

2.8 开关稳压电源

本节介绍在 TCL 王牌 2135S、2103 等型号彩色电视机中使用的开关稳压电源。

2.8.1 开关稳压电源主电路

这里所指开关稳压电源主电路是除控制电路以外的传递功率的电路部分，图 2.8.1 所示是采用 TDA16846 IC 控制的用于 25" 及 29" 彩电的开关稳压电源主电路。

图 2.8.1

T802 是开关变压器，其作用有三：变压、隔离和储能。依靠初级（一次侧）与次级（二次侧）的变比不同，获得多种输出电压；初、次级通过磁场耦合传递能量，使一次侧（热地）与二次侧（冷地）电路隔离；为满足开关换能方式对储能功能的要求，初级绕组应有足够的电感量，且变压器磁芯开有气隙，防止磁路饱和，磁路饱和后流过开关管的电流会猛增，导致开关管烧坏。

当开关 K 闭合时，整流电压（300V）加在 N1 绕组两端，电流 i_D 线性上升，N1 绕组储存磁场能，根据绕组极性的安排，二次侧绕组 N3—N6 均处在截止状态。当 K 断开时，N3—N6 的极性使二次侧整流二极管导通，储存在 N1 中的磁场能通过二次侧各副绕组转换为电能释放给用电负载。

K 的导通时间为 T_{on} ，截止时间为 T_{off} ， T_{on} 增大，会使储能增大，通过控制 T_{on} 与 T_{off} 的比例，可以改变二次侧的输出电压，实现稳压调节的目的。开关 K 实际是功率场效应管 Q801，其导通（ T_{on} ）与关断（ T_{off} ）时间由芯片 TDA16846 控制。

K 关断时，会在开关两端出现高电压，此刻 U_{DS} 由副绕组感应到 N1 的电压、因谐振产生的电压、300V 直流电压叠加而成。为限制关断时 Q801 两端的过电压，在 N1 两端接有 D804、R809、C818 组成的箝位电路。K 导通时，N1 的极性使 D804 截止，C818 通过 R809 放电，K 关断时 N1 的极性使 D804 导通，将 N1 两端的电压加在 C818 上，C818 被充电，但 C818 两端的电压不能突变，使 N1 两端因谐振和感应产生的电压峰值被限制在允许的范围内（500V 以下）。

R833 作为开关电源的固定负载接在 140V 电源电路中，其目的是不让开关电源空载，否则，在待机状态时 K 关断瞬间会出现过高的 U_{DS} 峰值，有可能将 Q801 击穿。

流过各整流二极管的电流波形为窄脉冲波形，其中含有丰富的谐波成分。落入视频和中频范围的谐波成分会产生干扰。一次侧形成 50Hz 调制的干扰信号；二次侧形成数十 KHz 调制干扰信号。为抑制这些干扰，在整流二极管两端均并有缓冲电容器，以平缓二极管两端的电压变化速度；电流较大的回路还串有电感（或小磁环），用来限制电流的变化速度，以降低脉冲跳变瞬间所产生的谐波辐射。开关电源的干扰是客观存在，检修人员应熟知上述各项防干扰措施的重要性，在检修工作中注意保护这些措施完整有效。

2.8.2 开关电源控制芯片 SIEMENS-TDA16846 的引脚功能

1. TDA16846 的引脚名称

表 2.8-1

引脚号	符号	功能
1	OTC	外接 RC 定时电路，确定轻载时的关断时间 T_{off}
2	PCS	变压器一次电流的虚拟信号输入引脚
3	RZI	变压器电流过零时刻检测、二次侧电压检测
4	SRC	外接软启动定时电容
5	OCI	光耦信号输入引脚
6	FC2	故障比较器 2 信号引脚

7	SYN	同步信号输入引脚, 用于同步工作方式时
8	N.C.	空引脚
9	REF	基准电压、电流输出引脚
10	FC1	故障比较器 1 信号引脚
11	PVC	变压器一次侧电压检测信号的输入引脚
12	GND	地
13	OUT	开关管驱动信号输出引脚
14	VCC	工作电源引脚

