



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104170405 B

(45)授权公告日 2018.01.09

(21)申请号 201380013102.0

(22)申请日 2013.03.28

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104170405 A

(43)申请公布日 2014.11.26

(30)优先权数据
13/432,195 2012.03.28 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2014.09.09

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2013/034376 2013.03.28

(87)PCT国际申请的公布数据
W02013/149020 EN 2013.10.03

(73)专利权人 德克萨斯仪器股份有限公司
地址 美国德克萨斯州

(72)发明人 S·K·巴兰瓦

(74)专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 赵蓉民

(51)Int.Cl.
H04R 3/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 101174837 A, 2008.05.07,
CN 101686057 A, 2010.03.31,
CN 101873140 A, 2010.10.27,
US 7535396 B1, 2009.05.19,
US 5838807 A, 1998.11.17,
US 2011221620 A1, 2011.09.15,

审查员 薛文婷

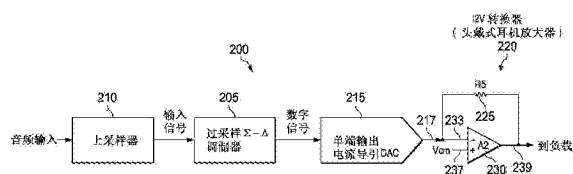
权利要求书3页 说明书6页 附图6页

(54)发明名称

用于播放音频信号的低噪声低功耗装置

(57)摘要

提供一种用于向诸如扬声器的负载(LOAD)提供音频信号的电路(200),该电路使用扬声器或头戴式耳机放大器结构作为电流电压转换器(220),由此从该电路消除了单独的电流电压转换器。这种设计去除了多个元件中在电路架构中产生噪声的一个元件并且改善了音频信号的动态范围。例如,数模转换器(215)的输出是提供给扬声器或头戴式耳机放大器的单端输出。数模转换器可以包括集合起来以提供单端输出(217)的一系列电流源。在电流源具有正电流源和负电流源失配的情况下,使用反馈机制来校正该失配并且减少了通过数模转换器将谐波噪声引入到信号中。



1. 一种用于播放音频信号的装置,其包括:

调制器,其被配置为接收输入信号并且输出数字信号,所述数字信号是所述输入信号的调制形式;

数模转换器,其被配置为接收所述数字信号并且提供单端模拟输出;

电流电压转换器,其包括电阻器以及放大器;其中所述放大器包括至少:

被连接以接收所述单端模拟输出的第一输入,以及

连接到共模电压的第二输入;

其中所述电阻器连接在所述放大器的所述第一输入与所述放大器的输出之间,所述输出被配置为连接到负载。

2. 根据权利要求1所述的装置,其中所述数模转换器包括多个正电流源以及多个负电流源,其中各电流源通过开关馈送到三个路径中的一个路径中,所述三个路径包括所述单端模拟输出、所述共模电压以及通向反馈电路的路径。

3. 根据权利要求1所述的装置,其中所述数模转换器包括模拟FIR滤波器,所述模拟FIR滤波器包括多个单元,各单元具有多个正电流源以及多个负电流源,其中各电流源通过开关馈送到三个路径中的一个路径中,所述三个路径包括所述单端模拟输出、所述共模电压以及通向反馈电路的路径。

4. 根据权利要求3所述的装置,其进一步包括所述反馈电路,所述反馈电路包括积分器电路,所述积分器电路包括被连接以一起接收误差信号的求和放大器以及积分电容器,所述误差信号包括来自所述正电流源以及所述负电流源中的连接到通向所述反馈电路的路径的各电流源的电流。

5. 根据权利要求4所述的装置,其中所述反馈电路进一步包括栅极连接到以下节点的开关,该节点连接所述求和放大器的输出与补偿电容器,所述补偿电容器连接在所述求和放大器的输出与以下节点之间,该节点在所述积分电容器与电阻器之间,其中所述开关分别对应于各单元,并且分别被配置为将电流路由到各单元以控制正电流以及负电流,从而实现对各单元的电流值匹配。

6. 根据权利要求3所述的装置,其中各单元被配置为使各正电流源以及各负电流源轮流连接到通向所述反馈电路的路径。

7. 根据权利要求2所述的装置,其中所述数模转换器被配置为基于来自所述调制器的所述数字信号,将所述电流源连接到所述放大器。

8. 一种用于播放音频信号的方法,其包括:

在数模转换器处接收调制器输出信号;

基于所述调制器输出信号来控制所述数模转换器的单端输出,所述控制包括基于所述调制器输出信号来控制电流源到所述单端输出的连接;

通过电连接到所述数模转换器的反馈电路匹配用于所述数模转换器的正电流值以及负电流值;以及

将来自所述单端输出的输出信号发送到头戴式耳机放大器,所述头戴式耳机放大器经连接以接收所述输出信号以及共模电压。

9. 根据权利要求8所述的方法,其中接收所述调制器输出信号包括在电流导引数模转换器处接收所述调制器输出信号。

10. 根据权利要求8所述的方法,其中基于所述调制器输出信号来控制电流源到所述单端输出的连接包括响应于接收到信号强度增加的所述调制器输出信号,将数目增加的电流源连接到所述单端输出,其中连接到所述单端输出的电流源的类型是响应于所述调制器输出信号的极性来确定的。

