



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00816594.7

[43] 公开日 2003年3月12日

[11] 公开号 CN 1402956A

[22] 申请日 2000.10.4 [21] 申请号 00816594.7

[30] 优先权

[32] 1999.10.4 [33] US [31] 09/411,143

[86] 国际申请 PCT/US00/27323 2000.10.4

[87] 国际公布 WO01/26422 英 2001.4.12

[85] 进入国家阶段日期 2002.5.31

[71] 申请人 SRS 实验室公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 T·C·K·袁 A·D·克雷默

R·奥利弗

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

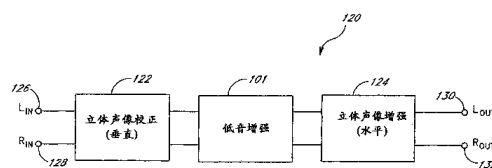
代理人 杨凯 张志醒

权利要求书6页 说明书63页 附图53页

[54] 发明名称 声校正装置

[57] 摘要

声校正装置(120)处理一对左右输入信号(126, 128), 以便补偿当所述输入信号(126, 128)通过声音系统中的扬声器(246, 247)再现时的作为频率的函数的空间失真。左右输入信号(126, 128)的声能被分离到第一低频范围和第二高频范围中并在其中进行校正。所得的信号再重新组合而产生声像校正的音频信号(130、132), 它们在通过声音系统的扬声器(246, 247)再现时具有所期望的声压响应。所期望的声压响应产生相对于听者(250)的视在声像位置。还可在空间上增强声像校正信号(130, 132), 从而拓宽通过小扬声器播放时的视在声像和改善声音的低频特性。



1. 一种音频校正系统，它用于增强由两个或两个以上扬声器再现的声音的空间和频率响应特性，所述音频校正系统包括：
- 5 声像校正模块，它被配置成当多个扬声器再现声音时、校正所述声音的垂直声像；
- 低音增强模块，它被配置成当多个扬声器再现所述声音时、增强所述声音的垂直的低音响应；以及
- 声像增强模块，它被配置成当多个扬声器再现声音时、增强所述
- 10 声音的水平声像。
2. 如权利要求1所述的音频校正系统，其特征在于：所述声像校正模块所提供的校正先于所述低音增强模块所提供的增强。
3. 如权利要求1所述的音频校正系统，其特征在于：所述低音增强模块所提供的低音增强先于所述声像增强模块所提供的声像增强。
- 15 4. 如权利要求1所述的音频校正系统，其特征在于：所述低音增强模块所提供的低音增强先于所述声像增强模块所提供的声像增强。
5. 一种声像增强系统，它包括：
- 至少两个音频信号，所述音频信号具有所述各音频信号共有的共模信息和所述各音频信号不共有的差动信息；
- 20 与所述音频信号之一联系的第一放大器，所述第一放大器具有反相输入端和非反相输入端；
- 与所述音频信号之一联系的第二放大器，所述第二放大器具有反相输入端和非反相输入端；
- 与所述第一放大器的所述非反相输入端和所述第二放大器的所述
- 25 非反相输入端联系的第一滤波器，所述第一滤波器被配置成在所述差动信息中的第一组频率上进行修改；
- 与所述第一放大器的所述反相输入端和所述第二放大器的所述反相输入端联系的第二滤波器，所述第二滤波器被配置成修改第二组

频率;

与所述第一放大器的所述反相输入端和所述第一放大器的输出端联系的第三滤波器,所述第三滤波器被配置成修改第三组频率,其中把所述第一、第二和第三组频率组合而形成第一增强输出信号;以及

与所述第二放大器的所述反相输入端和所述第二放大器的输出端联系的第四滤波器,所述第四滤波器被配置成修改第四组频率,其中把所述第一、第二和第四组频率组合而形成第二增强输出信号。

6. 一种声音增强系统,它包括:

10 第一声音增强模块,它被配置成校正由多个扬声器再现的视在声场的感觉的高度;

第二声音增强模块,它被配置成校正所述扬声器的感觉的低音响应;以及

15 第三声音增强模块,它被配置成校正所述视在声场的感觉的宽度。

7. 如权利要求6所述的声音增强系统,其特征在于:所述第一声音增强模块还被配置成校正所述视在声场的感觉的垂直位置。

8. 如权利要求6所述的声音增强系统,其特征在于:所述第一声音增强模块包括左声道滤波器和右声道滤波器,前者用以对左信号通道中的声音进行滤波,后者被配置成对右信号通道中的声音进行滤波。

9. 如权利要求8所述的声音增强系统,其特征在于:所述左声道滤波器和所述右声道滤波器被这样配置,以便根据与声源的垂直位置有函数关系的人听觉系统的频率响应的变化,对所述左右声道进行滤波。

25 10. 如权利要求8所述的声音增强系统,其特征在于:所述左声道滤波器和所述右声道滤波器被配置成相对于较高频率、加重较低频率。

11. 如权利要求 6 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述第二声音增强模块被配置成相对于较高频率、加重较低频率的部分。

12. 如权利要求 6 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述第二声音增强模块被配置成接收多个输入信号，并且相对于所述输入信号的较高频率，加重所述输入信号的较低频率的共模部分。

13. 如权利要求 6 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述第二声音增强模块包括：

第一组合器，它被配置成将左声道信号的至少一部分与右声道信号的至少一部分组合，从而产生组合信号；

10 滤波器，它被配置成选择所述组合信号的一部分而产生滤波信号；

可变增益模块，它被配置成响应所述滤波信号的包络，调整所述滤波信号，从而产生低音增强信号；

15 第二组合器，它被配置成将所述低音增强信号的至少一部分与所述左声道信号组合；以及

第三组合器，它被配置成将所述低音增强信号的至少一部分与所述右声道信号组合。

14. 如权利要求 10 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述可变增益模块包括扩展器。

20 15. 如权利要求 10 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述可变增益模块包括压缩器。

16. 如权利要求 6 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述第三声音增强模块被配置成接收包括左声道输入和右声道输入的输入信号，所述第三声音增强模块还被配置成响应所述输入信号的共模部分、提供共模特性，以及响应所述输入信号的差模部分、提供差模特性。

17. 如权利要求 6 所述的声​​音增强系统，其特征在于：所述第三声音增强模块被配置成提供共模传递函数和差模传递函数。

18. 如权利要求 17 所述的声增强系统，其特征在于：所述差模传递函数相对于较高频率加重较低频率。

19. 如权利要求 17 所述的声增强系统，其特征在于：所述差模传递函数被配置成对第一频带中的频率分量提供第一去加重，对第二频带中的频率分量提供第二去加重，对第三频带中的频率分量提供第三去加重，以及对第四频带中的频率分量提供第四去加重，所述第一频带低于所述第二频带，所述第二频带低于所述第三频带，所述第三频带低于所述第四频带，所述第二去加重小于所述第一去加重和所述第三去加重。

20. 一种增强音频声音、从而改善所感觉的声场和改善所感觉的所述声音的低音分量的方法，它包括如下操作：

对声音信号进行高度校正，从而提高由多个扬声器再现的视在声场的感觉的高度；

对声音信号进行低音增强，增强所感觉的所述扬声器的低音响应；

对多声道声音信号进行宽度校正，拓宽所述多声道声音信号产生的视在声场的感觉的宽度。

21. 如权利要求 21 所述的方法，其特征在于：所述高度校正操作包括对所述声音信号进行滤波，从而改变听者所听到的所述视在声场的感觉的垂直位置。

22. 如权利要求 21 所述的方法，其特征在于：所述高度校正操作包括对左信号通道中的信号进行滤波和对右信号通道中的信号进行滤波的操作。

23. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：所述滤波操作包括根据人听觉的垂直空间频率响应的变化、调整所述左信号通道和所述右信号通道的频率分量。

24. 如权利要求 22 所述的方法，其特征在于：所述滤波操作包括相对于较高频率加重较低频率。

25. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于：所述低音增强操作包括相对于较高频率加重较低频率的部分。

26. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于：所述低音增强操作包括相对于多声道输入信号的较高频率、加重所述多声道输入信号的
5 较低频率的共模部分。

27. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述低音增强操作包括如下操作：

将左声道信号的至少一部分与右声道信号的至少一部分组合，从而产生组合信号；

10 对所述组合信号进行滤波，从而产生滤波信号；

根据所述滤波信号的包络放大所述滤波信号，从而产生低音增强信号；

将所述低音增强信号的至少一部分与所述左声道信号组合；以及
将所述低音增强信号的至少一部分与所述右声道信号组合。

15 28. 如权利要求 27 所述的方法，其特征在于：所述放大操作包括压缩增高时段内的所述滤波信号。

29. 如权利要求 27 所述的方法，其特征在于：所述放大操作包括扩展衰减时段内的所述滤波信号。

30. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于，所述宽度增强操作
20 包括以下的操作：识别所述多声道声音信号的共模部分，并根据共模特性调整所述共模部分；以及识别所述多声道声音信号的差模部分，并根据差模特性调整所述差模部分。

31. 如权利要求 20 所述的方法，其特征在于：所述宽度增强操作包括对所述多声道声音信号运用共模传递函数和应用差模传递函数。

25 32. 如权利要求 31 所述的声音增强系统，其特征在于：所述运用差模传递函数的操作包括相对于较高频率加重较低频率的操作。

33. 如权利要求 31 所述的声音增强系统，其特征在于所述运用差模传递函数的操作包括：

根据第一去加重值去加重第一频带中的频率分量;

根据第二去加重值去加重第二频带中的频率分量, 所述第二频带的频率高于所述第一频带的频率;

5 根据第三去加重值去加重第三频带中的频率分量, 所述第三频带的频率高于所述第二频带的频率, 所述第二去加重值相对小于所述第一去加重值和所述第三去加重值; 以及

根据第四去加重值去加重第四频带中的频率分量, 所述第四频带的频率高于所述第三频带的频率, 所述第四去加重值相对小于所述第一去加重值和所述第三去加重值。

10 34. 一种声音增强系统, 它包括:

高度校正器, 用于校正视在声场的感觉的高度;

低音增强器, 用于增强声音信号的低音响应;

宽度校正器, 用于校正所述视在声场的感觉的宽度。

35. 一种声音增强系统, 它包括:

15 高度校正器, 用于校正视在声场的感觉的高度;

用于增强声音信号的低音响应的装置;

宽度校正器, 用于校正所述视在声场的感觉的宽度。

36. 一种声音增强系统, 它包括:

高度校正器, 用于校正视在声场的感觉的高度;

20 低音增强器, 用于增强低音响应;

用于校正所述视在声场的感觉的宽度的装置。

声校正装置

5 发明领域

本发明一般涉及音频增强系统，尤其是为提高立体声再现的真实感而设计的一些系统和方法。更具体地说，本发明涉及用来克服听者所感觉到的音响系统的声成像和频率响应缺陷的装置。

10 发明背景

在声音再现环境中，有各种各样的因素可起作用而降低收听者所感觉的再现声音的质量。这些因素致使再现声音与原声场(sound stage)的声音截然不同。一个此类因素是声场中扬声器的位置，如果位置设置得不合适，可能导致音频频谱上的声压响应特性失真。扬声器的布置还影响声场的感觉宽度。例如，扬声器作为点声源，限制了它们再现现场声舞台中易于感觉到的混响声的能力。实际上，许多音频再现系统中所感觉的声场宽度仅限于置于听者前方的一对扬声器分开的距离。另一个降低再现声音质量的因素可能来自于传声器，它以与人的听觉系统感觉声音的方式不同的方式记录声音。在为了克服这些降低再现声音质量的因素的尝试中，人们付出了无数努力，不断修改声音再现环境的特征来模拟听者在现场声舞台中听到的声音。

在增强立体声成像方面的某些努力已经集中于人耳的听觉能力和局限上。人耳的听觉反应对声强、某些声音之间的相差、声音本身的频率以及发出声音的方向很敏感。尽管人的听觉系统很复杂，但是人与人之间，人耳的频率反应是相对稳定的。

当在所有频率上具有稳定声压电平的声波从单一位置指向听者时，人耳对于该声音的各个频率分量将有不同反应。例如，当等声

压的声音从听者前方传向该听者时，1000 赫兹的声音在该听者耳中产生的声压级将不同于 2000 赫兹声音产生的声压级。

5 除对频率的敏感性之外，人的听觉系统对从不同角度冲击人耳的声音反应不同。具体来说，人耳内的声压电平将随声音的方向而变化。外耳或耳廓以及内耳道的形状大部分负责随方向而改变的声音的频率仿形(contouring)。

人的听觉响应对声源的方位和高度变化都很敏感。对于复杂的声音信号，即，具有多个频率分量的信号尤其如此，一般对于较高频率的分量较为敏感。耳内频率分量中的声压变化通过大脑解释，
10 提供对声音源头的指示。因此当再现录制的声音时，如耳根据声压信息所解释的，对声音源头的方向指示将取决于再现该声音的扬声器的实际位置。

听者的耳朵可以从直接设置在该听者前方的扬声器获得稳定的声压电平，即“平坦”的声压-频率响应特性。这种响应特性常常是达到逼真声像所需要的。但是，一组扬声器的质量可能比理想的稍逊，而且它们可能没有被设置在最理想的声学位置。这两种因素都常常导致破坏的声压特性。现有技术的音响系统已公开一些方法，
15 用于“校正”从扬声器发出的声压，而产生空间上校正的响应，从而改进所产生的声像。

20 为了对给定音响系统实现更佳空间上校正的响应，已知的是，对音频信号选择和运用头部相关传递函数(HRTF)。HRTF 是基于人听觉系统的声学效果的。HRTF 的应用被用于调整音频信号的各部分的振幅，从而补偿空间性的失真。基于 HRTF 的原理还可用于重新定位从非最优化放置的扬声器产生的立体声像。

25 第二种缺点也常常出现，因为充分地再现低频声音、如低音较难。提高低频声音的输出的各种常规方法包括采用具有更大纸盆面积、更大磁体、更大箱体或更大纸盆振动能力的较高品质的扬声器。此外，常规系统尝试利用共振腔和喇叭再现低频声音，使扬声器的

声阻抗与环绕扬声器的空闲空间的声阻抗匹配。

5 但是，不是所有的系统都可以简单地利用更昂贵或功能更强大的扬声器来再现低频声音。例如，某些常规音响系统、如小型音频系统和多媒体计算机系统都采用小型的扬声器。此外，为了节省成本，许多音频系统采用精度较差的扬声器。此类扬声器通常不具有良好地再现低频声音的能力，因此此类音响通常比不上更精确再现低频声音的系统强劲或欣赏效果好。

10 某些常规增强型系统尝试通过在信号输入扬声器之前放大低频信号来补偿低频声音的不良再现。放大低频信号把大量的能量送到扬声器，从而以更大的力驱动扬声器。但是，这种放大低频信号的尝试会导致过度驱动扬声器。不幸的是，过度驱动扬声器会增加背景噪声，产生令人心烦的失真，以及损坏扬声器。

再一种常规系统，在尝试补偿低频的不足时，因添加了不期望的声染色而令高频再现失真。

15 第三种困难产生是因为从多个位置发出的声音常常无法适当地在音频系统中再现。一种改善声音再现的方法包括具有多个记录轨迹的环绕声系统。利用多个记录轨迹来记录与从多个位置发出的声音相关联的空间信息。

20 例如，在环绕声系统中，某些记录轨迹包含来源于听者前方的声音，同时另一些记录轨道包含从该听者背后发出的声音。当在听者周围设置多个扬声器时，记录轨迹中所含的音频信息就会使再现的声音让听者觉得更逼真。但是，这种系统通常比不采用多个记录轨迹和多个扬声器设置的系统昂贵。

25 为了节省成本，许多常规的双扬声器系统尝试通过在左右信号源之间引入非自然的时延或相移来模拟环绕声效果。遗憾的是，这种系统常常在再现声音中会遇到不真实的效果。

另一种常用的音效增强技术作用于所谓“和”和“差”信号上。和信号也称为单声道信号，是左右信号之和。这可以概念化为叠加

或组合左右信号(L+R)。

另一方面，差信号表示左右音频信号之差。它最恰当地被概念化为从左信号减去右信号(L-R)。差信号也常常被称为环境信号。

5 众所周知，修改差信号中的某些频率可以拓宽所感觉的从左右扬声器投射出的声音。所拓宽的声像通常通过改变存在于差信号中的混响声音获得。

但是，产生和信号和差信号的电路通过处理左右输入信号来产生所述和信号和差信号。再者，一旦电路产生和信号和差信号，附加电路就分别处理和重新组合和信号和差信号，以便产生实现增强
10 的音效。

通常，和信号和差信号的生成和处理是利用数字信号处理器以及运算放大器等来实现的。这种实现一般需要复杂的电路，从而增加了这种系统的成本。因此，尽管现有技术有种种改善，但是仍存在对简化的、降低与产生增强的听觉效果有关的成本的音频增强系
15 统的需要。

发明概要

本发明通过提供一种信号处理技术来解决这些和其它问题，所述技术显著地改善了音频系统的声像大小、低音性能以及动态特性，
20 使听者置身于音频表演的动人和震撼的表现中。它改善了对各种应用、包括计算机、多媒体、电视、轻便型收录机、汽车、家庭音响系统以及便携式音频系统的听觉体验。在一个实施例中，声音校正系统对扬声器的外在布置、扬声器所生成的声像以及扬声器所产生的低频响应特性进行校正。在一个实施例中，声音校正系统增强由
25 两个或两个以上的扬声器再现的声音的空间和频率响应特性。所述声音校正系统包括声像校正模块，校正扬声器所再现的声音的听者所感觉到的垂直声像；低音增强模块，改善听者所感觉到的扬声器的低音响应特性；以及声像增强模块，增强听者所感觉的视在声场

的水平声像。

5 在一个实施例中，采用三种处理技术。采用头部相关传递函数(HRTF)来均衡用于定位扬声器边界外的声音的空间信号。这些 HRTF 校正曲线说明大脑如何感觉声音到听者各侧的位置，甚至在通过听者前方的扬声器播放时。因此，外加包围该空间的间接和反射的声音，乐器和歌手的表现出现在适当的位置。第二组 HRTF 校正曲线扩展和提升立体声像的视在尺寸，使得声场宽度比扬声器的位置呈现巨大比例。最后，通过心理声学技术增强低音性能，该技术通过

10 声校正系统和相关的操作方法提供一种尖端而有效的系统，用以改善不良再现环境中的垂直、水平和频谱声像。在一个实施例中，所述系统首先校正扬声器产生的垂直声像，然后增强低音，最后校正水平声像。垂直声像增强通常包括声音的较低频率部分的某些增强，而由此在低音增强之前提供的垂直增强对低音增强处理的整体效果产生影响。低音增强对立体声信号中低频信息的左右部分的共有部分(共模)提供某种混合。相反，水平声像增强对左右部分之间的差(差模)提供某种增强和整形。由此，在一个实施例中，在水平声像增强之前有利地提供低音增强，以便平衡立体声信号的共模和差模部分，从而产生对听者而言悦耳的效果。

20 为了在垂直面上实现改善的立体声像，声像校正装置将输入信号分成共同包含基本所有音频频谱的第一和第二频率范围。第一和第二频率范围内的输入信号的频率响应特性被分别校正和组合，从而产生具有对听者而言相对平滑的频率响应特性的输出信号。频率校正、即声能校正的电平取决于再现环境，而且适用于克服这种环境的声学限制。声校正装置的设计使得在各个频率范围内可以容易地和独立地进行输入信号的校正，从而实现空间校正和重定位的声像。

25 在音频再现环境内，扬声器可能处于不合适的位置，从而不利

地影响了听者所感觉到的声像。例如，耳机常常产生不悦耳的声像，因为换能器紧靠着听者的耳朵。本发明的声校正装置重新将声像定位于更合意的视在位置。

5 通过应用声校正装置，可以在空间上校正由音频信号的播放所产生的立体声像，从而传送其垂直和/或水平位置不同于扬声器位置的感觉来源。听者所感觉到的确切来源将取决于空间校正的程度。

一旦通过空间失真的校正获得感觉到的声源，就可以增强校正的音频信号以提供扩展的立体声像。根据一个实施例，重新定位的声像的立体声像增强考虑到人听觉的声学原理，从而使听者置身于逼真的舞台中。在聆听位置相对固定的那些声音再现环境(如汽车内部、多媒体计算机系统、书架扬声器系统等)中，施加于音频信号的立体声像增强的量部分是由扬声器相对于听者的实际位置来确定的。

15 在不再现某些低频声音的扬声器中，本发明创造出确实存在丢失的低频声音的错觉。因此，听者感觉到比该扬声器实际可以准确再现的频率低的低频。这种错觉效果是通过以独特的方式利用人的听觉系统处理声音的方式来实现的。

20 本发明的一个实施例利用听者在心理上感觉音乐或其它声音的方式。声音再现的处理并非仅限于扬声器所产生的声能，而是还包括听者的耳朵、听觉神经、大脑以及思维过程。听觉开始于耳朵和听觉神经系统的动作。人耳可以被看作一个精密翻译系统，它接收声学振动，将这些振动转换为神经冲动，最后转换为声音的“感觉”或感知。

25 本发明的一些实施例有利地利用了人耳处理低频声音的泛音和和声的方式，从而创造出从扬声器正发出并不存在的低频声音的感觉。在一些实施例中，较高频带中的频率被选择性地处理，从而创造低频信号的错觉，而在另一些实施例中，利用多个滤波器功能对某些较高频带进行了修改。

此外，本发明的一些实施例被设计成提高流行音频节目素材(如音乐)的低频增强。大多数音乐在和声上较为丰富。因此，这些实施例可以修改各种各样的音乐类型，以便利用人耳处理低频声音的方式。有利的是，可以处理现有格式的音乐以产生期望的效果。

5 此新方法产生许多明显的优点。因为听者感觉到并非实际存在的低频声音，所以减少了对大型扬声器、更大纸盆摆动幅度或增加喇叭的需要。因此，在一个实施例中，小扬声器可以让人觉得它们象是发出较大扬声器的低频声音。如所能预期的，本实施例在对于大扬声器而言太小的声音环境中产生低频音的感觉、如低音。通过
10 创造大扬声器产生增强的低频声音的感觉，使大扬声器同样受益。

此外，利用本发明的一个实施例，手持和便携式音响系统中的小扬声器可以创造低频声音的更具欣赏性的感觉。因此，听者不需要为便携性而牺牲低频声音的质量。

在本发明的一个实施例中，低成本的扬声器创造低频声音的错觉。许多低成本扬声器不能充分再现低频声音。取代采用昂贵的扬声器机箱、高性能的元件和大磁体来实际地再现低频声音，一个实施例采用较高频率的声音来创造低频声音的错觉。因此，可以采用
15 低成本的扬声器来创造更逼真和强劲的视听体验。

再者，在一个实施例中，低频声音的错觉创造了一种增加声音
20 的逼真感的更高视听体验。因此，取代许多低成本的现有技术的系统中存在的模糊不清或摇晃的低频声音的再现，本发明的一个实施例再现感觉更准确和清晰的声音。这种低成本音频和视听装置可以包括例如收音机、移动音频系统、计算机游戏、扬声器、小型光盘(CD)播放器、数字万能光盘(DVD)播放器、多媒体显示装置、计算机声卡
25 等。

在一个实施例中，创造低频声音的错觉需要的能量比实际再现低频声音要少。因此，使用电池工作、运行于低功率环境、小扬声器、多媒体扬声器、耳机等的系统可以创造低频声音的错觉，而不

会象仅仅放大或升高低频声音的系统那样消耗那么多的宝贵能量。

5 本发明的另一些实施例利用专门的电路创造低频信号的错觉。这些电路比现有技术的低频放大器简单，因此降低了制造成本。有利的是，这些花费的成本低于增加复杂电路的现有技术的声音增强装置。

本发明的再一个实施例依靠实现所公开的低频增强技术的微处理器。在某些情况中，现有的处理音频的元件可以被重新编程，以便实现本发明的一个或多个实施例所公开的独特低频信号增强技术。因此，显著降低了将低频增强添加到现有系统的成本。

10 在一个实施例中，声音增强装置从主机系统接收一个或多个输入信号，而产生一个或多个增强的输出信号。具体来说，两个输入信号经处理而提供一对频谱上增强的输出信号，当通过扬声器播放和被听者听到时，会产生扩展的低音感。在一个实施例中，低频音频信息以不同于高频音频信息的方式被修改。

15 在一个实施例中，声音增强装置接收一个或多个输入信号，而产生一个或多个增强的输出信号。具体来说，输入信号包括具有第一频率范围和第二频率范围的波形。输入信号经处理而提供增强的输出信号，这样，当通过扬声器播放和被听者听到时，产生扩展的低音感。此外，该实施例可以不同于第二频率范围中的信息的方式修改第一频率范围中的信息。在一些实施例中，第一频率范围可以是对于所需的扬声器来说太低而无法再现的低音频率，而第二频率范围可以是该扬声器可以再现的中低音频率。

20 一个实施例以不同于两个声道所不共有的能量的方式，修改两个立体声通道所共有的音频信息。两个输入信号所共有的音频信息被称为组合信号。在一个实施例中，增强系统在频谱上对组合信号的相位和频率的振幅进行整形，以便降低可能由高振幅输入信号引起的削波，而不会消除音频信息的立体声感。

如以下更详细讨论的，声音增强系统的一个实施例利用各种滤

波器在频谱上对组合信号整形以产生增强的信号。通过增强组合信号内的所选频带，该实施例提供比实际扬声器带宽更宽的感觉的扬声器带宽。

5 声音增强装置的一个实施例包括用于两个立体声声道的前馈信号路径和用于组合信号路径的三个并联的滤波器。四个并联滤波器中的每一个都包括由三个串联的双二次滤波器组成的六阶带通滤波器。这四个滤波器的传递函数是专门选择的，提供对音频信号的低频内容的各种和声的相位和/或振幅整形。这种整形意外地增加了通过扬声器播放时感觉的音频信号带宽。在另一个实施例中，六阶滤波器被较低阶的 Chebychev 滤波器代替。

15 因为频谱整形是对组合信号进行的，然后后者与前馈路径中的立体声信息组合，所以组合信号中的频率可以被改变，从而影响两个立体声通道，某些频率范围中的一些信号从一个立体声通道耦合到另一个立体声通道。由此，各种实施例以完全独特、新颖以及意外的方式创造增强的音频声音。

而声音增强装置又可以连接到一个或多个后续的信号处理级。这些后续级可以实现改善的声场或空间处理。输出信号还可以被导入其它音频装置，如记录装置、功率放大器、扬声器等，而不会影响声音增强装置的操作。

20 本发明还提供一种独特的差动透视校正系统以改善声场的水平方面。差动透视校正系统以完全不同于其它声音增强装置的方式增强声音。这种透视校正系统实施例可以有利地用于在各种低成本音频和视听装置中增强声音，例如，这些装置可以包括收音机、移动音频系统、计算机游戏、多媒体显示装置等。

25 一般地说，这种差动透视校正装置从主机系统接收两个输入信号，然后产生两个增强的输出信号。具体来讲，两个输入信号经统一处理而提供一对在空间上校正的输出信号。此外，一个实施例以不同于两个输入信号所不共有的音频信息的方式修改两个输入信号

共有的音频信息。

两个输入信号共有的音频信息称为共模信息或共模信号。共模音频信息与和信号不同之处在于，它不是包含输入信号之和，而是只包含在任何给定时刻两个输入信号中都存在的音频信息。

5 相反，并非两个输入信号共有的音频信息称为差动信息或差动信号。虽然以不同于共模信息的方式处理差动信息，但是差动信息不是离散信号。如以下要详细讨论的，差动透视校正装置利用各种滤波器在频谱上对差动信号进行整形，从而产生均衡的差动信号。通过均衡差动信号内的所选频带，差动透视校正装置拓宽了从设在
10 听者前方的一对扬声器投射的听觉的声像。

因为分频阻抗网络均衡差动输入中的频率范围，可以改变差动信号中的频率，而不影响共模信号中的频率。因此，以完全独特和新颖的方式增强了音频声音。

15 附图简介

结合以下附图，通过下面给出的本发明的特定描述，本发明的上述和其它方面、特点和优点会变得显而易见。

图 1 是立体声像校正系统的框图，它以可操作方式连接到用于根据一对输入立体声信号产生逼真立体声像的立体声增强系统和低音增强系统。
20

图 2 是包括立体声接收器和两个扬声器的立体声系统的示意图。

图 3 是典型的多媒体计算机系统的示意图。

图 4A 是音频再现系统的期望声压 - 频率特性的图形表示。

图 4B 是对应于第一音频再现环境的声压 - 频率特性的图形表示。
25

图 4C 是对应于第二音频再现环境的声压 - 频率特性的图形表示。

图 4D 是对应于第三音频再现环境的声压 - 频率特性的图形表

示。

图 5 是能量校正系统的示意性框图，它以可操作方式连接到用于根据一对输入立体声信号产生逼真立体声像的立体声像增强系统。

5 图 6A 是根据一个实施例的低频校正系统所提供的各级信号修改的图形表示。

图 6B 是根据一个实施例的用于提升音频信号的高频分量的高频校正系统所提供的各级信号修改的图形表示。

10 图 6C 是根据一个实施例的用于减弱音频信号的高频分量的高频校正系统所提供的各级信号修改的图形表示。

图 6D 是复合能量校正曲线的图形表示，它说明用于重新定位立体声像的声压校正的可能范围。

图 7 是施加于音频差信号以实现变化的立体声像增强量的各级均衡的图形表示。

15 图 8A 是说明听者从设在第一位置的扬声器听到的声音感觉的和实际的源头的示意图。

图 8B 是说明听者从设在第二位置的扬声器听到的声音感觉的和实际的源头的示意图。

图 9 是典型小扬声器系统的频率响应特性的曲线图。

20 图 10 说明由两个离散的频率表示的实际的信号频谱和感觉的信号频谱。

图 11 说明由连续频谱表示的实际的信号频谱和感觉的信号频谱。

图 12A 说明调制载波的时间波形。

25 图 12B 说明检波器进行检波之后图 12A 的时间波形。

图 13A 是具有低音增强处理功能的声音系统的框图。

图 13B 是将多个通道组合成单个低音通道的低音增强处理器的框图。

图 13C 是单独处理多个通道的低音增强处理器的框图。

图 14 是为低音增强功能提供可选频率响应特性的系统的信号处理框图。

5 图 15 是图 14 所示的信号处理示意图中所用的带通滤波器的传递函数的曲线图。

图 16 是表示穿通(punch)系统的时间振幅响应特性的时域曲线图。

10 图 17 是表示乐器演奏的典型低音音符的信号和包络部分的时域曲线图，其中所述包络示出增高部分、衰减部分、持续部分和释放部分。

图 18 是利用峰值压缩器和低音穿通系统提供低音增强的系统的信号处理框图。

图 19 是说明峰值压缩器对具有快速增高的包络的影响的时域曲线图。

15 图 20 是立体声像(差动透视)校正系统的概念框图。

图 21 是不导出明确的和信号和差信号的立体声像(差动透视)校正系统的框图。

图 22 说明差动透视校正系统的共模增益的图形表示。

20 图 23 是差动透视校正系统的整体差动信号均衡曲线的图形表示。

图 24 是可以在单个芯片上实施的音效增强系统的一个实施例的框图。

图 25A 是适用于图 24 中所示系统的垂直声像增强块的左声道的示意图。

25 图 25B 是适用于图 24 中所示系统的垂直声像增强块的右声道的示意图。

图 26A 和图 26B 是适用于图 24 中所示的系统的低音增强块的示意图。

图 27 是适用于图 26 中所示的低音增强系统的滤波器系统的示意图。

图 28 是适用于图 26A 和图 26B 中所示的低音增强系统的压缩器系统的示意图。

5 图 29 是适用于图 24 中所示系统的水平声像增强块的示意图。

图 30 是可以用作立体声像增强系统的差动透视校正系统的示意图。

图 31 表示利用一个分频网络的差动透视校正系统。

图 32 是利用两个分频网络的差动透视校正装置的示意图。

10 图 33 表示允许用户改变整体差动增益量的差动透视校正装置。

图 34 说明允许用户改变共模增益量的差动透视校正装置。

图 35 说明差动透视校正装置，它具有位于差分对的晶体管的发射极之间的第一分频网络和位于差分对的集电极之间的第二分频网络。

15 图 36 说明具有输出缓冲器的差动透视校正装置。

图 37 说明声像增强系统的六运算放大器形式。

图 38 是声校正系统的软件实施例的框图。

图 39 是图 38 所示框图所用的 40 赫兹带通滤波器的传递函数的曲线图。

20 图 40 是图 38 所示框图所用的 60 赫兹带通滤波器的传递函数的曲线图。

图 41 是图 38 所示框图所用的 100 赫兹带通滤波器的传递函数的曲线图。

25 图 42 是图 38 所示框图所用的 150 赫兹带通滤波器的传递函数的曲线图。

图 43 是图 38 所示框图所用的 200 赫兹带通滤波器的传递函数的曲线图。

图 44 是图 38 所示框图所用的低通滤波器的传递函数的曲线图。

详细描述

图 1 是声校正装置 120 的方框图，它包括串联的立体声像校正系统 122、低音增强系统 101 以及立体声像增强系统 124。声像校正系统 122 向低音增强单元 101 提供左立体声信号和右立体声信号。
5 低音增强单元将左右立体声信号输出到立体声像增强装置 124 的各左右输入端。立体声像增强系统 124 处理这些信号并提供左输出信号 130 和右输出信号 132。输出信号 130 和 132 又可以被连接到某些其他形式的信号调节系统，或者它们可以被直接连接到扬声器或耳机(未示出)。

10 当连接到扬声器时，校正系统 120 对扬声器的放置、扬声器所生成的声像以及扬声器所产生的低频响应特性的缺陷进行校正。声校正系统 120 增强扬声器所再现的声音的空间和频率响应特性。在音频校正系统 120 中，声像校正模块 122 校正扬声器所再现的视在声场的听者所感觉的垂直声像，低音增强模块 101 改善声音的听者
15 所感觉到的低音响应特性，以及声像增强模块 124 增强视在声场的听者所感觉的水平声像。

校正装置 120 通过对声音再现环境中的缺陷和扬声器的缺陷进行补偿来改善扬声器再现的声音。装置 120 通过对再现环境中的扬声器的定位进行补偿来改善原声场的再现。声场再现以如下方式进行改善：同时增强声频频谱上水平方面和垂直方面的视在(即再现的)声场。装置 120 对在现场舞台中易于感受到的混响声有利地进行修改，使得再现环境中听者也感受到混响声，即使扬声器只起到能力有限的点声源的作用。装置 120 还对传声器常以不同于人的听觉系统感受声音的方式记录声音的情况进行补偿。装置 120 利用滤波器
20 和模拟人的听觉的传递函数来校正传声器所生成的声音。

25 声音系统 120 利用人的听觉响应的特征来调整复杂声音的视在方位和高程点。这种校正为听者的大脑所利用，从而提供声源的指示。校正装置 120 还对放置得不是太理想的扬声器、如不在最佳音

效位置上的扬声器进行校正。

为了使给定声音系统达到更佳空间上的校正响应特性，声校正装置 120 利用头部相关传递函数(HRTF)的某些方面，并配合声音信息的频率响应特性整形来校正两个扬声器的位置设置，校正声场的
5 视在宽度和高度，以及校正扬声器的低频响应的不足。

因此，即使扬声器的位置稍稍不理想，以及扬声器本身不足以良好地再现期望的声音，声校正装置 120 也为听者提供更自然和更逼真的声场。

该校正装置所提供的各种声音校正被以这样的次序提供，使得
10 后续的校正不干扰前面的校正。在一个实施例中，以所期望的次序提供这些校正，使得装置 120 所提供的前期校正增强和协助了装置 120 所提供的后续校正。

在一个实施例中，校正装置 120 利用改善的低音响应特性模拟环绕声系统。校正装置 120 创造多个扬声器围绕听者设置的错觉，
15 并为多个扬声器布置提供多个记录轨迹中所含的音频信息。

声校正系统 120 提供一种尖端而有效的系统，用以改善有缺陷的再现环境中的垂直、水平和频谱声像。声像校正系统 122 首先校正扬声器所产生的垂直声像，然后低音增强系统 101 以这样的方式调整声音信号的低频分量，即增强不具有足够低频再现能力的小扬
20 声器的低频输出，最后，声像增强系统 124 校正水平声像。

声像校正系统 122 所提供的垂直声像增强通常包括声音较低频率部分的一些加重，并由此在低音增强系统 101 影响低音增强处理的整体效果之前提供垂直增强。低音增强系统 101 提供立体声信号中低频信息的左右部分的公共部分(共模)的某种混合。相比之下，声
25 像增强系统 124 所提供的水平声像增强提供对该信号左右部分之间的差(差模)的增强和整形。由此，在校正系统 120 中，最好在水平声像增强之前提供低音增强，以使平衡立体声信号的共模部分和差模部分，从而得到令听者愉悦的效果。

如上所公开的，立体声像校正系统 122、低音增强系统 101 以及
立体声声像增强系统 124 相配合以克服声音再现环境的声学缺陷。
声音再现环境可能象剧院设施一样大，也可能如便携式电子键盘一
样小。声校正装置还为多媒体计算机系统(参见例如 附图 3)、家庭音
5 响、电视机、耳机、便携收录机、汽车等提供极大益处。

图 2 表示具有接收器 220 的立体声音频系统。接收器 220 向左
扬声器 246 提供左声道信号而且向右扬声器 247 提供右声道信号。
或者，接收器 220 可以替换为电视机、便携式立体声系统(例如便携
式收录机)、收音机闹钟等。接收器 220 还向耳机 250 提供左右声道
10 信号。听者(用户)248 可以利用耳机 250 或扬声器 246 和 247 听左右
声道信号。声校正装置 120 可以利用接收器 220 中的模拟器件来实
现，或者通过在接收器 220 中的数字信号处理器(DSP)上运行的软件
来实现。

扬声器 246 和 247 常常并未设置在最佳的位置上来为用户提供
15 所期望的立体声像，因此，降低了听者的收听愉悦度。同样地，耳
机、如耳机 250 常常会产生不悦耳的声音，因为耳机靠近耳朵，而
不是位于听者的前方。再者，许多小型书架扬声器、多媒体扬声器
以及耳机的低频响应特性都不好，从而进一步降低听者的收听愉悦
度。接收器 220 内的声校正装置(或软件)120 校正左右信号以便在通
20 过扬声器 246 和 247 或耳机 250 再现时产生更悦耳的声音。在一个
实施例中，接收器 220 包括控制器(如图 38 中的宽度控制器 3846 和/
或图 38 中的低音控制器 3827)，从而使听者 248 可以根据听者 248
所听的是扬声器 246 和 247 还是耳机 250 来调整左右声道中产生的
声音。

25 图 3 表示典型的计算机音频系统 300，它可以利用本发明的实施
例来改善扬声器 246 和 247 所产生的音频性能。扬声器 246 和 247
通常与计算机装置 304 中的声卡(未示出)连接。声卡可以是任何产生
音频输出的计算机接口卡，包括收音机卡、电视频道选择卡、

PCMCIA(个为计算机存储卡国际协会)卡、内置调制解调器、插式数字信号处理器(DSP)卡等。计算机 304 使声卡生成由扬声器 246 转换成声波的音频信号。

5 图 4A 说明在音频再现环境内听者外耳处出现的期望的频率响应特性的图形表示。曲线 460 是以分贝为单位测得的声压电平(SPL)对频率的变化。如图 4A 所示,声压电平对所有声频是相对恒定的。曲线 460 可以由直接布置在听者前方、大约与耳朵持平的位置的一对理想的扬声器对粉红噪声的再现来得到。粉红噪声指的是在每倍频程有相等能量的音频频谱上发出的声音。实际上,曲线 460 的平滑
10 频率响应可能随扬声器系统的固有声学限制而波动。

曲线 460 表示经听者的耳朵处理之前所存在的声压电平。再次参考图 2,当扬声器分开且通常放置在听者 248 前方时,曲线 460 所表示的平滑频率响应特性与向听者 248 发出的声音一致。人耳通过将其自己的听觉响应特性运用于声音信号来处理,如曲线 460 所表示的
15 这种声音。人的听觉响应特性由耳朵的外耳廓和内耳道决定。

遗憾的是,许多家庭和汽车声音再现系统的频率响应特性并不提供图 4A 所示的期望特征。相反,扬声器可能被布置在音效不理想的位置以适应其它人机工程方面的需求。可能仅仅扬声器 246 和 247 相对于听者 248 的位置就可能在频谱上使从扬声器 246 和 247 发出的
20 声音失真。再者,视听环境中的物体和表面可能导致最终的声音信号被吸收或振幅失真。这种吸收作用往往在较高频率中是常见的。

