



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111213389 B

(45) 授权公告日 2022.06.21

(21) 申请号 201880068257.7

(72) 发明人 申旦 L. 克雷斯皮

(22) 申请日 2018.10.18

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 111213389

专利代理人 俞华梁 闫小龙

(43) 申请公布日 2020.05.29

(51) Int.Cl.

### (30) 优先权数据

15/789907 2017 10 20 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2020 04 20

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2018/056585 2018 10 18

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2019/079646 EN 2019 04 25

(73) 专利权人 美纳普顿克斯公司

地址 美国加利福尼亚州

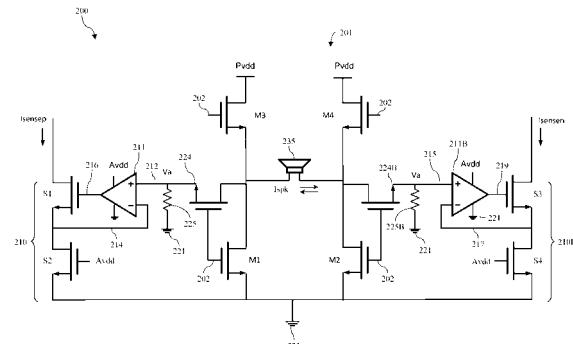
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54) 发明名称

### 开关放大器输出处的电流测量

## (57) 摘要

用于感测开关放大器的输出处的电流的系统和方法包括:耦合到负载的第一晶体管开关,其被配置成响应于耦合到第一晶体管开关的第一栅极端子的第一脉冲宽度调制控制信号而在负载中传导电流。第二晶体管开关被配置成响应于耦合到第二晶体管开关的第二栅极端子的第二脉冲宽度调制控制信号而在负载中传导电流。屏蔽开关耦合在负载和电流感测电路之间,其中屏蔽开关被配置成响应于第二脉冲宽度调制控制信号而向电流感测电路提供小信号电压,电流感测电路被配置成响应于小信号电压而感测穿过负载的电流。



1. 一种用于感测电流的系统,包括:

耦合到负载的第一晶体管开关,其被配置成响应于耦合到所述第一晶体管开关的第一栅极端子的第一脉冲宽度调制控制信号而在所述负载中传导电流;

第二晶体管开关,其被配置成响应于耦合到所述第二晶体管开关的第二栅极端子的第二脉冲宽度调制控制信号而在所述负载中传导所述电流;以及

屏蔽开关,其耦合在所述负载和电流感测电路之间,其中所述屏蔽开关的第三栅极端子耦合到所述第二晶体管开关的所述第二栅极端子并且被配置成响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而向所述电流感测电路提供信号电压,并且其中所述电流感测电路被配置成响应于所述信号电压而感测穿过所述负载的所述电流。

2. 根据权利要求1所述的系统,其中所述电流感测电路是包括放大器的电流镜电路,所述电流镜电路被配置成测量近似等于穿过所述负载的所述电流的电流值,并且其中所述信号电压近似等于所述第二晶体管开关的漏极-源极电压。

3. 根据权利要求2所述的系统,其中所述屏蔽开关还被配置成在包括当所述第一晶体管开关断开而所述第二晶体管开关接通时的第一时间段的第一转变期间,并且在包括当所述第一晶体管开关接通而所述第二晶体管开关断开时的第二时间段的第二转变期间,向所述电流感测电路提供所述信号电压,其中所述屏蔽开关在所述放大器的非反相输入端子处提供所述信号电压。

4. 根据权利要求2所述的系统,其中所述电流感测电路耦合到过电流保护电路,其被配置成向所述过电流保护电路提供测量的电流,其中所述过电流保护电路被配置成调整所述第一和第二脉冲宽度调制控制信号的频率,以在所述测量的电流超过上限电流阈值时减小穿过所述负载的所述电流。

5. 根据权利要求2所述的系统,还包括采样和保持电路,所述采样和保持电路耦合在所述屏蔽开关与所述电流感测电路之间,所述采样和保持电路被配置成响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而向所述电流感测电路提供所述信号电压达预定的采样时间段。

6. 根据权利要求2所述的系统,其中所述放大器被配置为横向扩散的金属氧化物半导体电路。

7. 根据权利要求1所述的系统,还包括下拉电阻器,其耦合在所述屏蔽开关的源极端子与接地信号之间。

8. 根据权利要求1所述的系统,其中所述负载被配置为扬声器。

9. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一和第二晶体管开关包括D类放大器、H桥输出级。

10. 根据权利要求1所述的系统,其中所述第一晶体管开关、所述第二晶体管开关和所述屏蔽开关被配置为n沟道横向扩散的金属氧化物半导体场效应晶体管。

11. 根据权利要求1所述的系统,所述系统还包括:

耦合到所述负载的第三晶体管开关,其被配置成响应于耦合到所述第三晶体管开关的第一栅极端子的第三脉冲宽度调制控制信号而在所述负载中传导所述电流;

第四晶体管开关,其被配置成响应于耦合到所述第四晶体管开关的第二栅极端子的第四脉冲宽度调制控制信号而在所述负载中传导所述电流;以及

第二屏蔽开关,其耦合在所述负载和第二电流感测电路之间,其中所述第二屏蔽开关

被配置成响应于所述第四脉冲宽度调制控制信号而向所述第二电流感测电路提供第二信号电压。

12. 一种用于感测电流的方法,包括:

