

计算机开关电源的工作原理与维修

计算机开关电源工作电压较高，通过的电流较大，又工作在有自感电动势的状态下，因此，使用过程中故障率较高。对于电源产生的故障，不少朋友束手无策，其实，只要有一点电子电路知识，就可以轻松的维修电源。

本文结合电源方框图（图-2）和 ATX 型电源电路原理图（附后）



图-1ATX 型电源外形图

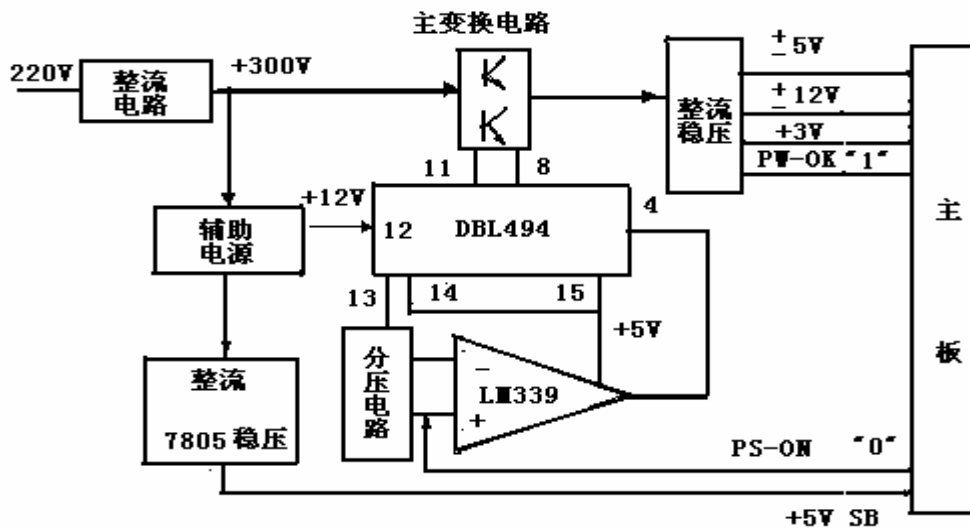


图-2ATX 型电源方框图

对 ATX 电源控制电路的工作原理进行了较详细的阐述，望能对广大维修者有所帮助。

一、ATX 型电源电路的组成及工作原理

ATX 开关电源，电路按其组成功能分为：交流输入整流滤波电路、脉冲半桥功率变换电路、辅助电源电路、脉宽调制控制电路、PS-ON 和 PW-OK 产生电路、自动稳压与保护控制电路、多路直流稳压输出电路。请参照图 1 和 ATX 电源电路原理图。

1.辅助电源电路

只要有交流市电输入, ATX 开关电源无论是否开启, 其辅助电源一直在工作, 为开关电源控制电路提供工作电压。市电经高压整流、滤波, 输出约 300V 直流脉动电压, 一路经 R72、R76 至辅助电源开关管 Q15 基极, 另一路经 T3 开关变压器的初级绕组加至 Q15 集电极, 使 Q15 导通。T3 反馈绕组的感应电势(上正下负)通过正反馈支路 C44、R74 加至 Q15 基极, 使 Q15 饱和导通。反馈电流通过 R74、R78、Q15 的 b、e 极等效电阻对电容 C44 充电, 随着 C44 充电电压增加, 流经 Q15 基极电流逐渐减小, T3 反馈绕组感应电势反相(上负下正), 与 C44 电压叠加至 Q15 基极, Q15 基极电位变负, 开关管迅速截止。

Q15 截止时, ZD6、D30、C41、R70 组成 Q15 基极负偏压截止电路。反馈绕组感应电势的正端经 C41、R70、D41 至感应电势负端形成充电回路, C41 负极负电压, Q15 基极电位由于 D30、ZD6 的导通, 被箝位在比 C41 负电压高约 6.8V(二极管压降和稳压值)的负电位上。同时正反馈支路 C44 的充电电压经 T3 反馈绕组, R78, Q15 的 b、e 极等效电阻, R74 形成放电回路。随着 C41 充电电流逐渐减小, Ub 电位上升, 当 Ub 电位增加到 Q15 的 b、e 极的开启电压时, Q15 再次导通, 又进入下一个周期的振荡。

