



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104488192 B

(45)授权公告日 2018.02.16

(21)申请号 201380039220.9

(22)申请日 2013.07.26

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104488192 A

(43)申请公布日 2015.04.01

(30)优先权数据  
61/676,083 2012.07.26 US  
13/793,933 2013.03.11 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日  
2015.01.23

(86)PCT国际申请的申请数据  
PCT/US2013/052405 2013.07.26

(87)PCT国际申请的公布数据  
W02014/018935 EN 2014.01.30

(73)专利权人 高通股份有限公司  
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 V·翰纳瑟卡兰

(74)专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司  
司 31100

代理人 亓云

(51)Int.Cl.

H03F 1/02(2006.01)

H03F 3/21(2006.01)

H03F 3/30(2006.01)

H03F 3/345(2006.01)

(56)对比文件

US 7557658 B2,2009.07.07,

CN 101425785 A,2009.05.06,

CN 101944321 A,2011.01.12,

CN 102571227 A,2012.07.11,

CN 101997494 A,2011.03.30,

CN 102176662 A,2011.09.07,

Vijay Dhanasekaran等.Design of Three-  
Stage Class-AB 16 Headphone Driver  
Capable of Handling Wide Range of Load  
Capacitance.《IEEE Journal of Solid-State  
Circuit》.2009,第44卷(第6期),

审查员 彭苏

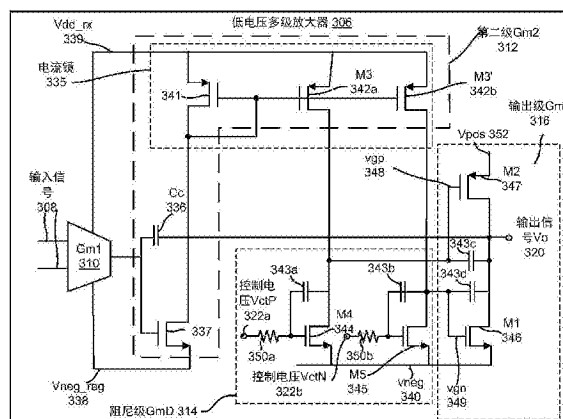
权利要求书3页 说明书9页 附图8页

(54)发明名称

低电压多级放大器

(57)摘要

描述了低电压多级放大器(306)。该低电压多级放大器(306)包括一个或多个多个先前级(310、312)。该低电压多级放大器(306)还包括电源级(314)。该低电压多级放大器(306)进一步包括输出级(316),其以与输出级(316)中的第一晶体管(347)的阈值电压和电源级(314)的第二晶体管(344)的饱和电压之和一样低的电源电压来操作。电源级(314)对输出级(316)供电。



1. 一种低电压多级放大器,包括:  
一个或多个先前级,所述一个或多个先前级的输出耦合至一输出级;  
电源级;  
输出级,其中所述电源级向所述输出级供电;以及  
偏置电路系统,其中所述偏置电路系统经由所述电源级来设置用于所述输出级的适合操作的静态电流,其中所述偏置电路系统包括:复制电流级;最小值选择器;以及误差放大器,其中所述复制电流级向所述最小值选择器提供第一偏置电压和第二偏置电压,其中所述最小值选择器向所述误差放大器提供经确定电压,并且其中所述误差放大器控制设置所述输出级的静态电流的所述电源级。
2. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述电源级还作为阻尼级来操作。
3. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,如果所述第一偏置电压和所述第二偏置电压在彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则所述经确定电压是所述第一偏置电压和所述第二偏置电压的平均,并且其中如果所述第一偏置电压和所述第二偏置电压不在所述彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则所述经确定电压是所述第一偏置电压和所述第二偏置电压的较小者。
4. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述误差放大器向所述电源级输出第一控制电压和第二控制电压。
5. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述输出级中的第一晶体管是p沟道晶体管而所述电源级的第二晶体管是n沟道晶体管。
6. 如权利要求5所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述第一晶体管的源极被耦合至可变正电源电压,其中所述第一晶体管的栅极被耦合至所述第二晶体管的漏极,并且其中所述第二晶体管的源极被耦合至可变负电源电压。
7. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述一个或多个先前级包括第一级和第二级,其中所述第一级接收输入信号,其中所述第一级的输出端被耦合至所述第二级,其中所述第二级的输出端被耦合至所述输出级,并且其中所述输出级输出输出信号。
8. 如权利要求7所述的低电压多级放大器,其特征在于,不需要附加偏置电流来支持所述电源级,因为所述第二级中的电流被回收。
9. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述低电压多级放大器是G类放大器。
10. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述低电压多级放大器是H类放大器。
11. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述低电压多级放大器被配置成将所述输出级的电源电压与所述输出级的输出信号匹配。
12. 如权利要求1所述的低电压多级放大器,其特征在于,所述输出级以 $\pm 0.45\text{V}$ 的电源电压来操作。
13. 一种用于放大的方法,所述方法包括:  
获得输入信号;以及  
使用低电压多级放大器来放大所述输入信号,所述低电压多级放大器包括:

一个或多个先前级,所述一个或多个先前级的输出耦合至一输出级;  
电源级;

输出级,其中所述电源级向所述输出级供电;以及

偏置电路系统,其中所述偏置电路系统经由所述电源级来设置用于所述输出级的适合操作的静态电流,其中所述偏置电路系统包括:复制电流级;最小值选择器;以及误差放大器,其中所述复制电流级向所述最小值选择器提供第一偏置电压和第二偏置电压,其中所述最小值选择器向所述误差放大器提供经确定电压,并且其中所述误差放大器控制设置所述输出级的静态电流的所述电源级。

14. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述电源级还作为阻尼级来操作。

15. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,如果所述第一偏置电压和所述第二偏置电压在彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则所述经确定电压是所述第一偏置电压和所述第二偏置电压的平均,并且其中如果所述第一偏置电压和所述第二偏置电压不在所述彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则所述经确定电压是所述第一偏置电压和所述第二偏置电压的较小者。

16. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述误差放大器向所述电源级输出第一控制电压和第二控制电压。

17. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述输出级中的第一晶体管是p沟道晶体管而所述电源级的第二晶体管是n沟道晶体管。

18. 如权利要求17所述的方法,其特征在于,所述第一晶体管的源极被耦合至可变正电源电压,其中所述第一晶体管的栅极被耦合至所述第二晶体管的漏极,并且其中所述第二晶体管的源极被耦合至可变负电源电压。

19. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述一个或多个先前级包括第一级和第二级,其中所述第一级接收输入信号,其中所述第一级的输出端被耦合至所述第二级,其中所述第二级的输出端被耦合至所述输出级,并且其中所述输出级输出输出信号。

20. 如权利要求19所述的方法,其特征在于,不需要附加偏置电流来支持所述电源级,因为所述第二级中的电流被回收。

21. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述低电压多级放大器是G类放大器。

22. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述低电压多级放大器是H类放大器。

23. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述低电压多级放大器被配置成将所述输出级的电源电压与所述输出级的输出信号匹配。

24. 如权利要求13所述的方法,其特征在于,所述输出级以 $\pm 0.45\text{V}$ 的电源电压来操作。

25. 一种设备,包括:

用于获得输入信号的装置;以及

用于放大所述输入信号的装置,其中所述用于放大所述输入信号的装置包括:

一个或多个先前级,所述一个或多个先前级的输出耦合至一输出级;

电源级;

输出级,其中所述电源级向所述输出级供电;以及

偏置电路系统,其中所述偏置电路系统经由所述电源级来设置用于所述输出级的适合操作的静态电流,其中所述偏置电路系统包括:复制电流级;最小值选择器;以及误差放大

器,其中所述复制电流级向所述最小值选择器提供第一偏置电压和第二偏置电压,其中所述最小值选择器向所述误差放大器提供经确定电压,并且其中所述误差放大器控制设置所述输出级的静态电流的所述电源级。

26. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述设备被配置成将输出级的电源电压与所述输出级的输出信号匹配。

27. 如权利要求25所述的设备,其特征在于,所述输出级以 $\pm 0.45\text{V}$ 的电源电压来操作。

## 低电压多级放大器

[0001] 根据35U.S.C.§119的优先权要求

[0002] 本专利申请要求2012年7月26日提交的题为“LOW VOLTAGE CLASS-AB OPAMP (低电压AB类运算放大器)”的临时申请No.61/676,083的优先权,该申请被转让给本受让人并由此通过援引明确纳入于此。

