

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200520071361.1

H03F 1/42 (2006.01)

H03F 1/32 (2006.01)

H03F 1/26 (2006.01)

H03F 3/20 (2006.01)

[45] 授权公告日 2006 年 5 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 2785256Y

[22] 申请日 2005.4.30

[21] 申请号 200520071361.1

[73] 专利权人 王丰硕

地址 225009 江苏省扬州市扬州大学信息工程学院 40056 号信箱

[72] 设计人 王丰硕

[74] 专利代理机构 扬州苏中专利事务所

代理人 孙忠明

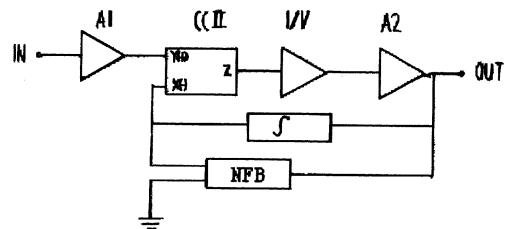
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

[54] 实用新型名称

电流模高保真功率放大器

[57] 摘要

本实用新型涉及一种电流模高保真功率放大器，属于电子音响技术领域，由输入缓冲级，电流传输器，跨阻放大器，缓冲输出级，负反馈网络和积分电路组成，本实用新型公开了电流模技术在音响技术中的应用，是指以电流作为变量，在电流域中对信号进行处理的一种新型功率放大器，由于采用了高速通信和视频处理技术中新兴的电流模技术，实现了超宽通频带、高速、低失真和低噪声放大，其性能较传统电压模式高保真放大器有突破性的提高，前级、后级频响技术指标分别为 3.8MHz 和 1.1MHz，转换速率为 300V/us，远高于进口数万元的高保真功放，在并不增加成本的前提下，实现了快速、宽带、高线性的高保真声频功率放大，对未来高保真声频功率放大技术产生深远影响。



1、一种电流模高保真功率放大器，其特征在于所述的功率放大器由包括输入缓冲级，电流传输器，缓冲输出级，跨阻放大器，负反馈网络和积分电路组成；跨阻放大器的一端接电流传输器的输出端，另一端与缓冲输出级的输入端联接；负反馈网络的一端接地，负反馈网络的另一端接缓冲输出级的输出端，负反馈网络的中端接电流传输器的反相输入端；积分电路的一端接缓冲输出级的输出端，积分电路的另一端接电流传输器的反相输入端；缓冲输出级采用不少于二级达林顿输出结构。

2、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是跨阻放大器由补偿电容 C3、C11 为核心，结合电流传输器和缓冲输出级构成，补偿电容 C 3 的一端交流接地，补偿电容 C3 的另一端接电流传输器的输出端与缓冲输出级的输入端之间。

3、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是负反馈网络由电阻 R39 和电阻 R41 组成，电阻 R39 的一端接地，电阻 R41 的一端接缓冲输出级的输出端，电阻 R39 和电阻 R41 连接端接电流传输器的反相输入端，电阻 R41 的取值范围为 1-2K Ω 。

4、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是输入缓冲级的上、下恒流源分别由三极管 Q1、Q2 和 Q12、Q14 组成的 Widlar 电流镜实现，改变三极管 Q1、Q2 共集电极中串联电阻 R12、R24 的阻值调节输入级的静态电流，电阻 R12 和 R24 阻值总和范围为 33-100 K Ω ，PCB 板设计时，将三极管 Q1、Q2 和 Q12、Q14 分别面对面安装。

5、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是所述放大器信号处理电路中每个三极管都加入发射级电流负反馈电阻。

6、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是缓冲输出级三极管 Q6、Q18 的 b、c 极之间接入补偿电容 C3、C11，通过调节电容 C3、C11 的容量来调节放大器的频率响应和转换速率，补偿电容 C3、

C11 的容量范围分别为 15-100Pf 。

7、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是积分电路以集成电路 IC1（NE5532）为核心，包括外围电路。

