

纯甲类功率放大器的制作 (上)

高 顺

TN 72275

一、前 言

在种类众多、各有特色的晶体管放大器中,纯甲类功率放大器恐怕是最有魅力的一类。其甜美的音色,雄厚的底蕴,深深吸引着人们。但不容质疑的是:多少年以来,纯甲类功放的制作对业余玩家来说一直存在着许多难处。无论是电路的选择、印板的设计,还是元器件的选取,都十分令人头疼。好在目前国内的音响市场上有不少的质优价廉的元器件供我们挑选,至少不会发生“巧妇难为无米之炊”的情况了。本文介绍的这一款纯甲类功放,希望能从电路上入手,在保证性能的前提下,能以较低的代价和较少的时间做成功,并留下日后改进升级的余地。

二、电路分析

这里介绍的纯甲类功放由电压放大级、推动级和甲类输出级组成,与传统的电路相比有以下特点:
(1)电压放大级电路是根据发表在“the 72nd Convention of the Audio Eng. Society”上的一款线路改装的,原电路过于复杂,本文作了简化,但保持了一些较独特的设计。
(2)该线路看起来较复杂,但本人绝无宣扬电路至上之心,而实际上,其基本线路还是比较明了的。电压放大级实际上就是一个两级差分放大器,级间有射级跟随器隔离,各差分对选用了镜像恒流源,如此而已,况且本电路对晶体管要求也不高。
(3)本电路大量使用了共基共射电路,级间的负反馈也颇有特色,此举旨在提高放大器的转换

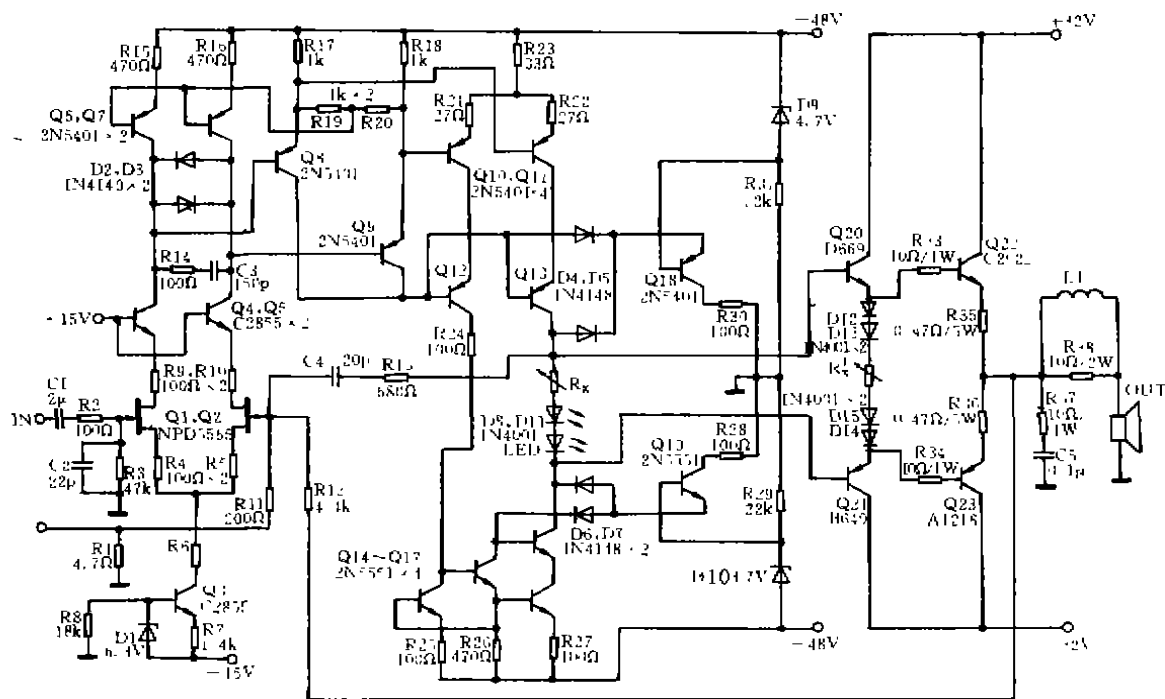


图 1

速率,极大地降低了瞬态互调失真(DIM)和瞬态相位失真(PIM)。(4)推动级电流较大,达120mA,以获得充沛的驱动电流。(5)前级使用了并联式稳压电源供电。

电压放大级如图1所示,输入级是一个场效应管差分对组成的共基共射放大器,亦称卡斯科特电路(Cascode Circuit),Q3是差分级恒流源,向差分级提供一个稳定的偏流。由于此电路引入了低噪声器件,因此噪声很低,并且有很好的共模抑制能力和电源纹波抑制能力。此外,这种电路在处理较大的开环输入信号时,仍然能保持较低的失真,有利于抑制瞬态互调失真(DIM)和无线电波干扰。