11. 根据权利要求8所述的方法,其进一步包括在所述数模转换器中实现模拟有限冲击响应滤波器。

12. 根据权利要求8所述的方法,其中通过所述反馈电路匹配用于所述数模转换器的正电流值以及负电流值包括对来自所述数模转换器的电流源进行积分并且向所述数模转换器的各单元提供电流控制信号。

13. 一种用于播放音频信号的装置,其包括:

$\Sigma-\Delta$ 调制器,所述 $\Sigma-\Delta$ 调制器被配置为接收上采样的音频信号并且输出调制的数字信号;

电流导引数模转换器,其被配置为接收所述调制的数字信号并且提供单端模拟输出,所述电流导引数模转换器包括至少:

多个单元,其被配置为允许所述电流导引数模转换器作为模拟有限冲击响应滤波器操作,所述多个单元中的各单元包括至少一系列正电流源以及一系列负电流源,以及

开关,其被配置为将所述正电流源以及所述负电流源分别连接到包含以下项目的群组中的一个:所述单端模拟输出、共模电压以及通向反馈电路的路径,

其中所述开关被配置为在所述装置的一个周期中,将用于给定单元的正电流源以及对应的负电流源连接到通向所述反馈电路的路径,并且在所述装置的下一个周期中,将用于所述给定单元的不同的正电流源以及对应的负电流源连接到通向所述反馈电路的路径;以及

所述反馈电路,其包括至少:

积分器电路,其包括经连接以一起接收误差信号的求和放大器以及积分电容器,所述误差信号包括来自所述正电流源以及所述负电流源中的连接到通向所述反馈电路的路径的各电流源的电流,以及

栅极连接到以下节点的反馈开关,该节点连接所述求和放大器的输出与补偿电容器,所述补偿电容器连接在所述求和放大器的输出与以下节点之间,该节点在所述积分电容器与电阻器之间,

其中所述开关分别对应于各单元,并且分别被配置为将电流路由到各单元以控制正电流以及负电流,从而实现对各单元的电流值匹配;

其中所述单端模拟输出被配置为馈送到头戴式耳机放大器,所述头戴式耳机放大器被配置为接收所述单端模拟输出以及所述共模电压。

14. 根据权利要求13所述的装置,其中所述头戴式耳机放大器包括电阻器以及放大器;其中所述放大器包括至少:

经连接以接收所述单端模拟输出的第一输入,以及

连接到所述共模电压的第二输入;以及

其中所述电阻器连接在所述放大器的所述第一输入与所述放大器的输出之间,所述输出被配置为连接到负载,

其中所述头戴式耳机放大器被配置为充当所述电流导引数模转换器与所述负载之间的电流电压转换器。

用于播放音频信号的低噪声低功耗装置

技术领域

[0001] 本发明总体涉及用于向负载提供模拟信息的电路,更具体地说,涉及提供用于向负载提供音频输入的低功耗低噪声电路。

背景技术

[0002] 已知用于从数字源向模拟输出(例如,扬声器)提供信息的各种电路。例如,常见的消费者应用(例如,便携式音乐或通信设备)提供数字数据用于转换为模拟输出,例如扬声器或头戴式耳机。这类设备的目标是减少用于驱动其回放电路的功率的量,使得可以增加该设备的回放时间。对于某些音频回放设备,音频质量依赖于在负60分贝功率输出下的动态范围。然而,回放电路的各种元件可能产生噪声,这需要消耗更多的功率来克服由那些电路元件引入的噪声。

[0003] 图1描绘了一种已知的这类电路架构,其向头戴式耳机提供音频信号,用于为收听者进行回放。在这个架构中,过采样 $\Sigma-\Delta$ 调制器105接收来自上采样器电路110的音频信号。该过采样 $\Sigma-\Delta$ 调制器105的输出被提供到电流导引数模转换器115上。数模转换器115提供两个输出,这两个输出由电流电压转换器120接收。该电流电压转换器包括多个元件,例如两个电阻器R1和R2以及放大器A1。该电路的输出被提供到头戴式耳机放大器125。头戴式耳机放大器125包括多个电阻器R3、R4、R5和R6以及另一个放大器。头戴式耳机放大器125的输出被提供到头戴式耳机扬声器,该头戴式耳机扬声器继而为收听者产生可听信号。在该电路中,音频信号的噪声主要由电流导引数模转换器115、电流电压转换器120以及头戴式耳机放大器125产生。由电路元件提供的噪声导致了需要一最小功率来将音频信号驱动至具有高于由电路元件产生的背景噪声的足够音频质量。此外,由电路元件产生的噪声不利地影响音频信号的动态范围,由此降低了收听者所体验的音频质量。

