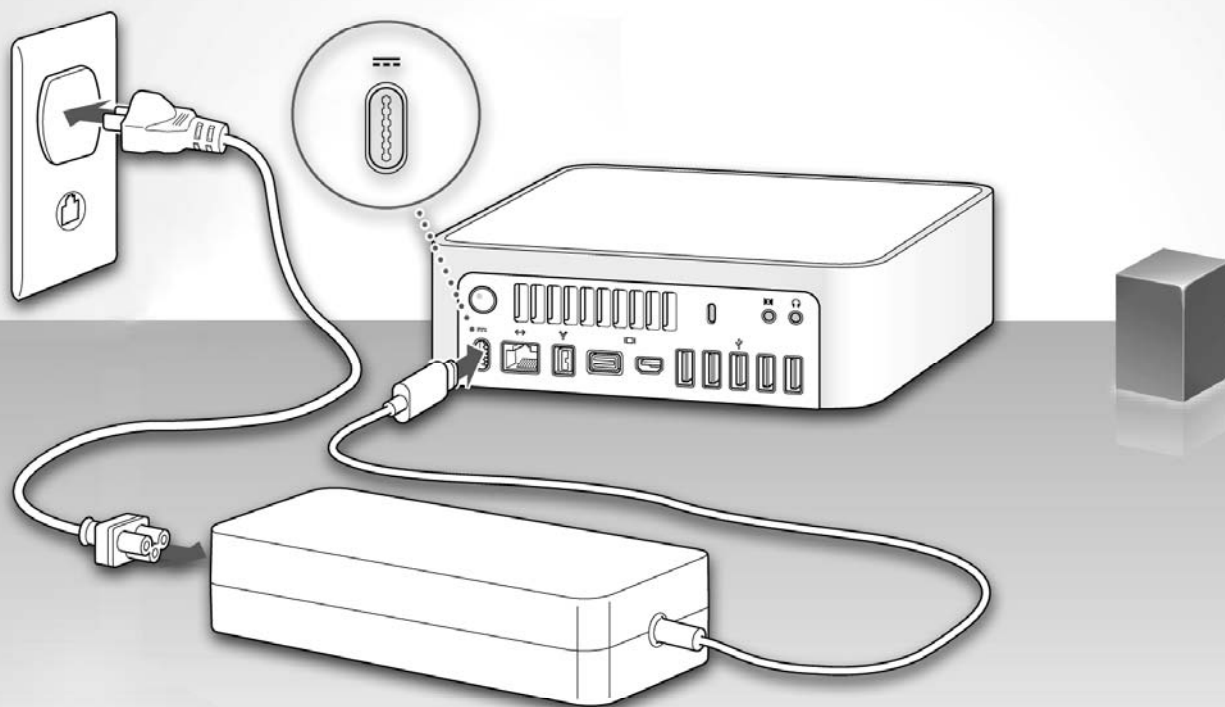


# Chapter

# 02

## 电脑开关电源分析与检修





# 2.1

## 开关电源概述

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

从 20 世纪 70 年代起，开关电源就在国内外的多种电气设备中开始应用。开关电源重量轻、体积小、功耗小、效率高、机内温升低，提高了整机的稳定性和可靠性，而且对电网的适应能力也有较大的提高。传统的串联型稳压电源一般允许电网波动范围为  $220\text{V} \pm 10\%$ ，而开关型稳压电源当电网电压在 110~260V 范围内变化时，都可获得稳定的输出电压。

开关电源的应用范围很广，从电视接收机、计算机、及电子办公设备到手机充电器，无处没有开关电源的应用。

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

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

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

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

### 2.1.1 单管并联式开关电源的结构

#### 1. 电路组成

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



## 2. 电路结构框图

单管并联式开关电源电路结构框图如图 2-1 所示。

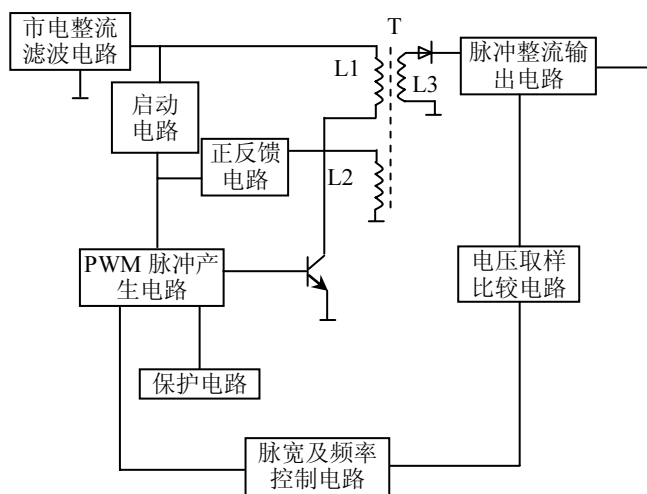


图 2-1 单管并联式开关电源电路结构框图

## 3. 单管并联式开关电源工作原理

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

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

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

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

### 2.1.2 双管半桥式开关电源的结构

#### 1. 电路组成

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

#### 2. 双管半桥式开关电源的结构框图

双管半桥式开关电源的结构框图如图 2-2 所示。

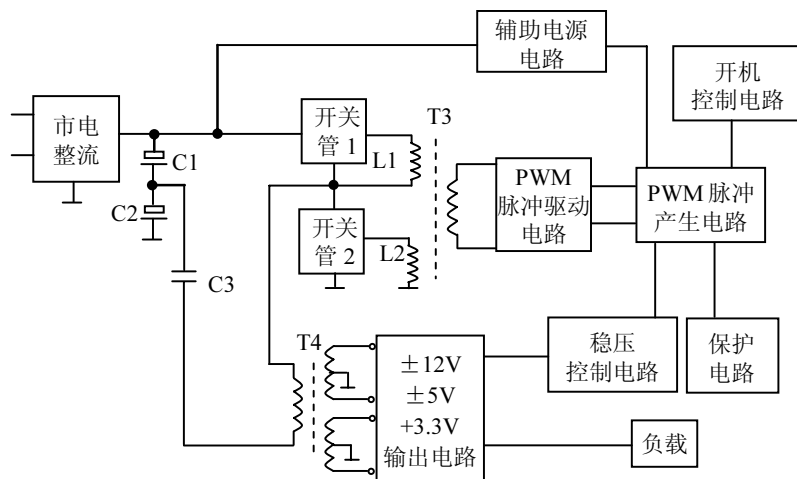


图 2-2 双管半桥式开关电源结构框图

### 3. 双管半桥式开关电源工作原理简述

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

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

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

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

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

## 2.2 电脑开关电源辅助电源分析与检修

现行电脑电源由两大部分组成。一部分为辅助电源，输出+5V及+12V电压。+5V电压通过一根紫色引线输送到电脑主机，用作主机的待机电源，有人称为“紫5V”。+12V用于开关电源内部相关电路。另一部分为主开关电源，是为电脑主机提供±12V、±5V及+3.3V电压的主电源。

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



### 2.2.1 辅助电源的电路组成及工作原理

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

#### 1. 交流输入及抗干扰电路

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

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

电源电路中的抗干扰电路原理图如图 2-3 所示。其中，在图 2-3 (a) 中，L1、L2 组成互感滤波器，是匝数相同、绕向不同的两个电感，也有些电源将这两个电感制作在同一个磁芯里，如图 2-3 (b) 所示；在交流电流通过时，所产生的磁通正好大小相等，方向相反而抵消，能有效地抑制共模干扰信号。电容 C3、C4 组成共模滤波器，滤除两导线间的共模干扰信号。因差模干扰信号较小，电路中高频旁路电容 C1、C2 即可将其滤除。另外，C1 与 C2 容量一般为  $0.01\ \mu\text{F}$ ，体积较大。在银河系列 ATX2P4-1 电源中，抗干扰电路采用图 2-3 (a) 的电路形式。

在有些厂家生产的电源中，为了节约成本而没有使用互感滤波器，只用两个高频电容 C1、C2 滤除共模干扰信号，如图 2-3 (c) 所示。

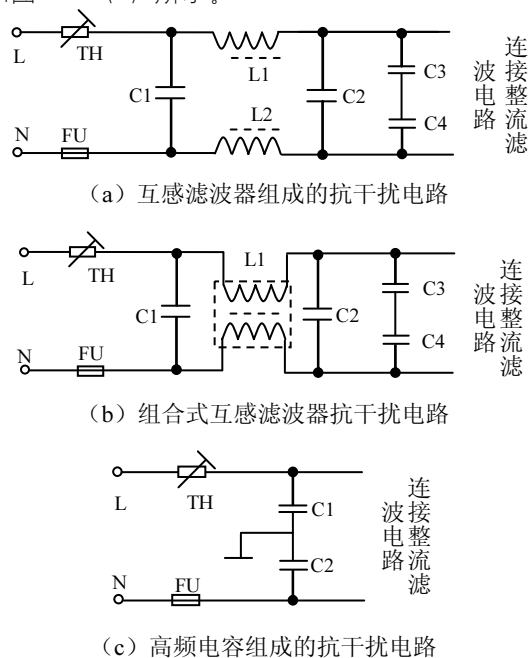


图 2-3 抗干扰电路原理图



一般来讲，为了防止负载短路对电网造成危害，在整流滤波电路之前都采取保护措施，一般是用保险丝（保险管）串接在输入与抗干扰电路之间，如图 2-3 中的 FU 即为保险管。在电路原理图中，保险管一般标注为 FU，也有的标注为 BX（BX 是“保险”汉语拼音的缩写，FU 是英语 FUSE 的缩写）。保险管的防护是一次性的，一旦损坏只能更换。其规格一般为 250V/3~5A，在更换保险管时不要随意改变规格。

另外，在开关电源通电工作的一瞬间，电网电压对整流滤波电路会产生很大的冲击作用，有可能会损坏整流滤波元件。为避免这种情况，在整流之前又增设热敏电阻作为限流元件，如图 2-3 中的 TH 即为限流元件，也有的电路图用 NT 来表示。TH 是一个负温度系数热敏电阻，常温下阻值一般在  $10\Omega$  以下，当热敏电阻中流过电流使其温度升高后，它的阻值变小，这样一来，在开机之时能起到限制浪涌电流对整流滤波电路的冲击，在开机之后，又不会阻碍开关电源大电流的需要。因为在关机后热敏电阻温度不可能很快降低，所以在关机后应间隔一段时间（3 分钟以上）才能再启动，否则很可能造成整流元件及功率开关管损坏。

## 2. 整流滤波电路

市电经抗干扰电路滤除杂波后，进入整流滤波电路。整流电路采用桥式整流，利用二极管的单向导电特性进行整流。整流电路一般有两种形式。其中一种采用 4 只整流二极管，如图 2-4 中的 D1~D4。另一种采用一只整流桥（内部包含 4 只整流二极管），如银河系列 ATX2P4-1 电源整流滤波电路，如图 2-5 所示，整流后经电容滤波得到 +310V 不稳定的直流电压。这里要提出的是滤波电容采用 C7 与 C8 串联，是供主电源使用的。电阻 R2 与 R3 称为均压电阻，分别与 C7 与 C8 并联，以保证 C7 与 C8 上的电压相等。

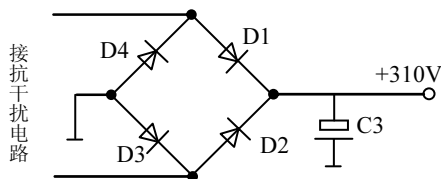


图 2-4 采用 4 只整流二极管的整流滤波电路原理图

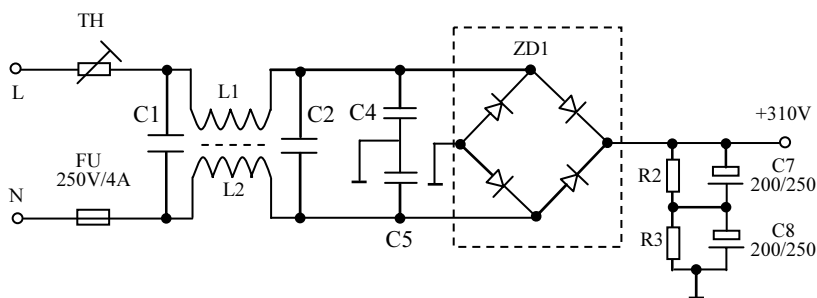


图 2-5 银河系列 ATX2P4-1 电源交流输入、抗干扰及整流滤波电路

抗干扰及整流滤波电路实物图如图 2-6 所示。几乎所有开关电源的交流输入、抗干扰及整流滤波电路都是由上述元件组成的。

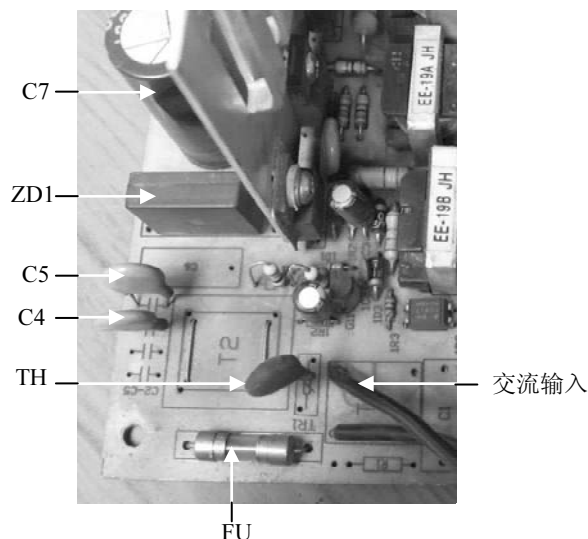


图 2-6 抗干扰及整流滤波电路实物图

### 3. 启动电路

启动电路的作用就是给开关电源的工作提供启动电压，使开关电源开始工作。启动电路一般有两种形式：一种是采用 RC 串联电路，这种启动电路仅在电源启动时起作用，在电脑、办公设备中很少使用；另一种就是采用一个高值电阻或者两个电阻串联启动。在银河系列开关电源的辅助电源中采用两个高值电阻串联，标号均为 1R1，这两个电阻的阻值都是  $220\text{k}\Omega$ ，如图 2-7 所示。 $+310\text{V}$  电压通过 1R1 加在开关管 G12 的控制极，给开关管提供启动电压。

