



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104460794 A

(43) 申请公布日 2015. 03. 25

(21) 申请号 201310455850. 6

(22) 申请日 2013. 09. 25

(71) 申请人 快捷半导体(苏州)有限公司  
地址 215021 江苏省苏州市工业园区苏桐路  
1号

(72) 发明人 黄雷 孟娜 黎兆宏

(74) 专利代理机构 北京派特恩知识产权代理有  
限公司 11270  
代理人 武晨燕 孟桂超

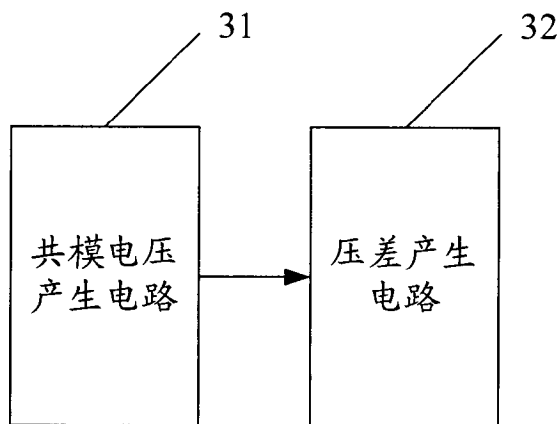
(51) Int. Cl.  
G05F 1/56(2006. 01)  
G06F 3/041(2006. 01)

权利要求书6页 说明书22页 附图6页

(54) 发明名称  
负载驱动方法、电路及其应用设备

(57) 摘要

本发明公开了一种负载驱动电路,包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。本发明同时公开了一种负载驱动方法及其应用设备,采用本发明的技术方案,能有效地调整压差产生电路的第一输出端输出的电压和第二输出端输出的电压的中心值,从而当输入信号的占空比在0~100%时,压差产生电路产生的驱动电压能与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。



1. 一种负载驱动电路,其特征在于,包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;

所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同的电压值。

2. 根据权利要求1所述的负载驱动电路,其特征在于,所述共模电压产生电路,配置为:将所述压差产生电路的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压 $V_3$ ,并将所述压差产生电路的第二运算放大器的参考电压从所述第二电压调整至第四电压 $V_4$ ,且

第三电压 $V_3$ 满足: $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}$ ,第四电压 $V_4$ 满足: $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ;其中, $V_3$ 表示第三电压, $V_{reg}$

表示第一输入电压, $V_1$ 表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压, $N$ 表示所述压差产生电路的增益;所述第二电压为所述压差产生电路的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。

3. 根据权利要求2所述的负载驱动电路,其特征在于,所述共模电压产生电路包括:第十一电阻、第十二电阻、第十三电阻以及第十四电阻;

所述压差产生电路包括:第四P沟道金属氧化物半导体场效应管(PMOS)、第四N沟道金属氧化物半导体场效应管(NMOS)、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

4. 根据权利要求3所述的负载驱动电路,其特征在于,

所述共模电压产生电路中,第十一电阻的一端连接第一输入电压,第十一电阻的另一端连接第十三电阻的一端以及所述压差产生电路中的第一运算放大器的正极,第十二电阻的一端连接第一输入电压,第十二电阻的另一端连接第十四电阻的一端以及所述压差产生电路中的第二运算放大器的正极,第十三电阻的另一端及第十四电阻的另一端接地;且第十一电阻与第十三电阻的阻值比值为 $N:1$ ,第十二电阻与第十四电阻的阻值比值为 $1:1$ ;

所述压差产生电路中,第四PMOS的栅极连接输入信号及第四NMOS的栅极,第四PMOS的源极连接第一输入电压,第四PMOS的漏极连接第四电阻的一端及第四NMOS的漏极,第四NMOS的源极接地,第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接,第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接,第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接,第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接,第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接所述负载的两端;且第五电阻与第四电阻的阻值比值为 $N:1$ ;第六电阻 $R_6$ 与第七电阻 $R_7$ 的阻值相同;所述第四输入电压为所述第一输入电压的 $N$ 分之一。

5. 根据权利要求1所述的负载驱动电路,其特征在于,所述共模电压产生电路,配置为:确定需要产生的驱动电压范围后,将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压 $V_5$ ,且将所述压差产生电路的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压 $V_6$ 调整至第七电压,且第五电压 $V_5$ 、第六电压 $V_6$ 及第七电压 $V_7$ 之间的关系满足: $V_5 = V_7 - V_6$ ;其中,所述第六电压 $V_6$ 为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半。

