

非对称纯后级功率放大器的

电路设计

□刘举平

晶体管功放由于一般不需使用输出变压器,成本较低,所以比较适合音乐爱好者自制。其中,纯甲类放大器不存在交越失真,音色温暖、耐听,深受发烧友的喜爱;但甲类功率放大器特点也包括静态功耗大、发热量大,对元器件制作工艺要求高,尤其对电源变压器的要求很高,否则听感甚至比不上高偏流甲乙类功放。为了尽量解决好上述问题,设计了如附图的电路,实际使用效果良好,该电路的特点是:

(1)非对称形式,可有效防止偶次谐波削弱;

(2)除大功率扩流管外,前级各电路均工作于单端甲类状态,不存在交越失真;

(3) 电路简洁, 元件少, 便于制作 PCB 板, 能耗、成本低;

(4)由实际试听,认真选取了各元件型号、参数,

确保了可靠性, 出声水平很好。

该电路主要由三部分组成:

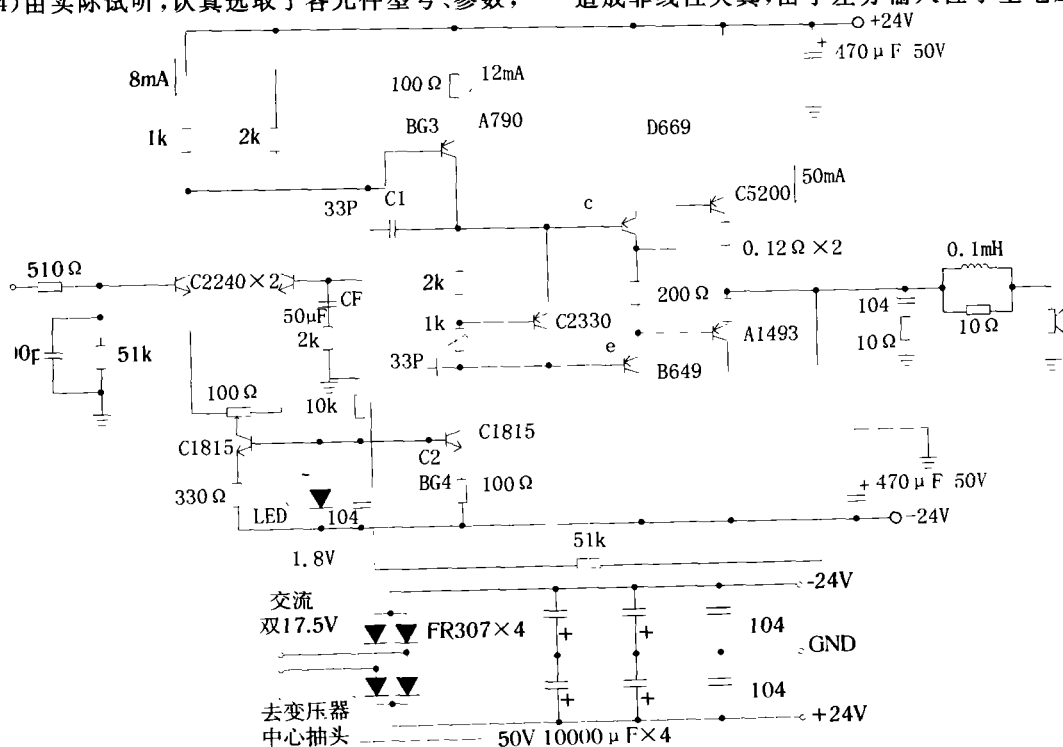
差分輸入部分

这一部分设计的特点是:以恒流源代替射极电阻,提高共模抑制比,以发光二极管为定压元件,既简化了线路,同时电压稳定性能也较好。由于C2240管子工作在单端状态,为保证有足够的动态,而不发生削顶失真,这一级的静态电流为

$$\frac{1}{2}(1.8\text{V}-0.7\text{V})/330\Omega=1.67\text{mA}$$

(实际测试 1.8mA)

这一偏差主要由结电压估算偏差引起。应该注意到,三极管的放大倍数 β , 随 I_b 的增大而减小, 会造成非线性失真, 由于差分输入位于主电压放大级



附图

设计与制作

之前,这种不良影响将更加显著,为此该处使用东芝 C2240(对管为 C2240/A970),该管为音频专用小功率管,带宽 100MHz,它的显著优点是:噪声低, β 随 I_b 变化率很小,从而可以提高该级的线性。

