基于单片机辅助的音频功率放大器

1. 摘要：

本文以常见的甲乙类OCL互补推挽音频功率放大器作为实验骨架，增加PIC16F716单片机实现各种辅助功能。实现一个低成本的数字增益控制和智能保护放大器。也可以通过改变骨架放大器的种类，用在如大功率或者高保真等更有价值的放大器上。重点介绍了数字音量控制，智能衰减过高输入，输出中点电压自动调整，根据工作点状态开机延时，串行数码显示等。并且已经在万能板上成功将电路实现。实测电路能完成本文所规划的功能。

关键字：单片机 音频放大器 PIC16F716 数字音量控制

1. 引言：

多媒体时代，晶体管音频放大器的功率越来越大，种类也越来越多。由于元器件的制造工艺不断提高，噪音和不稳定性也日益改善。于是人们不再停留在以前音响界盛誉的“简洁至上（Simple is the Best）”的阶段。纷纷使用大规模高复杂电路，以求实现良好的可控制性和补偿元器件本身缺陷带来的影响。特别是D类功放和数字功放的快速发展，更是对音响技术带来了一场科技革命。但是复杂电路和放大器种类多样性带来了很多不可避免的问题，如放大器的稳定性，各级间相互匹配，出现问题时是否会影响其他设备，开关机时器件能否协调等。必须采取措施去控制各种不利情况的发生。并且新式放大器加入了更多人性化的东西，如实时显示状态信息，支持遥控或者触摸控制等。

1. 实验骨架：

一个标准的全对称甲乙类OCL互补推挽音频功率放大器，使用两对2SC1815,2SA1015作为对称差分输入放大级；名管2SB649,2SD669作为推动级；TIP41C,TIP42C作为输出级；使用大环路电压负反馈。相比于标准电路，此电路做了一些改动以适应单片机控制。电路在Multisim10.1中仿真表明：电源电压±20V，输入信号1kHz 100mV时，电路总谐波失真THD<0.2%。

1. 骨架中电路可能存在的问题：

上述音频放大器能正常工作，可是仍然存在一些问题：

1. 由于避免低频损失，输出没有使用耦合电容，而是直接接到了喇叭负载上。在开机非线性元件未进入稳定状态或输入信号存在直流分量时，导致输出电压直流分量不为0。这种不稳定会导致喇叭通过直流大电流瞬时烧毁。
2. 电路处于稳定增益的状态，即UO=KUI。但是由于电源电压的限制，这种理想的状态是不可能实现的，此电路中，输出电压峰值到达接近2Vcc时，将会出现削峰失真。
3. 负载改变时，中点电压可能会改变，导致对称管中一方电流剧增，而且由于半导体负温度系数的特性，导致电路失衡后一般都不能自主回复到正常状态。而是向破坏性状态发展，直至电流剧增的晶体管烧毁为止。
4. 音量调整由电位器完成。由于电位器存在机械磨损，特别是廉价音响普遍使用的碳膜音量电位器。碳膜长期与滑片摩擦导致磨损，使旋转电位器时电阻值出现跳动，经过放大器放大后导致巨大噪音。并且电位器不能直观显示当前音量值。
5. 由于全模拟信号传输，不适合远距离控制，特别是遥控改变音量等。

对此，我们使用一块PIC16F716微控制器芯片和M62429电子电位器去解决上述问题。并且利用单片机独特的优势设计了一些交互功能，方便用户控制电路工作。

1. 此电路的解决方案：
2. 不断使用单片机A/D采样中点电压，当中点电压偏移值超过预设范围时，通过M62429电子电位器校正中点电压。不断重复校正，直到中点电压为零。
3. 采样音量峰值，如果某次音量峰值超过一定上限n dB。则将此时音量值衰减n dB，并且保持t秒。t由编程决定。典型值为0.5s。
4. 对输出点的电压与负载电流进行监控。任意一个值超过上限，即静音输入并且断开负载t秒，t由编程决定。t秒后先检测输出点的电压是否为0，如果为0则取消静音并且重新连接负载。
5. 使用M62429电子电位器调整音量。由于电位器主体非机械部件，无机械磨损。不会产生巨大噪音，使用寿命比机械式电位器长很多。并且能通过单片机控制显示当前电位器衰减量大小。
6. 大部分调整信号已经数字化，传输损失少，方便如红外遥控等远距离控制。
7. 硬件电路设计实现：
8. 音频放大器引出的电路检测和控制工作点：