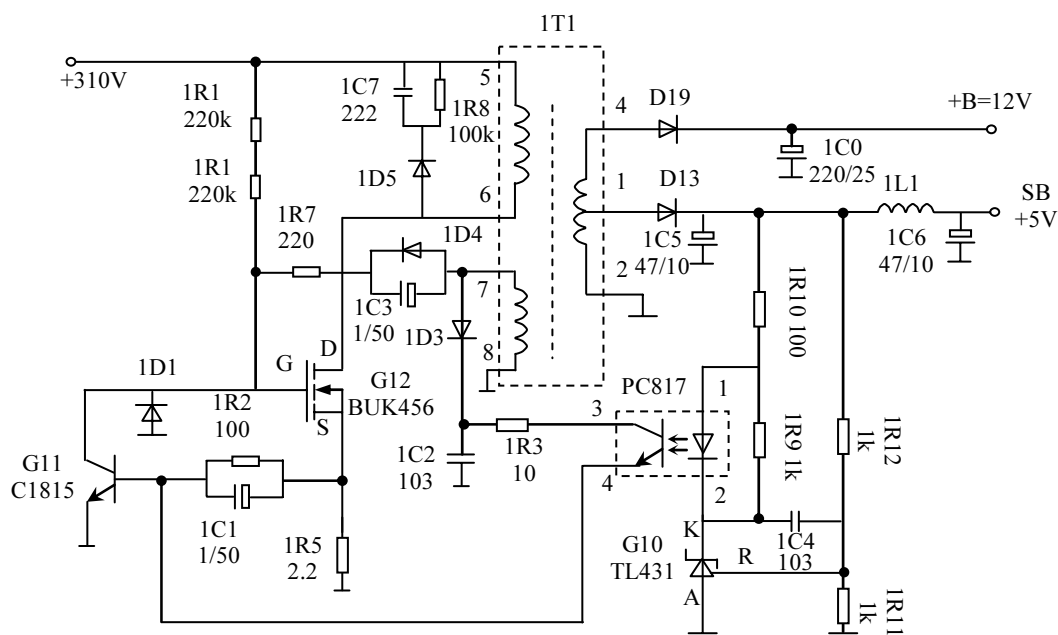


图 2-7 ATX2P4-1 辅助电源电路图





## 4. 开关变压器

开关变压器是电源中体积最大的元件，也是完成功率转换的核心元件。开关变压器的实质也是一个变压器，不过它与普通变压器有很大的区别，并且与普通变压器是不能互换的。开关变压器中流过的是脉冲电流，绕组的匝数比普通变压器少，导线比普通变压器的粗。电源中的开关变压器实物如图 2-8 所示，其内部结构可参看图 2-7 中的 1T1。开关变压器的工作原理与普通变压器的工作原理相同，这里不再赘述。

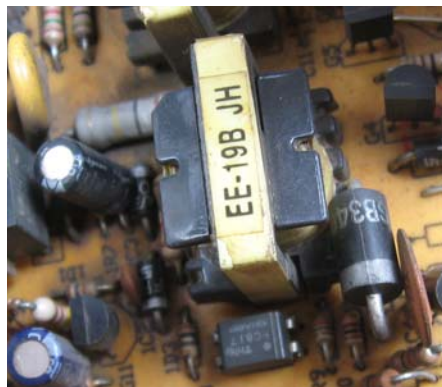


图 2-8 开关变压器实物

## 5. 开关管自激振荡电路

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，介绍开关管的自激振荡过程，参看图 2-7。

整流滤波后的+310V 电压，通过启动电阻 1R1 加到开关管（场效应管）G12 的栅极（控制极），使开关管微导通，产生一个微弱的漏极电流  $I_0$ ，这一电流是由整流滤波后的+310V 通过开关变压器初级 5—6 绕组和开关管源极、漏极产生的。这个电流虽然很弱，但它是一个突变增大的电流，在 5—6 绕组两端必然产生 5 正 6 负的感应电动势，从而使反馈绕组 7—8 上也产生 7 正 8 负的感应电动势。这一感应电动势通过 1R7、1C3、1D4 反馈电路，加至开关管的栅极，使栅极电压进一步增大，又引起场效应管更大的漏极电流，又使 7—8 绕组产生更大的反馈电压，并对 1C3 进行充电，使 1C3 产生左负右正的电压。这是一个正反馈过程。如此反复，很快会使开关管 G12 由截止状态越过放大状态进入饱和状态。

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

开关管截止之后，各绕组感应电动势也为零，电路变回到初始状态。+310V 直流电压又会





经 1R1 加到开关管控制极,使开关管控制极电位再次升高后再一次微导通,进入下一次饱和与截止过程。就这样,开关管周而复始地重复上述过程,反复导通与截止,形成自激振荡进行工作。

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

## 6. 功率变换、脉冲整流输出电路

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

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

## 7. 稳压控制电路

从变压器的工作原理来讲,输出电压的高低取决于开关变压器初级 5—6 绕组中电流的大小和时间长短。5—6 绕组中电流越大,电流流过的时间越长,次级绕组获得的感应电压越高(参考图 2-7)。反之,次级绕组获得的感应电压越低。因此,通过控制 5—6 绕组中电流流过的时间长短,就可以控制输出电压的高低。

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

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

### (1) 取样电路

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

银河系列 ATX2P4-1 的取样是直接取样,取样点是  $SB=+5V$ 。用电阻 1R12、1R11(阻值均



为  $1\text{k}\Omega$ ) 串联, 对  $S_B=+5\text{V}$  电压分压, 根据欧姆定律, 对  $5\text{V}$  分压产生  $2.5\text{V}$  的样品电压, 这一电压随  $S_B=+5\text{V}$  的变化成比例变化, 反映了  $S_B=+5\text{V}$  电压的实际状态, 所以称为样品电压。参看图 2-7。

### (2) 比较电路

参考图 2-7, 比较电路由 G10 构成。G10 由一只精密可控稳压器担任, 型号是 TL431, 这是一种由电压控制、稳压值在  $2.5\sim 36\text{V}$  间可变的稳压器件, 相当于一个稳压二极管 (参看第 1 章 1.7 节)。当电压  $U_{\text{RA}}$  与内部基准电压比较表现为增大时, 电流  $I_{\text{KA}}$  增加,  $U_{\text{KA}}$  降低; 当电压  $U_{\text{RA}}$  与内部基准电压比较表现为减少时, 电流  $I_{\text{KA}}$  减少,  $U_{\text{KA}}$  升高。无论  $U_{\text{KA}}$  降低还是升高, 只要  $U_{\text{RA}}$  确定不变,  $U_{\text{KA}}$  就不变, 从而稳压。样品电压加到控制极后, 与内部的基准电压比较产生误差电压, 误差电压改变电流  $I_{\text{KA}}$  的大小, 从而使流过光电耦合器中发光二极管的电流发生变化。光电耦合器中发光二极管的电流变化又转换为光的强弱变化, 控制光敏三极管的导通程度。电阻  $1\text{R9}$  用于对光电耦合器中发光二极管的分流, 保证发光二极管工作安全。

### (3) 误差放大

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

### (4) 脉宽调制电路

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

整个稳压控制过程可简述如下:

当某种原因使  $S_B=+5\text{V}$  升高时,  $S_B \uparrow \rightarrow U_{\text{RA}} \uparrow \rightarrow U_{\text{KA}} \downarrow \rightarrow I_{\text{KA}} \uparrow \rightarrow$  光耦中发光二极管发光  $\uparrow \rightarrow$  光敏管导通  $\uparrow \rightarrow$  G11 基极电流  $\uparrow \rightarrow$  G11 导通  $\uparrow \rightarrow$  G12 提前截止  $\rightarrow S_B \downarrow$ , 从而实现稳压。

当某种原因使  $S_B=+5\text{V}$  降低时, 其稳压过程与上述相反。

## 8. 保护电路

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

### (1) 浪涌电流限制电路

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



电路之前，作为浪涌电流限制元件。如图 2-3 中的限流元件 TH。

(2) 尖峰吸收电路

在开关管由导通转入截止状态时，在 5—6 绕组中将会产生高达 1kV 的反向感应电动势，这一高压会使开关管瞬间击穿，为保护开关管，电路设置了由 1D5、1R8、1C7 组成的开关管保护网络，称为尖峰吸收电路。在开关管导通期间，该电路对电源工作没有影响；在开关管截止时，1D5 正偏导通，将 5—6 绕组中的反向感应电动势释放，防止反峰高压将开关管击穿，保护开关管（参考图 2-7）。

(3) 过流保护电路

当电源负载过重或有短路故障时，流过开关管的电流将会急剧增大，进而损坏开关管。为此，几乎所有的电源都会设计过流保护装置，例如，银河系列 ATX2P4-1 电源中的保护电路由 1R5、1R2、1C1 和三极管 G11 构成，1R5 称为过流保护取样电阻（参考图 2-7）。当由于负载过重或负载回路有严重短路故障时，流过开关管的电流就会猛增过大，流过电阻 1R5 的电流也增大，并由 1R5 转换为电压，通过 1R2 加到三极管 G11 的 b-e 结，使三极管 G11 饱和导通，将开关管的栅极电压箝位在 0.1V 以下，使开关管停止工作，达到保护的目。电容 1C1 起到加速保护启动的作用，称为加速电容。

(4) 过压保护电路

过压保护的作用是防止由于故障时输出电压过高而损坏负载电路。

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

9. 光电耦合器简介

在开关电源中常用的光电耦合器主要有 PC817 和 4N35 两种。

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

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

光电耦合器在实际应用中，多用在既隔离又控制的电路中。

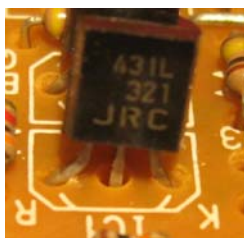
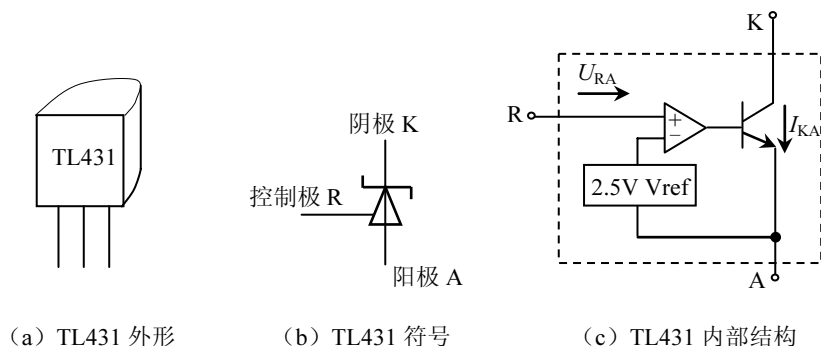


图 2-9 光电耦合器 PC817 及 4N35 内部结构



## 10. 三端精密稳压控制器

常应用于电路中的 TL431 就是三端精密稳压控制器，是一种可控精密电压比较稳压器件，相当于一个稳压值在 2.5~36V 间可变的稳压二极管，其外形、符号及内部结构如图 2-10 所示。其中，A 为阳极，K 为阴极，R 为控制极。



(d) TL431 实物

图 2-10 TL431 的外形、符号及内部结构

TL431 稳压器的的工作原理如下：

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

TL431 主要用在稳压控制电路中。

### 2.2.2 辅助电源电路常见故障及故障检测点

#### 1. 检查确定故障范围

当确定是电源故障后，还要进一步检查确定是主电源故障还是辅助电源故障。

检查确定故障范围的方法如下：

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

- ① 若所测得电压为 0，说明辅助电源出现故障。
- ② 若电压正常（正常为 +5V），表明辅助电源基本正常。



## 2. 辅助电源常见故障分析

辅助电源电路常见故障有两种：无输出电压、输出电压低且有吱吱声。

① 无输出电压故障。辅助电源有两路电压输出，若两路均无输出电压，一般原因是无交流电输入、电源连接线断线及辅助开关电源损坏。两路输出电压中某路输出偏低：若是+12V 输出偏低，一般是滤波电容器 1C0 失容，可打开电源外壳后直接更换电容；若是+5V 电压输出偏低，一般为稳压控制电路有故障，滤波电容失容也是常见原因。

② 输出电压过低且有吱吱声。这种现象表明负载有短路故障，可按短路故障处理。

## 3. 电源故障检测点

以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，电源故障检测点主要包括：

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

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

③ 低压整流输出端 1C5 和 1C0 两端。正常情况下，1C5 两端有+5V 直流电压，1C0 两端为+12V。当测得这两点电压为零时，表明辅助电源无直流电压输出。

### 2.2.3 辅助电源电路输出电路检修方法

#### 1. 抗干扰及整流滤波电路检修方法

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，讲解抗干扰及整流滤波电路的检修方法，其交流输入抗干扰及整流滤波电路如图 2-11 所示。