由于频谱和振幅都失真,听者 248 所感受的立体声像在空间上失真,从而产生非期望的听觉体验。图 4B-4D 通过图形说明各种声音再现系统和听音环境的空间上失真的程度。图 4B-4D 所说明的失真特性表示位于听者耳朵附近的以分贝为单位测得的声压电平。
25

图 4B 的频率响应曲线 464 在约 100 Hz 以上频率处声压电平下降。曲线 464 表示由安装于听者下方的、含有高低音喇叭的扬声器产生的可能的声压特性。例如,假定图 2 的扬声器 246 含有高音喇

叭，只通过这种扬声器 246 播放的音频信号可能呈现图 4B 的响应。

与下降曲线 464 相关的具体斜率会变化，可能不完全是直线，这随视听区域、扬声器的质量以及视听区域内扬声器的具体放置而定。例如，具有相对较硬表面的视听环境会比具有相对较软表面(例如布、地毯、吸音瓦等)的视听环境更多地反射音频信号，特别是较高的频率。频谱失真的程度将随扬声器布置得远离听者而变化。

图 4C 是声压-频率特性 468 的图形表示，其中音频信号的第一频率范围已在频谱上失真，但是这些信号的较高频率范围没有失真。特征曲线 468 可以由如下扬声器布置来实现：中低频扬声器布置在听者下方，高频扬声器布置在听者耳朵水平线附近。由特征曲线 468 得到的声像将具有位于图 2 的听者 248 之下的低频分量和位于听者耳朵水平线附近的高频分量。

图 4D 是声压-频率的特性 470 的图形表示，该特性在较低频率中声压电平降低而在较高频率中声压电平升高。特性 470 是如下实现的：中低频扬声器设置在听者下方，高频扬声器设置在听者上方。如图 4D 的曲线 470 所示，1000 Hz 以上频率的声压电平会显著高于较低频率，导致对附近听者来讲并不理想的音效。由特性曲线 470 得到的声像将具有位于图 2 的听者 248 下方的低频分量和位于听者 248 上方的高频分量。

图 4B - 4D 的音频特性表示可在通常的听者环境中获得的且被听者 248 听到的各种声压电平。图 4B-4D 的音频响应曲线仅仅是少数说明位于听者耳朵附近的音频信号如何因各种音频再现系统而失真的实例。任何给定频率上的频谱失真的确切程度变化很大，要视再现系统和再现环境而定。可以为视在仰角和方位坐标定义的扬声器系统生成视在位置，所述视在仰角和方位坐标是相对于固定的听者而言的，不同于实际扬声器位置。

图 5 是立体声像校正系统 122 的框图，它输入左右立体声信号 126 和 128。声像校正系统 122 通过有利地将声频频谱分成包含相对较低

5 频率的第一频率分量和包含相对较高频率的第二频率分量来校正各种声音系统的失真的频谱密度。各左右信号 126 和 128 由相应的低频校正系统 580 和 582 和 高频校正系统 584 和 586 分开处理。应该指出，在一个实施例中，校正系统 580 和 582 将在约 100 至 1000 赫兹的相对“低”的频率范围内工作，而校正系统 584 和 586 将在约 1000 至 10000 赫兹的相对“高”的频率范围内工作。这不是要与常用音频术语混淆，一般说来，低频指最高 100 赫兹的频率，中频指 100 至 4 千赫兹之间的频率，而高频指 4 千赫兹以上的频率。

10 通过将输入音频信号的较低频和较高频分量分离，可以在一个彼此独立的频率范围上进行声压电平的校正。校正系统 580、582、584 和 586 对输入信号 126 和 128 进行修改，以便对扬声器再现时输入信号的频谱和振幅失真进行校正。所得到的信号以及原始输入信号 126 和 128 在各自的求和节点 590 和 592 进行组合。所校正的左立体声信号 L_c 和校正的右立体声信号 R_c 沿输出端提供给低音增强单元 101。

15 提供给低音单元 101 的校正的立体声信号具有出现在听者 248 的耳朵处(如图 2 和图 3 所示)的平滑、即均匀的频率响应。这种在空间上校正的响应创造一个当通过图 2 或图 3 的扬声器 246 播放时似乎位于听者 248 正前方的视在声源。

20 一旦该声源通过音频信号的能量校正来适当定位之后，低音增强单元 101 就对扬声器 246 中的低频缺陷进行校正，并将校正低音后的左右声道信号提供给立体声增强系统 124。立体声增强系统 124 对立体声信号进行调节，拓宽水平从视在声源发出的立体声像。正如参考图 8A 和 8B 所讨论的，立体声像增强系统 124 可以通过立体声定向装置进行调整，从而对该声源的实际位置进行补偿。

25 在一个实施例中，该立体声增强系统 124 对左右立体声信号中存在的不同信号信息进行均衡。

从低音增强单元 101 提供的左右信号是通过增强系统 124 输入

的并被提供给差信号生成器 501 与和信号生成器 504。表示校正的左右输入信号的立体声内容的差信号(L_c-R_c)被在差信号生成器 501 的输出端 502 处提供, 而表示校正的左右输入立体声信号的和的和信号(L_c+R_c)是在和信号生成器 504 的输出端 506 产生的。

5 在输出端 502 和 506 的和信号与差信号分别被提供给可选的电平调整装置 508 和 510。装置 508 和 510 通常是电位器或类似的可变阻抗装置。装置 508 和 510 的调整通常以手动方式进行, 控制输出信号中的和信号与差信号的基准电平。这使得用户可以根据再现声音的类型和依据用户的个人喜好定制立体声增强的级别和方面。增加和信号的基准电平强调了设在一对扬声器之间的中央声场的音频信息。相反, 增加差信号的基准电平强调了创造更宽的声像感受的环境声音信息。在已知音乐类型和系统配置参数或者不能进行手动调整的某些音频设置中, 调整装置 508 和 510 可以免除要预定和固定和信号与差信号电平的要求。

10 装置 510 的输出被在输入端 522 馈送到立体声增强均衡器 520。均衡器 520 在频谱上对输入端 522 上的差信号进行整形, 如图 7 所示。

 整形的差信号提供给混合器 542, 后者也从装置 506 接收和信号。在一个实施例中, 立体声信号 594 和 596 还提供给混合器 542。
20 所有的这些信号都在混合器 542 中进行组合, 从而产生增强的且经空间校正的左输出信号 530 和右输出信号 532。

 虽然输入信号 126 和 128 通常表示已校正的立体声信号, 但是它们还可以由单声道声源以合成的方式生成。

声像校正特性

25 图 6A-6C 是为了获得根据一对立体声信号生成的重定位声像的“低”和“高”频校正系统 580、582、584、586 提供的空间校正电平的图形表示。

 先参考图 6A, 校正系统 580 和 582 所提供的可能的空间校正电

平由具有不同振幅-频率特性的曲线来说明。系统 580 和 582 所提供的校正或提升(boost)的最大电平(以 dB 为单位测得的)由校正曲线 650 表示。曲线 650 给出在约 100 Hz 和 1000 Hz 的第一频率范围内提升的增加电平。在 1000 Hz 以上的频率,提升电平保持在适当恒定的电平。曲线 652 表示接近于零的校正电平。

对于本专业的技术人员来说,典型的滤波器通常是由被截止频率分隔的频率的通带和阻带来特征化。图 6A-6C 的校正曲线虽然表示典型信号滤波器,但是可以按照通带、阻带和过渡带来特征化。根据图 6A 的特性设计的滤波器具有在大约 1000 Hz 以上的通带、在大约 100 和 1000 Hz 之间的过渡带以及约 100 Hz 以下的阻带。根据图 6B 和 6C 的滤波器具有在大约 10 kHz 以上的通带、约 1 kHz 与 10 kHz 之间的过渡带以及约 1 kHz 以下的阻带。在一个实施例中,滤波器是一阶滤波器。

正如从图 6A-6C 所见的,系统 580、582、584 和 586 所完成的音频信号的空间校正基本上在通带内是均匀的,但是在过渡带内很大程度上与频率相关。通过立体声像校正系统 622 的调整施加于音频信号的声校正量可以按照一个频率函数来改变,所述系统改变图 6A-6C 的过渡带斜率。由此,频率相关的校正被施加于 100 和 1000 赫兹之间的第一频率范围,并且施加于 1000 至 10,000 赫兹的第二频率范围。通过校正系统 580、662、584 和 586 的独立调整,出现无穷大数目的校正曲线是可能的。

根据一个实施例,高频立体声信号分量的空间校正出现在约 1000 Hz 和 10000 Hz 之间。这些信号分量的能量校正可以是正值、即提升,如图 6B 所示,也可以是负值、即衰减,如图 6C 所示。校正系统 584 和 586 所提供的提升范围的特征由最大提升曲线 660 和最小提升曲线 162 表示。曲线 664、666 和 668 表示另外一些提升电平,可能是对从不同声音再现系统发出的声音进行空间校正所需要的。图 6C 说明基本与图 6B 相反的能量校正曲线。

因为图 6A-6C 的曲线所表示的较低频和较高频校正因素被加在一起,存在各种各样的可能的空间校正曲线可适用于 100 至 10000 Hz 的频率之间。图 6D 是说明立体声像校正系统 522 所提供的复合空间校正特性的范围的图形表示。具体来说,实线曲线 680 表示包括曲线 650(图 6A 所示)和曲线 660(图 6B 所示)的空间校正的最大电平。5 较低频率的校正可以根据通过 θ_1 所指定的范围的实曲线 680 来改变。同样地,高频的校正可以根据通过 θ_2 所指定的范围的实曲线 680 来改变。因此,施加于 100 至 1000 赫兹的第一频率范围的量在约 0 和 15 dB 之间变化,而施加于 1000 至 10000 赫兹的第二频率范围的校正可以在约 13 dB 至-15 dB 之间变化。10

声像增强特性

现在转到本发明的立体声像增强方面,图 7 中通过图形表示一系列的透视增强或归一化曲线。上面公式 1 和 2 中的信号(L_c-R_c)表示根据图 7 的频率响应特性已作了频谱整形的已处理差信号。这些频率响应特性被图 5 所示的均衡器 520 采用,而且部分地基于 HRTF 原理。15

一般,差信号的选择性放大增强了可能出现在差信号中、但是被更强的直接声场的声音所掩蔽的任何环境声或混响声效果。在适当的程度下,在现场的声场中很容易感受到这些环境声。但是,在记录的表演中,环境声相对于现场表演被衰减。通过提升由一对左右立体声信号导出的差信号的电平,当从设在听者前方的一对扬声器发出声像时,可以显著拓宽所投射的声像。20

图 7 的透视曲线 790、792、794、796 和 798 显示为以对数格式显示的增益-声频的函数。考虑到各种音频再现系统,图 7 的曲线之间均衡的不同电平是需要的。在一个实施例中,不同信号均衡的电平是音频再现系统内、相对于听者的扬声器实际布置的函数。曲线 790、792、794、796 和 798 一般显示频率仿形特性,其中较低和较高的差信号频率相对于频率的中频带是提升的。25

根据一个实施例,图7的透视曲线的范围是由位于约125至150Hz的大约10-15 dB的最大增益来定义的。最大增益值表示图7曲线的转折点,从该点曲线790、792、794、796和798的斜率从正值变为负值。在图7中,这种转折点由点A、B、C、D和E标出。透视曲线的增益在125Hz以下以每倍频程大约6dB的速率减小。在125Hz以上,图7的曲线的增益也下降,但是以可变速率向大约-2至+10dB的最小增益转折点下降。曲线790、792、794、796和798之间,最小增益转折点明显不同。最小增益转折点分别标为点A'、B'、C'、D'和E'。这些最小增益转折点出现处的频率从曲线790的大约2.1kHz到曲线798的大约5kHz地变化。曲线790、792、794、796和798的增益从其各自的最小增益频率起、直到大约10KHz一直在增加。在10KHz以上,透视曲线所用的增益趋于平整。但是,达到大约120KHz、即大约为人耳可听见的最高频率时,所有曲线的增益将继续增大。

上述增益和频率数字仅仅出于设计目的,而实际的数字会因系统而异。此外,信号电平装置508和510的调整会影响最大和最小增益值、以及最大增益频率和最小增益频率之间的增益间隔。

根据图7曲线的差信号的均衡的目的在于,提升统计上较低强度的差信号分量,而不过度增强较高强度的差信号分量。在约1至4kHz之间的中等范围的频率中会见到典型的立体声信号的较高强度的差信号分量。人耳对这些相同中等范围的频率更加敏感。因此,增强后的左右输出信号530和532产生改善很多的音效,因为环境声被选择性地加重,从而充分地将听者包围在再现的声场内。

如图7所示,125Hz以下的差信号频率通过透视曲线的运用(如果有的话)得到下降的提升量。这种下降目的在于避免极低频率、即低音被过度放大。在许多音频再现系统中,放大这种低频范围中的音频差信号可能产生具有太多低音响应的不悦耳和失真的声像。这种音频再现系统的实例包括近场或低功率音频系统,如多媒体计算

机系统以及家庭立体声系统。这些系统中的巨大功率抽取(draw)可能导致高提升期间放大器“削波”，或者可能损坏音频系统的部件，包括扬声器。限制差信号的低音响应还有助于避免大多数近场音频增强应用中的这些问题。

5 根据一个实施例，有固定听者的音频环境中的差信号均衡的电平取决于实际扬声器的类型和它们相对于听者的位置。配合图 8A 和 8B 可以更好地说明基于这种决定的声学原理。图 8A 和 8B 旨在说明这种关于扬声器系统的方位变化的声学原理。

10 图 8A 说明具有放置得稍比听者 804 靠前、并朝向该听者两侧的扬声器 800 和 802 的声音再现环境的俯视图。扬声器 800 和 802 还放置在听者 804 下方，在类似于图 2 中所示扬声器 246 的高度位置上。参考面 A 和 B 与听者 804 的耳朵 806 和 808 对齐。如图所示，面 A 和 B 与听者视线平行。

15 扬声器的位置最好对应于扬声器 810 和 812 的位置。在一个实施例中，当扬声器无法放置在理想的位置时，可以通过选择性地均衡差信号来实现视在声像的增强，也就是说差信号的增益会随频率而变动。图 7 的曲线 790 表示实际扬声器位置对应于虚幻扬声器 810 和 812 的差信号均衡的理想电平。

低音增强

20 本发明还提供一种用于增强音频信号的方法和系统。该声音增强系统用独特的声音增强处理来改善声音的逼真性。一般来说，声音增强处理接收两个输入信号、即左输入信号和右输入信号，然后产生两个增强后的输出信号、即左输出信号和右输出信号。

25 左右输入信号经共同处理而提供一对左右输出信号。具体来讲，所述增强系统实施例以拓宽和增强声音的感受带宽的方式，均衡两输入信号之间存在的差异。此外，许多实施例调整两个输入信号所共有的声音的电平，以便减少削波。有利的是，一些实施例通过不需要数字信号处理的、简化的、低成本且易于制造的模拟系统来实

现声音增强。

虽然本文中这些实施例是参考一种声音增强系统来描述的，但是本发明不限于此，而是可以用在各种其它场合中，其中最好是使声音增强系统的不同实施例适合于不同情况。

5 典型的用于多媒体计算机、汽车、小型立体声系统、便携式立体声系统、耳机等的小型扬声器系统会具有在大约 150Hz 滚降的声学输出响应。图 9 表示近似对应于人耳的频率响应的曲线 906。图 9 还表示典型的小型计算机扬声器系统的测量响应 908，该系统采用高频驱动器(高音扬声器)来再现高频，四英寸中等范围-低音驱动器(低音扬声器)来再现中等范围和低音频率。这种采用两个驱动器的系统
10 通常称为双路系统。采用两个以上驱动器的扬声器系统在本领域中也是常见的，也可用于本发明的实施例。单驱动器的扬声器系统也是常见的，也可用于本发明。响应特性 908 绘制在矩形坐标上，X 轴表示从 20Hz 到 20 kHz 的频率。该频带对应于正常人听觉的范围。
15 图 9 的 Y 轴表示从 0 dB 至 -50 dB 的归一化幅度响应。曲线 908 在大约 2kHz 至 10kHz 的中等范围频带中相对平滑，而在 10kHz 以上表现出一些滚降。在低频范围内，曲线 908 呈现在大约 150Hz 与 2kHz 之间的中低音频带中开始、一直到 150Hz 以下的低频滚降，扬声器系统产生非常小的声音输出。

20 图 9 所示频带的位置仅用作举例而不作为限制。超低音频带、中低音频带和中等范围频带的实际频率范围根据扬声器和该扬声器使用的场合而不同。术语超低音一般用于指扬声器产生与在较高频率、如中低音频带中的扬声器输出相比、不很准确的输出的频带内的频率。术语中低音频带一般用来指超低音频带以上的频率。术语
25 中等范围一般用来指中低音频带以上的频率。

许多纸盆型驱动器在低频产生声能时效率很低，其中纸盆直径小于声学声波的波长。当纸盆直径小于波长时，要保持从纸盆发出的声音输出的声压电平均匀，需要纸盆摆幅对于频率降低的每个倍

频段按 4 的因子(2 的因子)来增大。如果尝试通过单纯增大供给驱动器的电功率来提高低频响应,则很快就会达到驱动器纸盆的最大允许摆幅。

5 因此,驱动器的低频输出不能被增加得超过某个限度,这说明大多数小扬声器系统的低频声音质量不好。曲线 908 是大多数采用直径约 4 英寸的低频驱动器的小型扬声器系统的典型特征。具有较大驱动器的扬声器系统往往产生可感觉到的、低至比曲线 908 中所示那些还低的频率的声音输出,而具有较小低频驱动器的系统通常不产生如曲线 908 所示那样低的输出。

10 如上所述,到目前为止,系统设计人员在设计具有扩展的低频响应的扬声器系统时已经没有多少选择。先前已知的解决方案是对桌面而言太大的昂贵和伸长的扬声器。对低频问题的一个流行的解决方案是采用超低音扬声器,通常放置在靠近计算机系统的地板上。超低音扬声器可提供充分的低频输出,但是它们很昂贵,因此与廉价的桌面扬声器相比较不流行。

本发明的实施例不采用大直接纸盆的驱动器或超低音扬声器,而是利用人听觉系统的特征来产生低频声能的感觉(即使这种能量不是由扬声器系统产生的),从而克服小型系统的低频局限。

20 众所周知,人的听觉系统是非线性的。简单地讲,非线性系统表示输入的增加不跟随着输出的成比例增加的系统。因此,例如,在耳朵里,双倍的声压电平不产生声源的音量翻倍的感觉。实际上,人耳相当近似于平方律装置,它不是对声能的强度、而是对功率作出响应。这种听觉机构的非线性产生听上去如声波的实际频率的泛音或谐波的互调频率。

25 人耳的非线性的互调效应如图 10 所示,它说明两个纯音的理想化的幅度谱。图 10 中的频谱图表示对应于扬声器驱动器(例如超低音扬声器)在 50Hz 所产生的声能的第一谱线 1004。第二谱线 1002 表示在 60Hz 处。线 1004 和 1002 是与驱动器产生的真实声能对应的实际

谱线，假定不存在其它声能。然而，由于人耳固有的非线性，它会产生与两个实际谱频率之和和两个谱频率之差对应的互调产物。

例如，倾听谱线 1004 和 1002 所表示的声能的人会受到 50Hz 上的声能，如谱线 1006 所示，60Hz 上的声能如谱线 1008 所示，以及 110Hz 上的声能如谱线 1010 所示。谱线 1010 不对应于扬声器所产生的真实声能，而是对应于人耳内因人耳的非线性所产生的谱线。谱线 1010 出现在频率 110Hz，它是两个实际谱线之和($110\text{Hz} = 50\text{Hz} + 60\text{Hz}$)。注意，人耳的非线性还会产生在另一个频率 10Hz 上的谱线($10\text{Hz} = 60\text{Hz} - 50\text{Hz}$)，但是该谱线不会被感觉到，因为它低于人的听觉范围。

图 10 说明人耳内的互调处理，但是它比真实的节目素材、如音乐有一定的简化。典型的节目素材、如音乐的谐波很丰富，所以大多数音乐都呈现出几乎连续的频谱，如图 11 所示。图 11 表示实际声能和感觉到的声能之间的与图 10 所示同类的比较，只是图 11 中的曲线表示的是连续频谱。图 11 表示实际声能曲线 1120 和对应的感觉到的频谱 1130。

对大多数非线性系统而言，当系统产生很大摆幅(例如大信号电平)而非小摆幅时，人耳的非线性更明显。因此，对于人耳来说，非线性在低频更明显，其中人耳的耳膜和其它部分产生相对较大的机械摆幅，甚至在较低音量电平下。因此，图 11 表示实际声能 1120 和感觉到的声能 1130 之间的差往往在较低频率范围内最大，而在较高频率范围相对较小。

如图 10 和图 11 所示，包含多个音调或频率的低频声能会在听者中产生中低音范围内的声能包含的频谱内容比实际存在的更多的感觉。人脑在面对认为丢失信息的情形下，会潜意识地尝试“填补”丢失的信息。这种填补现象是许多错觉的基础。在本发明的实施例中，可以通过向大脑提供这种低频信息的中低音效果来欺骗大脑填补并非真正存在的低频信息。

换言之，如果大脑得到要由耳朵产生的谐波，如果存在低频声能(例如谱线 1010)，则在适当情况下，大脑会潜意识地填补它认为“必须”存在的低频谱线 1006 和 1008。这种填补处理通过人耳的另一种非线性效应、即所说的检波器效应得以放大。

5 人耳的非线性还使耳朵起检波器的作用，类似于调幅(AM)接收器中的二极管检波器。如果中低音谐波是由超低音调制的调幅波，则耳朵将对调制的中低音载波解调以再现超低音包络。图 12A 和图 12B 以图形说明调制和解调的信号。图 12A 在时间轴上表示包含由超低音信号调制的较高频率的载波信号(例如中低音载波)的调制信号。
10

较高频率信号的振幅由较低频率声音来调制，由此，较高频率信号的振幅随较低频率声音的频率而变化。耳朵的非线性会部分地解调该信号，使得耳朵检测到较高频率信号的低频包络，从而产生低频音的感觉，即使在较低频率上没有产生任何实际声能。对于上述的互调效应来说，检波器效应可以通过对中低音频率范围内的信号进行适当的信号处理来增强。利用适当的信号处理，可以设计产生低频声能的感觉的声音增强系统，即使该系统使用无法或效率低地产生这种能量的扬声器也是如此。
15

20 扬声器所产生的声能中存在的实际频率的感觉可以被认为是第一阶效应。实际声频中不存在的额外和音的感觉，无论是由互调失真还是由检波产生这种和音，都可以被认为是第二阶效应。

低音增强扩展器

25 图 13A 是一种声音系统的框图，其中低音增强单元 1304 提供声音增强功能。低音增强单元 1304 从信号源 1302 接收音频信号。信号源 1302 可以是任何信号源，包括图 1 所示的信号处理块 122。低音增强单元 1304 执行信号处理，修改所接收的音频信号，从而产生音频输出信号。音频输出信号可以被提供给扬声器、放大器或其它信号处理装置。

图 13B 是双声道低音增强单元 1304 的拓扑结构的框图，该单元具有第一输入端 1309、第二输入端 1311、第一输出端 1317 和第二输出端 1319。第一输入端 1309 和第一输出端 1317 对应于第一声道。第二输入端 1311 和第二输出端 1319 对应于第二声道。第一输入端 1309 连接到组合器 1310 的第一输入端和信号处理块 1313 的输入端。信号处理块 1313 的输出被提供给组合器 1314 的第一输入端。第二输入端 1311 连接到组合器 1310 的第二输入端和信号处理块 1315 的输入端。信号处理块 1315 的输出被提供给组合器 1316 的第一输入端。组合器 1310 的输出被提供给信号处理块 1312 的输入端。信号处理块 1312 的输出被提供给组合器 1314 的第二输入端和组合器 1316 的第二输入端。组合器 1314 的输出被提供给第一输出端 1317。第二组合器 1316 的输出被提供给第二输出端 1319。

来自第一和第二输入端 1309 和 1311 的信号被信号处理块 1312 组合并处理。信号处理块 1312 的输出是一种信号，当该信号分别与信号处理块 1313 和 1315 的输出组合时，产生低音增强输出 1317 和 1319。

图 13C 是双声道低音增强单元 1344 的另一种拓扑结构的框图。在图 13C 中，第一输入 1309 被提供给信号处理块 1321 的输入端和信号处理块 1322 的输入端。信号处理块 1321 的输出被提供给组合器 1325 的第一输入端，信号处理块 1322 的输出被提供给组合器 1325 的第二输入端。第二输入 1311 被提供给信号处理块 1323 的输入端和信号处理块 1324 的输入端。信号处理块 1323 的输出被提供给组合器 1326 的第一输入端而信号处理块 1324 的输出被提供给组合器 1326 的第二输入端。组合器 1325 的输出被提供给第一输出端 1317 而第二组合器 1326 的输出被提供给第二输出端 1319。

不象图 13B 所示的拓扑结构，图 13C 所示的拓扑结构不组合两个输入信号 1309 和 1311，而是保持两个声道的分离，并对各个声道执行低音增强处理。

图 14 是图 13A 所示的低音增强系统 1304 的一个实施例的框图 1400。低音增强系统 1400 采用低音穿通单元 1420 来产生与时间相关的增强因子。图 14 还可以用作流程图，描述在 DSP 或其它实现本发明实施例的信号处理操作的处理器上运行的程序。图 14 表示出两个输入、即左声道输入 1402 和右声道输入 1404。如先前的实施例一样，左右是为了方便而使用的，并非限制。输入 1402 和 1404 都被提供

5 提供给加法器 1406，加法器产生两输入的组的输出。

加法器 1406 的输出被提供给低通滤波器 1409 的输入端。低通滤波器 1409 的输出被提供给第一带通滤波器 1412、第二带通滤波器 1413、第三带通滤波器 1415、第四带通滤波器 1411 以及第五带通滤波器 1414。带通滤波器 1413 的输出被提供给加法器 1418 的输入端。

10

带通滤波器 1415 的输出被提供给单刀双掷(SPDT)开关 1416 的第一掷向端。带通滤波器 1411 的输出被提供给 SPDT 开关 1416 的第二掷向端。开关 1416 的单刀连接到加法器 1418 的输入端。

带通滤波器 1412 的输出被提供给单刀双掷(SPDT)开关 1419 的第一掷向端。带通滤波器 1414 的输出被提供给 SPDT 开关 1419 的第二掷向端。开关 1419 的单刀连接到加法器 1418 的输入端。

15

加法器 1418 的输出连接到低音穿通单元 1420 的输入端。低音穿通单元 1420 的输出被提供给(SPDT)开关 1422 的第一掷向端。SPDT 开关 1422 的第二掷向端设置成接地。SPDT 开关 1422 的掷向端连接到左声道加法器 1424 的第一输入端和右声道加法器 1432 的第一输入端。左声道输入 1402 被提供给左声道加法器 1424 的第二输入端，而右声道输入 1404 被提供给右声道加法器 1432 的第二输入端。左声道加法器 1424 和右声道加法器 1432 的输出分别是信号处理块 1400 的左声道输出 1430 和右声道输出 1433。开关 1422 和 1416 是可选的，可以由固定连接来代替。

20

25

开关 1416 和 1419 使滤波器 1411-1415 可以配置成三种不同的频率范围，即 40-100、60-150 和 100-200。

滤波器 1411-1415 所提供的滤波操作和组合器 1418 可以被组合成图 14 所示的组合滤波器 1407。例如，在另一个实施例中，滤波器 1411-1415 被组合成具有从约 40Hz 扩展到 250Hz 的通带的单带通滤波器。对于处理低音频率，组合滤波器 1407 的通带最好在低端从约 20 扩展到 100Hz，而高端从约 150 扩展到 350Hz。组合滤波器 1407 可具有其它滤波器传递函数，包括例如高通滤波器、倾斜(shelving)滤波器。组合滤波器还可以这样配置，以类似于图形均衡器的方式工作，并且减弱与其通带内其它频率有关的其通带内的一些频率。

如图所示，图 14 近似地对应于图 13B 中所示的拓扑结构，其中信号处理块 1313 和 1315 具有的传递函数为一，信号处理块 1312 包括组合滤波器 1407 和低音穿通单元 1420。但是，图 14 中所示的信号处理不限于图 13B 中所示的拓扑结构。图 14 的部件也可以用在图 13C 所示的拓扑结构中，其中信号处理块 1321 和 1323 的传递函数为一，信号处理块 1322 和 1324 包括组合滤波器 1407 和低音穿通单元 1420。虽然图 14 中未示出，但是信号处理块 1313、1315、1321 和 1323 可以设置附加的信号处理、例如高通滤波用以除去低音频率，高通滤波用以除去低音穿通单元 1402 所处理的频率，高频加重用以增强高频声音，附加中低音处理用以补充低音穿通系统等。也可设想其它的组合。

图 15 是表示带通滤波器 1411-1413、1415 的传递函数的一般形状的频域曲线。图 15 表示带通传递函数 1501-1505，它们分别对应于带通滤波器 1411-1416。传递函数 1501-1505 分别表示为中央位于 40、60、100、150 和 200Hz 的带通函数。

在一个实施例中，带通滤波器 1411 被调到 100Hz 以下的频率，如 40Hz。当开关 1416 在对应于第一掷向端的第一位置时，它选择带通滤波器 1411 而不选择带通滤波器 1415，从而提供 40、60 和 100Hz 处的带通滤波器。当开关 1416 在对应于第二掷向端的第二位置时，它不选择带通滤波器 1411 而选择带通滤波器 1415，从而提供 60、100

和 150Hz 上的带通滤波器。

因此，开关 1416 最好允许用户选择要增强的频率范围。具有提供小低音扬声器、如约 3 至 4 英寸直径的低音扬声器的扬声器系统的用户通常选择分别调到 40、60、100 和 150Hz 的带通滤波器 1412-1413、1415 所提供的较高频率范围。具有设置稍大低音扬声器、如约 5 英寸直径的低音扬声器的扬声器系统的用户通常选择分别调到 40、60、100 和 150Hz 的带通滤波器 1411-1413、1515 所提供的较低频率范围。本专业的技术人员应当认识到，可以设置更多开关来实现更多带通滤波器和更多频率范围的选择。选择不同带通滤波器提供不同频率范围是一种理想的技术，因为带通滤波器并不昂贵，而且不同的带通滤波器可以用单掷开关来选择。

在一个实施例中，低音穿通单元 1420 采用自动增益控制(AGC)，它包括具有内部伺服反馈回路的线性放大器。伺服机构自动调整输出信号的平均振幅，以匹配控制输入的信号的平均振幅。控制输入的平均振幅一般通过检测控制信号的包络来获取。控制信号还可以通过其它方法获取，包括例如低通滤波、带通滤波、峰值检测、RMS(均方根)平均、平均数平均等。

响应提供给低音穿通单元 1420 输入端的信号的包络振幅的增大，伺服回路会提高低音穿通单元 1420 的正向增益。相反，响应提供给低音穿通单元 1420 输入端的信号的包络振幅的减小，伺服回路会降低低音穿通单元 1420 的正向增益。在一个实施例中，低音穿通单元 1420 的增益提高比增益降低快。图 16 是说明响应单位阶跃输入的低音穿通单元 1420 的增益的时域曲线。本领域的技术人员会知道图 16 是作为时间的函数的增益的曲线图，而不是作为时间的函数的输出信号。大多数放大器具有固定的增益，所以很少绘制增益的曲线图。但是，低音穿通单元 1420 中的自动增益控制(AGC)会响应输入信号的包络而改变低音穿通单元 1420 的增益。

单位阶跃输入被绘制为曲线 1609，而增益被绘制为曲线 1602。

响应输入脉冲 1609 的前沿，在对应于增高时间常数的时段 1604 内，增益上升。在时段 1604 结尾，增益 1602 达到稳态增益 A_0 。响应输入脉冲 1609 的后沿，在对应于衰减时间常数 1606 的时段内，增益回落到零。

5 增高时间常数 1604 和衰减时间常数 1606 最好这样选择，从而提供低音频率的增强，而不会过度驱动系统的其它部件、如放大器和扬声器。图 17 是乐器(低音吉他、低音鼓、电子合成器等)所演奏的典型低音符的时域曲线 1700。曲线 1700 表示其振幅是由具有调制包络 1742 的较低频率部分所调制的较高频率部分 1740。包络 1742
10 具有增高部分 1746，然后是衰减部分 1747，然后是持续部分 1748，随后是释放部分 1749。曲线 1700 的最大振幅在峰值 1750，出现在增高部分 1746 和衰减部分 1747 之间的时间点。

正如所述，波形 1744 若不是大多数、也是许多乐器的典型波形。例如，当拉动并释放吉它的弦线时，起初产生若干大幅度的振动，
15 然后稳定在更大或更小的稳定状态的振动，并慢慢地经过长时间衰减。吉它的弦线初始大振幅振动对应于增高部分 1746 和衰减部分 1747。慢慢衰减的振动对应于持续部分 1748 和释放部分 1749。钢琴琴弦被弹击钢琴键的锤体撞击时也以类似的方式动作。

钢琴琴弦可能具有更明显的从持续部分 1748 到释放部分 1749
20 的过渡，因为在钢琴键被释放之前，锤体不返回而停留在琴弦上。当按下琴键时，在持续时段 1748 内，琴弦自由振动，且有相对较小的衰减。在释放时段 1749 内，当钢琴键被释放时，毛毡覆盖的锤体停留在钢琴键上并迅速使琴弦振动衰减掉。

同样地，当鼓膜被撞击时，会产生一组初始大振幅的振动，对
25 应于增高部分 1746 和衰减部分 1747。在大振幅振动逐渐减弱(对应于衰减部分 1717 的结尾)之后，鼓膜继续振动一段对应于持续部分 1748 和释放部分 1749 的时间。许多乐器声音只要通过控制时段 1746-2049 的长度就可以创造。

如结合图 12A 所描述的, 较高频信号的振幅由较低频音(包络)来调制, 由此较高频信号的振幅随较低频音的频率而变化。耳朵的非线性将部分地解调该信号, 所以耳朵会检测到较高频信号的低频包络, 从而产生低频音的感觉, 即使在低频上并没有任何实际声能产生。这种检波器效应可以通过对中低音频率范围内的信号进行适当的信号处理来增强, 通常在该范围的低端上是 50-150Hz 和在范围的高端上是 200-500Hz。利用适当的信号处理, 可以设计一种声音增强系统, 即使使用的是无法产生这种能量的扬声器, 也产生低频声能的感觉。

10 扬声器所产生的声能中存在的实际频率的感觉可以被认为是第一阶效应。实际声频中不存在的额外谐音的感觉, 无论是互调失真所产生的还是检波所产生的这种谐音可以被认为是第二阶效应。

但是, 如果峰值 1750 的振幅太高, 则扬声器(和可能是功率放大器)将被过度驱动。过度驱动的扬声器将导致相当大的失真, 且可能损坏扬声器。

15 低音穿通单元 1420 最好在中低音区提供增强的低音, 同时降低峰值 1750 的过度驱动效应。由低音穿通单元 1420 提供的增高时间常数 1604 限制了通过低音穿通单元 1420 的增益的上升时间。低音穿通单元 1420 的增高时间常数对长的增高时段 1746(慢包络上升时间)的波长的影响相对较小, 而对短增高时段 1746(快包络上升时间)的波长的影响相对较大。

具有峰值压缩的低音穿通

25 低音乐器(例如低音吉它)演奏出的音符的增高部分通常以相对较高振幅的初始脉冲开始。某些情况下, 这种峰值可能过度驱动放大器或扬声器, 导致失真的声音, 且可能损坏扬声器或放大器。低音增强处理器在低音信号中提供峰值的展平, 同时增加低音信号的能量, 从而增强整体低音感。

信号中的能量是信号的振幅与信号的持续时间的函数。换言之,

能量与信号包络下的面积成正比。虽然低音音符的初始脉冲可能具有相对较大的振幅，但是该脉冲往往包含较小的能量，因为它的持续时间短。因此，能量小的初始脉冲常常产生不了明显的低音感。因此，通常可降低初始脉冲的振幅，而不会明显地影响低音感。

5 图 16 是低音增强系统 1800 的信号处理块示意图，该系统利用峰值压缩器控制脉冲幅度、如初始脉冲、低音符来提供低音增强。在系统 1800 中，峰值压缩器 1802 介于组合器 1418 和穿通单元 1420 之间。组合器 1418 的输出被提供给峰值压缩器 1802 的输入端，峰值压缩器 1802 的输出被提供给低音穿通单元 1420 的输入端。

10 涉及图 14 至图 13B 和图 13C 的上述说明也适用于图 18 所示的拓扑结构。例如，如图所示，图 18 近似地对应于图 13B 中所示的拓扑结构，其中信号处理块 1313 和 1315 具有为一的传递函数，信号处理块 1312 包括组合滤波器 1407、峰值压缩器 1802 和低音穿通单元 1420。但是，图 18 所示的信号处理并不局限于图 13B 中所示的拓扑结构。图 18 的部件也可以用在图 13C 所示的拓扑结构中。虽然图
15 18 中未示出，但是信号处理块 1313、1315、1321 和 1323 可以设置附加的信号处理，例如，高通滤波用以除去低音频率，高通滤波用以除去低音穿通装置 1402 和压缩器 1802 所处理的频率，高频加重用以增强高频声音，附加中低音处理用以补充低音穿通系统 1420 和
20 峰值压缩器 1802 等。也可以设想其它组合。

峰值压缩器 1802 “展平”在其输入端提供的信号的包络。对于大振幅的输入信号，降低压缩装置 1802 的视在增益。对于小振幅的输入信号，升高压缩装置 1802 的视在增益。因此，压缩装置降低输入信号包络的峰值(填充输入信号包络中的凹进部分)。无论在压缩器
25 装置 1802 的输入端提供什么信号，从压缩装置 1802 输出的信号的包络(例如平均振幅)都具有相对均匀的振幅。

图 19 是说明峰值压缩器对具有相对较高振幅的初始脉冲的包络的影响的时域曲线图。图 19 表示输入包络 1914 的时域曲线图，它

具有初始大振幅的脉冲，随后是较长时间的较低振幅的信号。输出包络 1916 表示低音穿通单元 1420 对输入包络 1914 的影响(不使用峰值压缩器 1802 的情况)。输出包络 1917 表示使输入信号 1914 通过峰值压缩器 1802 和穿通单元 1420 的影响。

5 如图 19 所示，假定输入信号 1914 的振幅足以导致过度驱动放大器或扬声器，低音穿通装置不限制输入信号 1914 的最大振幅，因此输出信号 1916 也足以过度驱动放大器或扬声器。

 但是，引脚对信号 1917 使用的脉冲压缩装置 1802 压缩大的振幅脉冲(降低大振幅脉冲的振幅)。压缩装置 1802 检测输入信号 1914
10 的大振幅幅度并压缩(降低)最大振幅，使得输出信号 1917 过度驱动放大器或扬声器的可能性很小。

 因为压缩装置 1802 降低信号的最大振幅，所以可能增加穿通单元 1420 提供的增益，而不会明显降低输出信号 1917 过度驱动放大器或扬声器的可能性。信号 1917 对应于已增加了低音穿通单元 1420
15 的增益的实施例。因此，在较长的衰减部分期间，信号 1917 具有比曲线 1916 大的振幅。

 如上所述，信号 1914、1916 和 1917 中的能量与表示各个信号的曲线下的面积成正比。信号 1917 具有更多能量，因为即使它具有较小的最大振幅，但是表示信号 1917 的曲线下的面积比起信号 1914
20 或 1916 来大一些。因为信号 1917 包含更多的能量，所以听者将感觉到信号 1917 中的更多低音。

 因此，将峰值压缩器与低音穿通单元 1420 组合使用使低音增强系统可以在低音信号中提供更多的能量，同时降低增强的低音信号过度驱动放大器或扬声器的可能性。

25 立体声像增强

 本发明还提供一种利用独特的差动透视校正系统提高声音的逼真感(尤其在声场的水平方面)的方法和系统。一般来说，差动透视校正装置接收两个输入信号，左输入信号和右输入信号，然后产生两

个增强的输出信号，图 5 所示的左输出信号和右输出信号。

共同处理左右输入信号，提供一对空间校正后的左右输出信号。具体来说，一个实施例以拓宽和增强听者感觉的声音的方式均衡两个输入信号之间存在的差。此外，一个实施例还调整两个输入信号所共有的声音的电平，以便减少削波。有利的是，一个实施例利用简化、低成本和易于制造的电路来实现声音增强，而不需要处理图 5 所示的共有信号和差信号的分立电路。