发明内容

[0004] 公开了一种用于向诸如扬声器的负载提供音频信号的电路,该电路使用扬声器或头戴式耳机放大器结构作为电流电压转换器,由此从该电路消除了单独的电流电压转换器。这种设计去除了多个元件中在电路架构中产生噪声的一个元件并且改善了音频信号的动态范围。

[0005] 在一个这种示例中,音频信号的数模转换器的输出可以是提供给扬声器或头戴式耳机放大器的单端输出。这种数模转换器的示例可以包括集合起来以向扬声器或头戴式耳机放大器提供单端输出的一系列电流源。在电流源具有正电流源和负电流源失配的情况下,可以使用反馈机制来校正该失配并且减少了通过数模转换器将谐波噪声引入到信号中。通过如此配置,消除了在之前已知的电路中由电流电压转换器引入的噪声。诸如本文中所描述的那些新电路的实施方式改善了音频信号的动态范围并且减少了噪声,由此提高了音频质量并且延长了实现这种设计的设备的电池寿命。在充分审阅并且研究以下具体实施方式之后,这些益处以及其它益处可以变得清晰。

附图说明

- [0006] 图1包括根据各种先前已知的电路设计所配置的示例现有技术电路方案；
- [0007] 图2包括根据本发明的各种实施例所配置的示例电路方案；
- [0008] 图3包括根据本发明的各种实施例所配置的具有放大器以及反馈电路的示例数模转换器的电路图；
- [0009] 图4包括根据本发明的各种实施例所配置的示例反馈电路；
- [0010] 图5包括电路图，其将根据本发明的各种实施例所配置的连接到放大器的示例数模转换器的一个单元显示成反馈电路的一个图示；
- [0011] 图6包括根据本发明的各种实施例所配置的连接到反馈电路的电流源相对于电路的时钟周期的循环的示例的图示；以及
- [0012] 图7包括根据本发明的各种实施例所配置的电路的操作的示例方法的流程图。

具体实施方式

[0013] 图2示出包括调制器205的示例装置200，调制器205被配置为接收输入信号并且输出数字信号，数字信号是输入信号的调制形式。数模转换器215被配置为接收该数字信号（举个例子，音频数据）并且在输出217处提供单端模拟输出（在此示例中表示音频信号）。其它类型的数字数据可以如此处理。在一个示例中，所描述的数模转换器215包括B类样式的单端输出数模转换器。该装置200进一步包括电流电压转换器220（其可以是扬声器或头戴式耳机放大器），电流电压转换器包括电阻器225以及放大器230。在此示例中，放大器230包括至少第一输入233和第二输入237，第一输入233被配置为接收来自输出217的单端模拟输出，第二输入237连接到共模电压（ V_{cm} ）。电阻器225连接在放大器230的第一输入233与放大器230的输出239之间。输出239被配置为连接到负载，例如，扬声器或头戴式耳机。通过如此配置，该装置200可以通过调制器以及数模转换器向负载（例如，头戴式耳机扬声器）提供音频信号，而不包括单独的电流电压转换器，改为将头戴式耳机放大器用作电流电压转换器。

[0014] 参考图3，描述了数模转换器215的示例方法。在此示例中，数模转换器215包括多个正电流源320以及多个负电流源330。此示例的各电流源320以及330通过开关340馈送到三个路径中的一个中。三个路径包括单端模拟输出217、共模电压（ V_{cm} ）以及通向反馈电路360的路径350。在此示例中，数模转换器215是使用同步的电流源实施的“ $2N-1$ ”电平数模转换器。在此示例中，调制器205是还提供“ $2N-1$ ”电平输出的 $\Sigma-\Delta$ 调制器。换句话说，来自调制器205的输出是 $N-1, N-2, \dots, 1, 0, -1, -2, \dots, -N+2$ 和 $-N+1$ 。数模转换器215的输出是单端的，使得其可以被直接馈送到头戴式耳机放大器220。更具体地说，在图3的示例中，数模转换器具有 N 个正电流源（ I_{p1} 到 I_{pn} ）以及 N 个负电流源（ I_{m1} 到 I_{mn} ）。根据调制器205的输出，电流源各自连接到放大器230。下述表1总结了图3的示例中电流源320以及330到放大器230的连接。

[0015] 表1

[0016]

序列号	调制器输出	连接到放大器 A2 的正电流源的数目	连接到放大器 A2 的负电流源的数目
1	N-1	N-1	0
2	N-2	N-2	0
...	...	...	...
N-1	1	1	0
N	0	0	0
N+1	-1	0	1
...	...	...	...
2N-2	-N+2	0	N-2
2N-1	-N+1	0	N-1

[0017] 该表示出了按照调制器输出所决定的连接到放大器230的电流源的数目以及类型。换句话说,数模转换器215被配置为基于来自调制器205的单端数字输出将各电流源320以及330连接到放大器230。根据上述表1,当调制器205输出为0时,没有电流源连接到放大器,并且当信号强度增加时,连接到放大器230的电流源的数目增加。连接到放大器230的电流源的类型(正或负)响应于信号极性来确定。此类布置对于B类型的数模转换器是常见的。在一个方法中,数模转换器215包括模拟有限冲击响应(FIR)滤波器,该滤波器包含多个单元370。各单元370各自具有多个正电流源320以及多个负电流源330。各电流源320以及330如上文所描述地通过开关340馈送到三个路径中的一个。在图3的示例中,示出了单个单元370,多个单个单元被预期包含在电路结构中,它们的组合输出被提供到放大器230的单端输出217。当不连接到放大器230时,各电流源320或330连接到共模电压 V_{cm} 或者反馈电路360。

