端子进入控制板, 该信号通过 R73 限流, 加到 U51 的②脚, 被 U51 识别后, U51 不仅控制⑮脚、⑯脚输出停止加热的信号, 而且从⑭脚输出蜂鸣器驱动信号, 使蜂鸣器发出 12 声的鸣叫报警, 而且控制显示屏显示故障代码“E3”, 提醒用户该机进入漏电保护状态。

5. 过热、干烧保护

过热、干烧保护电路的核心元器件是传感器 RT、U51。电路见图 7-20。

当该机因内胆内的水不足, 导致加热管的加热温度过高时, 传感器 RT 的阻值大幅度减小, 该信号通过连接器 CN1/CN2 的 TEMP 端子进入控制板, 加到 U51 的⑩脚, 被 U51 识别后, 不仅控制⑮脚、⑯脚输出停止加热的信号, 而且从⑭脚输出蜂鸣器驱动信号, 使蜂鸣器发出 12 声鸣叫报警, 同时控制显示屏显示“E4”或“E5”的故障代码, 提醒用户该机进入干烧或过热保护状态。



提示 显示“E4”说明进入防干烧保护状态, 显示“E5”说明进入过热保护状态, 此时 U51 识别出的加热温度为 91℃。另外, 该机为了防止传感器异常导致加热不正常, 还设置了传感器异常保护功能, 当传感器 RT 异常, 为 U51 的⑩脚提供的电压异常, U51 判断 RT 异常后, 会控制该机进入传感器异常保护状态, 并通过显示屏显示故障代码“E2”, 通过蜂鸣器鸣叫 12 声来提醒用户。

第三节 加湿器、电风扇电路识图

一、超声波加湿器

典型的超声波加湿器电路以振荡器、换能器、干簧管、变压器、风机为核心构成, 如图 7-21 所示。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 T1、整流管 D1~D4、滤波电容 C1、开关 S1, 辅助元器件有熔断器 F1、F2。

接通开关 S1 后, 市电电压通过 F1、S1 输入, 第一路通过 R4 限流, 使电源指示灯 N1 发光, 表明该机已输入市电电压; 第二路为风扇电动机供电, 使它开始运转; 第三路通过变压器 T1 降压输出 38V 交流电压, 再经 D1~D4 整流、C1 滤波产生 38V 直流电压。38V 电压

通过 R3 限流、D7 稳压产生 18V 电压。

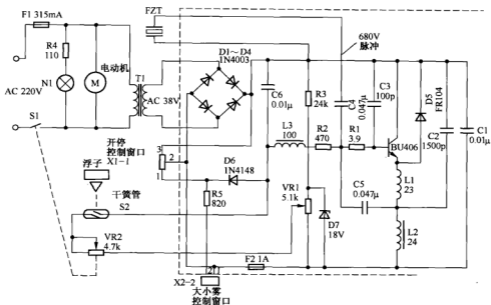


图 7-21 典型超声波加湿器电路

2. 喷雾电路

喷雾电路的核心元器件是变压器振荡管 BU406、换能器 FZT、整流管 D1~D4，滤波电容 C1、开关 S1、电位器 VR1，辅助元器件有熔断器 F1、F2。

38V 电压为换能器 FZT 和振荡管 BU406 供电，同时 18V 电压经 VR1、VR2、S2、L3、R2、R1 加到 BU406 的基极，使 BU406 开始导通，在 L2、C3、R1、C2、C5 帮助下，BU406 工作在 1.6MHz 的高频振荡状态。该振荡脉冲使换能器 FZT 产生高频振动，最终使水雾化，实现加湿的目的。

调节 VR2 可改变 BU406 的基极电流，也就可以改变振荡器输入信号的放大倍数，控制了换能器的振荡幅度，实现加湿强弱的控制。

VR1 是电位器，用于设置最大雾量和整机功率。

3. 无水保护电路

无水保护电路的核心元器件是干簧管和带磁铁的浮子。干簧管 S2 置于水池中的一个竖直的空心立柱内，立柱上套有一个环形浮子（浮漂），它内部有磁铁。加水后，浮子在水的浮力作用下上升到干簧管，使干簧管的两簧片闭合，BU406 的基极有导通电压输入，加湿器正常使用。如水过少，浮子落下，干簧管的两簧片断开，BU406 没有导通电压输入，电路停振，避免了 BU406、换能器等元器件损坏，实现了无水保护。

二、智能控制型电风扇

下面以 TCL TS-D40B 型遥控落地式电风扇电路为例介绍智能控制型电风扇电路的识图方法。该电风扇电路由电源电路、微处理器（CPU）电路、电动机供电电路等构成，如图 7-22 所示。

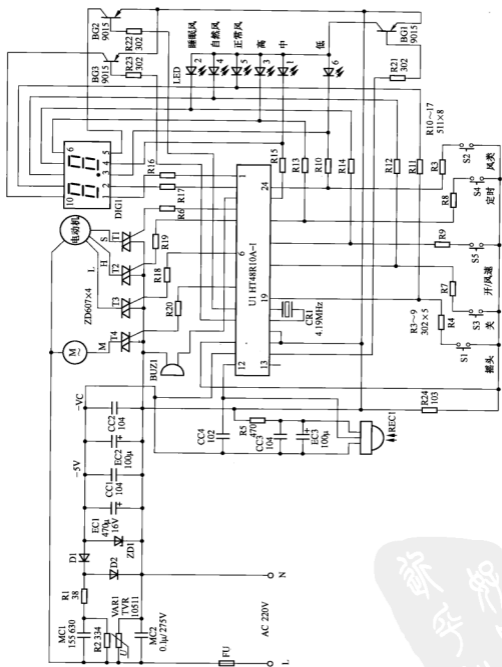


图 7-22 TCL TS-D40B 型速控落地式电风扇电路



1. 电源电路

电源电路的核心元器件是降压电容 MC1、MC2，限流电阻 R1，整流管 D1，稳压管 ZD1，滤波电容 EC2，辅助元器件是 FU、CC1、CC2、R2、VAR1。

将电源线插入市电插座后，220V 市电电压经熔断器 FU 进入电路板，一方面经双向晶闸管为电动机供电；另一方面经 R1、R2、MC1 降压，利用 D1 半波整流，EC1 滤波，ZD1 稳压产生 -5V 直流电压，通过 EC2、CC1、CC2 滤波后，加到微处理器 U1（HT48R10A-1）的⑫脚和遥控接收电路 REC1 的供电端（实为接地端，它们的供电端接地），为它们供电。

市电输入回路的 VAR1 是压敏电阻，它的作用是防止市电电压过高损坏电动机等元器件。市电升高时，VAR1 击穿，使熔断器 FU 熔断，切断市电输入回路，实现市电过电压保护。

2. 微处理器电路

微处理器电路的核心元器件是微处理器 U1（HT48R10A-1）、晶振 CR1。

（1）HT48R10A-1 的引脚功能

HT48R10A-1 的引脚功能见表 7-5。

表 7-5 微处理器 HT48R10A-1 的引脚功能

脚号	功能	脚号	功能
①	数码管驱动信号输出	⑬	悬空
②	数码管驱动信号输出	⑭	指示灯供电控制信号输出
③	蜂鸣器驱动信号输出	⑮	供电（该机接地）
④	主电动机中速控制信号输出	⑯	供电（该机接地）
⑤	主电动机高速控制信号输出	⑰	外接 4.19MHz 晶振
⑥	主电动机低速控制信号输出	⑱	外接 4.19MHz 晶振
⑦	摇头电动机驱动信号输出	⑲	摇头控制信号输入/指示灯控制信号输出
⑧	数码管驱动信号输出	⑳	关机控制信号输入/指示灯控制信号输出
⑨	数码管驱动信号输出	㉑	开机、风速调整信号输入/指示灯控制信号输出
⑩	键扫描信号输出	㉒	定时控制信号输入/指示灯控制信号输出
⑪	接地（该机接 -5V 供电）	㉓	数码管驱动信号输出
⑫	遥控信号输入	㉔	风类控制信号输入/指示灯控制信号输出

（2）时钟振荡电路

参见图 7-22，微处理器 U1（HT48R10A-1）得到供电后，它内部的振荡器与⑰、⑱脚外接的晶振 CR1 通过振荡产生 4.19MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 U1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

（3）遥控接收电路

遥控接收电路的核心元器件是遥控接收电路 REC1、微处理器 U1。

遥控器发射来的红外信号被 REC1 进行选频、放大、解调，输出符合 U1 内解码电路要求的脉宽数据信号。再经 U1 解码后，U1 就可以识别出用户的操作信息，再通过相应的端子输出控制信号，使电风扇工作在用户所需要的状态。

（4）操作键电路

操作键电路的核心元器件是微处理器 U1、操作键 S1~S5。

U1⑩~⑭脚是按键操作信号输入端。按 S5 键不仅可以控制电风扇工作，而且可以改变风速；电风扇工作期间，按 S1 键控制风扇是否摇头；按 S3 键可以关机。

(5) 显示电路

该电路的核心元器件是微处理器 U1、数码管、三极管 BG2 和 BG3、指示灯。

电风扇工作期间，由指示灯 LED1~LED5 表明电风扇的风速、风型，利用数码管显示定时时间。当按压面板上的定时键 S4 后，U1 的⑳脚输入定时控制信号，就可以设置定时的时间。定时期间，U1 通过㉑~㉒脚输出笔段驱动信号，通过㉓、㉔脚输出个位、十位选通信号，通过 BG2、BG3 放大后，使数码管显示时间等信息。



提示 每按压一次定时键，定时时间会递增 30min，最大定时时间为 7.5h。

(6) 蜂鸣器控制电路

微处理器 U1 的⑳脚是蜂鸣器驱动信号输出端。每次进行操作时，U1 的⑳脚都输出蜂鸣器驱动信号，驱动蜂鸣器 BUZ1 鸣叫一声，提醒用户电风扇已收到操作信号，并且此次控制有效。

3. 摇头电动机电路

摇头电动机电路的核心元器件是微处理器 U1、摇头电动机 M（采用的是同步电动机）、摇头控制键 S1 和双向晶闸管 T4。

按摇头操作键 S1，U1 的⑱脚输入摇头控制信号，被 U1 识别后，U1 的⑰脚输出低电平控制信号。该信号通过 R20 触发双向晶闸管 T4 导通，为摇头电动机 M 供电，使电动机 M 低速旋转，实现 90° 送风。关闭摇头功能时，若再按 S1 键，被 U1 识别后，会使 T4 截止，电动机 M 停转，电风扇工作在定向送风状态。

4. 主电动机电路

主电动机电路的核心元器件是微处理器 U1、主电动机（采用的是电容运转电动机）、风速键 S5 和双向晶闸管 T1~T3。

按风速键 S5，使 U1 的㉑脚输入风速调整信号，U1 的⑧、④、⑤脚依次输出低电平控制信号，使电动机按低、中、高三种风速循环运转，同时控制相应的指示灯发光，表明电动机旋转的速度。

当 U1④、⑤脚输出高电平信号时，双向晶闸管 T1、T2 截止，而⑧脚输出的低电平信号通过 R20 触发双向晶闸管 T4 导通，为主电动机的低风速抽头供电，于是电动机在运转电容的配合下低速运转。同理，若按风速键 S5 使 U1 的④、⑥脚输出高电平信号，而⑤脚输出低电平信号，通过 R19 触发 T2 导通，为电动机的高速抽头端子供电，使电动机高速运转；若 U1 的⑤、⑥脚输出高电平信号，而④脚输出低电平信号，使 T1 导通，电动机中速运转。

5. 风类控制电路

微处理器 U1 的㉒脚为风类调整信号输入端。当按压面板上的“风类”键 S2 后，U1 的㉒脚输入风类控制信号，就可以选择电风扇的工作模式。依次按压该键时，会控制转叶扇轮流工作在正常风、自然风、睡眠风三种模式。同时，U1 还会控制相应的风类指示灯发光，提醒用户该机工作的风类。

第四节 电动车充电器、控制器电路识图

一、电动车充电器

充电器主要的作用是为蓄电池补充电能。它的性能好坏不仅决定充电时间的长短，而且还决定蓄电池的使用寿命。因此，它被称为电动车电气系统的“四大件”之一。下面以图 7-23 所示的 TL494、LM358 构成的充电器为例介绍电动车充电器电路的识图方法。

1. 市电滤波及变换电路

市电滤波及变换电路的核心元器件是互感线圈 L1、整流管 D1~D4、滤波电容 C1~C4，辅助元器件是熔断器 F1、限流电阻 RT1。

按下启动按键 AN，市电电压经 F1 送到由 C1、C2 和互感线圈 L1 组成的线路滤波器滤除市电网中的高频干扰脉冲，同时也可以防止开关电源产生的高频干扰脉冲窜入市电网，影响其他用电设备的正常工作，随后再通过 D1~D4 组成的整流堆桥式整流，由 C3、C4 滤波，在 C3 两端建立 310V 左右的直流电压。

限流电阻 RT1 是负温度系数热敏电阻，它可在开机瞬间限制 C3 因充电产生的冲击大电流。

2. 功率变换器

该变换器采用了自激启动、他激工作方式。自激式启动电路的核心元器件是开关管 V1、V2 和电阻 R2~R8，以及变压器 T1 和 T2 等，他激式电路的核心元器件是 PWM 控制芯片 IC1 (TL494)、R26、C14。由于 IC1 的⑬脚接 5V 电压，所以 IC1 的输出方式被设置为双端输出。

接通电源瞬间，由市电变换电路产生的 300V 电压不仅加到 V1 的集电极，而且通过启动电阻 R2 和限流电阻 R3 限流后加到 V1 的基极，为 V1 的发射结提供启动电流使它导通。V1 导通后，300V 电压通过 V1 的集电极和发射极、激励变压器 T2 的 2-4 绕组、开关变压器 T1 的 1-2 绕组、C4 到地构成回路，回路中的电流不仅为 C4 提供能量，而且在 T1 的一次绕组上产生②脚正、①脚负的电动势，在 T2 的 2-4 绕组上产生②脚正、④脚负的电动势，使 T2 的 1-2 绕组产生①脚正、②脚负的感应电动势，它的 3-5 绕组产生③脚正、⑤脚负的电动势。3-5 绕组的电动势使开关管 V2 截止，1-2 绕组输出的脉冲电压通过 C7、R3 加到 V1 的基极，使 V1 在正反馈雪崩过程的作用下进入饱和导通状态，随后使 V1 和 V2 工作在自激振荡状态。V1 和 V2 工作在自激振荡状态后，T1 的二次绕组输出的脉冲电压经 D9 和 D10 全波整流、C9 滤波产生直流电压。

C9 两端的 24V 电压不仅通过 R19 为驱动电路供电，而且加到电源控制芯片 IC1 供电端⑫脚。IC1 的⑫脚获得供电后，它内部的基准电源形成 5V 电压，该电压不仅从⑭脚输出，而且为 IC1 内部的振荡器、触发器、比较器、误差放大器等电路供电。振荡器获得供电后，它与⑤脚、⑥脚外接的定时元件 C14、R26 通过振荡产生锯齿波脉冲电压。该锯齿波脉冲作为触发信号，控制 PWM 比较器产生矩形激励脉冲，再经 RS 触发器产生两个极性相反、对称的激励信号，通过驱动电路放大后从 IC1 的⑧脚和⑩脚输出。从 IC1 ⑧脚和⑩脚输出的激励脉冲通过 V4 和 V3 放大后，再经 T2 耦合，驱动开关管 V1 和 V2 交替导通，从而使开关管进入他激式工作状态。开关电源进入稳定的他激式工作状态后，T1 二次绕组输出的脉冲电压经整流、滤波后为它的负载供电。其中，4-5 和 4-6 绕组输出的脉冲电压通过 D15 和 D16 全波整流，在 C9 两端产生稳定的 24V 的直流电压，第一路为 IC1 供电；第二路为自动断电控制电路供电；第三路为继电器 J 供电；

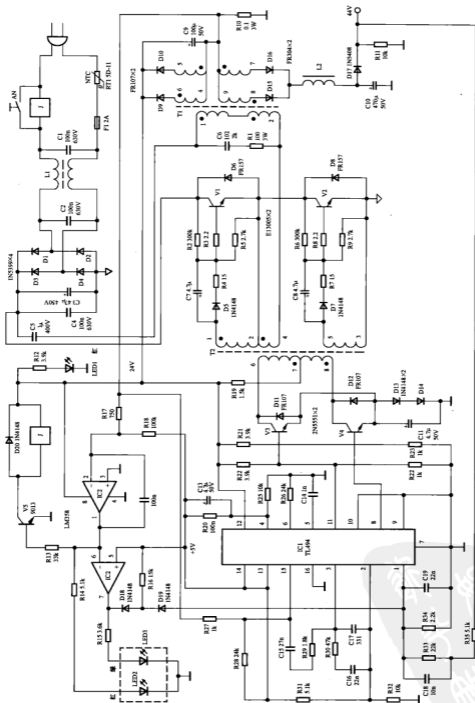


图 7-23 TL494、LM358 构成的电动车充电器电路

第四路通过 R12 使电源指示灯 LED1 发光, 表明该充电器已开始工作。9-7 和 9-8 绕组输出的脉冲电压通过 D15 和 D16 全波整流, 在 C10 两端产生稳定的 44V 直流电压, 该电压通过隔离二极管 D17 不仅为蓄电池充电, 而且为 IC1 的误差放大器提供取样电压。

V1~V4 的集电极、发射极两端并联的 D6、D8、D11、D14 是阻尼二极管, 以保护 V1~V4 不被过高的反向电压击穿; D12 和 D13 组成温度补偿电路, 以免温度变化影响 V3、V4 的工作状态, 最终给 V1 和 V2 带来危害; T1 一次绕组上并联的 C6 和 R1 用作阻尼, 以免 T1 进入多谐振荡状态。D5、R4 和 D7、R7 是 C7 和 C8 的钳位电路, 并且在开关管截止期间为 C7 和 C8 提供快速放电回路, 以便 C7 和 C8 在下个振荡周期继续为开关管提供激励回路。

3. 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是取样电阻 R33~R35、芯片 IC1、隔离二极管 D17。

当市电电压降低或负载较重引起 D17 负极电压下降时, 该电压通过 R35、R33 和 R34 取样后的电压下降, 通过 IC1 的①脚使 IC1 内部的误差放大器 1 的同相输入端电压下降, 而反相输入端②脚输入的参考电压保持不变, 经 IC1 内的误差放大器、PWM 电路处理后, 使 IC1③脚、④脚输出的激励脉冲占空比增大, 开关管 V1 和 V2 导通时间延长, 开关变压器 T1 存储的能量增大, 开关电源输出电压升高到正常值, 实现稳压控制。若开关电源输出电压升高时, 控制过程相反。

IC1④脚输出 5V 电压通过 R31 和 R32 分压后, 作为参考电压加到 IC1②脚。

4. 充电、显示控制电路

该充电器的充电、显示控制电路由 IC1 内的误差放大器 1、误差放大器 2 和 IC2(LM358)、取样电阻 R10、双色发光二极管 LED2 和 LED3 等元器件构成。由于 R10 串联在开关变压器 T1 的二次绕组和地之间, 所以充电期间会在 R10 两端产生下正、上负压降。这个压降不仅通过 R17 加到 IC2 的反相输入端②脚, 而且通过 R27 加到 IC1 的⑤脚, 同时 IC1④脚输出的 5V 电压经 R28 也加到 IC1 的⑤脚。

为能量不足的蓄电池充电时, 开关电源的负载较重, 在稳压控制电路的控制下, 开关管导通时间较长, 充电电流较大, 为蓄电池快速充电, 同时在 R10 两端建立的压降(负压)较高; 一方面使 IC1 的⑤脚输入微弱的负电压, 致使 IC1 内的误差放大器 2 输出高电平控制信号, 将 IC1③脚和④脚输出的激励脉冲的占空比限制在一定范围内, 以免开关管过电流损坏; 另一方面因 IC2 的③脚接地, 电压恒定为 0, 所以 IC2②脚输入负压后它的①脚输出高电平控制电压。该电压第一路通过 R13 使 V5 导通, 继电器 J 的驱动线圈有导电电流流过, 于是驱动线圈产生的磁场使它内部的触点吸合, 取代按键开关 AN 为充电器供电; 第二路通过 R14 限流, 使双色发光二极管内的红色发光二极管 LED2 发光, 表明充电器工作在恒流充电状态; 第三路使 IC2 的⑥脚输入高电平, 致使 IC2 的⑦脚输出低电平电压, 绿色发光二极管 LED3 因无导电电压而不能发光。

随着恒流充电状态的不进行, 蓄电池两端的电压逐渐升高, 充电电流大幅度减小, R10 产生的压降使 IC1 的⑤脚电位由负压升高到 0, IC1 内的误差放大器 2 不再影响激励脉冲的占空比, 但仍有一定压降使 IC2 的①脚输出高电平, 红色充电指示灯仍发光, 此时开关电源在稳压控制电路的作用下, 使输出电压升高并保持稳定, C15 两端电压为 44V, 充电器进入恒压充电阶段。

在恒压充电阶段随着蓄电池所充电压的不断增长, 充电电流进一步减小。当电流减小到转折电流后, 在 R10 两端产生的压降减小, 于是 IC1④脚输出的 5V 电压通过 R18 使 IC2②脚输入电压高于③脚电位(参考电压)时, IC2 的①脚输出低电平控制电压, 不仅使红色发光

二极管 LED2 因无导通电压而熄灭，而且使 V5 截止，继电器 J 的线圈因无导通电流而不能形成磁场，致使 J 内的触点释放，切断市电输入回路，充电器停止工作，避免了蓄电池因过充电而影响使用寿命。通过以上分析可知，该充电器无涓流充电方式。

5. 保护电路

(1) 过电流保护电路

当蓄电池或整流管 D15、D16、C10 等元器件异常使 R10 两端的负压过大时，通过 R27 使 IC1⑮脚输入的负压过大，被 IC1 内部电路处理后，使 IC1 的⑧、⑩脚不能输出激励脉冲，开关管停止工作，避免了开关管因过电流损坏。

(2) 软启动控制电路

IC1④脚外接的 C13 是软启动控制电容。开机瞬间因 C13 两端电压为 0，所以 IC1④脚输出的 5V 基准电压通过 C13 和 R25 构成充电回路，在 R25 两端建立一个由高到低的电压。该电压通过 IC1 的④脚输入，通过比较器处理后使⑧脚和⑩脚输出的激励脉冲占空比由小逐渐增大到正常，避免了开关管在开机瞬间过激励损坏，实现软启动控制。

(3) 欠电压保护电路

若 IC1 供电端⑫脚输入的电压低于 7V 时，它内部的欠电压保护电路动作，使 IC1 停止工作，实现欠电压保护。

二、电动车控制器

控制器的全称是电机驱动控制器，它的作用就是驱动电动机旋转。它性能的好坏直接影响电动车的性能，所以它也被称为电动车电气系统的“四大件”之一。下面以奥文 WML36-180G 型无刷控制器为例进行介绍。该控制器由 PWM 控制芯片 MC33033DW、半桥式驱动器 IR2103、双电压运算放大器 LM358 构成，如图 7-24 所示。其中，MC33033DW 用于 PWM 脉冲形成、控制，半桥式驱动器 IR2103 用于信号驱动，LM358 用于制动控制和欠电压取样信号放大。

1. 15V 供电电路

15V 供电电路的核心元器件是 C1~C6、D15、R1、三端稳压器 IC6 (7815)、锁开关。

接通锁开关后，36V 蓄电池盒输出的电压通过 C1 和 C2 滤波后，第一路为功率管供电；第二路为蓄电池欠电压保护电路供电；第三路通过防反接二极管 D15 隔离、R1 限流、C3 和 C4 滤波后，加到 IC6 的供电端，经它稳压输出 15V 电压，经 C5、C6 滤波后不仅为 IC1~IC5 供电，而且通过取样后为 IC5 提供参考电压。

2. 激励脉冲电路

激励脉冲电路的核心元器件是 IC1、R9、C22、R10。

由电源电路产生的 15V 电压加到 IC1④脚，为它内部的基准电压形成电路等电路供电，它内部的基准电压形成电路产生的 6.25V 基准电压从⑦脚输出，通过 R10 限流得到 5V 电压。5V 电压不仅为电动机内的霍尔集成电路和转把内的霍尔集成电路供电，而且为它内部的振荡器、PWM 脉冲形成等电路供电。IC1 内的振荡器得到供电后，与⑧脚外接的定时元件 R9、C22 通过振荡产生锯齿波脉冲，该脉冲作为触发信号控制 PWM 脉冲形成电路 (RS 触发器) 产生三个高端驱动脉冲和三个低端驱动脉冲，低端驱动脉冲从 IC1①脚、②脚、⑩脚输出，高端驱动脉冲从⑮脚~⑰脚输出。

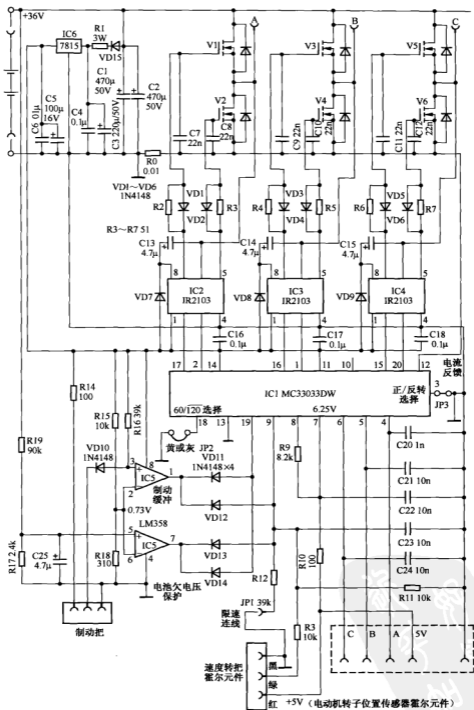


图 7-24 奥文 WML36-180G 型无刷控制器电路

3. 驱动电路

电动机三相绕组驱动电路的核心元器件是三块半桥式放大器 IC2~IC4 (IR2103)。由于三路绕组驱动电路构成相同,所以下面以 IC2 为核心构成的驱动电路为例进行介绍。

由 IC1②脚和①脚输出的低端激励信号和高端激励信号经 IC2 内的缓冲放大器放大,再经半桥式功率放大器放大后从⑤脚和⑦脚输出。当⑤脚输出的激励脉冲为低电平、⑦脚输出的激励脉冲为高电平时,⑤脚的低电平脉冲使 VD2 导通,致使功率管 V2 迅速截止,以免存储效应引起 V2 因关断损耗大而损坏;⑦脚输出的高电平脉冲通过 R2 使功率管 V1 导通, V1 导通后,由它 S 极输出的电压为电动机绕组供电。当⑤脚输出的激励脉冲为高电平、⑦脚输出的激励脉冲为低电平时,⑦脚的低电平脉冲使 VD1 导通,致使功率管 V1 迅速截止,以免存储效应引起 V1 因关断损耗大而损坏,⑤脚输出的高电平脉冲通过 R3 使功率管 V2 导通。V2 导通后,电动机绕组通过它到地形成导通电流,从而为绕组提供不同方向的驱动,使其产生磁场,驱动转子旋转,实现电动机驱动。

为了确保高端驱动管能够正常工作, IC2 还为高端驱动管设置了自举升压型供电电路。该电路由 VD7、C13 和功率管构成。功率管 V1 截止、V2 导通期间 15V 电压通过隔离二极管 VD7 对升压电容 C13 充电,在 C13 两端建立 14.3V 左右的电压;当功率管 V2 截止后, C13 两端存储的电压与来自蓄电池盒的电压叠加后,就能为 V1 的 G 极提供高于它 D 极 14.3V 左右的驱动电压。

4. 相序控制和功率放大电路

相序控制和功率放大电路的核心元器件是 IC1 内的转子定位解码器、电动机内部的霍尔集成电路、六只大功率场效应管 V1~V6。

当 IC1 工作后,由它输出的激励信号驱动电动机旋转。电动机旋转后,电动机内的三个开关型霍尔元件产生位置传感脉冲信号,它们通过 C20、C21 和 C24 滤除干扰脉冲后,从 IC1④脚~⑥脚输入到定子定位解码器,由该解码器处理后即可确保 IC1 输出的激励信号相位准确,再通过驱动电路 IC2~IC4 放大后,就可按规定顺序使功率管 V1~V6 工作在开关状态。V1~V6 工作在开关状态后,就可为电动机内的三个绕组循环提供激励电流,使它们产生旋转磁场,驱动电动机旋转。

5. 调速控制电路

调速控制电路的核心元器件是控制芯片 IC1、转把。

旋转转把时,转把内的圆弧形永久磁铁开始转动,使霍尔集成电路输出的直流控制电压由低到高或由高到低发生变化。当调速控制电压通过 R3 使 IC1⑩脚输入的电压由低逐渐升高时,该电压经 IC1 内部电路处理后,使 IC1 输出的高端激励脉冲占空比增大,致使高端功率管导通时间延长,为电动机绕组提供的电流增大,电动机的旋转速度加快,车速变快,实现了加速调整。反之,若 IC1⑩脚输入的电压由高到低时, IC1 输出的高端激励脉冲占空比减小,高端功率管导通时间缩短,为电动机绕组提供的电流减小,车速变慢,实现减速调整。

6. 限速巡行电路

限速巡行电路的核心元器件是 IC1 和限速巡行开关(短接线)。当限速短接线接通后, IC1⑩脚通过 R12 和短接线接地,将转把输出的控制电压分压, IC1⑩脚输入的电压减小, IC1 输出的矩形脉冲宽度被限制在一定范围内,控制器为电动机提供的激励电流较小,使电动车在限速范围内行驶。反之,若不接该短接线后, IC1⑩脚输入的调速控制电压不被分压,电动

车工作在正常的调速状态。

7. 制动控制电路

制动控制电路的核心元器件是制动把、运算放大器 IC5、主芯片 IC1 (MC33033DW)。

该机的左、右制动把内的机械开关并联接在一起，它们的一端通过 VD10 接 IC5③脚，另一端接地。正常行驶时，制动开关不接通，VD10 截止，此时 IC5 的③脚电位高于②脚电位，于是它的①脚输出高电平电压，使 VD11 和 VD12 截止，不影响 IC1⑨脚和⑩脚电位，控制器正常工作。当采用制动把制动时制动开关对地接通，IC5③脚电位通过 VD10 被钳位到低电平，使 IC5③脚电位低于它的②脚电位，IC5①脚输出的电压变为低电平，使 VD11 和 VD12 导通，将 IC1⑨脚和⑩脚电位变为低电平，被 IC1 内部电路检测处理后使它无激励脉冲输出，场效应管全部截止，电动机停转，实现制动控制。



提示 IC1 (MC33033DW) ⑩脚是输出使能控制信号输入端。当⑩脚输入低电平控制信号时⑮~⑰脚、①脚、②脚和③脚不能输出激励信号，只有该脚输入高电平控制信号时⑮~⑰脚、①脚、②脚和③脚才能输出激励脉冲。

8. 保护电路

(1) 功率管过电流保护电路

为了防止功率管 V1~V6 过电流损坏，该控制器设置了过电流保护电路。功率管过电流保护电路的核心元器件是取样电阻 R0、IC1。R0 安装在功率管 V2、V4、V6 的 S 极与地之间，由它对 V2、V4、V6 的 D 极电流进行取样，产生的电压加到 IC1⑫脚。

当电动机运转正常时，IC1⑫脚输入的电压较小，被 IC1 检测后使控制器正常工作。一旦电动机因运转不正常等原因导致场效应管过电流，使 R0 两端的压降增大，IC1⑫脚输入的电压达到过电流保护电路动作阈值后，IC1 内的过电流保护电路输出控制信号使 IC1 无激励脉冲输出，功率管 V1~V6 截止，电动机停转，实现了过电流保护。

(2) 蓄电池欠电压保护电路

为了防止蓄电池过放电带来的危害，该控制器设置了欠电压保护电路。该保护电路的核心元器件是 IC5、IC1 和取样电阻 R19、R17，辅助元器件有 C25、R15、R18。

蓄电池输出的电压通过 R19、R17 取样，再通过 C25 滤波后加到 IC5⑤脚，为运算放大器的同相输入端提供取样电压；同时 15V 电压通过 R15、R18 取样后加到 IC5⑥脚，为运算放大器的反相输入端提供参考电压。当蓄电池电压放电未达到终止电压 31.5V 时，IC5⑤脚电位高于它的⑥脚电位，所以它的⑦脚输出高电平电压，使 VD13 和 VD14 截止，不影响 IC1⑨脚和⑩脚电位，控制器正常工作。随着放电的不断进行，蓄电池存储的电压降到 31.5V 后，经取样使 IC5⑤脚电位低于⑥脚上的参考电压，于是 IC5⑦脚输出低电平电压，使 VD13 和 VD14 导通，致使 IC1⑨脚和⑩脚电位变为低电平，被 IC1 内部电路检测处理后使它无激励脉冲输出，场效应管全部截止，电动机停转，实现了欠电压保护。

第八章 智能控制型洗衣机、电冰箱、 空调器电路识图

第一节 智能控制型洗衣机电路识图

一、海尔小神童全自动波轮洗衣机

海尔小神童 XQB55-65 型全自动波轮洗衣机的控制电路以东芝公司生产的微处理器 (CPU) IC1 (TMP87PH46N) 为核心构成, 电路如图 8-1 所示, 电气接线如图 8-2 所示。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 T1、整流管 V110~V113、滤波电容 C1~C4、三端稳压器 IC4 (7805), 辅助元器件有熔断器 BX、压敏电阻 YM1。

