

音响保护的创新性设计

魏明

(苏州大学 应用技术学院, 江苏 苏州 215325)

摘要: 介绍了一种低功耗的音响保护系统。通过单片机控制晶闸管的导通角完成功率放大器的软启动。采用三端双向可控硅光耦合器实现对扬声器的短路保护、过载保护、零点漂移保护、过热保护等。检测电路和控制电路光电隔离, 避免了控制电路对放大器的干扰, 使扬声器可直接与放大器相连, 以获得更好的频率响应。

关键词: 软启动; 冲击电流; 光耦合器; 继电器

中图分类号: TM925.01

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)13-0013-03

The innovative design of audio protection

Wei Ming

(Applied Technology College, Soochow University, Suzhou 215325, China)

Abstract: This paper introduces a circuit protected perfectly the loudspeaker and the audio power amplifier. Using triac-optical coupler achieved short circuit protection, over load protection, DC-offset protection. Detection circuitry insulated control circuit. So the power amplifier could be linked with loudspeaker directly and get better frequency response and low cost.

Key words: soft-start; dash current; optical coupler; relay

音响主要由音源、功率放大器和音箱组成。这些设备往往都比较昂贵, 因此在设计高品质音响设备时, 其保护电路的优良是不容忽视的。根据设备的不同, 其保护措施也略有不同, 如录音设备保护多采用限幅方式^[1], 音箱常见保护措施有延时闭合和输出直流保护, 而功率放大器的保护相对较少, 很少带有软启动功能。这些保护电路基本上是采用电阻、电容、三极管、RC 延时电路实现, 因此, 自身电路损耗大、电路复杂、保护功能不全面、不可靠。针对这些问题, 本文设计了一种基于光耦合器和单片机的智能保护系统, 具有保护功能全面可靠、电路功耗低等优点, 并且可直接嵌入到功放电路中使用。

1 系统组成

系统由控制电路、检测电路、软启动电路、扬声器保护电路组成。控制电路包含人机接口电路(液晶 LCD 工作于串行模式)、欠压(过压)电路、温度采样电路、电源电路和串行接口电路。单片机选用 STC-12C5410AD, 具有低功耗、宽电压、高速度、带 8 通道 10 bit A/D 等优点, 其接口如图 1 所示。

2 检测电路

温度采样原理是根据半导体 PN 结温度特性与电压电流之间关系设计的:

$$i = I_s (e^{\frac{qu}{kT}} - 1) \quad (1)$$

式中, I_s 为反向饱和电流, k 为玻尔兹曼常数, T 为热力学温度, q 为电子电量, u 为正向电压。当正向电流 i 一定时, PN 结的电压随温度升高而下降, 但不是线性关系, 在 25℃ 附近, 每升高 1℃, 其正向压降减小 2 mV ~ 2.5 mV, 再通过 10 bit A/D 采样, 精度可达 1℃, 完全可满足要求。图 1 中, Q4、R20 构成恒流源电路, 以降低传感器导线电阻对温度测量的影响。为使电路结构简易, 传感器采用串联方式, 通过差值计算, 识别各传感器温度。过压、欠压电路是直接采样控制电路电源整流后的直流电压, 其电压经 A/D 转换得到, 如图 1 所示。

图 1 中, AC220-N、A2C20-L 为市电输入端口, AC220 与图 2 中 AC220 同一节点; 各引脚标号与图 2、图 3 中标号相同的为同一节点, 如图 1 中的两个“Over-Voltage”标号表示同一个节点, 可用导线直接连接起来;