[0018] 参考图4以及图5描述示例反馈电路360。反馈电路360包括积分器电路410,积分电路410包括连接在一起以接收误差信号的求和放大器413以及积分电容器417。误差信号包括来自正电流源320以及负电流源330中的连接到通向反馈电路360的路径350的各电流源的电流。这个示例的反馈电路360进一步包括栅极430连接到节点440的开关420,该节点440电连接求和放大器413的输出415与补偿电容器450。补偿电容器450连接在求和放大器413的输出415与节点460之间,该节点460在积分电容器417与电阻器470之间。反馈电路360的开关420各自对应于数模转换器215的各单元370,并且开关420各自被配置为将电流路由到各单元370以控制正电流以及负电流,从而实现对各单元370的电流值匹配。

[0019] 在数模转换器215通过具有多个单元370来实施模拟FIR滤波器的示例中,每个单元具有多个正电流源320以及负电流源330。这种滤波器的实施方式允许数模转换器215减少模拟输出信号的带外噪声。然而,正电流源320与负电流源330之间会具有失配。电流失配会使谐波出现在数模转换器的输出中,由此降低电路的最终输出的音频质量。例如,正电流源320可以使用PMOS晶体管来实施,而负电流源330可以使用NMOS晶体管来实施。因此,由于正电流源320以及负电流源330使用不同类型的器件,所以在各电流源的单个电流输出中会出现失配。

[0020] 然而,图4的示例反馈电路的实施方式可以校正这个电流失配。在一个方法中,连接到反馈电路360的正电流源以及负电流源随时间被轮转/轮流(rotate)。反馈结构对在路径350上提供的误差信号中所显现的这个失配信号进行积分。作为响应,开关420以电流形式提供控制电路信号,该信号被路由回到数模转换器215的各单元370。这种结构的示例在图5中示出。

[0021] 在图5中,来自反馈电路360的各开关420的输出经由电子路径575连接回到数模转换器215的各单元370。这个路径575向各电流源320以及330的控制件提供反馈信号,由此实现对正电流源320与负电流源330之间的失配进行校正。匹配正电流源与负电流源的控制可以以三种方式中的一种来实现。第一,控制可以被实现为使得存在对一起提供到给定单元370的所有正电流源320的控制,这在本领域中称为电流源320的联动控制(gang control)。第二,对给定单元370的所有负电流源330的控制可以联动在一起。第三,可以存在对两种类型的电流源(正电流源320以及负电流源330)的单独控制。图5的示例示出了通过将反馈路径575连接到用于单元370的正电流源320的控制件的链路580,由此对正电流源320进行联动控制。因此,从反馈电路360提供的电流用以控制正电流源320,以帮助校正与负电流源330的电流失配。本领域技术人员使用类似方法,可以实现对负电流源330的控制或对两种类型的电流源的同时反馈控制的实施方式。

[0022] 针对图6讨论了一种将正电流源以及负电流源从数模转换器215连接到反馈电路360的示例方法。在此方法中,各单元370被配置为使各正电流源320与各负电流源330一起轮流连接到通向反馈电路360的路径350。例如,在电路的一个时钟周期610中,电流源 $I_p(n-1)$ 以及 $I_m(n-1)$ 连接到通向反馈电路360的路径350。这个连接是通过开关340实现的,开关340由控制电路操作的单独的控制(未示出)来控制。连接的效果是使正电流源的信号及其对应的负电流源的信号在通向积分电路410的路径350上加在一起,使得针对此单个时钟周期610检测单个正电流源与对应的单个负电流源之间的失配电流。在下一个时钟周期620上,第二对正电流源 I_{pn} 以及对应的负电流源 I_{mn} 经连接以馈送到通向反馈电路360的路径350。再次,一对电流源(一个正电流源 I_{pn} 以及一个负电流源 I_{mn})的这个连接被连接到通向反馈电路360的路径350,持续一个时钟周期620。在下一个时钟周期630开始时,另一对不同的电流源(一个正电流源 I_{p1} 以及一个负电流源 I_{m1})连接到通向反馈电路360的路径350。虽然误差信号的积分被描述为在电路的单个时钟周期上发生,但是可以使用其它时间段或方法来感测误差信号并且向各单元提供反馈控制。

[0023] 通过如此配置,所选择的正电流源以及负电流源在每个周期轮转,使得积分器电路得到关于时间的平均误差。基于这个平均误差,如上文所描述地沿着反馈路径575从对应于单元370的单个开关420提供反馈校正电流,该单元370对应于所感测的电流源。通过如此配置,数模转换器215可以经控制以管理由正电流源320以及负电流源330的失配引入的误差,并且仍然通过输出217向放大器230提供低噪声以及低功耗的单端输出。