Q15 饱和期间, T3 二次绕组输出端的感应电势为负, 整流管截止, 流经一次绕组的导通电流以磁能的形式储存在 T3 辅助电源变压器中。当 Q15 由饱和转向截止时, 二次绕组两个输出端的感应电势为正, T3 储存的磁能转化为电能经 BD5、BD6 整流输出。其中 BD5 整流输出电压供 Q16 三端稳压器 7805 工作, Q16 输出+5VSB, 若该电压丢失, 主板就不会自动唤醒 ATX 电源启动。BD6 整流输出电压供给 IC1 脉宽调制 TL494 的 12 脚电源输入端, 该芯片 14 脚输出稳压 5V, 提供 ATX 开关电源控制电路所有元件的工作电压。

2.PS-ON 和 PW-OK、脉宽调制电路

PS-ON 信号控制 IC1 的 4 脚死区电压, 待机时, 主板启闭控制电路的电子开关断开, PS-ON 信号高电平 3.6V, IC10 精密稳压电路 WL431 的 Ur 电位上升, Uk 电位下降, Q7 导通, 稳压 5V 通过 Q7 的 e、c 极, R80、D25 和 D40 送入 IC1 的 4 脚, 当 4 脚电压超过 3V 时, 封锁 8、11 脚的调制脉宽输出, 使 T2 推动变压器、T1 主电源开关变压器停振, 停止提供+3.3V、±5V、±12V 的输出电压。受控启动后, PS-ON 信号由主板启闭控制电路的电子开关接地, IC10 的 Ur 为零电位, Uk 电位升至+5V, Q7 截止, c 极为零电位, IC1 的 4 脚低电平, 允许 8、11 脚输出脉宽调制信号。IC1 的输出方式控制端 13 脚接稳压 5V, 脉宽调制器为并联推挽式输出, 8、11 脚输出相位差 180 度的脉宽调制控制信号, 输出频率为 IC1 的 5、6 脚外接定时阻容元件的振荡频率的一半, 控制 Q3、Q4 的 c 极所接 T2 推动变压器初级绕组的激励振荡, T2 次级它激振荡产生的感应电势作用于 T1 主电源开关变压器的一次绕组, 二次绕组的感应电势经整流形成+3.3V、±5V、±12V 的输出电压。

推动管 Q3、Q4 发射极所接的 D17、D18 以及 C17 用于抬高 Q3、Q4 发射极电平，使 Q3、Q4 基极有低电平脉冲时能可靠截止。C31 用于通电瞬间封锁 IC1 的 8、11 脚输出脉冲，ATX 电源带电瞬间，由于 C31 两端电压不能突变，IC1 的 4 脚出现高电平，8、11 脚无驱动脉冲输出。随着 C31 的充电，IC1 的启动由 PS-ON 信号控制。

PW-OK 产生电路由 IC5 电压比较器 LM393、Q21、C60 及其周边元件构成。待机时 IC1 的反馈控制端 3 脚为低电平，Q21 饱和导通，IC5 的 3 脚正端输入低电位，小于 2 脚负端输入的固定分压比，1 脚低电位，PW-OK 向主机输出零电平的电源自检信号，主机停止工作处于待命休闲状态。受控启动后 IC1 的 3 脚电位上升，Q21 由饱和导通进入放大状态，e 极电位由稳压 5V 经 R104 对 C60 充电来建立，随着 C60 充电的逐渐进行，IC5 的 3 脚控制电平逐渐上升，一旦 IC5 的 3 脚电位大于 2 脚的固定分压比，经正反馈的迟滞比较器，1 脚输出高电平的 PW-OK 信号。该信号相当于 AT 电源的 PG 信号，在开关电源输出电压稳定后再延迟几百毫秒由零电平起跳到+5V，主机检测到 PW-OK 电源完好的信号后启动系统。在主机运行过程中若遇市电掉电或用户关机时，ATX 开关电源+5V 输出端电压必下跌，这种幅值变小的反馈信号被送到 IC1 组件的电压取样放大器同相端 1 脚后，将引起如下的连锁反应：使 IC1 的反馈控制端 3 脚电位下降，经 R63 耦合到 Q21 的基极，随着 Q21 基极电位下降，一旦 Q21 的 e、b 极电位达到 0.7V，Q21 饱和导通，IC5 的 3 脚电位迅速下降，当 3 脚电位小于 2 脚的固定分压电平时，IC5 的输出端 1 脚将立即从 5V 下跳到零电平，关机时 PW-OK 输出信号比 ATX 开关电源+5V 输出电压提前几百毫秒消失，通知主机触发系统在电源断电前自动关闭，防止突然掉电时硬盘磁头来不及移至着陆区而划伤硬盘。