6. 根据权利要求5所述的负载驱动电路,其特征在于,

所述共模电压产生电路包括:第八电阻、第九电阻、第十电阻、第一PMOS、第二PMOS、第

三 PMOS、第一 NMOS、第二 NMOS、第三 NMOS、第三运算放大器、第四运算放大器、第一缓冲器、以及第二缓冲器；

所述压差产生电路包括：第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

7. 根据权利要求 6 所述的负载驱动电路，其特征在于，

所述共模电压产生电路中，第一 PMOS 的栅极连接输入信号，第一 PMOS 的源极连接第一缓冲器的输出端，第一 PMOS 的漏极连接第一 NMOS 的漏极及所述压差产生电路中的第四电阻的一端，第一缓冲器的输入端连接第二 PMOS 的漏极及第八电阻的一端，第二 PMOS 的栅极连接第三 PMOS 的栅极、第三 PMOS 的漏极、及第三 NMOS 的漏极，第二 PMOS 的源极连接第三 PMOS 的源极及供电电源，第一 NMOS 的栅极连接输入信号，第一 NMOS 的源极连接第二缓冲器的输出端，第二缓冲器的输入端连接第二 NMOS 的漏极及第九电阻的一端，第二 NMOS 的栅极连接第三运算放大器的输出端，第二 NMOS 的源极连接第十电阻的一端，并接地，第三运算放大器的正极连接第八电阻的另一端及第九电阻的另一端，第三运算放大器的负极连接第二输入电压，第十电阻的另一端连接第三 NMOS 的源极及第四运算放大器的负极，第四运算放大器的正极连接第三输入电压，第四运算放大器的输出端连接第三 NMOS 的栅极；且第八电阻的阻值等于第九电阻的阻值；

所述压差产生电路中，第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接，第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接，第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接，第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接，第一运算放大器的正极及第二运算放大器的正极均连接第二输入电压，第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接负载的两端；且第六电阻与第七电阻的阻值相同。

8. 根据权利要求 1 所述的负载驱动电路，其特征在于，所述负载为触觉马达。

9. 一种负载驱动方法，其特征在于，所述方法包括：

压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时，将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

10. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同的电压值，为：

将所述压差产生电路的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压  $V_3$ ，并将所述压差产生电路的第二运算放大器的参考电压从第二电压调整至第四电压  $V_4$ ，且第三电压  $V_3$  满足： $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N + 1}$ ，第四电压  $V_4$  满足： $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ；

其中， $V_3$  表示第三电压， $V_{reg}$  表示第一输入电压， $V_1$  表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压， $N$  表示所述压差产生电路的增益，所述第二电压为所述压差产生电路的第一输入电压的一半；所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。

11. 根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，所述将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值，为：

确定需要产生的驱动电压范围后，将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础

上调整第五电压  $V_5$ , 且将所述压差产生电路的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压  $V_6$  调整至第七电压  $V_7$ , 且第五电压  $V_5$ 、第六电压  $V_6$  及第七电压  $V_7$  之间的关系满足:  $V_5 = V_7 - V_6$ ; 其中, 所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半。

12. 一种触摸装置, 包括: 触摸屏及负载驱动电路, 其特征在于, 所述负载驱动电路包括压差产生电路及共模电压产生电路; 其中,

所述压差产生电路, 配置为产生驱动负载的驱动电压;

所述共模电压产生电路, 配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时, 将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

13. 根据权利要求 12 所述的触摸装置, 其特征在于, 所述共模电压产生电路, 配置为: 将所述压差产生电路的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压  $V_3$ , 并将所述压差产生电路的第二运算放大器的参考电压从所述第二电压调整至第四电压  $V_4$ , 且第三电压  $V_3$  满足:  $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}$ , 第四电压  $V_4$  满足:  $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ; 其中,  $V_{reg}$  表示第一输入电压,  $V_1$

表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,  $N$  表示所述压差产生电路的增益; 所述第二电压为所述压差产生电路的第一输入电压的一半; 所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。

14. 根据权利要求 13 所述的触摸装置, 其特征在于, 所述共模电压产生电路包括: 第十一电阻、第十二电阻、第十三电阻以及第十四电阻;

所述压差产生电路包括: 第四 PMOS、第四 NMOS、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

15. 根据权利要求 14 所述的触摸装置, 其特征在于,

所述共模电压产生电路中, 第十一电阻的一端连接第一输入电压, 第十一电阻的另一端连接第十三电阻的一端以及所述压差产生电路中的第一运算放大器的正极, 第十二电阻的一端连接第一输入电压, 第十二电阻的另一端连接第十四电阻的一端以及所述压差产生电路中的第二运算放大器的正极, 第十三电阻的另一端及第十四电阻的另一端接地; 且第十一电阻与第十三电阻的阻值比值为  $N:1$ , 第十二电阻与第十四电阻的阻值比值为  $1:1$ ;