[0024] 参考图7,描述了诸如上文所描述的电路的操作的示例方法。该方法包括在数模转换器处接收710调制器输出信号。在一个示例中,该接收包括在电流导引数模转换器处接收调制器输出信号。该方法进一步包括基于调制器输出信号控制720来自数模转换器的单端输出。控制720包括基于在数模转换器处接收到的调制器输出信号来控制数模转换器的电流源到单端输出的连接。在一个示例中,该控制包括响应于接收到信号强度增加的调制器

输出信号而将数目增加的电流源连接到单端输出。连接到单端输出的电流源的类型响应于调制器输出信号的极性来确定。这种方法可以通过使用B类数模转换器来实现。在另一示例中,该方法可以进一步包括在数模转换器中实施模拟有限冲击响应滤波器。

[0025] 再次参考图7,所示的方法包括通过电连接到数模转换器的反馈电路匹配730用于数模转换器的正电流值以及负电流值。该方法进一步包括在740处将来自单端输出的输出信号发送到头戴式耳机放大器,头戴式耳机放大器经连接以接收输出信号以及共模电压。在一个方法中,通过反馈电路匹配正电流值以及负电流值可以包括对来自数模转换器的电流源进行积分并且向数模转换器的各单元提供电流控制信号。通过如此配置,实施该方法的电路可以向放大器提供单端输出以消除由在此类音频电路中通常实施的单独的电流电压转换器引起的噪声。因此,通过由这种电路执行的方法可以减少噪声,并且可以在音频输出中实现改进的动态范围。

[0026] 参考图2以及图5描述了体现如本文所描述的教导的电路的更具体示例。在该示例中, $\Sigma-\Delta$ 调制器205被配置为从上采样器电路210接收上采样的音频信号并且输出调制的数字信号。电流导引数模转换器215被配置为从 $\Sigma-\Delta$ 调制器205接收调制的数字信号并且提供单端模拟输出217。电流导引数模转换器215包括至少多个单元370,所述多个单元370被配置为允许电流导引数模转换器215作为模拟有限冲击响应滤波器操作。多个单元370中的各单元370包括至少一系列正电流源320以及一系列负电流源330。电流导引数模转换器215还包括开关340,所述开关340被配置为将正电流源320以及负电流源330分别连接到包含以下项目的群组中的一个:单端模拟输出217、共模电压(V_{cm})以及通向反馈电路360的路径350。开关340被配置为在装置200的一个时钟周期中,将给定单元370的正电流源320以及对应的负电流源330连接到通向反馈电路360的路径350,并且在装置200的下一个时钟周期中,将该给定单元370的不同的正电流源以及对应的负电流源连接到通向反馈电路360的路径350。在图6的示例中进一步图示并且在上文描述了针对单个周期的电流源到通向反馈电路的路径的连接。

[0027] 该示例的反馈电路360包括至少一个积分器电路410,所述积分器电路410包括连接在一起以接收误差信号的求和放大器430以及积分电容器417,所述误差信号包括来自正电流源320以及负电流源330中的连接到通向反馈电路360的路径350的各个电流源的电流。反馈电路360进一步包括栅极430连接到节点440的反馈开关420,该节点440连接求和放大器413的输出415与补偿电容器450。补偿电容器450连接在求和放大器413的输出415与节点460之间,该节点460在积分电容器417与电阻器470之间。在一个示例中,电阻器470具有100千欧的值,积分电容器417具有10皮法的电容,并且补偿电容器具有1皮法的电容,但是在其它应用中当然可以使用其它值。开关420各自对应于各单元370,并且各自被配置为将电路由到各单元370以控制正电流以及负电流,从而实现各单元370的电流值匹配。

[0028] 单端模拟输出217被配置为馈送到头戴式耳机放大器220,所述头戴式耳机放大器被配置为接收单端模拟输出217以及共模电压(V_{cm})。在该示例中,头戴式耳机放大器包括电阻器225以及放大器230。放大器230包括至少第一输入233和第二输入237,第一输入233被配置为接收单端放大器输出217,第二输入237连接到共模电压(V_{cm})。电阻器225连接在放大器230的第一输入233与放大器230的输出239之间,所述输出239被配置为连接到负载。负载通常是扬声器或头戴式耳机扬声器。在该示例中,头戴式耳机放大器220被配置为充当

电流导引数模转换器215与负载之间的电流电压转换器。

[0029] 通过如此配置,数模转换器被设计为减少提供到扬声器的音频信号中的噪声。此外,在各种示例中,在数模转换器中实施的差分信号链直接向自身充当电流电压转换器的头戴式耳机放大器提供输出。因此,不需要单独的电流电压转换器电路,由此消除了系统中潜在的噪声源。这种布置的动态范围增加了数字音量并且减少了较低输入信号模拟增益。这是动态进行的,但是并不向信号提供任何动态改变,因此对收听者带来有限的音频伪影。因此,上文所描述的电路布置可以在例如头戴式耳机应用中(这对于MP3播放器等便携式消费者音乐设备是常见的)提供低功耗高动态范围的数模转换。