响应于耦合到第一晶体管开关的第一栅极端子的第一脉冲宽度调制控制信号而在负载中传导电流;

响应于耦合到第二晶体管开关的第二栅极端子的第二脉冲宽度调制控制信号而在所述负载中传导所述电流;

通过耦合在所述负载和电流感测电路之间的屏蔽开关向所述电流感测电路提供信号电压,其中所述屏蔽开关的栅极端子耦合到所述第二晶体管开关的所述第二栅极端子并且被配置成响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而向所述电流感测电路提供信号电压;以及

响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而在所述电流感测电路处接收所述信号电压,以提供对穿过所述负载的所述电流的感测。

13. 根据权利要求12所述的方法,其中所述电流感测电路是包括放大器的电流镜电路,所述电流镜电路被配置成测量近似等于穿过所述负载的所述电流的电流,并且其中所述屏蔽开关,被配置成响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而在所述放大器的非反相输入端子处提供所述信号电压。

14. 根据权利要求13所述的方法,还包括:

在包括当所述第一晶体管开关断开而所述第二晶体管开关接通时的时间段的第一转变期间,在所述电流感测电路处接收所述信号电压;以及

在包括当所述第一晶体管开关接通而所述第二晶体管开关断开时的时间段的第二转变期间,在所述电流感测电路处接收所述信号电压,其中所述屏蔽开关在所述第一和第二转变期间在所述放大器的所述非反相输入端子处提供所述信号电压。

15. 根据权利要求13所述的方法,其中所述电流感测电路耦合到过电流保护电路,其被配置成向所述过电流保护电路提供测量的电流,并且其中所述方法还包括调整所述第一和第二脉冲宽度调制控制信号的频率,以在所述测量的电流超过上限电流阈值时减小穿过所述负载的所述电流。

16. 根据权利要求13所述的方法,还包括采样和保持电路,其耦合在所述屏蔽开关和所述电流感测电路之间,并且其中所述方法还包括响应于所述第二脉冲宽度调制控制信号而在所述电流感测电路处从所述采样和保持电路接收所述信号电压达预定的采样时间段。

17. 根据权利要求13所述的方法,其中所述放大器被配置为横向扩散的金属氧化物半导体电路。

18. 根据权利要求13所述的方法,其中所述第一和第二晶体管开关包括D类放大器、H桥输出级,并且其中所述第一晶体管开关、所述第二晶体管开关和所述屏蔽开关被配置为n沟道横向扩散的金属氧化物半导体场效应晶体管。

19. 根据权利要求13所述的方法,还包括下拉电阻器,其耦合在所述屏蔽开关的源极端子与接地信号之间。

20. 根据权利要求12所述的方法,其中所述负载被配置为扬声器。

## 开关放大器输出处的电流测量

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求2017年10月20日提交的美国专利申请号15/789,907的权益和优先权，其通过引用以其整体特此并入本文中。

### 技术领域

[0003] 根据一个或多个实施例，本公开总体上涉及信号处理，并且更特别地，例如涉及感测开关放大器的输出处的电流。

### 背景技术

[0004] 诸如膝上型计算机、计算机平板、MP3播放器和智能手机之类的许多现代设备使用微型扬声器。在许多应用中，这些设备利用开关放大器来高效地提供音频信号的放大。在一个示例中，开关放大器可以提供二十瓦的功率以放大音频信号并驱动扬声器。由于在这样的设备中使用的微型扬声器的限制，可以测量到扬声器的电流以帮助防止失真、对扬声器的物理损坏和其他不想要的影响。因此，存在以下持续需要：改进对由开关放大器提供给扬声器的电流的测量，以保护扬声器免于失真或损坏。

### 发明内容

[0005] 本公开提供了系统和方法，其解决了本领域中对于准确感测由开关放大器提供给负载的电流的需要。本公开的范围由权利要求限定，所述权利要求通过引用并入本部分中。通过考虑一个或多个实施例的以下详细描述，将向本领域技术人员给予对本公开的较完整理解以及其附加优点的实现。将对首先将简要描述的附图的附页做出参考。

### 附图说明

[0006] 参考以下附图和跟随的详细描述，可以较好地理解本公开的各方面及其优点。应当领会的是，相同的参考标号用于标识一个或多个附图中所图示的相同的元件，其中附图中的示出是为了图示本公开的实施例的目的，而不是为了限制本公开的实施例的目的。附图中的部件不一定是按比例的，而是将重点放在清楚地图示本公开的原理上。