### 技术领域

[0003] 本公开一般涉及用于电子通信。具体而言,本公开涉及用于低电压多级放大器的系统和方法。

### [0004] 背景

[0005] 无线通信系统被广泛部署以提供诸如语音、视频、数据等各种类型的通信内容。这些系统可以是能够支持多个无线通信设备与一个或多个基站的同时通信的多址系统。

[0006] 无线通信设备通常由电池供电。因为无线通信设备的功能性变得更为复杂,所以对无线通信设备最大化电池寿命具有期望。通过减少无线通信设备的功耗,电池寿命可以增加。减少功耗的一种方式是在无线通信设备内使用更为高效的放大器。例如,使用较低电源电压的放大器可以比使用较高电源电压的放大器更为高效。可通过使用较低电源电压的放大器来实现各种益处同时仍然提供必要的增益。

### [0007] 概述

[0008] 描述了低电压多级放大器。该低电压多级放大器包括多个先前级。该低电压多级放大器还包括电源级。低电压多级放大器进一步包括输出级,其以与输出级中的第一晶体管的阈值电压和电源级的第二晶体管的饱和电压之和一样低的电源电压来操作。电源级对输出级供电。

[0009] 电源级还可作为阻尼级来操作。该低电压多级放大器还可包括偏置电路系统,其经由电源级来设置用于输出级的适合操作的静态电流。该偏置电路系统可包括复制电流级、最小值选择器和误差放大器。复制电流级可向最小值选择器提供第一偏置电压和第二偏置电压。最小值选择器可向误差放大器提供经确定电压。误差放大器可以控制设置输出级的静态电流的电源级。

[0010] 如果第一偏置电压和第二偏置电压在彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则经确定电压可以是第一偏置电压和第二偏置电压的平均。如果第一偏置电压和第二偏置电压不在彼此的最小值选择器晶体管饱和电压内,则经确定电压可以是第一偏置电压和第二偏置电压的较小者。误差放大器可以向电源级输出第一控制电压和第二控制电压。

[0011] 第一晶体管可以是p沟道晶体管而第二晶体管可以是n沟道晶体管。第一晶体管的源极可以耦合至可变正电源电压。第一晶体管的栅极可以耦合至第二晶体管的漏极。第二晶体管的源极可以耦合至可变负电源电压。

[0012] 多个先前级可包括第一级和第二级。第一级可以接收输入信号。第一级的输出端可被耦合至第二级。第二级的输出端可被耦合至输出级。输出级可以输出输出信号。可能不需要附加偏置电流来支持电源电压,因为第二级中的电流被回收。低电压多级放大器可以

是G类放大器或H类放大器。低电压多级放大器可被配置成将输出级的电源电压与输出级的输出信号匹配。输出级可以 $\pm 0.45V$ 的电源电压来操作。

[0013] 还描述了一种用于放大的方法。获得输入信号。使用低电压多级放大器来放大输入信号。该低电压多级放大器包括多个先前级。该低电压多级放大器还包括电源级。低电压多级放大器进一步包括输出级,其以与输出级中的第一晶体管的阈值电压和电源级的第二晶体管的饱和电压之和一样低的电源电压来操作。电源级对输出级供电。

[0014] 描述了一种设备。该设备包括用于获得输入信号的装置。该设备还包括用于放大输入信号的装置,其包括多个先前级、电源级和输出级,该输出级以与输出级中的第一晶体管的阈值电压和电源级的第二晶体管的饱和电压之和一样低的电源电压来操作。电源级对输出级供电。

[0015] 还描述了一种配置用于放大输入信号的计算机程序产品。该计算机程序产品包括其上具有指令的非瞬态计算机可读介质。该指令包括用于使低电压多级放大器获得输入信号的代码。该指令还包括用于使低电压多级放大器放大输入信号的代码。低电压多级放大器包括多个先前级、电源级和输出级,该输出级以与输出级中的第一晶体管的阈值电压和电源级的第二晶体管的饱和电压之和一样低的电源电压来操作。电源级对输出级供电。

[0016] 附图简述

[0017] 图1是解说低电压多级放大器的框图;

[0018] 图2是解说用在本系统和方法中的低电压多级放大器的框图;

[0019] 图3是解说用在本系统和方法中的低电压多级放大器的电路图;

[0020] 图4是用在本系统和方法中的偏置电路系统的电路图;

[0021] 图5是误差放大器的电路图;

[0022] 图6是最小值选择器的电路图;

[0023] 图7是用于使用低电压多级放大器来放大的方法的流程图;以及

[0024] 图8示出了使用低电压多级放大器的电子设备/无线设备的硬件实现的一部分。

[0025] 详细描述

[0026] 图1是解说低电压多级放大器106的框图。低电压多级放大器106可以是AB类放大器、G类放大器、H类放大器、轨道切换放大器、或带有无限可变电源轨的放大器。低电压多级放大器106可以是运算放大器、功率放大器或分配放大器。通过调整放大器106中的电源轨,放大器106的功耗可被减少(因为电源轨仅正提供输入信号需要的最小电压量以避免失真)。

[0027] 低电压多级放大器106可包括多个放大级。例如,低电压多级放大器106可包括第一级Gm1 110、第二级Gm2 112、阻尼级GmD 114和输出级Gm3 116。多个放大级可以允许低电压多级放大器106放大输入信号108并生成带有最小失真和最小功耗的经放大输出信号120。第一级Gm1 110可以是套筒式放大器。

[0028] B类放大器可以仅放大输入信号108的波周期的一半。以增加的失真为代价,B类放大器具有高效率(因为B类放大器的放大元件一半时间被关闭),从而导致减少的功耗。通过使用互补对,多个B类放大器可被用于放大输入信号的两个半边,由此减少了失真。然而,B类放大器的互补对可能经受交叉失真,其中在B类放大器之一正关闭而另一B类放大器正开启时经历增加的失真。

[0029] 消除交叉失真的一种方式是使用AB类放大器。在AB类放大器中,每个设备可以放大信号的一半并在另一半期间传导小量(而非关闭)。失真的量取决于没有信号时通过这两个设备的驻流(称为静态电流)。该静态电流直接取决于偏置电压。AB类放大器具有比B类放大器更低的效率但具有增加的线性度。

[0030] G类和H类放大器通过获得增加的效率来增强AB类输出级而不会增加失真。G类放大器中,轨道切换被用于增加效率。在轨道切换中,不同的电源电压可被用于适应输出信号120中的摆动。通常,轨道切换被用在输出级Gm3 116中,因为输出级Gm3 116经历最大的输出电流并且因此能获得最大的效率增加。对于G类放大器,可以使用多个分立的电源电压。对于H类放大器,可以使用无限可变的电源电压(通过将电源电压与输出信号120匹配)。将电源电压与输出信号120匹配有时可被称为包络跟踪。

[0031] 低电压多级放大器106可包括偏置电路系统118。偏置电路系统118可以设置输出级Gm3 116的静态电流,由此供应输出级Gm3 116的适合操作所需的最小净空。偏置电路系统118可以通过阻尼级GmD 114向输出级Gm3 116提供取决于输出信号120的控制电压,从而允许输出级Gm3 116以最小电源电压来操作(低至 $\pm 0.45$ 伏(V)操作)。通过以最小电源电压来操作输出级Gm3116,低电压多级放大器106的功耗可以减少。

[0032] 图2是解说在本系统和方法中使用的低电压多级放大器206的框图。图2的低电压多级放大器206可以是图1的低电压多级放大器106的一种配置。低电压多级放大器206可包括偏置电路系统218、第一级Gm1 210、第二级Gm2 212、阻尼级GmD 214和输出级Gm3 216。第一级Gm1 210可以接收输入信号Vi 208并输出电压V01 221。电压V01 221可被提供给第二级Gm2 212的输入端。第二级Gm2 212可以输出电压V02 224。电压V02 224可被提供给输出级Gm3 216的输入端。输出级Gm3 216可以输出输出信号V0 220。输出级Gm3 216的输出端可经由负载电容器CL 229被耦合至接地。