接通电源后, 220V 市电电压通过 BX 进入该机, 再通过 C1~C3 和 T1 组成的线路滤波器滤除市电电网内的高频干扰脉冲, 同时也可对该机产生的高频干扰脉冲进行抑制, 以免它们窜入市电电网, 影响其他用电设备。经滤波后的市电电压不仅为双向晶闸管供电, 而且通过变压器 T1 降压产生 9V 左右 (与市电电压高低有关) 交流电压。该电压不仅送到同步控制电路, 而且通过 V110~V113 组成的桥式整流堆整流, C4、C5 滤波产生 12V 左右的直流电压。12V 电压一方面为继电器 J 和蜂鸣器电路供电; 另一方面通过 IC4 稳压输出 5V 电压, 为微处理器电路、指示灯电路等供电。

市电输入回路的压敏电阻 YM1 用于市电过电压保护。当市电电压过高使峰值电压达到 470V 时它击穿, 使熔断器 BX 过电流熔断, 切断市电输入回路, 从而避免了变压器 T1 等元器件过电压损坏。

2. 微处理器电路

微处理器电路是以微处理器 IC1 (TMP87PH46N)、七反相器 IC2 (ULN2003AN)、六反相器 IC3 (TC4069) 为核心构成的。

(1) TMP87PH46N 的引脚功能

TMP87PH46N 的引脚功能见表 8-1。

(2) 微处理器基本工作条件电路

① 5V 供电。待电源电路工作后, 由三端稳压器 IC4 输出的 5V 电压经电容 C6、C7 滤波后, 加到微处理器 IC1 的供电端④、⑤、⑥脚, 为它供电。

② 复位电路。复位电路的核心元器件是微处理器 IC1 和 V307、R21、R22。由于滤波电容 C6 在开机瞬间需要充电, 所以它两端的电压是逐渐升高的。当它两端的电压低于 4V 时, 通过 R21、R22 取样后的电压使 V307 截止, 为 IC1 的③脚提供低电平的复位信号, 使 IC1 内的存储器、寄存器等电路清零复位。当 C6 两端电压超过 4V 后, V307 导通, 它集电极上的高电平电压通过 C8 滤波后加到 IC1 的③脚, 使 IC1 完成复位并开始工作。

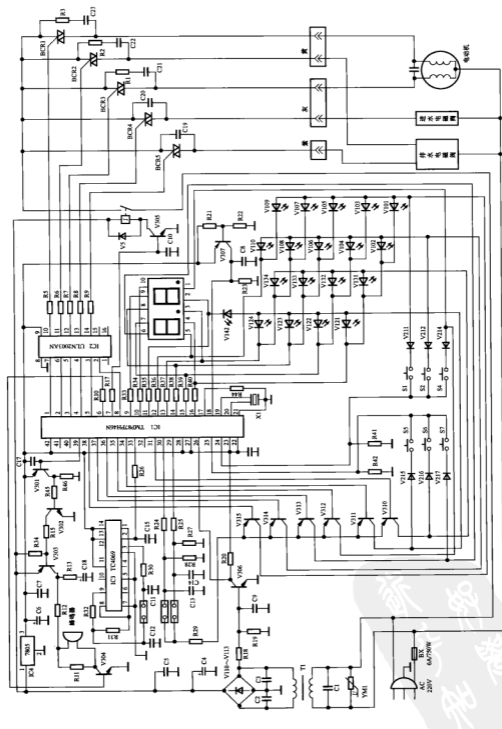


图 8-1 海尔小神童 XQB55-65 型全自动洗衣机电路

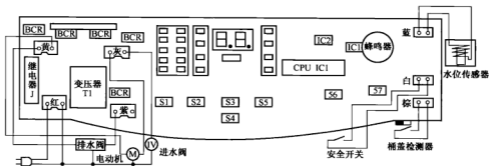


图 8-2 海尔小神童 XQB55-65 型全自动洗衣机电气接线图

表 8-1 微处理器 TMP87PH46N 的引脚功能

脚号	功能	脚号	功能
①	电动机正转供电控制信号输出	⑳	5V 供电
②	排水电磁阀供电控制信号输出	㉑	5V 供电
③	电动机反转供电控制信号输出	㉒	操作信号输入
④	进水电磁阀供电控制信号输出	㉓	操作信号输入
⑤	排水电磁阀供电控制信号输出	㉔	同步控制信号输入
⑥	蜂鸣器使能控制信号输出	㉕	5V 供电
⑦	继电器供电控制信号输出	㉖	5V 供电
⑧	未用	㉗	安全开关检测信号输入
⑨	数码显示屏驱动信号输出	㉘	开盖检测信号输入
⑩	数码显示屏驱动信号输出	㉙	键扫描信号输出
⑪	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉚	键扫描信号输出
⑫	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉛	水位检测信号输入
⑬	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉜	键扫描信号输出
⑭	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉝	键扫描信号输出
⑮	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉞	键扫描信号输出
⑯	数码显示屏/指示灯驱动信号输出	㉟	键扫描信号输出
⑰	通过电阻接地	㊱	键扫描信号输出
⑱	复位信号输入	㊲	蜂鸣器驱动信号输出
㉑	振荡器外接晶振	㊳	悬空
㉒	振荡器外接晶振	㊴	悬空
㉓	接地	㊵	5V 供电

(3) 操作电路

操作电路的核心元器件是微处理器 IC1，操作键 S1、S2、S4~S7，倒相放大器 V310~V315，二极管 V211、V212、V214~V217。

IC1 工作后，从它的⑳、㉑~㉓脚输出的键扫描脉冲信号经 V310~V315 倒相放大后，从它的集电极输出的键扫描脉冲信号再经二极管 V211、V212、V214~V217 加到操作键 S1、S2、

S4~S7 的一端。当未按操作键时, IC1 的⑳、㉑脚没有操作信号输入, IC1 不执行操作命令。一旦按压操作键使 IC1 的⑳、㉑脚输入操作信号(键扫描信号)后, IC1 开始执行操作程序。

(4) 显示电路

显示电路的核心元器件是微处理器 IC1, 数码显示屏, 三极管 V310~V315 和发光二极管 V101~V110、V121~V124、V131~V134。

如果需要 V121 发光时, IC1 的⑩、⑭脚输出低电平, ①~⑤、③、⑤~⑧脚输出高电平控制信号, ⑩、⑤~⑧脚输出高电平控制信号时 V310、V312~V315 截止, ⑭脚输出低电平信号时 V311 导通, V311 的集电极输出的电压通过 V121、R40 和 IC1 的⑩脚内部电路构成回路, 使 V121 发光。而在需要显示工作时间等信息时, IC1 还输出控制信号使数码显示屏内的发光二极管发光。

(5) 蜂鸣器电路

蜂鸣器电路的核心元器件是微处理器 IC1、蜂鸣器、三极管 V301~V304。

当程序结束或需要报警时, 微处理器 IC1 ⑩脚输出的高电平使能控制电压经 R10 限流, 使 V304 导通, 将蜂鸣器一端通过 V304 的集电极、发射极接地, 同时 IC1 的⑭脚输出的蜂鸣器驱动信号通过 V301、V302、V303 三级倒相放大器放大后, 再通过 R12 限流, 驱动蜂鸣器鸣叫。

R13、C18 是防止蜂鸣器在洗衣机通电瞬间误鸣叫而设置的延迟电路。C18 充电期间蜂鸣器没有信号输入, 所以不能鸣叫, 待 C18 充电结束后, 驱动信号加到蜂鸣器, 蜂鸣器才能鸣叫。

3. 同步控制电路

为了保证双向晶闸管(双向可控硅)不在导通瞬间过电流损坏, 洗衣机电路通常设置过零检测电路。海尔小神童洗衣机的过零检测电路由微处理器 IC1、V306、R18、R19、C9 构成。

电源变压器 T1 输出的交流电压经 R18、R19 分压限流, 再通过 C9 滤波后加到 V306 的基极, 经其放大后从它的集电极输出 50Hz 交流信号。该信号作为同步控制信号加到 IC1 的⑩脚。IC1 对⑩脚输入的信号检测后, 输出双向晶闸管驱动信号, 确保双向晶闸管在市电的过零点处导通, 从而避免了双向晶闸管在导通瞬间过电流损坏。

4. 进水电路

进水电路的核心元器件是水位传感器、微处理器 IC1、进水阀、双向晶闸管 BCR4、驱动块 IC2 (ULN2003AN) 等。水位传感器是可调电感, 通过调整它可实现 10 级水位设置。

按启动/暂停键后, 若盛水桶内无水或水位低于设置值时, 水压较低, 水位传感器的铁芯进入可调电感的位置较短, 利用 IC3 (TC4069) 为 IC1 ⑭脚提供水位不足的检测信号, 被 IC1 判断后输出注水指令, 控制它的④脚输出过零触发信号。该触发信号经 IC2 ④、⑬脚内的倒相放大器放大后, 通过 R8 触发双向晶闸管 BCR4 导通, 220V 市电电压加到进水阀的线圈两端, 使它开始注水。随着注水的不断进行, 水位逐渐升高, 当水位达到设置值被水位传感器检测后, 再通过 IC3 为 IC1 的⑭脚提供水位到位检测信号, 经 IC1 识别后, IC1 切断④脚输出的触发信号, 双向晶闸管 BCR4 关断, 进水阀关闭, 进水结束。

若水位传感器异常, 不能为 IC1 提供正常的水位检测信号, 被 IC1 检测后 IC1 控制该机进入保护停机状态, 同时控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E6”的故障代码, 提醒用户洗衣机出现传感器异常故障。

若进水阀、进水管路或水位传感器电路异常, 导致 IC1 在设置时间接收不到正常的水位检测信号, 被 IC1 检测后控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E5”的故障代码, 提醒用户洗衣机出现不进水或进水慢的故障。

5. 洗涤电路

洗涤电路的核心元器件是微处理器 IC1、电动机、电动机运转电容、驱动块 IC2、双向晶闸管 BCR1 和 BCR3。

当 IC1 检测到水到位的信号后, IC1 自动控制该机进入洗涤状态, IC1 的①、③脚交替输出过零触发信号, 通过 IC2⑦、⑤脚内的两路倒相放大器放大后, 从 IC2 的⑩、⑫脚输出的触发信号再通过 R5、R7 触发双向晶闸管 BCR1 和 BCR3 交替导通, 使电动机在运转电容的配合下按正转、停止、反转的周期运转。

6. 排水电路

排水电路的核心元器件是水位开关、微处理器 IC1、排水阀、驱动块 IC2、双向晶闸管 BCR2 和 BCR5。

洗涤结束后, IC1 控制该机进入排水状态, 它的②、⑤脚输出的过零驱动信号通过 IC2⑥、③脚内的倒相放大器放大, 利用 R6、R9 触发双向晶闸管 BCR2、BCR5 导通, 为排水阀供电, 使其产生磁场后, 不仅将阀门打开排水, 而且将离合器组件转换为脱水状态, 准备脱水。随着排水的不断进行, 水位下降到一定位置被水位传感器检测后, 通过 IC3 处理告知 IC1, IC1 判断排水正常, 继续排水。如果 IC1 的③脚在设置时间内不能接收到排水正常的检测信号, 则判断排水不良, 同时控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E1”的故障代码, 提醒用户洗衣机出现排水故障。

7. 脱水电路

排水结束后, 进入脱水状态。脱水期间, 微处理器 IC1 的⑤脚仍输出过零驱动信号, 使排水阀继续排水, 同时控制①脚间歇输出触发信号, 使 BCR1 导通, 电动机间歇运转, 进入间歇脱水状态。当设置的间歇脱水时间结束后, IC1 的①脚输出连续的过零触发信号, 使 BCR1 始终导通, 电动机开始高速运转, 实现快速脱水。

8. 防振动和开盖保护电路

(1) 防振动保护电路

防振动保护电路的核心元器件是微处理器 IC1、安全开关。

脱水期间若衣物不平等原因引起振动, 导致安全开关的触点闭合, 使 IC1 的②脚电位在脱水期间变为高电平, IC1 判断振动较严重, 控制该机由脱水状态进入漂洗、脱水状态, 通过水流平衡衣物, 实现衣物不平整保护。若漂洗也不能排除振动或安全开关异常, 使 IC1 在设置时间内不能接收到正常的控制信号, IC1 则判断衣物放偏, 停止脱水并使该机进入保护状态, 同时控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E3”的故障代码, 提醒用户洗衣机出现衣物放偏故障。

(2) 开盖保护电路

桶盖打开保护电路的核心元器件是桶盖检测器、微处理器 IC1。桶盖检测器由永久磁铁和磁控器两部分构成。其中, 永久磁铁安装在桶盖上, 磁控器安装在箱体上。

启动预约后, 若打开桶盖, 桶盖上的永久磁铁远离磁控器, 使磁控器内的触点断开, 微处理器 IC1 的⑩脚电位变为低电平, IC1 则判断桶盖被打开, 使该机进入保护状态, 同时控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E0”的故障代码, 提醒用户洗衣机的桶盖没盖好。

若洗涤、漂洗、脱水期间打开桶盖, 桶盖上的永久磁铁远离磁控器, 使磁控器内的触点断开, 微处理器 IC1 的⑩脚电位变为低电平, IC1 则判断桶盖被打开, 使该机进入保护状态, 同时控制蜂鸣器鸣叫, 显示屏显示“E2”的故障代码, 提醒用户洗衣机的桶盖没盖好。

9. 自动断电电路

自动断电电路的核心元器件是微处理器 IC1、继电器 J、激励管 V305。

洗涤程序全部结束后，如果用户按压电源开关使其处于“断开”的位置，当 IC1 内的计时器计时的时间达到设置值后，IC1 的⑦脚输出的控制信号变为低电平。该信号通过 R17 限流，使激励管 V305 截止，切断继电器 J 线圈的供电回路，它内部的触点释放，切断双向晶闸管的供电回路，实现自动断电控制。

二、荣事达全自动洗衣机

荣事达 XQB38-92 型全自动洗衣机的控制电路以日电公司生产的微处理器（CPU）IC1（ μ PD7507B/940307）为核心构成，如图 8-3 所示。

1. 电源电路

电源电路的核心元器件是变压器 B1、整流管 D1~D4、滤波电容 C1、二极管 D5、三端稳压器 N1（7805），辅助元器件有熔断器 FU1、压敏电阻 ZNR2、滤波电容 C27、电源开关 K1。

接通电源开关 K1，220V 市电电压通过 C27 滤波后，不仅为双向晶闸管供电，而且通过变压器 B1 降压产生 10V 交流电压，再通过 D1~D4 全桥整流，利用 D5 隔离降压，通过 C1、C3 滤波后产生 13V 左右的直流电压。该电压一路通过 R34 限流、C4 滤波后为蜂鸣器供电；另一路通过 N1 稳压输出 5V 电压，为 CPU 电路、指示灯电路等供电。

市电输入回路的压敏电阻 ZNR2 用于市电过电压保护。当市电电压过高使峰值电压达到 470V 时它击穿，使熔断器过电流熔断，切断市电输入回路，从而避免了变压器 B1 等元器件过电压损坏。

2. CPU 电路

CPU 电路是由 IC1（ μ PD7507B/940307）为核心构成的。

(1) μ PD7507B/940307 的引脚功能

μ PD7507B/940307 的主要引脚功能见表 8-2。

(2) CPU 基本工作条件电路

① 5V 供电：该机的电源电路工作后，由三端稳压器 N1 输出的 5V 电压经电容 C5 滤波后，加到 CPU 的供电端⑬~⑰脚，为它供电。

② 复位：复位电路的核心元器件是 CPU、Q7、DZ1、R5、R6。电源工作初期，滤波电容 C5 两端的电压是逐渐升高的。当它两端的电压低于 4V 时，通过稳压管 DZ1 截止，在 R7 两端产生的电压较低，使 Q7 截止，C5 两端电压通过 R6 为 CPU 的⑱脚提供高电平的复位信号，使 CPU 内的存储器、寄存器等电路清零复位。当 C5 两端电压超过 4V 后，R7 两端产生的电压升高，通过 R5 使 Q7 导通，CPU 的⑱脚电位变为低电平，CPU 复位结束，开始工作。

(3) 操作电路

操作电路的核心元器件是 CPU、三极管 Q8~Q10、操作键 KW1~KW6、二极管 D6~D11。

CPU 工作后，从它的⑳~㉑脚输出的键扫描脉冲信号通过 R8~R10 限流，再经 Q8~Q10 倒相放大后，利用 D6~D11 加到开关 KW1~KW6 的一端。当未按操作键时，CPU 的㉒~㉔脚没有操作信号输入，CPU 不执行操作命令。一旦按压操作键 KW1~KW6 使 CPU 的㉒~㉔脚输入操作信号（键扫描信号）后，CPU 就控制执行操作程序。

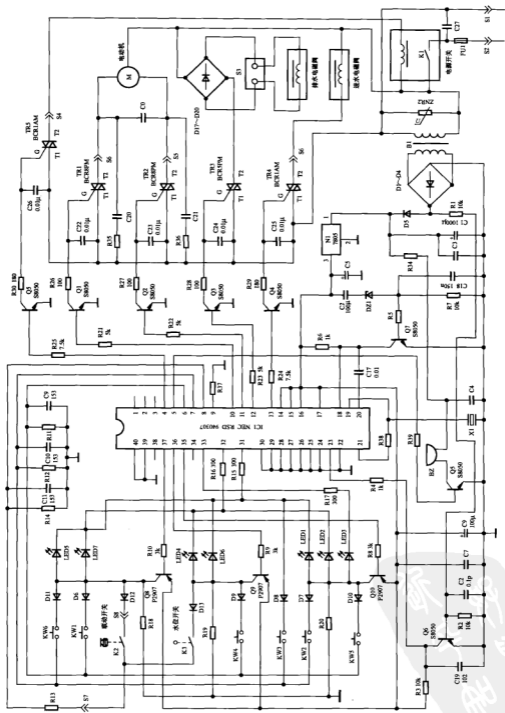


图 8-3 荣事达 XQB38-92 型全自动洗衣机电路

表 8-2 微处理器 μ PD7507B/940307 的主要引脚功能

脚 号	功 能	脚 号	功 能
④	电源开关线圈供电控制信号输出	⑬~⑰	供电
⑤	蜂鸣器控制信号输出	⑱	复位信号输入
⑥	操作键信号输入	⑲	振荡器外接晶振
⑦	操作键信号输入	⑳	外接电阻
⑧	操作键信号/水位检测/桶盖检测信号输入	㉑	接地
⑩	电动机正转供电控制信号输出	㉒	同步控制信号输入
⑪	电动机反转供电控制信号输出	㉓~㉔	接地
⑫	排水电磁阀供电控制信号输出	㉕~㉖	指示灯控制信号输出
⑬	进水电磁阀供电控制信号输出	㉗~㉘	键扫描信号输出

(4) 显示电路

显示电路的核心元器件是 CPU、三极管 Q8~Q10、发光二极管 LED1~LED7。

如果需要 LED3 发光时, CPU 的⑬、⑭脚输出低电平, ⑮、⑯、⑰、⑱脚输出高电平控制信号, ⑲、⑳脚输出高电平控制信号时 Q9、Q8 截止, ㉑脚输出低电平信号时 Q10 导通, Q10 的集电极输出的电压通过 LED3、R17 和 CPU 的⑲脚内部电路构成回路, 使 LED3 发光。

(5) 蜂鸣器电路

蜂鸣器电路的核心元器件是 CPU、蜂鸣器 BZ、放大管 Q5。

当程序结束或需要报警时, CPU⑤脚输出的 3kHz 左右的音频信号经 R39 限流, 再经 Q5 放大后, 驱动蜂鸣器 BZ 鸣叫。

3. 市电过零检测电路

为了保证双向晶闸管不在导通瞬间过电流损坏, 该机设置了市电过零检测电路。该电路的核心元器件是 Q6、R4、R1、R2、C19。

电源变压器 B1 输出的交流电压经 R1、R2 分压, 再通过 Q6 倒相放大产生 50Hz 的交流检测信号, 即同步控制信号。该信号作为基准信号通过 C19 滤波, 再通过 R4 限流后加到 CPU 的㉑脚。CPU 对㉑脚输入的信号检测后, 输出双向晶闸管驱动信号, 确保双向晶闸管在市电的过零点处导通, 从而避免了双向晶闸管在导通瞬间过电流损坏。

4. 进水电路

进水电路的核心元器件是水位开关 K3、CPU、进水阀、双向晶闸管 TR4、驱动管 Q4。

按启动/暂停键后, 若盛水桶内无水或水位太低时, 水位开关 K3 的触点不能吸合, CPU 的⑧脚输入低电平的检测信号, CPU 识别后输出注水的指令, 从它的⑩脚输出过零触发信号。该触发信号经 R24 限流, 再经 Q4 倒相放大, 使双向晶闸管 TR4 导通, 220V 市电电压加到进水阀的线圈两端, 使它开始注水。随着注水的不断进行, 水位逐渐升高, 当水位达到设置值后, 水位开关 K3 的触点吸合, 为 CPU 的⑧脚提供水到位的检测信号, CPU 切断⑩脚输出的触发信号, 双向晶闸管 TR4 关断, 进水电磁阀关闭, 进水结束。

5. 洗涤电路

洗涤电路的核心元器件是 CPU、电动机、双向晶闸管 TR1 和 TR2 及其驱动电路。

当 CPU 的⑧脚输入水到位的信号后, CPU 自动控制该机进入洗涤状态, CPU 的⑩、⑪脚交替输出过零触发信号。⑩脚输出的低电平信号使 Q2 截止, 双向晶闸管 TR2 截止; 而⑪脚输出的过零触发信号经 R21 限流, 再经 Q1 倒相放大, 使双向晶闸管 TR1 导通, 为电动机的绕组供电, 电动机在运转电容 C0 的配合下正向运转。当 CPU⑩脚输出低电平信号时 Q2 截止, TR1 截止, 而⑪脚输出的过零触发信号经 R22 限流, 再经 Q2 倒相放大, 使 TR2 导通, 电动机在运转电容 C0 的配合下反向运转。

6. 排水电路

排水电路的核心元器件是水位开关 K3、CPU、排水电磁阀、双向晶闸管 TR3、驱动管 Q3。

洗涤结束后, CPU 控制该机进入排水状态, 它的⑫脚输出的过零驱动信号通过 R23 限流, 再通过 Q3 倒相放大, 使双向晶闸管 TR3 导通。市电电压经 D17~D20 全桥整流后, 为排水电磁阀的线圈提供脉动的直流电压, 使其产生磁场后, 不仅将阀门打开排水, 而且将离合器组件转换为脱水状态, 准备脱水。随着排水的不断进行, 水位下降到一定位置后, 水位开关 K3 断开, 使 CPU 的⑧脚无扫描脉冲输入, CPU 判断排水正常, 继续排水。如果 CPU 的⑧脚在设置时间内没有检测到 K3 断开的信号, 则判断排水不良, 停止排水并使该机进入保护状态, 并控制蜂鸣器鸣叫, 提醒用户洗衣机出现排水故障。

7. 脱水电路

当排水结束后, 进入脱水状态。脱水期间, CPU 的⑬脚仍输出过零驱动信号, 使排水阀继续排水, 同时控制⑭脚间歇输出触发信号, 使 TR2 导通, 电动机间歇反转, 进入间歇脱水状态。当设置的间歇脱水时间结束后, CPU 的⑮脚输出连续的过零触发信号, 使 TR2 始终导通, 电动机开始高速运转, 实现快速脱水。

脱水期间若打开桶盖, 安全开关(联动开关)触点断开, 使 CPU 的⑯脚在脱水期间无键扫描信号输入, CPU 切断⑮、⑬脚输出的触发信号, 不仅使电动机停转, 而且使排水电磁阀复位, 控制离合器制动, 实现开盖保护。另外, 若脱水期间振动过大, 引起 K2 动作时, 该保护电路也会动作。

8. 自动断电电路

自动断电电路的核心元器件是 CPU、K1 的线圈、双向晶闸管 TR5、驱动管 Q5。

洗涤程序全部结束后, 如果用户按压电源开关使其处于“断开”的位置, 当 CPU 内的计时器计时的时间达到设置时间后, CPU 的⑰脚输出过零驱动信号。该信号通过 R25 限流, 再经 Q5 倒相放大, 使双向晶闸管 TR5 导通, 为 K1 的电磁线圈通电, 使其产生磁场后, 通过衔铁将触点断开, 自动切断洗衣机的供电回路, 实现自动断电控制。

第二节 智能控制型电冰箱电路识图

一、双开门电冰箱

下面以三菱 MR-20B 型双开门间冷式电冰箱电路为例介绍智能控制型间冷式电冰箱电路的识图方法。该机电路主要由电源电路、系统控制电路、制冷电路等构成, 如图 8-4 所示。

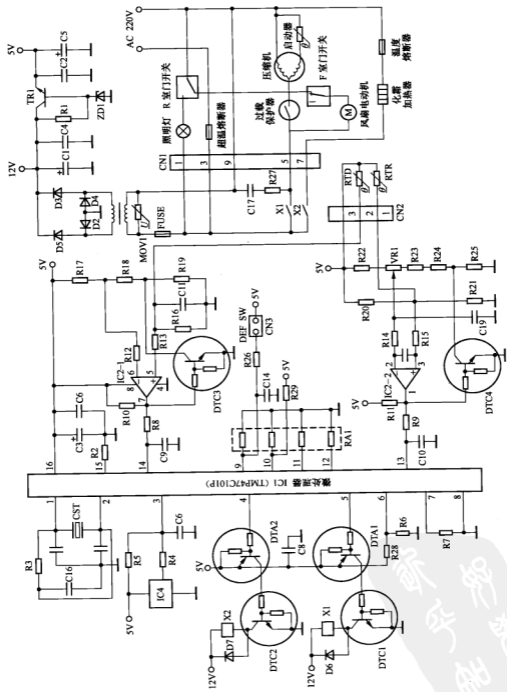


图 8-4 三菱 MR-20B 型电冰箱电脑板电路

1. 电源电路

该电源电路采用变压器降压式直流稳压电源电路。核心元器件是变压器、整流管 D2~D5、滤波电容 C1、三极管 TR1、稳压管 ZD1, 辅助元器件有熔断器 FUSE、压敏电阻 MOV1、超温熔断器。

插好电冰箱的电源线后, 220V 市电电压通过超温熔断器和 FUSE 加到变压器的一次绕组, 利用它降压后输出 9V 左右 (与市电电压高低成正比) 的交流电压。该电压通过 D2~D5 组成的桥式整流电路进行整流, 利用滤波电容 C1、C4 滤波产生 12V 左右的直流电压。12V 直流电压不仅为继电器 X1、X2 供电, 而且通过 TR1、ZD1、R1 组成的稳压器输出 5V 电压, 经 C2、C5 滤波后为微处理器 (CPU) IC1 和相关电路供电。

市电输入回路并联的 MOV1 是压敏电阻, 当市电电压过高时 MOV1 击穿, 导致输入回路的熔断器 FUSE 过电流熔断, 避免了低压电源的元器件过电压损坏。

2. 微处理器电路

该机的微处理器电路以微处理器 IC1 (TMP47C101P)、复位芯片 IC4、电压比较器 IC2 为核心构成。

(1) 微处理器基本工作条件电路

微处理器进入正常工作状态, 需具备 5V 供电、复位、时钟振荡正常的三个基本条件。

① 5V 供电: 插好电冰箱的电源线, 待低压电源工作后, 输出的 5V 电压经 C3、C6 滤波后加到微处理器 IC1 的供电端⑤脚, 为 IC1 供电。

② 复位: 该机的复位信号形成电路的核心元器件是集成电路 IC4。开机瞬间, 由于 5V 电源在滤波电容的作用下是逐渐升高的, 当该电压低于设置值时 (多为 3.6V), IC4 的输出端输出一个低电平的复位信号。该信号通过 R4 加到微处理器 IC1 的③脚, IC1 内的存储器、寄存器电路清零复位。随着 5V 电源电压的不断升高, IC4 输出高电平信号并加到 IC1 的③脚后, IC1 内部电路复位结束, 开始工作。

③ 时钟振荡: 时钟振荡电路的核心元器件是微处理器 IC1、晶振 CST、R3、C16。IC1 得到供电后, 它内部的振荡器与①、②脚外接的晶振 CST 和 R3、C16 通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作, 并作为 IC1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(2) 温度设置电路

温度设置电路的核心元器件是可调电阻 VR1、比较器 IC2-2、微处理器 IC1。其中 VR1 用于冷藏室的温度调节。

5V 电压经 R22~R25、VR1 分压产生的基准电压加到 IC2-2 的②脚, 调整 VR1 使 IC2-2 的②脚输入的电压高时, IC2-2 的①脚输出电压减小, 该电压通过 R9 加到 IC1 的③脚后, IC1 会控制压缩机运行时间缩短, 冷藏室的温度高。反之, ②脚输入的电压低时冷藏室的温度低。

3. 制冷电路

制冷电路的核心元器件是冷藏室温度传感器 (负温度系数热敏电阻) RTR、电压比较器 IC2-2、微处理器 IC1、放大管 DTA1、继电器 X1。

微处理器 IC1 工作后, 由⑤脚输出低电平的制冷信号, 它经带阻三极管 DTA1 倒相放大, 由其集电极输出的电压使带阻三极管 DTC1 导通, 使继电器 X1 的线圈有电流流过, X1 内的触点吸合, 接通压缩机和风扇电动机的供电回路, 启动压缩机和风扇同时运转, 开

始制冷。随着压缩机和风扇电动机的不断运行，冷冻室、冷藏室的温度开始下降。当冷藏室的温度达到要求后，冷藏室温度传感器 RTR 的阻值增大，5V 电压通过 RTR、R21 分压产生的电压减小，通过 R15 使 IC2-2 的同相输入端③脚输入的电压低于反相输入端②脚的电压时，IC2-2 的①脚输出低电平电压，通过 R9 为 IC1⑬脚提供低电平电压，此时 IC1 判断冷藏室的制冷效果达到要求，控制⑤脚输出高电平的停机信号，DTA1、DTC1 相继截止，切断 X1 线圈的供电回路，于是 X1 内的触点释放，压缩机和风扇电动机因没有供电而停止运转，制冷工作结束。

制冷结束后，随着时间的延长，冷藏室的温度升高，冷藏室温度传感器 RTR 的阻值减小，使 IC2-2 的③脚输入的电压高于②脚的电压时，IC2-2 的①脚输出高电平。该电压不仅通过 R9 加到 IC1 的⑬脚，而且使带阻三极管 DTC4 导通，将分压电阻 R25 短接，致使 IC2-2 的②脚电位下降，确保 IC2-2 的①脚输出高电平电压。IC1 检测到⑬脚输入电压为高电平后，控制⑤脚输出低电平的制冷信号，如上所述，该机再次进入制冷状态。

D6 是用于保护放大管 DTC1 的钳位二极管。DTC1 截止后，X1 的线圈将在 DTC1 的集电极上产生较高的反峰电压，该电压通过 D6 泄放到 12V 电源，避免了 DTC1 过电压损坏。

4. 化霜电路

化霜电路的核心元器件是化霜传感器 RTD (DEF 型热敏电阻)、电压比较器 IC2-1、微处理器 IC1、放大器 DTC2、继电器 X2、化霜加热器。

微处理器 IC1 检测到压缩机累计运行 12h 后，它的制冷控制端⑤脚输出高电平信号，使压缩机停止工作，同时它的化霜控制端④脚输出低电平化霜控制电压。该电压经带阻三极管 DTA2 倒相放大，从它的集电极输出的电压使带阻三极管 DTC2 导通，继电器 X2 的线圈有电流流过，使 X2 内的触点吸合，接通化霜加热器的供电回路，化霜加热器开始发热，为蒸发器化霜。随着化霜的不断进行，蒸发器表面的温度逐渐升高。当温度升高到 $14.7^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ 后，化霜室传感器 RTD 的阻值减小，5V 电压通过 RTD、R16 分压产生的电压升高，通过 R13 使 IC2-1 的同相输入端⑤脚输入的电压高于反相输入端⑥脚的电压，于是 IC2-1 的⑦脚输出高电平电压，通过 R8 为 IC1⑭脚提供高电平电压，被 IC1 识别并判断化霜效果达到要求后，控制④脚输出高电平的化霜控制信号，使 DTA2、DTC2 截止，X2 内的触点释放，化霜加热器因没有供电而停止运转，化霜工作结束。化霜结束 6min 后，IC1 的⑤脚再次输出低电平信号，压缩机和风扇电动机启动工作，再次进入制冷状态。

IC2-1 的⑥脚输入的基准电压由 5V 电压经 R17~R19 分压产生。D7 是用于保护放大管 DTC2 的钳位二极管。DTC2 截止后，X1 的线圈将在 DTC2 的集电极上产生较高的反峰电压，该电压通过 D7 泄放到 12V 电源，以免 DTC2 过电压损坏。

温度熔断器是防止继电器 X2 或 DTA2、DTC2 异常始终为化霜加热器供电，导致加热温度过高，给蒸发器带来危害而设置的。当蒸发器超温后温度熔断器熔断，实现过热保护。

5. 强制化霜电路

强制化霜电路的核心元器件是化霜强制开关 DEF SW、微处理器 IC1、放大管 DTC2、继电器 X2、化霜加热器。

当化霜强制开关 DEF SW 接通后，微处理器 IC1 的⑨脚为高电平，被 IC1 识别并判断需要进入强制化霜状态，于是控制 IC1 的⑤脚输出高电平的化霜控制信号，使压缩机、风扇电动机停止工作，使④脚输出低电平化霜控制电压，化霜加热器开始发热，为蒸发器化霜。断开 DEF