[0007] 图1图示了根据本公开的一个或多个实施例的示例性音频编解码器。

[0008] 图2图示了根据本公开的一个或多个实施例的示例性音频放大器输出驱动器的示意图。

[0009] 图3图示了根据本公开的实施例的音频放大器输出驱动器的感测电流和控制电压的示例性曲线。

[0010] 图4图示了根据本公开的一个或多个实施例的包括采样和保持电路的示例性音频放大器输出驱动器的示意图。

[0011] 图5图示了根据本公开的一个或多个实施例的用于音频放大器输出驱动器扬声器保护系统的示例性过程流程。

## 具体实施方式

[0012] 本公开描述了系统和方法,其解决了对于准确测量由诸如开关调节器或D类开关放大器之类的开关放大器提供的电流的需要。在一个实施例中,本公开的音频系统包括开关放大器H桥输出级和一个或多个输出电流测量电路。每个输出电流测量电路包括电流感测部件(诸如电流镜电路)以及屏蔽开关,其布置成在放大器开关的所有阶段(包括开关放大器输出状态转变)期间提供对穿过负载的电流的准确测量。

[0013] 本公开的实施例可以与用于测量开关调节器或D类开关放大器的输出处的电流的现存解决方案形成对比。例如,常规的开关放大器电流感测电路可以使用与负载串联安装的感测电阻器来感测穿过负载的电流。连接到感测电阻器的感测放大器可能需要相对大的共模抑制比来处理感测电阻器处的大的开关放大器输出电压变化。许多无源电流感测电路通过系统内附加的功率耗散损耗降低了H桥放大器输出级的操作中的效率。此外,添加的功率耗散对于包括在集成电路小片内形成的开关放大器电路的应用可能引起热问题。

[0014] 一些常规的音频系统使用电流镜电路进行负载电流感测测量。然而,电流镜电路的性能可能会受如本文中讨论的类似共模限制影响。例如,与开关放大器应用一起使用的常规电流镜电路可能易遭受大的电压摆动,从而需要具有相对高的共模抑制比的电流镜电路。此外,当开关晶体管处于“导通”和“截止”状态之间的转变时,电流镜电路不提供准确的电流测量。本公开的各种实施例解决了这些问题,以准确且有效地测量由开关放大器提供给负载的电流,以保护诸如扬声器之类的负载免于失真或损坏。

[0015] 图1图示了根据本公开的一个或多个实施例的示例性音频编解码器电路100的框图。音频编解码器电路100提供用于音频输入的信号处理的模拟和数字电路。音频编解码器电路100包括用来处理输入数字信号并将放大的输出信号提供给扬声器的电路,以用于输出设备121。在一些实施例中,音频编解码器电路100在输入端口105A-B处接收数字信号。数字信号可以例如由诸如膝上型计算机、计算机平板、智能电话之类的任何电子设备或诸如麦克风之类的传感器来提供。

[0016] 数模转换器(DAC)107可以被配置成接收数字信号并将数字信号转换为模拟信号以用于进一步处理。控制电路109从DAC 107接收模拟音频信号并处理该模拟音频信号。在一些实施例中,控制电路109将脉冲宽度调制信号提供给音频放大器108。在一些实施例中,音频放大器108被实现为D类开关放大器,并且脉冲宽度调制信号控制音频放大器108的开关占空比。音频放大器108放大接收的模拟音频信号并提供放大的音频信号131A-B以驱动输出插座119A-B处的输出设备121。输出设备121可以是扩音器、耳机或用于接收放大的音频信号131A-B的另一电子设备。

[0017] 音频放大器108电耦合到电流测量电路110。电流测量电路110配置成在音频放大器108的低侧输出开关处感测行进到输出设备121的电流信号。在一些实施例中,电流测量电路110提供穿过输出设备121的电流信号的电流的近似。在一些实施例中,电流测量电路110内的电流镜电路提供并测量等效电流。如所图示,将测量的电流信号120提供给过电流保护电路117。在一些实施例中,如果测量的电流信号120超过上限电流阈值,则过电流保护电路117调整脉冲宽度调制信号的频率以减小行进到输出设备121的电流的幅度。上限电流阈值可以是输出设备121在没有失真或物理损坏的情况下能够经受的最大电流,并且可以取决于用于制造输出设备121的材料和过程。例如,现代电子设备中使用的微型扬声器可能

能够经受近似五百毫安的稳定状态。在其他实施例中,如果测量的电流信号120超过上限电流阈值,则过电流保护电路117提供过电流控制信号118以关闭音频放大器108。

[0018] 电流测量电路110可操作以在低侧输出开关激活时提供行进到输出设备121的瞬时电流的等效电流。电流测量电路110还可操作以在低侧输出开关和高侧输出开关在“接通”和“断开”状态之间转变时提供负载电流的等效电流。在这方面,电流测量电路110和过电流保护电路117通过将测量的电流信号120与上限电流阈值进行比较以及响应于阈值被超过而起作用来调整电流,以鲁棒地保护输出设备121免于瞬时失真或物理损坏。

[0019] 电流测量电路110还可以向扬声器保护电路111提供与测量的电流信号120等效的模拟电压。在所图示的实施例中,模数转换器(ADC)113将模拟电压转换为表示测量的电流信号120的数字电压信号122。ADC 113将数字电压信号122提供给扬声器保护电路111,该扬声器保护电路111进一步处理数字电压信号122。在一些实施例中,扬声器保护电路111向DAC 107提供信号114,以基于测量的电流反馈来调整DAC 107信号处理,以保护输出设备121(例如,扬声器)。