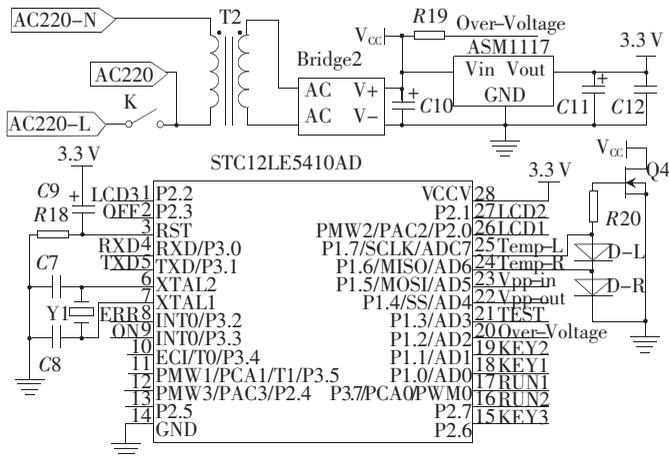


图1 STC12C5410AD接口

Bridge2为整流桥;ASM1117为3.3V稳压芯片;LCD1~LCD3为显示接口;KEY1~KEY3键盘接口,应用者可自行定义功能。

3 软启动电路

软启动即慢启动,其目的是对电源滤波电容缓慢充电,避免开机瞬间冲击电流损坏功放电路。本文设计软启动电路的出发点是:只有在电容充满后音箱才能接入功率放大正常工作,而在功率放大器发生故障时又能够及时关闭电源。设计思路:不采用常见的RC延时启动电路^[2-3],借鉴调光灯原理,采用晶闸管调压技术实现软启动。由于音频电源实时调压要求不高,只要按电压分阶段启动即可,线性升压要求高时可采用晶闸管同步调角技术^[4]实现软启动。因此,可以并联多个双向可控硅光耦合器^[5]实现对晶闸管的角度控制,同时也便于数字控制,而且电路既简单、控制又灵活。本设计以两个并联为例,芯片采用MOC3063。软启动电路如图2所示。

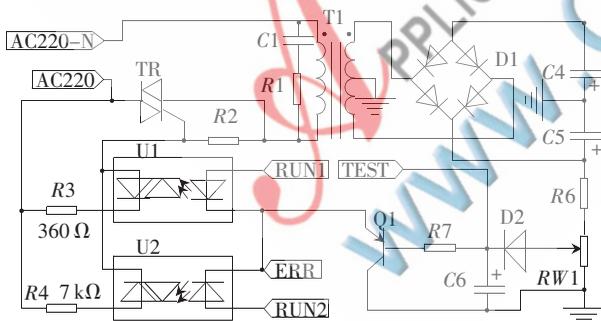


图2 软启动电路

注:文中各图中的“RUN2、TEST、ERR”均表示同一个电路节点(相连)。如图1、图2、图3的标号ERR中(P2.7)三点相连。

电路工作原理:利用图1中单片机检测(TEST)点电压值控制RUN1、RUN2、ERR端电位,实现对双向晶闸管TR导通角的控制^[1,4],完成软启动。启动过程:当ERR为低电平时,对TEST点电压检测;当检测电压接近0V时,先选择光耦合器U2使R4接通控制极。由于R4阻

值较大,晶闸管TR的导通角小,输出电压低,对电网干扰相对较小,则RUN2端可以按照一定的占空比且频率低于50Hz的脉冲电平控制晶闸管导通角,达到降压的目的。T1次级电压经桥式整流滤波后由R6、RW1、D2、C5构成直流电压采样电路,处理器的A/D转换器直接采样TEST点电位,再控制U2工作导通状态,完成低压启动。R3阻值小,晶闸管导通角变为最大,完成高压启动。为了防止对电网干扰,需要将ERR设置为低电平,以保持U1闭合状态。因为C4、C5已升到3/4容量,而当ERR为高电平时,Q1截止,导致U1、U2均断开,说明已经完成启动。C1、R1用于吸收变压器反向感应电压,以保护TR晶闸管。