输入级的负载是电流源Q6和Q7,以获得较好的低频响应。射级跟随器Q8和Q9使输入级与第二级放大器彻底隔离,负载的影响大大减小。限幅二极管D2和D3是为了防止功放开、关时Q4、Q5的集电极出现过大的电压变化。这里的负反馈措施较为独特:共模负反馈信号取自R19、R20之间的节点,并接到Q6、Q7的基极,为之提供适当的偏流,并提高了Q4、Q5集电极负载的共模抑制能力。具体

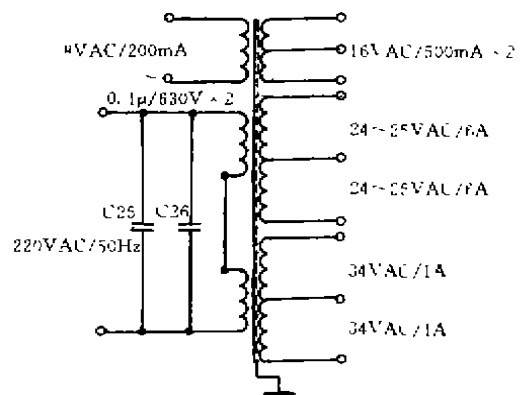


图3

的过程是这样的:

假设输入级Q1、Q2的电流(共模电流)由于某种原因增大,相应的,Q4、Q5的集电极电流将超过Q6、Q7的集电极电流,这反映到Q8、Q9的基极上,其基极电压将向负方向移动,从而导致R19、R20之间的节点处共模负反馈信号变小,最后的结果就是Q6、Q7基极上电流的变化使Q6、Q7集电极电流变

大,直至与Q4、Q5的相同,从而达到平衡。从数字上看,当恒流源电流上升0.1mA时,R19、R20节点处的电压将会有25mV的电压降(这主要是由于R15、R16的压降引起),Q4、Q5的集电极电压也将变化25mV,而相对于Q4、Q5集电极差模信号电压而言,在R19、