[0030] 本领域技术人员将理解,在所主张的发明的范围内,许多其它实施例以及变化都是可能的。

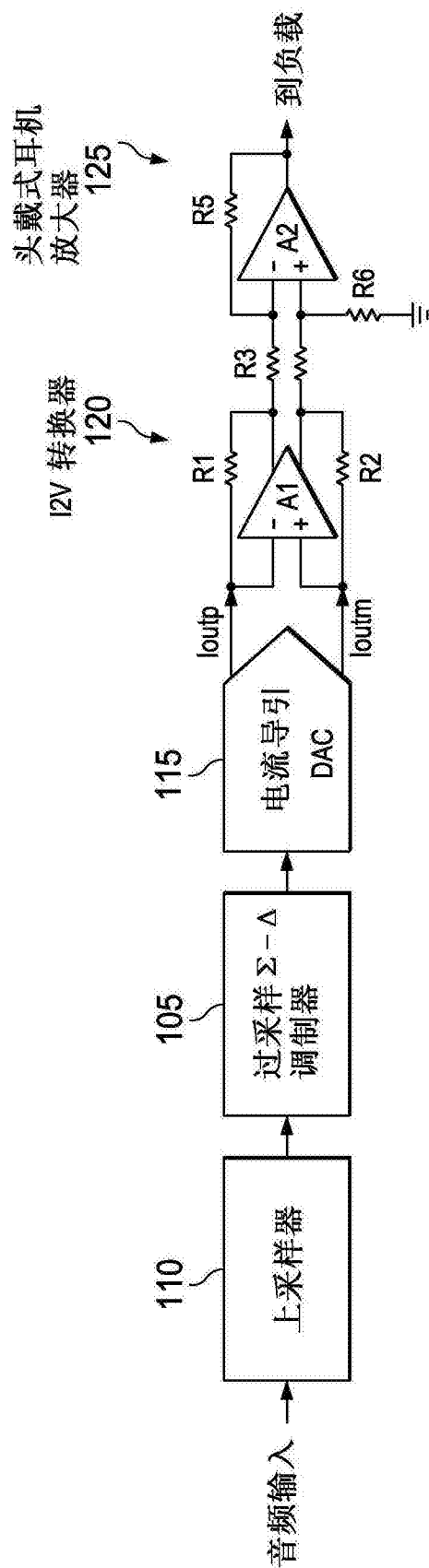


图1 (现有技术)