虽然这些实施例在此处是参考各种声音增强系统来说明的，但是本发明不限于此，而是可以用于各种其它场合，其中最好使声音增强系统的不同实施例适合于不同情况。为了便于本发明的全面理解，详细描述其余部分编排成下列章节和小节：

图 20 是根据第一输入信号 2010 和第二输入信号 2012 的差动透视校正装置 2002 的框图。在一个实施例中，第一和第二输入信号 2010 和 2012 是立体声信号；但是第一和第二输入信号 2010 和 2012 不必是立体声信号，也可包括各种音频信号。正如下面的详细说明，差动透视校正装置 2002 以不同于第一和第二输入信号 2010 和 2012 不共有的音频声信息的方式，修改第一和第二输入信号 2010 和 2012 所共有的音频声信息。

第一和第二输入信号 2010 和 2012 所共有的音频信息称为共模信息或共模信号(未示出)。在一个实施例中，共模信息不以离散信号的形式存在。因此，术语共模信号通用于本详细说明，在概念上指任何瞬间同时存在于第一和第二输入信号 2010 和 2012 中的音频信息。例如，如果 1 伏信号同时被施加到第一和第二输入信号 2010 和 2012，则共模信号包括 1 伏。

共模特性块 2020 中在概念上说明了共模信号的调整。共模特性块 2020 表示共模信号的变化。一个实施例降低共模信号的频率的振幅，以便降低可能因高振幅输入信号而导致的削波。

相反，第一和第二输入信号 2010 和 2012 所不共有的音频信息

称为差动信息或差动信号(未示出)。在一个实施例中,差动信号不是离散的信号,而在本详细说明中,差动信号指表示第一和第二输入信息 2010 和 2012 之间的差的音频信息。例如,如果第一输入信号 2010 为 0 伏而第二输入信号 2012 为 2 伏,则差动信号是 2 伏(两个输入信号 2010 和 2012 之差)。

在差模特性块 2022 中在概念上说明了对差动信号的修改。正如下面详细描述,差动透视校正装置 2002 均衡差动信号中所选择的频带。即,一个实施例以不同于共模信号中的音频信息的方式均衡差动信号中的音频信息。

差动透视校正装置 2002 利用各种滤波器在频谱上对差模特性块 2022 中的差动信号进行整形,产生均衡的差动信号。通过均衡差动信号内的所选频带,差动透视校正装置 2002 拓宽从设在听者前方的一对扬声器投射的感觉声像。

再者,虽然共模特性块 2020 和差模特性块 2022 在概念上表示为分离的块,但是一个实施例利用单个的专门适合的系统来完成这些功能。因此,一个实施例同时处理共模和差动音频信息。有利的是,一个实施例不需要复杂的电路来将音频输入信号分离成共模信号和差动信号。此外,一个实施例无需混合器来重新组合处理后的共模信号和处理后的差动信号,而产生一组增强的输出信号。

然后,差动透视校正装置 2002 连接到一个或多个输出缓冲器 2006。输出缓冲器 2006 输出增强的第一输出信号 2030 和第二输出信号 2032。正如下面详细讨论的,输出缓冲器 2006 将差动透视校正装置 2002 与连接到第一和第二输出信号 2030 和 2032 的其它元件隔离。例如,第一和第二输出信号 2030 和 2032 可以接入其它音频装置,如记录装置、功率放大器、一对扬声器等,而不改变差动透视校正装置 2002 的操作。

图 21 是利用差动放大器提供图 20 所示的差动透视校正的系统的框图。在图 21 中,第一输入 2010 被提供给第一差动放大器 2102

强的不悦耳和失真的声像。再者，过度加重这些频率可能损坏各种音频部件，包括扬声器。

在点 A 和 B 之间，一个整体校正曲线的斜率是负值。即，约 2125Hz 与约 21.8kHz 之间的频率相对于 2125Hz 附近的频率被去加重。由此，与点 A 与点 B 之间的频率相关的增益以可变速率向约 21.8 kHz 处的最大均衡点 -8dB 降低。

在 21.8kHz 以上，增益以可变速率增大，直到大约 120kHz，即约为人耳可听见的最高频率。也就是说，约 21.8kHz 以上的频率相对于 21.8kHz 附近的频率被加重。因此，与点 B 以上的频率相关的增益向着 120 kHz 以可变速率升高。

这些相对增益和频率值仅仅为了设计目的，而实际的数字可能会随系统改变而改变。再者，在不违背本发明精神的前提下，增益和频率值可以随声音的类型或用户喜好而改变。例如，改变分频网络的数量和改变各个分频网络内的电阻和电容值，使整体透视校正曲线 2300 可以适合于再现声音的类型。

差动信号的选择性均衡增强了差动信号中存在的环境音或混响音效果。如上所述，差动信号中的频率易于在现场声场中在适当电平被感觉到。遗憾的是，在播放记录的表演时，声像并不提供相同的现场表演的 360 度效果。但是，利用差动透视校正装置 2002 均衡差动信号的频率，可以显著地拓宽所投射的声像，从而通过一对设在听者前方的扬声器再现现场表演的体验。

根据整体校正曲线 2300 的差动信号的均衡是为了去加重相对于较高强度信号分量、在统计上较低强度的信号分量。典型音频信号的较高强度差动信号分量出现在约 2 至 4kHz 之间的中等范围频率上。在此频率范围中，人耳具有提高的灵敏性。因此，增强的左右输出信号产生更为改善的音频效果。

在其他实施例中，分频网络的数量和分频网络内的元件可以改变，以便模拟所谓的头部传递函数(HRTF)。头部传递函数描述用于

调整一对扬声器产生的声音的不同信号均衡技术，以便考虑到声音被左右耳朵感觉到所花的时间。有利的是，可以将基于 HRTF 的传递函数运用于差动信号来定位渗透音效，以便创造充分渗透的定位声场。

- 5 在 1974 年 12 月第 56 卷第 6 期的 J.Acoust.Soc.Am. 中 E.A.B. Shaw 的题为“水平面上从自由场到耳膜的声压电平的转换”的文章、以及 1977 年 6 月第 61 卷第 6 期的 J,Acoust.Soc.Am. 中由 S.Mehrgardt 和 V.Mellert 所著的题为“人外耳的转换特性”的文章中，描述了可用于实现某种感觉到的方位角的 HRTF 传递函数的实例，就象完整地给出一样，将二者通过引用结合于此。

单芯片实现

- 10 图 24 是可以在单芯片上实现的声音增强系统 2400 的一个实施例的框图。如结合以上图 1-23 所描述的，系统 2400 包括垂直声像增强块 2402、低音增强块 2404 和垂直声像增强块 2406。至系统 2400 的外部连接是通过连接引脚 P1-P27 来提供的。正电源电压提供给引脚 P25，负电源电压提供给引脚 P26，以及地线接到引脚 P27。压缩耦合电容 2421 的第一端子提供给引脚 P10 而压缩耦合电容 2421 的第二端子提供给引脚 P11。压缩延迟电容 2420 的第一端子提供给引脚 P13，压缩延迟电容 2420 的第二端子提供给引脚 P14。宽度控制电阻 2430 的第一端子提供给引脚 P19，宽度控制电阻 2430 的第二端子提供给引脚 P20。宽度控制电阻 2431 的第一端子提供给引脚 P21，宽度控制电阻 2431 的第二端子提供给引脚 P22。在一个实施例中，宽度控制电阻 2430 和 2431 是可变电阻。

- 25 图 25A 是垂直声像增强块 2402 的左声道的示意图。图 25B 是垂直声像增强块 2402 的右声道的示意图。在图 25A 中，左声道输入提供给引脚 P2，而左声道旁路输入提供给引脚 P1。引脚 P1 提供给电阻 2501 的第一端子。电阻 2501 的第二端子提供给电阻 2502 的第一端子和电容 2503 的第一端子。引脚 P2 提供给电阻 2504 的第一端

子和电容 2505 的第一端子。电容 2505 的第二端子提供给电阻 2506 的第一端子和电阻 2507 的第一端子。电阻 2506 的第二端子接地。

电阻 2502 的第二端子连接到电容 2503 的第二端子、电阻 2504 的第二端子、电阻 2507 的第二端子、电阻 2508 的第一端子以及运算放大器(opamp)2510 的反相输入端。opamp 2510 的非反相输入端接地。电阻 2508 的第二端子连接到电阻 2509 的第一端子和电容 2612 的第一端子。电阻 2509 的第二端子连接到电容 2512 的第二端子，opamp 2510 的输出端和左声道输出端 2511。

在一个实施例中，电阻 2501 为 9.09k 欧姆，电阻 2502 为 27.4k 欧姆，电容 2503 为 0.1 μ f，电阻 2504 为 22.6k 欧姆，电容 2505 为 0.1 μ f，电阻 2506 为 3.01k 欧姆，电阻 2507 为 4.99k 欧姆，电阻 2508 为 9.09k 欧姆，电阻 2509 为 27.4k 欧姆，电容 2512 为 0.1 μ f 以及 opamp 2510 为 TL074 型或等效物。

图 25B 所示的左声道类似于图 25A 所示的右声道，具有来自引脚 P3 的旁路输入、来自 P4 的右声道输入和右声道输出 2514。

图 26 是低音增强块 2404 的示意图。来自图 25A 的左声道输出 2511 连接到电阻 2601 的第一端子和电阻 2611 的第一端子。来自图 25B 的右声道输出 2514 连接到电阻 2602 的第一端子和电阻 2614 的第一端子。

电阻 2601 的第二端子提供给电阻 2602 的第二端子、电阻 2625 的第一端子以及电容 2603 的第一端子。电容 2603 的第二端子接地。电阻 2625 的第二端子提供给 opamp 2606 的反相输入端、电容 2605 的第一端子以及电阻 2604 的第一端子。opamp 2606 的非反相输入端接地。opamp 2606 的输出端连接到电阻 2604 的第二端子、电容 2605 的第二端子以及滤波器块 2607 的输入端(细节如图 27 所示)。滤波器块 2607 的第一、第二和第三输出连接到 opamp 2608 的反相输入端和电阻 2609 的第一端子。opamp 2608 的非反相输入端接地。opamp 2608 的输出连接到电阻 2609 的第二端子以及引脚 P10。

引脚 P19 也接到压缩器 2610 的输入端(细节如图 28 所示)。压缩器 2610 的输出连接到引脚 P12。引脚 P12 被接到引脚 P16。引脚 P16 被接到电阻 2612 的第一端子和电阻 2613 的第一端子。

5 电阻 2612 的第二端子被接到电阻 2611 的第二端子、opamp 2620 的反相输入端以及电阻 2619 的第一端子。opamp 2620 的非反相输入端接地。opamp 2620 的输出连接到电阻 2619 的第二端子和电阻 2621 的第一端子。电阻 2621 的第二端子连接到引脚 P17。opamp 2620 的输出也被作为左声道输出 2630 提供。

10 电阻 2613 的第二端子连接到电阻 2614 的第二端子、opamp 2615 的反相输入端以及电阻 2617 的第一端子。opamp 2615 的非反相输入端接地。opamp 2615 的输出连接到电阻 2617 的第二端子和电阻 2618 的第一端子。电阻 2618 的第二端子连接到引脚 P18。opamp 2615 的输出也被作为右声道输出 2631 提供。

15 在一个实施例中, 电阻 2601、2602 以及 2604 为 43.2k 欧姆, 电容 2603 为 0.022 μ f, 电阻 2625 为 21.5k 欧姆, 电容 2605 为 0.01 μ f。在一个实施例中, 电阻 2609 为 100k 欧姆, 电阻 2611、2612、2613、2614、2617 以及 2619 为 10k 欧姆, 以及电阻 2618 和 2621 为 200 欧姆。在一个实施例中, opamp 2606、2608、2615 以及 2620 为 TL074 型或等效物。

20 图 27 是滤波器系统 2607 的示意图。在图 27 中, 输入被提供给电阻 2701-2704 的第一端子。电阻 2701 的第二端子连接到电阻 2710 的第一端子、电容 2721 的第一端子以及电容 2720 的第一端子。电容 2721 的第二端子连接到电阻 2722 的第一端子和 opamp 2732 的反相输入端。opamp 2732 的非反相输入端接地。opamp 2732 的输出连接到电容 2720 的第二端子、电阻 2722 的第二端子以及电阻 2723 的第一端子。电阻 2723 的第二端子连接到第一滤波器输出端。

25 电阻 2702 的第二端子连接到电阻 2712 的第一端子和引脚 P5。电阻 2712 的第二端子接地。

电阻 2703 的第二端子连接到电阻 2713 的第一端子和引脚 P7。
电阻 2713 的第二端子接地。

5 引脚 P6 接到电容 2724 的第一端子和电容 2728 的第一端子。电容 2728 的第二端子连接到电阻 2725 的第一端子、电阻 2726 的第一端以及 opamp 2729 的反相输入端。opamp 2729 的非反相输入端接地。opamp 2729 的输出连接到电容 2724 的第二端子、电阻 2726 的第二端子以及电阻 2730 的第一端子。电容 2724 的第二端子连接到引脚 P8。电阻 2725 的第二端子连接到引脚 P9。电阻 2730 的第二端子连接到第二滤波器输出端。

10 当引脚 P5 短接到引脚 P6 而引脚 P8 与 P9 断开时，第二滤波器输出端是低频输出端(例如 40Hz)。当引脚 P7 短接到引脚 P6 而引脚 P8 短接到 P9 时，第二滤波器输出端是高频输出端(例如 150Hz)。

电阻 2704 的第二端子连接到电阻 2714 的第一端子、电容 2731 的第一端子以及电容 2735 的第一端子。电容 2735 的第二端子连接到电阻 2734 的第一端子和 opamp 2736 的反相输入端。opamp 2736 的非反相输入端接地。opamp 2736 的输出连接到电容 2731 的第二端子、电阻 2734 的第二端子以及电阻 2737 的第一端子。电阻 2737 的第二端子连接到第三滤波器输出端。

20 在一个实施例中，第一滤波器输出端是中心位于 100Hz 的带通滤波器，第三滤波器输出端是中心位于 60Hz 的带通滤波器，以及第二滤波器输出端是中心位于 40Hz 或 150Hz 的带通滤波器(如上所述)。

25 在一个实施例中，电阻 2701 为 31.6k Ω ，电阻 2702 为 56.2k Ω ，电阻 2703 为 21k Ω ，电阻 2704 为 37.4k Ω ，电阻 2710 为 4.53k Ω ，电阻 2712 为 13k Ω ，电阻 2713 为 3.09k Ω ，电阻 2714 为 8.87k Ω ，电阻 2722 为 63.4k Ω ，电阻 2723 为 100k Ω 、电阻 2725 为 57.6k Ω ，电阻 2726 为 158k Ω ，电阻 2730 为 100k Ω ，电阻 2734 为 107k Ω 以及电阻 2737 为 100k Ω 。在一个实施例中，电容 2720、2721、2724、

2728、2731 以及 2735 为 0.1 μf 。在一个实施例中，opamp 2732、2729 以及 2736 为 TL074 型或等效物。

图 28 是压缩器 2610 的示意图。压缩器 2610 包括峰值检波器 2804、偏置电路 2802、增益控制块 2806 以及输出缓冲器 2810。峰值检波器构建于二极管 2810 和二极管 2811 周围。偏置电路构建于晶体管 2820 和齐纳二极管 2816 周围。增益控制电路构建于 FET (场效应晶体管)2814 周围。输出缓冲器构建于 opamp 2824 周围。

至压缩器 2610 的输入设在引脚 P10。引脚 P10 接到电阻 2827 的第一端子。电阻 2827 的第二端子连接到 FET 2814 的漏极和电阻 2822 的第一端子。电阻 2822 的第二端子连接到 opamp 2824 的反相输入端和电阻 2823 的第一端子。opamp 2824 的非反相输入端接地。opamp 2824 的输出连接到电阻 2823 的第二端子和引脚 P12。引脚 P12 是压缩器 2616 的输出端。

FET 2814 的源极接地。FET 2814 的栅极接到电阻 2813 的第一端子、电阻 2815 的第一端子以及引脚 P13。引脚 P14 接到电阻 2815 的第二端子。

电阻 2813 的第二端子接到二极管 2811 的阴极。二极管 2811 的阳极接到二极管 2810 的阴极和引脚 P11。二极管 2810 的阳极接到电阻 2812 的第一端。电阻 2812 的第二端子接到引脚 P14。

引脚 P14 也接到电阻 2818 的第一端子和 PNP 晶体管 2820 的发射极。电阻 2818 的第二端子接地。PNP 晶体管 2820 的基极接到电阻 2817 的第一端子和电阻 2819 的第一端子。电阻 2817 的第二端子接地。PNP 晶体管 2820 的集电极接到电阻 2819 的第二端子、齐纳二极管 2816 的阳极和引脚 P15。齐纳二极管 2816 的阴极接地。引脚 P15 被这样设置，从而使限流偏置电阻可以连接在齐纳二极管与负电源电压之间。

连接在 P10 与 P11 之间的电容 2421 把输入交流耦合到峰值检波器电路。连在 P13 和 P14 之间的电容 2420 为压缩器的启动提供延迟

时间常数。

在一个实施例中，二极管 2810 和 2811 是 1N4148 型或等效物。在一个实施例中，FET 2814 是 2N3819 型或等效物，PNP 晶体管 2820 是 2N2907 型或等效物，而齐纳二极管 2816 是 3.3 伏齐纳二极管 (1N746A 或等效物)。在一个实施例中，opamp 2824 是 TL074 型或等效物。电容 2420 是 DC 块，电容 2421 设定压缩延迟。在一个实施例中，电阻 2812 为 $1\text{k}\Omega$ ，电阻 2813 为 $10\text{k}\Omega$ ，电阻 2815 为 $100\text{k}\Omega$ ，电阻 2817 为 $4.12\text{k}\Omega$ ，电阻 2818 为 $1.2\text{k}\Omega$ ，电阻 2819 为 806Ω ，电阻 2822 为 $10\text{k}\Omega$ ，电阻 2827 为 $1\text{k}\Omega$ 以及电阻 2823 为 $100\text{k}\Omega$ 。

10 增益控制块 2806 作为电压受控的分压器。该分压器由电阻 2827 和 FET 2814 的漏极-源极电阻构成。FET 2814 的漏极-源极电阻由施加于 FET 2814 的栅极的电压控制。输出缓冲器 2810 放大电压受控分压器所产生的电压(即 FET 2814 的漏极上的电压)，并在引脚 P12 上提供输出电压。偏置电路 2802 使 FET 2814 偏置到线性运算区。
15 峰值检波电路 2804 检测引脚 P10 处提供的信号的峰值振幅，并降低增益控制 2806 的“增益”(通过改变 FET 2814 的漏极-源极电阻)，作为对峰值振幅增加的响应。

图 29 是水平声像增强块 2406 的示意图。在块 2406 中，来自低音模块 2404 的左声道信号 2630 连接到电阻 2903 的第一端子和电阻 20 2901 的第一端子。电阻 2901 的第二端子接地。来自低音模块 2404 的右声道信号 2631 被提供给电阻 2904 的第一端子和电阻 2902 的第一端子。电阻 2902 的第二端子接地。

电阻 2903 的第二端子连接到电阻 2905 的第一端子和 opamp 2914 的非反相输入端。电阻 2904 的第二端子连接到电容 2906 的第一端子和 opamp 2912 的非反相输入端。电容 2906 的第二端子连接到电阻 25 2905 的第二端子。

opamp 2912 的反相输入端连接到电容 2911 的第一端子、电容 2907 的第一端子、电容 2910 的第一端子以及引脚 P21。opamp 2912

的输出端连接到电阻 2913 的第一端子、引脚 P22 以及电容 2911 的第二端子。

opamp 2914 的反相输入端连接到电容 2915 的第一端子、引脚 P19、电阻 2908 的第一端子以及电阻 2909 的第一端子。电阻 2909 的第二端子连接到电容 2910 的第二端子。电阻 2908 的第二端子连接到电容 2907 的第二端子。opamp 2914 的输出端连接到电阻 2917 的第一端子、引脚 P20 以及电容 2915 的第二端子。

电阻 2913 的第二端子连接到引脚 P24 作为右声道输出。电阻 2917 的第二端子连接到引脚 P23 作为左声道输出。连在引脚 P19 和 P20 之间的可变电阻 2430 控制左声道的视在空间声像宽度。连在引脚 P21 和 P22 之间的可变电阻 2431 控制右声道的视在空间声像宽度。在一个实施例中，可变电阻 2930 和 2931 以机械方式连接，使得改变一个电阻也会改变另一个。

在一个实施例中，电阻 2901 和 2902 为 $100\text{k}\Omega$ ，电阻 2903 和 2904 为 $10\text{k}\Omega$ ，电阻 2905 为 $8.66\text{k}\Omega$ ，电阻 2908 为 $15\text{k}\Omega$ ，电阻 2909 为 $30.1\text{k}\Omega$ ，以及电阻 2917 和 2913 为 200Ω 。在一个实施例中，电容 2906 为 $0.018\mu\text{f}$ ，电容 2907 为 $0.001\mu\text{f}$ ，电容 2910 为 $0.082\mu\text{f}$ 以及电容 2915 和 2911 为 22pf 。在一个实施例中，可变电阻 2430 和 2431 具有 100k 欧姆的最大电阻。在一个实施例中，opamp 为 TL074 型或等效物。

图 30 是校正系统 3000 的示意图，可以用作立体声像增强系统 124。系统 3000 包括差动放大器，它提供共模特性 3020 和差模特性 3022。

系统 3000 包括两个晶体管 3010 和 3012；多个电容 3020、3022、3024、3026 和 3028；以及多个电阻 3040、3042、3044、3046、3048、3050、3052、3054、3056、3058、3060、3062 和 3064。位于晶体管 3010 和 3012 之间的是三个分频网络 3070、3072 和 3074。第一分频网络 3070 包括电阻 3060 和电容 3024。第二分频网络 3072 包括电阻 3062 和电容 3026，第三分频网络 3074 包括电阻 3064 和电容 3028。

左输入端 3000(LEFT IN)通过电容 3020 和电阻 3040 向晶体管 3010 的基极提供左输入信号。电源 V_{cc} 3040 通过电阻 3046 连接到晶体管 3010 的基极。电源 V_{cc} 3040 还通过电阻 3046 连接到晶体管 3010 的集电极。晶体管 3010 的基极还通过电阻 3044 连接到地 3041，同时晶体管 3010 的发射极通过电阻 3048 连接到地 3041。

电容 3020 是去耦电容，它提供左输入端 3000 上的输入信号的直流(DC)隔离。另一方面，电阻 3042、3044、3046 和 3048 构成提供晶体管 3010 稳定操作的偏置电路。具体来说，电阻 3042 和 3044 设置晶体管 3010 的基极电压。电阻 3046 与第三分频网络 3074 组合在一起，设置晶体管 3010 的集电极至发射极电压的直流值。电阻 3048 与第一和第二分频网络 3070 和 3072 组合在一起，设置晶体管 3010 的发射极的 DC 电流。

在一个实施例中，晶体管 3010 是 NPN 2N2222A 晶体管，它通常从各种晶体管制造商处都可得到。电容 3020 为 0.22 微法。电阻 3040 为 22 千欧(k Ω)，电阻 3042 为 41.2k Ω ，电阻 3046 为 10k Ω 以及电阻 3048 为 6.8k Ω 。但是，本领域的技术人员应当知道可以采用具有不同值的各种晶体管、电容和电阻。

右输入端 3002 通过电容 3022 和电阻 3050 向晶体管 3012 的基极提供右输入信号。电源 V_{cc} 3040 通过电阻 3052 连接到晶体管 3012 的基极。电源 V_{cc} 3040 还通过电阻 3056 连接到晶体管 3012 的集电极。晶体管 3012 的基极还通过电阻 3054 连接到地 3041，而晶体管 3012 的发射极通过电阻 3058 连接到地线 3041。

电容 3022 是去耦电容，它提供右输入端 3002 处输入信号的直流(DC)隔离。另一方面，电阻 3052、3054、3056 和 3058 构成提供晶体管 3012 稳定操作的偏置电路。具体来说，电阻 3052 和 3054 设定晶体管 3012 的基极电压。电阻 3056 与第三分频网络 3074 组合在一起设定晶体管 3012 的集电极至发射极电压的直流值。电阻 3058 与第一和第二分频网络 3070 和 3072 组合在一起设定晶体管 3012 的

发射极的 DC 电流。

在一个实施例中，晶体管 3012 是 NPN 2N2222A 晶体管，它通常可从各种晶体管制造商处获得。电容 3022 为 0.22 微法。电阻 3050 为 22 千欧(kΩ)，电阻 3052 为 41.2kΩ，电阻 3056 为 10kΩ 以及电阻
5 3048 为 6.8kΩ。但是，本领域的技术人员会知道可以采用具有不同值的各种晶体管、电容和电阻。

系统 3000 产生两种电压增益：共模电压增益和差动电压增益。共模电压增益是左右输入端 3000 和 3002 所共有的电压的变化。差动增益是因施加于左右输入端 3000 和 3002 的电压之差而引起的输出
10 电压的变化。

在系统 3000 中，共模增益被这样设计，以便降低可能由高振幅输入信号导致的削波。在一个实施例中，左输出端 3004 上的共模增益主要由电阻 3040、3042、3044、3046 和 3048 定义。在一个实施例中，共模增益约为 6 分贝。

15 约 30 赫兹(Hz)以下的频率比约 30Hz 以上的频率被去加重得更多。对于约 30Hz 以上的频率，各频率按约 6 分贝均匀地减小。

但是，对于给定的实施方案，共模增益可以因改变电阻 3040、3042、3044、3050、3052 和 3054 的值而改变。

左右输出端 3004 和 3006 之间的差动增益主要由电阻 3046 和
20 3048 之比、电阻 3056 和 3058 之比、以及三个分频网络 3070、3072 和 3074 来定义。如以下更详细讨论的，一个实施例均衡差动输入中的某些频率范围。因此，差动增益是根据左右输入信号的频率而变化的。

25 因为分频网络 3070、3072 和 3074 均衡差动输入中的各频率范围，可改变差动信号中的频率，而不影响共模信号中的各频率。因此，一个实施例可以完全独特和新颖的方式创建增强的音频声音。此外，差动透视校正装置 102 可以更简单和成本更低地实现许多其它的音频增强系统。

现在讨论三个分频网络 3070、3072 和 3074，分频网络 3070、3072 和 3074 充当在频谱上对差动信号整形的滤波器。通常滤波器的特征就是具有截止频率，它将频率的通带与频率的阻带分隔开。截止频率是标记通带的边缘和向阻带过渡的开始频率。通常，截止频率是相对于通带中其它频率去加重三个分贝的频率。频率的通带是通过滤波器而基本上没有均衡或衰减的那些频率。另一方面，频率的阻带是滤波器均衡或衰减了的那些频率。

图 31 表示只具有第一分频网络 3070 的本发明的一个实施例。第一分频网络 3070 包括电阻 3060 和电容 3024，它将晶体管 3010 和 3012 的发射极互连。因为第一分频网络 3070 均衡频谱的较低部分中的频率，所以称为高通滤波器。在一个实施例中，电阻 3060 的值约为 27.01k Ω 而电容 3024 的值约为 0.68 微法。

电阻 3060 和电容 3024 的值经选择以定义低频范围中的截止频率。在一个实施例中，截止频率约为 78Hz，阻带在约 78Hz 以下，通带在约 78Hz 以上。约 78Hz 以下的频率被相对于约 78Hz 以上的频率去加重。但是，因为第一分频网络 3070 只是一阶滤波器，所以定义截止频率的各频率是设计目标。对于给定的实施方案，实际的特征频率可以改变。此外，可以为电阻 3060 和电容 3024 选择其它值来改变截止频率，以便去加重其它期望的频率。

图 32 是具有第二和第三分频网络的差动透视校正装置 3200 的示意图。和第一分频网络 3070 一样，第二分频网络 3072 最好也是一种均衡差动信号中某些频率的滤波器。但是，不同于第一分频网络 3070 的是，第二分频网络 3072 是高通滤波器，它相对于差动信号中的较高频率去加重差动信号中的较低频率。

如图 32 所示，第二分频网络 3072 将晶体管 3010 和 3012 的发射极互连。此外，第二分频网络 3072 包括电阻 3062 和电容 3026。最好是，电阻 3062 的值约为 1 k Ω 而电容 3026 的值约为 0.01 微法。

选择这些值以定义高频范围中的截止频率。在一个实施例中，

截止频率为大约 15.9 千赫(kHz)。约 15.9kHz 以下的阻带中的频率被相对于 15.9kHz 以上的通带中的频率去加重。

5 但是，因为第二分频网络 3072 与第一分频网络 3070 一样，是一阶滤波器，所以定义通带的各频率才是设计目的。对于给定的实施方案，实际的特征频率可以改变。再者，可以为电阻 3062 和电容 3026 选择其它的值来去加重其它所需的频率。

10 现在参考图 27，第三分频网络 3074 将晶体管 3010 和 3012 的集电极互连。第三分频网络 3074 包括电阻 3064 和电容 3028，它们经选择以构成对中等范围频率以上的频率去加重的低通滤波器。在一个实施例中，低通滤波器的截止频率约为 795Hz。最好是，电阻 3064 的值约为 9.09k Ω 而电容 3028 的值约为 0.022 微法。

15 在由第三分频网络 3074 产生的校正中，约 795Hz 以上的阻带中的频率被相对于约 795Hz 以下的通带中的频率去加重。如上所述，因为第三分频网络 3074 只是一阶滤波器，在第三分频网络 3074 中定义低通滤波器的频率才是设计目的。对于给定的实施方案，这些频率可以改变。再者，可以为电阻 3064 和电容 3028 选择其它值来改变截止频率，以便去加重其它所需的频率。

在操作中，第一、第二和第三分频网络 3070、3072 和 3074 组合起来对差动信号在频谱上整形。

20 整体校正曲线 2300(如图 23 所示)由两个转折点(标为点 A 和点 B)来定义。在点 A 上(一个实施例中约为 125Hz)，校正曲线的斜率从正值变为负值。在点 B 上(在一个实施例中约为 1.8kHz)，校正曲线从负值变为正值。

25 因此，约 125Hz 以下的频率相对于 125Hz 附近的频率被去加重。具体来讲，在 125Hz 以下，整体校正曲线 800 的增益以每个倍频程约 6 dB 的速率降低。对 125Hz 以下的信号频率的去加重防止了很低频率(即低音)被过度加重。在许多音频再现系统中，相对于较高频率过度加重这种低频范围中的音频信号可能产生具有太强低音响应的

不悦耳和失真的声像。再者，过度加重这些频率可能损坏各种音频部件，包括扬声器。

在点 A 和 B 之间，一个整体校正曲线的斜率是负值。即，约 125Hz 与约 1.8 kHz 之间的频率相对于 125Hz 附近的频率被去加重。因此，
5 与点 A 和点 B 之间频率相关的增益以可变速率降低到在约 1.8kHz 的最大均衡点-8dB。

在 1.8kHz 以上，增益以可变的速率升高，直到约 20kHz，即约为人耳可听见的最高频率。也就是说，约 1.8kHz 以上的频率相对于 1.8 kHz 附近的频率被加重。由此，与点 B 以上的频率相关的增益向
10 着 20 kHz 以可变速率增加。

这些相对增益和频率值仅仅出于设计目标，而实际的数字可能会因系统的不同而不同。再者，在不违背本发明精神的前提下，增益和频率值可以根据声音类型或用户喜好而改变。例如，改变分频网络的数量和改变各个分频网络内的电阻和电容值，使整体透视校正曲线 2300 适合于再现声音的类型。
15

差动信号的选择性均衡增强了差动信号中存在的环境音或混响音效果。如上所述，差动信号中的频率易于在现场声场中在适当电平下感觉到。遗憾的是，在播放记录的表演时，声像并不提供与现场表演相同的 360 度效果。但是，通过均衡差动信号的频率，可以
20 显著地拓宽所投射的声像，以便通过一对设在听者前方的扬声器再现现场表演的体验。

根据整体校正曲线 2300 的差动信号的均衡是为了去加重相对于较高强度信号分量、统计上较低强度的信号分量。在约 1 至 4kHz 之间的中等范围的频率中会见到典型音频信号的较高强度差动信号分量。在此频率范围中，人耳具有被加强的敏感性。因此，增强的左右输出信号产生更为改善的音频效果。
25

分频网络的数目和分频网络内的分量在另一个实施例中可以改变，以便模拟头部传递函数(HRTF)。有利的是，可以将基于 HRTF

的传递函数运用于差动信号以定位渗透音效(immersive sound), 以便创造充分渗透定位的声场。

图 33 表示允许用户改变整体差动增益量的差动透视校正装置 3300。在此实施例中, 第四分频网络 3301 将晶体管 3010 和 3012 的发射极互连。在此实施例中, 第四分频网络 3301 包括可变电阻 3302。

可变电阻 3302 充当电平调整装置, 最好是电位器或类似可变电阻的装置。改变可变电阻 3302 的电阻值升高和降低整个透视校正电路的相关均衡。可变电阻的调整通常是人工方式进行, 使得用户可以根据再现声音的类型和依据用户的个人喜好改变差动增益的电平和方面(aspect)。通常, 差动信号的整体电平的降低会减少环境声音信息, 从而创造变窄的声像感。

图 34 说明使用户可以改变共模增益量的差动透视校正装置 3400。差动透视校正装置 3400 包含第四分频网络 3401。第四分频网络 3401 包括电阻 3402、电阻 3404、电容 3406 以及可变电阻 3408。电容 3406 除去差动信息, 并使可变电阻 3402 和电阻 3404 可以改变共模增益。

电阻 3402 和 3404 可以是随所需的共模增益范围而定的各种各样的值。另一方面, 可变电阻 3408 充当电平调整装置, 在所需范围内调整共模增益。理想的是, 可变电阻 3408 是电位器或类似的可变电阻的装置。改变可变电阻 3408 的电阻会相同程度地影响晶体管 3010 和 3012, 从而升高和降低整体共模增益的相对均衡。

可变电阻的调整通常以人工方式进行, 使得用户可以定制共模增益的电平和特征。共模增益的增加加重了输入信号 3002 和 3004 所共有的音频信息。例如, 在声音系统中增加共模增益将加重一对扬声器之间的中央舞台处的音频信息。

图 35 说明差动透视校正装置 3500, 它具有位于晶体管 3010 和 3012 的发射极之间的第一分频网络 3501 和位于晶体管 3010 和 3012 的集电极之间的第二分频网络 3502。

第一分频网络 3501 是去加重频谱的较低部分中的频率的高通滤波器。在此实施例中，第一分频网络 3501 包括电阻 3510 和电容 3512。电阻 3510 和电容 3512 的值经选择以定义截止频率约为 350Hz 的高通滤波器。因此，电阻 3510 的值约为 27.01k Ω 而电容 3512 的值约为 0.15 微法。在操作中，30Hz 以下的频率相对于 350Hz 以上的频率被去加重。

第二分频网络 3502 将晶体管 3010 和 3012 的集电极互连。第二分频网络 3502 是去加重频谱的较低部分中的频率的低通滤波器。在此实施例中，第二分频网络 3502 包括电阻 3520 和电容 3522。

电阻 3520 和电容 3522 的值经选择，以定义截止频率约 27.3kHz 的低通滤波器。因此，电阻 3520 的值约为 9.09k Ω 而电容 3522 的值约为 0.0075 微法。在工作中，27.3kHz 以上的频率被相对于 27.3kHz 以下的频率去加重。

第一和第二分频网络 3501 和 3502 进行组合，在频谱上对差动信号整形。约 5kHz 以下的频率相对于 5kHz 附近的频率被去加重。具体来讲，在 5kHz 以下，整体校正的增益以每个倍频程约 5dB 的速率增加。再者，在 5kHz 以上，整体校正曲线 1400 的增益也以每个倍频程约 5 dB 的速率减小。

差动透视校正装置的上述实施例还可以包括如图 36 所示的输出缓冲器 3630。输出缓冲器 3600 被这样设计，以便将透视校正差动装置与连接到左右输出端 3004 和 3006 的电路中存在的负载变化隔离开。例如，当左右输出端 3004 和 3006 连接到一对扬声器时，扬声器的阻抗负载不会改变差动透视校正装置均衡差动信号的方式。因此，没有输出缓冲器 3630，电路、扬声器以及其它元件会影响差动透视校正装置 102 均衡差动信号的方式。

在一个实施例中，左输出缓冲器 3630A 包括左输出晶体管 3601、电阻 3604 以及电容 3604。电源 Vcc 3040 直接连接到晶体管 3601 的集电极。晶体管 3601 的集电极通过电阻 3604 连接到地 3041 和通过

电容 3602 连接到左输出端 3004。此外，晶体管 3601 的基极连接到晶体管 3010 的集电极。

5 在一个实施例中，晶体管 3601 是 NPN 2N2222A 晶体管，电阻 3604 为 $1\text{k}\Omega$ ，而电容 3602 为 0.22 微法。电阻 3604、电容 3602 和晶体管 3601 构成单位增益。也就是说，左输出缓冲器 3630A 主要将增强的声音信号传送到左输出端 3004，而不进一步均衡所增强的声音信号。

10 同样地，一个右输出缓冲器 3630B 包括右输出晶体管 3610、电阻 3612 和电容 3614。电源 V_{cc} 3040 直接连接到晶体管 3610 的集电极。晶体管 3610 的集电极通过电阻 3612 连接到地 3041 和通过电容 3614 连接到右输出端。此外，晶体管 3610 的基极与晶体管 3012 的集电极连接。

15 在一个实施例中，晶体管 3610 是 NPN 2N2222A 晶体管，电阻 3612 为 $1\text{k}\Omega$ ，而电容 3614 为 0.22 微法。电阻 3612、电容 3614 和晶体管 3610 产生单位增益。也就是说，右输出缓冲器 3630B 主要将增强的声音信号传送到右输出端 3006，而不均衡所增强的声音信号。

本领域的技术人员应当明白，输出缓冲器 3630 还可以利用其它放大器、例如 opamp 等来实现。

20 图 37 表示立体声像增强处理器 124 的另一个实施例。在图 37 中，左输入 2630 被提供给电阻 3710 的第一端子、电阻 3716 的第一端子以及电阻 3740 的第一端子。电阻 3710 的第二端子连接到电阻 3711 的第一端子和 opamp 3712 的非反相输入端。右输入 2631 被提供给电阻 3713 的第一端子、电阻 3741 的第一端子以及电阻 3746 的第一端子。电阻 3713 的第二端子连接到电阻 3714 的第一端子和 opamp 3712 的非反相输入端。电阻 3714 的第二端子接地。电阻 3740 的第二端子和电阻 3741 的第二端子连接到 opamp 3744 的非反相输入端、电阻 3742 的第一端子。电阻 3742 的第二端子接地。

opamp 3744 的输出被提供给电阻 3761 的第一端子。电阻 3761

的第二端子连接到 opamp 3744 的反相输入端。电阻 3743 的第二端子接地。回到 opamp 3712, opamp 3712 的输出被提供给电阻 3711 的第二端子。opamp 3712 的输出还被提供给电阻 3715 的第一端子。电阻 3715 的第二端子连接到电容 3717 的第一端子。电容 3717 的第二端子连接到电阻 3718 的第一端子、电阻 3719 的第一端子、电容 3721 的第一端子以及电阻 3722 的第一端子。电阻 3718 的第二端子接地。电阻 3719 的第二端子连接到电阻 3720 的第二端子以及电阻 3725 的第二端子。电阻 3721 的第二端子连接到电阻 3720 的第一端子和电阻 3723 的第一端子。电阻 3722 的第二端子连接到电阻 3725 的第一端子和电容 3724 的第一端子。电阻 3723 的第二端子和电容 3724 的第二端子都接地。

电阻 3719 的第二端子也提供给电阻 3726 的第一端子和 opamp 3727 的反相输入端。opamp 3727 的非反相输入端接地。电阻 3726 的第二端子连接到 opamp 3727 的输出端。opamp 3727 的输出端连接到电位器 3728 的第一固定端。电位器 3728 的第二固定端接地。电位器 3728 的滑动片连接到电阻 3747 的第一端子和电阻 3720 的第一端子。

opamp 3744 的输出端连接到电位器 3745 的第一固定端。电位器 3745 的第二固定端接地。电位器 3745 的滑动片连接到电阻 3730 的第一端子和电阻 3751 的第一端子。电阻 3747 的第二端子连接到电阻 3748 的第一端子和 opamp 3749 的反相输入端。

opamp 3749 的非反相输入端接地。opamp 3749 的输出端连接到电阻 3748 的第二端子和电阻 3750 的第一端子。电阻 3750 的第二端子连接到电阻 3729 的第二端子。电阻 3730 的第二端子连接到 opamp 3753 的非反相输入端。电阻 3731 的第一端子还连接到 opamp 3735 的非反相输入端。电阻 3731 的第二端子接地。opamp 3735 的非反相输入端连接到电阻 3734 的第一端子和电阻 3732 的第一端子。电阻 3732 的第二端子接地。opamp 3735 的输出端连接到电阻 3734 的第