3.自动稳压控制电路

IC1 的 1、2 脚电压取样放大器正、负输入端，取样电阻 R31、R32、R33 构成+5V、+12V 自动稳压电路。当输出电压升高时(+5V 或+12V)，由 R31 取得采样电压送到 IC1 的 1 脚和 2 脚基准电压相比较，输出误差电压与芯片内锯齿波产生电路的振荡脉冲在 PWM 比较器进行比较放大，使 8、11 脚输出脉冲宽度降低，输出电压回落至标准值的范围内，反之稳压控制过程相反，从而使开关电源输出电压稳定。IC1 的电流取样放大器负端输入 15 脚接稳压 5V，正端输入 16 脚接地，电流取样放大器在脉宽调制控制电路中没有使用。

二、关于+5VSB、PS-ON、PW-OK 控制信号

ATX 开关电源与 AT 电源最显著的区别是，前者取消了传统的市电开关，依靠+5VSB、PS-ON 控制信号的组合来实现电源的开启和关闭。

+5VSB 是供主机系统在 ATX 待机状态时的电源，以及开闭自动管理和远程唤醒通讯联络相关电路的工作电源，在待机及受控启动状态下，其输出电压均为 5V 高电平，使用紫色线由 ATX 插头 9 脚引出。

PS-ON 为主机启闭电源或网络计算机远程唤醒电源的控制信号，不同型号的 ATX 开关电源，待机时电压值为 3V、3.6V、4.6V 各不相同。当按下主机面板的 POWER 开关或实现网络唤醒远程开机，受控启动后 PS-ON 由主板的电子开关接地，使用绿色线从 ATX 插头 14 脚输入。

PW-OK 是供主板检测电源好坏的输出信号，使用灰色线由 ATX 插头 8 脚引出，待机状态为零电平，受控启动电压输出稳定后为 5V 高电平。电源输出插头如图-3 所示

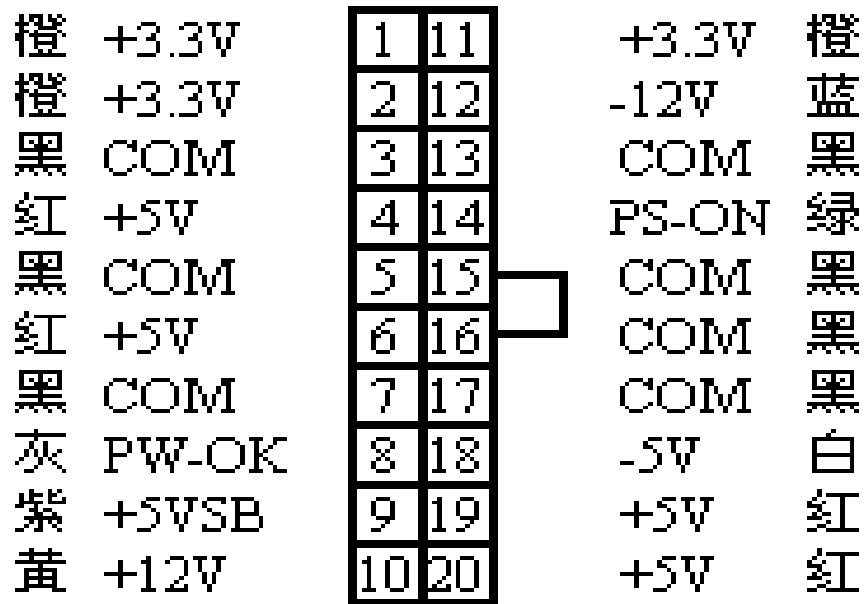


图-3 电源输出插头图

三、电源的检测

脱机带电检测 ATX 电源，首先测量在待机状态下的 PS-ON 和 PW-OK 信号，前者为高电平，后者为低电平，插头 9 脚除输出+5VSB 外，不输出其它电压。其次是将 ATX 开关电源人为唤醒，用一根导线把 ATX 插头 14 脚 PS-ON 信号，与任一地端(3、5、7、13、15、16、17)中的一脚短接，这一步是检测的关键，将 ATX 电源由待机状态唤醒为启动受控状态，此时 PS-ON 信号为低电平，PW-OK、+5VSB 信号为高电平，ATX 插头+3.3V、±5V、±12V 有输出，开关电源风扇旋转。上述操作亦可作为选购 ATX 开关电源脱机通电验证的方法。