[0020] 图2图示了根据本公开的实施例的示例性音频放大器输出驱动器200的示意图。在一些实施例中,音频放大器输出驱动器200形成在音频编解码器电路100中实现的音频放大器108的部分。音频放大器输出驱动器200提供音频输出以驱动扬声器负载235,其可以在移动电话、膝上型计算机、平板、音频/视频系统或其他类似设备中实现。在各种实施例中,音频放大器输出驱动器200被实现为D类放大器、H桥输出级201。音频放大器输出驱动器200耦合到一个或多个电流测量电路210。

[0021] 如图2中所示,在一些实施例中,H桥输出级201包括四个n沟道横向扩散的金属氧化物半导体场效应晶体管(MOSFET)M1、M2、M3和M4。前两个高侧晶体管M3、M4的相应的漏极连接到电源电压Pvdd。在一些实施例中,电源电压Pvdd向晶体管M3、M4提供十二伏的DC功率。然而,在其他实施例中,可以提供其他电源电压。相应的源极连接到两个低侧晶体管M1、M2的漏极,其源极连接到接地信号221。扬声器负载235连接在晶体管开关对M3、M1和M4、M2之间。图1的控制电路109可以将脉冲宽度调制控制信号202提供给晶体管M1、M2、M3和M4的栅极。在一些实施例中,第一脉冲宽度调制(PMW)控制信号202连接到晶体管M3的栅极端子,第二PMW控制信号202连接到晶体管M1的栅极端子,第三PMW控制信号202连接到晶体管M4的栅极端子,以及第四PMW控制信号202连接到晶体管M2的栅极端子。

[0022] 在一些实施例中,第一电流测量电路210包括电流镜放大器211(例如,电流感测电路)、n沟道MOS晶体管S1和S2、屏蔽开关224和下拉电阻器225。在这种布置中,穿过扬声器负载235的电流I<sub>spk</sub>由等效的测量电流I<sub>sensep</sub>和I<sub>sensen</sub>表示。

[0023] 电流镜放大器211包括两个输入端子:非反相输入端子212和反相输入端子214。非反相输入端子212连接到屏蔽开关224的源极端子。屏蔽开关224的漏极端子连接到晶体管M3(例如,第一晶体管开关)的源极端子和晶体管M1(例如,第二晶体管开关)的漏极端子。电流镜放大器211的反相输入端子214连接到晶体管S1的源极端子和晶体管S2的漏极端子。电流镜放大器211输出信号216连接到晶体管S1的栅极端子以驱动晶体管S1。晶体管S2的源极端子连接到接地信号221。晶体管S1的漏极端子连接到I<sub>sensep</sub>电流信号。

[0024] 屏蔽开关224栅极端子连接到低侧晶体管M1的栅极端子。当第二PWM控制信号202导通晶体管M1时,屏蔽开关224响应于第二PWM控制信号202而接通,并且在节点Va处提供小

信号DC电压,其等效于M1的漏极端子处的电压。在一些实施例中,小信号DC电压是近似五十到一百毫伏。节点Va连接到电流镜放大器211的212的非反相输入端子,以向电流镜放大器211提供电压Va。电流镜放大器211输出信号216控制S1的栅极电压以调整跨S2的漏极-源极电压。在这方面,跨晶体管M1且等效地在节点Va处的电压跨晶体管S1被镜像,以提供流过开关S1和S2的Isensep电流信号,其近似等于负载电流Ispk。在一些实施例中,电流镜放大器211被实现为横向扩散的金属氧化物半导体电路。下拉电阻器225连接在节点Va(例如,在屏蔽开关224的源极端子处)和接地信号221之间以在屏蔽开关224被断开时在节点Va处提供到零伏的快速转变。

[0025] 在一些实施例中,互补第二电流测量电路210B包括电流镜放大器211B、n沟道MOS晶体管S3和S4、屏蔽开关224B以及下拉电阻器225B。穿过H桥互补晶体管对(例如,M4和M2)处的扬声器负载235的电流Ispk由等效的测量电流Isensen表示。

[0026] 电流镜放大器211B包括两个输入端子,非反相输入端子215和反相输入端子217。非反相输入端子215连接到屏蔽开关224B的源极端子。屏蔽开关224B的漏极端子连接到晶体管M4(例如,第三晶体管开关)的源极端子和晶体管M2(例如,第四晶体管开关)的漏极端子。电流镜放大器211B的反相输入端子217连接到晶体管S3的源极端子和晶体管S4的漏极端子。电流镜放大器211B输出信号219连接到晶体管S3的栅极端子以驱动晶体管S3。晶体管S4的源极端子连接到接地信号221。晶体管S1的漏极端子连接到Isensen电流信号。

[0027] 屏蔽开关224B栅极端子连接到低侧晶体管M2的栅极端子。当第四PWM控制信号202导通晶体管M2时,屏蔽开关224B响应于第四PWM控制信号202而接通,并且在连接到屏蔽开关224B的源极端子的节点Vab处提供近似五十毫伏的小信号DC电压。节点Va连接到电流镜放大器211B的215的非反相输入端子,以向电流镜放大器211B提供电压Va。电流镜放大器211B输出信号219控制S3的栅极电压以控制S4处的漏极-源极电压并提供对负载电流Ispk进行镜像的电流Isensen。下拉电阻器225B连接在节点Vab与接地信号221之间,以在屏蔽开关224B断开时在节点Vab处提供到零伏的快速转变。当音频放大器输出驱动器200通电时,电源Avdd连接到晶体管S2和S4的栅极以导通晶体管S2和S4。