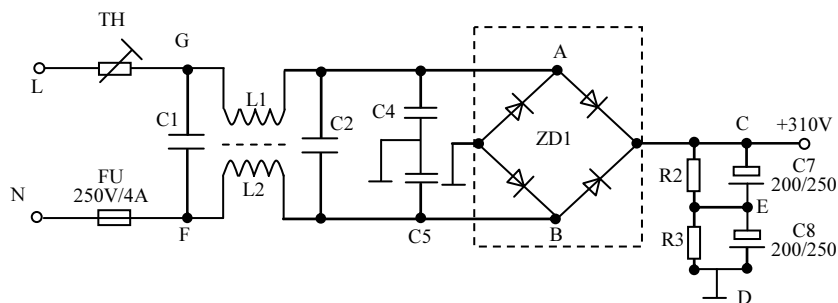


图 2-11 抗干扰及整流滤波电路检修测试点图

该电路常见故障主要有无 310V 直流电压、电压过低，尤其是串联电容器 1C7 与 1C8 上的电压不相等。

抗干扰及整流滤波电路的检修方法如下（参看图 2-11）：

- 01** 打开电源外壳，拆出电路板。若因导线短，可将短导线拆下并用长一点的导线重新连接。
- 02** 直观检查。通过直观检查能发现保险管是否发黑、大滤波电容是否有“鼓胀”、开关管



是否有炸裂破损等现象。若有明显损坏的元件，将其拆除或更换（滤波电容可立即更换，保险管及开关管可暂不接入电路）。

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

① 用万用表电阻挡检测 C1 两端电阻（图 2-11 中 GF 两点间或 AB 两点间），正常情况下应接近无穷大，若阻值很小，说明 C1、C2 或整流桥中的整流管有短路，可逐一检查并更换损坏的元件。

② 若 C1 两端阻值正常，测整流桥任两脚间的电阻，若不正常，更换整流桥。

③ 测滤波电容器 C7 正极与 C8 负极两端间的电阻（图 2-11 中 C 与 D 两点间）。指针万用表红表笔接电容器 C8 负极，黑表笔接电容器 C7 正极；数字万用表红表笔接 C7 正极，黑表笔接 C8 负极。若阻值很小，表明有短路元件。拆下开关管（因三只开关管共用一只散热片，需要全部拆下），再一次检查 C7 正极与 C8 负极两端电阻是否恢复正常。若恢复正常，表明是开关管短路，转入安全检修法查找故障。否则，继续查找并更换短路元件。

**04** 给独立电源（未与电脑主机相连）通上交流电，进行电压检测。

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

**05** 整流滤波电压正常后，装上辅助电源开关管（主电源开关管仍暂不装）进行下一步检查。

若是辅助电源开关管 G12 击穿，则不能装上开关管立即通电，否则开关管会有再一次被击穿的危险。在对稳压控制电路和尖峰吸收电路检查确认无故障元件后，才能通电试验。

整流滤波电路检修流程如图 2-12 所示。

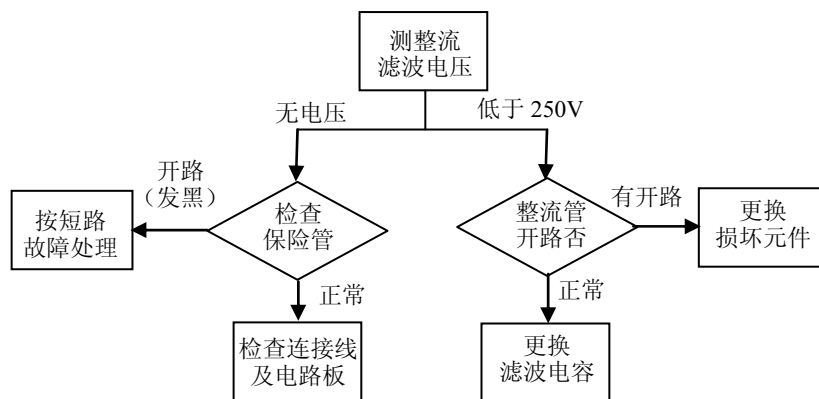


图 2-12 整流滤波电路检修流程图



## 2. 启动电路的检修方法

如果电源电路中的整流滤波电压 (310V 电压) 正常, 须检查启动电路 (以银河系列 ATX2P4-1 电源为例, 参考图 2-7)。

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

启动电路的检查方法为: 用万用表红表笔接开关管栅极, 黑表笔接电源地, 万用表选择 20V 挡。在通电情况下测量的结果有 3 种情况: 一种是测量的电压为 0, 一种是测量的电压约为 0.5V, 还有一种是测量的电压为  $-0.1\sim 0.3\text{V}$ 。下面进行详细分析。

### (1) 测得电压结果为 0

测得电压结果为 0, 表明启动电阻损坏或三极管 G11 击穿短路。可在断电后, 先对电容器 C7 与 C8 进行放电, 然后在路检查开关管栅极对地电阻。若阻值很小, 说明 G11 击穿短路或开关管栅极与漏极短路。若阻值基本正常, 检查启动电阻, 必要时须将其拆下, 测量其阻值, 以进一步证实。若确为启动电阻损坏, 直接更换即可。启动电阻阻值一般都在  $200\text{k}\Omega$  左右。

### 注 意

放电方法如下:

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

### (2) 测得电压约为 0.5V

若实际测得值约为 0.5V, 表明启动电路正常, 接下来应检查正反馈电路。

### (3) 测得电压约 $-0.1\sim 0.3\text{V}$

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

## 3. 反馈与振荡电路检修方法

反馈与振荡电路的常见故障主要为电路不起振。

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

反馈与振荡电路检查方法如下 (参考图 2-7):

**01** 在断电状态下, 对滤波电容放电。

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

**03** 检查反馈电阻 1R7、二极管 1D4 是否开路; 对反馈电容 1C3, 先观察其外形是否正常,



不能确定时对其代换。

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

#### 4. 稳压控制电路检修方法

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

##### （1）输出电压偏低的检修

参考图 2-13，从稳压原理上来讲，输出电压过低表明是由于三极管 G11 导通过强，进一步可推出光电耦合器中光敏管导通过强、光电耦合器中发光管电流过大或精密稳压控制器导通过强，以及取样电路中电阻 1R11 阻值增大等，都可以引起输出电压降低。因稳压控制电路元件多，在有输出电压的情况下，各点电压变化不是太明显，因而电压法检查不能有效地确定故障元件。利用最原始的方法——电阻法进行检查最有效。

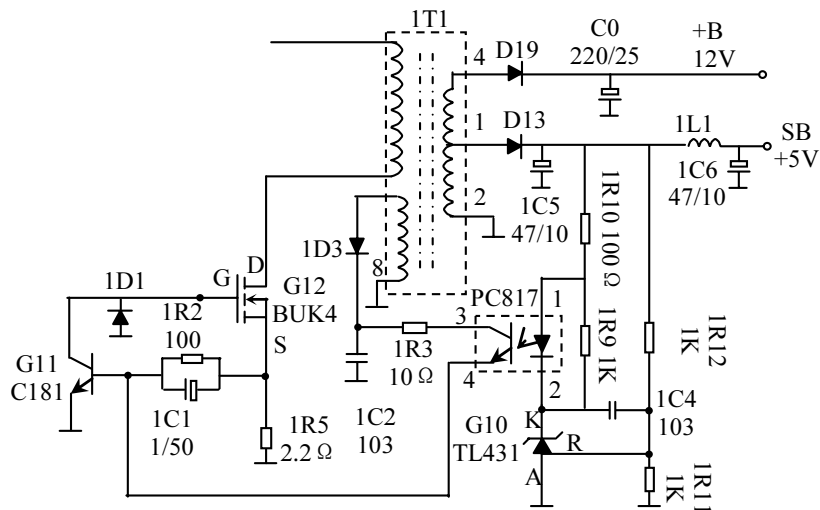


图 2-13 稳压控制电路

##### （2）稳压控制电路的检修

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

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

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





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

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

利用模拟检查大致确定故障范围后,往往利用电阻法逐一排查故障元件。

## 5. 保护电路的检修方法

在银河系列ATX2P4-1辅助电源中,过流保护元件只有4个,即过流保护取样电阻1R5、限流电阻1R2、脉宽控制三极管G11及电容器1C1(参考图2-7)。对这部分电路不宜用电压检查法,电阻检查法较为适用。

保护电路常见故障分析如下:

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

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

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

通过检查、更换损坏的元件,即可排除故障。

## 2.2.4 辅助电源电路开关管击穿损坏情况下的检修方法

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

### 1. 开关管损坏故障分析

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

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

### 2. 开关管损坏故障检修方法——安全检修法

开关管击穿损坏检查方法如下:

**01** 电阻法检查输出端对地电阻,确定负载有无故障。

**02** 在不加电的情况下,通过电阻法逐一对稳压控制电路的电路元件进行检查,对主要元件更不能放过。如果大意,可能会发生再次击穿开关管的事故。



- 03 检查过流保护取样电阻 1R12 及 1R11 是否正常。
- 04 检查光电耦合器是否正常。
- 05 检查精密稳压器 TL431 是否正常。
- 06 检查整流管 1D3 及脉宽调控管 G11 是否正常。
- 07 如果没有发现故障元件，还要检查尖峰吸收电路元件（1D5、1R8 及 1C7）。
- 08 当完成以上检查并更换损坏元件后，可装上开关管进行通电试机。

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

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

### 2.2.5 辅助电源检修流程

综上所述，可总结出辅助电源检修流程，如图 2-14 所示。

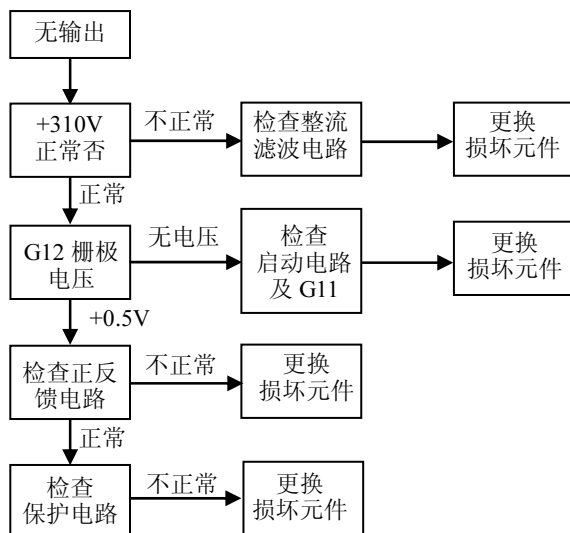


图 2-14 辅助电源检修流程

### 2.2.6 特殊元件的检测方法

#### 1. 光电耦合器的检测方法

光电耦合器的检测方法如下（以 PC817 为例，参照图 2-9（a））：

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

② 定量测试。用指针万用表的 R×1 挡，黑表笔接第 1 脚，红表笔接第 2 脚（实际是为内部二极管加上正向电流），用另一块万用表选择 R×100 挡测量 3—4 脚电阻（黑表笔接第 3 脚，红表笔接第 4



脚)。正常情况下, 3—4 脚电阻是受 1—2 脚上的电压控制的, 即 1—2 脚不接万用表, 3—4 脚电阻为无穷大; 1—2 脚接上  $R \times 1$  挡, 3—4 脚电阻降为很低值。如果不符合此规律, 说明光电耦合器已损坏。

## 2. 精密稳压器 TL431 的检测方法

由于 TL431 内部是集成电路, 用万用表不能直接测出其好坏, 所以只能对其进行大致判断。只要任两脚间没有短路, 即可在电路中试机, 然后通过电压法进行求证。

### 2.2.7 辅助电源电路故障案例

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

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

故障分析: SB 端无待机电压输出, 说明辅助电源没有工作。

检修过程如下:

**01** 拆开外壳取出电路板后, 直观检查没有明显损坏的元件。

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

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

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

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

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

故障分析: SB 无待机电压输出, 说明辅助电源没有工作。

检修过程如下:

**01** 拆开外壳取出电路板后, 直观检查, 没有发现明显损坏的元件。

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

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

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

#### 3. 开机后电脑主机不启动, 可听到电源有轻微“吱吱”声

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

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





检修过程如下：

**01** 拆开外壳取出电路板后，通电检测三极管 G11 基极电压，结果有 0.4V 电压，说明确实是电路处于保护状态（参考图 2-7）。

**02** 测负载端对地电阻，结果正常。试分析，负载无短路，三极管 G11 基极的高电压从何而来？它是从反馈电压经 1D3 整流，通过光电耦合器而来，基于这样的原理，判断可能是光电耦合器软击穿或光电耦合器中的发光管发光太强引起的故障。于是检查光电耦合器 3—4 脚电阻，结果正常。

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

## 2.3 主电源电路分析与检修

### 2.3.1 主电源电路分析

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

#### 1. 交流输入、抗干扰及整流滤波电路

主电源的交流输入、抗干扰及整流滤波电路与辅助电源使用同一个交流输入电路。参考图 2-5 所示电路，交流电经整流后产生 310V 直流高压，在 C7、C8 上分别产生 155V 对称直流高压输出，R2 与 R3 为均压电阻，保证 C7 与 C8 上的电压相等。这里没有使用单电容滤波是应双管半桥式主开关电源所需。在早期的 PC 电源中，当使用 110V 交流电源时，设计有一个开关，开关闭合，将 L 或 N 与电容 C7、C8 的中间点直接相连，就组成倍压整流滤波电路，在 C7、C8 上分别产生 155V 直流高压输出，经电压叠加，输出 310V 直流高压。该转换电路的作用是保证在两种不同输入电源的环境下都能产生相同的对称工作电源输出。目前电脑的开关电源已不再有这个转换开关，而是直接使用 220V 交流电。

#### 2. 开关主回路（双管半桥式）电路

开关主回路（双管半桥式）电路由大容量电解电容与开关管及 C9 组成桥式连接构成，其回路负载是高频变压器 T4 的初级绕组，如图 2-15 所示。

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

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

T3 为脉冲驱动变压器，7—6 绕组与 5—4 绕组绕向不同。初级的驱动脉冲被 T3 的 7—6 绕组与 5—4 绕组分解为相位相差 180° 的两个脉冲，分别驱动 G1 和 G2，使它们轮流导通与截止。