2.引脚功能说明

(1)Pin 1 与地之间并联 RC 电路, RC 值确定抑制阻尼振荡时间和待机状态频率。

(2)Pin2 是一次侧电流虚拟信号的输入端。

(3)Pin 3 是误差放大器和过零信号输入引脚, 控制绕组的电压经分压器输入该引脚。如果引脚 3 的电压超过阈值 (5V), 引脚 4 的控制电压就降低。

(4)pin4 这是控制电压引脚, 与地之间接有电容, 其值决定软启动的持续时间和控制速度。

(5)Pin5 是光耦输入端,

(6)Pin6 是故障比较器 2 输入端, 如果加于该引脚的电压大于 1.2V, 则 SMPS(switch-mode power supply 开关电源) 停止输出。

(7)Pin7 是同步输入引脚, 如果要求固定频率工作模式, 则在 Pin7 与地之间接 RC 电路, RC 值决定开关频率; 如果按同步模式工作, 则同步脉冲从 Pin7 输入。

(8) Pin8:未用

(9)Pin9 输出基准电压 (5V), Pin9 到地之间接有电阻时, 就激活故障比较器 2。

(10)Pin10 是故障比较器 1 输入端, 加于该脚的电压大于 1V 时, SMPS 停止输出。

(11)Pin11 是二次侧电压检测反馈信号的输入引脚, 整流输出主电压经分压器送到 Pin11. 如果该脚电压低于 1V, 则 SMPS 关闭。Pin11 的第二个功能是主电压的折回点校正。

(12) Pin12 是公共地线。

(13) Pin13 是开关管控制信号输出引脚。该输出端通过串联电阻连接到功率晶体管门极。

(14) Pin14 是电源电压 Vcc 输入端。电源启动后, 由控制绕组经外部二极管整流产生 Vcc。

2.8.3 TDA16846 的工作原理

1 启动过程

当加于 Pin14 的电压 $U_{14}(V_{cc})$ 小于电源电压比较器 (SVC) 上限阈值 U_{on} 时, 输入电流 I_{14} 将小于 100uA, Pin13 及 Pin14 将保持低电平。当 U_{14} 超过 U_{on} 时, 芯片开始工作, I_{14} 增大。当 U_{14} 向阈值 U_{off} 下落时, 芯片 TDA16846 开始启动, 如图 2.8.2 及图 2.8.3 所示。

图 2.8.2

图 2.8.3

C14 初始充电是通过虚拟电路元件 R2 及内部二极管 D1 实现的, 所以, 不需附加启动电阻。随后由变压器辅助绕组通过二极管 D14 向 C14 提供充电。

开关电源启动后, 由于刚开始时二次侧输出电压为零, 反馈环路必然会使开关管的电流大增, 容易损坏开关管。为了解决这一问题, 在 TDA16846 中设有软启动电路, 软启动过程中, Pin13 输出占空比小的激励脉冲, 避免开关管出现过大的开机峰值电流。TDA16846Pin4 的电压及其外接电容 C817, 决定软启动的时间。

2.一次侧电流虚拟信号的产生

整流电源经 R2 向 C2 充电,使 Pin2 的电压 U_2 与通过功率晶体管的电流 I_p 成正比。因此,不必直接测 I_p , U_2 的变化规律可代表 I_p 。Pin13 输出驱动脉冲使功率晶体管导通的同时, Pin2 释放 C2,使之通过 R2 开始充电, U_2 与 I_p 成比例上升。

U_2 加于开通时间 (Ton) 比较器 ONTC 的输入端,与芯片内部的控制电压相比较。如果 U_2 超过控制电压, TDA16846 即转入关断期 (Toff), 限制 I_p 的继续增大。可见, 调整 ONTC 的控制电压即可调整 I_p 的最大值, 亦即 Ton 的大小。该控制电压能通过光耦信号输入引脚 Pin5 的电压 U_5 或折回点校正信号引脚 P11 的电压 U_{11} 进行调整, U_5 通常是通过光耦传送的二次侧输出电压的取样值。关断 I_p 的同时, Pin2 使 C2 放电为零, 进入功率晶体管的关断期 (Toff)。

3.关断时间 Toff 的控制

Pin3 连接变压器辅助绕组, 功率晶体管关断后, 变压器二次侧各整流电路导通, 向负载供给能量, 贮存在变压器中的能量逐渐减少, Pin3 的电压 U_3 下降, U_3 下降过零时, TDA16846 从 Toff 转换为 Ton 期, 开始一个新的开关周期, Toff 期结束。