SW 使 IC1 的⑨脚为低电平后, 则解除强制化霜操作。

6. 门开关及其控制电路

门开关不仅控制照明灯的工作状态, 而且控制风扇电动机的工作状态。该机在冷藏室(R室)、冷冻室(F室)分别设置了门开关, 它们串联在一起。其中, R室开关不仅控制照明灯, 还控制风扇电动机, 而F室开关仅控制风扇电动机。

当R室和F室的箱门关闭时, F室、R室门开关接通在下边触动的位罝, 不仅断开照明灯的供电回路, 使照明灯熄灭, 而且接通了风扇电动机的供电回路, 使风扇电动机可以运转, 致使F室、R室的空气形成对流, 实现F室、R室的降温处理。当R室打开时, 因门开关闭合而接通上边的位罝, 不仅使风扇电动机因无供电而停转, 实现节能控制, 而且为照明灯供电, 使照明灯发光。同样, 打开F室的箱门时, 风扇电动机也会因失去供电而停止工作。

二、对开门电冰箱

海尔 Y555 系列电冰箱是新型对开门电冰箱, 它的电气系统由按键板、操作板、主控板(电脑板)、压缩机、冷冻风扇电动机、冷藏风扇电动机、制冰机、风门电动机、温度检测传感器、门灯、门开关、加热器等构成, 如图 8-5 所示。

1. 电源电路

该电源电路是以电流控制型芯片 IC201 (NCP1200P100) 为核心构成的开关电源, 如图 8-6 所示。

(1) NCP1200P100 的资料

NCP1200P100 是美国安森美半导体公司生产的新型 PWM 控制器, 它有 SOIC-8 和 PDIP-8 两种封装结构, 如图 8-7 所示。它内部由集成振荡器、PWM、误差放大器、时钟发生器、延迟 250ns 的前沿消隐、欠电压锁定高低稳压器等单元电路构成, 如图 8-8 所示。它的引脚功能见表 8-3。

(2) 采用 NCP1200 构成的开关电源的主要特点

采用 NCP1200 构成的开关电源的主要特点: 一是采用了甚高压直接供电启动方式; 二是内部集成了时钟电路, 工作频率可在 40/60/100kHz 中选择, 从而使外接元器件大大减少; 三是在大的峰值电流时并不跳周期, 而是等到峰值电流降到用户可调的最大限制的 1/3 以下时才发生跳周期, 这使得变压器不发生振鸣, 工作时不会产生噪声; 四是开关电源在正常负载下具有较高的工作效率, 在输出功率较小时, 其效率也将下降, 并且采用跳过一些不需要周期的方法减轻了电源轻负载时的功率消耗; 五是能够持续监视反馈线状况, 发现有输出短路时, 能及时减少输出功率, 对整个电路进行保护, 并且在短路现象消失后芯片即可恢复正常工作。

(3) 市电输入、300V 供电电路

市电输入、300V 供电电路的核心元器件是熔断器 F200、互感线圈 L202、滤波电容 C202、整流管 D208~D211、滤波电容 E201 和 E202, 辅助元器件有压敏电阻 RV200、限流电阻 RT200。

220V 市电电压通过 F200 输入到电源电路, 经 L202、C202 组成的线路滤波器滤波后, 再经 D208~D211 组成的整流堆桥式整流, 通过负温度系数热敏电阻 RT200 限流, 利用滤波电容 E202 和 E201 滤波产生 300V 直流电压。

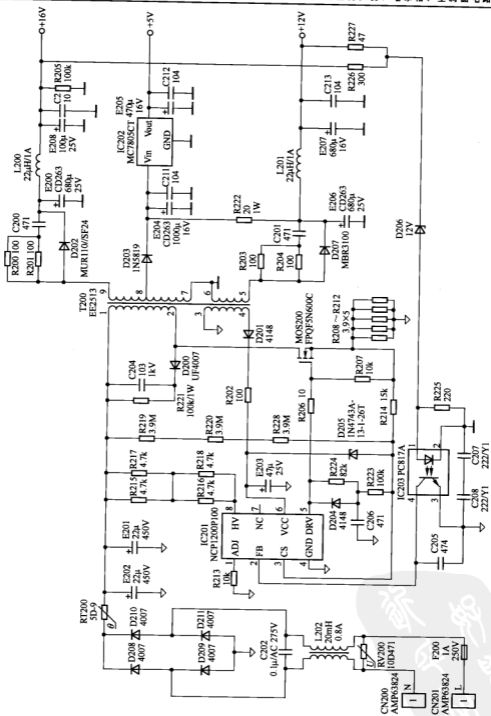


图 8-6 海尔 Y555 系列电冰箱电源电路

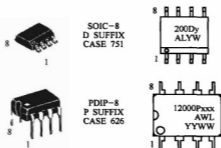


图 8-7 NCP1200 的封装结构

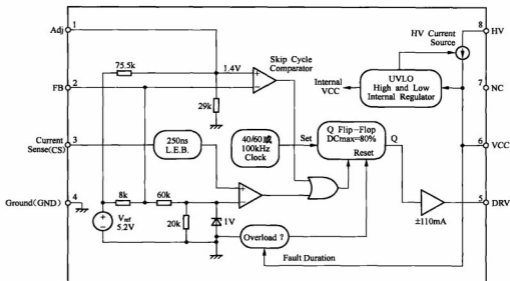


图 8-8 NCP1200 内部构成方框图

表 8-3

NCP1200 的引脚功能

脚号	脚名	功能
①	Adj	跳峰值电流调整
②	FB	稳压反馈信号输入
③	CS	电流检测信号输入
④	GND	接地
⑤	DRV	开关管激励信号输出
⑥	VCC	工作电压输入, 过电压、欠电压检测
⑦	NC	空脚
⑧	HV	启动电压输入

市电输入回路并接的 RV200 是压敏电阻。当市电过高时它击穿, 使熔断器 F200 过电流熔断, 市电电压不再进入电源电路, 避免了电源电路的其他元器件过电压损坏。

(4) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是电源控制芯片 IC201 (NCP1200P100)、开关管 MOS200、开关变压器 T200、D202、D203、D207、E203、E200、E204、稳压管 IC202。

300V 电压不仅通过 T200 的一次绕组 (1-2 绕组) 加到开关管 MOS200 的 D 极为它供电, 而且通过 R215~R218 限流后加到 IC201 启动端③脚。该③脚输入的电压利用 7mA 高压恒流源, 为 IC201 的⑥脚外接的滤波电容 E203 充电。当充电电压达到 12V 后, IC201 内部的基准电源工作, 由它输出的电压为振荡器等电路供电, 振荡器工作后产生 100kHz 振荡脉冲, 该脉冲控制 PWM 电路从⑤脚输出激励脉冲, 随后通过 R206 限流使 MOS200 工作在开关状态。由 D200、R221、C204 组成尖峰脉冲吸收回路, 用来限制尖峰脉冲的幅度, 以免 MOS200 被过高的尖峰脉冲击穿。

开关电源工作后, 开关变压器 T200 的自馈电绕组 (3-4 绕组) 输出的脉冲电压通过 D201 整流, 经 R202 限流, 再经 E203 滤波产生的电压加到 IC201 的⑥脚, 为 IC201 提供启动后的工作电压。同时, 7-9 绕组输出的脉冲电压通过 D202 整流, E200、L200 和 E208 滤波产生 16V 电压, 不仅为误差取样电路提供取样电压, 而且为风扇电动机的驱动电路供电; 7-8 绕组输出的脉冲电压通 D203 整流、E204 滤波, 再经 5V 稳压器 IC202 稳压输出 5V 电压, 通过 EC205、C212 滤波后为微处理器 (CPU) 等电路供电; 5-6 绕组输出的脉冲电压通 D207 整流, E206、L201 和 E207 滤波产生 12V 电压, 不仅为误差取样电路提供辅助取样电压, 而且为继电器及其驱动电路供电。

(5) 稳压控制电路

稳压控制电路由光电耦合器 IC203、稳压管 D206、限流电阻 R227 和 R226、滤波电容 C205、电源控制芯片 IC201 构成。

当市电升高或负载变轻引起开关电源输出的电压升高时, 滤波电容 E208 两端升高的电压通过 R226 使稳压管 D206 击穿导通加强, 为 IC203①脚提供的电压增大, 使 IC203 内的发光二极管因导电电压升高而发光强度增大, 致使 IC203 内的光敏三极管因受光加强而导通加强, 通过 IC203 的④脚使 IC201 的②脚电位下降, 经 IC201 内的控制电路处理后, 使它⑤脚输出的激励脉冲的占空比减小, 开关管 MOS200 导通时间缩短, 输出端电压下降到规定值。当输出端电压下降时, 稳压控制过程相反。



提示 E207 两端的电压经 R227 也会送到稳压管 D206 的负极, 所以 E207 两端的电压也参与稳压控制。

2. 微处理器电路

该机的微处理器电路以微处理器 IC1 (MC68HC08A32), 驱动块 IC2 (BA6238A), 移相寄存器 IC5、IC6、IC8 (595), 驱动块 IC3、IC4 (ULN2003) 为核心构成, 如图 8-9 和图 8-10 所示。

(1) 微处理器 MC68HC08A32 的资料

MC68HC08A32 不仅具有完善的控制功能, 还具有强大的存储功能, 无须外置存储器, 并且可向上兼容 M6805、M146805 和 M68HC05 系列微处理器。它的引脚功能见表 8-4。

(2) 移相寄存器 595 (74595) 的资料

595 (74595) 是八位移相寄存器, 它具有三态输出功能。它的引脚功能见表 8-5。

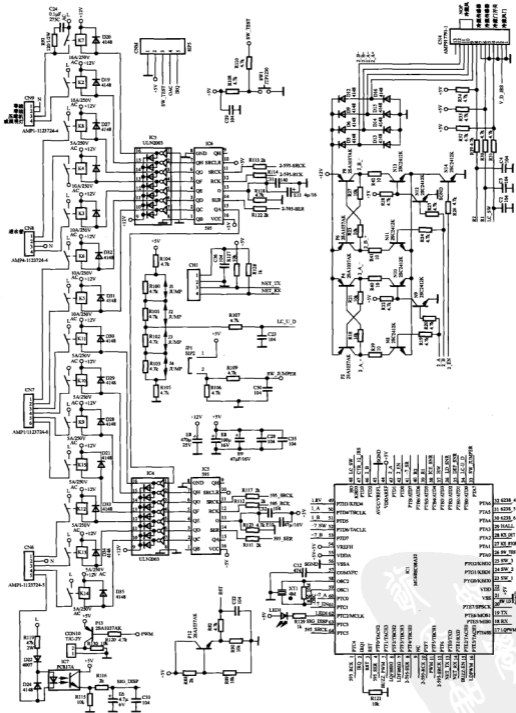


图 8-9 海尔 Y555 系列电冰箱系统控制电路（一）

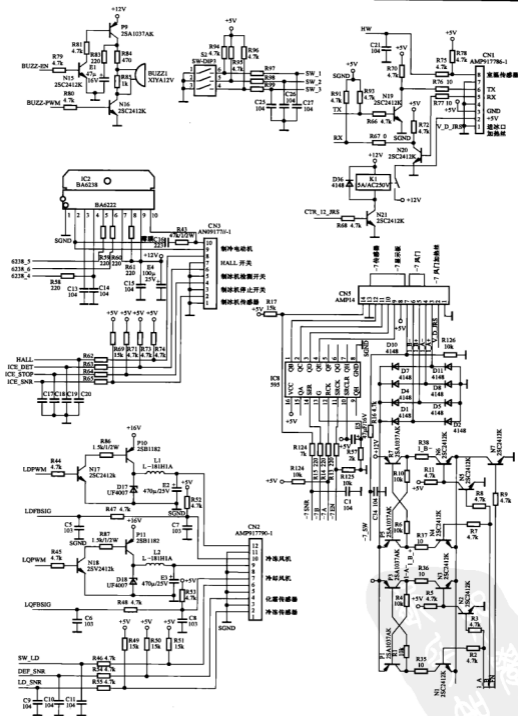


图 8-10 海尔 Y555 系列电冰箱系统控制电路 (二)

表 8-4

MC68HC08A32 的引脚功能

脚 号	脚 名	功 能
①	RCK	控制信号输出
②	IRQ	外部中断控制
③	RST	低电平复位信号输入
④	595_SER	串行数据信号输出 (为 595 提供)
⑤	BUZZ_PWM	蜂鸣器驱动信号输出
⑥	LQFBSIG	冷却风扇电动机反馈信号输入
⑦	LDFBSIG	冷冻风扇电动机反馈信号输入
⑧	2-595-SER	串行数据信号输出 (为 595 提供)
⑨	NC	空脚
⑩	2-595-RCK	时钟信号输出 (为 595 内的存储器提供)
⑪	PWM	PWM 信号输出
⑫	2-595-SRCK	时钟信号输出 (为 595 内的寄存器提供)
⑬	NET_TX	接连接器 CH1 的③脚
⑭	NET_RX	接连接器 CH1 的④脚
⑮	BUZZ_EN	蜂鸣器使能控制信号输出
⑯	LDPWM	冷冻风扇电动机供电控制
⑰	LQPWM	冷却风扇电动机供电控制
⑱	RX	4MHz 晶振输出
⑲	TX	4MHz 晶振输入
⑳	SW_LD	冷冻室门开关控制信号输入
㉑	VSS	接地
㉒	VDD	数字电路供电
㉓	SW_1	开关 1 控制信号输入
㉔	SW_2	开关 2 控制信号输入
㉕	SW_3	开关 3 控制信号输入
㉖	SW_TEST	测试开关控制信号输入
㉗	ICE_STOP	制冰机停止信号输入
㉘	ICE_DET	制冰机检测开关信号输入
㉙	HALL	开关信号输入
㉚	6238_6	制冷 (制冰) 电动机驱动信号输出
㉛	6238_5	制冷 (制冰) 电动机驱动信号输出
㉜	6238_4	制冷 (制冰) 电动机驱动信号输出
㉝	SW_JUMPER	SW 信号输入
㉞	LC_U_D	5V 电压检测信号输入
㉟	DEF_SNR	化霜温度检测信号输入 (外接化霜传感器)

续表

脚 号	脚 名	功 能
⑳	LD_SNR	冷冻室温度检测信号输入（外接冷冻室传感器）
㉑	HW	室内环境温度检测信号输入（外接室温传感器）
㉒	ICE_SNR	制冰温度检测信号输入（外接制冰传感器）
㉓	R1	冷藏室温度检测信号 1 输入（外接冷藏室传感器 1）
㉔	R2	冷藏室温度检测信号 2 输入（外接冷藏室传感器 2）
㉕	-7_SNR	-7℃室（变温室，下同）温度检测信号输入（外接-7℃室传感器）
㉖	2_EN	冷藏室风门使能控制信号输出
㉗	2_A	冷藏室风门驱动信号 A 输出
㉘	VDDAREF	基准电压
㉙	SGND	接地
㉚	2_B	冷藏室风门驱动信号 B 输出
㉛	CTR_12_JRS	风门、进冰口加热器供电控制
㉜	LC_SW	冷藏室门开关检测信号输入
㉝	1_EN	-7℃室风门使能控制信号输出
㉞	1_A	-7℃室风门驱动信号 A 输出
㉟	1_B	-7℃室风门驱动信号 B 输出
㊱	-7_SW	-7℃室门开关检测信号输入
㊲	-7_B	-7℃室显示板驱动信号 B 输出
㊳	VREFH	基准电压
㊴	VDDA	数字电路接地
㊵	VSSA	模拟电路接地
㊶	CGMXFC	
㊷	OSC2	时钟振荡器 2
㊸	OSC1	时钟振荡器 1
㊹	-7_A	-7℃室显示板驱动信号 A 输出
㊺	-7_EN	-7℃室显示板使能控制信号输出
㊻	LED1	指示灯 LED1 驱动信号输出
㊼	SIG_DISP	分配器开关检测信号输入
㊽	595_SRCK	595 的 SRCK 信号输出

表 8-5

595 的引脚功能

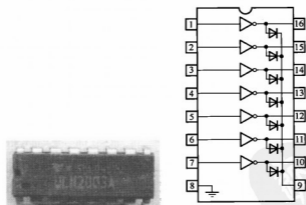
脚 号	脚 名	功 能
①	QB	并行数据信号输出
②	QC	并行数据信号输出
③	QD	并行数据信号输出
④	QE	并行数据信号输出

续表

脚号	脚名	功能
⑤	QF	并行数据信号输出
⑥	QG	并行数据信号输出
⑦	QH	并行数据信号输出
⑧	GND	接地
⑨	QH	串行数据信号输出
⑩	SRCLR	主复位信号输入（低电平有效）
⑪	SRCK	寄存器时钟信号输入
⑫	RCK	存储器时钟信号输入
⑬	G	输出控制（低电平有效）
⑭	SER	串行数据信号输入
⑮	QA	并行数据信号输出
⑯	VCC	供电

(3) ULN2003 的资料

ULN2003（相同的还有 ULN2003A、MC1413、TD62003AP、KID65004 等）是由七个非门电路构成的，它的输出电流为 200mA（最大可达 350mA），放大器采用集电极开路输出，饱和压降为 1V 左右，耐压约为 36V。其可用来驱动继电器，也可直接驱动白炽灯等器件。它内部还设置了一个消线圈反电动势的钳位二极管，以免放大器过电压损坏。ULN2003 的实物与内部构成如图 8-11 所示。在图 8-11（b）内接三角形底部的引脚是输入端，接小圆圈的引脚是输出端。



(a) 实物

(b) 内部构成

图 8-11 ULN2003 的实物与内部构成

(4) 微处理器基本工作条件电路

微处理器 IC1 正常工作需要三个基本条件，分别是具备正常的 5V 供电、复位信号和时钟振荡信号。

① 5V 供电。插好电冰箱的电源线，待电源电路工作后，输出的 5V 电压加到微处理器

IC1 的供电端②、⑤脚，分别为它内部的数字电路和模拟电路供电。

② 复位。复位电路的核心元器件是微处理器 IC1、三极管 P12 和电阻 R82。开机瞬间，由于 5V 电源电压在滤波电容的作用下是逐渐升高的，当该电压低于设置值时（多为 3.6V），P12 截止，它的集电极输出一个低电平的复位信号。该信号加到微处理器 IC1 的③脚，IC1 内的存储器、寄存器等电路清零复位。随着 5V 电源电压的不断升高，当该电压超过 3.6V 后，P12 导通，它的集电极输出高电平信号。该信号加到 IC1 的③脚，IC1 内部电路复位结束，开始工作。

③ 时钟振荡。时钟振荡电路的核心元器件是微处理器 IC1、晶振 XT1。IC1 得到供电后，它内部的振荡器与⑧、⑨脚外接的晶振 XT1 通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 IC1 输出各种控制信号的基准脉冲源。

（5）显示屏控制电路

该机-7℃室设置了显示屏。该电路的核心元器件是显示屏、移相寄存器 IC8（595）、微处理器 IC1。

在需要该显示屏进行显示时，微处理器 IC1 的⑩脚输出的使能控制信号通过 R13 加到 IC8 的①脚，同时 IC1 的⑬脚输出的串行数据信号加到 IC8 的⑭脚，IC1 的⑯脚输出的时钟信号通过 R14 加到 IC8 的⑫脚，被 IC8 处理后，分别为显示屏提供行、列驱动信号，控制显示屏显示电冰箱的工作状态和制冷温度。

3. 制冷电路

制冷电路的核心元器件是微处理器 IC1、温度传感器（负温度系数热敏电阻）、驱动块 ULN2003、移相寄存器 IC6（595）、继电器。电路见图 8-9 和图 8-10。

微处理器 IC1 工作后，由它的⑩脚输出存储器时钟信号、⑫脚输出寄存器时钟信号，从⑧脚以串行数据的形式输出压缩机供电控制信号，从⑬脚输出冷冻风扇电动机驱动信号，从⑯脚输出冷却风扇电动机驱动信号，从⑭脚输出高电平的冷藏室风门使能信号，从⑮、⑯脚输出冷藏室风门电动机驱动信号，从⑰脚输出高电平的-7℃室风门使能信号，从⑱、⑲脚输出-7℃室风门电动机驱动信号。

⑩、⑫脚输出的信号分别通过 R114、R113 加到移相寄存器 IC6 的⑫、⑪脚，⑧脚输出的串行数据信号通过 R122 加到 IC1 的⑭脚。IC6 对输入的信号进行移相处理后，从它的①脚输出高电平控制信号，该信号通过 IC3①脚内的倒相放大器倒相放大后使它的⑯脚电位为低电平，继电器 K7 的线圈有电流流过，使 K7 内的触点吸合，接通压缩机的供电回路，启动压缩机运转，实施制冷。同时，IC1⑯脚输出的驱动信号通过 R44 限流，N17、P10 倒相放大，由 P10 的集电极输出的激励信号通过 L1、E2 滤波后，经连接器 CN2 的⑫脚驱动冷冻风扇电动机运转，使冷冻室内的空气形成对流，热空气被冷冻室蒸发器吸热后迅速降温，冷冻室开始制冷。IC1⑰脚输出的驱动信号通过 R45 限流，N18、P11 倒相放大，由 P11 的集电极输出的激励信号通过 L2、E3 滤波后，经连接器 CN2 的⑯脚驱动冷却风扇电动机运转，为冷凝器、压缩机进行冷却散热。

IC1 的⑱脚输出的高电平使能控制信号通过 R26 限流，使控制管 N14 导通，由 P2、P4、P6、P8、N8~N13 组成的电动机驱动电路可以工作。此时，IC1 的⑲脚输出的驱动信号通过 R19、R20 限流后，加到 N8 和 N9 的基极，同时 IC1 的⑳脚输出的驱动信号通过 R24、R25 限流后，加到 N11 和 N12 的基极，于是电动机驱动电路产生 $2A_-$ 、 $2A_+$ 、 $2B_-$ 、 $2B_+$ 四路驱动信号，通过连接器 CN4 的⑨~⑫脚为冷藏室风门电动机提供驱动信号，使冷藏室风

门在电动机的带动下打开风道，冷冻室产生的冷风通过风道进入冷藏室，冷藏室也开始制冷。

IC1 的④脚输出的高电平使能控制信号通过 R9 限流，使控制管 N7 导通，由 P1、P3、P5、P7、N17 组成的电动机驱动电路可以工作。此时，IC1 的⑤脚输出的驱动信号通过 R2、R3 限流后，加到 N1 和 N2 的基极，同时 IC1 的⑥脚输出的驱动信号通过 R7、R8 限流后，加到 N4 和 N5 的基极，于是电动机驱动电路产生 I_{A-}、I_{A+}、I_{B-}、I_{B+} 四路驱动信号，通过连接器 CN5 的③~⑥脚为-7℃室风门电动机提供驱动信号，使-7℃室风门在电动机的带动下打开风道，冷冻室产生的冷风通过风道进入-7℃室，-7℃室也开始制冷。

随着压缩机和风扇电动机的不断运行，冷冻室、冷藏室、-7℃室的温度开始下降。当-7℃室的温度达到需要值后，-7℃室传感器的阻值增大，5V 电压通过 R17 与它取样，此时的电压增大，通过 R12 限流、C1 滤波后，为微处理器 IC1 的④脚提供的电压升高，IC1 将该电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，判断出-7℃室的温度达到要求，使它的⑤、⑥脚不再输出激励脉冲，④脚输出的控制信号变为低电平，致使-7℃室的风门电动机停止工作，带动风门关闭通往-7℃室的风道，冷风不能进入-7℃室，该室制冷结束，进入保温状态。当冷藏室的温度达到需要值后，冷藏室传感器 R1、R2 的阻值增大，5V 电压通过 R34、R33 与它们取样后产生的取样电压增大，再经 R30、R29 限流，C3、C4 滤波后，为微处理器 IC1 提供的电压增大，IC1 将该电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，判断冷藏室的制冷效果达到要求，使②脚输出低电平信号，③、⑥脚不再输出激励信号，使冷藏室的风门电动机停转，带动风门关闭通往冷藏室的风道，冷风不能进入冷藏室，该室制冷结束。当冷冻室的温度达到要求后，冷冻室传感器的阻值增大，5V 通过 R49 与它取样产生的取样电压增大，经 R55 限流、C9 滤波，为 IC1 的⑤脚提供的电压增大，IC1 将该电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，判断冷冻室的制冷效果达到要求，从⑥脚输出压缩机停机信号，通过 IC6 移相处理，再经 IC3 内的倒相放大器放大，使继电器 K7 的线圈无导通电流，K7 内的触点释放，压缩机因没有供电而停止运转，冷冻室制冷工作结束，进入保温状态。随着保温时间的延长，各个室的温度逐渐升高，使温度传感器的阻值逐渐减小，为 IC1 提供的温度取样电压减小，IC1 将电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，控制电冰箱再次进入制冷状态。



提示 继电器 K7 线圈两端并联的二极管 D20 是钳位二极管，它的作用是防止 IC3 内的倒相放大器截止瞬间，线圈产生较高的反峰电压，此电压经钳位二极管泄放到 12V 电源，使二极管正极电压不超过 12.4V，从而避免了 IC3 内的放大器过电压损坏。由于 IC3 内设置了钳位二极管，所以 D20 没有实际意义。

4. 化霜电路

化霜电路的核心元器件是化霜传感器（负温度系数热敏电阻）、微处理器 IC1、驱动块 ULN2003、继电器和化霜加热器。电路见图 8-9 和图 8-10。

微处理器 IC1 检测到压缩机累计运行达到化霜时间后，它的⑧脚输出化霜串行数据信号，它的⑩脚不输出驱动信号，它的⑪脚输出高电平控制信号。IC1⑩脚没有驱动信号时，冷冻电动机停转。IC1⑧脚输出的信号通过 R122 加到 IC6 的④脚，被 IC6 处理后，从它的①脚输出低电平信号，从它的④~⑥脚输出高电平控制信号。IC6 的①脚输出的低电平电压经 IC3 内

的非门倒相放大后,继电器 K7 线圈的电流消失, K3 内的触点释放,切断了压缩机供电回路,压缩机停转。IC6 的④脚输出的高电平信号经 IC3 的⑤脚内的倒相放大器放大,使继电器 K3 的线圈有电流流过, K3 内的触点吸合,接通化霜加热器 L 的供电回路,它开始为蒸发器加热。同理, IC6 的⑤脚输出高电平信号后继电器 K4 的触点吸合,为化霜加热器 N 供电,它开始为蒸发器加热; IC6 的⑥脚输出高电平信号后继电器 K8 的触点吸合,为分配器加热器供电,它开始加热。同时, IC1 的④脚输出的高电平控制信号通过 R68 限流,使 N21 导通,使继电器 K1 的线圈有电流流过, K1 内的触点吸合, 12V 电压第一路通过连接器 CN1 的②脚为进冰口加热器供电,使其为进冰口化霜;第二路通过连接器 CN5 的②脚为-7℃室的风门加热器供电,使它开始加热,为该风门进行化霜;第三路通过连接器 CN4 的②脚为冷藏室的风门加热器供电,使它开始加热,为该风门进行化霜。随着化霜的不断进行,蒸发器表面的温度逐渐升高。当蒸发器表面的温度升高到 13℃左右,化霜传感器的阻值减小, 5V 电压通过 R51 与其分压产生的电压减小,经 R54 限流、C10 滤波后为微处理器 IC1 ⑤脚提供的电压减小,被 IC1 识别后判断化霜效果达到要求,控制⑧脚输出加热器停止加热的信号,经 IC6 和 IC3 处理后,使继电器为低电平控制信号,继电器内的触点释放,化霜加热器因没有供电而停止发热,化霜工作结束。

继电器 K1、K3、K4、K6 线圈两端并联的二极管是钳位二极管,它们的作用是防止 N14、IC3 内的倒相放大器截止瞬间,线圈产生较高的反峰电压,此电压经钳位二极管泄放到 12V 电源,使二极管正极电压不超过 12.4V,从而避免了 N14、IC3 内的放大器过电压损坏。由于 IC3 内设置了钳位二极管,所以仅 K1 线圈两端并联的 D36 有作用。

5. 环境温度低补偿电路

环境温度低补偿电路的核心元器件是室温传感器、R75、C21、微处理器 IC1、移相寄存器 IC5、驱动块 IC4、加热器。

当环境温度过低时,室温传感器的阻值增大, 5V 电压通过 R78 与其分压产生的电压增大,经 R75 限流、C21 滤波后为微处理器 IC1 ⑦脚提供的电压增大,被 IC1 识别后判断环境温度过低,需要进行温度补偿,于是从⑧脚输出低温补偿控制信号。⑧脚输出的串行数据信号通过 R111 加到 IC5 的④脚,被 IC5 处理后,从它的③脚输出高电平控制信号。该信号经驱动块 IC4 的⑥脚内的非门倒相放大后,使继电器 K13 的线圈有电流流过, K13 内的触点吸合,接通吧台(冷藏室)加热器的供电回路,它开始为冷藏室加热,冷藏室温度升高,从而避免了环境温度过低时电冰箱不启动或停机时间过长,产生的冷藏温度过低,而冷冻室温度偏高的异常现象。

6. 门开关及其控制电路

(1) 冷冻室门开关控制电路

冷冻室门开关不仅控制照明灯的工作状态,而且控制风扇电动机的工作状态。该电路的核心元器件是门开关、R51、R46、C11 和微处理器 IC1。

当冷冻室的箱门打开时,连接器 CN2 ②脚外接的冷冻室门开关断开, 5V 电压通过 R51、R46 限流, C11 滤波后为 IC1 ⑩脚提供的电压为高电平,被 IC1 识别后判断冷冻室箱门打开, IC1 的⑧脚输出点亮冷冻室照明灯的串行数据信号,同时由⑩脚输出冷冻风扇电动机运转信号,使冷冻风扇电动机停转,以免冷气大量外泄。而 IC1 ⑩脚输出的串行数据信号通过 R122 加到 IC6 的④脚,被 IC6 处理后,从它的③脚输出高电平控制信号。该信号经驱动块 IC3 ⑥

脚内的倒相放大器放大，使继电器 K6 的线圈有导电电流，K6 内的触点吸合，为冷冻室的照明灯供电，照明灯被点亮。而关闭冷冻室的箱门后，门开关将连接器 CN2 的⑥脚对地短路，致使 IC1 的②脚输入低电平信号，被 IC1 识别后判断箱门关闭，它通过⑧脚输出熄灭冷冻室照明灯的控制信号，并使⑩脚输出冷冻风扇电动机驱动信号，使冷冻风扇电动机运转，实现制冷通风功能。

(2) 冷藏室门开关控制电路

冷藏室门开关控制电路的核心元器件是门开关、R32、R31、C2 和微处理器 IC1。

当冷藏室的箱门打开时，连接器 CN4④脚外接的冷藏室门开关断开，5V 电压通过 R32 和 R31 限流、C2 滤波后为微处理器 IC1④脚提供的电压为高电平，被 IC1 识别后判断冷藏室箱门打开，IC1 的⑥脚输出点亮冷藏室照明灯的串行数据信号，同时由⑩脚输出冷冻风扇电动机停转信号，使冷冻风扇电动机停转，以免冷气大量外泄。而串行数据信号通过 R122 加到 IC6 的④脚，被 IC6 处理后，从它的⑦脚输出高电平控制信号。该信号经驱动块 IC3②脚内的倒相放大器放大，使继电器 K2 的线圈有导电电流，K2 内的触点吸合，为冷藏室的照明灯供电，照明灯被点亮。IC⑦脚没有驱动信号输出时，冷藏室的冷却风扇电动机停转，而关闭冷藏室的箱门后，门开关将连接器 CN4 的④脚对地短路，致使 IC1 的④脚输入低电平信号，被 IC1 识别后通过⑧脚输出熄灭冷藏室照明灯的控制信号，并使⑩脚输出冷冻风扇电动机驱动信号，使冷冻风扇电动机运转，实现制冷通风功能。

7. 风扇电动机转速控制

风扇电动机转速控制电路的核心元器件是霍尔传感器、微处理器 IC1，辅助元器件有限流电阻和滤波电容。

冷冻、冷却风扇电动机内部装有用于检测转速的霍尔传感器。当它们旋转后，霍尔传感器输出端输出测速信号，即 PG 脉冲信号。当冷冻风扇电动机的转速高时，PG 脉冲的个数就增加，也就是 PG 脉冲的频率升高。该信号从连接器 CN2 的⑩脚输入到电路板，再通过 C7、R47、C5 限流滤波，加到微处理器 IC1 的⑦脚，被 IC1 识别后判断冷冻风扇电动机转速过高，IC1⑩脚输出的驱动信号占空比减小，使 N18、P10 导通程度下降，为冷冻风扇电动机的供电减小，冷冻风扇电动机转速下降。反之，控制过程相反。同理，若冷却风扇电动机转速高时，CN2 的⑦脚输入的 PG 脉冲电压升高，使 IC1 的⑥脚输入电压升高，IC1⑦脚输出的驱动信号占空比减小，最终使冷却风扇电动机转速下降到正常。R52、R53 是为霍尔组件供电的限流电阻。

另外，微处理器 IC1 也可以根据蒸发器和冷凝器的温度，控制⑩、⑦脚输出的驱动信号占空比，自动调整风扇电动机的转速。

8. 进水电路

进水电路的核心元器件是水泵、微处理器 IC1、驱动块 IC4。

需要进水时，微处理器 IC1 通过⑧脚输出进水串行数据信号。该信号通过 R111 加到 IC5 的④脚，被 IC5 处理后，从它的⑤脚输出高电平控制信号。该信号经驱动块 IC4④脚内的非门倒相放大后，接通继电器 K15 的线圈供电回路，K15 内的触点吸合，为进水泵的线圈供电，进水泵开始抽水。