电阻 R4 与 R5、R6 与 R7 用于限流匹配，防止产生谐振。

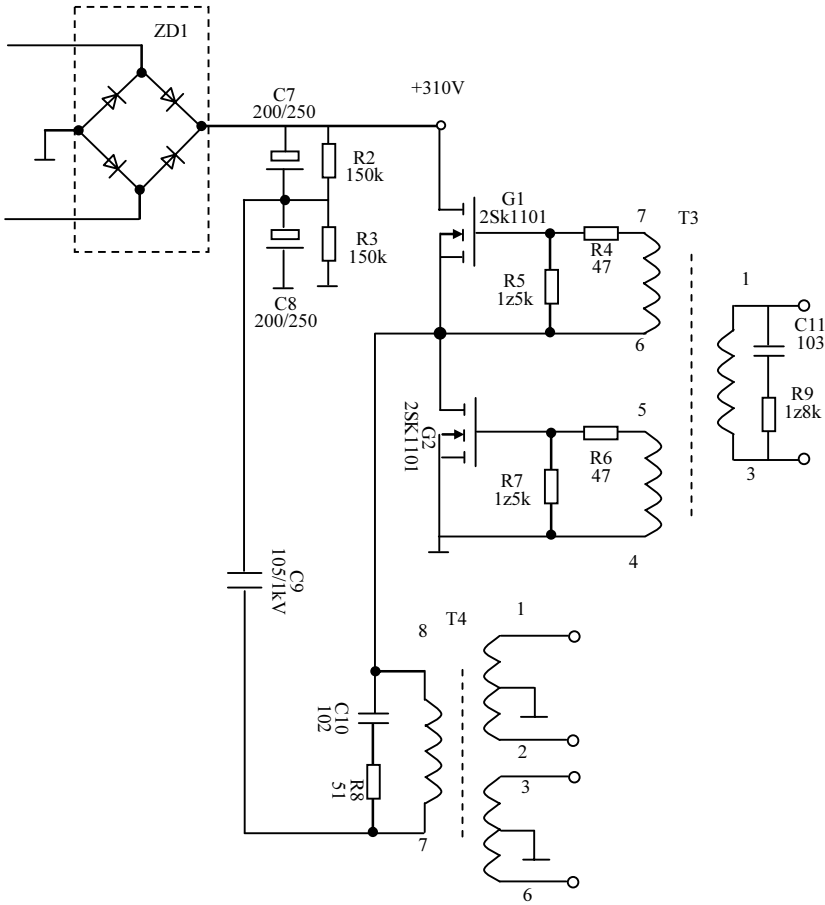


图 2-15 银河系列 ATX2P4-1 电源的双管半桥式开关主回路

### 3. 高频功率变换及低压输出电路

#### (1) 高频功率变换电路

下面以银河系列 ATX2P4-1 电源为例，讲解高频功率变换电路，如图 2-16 所示。在双管半桥式开关主回路中，T4 为高频功率变换变压器，是功率变换的主要元件，体积最大。开关管 G1 与 G2 轮流导通，在 T4 初级绕组中流过正反两个方向的电流，根据变压器工作原理在次级 1—G 和 2—G 以及 3—G 和 6—G 绕组中必然产生方向不同的感应电动势。1—G 与 2—G 绕组匝数相等，绕向相反；3—G 与 6—G 绕组匝数相等，绕向相反。因此，在 1—G 与 2—G 绕组中产生的感应电动势大小相等，方向相反；同理，在 3—G、6—G 绕组中也产生大小相等，方向相反的感应电动势。1—G、2—G 绕组和 3—G、6—G 绕组匝数不同，因此感应电动势不同。在银河系列 ATX2P4-1 电源中，1—G、2—G 绕组为+12V 输出绕组，3—G、6—G 绕组为+5V 输出绕组。在有些机型中，还设有+3.3V 专用绕组。

#### (2) 低压整流输出电路

在图 2-16 中，开关主回路中 T4 的正反不同方向的电流通过高频变压器，在次级各绕组中将得到不同的感应电压，分别经高频全波整流、滤波后得到主机工作需要的±5V 和±12V 直流



电压。电路中，D2 及 D1 为肖特基整流二极管组件，可对正极性脉冲进行整流得到+12V 和+5V 直流电压，其工作电流较大，损坏后是不可随意用其他二极管代替的。D3、D4 和 D5、D6 为 4 个独立的二极管，可对负极性脉冲整流得到-5V 和-12V 直流电压。

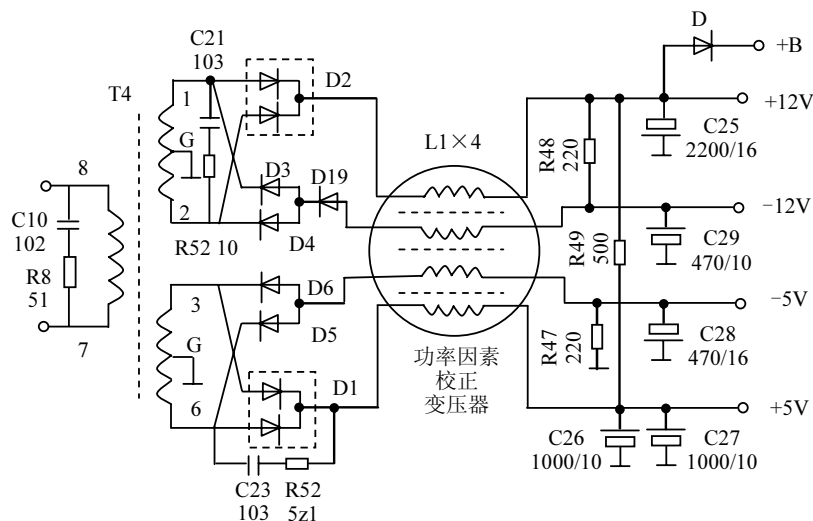


图 2-16 银河系列 ATX2P4-1 电源高频功率变换及低压整流输出电路

这 4 组输出电压采用 LC 滤波电路，用以减小输出直流电压的纹波系数，保证微机系统的稳定运行。这里用到的滤波电感被绕制在同一个磁芯内，称为功率因素校正变压器，但它并没有变压作用，只是起到滤波校正的作用。

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

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

某些机型中用到的+3.3V 电压产生电路如图 2-17 所示。

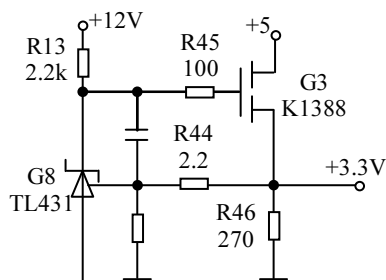


图 2-17 +3.3V 电压产生电路

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

+12V 电压通过电阻 R13，一方面为 G8 提供电流源，另一方面通过电阻 R45 为 G3 控制极提供电压，使 G3 导通，使+5V 电压源通过 G3 在电阻 R46 上产生输出电压。这个电压又通过电阻



R44 加到 G8 的控制极，与其内基准电压相比较，产生误差电压控制其  $I_{KA}$ ，改变 G3 的栅极电压，进而调整 G3 的输出电压。最终，使 G3 输出稳定的+3.3V 电压。

在有些机型中，设置有专用+3.3V 绕组，经整流滤波输出+3.3V 电压。

4. PWM 脉冲产生电路

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

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

(1) TL494 集成电路结构

TL494 采用 16 脚双列 DIP 封装，其实物图和内部结构框图如图 2-18 所示。

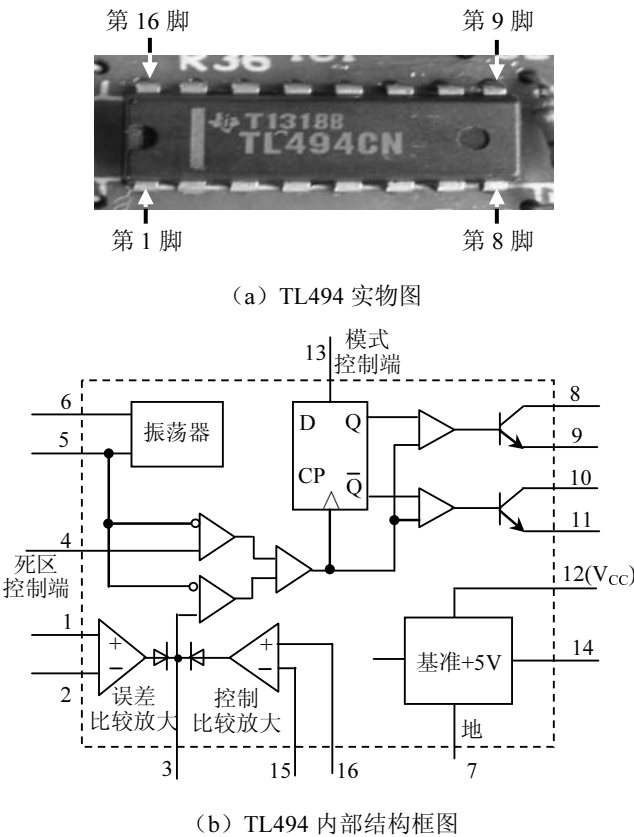


图 2-18 TL494 外形及内部结构框图

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

TL494 各引脚的用途及作用如下：



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

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

③ 第 6 脚外接定时电阻  $R_T$ ，第 5 脚外接定时电容  $C_T$ ，它们与内电路构成振荡器。振荡器的振荡频率为

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

振荡器输出的锯齿波电压送入间歇期调整电路及 PWM 调整电路。

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

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

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

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

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

表 2-1 TL494 引脚参考电压

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

## （2）TL494 集成电路的工作原理

TL494 集成电路的工作过程如下：

① 辅助电源产生的+12V 电压加在 TL494 的第 12 脚、第 8 脚和第 11 脚。TL494 的内部振荡器开始工作，产生锯齿波脉冲送到内部间歇期调整电路，与第 4 脚的电压相比较，当第 4 脚电压低于 3.5V 时，因内部两个误差放大器均输出低电压，所以，间歇期调整电路输出的最宽脉冲通过内部触发器分成两个相位相差 180° 的脉冲（TL494 第 13 脚外接  $V_{ref}=+5V$ ，内部两个三极管作推挽输出），分别由第 9 脚和第 10 脚送到脉冲驱动电路、主开关电路，使功率变换电路工作，产生各组输出电压。

② 由第 14 脚输出的  $V_{ref}=+5V$  基准电压，分 4 个支路输出：第一路为内部比较运算放大器提供工作电压；第二路经 R35、R34 分压后为内部误差采样放大器的反相输入端（第 2 脚）提供比较参考电压；第三路直接送到内部控制放大器的反相输入端（第 15 脚）提供控制参考电压，



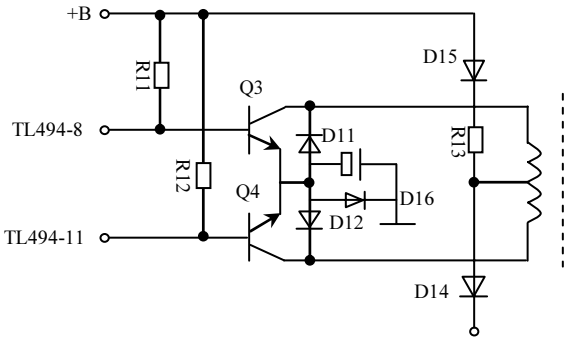


第四路为由 R42 等组成的 RC 延迟启动电路提供充电电流。

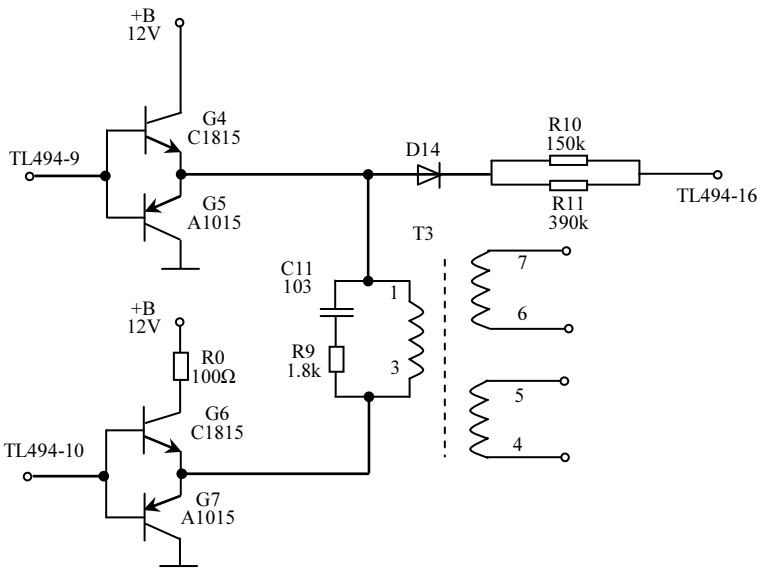
③ 延迟启动。刚开机时，因各三极管、集成电路、检测电路等不能立即进入稳定工作状态，若 TL494 产生不正常的调制脉冲，很可能使两个开关管同时导通造成损坏。在 TL494 第 4 脚外接有电阻 R42、电容器 C 等延迟启动单元，刚开机时，由于参考电压  $V_{ref}$  对电容器的充电作用，R42 上的电压较高，这一高电压被送到 TL494 第 4 脚，使 TL494 不能输出脉冲，起到延迟启动作用；随着充电的进行，R42 上的电压逐渐降低，TL494 第 4 脚电压也逐渐降低，当低于死区电压时，TL494 才根据各检测信号的情况送出相应的脉冲信号驱动功率变换电路，使其进入正常工作状态，实现开机延迟启动保护。

(3) PWM 脉冲驱动电路

脉冲驱动电路的任务是将 TL494 产生的两个脉冲进行放大，以推动负载工作。驱动电路主要有两种形式。一种是由 2 只三极管构成的推挽式驱动电路，另一种是由 4 只三极管构成的推挽式驱动电路。常见的脉冲驱动电路如图 2-19 所示。