四、电源的维修

我们已经知道计算机开关电源的工作原理。只要将交流电源（220V）接通，全桥或二极管（图-4、图-5）



图-4 二极管位置图



图-5 全桥位置图

将交流电（220V）整流成为高电压的脉冲直流电，再经过电容（图6）滤波后成为 300V 的高压直流电压，

而后进入控制电路。此时，控制电路控制大功率开关三极管将高压直流电按照一定的高频频率分批送到高频变压器（图 7）的初级。在高频变压器的次级线圈输出的降压后的高频低压交流电通过整流滤波转换为能使电脑工作的低电压强电流的直流电压。其中，控制电路是必不可少的部分。



图-6 滤波电容位置图

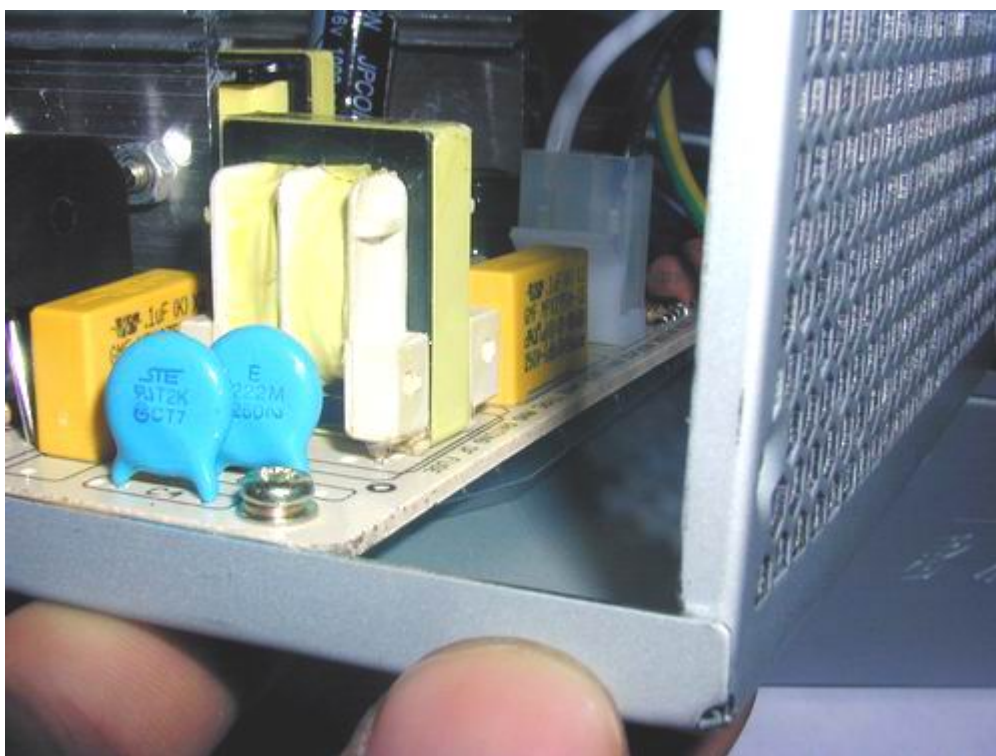


图-7 高频变压器位置图

它能有效的监控输出端的电压值，并向功率开关三极管发出信号控制电压上下调整的幅度。在计算机开关电源中，由于电源输入部分工作在高电压、大电流的状态下一些电子元件，故障率最高；如限流电阻、热敏电阻（NTC）、整流桥或整流二极管，其次输出直流部分的整流二极管、保护二极管、大功率开关三极管较易损坏。