9. 制冰机进水控制电路

制冰机进水控制电路的核心元器件是微处理器 IC1、移相寄存器 IC5、继电器 K10、放大

器 IC4、制冰进水电磁阀。

制冰机需要进水时，微处理器 IC1 通过⑧脚输出进水串行数据信号。该信号通过 R111 加到 IC5 的⑭脚，被 IC5 处理后，从它的⑦脚输出高电平控制信号。⑦脚输出的高电平信号经 IC4②脚内的非门倒相放大后，接通继电器 K10 线圈的供电回路，使 K10 内的触点吸合，为制冰进水电磁阀的线圈供电，制冰进水电磁阀打开，水通过进水电磁阀进入制冰机。

10. 制冰控制电路

制冰控制电路的核心元器件是微处理器 IC1、驱动块 IC2 (BA6238)、制冰机传感器。

制冰时，微处理器 IC1 的⑩~⑫脚输出的激励信号分别通过 R58~R60 限流，加到驱动块 IC2 的④~⑥脚，经 IC2 放大后，使 IC2 的②、⑩脚输出电动机驱动电压。该电压通过连接器 CN3 的⑨、⑩脚驱动制冷电动机旋转，开始制冰。当制冰的温度达到要求后，CN3②脚外接的制冰机传感器的阻值增大，5V 电压通过 R74 与其分压产生的电压增大，经 R65 限流、C17 滤波后为 IC1⑧脚提供的电压增大，被 IC1 识别后判断制冰温度达到要求，IC1⑩~⑫脚输出停机信号，使制冷电动机停转，制冰结束。在制冰过程中，若按下制冰机停止开关后，IC1 的⑦脚输入低电平控制信号，IC1 也会使制冰结束。

制冷电动机内部装有用于检测转速的霍尔传感器。当它旋转后，霍尔传感器输出测速信号。当制冷电动机的转速高时，CN3 的③脚输入的电压增大，再通过 R62 限流、C20 滤波，加到 IC1 的②脚，被 IC1 识别后判断制冷电动机转速过高，IC1⑩~⑫脚输出的驱动信号占空比减小，使 IC1 的②、⑩输出的电压减小，制冷电动机转速下降。反之，控制过程相反。R69 是为电动机内霍尔组件供电的限流电阻。

11. 冰块选择控制电路

冰块选择控制电路的核心元器件是微处理器 IC1、移相寄存器 IC6、驱动块 IC4、继电器 K11、冰块选择阀。

需要对冰块进行选择时，微处理器 IC1 通过⑧脚输出冰块选择串行数据信号。该信号通过 R122 加到 IC6 的⑭脚，被 IC6 处理后，从它的⑮脚输出高电平控制信号，再经 IC4①脚内的非门倒相放大后，接通继电器 K11 线圈的供电回路，使 K11 内的触点吸合，为冰块选择阀的线圈供电，进行冰块选择。

12. 出冰控制电路

出冰控制电路的核心元器件是微处理器 IC1，移相寄存器 IC5、IC6，继电器 K5，出冰电动机。

需要出冰时，微处理器 IC1 通过⑧脚输出出冰串行数据信号。该信号不仅通过 R111 加到 IC5 的⑭脚，而且通过 R122 加到 IC6 的⑭脚，被 IC5、IC6 处理后，从 IC5 的④脚输出高电平控制信号，从 IC6 的②脚输出高电平控制信号。IC5 的④脚输出的高电平信号通过 IC4⑤脚内的非门倒相放大后，使继电器 K12 的线圈有导通电流，K12 内的触点吸合，为出冰口盖板阀门的线圈供电，使出冰口打开。同时，IC6②脚输出的高电平信号通过 IC5⑦脚内的非门倒相放大，使继电器 K5 的线圈有导通电流，K5 内的触点吸合，为出冰电动机的线圈供电，使出冰电动机运转，带动传输系统将冰块送出。

13. 分配器开关及其照明电路

分配器开关及其照明电路的核心元器件是分配器开关、光电耦合器 IC7、微处理器 IC1、移相寄存器 IC5、驱动块 IC4、继电器 K14、照明灯。

将连接器 CN6⑤脚外接的分配器开关闭合后,市电电压通过 R119 限流、D22 半波整流,为光电耦合器 IC7 内的发光二极管供电,发光二极管开始发光,使它内部的光敏三极管因受光照而导通,从它的发射极输出的电压经 R116 限流、E6 和 C33 滤波后加到微处理器 IC1 的⑧脚,IC1 检测后判断分配器开关闭合,通过④脚输出点亮照明灯的串行数据信号。该信号通过 R111 加到 IC5 的④脚,被 IC5 处理后,从 IC5 的②脚输出高电平控制信号。该信号通过 IC4⑦脚内的倒相放大器放大,使继电器 K14 的线圈有导通电流, K14 内的触点吸合,为分配器的照明灯供电,分配器照明灯开始发光。

14. 冷饮电路

冷饮电路的核心元器件是冷饮按键、微处理器 IC1、移相寄存器 IC5、驱动块 IC4、继电器 K9、冷饮水阀。

按冷饮键取水时,该信息被微处理器 IC1 识别后,IC1 通过④脚输出冷饮控制的串行数据信号。该信号通过 R111 加到 IC5 的④脚,被 IC5 处理后,从 IC5 的②脚输出高电平控制信号。该信号通过 IC4③脚内的倒相放大器放大,使继电器 K9 的线圈有导通电流, K9 内的触点吸合,为冷饮水阀的线圈供电,冷饮水阀打开,冷饮水从水阀流出。

第三节 智能控制型空调器电路识图

一、普通智能控制型空调器

下面以科龙 KFR-26/35GW/H (F) 型空调器电脑板为例介绍普通智能控制型空调器电路的识图方法。科龙 KFR-26/35GW/H (F) 型分体式空调器的电脑板电路由电源电路、微处理器 (CPU) 电路、制冷控制电路、风扇电路、保护电路等构成,如图 8-12 所示。

1. 电源电路

该机的电源电路采用变压器降压式直流稳压电源电路,如图 8-12 所示。该电路的核心元器件是变压器、整流管 V219~V222、滤波电容 C210、12V 稳压器 N101 (7812)、5V 稳压器 N102 (78L05),辅助元器件有熔断器 F201、压敏电阻 F202、限流电阻 F203 与滤波电容 C208、C207、C218。

插好空调器的电源线后,220V 市电电压通过 C218、C207、C208 滤除市电电网中的高频干扰脉冲,通过 F201、F203 和连接器 X201 加到变压器的一次绕组。市电输入回路并联的 F202 是压敏电阻,当市电电压过高时 F202 击穿短路,使用户家的低压断路器跳闸或熔断器过电流熔断,避免了电源的元器件过电压损坏。

市电通过变压器降压输出 15V 左右(与市电电压高低成正比)的交流电压,一路送到交流过零检测电路;另一路通过整流管 V219~V222 组成的桥式整流器整流,滤波电容 C210 和 C211 滤波产生 21V 左右的直流电压。21V 直流电压通过三端稳压器 N101 稳压输出 12V 电压,不仅为电磁继电器、驱动块等电路供电,而且利用三端稳压器 N102 稳压输出 5V 电压,通过 C214、C215 滤波后,为微处理器 D101 和相关电路供电。

2. 市电过零检测电路

市电过零检测(同步信号输入)电路的核心元器件是整流管 V207、V208,放大管 V206,电阻 R206、R208、R209。

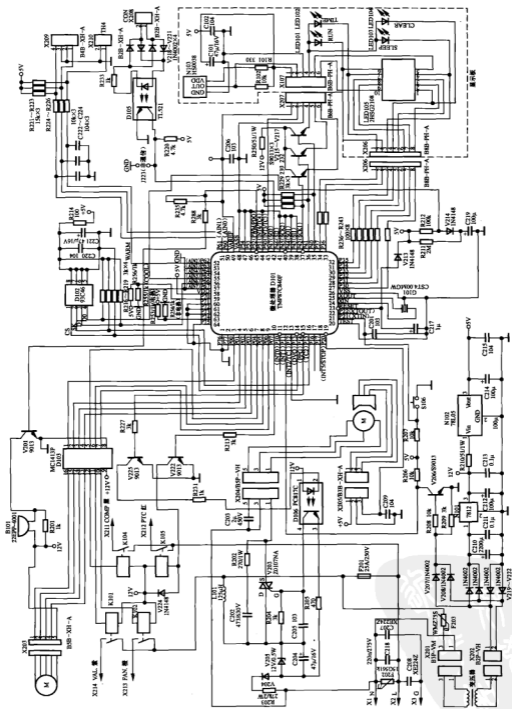


图 8-12 科龙 KFR-26GS5GW/H (F) 型空调器电脑板电路

变压器输出的电压通过 V207、V208 整流产生脉动电压，通过 R208 限流，产生 100Hz 交流检测信号，即同步控制信号。该信号作为基准信号加到微处理器 D101 的⑩脚。D101 对⑩脚输入的信号检测后，确保室外风扇电动机供电回路中的双向晶闸管 V203 在市电过零点处导通，从而避免了 V203 在导通瞬间可能被过电流损坏。

3. 微处理器电路

该机的微处理器电路以日本东芝公司生产的微处理器 D101 (TMP87C840F) 为核心构成。

(1) 微处理器 TMP87C840F 的引脚功能

微处理器 TMP87C840F 的引脚功能见表 8-6。

表 8-6 微处理器 TMP87C840F 的主要引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	P76	接地	⑳	P31	显示屏驱动信号输出
②	P77	接地	㉑	P32	显示屏驱动信号输出
③	P00	导风电动机驱动信号输出	㉒	P33	显示屏驱动信号输出
④	P01	导风电动机驱动信号输出	㉓	P34	指示灯/显示屏驱动信号输出
⑤	P02	导风电动机驱动信号输出	㉔	P35	指示灯/显示屏驱动信号输出
⑥	P03	导风电动机驱动信号输出	㉕	P36	指示灯/显示屏驱动信号输出
⑦	P04	压缩机供电控制信号输出	㉖	P37	指示灯/显示屏驱动信号输出
⑧	P05	四通换向阀供电控制信号输出	㉗	P40	指示灯供电控制信号输出
⑨	P06	室外风扇电动机供电控制信号输出	㉘	P41	指示灯供电控制信号输出
⑩	P07	电加热器供电控制信号输出	㉙	SCK1	显示屏供电控制信号输出
⑪	INT0	换新风控制输出 (本机未用, 悬空)	㉚	SI1	接地
⑫	INT1	市电过零检测信号输入	㉛	SO1	接地
⑬	INT2/TC1	接地	④①	SCK2	时钟信号 2 输出 (未用, 接地)
⑭	DVO	存储器片选信号输出	④②	SI2	接地
⑮	PPG	室内风扇电动机供电控制信号输出	④③	SO2	集中控制信号输入
⑯	TC2	I ² C 总线时钟信号输出	④④	INT3/TC3	遥控信号输入
⑰	P16	除尘控制信号输出	④⑤	INT4/TC4	接地
⑱	P17	加湿控制信号输出	④⑥	PWM/PDO	蜂鸣器驱动信号输出
⑲	INT5/STOP	室内风扇电动机测速信号输入	④⑦	P53	接地
㉑	TEST	测试 (接地)	④⑧	P54	接地
㉒	XTIN	应急开关信号输入	④⑨	VASS	模拟电路接地
㉓	XTOUT	键扫描信号输出 (本机未用, 悬空)	④⑩	VAREF	模拟电路基准电压
㉔	RESET	复位信号输入	④⑪	AIN0	室内环境温度检测信号输入
㉕	XIN	时钟振荡信号输入	④⑫	AIN1	室内盘管温度检测信号输入
㉖	XOUT	时钟振荡信号输出	④⑬	AIN2	室外盘管温度检测信号输入
㉗	VSS	接地	④⑭	AIN3	室外环境温度检测信号输入
㉘	P30	显示屏驱动信号输出	④⑮	AIN4	压力或电流检测信号输入 (未用, 接地)

续表

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
⑤⑤	AIN5	开机 3min 延时控制	⑥①	P71	接地
⑤⑥	AIN6/D1	存储器数据信号输入/输出	⑥②	P72	接地
⑤⑦	AIN7/D0	存储器数据信号输入/输出	⑥③	P73	接地
⑤⑧	VDD	5V 供电	⑥④	P74	电加热辅助功能设置
⑤⑨	P70	单冷/冷暖机型设置	⑥⑤	P75	接地

(2) 微处理器基本工作条件电路

微处理器正常工作需具备 5V 供电、复位、时钟振荡正常的三个基本条件。

① 5V 供电。插上空调器的电源线，待电源工作后，由它输出的 5V 电压加到微处理器 D101 的供电端⑧脚，为 D101 供电。

② 复位。该机的复位电路的核心元器件是微处理器 D101 和复位电容 C217。开机瞬间，由于 C217 需要充电，所以 D101 的②脚电位由低逐渐升高。当 D101 的②脚电位为低电平时，D101 内的存储器、寄存器等电路清零复位。随着 C217 充电的不断进行，C217 两端的电压逐渐升高，当它两端的电压为高电平后，D101 内部电路复位结束，开始工作。正常工作后，D101 的②脚电位几乎与供电相同。

③ 时钟振荡。时钟振荡电路的核心元器件是微处理器 D101 和 G101。D101 得到供电后，它内部的振荡器与②④、②⑤脚外接的晶振 G101 通过振荡产生 4MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 D101 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(3) 功能操作电路

功能操作电路的核心元器件是微处理器 D101、遥控接收器 N103 (HS0038)。

连接器 X207/X107 的②脚外接遥控接收器 N103。用遥控器对该机进行温度调节等操作时，N103 将遥控器输出的红外信号进行解码、放大后，从 N103 的 OUT 端子输出，经 X207 的②脚输入到 D101 的④脚，被 D101 处理后，控制相关电路进入用户所需要的状态。

(4) 显示屏、指示灯控制电路

显示屏、指示灯控制电路的核心元器件是微处理器 D101、放大管 V215~V217、发光二极管 LED101~LED104 和显示屏 LED105。其中，LED101 是运行指示灯，LED102 是定时指示灯，LED103 是睡眠指示灯。哪个指示灯发光、显示屏是否显示受微处理器 D101 的②⑦~②⑩脚输出的信号控制。

(5) 蜂鸣器控制电路

蜂鸣器控制电路的核心元器件是微处理器 D101、放大管 V201、蜂鸣器 B101。

进行操作时，D101 的④脚输出的脉冲信号经 R288 限流，再经 V201 倒相放大，驱动蜂鸣器 B101 鸣叫，表明操作信号已经被 D101 接收。

4. 空调器工作方式设置

(1) 单冷/冷暖机型设置

微处理器 D101 的⑧脚是单冷、冷暖机型设置脚。5V 电压通过 R256、R255 分压产生 2.5V 左右电压，加到 D101 的⑧脚，被 D101 识别后，D101 具有冷暖型空调器的控制功能。若将 D101 的⑧脚接地，使⑧脚电位为低电平后，D101 仅具有单冷型空调器的控制功能。

(2) 电加热辅助功能设置

微处理器 D101 的⑧脚是电加热辅助功能的设置脚。5V 电压通过 R253、R254 分压产生 2.5V 左右电压，加到 D101 的⑧脚，被 D101 识别后，D101 具有电加热辅助功能。若将 D101 的⑧脚接地，使⑧脚电位为低电平后，D101 取消电加热辅助功能。

5. 制冷/制热控制电路

制冷控制电路的核心元器件是室内环境温度传感器、室内盘管温度传感器、微处理器 D101、驱动块 D103 (MC1413P)、放大管 V222 和 V225、双向晶闸管 V203，以及供电继电器 K101、K102、K104。

(1) 制冷控制

当室内温度高于设置的温度时，连接器 X209①脚外接的室内环境温度传感器的阻值减小，5V 电压通过 R222 与其取样后产生的电压减小，通过 R225 限流，再通过 C223 滤波，为微处理器 D101⑤脚提供的电压减小。D101 将该电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后，识别出室内温度，确定空调器需要进入制冷状态。此时它的⑧、⑩脚输出低电平控制信号，它的⑦、⑨脚输出高电平信号，它的⑮脚输出激励脉冲。④脚输出的低电平信号加到驱动块 D103 的⑥脚，通过⑥脚内的倒相放大器放大后，使它的⑪脚电位为高电平，不能为继电器 K101 的线圈提供电流，使 K101 内的触点释放，不能为四通换向阀的线圈供电，于是四通换向阀使系统工作在制冷状态，即室内热交换器用作蒸发器，而室外热交换器用作冷凝器。⑩脚输出的电压为低电平电压，K105 内的触点不能吸合，电加热器不加热。⑦脚输出的高电平信号加到 D103 的⑤脚，通过⑤脚内的倒相放大器放大后，使它的⑫脚电位为低电平，为继电器 K104 的线圈提供电流，使它内部的触点吸合，接通压缩机的供电回路，压缩机在启动电容的配合下运转，开始制冷。⑨脚输出的高电平信号经 D103⑦脚内的非门倒相放大后，为继电器 K102 的线圈提供电流，使 K102 内的触点吸合，接通室外风扇电动机的供电回路，使室外风扇电动机在启动电容配合下旋转，为压缩机、室外热交换器进行散热。⑮脚输出的激励脉冲信号经 R227 限流，再经 V225 倒相放大，通过 R231 使光电耦合器 D106 (PC817C) 内的发光二极管发光，致使它内部的光敏三极管导通，通过 R204、C205、R205 触发双向晶闸管 V203 导通，为室内风扇电动机供电，在启动电容 C203 的配合下，室内风扇电动机运转，加速室内热交换器内的制冷剂汽化吸热，实现室内降温的目的。随着压缩机和各个风扇电动机的不断运行，室内的温度开始下降。当温度达到要求，被 D101 识别后，判断室内的制冷效果达到要求，控制⑦、⑨、⑮脚输出停机信号，切断压缩机和各个风扇电动机的供电回路，使它们停止运转，制冷工作结束，进入保温状态。随着保温时间的延长，室内的温度逐渐升高，使室内环境温度传感器的阻值逐渐减小，为 D101⑤脚提供的电压再次减小，重复以上过程，空调器再次工作，进入下一轮的制冷循环。

(2) 制热控制

制热控制和制冷基本相同，不同的地方主要有三个：一是 D101 的⑧脚输出的控制信号经驱动块 D103⑥脚内的非门倒相放大后，为继电器 K101 的线圈提供电流，使 K101 内的触点吸合，为四通换向阀的线圈供电，于是四通换向阀使系统工作在制热状态，即室内热交换器用作冷凝器，而室外热交换器用作蒸发器；二是制热初期，D101 的⑮脚不输出激励脉冲，使室内风扇电动机不运转，以免为室内吹冷风，只有室内盘管的温度升高到一定值后，室内盘管的阻值减小到需要值，使 D101 的⑤脚输入的电压减小，被 D101 识别后判断室内盘管温度升高到需要值，才控制⑮脚输出激励信号，使室内风扇电动机运转；三是制热时 D101 的

电加热控制端⑩脚输出高电平控制信号,该电压通过 R213 限流,再经放大管 V222 倒相放大,为继电器 K105 的线圈提供电流,K105 内的触点吸合,接通加热器的供电回路,加热器开始发热。



提示 V224 是钳位二极管,以免 V222 截止瞬间 K105 线圈产生的尖峰脉冲导致 V222 过电压损坏。

6. 室内风扇电动机转速控制电路

室内风扇电动机的速度调整有手动调节和自动调节两种方式。

(1) 手动调节

当用户通过遥控器降低风速时,遥控器发出的信号被微处理器 D101 识别后,使其⑮脚输出的控制信号的占空比减小,通过 R227 限流,使 V203 导通程度减小,为光电耦合器 D106 内的发光二极管提供的导通电流减小,发光二极管发光减弱,光敏三极管导通程度减小,为双向晶闸管 V203 提供的触发电流减小,V203 的导通程度减小,为室内风扇电动机提供的电压减小,室内风扇电动机转速下降。反之,控制过程相反。

(2) 自动调节

室内风扇电动机内部装有用于检测转速的霍尔传感器。当室内风扇电动机旋转后,霍尔传感器输出端输出测速信号,即 PG 脉冲信号。该脉冲信号通过连接器 X205 的③脚输入到电脑板,通过 C209 滤波后加到微处理器 D101 的⑨脚。当电动机的转速高时,PG 脉冲的个数就增多,也就是 PG 脉冲的频率升高,被 D101 识别后判断电动机转速过高,D101 的⑮脚输出的控制信号的占空比减小,如上所述,室内风扇电动机转速下降。反之,控制过程相反。

7. 导风电动机电路

导风电动机电路的核心元器件是微处理器 D101、导风电动机。由于导风电动机采用的是步进电动机,所以要求 D101 利用③~⑥脚输出激励脉冲信号。

在停止状态下,按遥控器上的“风向”键后,D101 的③~⑥脚输出激励脉冲信号,从驱动块 D103 的①~④脚输入,利用它内部的倒相放大器放大后,从⑬~⑭脚输出,再经连接器 X201 驱动步进电动机旋转,带动室内机上的风叶摆动,实现大角度、多方向送风。



提示 导风电动机旋转只有在室内风扇电动机运行时有效。

8. 化霜控制电路

该机的化霜控制电路由室外盘管温度传感器、微处理器 D101、驱动块 D103、四通换向阀及其供电继电器 K101 等元器件构成。

空调器工作在制热状态后,微处理器 D101 内的计时器对压缩机运行时间进行计时,并且室外热交换器表面温度因结霜低于 -11°C 。此时,连接器 X210 外接的室外盘管传感器的阻值增大,5V 电压通过 R223 与它分压得到的取样电压增大。该电压通过 R226 限流,再经 C224 滤波后加到微处理器 D101 的⑳脚,D101 将该电压数据与其内部固化的不同温度的电压数据比较后,确定室外热交换器需要化霜。首先,D101 控制压缩机和室外风扇电动

机停转，并使⑤脚输出的激励脉冲占空比减小，室内风扇微风旋转，约 1min 后使⑧脚输出低电平控制信号，切断四通换向阀线圈的供电，切换制冷剂的走向，使系统进入制冷状态，再经 1min 后启动压缩机运行，使室外热交换器的温度升高，为其化霜。化霜时间超过 8min 或室外热交换器表面的温度达到 5℃ 后，室外盘管传感器的阻值减小，使 D101 的②脚输入的电压减小，被 D101 识别后判断化霜达到要求，使压缩机停转，约 1min 后对四通换向阀进行切换控制，使系统再次恢复为制热状态，再经 1min 延迟后控制压缩机和室外风扇电动机运转。

9. 保护电路

为了确保空调器正常工作，或在故障时不扩大故障范围，该空调器设置了多种保护电路。

(1) 制冷防冻结保护电路

制冷防冻结保护电路的核心元器件是室内盘管传感器、微处理器 D101。

制冷期间，若室内热交换器（蒸发器）表面温度低于 -1℃ 时，被室内盘管温度传感器检测后，将该温度的电压信号传递给微处理器 D101 的⑤脚，D101 识别出室内热交换器的温度后，控制⑦脚输出低电平控制信号，使压缩机停止工作，控制空调器进入制冷防冻结保护状态。当室内热交换器的温度超过 5℃ 后，自动进入制冷状态。

(2) 制热防过热保护电路

制热防过热保护电路的核心元器件也是室内盘管传感器、微处理器 D101。

制热期间，若室内热交换器（冷凝器）表面温度超过 53℃ 时，被室内盘管温度传感器检测后，将该温度的电压信号传递给微处理器 D101 的⑤脚，D101 识别出室内热交换器的温度后，控制⑧脚输出低电平控制信号，室外风扇停止旋转；若室内热交换器表面温度超过 63℃，被 D101 识别后，控制⑦脚输出低电平控制信号，使压缩机停转，控制空调器进入制热防过热保护状态；当室内热交换器表面温度低于 49℃ 后，自动退出保护状态。

(3) 压缩机供电延迟保护电路

压缩机供电延迟保护电路的核心元器件是 R212、V214、C219 和微处理器 D101。

为空调器通电后，由于电容 C219 两端的初始电压为 0，所以 5V 供电通过 R212、V214 为 C219 充电，使 D101 的⑤脚电位由低逐渐升高，此时 D101 的⑦脚不能输出高电平控制信号，压缩机不能工作，以免压缩机停转后立即工作，可能会因液击等原因损坏。只有 D101 的⑤脚电位达到高电平后，它的⑦脚才能输出高电平控制信号，使压缩机运行，实现压缩机供电延迟保护。由于 C219 充电的时间为 3min 左右，所以该电路也叫 3min 延迟保护电路。

二、变频空调器

海信 KFR-5201LW/Bp 变频空调器控制电路由室内机控制电路和室外机控制电路两部分构成，如图 8-13 所示。



提示 与海信 KFR-5201LW/Bp 相同的机型还有海信 KFR-50LW/Bp、KFR-60LW/Bp、KFR-5001LW/Bp、KFR-5019LW/Bp、KFR-6001LW/Bp、KFR-6019LW/Bp 等型号。

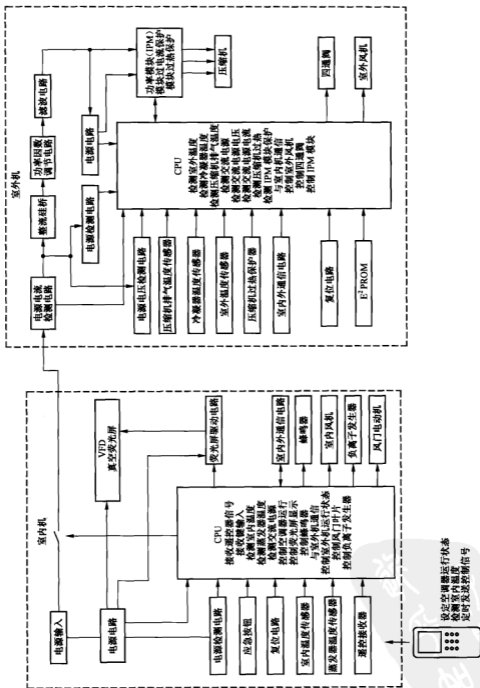


图 8-13 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器控制电路构成方框图

设定空调器运行状态
检测室内温度
定时发送控制信号



1. 室内机控制电路

室内机控制电路由电源电路、温度检测电路、显示电路、室内风扇电动机驱动电路等构成，电路接线如图 8-14 所示，电路图如图 8-15 和图 8-16 所示。

(1) 电源电路

室内机的电源电路采用变压器降压式直流稳压电源电路，如图 8-15 所示。该电路的核心元器件是变压器（图中未画出）、整流管 D01~D09、滤波电容 C01~C04、三端稳压器 U01 (LM7805)，辅助元器件有熔断器 F01、压敏电阻 Z01。

插好空调器的电源线后，220V 市电电压通过 CN09、CN10 输入后，经熔断器 F01 分两路输出：一路通过继电器为室内风扇电动机等供电，另一路通过 CN07 加到电源变压器的一次绕组。市电输入回路并联的 Z01 是压敏电阻，当市电电压过高时 Z01 击穿短路，使 F01 过电流熔断，切断市电输入回路，从而避免了电源电路的元器件过电压损坏。

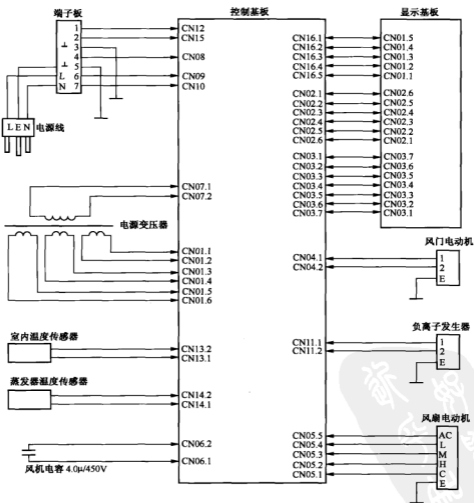


图 8-14 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器室内机电路接线图

市电通过变压器降压后,产生三路交流电压。第一路是 4.8V 交流电压,通过连接器 CN01 输入,再通过 CN16 的①、②脚输出到显示电路板,为真空荧光屏(VFD)的灯丝供电,5.6V 稳压管 ZD01 用于过电压保护;第二路是 20V 交流电压,该电压从 CN01 的③、④脚输入,经 D06~D09 桥式整流, C03、C04 滤波产生-22V 直流电压,通过 CN02 的①脚输出到室内机控制电路板,为显示屏电路供电;第三路是 11.5V 交流电压,该电压通过 D01~D04 桥式整流后,不仅送到市电过零检测电路,而且经 D05 加到 C01 和 C02 两端,通过它们滤波产生 12V 左右的直流电压。12V 电压不仅为电磁继电器、驱动块等电路供电,而且利用三端稳压器 U01 稳压输出 5V 电压,通过 C05、C06 滤波后,利用 CN02 的②脚输入到室内机电路板,为微处理器(CPU)和相关电路供电。

(2) 市电过零检测电路

市电过零检测(同步控制)电路的核心元器件是放大管 Q01、R02、R03、C08、C07。电路见图 8-15。

整流管 D01~D04 桥式整流产生的脉动电压通过 R02、R03 分压限流,利用 C07 滤除高频干扰,经 Q01 倒相放大产生 100Hz 交流检测信号,即同步控制信号。该信号通过 R05、C08 低通滤波后,再通过 CN16 的③脚输入到室内微处理器,用于判别有无市电输入。

(3) 微处理器 TMP47P840VN 的引脚功能

该机室内机电路板以东芝公司生产的微处理器 TMP47P840VN 为核心构成,如图 8-16 所示。TMP47P840VN 的主要引脚功能见表 8-7。

表 8-7 室内微处理器 TMP47P840VN 的主要引脚功能

脚 号	脚 名	功 能	脚 号	脚 名	功 能
①	VAREF	参考电压输入(接 5V 供电)	②⑤	POW	室外机供电控制信号输出
②	NC		②⑦	SCII	室外通信信号输入
③	CT	压缩机电流检测信号输入	②⑧	KEY	应急开关控制信号输入
④	COIL	室内盘管温度检测信号输入	③①	XIN	振荡器输入
⑤	ROOM	室内环境温度检测信号输入	③②	XOUT	振荡器
⑥~⑫		未用	③③	RESET	复位信号输入
⑬	FAN1	室内风扇电动机驱动信号 1 输出	③⑤	ZERO	市电过零检测信号输入
⑭	WDOG	看门狗控制信号输入	③⑥	BUZ	蜂鸣器驱动信号输出
⑮	FAN2	室内风扇电动机驱动信号 2 输出	③⑦	REM IN	遥控信号输入
⑯	FAN3	室内风扇电动机驱动信号 3 输出	③⑧	TI	显示屏控制信号输出
⑰~⑲		未用	③⑨	SI	显示屏控制信号输出
⑳	SCIO	室内通信信号输出	④①	SO	数据信号输出
㉑	FU	负离子发生器供电控制信号输出	④②	SCK	时钟信号输出
㉒	FLAP	风门电动机供电控制信号输出	④③	VCC	5V 供电

(4) 微处理器基本工作条件电路

微处理器正常工作需具备 5V 供电、复位、时钟振荡正常的三个基本条件。

① 5V 供电。插好空调器的电源线,待室内机电源电路工作后,由其输出的 5V 电压经

C17 等电容滤波后加到微处理器 U01 (TMP47P840VN) 的供电端②脚, 为它供电。

② 复位。复位电路的核心元器件是微处理器 U01 和复位芯片 U04 (MC34064)。开机瞬间, 由于 5V 电源电压在滤波电容的作用下是逐渐升高, 当该电压低于 4.6V 时, U04 的输出端①脚输出低电平电压, 该电压加到 U01 的③脚, 使 U01 内的存储器、寄存器等电路清零复位。随着 5V 电源电压的逐渐升高, 当其超过 4.6V 后, U04 的①脚输出高电平电压, 该电压经 C01 滤波后加到 U01 的③脚, U01 内部电路复位结束, 开始工作。正常工作后, U01 的③脚电位几乎与供电相同。

③ 时钟振荡。时钟振荡电路的核心元器件是微处理器 U01、晶振 CR01。U01 得到供电后, 它内部的振荡器与④、⑤脚外接的晶振 CR01 通过振荡产生 6MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作, 并作为 U01 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(5) 遥控操作电路

遥控操作电路的核心元器件是遥控器、遥控接收器 (接收头) U05、微处理器 U01, 辅助元器件是 R16、C08。

用遥控器对该机进行温度调节等操作时, U05 将红外信号进行解码、放大后从①脚输出, 通过 R16 限流、C08 滤波后加到 U01 的⑦脚。U01 对⑦脚输入的信号进行处理后, 控制相关电路进入用户所需要的工作状态。

(6) 显示屏电路

显示屏电路的核心元器件是 VFD 型显示屏 U03、驱动芯片 U02 (BUWT2879AK)、微处理器 U01。电路见图 8-16。

显示屏驱动电路以专用芯片 U02 为核心构成。U02 的⑤、⑥、⑧、⑨脚与 U01 的④①、④②、④③脚相连。同时, 5V、-22V、4.8A、4.8B 电压为显示屏及其驱动电路供电。当 U01 输出的显示屏驱动信号通过 U02 进行解码、放大后, 驱动显示屏 U03 显示空调器的工作状态、温度等信息。

(7) 蜂鸣器电路

蜂鸣器电路的核心元器件是微处理器 U01、驱动块 U02、蜂鸣器 BU01。电路见图 8-15 和图 8-16。

进行遥控操作时, U01④脚输出的脉冲信号通过 R24 限流, 再通过连接器 CN03 加到驱动块 U02 的⑦脚, 经 U02 内部的非门倒相放大后, 从它的⑩脚输出, 通过 R13 加到蜂鸣器 BU01 的两端, 驱动 BU01 鸣叫, 表明操作信号已被 U01 接收。