4 扬声器保护电路和功放保护电路

扬声器保护电路和功放保护电路是本设计的核心电路。该电路实现短路保护、过载保护、零点漂移保护、过热保护等功能^[2-3]。若采用晶体三极管取样电路,由于基极-发射极和基极-集电极PN结电容、结电阻的存在必然会引入一定的干扰,甚至是直流电位,而且有的电路结构复杂,给后期维护带来不便。因此,本文采用光电隔离控制方式,以避免上述问题的产生。若采用晶体管输出型光耦合器(如4N25),需要两个光耦合器采样正负半周期,否则会存在抖动或者增加采样保持电路,这样,不但电路结构复杂、成本增加。而三端双向可控硅光耦合器(如MOC-3063)因其数字控制很方便,非常适用来实现保护功能。晶闸管特性之一就是一旦导通,门极则失去作用,这就为优化电路奠定了基础。因此,只要采样半个周期信号即可完成电流采样。但付出的代价是降低了响应速度,所以应让两个声道各负责半个周期。不过由于左右负载基本上是平衡的,相对地抵消了损失的响应速度,可以满足过载短路保护的要求。对于短路保护,其目标是保护功率放大器,因此响应时间上要求低。以超低频20Hz计算,半个周期(0.1s)内功放瞬时短路,一般不会造成损坏,频率再低时,则可启动直流保护。扬声器和功率保护电路如图3所示。

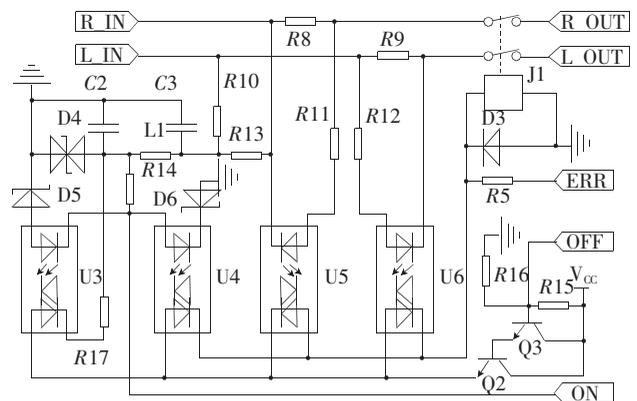


图3 扬声器和功率保护电路

图3中,R_IN接音频功放右通道输出端,ROUT接

右声道扬声器;L_IN 接音频功放左通道输出端,LOUT 接左声道扬声器;ERR、OFF、ON 应与图 1、图 2 中相同标号连接起来,构成完整系统电路图。键盘显示电路引线接出即可。

扬声器和功率保护电路工作原理:当输出端过载或短路时,在 R8、R9 两端产生的压降经 R11、R12 限流后,正半周期信号使 U6 导通,负半周期信号使 U5 导通,驱动继电器闭合,切断音箱电路。当功率放大器中心电位漂移时,正电位门槛电压由稳压管 D6 确定,负电位门槛电压由稳压管 D5 确定,R10 或 R13 采样的信号经过 C3、L1、C2 构成的低通滤波器后,检测出的直流成份再由 D 限幅和 R14 限流,正电压驱动 U4 控制 J1 吸合,负电压驱动 U3 导通后,U3 的晶闸管会维持导通状态,使得正电源经 R17 迫使 R14 获得正电压驱动 U4 导通,间接驱动 J1,目的是绕过避免单片机无法识别负电位问题。Q3、Q2 构成复合管,OFF 点作为控制点,当接收到低电平时,Q2、Q3 才截止,起到关闭晶闸管作用。正常工作时,OFF 点必须保持高电平。

5 软件设计

软件设计是让喇叭保护继电器 J1 工作在常闭状态,即通电吸合时音箱与功放是断开的,达到节能的目的。功放启动前,先自检测电压情况和继电器 J1 状态,然后在启动过程中实时检测系统状态确保安全。完成启动后进入扩展功能和监视状态。由于电路需要采样数据和设置各 I/O 口状态,本程序“读 TEST 电位”和过压欠压监视、温度监视均需要启动 A/D 转换功能,其流程图如图 4 所示。图中各分支名即电路原理图中的节点标号。