二端子。电阻 3750 的第二端子、电阻 3751 的第二端子、电阻 3746 的第二端子以及电阻 3752 的第一端子都连接到 opamp 3755 的非反相输入端。电阻 3752 的第二端子接地。opamp 3755 的非反相输入端连接到电阻 3753 的第一端子和电阻 3754 的第一端子。opamp 3755 的输出端连接到电阻 3754 的第二端子。

opamp 3735 的输出作为左声道输出提供，opamp 3755 的输出作为右声道输出提供。

电阻 3710、3711、3713、3714、3740、3741、3742、3743、3744 和 3761 均为 $33.2\text{k}\Omega$ 的电阻。电阻 3716 和 3746 均为 $80.6\text{k}\Omega$ 。电位器 3745 和 3728 均为 10.0K 线性电位器。电阻 3715 为 1.0K ，电容 3717 为 $0.47\mu\text{f}$ ，电阻 3718 为 4.42K ，电阻 3719 为 121K ，电容 3721 为 $0.0047\mu\text{f}$ ，电阻 3720 为 47.5K ，电阻 3722 为 1.5K ，电阻 3723 为 3.74K ，电阻 3725 为 33.2K 以及电容 3724 为 $0.47\mu\text{f}$ 。电阻 3726 为 121K 。电阻 3747 和 3748 均为 16.2K 。电阻 3729 和 3750 均为 11.5K 。电阻 3730 和 3751 均为 37.9K 。电阻 3731、3732、3752 和 3753 均为 16.2K 。电阻 3734 和 3754 均为 38.3K 。opamp 3712、3744、3727、3749、3735 和 3755 均为 TL074 型或等效物。

数字信号处理器的实现

声校正系统还可以容易地在如结合图 3 所描述的软件中实现。适当的处理器包括通用处理器、数字信号处理器(DSP)等。

图 38 是声校正系统 120 的软件实施例的框图。在图 38 中，左声道输入 3801 设在 10db 衰减器 3803 的输入端。衰减器 3803 的输出被提供给滤波器 3804 的输入端和 DPDT(双刀双掷)开关 3805 的第一掷向端。滤波器 3804 的输出被提供给开关 3806 的第二掷向端。右声道输入 3802 被提供给 10db 衰减器 3806 的输入端。衰减器 3806 的输出被提供给滤波器 3807 的输入端和开关 3805 的第一掷向端。滤波器 3807 的输出被提供给开关 3805 的第二掷向端。

开关 3805 的第一刀(pole)连接到加法器 3828 的第一输入端和加

法器 3808 的第一输入端。开关 3805 的第二刀连接到加法器 3829 的第一输入端和加法器 3808 的第二输入端。加法器 3808 的输出被提供给低通滤波器 3809 的输入端。低通滤波器 3809 的输出被提供给双带带通滤波器 3810 的输入端、双带带通滤波器 3811 的输入端以及 100Hz 带通滤波器 3812 的输入端。

滤波器 3810 的输出被提供给加法器 3821 的第一输入端，滤波器 3811 的输出被提供给加法器 3821 的第二输入端，滤波器 3812 的输出被提供给加法器 3812 的第三输入端。加法器 3821 的输出被提供给 2.75dB 放大器 3863 的输入端、乘法器 3824 的第一输入端以及绝对值块 3822 的输入端。绝对值块 3822 的输出被提供给“快速增高慢速衰减(FASD)压缩器 3823 的输入端。FASD 压缩器 3823 的输出被提供给乘法器 3824 的第二输入端。

放大器 3863 的输出被提供给减法器 3825 的正输入端。乘法器 3824 的输出被提供给减法器 3825 的负输入端。减法器 3825 的输出被提供给乘法器 3826 的第一输入端。低音控制 3827 的输出被提供给乘法器 3826 的第二输入端。乘法器 3826 的输出通过 SPDT 开关 3860 连接到加法器 3828 的第二输入端和加法器 3829 的第二输入端。

加法器 3828 的输出被提供给加法器 3830 的第一输入端、9dB 衰减器 3833 的输入端、减法器 3837 的正输入端以及 DPDT 开关 3836 的第一掷向端。加法器 3829 的输出被提供给减法器 3837 的负输入端、加法器 3830 的第二输入端、9dB 衰减器 3834 的输入端以及开关 3836 的第一掷向端。

加法器 3838 的输出被提供给 5dB 衰减器 3832 的输入端。衰减器 3832 的输出被提供给加法器 3835 的第一输入端和加法器 3866 的第一输入端。衰减器 3833 的输出被提供给加法器 3835 的第二输入端。衰减器 3834 的输出被提供给加法器 3866 的第二输入端。加法器 3835 的输出被提供给开关 3836 的第二掷向端。加法器 3866 的输出被提供给开关 3836 的第二掷向端。

扩展。

在提升滤波器之后，左右声道被混合在一起，并通过低通滤波器 3809，随后通过带通滤波器组 3810-3112。低通滤波器 3809 具有 284Hz 的截止频率。随后的四个滤波器 3810-3112 都是二阶带通滤波器。滤波器 3810 可选择为 40Hz 或 150Hz。滤波器 3811 可选择为 60Hz 或 200Hz。因此，对于扬声器的规格有三种可用配置：小、中和大。所有三种配置采用三个带通滤波器，但是滤波器 3810 和 3811 的中心频率不同。

然后三个有源滤波器的输出被加法器 3821 加在一起，和被提供给低音控制级。

低音控制级包括具有绝对值检波器 3822 的扩展器电路、快速增高慢速衰减峰值检波器 3823 以及乘法器 3824。峰值检波器 3823 的输出被用作扩展器输入信号的乘数，以便扩展信号的动态范围。

低音控制级的第二部分从放大器 3863 所施加的具有 2.75dB 增益的相同输入信号中减去该级的输入信号的扩展形式。这具有限制高振幅信号的电平的效果，同时将小的恒定增益加到较低振幅的信号上。

低音控制级的输出分别通过加法器 3828 和 3829 被加到左右声道信号中。混合到左右声道中的增强的低音信号的量由低音控制 3827 来确定。

然后通过加法器 3830 将所得到的左右声道信号加在一起，形成 L+R 信号，再通过减法器 3837 相减，形成 L-R 信号。将 L-R 信号通过透视曲线(见图 7)进行处理以在频谱上对其整形，所述曲线是用如下的滤波器网络和增益调整来实现的。首先，信号通过 48Hz 高通滤波器 3838。然后，此滤波器的输出被分割并通过 7kHz 高通滤波器 3841 和 200Hz 低通滤波器 3842。然后三个滤波器输出通过加法器 3844 相加，利用如下增益调整形成透视曲线信号：-6dB 用于 48Hz 高通滤波器 3838、0dB(不调整)用于 7kHz 高通滤波器 3841 以及+3dB 用于 200Hz

减法器 3837 的输出被提供给 48Hz 高通滤波器 3838 的输入端。高通滤波器 3838 的输出被提供给 6dB 衰减器 3840 的输入端、7kHz 高通滤波器 3841 的输入端和 200Hz 低通滤波器 3842 的输入端。衰减器 3840 的输出被提供给加法器 3844 的第一输入端，高通滤波器 3841 的输出被提供给加法器 3844 的第二输入端，低通滤波器 3842 的输出通过 3db 衰减器 3843 被提供给加法器 3844 的第三输入端。加法器 3844 的输出被提供给乘法器 3845 的第一输入端。宽度控制 3846 的输出被提供给乘法器 3845 的第二输入端。乘法器 3845 的输出被提供给加法器 3835 的第三输入端，以及通过反相器(即，-1 的增益)被提供给加法器 3866 的第三输入端。

开关 3836 的第一刀连接到左声道输出 3850。开关 3836 的第二刀连接到右输出 3851。

如图 38 所示，左右立体声输入信号分别被提供给左右输入 3803 和 3802。对于处理的低音增强部分(对应于图 1 所示的低音增强块 101)，左右声道通过加法器 3808 加在一起，被处理为单声道信号，然后通过加法器 3828 和 3829 加回到左右声道，从而形成增强的立体声信号。低音信息被处理为单声道信号，因为低音频率信号中通常立体声分离很少，所以很少需要重复处理两个声道。

图 38 说明软件用户控制包括：软件控制 3827，用于控制低音增强的量；软件控制 3846，用于控制视在声场的宽度；以及软件开关 3805、3260 和 3836，用于分别启动或关闭垂直、低音和宽度声像增强。根据应用的不同，这些用户控制可以或者动态地更改或者固定为特定配置。用户控制可以被“连接”到诸如对话框中的滑动块、复选框等的控件，使用户可以控制声校正系统的操作。

在图 38 中，左右输入 3801 和 3802 首先利用-10dB 的增益进行处理，从而设置旁路电平和防止信号在以后的处理过程中饱和。然后，各声道被通过提升滤波器(分别用于左右声道的滤波器 3804 和 3807)进行处理，所述滤波器执行结合图 4-6 所描述的声场的提升和

低通滤波器 3842。宽度控制 3846 确定通过最后的加法器 3835 和 3866 的透视曲线信号的量。

最后,左声道、右声道、L+R 和 L-R 信号通过加法器 3835 和 3866 混合,分别产生最终的左和右声道输出。左声道输出是通过将-5dB 增益调整的 L+R 信号、-9dB 增益调整的左声道信号以及没有增益调整(除宽度控制 3846 提供的增益调整之外)的透视曲线信号混合而形成的。右声道输出是通过将-5dB 增益调整的 L+R 信号、-9dB 增益调整的右声道以及没有增益调整(除宽度控制之外)的反相透视曲线信号混合而形成的。

快速增高慢速衰减(FASD)峰值检波器 3823 的算法用伪码表示如下:

```
if [in > out(previous)] then
    out = in - {[in - out(previous)]*attack}
else
```

```
    out = in + {[out(previous)-in]*decay}
endif
```

其中 out(previous)表示来自前一抽样周期的输出。

增高和衰减的值与抽样率相关,因为转换速率必定与实际时间相关。它们各自的公式如下:

```
增高 = 1 - (1/(0.01*抽样率))
衰减 = 1 - (1/(0.1*抽样率))
```

其中抽样率以样值数/秒为单位。

至 FASD 峰值检波器 3123 的输入总是大于或等于零,因为它来自绝对值函数 3122 的输出。

滤波器 3809-3812 以无穷脉冲响应(IIR)滤波器的形式在 44.1kHz 的抽样频率下实现。这些滤波器是采用双线性变换法设计的。每个滤波器是具有一个区间(section)的二阶滤波器。这些滤波器是采用 32 位小数定点算法实现的。各个滤波器的特定信息在如下表 1 中给出。此外,滤波器 3810 至 3812 的传递函数分别如图 32 至 35 所示。附

加的 200Hz 带通滤波器(图 31 中未示出)的传递函数如图 36 所示。低通滤波器 3809 的传递函数如图 37 所示。

带通滤波器

滤波器频率 (Hz)	-3dB 低 (Hz)	中 心 (Hz)	-3dB 高 (Hz)	带通增 益	带通增益 (dB)
40	30	38.7	50	1.43	3.12
60	45	58.1	75	1.43	3.12
100	78	96.8	129	1.00	0.0
150	116	145.1	192	1.00	0.0
200	150	193.6	250	0.71	-2.93
低通滤波器					
		-3dB (Hz)	-15dB (Hz)	带通增 益	带通增益 (dB)
		285	1021	1.00	0.0

表 1

5

低音控制 3827 确定施加到音频信号的低音增强量，并向乘法器 3826 提供 0 到 1 之间的值。

宽度控制 3846 确定施加到最终输出的立体声宽度增强量。宽度控制向乘法器 3845 提供 0 到 2.82(9dB)之间的值。

10

其它实施例

此处公开的整个声校正系统可以容易地通过运行在 DSP 或个人计算机上的软件、通过分立电路元件来实现，如混合电路结构或者在具有用于调整适当外部元件的端子的半导体衬底内。由用户完成的调整目前包括低频和低频能量校正的电平、包括和信号与差信号的电平的各种信号电平的调整以及取向调整。

15

通过前面的描述和附图，已经说明本发明具有超过当前声校正

和立体声增强系统的重要优点。虽然上述详细描述已表明、描述和指出了本发明的主要的新颖特征，但是应当理解，本领域的技术人员在不违背本发明精神的前提下，可以对所述装置的形式和细节进行各种修改、替换和更改。因此，本发明应该仅由以下权利要求书

5 来限定其范围。

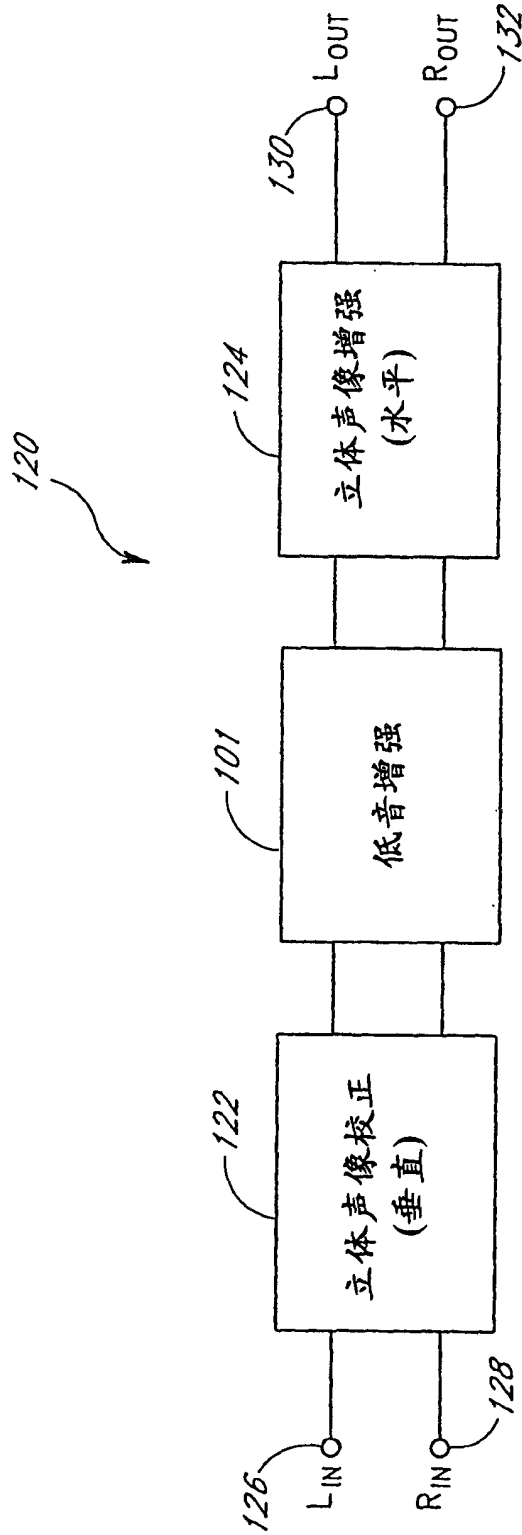


图 1

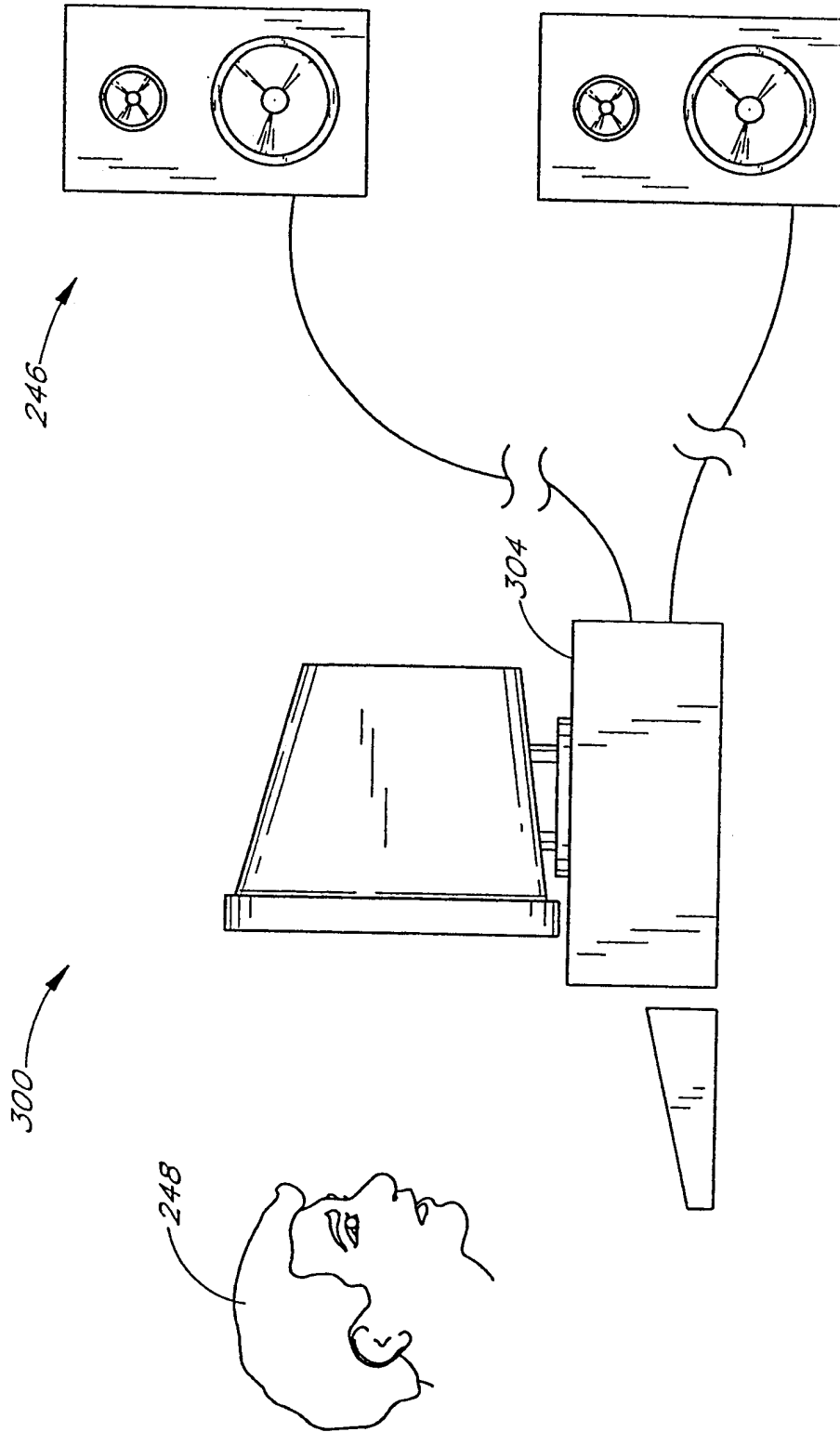


图 3

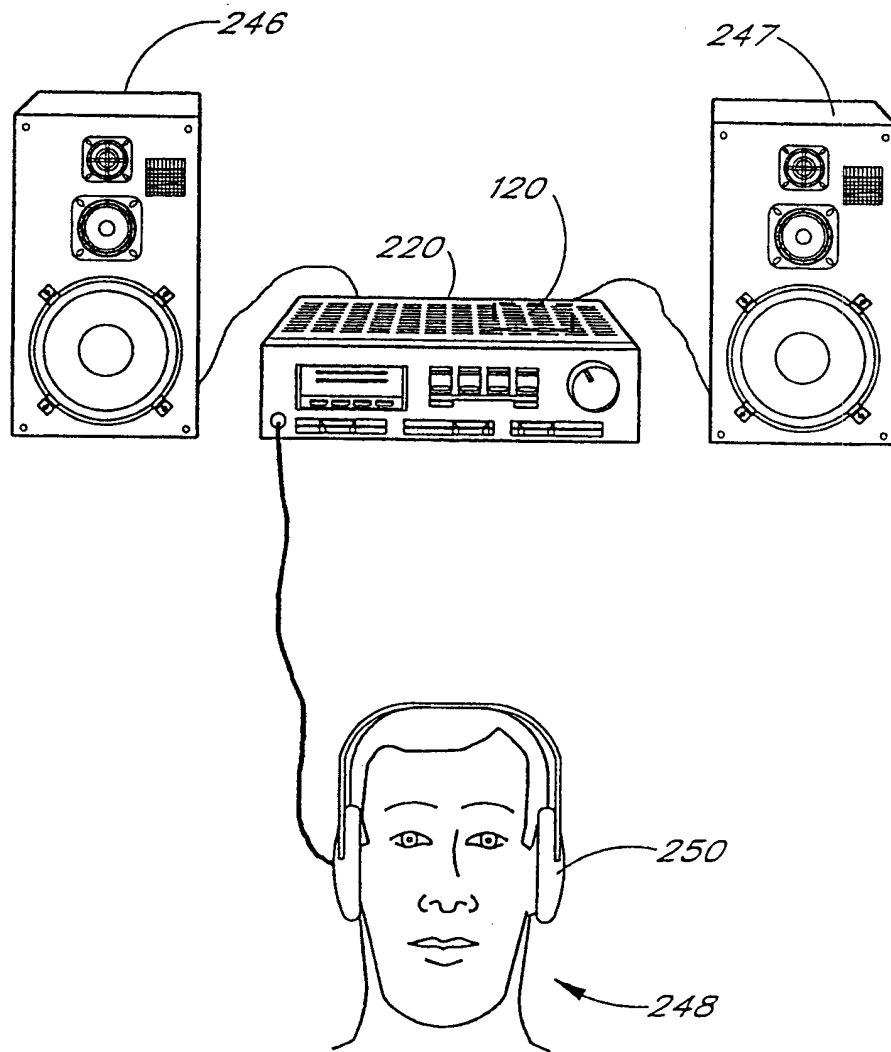


图 2

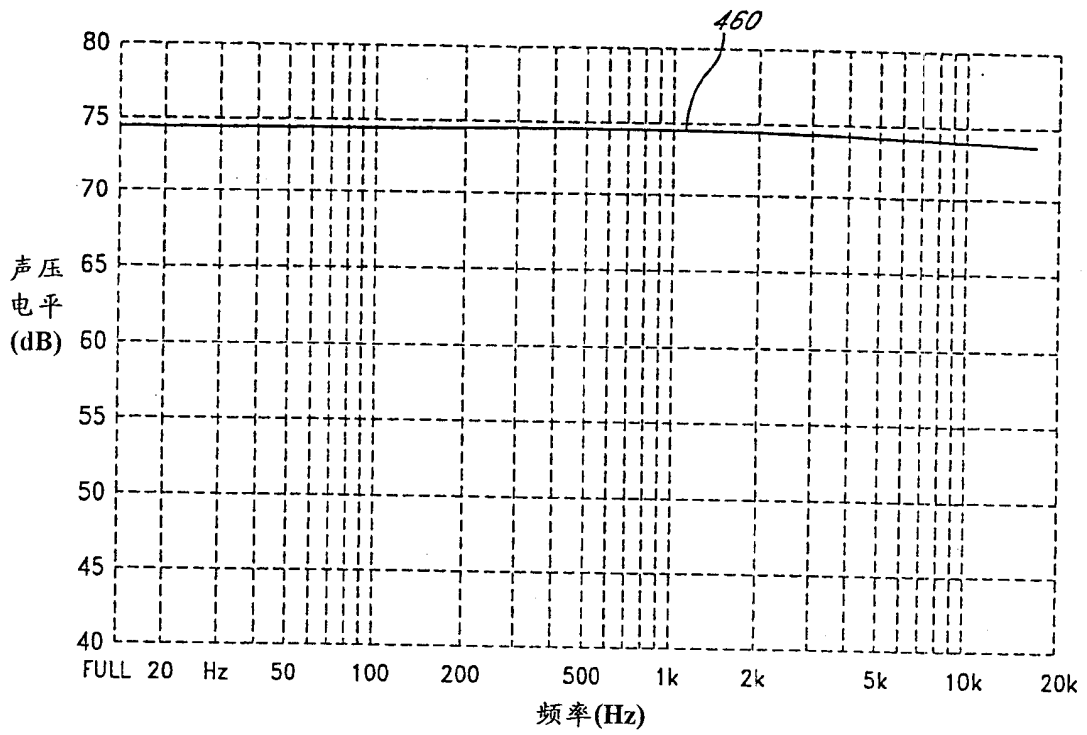


图 4A

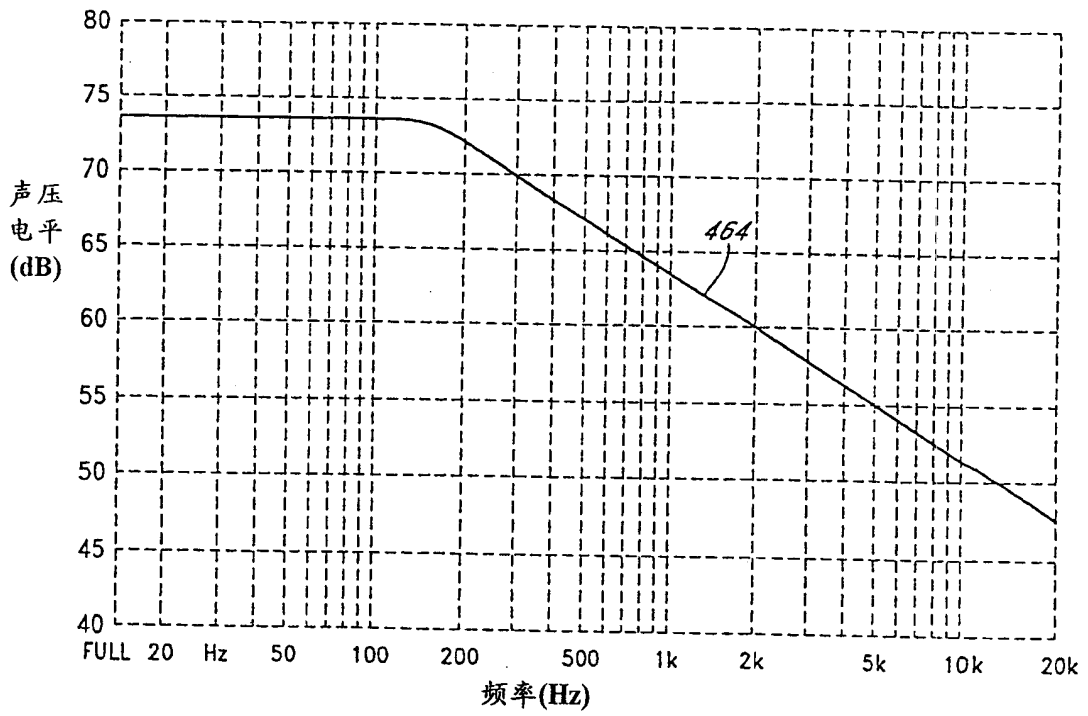


图 4B

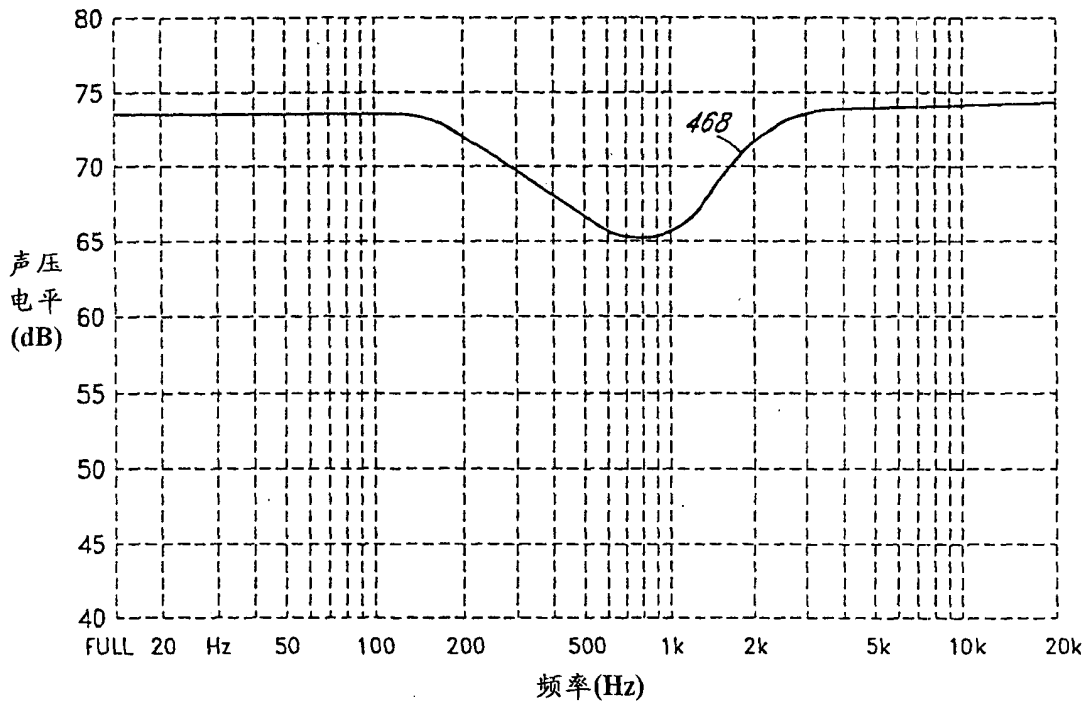


图 4C

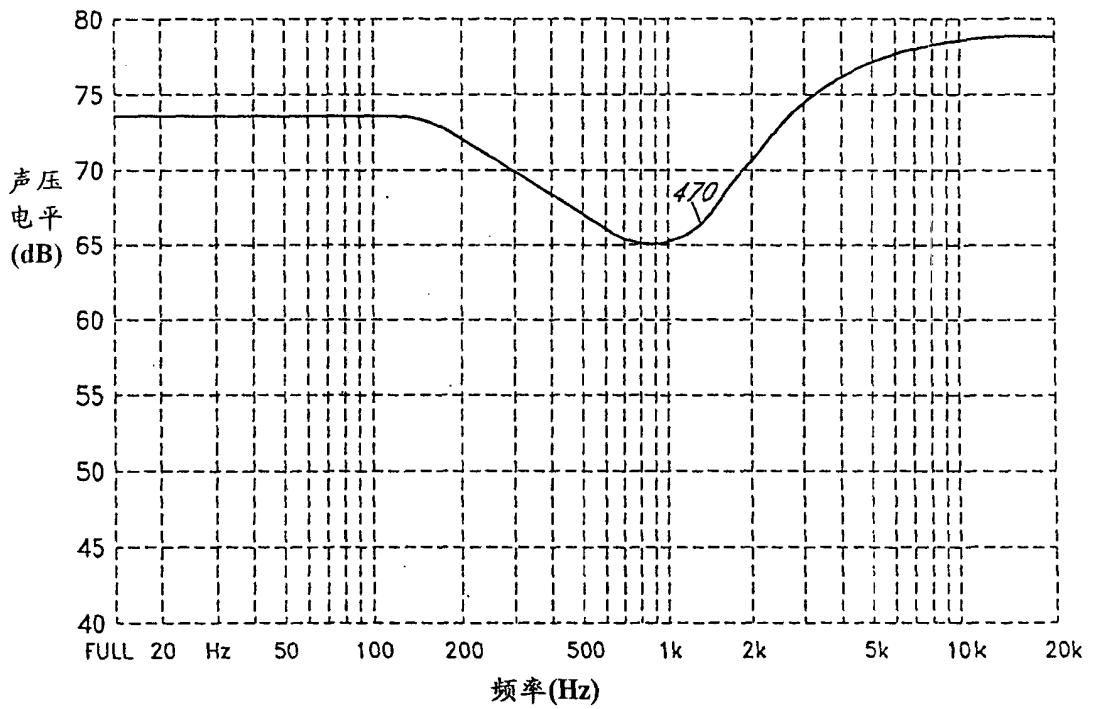


图 4D

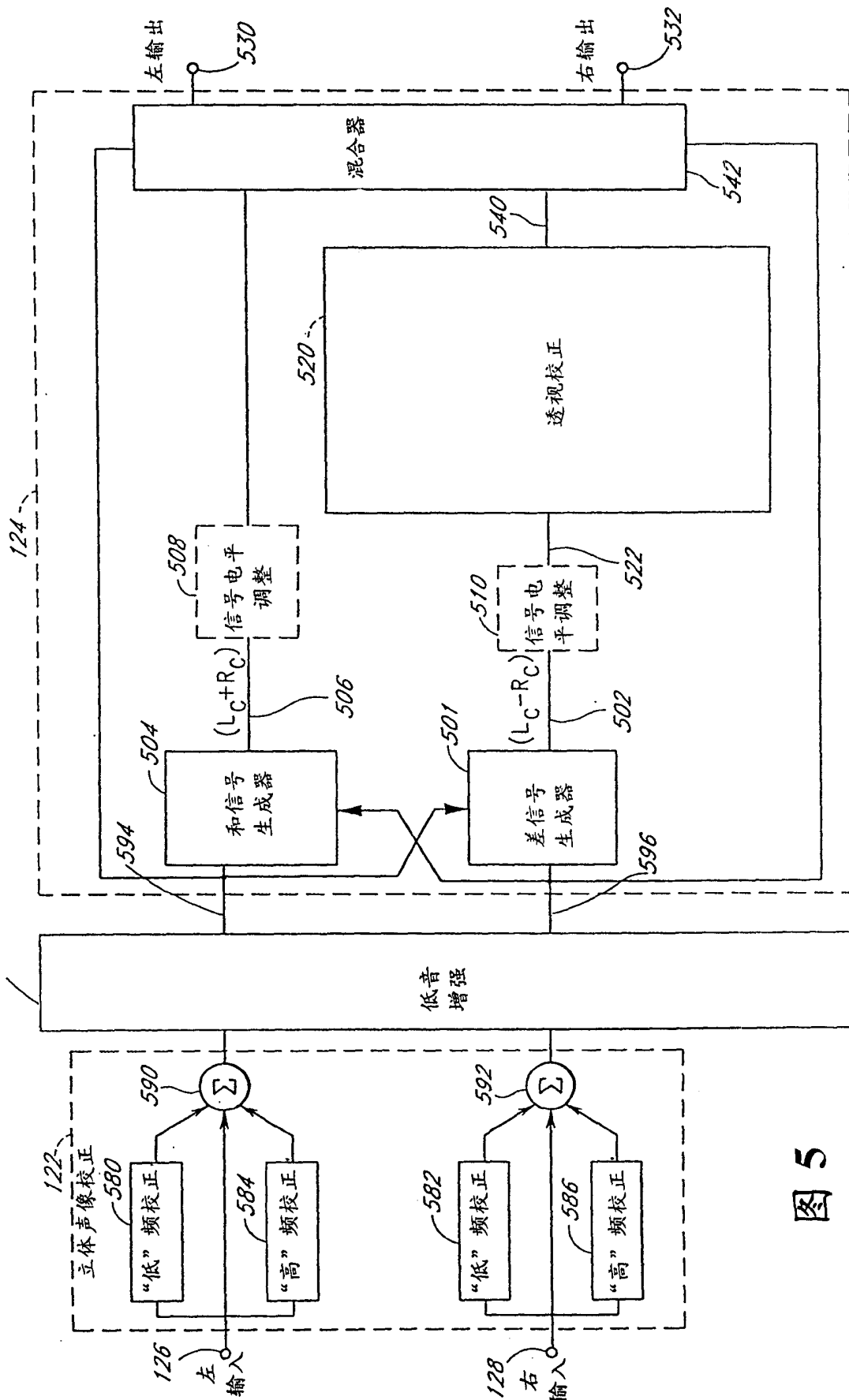


图 5

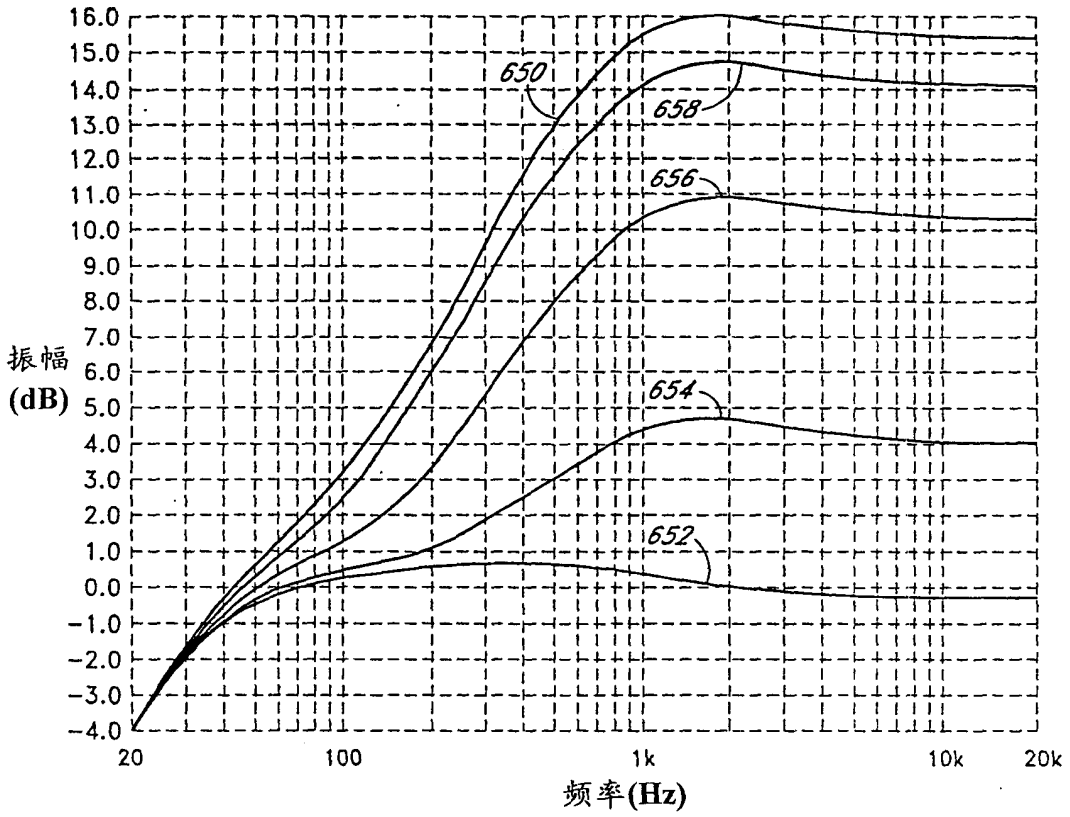


图 6A

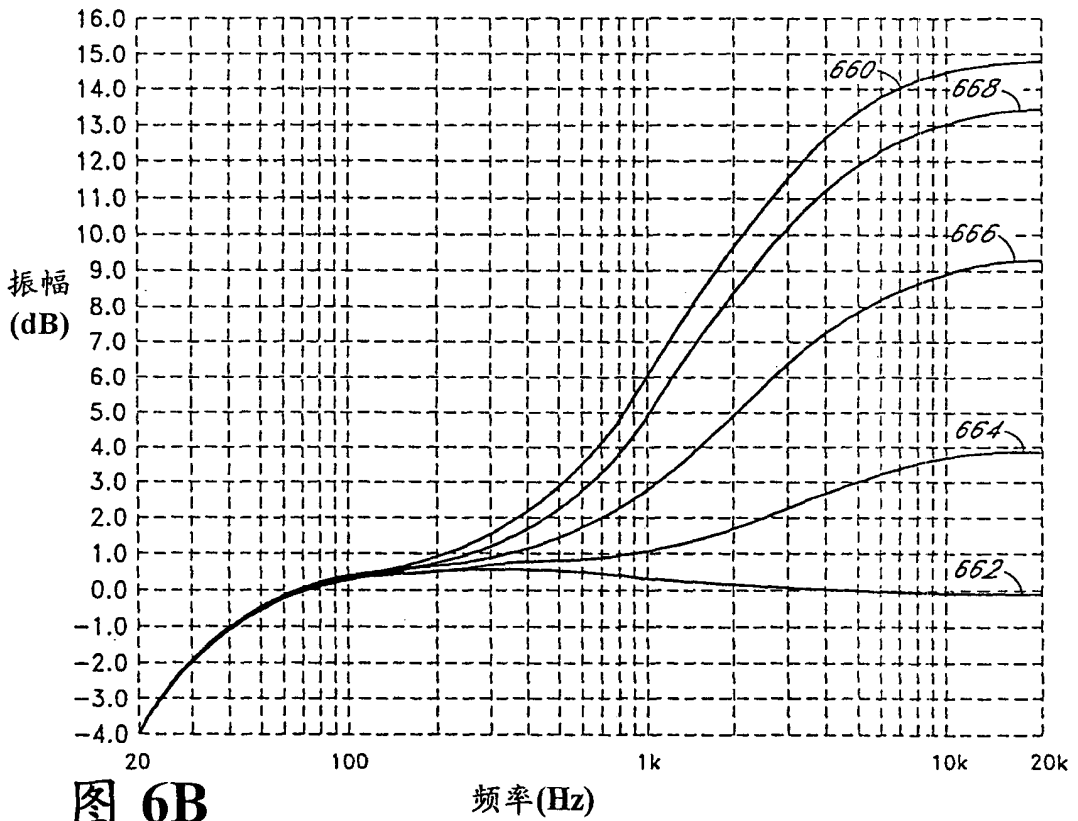


图 6B

频率(Hz)