8、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是缓冲输出级各级多管并联。

9、根据权利要求 1 所述的电流模高保真功率放大器，其特征是缓冲输出级的输入端接有以三极管 Q10 为核心的 V_{be} 倍增电路，安装时将三极管 Q10 装在缓冲输出级的散热器上，调节三极管 Q10 的基极与发射极之间可变电阻 R19 改变缓冲输出级的静态电流，三极管 Q10 和缓冲输出级晶体管的温度补偿稳定输出级的工作。

电流模高保真功率放大器

技术领域

本实用新型涉及一种电流模高保真功率放大器,属于电子音响技术领域。

背景技术

自 1877 年爱迪生实用新型留声机至今,已经一百多年了。前 70 年的音响发展缓慢且停留在象牙塔里。直到 1927 年,贝尔实验室实用新型了划时代的负反馈(NFB)技术之后,高保真功率放大器才进入历史舞台。随着电子器件推陈出新,电路形式不断改进,高保真功率放大器性能不断提高。以前人们用 CD 听音乐,传统高级高保真功率放大器的性能已能满足要求。

根据电路中关键节点的阻抗高低的区别,传统高保真功率放大器属于电压模放大器。它主要由差分输入级、共射电压放大级、功率输出级等几部分组成。为了获得放大器的高共模抑制比、提高输入级的线性,降低输入级的噪音和直流失调电压,传统高保真功率放大器的输入级几乎一律都采用差分对管放大电路,对输入信号进行缓冲。电压放大级被认为是高保真功率放大器中最关键的部分,它决定了整个放大器的频响和失真,由三极管共射电压放大级构成。电压放大级的输出信号由射极跟随器构成的功率输出级提供数千倍的电流增益缓冲输出,驱动负载。日本先锋公司推出的 M22K 高保真功率放大器采用这种经典电路的结构,使音质达到高境界,成为现代高保真功率放大器设计的典范;日本金嗓子公司的 A-100 放大器,采用两级共射-共基双差分输入级、共射-共基电压放大级、并联功率管输出,集名机之精华,是传统电压模高保真功率放大器的旗舰。就其线路本质来说,仍采用了 M22K 经典的电路结构,但大量使用了共射-

共基电路，并且电路高度对称，从而拓展了频带，提高了放大器的速度。不过由于其单元电路更考究更复杂，对器件的要求也很高，售价惊人。

1999年，飞利浦和索尼公司共同开发了高质量音源——SACD（超级声频CD），使音源的频带延伸至100 KHz，动态范围高达120dB，之后四年里这种技术不断的发展和完善，而由于相应的宽频功放机和宽频音箱等设备不普及，使得SACD机在四年里一直默默无闻。目前全球已有两百万消费者选择了SACD播放机，SACD的市场已渐趋稳定，人们对宽频、高速的新型高保真功率放大器需求更加迫切。

另外，自1970年Otal博士提出了晶体管放大器的瞬态互调失真（TIMD）理论至今，各种期刊发表的论文上千篇，但一直没有找到简便而有效的避免瞬态互调失真的办法。面对高质量的音源，传统放大器不免有些落伍了。在这种情况下，研发超宽频带、超高速的新型高保真功率放大器具有重要意义。

实用新型内容

本实用新型的目的是针对现有高保真功率放大器存在的频带和响应速度不能满足高质量音源——SACD、DVD-Audio等新一代高级数字音源的更高要求，人们需求的状况，以及现有高级高保真功率放大器对器件的高要求，售价惊人等不足，提供超宽频带、超高速的一种电流模高保真功率放大器。

本实用新型的目的是通过以下技术方案实现的，一种电流模高保真功率放大器，其特征在于所述的功率放大器由输入缓冲级，电流传输器，跨阻放大器，缓冲输出级，负反馈网络和积分电路组成；跨阻放大器的一端接电流传输器的输出端，另一端与缓冲输出级的输入端联接；负反馈网络的一端接地，负反馈网络的另一端接缓冲输出级的输出端，负反馈网络的中端接电流传输器的反相输入端；积分电路的一端接缓冲输出级的输出端，积分电路的另一端接电流传输器的反相输入端；缓冲输出级采用不少于二级达林顿输出结构。