(a) 新生代开关电源脉冲驱动电路



(b) 银河系列 ATX2P4-1 开关电源脉冲驱动电路

图 2-19 开关电源的 PWM 脉冲驱动电路



PWM 脉冲驱动电路的工作过程如下：

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

② 当 TL494 第 9 脚为低电平脉冲时，三极管 G4 截止，G5 导通；与此同时 TL494 第 10 脚为高电平，三极管 G6 导通，G7 截止。 $+B=12V$  经 R0 流过导通的 G6、T3 初级、G5 到地，形成通路。在 T3 初级产生自下而上的驱动电流；这样由于在 T3 初级产生正反两个方向的电流，在 T3 的次级 7—6、5—4 两个绕组中将产生相位相反的两个感应电动势。即当 T3 的 7 为正 6 为负时，必然有 5 为负 4 为正，或 7 负 6 正时为 5 正 4 负。相位相反的两个脉冲分别通过 R4 和 R6 加在两个功率开关管的栅极，使两个功率开关管轮流导通或截止。

在脉冲驱动电路中，C11 与 R9 用于防止产生谐振；D14、R10/R11 将部分驱动脉冲电流整流，之后得到的电压反映了驱动脉冲电流的大小，这一电压加到 TL494 的第 16 脚上，驱动脉冲电流大，第 16 脚上的电压就高，驱动电流小，第 16 脚上的电压就低。当第 16 脚上的电压过高（大于第 15 脚基准电压）时，TL494 的内部控制比较器输出低电压。一路送到间歇期调整器电路，使脉冲宽度为 0，也就是停止输出驱动脉冲，从而主开关电源停止工作，起到保护作用；另一路通过第 3 脚输出低电压，送到 PG 信号产生电路，停止 PG 信号的输出，使电脑主机停止工作。

## 5. 主电源开关机控制电路

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

### （1）运算放大器 LM339 简介

LM339 为 14 脚塑封双列直插式结构，第 3 脚为供电端，第 12 脚为接地端，工作电压范围为  $3\sim 32V$ ，一般供电为  $+12V$ 。LM339 的外形及内部结构如图 2-20 所示。

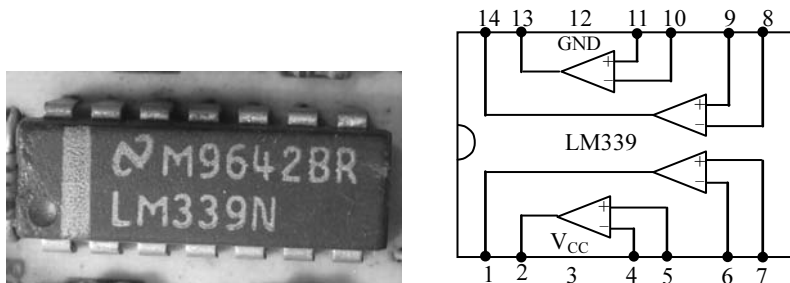


图 2-20 LM339 外形及内部结构图

LM339 的内部电路由 4 个完全相同而且互相独立的运算放大器构成。每个运算放大器都有 3 个端子：一个为同相输入端（用+表示），一个为反相输入端（用-表示），一个为输出端。

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

Chapter 02

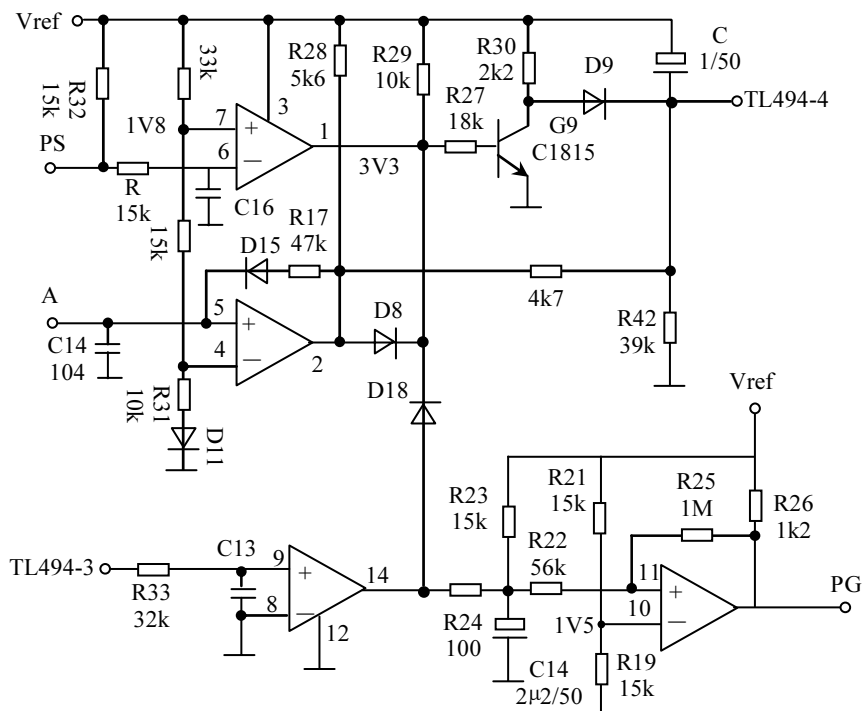


图 2-21 开机电路、PG 信号产生电路

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

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



## 6. 稳压控制电路

+5V 和+12V 输出电压分别经电阻 R38 和 R39 加在电阻 R40 上, 分出约 4.3V 电压加在 TL494 第 1 脚上, 作为稳压控制电路样品电压, 与第 2 脚参考电压相比较 (由电阻 R35 和 R34 对基准电压分压产生 4.6V 电压)。在 TL494 内部经电压比较器相比较, 产生误差电压, 再送到间歇期调整电路, 通过控制脉冲宽度实现稳压。取样电路及基准电压电路如图 2-22 所示。

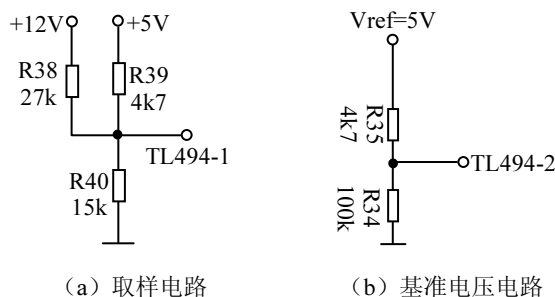


图 2-22 稳压控制取样电路及基准电压电路

## 7. PG 信号产生电路

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

PG 信号产生电路工作过程如下 (参考图 2-21): 主电源开机后, 在+5V 电压稳定之前, TL494 第 3 脚输出低电平, 通过 R23 加到 LM339 第 9 脚 (同相输入端), 由第 14 脚输出低电压, 通过 R24、R22 加到 LM339 第 11 脚。因 LM339 第 10 脚由电阻 R21 对基准电压分压得到约 1.5V 电压, 因此, LM339 第 13 脚输出低电平, 也就是说输出 PG 信号为低电平。此时, 电脑主机因 PG 信号为低电平而不启动。当+5V 电压升高大于 4.5V 以后, TL494 第 3 脚输出高电平约+3.2V 送到 LM339 第 9 脚, 并从 LM339 第 14 脚输出高电平约 2.5V, 经 R24、R22 加到 LM339 第 11 脚, 从 LM339 第 13 脚输出约 5V 高电压, 也就是输出了“电源好”的信号。最终经灰色线将 PG 信号送到电脑主板复位电路, 主板开始工作。在这个过程中, C14 起到了延时作用。

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

## 8. 保护电路

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

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

图 2-23 所示为过压及缺相保护电路的综合采样电路, 分别对  $\pm 5V$ 、 $-12V$  及 3.3V 4 组电压进行检测。

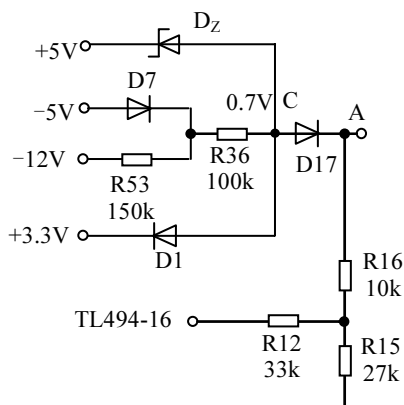


图 2-23 过压、缺相保护电路的采样电路

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

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

### 2.3.2 主电源电路常见故障分析

主开关电源的常见故障主要有:

- ①  $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$  及 +3.3V 5 组输出电压均无输出。主电源无输出, 一般是主开关电源不工作、损坏或处于保护状态。
- ②  $\pm 5V$  及  $\pm 12V$  输出基本正常, 电源风扇不转。有正常输出电压, 仅电源风扇不转, 故障仅限于风扇损坏或风扇转轴干涸, 更换风扇或修复即可。
- ③  $\pm 5V$  及  $\pm 12V$  有输出, PG 信号不正常。PG 信号不正常, 表明电源输出电压不正常, 虽然有  $\pm 5V$  及  $\pm 12V$  输出, 但可能不稳定, 检测电路检测到不正常, 就不输出 PG 信号, 或者 PG 信号产生电路本身损坏。

### 2.3.3 主电源电路故障检修

一般来讲, 对主电源的检修在辅助电源正常之后才能进行。

#### 1. 抗干扰及整流滤波电路常见故障的检修方法

因主电源与辅助电源共用同一个抗干扰及整流滤波电路, 这部分的检修可参考 2.2.3 节





的内容。

## 2. 开关主回路的检修

### （1）开关主回路的常见故障

开关主回路常见的故障主要有：

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

### （2）开关主回路的检修

开关主回路元件少、体积大，因此对开关主回路的检查采用电阻法较为方便。

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

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

## 3. 功率变换输出电路故障的检修

### （1）功率变换输出电路的常见故障

功率变换输出电路的常见故障主要有：

- ① 肖特基整流管击穿短路。
- ② 滤波电容鼓胀，容量不足。

### （2）功率变换输出电路的检修方法

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

表 2-2 各组输出端对地阻值

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

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

### ● 注 意

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



#### 4. 开关脉冲驱动电路的故障检修

##### (1) 开关脉冲驱动电路的常见故障

无驱动脉冲输出会导致主开关电源不工作，无直流电压输出。实际电路中常用的 PWM 脉冲驱动电路如图 2-24 所示，其常见的故障主要有驱动三极管损坏，脉冲变压器脱焊。

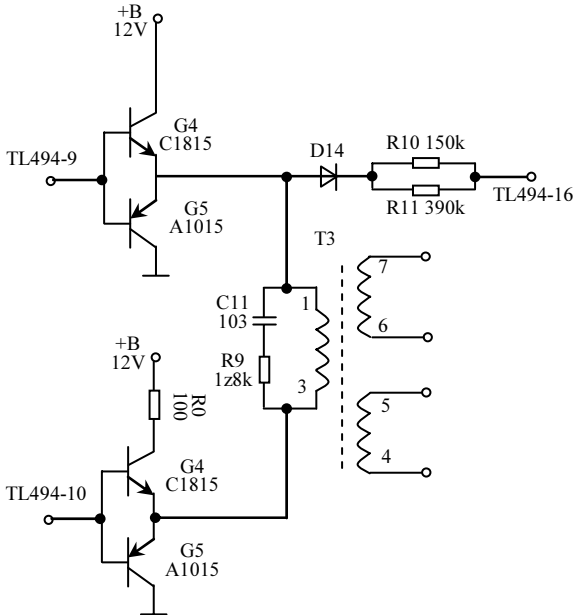


图 2-24 PWM 脉冲驱动电路

##### (2) 开关脉冲驱动电路的检修方法

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

**01** 在不装主功率开关管的情况下，给电源通电。

**02** 反复模拟开关机（用镊子或短导线将绿色线与地短接），并用万用表测量 TL494 第 9 脚和第 10 脚的电压。若电压不变化，检查脉冲产生电路；若变化正常，检查脉冲驱动变压器 T3 的初级 1—3 绕组有无交流电压；若无交流电压，检查 4 只推动管是否有损坏。

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

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

#### 注 意

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



## 5. 开关脉冲产生电路的故障检修

### （1）开关脉冲产生电路的常见故障

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

### （2）开关脉冲产生电路的检修方法

在第 2.3.1 节“主电源电路分析”中，已经知道脉宽可调脉冲产生电路采用的是集成电路 TL494，它的工作条件是第 12 脚要有正常工作电压，内部+5V 基准电压发生器要正常。第 5 脚与第 6 脚外接的定时电阻与定时电容器正常的情况下，只要集成电路外加电压正常，锯齿波发生器就工作，并产生振荡脉冲。脉冲能不能从 TL494 第 9 脚和第 10 脚输出，还受到 TL494 第 4 脚电压的控制，当 TL494 第 4 脚电压低于 3.5V 时，可调脉冲才能输出。因此，对开关脉冲产生电路的检修就应从以下几点入手。

**01** 在不使用示波器的业余条件下，先把万用表电压挡接至 TL494 第 9 脚或第 10 脚，然后模拟开机，观察电压变化。若电压有明显变化，一般认为脉冲产生电路基本正常。若没有电压变化，须检查 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能否降低为 0。若不能降为 0，须检查开关机控制电路。

**02** 若 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能降为 0，检查第 5 脚与第 6 脚的定时电阻和定时电容器是否正常。

若定时电阻、定时电容器正常，则 TL494 第 4 脚电压能随模拟开关机发生高低变化，但 TL494 第 9 脚与第 10 脚无输出（无电压变化），就要考虑 TL494 是否已损坏。

还要说明一点，TL494 第 1 脚与第 2 脚及其第 15 脚与第 16 脚内部为两个比较运算放大器，一个起稳压控制作用，另一个起过流保护作用。TL494 还有一个特点：即使外部电路有故障，在开机一瞬间还是有脉冲输出的。