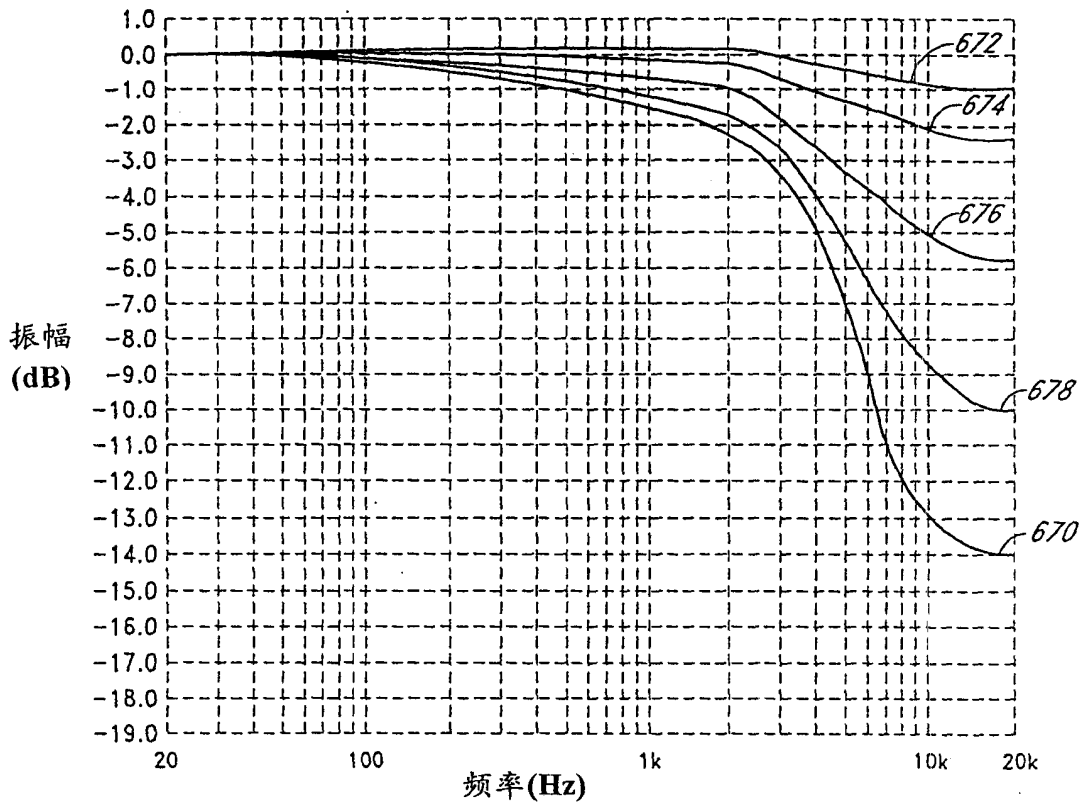


图 6C

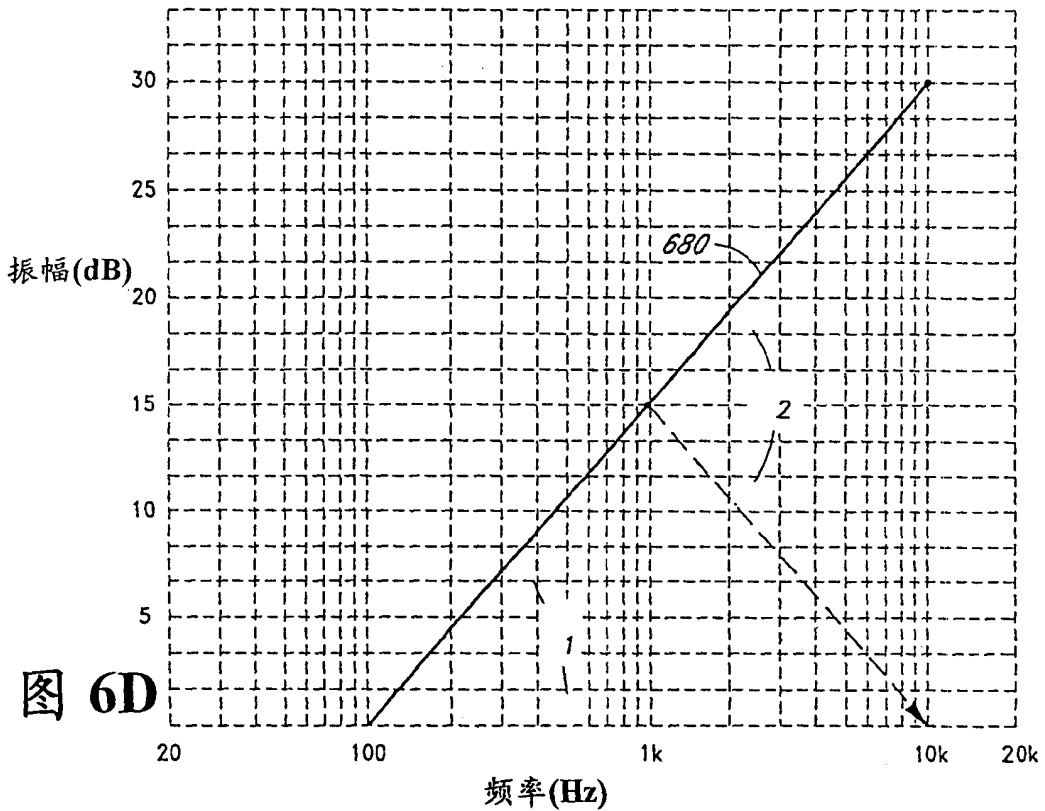


图 6D

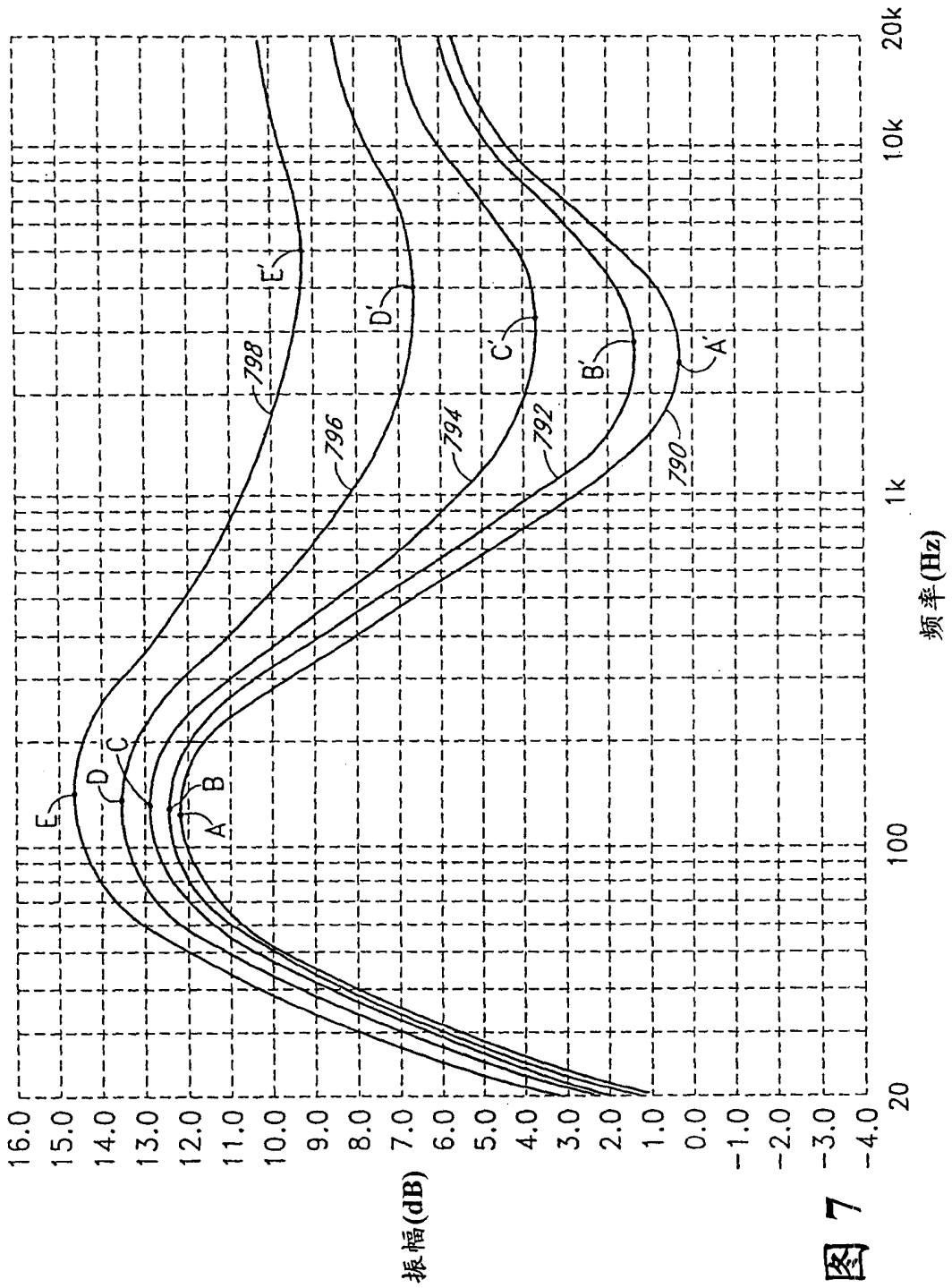
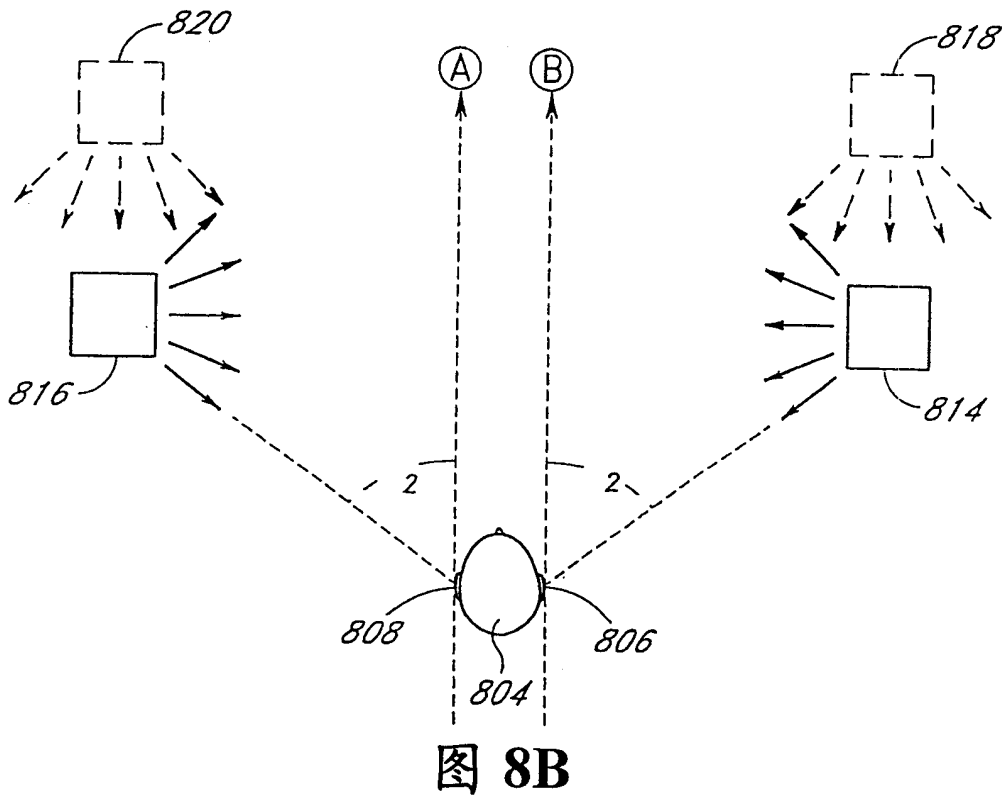
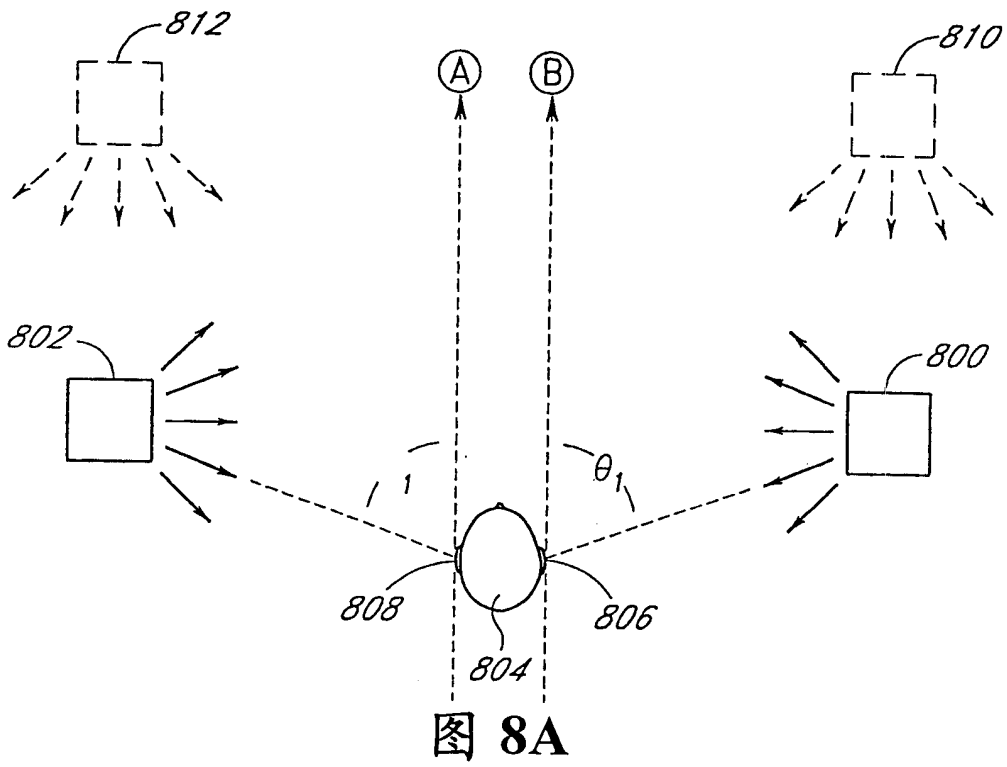


图 7



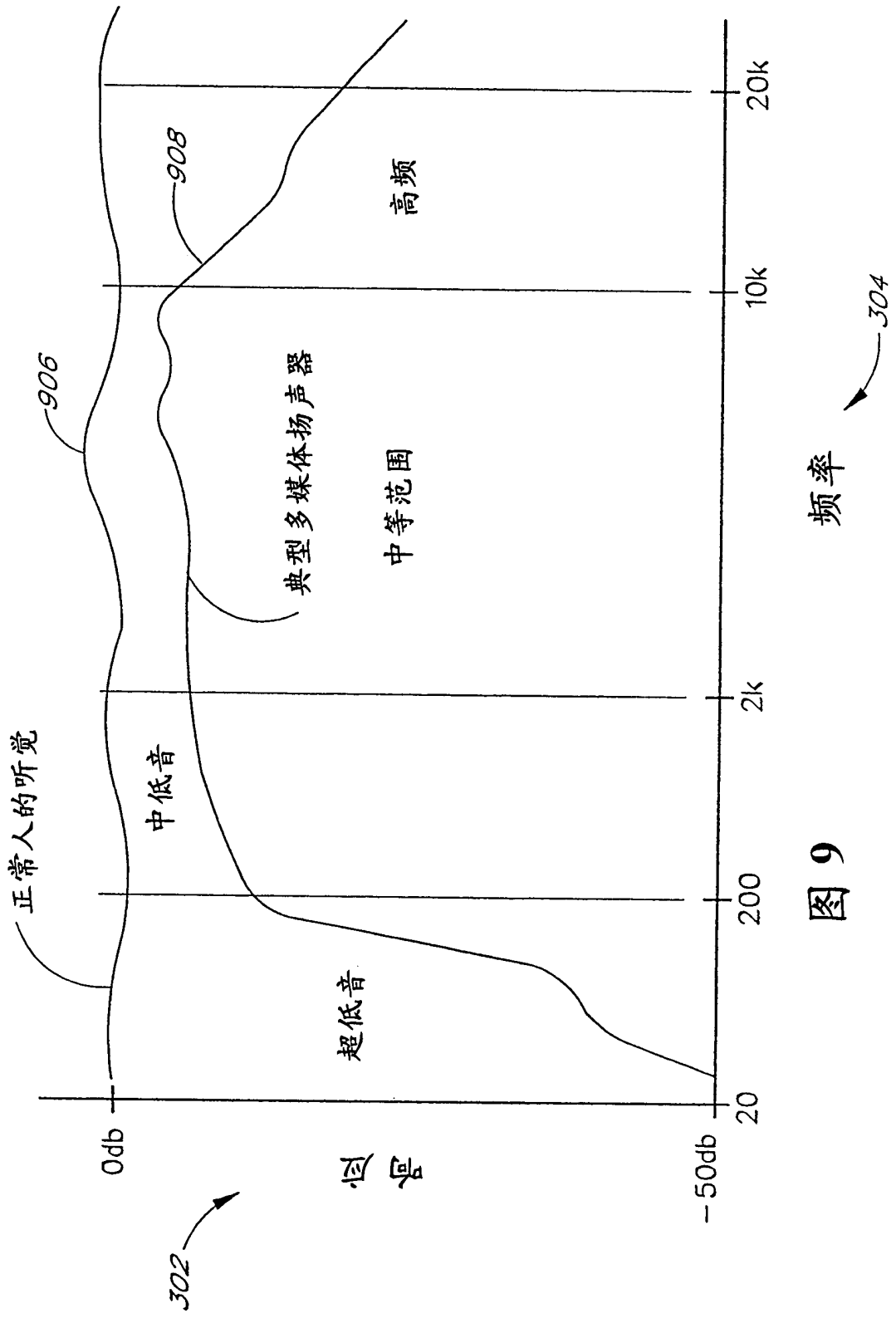


图 9

理想化的乐器/音乐

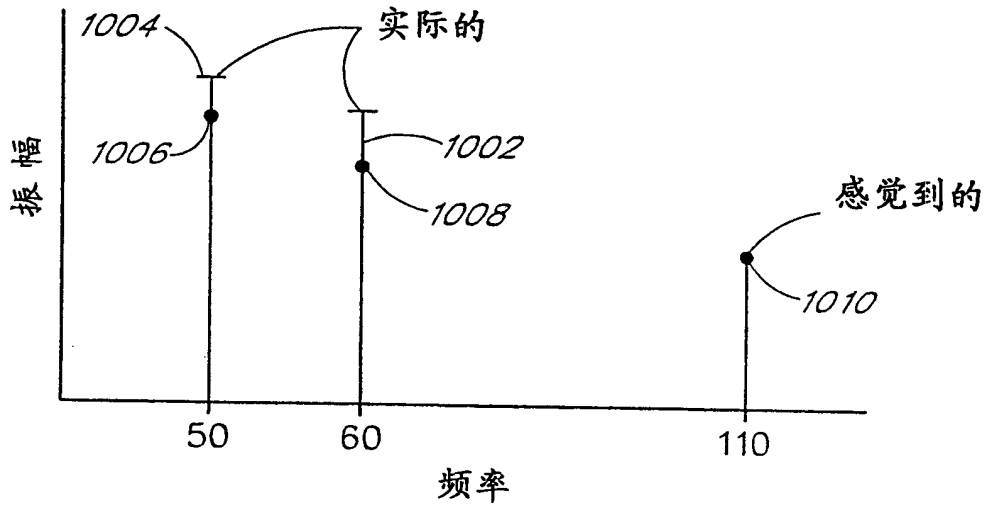


图 10

实际乐器/音乐

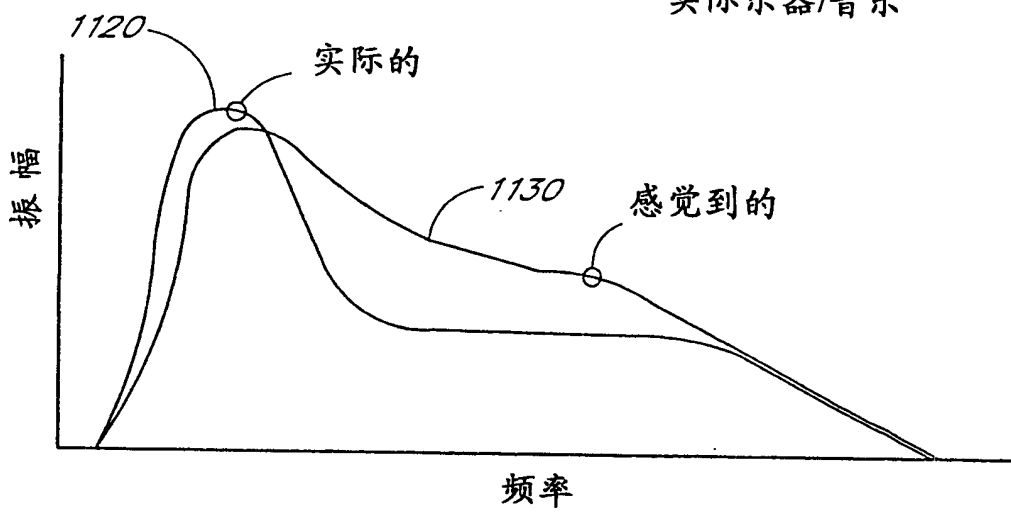


图 11

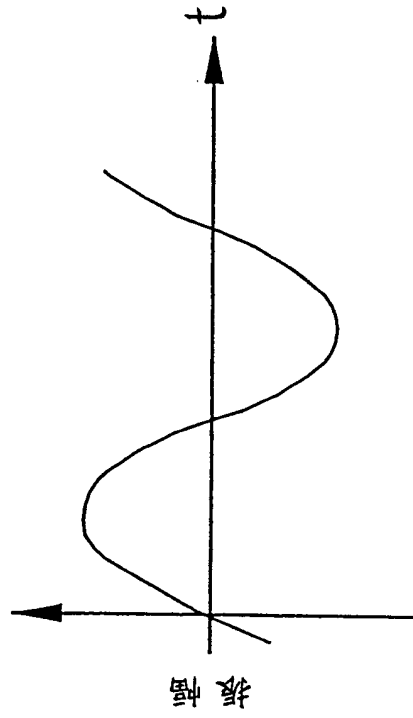


图 12B

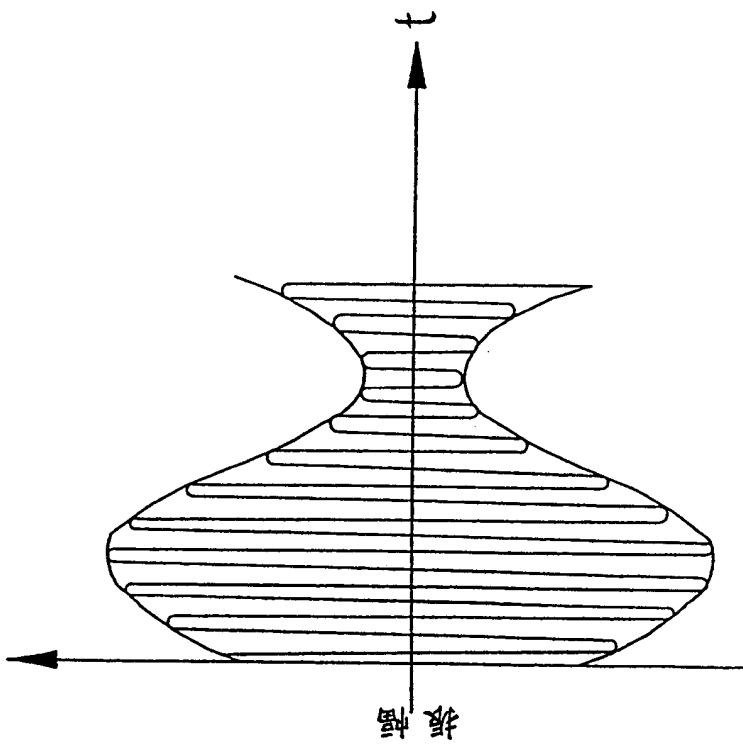


图 12A

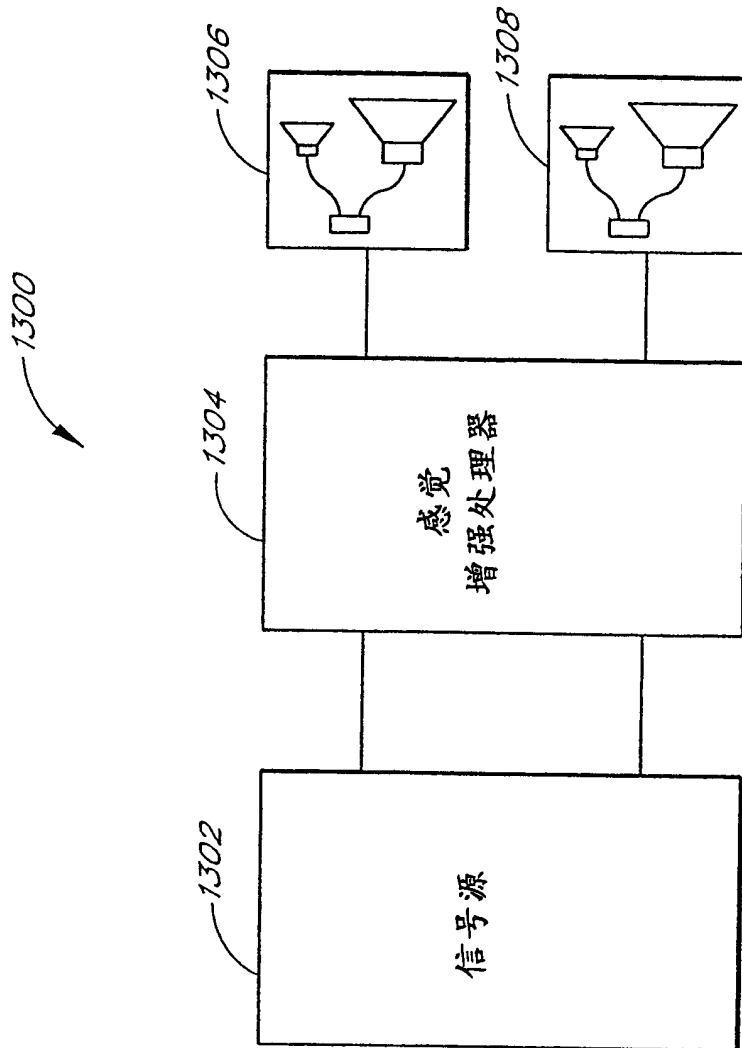


图 13A

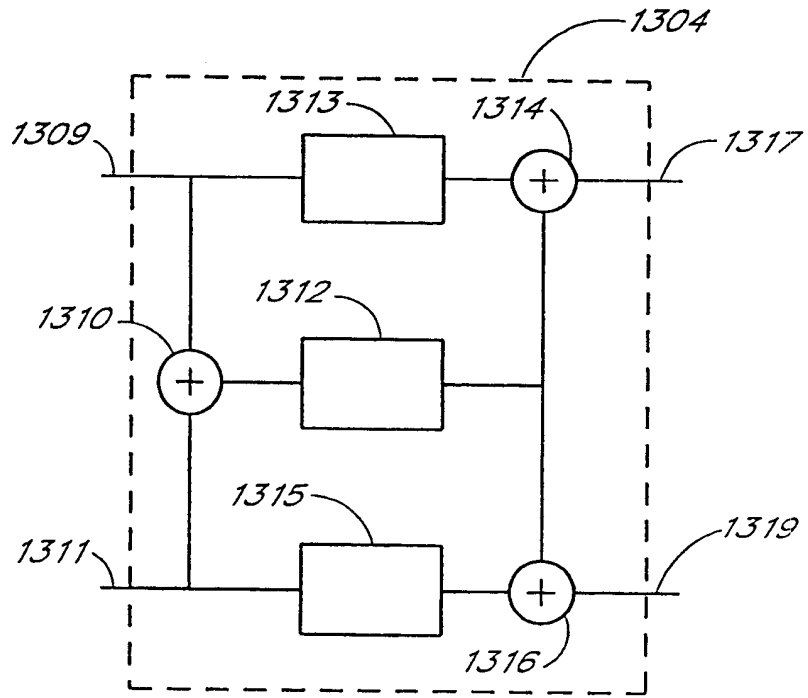


图 13B

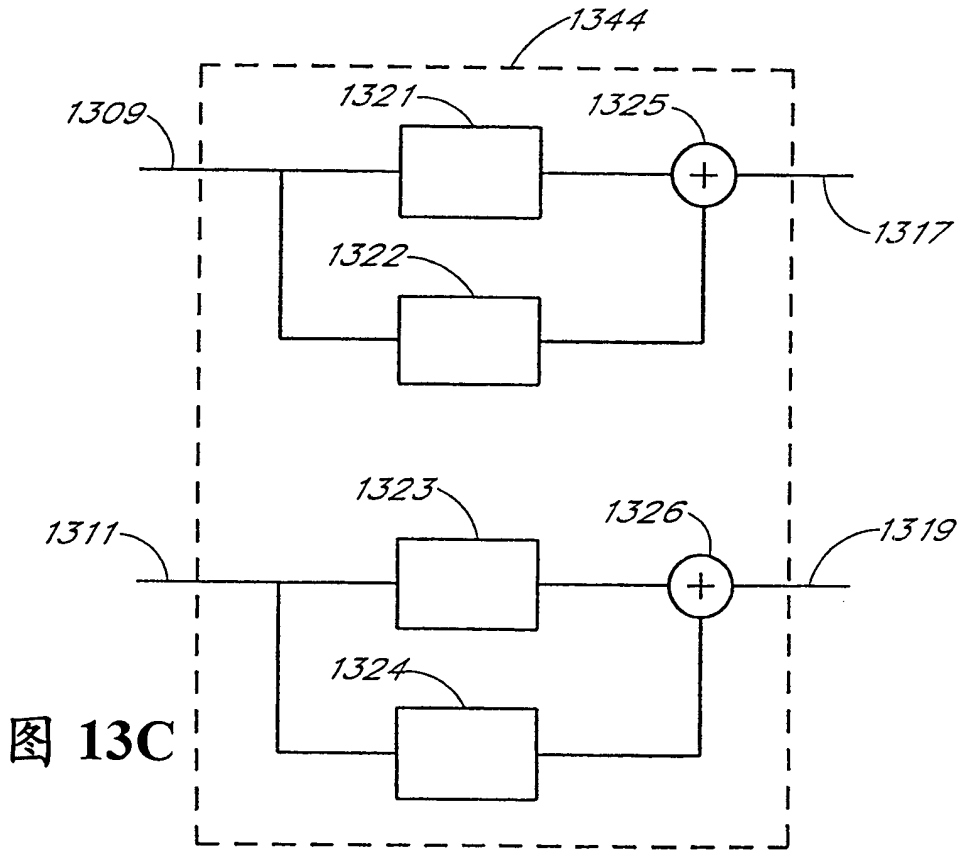


图 13C

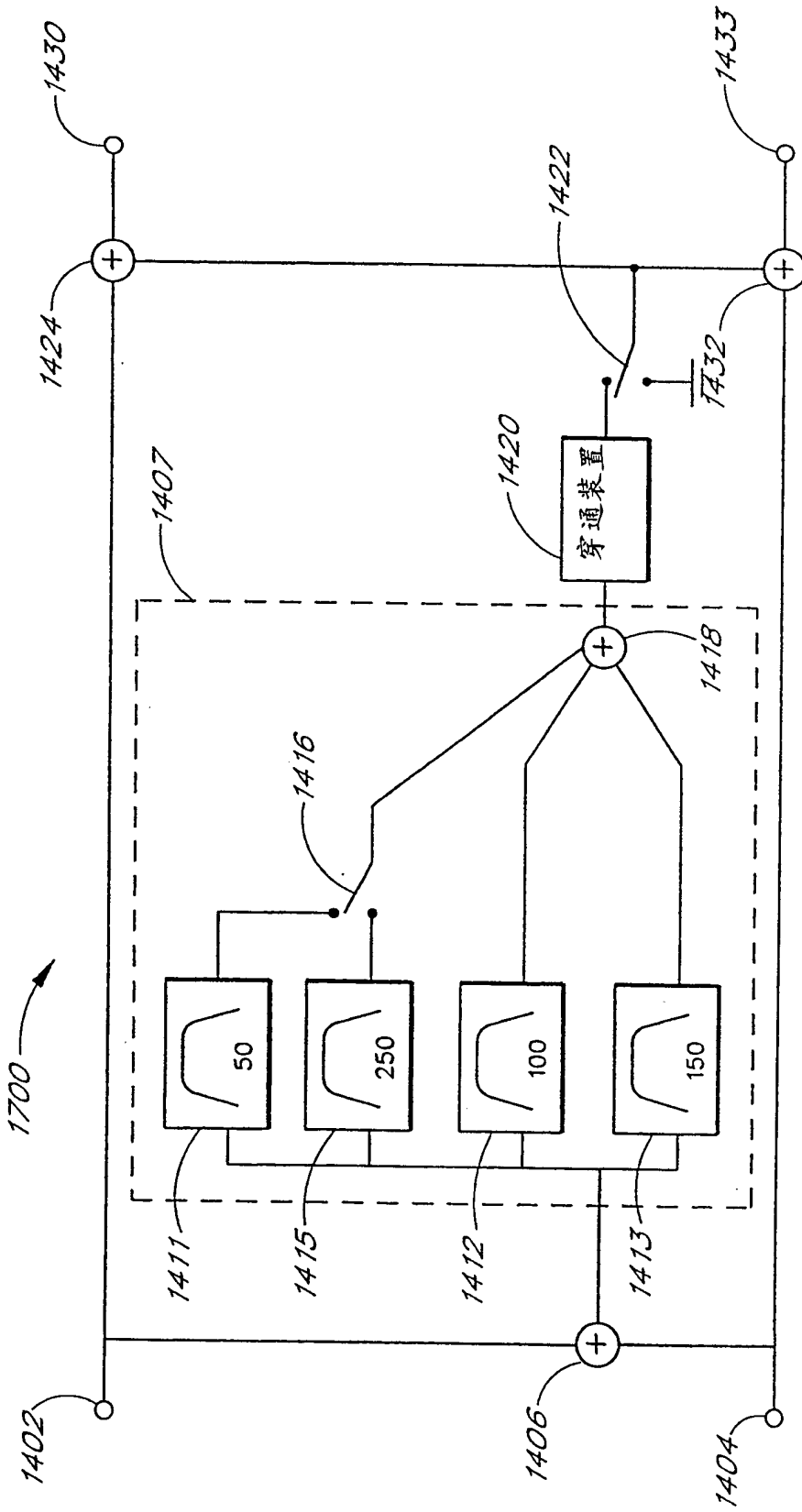
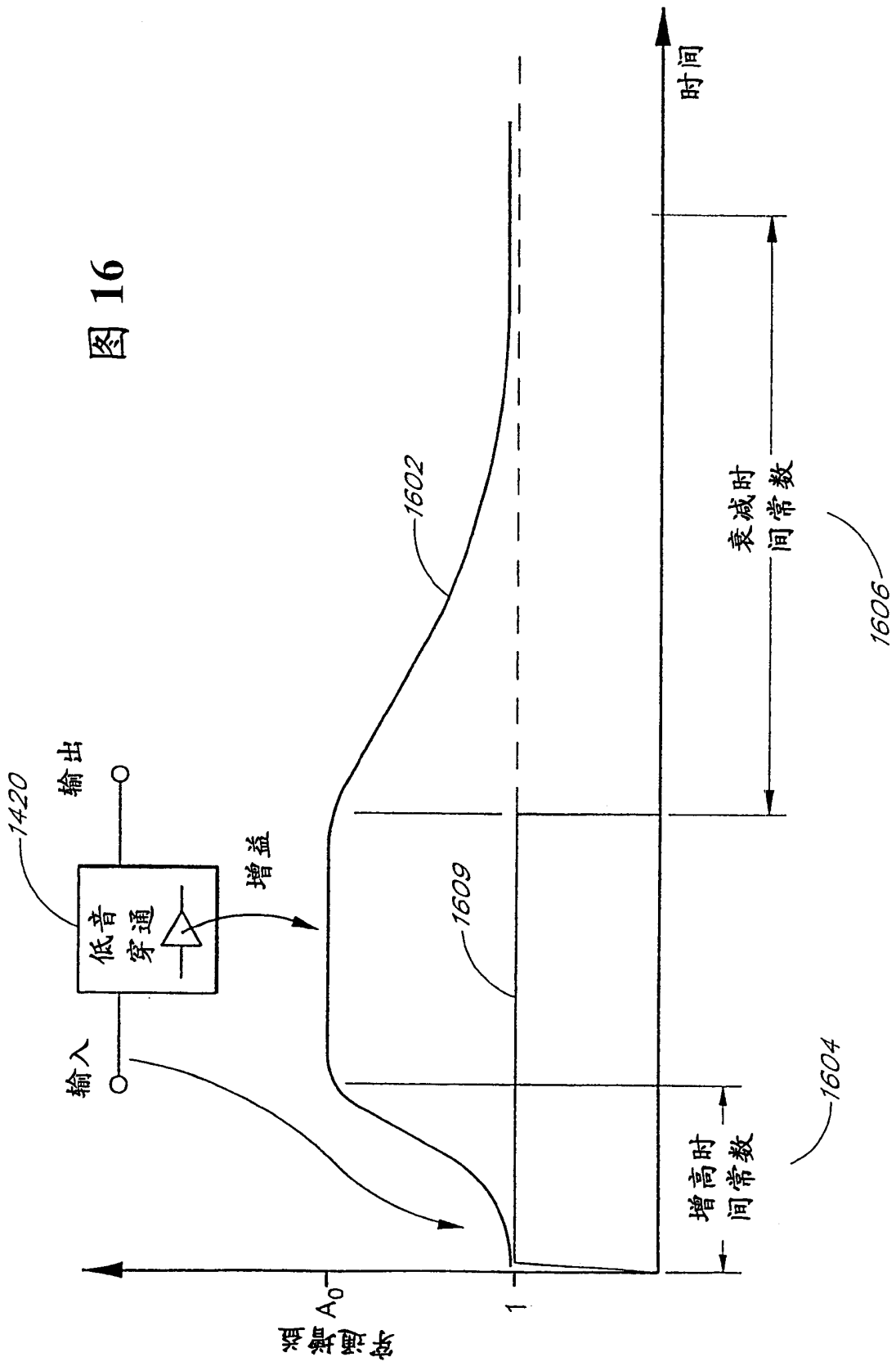