* 电源控制点：控制电源的开关操作。
* 音量控制点：开机未准备好时静音；开机就绪后自动调整为上次存储的音量；数字控制调整音量；检测到关机动作时立即静音。
* 交流电压检测点：直接检测来自交流电源整流输出的电压，此电压在关闭交流电源时立即为0，但此时由于大容量滤波电容仍然存有电荷，功放仍然处于工作状态直至大容量滤波电容放电完毕。此时应该断开所有输出负载以免欠压导致中点漂移。
* 负载电流检测点：检测负载电流情况，判断负载是否处于过载状态。如果持续过载，则应断开负载。
* 输出中点电位检测点：开机时先检测中点电位是否为0，若不为0则需要校正才能接入负载。工作时定时检测0电位并校正。
* 喇叭继电器控制点：控制负载的接通和断开。

1. M64629连接音频放大器的接点：

* 通道1输入端：至参考电压点。接参考0电位，以便校正使用。
* 通道1输出端：至中点调整端。M64629通过此端口控制中点电压。
* 通道2输入端：至音频端子输入。接来自外部的音频输入到M64629中。
* 通道2输出端：至功放音频输入端。外部的音频经过M64629进行音量处理后由此端口输出到音频放大器。

1. PIC16F506的引脚分配：

* A/D转换模拟信号输入通道0，输入端：键盘线（重置Timer0继续使用）。
* A/D转换模拟信号输入通道1，输入端：音频放大器输出电流采样 （电容平滑输入）
* A/D转换模拟信号输入通道2，输入端：零点电压采样 （电容平滑输入）
* 基本输入输出端口0，输出端：音量调整/中点调整数据线（串行信号输出到M62429）
* 基本输入输出端口1，输出端：音量调整/中点调整时钟线（输出方波到M62429作为时钟）
* 基本输入输出端口2，输出端：开机信号（电压线，Timer0第一次使用）
* 时钟输入，输入端: PIC16F716 Timer低速时钟输入。
* 基本输入输出端口3，输出端：显示屏数据线。
* 基本输入输出端口4，输出端：显示屏时钟线。
* 基本输入输出端口5，输出端：显示屏片选线。

1. 硬件电路原理图：

综合上述想法，得到最终的电路原理总图如下。

1. PIC16F716软件设计：
2. 键盘检测部分(按键中断时响应执行)：

* 音量升/降按钮：按钮100ms～3s属于短按，音量变化1dB，触发一次；按钮3～5s属于中按，音量变化3dB/s连发；按钮>5s属于长按，音量变化5dB/s连发
* 静音按钮：按静音按钮立即静音，再按一次20dB/s升回原音量。单片机上电时不启用静音。
* 电源按钮：单片机上电时关机，按一次电源按钮启动，再按关机。开关操作都以20dB/s速度渐入渐出改变音量。

1. 数码管显示部分(每10次程序循环执行一次)：

* 以n(n在可接受范围内尽量大)次循环。读取一次当前音量电位器位置值，并且显示到屏幕数码管。刷新频率超过视觉暂留时间即可(>25Hz)。
* 读得电位器位置值先转换为BCD码，再通过查表方法得到数码管段码，以串行信号形式输出到74164中。时钟信号控制74164移位及输出。

1. M64629音量控制(实时执行)：

* 通过算法将需要音量设定值转换成M64629能识别的方式，以串行信号形式输出到M64629中。并且以时钟信号同步控制。M64629控制信号格式如下图(来自M64629数据手册)：
* 将音量调整，音量渐入，音量渐出分别作为三个子程序，便于调用。尽可能提高控制速度。