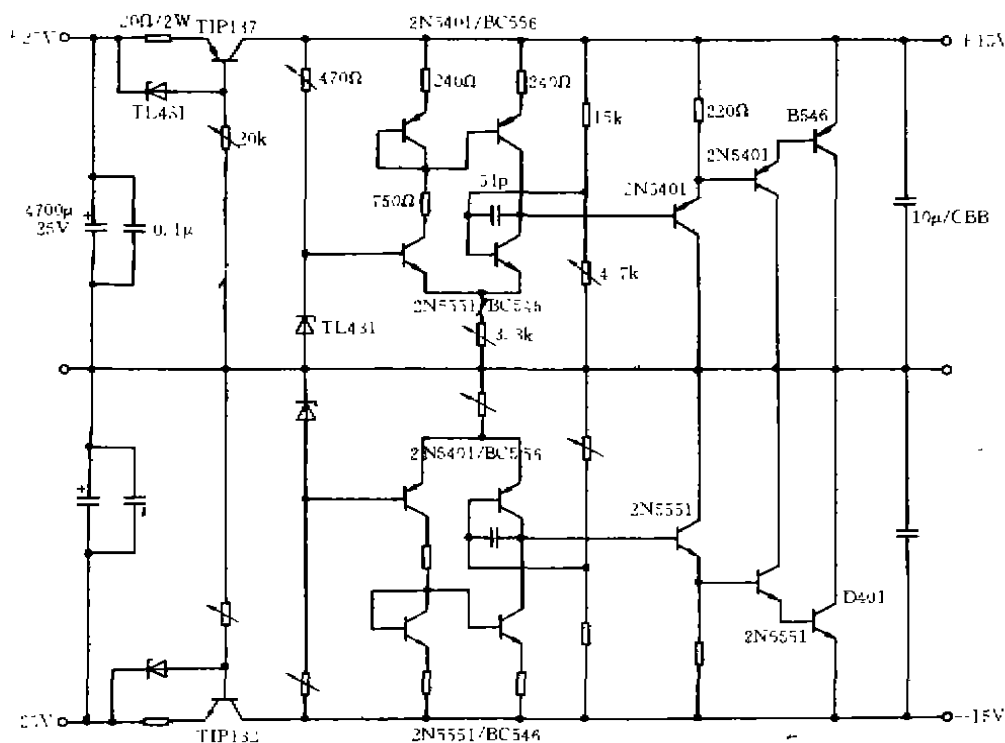


图2

设计与制作

音响技术 2/1996

R20 节点处

其和为 0。

差模输入阻

抗很高,不

受共模负反

馈的影响。

第二级

放大包括一

组差分对

Q10~Q13。

其负载为达

林顿连接的

共基共射镜

像负载,单

端输出。同

样的,此级

差分,对

Q10、Q11 的

工作点电流取自 R19、R20 之间的节点,并受前一级恒流源 Q3 的控制。我们知道,所谓“米勒效应”(Miller Effect)是由晶体管 b-c 极电容的非线性调制作用引起的高频频率失真,另外还有一种“厄雷效应(Early Effect)",同样是由于极间电容的非线性引起的高频响应劣化,并导致高频时的集电极电流急剧增加,因而限制了带宽,甚至烧坏晶体管。这两种效应在晶体管放大器中普遍存在,也是产生瞬态互调失真的元凶。而这种接法与普通的电阻性负载相比不但具有交流阻抗高,直流电阻小,工作极为稳定的特点,更重要的是它有利于抑制米勒效应和厄雷效应,提高了放大器的转换速率,并允许使用低耐压的高频小功率管。

Q18、Q19 为第二级差分管提供适当的偏流,使这些晶体管的工作点在开关状态下也能保持稳定。D4~D7 是为了防止晶体管的开关饱和。D8、D11 与可变电阻 Rx 为推动级提供偏置,其电流高达 120mA,以便使甲类输出级在瞬态也能获得充沛的驱动电流,这一点对于提高放大器的瞬态响应和推动能力极为重要!电压放大级的级间负反馈由 C4、R13 组成,将电压放大级带宽限制在 0~2MHz 之间。本级的电压摆率可达 120V/ μ s。

2-38

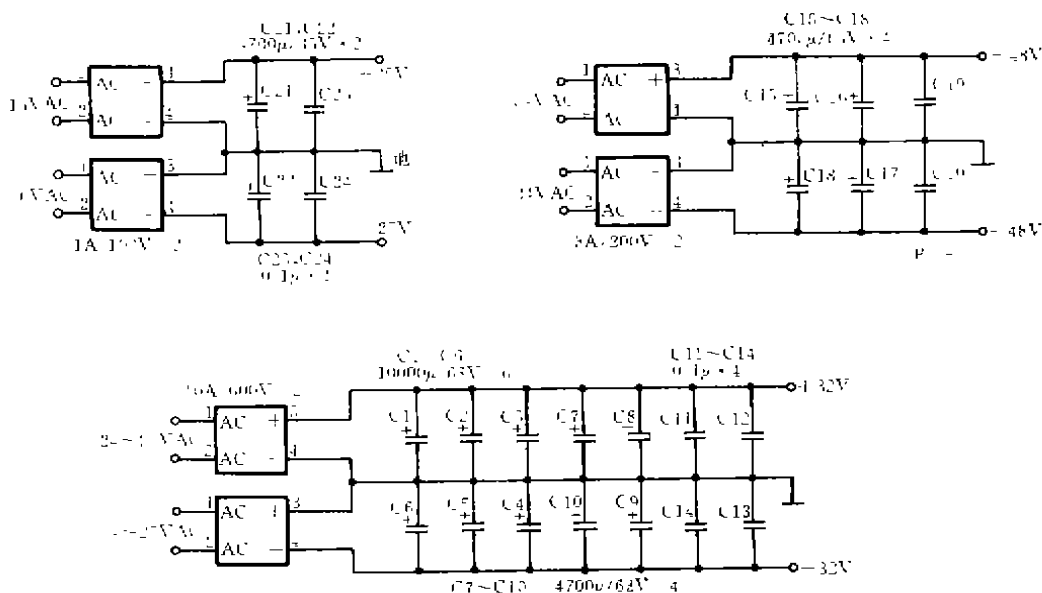


图 4

本放大器的输入差分级使用了稳压电源供电,如图 2 所示。电源设计遵循典型的并联式稳压电路的形式。电压源使用 TL431 或 LM336-5 一类的低噪声集成恒压源,采样管是一对有镜像负载的 NPN 差分对,调整管接成达林顿形式,输入输出的压降较大,所以采用了较大的功率管。这个电源的实际效果是不错的,如果嫌电路复杂,用简单的 LM317/337 甚至有源滤波也已经满足要求。有兴趣的朋友也不妨改用积层电池供电(印板上已经留出了位置),看看效果如何。如果有条件,最好再做一套稳压电源给电压放大级供电。

三、元器件选择

本放大器所用晶体管较多,但对其要求并不很高,需要配对的,有 5% 以内的误差就可以了。输入级场效应差分对可以用 NPD5564、NPD5565、NPD5566,日本 2SK 系列的,中国 6DJ 系列的,只要是耐压够,对称性好的低噪声元件也都可以。输入级场效应差分对的镜像管是 2SC2855,也是要低噪声的, NF 在 1dB 以下的晶体管,如 2SC1775, 2SC1815LN 等。除此以外,其余的用 2N5401、2N5551 就足够了,但一定要用正品,如果是正品的话,这种小功率管的质量是很好的,且参数离散性很