4.轻载时关断时间 Toff 的控制

芯片内部通过 Pin1 向 C1 充电, U_1 达到 3.5V 时, 充电自动停止, C1 通过 R1 放电, 放电时间由 R1C1 值决定。放电使 U_1 下降,。当 U_1 下降到小于 U_5 、且 Pin3 的电压 U_3 送出过零信号时, Pin13 输出驱动脉冲, 使功率晶体管导通, 进入 Ton 期。负载很轻时, 功率晶体管关断后, 变压器产生寄生振荡, U_3 过零频率高 (如图 2.8.4 所示), 易使开关管动作不稳定, 上述方法可使开关频率不会随 U_3 过零频率升高而升高, 使开关电源在轻载时 (如待机状态时) 稳定工作, 维持二次侧输出直流电压稳定。

图 2.8.4

5.单周误差调节电路

图 2.8.5 是 TDA16846 内部误差调节电路的简化结构。

图 2.8.5

其中 EA 是误差电压放大器, 同相端加 5V 基准电压 V_{ref} , 反相端输入从二次绕组 N2 取得的采样电压 U_3 , 开关变压器 Tr 的辅助绕组的电压信号, 经分压器 (R31、R32) 取样形成 U_3 。 U_3 与 V_{ref} 在 EA 中作比较, EA 输出比较结果 DOWN 脉冲, 对 C4 充电, 在 Pin4 端 (U_4) 形成调节电压 V_{reg} , V_{reg} 及时对 Pin13 的脉冲的占空比进行调节, 以消除输出电压的误差。这种调整作用每个开关周期都在进行, 称为单周误差调节。C3 的作用有两方面: 延迟过零时间, 减小干扰; 平滑开关管关断后的第一个尖峰脉冲。为 EA 提供稳定可靠的取样信号 U_3 。

上述调节过程在每一开关周期都进行, 这一功能提高了稳压调节的灵敏度和可靠性。是 TDA16846 芯片的一大特色。利用 Pin3 可输入取样信号的功能, 亦可构成对输出电压的闭环调节系统。

5.开关频率与输出功率的关系

TDA16846 的开关频率, 随输出功率的减小而降低, 如图 2.8.6 所示。在待机状态下,

开关电源输出功率最小,此时,开关频率约 25KHz。开关频率降低,意味着开关损耗会减少,这一优点亦是 TDA16846 被广泛采用的原因之一。

图 2.8.6

6.保护功能

(1)整流电压检测

Pin11 通过分压器对整流输出电压进行检测,当 U_{11} 小于 1V 时,TDA16846 的 Pin13 便不再输出驱动脉冲,防止因一次侧电源电压太低使通过开关管的电流过高而损害开关管。

(2)过压与欠压保护

Pin14 的电压 U_{14} 是由变压器副绕组提供的, U_{14} 既是 TDA16846 的工作电压,又能反映二次侧输出电压的大小。当 U_{14} 超过 16V 时,说明二次侧电压过高,开关电源应停止输出。TDA16846 内部的检测比较电路因 U_{14} 超过了上门限值就会封锁 Pin13 脚的输出,使之不再输出驱动脉冲,二次侧的电压就会降下来,使各路用电负载得到保护。当 U_{14} 低于检测比较电路的下门限值时,说明二次侧电压过低(如负载出现短路时),TDA16846 的 Pin13 即停止驱动脉冲的输出,并使 Pin4 保持低电平而不能进入软启动,开关电源停止输出。

2.8.4 稳压调节过程

1.稳压调节电路的基本原理

开关电源稳压调节的基本原理是以自动调节理论为指导所构成的电压负反馈电路系统,如图 2.8.7 所示。输出电压 u_o 经反馈电路得到取样电压 u_s , u_s 与基准电压 U_r 作比较,产生误差电压 u_e , u_e 被放大后去驱动电压调节电路,调节输出电压的大小,使 u_o 精确稳定在由 U_r 决定的数值上。

图 2.8.7

由图-4 可得到 $u_s = Fu_o$ $u_e = U_r - u_s$ $u_o = A u_e = A(U_r - u_s)$

整理后得:

$$u_o = \frac{A}{1 + AF} U_r$$

式中 A 是放大倍数, F 是反馈系数,通常总有 $A \gg 1$, $AF \gg 1$,所以上式可写成

$$u_o \approx \frac{1}{F} U_r$$

F 和 U_r 的值十分稳定,由此可见,输出电压 u_o 只与稳定度很高的 U_r 及 F 有关, u_o 会同样的稳定。

2.误差放大器 SE140

因为电视机开关电源的输出电压 u_o 是常数,正常工作中无需对 F 及 U_r 进行调节。SE140 正是为满足这种需要设计的集成 IC,它集成了输出采样电路(产生 u_s)、基准信号电路(U_r)、比较电路(产生 u_e)、误差放大电路(A)于一身,使电路结构简化,可靠性提高。