(8) 室内风扇电动机电路

室内风扇电动机电路的核心元器件是室内微处理器 U01、继电器 RY02~RY04、驱动块 U02、风扇电动机, 辅助元器件有限流电阻和连接器 CN03。电路见图 8-15 和图 8-16。

微处理器 U01 的⑬、⑮、⑯脚输出室内风扇电动机供电控制信号。它们通过电阻限流, 利用 CN03 加到驱动块 U02 的②~④脚, 经它内部的三个非门倒相放大后, 就可以接通继电器 RY02~RY04 线圈的供电回路, 控制 RY02~RY04 的触点吸合, 实现电动机转速的控制。通过图 8-16 中的继电器触点位置, 可以看出连接器 CN05 的③脚有电压输出, 该电压加到风扇电动机的 M 端子, 所以室内风扇电动机运转在中速状态。若 CN05 的②脚有电压输出, 则说明电动机运转在高速状态; 若 CN05 的④脚有电压输出, 电动机将运转在低速状态。

(9) 风门电动机电路

风门电动机 (导风电动机) 电路的核心元器件是微处理器 U01、驱动块 U02 和风门电动机 (同步电动机), 辅助元器件有 R28、CN03。电路见图 8-15 和图 8-16。

需要风门电动机旋转时，微处理器 U01 的②脚输出高电平控制信号，该信号通过 R28 和 CN03 输入到 U02 的⑥脚，经 U02 内部的非门倒相放大后，为继电器 RY06 的线圈供电，RY06 内的触点吸合，为 CN11 外接的风门电动机供电，使其旋转，实现多方向、大角度送风控制。



提示 风门电动机旋转只有在室内风扇电动机运行时有效。

(10) 空气清新电路

空气清新电路的核心元器件是室内微处理器 U01、驱动块 U02、继电器 RY05 和负离子发生器（臭氧发生器）。电路见图 8-15 和图 8-16。

需要使用空气清新功能时，微处理器 U01 的②脚输出的高电平控制信号通过 R28 限流，再经 CN03 加到 U02 的⑥脚，通过 U02 的⑤、②脚内的非门倒相放大后，继电器 RY05 的线圈有电流流过，RY05 内的触点吸合，经连接器 CN04 为外接的负离子发生器供电。该发生器通过倍压整流产生极高的脉冲电压对空气放电后，就会从空气中的氧气中分解出大量的负离子。负离子不仅对室内空气中的细菌有灭杀的作用，而且对空气中的烟尘、化学物质等有害物质具有较强的清除作用，从而实现了空气清新功能。

(11) 室外机供电电路

室外机供电电路的核心元器件是室内微处理器 U01、继电器 RY01、驱动块 U02。电路见图 8-15 和图 8-16。

当室内微处理器 U01 工作后，从②脚发出室外机供电的高电平控制信号。该控制信号经 R23 限流，通过连接器 CN03 加到 U02 的①脚，通过驱动块 U02①、⑥脚内的非门倒相放大后，为继电器 RY01 的线圈提供导通电流，使 RY01 内的触点吸合，接通室外机的供电回路，为室外机供电。

2. 室外机控制电路

室外机控制电路由电源电路、温度检测电路、室外风扇电动机驱动电路、压缩机驱动电路等构成，接线图如图 8-17 所示，电路原理图如图 8-18 和图 8-19 所示。

(1) 市电输入电路

市电输入电路的核心元器件是连接器 CN01、CN02，滤波电容 C1~C6，电感 L01、L03、L04，辅助元器件有压敏电阻 VA1~VA3 和放电管 SA2。电路见图 8-18。

市电电压通过连接器 CN01、CN02 输入后，利用 C1~C6、L01、L03、L04 组成的共模、差模滤波器对市电网中的高频干扰脉冲进行滤波，以免影响室外机微处理器、开关电源等电路的正常工作，同时还可以滤除室外机开关电源等产生的高频干扰脉冲，以免它们窜入市电网，影响其他用电设备的正常工作。

市电输入回路的压敏电阻 VA1、VA3 用于防止市电电压过电压导致市电变换电路、开关电源电路、IPM 过电压损坏。压敏电阻 VA2 和放电管 SA2 组成的放电电路用于防止雷电导致室外微处理器、IPM 等电路过电压损坏。

(2) 市电变换电路

市电变换电路也就是 300V 直流电压形成电路。该电路的核心元器件是 PTC 型限流电阻、桥式整流堆和滤波电容（图中未画出）。电路见图 8-18。

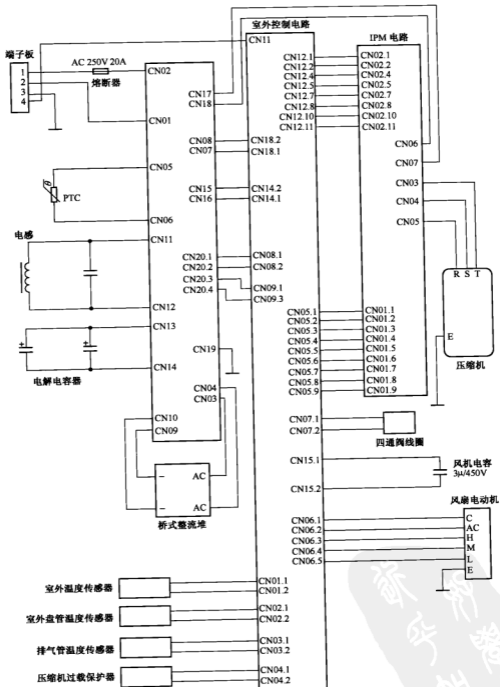


图 8-17 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器室外机电路接线图

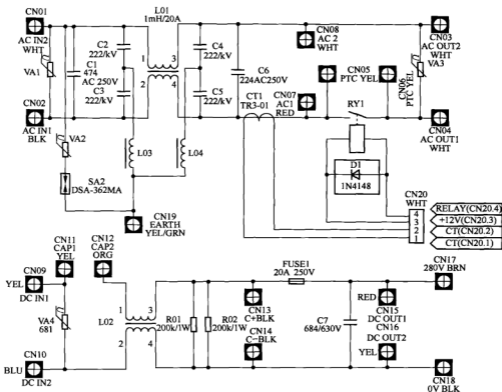


图 8-18 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器室外机市电输入、变换电路

市电电压通过滤波后,再经电流互感器 CT1 的一次绕组分两路输出:一路通过连接器 CN07、CN08 为室外风扇电动机、四通阀的继电器供电;另一路通过 CN05、CN06 外接的 PTC 型限流电阻限流,通过 CN03 和 CN04 送到 300V 供电电路,经整流堆、滤波电容整流滤波产生 300V 电压。300V 电压通过 CN10、CN11 和互感线圈 L02 返回到室外电路板,一路经 CN13、CN14 为开关电源供电,另一路通过熔断器 FUSE2 和 CN17、CN18 为 IPM 供电(图中未画出)。

C7 是滤波电容, R01、R02 是 C7 的放电电阻。VA4 是压敏电阻,防止它两端电压过高,给 IPM 和开关电源带来危害。

(3) 开关电源电路

室外机电源电路采用的是以开关管 Q02、开关变压器 T02 为核心构成的并联型自激式开关电源,如图 8-19 所示。

① 功率变换。功率变换电路的核心元器件是开关管 Q02,开关变压器 T02,启动电阻 R03~R05,正反馈回路 C04、R06,整流管 D04~D08,滤波电容 C05~C09、C14~C17,稳压器 U04,辅助元器件有熔断器 RU02、指示灯。

连接器 CN14 输入的 300V 左右直流电压经熔断器 F02 进入开关电源,第一路经 LED01 和 R01 构成回路使 LED01 发光,表明开关电源已输入 300V 供电电压;第二路通过开关变压器 T02 的一次绕组(5-7 绕组)为开关管 Q02 供电;第三路通过启动电阻 R04、R05、R03 限流后加到 Q02 的基极,为 Q02 提供启动电流,使 Q02 启动导通。开关管 Q02 导通后,

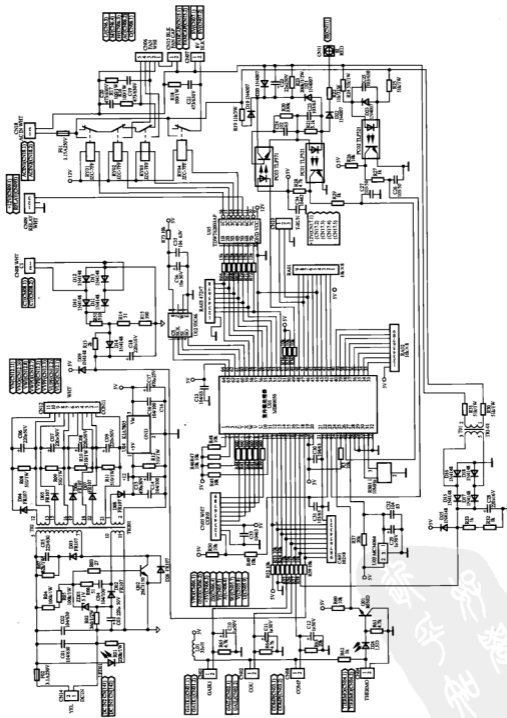


图 8-19 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器室外机电源电路、控制电路

它的集电极电流使 5-7 绕组产生⑤脚正、⑦脚负的电动势，正反馈绕组（10-11 绕组）感应出⑩脚正、⑪脚负的脉冲电压。该电压经 C04、R06、R03、Q02 的发射结构成正反馈回路，使 Q02 因正反馈雪崩过程迅速进入饱和导通状态，它的集电极电流不再增大，因电感中的电流不能突变，于是 5-7 绕组产生反相的电动势，致使 10-11 绕组相应产生反相的电动势。该电动势通过 C04、R06 使 Q02 迅速进入截止状态。Q02 截止后，T02 存储的能量通过二次绕组开始输出。随着 T02 存储的能量释放到一定的时候，T02 的各个绕组产生反相电动势，于是 10-11 绕组产生的脉冲电压经 C04、R06 再次使 Q02 进入饱和导通状态，如上所述，形成自激振荡。开关电源进入振荡状态后，T02 二次绕组输出的电压经整流、滤波后产生多种直流电压。其中，12-13 绕组输出的脉冲电压通过 D04 整流、C06 滤波产生 15V 电压，15-16 绕组输出的脉冲电压通过 D05 整流、C07 滤波产生 15V 电压，18-19 绕组输出的脉冲电压通过 D06 整流、C08 滤波产生 15V 电压，21-22 绕组输出的脉冲电压通过 D07 整流、C09 滤波产生 15V 电压。这四路 15V 电压通过连接器 CN12 输出到 IPM 电路，为它的驱动电路供电。而 1-2 绕组输出的脉冲电压通过 D08 整流，C14、C15 滤波产生 12V 电压。12V 电压不仅为继电器、驱动块等负载供电，而且通过 U04 稳压输出 5V 电压，为微处理器 U01 等电路供电。

开关变压器 T02 的 5-7 绕组两端并联的 D03、R07、C05 组成尖峰脉冲吸收回路。该电路在开关管 Q02 截止瞬间将其集电极产生的尖峰脉冲进行有效吸收，以免 Q02 过电压损坏。

② 稳压控制。稳压控制电路的核心元器件是整流管 D02、滤波电容 C03、稳压管 D02、开关变压器 T02。

当市电电压升高或负载变轻，引起 T02 各个绕组产生的脉冲电压升高时，10-11 绕组升高的脉冲电压经 D02 整流、滤波电容 C03 滤波获得的取样电压（负压）相应升高，使稳压管 ZD01 击穿导通程度加强，为开关管 Q02 的基极提供负电压，使 Q02 导通时间缩短，T02 存储的能量下降，开关电源输出电压下降到正常值，实现稳压控制。反之，稳压控制过程相反。

（4）微处理器 MB89050 的引脚功能

该机室外机电路板以微处理器 MB89050 为核心构成，所以它的引脚功能是分析室外机电路板工作原理和故障检修的基础。室外微处理器 MB89050 的主要引脚功能见表 8-8。

表 8-8 室外微处理器 MB89050 的主要引脚功能

脚 号	功 能	脚 号	功 能
④~⑩	IPM 驱动信号输出	⑰	复位信号输入
⑭	室外温度传感器检测信号输入	⑳、㉑	振荡器外接晶振
⑮	室外盘管温度检测信号输入	㉒、㉓	室外机单独启动控制信号输入
⑯	压缩机排气管温度检测信号输入	㉔	室外通信信号输出
⑰	市电电压检测信号输入	㉕	限流电阻控制信号输出
⑱	压缩机电流检测信号输入	㉖	四通阀供电控制信号输出
⑲、㉒、㉓	5V 供电	㉗、㉘、㉙	室外风扇电动机转速控制信号输出
㉑	接地	㉚	存储器数据信号输入
㉒	IPM 异常保护信号输入	㉛	存储器数据信号输出
㉓	市电有无检测信号输入	㉜	存储器用时钟信号输出
㉔	压缩机过热检测信号输入	㉝	存储器用片选信号输出
㉕	室内通信信号输入		

(5) 微处理器基本工作条件电路

微处理器正常工作需具备 5V 供电、复位、时钟振荡正常的三个基本条件。

① 5V 供电。插好空调器的电源线，待室外机的电源电路工作后，由其输出的 5V 电压经 C13、C30 滤波后加到微处理器 U01 的供电端⑨、⑳、㉑脚，为它供电。

② 复位。复位电路的核心元器件是微处理器 U01 和复位芯片 U03 (MC34064)。开机瞬间，由于 5V 电源电压在滤波电容的作用下逐渐升高，当该电压低于 4.6V 时，U03 的输出端①脚输出低电平电压，该电压经 C29、C23 滤波，加到 U01 的⑳脚，使 U01 内的存储器、寄存器电路清零复位。随着 5V 电源电压的逐渐升高，当其超过 4.6V 后，U03 的①脚输出高电平电压，该电压加到 U01 的㉑脚后它的内部电路复位结束，开始工作。

③ 时钟振荡。时钟振荡电路的核心元器件是微处理器 U01 和晶振 RS01。U01 得到供电后，它内部的振荡器与⑨、⑩脚外接的晶振 RS01 通过振荡产生 10MHz 的时钟信号。该信号经分频后协调各部位的工作，并作为 U01 输出各种控制信号的基准脉冲源。

(6) 存储器电路

由于变频空调器不仅需要存储与温度相对应的电压数据，还要存储室外风扇转速、故障代码、压缩机 f/V 控制等信息，所以需要设置电可擦写存储器 (E²PROM) U02 (93C46)。下面以调整室外风扇电动机转速为例进行介绍。

微处理器 U01 通过片选信号 CS、数据线 SI/SO 和时钟线 SCK 从存储器 U02 内读取数据后，改变其风扇电动机端子输出的控制信号，为电动机的不同端子供电，就可以实现电动机转速的调整。

(7) 限流电阻及其控制电路

因为 300V 供电的滤波电容的容量较大 (容量值超过 2 400 μ F)，所以它的初始充电电流较大，为了防止它充电初期产生的大充电电流导致整流堆、熔断器等元器件过电流损坏，该机通过设置正温度系数热敏电阻 PTC 来抑制该冲击大电流。当滤波电容充电结束，并且 IPM、压缩机等器件工作后产生的电流会引起 PTC 的阻值增大，进而导致 300V 供电下降，使 IPM 和开关电源电路不能正常工作，所以在 300V 供电的滤波电容充电结束后，需要设置限流电阻控制电路将 PTC 型限流电阻短接，这样既实现了限流功能，又保证了 IPM 等电路正常工作。该电路的核心元器件就是限流电阻 PTC、微处理器 U01、驱动块 U05、继电器 RY1。电路见图 8-18 和图 8-19。

当电容充电结束，并且室外微处理器 U01 工作后，U01 的㉑脚输出的高电平控制信号经 R70 限流，再经驱动块 U05⑤、⑫脚内的非门倒相放大后，利用 CN09、CN20 为继电器 RY1 的线圈提供导通电流，使 RY1 内的触点吸合，将连接器 CN05、CN06 所接的限流电阻 PTC 短接，实现限流电阻控制。

(8) 室外风扇电动机电路

室外风扇电动机电路由微处理器 U01、存储器 U02、驱动块 U05 (TDWT62003AP)、风扇电动机及其供电继电器 RY01~RY03，以及室外温度传感器、室外盘管温度传感器等元器件构成，如图 8-19 所示。U01、U05、RY01~RY03 的工作状态与风扇电动机转速的关系见表 8-9。

表 8-9 室外风扇电动机转速与供电电路的关系

电路状态 电动机转速	U01			U05			RY01~RY03 的触点位置		
	59	58	56	16	15	14	RY01	RY02	RY03
高速	H	H	H	L	L	L	接常开	接常开	接常开
中速	H	L	H	L	H	L	接常开	接常开	接常闭
低速	H	L	L	L	H	H	接常开	接常闭	接常闭

1) 制热期间

当室外温度高于 15℃ 时, 室外温度传感器的阻值较小, 5V 电压通过 L01、室外温度传感器、R65 分压后产生的电压较大。该电压通过 C10 滤波, 再通过 R56 限流、CA01 内的一个电容滤波后, 为 U01 的④脚输入的电压较大, U01 将该电压数据与 U02 内存储的电压/温度数据进行比较后, 识别出室外温度高于 24℃, 发出室外风扇电动机低速运转的指令。此时, U01 的⑧脚输出的控制信号为高电平, ⑨、⑩脚输出低电平控制信号。⑧脚输出的高电平电压通过 R66 加到 U05 的①脚, 经①、⑩脚内的非门倒相放大后, 为继电器 RY01 的线圈提供导通电流, RY01 内的动触点与常开触点接通, 为继电器 RY02 内的动触点供电; ⑨脚输出的低电平电压通过 R67 加到 U05 的②脚, 通过②、⑩脚内的非门倒相放大后, 不能为 RY02 的线圈提供导通电流, 使 RY02 的动触点接常闭触点; ⑩脚输出的低电平电压通过 R68 加到 U05 的③脚, 通过③、⑩脚内的非门倒相放大后, 不能为 RY03 的线圈提供导通电流, 使 RY03 的动触点接常闭触点。此时, 220V 市电电压通过 RY01~RY03 加到连接器 CN06 的⑤脚, 再通过该脚加到室外风扇电动机的低速绕组 L 上, 室外风扇电动机工作在低速运转状态。

当室外温度高于 10℃, 但低于 15℃ 时, 室外温度传感器的阻值增大, 使 U01 的④脚输入的电压减小, U01 将该电压数据与 U02 内存储的电压/温度数据进行比较后, 识别出室外环境的当前温度, 发出室外风扇电动机中速运转的指令。此时, U01 的⑧脚输出低电平控制信号, ⑨、⑩脚输出的控制信号为高电平。如上所述, ⑨、⑩脚输出高电平控制信号时 RY03 内的动触点与市电输入, 而 U01 的⑩脚输出的高电平电压通过 R68 加到 U05 的③脚, 通过③、⑩脚内的非门倒相放大后, 为 RY03 的线圈提供导通电流, 它的动触点与常开触点接通, 切断室外电动机的 L 端供电, 而它输出的电压通过 CN06 的④脚加到室外风扇电动机的中速绕组 M 上, 室外风扇电动机工作中速运转状态。

当室外温度低于 10℃ 时, 室外温度传感器的阻值继续增大, 使 U01 的④脚输入的电压进一步减小, U01 将该电压数据与 U02 内存储的电压/温度数据进行比较后, 识别出室外温度低于 10℃, 发出室外风扇电动机高速运转的指令。此时, U01 的⑧、⑨、⑩脚输出的控制信号都为高电平。如上所述, ⑧脚输出高电平时, RY01 能为 RY02 的动触点供电, 而⑨脚输出的高电平电压通过 R67 加到 U05 的②脚, 经 U05 的②、⑩脚内的非门倒相放大后, 为 RY02 的线圈提供导通电流, 使 RY02 内的动触点与常开触点接通, 切断 RY03 的供电, 而通过 CN06 的③脚加到室外风扇电动机的高速绕组 H 上, 室外风扇电动机工作在高速运转状态。

2) 制冷/除湿期间

制冷/除湿期间, 室外风扇电动机的转速不仅受室外温度传感器的控制, 而且受室外盘管温度传感器的控制。该机在室外温度高于 26℃ 时, 室外风扇电动机的转速受室外温度传感器的控制; 当室外温度低于 26℃ 时, 室外风扇电动机的转速受室外盘管温度传感器的控制。

当室外温度高于 26℃ 时, 室外温度传感器的阻值较小, 使 U01 的④脚输入的电压较大, U01 将该电压数据与 U02 内存储的电压/温度数据进行比较后, 识别出室外温度高于 26℃, 发出室外风扇电动机高速运转的指令, 如上所述, 使室外风扇电动机工作在高速运转状态。

当室外温度低于 26℃ 时, 室外风扇电动机的转速受室外盘管温度的控制。若室外盘管的温度低于 47℃、高于 40℃ 时为中速, 若温度高于 47℃ 时为高速。下面以室外盘管温度高于 47℃ 为例进行介绍。

当室外盘管温度高于 47℃ 时, 室外盘管温度传感器的阻值相对较小, 5V 电压通过 L01、室外盘管温度传感器、R64 分压后产生的电压较大。该电压通过 C11 滤波, 再通过 R56 限流、CA01 内的一个电容滤波后, 为 U01 的⑤脚提供的电压较大, U01 将该电压数据与存储器 U02 内存储的电压/温度数据进行比较后, 识别出室外盘管温度高于 47℃, 发出室外风扇电动机高速运转的指令, 如上所述, 使室外风扇电动机工作在高速运转状态。

(9) 市电电压异常保护电路

该机为了防止市电电压过高给电源电路、IPM、压缩机等器件带来危害, 设置了市电电压异常保护电路, 如图 8-18 和图 8-19 所示。市电电压异常保护电路的核心元器件是室外微处理器 U01、存储器 U02、电压互感器 T01 以及 D15~D18、R33、R32、C28。

市电电压通过 R30、R31 加到 T01 的一次绕组, 从它的二次绕组输出的交流电压通过 D15~D18 桥式整流、C28 滤波产生直流取样电压。该电压通过 R33、R32 限压, 利用 R58 限流, 通过 CA01 内的一个电容滤波后, 加到 U01 的⑦脚。U01 将⑦脚输入的电压与 U02 内存储的数据比较后, 就可以判断出市电电压是否正常。若判断出市电电压超过 260V 或低于 150V, 则输出控制信号使该机停止工作, 进入市电过高或欠电压保护状态, 并通过指示灯显示故障代码。

D25 是钳位二极管, 它的作用是防止 U01 的⑦脚输入的电压超过 5.4V, 以免市电电压升高等原因导致 U01 过电压损坏。

(10) 市电瞬间断电检测电路

市电瞬间断电检测电路的核心元器件是光电耦合器 PC02、二极管 D23、R26、R27。电路如图 8-19 所示。

市电电压通过 R24、R25 限流, 再通过 C25 滤波后, 加到 PC02 的发光二极管两端, 为发光二极管提供工作电压。当市电电压为正半周时, PC02 内的发光二极管有导通电流流过而发光, 使它内部的光敏三极管受光照后导通, 为 U01 的②脚提供低电平检测信号; 当市电电压为负半周时, PC02 内的发光二极管没有导通电流而熄灭, 使它内部的光敏三极管截止, 为 U01 的②脚提供高电平检测信号。这样, U01 通过检测②脚有无连续的检测信号输入, 就可以确认室外机是否发生瞬间断电故障。

(11) 压缩机过电流保护电路

压缩机过电流保护电路的核心元器件是电流互感器 CT1、整流管 D10~D13、微处理器 U01。电路见图 8-18 和图 8-19。

一根电源线穿过 CT1 的磁芯, 这样 CT1 就可以对压缩机运行电流进行检测, CT1 的二次绕组感应出与电流成正比的交流电压。该电压经 CN20、CN08 输入到室外控制电路板, 经 D10~D13 桥式整流产生脉动直流电压, 再经 R51、R14、R15 分压, 利用 D14、R13 限流, 通过 C18 滤波产生直流取样电压。该电压通过 R59 限流、CA01 内的一个电容滤波后, 加到微处理器 U01 的⑧脚。当压缩机电流正常时, CT1 二次绕组输出的电流在正常范围, 使 U01 的⑧脚输入的电

压正常, U01 将该电压与存储器 U02 内存储的数据比较后, 判断压缩机运行电流正常, 输出控制信号使压缩机正常工作。当压缩机运行电流超过设定值后, CT1 二次绕组输出的电流增大, 经整流、滤波后, 使 U01 的⑩脚输入的电压升高, U01 将该电压与 U02 内存储的压缩机过电流数据比较后, 判断压缩机过电流, 则输出控制信号使压缩机停止工作, 实现压缩机过电流保护。

(12) 压缩机排气管过热保护电路

该机的压缩机排气管过热保护电路由压缩机排气管温度传感器、室外微处理器 U01 等构成, 如图 8-19 所示。

当压缩机排气管的温度低于 86℃ 时, 排气管温度传感器的阻值较大, 5V 电压通过 L01、该温度传感器与 R63 取样后产生的取样电压较小。该电压经 C12 滤波, 再通过 R57 限流、CA01 内的一个电容滤波后, 为室外微处理器 U01 的⑩脚提供的电压较小, U01 将该电压与存储器 U02 内存储的数据比较后, 判断压缩机排气管温度正常, 输出控制信号使压缩机正常工作。当压缩机排气管温度达到 86℃ 后, 排气管温度传感器阻值减小, 经取样后使 U01 的⑩脚输入的电压增大, 被 U01 识别后禁止压缩机升频运转。当压缩机排气管温度达到 104℃ 后, 排气管温度传感器阻值进一步减小, 使 U01 的⑩脚输入的电压继续增大, 被 U01 识别后使压缩机降频运转。当压缩机排气管温度达到 115℃ 后, 排气管温度传感器阻值继续减小, 使 U01 的⑩脚输入的电压继续减小, 被 U01 识别后使压缩机停转, 并通过显示屏或指示灯、蜂鸣器报警。

(13) 压缩机过热保护电路

压缩机过热保护电路的核心元器件是压缩机温度传感器、室外微处理器 U01、三极管 Q01、存储器 U02, 辅助元器件是 L01、R62、D24。电路见图 8-19。

当压缩机温度正常时, 压缩机温度传感器的阻值较大, 5V 电压通过 L01、R62 与该温度传感器取样后产生的取样电压较大。该电压经 D24 使 Q01 导通, 为 U01 的⑩脚提供低电平的检测信号, U01 将该电压与 U02 内存储的数据比较后, 判断压缩机温度正常, 输出控制信号使压缩机正常工作。当压缩机温度过高后, 它的温度传感器阻值减小, 经取样后使 Q01 截止, 为 U01 的⑩脚提供高电平电压, 被 U01 识别后输出控制信号使压缩机停转, 并通过显示屏或指示灯、蜂鸣器报警。

3. 通信电路

该机的通信电路由市电供电系统、室内微处理器 U01 (TMP47P840VN)、室外微处理器 U01 (MB89050) 和光电耦合器 PC01~PC03 等元器件构成, 如图 8-15、图 8-16 和图 8-19 所示。由于室内、室外微处理器都用“U01”进行标注, 所以为了便于分析, 下文将它们称为室内 CPU、室外 CPU。

(1) 供电电路

市电电压通过 R19 限流, 再通过 D19 半波整流, 通过 C22 滤波产生 140V 左右的直流电压, 为光电耦合器内部的光敏三极管供电。

(2) 室外接收、室内发送过程

室外接收、室内发送期间, 室外 CPU 的⑩脚输出低电平控制信号, 室内 CPU 的⑩脚输出数据信号(脉冲信号)。由于室外 CPU 的⑩脚的电位为低电平, PC03 内的发光二极管开始发光, PC03 内的光敏三极管受光照后导通, 从它发射极输出的电压为 PC01 内的发光二极管供电。同时, 室内 CPU 的⑩脚输出的脉冲信号通过 CN01/16 输入到室内供电板, 再通过该板上的 PC01 耦合, 数据信号从它的光敏三极管集电极输出脉冲电压。该电压通过 D11、R10、CN08、CN1 进入室外机控制板, 再通过 R22、D22 加到 PC01 内发光二极管的负极, 使 PC01

的光敏三极管集电极有数据信号输出，该信号通过 R29 限流、C27 滤波后加到室外 CPU 的⑳脚，从而完成室内发送、室外接收控制。

(3) 室外发送、室内接收过程

室外发送、室内接收期间，室内 CPU 的㉑脚输出低电平控制信号，室外 CPU 的㉒脚输出脉冲信号。室内 CPU 的㉑脚电位为低电平时，室内机供电板上的 PC02 内的发光二极管开始发光，它内部的光敏三极管受光照后开始导通，从它发射极输出的电压为 PC01 内的发光二极管供电。同时，室外 CPU 的㉒脚输出的数据信号通过 PC03 耦合，从它的光敏三极管发射极输出的脉冲信号经 R21、C23、D22、R22、CN11 输出到室内供电板，经 R10、D11 和 PC02 光敏三极管的集电极、发射极输出，再经 PC01 的耦合，从它的光敏三极管集电极输出的脉冲通过 CN16/01 输入到室内控制板，再通过 R05 限流、C11 滤波后加到室内 CPU 的㉓脚后，也就完成了室外发送、室内接收控制。



提示 只有通信电路正常，室内 CPU 和室外 CPU 进行数据传输后，整机才能工作，否则会进入通信异常保护状态，同时显示屏显示通信异常的故障代码。

4. 压缩机电动机驱动电路

该机的压缩机电动机驱动电路以 IPM (PM30CTM060) 为核心构成，如图 8-20 所示。

(1) PM30CTM060 的构成与引脚功能

PM30CTM060 内部由六只 IGBT 型功率管及其驱动电路、保护电路、自举电源等构成，它的引脚功能见表 8-10。

(2) PM30CTM060 的工作原理

连接器 CN02 输入的四路 15V 电压不仅加到 PM30CTM060 的供电端上，为它内部的驱动电路供电，而且通过电阻 R01~R07 为光电耦合器 PC01~PC07 内的光敏三极管供电。同时由连接器 CN07、CN06 输入的 300V 电压经 C09 滤波后，加到 PM30CTM060 的⑮、⑰脚上，为它内部的功率管供电。

连接器 CN01 的④~⑥脚输入三路上下桥臂驱动信号，⑦~⑨脚输入三路下桥臂驱动信号。其中，上桥臂信号经光电耦合器 PC02~PC04 耦合后，加到 PM30CTM060 的 WN、VN、UN 端子上，通过模块内的 W、V、U 三相上桥臂驱动电路放大，就可以驱动三个 IGBT 构成的上桥臂功率管工作在脉冲状态。同样，下桥臂驱动信号通过 PC05~PC07 耦合，加到 PM30CTM060 的 WP、VP、UP 端子上，通过模块内的 W、V、U 三相下桥臂驱动电路放大后，就可以驱动三个 IGBT 构成的下桥臂功率管工作在脉冲状态。这样，通过对驱动信号的控制，就可以使功率模块输出三路分别相差 120° 的脉冲电压，驱动电动机运转。

(3) 保护电路

PM30CTM060 内设置了过电流、欠电压、过热、短路保护电路。一旦发生欠电压、过电流、过热等故障，模块内部的保护电路就动作，不仅切断模块输入的驱动信号，使模块停止工作，而且从⑮脚输出保护信号。该信号通过光电耦合器 PC01 隔离传输，再通过连接器 CN01/18 的①脚输出到室外电路板。该信号通过 R49 限流、C31 滤波后，加到微处理器 U01 的②脚，被 U01 识别后，控制该机停止工作，并通过指示灯显示故障代码，表明该机进入 IPM 异常的保护状态。

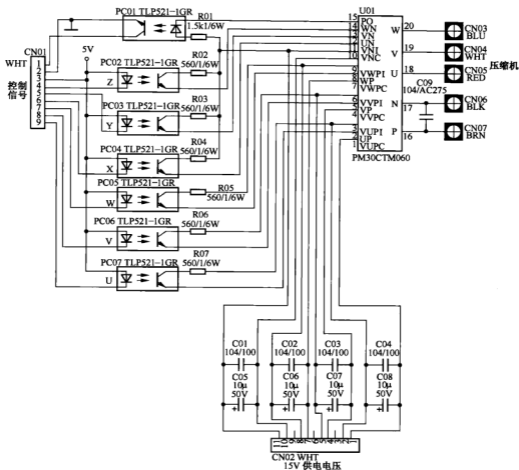


图 8-20 海信 KFR-5201LW/Bp 型变频空调器压缩机电动机驱动电路

表 8-10 PM30CTM060 的引脚功能

脚 号	脚 名	功 能	脚 号	脚 名	功 能
①	VUPC	U 相驱动电路电源负极	⑪	VNI	驱动电路供电
②	UP	U 相上桥臂驱动信号输入	⑫	UN	U 相下桥臂驱动信号输入
③	VUPI	U 相驱动电路电源正极	⑬	VN	V 相下桥臂驱动信号输入
④	VVPC	V 相驱动电路电源负极	⑭	WN	W 相下桥臂驱动信号输入
⑤	VP	V 相上桥臂驱动信号输入	⑮	PO	IPM 异常保护信号输出
⑥	VVPI	V 相驱动电路电源正极	⑯	P	300V 供电
⑦	VWPC	W 相驱动电路电源负极	⑰	N	接地
⑧	WP	W 相上桥臂驱动信号输入	⑱	U	U 相信号输出
⑨	VWPI	W 相驱动电路电源正极	⑲	V	V 相信号输出
⑩	VNC	驱动电路接地	⑳	W	W 相信号输出