图 14



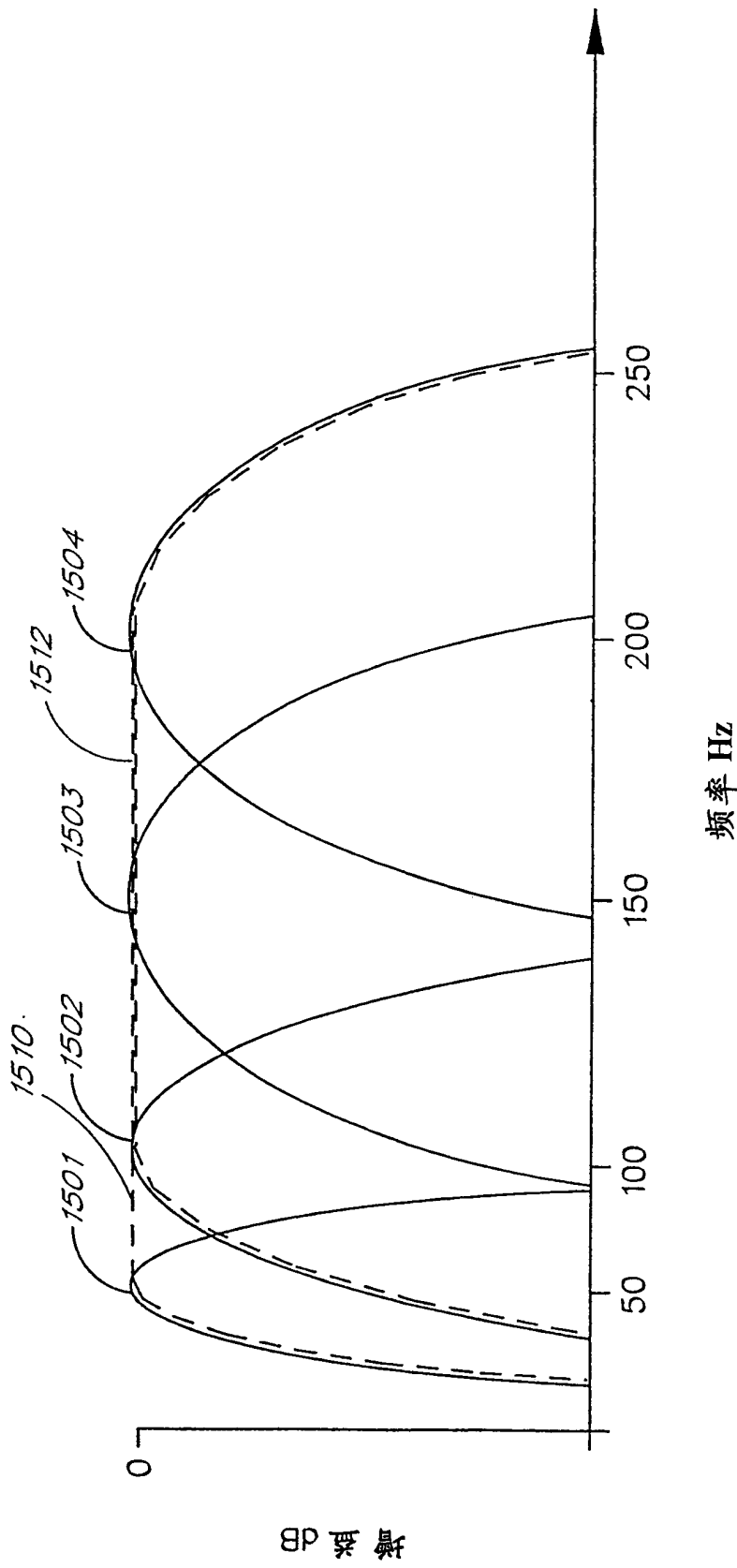


图 15

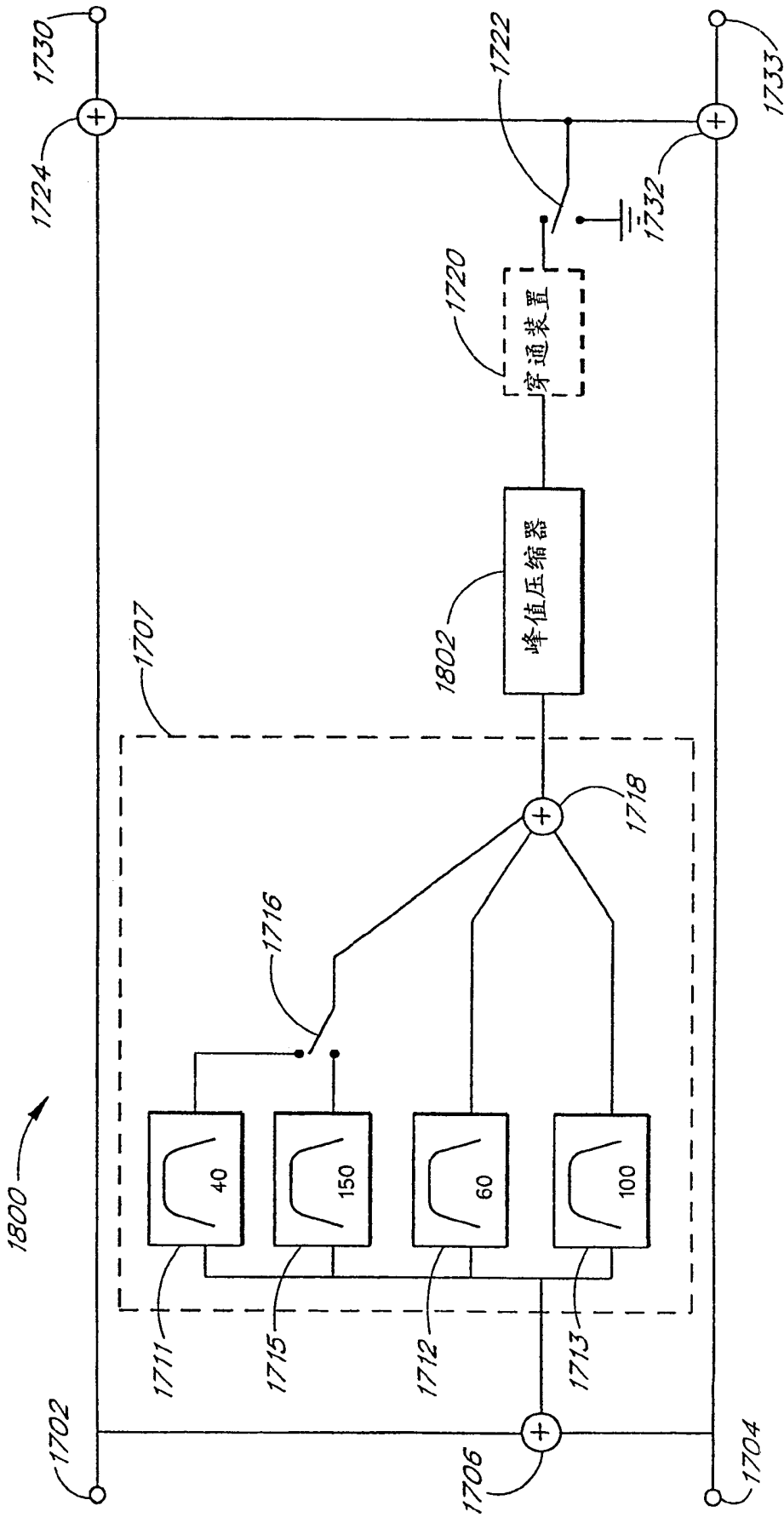


图 18

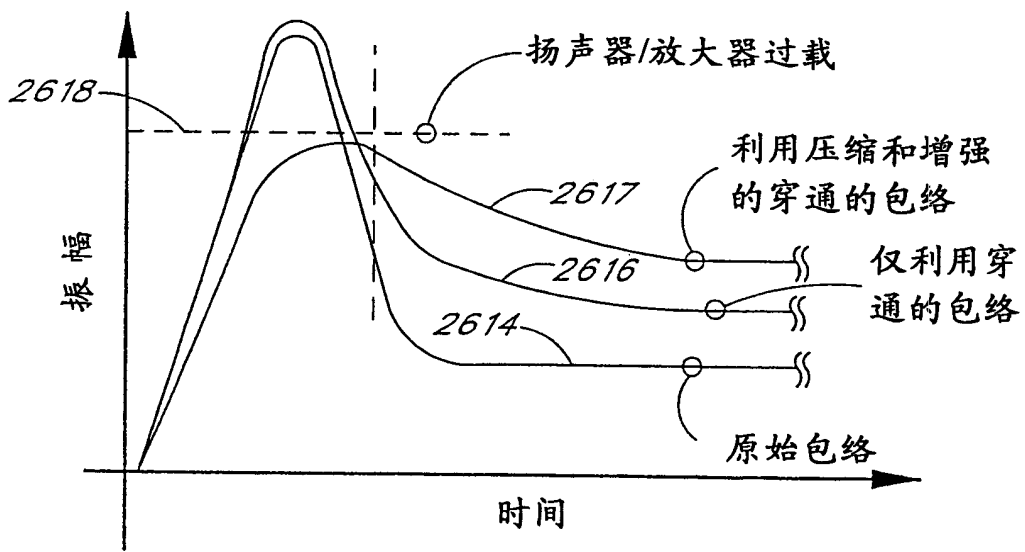


图 19

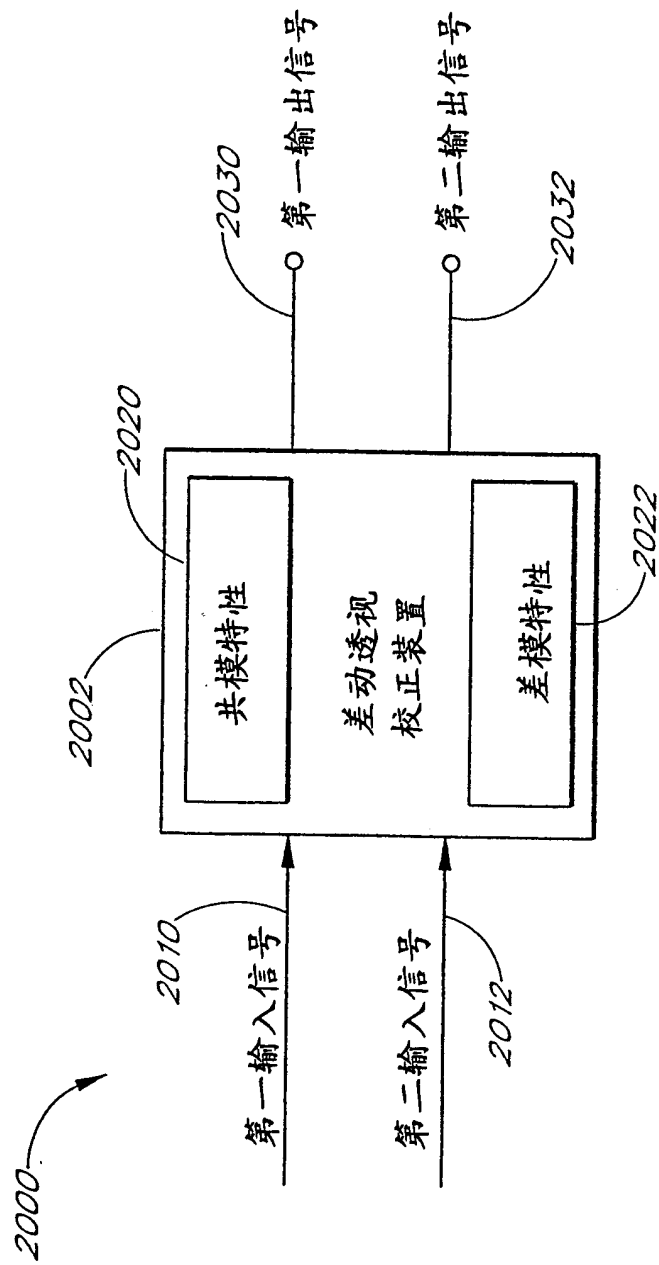


图 20

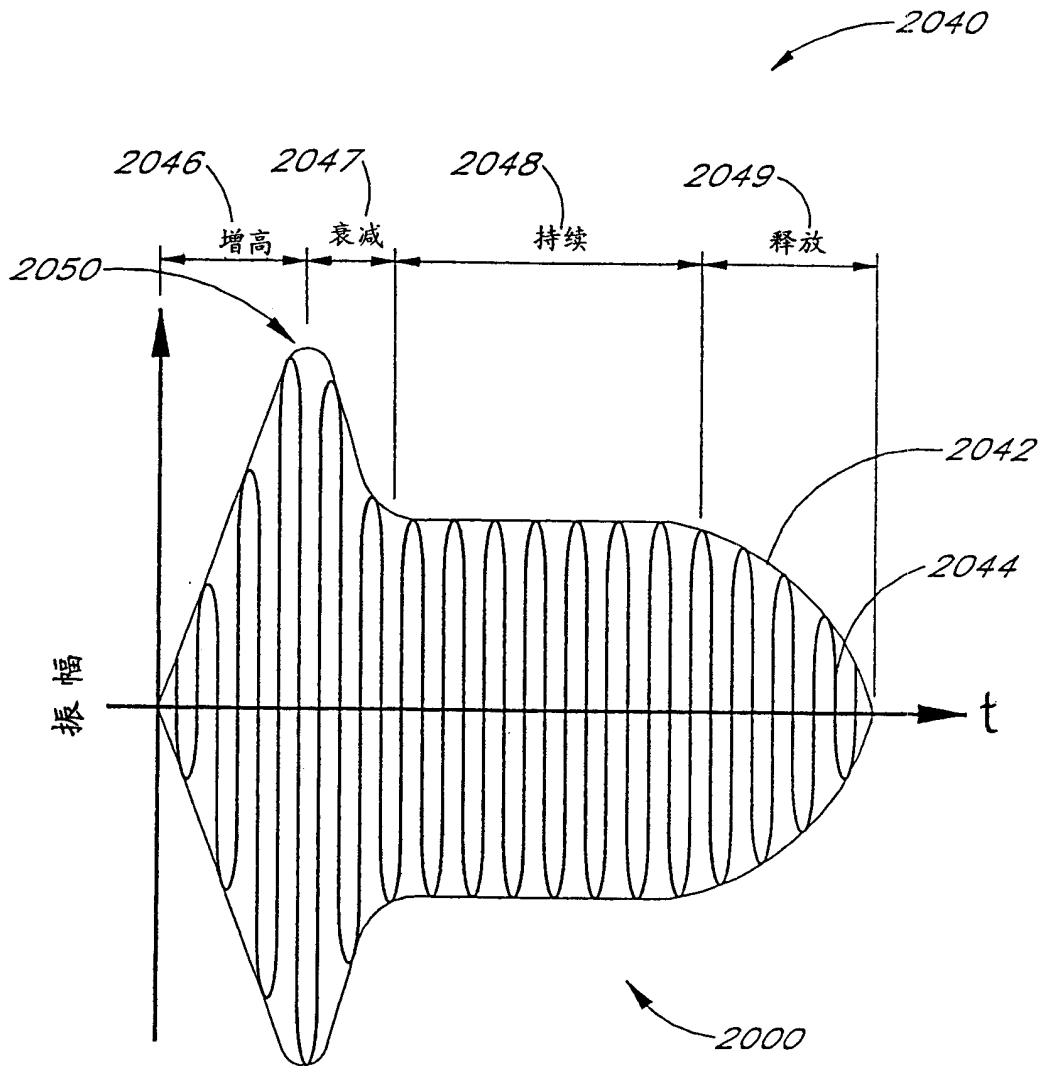


图 17

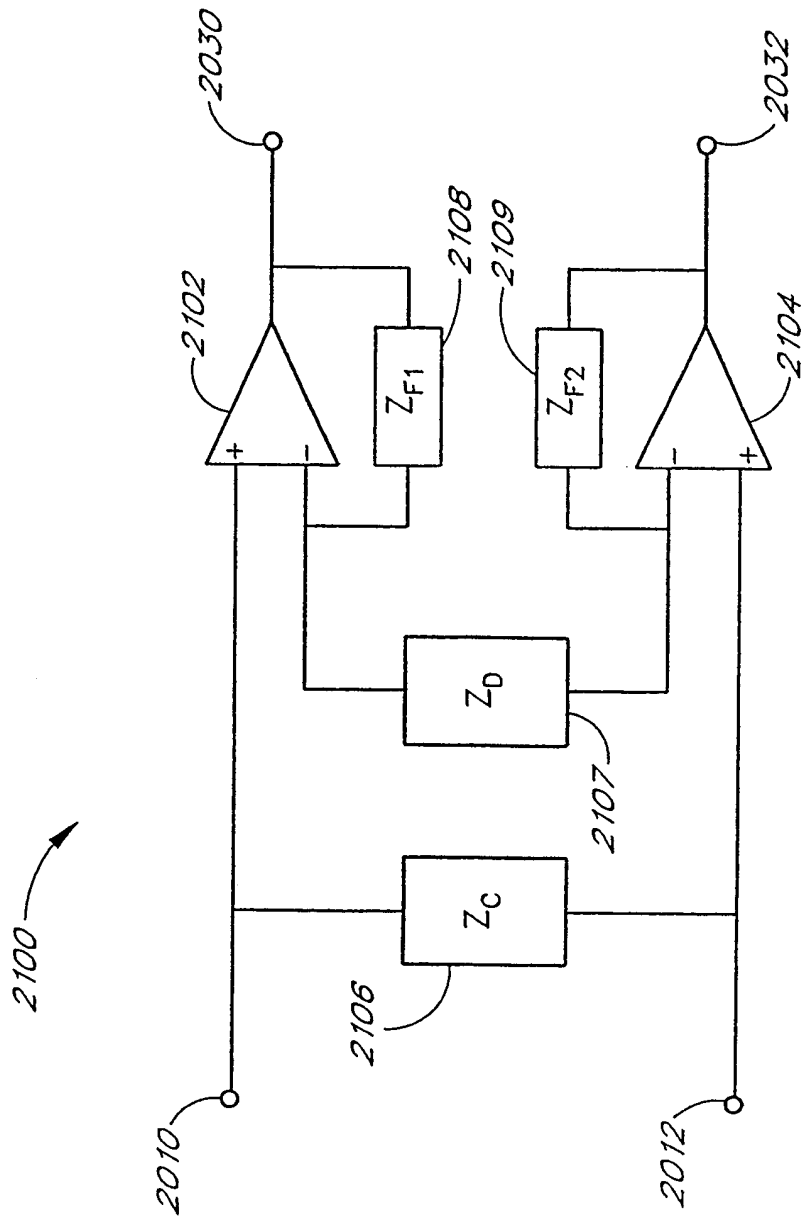


图 21

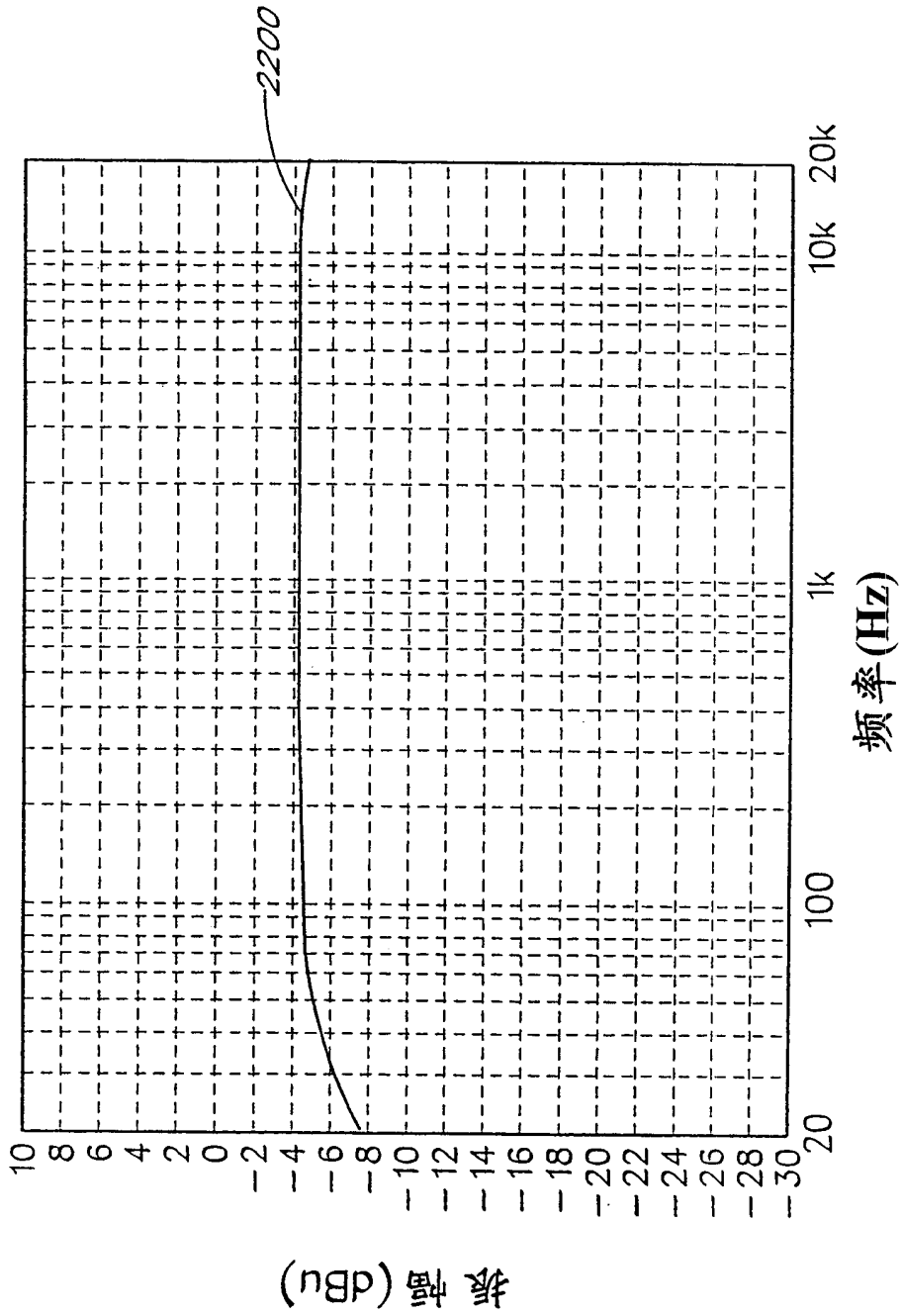


图 22

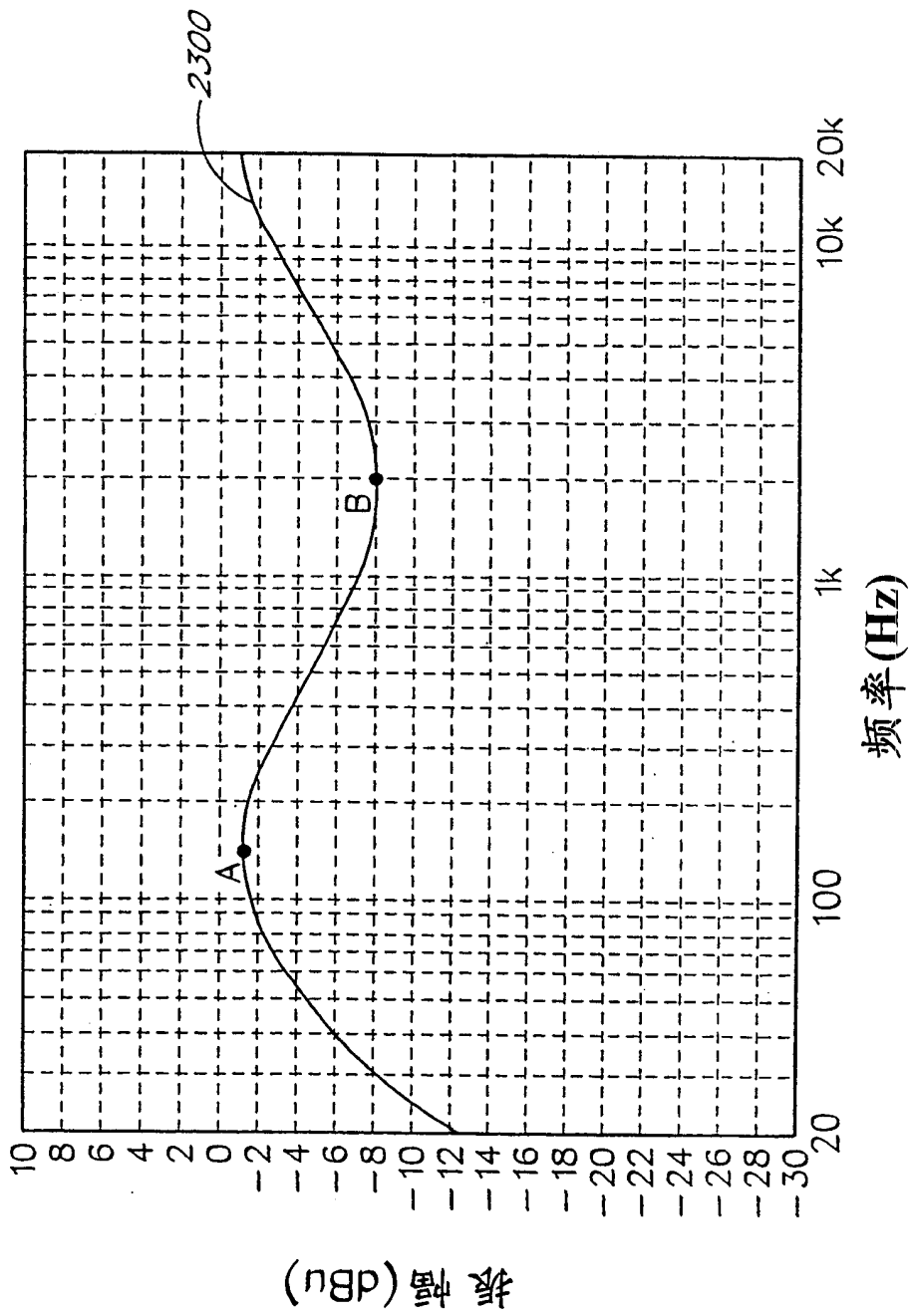


图 23

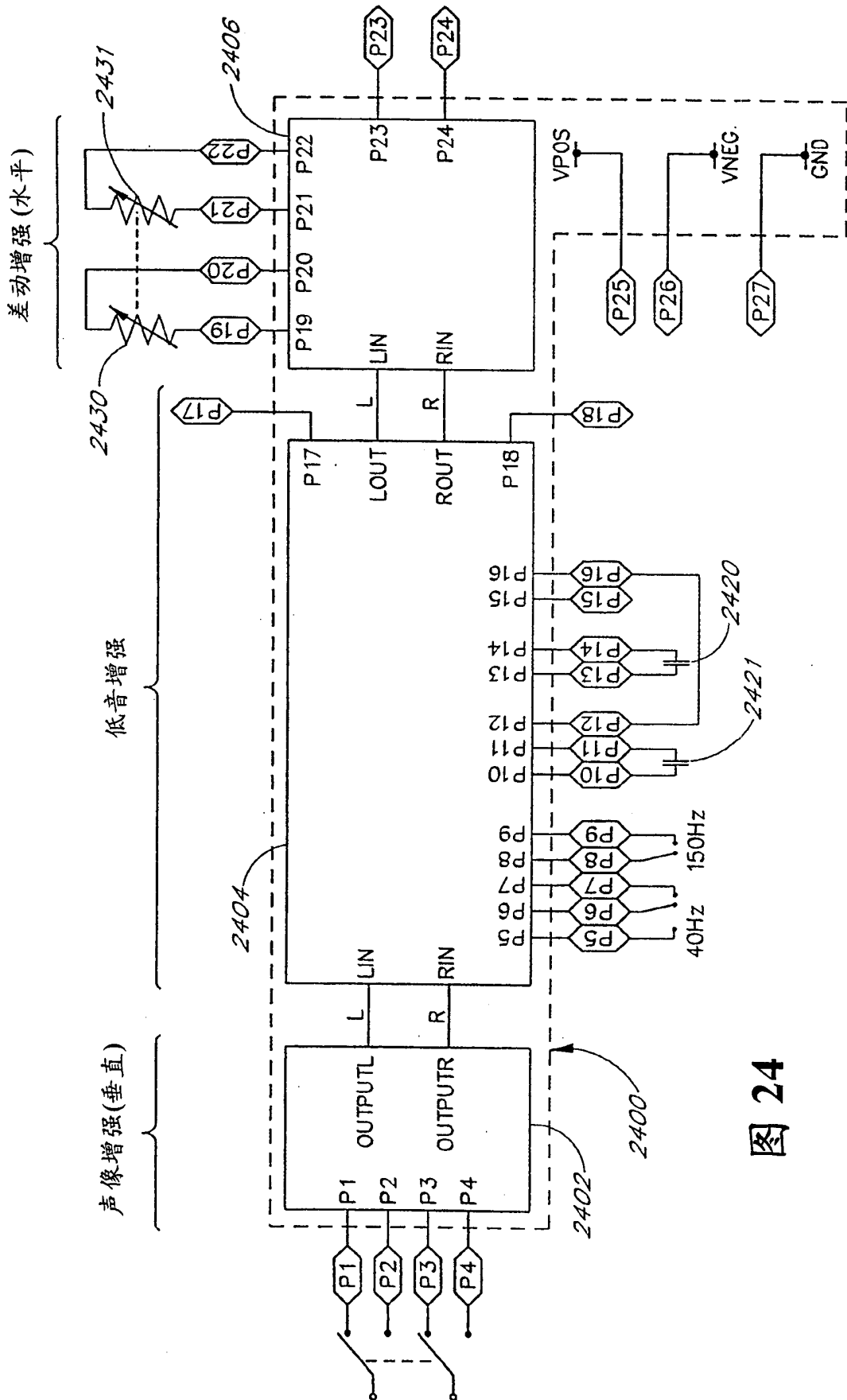


图 24

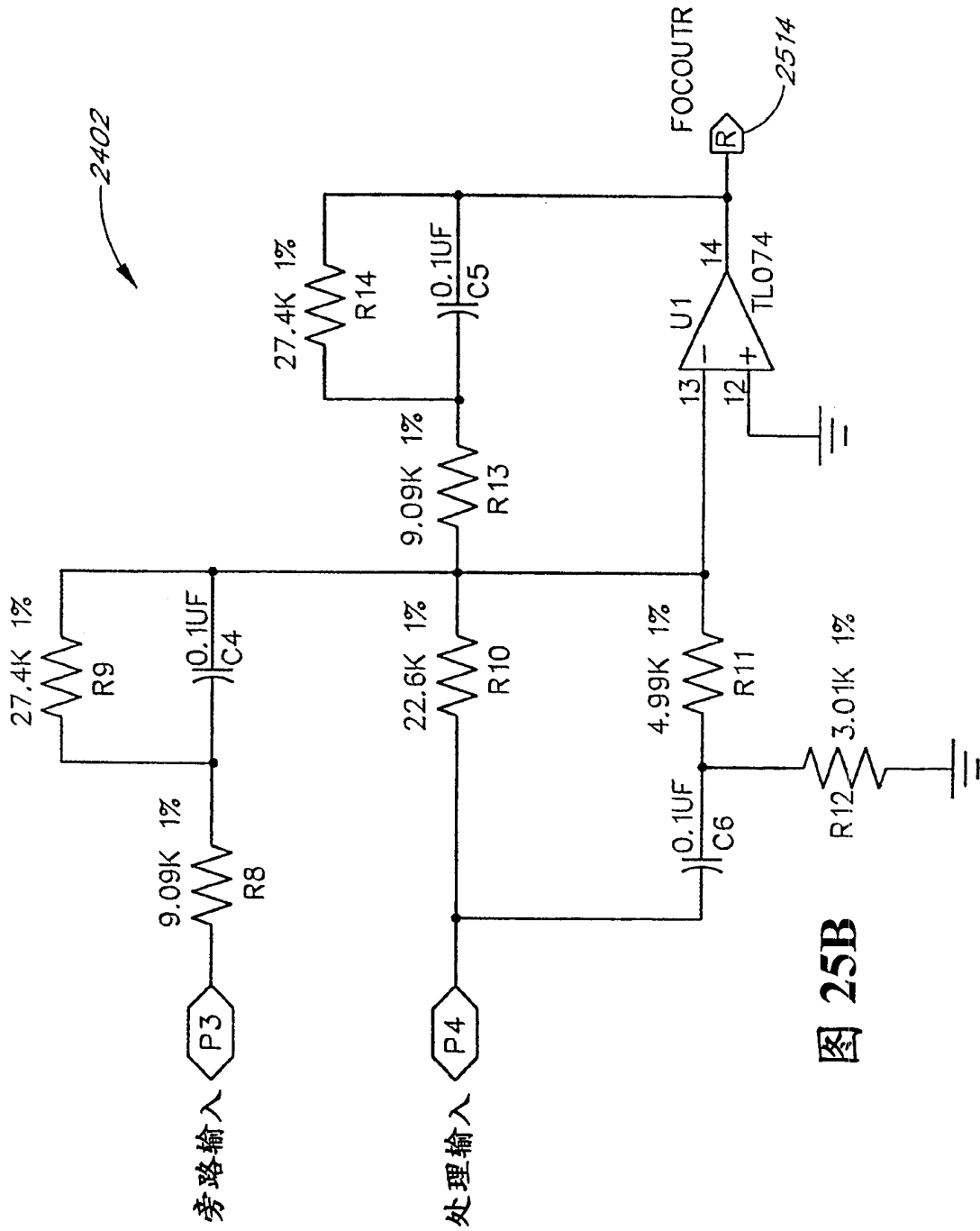


图 25B

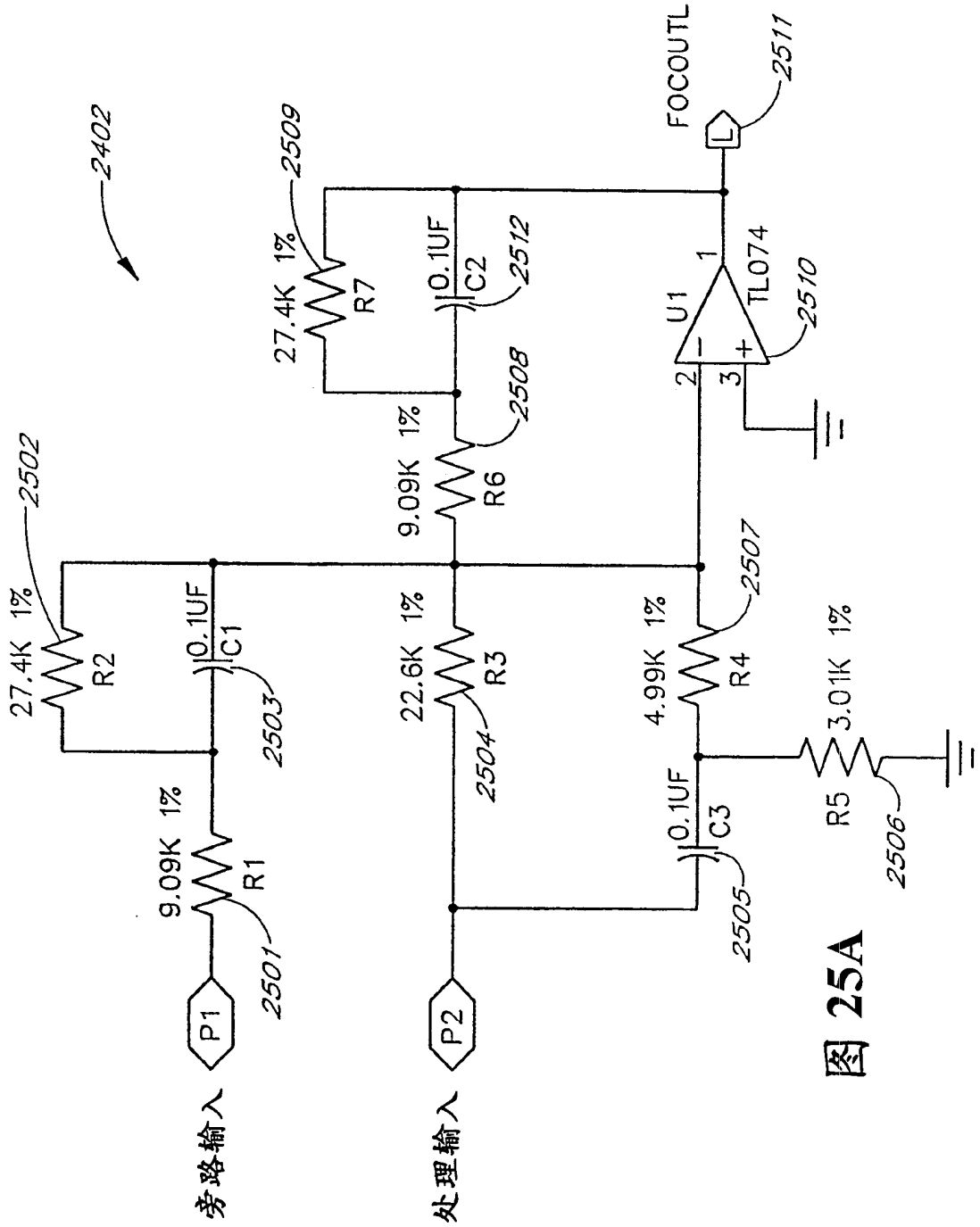


图 25A

图 26 图 26A 图 26B

2404

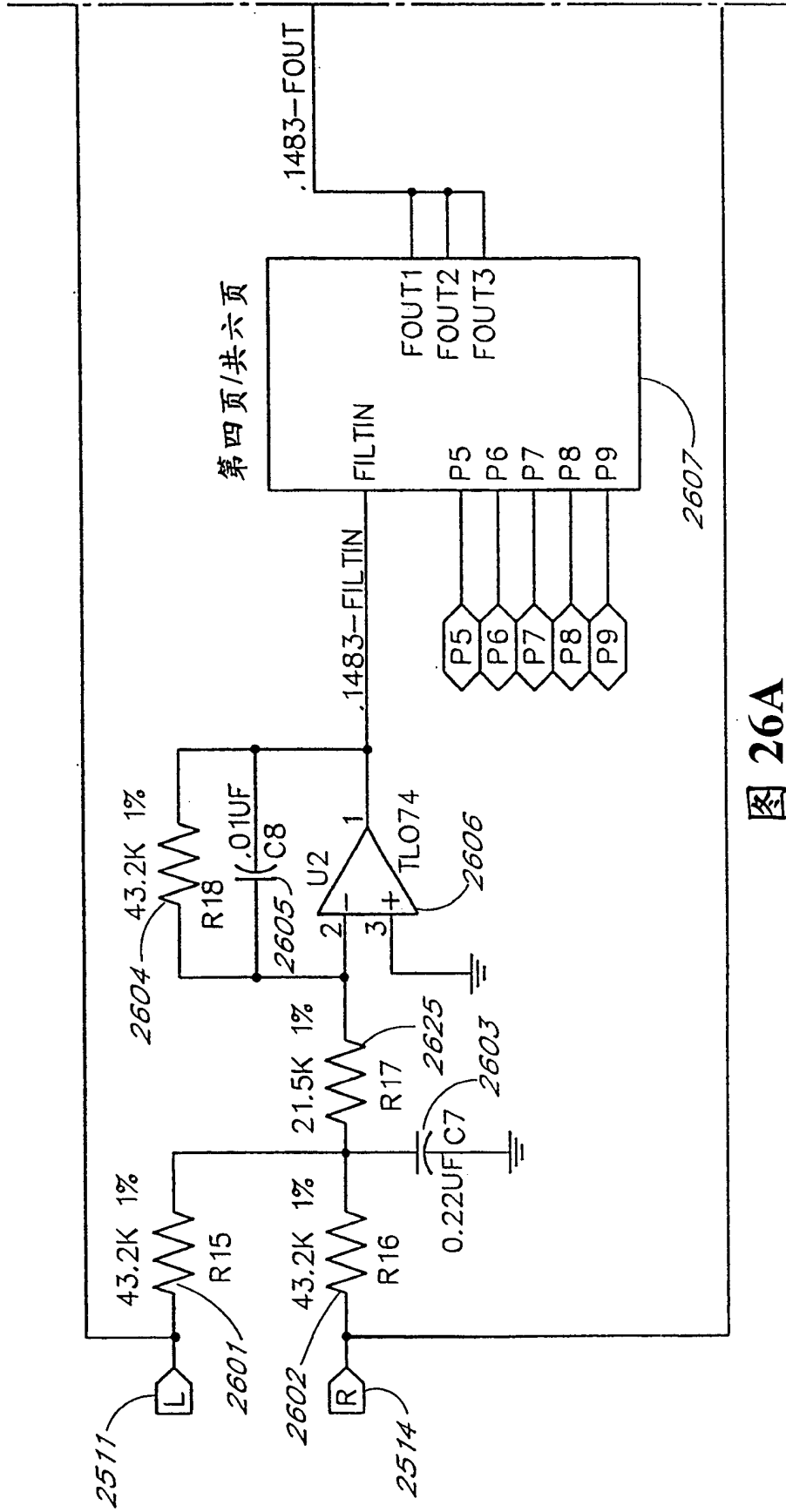


图 26A

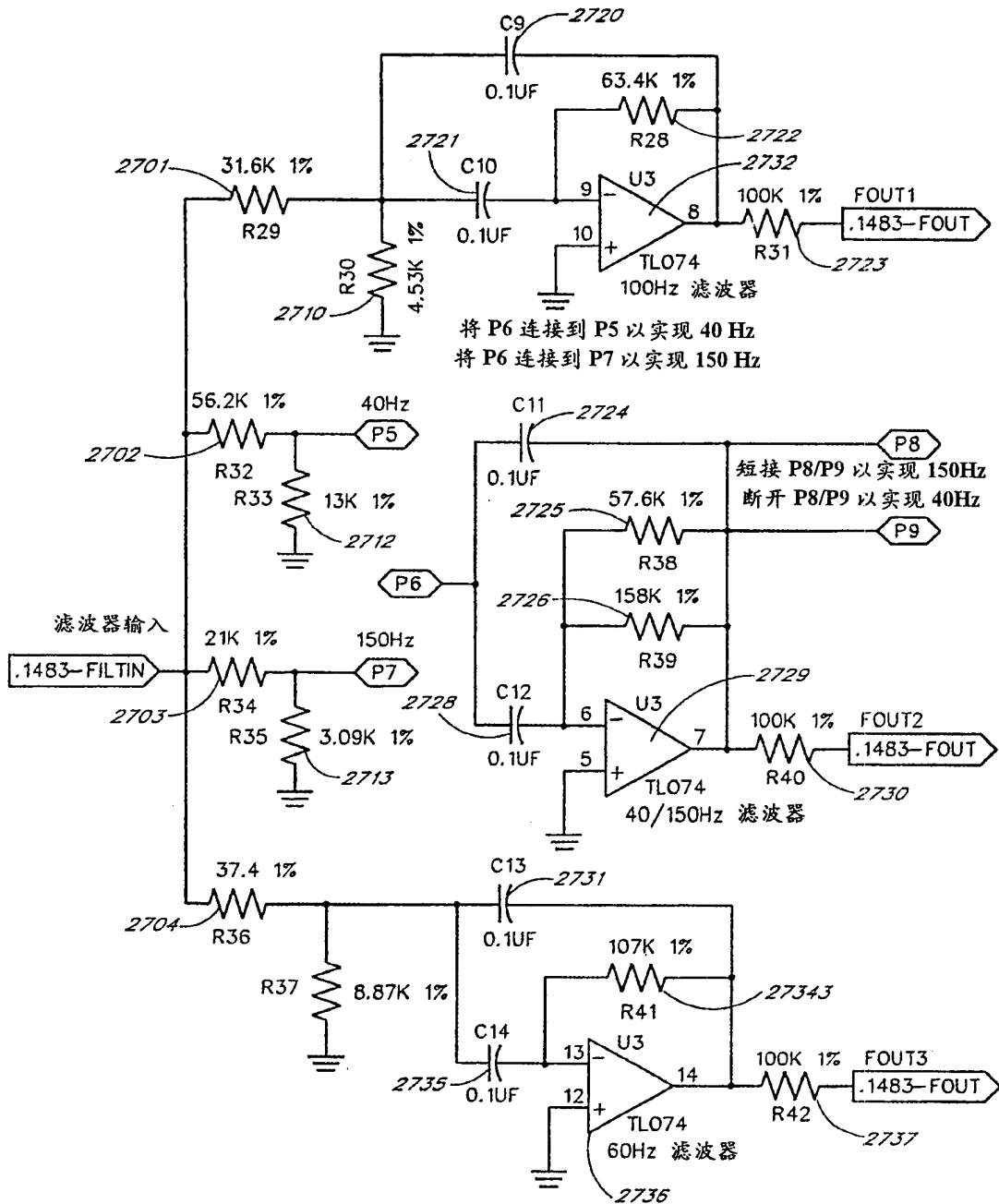
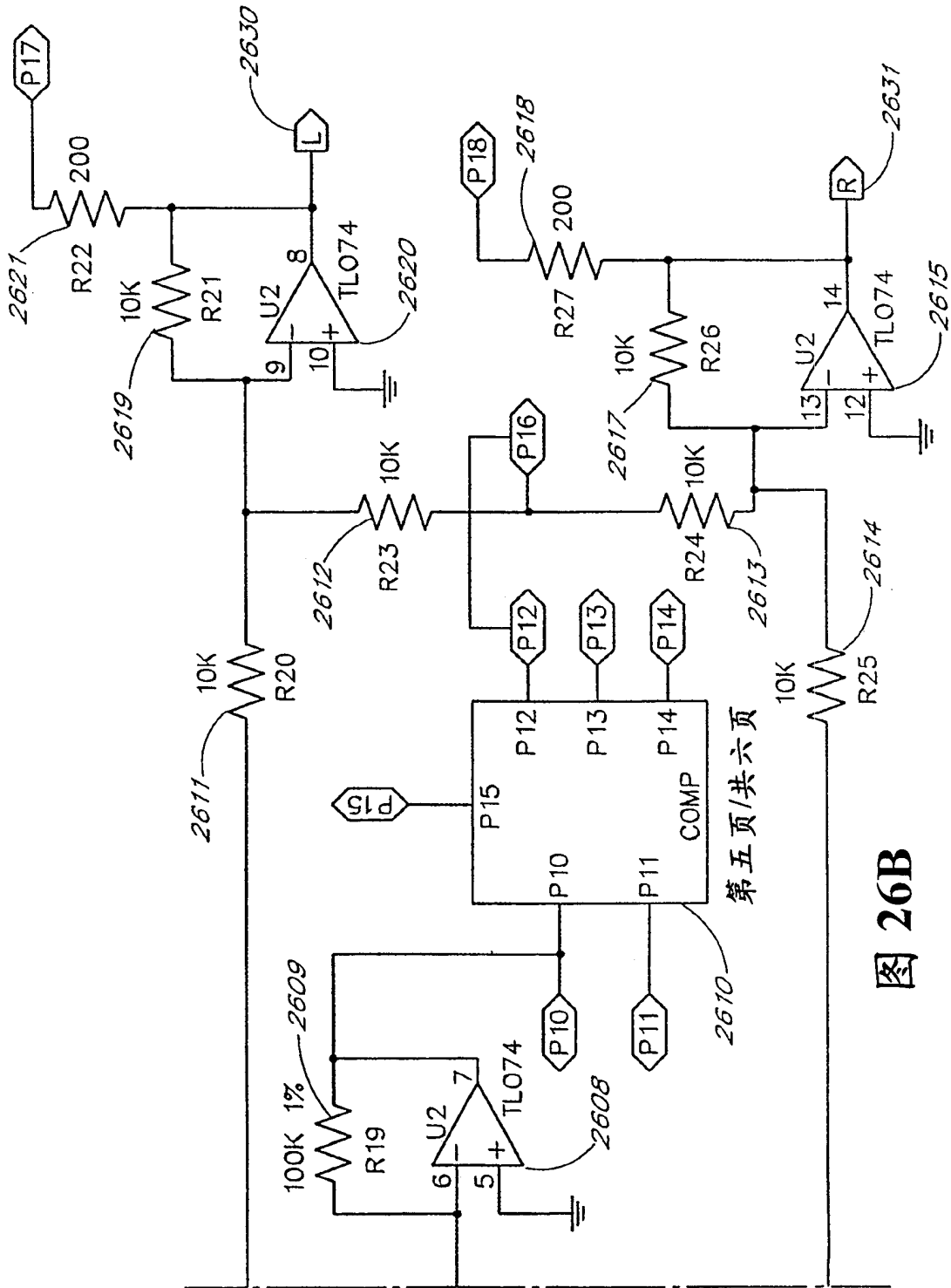