[0028] 如图2中所示,晶体管S2和S4对在扬声器负载235中流动的电流进行镜像,如本文中所讨论。扬声器负载235在第一端上连接在M3的源极和M1的漏极之间以及在第二端上连接在M4的源极和M2的漏极之间。当M1传导时,晶体管S2在PWM循环期间对流过晶体管M1(例如,第二晶体管开关)的电流进行镜像。晶体管S4在M2传导的PWM循环期间对流过晶体管M2(例如,第四晶体管开关)的电流进行镜像。在这方面,当Ispk流过组合的晶体管M1和M2时,针对Ispk电流的完整范围感测扬声器负载235电流。

[0029] 图3图示了根据本公开的实施例的音频放大器输出驱动器的感测电流和控制电压的曲线。图3示出了在第一转变340和第二转变340B期间在晶体管开关M1和屏蔽开关224的栅极端子处的栅极电压Vgate的曲线305。如所示,第一转变340图示了Vgate从零伏到五伏的转变。第二转变340B图示了Vgate从五伏到零伏的转变。在第一转变340期间,晶体管开关M3(例如,第一晶体管开关)断开并且晶体管开关M1(例如,第二晶体管开关)接通。在第二转变340B期间,晶体管开关M3(例如,第一晶体管开关)接通并且晶体管开关M1(例如,第二晶体管开关)断开。第二PWM控制信号202控制晶体管开关M1和屏蔽开关224的接通和断开。第四PWM控制信号202控制晶体管开关M2和屏蔽开关224B的接通和断开。

[0030] 曲线310图示了在曲线305的相同转变期间在源极端子M3和漏极端子M1处的电压Vout。曲线310示出了由PWM控制信号202断开晶体管开关M3并接通晶体管开关M1而导致的Vout从十二伏(例如,Pvdd)转变到零伏。再次参考曲线305,在此相同的第一转变340期间,Vgate处的电压从零伏移动到近似1.3伏,并且最后移动到五伏。

[0031] 曲线315图示了在相同转变340和340B期间的节点电压Va。如曲线315中所示,在所有转变期间以及包括在转变341期间的晶体管开关M1“接通”时间,Va是稳定的五十毫伏。在这方面,屏蔽开关224在转变340、341和340B期间在电流镜放大器211的非反相输入端子处提供小信号电压(例如,五十毫伏)而不受Vout和Vgate的电压转变影响。因此,如由曲线320所示,电流测量电路210提供在转变340、341和340B期间准确且稳定的测量的Isensep值。

[0032] 图4图示了根据本公开的实施例的包括采样和保持电路425的示例性音频放大器输出驱动器200的示意图。采样和保持电路425被布置成从屏蔽开关224的源极接收小DC信号电压(例如,诸如近似五十毫伏的小信号DC电压),以及将小DC信号电压提供给电流镜放大器211以用于预定的采样时间段。如图4中所示,采样和保持电路425耦合在屏蔽开关224的源极端子与电流镜放大器211的非反相输入端子212之间。

[0033] 在一些实施例中,采样和保持电路425被实现为电容器、场效应晶体管开关和运算放大器。例如,运算放大器将电容器充电或放电至近似输入处的电压电平,诸如小信号电压。充电电压被转接到采样和保持电路425的输出,并被提供给电流镜放大器211的非反相输入端子212达预定的采样时间段。

[0034] 采样和保持电路425包括触发器电路420,其被配置成响应于第二调制脉冲控制信号202而将小信号电压提供给电流镜放大器211。在一些实施例中,采样和保持电路425可操作以在提供小信号电压达等于第二调制脉冲控制信号202时间段的时间。在其他实施例中,小信号电压被提供给电流镜放大器211达小于第二调制脉冲控制信号202的时间段的时间。在这方面,采样和保持电路425针对预定采样时间段在电流镜放大器211处保持小信号电压以实现电流Isensep(例如,或者对于互补电路的Isense)的测量。第二电流测量电路210B包括第二采样和保持电路425B及其对应的触发器电路420B,该触发器电路420B连接在屏蔽开关224B和电流镜放大器211B之间,以执行本文中描述的采样和保持功能。

[0035] 图5图示了根据本公开的实施例的用于音频放大器输出驱动器扬声器保护系统的示例性过程流程。在框510中,在音频放大器输出驱动器200的输出处接收放大的音频信号。音频放大器输出驱动器200包括H桥输出级201,其包括两个高侧/低侧输出晶体管开关对,每对连接到扬声器负载235的相应端以将电流传导通过扬声器负载235。在一些实施例中,每个高侧晶体管开关连接到十二伏DC电源,并且每个低侧晶体管开关连接到接地信号221以驱动扬声器负载235。