[0033] 第一级Gm1 210的输出端还可被耦合至电容器CC 226。电容器CC 226可被并联地耦合至电阻器Rc 228和电容器Cc2 227。电阻器Rc 228和电容器Cc2 227可被耦合至输出级Gm3 216的输出端。

[0034] 第二级Gm2 212的输出端还可经由电容器CD2 230被耦合至输出级Gm3216的输出端。第二级Gm2 212的输出端可进一步被耦合至阻尼级GmD 214的输出端。第二级Gm2 212的输出端还可经由电容器CD 225被耦合至阻尼级GmD 214的输入端。

[0035] 偏置电路系统218可以输出控制电压VB 222。偏置电路系统218的输出端可经由电阻器RB 223被耦合至阻尼级GmD 214的输入端。对偏置电路系统218的附加反馈(未示出)还可被用于促成适当控制电压VB 222的生成。如上所讨论的,通过电阻器RB 223和阻尼级GmD 214的控制电压VB 222可以生成输出级Gm3 216的操作所需的适合静态电流。

[0036] 从阻尼级GmD 214的输出端朝向阻尼级GmD 214的阻抗可由耦合至电阻器

$R1 = \frac{1}{GmD}^{232}$  的电容器Ceq1 231来近似,该电阻器  $R1 = \frac{1}{GmD}^{232}$  被耦合至负电源电压。从

阻尼级GmD 214的输出端朝向低电压多级放大器206的输出端的阻抗可由耦合至电阻器

$R2 = \frac{C_L}{Gm3C_D2}^{234}$  的电容器Ceq2 233来近似,该电阻器  $R2 = \frac{C_L}{Gm3C_D2}^{234}$  被耦合至负电源

电压。由阻尼级GmD 214、电阻器RB 223和电容器CD 225形成的阻尼电路仿真阻尼电阻

$R1 \approx \frac{1}{GmD}$  和等效阻挡电容  $Ceq1 \approx GmD * RB * CD$ 。

[0037] 图3是解说用在本系统和方法中的低电压多级放大器306的电路图。低电压多级放大器306可包括第一级Gm1 310、第二级Gm2 312、阻尼级GmD 314、输出级Gm3 316和电流镜335。控制电压VctP 322a和VctN 322b可从偏置电路系统118提供。

[0038] 第一级Gm1 310可以接收输入信号308。第一级Gm1 310可被耦合至正电源电压Vdd\_rx 339和负电源电压Vneg\_reg 338。正电源电压Vdd\_rx 339可以是1.8V模拟电压(不根据输出信号320而变化)。负电源电压Vneg\_reg 338可以是固定的小-ve电压(例如,-0.3V)。第一级Gm1 310的输出端可被耦合至第二级Gm2 312。电流镜335可包括p沟道晶体管341、p沟道晶体管M3 342a和p沟道晶体管M3' 342b。p沟道晶体管341的源极可被耦合至Vdd\_rx 339。p沟道晶体管341的栅极可被耦合至p沟道晶体管341的漏极。p沟道晶体管341的漏极还可被耦合至n沟道晶体管337的漏极。n沟道晶体管337的源极可被耦合至Vneg\_reg 338。n沟道晶体管337的栅极可被耦合至第一级Gm1 310的输出端。电容器Cc 336可被耦合在第一级Gm1 310的输出端与输出信号Vo320之间。

[0039] p沟道晶体管M3 342a的源极和p沟道晶体管M3' 342b的源极可各自被耦合至Vdd\_rx 339。p沟道晶体管M3 342a的栅极和p沟道晶体管M3' 342b的栅极可各自被耦合至p沟道晶体管341的栅极。第二级Gm2 312可包括电流镜335和n沟道晶体管337。

[0040] 阻尼级GmD 314为低电压多级放大器306提供必要的阻尼。阻尼级GmD314还可被重用为第二级Gm2 312的电流源。阻尼级GmD 314也可被称为电源级。阻尼级GmD 314可包括第一电阻器350a、第二电阻器350b、n沟道晶体管M4 344、n沟道晶体管M5 345、第一电容器343a和第二电容器343b。n沟道晶体管M4 344的栅极可经由第一电阻器350a被耦合至控制电压VctP322a。n沟道晶体管M5 345的栅极可经由第二电阻器350b被耦合至控制电压VctN 322b。控制电压VctP 322a和控制电压VctN 322b可由以下关于图4描述的偏置电路系统来提供。通过第一电阻器350的控制电压VctP 322a和通过第二电阻器350b的控制电压VctN 322b可以设置输出级Gm3 316的适合操作所需的静态电流。

[0041] n沟道晶体管M4 344的漏极可被耦合至第二级Gm2 312的p沟道晶体管M3 342a的漏极。n沟道晶体管M4 344的漏极也可经由第一电容器343a被耦合至n沟道晶体管M4 344的栅极。n沟道晶体管M4 344的源极可被耦合至可变负电源电压Vneg 340。n沟道晶体管M5 345的漏极可被耦合至第二级Gm2312的p沟道晶体管M3' 342b的漏极。n沟道晶体管M5 345的漏极还可经由第二电容器343b被耦合至n沟道晶体管M5 345的栅极。n沟道晶体管M5 345的源极可被耦合至可变负电源电压Vneg 340。不需要附加偏置电流来支持阻尼级GmD 314,因为第二级Gm2 312中的电流被回收。

[0042] 输出级Gm3 316可包括p沟道晶体管M2 347和n沟道晶体管M1 346。p沟道晶体管M2 347的源极可被耦合至可变正电源电压Vpos 352。p沟道晶体管M2 347的漏极可被耦合至n沟道晶体管M1 346的漏极。p沟道晶体管M2347的漏极也可被耦合至输出信号Vo 320。p沟道晶体管M2 347的栅极可被耦合至阻尼级GmD 314的n沟道晶体管M4 344的漏极。p沟道晶体管M2 347的栅极还可经由第三电容器343c被耦合至输出信号Vo 320。p沟道晶体管M2347的栅极处的电压vgp 348可被提供给偏置电路系统118。

[0043] n沟道晶体管M1 346的源极可被耦合至可变负电源电压Vneg 340。n沟道晶体管M1

346的栅极可被耦合至阻尼级GmD 314的n沟道晶体管M5 345的漏极。n沟道晶体管M1 346的栅极也可经由第四电容器343d被耦合至输出信号Vo 320。n沟道晶体管M1 346的栅极处的电压vgn 349可被提供给偏置电路系统118。

[0044] 低电压多级放大器306的适合操作所需的最小净空是 $V_{pos}-V_{neg}>V_{gsM2}+V_{dsatM4}$ ，其中 $V_{gsM2}$ 是从p沟道晶体管M2 347的栅极到源极的电压，而 $V_{dsatM4}$ 是满足饱和操作（并因此防止n沟道晶体管M4 344在三极管区操作）所需的从n沟道晶体管M4 344的漏极到源极的最小电压。此举允许高级补偿。控制电压VctP 322a和控制电压VctN 322b确保由M1 346、M2 347和M4 344形成的低电压配置的适合操作。

[0045] 图4是在本系统和方法中使用的偏置电路系统418的电路图。图4的偏置电路系统418可以是图1的偏置电路系统118的一种配置。该偏置电路系统418可包括复制电流级482、最小值选择器459和误差放大器460。复制电流级可以生成第一偏置电压458a和第二偏置电压458b。

[0046] 复制电流级482可包括第一p沟道晶体管455a、第二p沟道晶体管455b、p沟道晶体管M2/N 457、n沟道晶体管454和n沟道晶体管M1/K 453。p沟道晶体管M2/N 457的大小可以是输出级Gm3 316的p沟道晶体管M2 347的大小除以整数N。n沟道晶体管M1/K 453的大小可以是输出级Gm3 316的n沟道晶体管M1 346的大小除以整数K。

[0047] 第一p沟道晶体管455a的源极和第二p沟道晶体管455b的源极可各自被耦合至正轨道电压Vdd\_rx 439。第一p沟道晶体管455a的栅极可被耦合至第二p沟道晶体管455b的栅极。第一p沟道晶体管455a的栅极还可被耦合至第一p沟道晶体管455a的漏极。第一p沟道晶体管455a的栅极可进一步被耦合至n沟道晶体管454的漏极。