图 27



第五页/共六页

图 26B

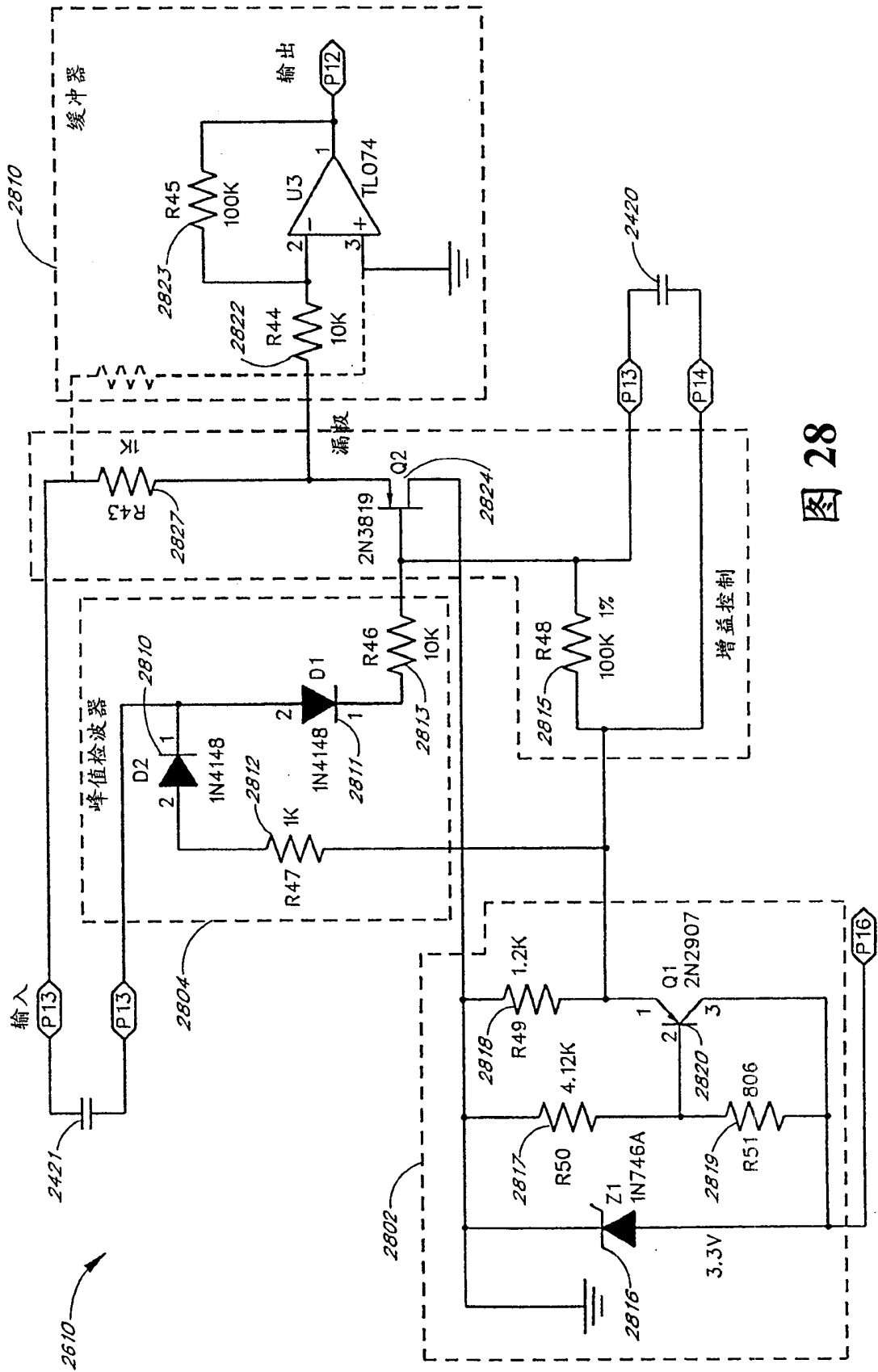


图 28

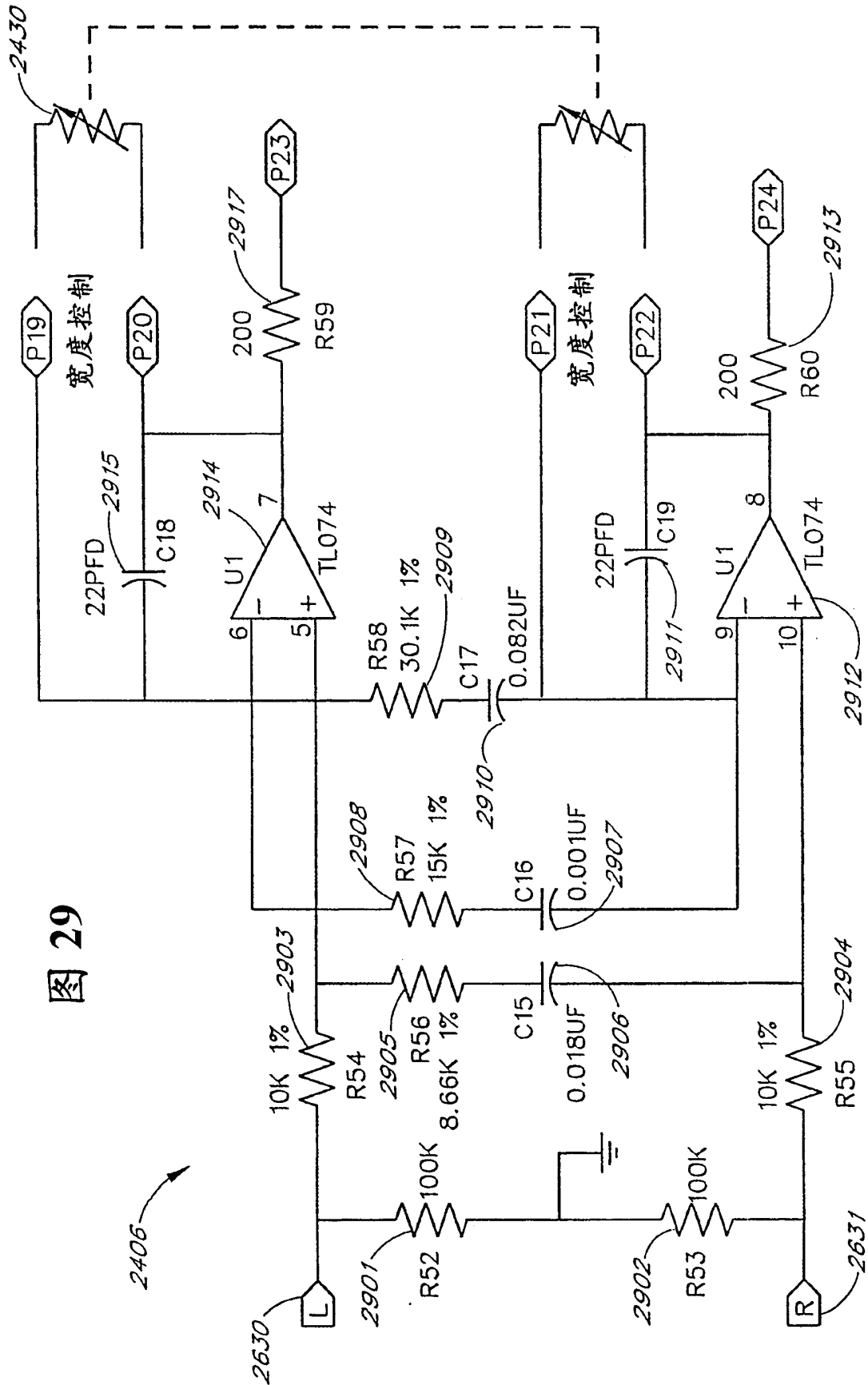


图 29

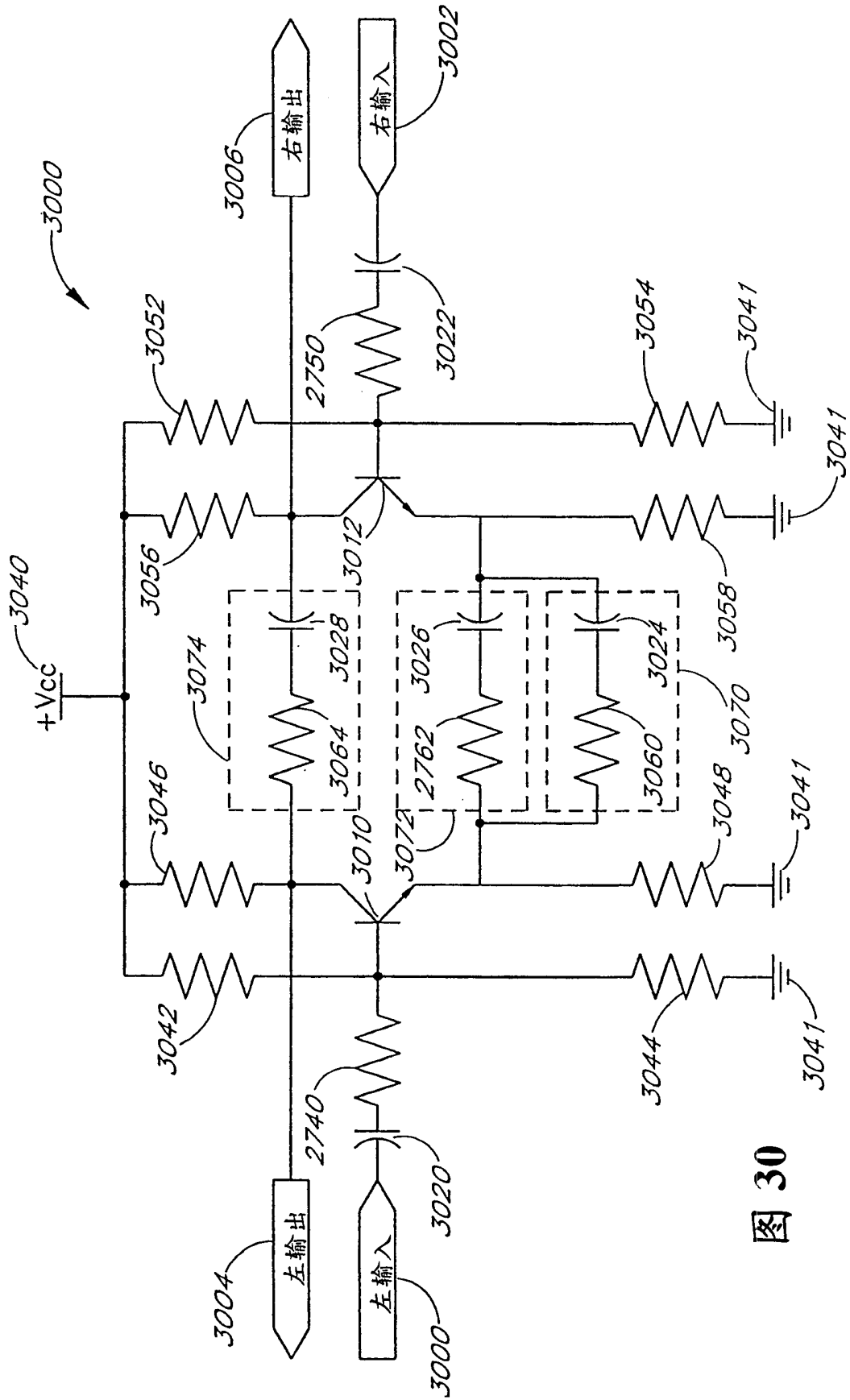


图 30

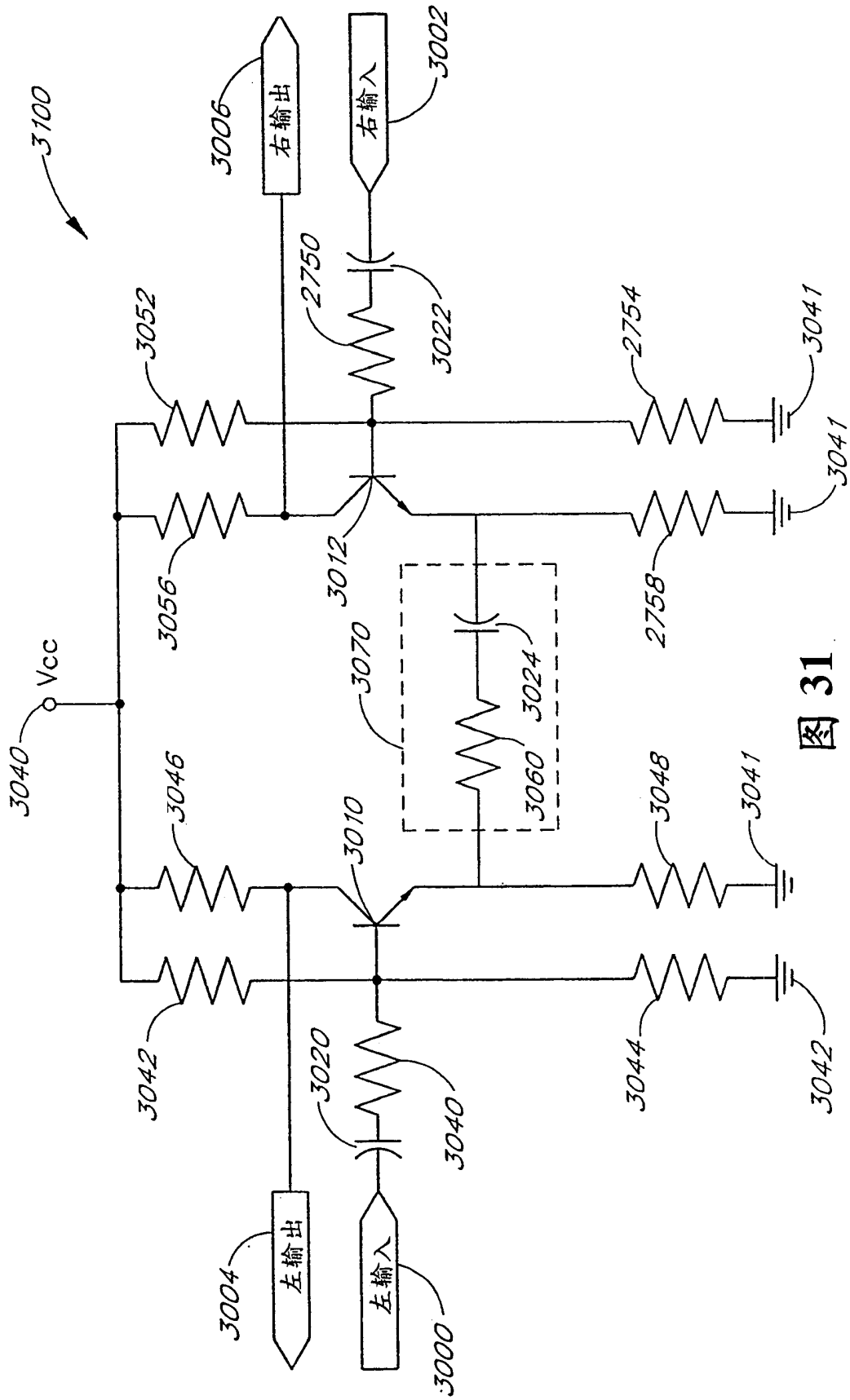


图 31

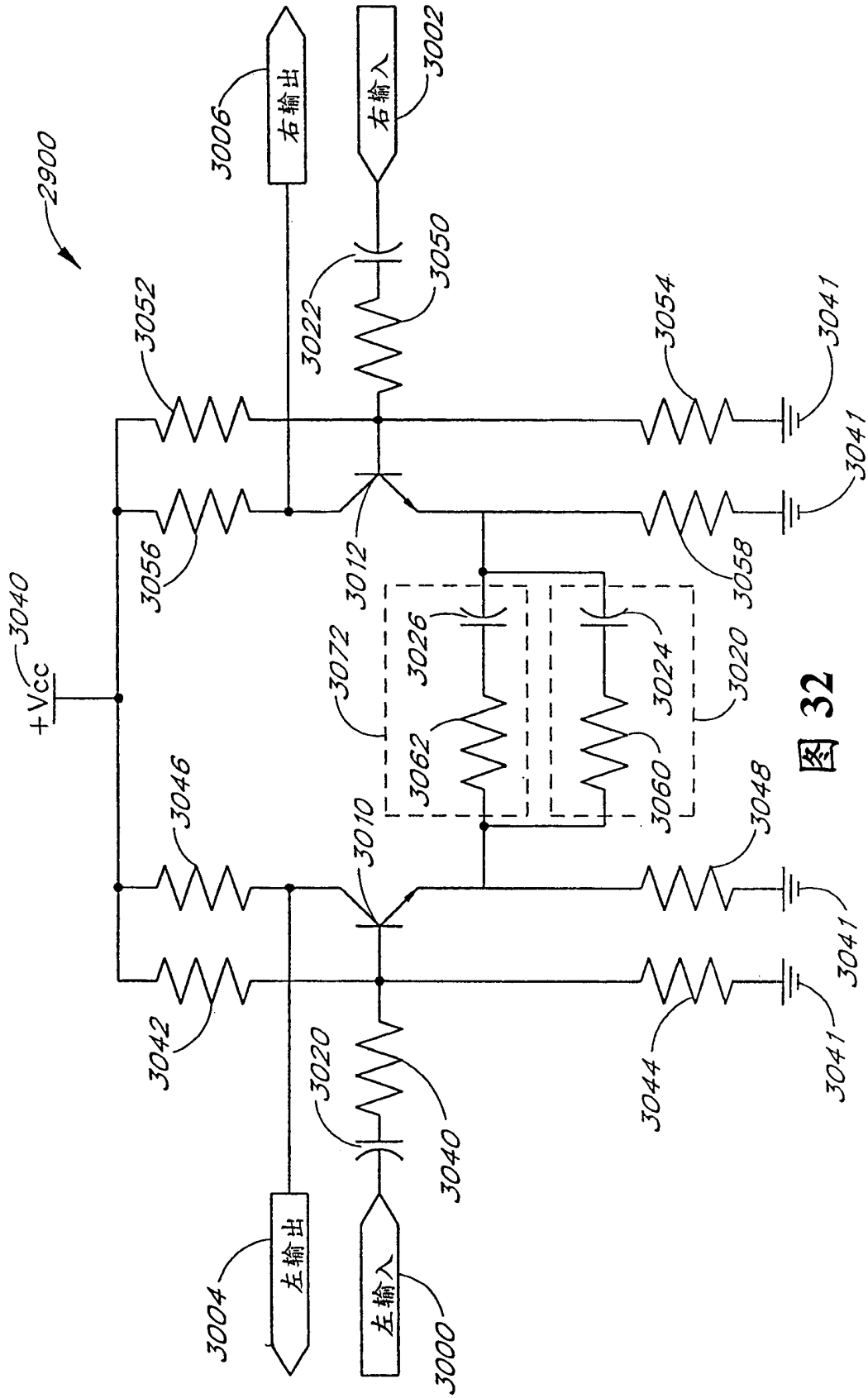


图 32

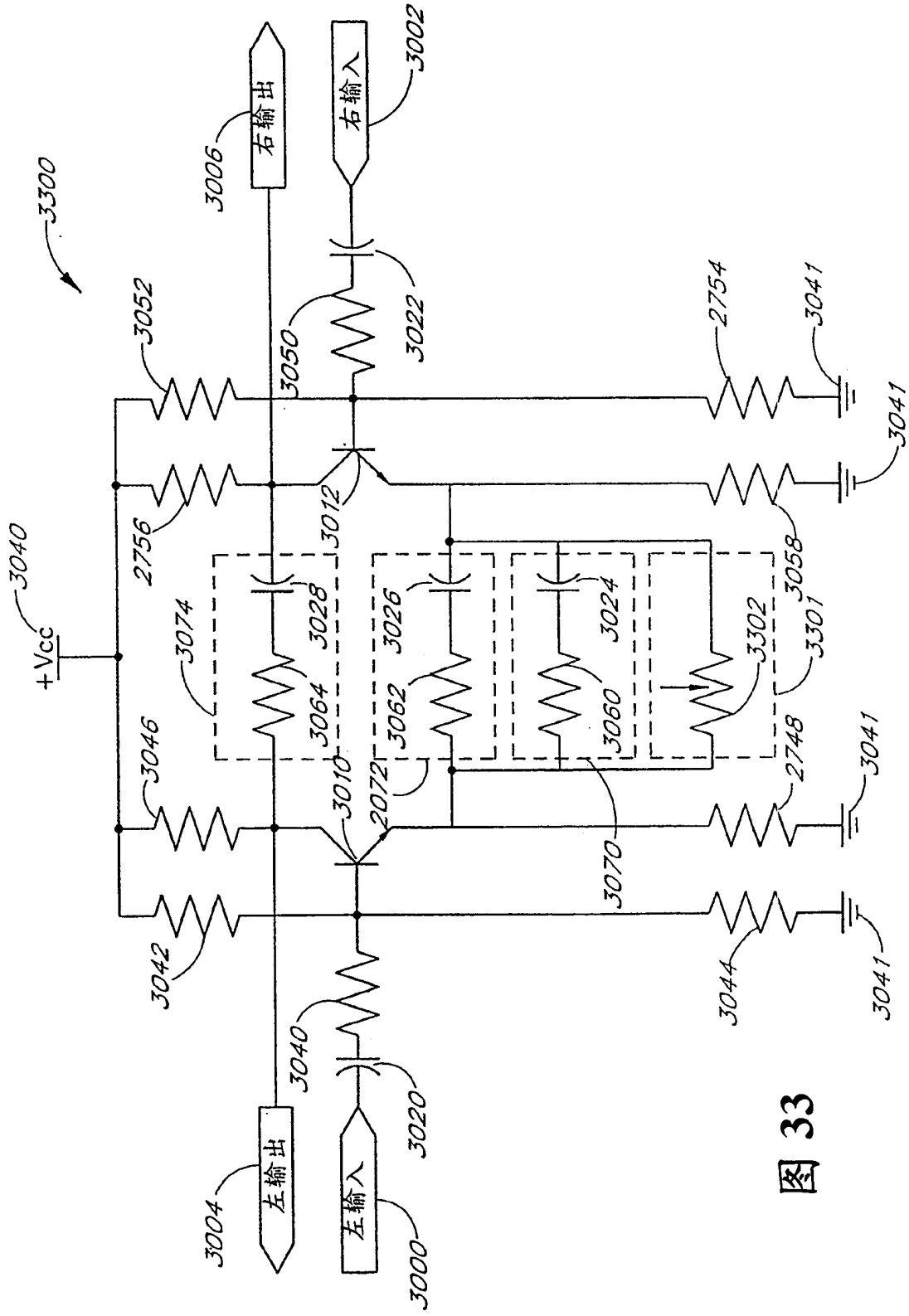


图 33

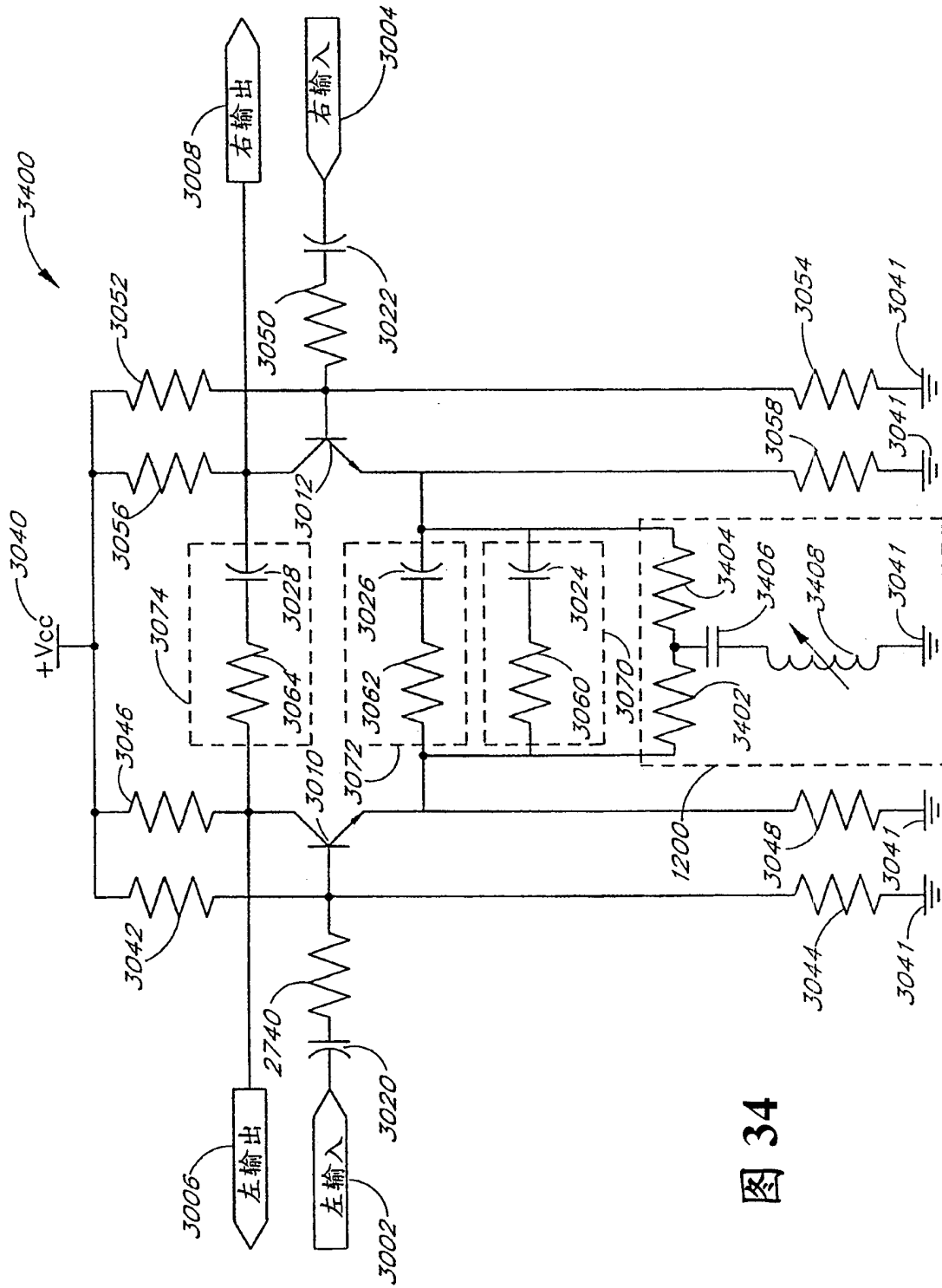


图 34

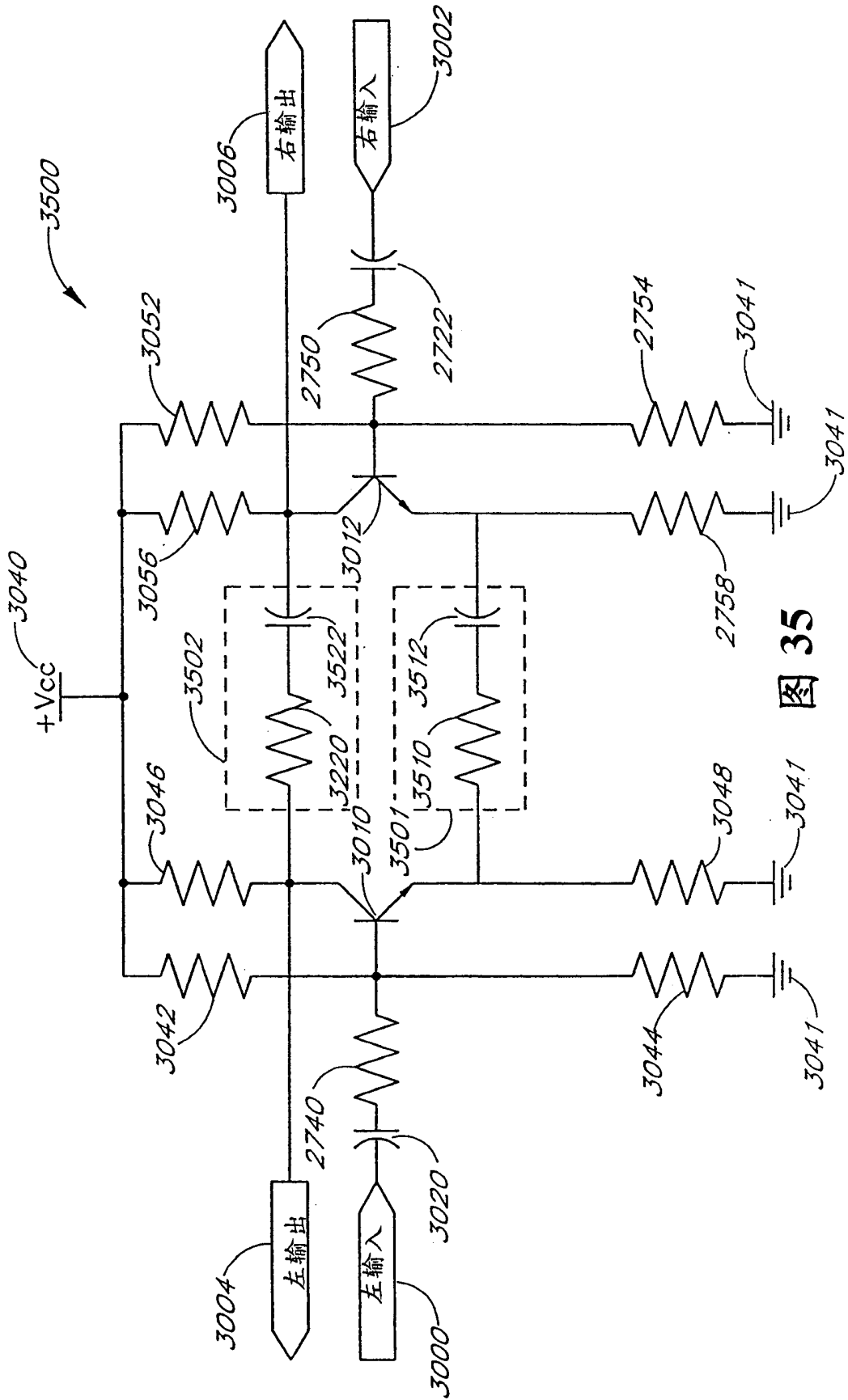


图 35

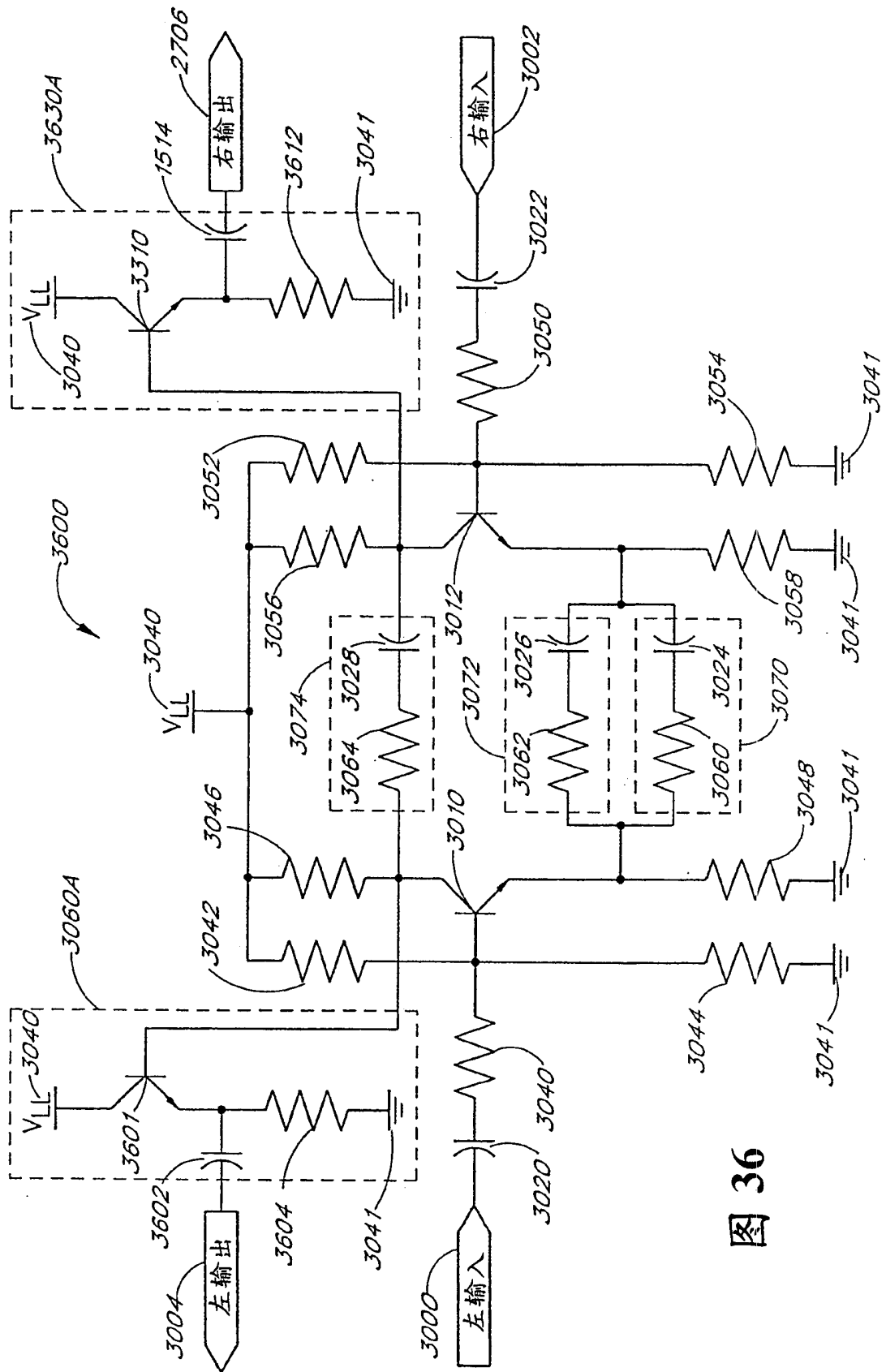


图 36

图 37B

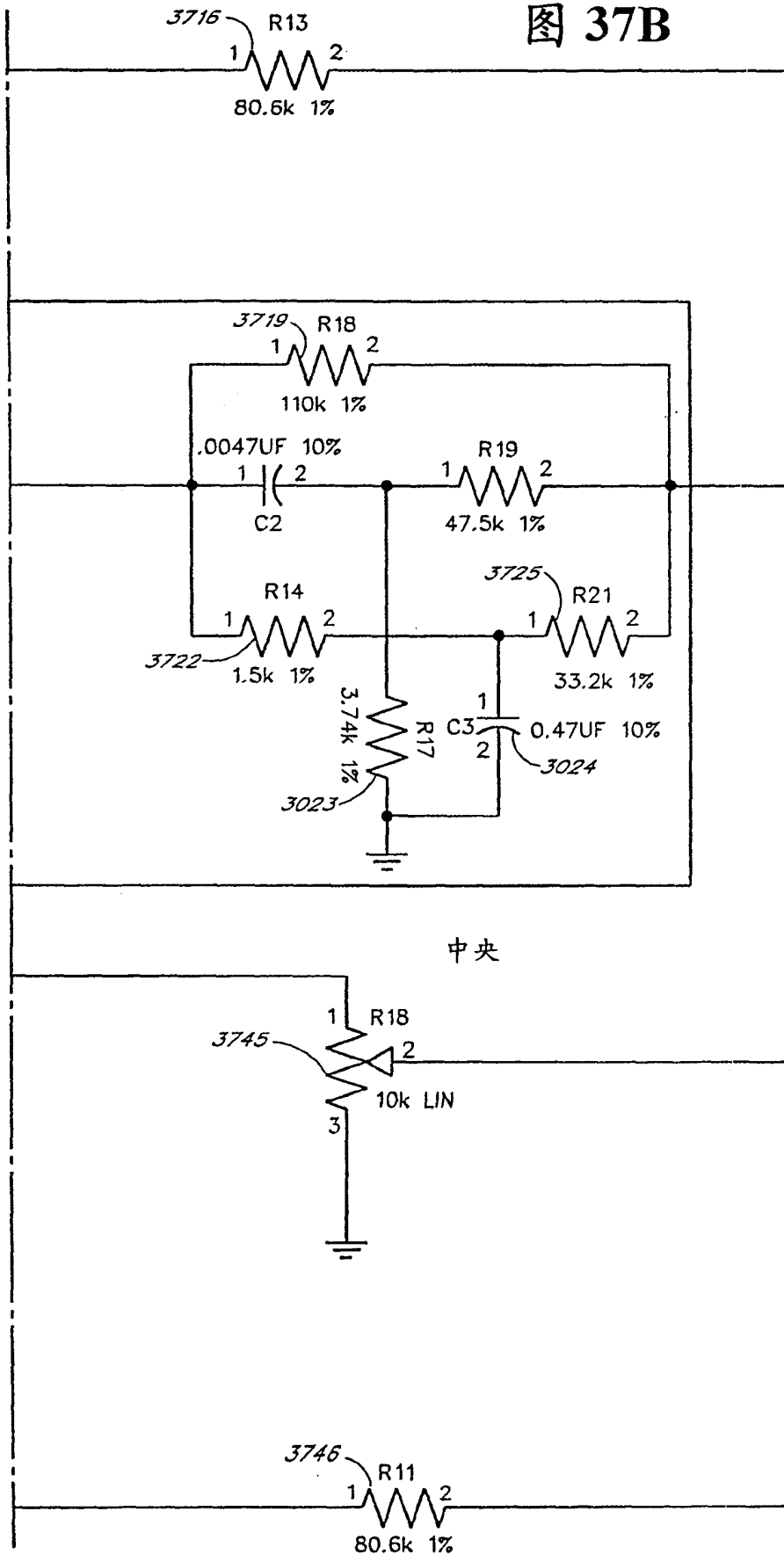
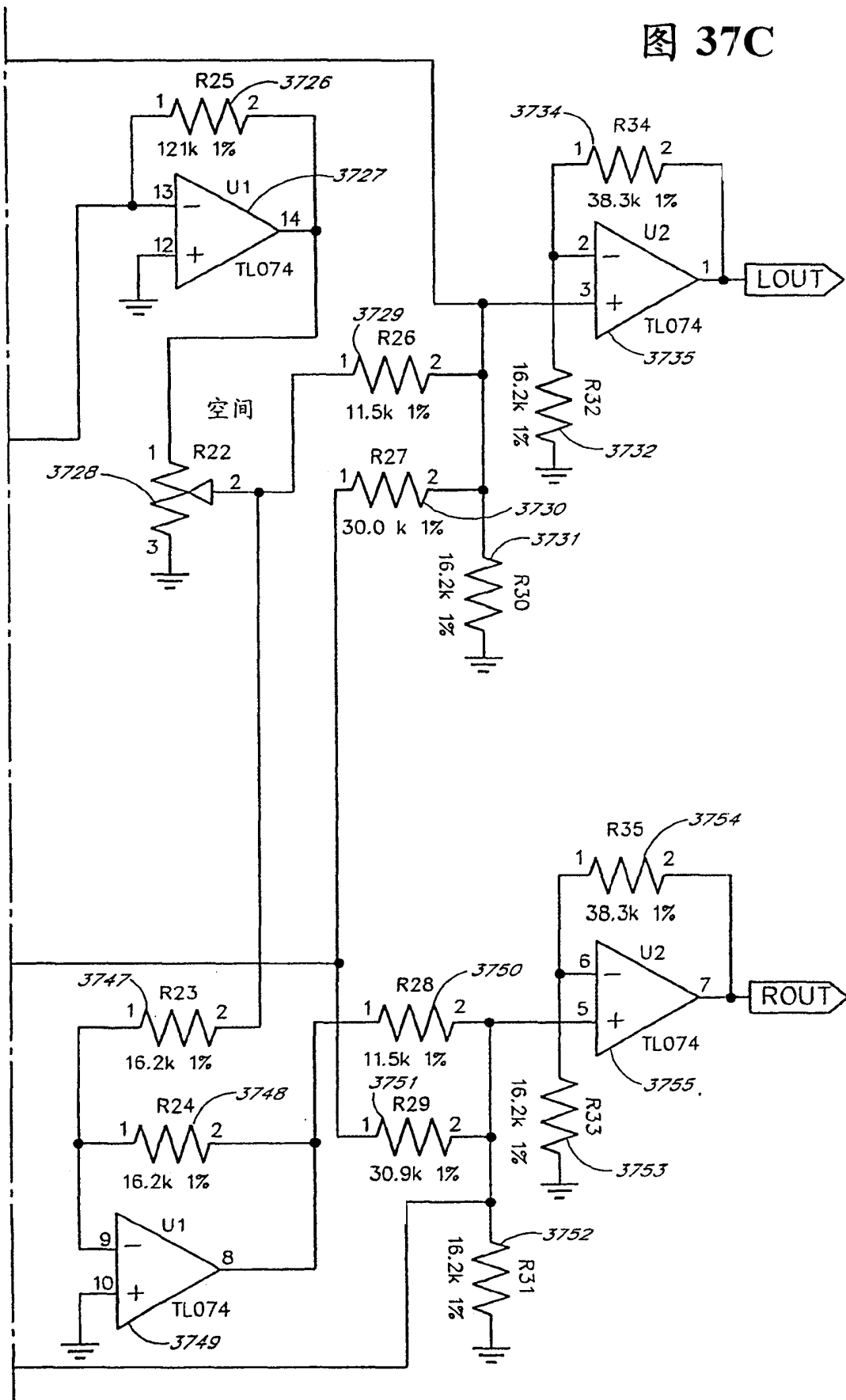


图 37C