电压放大级部分

该级的主要作用是对音频信号进行电压放大,要求放大管具有足够的带宽,选用了 A970,带宽 100MHz,这一级的静态电流为:

$$\frac{1.8V - 0.7V}{100\Omega} = 11mA$$

(实际测试接近 12mA)

BG3 的射极电阻对电路动态影响较大,取为 100 Ω ,保留一定量的局部电流负反馈。

BG4 为 BG3 的镜像电流源,并不参与电压放大,该部分电路仍工作在甲类状态,C1、C2 的设置可以防止放大器出现高频自激。

推动与大功率扩流部分

推动管选用中功率对管 D669/B649(140MHz),大功率管选用了 C5200/A1943(30MHz),利用 C2330 作为这一级的偏置,可以看到 C2330 的集电极与发射极之间,并没有并联提供信号交流通道的电容器,由于 C2330 集电极与发射极之间的电压 U_{ce} (即推动管的静态偏置电压),通过 1k Ω 的可调电阻调整,且可较好的保持定值,则 e 点的电压将以低于 c 点 U_{ce} 的形式随 c 点变化,所以不必担心放大后的波形正负半周不对称,利用数字存储示波器,可观察到波形对称良好。

关于东芝的 C5200/A1943 对管,音响文章介绍较多,不作赘述。在此谈一下该对管的静态工作点,静态工作电流定为 50mA,实际调试中发现该电流在 50mA~300mA 间变化,对提升音质无太大的作用,当然在低于 30mA 时,放大器声音变得单薄,分析力下降。整机的电压放大倍数为:

$$A = 1 + \frac{51k\Omega}{2k\Omega} = 26.5 (28.465dB)$$

电路采用电压负反馈,有文献指出电流负反馈听感优于电压负反馈的线路,其实电压负反馈功放也很有特色。本线路没有采用直流伺服技术稳定中

点电位,仍保留了负反馈接地电容,从而 C_t 将影响到线路的音色,该电容采用了 ELNA 音频专用 100 μF 电容反向串联获得。

1. 电源部分

变压器容量建议在 200W 以上;利用快速恢复二极管 FR307 进行整流;实际使用中,仅利用一对 10000 μF 滤波电容,音箱中就已经十分干净,增大滤波电容的容量有利于功放动态的发挥。

2. 调试

本机调试方法如下,检查线路无误后,将 1k Ω 可调电阻调至最大值,接通电源,测量输出中点电压,该电压一般不超过 1V,通过后:

(1)调节差分输入级的滑臂电阻,使中点电位接近 0V;

(2)调整功率管静态偏置电源至 50mA。

重复步骤(1)、(2)使机器进入正常工作状态,通电煲机半小时左右,再次调整一遍,即可通电试音。

由于该线路为非对称结构,开机时不可避免地存在一定的冲击,同时为了更有效保护喇叭,建议安装喇叭保护电路。

如果想提高电路的功率和阻尼系数,可以再加并一对大功率管 C5200/A1943,在调试过程中发现,将 C5200/A1943 换为场效应管 K413/J118 时,声音也非常醇厚,不过 K413/J118 为工业用管,开启电压较高,由于线路无须改变,不妨一试。

关于本机的性能参数,由于没有适用的检测仪器,为不误导读者,在此不能给出。而对一款线路,最重要的还是要看线路出声是否入耳,所以在此仅给出我与几名音乐爱好者的主观评价。利用该后级,以分健伍 DP-5010CD 为音源,怪兽 400MK II 信号线,惠威的震撼 6A 音箱为试音器材,测试了平衡信号、20Hz~20kHz 的扫频信号,试播了蔡琴的几张专辑,可以说出声感情充沛,声音厚实,能很好的收住口型;在播放《夜深沉》曲目时,紧迫的鼓点声,鼓锤挨着鼓皮的声音,清晰可辨,极具穿透力。本后级的信噪比很高,即便耳朵贴近音箱都很难觉察到噪音,动态大、声场宽,对人声与弦乐的表现可圈可点,分析力很高。

□