5. 制冷、制热控制电路

该机的制冷、制热控制电路的核心元器件是温度传感器、室内微处理器 U01、室外微处理器 U01、存储器、PM30CTM060、压缩机、四通换向阀及其供电继电器 RY04、风扇电动机及其供电电路。电路见图 8-15、图 8-16、图 8-19 所示。



提示 风扇电动机电路在前面已作介绍，这里不再介绍。由于室内、室外微处理器都用“U01”进行标注，所以为了便于分析将它们称为室内 CPU、室外 CPU。

(1) 制冷控制

当室内温度高于设置的温度时，CN02③脚外接的室温传感器的阻值减小，5V 电压通过该电阻与 R22 取样后产生的电压增大。该电压通过 L03、R04 限流，再通过电容排 CA01 内的一个电容滤波，为室内 CPU 的⑤脚提供的电压升高。室内 CPU 将该电压数据与它内部存储器固化的不同温度的电压数据比较后，识别出室内温度，确定空调器需要进入制冷状态。此时，它不仅输出室内风扇电动机控制信号，使室内风扇电动机运转，而且通过通信电路向室外 CPU 发出制冷指令。室外 CPU 接到制冷指令后，第一路通过⑤、⑧、⑨脚输出室外风扇电动机供电信号，使室外风扇电动机运转；第二路通过⑤脚输出低电平控制电压，该电压经 R69 加到驱动块 U05 (TDWT62003AP) ④脚，通过④、⑬脚内的非门倒相放大后，不能为继电器 RY04 的线圈提供电流，RY04 内的触点释放，不能为四通阀的线圈供电，四通阀使系统工作在制冷状态，即室内热交换器用作蒸发器，而室外热交换器用作冷凝器；第三路通过④~⑨脚输出驱动脉冲，通过 PM30CTM060 放大后，驱动压缩机运转，开始制冷。随着压缩机和各个风扇电动机的不断运行，室内的温度开始下降。室温传感器的阻值随室温下降而增大，为室内 CPU 的⑤脚提供的电压逐渐减小，它识别出室内温度逐渐下降，通过通信电路将该信息提供给室外 CPU，于是室外 CPU 的④~⑨脚输出的驱动信号的占空比减小，使 PM30CTM060 输出的驱动脉冲的占空比减小，压缩机降频运转。当温度达到要求后，室温传感器将检测的结果送给室内 CPU，它判断出室温达到制冷要求，不仅使室内风扇电动机停转，而且通过通信电路告诉室外 CPU，室外 CPU 输出停机信号，切断室外风扇电动机的供电回路，使它停止运转，而且使压缩机停转，制冷工作结束，进入保温状态。随着保温时间的延长，室内的温度逐渐升高，使室温传感器的阻值逐渐减小，为室内 CPU⑤脚提供的电压再次增大，重复以上过程，空调器再次工作，进入下一轮的制冷工作状态。

(2) 制热控制

制热控制与制冷控制基本相同，不同点主要有三个：一个是当室内 CPU 通过⑤脚输出的电压识别出室内温度，通过通信电路告知室外 CPU，空调器需要工作在制热状态；第二个是室外 CPU 接收到需要加热的指令后，通过⑤脚输出高电平控制电压，该电压通过 R69 加到驱动块 U05 的④脚，经它④、⑬脚内的非门倒相放大后，为 RY04 的线圈提供电流，使 RY04 内的触点吸合，为四通阀的线圈供电，四通阀使系统工作在制热状态，即室内热交换器用作冷凝器，而室外热交换器用作蒸发器；三是制热初期，室内 CPU 不输出室内风扇运转的控制信号，以免为室内吹冷风，随着压缩机的运转，室内热交换器的温度升高到设置值，被室内盘管传感器检测后，室内 CPU 才输出室内风扇电动机运转的控制信号，使室内风扇电动机运转。

第九章 彩色电视机电路识图

第一节 新型 CRT 彩色电视机电路识图

流行的新型 CRT 彩色电视机主要是以 TA880×系列、TDA935×/6×/8×系列超级单片构成，下面以 TDA935×/6×/8×构成的彩色电视机为例介绍新型 CRT 彩色电视机的电路识图方法。

一、TDA935×/6×/8×超级单片的实用资料

TDA935×/6×/8×超级单片是荷兰飞利浦公司 2000 年后推出的产品。它由微处理器(CPU)和 TV 处理器两部分构成，实际上就是将 TDA8843/8844 新单片 TV 处理器和 CTH0808 等型号的 CPU 合成，这样大大简化了电路结构。

TDA935×/6×/8×根据伴音电路工作方式分为两种：一种具有单内载波伴音解调器，此类芯片的内部构成如图 9-1 所示；另一种具有准分离 QSS IF 伴音通道，此类芯片的内部构成如图 9-2 所示。TDA935×/6×/8×的引脚功能见表 9-1。

二、康佳 K 型彩色电视机构成方框图与单元电路作用

由于康佳 K 型彩色电视机在采用 TDA935×/6×/8×构成的彩色电视机中具有一定的代表性，所以下面以康佳 K 型机为例介绍 TDA935×/6×/8×构成的彩色电视机电路方案。方框图如图 9-3 所示。

由超级芯片 TDA9353/9380 内的微处理器电路、存储器 N601、高频调谐器、遥控接收放大组件构成遥控及选台电路，由 TDA9353/9380 内的图像中频放大电路、声表面波滤波器(SAWF)和相关电路构成中频电路，由 TDA9353/9380 内部分电路和音效处理电路、伴音功放电路构成伴音处理电路，由 TDA9353/9380 内的行扫描小信号处理电路、行激励电路、行输出电路、行偏转线圈构成行扫描电路，由 TDA9353/9380 内的场扫描小信号处理电路、场输出电路、场偏转线圈构成场扫描电路，由 TDA9353/9380 内的视频处理部分电路、视频输出放大电路构成视频电路。



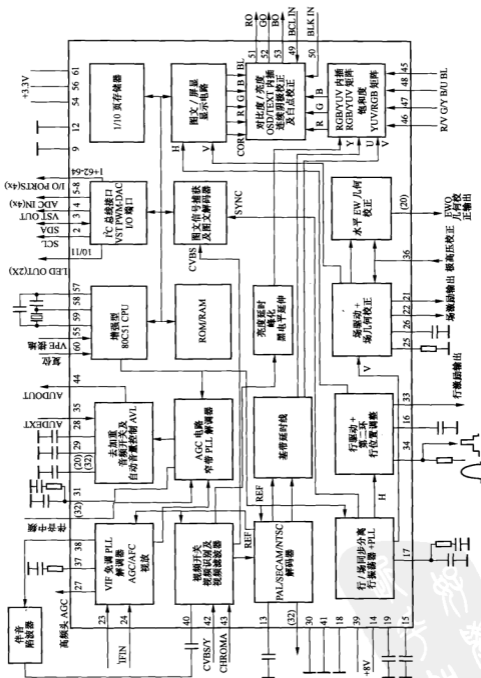


图 9-1 具有串内载波伴音解调器的 TDA935x(6x8x)内部构成方框图

表 9-1

TDA935×/6×/8×的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	Stand-by	遥控开关机/听伴音控制信号输出	③③	HOUT	行激励脉冲输出
②	SCL	I ² C 总线时钟信号输出	③④	FBISO	逆程脉冲输入/沙堡脉冲输出
③	SDA	I ² C 总线数据信号输入/输出	③⑤	AUDEXT	机外音频信号输入端
④	TPWM	调速控制信号输出	③⑥	EHT0	极高压补偿/高压保护信号输入
⑤	ADCC MUTE	静音/重低音控制信号输出	③⑦	PLL1F	中频 PLL 环路滤波器接电容
⑥	ADC1 keyb	操作键信号输入	③⑧	IFVO/SVO	全电视信号/可选择 CVBS 信号输出
⑦	ADC2 SRS	音效控制信号输出	③⑨	VP1	TV 处理器主电路供电
⑧	ADC3 dh	光栅倾斜校正信号输出	④①	CVBDINT	机内视频信号输入
⑨	VSS C/P	数字电路接地	④②	GND1	TV 处理器接地端 1
⑩	P0.5 BAND1	频段控制信号输出 1	④③	CVBS/Y	机外视频信号/亮度信号 Y 输入
⑪	P0.5 BAND0	频段控制信号输出 0	④④	CHROMA	机外色度信号 (S-VHS) 输入
⑫	VSSA	模拟电路接地	④⑤	AUDOUT	音频信号输出
⑬	SECPLL	SECAM 制锁相环外接滤波电容	④⑥	INSSW2	RGB/YUV 切换开关 2 控制信号输入
⑭	VP2	TV 处理器供电	④⑦	R2/VIN	第二红信号输入/R-Y 信号输入
⑮	DECDIG	TV 处理器数字部分外接滤波电容	④⑧	G2/VIN	第二绿信号输入/Y 信号输入
⑯	PH2LF	行 PLL2 环路滤波器外接滤波电容	④⑨	B2/VIN	第二蓝信号输入/R-Y 信号输入
⑰	PH1LF	行 PLL1 环路滤波器外接滤波电容	⑤①	BCLIN	场失落保护/束电流限制信号输入
⑱	GND3	TV 处理器接地	⑤②	BLKIN	黑电平检测信号输入
⑲	DECBG	带隙去耦	⑤③	R	红基色信号输出
⑳	EW	行几何失真校正/行幅调整信号输出	⑤④	G	绿基色信号输出
㉑	VDRB	场扫描驱动 B 信号输出	⑤⑤	B	蓝基色信号输出
㉒	VDRA	场扫描驱动 A 信号输出	⑤⑥	VDDA	TV 处理器数字电路供电
㉓	IFIN1	中频信号输入 1	⑤⑦	VPE	OTP 编程电压 (接地)
㉔	IFIN2	中频信号输入 2	⑤⑧	VDDC	CPU 部分供电
㉕	IREF	基准电流输入	⑤⑨	OSC GND	振荡器接地
㉖	VSC	场锯齿波形成电路外接电容	⑤⑩	XTAL IN	振荡器输入
㉗	Tuper AGC	高放 AGC 控制电压输出	⑤⑪	XTAL OUT	振荡器输出
㉘	AUDEEM	音频去加重或 SIF 输入端 1	⑤⑫	Reset	复位信号输入
㉙	DECSDEM	音频解调器去耦或 SIF 输入端 2	⑤⑬	VDDP 3.3V	数字电路供电
⑳	GND2	TV 处理器接地端 2	⑤⑭	REM	遥控信号输入
㉑	SNOPLL	窄带 PLL 滤波器/伴音中频 AGC 端	⑤⑮	AV1	TV/AV 切换控制信号输出
㉒	AVL/SNDIF	伴音中频信号 SIF 输入	⑤⑯	AV2	AV1/AV2/S 端子切换信号输出

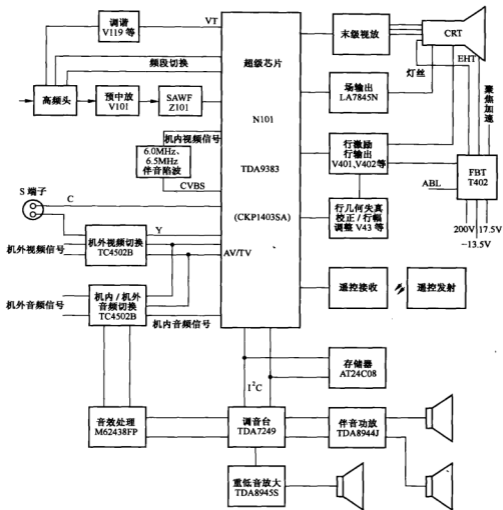


图 9-3 康佳 T2868K 型彩色电视机机构方框图

三、CPU 电路

康佳 K 型彩色电视机的 CPU 电路主要由超级芯片 N101 (TDA9383) 内部的 CPU、存储器 N601、操作键、遥控信号接收等电路构成, 如图 9-4 所示。

1. CPU 基本工作条件电路

CPU 正常工作必须满足三个基本条件。

(1) 供电

开关电源工作后, 由该电路提供的 5V 电压除了送到 V958 的集电极, 还经 R953 限流在 VD959 两端建立 3.9V 基准电压, 该电压加到 V958 的基极后, V958 的发射极输出 3.3V 电压。3.3V 电压经 C958 滤波后, 一路通过 L696、C695 滤波后, 加到 N101 的供电端⑩脚; 另一路经 L698、C698 滤波后, 加到 N101 的供电端⑪脚, 为其内部的 CPU 及相关电路供电。

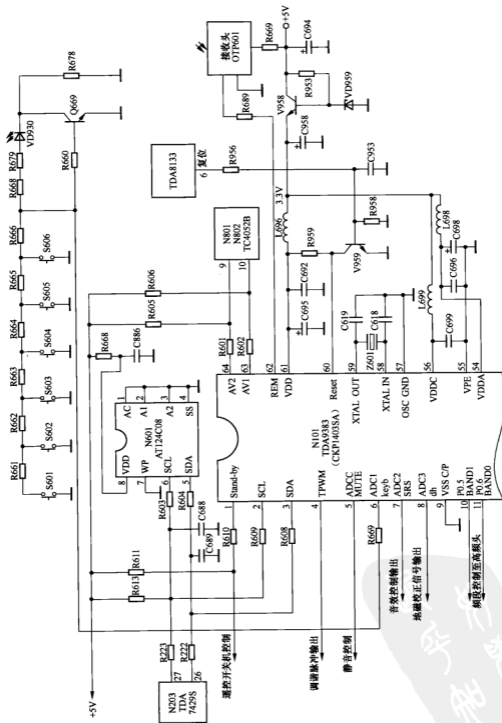


图 9-4 康佳 K 型彩色电视机的 CPU 电路

(2) 时钟振荡

时钟电路的核心元器件是 N101 内的 CPU、二次稳压复位电路 TDA8133、三极管 V959。

N101 获得供电后，其内部的振荡器和⑳、㉑脚外接的 12MHz 晶振 Z601 和电容 C618、C619 通过振荡获得 12MHz 时钟信号。该脉冲不但作为 CPU 电路的主时钟信号，而且还作为字符时钟振荡脉冲，又为色度通道解码的基准副载波、1H 延迟线控制脉冲、行 PLL1 锁相环时钟和各种开关信号。

(3) 复位

复位电路的核心元器件是 N101 内的 CPU、二次稳压复位电路 TDA8133、三极管 V959。

开机瞬间，二次稳压、复位电路 TDA8133 的㉒脚输出低电平控制信号，使 V959 截止，其集电极输出的高电平复位信号通过 N101 的㉓脚输入到 CPU，使 N101 内的 CPU 部分电路清零复位，经一定时间后 N101 的㉔脚输出 2.2V 左右的控制电压，使 V959 导通，N101 的㉕脚输入低电平控制电压，复位过程结束，CPU 电路开始正常工作。

2. 功能操作及存储

该机的功能操作可通过面板上的操作键或遥控器实现，用户进行操作后的数据由 N101 内的 CPU 通过 I²C 总线存储在存储器 N601 (AT24C08)。

(1) 操作键方式

N101 的㉖脚外接 S601~S606 六个轻触开关。它们一端接地，另一端接精密型分压电阻。当不同的开关接通瞬间会有不同的预置电压输入到 N101 的㉗脚，被其内部的 CPU 检测后，由控制端或通过 I²C 总线输出不同的控制信号，对被控电路实施控制，实现操作键控制功能。

(2) 遥控方式

N101 的㉘脚外接遥控接收电路。当用户采用遥控器选择或调整时，遥控器发出的红外信号经接收电路处理后，为 N101 的㉙脚提供用户所需的信息，经 N101 内的 CPU 识别后，由控制端或通过 I²C 总线输出不同的控制信号，对被控电路实施控制，实现遥控操作功能。

3. OSD 屏显电路

该机的屏显功能主要由 N101 内部的 OSD 电路实现。该电路仅需由㉚脚输入行场同步脉冲，而字符振荡信号由主时钟信号提供，并且字符信号由内部电路传输。

四、节目接收、图像通道电路

1. 选台电路

选台电路的核心元器件是 N101 内的 CPU、高频调谐器（高频头）、三极管 V119、稳压管 D101。电路见图 9-5。

高频电路就是调谐选台电路，该机高频调谐器（高频头）采用 TDQ-BVSD 型号的电压合成选台调谐器，除了能够接收我国的 VHF-L、VHF-H、UHF 频段广播的 57 个频道节目，还可接收 Z1~Z38 的增补频道节目。实现调谐器选台，需要对高频头进行频段切换，并且需要为其提供调谐电压。

(1) 频段切换

超级芯片 N101 内的 CPU 通过㉛、㉜脚输出频段切换电压，对高频头工作频段进行切换。控制信号与高频头的关系如表 9-2 所示。

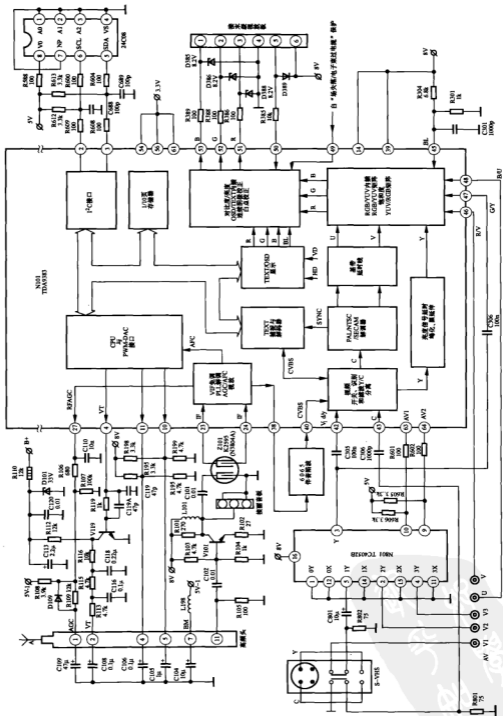


图 9-5 康佳 K 型彩色电视机的高频及图像中频信号形成电路

表 9-2 控制信号与高频头的关系

控制信号 \ 高频头工作频段	VHF-L	VHF-H	UHF
BAND1 (⑩脚)	H	L	H
BAND0 (⑪脚)	L	H	H

自动搜索选台时, N101 的⑩、⑪脚输出的控制信号使高频头首先工作在 VHF-L 频段, 随后再逐一工作在 VHF-H、UHF 频段。而手动搜索选台时, 用户可设置高频头工作的频段。

(2) 调谐选台

进行调谐选台时, N101 的④脚输出调宽脉冲, 该脉冲经 R119、C119A 送到 V119 的基极, 由 V119 倒相放大后, 将滤波电容 C113 两端的 33V 电压通过 R116、C118、R115、C116、R113 组成的低通滤波器平滑后, 为高频头的调谐电压输入端 VT 提供 0~30V 调谐电压; 来改变本振频率的高低。只有被选电台的图像载频与高频头本振频率差频为 38MHz(图像中频)时, 才通过混频电路取出图像中频信号(包含第一伴音中频信号), 由高频头的 IF 端子输出。33V 电压由开关电源输出的 B+ 电压经 R110 限流, 由精密型稳压器 D101 稳压获得。

无论自动搜索选台还是手动搜索选台, 或微调选台时, 每个被选好电台的数据均由 TDA9383 内的 CPU 通过 I²C 总线存储到扩展存储器 N601 内部。

2. 前置中频放大、图像中频信号形成电路

前置中频放大、图像中频信号形成电路的核心元器件是前置中频放大器 V101、声表面滤波器 Z101、补偿电感 L101。

由高频头输出的 38MHz 图像中频信号通过 C102 耦合到 V101 的基极, 由其对信号的增益提高 20dB, 以补偿 Z101 的插入损耗后, 再通过 C101 送到 Z101 的①脚, 由其选出符合中频特性的图像中频信号对称输出到 N101 的⑳、㉑脚。

L101 用作提高信号的高频分量, R101 用来阻止高频振荡, R102 是负反馈电阻。

3. 中放和视频检波(解调)电路

(1) 中放与视频检波电路

中放与视频检波电路的核心元器件是 N101、R189、C189。电路见图 9-5。

由声表面波滤波器 Z101 选出的符合中频特性曲线的图像中频信号 PIF 由 N101 的⑳、㉑脚对称输入, 通过三级受控中频放大器放大后送到视频检波电路(模拟乘法电路)解调。解调后输出的全电视信号除了送到 AGC、AFT 电路, 还通过预视放电路放大后, 由㉒脚输出。

视频检波电路采用 PLL 方式, 检波所需要的 38MHz 载波信号由内置的中频压控振荡器(VCO)形成。VCO 产生的振荡信号经移相后分别送到自动相位比较器(APC)和视频检波器。在 APC 电路中, 中频放大器输出的 PIF 信号与移相的 VCO 振荡信号进行相位比较, 产生的误差电流由㉓脚外接的滤波器 R189、C189 转换为直流误差控制电压, 对中频 VCO 实施控制, 使其产生频率为 38MHz 的振荡脉冲。

由于该机的视频检波采用了 PLL 方式, 所以中频 VCO 未设置外接 LC 谐振回路(中周), 从而实现免调试化。由于该机通过 I²C 总线的设定, 可实现不同的中频频率(38MHz、38.9MHz、39.5MHz)的切换, 所以为了确保 VCO 产生相应的载波信号, PLL 检波系统设置了自动校准电路。N101 通过分频器将 12MHz 时钟信号分频后获得基准频率源, 对 VCO 产生的振荡频

率进行校准,在校准期间输出未锁定/锁定信号 LOCK DET 送到 CPU,当 CPU 接收到锁定信号后停止校准过程。

(2) 自动增益控制 (AGC) 电路

AGC 电路的核心元器件是 N101、R106、R108、R109、C110。电路见图 9-5。

由于视频检波电路输出的复合视频信号同步顶电平能够反映出经中频放大器放大后的中频信号的强弱,所以利用 AGC 电路检测同步顶电平便可实现 AGC。在 N101 内部,中放 AGC 电压对中频放大器进行逐级控制,使中频放大器的总增益达到 60dB。若信号增益超过中放 AGC 的控制范围,经一段时间的延迟(延迟量的调整由 CPU 通过 I²C 总线进行)后,高放 AGC 电路启动,由②脚输出高放 AGC 电压。该电压通过 C110 滤波,再通过 R106、R109 加到高频头的 AGC 端子,对高频头内的高放电路的增益实施控制,确保高放和中放电路总增益为 70dB,保证该机在接收不同强度电视信号时,中频放大器输出的中频信号的幅度基本不变,实现 AGC 控制。

(3) AFT 电路

为了保证接收电视节目的质量,该机通过数字 AFT 控制信号对高频头输出的图像中频信号进行自动跟踪。AFT 电路的核心元器件是 N101。电路见图 9-5。

由视频检波器输出的振荡信号送到 AFT 电路,同时 12MHz 信号经分频后获得的基准频率也送到 AFT 电路,两者比较后,若 AFT 输出的控制信号 AFA 为 1,AFB 为 0 或 1,说明中频频率偏离 38MHz,CPU 控制修正调谐控制信号(VT),通过调谐电路对本振频率进行调整,当本振频率恢复正常后,AFT 输出的控制信号 AFA 为 1,AFB 在 0 和 1 跳变,被 CPU 检测后停止调谐电压的修正,实现 AFT 控制。

4. 复合视频信号和第二伴音信号形成电路

复合视频信号、第二伴音信号形成电路的核心元器件是伴音带通滤波器、伴音陷波器、放大管 V309、芯片 N101、C111、R111。电路见图 9-6。

由 N101 的⑧脚输出的全电视信号经 R309 送到射随放大器 V309 的基极,由其缓冲放大后,通过 R306 输入到伴音中频陷波器 Z308、Z309,吸收 6.5MHz 或 6.0MHz 的第二伴音中频信号,取出所接收制式的复合视频信号。该信号通过 V308 射随放大后,不仅由 V801 射随放大,经 C812 耦合到视频输出端子,作为视频输出信号,而且经 R302、R303 分压限流后,通过 C309 返回 N101 的④脚内部电路做进一步处理。同时,V309 输出的信号还经 R239、C269、L209、C268 等组成的高通滤波电路,吸收 4.43MHz 色度信号,并滤除 6.0MHz 以下的低频信号,然后再经 V268 缓冲输出到第二伴音中频带通滤波器 Z205、Z205A,由它们取出 6.5MHz 或 6.0/5.5MHz 的伴音中频信号,通过 C266、L266 送到 N101 的⑩脚。

由 N101 的⑩脚输入的第二伴音中频信号通过受 AGC 电路控制的限幅放大器放大后,进入鉴频器。N101 内的鉴频器也属于 PLL 调频解调电路,它不但能很好地解调出多制式伴音音频信号,并且不需要外接由调谐回路组成的鉴频中周,实现伴音解调的免调试。⑩脚外接的 C114 是音频解调电路的去耦电容,⑪脚外接的 C112、R111、C111 是 PLL 环路的双时间滤波电路。

鉴频电路送出的音频信号先进入去加重、伴音前置放大和自动音量控制电路,进行放大处理后再进入音频开关电路,经它选择是伴音鉴频电路送来的音频信号,还是⑩脚输入的机外音频信号,由④脚输出。④脚接的 C117 是去加重电路的外接电容。

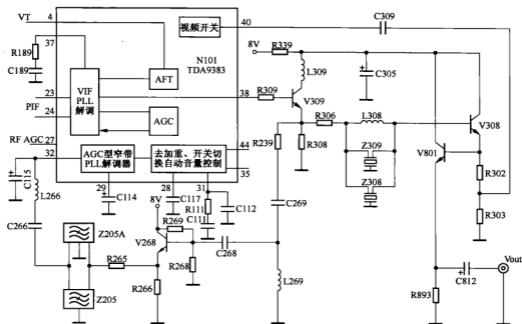


图 9-6 康佳 K 型彩色电视机复合视频、第二伴音信号形成电路

五、视频信号处理电路

1. 机内/机外视频信号输入切换电路

机内/机外视频信号输入切换电路的核心元器件是两通道四选一开关集成电路 N801 (TC4052B)、超级芯片 N101 及电容 C305、C306。电路见图 9-5。

(1) 机外视频信号输入选择

由于该机具有三路机外视频信号输入端子和一路 S-VHS 信号输入端子, 所以需要通过切换电路选择哪路信号输入。机外视频输入切换控制以两通道四选一开关集成电路 N801 为核心构成。N801 的工作状态由 N101 内的微处理器③、④脚输出的信号进行控制。控制信号与机外视频信号输入的关系见表 9-3。

表 9-3 控制信号与机外视频信号输入的关系

N101		TC4052B			电视机工作状态
③脚	④脚	③脚	④脚	⑤脚	
L	L	L	L	接通⑤脚	AV1
L	H	H	L	接通③脚	AV2
H	H	H	H	接通④脚	AV3

① 视频端子输入方式。由于三路视频输入端子输入方式、工作原理相同, 下面以接收 V2 端子输入的机外信号为例进行介绍。

需要接收 V2 端子输入的视频信号时, N101 内的 CPU 由③脚输出低电平控制信号、④脚输出高电平控制信号。控制信号经电阻 R601、R602 送到电子开关芯片 N801 的③、④脚, 被

N801 内的逻辑电路处理后,使②、③脚内的开关接通。此时,由 V2 端子输入的机外视频信号经 N801 的③脚输出后,再通过 C305 送到 N101 的机外视频信号输入端④脚。

② S-VHS 端子输入方式。在 AV1 状态下,若 S-VHS 端子接入信号电缆时,S 端子内的开关自动接通电缆输入的 Y、C 信号。其中,包含复合同步信号的亮度信号 Y 经 R802 匹配,由 N801 的⑤脚输入后由③脚输出,再通过 C305 送到 N101 的④脚,色度信号 C 通过 C306 送到 N101 的机外色度信号输入端④脚。

(2) 机外/机内视频信号输入选择

由于三路机外视频信号输入端子和 S-VHS 信号输入端子输入的信号均送到 N101 的④脚(色度信号送到④脚),而机内视频信号送到 N101 的④脚,究竟是机外视频信号被送到后面的 Y/C 分离电路,还是机内视频信号送到 Y/C 分离电路,由 CPU 通过 I²C 总线对视频开关进行控制,选择信号输入方式。

2. Y/C 分离电路

由于复合视频信号包含亮度(Y)、色度(C)信号及复合同步信号,所以必须通过 Y/C 分离电路取出 Y、C 信号,才能做进一步的处理。Y/C 分离在 N101 内部完成,所以该电路的核心元器件就是 N101。

N101 内置有陷波器和带通滤波器,利用陷波器吸收色度信号 C,取出亮度信号 Y,而用带通滤波器取出色度信号 C。分离后的亮度信号 Y 送到亮度信号处理电路,色度信号 C 送到色度信号处理电路。若选择 S-VHS 输入方式时,Y 信号不通过色陷波器衰减,从而提高图像的清晰度。

3. 亮度信号处理电路

亮度信号处理电路集成在 N101 的内部,所以核心元器件就是 N101。

亮度信号处理电路用来对色陷波器取出的亮度信号或 S-VHS 接口输入的亮度信号进行黑电平钳位、勾边、黑电平延伸、白峰限制等处理,以提高画面质量。该芯片内的黑电平延伸电路无须外接滤波电容,简化了电路结构且降低了故障率。

4. 色度信号处理电路

色度信号处理电路用来对色带通滤波器取出的色度信号或 S-VHS 接口输入的色度信号,通过两级受控色度放大器放大和色同步分离电路获得色度信号、色同步信号。色度信号送到 R-Y、B-Y 解调器;色同步信号除了送到 APC 电路,还经 ACC 电路获得自动色度控制信号,对色度信号放大器进行增益控制,确保色度放大器输出的信号保持稳定。

N101 内置色副载波压控振荡器(VCXO),该振荡器的时钟基准频率由 12MHz 时钟经分频获得,所以 VCXO 无须外设晶振。得到 4.43MHz 基准信号后,可使 3.58VCO 形成 3.58MHz 色副载波信号。由 VCXO 输出的振荡脉冲经 90°移相后送到 APC 电路,同时色同步信号也送到 APC 电路,两者经相位比较后获得的误差电流,通过 N101⑬脚外接 C359 滤波获得的直流电压对 VCXO 实施控制,确保其输出的脉冲与同步信号准确同步。

4.43MHz 或 3.58MHz 色副载波经移相(4.43MHz 需逐行到相、3.58MHz 要进行色相位旋转即色调控制)送到 PAL/NTSC 解调器,对输入的色度信号进行解调,分离出 PAL/NTSC 制式的 R-Y 和 B-Y 基带色差信号。1H 延迟线对解调后的 PAL 制基带信号进行 1H 延迟,对 NTSC 信号进行梳状处理后,对 SECAM 制信号的基带色差信号进行延时复用。经 1H 延迟线电路处理后获得 R-Y、B-Y 色差信号,它们送到 G-Y 色差矩阵和 R、G、B 基色矩阵做进一步处理。

N101 内部设置了彩色制式自动检测器,它可对接收的彩色制式进行自动识别并自动切换

相应的电路，以实现多制式接收。

5. R-G-B 矩阵变换电路

经 1H 延迟线处理和色差开关切换的 R-Y、B-Y 色差信号送到 G 色差矩阵，恢复未传送的 G-Y 信号，三路色差信号同时进入相应的 R、G、B 矩阵，与对比度调整和钳位的亮度信号相加，还原出 R、G、B 三基色信号，三基色信号与芯片内 OSD 电路送来的 R、G、B 字符信号在 I²C 总线控制下，通过选择开关切换选择后由 N101 的⑤~⑩脚输出，分别通过 R389、R388、R386 限流后送到视频输出放大电路。D385、D386、D388 是为保护 N101 而设置的稳压管；D389 是钳位二极管，也是为防止视频输出电路异常损坏 N101 而设置的。

六、视频输出放大及附属电路

1. 视频输出放大电路

该机的视频输出放大电路由分离元件构成，如图 9-7 所示。

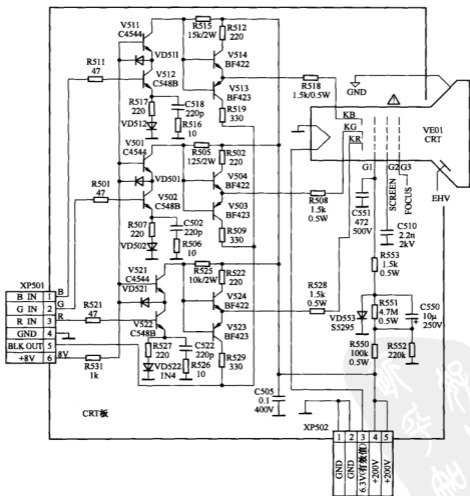


图 9-7 康佳 K 型彩色电视机的视频输出放大电路

由于视频输出放大电路采用三路对称放大器，所以下面以 B 信号放大器为例进行介绍。V511 及相关元器件构成共基极放大器，V512 及相关元器件构成共集电极放大器，它们组合后可提高高频带宽度。VD511 是 V511 的发射结保护二极管；C518、R516 为 V512 提供交流负反馈，提高放大器的高频动态范围；R517、VD512 为 V512 提供直流、交流负反馈，提高放大器的稳定性。V514、V513 组成推挽放大电路，V514 主要为显像管 KB 极提供激励电流，而 V513 的集电极电流既可反映信号的强度，又可反映 KB 极截止电压的高低，所以 V513 的集电极电流便可为“连续阴极电流控制”电路提供检测信号。