小,买100只,可以配三、四十对。有条件的话,可以用一些更高级的晶体管,如2SC1775,BC546等等,那就是个人的经济状况是否允许的问题了。功率推动级和功率输出级对晶体管的要求较高,本机选用的分别是2SB649、2SD669和2SC2922、2SA1216(或2SC3858、2SA1494)由于是甲类输出,选用2SC2922、2SA1216两管已经是工作在额定状态,所以一定要有良好的散热措施,最好是两对并联使用,用质量好的MJ2955、2N3055(一定要两对并联使用)也可代换。晶体管的配对最好找一台晶体管图示仪,如JT-1型,在实际工作电压和工作电流下进行测量,用万用表也可以。一定要将所用晶体管全部筛选一遍,为以后的工作打好基础。

本机所用的电阻,未标明的均使用1/4W的五环金属膜电阻,为了使工作更稳定,噪声更低,可以在输入级使用1/2W的金属膜电阻,或者干脆全用1/2W的,但功率再大就没有必要了。由于功放电路属直流化设计,电容用量很少,所以有条件的就应对电容优选一下,有CBB系列的就不用CL系列电容,有Rubycon或新德克就不要用傻大黑粗的库存积压品,其余的小容量电容可以用独石的或玻璃釉的。电源的滤波电容容量应在每声道30000 μ F以上,本机共使用了六只10000 μ F/63V的Rubycon电解电容和四只4700 μ F/50V的marcon电解电容。

(上接第2-26页)

发烧拼盘(3)

不知何时,我从“砸啤酒瓶”、“开飞机”转到痴迷于旋律优美的古典音乐了。虽然所学的音乐基本知识仅限于小学和中学教师所教的、不足百页的教科书,也认不准在乐曲总谱上跳动的小蝌蚪到底音高是多少,但即使从音响的角度欣赏,也会感到交响乐旋律之优美,配曲之丰富是无法被代替的。在收集古典曲目的过程中,为了少花冤枉钱,同一个曲目总是要多听几个版本,渐渐发现大部分DDD录音音色不如ADD的易于让我接受。而且有些挑剔的乐迷一听就知道该片母带是数字的还是模拟的,这种情况多见于SONY、CBS和NAXOS的早期数字录音,估计是当时录音器材在A/D转换通道上,由于数字低通滤波器在转折频率上相位处理不佳造成的,使得乐器高频

末级输出端的电感要自制,用线径1.2毫米的漆包线以内径10毫米脱胎绕十匝而成。

关于电源变压器,本人认为下一定非要用环牛,实际上只要效率高,温升小,内阻低,漏磁小,E型和C型变压器都是不错的选择,只不过对于这些指标,环牛也许更容易达到罢了。电源变压器的容量最小也要在350W以上,而且一定要用静电屏蔽,最好是双层屏蔽,有条件可以找厂家定做一个。本机采用的是一个定做的350W环牛,双层屏蔽,绕组如图3所示。

主放大器电路图、主放大器前级稳压电路图均只画出了一个声道,另一声道与之完全相同。主放大器前级稳压电源的元件数值只标明了正电源一路,负电源一路除晶体管外,未标明的(如电阻、电容)数值均与正电源一一对应相同。

电源滤波电路图(见图4)中,直流 ± 32 V供给主放大器后级,直流 ± 48 V供给主放大器电压放大级,直流 ± 25 V供给前级稳压电路输入端,各滤波电路的交流输入由电源功率变压器供给(Power Transformer),电源功率变压器上的8V AC绕组是给扬声器保护电路和电源指示灯使用的。

本功放的印板图设计、保护电路及其电源、整机调试与装配、整机性能的评估以及升级措施将在“下一篇”论述。 □

谐波和丰富的厅堂漫反射消失殆尽,听起来没有了生动感,死板。以致使我很长时间对DDD的古典唱片就是提不起兴趣,不管演奏有多精彩。

直到我拥有手头这张片号为CHAN9007《THE CHANDOS SOUND》的发烧拼盘唱片,才一改我固执的初衷。这张1990年出版的示范片,收录了该公司13段DDD录音曲目,总长75分钟。曲目有一部分比较冷门,比如BARBER的SYMPHONY NO.1;NIELSON的SANL&DARID。录音体现了CHANDOS注重自然混响声,不突出某一声部音场较中性的特色,CHANDOS对于一些对唱片接触较少的乐迷来说可能陌生,但该公司的大多数录音曾频频在英国权威的唱片杂志《留声机》(GRAMOPHONE)上榜,其中包括许多录音技术奖项。即使一些耳熟能详的曲目,听一下这张唱片,也会有新的体会。 □