## 6. 开关机控制电路的故障检修

### （1）开关机控制电路的常见故障

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

### （2）开关机控制电路的检修方法

开关机电路的检修方法如下（参考图 2-21）：

**01** 检测 TL494 第 4 脚电压在模拟开机时能否降为 0。若正常，则检查脉冲产生电路。

**02** 检测 LM339 第 6 脚电压在模拟开机时能否降为 0，若不能，检查 R32 及另一个 15kΩ 电阻，或检查绿色线及电路板上是否畅通。

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

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

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

**06** 检查更换 D9 后电路板是否畅通。

## 7. 稳压控制电路的故障检修

### （1）稳压控制电路的常见故障

稳压控制电路的常见故障主要为输出电压不稳定、PG 信号不正常。





### (2) 稳压控制电路的检修方法

关于稳压控制电路的故障检修方法如下（参看图 2-22）：

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

## 8. 保护电路故障检修

### (1) 保护电路的常见故障

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

### (2) 保护电路故障的检修方法

保护电路的组成可参考图 2-25。

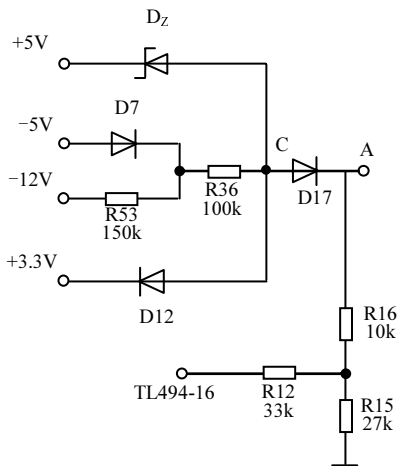


图 2-25 过压、缺相保护电路

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

过压、缺相保护电路的检修方法如下：

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



## 2.4 动手实践

### 2.4.1 动手实践的目的

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

### 2.4.2 动手实践的方法

动手实践的方法主要有：

#### （1）静态观察

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

#### （2）测量电阻

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

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

#### （3）测量电压

在加电情况下，对某些关键点进行电压测量，掌握维修的第一手资料。

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

### 2.4.3 辅助电源电路跑线实战（共 7 例）

#### 1. 认识电脑电源

这里将以图 2-26 所示的一款电脑电源为例，帮用户了解电脑电源。

① 电源外形及输入/输出接口。输入接口就一个交流供电输入插口。输出接口有两类：一类是有一个可插入 CRT 显示器电源插头的插座（有些品牌电源没有这个插口），也有些机型另有一个小型 +12V 输出插口，专为液晶显示器提供电源；另一类是低电压直流电压输出连线及各插头。须注意识别各线颜色、名称并熟记其用途。

② 电源风扇，想一想电源的排风方向。

③ 电源铭牌标志，熟悉电源的性能指标。

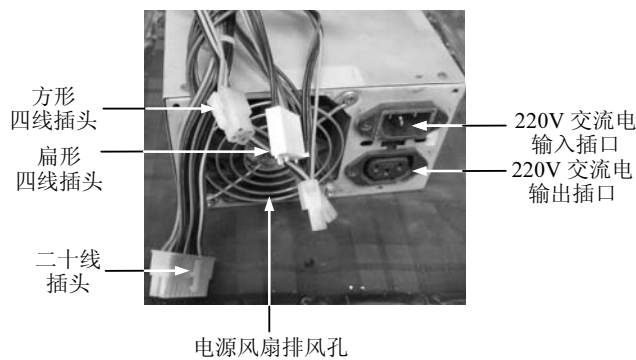


图 2-26 电脑电源

- ④ 测量各组输出端对地的电阻值。要对各线的颜色及电压值有明确认识，并做记录。
- ⑤ 加电，模拟开机（在通电状态下，人为短路绿色线与黑色线），测量各组输出电压值。表 2-3 所示为电源插头各个线的输出电压及对地电阻值。

表 2-3 各组输出电压值

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

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

在最新 ATX 电源中，又出现了一种扩展方形四线插头，可与 20 线插接头并在一起，使 20 线增加为 24 线。其输出电压为+5V 和+12V，有两个黑线（地线），如图 2-27 所示。

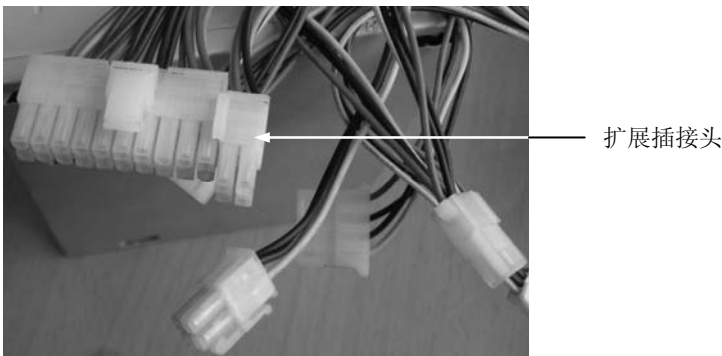


图 2-27 最新式 ATX 电源中的扩展方形四线插头

- ⑥ 打开电源外壳，观察输入/输出连接线，辨认电路中有特征的元件，以便于测量时能迅速



找到测量点，如图 2-28 所示。

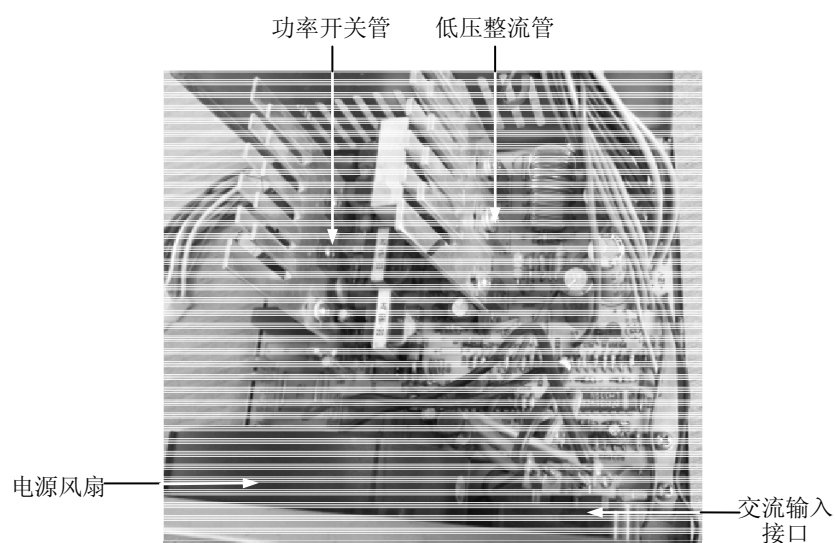


图 2-28 电源电路实物图

## 2. 交流输入、抗干扰及整流滤波电路跑线实战

**01** 明确电路的组成。银河系列 ATX2P4-1 电源的交流输入、抗干扰及整流滤波电路参考图 2-5 所示电路。

**02** 从电路板正面观察辨认交流输入、抗干扰及整流滤波电路的元件分布。可以看出，在电路板上，C1、C2、C3 及 T1 均没有使用，T2 用两根裸导线代替。参看如图 2-29 所示实物图。

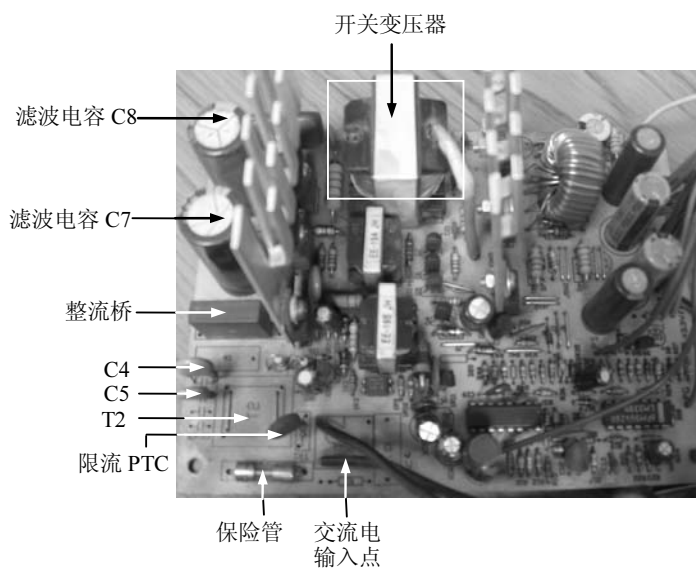


图 2-29 银河系列 ATX2P4-1 电源电路板正面图



**03** 再从电路板反面观察各元件的连接。电子元件除导线连接外，主要通过背面的铜箔来连接，当观察不清时，可借助万用表电阻挡进行确认。指针万用表  $R \times 10$  挡测量两点间电阻，电阻为零时表明电路相连通，否则不是直接连通。数字万用表用蜂鸣挡（二极管挡）测量，听到蜂鸣声时表明电路相连通，否则未直接相连通。参看如图 2-30 所示实物图。

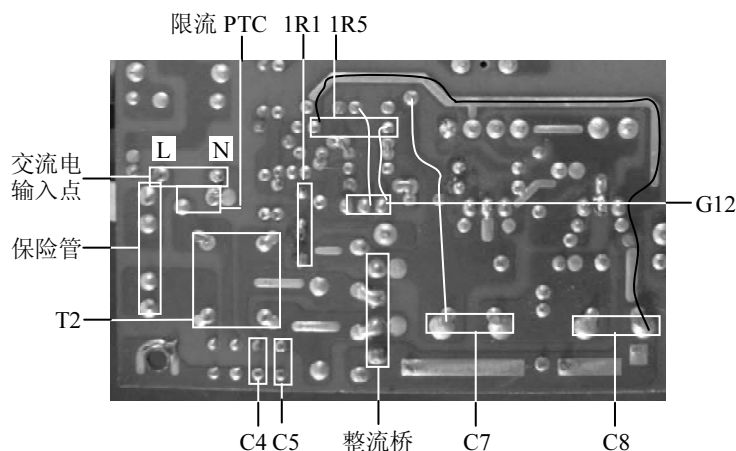


图 2-30 银河系列 ATX2P4-1 电源电路板背面图

**04** 电阻测量。测量输入端电阻和滤波电容器两端电阻。

测量方法如下：

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

② 测量保险管，指针万用表选  $R \times 10$  挡，数字万用表用蜂鸣挡（二极管挡），表笔不分极性，分别接触保险管两端，可测出保险管是否有开路。

③ 分别测量滤波电容器 C7 与 C8 两端电阻，指针万用表选  $R \times 10$  挡，红表笔接电容负极，黑表笔接电容正极；数字万用表选用蜂鸣挡（二极管挡），黑表笔接电容负极，红表笔接电容正极。可测出滤波电容器和开关管是否有击穿短路。

**05** 加电后测量电压。加电后，测量整流输出直流电压。测量时要注意安全。测量方法为：指针万用表选直流电压 500V 挡，红表笔接电容正极，黑表笔接电容负极；数字万用表选 1000V 挡，表笔接法同指针万用表。可测出整流滤波电路是否正常（整流管有无开路，滤波电容器有无失容）。

### 3. 辅助电源开关管通路跑线实战

**01** 开关通路跑线。

从+310V 滤波电容器 C7 正极出发，沿铜箔进入开关变压器第 5 脚，由第 6 脚经铜箔接到开关管 D 极，由 S 极经电阻 1R5 接地回到 C7 的负极。当开关管击穿损坏时，电阻 1R5 大多也会损坏开路（参考图 2-7）。

**02** 电阻测量。

指针万用表选  $R \times 10$  挡，黑表笔接 C7 正极，红表笔依次接开关变压器第 5 脚、第 6 脚、开关管 D 极。电阻值为零，表示电路相通（正常）；若电阻很大，表明电路不通。当红表笔接到开



关管 S 极（1R5 上端）、地时，正常情况下，电阻值有一个从小变大的变化过程（这是万用表内电源对电容器 C7、C8 的充电过程，充电结束后表针指示值很大）。当开关管击穿短路时，所测电阻很小；如果 1R5 已开路损坏，所测阻值则很大，没有充电过程。

数字万用表选用蜂鸣挡，红表笔接 C7 正极，黑表笔依次接开关变压器第 5 脚、第 6 脚、开关管 D 极。数字万用表将持续蜂鸣，表示电路相通（正常）；否则有开路故障。当接到开关管 S 极、地时，刚接触时有蜂鸣声，而后万用表所示数值跳变到很大值。当开关管击穿短路时，蜂鸣声持续。如果 1R5 已开路损坏，则无蜂鸣声，依此检测电阻 1R5 是否正常，它的阻值一般低于  $1\ \Omega$ 。如果 1R5 阻值过大，将会使电源负载能力下降，表现为紫 5V 输出电压在开机状态下不稳定。

### 03 电压测量。

在通电不开机的情况下，测量开关管 D 极电压为 +300V 左右。因开关管三个电极相距很近，一般不在这点进行测量。若怀疑此点无 +300V 电压，可以用电阻法测量此点至 C7 正极是否连通（电阻为零）。通常是对 S 极电压进行测量，方法是：指针万用表直流电压 500V 挡，红表笔接开关管 S 极，黑表笔接地。正常情况下，电压为 0.1V 以下，若电压与整流滤波电压相同（+300V 左右），表明电阻 1R5 开路。

## 4. 启动电路跑线实战

银河系列 ATX2P4-1 辅助电源启动电路参考图 2-5 所示电路，其电路板实物背面图如图 2-31 所示。只有两个串联电阻，这两个电阻用一个标号 1R1，上端与 C7 正极相接，下端与 G10 控制极相接。因 1R1 阻值很大，电阻法测量往往不准确，常用电压法进行判定。在加电不开机的状态下进行测量，正常情况下，开关管控制极电压为 -0.3~0.1V。若所测电压值为 0V（不为负值），表明启动电阻开路；若所测电压值接近 0.5V，表明启动电阻正常。若正反馈电路或开关通路及负载通路有故障，会使电源不起振或处于保护状态。若怀疑启动电阻有问题，可将其拆下，然后测量其电阻值进行确认。对于不同的电源，启动电阻阻值也不同，但一般不低于  $150\text{k}\Omega$ ，有些机型甚至用  $1\text{M}\Omega$  电阻。