[0048] n沟道晶体管454的栅极可被耦合至电压vb 451。电压vb 451可以是用于设置n沟道晶体管M1/K 453的漏极电压的任意电压。期望设置电压vb 451使得n沟道晶体管M1/K 453的漏极电压在零信号条件下（例如，在0V处）与输出电压接近。n沟道晶体管454的源极可被耦合至n沟道晶体管M1/K 453的漏极。n沟道晶体管M1/K 453的栅极可被耦合至电压vgn 449。电压vgn 449可以是图3的电压vgn 349。n沟道晶体管M1/K 453的源极可被耦合至可变负电源轨Vneg 440。

[0049] 第二p沟道晶体管455b的漏极可经由电阻器456a被耦合至可变负电源电压Vneg 440。第二p沟道晶体管455b的漏极处的电压可以是第一偏置电压458a。

[0050] p沟道晶体管M2/N 457的源极可被耦合至可变正电源轨Vpos 452。p沟道晶体管M2/N 457的栅极可被耦合至电压vgp 448。电压vgp 448可以是图3的电压vgp 348。p沟道晶体管M2/N 457的漏极可经由电阻器456b被耦合至可变负电源轨Vneg 440。p沟道晶体管M2/N 457的漏极处的电压可以是第二偏置电压458b。

[0051] 第一偏置电压458a和第二偏置电压458b两者可被提供给最小值选择器459。最小值选择器459可以输出经确定电压Vdet 461。如果第一偏置电压458a和第二偏置电压458b接近（即，小于用在最小值选择器459中的晶体管的饱和电压（称为最小值选择器晶体管饱和电压）），则经确定电压Vdet 461可以是第一偏置电压458a和第二偏置电压458b的平均。如果偏置电压458之一比另一偏置电压458大得多（例如，当AB类放大器正驱动高电流时），则最小值选择器459可以输出较小的偏置电压458作为经确定电压Vdet 461。最小值选择器459在以下关于图6进一步详细讨论。

[0052] 经确定电压 $V_{det}$  461可被提供给误差放大器460。误差放大器460可以比较选定的偏置电压458(即,经确定电压 $V_{det}$  461)与参考电压 $V_{ref}$  462以基于负反馈来设置控制电压 $V_{ctP}$  422a和控制电压 $V_{ctN}$  422b。误差放大器460可以因此输出控制电压 $V_{ctP}$  422a和控制电压 $V_{ctN}$  422b。误差放大器460在以下关于图5进一步详细讨论。

[0053] 图5是误差放大器560的电路图。图5的误差放大器560可以是图4的误差放大器460的一种配置。如上所讨论的,误差放大器560可以比较偏置电压 $V_{det}$  561与参考电压 $V_{ref}$  562以设置控制电压 $V_{ctP}$  522a和 $V_{ctN}$  522b。误差放大器560可以因此控制输出级 $Gm3$  116的静态电流(通过差分输出来控制)。误差放大器560还可以控制第二级 $Gm2$  112偏置电流(通过经由共模反馈(CMFB)级的共模输出来控制)。误差放大器560可以是退化至控制误差放大器560环路的跨导( $gm$ )和稳定性的源。

[0054] 误差放大器560可包括第一p沟道晶体管563a、第二p沟道晶体管563b、第三p沟道晶体管563c、第四p沟道晶体管563d、第一n沟道晶体管564a、第二n沟道晶体管564b、第三n沟道晶体管564c和第四n沟道晶体管564d。误差放大器560还可包括电阻器565和电容器566。p沟道晶体管563a-d的每个p沟道晶体管的本体可被耦合至正电源轨 $V_{dd\_rx}$  539。n沟道晶体管564a-d的每个n沟道晶体管的本体可被耦合至可变负电源轨 $V_{neg}$  540以偏置n沟道晶体管564a-d的每个n沟道晶体管。

[0055] 第一p沟道晶体管563a的源极和第二p沟道晶体管563b的源极可各自被耦合至正电压轨 $V_{dd\_rx}$  539。第一p沟道晶体管563a的栅极可被耦合至第二p沟道晶体管563b的栅极。第一p沟道晶体管563a的漏极可被耦合至第二p沟道晶体管563b的漏极。第一p沟道晶体管563a的漏极还可被耦合至第三p沟道晶体管563c的源极。第二p沟道晶体管563b的漏极还可被耦合至第四p沟道晶体管563d的源极。

[0056] 第三p沟道晶体管563c的栅极和第四p沟道晶体管563d的栅极可各自被耦合至偏置饱和电压567。偏置饱和电压567是被用于偏置共源共栅晶体管563c-d以在饱和区中操作的接地电压(或其它电压)。第三p沟道晶体管563c的漏极可被耦合至第一n沟道晶体管564a的漏极。第三p沟道晶体管563c的漏极处的电压可以是控制电压 $V_{ctP}$  522a。第四p沟道晶体管563d的漏极可被耦合至第二n沟道晶体管564b的漏极。第四p沟道晶体管563d的漏极处的电压可以是控制电压 $V_{ctN}$  522b。

[0057] 第一n沟道晶体管564a的栅极可被耦合至电压 $V_{det}$  561。图5的电压 $V_{det}$  561可以是图4的电压 $V_{det}$  461。第二n沟道晶体管564b的栅极可被耦合至参考电压 $V_{ref}$  562。图5的电压 $V_{ref}$  562可以是图4的电压 $V_{ref}$  462。第一n沟道晶体管564a的源极可经由电阻器565被耦合至第二n沟道晶体管564b的源极。第一n沟道晶体管564a的源极还可经由电容器566被耦合至第二n沟道晶体管564b的源极。第一n沟道晶体管564a的源极可进一步被耦合至第三n沟道晶体管564c的漏极。第二n沟道晶体管564b的源极可被耦合至第四n沟道晶体管564d的漏极。第三n沟道晶体管564c的栅极和第四n沟道晶体管564d的栅极可各自被耦合至参考信号 $n_{ref}$  568。参考信号 $n_{ref}$  568可从设置控制电压 $V_{ctP}$  522a和控制电压 $V_{ctN}$  522b的共模电压的共模反馈(CMFB)放大器来提供。第三n沟道晶体管564c的源极和第四n沟道晶体管564d的源极可各自被耦合至可变负电源轨 $V_{neg}$  540。

[0058] 图6是最小值选择器659的电路图。图6的最小值选择器659可以是图4的最小值选择器459的一种配置。如上所讨论的,最小值选择器459可以接收第一偏置电压658a和第二

偏置电压658b。最小值选择器659可随后输出偏置电压658的平均(如果偏置电压658接近)作为电压Vdet 661或者较小的偏置电压658(如果一个偏置电压658比另一个偏置电压658大得多)作为电压Vdet661。在其它放大器设计中,最小值选择器659被嵌入到放大器中并且可能不用在复杂的多级拓扑中。

[0059] 最小值选择器659可包括第一p沟道晶体管673a、第二p沟道晶体管673b、第三p沟道晶体管673c和第四p沟道晶体管673d。p沟道晶体管673a-d的每个p沟道晶体管的本体可被耦合至正电源轨Vdd\_rx 639以偏置p沟道晶体管673a-d的每个p沟道晶体管。第一p沟道晶体管673a的源极可被耦合至正电源轨Vdd\_rx 639。第一p沟道晶体管673a的栅极可以接收电压pref 674。第一p沟道晶体管673a的漏极可被耦合至第二p沟道晶体管673b的源极。第二p沟道晶体管673b的栅极可以接收电压prfcas 675。电压pref 674和prfcas 675可被设置成使得p沟道晶体管673a和673b以适合的电流来偏置。

[0060] 第二p沟道晶体管673b的漏极可被耦合至第三p沟道晶体管673c的源极并且被耦合至第四p沟道晶体管673d的源极。第二p沟道晶体管673b的漏极处的电压可以是由最小值选择器659输出的偏置电压Vdet 661。第三p沟道晶体管673c的漏极和第四p沟道晶体管673d的漏极可各自被耦合至可变负电源轨Vneg 640。第三p沟道晶体管673c的栅极可经由电阻器656a(即,电阻器456a)被耦合至可变负电源轨Vneg 640a。第三p沟道晶体管673c的栅极还可被耦合至第一偏置电压658a。第四p沟道晶体管673d的栅极可经由电阻器656b(即,电阻器456b)被耦合至可变负电源轨Vneg 640。第四p沟道晶体管673d的栅极还可被耦合至第二偏置电压658b。