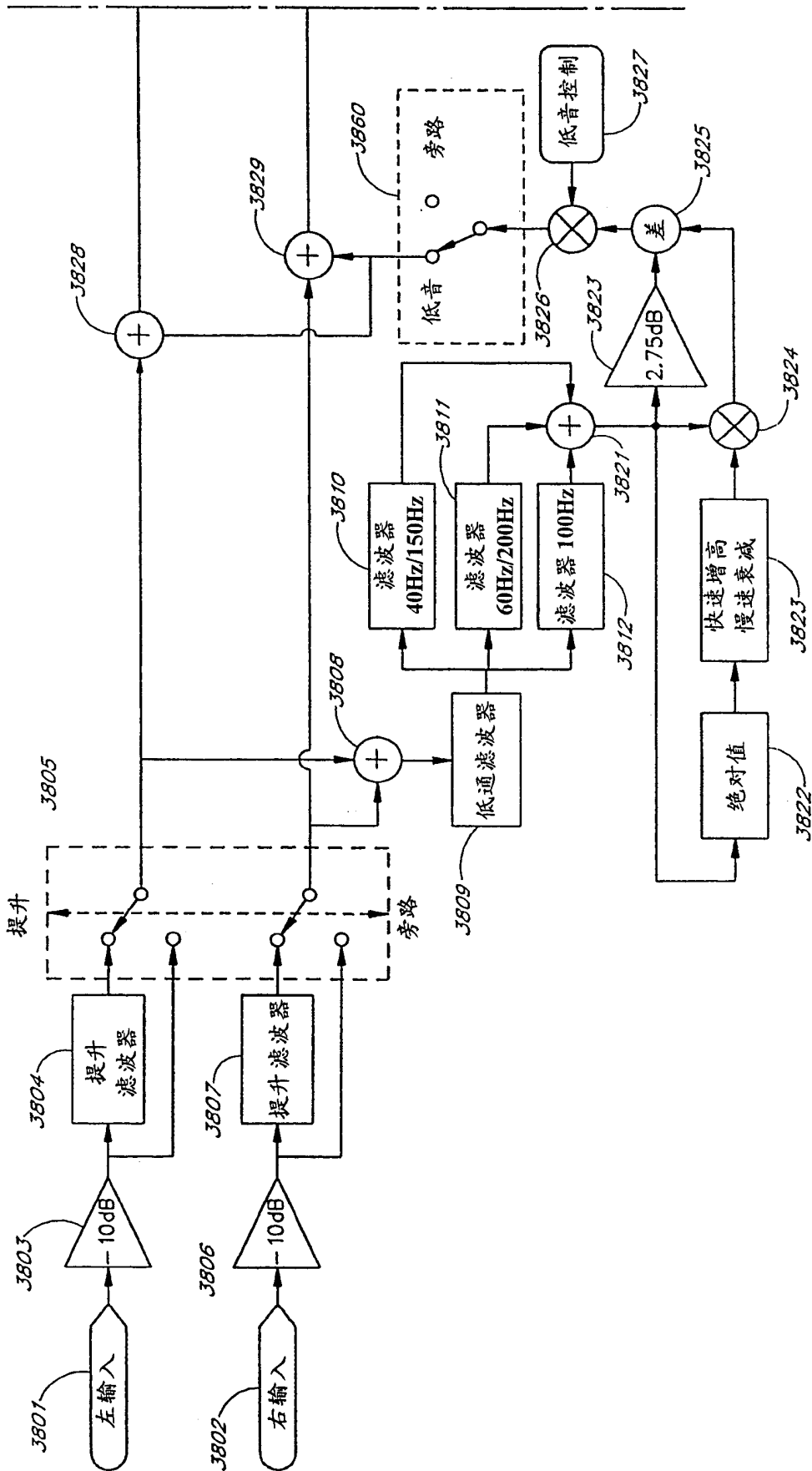


图 38A

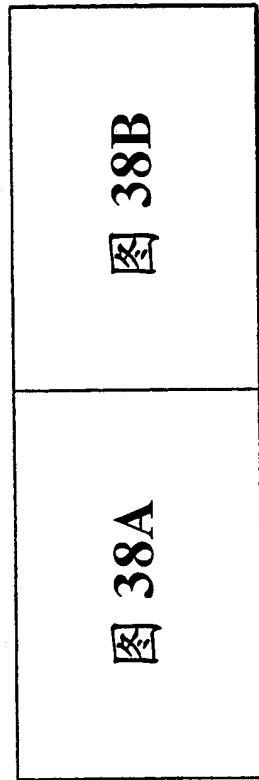
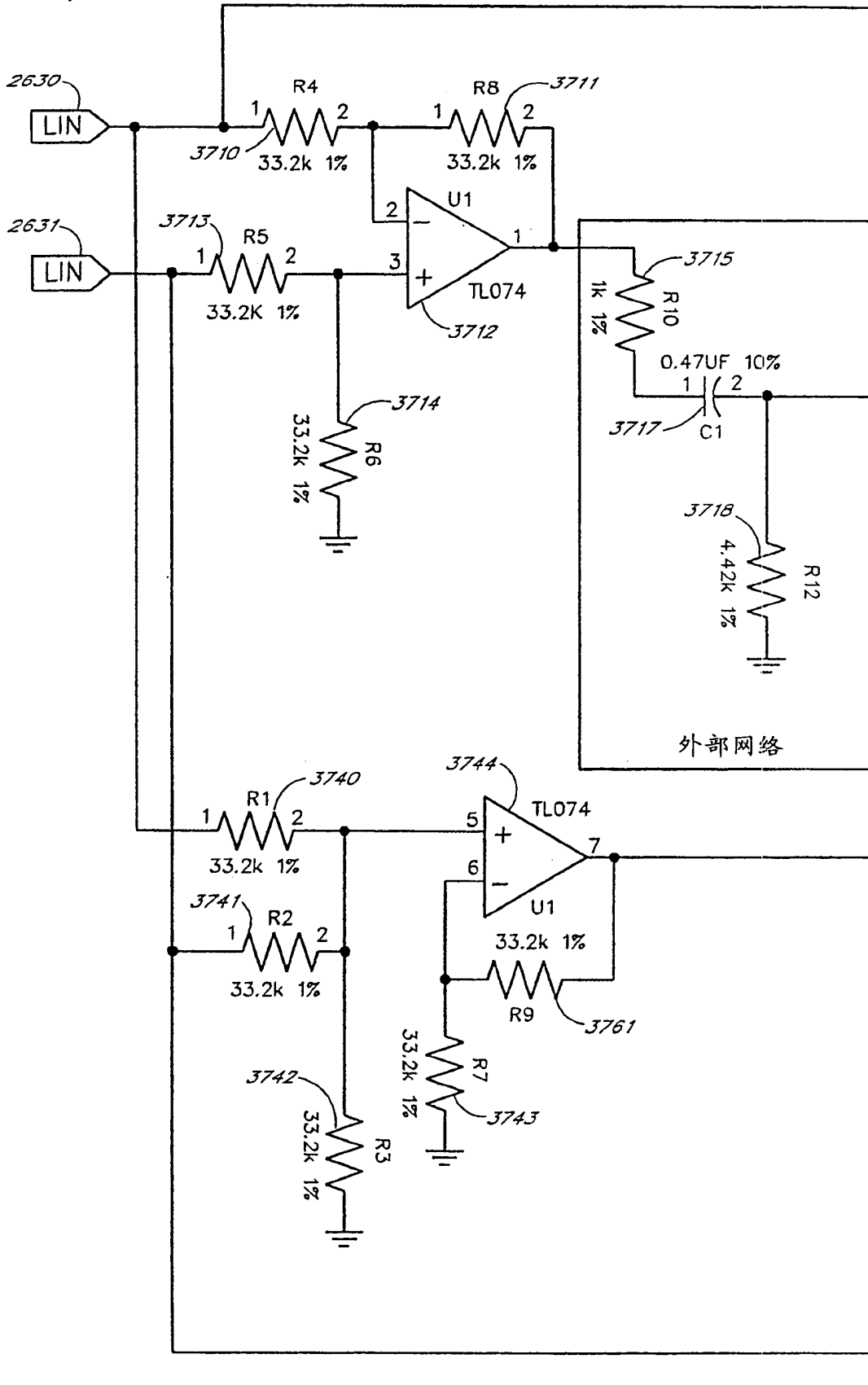


图 38

图 37A



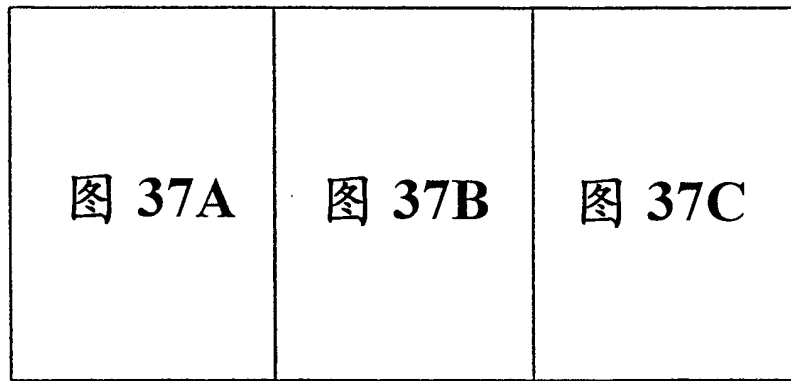


图 37

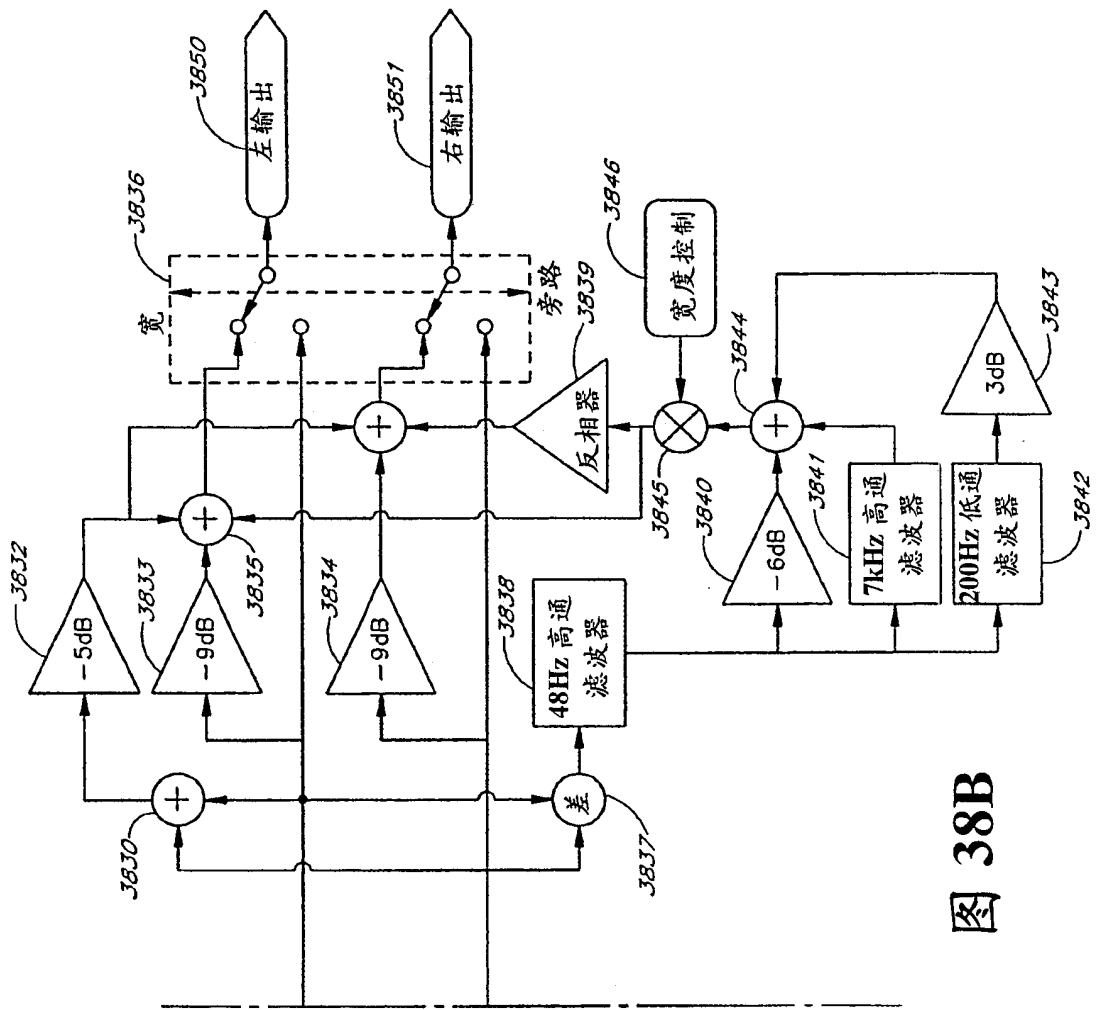


图 38B

60Hz 带通

真低音 60Hz

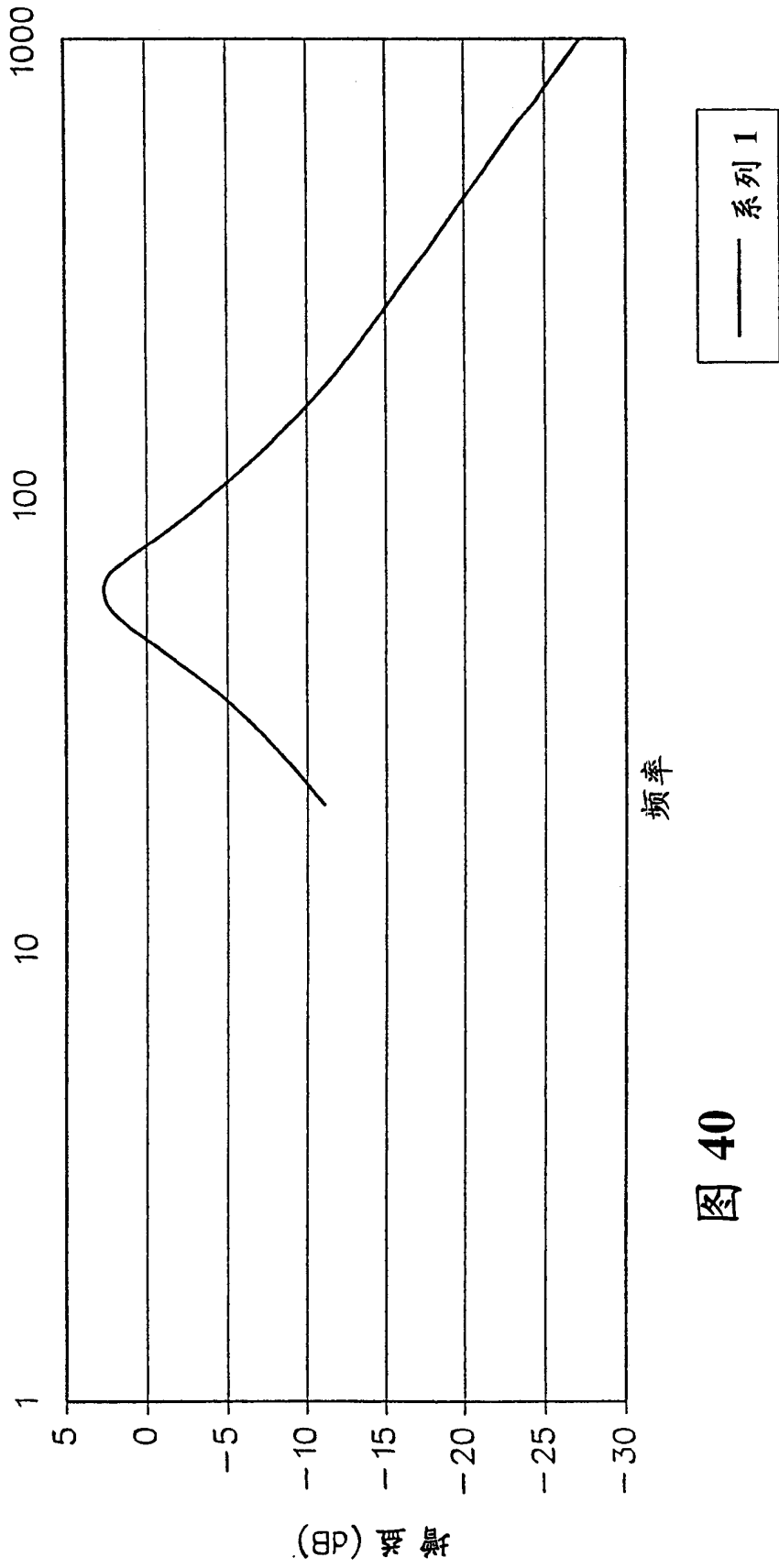


图 40

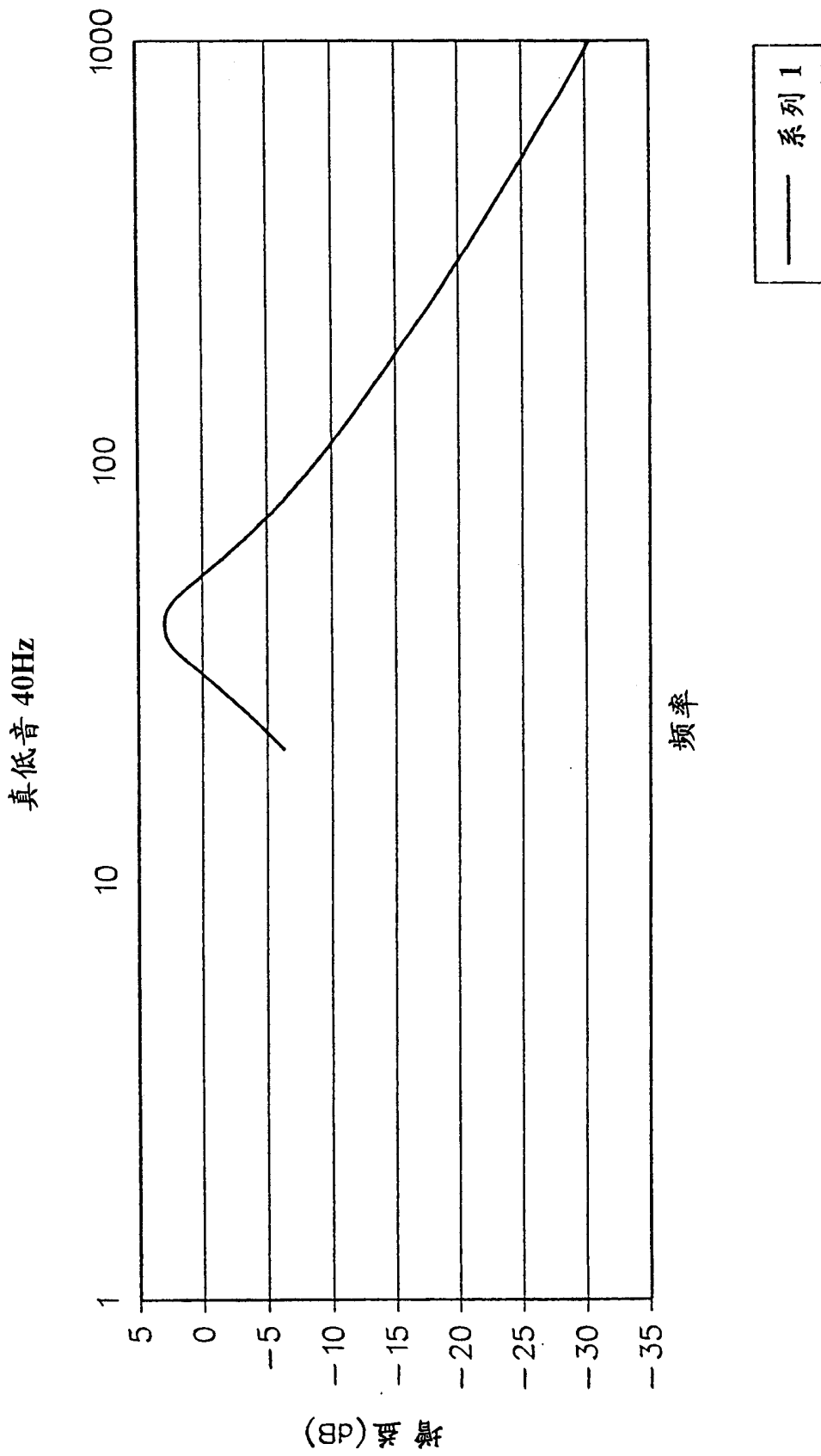


图 39

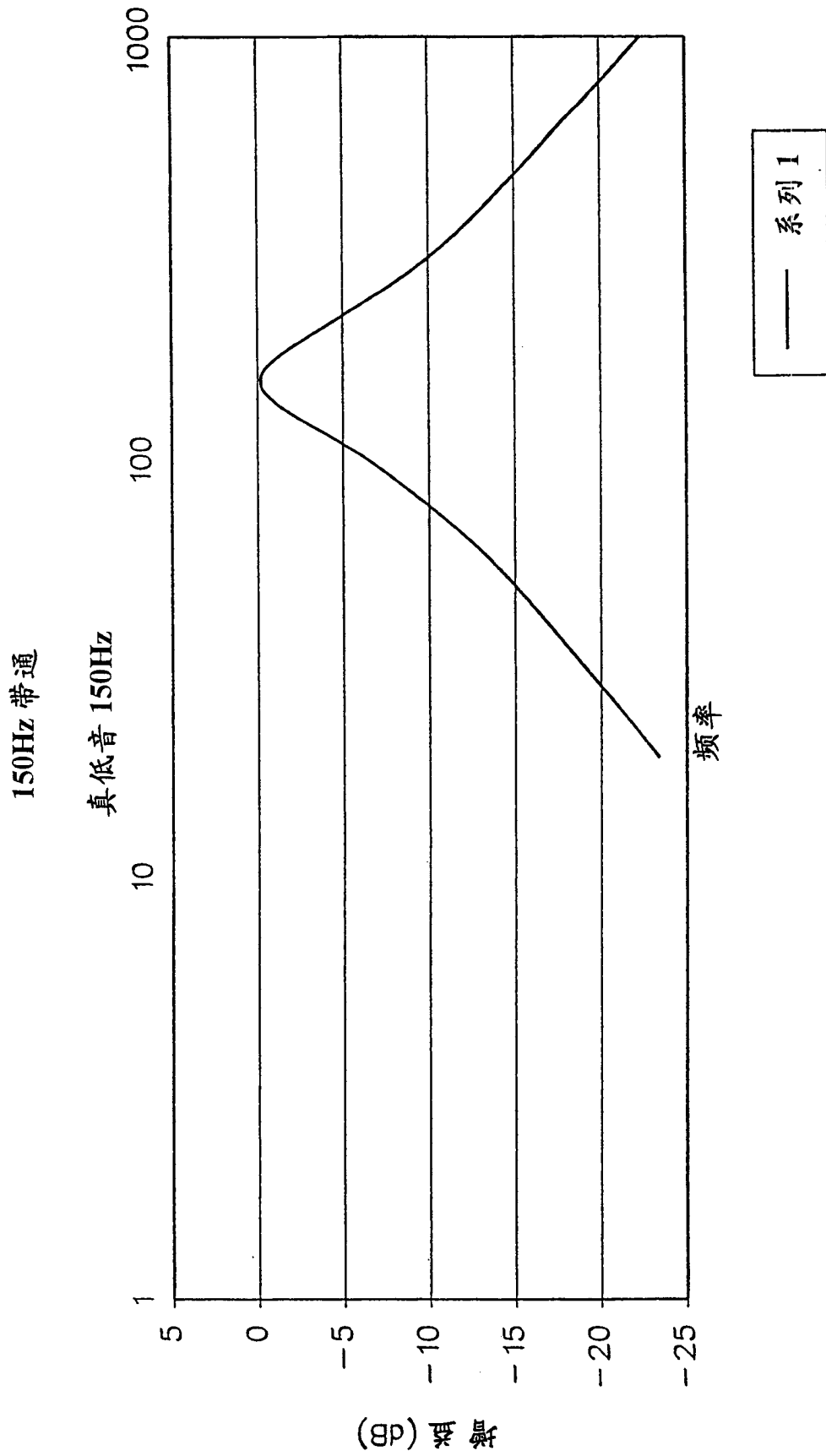


图 42

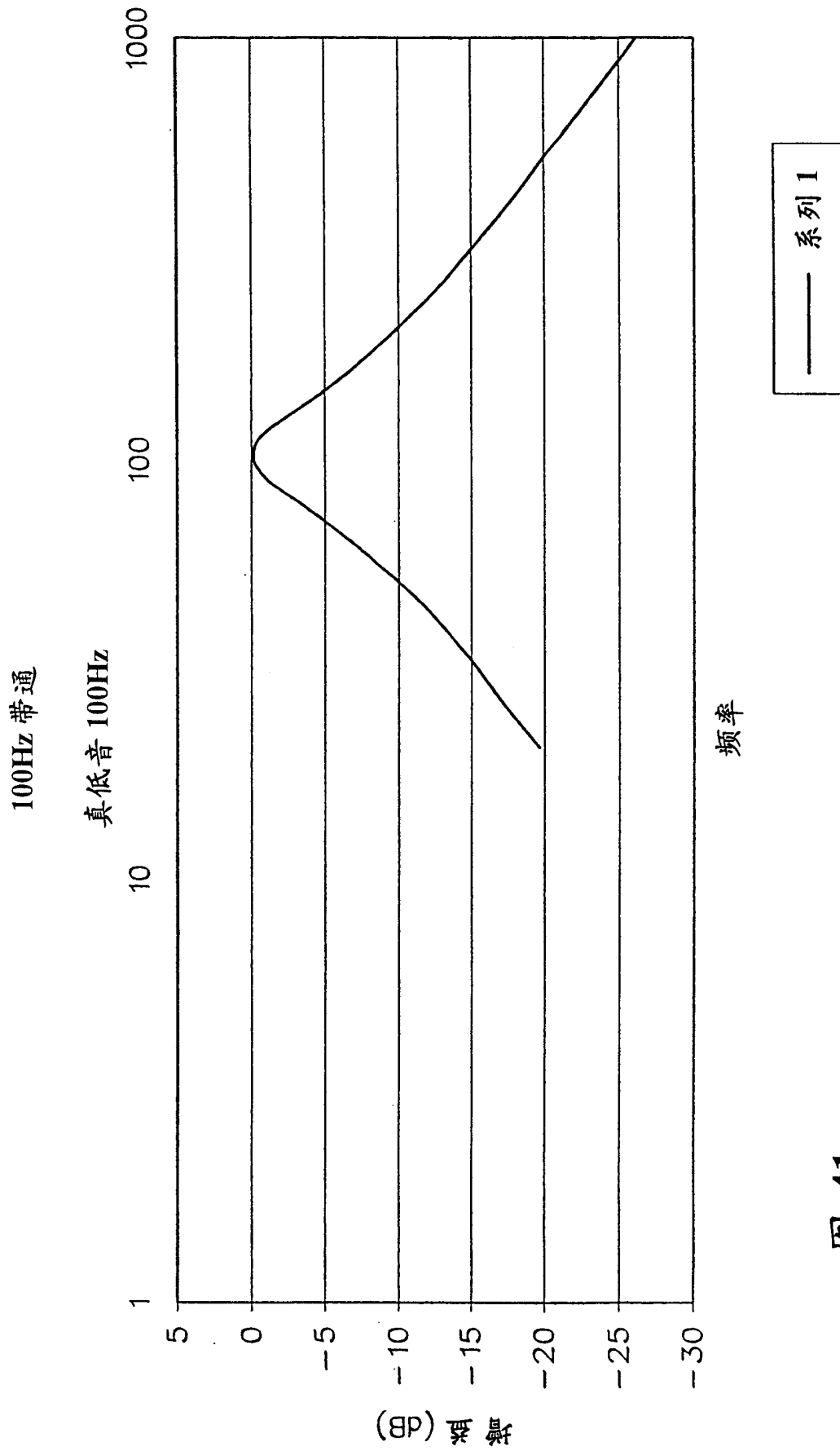


图 41

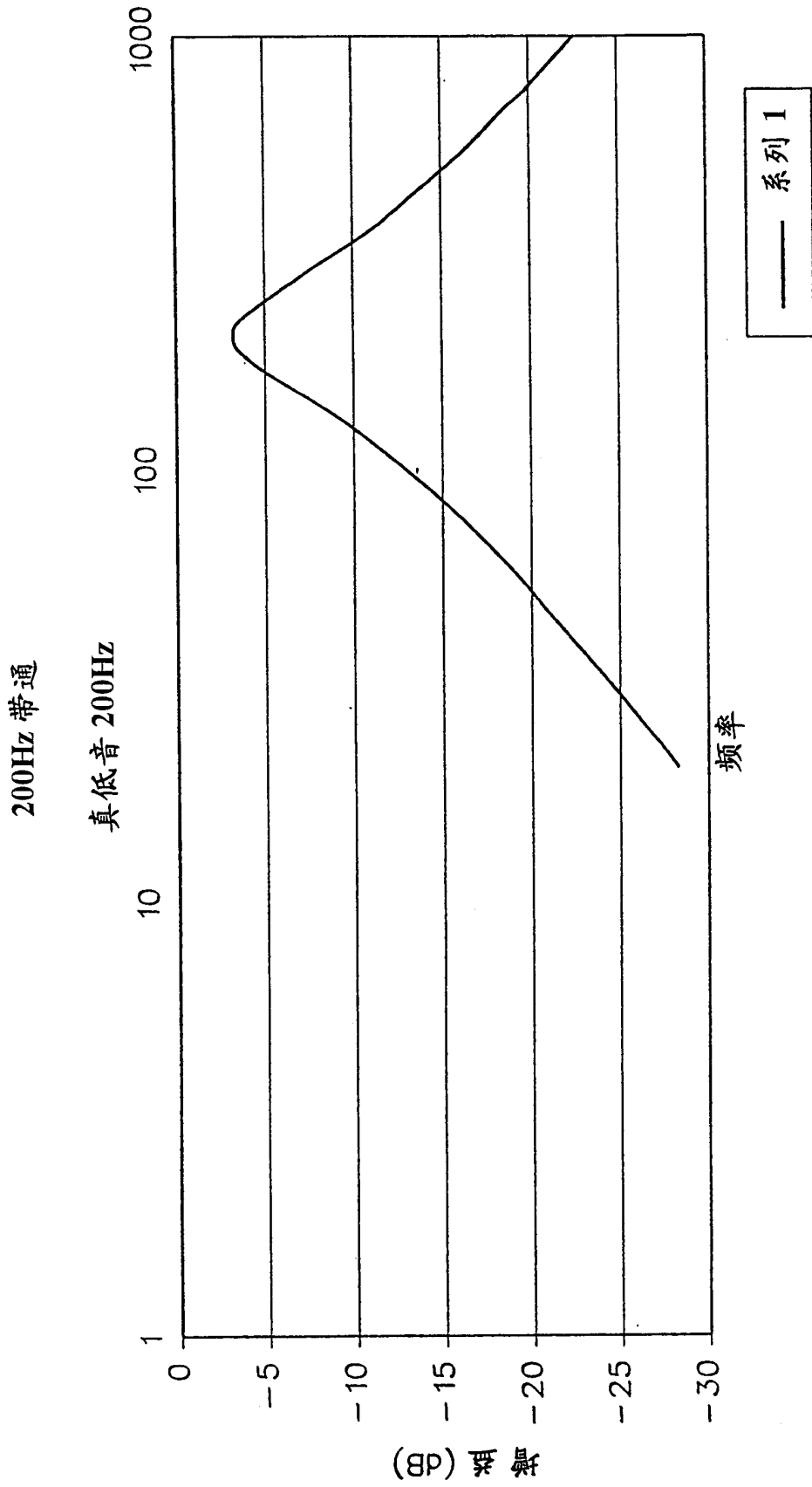


图 43

低通

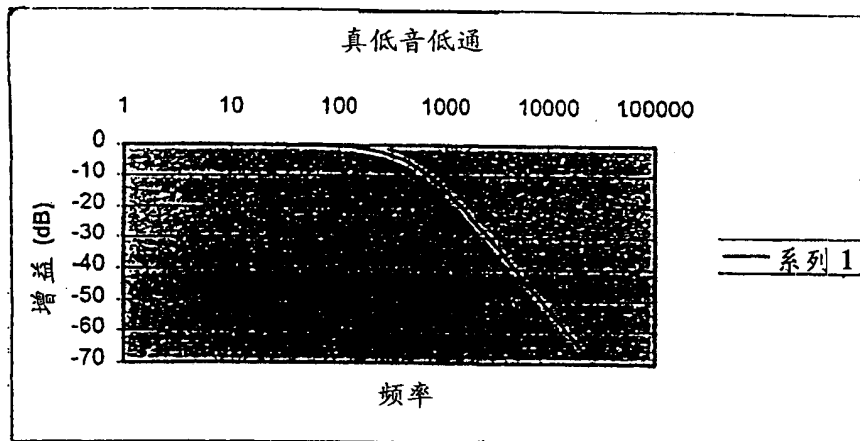


图 44