[0036] 在框520中,流程图继续以向扬声器负载235提供放大的音频信号。例如,第一脉冲宽度调制控制信号耦合到第一晶体管开关(例如,高侧开关M3)的栅极端子,以控制第一晶体管开关的“接通”和“断开”状态。第二脉冲宽度调制控制信号耦合到第二晶体管开关(例如,低侧开关M1)的栅极端子,以控制第二晶体管开关的“接通”和“断开”状态。H桥输出级201包括连接到扬声器负载235的第二端的互补高侧/低侧晶体管开关对(例如,M4/M2),并由互补脉冲宽度调制控制信号202控制。

[0037] 在框530中,流程图继续以使用屏蔽开关224偏置电流镜电路。屏蔽开关224在电流

镜放大器211的非反相输入端子处提供小信号DC电压(例如,近似五十毫伏),以在第一和第二开关晶体管的“截止”和“导通”状态与第二晶体管开关(例如,低侧晶体管开关)的“接通”状态之间的转变期间在电流镜放大器211非反相输入端子212处提供小信号DC电压。在这方面,屏蔽开关224提供了不受晶体管开关的开关电压转变影响的小信号电压(例如,五十毫伏)。

[0038] 在框540中,流程图继续以电流测量电路210感测穿过扬声器负载235的电流。电流镜放大器211提供对代表电流信号Isensep的准确电流测量,该电流信号Isensep近似等于流过扬声器负载235的电流。如本文中所讨论,由于屏蔽开关224,电流测量电路210提供在开关晶体管的转变期间准确且稳定的测量电流值。H桥输出级201包括互补第二电流测量电路210B,其被配置成在互补高侧/低侧开关对处感测等效扬声器电流Isensen。在这方面,针对包括Isensep和Isensen的扬声器电流的完整范围感测扬声器负载235电流。

[0039] 在框550中,电流测量电路210将测量的电流Isensep和Isensen提供给过电流保护电路117。在一些实施例中,当扬声器电流Ispk超过上限电流阈值时,过电流保护电路117可以调整第一和第二脉冲宽度调制控制信号的频率以减小穿过扬声器负载235的电流。

[0040] 在一些实施例中,电流测量电路210可以将测量的电流Isensep和Isensen的模拟电压信号提供给ADC 113,以用于转换为传递到扬声器保护电路111的数字感测信号。扬声器保护电路111可以处理数字感测信号并向DAC 107提供增益调整,以调整音频放大器输出驱动器200的输出处的扬声器负载235电流。

[0041] 在可适用的情况下,可以使用硬件、软件或硬件和软件的组合来实现由本公开提供的各种实施例。而且,在可适用的情况下,在不脱离本公开的精神的情况下,本文中阐述的各种硬件部件和/或软件部件可以被组合成包括软件、硬件和/或两者的复合部件。在可适用的情况下,在不脱离本公开的范围的情况下,本文中阐述的各种硬件部件和/或软件部件可以被分成包括软件、硬件或两者的子部件。另外,在可适用的情况下,设想的是,软件部件可以被实现为硬件部件,以及反之亦然。

[0042] 根据本公开的软件(诸如程序代码和/或数据)可以被存储在一个或多个计算机可读介质上。还设想的是,可以使用联网的和/或其他方式的一个或多个通用或专用计算机和/或计算机系统来实现本文中标识的软件。在可适用的情况下,本文中描述的各种步骤的顺序可以被改变、组合成复合步骤和/或分成子步骤以提供本文中描述的特征。

[0043] 前述公开部旨在将本公开限制为所公开的精确形式或特别使用领域。因此,设想的是,根据本公开,无论在本文中明确描述还是暗示,对本公开的各种替代实施例和/或修改都是可能的。已经像这样描述了本公开的实施例,本领域普通技术人员将认识到,在不脱离本公开的范围的情况下,可以在形式和细节上作出改变。因此,本公开仅由权利要求限制。