[0061] 图7是用于使用低电压多级放大器106来放大的方法700的流程图。方法700可由低电压多级放大器106来执行。低电压多级放大器106可以接收(702)输入信号108。低电压多级放大器106可以使用第一级Gm1 110来放大(704)输入信号108以获得电压V01 221。低电压多级放大器106可以使用第二级Gm2 112来放大(706)电压V01 221以获得电压V02 224。

[0062] 低电压多级放大器106可以使用偏置电路系统118来生成(708)用于输出级Gm3 116的控制电压VctP 322a和控制电压VctN 322b。低电压多级放大器106可以经由阻尼级GmD 114向输出级Gm3 116提供(710)控制电压VctP322a和控制电压VctN 322b。低电压多级放大器106可以使用输出级Gm3 116来放大(712)电压V02 224以获得输出信号120。

[0063] 图8解说了可被包括在电子设备/无线设备801内的某些部件,该电子设备/无线设备801使用低电压多级放大器106。电子设备/无线设备801可以是接入终端、移动站、无线通信设备、用户装备(UE)、基站、B节点、手持式电子设备等。电子设备/无线设备801包括处理器803。处理器803可以是通用单芯片或多芯片微处理器(例如,ARM)、专用微处理器(例如,数字信号处理器(DSP))、微控制器、可编程门阵列等。处理器803可被称为中央处理单元(CPU)。尽管在图8的电子设备/无线设备801中仅示出了单个处理器803,但在替换配置中,可以使用处理器的组合(例如,ARM和DSP)。

[0064] 电子设备/无线设备801还包括存储器805。存储器805可以是能够存储电子信息的任何电子组件。存储器805可被实施为随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、磁盘存储介质、光学存储介质、RAM中的闪存设备、随处理器包括的板载存储器、EPROM存储器、EEPROM存储器、寄存器等,包括其组合。

[0065] 数据807a和指令809a可被存储在存储器805中。指令809a可由处理器803执行以实

现本文中所公开的方法。执行指令809a可涉及使用存储在存储器805中的数据807a。当处理器803执行指令809a时,指令809b的各个部分可被加载到处理器803上,并且数据807b的各个片段可被加载到处理器803上。

[0066] 电子设备/无线设备801还可包括发射机811和接收机813,以允许向和从电子设备/无线设备801传送和接收信号。发射机811和接收机813可被合称为收发机815。天线817可电耦合至收发机815。电子设备/无线设备801还可包括(未示出)多个发射机、多个接收机、多个收发机、和/或多个天线。

[0067] 电子设备/无线设备801可包括数字信号处理器(DSP)821。电子设备/无线设备801还可包括通信接口823。通信接口823可允许用户与电子设备/无线设备801交互。

[0068] 电子设备/无线设备801的各种组件可由一条或多条总线耦合在一起,这些总线可包括电源总线、控制信号总线、状态信号总线、数据总线等。为清楚起见,各种总线在图9中被解说为总线系统819。

[0069] 本文中所描述的技术可以用于各种通信系统,包括基于正交复用方案的通信系统。此类通信系统的示例包括正交频分多址(OFDMA)系统、单载波频分多址(SC-FDMA)系统、等等。OFDMA系统利用正交频分复用(OFDM),这是一种将整个系统带宽划分成多个正交副载波的调制技术。这些副载波也可以被称为频调、频槽等。在OFDM下,每个副载波可以用数据独立调制。SC-FDMA系统可以利用交织式FDMA(IFDMA)在跨系统带宽分布的副载波上传送,利用局部式FDMA(LFDMA)在由毗邻副载波构成的块上传送,或者利用增强式FDMA(EFDMA)在多个由毗邻副载波构成的块上传送。一般而言,调制码元在OFDM下是在频域中发送的,而在SC-FDMA下是在时域中发送的。

[0070] 术语“确定”广泛涵盖各种各样的动作,并且因此“确定”可包括演算、计算、处理、推导、调研、查找(例如,在表、数据库或其他数据结构中查找)、探明、和类似动作。另外,“确定”还可包括接收(例如,接收信息)、访问(例如,访问存储器中的数据)、和类似动作。另外,“确定”可包括解析、选择、选取、建立、和类似动作等等。

[0071] 除非明确另行指出,否则短语“基于”并非意味着“仅基于”。换言之,短语“基于”描述“仅基于”和“至少基于”两者。

[0072] 术语“处理器”应被宽泛地解读为涵盖通用处理器、中央处理单元(CPU)、微处理器、数字信号处理器(DSP)、控制器、微控制器、状态机,等等。在某些情景下,“处理器”可以是指专用集成电路(ASIC)、可编程逻辑器件(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA),等等。术语“处理器”可以是指处理设备的组合,例如DSP与微处理器的组合、多个微处理器、与DSP核心协作的一个或多个微处理器、或任何其他这类配置。

[0073] 术语“存储器”应被宽泛地解读为涵盖能够存储电子信息的任何电子组件。术语存储器可以是指各种类型的处理器可读介质,诸如随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、非易失性随机存取存储器(NVRAM)、可编程只读存储器(PROM)、可擦式可编程只读存储器(EPROM)、电可擦式PROM(EEPROM)、闪存、磁或光学数据存储、寄存器等等。如果处理器能从存储器读信息和/或向存储器写信息,则认为该存储器与该处理器正处于电子通信中。整合到处理器的存储器与该处理器处于电子通信中。

[0074] 术语“指令”和“代码”应被宽泛地解读为包括任何类型的计算机可读语句。例如,术语“指令”和“代码”可以是指一个或多个程序、例程、子例程、函数、规程等。“指令”和“代

码”可包括单条计算机可读语句或许多条计算机可读语句。

[0075] 本文中所描述的功能可以在正由硬件执行的软件或固件中实现。各功能可以作为一条或多条指令存储在计算机可读介质上。术语“计算机可读介质”或“计算机程序产品”是指能被计算机或处理器访问的任何有形存储介质。作为示例而非限定,计算机可读介质可包括RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM或其他光盘储存、磁盘储存或其他磁储存设备、或任何其他能够用于携带或存储指令或数据结构形式的期望程序代码且能由计算机访问的介质。如本文中所使用的盘(disk)和碟(disc)包括压缩碟(CD)、激光碟、光碟、数字多用碟(DVD)、软盘和蓝光®碟,其中盘常常磁性地再现数据,而碟用激光来光学地再现数据。应注意,计算机可读介质可以是有形且非暂态的。术语“计算机程序产品”是指计算设备或处理器结合可由该计算设备或处理器执行、处理或计算的代码或指令(例如,“程序”)。如本文中所使用的,术语“代码”可以是指可由计算设备或处理器执行的软件、指令、代码或数据。

[0076] 本文所公开的方法包括用于实现所描述的方法的一个或多个步骤或动作。这些方法步骤和/或动作可以彼此互换而不会脱离权利要求的范围。换言之,除非所描述的方法的正确操作要求步骤或动作的特定次序,否则便可改动具体步骤和/或动作的次序和/或使用而不会脱离权利要求的范围。

[0077] 进一步地,还应领会,用于执行本文中所描述的方法和技术(诸如图7所解说的那些)的模块和/或其他恰适装置可以由设备下载和/或以其他方式获得。例如,可以将设备耦合至服务器以便于转送用于执行本文中所描述的方法的装置。替换地,本文中所描述的各种方法可经由存储装置(例如,随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、诸如压缩碟(CD)或软盘等物理存储介质等等)来提供,以使得一旦将该存储装置耦合至或提供给设备,该设备就可获得各种方法。

[0078] 应该理解的是,权利要求并不被限定于以上所解说的精确配置和组件。可在本文中所描述的系统、方法、和装置的布局、操作及细节上作出各种改动、变化和变型而不会脱离权利要求的范围。