2. 白平衡调整

由于显像管三个阴极的调制特性和三基色荧光粉的发光率不同，所以需要调整暗平衡和亮平衡，保证画面亮暗变化时光栅不偏色。

(1) 暗平衡调整

由于视频输出放大器采用直接耦合输出方式，所以只要调整了放大器的静态工作点，便可实现暗平衡的调整。调整方法是：CPU 通过 I²C 总线调整 R、G、B 的截止偏置选项的数据，对显像管阴极的截止电压进行调整，以避免由于阴极调制特性差异，引起光栅在暗场时出现偏色的现象。因此，暗平衡的调整就是确保在低亮度时水平亮线或光栅为白色。

(2) 亮平衡调整

亮平衡调整是以红色阴极发光率为基准调整的。调整方法是：CPU 通过 I²C 总线调整基色信号的增益选项的数据，使光栅在亮场时不偏色即可。

3. 消亮点电路

该机为了防止进入待机或关机瞬间，由于阴极不能及时停止发射电子而产生关机亮点或色斑现象，设置了消亮点电路。

正常工作时，由行输出电路输出的 200V 电压经限流电阻 R550、R552 分压限流后，获得 140V 左右的电压，该电压通过 C550、VD553 构成回路，在 C550 两端建立上负、下正的电压。

当用户通过遥控器或电源开关关机时，200V 电压消失，R552 两端电压相继消失，C550 存储的电压经 R552、VD553 相当于为显像管栅极提供了一个较大的负压，使显像管的阴极因阴一栅极电位差加大而及时截止。由于 VD553 反偏截止，并且泄放电阻 R551 的阻值较大，所以加到栅极的负压会保留较长时间，从而实现了关机亮点的消除。

4. CCC 电路

CCC 电路就是连续阴极电流自动控制电路。该电路的核心元器件是运算放大器 A1、A2 和测量电平时序脉冲发生器，如图 9-8 所示。

运算放大器 A1、A2 的正相输入端输入的是来自测量电平时序脉冲发生器的亮平衡调整基准电压 V_{ref} 、暗平衡调整基准电压 V_{ref} ，它们的反相输入端输入的是连续阴极电流。由于亮平衡和暗平衡不能同时调整，所以设置了切换开关。该开关的工作受测量电平时序脉冲发生器的控制而轮流切换。这样，在场同步脉冲后第一完整行开始，在三基色消隐电平的基础上输出 1H 时间的相同大小的暗电流或亮电平的测试信号，最终使⑤~⑧脚输出受控的 R、G、B 信号，确保显像管显示的画面始终保持色彩鲜艳、亮丽。

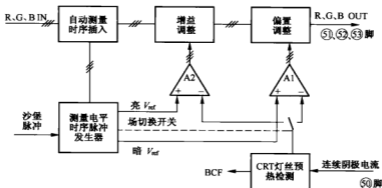


图 9-8 康佳 K 型彩色电视机的 CCC 电路构成方框图

5. 自动亮度、对比度控制 (ABCL) 和场异常保护

显像管亮度增大时,会导致显像管束电流增大,引起高压降低,产生光栅增大的现象,反之,会引起光栅缩小的现象。为了避免画面亮暗场变化引起光栅垂直方向的抖动或水平方向扭曲的现象,该机设置了 ABCL 电路,如图 9-9 所示。

当画面亮度增大,引起显像管束电流增大时,行输出变压器的⑦脚电位下降,引起 VD466 导通,使 N101 (TDA9383) 的④脚电位下降。当④脚电位低于 3V 时,自动对比度控制电路启控;当④脚输入的电压低于 2V 时,自动亮度控制电路启控,致使 N101 输出的 R、G、B 信号的幅度下降,最终限制显像管束电流的增大,实现 ABCL 控制。

该电路还有场异常和极高压补偿功能,在后面的电路将进行介绍。

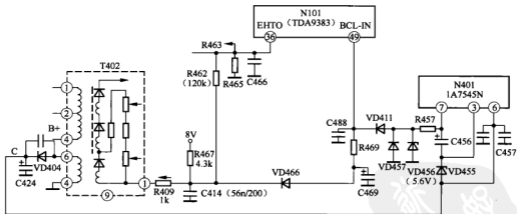


图 9-9 康佳 K 型彩色电视机的 ABCL 和场异常保护电路

七、音频信号处理电路

1. 机内/机外音频信号输入电路

机内/机外音频信号输入电路的核心元器件是两通道四选一模拟开关芯片 N802 (TC4052B)、N101 (TDA9383)。电路见图 9-10。

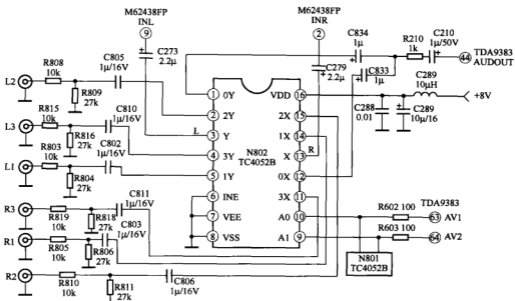


图 9-10 康佳 K 型彩色电视机的机内/机外音频信号输入电路

N101 的④脚输出的机内音频信号经 R210、C210 后，分别经 C834、C833 送到 N802 的①、⑫脚，而来自 AV 端子输入的三路机外左、右声道音频信号分别输入到 N802 的⑤、⑭、⑯、④、⑪脚。至于机内音频信号输入到后面的电路，还是其中一路机外音频信号输入到后面的电路，受 N101 内的 CPU③、④脚输出的控制信号的控制。控制信号与音频信号输入的关系见表 9-4。

表 9-4 控制信号与视频信号输入的关系

N101		TC4052B				电视机工作状态
③脚	④脚	①脚	⑫脚	③脚	⑬脚	
L	L	L	L	接通①脚	接通⑫脚	TV
L	H	H	L	接通②脚	接通④脚	AV1
H	L	L	H	接通⑤脚	接通⑯脚	AV2
H	H	H	H	接通④脚	接通⑪脚	AV3

该电路的工作原理与视频部分的机外信号输入选择电路一样，请读者自行分析。

2. 音效恢复电路 (SRS)

音效恢复电路 (SRS) 的核心元器件是音效恢复专用芯片 N204 (M62438FP)。电路见图 9-11。

(1) M62438FP 的引脚功能

M62438FP 的引脚功能如表 9-5 所示。

(2) 工作过程

由 N802 的③、⑬脚输出的左、右声道信号分别经 C273、C279 输入到 N204 (M62438FP) 的⑨、②脚，通过③、④脚外接的由 R276、C276、R278 组成的高通滤波器和 R275、C277、

R273 组成的低通滤波器,使音频信号中的高频、低频分量得到不同的衰减,模拟音频信号在水平方向的变化,合成出虚拟的三维动态立体声信号,并由③、⑤脚输出做进一步处理。

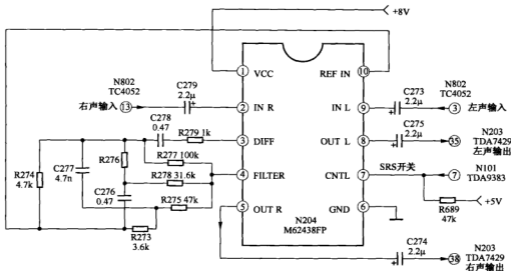


图 9-11 康佳 K 型彩色电视机的音效恢复电路

表 9-5 M62438FP 引脚功能

脚号	脚名	功 能	脚号	脚名	功 能
①	VCC	供电	⑥	GND	接地
②	IN R	右声道信号输入	⑦	CNTL	音效恢复功能控制信号输入
③	DIFF	微分信号输入	⑧	OUT L	左声道信号输出
④	FILTER	外接滤波网络	⑨	IN L	右声道信号输入
⑤	OUT R	右声道信号输出	⑩	REF IN	基准电压输入

该电路是否进行音效恢复由 N101 内的 CPU 通过⑦脚输出的控制信号决定。当 N101 的⑦脚上的控制信号为低电平,使 N204 的⑦脚输入的控制电压为低电平时,该电路具有音效恢复功能;若⑦脚为高电平时,无音效恢复功能。

3. “调音台”式音频信号处理电路

“调音台”式音频信号处理电路的核心元器件是“调音台”式音频信号处理专用芯片 N203 (TDA7429S)。电路如图 9-12 所示。

(1) TDA7429S 的特点和引脚功能

TDA7429S 是飞利浦公司生产的 I²C 总线控制型芯片,它可完成音频信号源的选择,音效控制,高、中、低音控制,左、右声道平衡控制,音量控制和静音控制等功能。因此,由其构成的音频处理电路被称为“调音台”式音频处理电路。TDA7429S 的引脚功能见表 9-6。

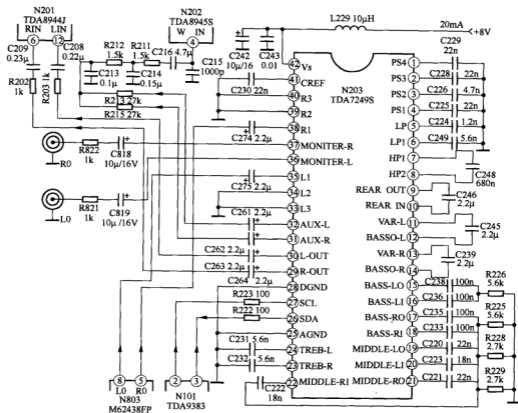


图 9-12 康佳 K 型彩色电视机的音频信号处理电路

表 9-6

TDA7249S 的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	PS4	移相电路 4 外接电容	⑭	BASSO-R	右低音信号输入
②	PS3	移相电路 3 外接电容	⑮	BASS-LO	改善后的左路低音信号输出
③	PS2	移相电路 2 外接电容	⑯	BASS-LI	改善后的左路低音信号输入
④	PS1	移相电路 1 外接电容	⑰	BASS-RO	改善后的右路低音信号输出
⑤	LP	9kHz 低通滤波器外接电容	⑱	BASS-RI	改善后的右路低音信号输入
⑥	LP1	低通滤波器外接电容	⑲	MIDDLE-LO	改善后的左路中音信号输出
⑦	HP1	高通滤波器 1 外接电容	⑳	MIDDLE-LI	改善后的左路中音信号输入
⑧	HP2	高通滤波器 2 外接电容	㉑	MIDDLE-RO	改善后的右路中音信号输出
⑨	REAR OUT	后环绕声信号输出	㉒	MIDDLE-RI	改善后的右路中音信号输入
⑩	REAR IN	后环绕声信号输入	㉓	TREB-R	右声道高音调节信号输入
⑪	VAR-L	左环绕声信号输入	㉔	TREB-L	左声道高音调节信号输入
⑫	BASSO-L	左低音信号输入	㉕	AGND	模拟电路接地
⑬	VAR-R	右环绕声信号输入	㉖	SDA	I ² C 总线数据信号输入/输出

续表

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
⑳	SCL	I ² C 总线时钟信号输入	㉕	L1	左声道信号输入 1
㉑	D-GND	数字电路接地	㉖	MONITER-L	左声道监视信号输出
㉒	R-OUT	主伴音右声道信号输出	㉗	MONITER-R	右声道监视信号输出
㉓	L-OUT	主伴音左声道信号输出	㉘	R1	右声道信号输入 1
㉔	AUX-R	副伴音右声道信号输出	㉙	R2	右声道信号输入 2
㉕	AUX-L	副伴音左声道信号输出	㉚	R3	右声道信号输入 3
㉖	L3	左声道信号输入 3	㉛	CREF	参考电压外接滤波电容
㉗	L2	左声道信号输入 2	㉜	Vs	8V 电压供电

(2) 工作过程

由音效恢复芯片 N204 (M62438PF) 的⑤、⑧脚输出的左、右声道信号分别经 C274、C275 输入到 N203 (TDA7429S) 的⑤、⑧脚, 通过内部切换开关选择后, 不但由⑤、⑦脚输出左、右声道的监听信号, 而且分别通过 3.58dB 控制器控制后, 通过 L+R/L-R 电路获得和差信号, 并且对 L+R 和 L-R 信号分频段进行相移量调整, 对 TV 伴音信号完成伪立体声信号的输出, 而对机外输入的双声道信号可实现环绕立体声的效果。随后, 对左右声道的音频信号进行高、中、低三个频段, 独立的调整和控制, 实现“调音台”的功能。

经调整后的信号分两路输出: 一路是未经低频衰减的信号由⑬、⑭脚输出, 送到低音功率放大器; 另一路经低频衰减后的信号由⑮、⑯脚输出, 送到主件音功率放大器。

⑰~⑳脚输出的音频信号可独立调整和控制, 从而实现左/右声道的音量、平衡和静音控制。

4. 主件音放大电路

主件音放大电路的核心元器件是厚膜电路 N201 (TDA8944J)、扬声器。电路见图 9-13。

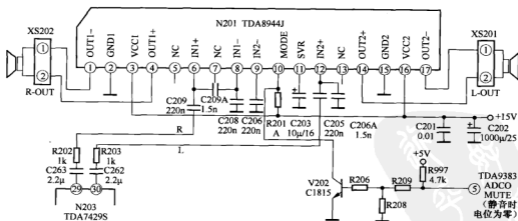


图 9-13 康佳 K 型彩色电视机的伴音功放电路

(1) TDA8944J 的特点和引脚功能

TDA8944J 是内含两个相同的 BTL 型功率放大器, 并且具有热保护、功能模式设置等功

能的新型厚膜电路。它的引脚功能见表 9-7。

表 9-7 TDA8944J 的引脚功能

脚号	脚名	功 能	脚号	脚名	功 能
①	OUT1-	右路放大器反相输出	⑩	MODE	模式选择控制信号输入
②	GND1	右路放大器接地	⑪	SVR	偏置电压外接滤波电容
③	VCC1	右路放大器供电	⑫	IN2+	左路放大器激励信号输入
④	OUT1+	右路放大器同相输出	⑬	NC	空脚
⑤	NC	空脚	⑭	OUT2+	左路放大器同相输出
⑥	IN1+	右路放大器激励信号输入	⑮	GND2	左路放大器接地
⑦	NC	空脚	⑯	VCC2	左路放大器供电
⑧	IN1-	右路放大器参考电压输入	⑰	OUT2-	左路放大器反相输出
⑨	IN2-	左路放大器参考电压输入			

(2) 信号放大

N203 (TDA7429S) 的⑳、㉑脚输出的伴音信号分别通过 C263、R202、C209 和 C262、R203、C205 送到功率放大器 N201 (TDA8944J) 的⑥、⑫脚, 通过 N201 内的两路功率放大器放大后, 由①、④脚输出的激励信号驱动右声道扬声器发音, 由③、⑰脚输出的激励信号驱动左扬声器发音。

来自主电源的 15V 电压经 C202、C201 滤波后为 N201 供电。

5. 重低音放大电路

重低音放大电路的核心元器件是厚膜电路 N202 (TDA8945S) 和重低音扬声器。电路见图 9-14。

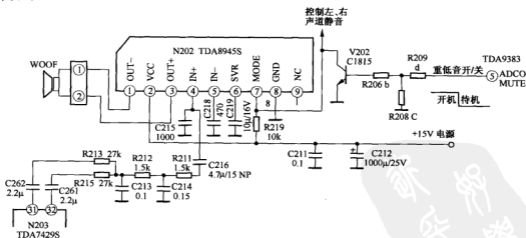


图 9-14 康佳 K 型彩色电视机的伴音功放电路

(1) TDA8945S 的特点和引脚功能

TDA8945S 内含一路 BTL 型功率放大器, 具有热保护、功能模式设置等功能。它的引脚功能见表 9-8。

表 9-8

TDA8945S 的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	OUT-	放大器反相输出	⑥	SVR	偏置电压外接滤波电容
②	VCC	供电	⑦	MODE	模式选择控制信号输入
③	OUT+	放大器同相输出	⑧	GND	接地
④	IN+	激励信号输入	⑨	NC	空脚
⑤	IN-	放大器反相输入			

(2) 信号放大

N203 (TDA7429S) 的③、②脚输出的伴音信号分别通过 C262、R213 和 C261、R215 合并后, 通过 R212、R211、C216 送到功率放大器 N202 (TDA8945S) 的④脚, 由其进行功率放大后, 由①、③脚输出的激励信号驱动重低音扬声器发音。

来自主电源的 15V 电压经 C212、C211 滤波后为 N202 供电。

6. 静音控制电路

该机为了防止进入待机、关机瞬间或搜台、切换频道时扬声器发出噪声, 设置了静音控制电路, 如图 9-15 所示。

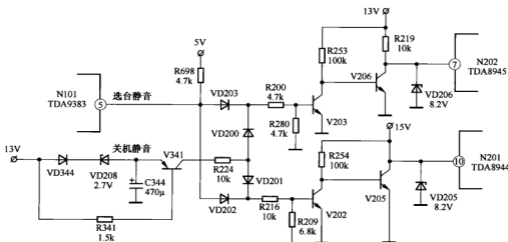


图 9-15 康佳 K 型彩色电视机的静音控制电路

(1) 搜台、切换频道控制

在进行搜台或切换频道期间, TDA9383 内的 CPU 通过⑤脚输出高电平静音控制信号, 该信号分别通过 VD203、R200 和 VD202、R216 使 V203 和 V202 导通。V203 导通后, 使 V206 截止, 致使 N202 的⑦脚输入高电平噪声控制电压; V202 导通后使 V205 截止, 致使 N201 的⑩脚输入高电平噪声控制电压。N201、N202 的模式控制端输入高电平控制电压期间, N201、N202 无激励脉冲输出, 扬声器不能发音, 实现静音控制。

(2) 关机控制

正常工作期间, 由主电源输出的 13V 电压经 VD344、VD208 限压后在 C344 两端建立约 10V 的电压, 同时该电压通过 R341 使 V341 的基极输入的电压高于发射极的电压, V341 截

止。当切断电源开关后, 13V 电压迅速消失, 使 V341 的基极电位迅速下降, 于是 V341 开始导通, C344 存储的电压经 V341 输出, 通过 R224 分成两路: 一路经 VD200、R200 送到 V203 的基极; 另一路经 VD201、R216 使 V202 导通。如上所述, V202、V203 导通后, 扬声器不能发声, 实现关机静音控制。

八、行/场扫描电路

该机的行/场扫描电路由 N101 (TDA9383) 内的行、场扫描小信号处理电路和相关电路构成, 如图 9-16 所示。

1. 行扫描小信号处理电路

行扫描小信号处理电路的核心元器件是 N101、C478、R479、C475、R423、C426、R436, 辅助元器件是 VD405、VD406。

在 N101 内部, 视频信号或含复合同步信号的亮度信号经同步分离电路处理, 获得行同步信号送到 AFC1 电路, 同时内置的 $1600f_H$ 压控振荡器 (VCO) 产生的振荡脉冲经分频获得的行频脉冲也送到 AFC1 电路, 两者进行相位比较后获得的误差电流通过①脚外接的 C478、R479、C475 低通滤波产生直流误差控制电压。该电压对压控振荡器实施控制, 使行频信号 f_H 与行同步信号准确同步。

由于 12MHz 频率信号为压控振荡器提供基准频率, 所以该振荡器无须设置晶振。

同步后的行频信号送到 AFC2 电路, 同时行输出变压器 T402 的⑩脚输出的行逆程脉冲经 R423//C426、R436 限流耦合, 由 N101 的③脚输入到 AFC2 电路, 与同步后的行频脉冲在 AFC 中比较后, 获得的误差电流经⑩脚外接的 C479 滤波后获得的电压对振荡器实施控制, 最终保证对③脚输出的行激励信号的相位进行自动控制, 保证图像与光栅相对位置的准确。VD405、VD406 用作保护。

2. 场扫描小信号处理电路

场扫描小信号处理电路的核心元器件是 N101、C489、R489。

已被行同步信号锁定的行频脉冲送到场分频电路, 同时视频信号或含复合同步信号的亮度信号经同步分离电路处理获得的场同步信号也送到场分频电路。在场同步脉冲的控制下, 分频电路对行频信号进行分频获得场频脉冲。该脉冲作为信号源触发单稳态电路, 对⑤脚外接的锯齿波脉冲形成电容 C489 恒流充电, 该脉冲经几何失真电路处理, 再经驱动电路放大后由②、②脚输出。⑤脚外接的 R489 是场信号源的定时电阻, 改变 R489 可改变参考电流的大小, 相继可改变锯齿波电容的充电速度, 实现对场频高低的控制。

CPU 通过 I²C 总线对场几何失真校正电路实施控制, 可完成场中心调整、场 S 形失真校正、场线性失真校正、场幅度调整。

3. 行激励、行输出电路

(1) 工作过程

N101 的③脚输出的行激励脉冲信号经 R438 限流后, 使行激励管 V401 工作在开关状态, 行激励变压器 T401 二次绕组输出的激励信号经 R404 限流, 使行输出管 V402 工作在开关状态。主电源输出的 B+ 电压经 R402 限流、C413 滤波获得的电压为行激励电路供电。C412、R403、C411、C413 用来抑制 V401 截止期间产生的尖峰脉冲, 以免 V401 过电压损坏。

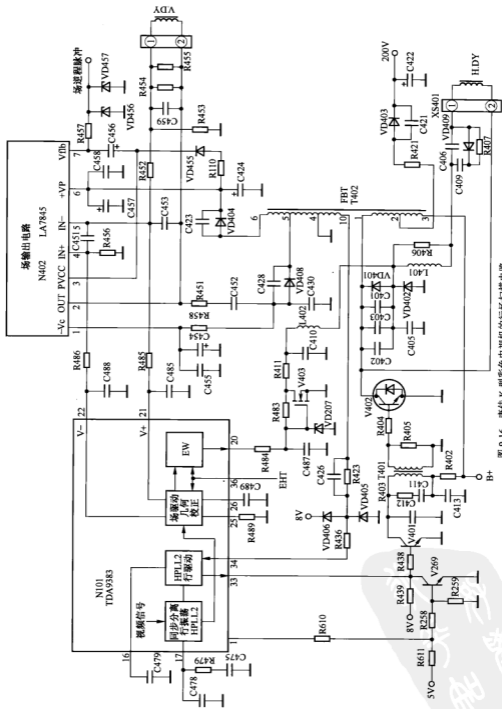


图 9-16 康佳 K 型彩色电视机的行场扫描电路

该机为了便于水平枕形失真、梯形失真校正和行幅调整，采用了 DDD 型行输出电路。T402 是行输出变压器，连接器 XS401 接的 H.DY 是行偏转线圈，C406 是 S 形校正电容，L401 是行线性校正电感，C401~C403 和 C405 是行逆程电容，VD401、VD402 是阻尼管，L402 是调制电感，C410 是调制电容。C401~C403、C406、VD401 和行偏转线圈构成偏转谐振回路，C406 两端的电压是该回路的电源；C405、L402、C410、VD402 构成的是调制谐振回路，C410 两端的电压是该回路的电源；由 T402 一次绕组、分布电容和 V402 内的阻尼管构成的是主谐振回路，B+电压是该回路的电源。

三个谐振回路在行输出管 V402 的控制下具有相同谐振频率。由偏转谐振回路形成行频锯齿波电流，以便行偏转线圈完成行扫描；调制回路可实现水平失真校正和行幅调整；主回路形成行逆程脉冲。该脉冲经 T402 变换为多种脉冲电压，这些脉冲电压经整流后，除了为显像管灯丝、阳极、加速极等提供电压，还为视频输出、场输出等电路供电。

(2) 水平枕形失真、梯形校正及行幅调整

水平枕形失真、梯形校正及行幅调整电路的核心元器件是 N101、场效应管 V403、调制电感 L402、调制电容 C410。电路见图 9-16。

N101 的②脚输出的场频锯齿波脉冲经 R484 加到 V403 的 G 极，从它的 D 极输出倒相放大后的场频抛物波信号，利用调制电感 L402 使阻尼管 VD401、VD402 中点电压按场频抛物波变化，对行偏转电流进行调制，从而实现水平枕形失真的校正。

②脚输出的场频抛物波脉冲受 I²C 总线调整。调整场频抛物波的幅度时，实现水平枕形失真的校正；调整场频抛物波的前后沿时间，实现梯形失真的校正；调整场频抛物波的起始电平，可校正四角（拐角）失真；调整抛物波的直流分量时，可改变 VD401、VD402 中点的直流电压的高低，实现行幅调整。VD402 两端的电压升高时行偏转电流下降，使行幅减小；反之，行幅变大。

(3) 遥控开关机/听伴音（节能）控制

遥控开关机/听伴音电路的核心元器件是行激励管 V401、开关控制管 V269、N101 内的 CPU。电路见图 9-16。

当 N101 的①脚输出的控制信号为 0，V269 截止，对行激励管 V401 的工作没有影响，行扫描电路正常工作，该机进入收看状态。当 N101 的①脚输出 1.7V 听伴音控制信号或 3.2V 待机信号时，控制电压通过 R610、R258 和 R259 分压限流后，使 V269 导通，将 N101 的③脚输出端的行激励信号短路到地，行激励管 V401 因无激励信号而截止，使行扫描电路停止工作，该机进入听伴音和待机状态。R611 是 N101①脚的上拉电阻。



提示 该机为了实现听伴音功能和降低待机时的功耗，N101 的①脚输出的控制信号还对二次稳压、复位电路 N903 (TDA8133) 进行控制。这部分电路的工作原理参见电源电路相关内容。

4. 场输出电路

该机采用三洋公司生产的以 N402 (LA7845) 为核心构成的 OCL 型场输出电路，如图 9-16 所示。LA7845 的引脚功能见表 9-9。

表 9-9

LA7845 的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	-Vc	负电源供电	⑤	IN-	下降沿锯齿波信号输入
②	OUT	场锯齿波信号输出	⑥	+VP	正电源供电
③	PVCC	功率放大器供电	⑦	Vfb	泵电源/场回扫脉冲输出
④	IN+	上升沿锯齿波信号输入			

N101 的②、②脚输出的上升沿和下降沿的场频锯齿波脉冲信号分别经 R486、R485 送到 N402 (LA7845) 的④、⑤脚, 经 N402 内的功率放大器比较放大后由②脚输出, 通过场偏转线圈 V.DY、电阻 R453 构成回路, 回路中的电流利用场偏转线圈实现垂直扫描。场扫描电流在 R453 两端获得的交、直流负反馈电压通过 R452 送到 N402 的⑥脚, 以稳定放大器的工作点和改善线性。

场输出电路正常工作后, 由 N402 的⑦脚输出场逆程脉冲经 R457 限流、VD456 限压获得脉冲信号, 送到保护电路。

由行输出变压器 T402 的⑥脚输出端脉冲电压经 VD404 整流、C424 滤波获得 17.5V (实测为 16V) 电压, 加到 N402 的⑥脚, 为它提供正电源供电。同时, T402 的⑤脚输出的脉冲电压经 VD408 整流、C430 滤波获得-13.5V (实测为-12.5V) 电压, 该电压再经 R458 送到 N402 的①脚, 为它提供负电源供电。为了提高放大器的工作效率和缩短逆程时间, N402 内的功率放大器在逆程期间采用泵电源供电方式。该电路的电源由 N402 的⑦脚内部电路、VD456、C456 组成的泵电源提供。

5. 地磁 (光栅倾斜) 校正电路

部分康佳 K 型机为了防止不同地区地球磁场的差异, 引起光栅位置发生倾斜的现象, 设置了地磁校正电路, 如图 9-17 所示。

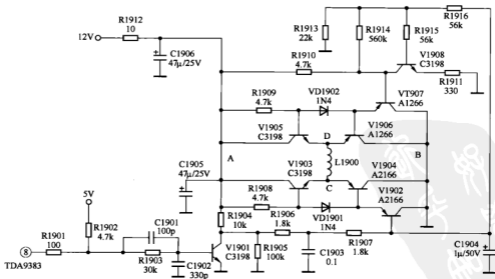


图 9-17 康佳 K 型彩色电视机的地磁校正电路

图中的 L1900 是套在显像管管径部分的旋转线圈, L1900 两端分别接对称的互补型推挽放大电路及其推动电路。由于两套放大器由同一信号进行激励, 所以为了实现电流能够由 D 端流向 C 端或 C 端流向 D 端, 必须要求两个推挽放大电路工作状态相反。因此, L1900 上端的放大器部分还加设了倒相放大管 V1908。该电路的工作过程如下。

当 N101 (TDA9383) ⑧脚输出的调宽脉冲的占空比增大时, 该脉冲经 R1903 限流送到 V1901 的基极, 由其倒相放大, 再经 R1906、C1903 和 R1907、C1904 低通滤波后获得的电压下降。该电压分两路输出: 一路通过 V1902 射随放大后, 使 V1904 导通程度加强, 致使 C 点电位下降; 另一路由 V1908 倒相放大后, 通过 V1907 射随放大, 使 V1905 导通程度加强, 使 D 点电位升高。因此, 流过 L1900 的电流是由 D 点流向 C 点。当 TDA9383 的 ⑧脚输出的调宽脉冲的占空比减小时, 电路工作过程相反, 使流过 L1900 的电流方向是由 C 点流向 D 点。因此, 通过改变流过 L1900 电流的方向, 可改变光栅旋转的方向, 而改变电流的大小时可改变旋转角度的大小。

6. 场扫描异常、高压过电压保护电路

该机为了防止场输出电路、高压逆变电路异常带来的危害, 设置了保护电路。

(1) 行、场异常保护电路

正常工作时, 场输出电路 LA7845 的 ⑦脚输出正常的逆程脉冲, 经 R457 限流、VD411 整流获得 2.22V 左右的电压送到 TDA9383 的 ⑩脚。当场输出电路异常, LA7845 的 ⑦脚输出高电平保护信号或无逆程脉冲输出时, 使 TDA9383 的 ⑩脚输入的电压超过 3.65V 或低于 0.8V, 被 TDA9383 内的 CPU 电路检测后, 由电源控制端输出待机信号, 使该机进入保护性待机状态, 实现场扫描电路异常保护。

由于场输出电路的供电来自行输出电路, 所以行激励、行输出电路异常时, 也会引起该保护电路动作。

(2) 极高压补偿电路

当画面亮度增大引起显像管束电流升高时, 行输出变压器 T402 的 ⑦脚电位下降, 经 R409、R462 使 TDA9383 的极高压检测信号输入端 ⑨脚输入的电压下降。该信息被 TDA9383 内的极高压行场幅度补偿电路处理后, 使 TDA9383 输出的场频抛物波的直流分量减小, 最终使行幅减小, 同时使其输出端场频锯齿波的幅度下降, 最终使场幅减小。反之, 控制过程相反。因此, 该电路实现了显像管束电流对画面幅度的自动控制, 避免了亮暗场变化引起的行扭、场抖等异常现象。

(3) 高压过高保护电路

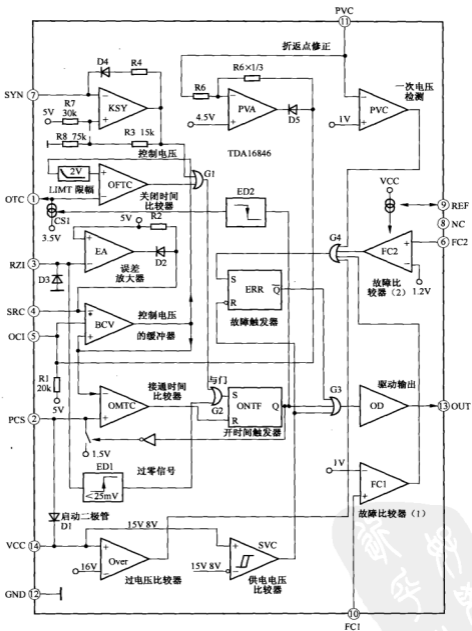
高压过高保护也是由 TDA9383 的 ⑨脚内外电路完成的。当行逆程电容下降等原因, 引起行输出变压器 T402 的 ⑥脚输出的灯丝电压升高时, 该脉冲电压经 R401 限流、VD499 整流、C499 滤波获得的电压升高, 经 R499、R498 分压后使 V462 的基极输入的电压升高, 致使 V462 和 V463 的发射极电位升高, 由于 V463 的基极电位不变, 所以 V463 导通。V463 导通后, 由其集电极输出的电压使 TDA9383 的 ⑨脚输入的电压超过 3.9V 后, 被 TDA9383 内的 CPU 检测后, 由电源控制端输出待机信号, 该机进入保护性关机状态, 实现高压过高保护, 以免行输出管、显像管等器件过电压损坏。

九、电源电路

该机采用以电源控制芯片 TDA16846 为核心构成的变压器耦合、他激式开关稳压电源, 如图 9-18 所示。

1. TDA16846 的资料

TDA16846 的内部组成如图 9-19 所示，引脚功能见表 9-10。



注：* 低电压端起作用

图 9-19 TDA16846 内部构成方框图

表 9-10 TDA16846 的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	OTC	开关管截止时间控制信号输入	⑧	NC	空
②	PCS	开关电源一次电流检测	⑨	REF	参考电压和电流输出
③	RZI	调整与过零信号输入	⑩	FC1	误差放大器 1 (未用, 接地)
④	SRC	软启动时间及速度控制	⑪	PVC	一次电压检测信号输入
⑤	OCI	稳压调整信号输入	⑫	GND	接地
⑥	FC2	误差比较器 2 (未用, 接地)	⑬	OUT	开关管激励脉冲输出
⑦	SYN	振荡器外接 RC 定时元件或行频触发脉冲输入	⑭	VCC	供电

技术说明:

当⑩脚电压大于 1V 时开关电源停止工作; 当⑪脚电压小于 1V 时开关电源停止工作; 当④脚供电电压低于 8V 时, 其内部欠电压保护比较器动作, 开关电源停止工作, 以免开关管因激励不足而损坏, 当④脚供电电压高于 16V 时, 其内部过电压保护比较器动作, 开关电源停止工作, 以免开关管和负载元件过电压损坏。

2. 市电输入变换及消磁电路

接通电源开关 S901 后, 市电电压经 C901、L901、C902 组成的线路滤波器滤波后, 除了通过 RT901 和消磁线圈构成的自动消磁电路对显像管进行消磁, 还经 L902 再次滤波后, 由整流堆 VC901 桥式整流, 利用负温度系数热敏电阻 R901 限制开机瞬间产生的大电流, 由 C909 滤波获得 300V 左右的电压。

3. 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是开关管 V901, 电源控制芯片 N901, 开关变压器 T901, 整流管 VD902、VD904、VD905、VD907, 滤波电容 C923、C926、C930、C913。

300V 电压经 R918 限流在 C918 两端建立电压, 该电压经 N901 (TDA16486) 启动端②脚输入, 再经②脚内启动二极管 D1 对④脚外接的滤波电容 C913 充电。当 C913 两端建立的电压达到 15V 后, N901 内部电路开始工作, 此时由于开时间触发器同相输入端 R 为高电平, 所以输出端 Q 为低电平, 该低电平经反相器倒相后使②脚内的开关接通, 致使 C918 两端电压经②脚内部电路放电, 使 C918 两端电压迅速变为低电平, 于是开时间触发器 R 端变为低电平, 其输出端 Q 为高电平, 该高电平不但经输出驱动电路放大后由⑬脚输出高电平激励电压, 经 R930 驱动开关管 V901 导通, 而且经反相器倒相后使②脚内的开关断开, 致使②脚外接的定时电容 C918 经 R918 开始建立电压, 当 C918 两端电压达到 1.5V 后, 接通时间比较器输出高电平, 使开时间触发器的 R 端为高电平, 于是它的 Q 端为低电平, 使⑬脚输出低电平激励脉冲, 开关管 V901 截止。V901 截止后, 由③脚输入过零检测脉冲。当③脚输入的脉冲信号的幅度低于 25mV 时, 其内部的过零检测器 ED1 输出高电平, 通过与门 G2 再次触发导通时间触发器输出高电平, 使开关管 V901 再次导通。重复以上过程 V901 工作在开关状态。V901 导通期间, 300V 电压经 T901 的一次绕组、V901 构成回路, 回路中的电流在 T901 的一次绕组上产生上正、下负的电动势, 此时由于 T901 二次绕组接的整流管反偏截止, 所以电能以磁能的方式存储在 T901 内部。当 V901 截止后, 流过 T901 一次绕组的导通电流消失, 所以 T901 通过自感产生反相的

电动势，以阻止电流的下降，此时 T901 二次绕组产生的脉冲电压经整流后，获得的直流电压为负载电路供电。13-14 绕组输出的脉冲电压经 VD902 整流、C913 滤波的 11.8V 电压，为 N901 提供正常工作时的电压。4-6 绕组产生的脉冲电压经 VD904 整流、C923 滤波获得 130V 电压，该电压除了为行输出电路供电，还为稳压控制电路提供取样电压。1-6 绕组产生的脉冲电压经 VD907 整流、C930 滤波获得 15V 电压为伴音功放电路供电。3-5 绕组产生的脉冲电压经 VD905 整流、C926 滤波获得 12V 电压，不仅为二次稳压电源供电，还为误差放大器电路供电。

R904、R905、C911、VD901、C910 组成尖峰脉冲吸收回路，以免开关管 V901 截止期间被过高的尖峰脉冲电压击穿。

4. 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是控制芯片 N901、光电耦合器 N902、三极管 V902 和 V904、稳压管 VD915 和取样电阻 R930~R933、RP931。

当市电电压升高或负载变轻，引起开关电源输出电压升高时，滤波电容 C926 两端升高的电压不仅经 R930 限流，VD914、VD915 稳压获得的电压使 V902 的基极输入的电压不变，而且通过 R933 为 V902 的发射极提供的电压升高。同时 C923 两端升高的 B+ (130V) 电压经 R931、VR931 和 R932 取样后的电压升高，使 V904 的基极输入的电压升高，致使 V904 导通程度下降，引起 V902 的发射极电位升高。在 V902 的基极电位不变时，它的集电极输出的电压增大，为光电耦合器 N902 的①脚提供的电压升高，使 N902 内的发光二极管发光加强，促使 N902 内的光敏三极管导通程度加强，N901 的⑤脚电位下降，被 N901 内部电路处理后，使⑬脚输出的激励脉冲的占空比下降，开关管 V901 导通时间缩短，T901 储能下降，开关电源输出的电压下降直至正常。反之，控制过程相反。因此，实现稳压控制。

5. 二次稳压和节能控制

该机的待机控制电路是以 CPU 和二次稳压电源 N903 (TDA8133) 为核心构成的，如图 9-20 所示。

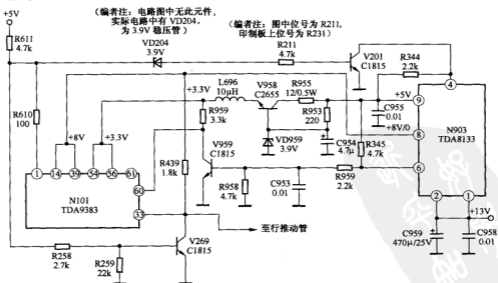


图 9-20 康佳 K 型彩色电视机的二次稳压、复位电路

(1) TDA8133 的引脚功能

TDA8133 主要由三部分构成, 第一部分是不受控 5V 稳压器, 第二部分是复位信号形成电路, 第三部分是受控 8V 稳压器。TDA8133 的引脚功能见表 9-11。

表 9-11 TDA8133 的引脚功能

脚号	脚名	功能	脚号	脚名	功能
①	INPUT1	供电 1	⑥	RESETF	复位信号输出
②	INPUT2	供电 2	⑦	NC	空脚
③	DEL.CAP	延时电路外接电容	⑧	OUTPUT2	受控 8V 电压输出
④	DISABLE	控制信号输入	⑨	OUTPUT1	不受控 5V 电压输出
⑤	GROUND	接地			

(2) 不受控稳压和复位电路

开关电源正常工作后, 由其输出的 12V 电压经保险电阻 R950 (图中未画出) 加到稳压、复位电路 N903 (TDA8133) 的供电端①、②脚, 于是 N903 内的不受控 5V 稳压电路工作, 并由⑥脚输出 5V 电压, 该电压除了为 N101 内的 CPU 电路供电, 还经 V958、VD959 等组成的 3.3V 稳压电路稳压输出 3.3V 电压, 为 N101 内的数字、模拟电路供电。同时, N903 由⑥脚输出低电平复位信号, 通过 R956 使 V959 截止, 使得 N101 的复位信号输入端获得高电平复位信号, 经一段时间延迟后, N903 的⑥脚输出 2.2V 电压使 V959 导通, 致使 N101 的⑥脚输入低电平信号, 实现 N101 内 CPU 的复位。

(3) 受控稳压电路

N903 内的受控 8V 稳压器是否工作受④脚电位的控制。当④脚为高电平时, 信息被 N901 内的逻辑电路识别后, 使受控 8V 稳压器开始工作, 由⑧脚输出 8V 受控电压。若④脚为低电平时, N903 内的受控 8V 稳压电路不能工作, N903 的⑧脚无受控 8V 电压输出。

(4) 节能控制电路

需要进入收看状态时, N101 的①脚输出的控制电压为 0V, 使 2.9V 稳压管 VD204 截止, V201 截止, N903 的控制信号输入端④脚为高电平。该信息被 N901 内的逻辑电路识别后, 使受控 8V 稳压器开始工作, 由⑧脚输出 8V 受控电压, 为 N101 内的 TV 处理器及相关电路供电, 使这些电路进入工作状态, 同时 N101 的①脚为 0V 时, 控制管 V269 截止, 不再控制行激励管, 使行激励、行输出电路进入工作状态。因此, 该机进入收看状态。

需要进入听伴音状态时, N101 的①脚输出的控制电压为 1.7V 时, 2.9V 稳压管 VD204 仍截止, N101 内的 TV 处理器及相关电路仍然工作, 而该控制电压通过 R258、R259 分压限流后使控制管 V269 导通, 致使行激励管截止, 行激励、行输出电路停止工作, 由它提供电压的显像管、场输出、视频末级电路全部停止, 仅图像通道、伴音电路在工作。因此, 该机进入听伴音状态。

需要待机时, N101 的①脚输出的控制电压达到 3.2V 后, 2.9V 稳压管 VD204 击穿导通, 使 V201 导通, N903 的④脚变为低电平, N903 内的受控 8V 稳压电路不能工作, N903 的⑧脚无受控 8V 电压输出, 相应的负载停止工作, 该机进入待机状态。

部分 K 型机的图纸上无 VD204, 它是为了实现听伴音功能而设置的。

第二节 液晶彩色电视机电路识图

一、液晶彩色电视机的构成与特点

液晶彩色电视机由液晶显示屏（也称液晶显示模块、液晶面板）、液晶显示屏接口电路、电源电路、高压逆变器、微处理器（CPU）电路、视频解码电路、隔行/逐行变换电路、图像缩放电路、高中频信号处理电路、伴音电路、机外信号输入接口电路等构成，如图 9-21 所示。

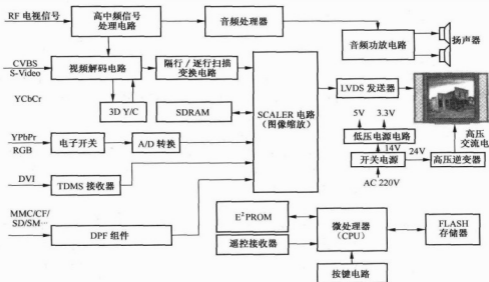


图 9-21 典型液晶彩色电视机构成方框图

通过 9-21 可以看出，液晶彩色电视机的构成与 CRT 彩色电视机有许多异同之处。比如，它们的电源电路、微处理器电路、高中频信号处理电路、视频解码电路、隔行/逐行变换电路、伴音电路的工作原理基本相同；而不同的是，液晶彩色电视机采用了液晶接口电路、高压逆变器和图像缩放电路。下面对它们进行简单介绍。

1. 图像缩放电路

由于液晶显示屏的像素位置与分辨率是固定的，但电视信号和外部输入的信号的分辨率却有所不同，所以只有通过缩放电路将不同分辨率的信号变换为与液晶显示屏对应的分辨率后，才能保证液晶显示屏显示正常的图像画面。

2. 液晶显示屏接口电路

液晶显示屏与驱动电路的接口电路有 TTL、LVDS、RSDS、TMDS 和 TCON 五种。其中，应用最多的接口电路是 TTL 和 LVDS 两种。TTL 接口是一种并行总线接口，用来驱动 TTL 液晶显示屏。根据液晶显示屏分辨率的不同，TTL 接口又分为 24 位并行和 48 位并行数字显示信号。LVDS 是一串行总线接口，用来驱动 LVDS 液晶显示屏，此类接口比 TTL 接口具有更高的传输率、更低的电磁干扰，并且数据传输线也少很多，从而简化了电路结构。



提示 早期液晶彩色电视机的液晶显示屏接口电路、隔行/逐行扫描变换电路、图像缩放电路多采用单独的集成电路，随着集成电路技术的发展，它们都集成在一起，成为主控芯片。而现在部分主控芯片还将视频解码电路集成在一起，成为超级多功能芯片，从而大大简化了电路结构。

3. 高压逆变器

高压逆变器也叫高压逆变电路。它的作用就是通过逆变器将开关电源输出的 24V 电压变换为 1 000~2 000V 的高压交流电，用于点亮液晶面板上的 CCFL 背光灯。近年来，开发出一种新的逆变器——LIPS。LIPS 的英文全写是 LCD Integrated Power Supply，译为高压液晶显示集成电源。这种高压逆变器将开关电源、低压电源电路和逆变器都设置在同一块电路板上，市电电压通过整流、PFC 和滤波后获得 400V 直流电压，直接为逆变器供电，而不再采用开关电源输出的 24V 供电，不仅降低了开关电源和逆变器的功耗，还简化了电路结构，降低了成本。

4. 液晶显示屏

液晶显示屏是液晶彩色电视机的核心器件，它主要由液晶屏（液晶板）、TTL 或 LVDS 接收电路、驱动块（包括源极驱动块和栅极驱动块两部分）、时序控制电路 TCON（Timing Controller）、背光灯、反射板组成。

时序控制电路和驱动电路是液晶显示屏的附加电路。其中，时序控制电路负责决定像素显示的顺序与时间，并将信号传输给驱动电路；垂直的源极驱动块（Source Driver IC）负责视频信号的写入；水平的栅极驱动块（Gate Driver IC）控制晶体的开关，最终使液晶屏上显示出清晰画面。

二、液晶彩色电视机典型电路识图

由于液晶彩色电视机和 CRT 彩色电视机一样，故障率高的部位也是电源电路和高压供电电路，所以下面介绍液晶彩色电视机采用的开关电源、高压逆变器的电路识图方法。

1. 开关电源

不同品牌、型号的液晶彩色电视机的开关电源不一定相同，但它们都采用并联型开关电源。下面以图 9-22 所示的 TCL LCD3026S 型液晶彩色电视机的开关电源为例介绍液晶彩色电视机开关电源的电路识图方法。

（1）市电滤波电路

市电滤波电路的核心元器件是互感线圈 LF1、LF2，滤波电容 CX1、CX2，泄放电阻 R1，辅助元器件有熔断器 F1、压敏电阻 ZV201。

接通电源后，220V 市电电压通过 F1 进入该机，再通过 CX1、CX2 和 LF1、LF2 组成的线路滤波器滤除市电网内的高频干扰脉冲，同时也可对该机产生的高频干扰脉冲进行抑制，以免它们窜入市电网，影响其他用电设备。经滤波后的市电电压通过整流堆 DB1 桥式整流、C2 滤波产生 300V 左右的直流电压。

市电输入回路的压敏电阻 ZV201 用于市电过电压保护。当市电电压过高使峰值电压达到 470V 时，ZV201 击穿，使熔断器 F1 过电流熔断，切断市电输入回路，从而避免了开关电源等元器件过电压损坏。

(2) 功率因数校正 (PFC) 电路

PFC 电路以控制芯片 L6561 为核心构成。

1) L6561 的资料

L6561 由触发器、驱动电路、稳压器、保护电路、启动电路、乘法器等构成, 如图 9-23 所示, 它的引脚功能如表 9-12 所示。

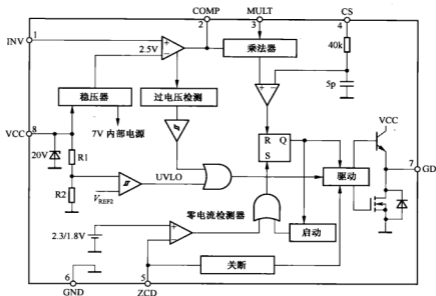


图 9-23 L6561 内部构成方框图

表 9-12

L6561 的引脚功能

脚位	脚名	功能	脚位	脚名	功能
①	INV	取样电压输入	⑤	ZCD	零电流检测信号输入
②	COMP	误差放大器输出	⑥	GND	接地
③	MULT	取样电压输入	⑦	GD	驱动脉冲输出
④	CS	电流检测信号输入	⑧	VCC	供电/供电异常检测

2) 校正过程

校正电路的核心元器件是芯片 IC1 (L6561)、开关管 VT1、电感 L3、整流管 D2、滤波电容 C9 和 C26。

当 IC1 的供电端⑧脚有供电电压输入后, IC1 开始工作, 此时 C2 两端的直流电压通过 R2~R4 取样, 再经 C4 滤波, 通过 IC1 的③脚加到乘法器, 使乘法器输出脉冲信号, 该信号通过 RS 触发器输出矩形脉冲电压, 再通过驱动电路放大后从⑦脚输出。⑦脚输出的激励脉冲通过 R9 限流, 使开关管 VT1 工作在开关状态。VT1 导通期间, C3 两端电压通过 L3、VT1 和 R13 构成回路, 在 L3 两端产生左正、右负的电动势。VT1 截止期间, L3 通过自感产生左负、右正的电动势, 该电动势通过整流管 D2、限流电阻 TH1、滤波电容 C9 和 C26、C2 构成回路, 在 C9、C26 两端产生 400V 左右电压。经过该电路的控制, 不仅提高了电源利用市电的效率, 而且提高了功率因数。

3) 稳压控制

由于 PFC 电路采用的也是功率变换器，所以需要由稳压控制电路来保证 C9、C26 两端的电压不因市电波动或负载变化而变化。稳压控制电路的核心元器件是 R11、R59、R12、R14、IC1。

当市电升高等原因引起开关电源输出的电压升高后，C26 两端升高的电压通过 R11、R59、R12、R14 取样，为 IC1 的①脚提供的取样电压超过 2.5V，经误差放大器放大后输出高电平，最终使 IC1 的⑦脚输出的激励脉冲的占空比减小，开关管 VT1 导通时间缩短，L3 储能能量减小，输出电压下降到设置值。反之，控制过程相反。

(3) 逆变器供电电路

逆变器供电电路由芯片 IC2 (L5991)、开关管 VT4 和 VT12、开关变压器 T1 和 T2 等构成。

1) L5991 的资料

L5991 是一种新型的电源控制芯片，它的工作频率可达到 1MHz，可直接驱动场效应型开关管。它主要由可预置驱动脉冲最大占空比电路、欠电压保护电路、软启动电路、一次电流检测电路、同步触发电路等构成，如图 9-24 所示，它的引脚功能如表 9-13 所示。

2) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是芯片 L5991、开关管 VT4 和 VT12、开关变压器 T1 和 T2。

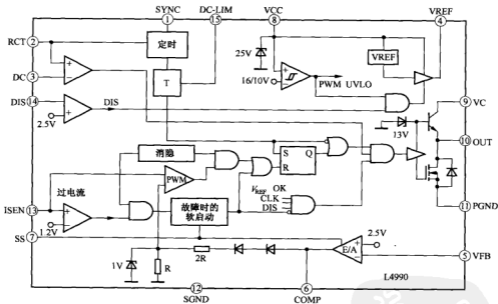


图 9-24 L4990/L4990A/L5991 内部构成方框图

表 9-13

L4990/L4990A/L5991 的引脚功能

脚号	脚名	功能
①	SYNC	同步触发脉冲输入
②	RCT	振荡器外接定时元件
③	DC	占空比控制
④	VREF	5V 基准电压

续表

脚号	脚名	功能
⑤	VFB	稳压控制信号输入
⑥	COMP	误差放大器输出
⑦	SS	软启动控制外接电容
⑧	VCC	控制电路供电端
⑨	VC	激励电路供电端
⑩	OUT	开关管激励脉冲输出
⑪	PGND	激励电路接地
⑫	SGND	控制电路部分接地
⑬	ISEN	开关管电流检测
⑭	DIS	关闭控制。不使用时此脚需接控制电路部分的接地端，不能悬空
⑮	DC-LIM	占空比限制。接基准电源脚时，驱动脉冲占空比被限制在 50%。如果此脚悬空或接地，驱动脉冲占空比不受限制
⑯	ST-BY	待机控制，通过电阻接②脚。如不使用该功能，将此脚接基准电压脚或悬空

滤波电容 C9、C26 两端建立的 400V 直流电压，第一路经开关变压器 T1、T2 的一次绕组为开关管 VT4、VT12 供电；第二路经 R17 加到 VT2 的 D 极；第三路通过 R55、R54、R16 限流，ZD2 稳压产生 18V 电压并加到 VT2 的 G 极，使 VT2 导通。VT2 导通后，从它 S 极输出的电压经 C14 滤波后加到 IC2 的⑧脚，使 IC2 内的启动电路后开始工作，它②脚的内部电路与外接的定时元件 R35、C18 通过振荡产生锯齿波脉冲信号，该脉冲通过 RS 触发器等电路产生开关管激励脉冲，再经驱动电路放大后从⑩脚输出，利用 R27 限流，再通过 VT8、VT11 推挽放大后，利用 R53、R51 使 VT4、VT12 工作在开关状态。VT4、VT12 工作后，T1B 的二次绕组产生的脉冲电压经 D15 整流、R19 限流、C15 滤波，再经 R14 取代启动电路为 IC2 供电。同时，T1 的二次绕组输出的脉冲电压经整流、滤波后，为相应的负载供电。

3) 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是三端误差放大器 IC4，光电耦合器 IC3，芯片 L5991，取样电阻 R45、VR1、R18。

当市电升高等原因引起开关电源输出电压升高后，C31 两端升高的电压通过 R42 为光电耦合器 IC3 内的发光二极管提供的电压升高，同时 C27 两端升高的电压经 R45、VR1、R48 取样后的电压超过 2.5V，通过三端误差放大器 IC4 放大后，使 IC3 内的发光二极管因导通电流增大而发光加强，IC3 内的光敏三极管导通程度加大，使 IC2 的⑧脚电位下降，经 IC2 内的误差放大器等电路处理后，使 IC2⑩脚输出的激励脉冲占空比减小，VT4、VT12 导通时间缩短，开关电源输出的电压下降到规定值。反之，稳压控制过程相反。

(4) 保护电路

1) 软启动控制电路

软启动控制电路的核心元器件是电源控制芯片 IC2 和软启动电容 C19。开机瞬间因 C19 需要充电，所以 IC2⑦脚电位由低逐渐升高，使得 IC2⑩脚输出的开关管激励脉冲的占空比由小逐渐增大，从而避免了开机瞬间稳压控制电路未及及时进入工作状态，可能损坏开关管等元

器件。当 C19 两端的充电电压达到一定值后，软启动电路的作用被解除。

2) 欠电压保护电路

欠电压保护电路的核心元器件是芯片 IC2。IC2 启动期间，若启动电路异常不能为它的⑦脚提供 16V 以上的电压，它不能启动；启动后，若 D15、R19、D14 等组成的自馈供电电路异常，为 IC2 提供的工作电压低于 10V 后，IC2 停止工作，从而避免了欠电压给开关管等元器件带来的危害。

3) 开关管过电流保护电路

开关管过电流保护电路的核心元器件是取样电阻 R37、R39 和芯片 IC2。

当 VT4、VT12 因负载短路等原因过电流时，在 R37、R39 两端产生的电压升高，通过 R28 输入到 IC2⑬脚的电压达到 1.2V 时，IC2 内的过电流比较器输出高电平控制信号，再通过与门等电路处理后，使 IC2⑳脚不再输出激励脉冲，开关管截止，避免了开关管等元器件过电流损坏，实现开关管过电流保护。

4) 过电压保护电路

过电压保护电路的核心元器件是 VT10、稳压管 ZD4~ZD6。

当误差取样电阻开路引起开关电源输出电压异常升高时，C27 两端升高的电压使稳压管 ZD5、ZD6 击穿导通，R49 限流，使 VT10 导通，同样 C31 两端升高的电压经 ZD4 也会使 VT10 导通。VT10 导通后，IC3 内的发光二极管发光加强，最终使开关电源输出电压下降，实现了过电压保护。

2. 高压逆变器

不同品牌、型号的液晶彩色电视机的开关电源不一定相同，但它们都采用的是并联型开关电源。下面以康佳 LC-TM1708P 型液晶彩色电视机的高压逆变器为例介绍液晶彩色电视机高压逆变器的电路识图方法。该机的高压逆变器是以芯片 FP1451 为核心构成的，如图 9-25 所示。

(1) FP1451 的资料

FP1451（相同的还有 TL1451A、BA9741F）是用于 LCD 机二次电源的新型双端输出电源控制芯片，它适应电源范围宽，可在 3.6~35V 的单电源供电下工作，并且也采用了逐个脉冲电流限流技术，还具有供电低检测等保护功能。其内部主要由振荡器、2.5V 准电压发生器、误差放大器、PWM 锁存器、保护电路、驱动电路等组成，如图 9-26 所示。它的引脚功能如表 9-14 所示。

从图 9-25 可看出，该机采用了由 Q3~Q6 和 PT1、PT2 等构成的两套完全相同的高压逆变电路，而由 FP1451 和 Q7、Q8 等元器件构成的两套串联降压型开关电源实际是为这两套高压逆变电路供电的。由于两套电源构成相同，所以下面以 Q7、储能电感 L1 为核心构成的开关电源为例介绍其他电路。



提示 液晶彩色电视机的 DC-DC 型低压电源多采用串联型开关电源，所以 DC-DC 型低压电源的电路识图方法也可以参考该电源电路。

(2) 功率变换电路

功率变换电路的核心元器件是开关管 Q7、电感 L1、续流二极管 D9、芯片 U1（FP1451）。连接器 CNI①脚输入的 12V 电压经熔断器 F1 输入后，通过 C19 滤波后第一路送到 P 沟

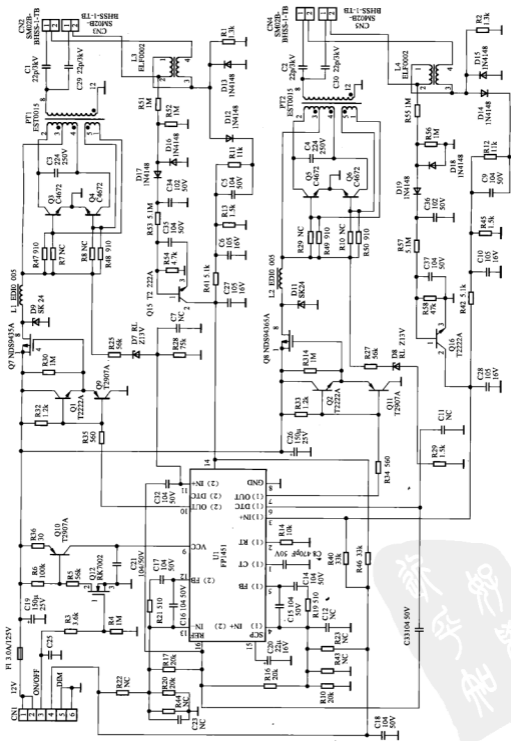


图 9-25 康佳 LC-TM1708P 型液晶彩色电视机的高压逆变器

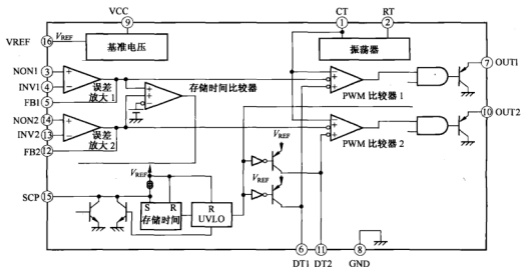


图 9-26 FP1451 内部构成方框图

表 9-14

FP1451 的引脚功能

脚号	脚名	功能
①	CT	振荡器外接定时电容
②	RT	振荡器外接定时电阻
③	NON1	通道 1 误差信号输入
④	INV1	通道 1 误差放大器参考信号输入
⑤	FBI	误差放大器 1 外接频率补偿网络
⑥	DT1	通道 1 休止时间控制/软启动控制
⑦	OUT1	通道 1 开关管激励脉冲输出
⑧	GND	接地
⑨	VCC	供电
⑩	OUT2	通道 2 开关管激励脉冲输出
⑪	DT2	通道 2 休止时间控制/软启动控制
⑫	FB2	误差放大器 2 外接频率补偿网络
⑬	INV2	通道 2 误差放大器参考信号输入
⑭	NON2	通道 2 误差信号输入
⑮	SCP	锁存时间设置
⑯	VREF	2.5V 基准电压输出

道型场效应管 Q7 的 S 极为它供电；第二路为 Q1、Q9 组成的推挽放大器供电；第三路通过 R36、R6、R5、Q10、Q12 组成的启动电路为 U1⑨脚提供启动电压。U1 的⑨脚获得供电后开始工作，2.5V 基准电压形成电路产生的 2.5V 电压不仅由⑯脚输出，而且为内部的振荡器等电路供电，于是①、②脚内的振荡器与外接的定时元件 C8、R14 通过振荡产生锯齿波脉冲。该脉冲作为触发信号使 PWM 调制器产生开关管激励脉冲，经驱动电路放大后从⑦、⑩脚输

出。其中, U1⑩脚输出的激励脉冲为低电平时, 使 Q1 截止、Q9 导通, 致使 Q7 导通, 12V 电压通过 L1 和负载构成回路, 回路中的电流不仅为负载供电, 而且在 L1 两端产生左正、右负的电动势。当 U1⑩脚输出的激励脉冲为高电平时 Q1 导通、Q9 截止, 由 Q1 的集电极输出的电压使 Q7 截止, 流过 L1 的导通电流消失, 所以它通过自感产生右正、左负的电动势, 该电动势经负载、续流二极管 D9 构成的回路继续为负载充电。由于负载在一个振荡周期都可以获得供电, 所以该开关电源的效率高于并联型开关电源。

(3) 稳压控制电路

稳压控制电路的核心元器件是芯片 U1、稳压管 D7。

当 Q7 的 S 极输出的电压因负载变轻而升高后, 它经 R25 限流, 使稳压管 D7 导通程度加强, 为 U1⑪脚提供的误差电压超过 1.2V, 与 U1 内的反相输入端接的 1.2V 参考电压比较后, 输出高电平控制电压, 控制 PWM 调制器输出高电平脉冲时间延长, 使 Q7 导通时间缩短, L1 存储能量减小, Q7 的 S 极输出电压下降到正常值, 实现稳压控制。反之, 稳压控制过程相反。U1⑬脚输入的 1.2V 参考电压由 U1⑯脚输出的 2.5V 基准电压经 R17、R20 取样后产生。

(4) 开机/待机控制

该机的节能控制功能由微处理器 (CPU) 输出的电源控制信号 ON 和 OFF 来实现。该电路的核心元器件是 CPU、Q12、Q10、R6。

1) 正常状态

需要开启逆变器时, 来自 CPU 的高电平控制信号通过 CN1③脚输入后, 利用 R3 使 Q12 导通, 致使 Q10 导通, 12V 电压由 Q10 的集电极输出到 U1⑨脚, U1 获得供电后开始工作, U1 的⑦、⑩脚输出开关管激励脉冲, 驱动两套逆变器供电电源的开关管工作, 产生高压逆变电路正常工作所需的逆变器供电电压, 实现逆变器供电电源的开启, 也就实现了高压板的开启。反之, 若 CN1③脚输入的控制信号为低电平, 则逆变器供电电源不能产生逆变器供电电压, 高压板停止工作。

2) 待机状态

该机工作在正常状态时, OFF 信号为低电平, 使 Q10 截止, U1 不能工作, 高压逆变器也就不能工作, 该机进入待机状态。

(5) 亮度调节电路

亮度调节电路由 U1 内的误差放大器和相关元器件构成, 通过该电路来控制 Q7 的导通时间就能够实现逆变器供电电压的调节。⑬脚由 U1⑯脚输出的 2.5V 基准电压经 R17、R20 取样后, 得到 1.25V 的参考电压从⑬脚加到误差放大器的同相输入端, 而误差放大器同相输入端通过⑭脚外接两套控制电路。其中, 一路是高压脉冲电流的检测电路; 另一路通过 R46 接连接器 CN1 的④脚。CN1④脚输入的信号是亮度调整信号, 在调整画面的亮度时, 来自 CPU 的亮度控制信号通过该脚输入后, 就可改变 U1⑭脚电压, 从而可改变 U1⑩脚输出的激励脉冲的低电平时间, 也就调整了逆变器供电电压的高低。由于逆变器供电电压发生变化后, 则调整了高压逆变电路为背光灯管提供的工作电压, 背光灯管的发光强度因供电电压发生变化而不同, 从而实现了亮度调整。

(6) 保护电路

1) 软启动控制电路

U1⑪脚外接的 C32 是软启动电容。U1 工作后它的⑯脚输出的基准电压对 C32 充电。C32

充电期间为 U1⑩脚提供由高到低的软启动控制电压，被 U1 内部电路处理后，它的⑩脚输出的开关管激励脉冲的低电平时间由短逐渐增大到正常，从而避免了开关管 Q7 在开机瞬间可能被过激励损坏。

2) 过电压保护电路

过电压保护功能也是利用 U1⑩脚内外电路实现的。当稳压控制电路异常，引起 B+电压超过 13.5V 后，通过 R25 使 D7 击穿导通，为 U1 的⑩脚提供了 2.5V 电压，于是 U1 内的保护电路动作，使 U1⑩脚无激励脉冲输出，B+电压消失，实现了过电压保护。

3) 高压过电流保护电路

高压通过背光灯管产生的电流通过 R1 进行取样。当 R1 两端建立的交流电压达到一定值后，通过 D12 整流，再经 R11 和 R13 分压后，再通过 C6 滤波产生的电压，经 R41 加到 U1⑭脚，经⑭脚内的误差放大器放大后得到的电压超过 1.25V 后，定时电路启动，使⑮脚外接的电容 C20 充电，充电使 U1⑮脚电位超过 0.6V 后，U1 内的锁存式保护电路动作，开关电源停止工作，避免高压过电流带来的危害。

4) 高压逆变电路

高压逆变电路实际是自激式半桥功率变换器。由于两个变换器相同，下面对上边的变换器进行介绍。该电路的核心元器件是功率管 Q3、Q4，高压变压器 PT1，电容 C1、C3、C29，电阻 R47、R48。其中，R47、R48 是启动电阻，C3 是谐振电容，T1 的 1-5 绕组是正反馈绕组。由于 Q3 和 Q4 轮流导通，所以 PT1 二次绕组（8-12 绕组）在每个振荡周期都能够输出高压脉冲电压。该脉冲电压经 C1、C29 耦合，再通过连接器 CN2 为背光灯管供电。