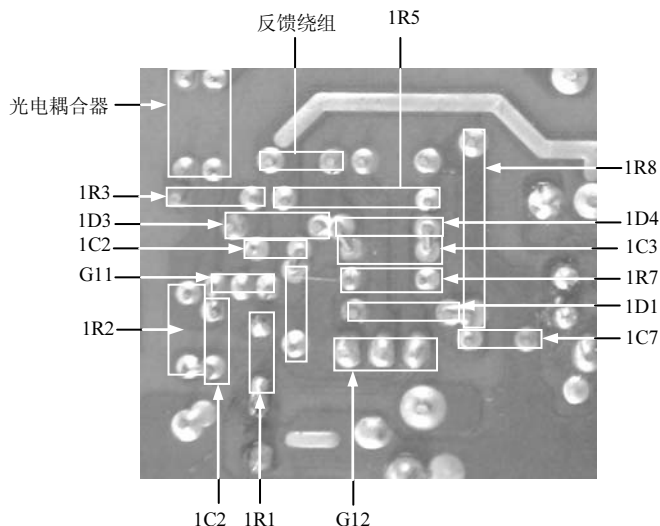


图 2-31 银河系列 ATX2P4-1 辅助电源启动电路



## 5. 正反馈电路跑线实战

参考图 2-7，正反馈电路由开关变压器 5—6 绕组、1D4、1C3、1R7、1R5、1D1 及开关管 G12 组成。

电阻测量：测量开关变压器 5—6 绕组是否相通，检查二极管 1D4、电容器 1C3 及电阻 1R7 是否正常。它们组成的正反馈电路有故障时，电源不起振，没有感应电压，所以电压测量不适用。

## 6. 低压整流输出电路跑线实战

### 01 紫 5V 输出电路实战。

电路组成：由开关变压器 2—1 绕组、D13、1C5 及 1C6 组成。电路板的背面结构如图 2-32 所示。

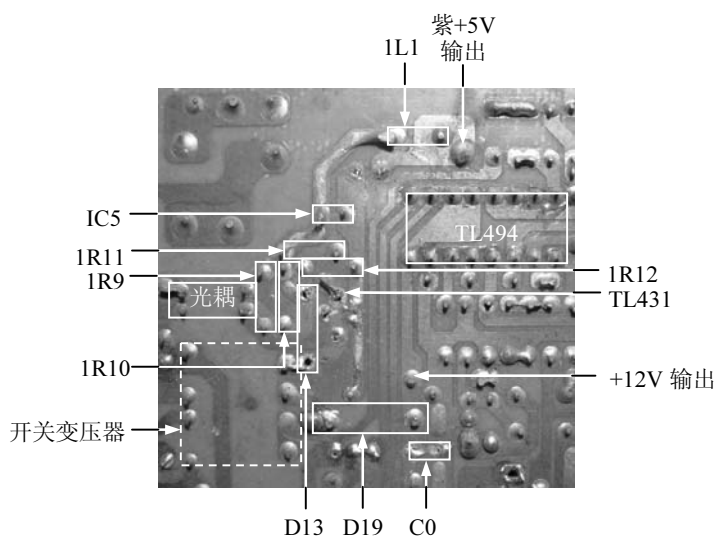


图 2-32 低压整流输出电路

电阻测量：主要测量开关变压器 2—1 绕组是否相通以及 1C5 正极的对地电阻。当所测电阻值较小时，常见原因是 D13 击穿短路。

电压测量：在开机态下测量 1C5 两端的电压。

### 02 辅助+12V 电压输出电路实战。

电路组成：由开关变压器 4—2 绕组、D19、C0 组成。

实战方法与紫 5V 输出电路相似。

## 7. 稳压控制电路跑线实战

稳压控制电路的组成参考图 2-7。

### 01 通路测量。

① 测量开关变压器次级绕组 1 经 D6 到输出端 CN1—3 的通路，继而测量开关变压器次级绕组 2 经 D5 到 1C2 输入端的通路以及从 1C2 输出端到 CN1—2 通路。

测量方法：数字万用表红表笔接开关变压器次级绕组 1 点，黑表笔依次接 D6 正极、负极、



L3 两端。指针万用表黑表笔接开关变压器次级绕组 1 点，红表笔依次接 D6 正极、负极、L3 两端。

② 分别测量 C10、C8、C9 两端电阻，若电阻值过小，表明有短路元件。

#### 02 电压测量。

电源在通电后，分别在 C10、C8 及 C9 两端测量输出电压。模拟开机后，在电源正常工作的情况下，C10 两端的电压约为+24V，C8 两端的电压在+12V 左右，C9 两端的电压为+5V。测量方法是：红表笔接电容器的正极，黑表笔接电容器的负极。

#### 03 电阻法测量。

① 测量取样电路的通路，从 D6 的负极经可调电阻 VR208、R14、R15 到地，及到 IC1 控制极。

② 测量基准电压电路及比较放大电路的通路，测量从 D13 负极经电阻 1R10 到光电耦合器第 1 脚，从光电耦合器第 2 脚到 G10 阴极的通路及相关元件是否正常。

#### 04 电压测量。

在开机态下测量 1C1 的控制极电压和 PC1-1 与 PC1-2 脚间的电压差。测量方法：利用万用表直流电压 20V 挡，红表笔接 PC1-1 脚，黑表笔接 PC1-2 脚。

### 2.4.4 主开关电源跑线实战（共 6 例）

#### 1. 双管半桥开关主回路跑线实战

##### （1）电路组成

开关主回路由大容量电解电容器 C7、C8 与开关管 G1、G2 及 C9 组成桥式连接，其回路负载是高频变压器 T4 的初级绕组。图 2-33 所示为双管半桥开关主回路电路板背面结构。

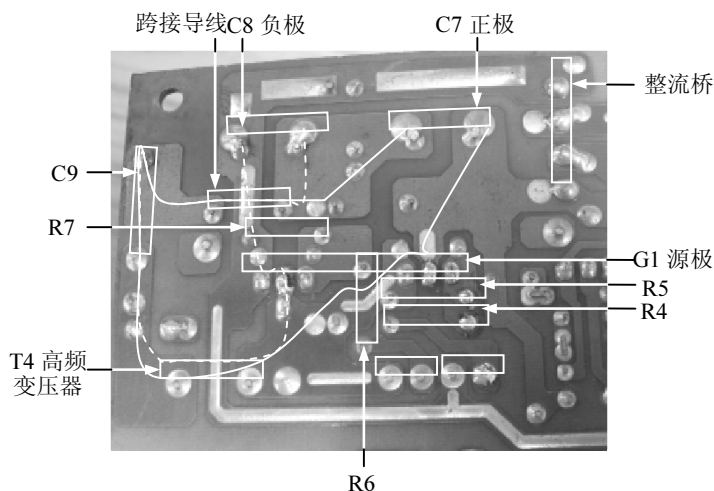


图 2-33 双管半桥开关主回路电路实物图

##### （2）电阻测量

测量该回路是否有击穿短路和开路的故障点。电阻法测量 C7 的正极至开关管 G1 的源极是否相通、源极与漏极是否击穿、漏极与高频变压器 T4 初级绕组是否相通、电容器 C9 是否有击穿短路以及从 C9 至 C7 负极是否相通。





## 2. 低压整流直流电压输出电路跑线实战

低压整流直流电压输出电路板背面结构如图 2-34 所示。

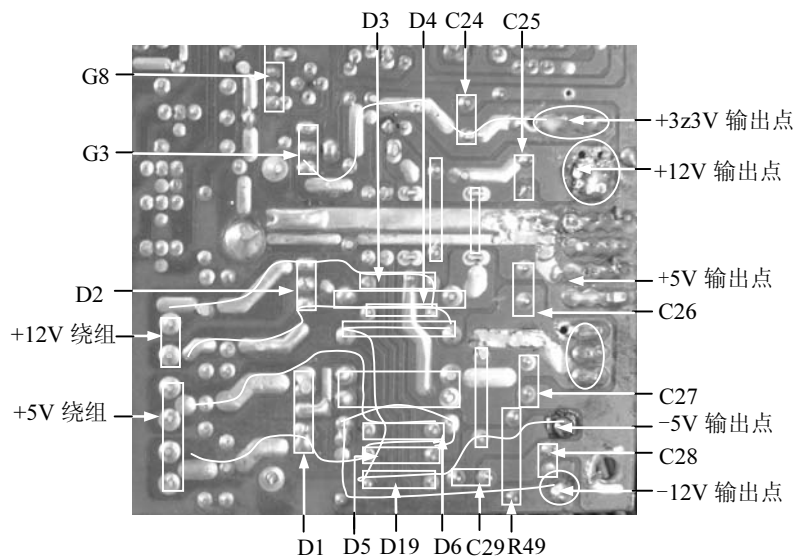


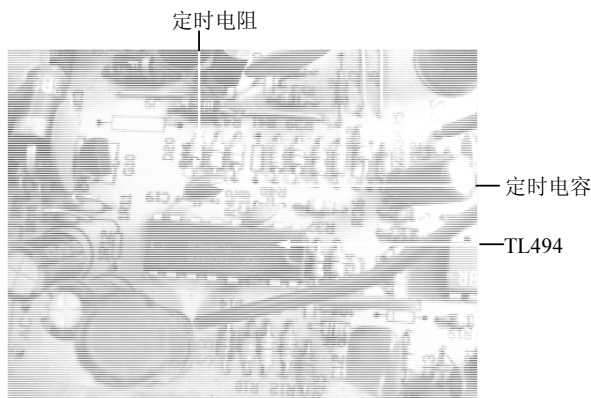
图 2-34 低压整流直流电压输出电路实物图

**01** 电阻测量：首先找出各组直流电压输出点，然后测量从 D1 负极到+5V 输出点的通路电阻，测量从 D2 负极到+12V 输出点的通路电阻，测量从 D5、D6 正极到-5V 输出点的通路电阻，测量 D3、D4 正极至-12V 输出点的通路电阻；理清电路结构，并对各点对地的电阻进行测量。

**02** 电压测量：在模拟开机状态下，测量各路直流电压输出点的电压。方法是将万用表红表笔接各输出点，黑表笔接地。

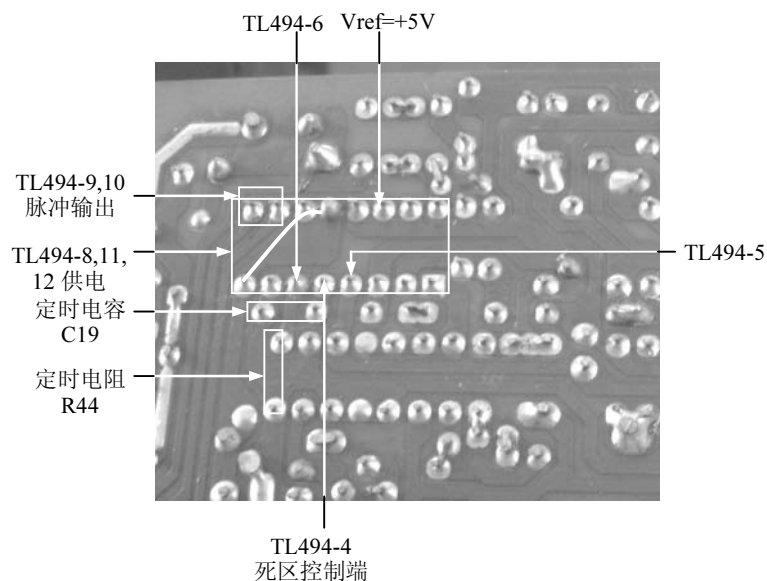
### 3. PWM 脉冲产生电路跑线实战

PWM 脉冲产生电路实物如图 2-35 所示。



(a) PWM 脉冲产生电路板正面图

图 2-35 PWM 脉冲产生电路板实物图



(b) PWM 脉冲产生电路板背面图

图 2-35 PWM 脉冲产生电路板实物图（续）

**01** 电阻测量：测量 TL494 第 5 脚和第 6 脚的对地阻值。

**02** 电压测量：测量 TL494 第 12 脚电源电压、TL494 第 14 脚基准电压和 TL494 第 4 脚控制电压。

#### 4. 开关脉冲驱动电路跑线实战

开关脉冲驱动电路板背面结构如图 2-36 所示。

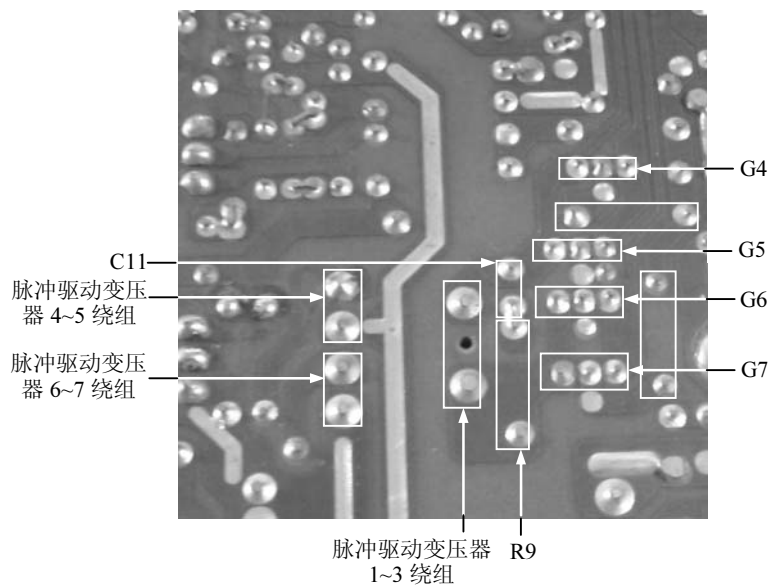


图 2-36 开关脉冲驱动电路实物图



**01** 电阻测量：测量 TL494 第 9 脚、第 10 脚与 G4~G7 控制极通路及各极的对地阻值，测量 T3 初级绕组的通断。

**02** 电压测量：反复模拟开关机，测量 TL494 第 9 脚、第 10 脚的直流电压和交流电压，测量 T3 第 1 脚与第 3 脚的直流电压（黑表笔接地，红表笔测量），测量 T3 的 1—3 绕组两端的交流电压（方法是两支表笔分别接在 T3 第 1 脚与第 3 脚）。在不接开关的情况下，测量 T3 的 4—5、6—7 绕组的交流电压。