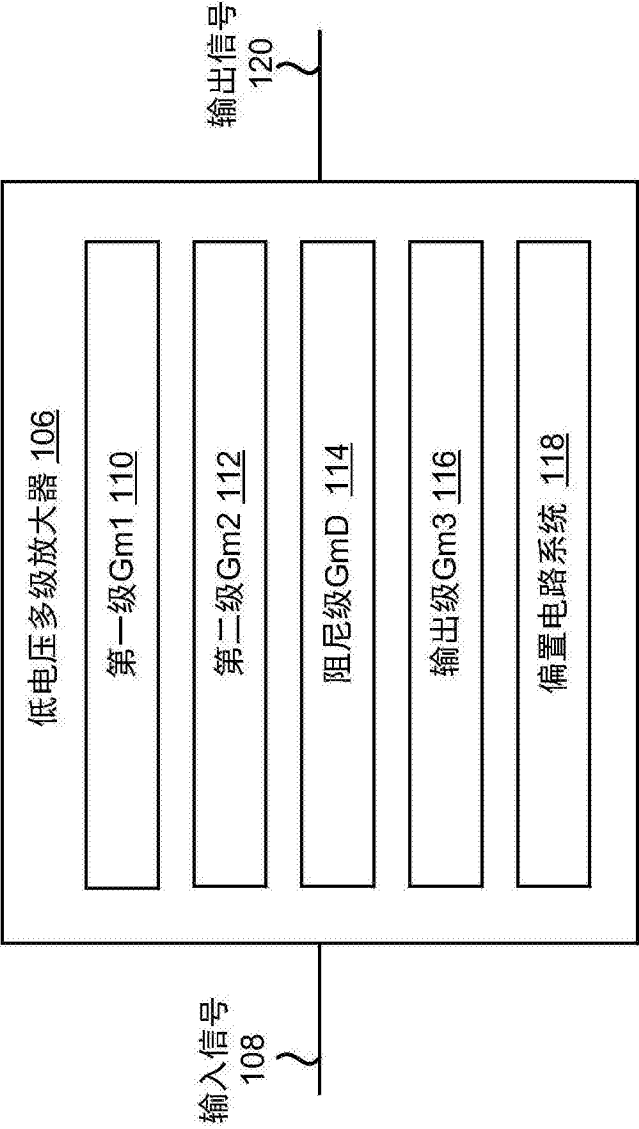


图1



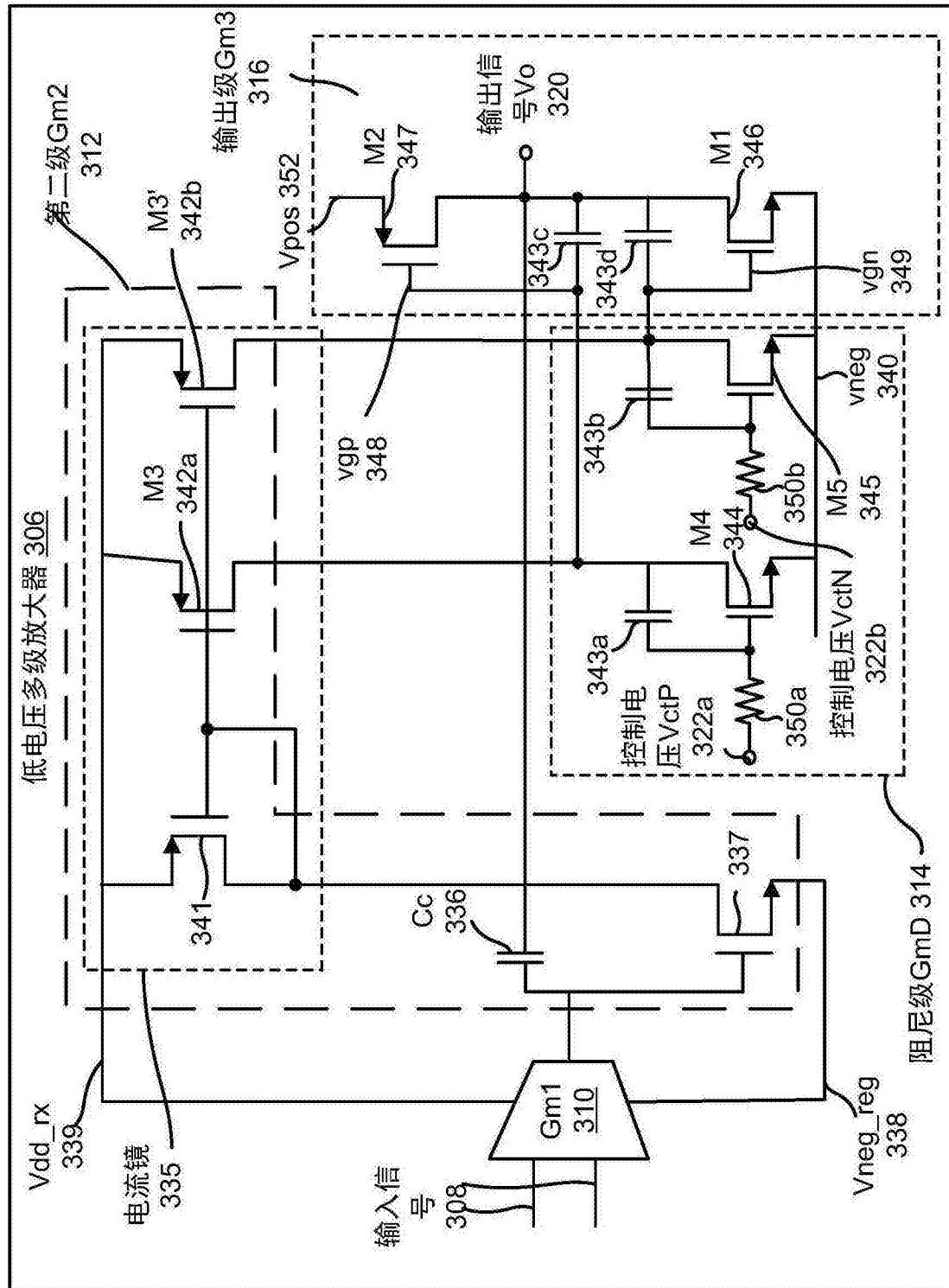


图3