当计算机电源出现故障时，怎样着手检修呢？通过对多台电源的维修，总结出了对付电源常见故障的方法。一是用万用表测量脉宽调制器 TL494 的 4 脚电压，它是保护电路的关键测试点。二是从+5VSB、PS-ON 和 PW-OK 信号入手来定位故障区域，是快速检修中行之有效的办法。具体操作原则是：

1、在断电情况下，“望、闻、问、切”

由于检修电源要接触到 220V 电压，人体一旦接触 36V 以上的电压就有生命危险。因此，在有可能的条件下，尽量先检查一下在断电状态下有无明显的短路、元器件损坏故障。首先，打开电源的外壳，检查保险丝（图-8）是否熔断，再观察电源的内部情况，如果发现电源的 PCB 板上元件破裂，则应重点检查

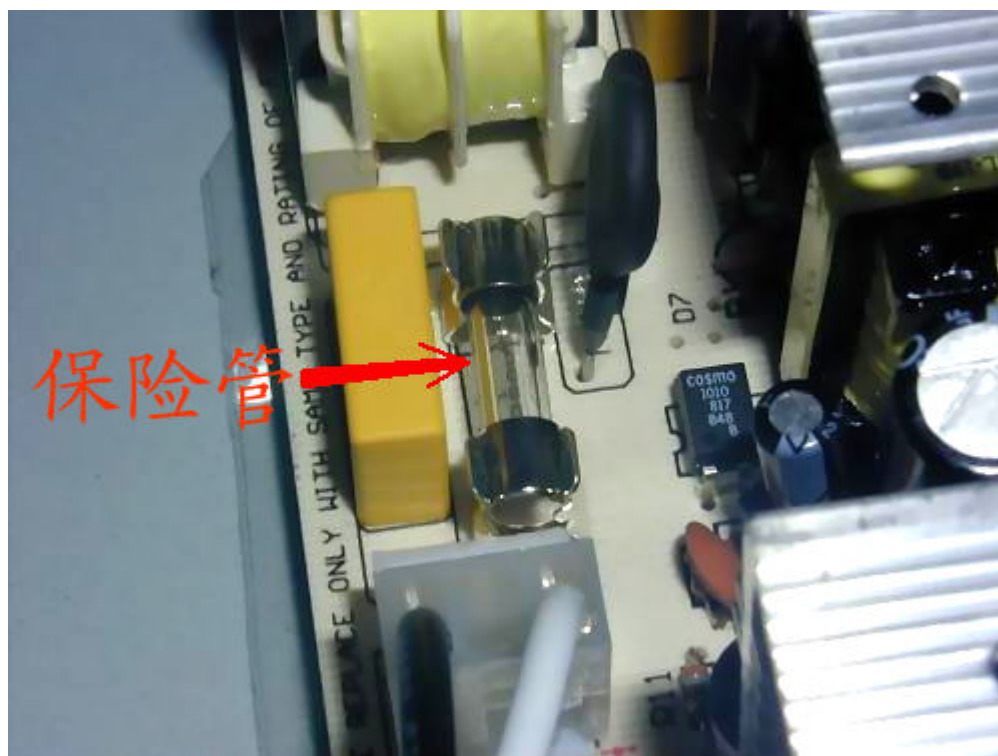


图-8 保险丝位置图

此元件，一般来讲这是出现故障的主要原因；闻一下电源内部是否有糊味，检查是否有烧焦的元器件；问一下电源损坏的经过，是否对电源进行违规的操作，这一点对于维修任何设备都是必须的。在初步检查以后，还要对电源进行更深入地检测。

用万用表测量 AC 电源线两端的正反向电阻及电容器充电情况，如果电阻值过低，说明电源内部存在短路，正常时其阻值应能达到 100 千欧以上；电容器应能够充放电，如果损坏，则表现为 AC 电源线两端阻值低，呈短路状态，否则可能是开关三极管 Q1、Q2 击穿。

然后检查直流输出部分。脱开负载，分别测量各组输出端的对地电阻，正常时，表针应有电容器充放电摆动，最后指示的应为该路的泄放电阻的阻值。否则多数是整流二极管反向击穿所致。