## 5. 开关机电路跑线实战

开关机电路比较复杂，主要由 PS 点、LM339 的一个运算放大器、G9、D9 等组成。图 2-37 所示为开关机电路板背面实物图。

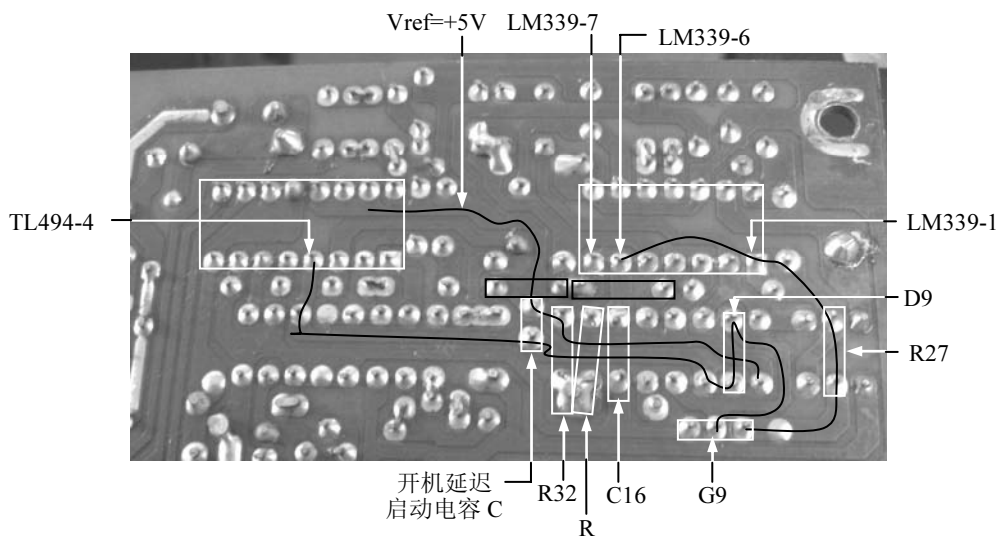


图 2-37 开关机电路板背面实物图

**01** 电阻测量：测量 PS 点到 LM339 第 6 脚的通路、LM339 第 1 脚至 G9 基极的通路以及 G9 集电极经 D9 至 TL494 第 4 脚的通路，并测试各点的对地阻值。

**02** 电压测量：在反复模拟开关机的情况下，测量各点对地电压的变化。

## 6. PG 信号产生电路跑线实战

PG 信号产生电路由 LM339 中的两个运算放大器来担任，主要由 TL494 第 3 脚，LM339 第 8、第 9、第 14 三脚，电容器 C14，LM339 的第 11、第 10、第 13 三脚构成。图 2-38 所示即为 PG 信号产生电路板背面实物图。

**01** 电阻测量：测量 TL494 第 3 脚至 LM339 第 9 脚的通路、LM339 第 14 脚至第 11 脚的通路以及 LM339 第 13 脚至 PG 信号输出点的通路。

**02** 电压测量：在开机状态下，测量 TL494 第 3 脚、LM339 第 9 脚、LM339 第 14 脚、LM339 第 11 脚、LM339 第 13 脚及 LM339 第 10 脚的电压。

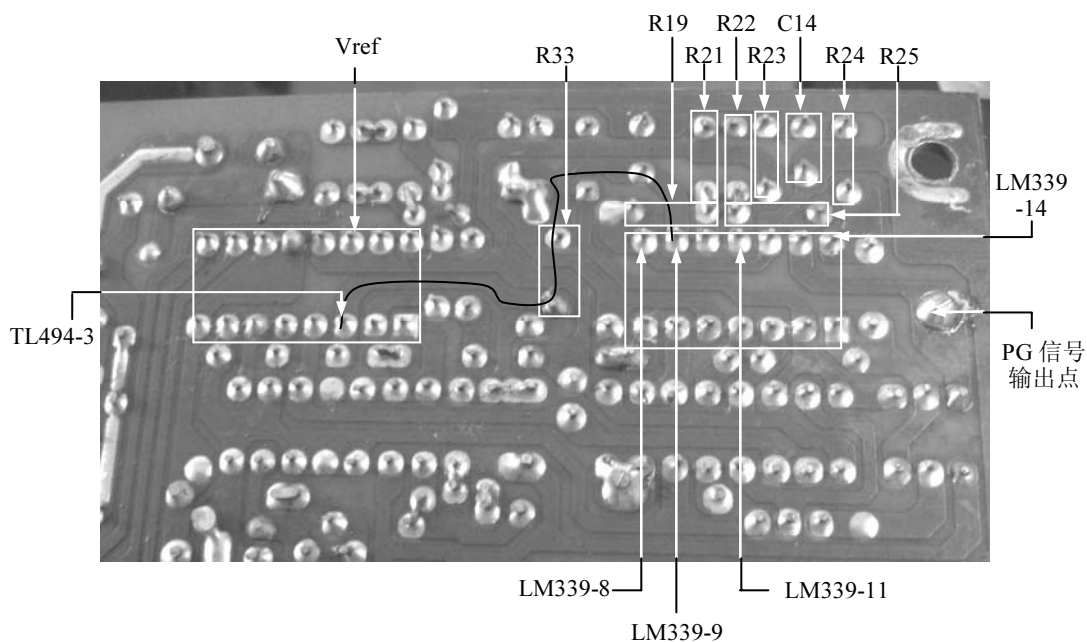


图 2-38 PG 信号产生电路板背面实物图

## 2.5 电脑电源故障维修案例

### 2.5.1 电源无直流电压输出（启动电阻问题）

故障现象：电源无直流电压输出，电脑主机不能开机。

故障分析：首先拆下电源，接上交流电，然后模拟开机（将绿色线与黑色线短路），发现电源风扇不转。接下来在输出插头处检查紫色线对黑色线的电压，电压为 0。说明辅助电源电路没有工作，故障应该出在辅助电源电路。

故障检修：下面先检查辅助电源电路。

**01** 拆电源外壳，拆出电路板。观察保险管无异，电阻法检查保险管正常。

**02** 给电源通电。检查+310V 电压是否正常（红表笔接滤波电容器正极，黑表笔接电容器负极），若辅助电源开关管集电极电压为+310V，则正常。检测得开关管基极电压为 0V。根据结果可判定启动电路没有工作。

**03** 断电，对+310V 电压放电（用 100Ω 以下电阻两极分别接触滤波电容器正负极）。电阻法测量开关管基极对地电阻（红表笔接地，黑表笔接开关管基极），结果正常，判定启动电阻开路。

**04** 将启动电阻拆下，单独测其电阻，为无穷大，证实开路。该机启动电阻阻值应为 1MΩ，将其更换。

#### ● 注 意

高阻值电阻最易发生开路故障。



**05** 给电源加电。测量紫色线+5V 电压输出, 结果正常。重新模拟开机, 电源风扇转动。

**06** 检查各组输出电压 ( $\pm 5\text{V}$ 、 $\pm 12\text{V}$ 、 $+3.3\text{V}$ 、PG 信号), 结果正常。

**07** 装上外壳, 将电源接入电脑主机试机, 一切正常, 交付使用。

### 2.5.2 电源无直流电压输出 (开关管等问题)

故障现象: 电源无直流电压输出, 电脑主机不能开机。

故障分析: 首先拆下电源, 接上交流电, 然后模拟开机 (将绿色线与黑色线短路), 发现电源风扇不转。接下来在输出插头处检查紫色线对黑色线的电压, 电压为 0。说明辅助电源电路没有工作, 故障应该出在辅助电源电路。

故障检修方法如下:

**01** 拆电源外壳, 拆出电路板。观察保险管发现严重发黑, 主电源两只开关管爆裂, 匹配电阻烧黑。

**02** 拆除损坏的开关管和电阻。

**03** 更换保险管, 通电检查紫色线输出电压, 结果正常。

**04** 断电后, 检查低压整流输出端对地电阻 (用指针万用表  $R \times 10$  挡红表笔接地, 黑表笔依次接 D1 负极、D2 负极; 数字万用表  $R \times 200$  挡黑表笔接地, 红表笔分别接 D1 负极、D2 负极), 检查结果发现 D1 严重短路。

**05** 更换整流管, 装上开关管, 更换匹配电阻。再试机, 电源风扇仍不转。电压测量仍无直流输出。

**06** 模拟检查: 在通电状态下, 模拟开关机, 依次检查 LM393 第 6 脚电压、LM393 第 1 脚电压、G9 基极和集电极电压以及 TL494 第 4 脚电压, 均变化正常。通过这一检查过程, 说明开关机电路正常。进一步模拟检查 TL494 第 9 脚和第 10 脚电压, 发现变化很弱。

**07** 关机。测量 TL494 第 9 脚和第 10 脚对地电阻, 发现阻值很小, 估计驱动管击穿短路。继续检查 4 只驱动管, 均短路, 更换 4 只驱动管。

**08** 重新模拟开机, 电源风扇转动, 查各组输出电压均正常。

**09** 装回外壳, 接入电脑主机试机, 一切正常, 交付使用。

#### ● 注 意

维修的过程是一个故障分析与操作技巧能力的综合应用过程, 它包括对电子元件的认识、掌握及应用, 在掌握一些基本电路工作原理的基础上, 理解电路的工作过程, 熟练操作方法与操作技巧。除此之外, 还要有一定的基本素质, 要有一定的耐心和坚韧不拔的精神, 要有一种高尚的职业道德, 本着为国家节约资源、为社会服务的原则, 从事维修工作。

### 2.5.3 电源风扇不转, 可听到电源发出轻微“吱吱”声

故障现象: 电脑开机后, 主机 CPU 风扇运转, 但电源风扇不转, 电脑主机不能启动, 且可听到电源发出轻微“吱吱”声 (电源型号: 恒力源增强版 HLY-350ATXP4)。

故障分析: 从现象上看是电源主开关电源出现了故障。从电脑主机 CPU 风扇能运转上看, 主开关电源已输出了  $\pm 5\text{V}$  与  $\pm 12\text{V}$  及  $+3.3\text{V}$  电压。如果是这样, 电源风扇为什么不转呢? 独立





测试电源时，给电源通上交流电，用万用表分别测量紫色线和绿色线的对地电压，结果正常；然后用镊子将绿色线与黑色线连接（称为模拟开机），分别测量 5 组输出电压，结果发现各组电压基本正常，证实风扇不转属风扇本身故障。测量 PG 信号时，发现不正常。根据以上分析，电源风扇有可能是因使用时间过长，尘土积累于风扇轴中使风扇运转受阻。

故障检修方法如下：

**01** 打开电源外壳，用小工具轻拨风扇，发现阻力很大，稍微可转动。

**02** 直观检查，发现有两个电容已鼓胀，这两个电容为 3.3V 和 5V 输出电压滤波电容，均为 10V/3300  $\mu$ F。

**03** 更换鼓胀的两个电容，并清理风扇，加注润滑油。

**04** 重新通电试机，一切正常。

**05** 将电源装入电脑试机，交付使用。

#### 2.5.4 电源风扇转动，但电脑主机不能启动

故障现象：电脑开机后，CPU 风扇运转，电源风扇也能正常转动，但电脑主机不能启动（电源型号：恒力源增强版 HLY-350ATXP4）。

故障分析：从现象上分析，开关电源已工作，可能是输出电压不稳定或滤波不良导致 PG 信号不正常。

故障检修：对电源独立检查， $\pm 5V$ 、 $\pm 12V$  及 +3.3V 5 组电压均有输出，PG 信号不正常。打开外壳，直观检查，发现 300V 整流滤波电容有一个严重鼓胀，另一个也稍有鼓胀。直接更换这两个电容，然后将电源装到主机上试机，一切正常。

## 2.6 技能点拨

### 要点总结：

本章主要包括电脑电源的结构、工作原理、常见故障分析及维修方法。

① 本章首先概述了开关电源的用途和类型，简述了单管并联式和双管半桥式两类开关电源的结构特点及工作原理。它们是现代电子设备中应用最为广泛的开关电源。

② 为适应电脑开机功能需要，电脑电源中有辅助电源和主电源两大部分。前者用作待机电源，功率小，采用单管并联式开关电源；后者是为电脑提供工作电源的主电源，工作电流大，还要提供正负极性对称的电源，因此采用双管半桥式开关电源，可以输出较大功率，满足电脑工作的需要。

③ 以银河系列 ATXP4-1 电源为例，详细介绍了电脑电源中辅助电源及主电源各功能单元的结构、工作原理。



- ④ 重点介绍了电源的常见故障分析、故障检修流程及主要测试点。
- ⑤ 利用实物图示的方法指导读者进行实践，通过实践确认主要检测点，掌握检修方法。
- ⑥ 通过对一些故障检修案例的讲解，帮助读者掌握对故障电源进行综合分析、判断的方法，提高维修技能。

#### 重点掌握：

- ① 电脑电源电路的结构，看懂电路的工作原理。这是分析判断故障的出发点，对确定主要检测点及检修方法起着至关重要的作用。
- ② 特征元件，学会怎样确认主要检测点，对关键点的静态电阻及工作电压要做到心中有数。
- ③ 根据故障现象进行分析，判断故障范围及故障点。
- ④ 单元电路的检修流程，熟练掌握其检测方法与检修步骤。