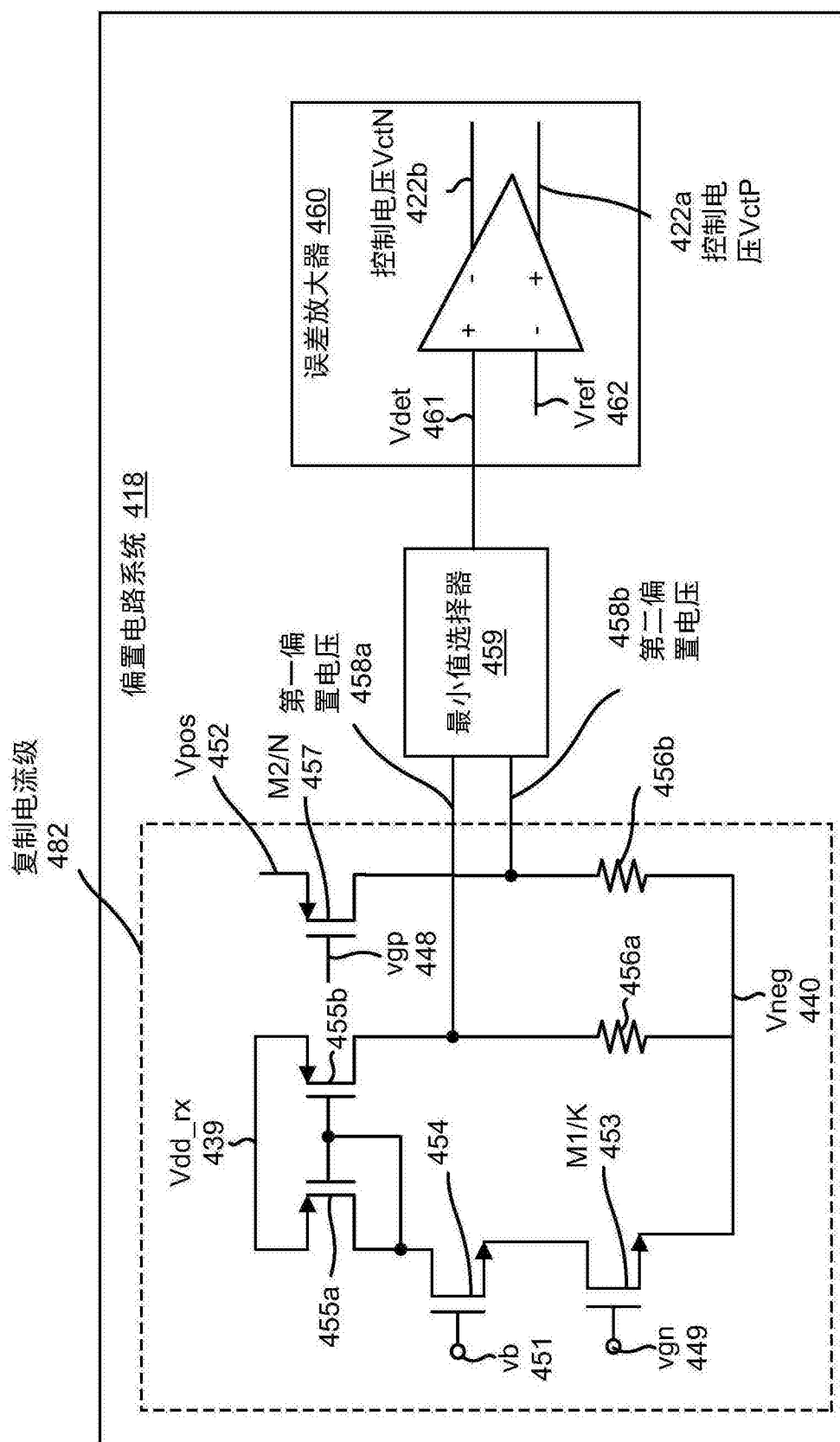


图4

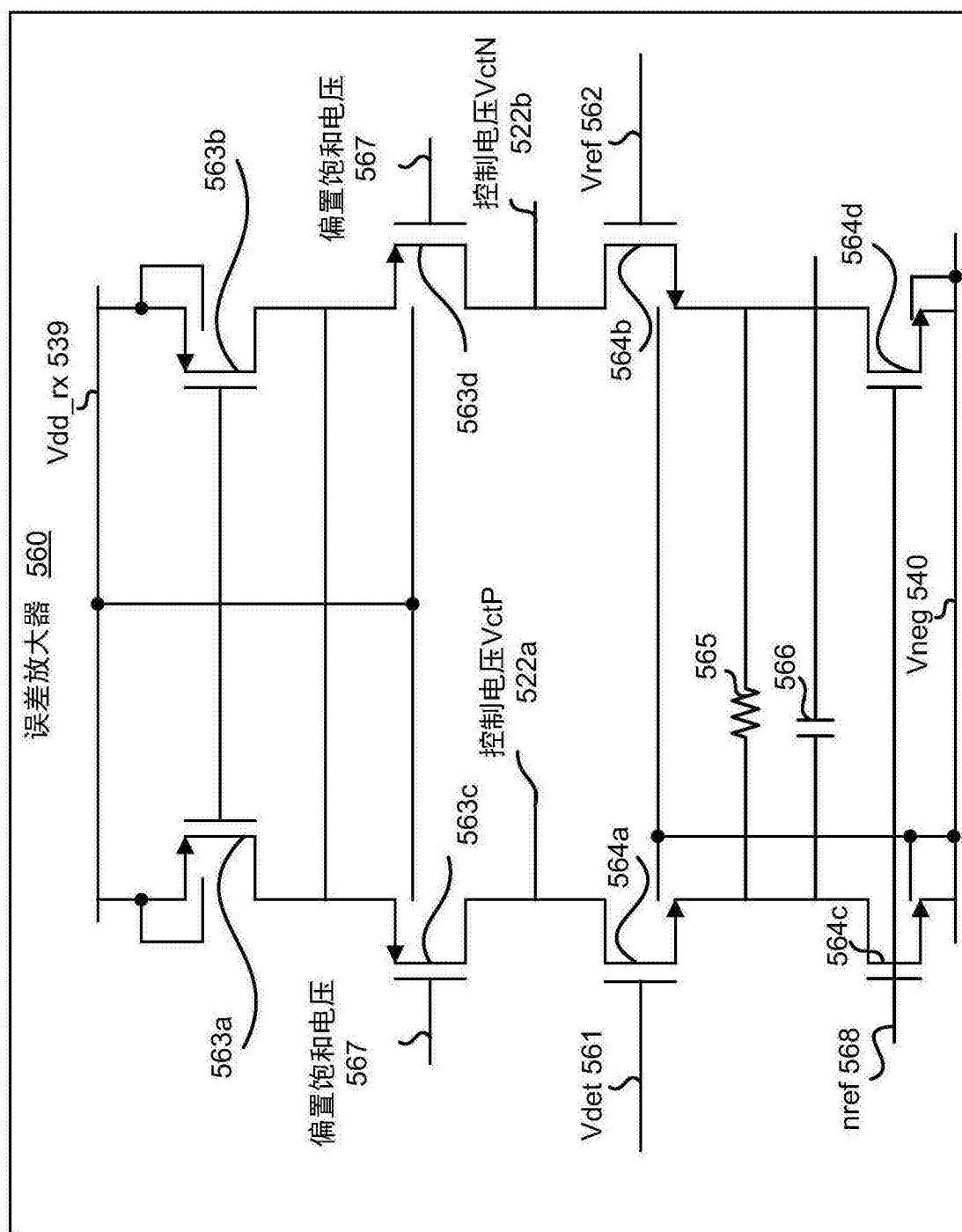


图5

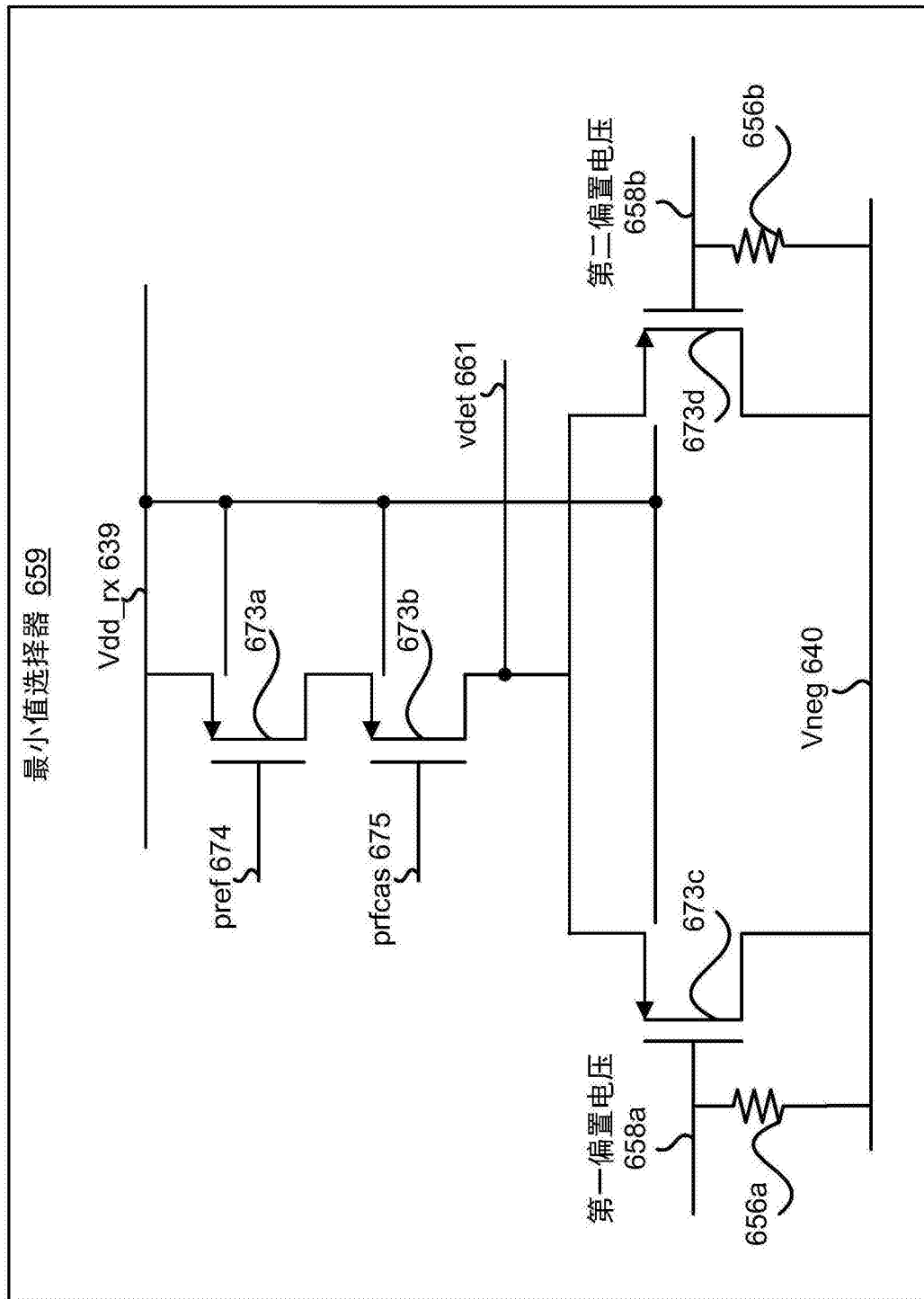