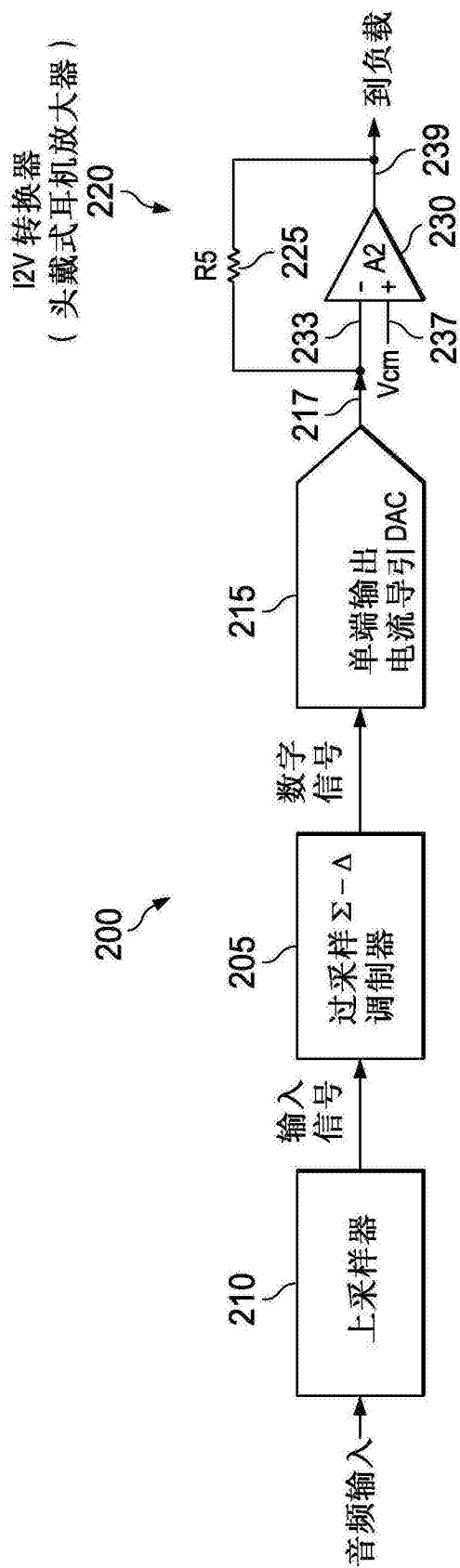


图2

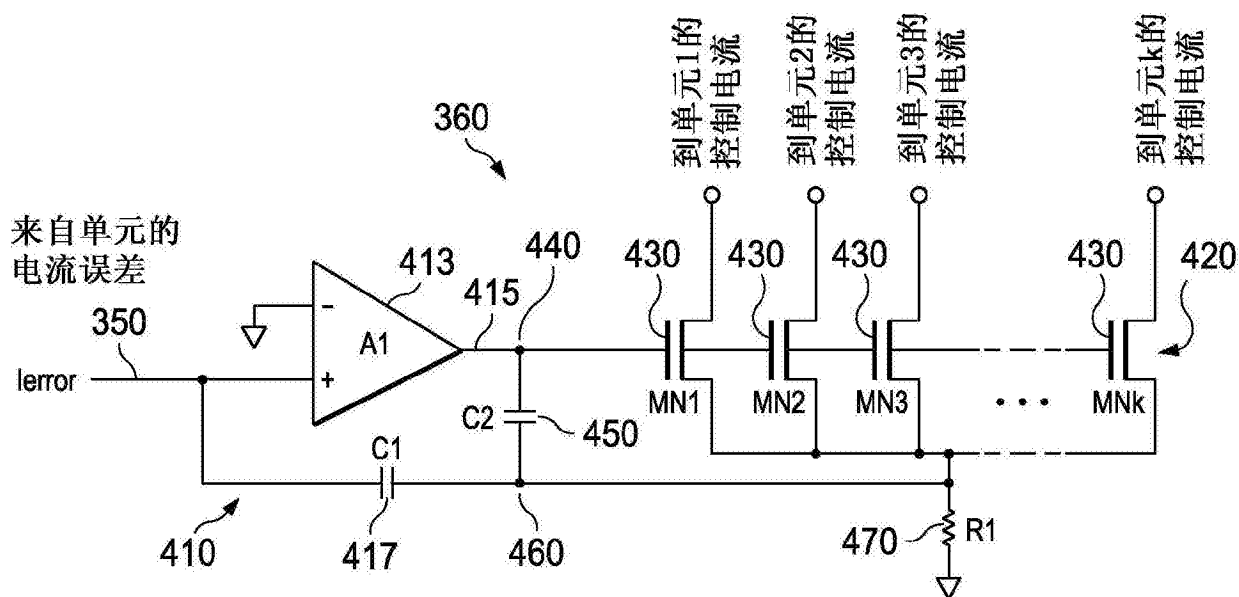


图4

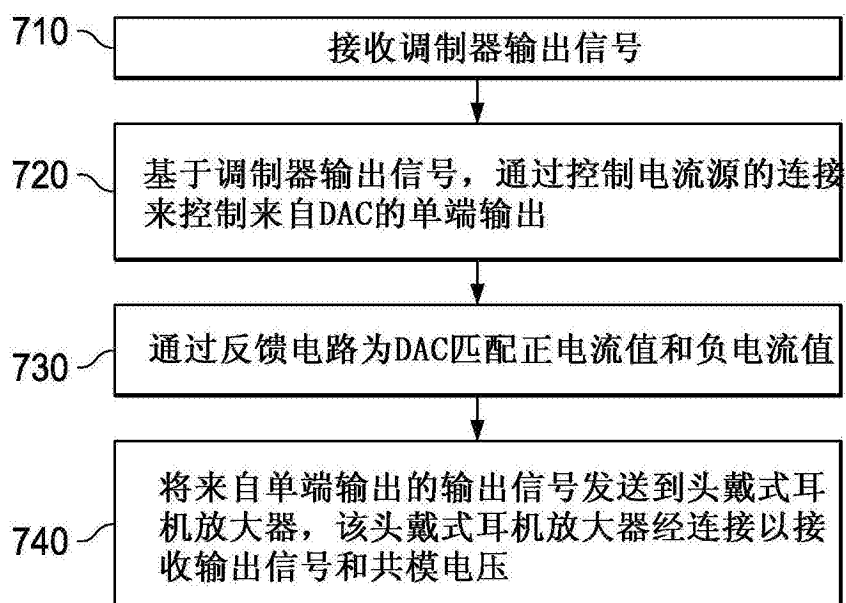