2、加电检测

在通过上述检查后，就可通电测试。这时候才是关键所在，需要有一定的经验、电子基础及维修技巧。一般来讲应重点检查一下电源的输入端、开关三极管、电源保护电路以及电源的输出电压、电流等。如果电源启动一下就停止，则该电源处于保护状态下，可直接测量 TL494 的 4 脚电压，正常值应为 0.4V 以下，若测得电压值为+4V 以上，则说明电源的处于保护状态下，应重点检查产生保护的原因。

另外，+5VSB 是供主机系统在 ATX 待机状态时的电源，所以当电源一加入市电 220V 后，+5VBS 端就应有+5V 电压输出的特点，可先检测这一点电压的有无，若有+5V 电压说明辅助电源是好的，故障在主控电源电路中，应在主控电源电路中查明故障的原因。由于接触到高电压，建议没有电子基础的朋友要小心操作。

五、常见故障实例

1. 保险丝熔断

一般情况下，保险丝熔断说明电源的内部线路有问题。由于电源工作在高电压、大电流的状态下，电网电压的波动、浪涌都会引起电源内电流瞬间增大而使保险丝熔断。重点应检查电源输入端的整流二极管，高压滤波电解电容，逆变功率开关管等，检查一下这些元器件有无击穿、开路、损坏等。如果确实是保险丝熔断，应该首先查看电路板上的各个元件，看这些元件的外表有没有被烧糊，有没有电解液溢出。如果没有发现上述情况，则用万用表进行测量，如果测量出来两个大功率开关管 e、c 极间的阻值小于 100k Ω ，说明开关管损坏。其次测量输入端的电阻值，若小于 200k Ω ，说明后端有局部短路现象。

2. 无直流电压输出或电压输出不稳定

如果保险丝是完好的，可是在有负载情况下，各级直流电压无输出。这种情况主要是以下原因造成的：电源中出现开路、短路现象，过压、过流保护电路出现故障，振荡电路没有工作，电源负载过重，高频整流滤波电路中整流二极管被击穿，滤波电容漏电等。这时，首先用万用表测量系统板+5V 电源的对地电阻，若大于 0.8 Ω ，则说明电路板无短路现象；然后将电脑中不必要的硬件暂时拆除，如硬盘、光盘驱动器等，只留下主板、电源、蜂鸣器，然后再测量各输出端的直流电压，如果这时输出为零，则可以肯定是电源的控制电路出了故障。

3. 电源负载能力差

电源负载能力差是一个常见的故障，一般都是出现在老式或是工作时间长的电源中，主要原因是各元器件老化，开关三极管的工作不稳定，没有及时进行散热等。应重点检查稳压二极管是否发热漏电，整流二极管损坏、高压滤波电容损坏、晶体管工作点未选择好等。

4、通电无电压输出，电源内发出吱吱声。

这是电源过载或无负载的典型特征。先仔细检查各个元件，重点检查整流二极管、开关管等。经过仔细检查，发现一个整流二极管 1N4001 的表面已烧黑，而且电路板也给烧黑了。找同型号的二极管换下，用万用表一测量果然是击穿的。接上电源，可风扇不转，吱吱声依然。用万用表量+12V 输出只有+0.2V，+5V 只有 0.1V。这说明元件被击穿时电源启动自保护。测量初级和次级开关管，发现初级开关管中有一个已损坏，用相同型号的开关管换上，故障排除，一切正常。

5、没有吱吱声,上一个保险丝就烧一个保险丝。

由于保险丝不断地熔断，搜索范围就缩小了。可能性只有 3 个：

- 1、 整流桥击穿；
- 2、 大电解电容击穿；
- 3、 过压保护元件压敏电阻击穿；
- 4、 初级开关管击穿。

电源的整流桥一般是分立的四个整流二极管，或是将四个二极管固化在一起。将整流桥拆下一量是正常的。大电解电容拆下测试后也正常（注意焊回时要注意正负极），过压保护元件压敏电阻也是正常的。最后的可能就只剩开关管 Q1、Q2 了。分别拆下测量果然击穿，找同型号开关管换上，问题解决。

其实，维修电源并不难，一般电源损坏都可以归结为保险丝熔断、整流二极管损坏、滤波电容开路或击穿、开关三极管击穿以及电源自保护等，因开关电源的电路较简单，故障类型少，很容易判断出故障位置。只要有足够的电子基础知识，多看看相关报刊，多动手，平时注意经验的积累，电源故障是可以轻松检修的。