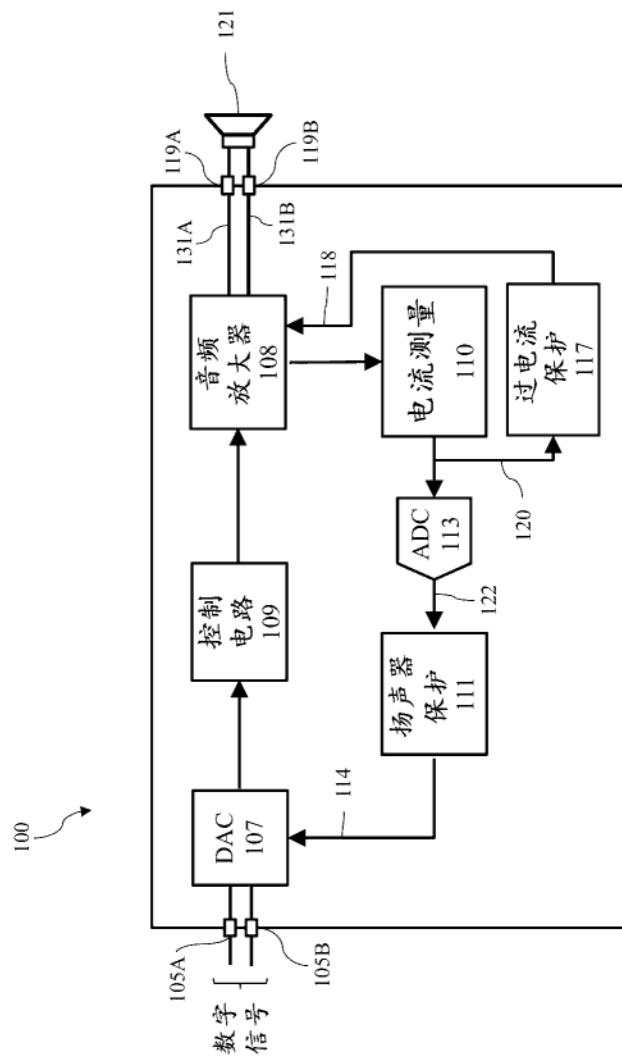


图 1

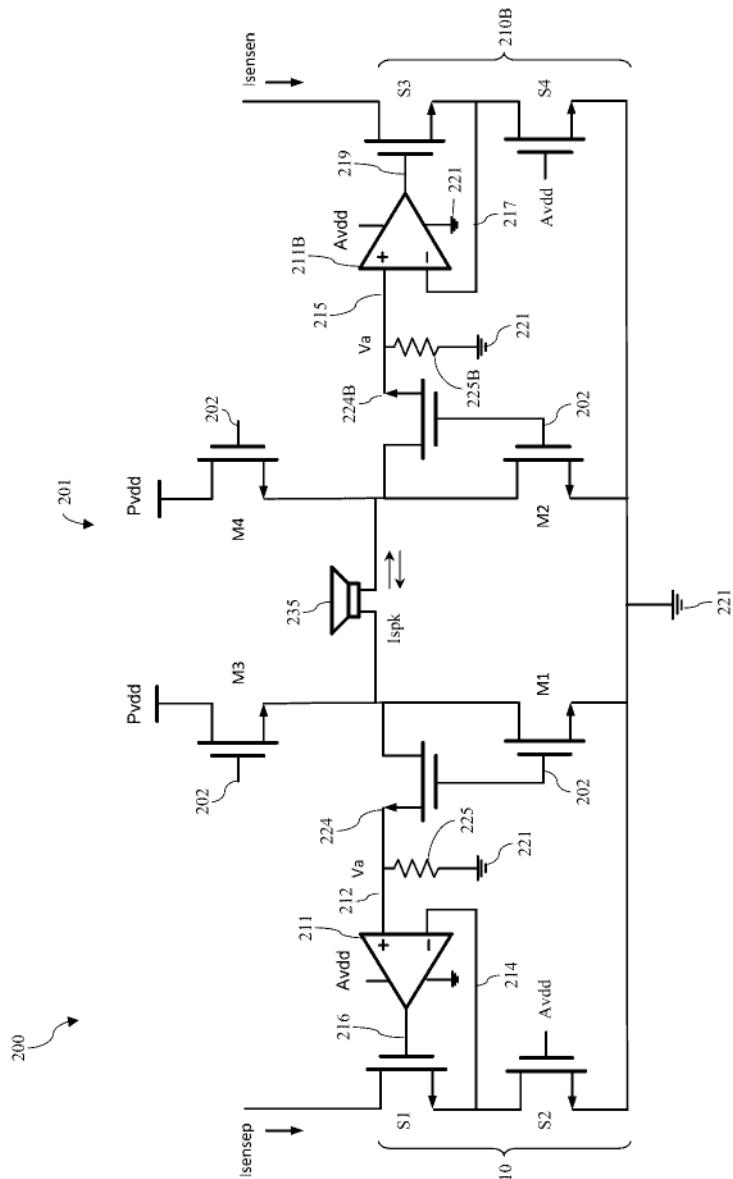
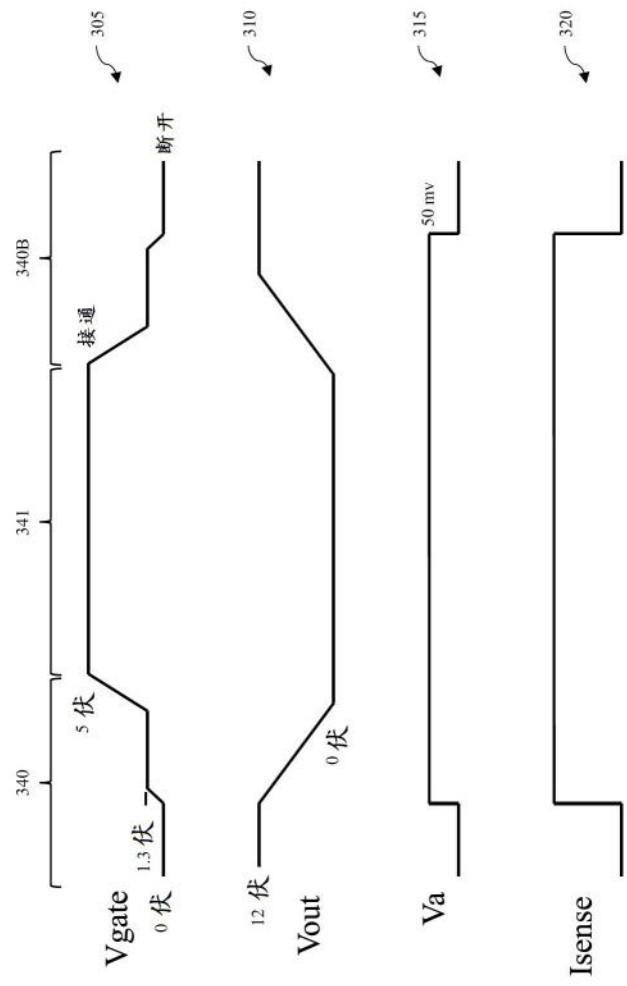