本实用新型公开了电流模技术在音响技术中的应用,所谓电流模高保真功率放大器是指以电流作为变量,在电域中对信号进行处理的一种新型功率放大器。电流模原本是高速通信和视频处理中新兴的一种高性能信息处理技术。电流模放大技术虽有频带宽,速度快的优点,但也存在着失调电压大,共模抑制能力差的缺点。特别是将其应用在电阻、电感、电容复合型负载,器件工作在大电流、大功率的情况恶劣条件下,对电路稳定性要求极高的高保真声频功率放大领域内,需要解决许多问题。本实用新型采取了一系列措施,稳定地实现了超宽通频带、高速、低失真和低噪声放大,其性能较传统电压模高保真放大器有突破性的提高。

电流模高保真功率放大器由于采用了高速通信和视频处理技术中新兴的电流模技术,实现了超宽通频带、高速、低失真和低噪声放大,其性能较传统电压模式高保真放大器有突破性的提高。前级、后级频响技术指标分别为 3.8 MHz 和 1.1MHz,转换速率为 300V/us,远高于进口数万元的高保真功放。在并不增加成本的前提下,实现了快速、宽带、高线性的高保真声频功率放大。将对未来高保真声频功率放大技术产生深远影响。

附图说明

图 1 为本实用新型电路结构框图;

图 2 为本实用新型应用电路图;

具体实施方式

结合附图和实施例进一步说明本实用新型,本实用新型公开了电流模技术在音响技术中的应用,所谓电流模高保真声频功率放大器是指以电流作为变量,在电域中对信号进行处理的一种新型功率放大器。该放大器由输入缓冲级 A1、第二代电流传输器 CCII、跨阻放大器 I/V、输出缓冲级 A2、负反馈网络和积分电路等几部分组成,电路各级均构成跨导线性 (Transliner-TL) 回路;跨阻放大器由补偿电容 C3、C11 为核心,结合电流传输器和缓冲输出级构成,补偿电容 C3 的一端交流接地,补偿电容 C3 的另一端接电流传输器的输出端与缓冲输出级的输入端之间;负反馈网络

由电阻 R39 和电阻 R41 组成,电阻 R39 的一端接地,电阻 R41 的一端接缓冲输出级的输出端,电阻 R39 与电阻 R41 的连接端接电流传输器的反相输入端,电阻 R41 的取值范围为 1-2 k Ω ,最佳值为 1.21 k Ω 。

输入信号由 A1 输入缓冲级缓冲后,送入 CCII 第二代电流传输器。其中 Y 是电压输入器, X 是电流输入端,呈零输入阻抗,低阻抗 X 输入端的电流将全部传送到高阻抗输出端 Z。同时, Z 端也是跨阻抗放大器 I/V 的输入端,动态时,利用 'Z' 点的高阻抗将 CCII 的输出电流 I_z 转变成电压。最后,利用只有电流增益的输出级 A2 缓冲输出。

受信息处理领域内经典电流模放大器结构的启发,结合传统高保真声频功率放大器的设计经验,并采取了以下一系列措施,使得电流模放大技术在高保真声频功率放大器中得到科学应用,突破性地提高了放大器的性能。

1. 输入级的上、下恒流源分别由三极管 Q1、Q2 和 Q12、Q14 组成的 Widlar 电流镜实现,改变三极管 Q1、Q2 共集电极中串联电阻 R12、R24 的阻值可以方便地调节输入级的静态电流。电阻 R12、R24 阻值范围分别为 33-100,最佳值为 72, Widlar 电流镜可确保输入级的高稳定性、低噪声和高电流增益。PCB 板设计时,将 Q1、Q2 和 Q12、Q14 分别面对面安装,使其达到良好的温度补偿,提高输入级的稳定性。