5、 错将 110V 电源接入 220V 市电网中而烧毁

对于这类人为故障，应重点检查整流二极管或整流桥；过压保护元件压敏电阻；限流电阻；滤波电容；开关三极管等元件。将烧毁的元件一一更换后，即可修复。

附：ATX 型开关电源电路原理图

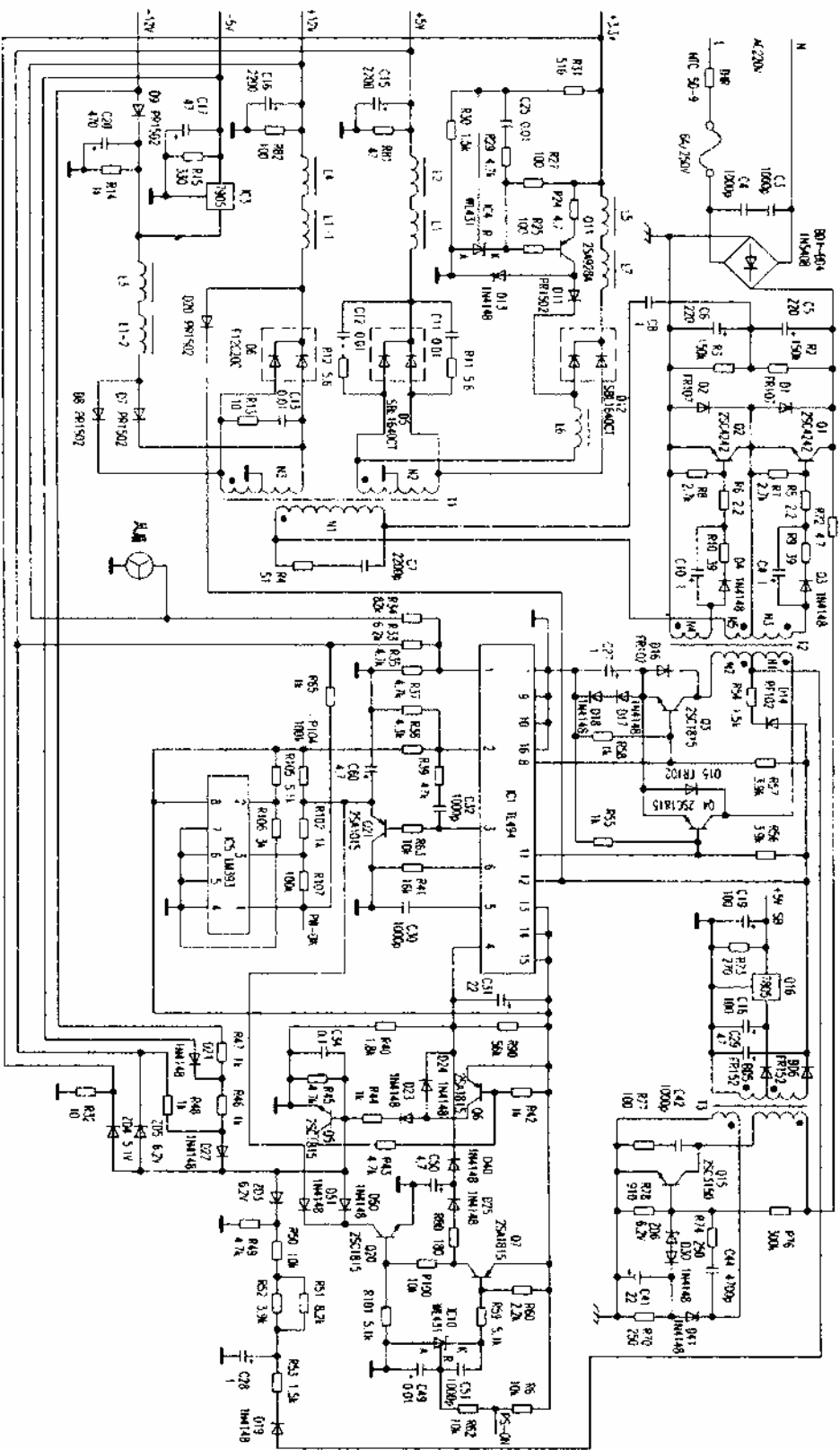