图 2



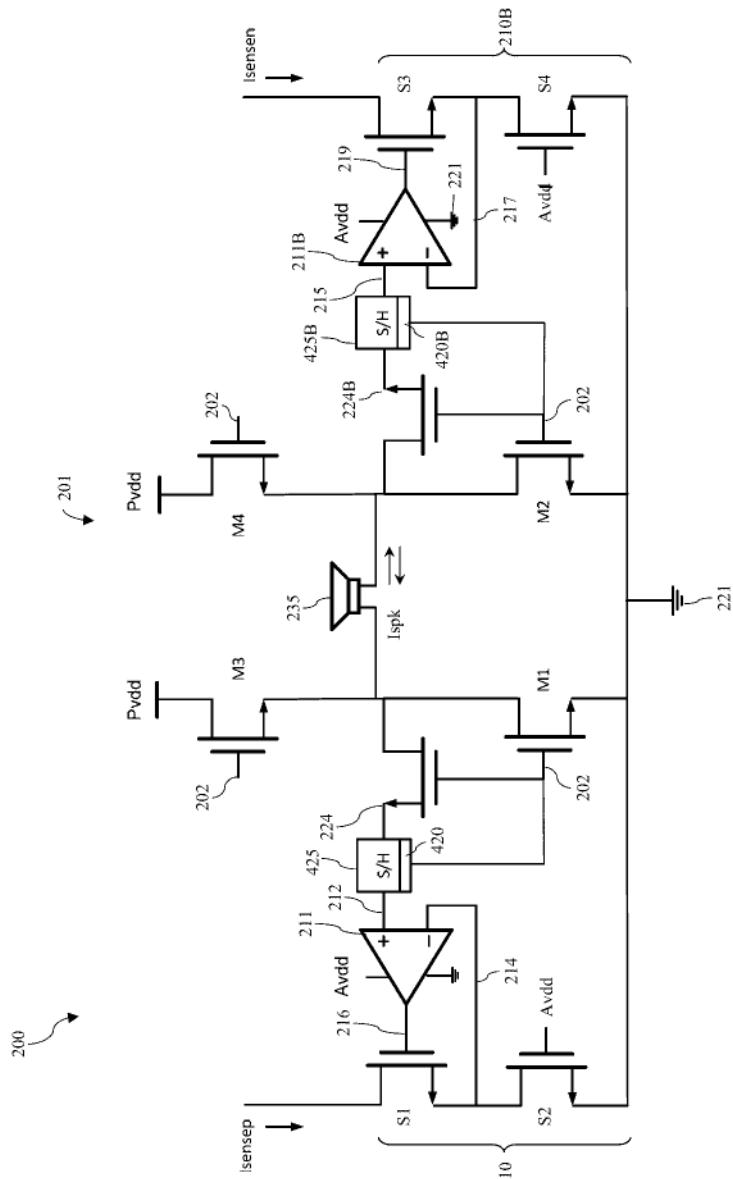


图 4

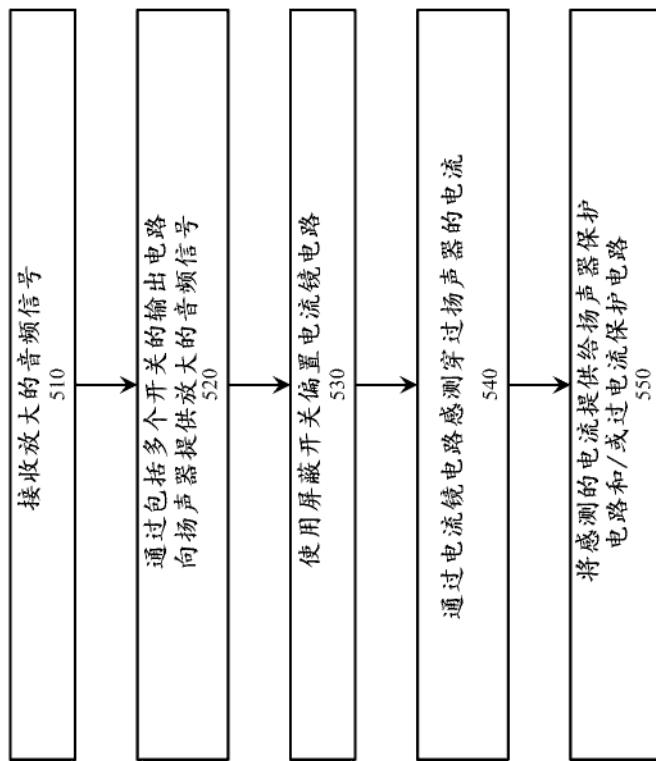


图 5