2. 电流模高保真声频功率放大器要求器件绝对对称,否则放大器工作的稳定性将变得很差。但受器件制造工艺的影响,绝对对称是不可能实现的。为此,在放大器信号处理电路中给每个晶体管都加入发射级电流负反馈电阻,如电阻 R1、R2、R13、R14 等。大大提高了放大器的稳定性。

3. 缓冲输出级三极管 Q6、Q18 的 b、c 极之间接入补偿电容 C3、C11,通过调节补偿电容 C3、C11 的容量来调节放大器的频率响应和转换速率,补偿电容 C3、C11 的容量范围分别为 15-100Pf,最佳值为 30Pf。

4. 电流模放大器失调电压大,对音箱不安全。笔者引入了以集成电路 IC1 (NE5532) 为核心,包括外围电路的积分器,将失调电压降到理想

值以下。

5. 电流模放大器共模抑制能力差，笔者采用了性能优秀的串联式稳压电源为前级供电，并且前后级分别供电。

6. 为了降低负载对前级的影响，采用三级达林顿输出结构，并且多管并联，提高了电流模高保真功放的负载驱动能力。

7. 缓冲输出级的输入端接有以三极管 Q10 为核心的 V_{be} 倍增电路，安装时将三极管 Q10 也装在输出级的散热器上，调节三极管 Q10 的基极与发射极之间可变电阻 R19 即可调节输出级的静态电流，并且由于三极管 Q10 和输出级晶体管的良好温度补偿效果，稳定了输出级的工作。

电流模高保真功大幅度拓宽放大器的频响，我们知道人耳的听觉范围为 20Hz—20KHz，但如果仅以 20KHz 的正弦波信号来考察放大器的性能是不合理的。在自然界中，波形为正弦波的纯音根本不存在，这类声音只存在人为的测试音中。人耳对 20KHz 的方波和正弦波感觉不同，说明 20KHz 的方波信号中的高次谐波对人耳的听觉有贡献。若将方波傅氏展开，可得到频率为基波频率的奇数倍，而其幅值随频率的上升而下降的正弦波。

对于 20KHz 的方波，若把幅度小于基波幅度的五十分之一的谐波成分舍去（对于额定功率 100W 的放大器，51 次谐波对应的电压幅值约 0.5V），则 20KHz 方波的最高正弦波谐波成分约为 1MHz，即应以 1MHz 的正弦波考察放大器的频响要求。

电流模高保真功率放大器实现了超宽频带，传统电压模放大器中，必不可少的共射电压放大器晶体管负载阻抗很大，密勒效应严重影响了高频响应，放大器做到宽带放大绝非易事。电流模放大器中，它的电路拓扑结构与传统放大器完全不同，影响速度和带宽的晶体管级间电容工作在阻抗很低的节点上，RC 时间常数极小，根据文献，其闭环 -3dB 带宽

$$BW_f = \frac{1}{2\pi C_f R_f}$$

只和负反馈电阻 R_f 和接入跨阻放大器的补偿电容 C_T 有关。这样，放大器就可以做到超宽频带，完美重播音乐中的超高频信号。这可确保相位完美的特色，这是正确音场重播的基本元素。

电流模高保真功率放大器无增益带宽积为常数的概念，闭环带宽 BW_f 直接与 R_f 和 C_T 的乘积成反比，与闭环增益 A_{uf} 无关，或者说电流模高保真声频放大器的 GBW （增益带宽积）远比普通电压模放大器大，而且没有 GBW 为常量的约束，实现增益与带宽的独立调节。

电流模高保真功放有效避免瞬态互调失真，如果要用放大器处理快速上升的脉冲和大振幅的高频率输出时，除了放大器的带宽外，被称为转换速率的特性也起着重要作用。当输入信号含有速度很高的瞬态脉冲时，传统放大器受制于电流源和负载电容对电流的限制，输出端便不能立即得到应有的输出电压，输入级也不能及时得到应有的负反馈电压。在此瞬间，放大器处于负反馈失控的开环状态，输入级瞬时严重过载，输出将严重削波，引起过渡脉冲瞬时失真，这称为瞬态互调失真。瞬态互调失真给人以“金属声”的不快感觉，导致音质明显劣化，俗称为“晶体管声”。现在流行的避免瞬态互调失真的手段是采用浅负反馈、局部负反馈甚至无负反馈设计，但这些或者并不是根本的解决办法，或者为此付出的代价是高昂的。