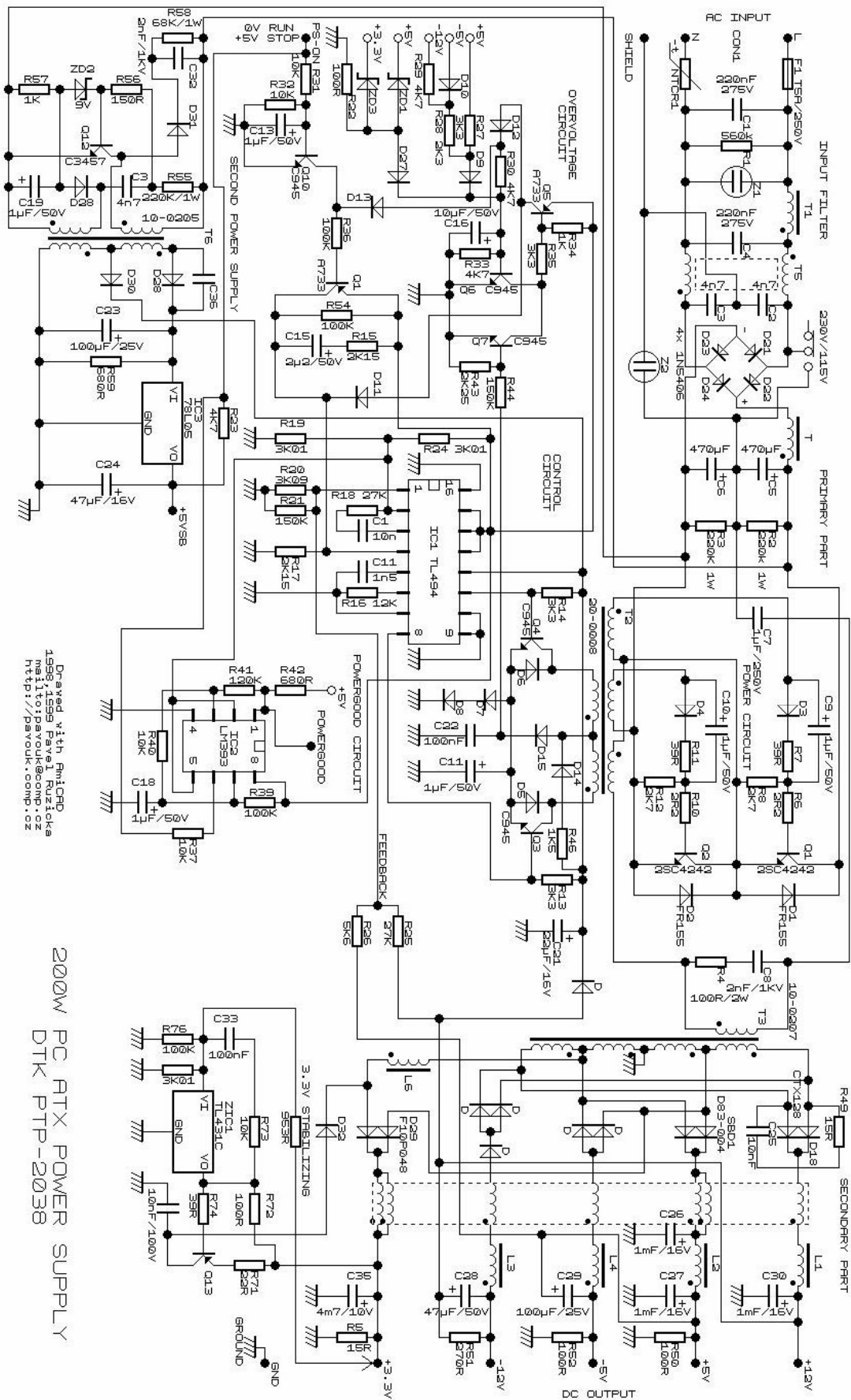


图 3 银河 YH-2503B 型 ATX 开关电源工作原理



Drawn with RmICAD
 1998,1999 Pavel Ruzicka
 mailto:pavouk@comp.cz
 http://pavouk.comp.cz

200W PC ATX POWER SUPPLY
 DTK PTP-2038