SE140 的电路结构如图 2.8.8 所示。

图 2.8.8

从 Pin1 输入 $u_o(140V)$, 经 r_1 、 r_2 分压, 取得反馈电压 u_s , 稳压二极管 D_r 产生基准电压 U_r , U_r 加在三极管 Q_m 的发射极, u_s 加在 Q_m 的基极, Q_m 是误差放大器, 对 $U_r - u_s$ 的误差信号进行放大。Pin2 输出放大后的误差电流 i_e , 在 i_e 的激励下, 光电耦合器(SFH615A-3)的发光二极管 D_t 送出随 i_e 变化的光信号。光电耦合器的光敏三极管 Q_r 所接收到的便是对输出电压误差进行调节的调整信号, 由 Q_r 传递给开关电源的一次侧开关控制电路 TDA16846 的 Pin5。

D_t 与 Q_r 的隔离电阻极高, 能承受 2000 多伏高电压, 实现了开关电源二次侧(变压器副绕组侧)与一次侧(变压器原绕组侧)的电路隔离, 亦称为冷地与热地之间的隔离。

2. 稳压调节过程

用 TDA16846 控制的开关稳压电源, 其稳压调节环路如图 2.8.9 所示。

图 2.8.9

因负载电流减小或交流市电电压升高而使 u_o 有所上升时:

$u_o \uparrow \rightarrow u_s \uparrow \rightarrow Q_m \text{ 三极管的 } u_{be} \uparrow \rightarrow i_e \uparrow \rightarrow D_t \text{ 光强} \uparrow$

$u_o \downarrow \leftarrow T_{on} \downarrow \leftarrow \text{TDA16846 的 V5} \downarrow \leftarrow Q_r \text{ 内阻} \downarrow$

即稳压调节环路能抑制 u_o 上升。同理, 因负载电流增大或市电电压降低, u_o 有所下降时:

$u_o \downarrow \rightarrow u_s \downarrow \rightarrow u_{be} \downarrow \rightarrow i_e \downarrow \rightarrow D_t \text{ 光强} \downarrow$

$u_o \uparrow \leftarrow T_{on} \uparrow \leftarrow \text{TDA16846 的 V5} \uparrow \leftarrow Q_r \text{ 内阻} \uparrow$

上述动态稳压调节过程, 最终使 u_o 的偏差很小。

2.8.5 检修要点

该开关电源可能出现的故障主要有: C809 击穿、Q801 击穿烧毁、IC801 失效等。

1.C809 是 390 μ F 400V (450V) 滤波电容, 发生击穿时, 常伴有保险丝烧断现象。

2.Q801 工作频率高, 电流大, 关断时漏-源电压高, 出现故障的几率大。如果因 Q801 控制栅极击穿时, 保险丝不会烧断, 漏-源极击穿, 保险丝也会烧断。测量 Q801 栅-源、漏-源电阻, 可判断其是否存在故障。与此同时, 还应查明并排除引起 Q801 击穿烧毁的原因。

3.IC801(TDA16846)可能失效, 无激励脉冲输出。此种情况下 IC801 Pin14 的电阻会有较大变化。用示波器测量 Pin13 的波形可快速确定 IC801 有无故障。

4.当出现开关电源停振故障时, 一个不易被注视的故障原因是电流虚拟电路的故障。该电路的 C815 击穿或开路, 失去虚拟功能, IC801 就会停止激励输出, 开关电源停止工作。

- 5.输出电压误差大,稳定性差,应首先检查光耦及反馈环路是否完好。
- 6.二次侧整流二极管击穿,就会形成交流短路将 Q801 烧毁。
- 7.检修开关电源时,为了人身安全和设备安全,应先将 C809 放电,使 Q801 漏极电压为零,以防操作不慎误将 Q801 漏-栅极短路,造成栅极被击穿的后果。
- 8.开关管的散热板必须可靠接地,否则,会对图象和伴音造成很强的干扰。
- 9.检修后必须保持开关电源各项抗干扰措施完整有效。
- 10.开关电源的安全可靠至关重要,检修中对每个元器件、每个焊点的安全可靠性都应仔细检查,排除任何可能引起工作失效的安全隐患。