图6

700 ↗

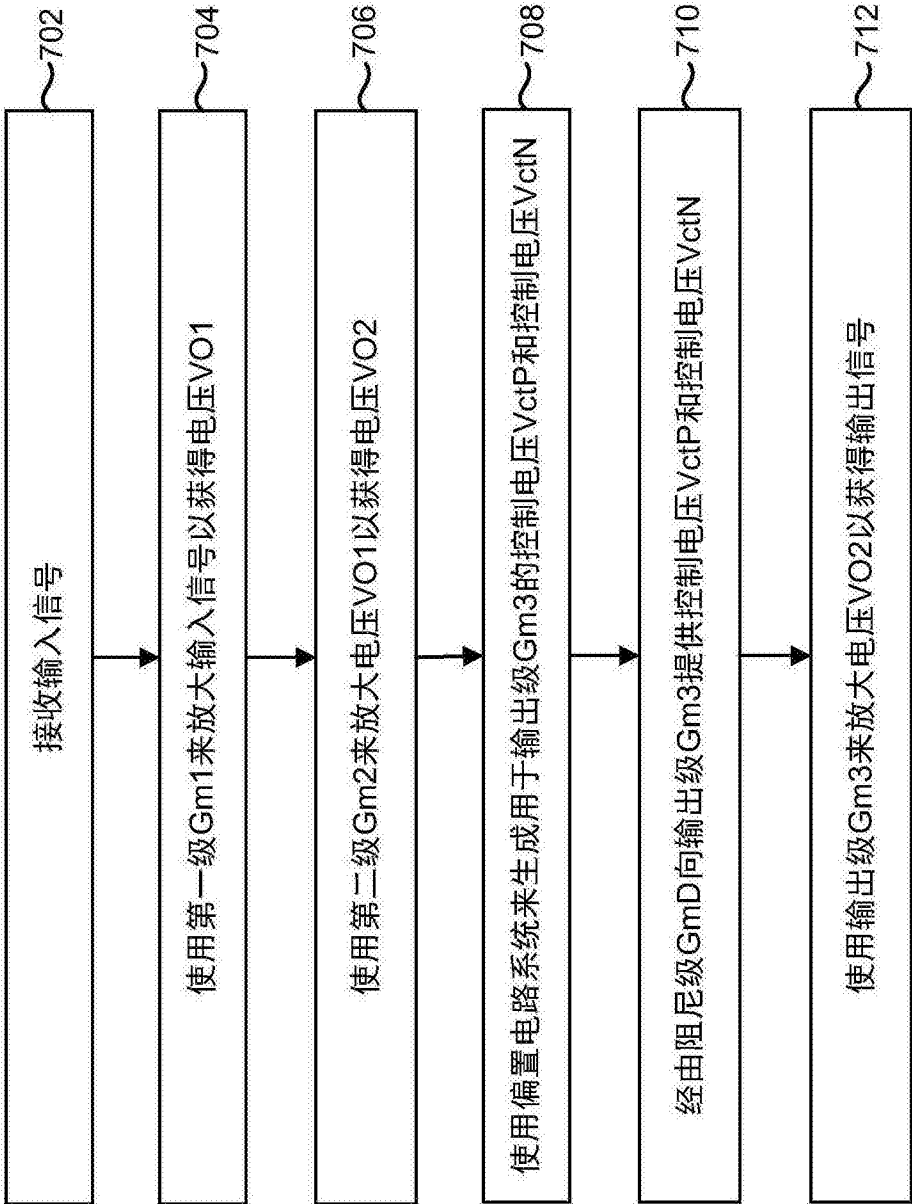


图7

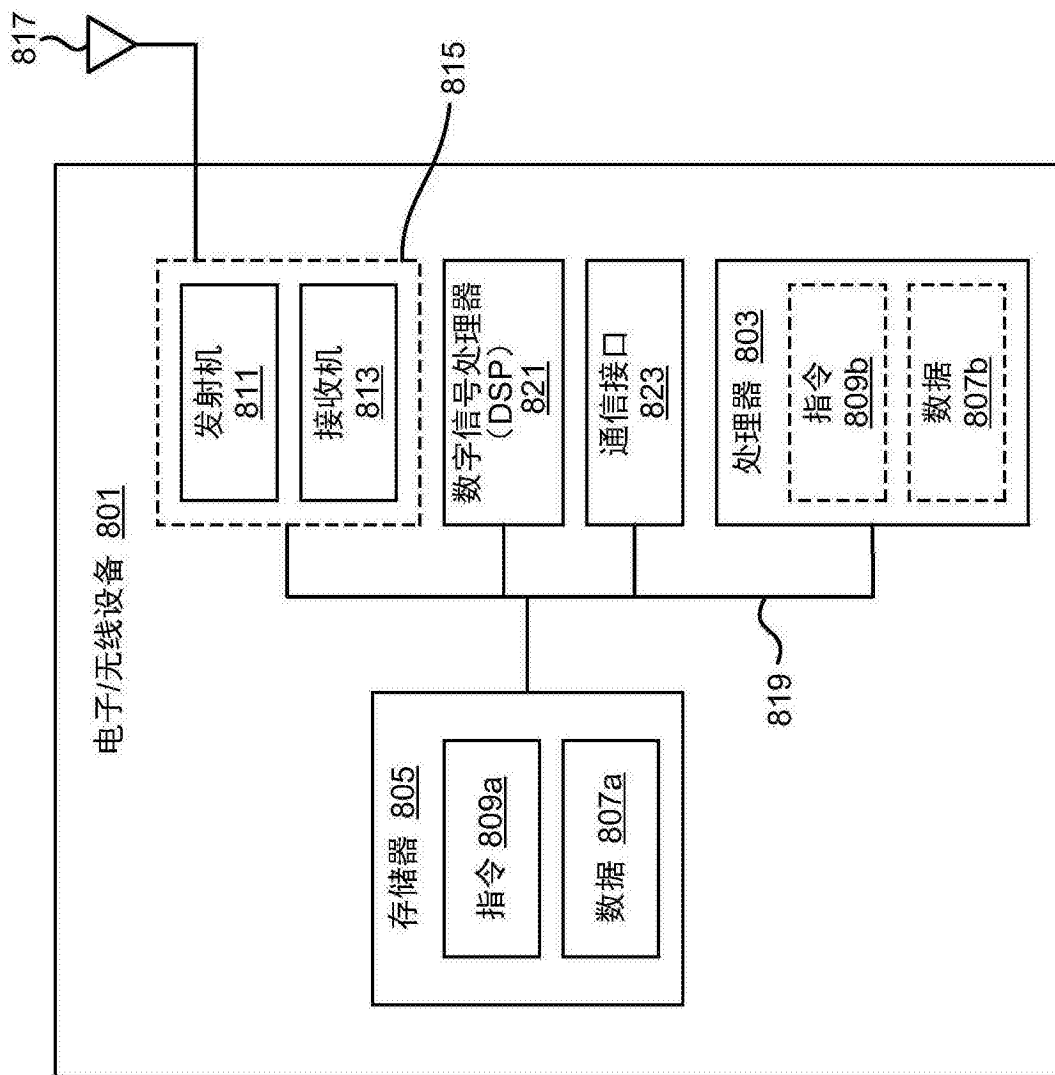


图8