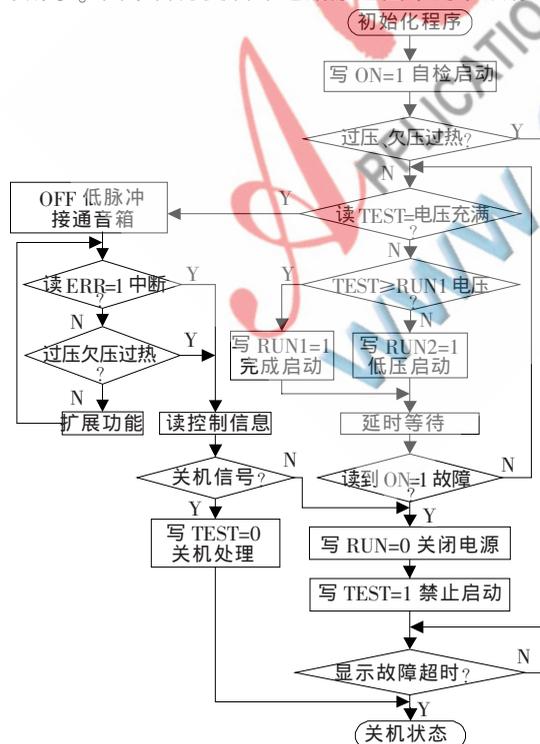


图 4 软件流程

在进入“禁止启动”程序时会将故障信息保存在静态存储器内,可通过键盘查看和清除,系统正常关机处理也会自动清除静态存储区数据。

6 电路仿真与测试

图 5 是软启动过程的 C5 两端电压上升曲线,曲线 1 是无软启动电路的电容充电曲线,曲线 2 是带软启动过程电容充电曲线。可以看出,在前 34 ms 内是低压启动,没有冲击电流;在 34 ms 后完成高压充电,出现短时的冲击现象。但只要再分一阶段启动基本上可以避免冲击现象,这说明本电路的设计是可行的。晶闸管 TR 导通时存在 0.75 V 左右的结电压,在 200 W 以上的功放上使用不如继电器节能。在这种情况下,只用 TR 来完成软启动过程即可。要注意在制作 PCB 板时,C3、R10、R13 应尽可能靠近,或增加一个滤波电容,以防止声道之间的音源串扰。数字地应与模拟地隔离。本设计在测试时发现单片机不需要监视 ERR 点电位,电路仍然有保护作用。因为发生故障时,除了启动过程外,ERR 必然为高电平,但由于 Q1 此时已截止,必然导致 U1、U2 控制端截止而关闭电源,提高了系统保护的可靠性。

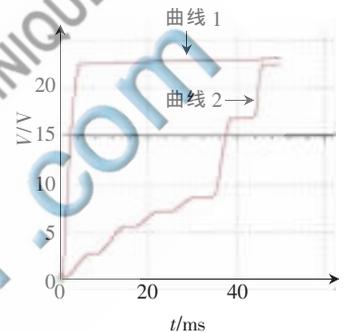


图 5 软启动仿真曲线

本文设计的保护系统已嵌入功放电路中使用,经过测试,能够完成预定的保护功能,并且实现节能控制。取样电阻 R8、R9 比一般三极管取样电路阻值小一倍,音频损耗小,结构更简洁,实现了普通继电器在节能状态下工作。

整个系统为单电源供电,音箱保护电路可单独工作,易扩展多声道保护,嵌入功放方便。这对于目前 5.1 声道系统、7.1 声道系统、校园广播系统以及舞台音乐多声道系统的保护具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 李征. 音响系统中的动态保护神—动态处理[J]. 音响技术, 2008(10): 24-26.
- [2] 李友德. 改进型扬声器保护电路[J]. 电子制作, 2007(4).
- [3] 李水飞. AV 功放扬声器保护电路工作原理 [J]. 电子世界, 1999(7).
- [4] 王晓军. 基于单片机的晶闸管电子软启动器设计[J]. 辽宁工程技术大学学报(自然科学版), 2010(3): 447-450.
- [5] 张汉友. 电子爱好者电子线路设计应用手册[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2000.

(收稿日期: 2011-03-08)

作者简介:

魏明,男,1979 年生,助教,主要研究方向:电路与系统。