图7

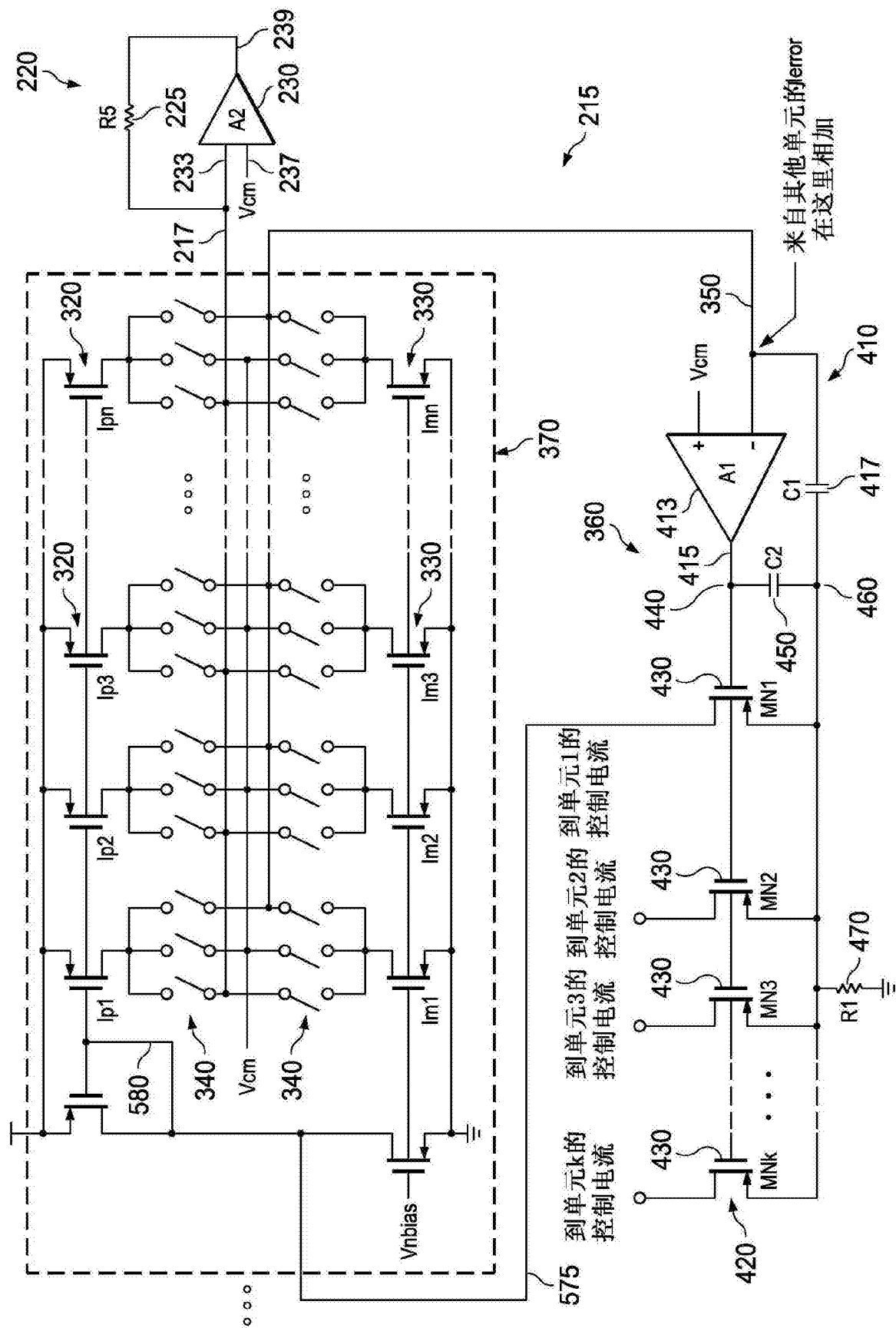


图5

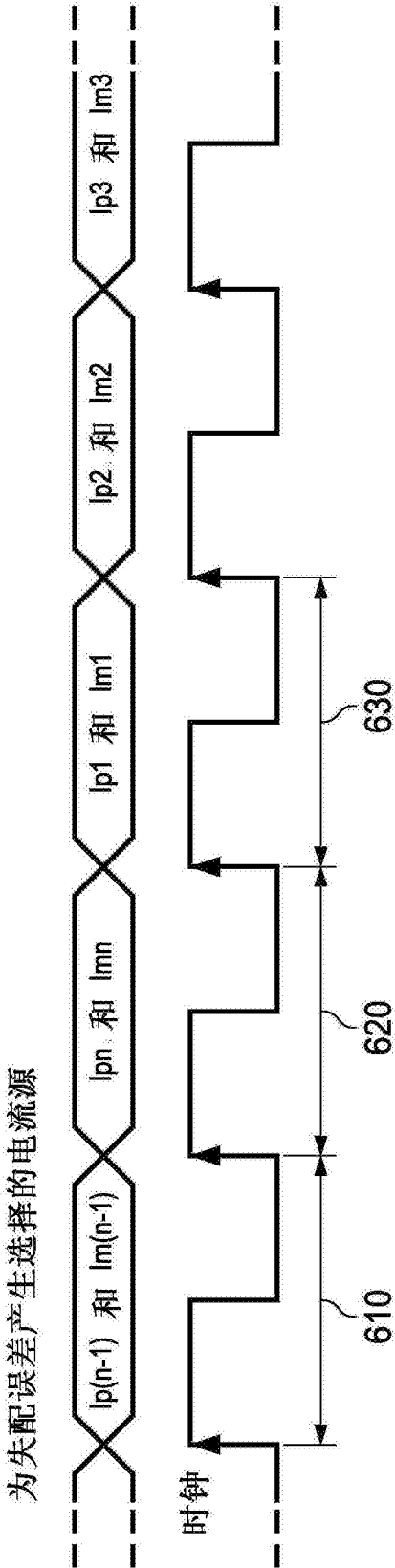


图6