电流模功率放大器消除了瞬态互调失真，电流模放大器的电路结构完全不同，没有电流源和负载电容对电流的限制。根据文献，电流模放大器转换速率

$$S_R = \frac{V_o}{R_f C_T} = 2\pi V_o BW_f$$

随输入信号幅度线性增长，大信号输入时，电流模放大器的转换速率比传统放大器大得多。我们可以调节负反馈电阻 R_f 和补偿电容 C_T 的参数，大幅度拓展放大器的带宽，实现放大器的超高速化，彻底消除瞬态互调失真，确保了电流模放大器有大幅度高频信号低失真重放能力。例如国际顶级的丹麦“贵丰”放大器产品都有超阔频宽的特色，显著增强了放大器对

高速瞬变信号的处理能力。

电流模功率放大器的全功率带宽接近于闭环带宽，将 S_R 代入全功率带宽的表示式，得

$$BW_p = \frac{S_R}{2\pi V_o} = BW_f$$

即电流模放大器的全功率带宽接近于闭环带宽，实现了大功率、高频、低失真的高性能功率放大。

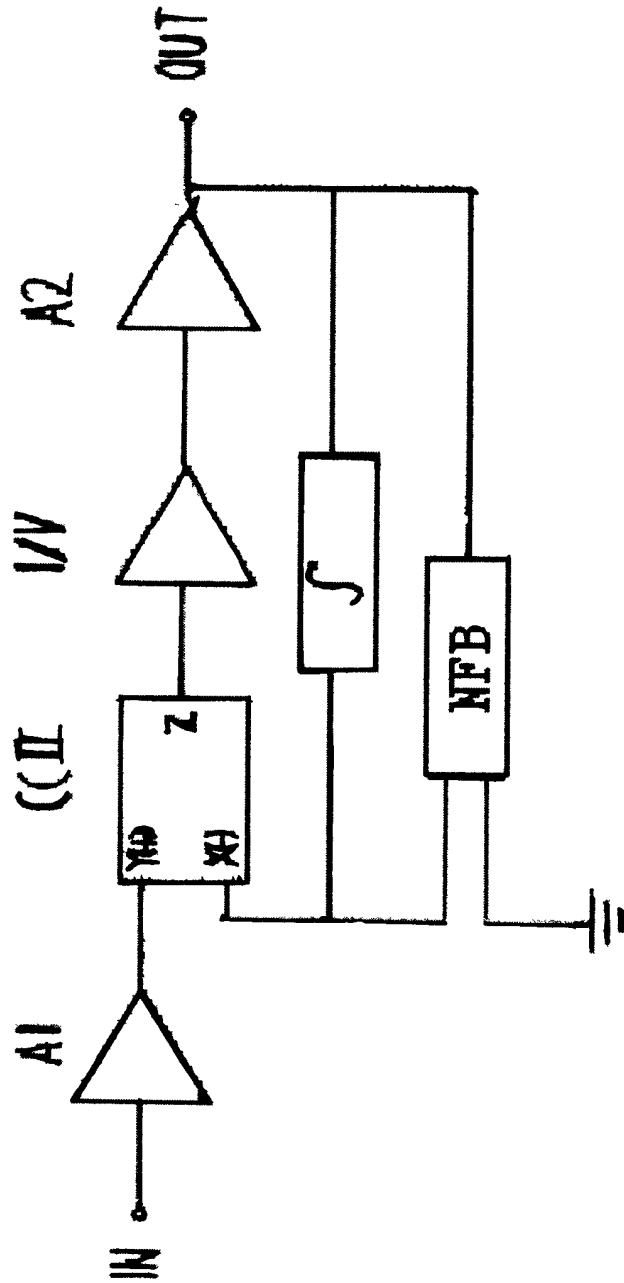


图 1