所述压差产生电路中, 第四 PMOS 的栅极连接输入信号及第四 NMOS 的栅极, 第四 PMOS 的源极连接第一输入电压, 第四 PMOS 的漏极连接第四电阻的一端及第四 NMOS 的漏极, 第四 NMOS 的源极接地, 第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接, 第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接, 第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接, 第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接, 第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接所述负载的两端; 且第五电阻与第四电阻的阻值比值为  $N:1$ ; 第六电阻与第七电阻的阻值相同; 所述第四输入电压为所述第一输入电压的  $N$  分之一。

16. 根据权利要求 12 所述的触摸装置, 其特征在于, 所述共模电压产生电路, 配置为: 确定需要产生的驱动电压范围后, 将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压  $V_5$ , 并将所述压差产生电路的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压  $V_6$  调整至第七电压  $V_7$ , 且第五电压  $V_5$ 、第六电压  $V_6$  及第七电压  $V_7$  之间的关系满足:  $V_5 = V_7 - V_6$ ; 其中, 所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半。

17. 根据权利要求 16 所述的触摸装置,其特征在于,

所述共模电压产生电路包括:第八电阻、第九电阻、第十电阻、第一 PMOS、第二 PMOS、第三 PMOS、第一 NMOS、第二 NMOS、第三 NMOS、第三运算放大器、第四运算放大器、第一缓冲器、以及第二缓冲器;

所述压差产生电路包括:第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

18. 根据权利要求 17 所述的触摸装置,其特征在于,

所述共模电压产生电路中,第一 PMOS 的栅极连接输入信号,第一 PMOS 的源极连接第一缓冲器的输出端,第一 PMOS 的漏极连接第一 NMOS 的漏极及所述压差产生电路中的第四电阻的一端,第一缓冲器的输入端连接第二 PMOS 的漏极及第八电阻的一端,第二 PMOS 的栅极连接第三 PMOS 的栅极、第三 PMOS 的漏极、及第三 NMOS 的漏极,第二 PMOS 的源极连接第三 PMOS 的源极及供电电源,第一 NMOS 的栅极连接输入信号,第一 NMOS 的源极连接第二缓冲器的输出端,第二缓冲器的输入端连接第二 NMOS 的漏极及第九电阻的一端,第二 NMOS 的栅极连接第三运算放大器的输出端,第二 NMOS 的源极连接第十电阻的一端,并接地,第三运算放大器的正极连接第八电阻的另一端及第九电阻的另一端,第三运算放大器的负极连接第二输入电压,第十电阻的另一端连接第三 NMOS 的源极及第四运算放大器的负极,第四运算放大器的正极连接第三输入电压,第四运算放大器的输出端连接第三 NMOS 的栅极;且第八电阻的阻值等于第九电阻的阻值;

所述压差产生电路中,第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接,第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接,第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接,第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接,第一运算放大器的正极及第二运算放大器的正极均连接第二输入电压,第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接负载的两端;且第六电阻与第七电阻的阻值相同。

19. 根据权利要求 12 所述的触摸装置,其特征在于,所述负载为触觉马达。

20. 一种电子设备,包括:主板、外壳、以及触摸装置,所述触摸装置包括:触摸屏及负载驱动电路,其特征在于,所述负载驱动电路包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,

所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;

所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

21. 根据权利要求 20 所述的电子设备,其特征在于,所述共模电压产生电路,配置为:将所述压差产生电路的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压  $V_3$ ,并将所述压差产生电路的第二运算放大器的参考电压从所述第二电压调整至第四电压  $V_4$ ,且第三

电压  $V_3$  满足:  $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N + 1}$ , 第四电压  $V_4$  满足:  $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ; 其中,  $V_{reg}$  表示第一输入电压,  $V_1$

表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,  $N$  表示所述压差产生电路的增益;所述第二电压为所述压差产生电路的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。

22. 根据权利要求 21 所述的电子设备,其特征在于,所述共模电压产生电路包括:第十一电阻、第十二电阻、第十三电阻以及第十四电阻;

所述压差产生电路包括:第四 PMOS、第四 NMOS、第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

23. 根据权利要求 22 所述的电子设备,其特征在于,

所述共模电压产生电路中,第十一电阻的一端连接第一输入电压,第十一电阻的另一端连接第十三电阻的一端以及所述压差产生电路中的第一运算放大器的正极,第十二电阻的一端连接第一输入电压,第十二电阻的另一端连接第十四电阻的一端以及所述压差产生电路中的第二运算放大器的正极,第十三电阻的另一端及第十四电阻的另一端接地;且第十一电阻与第十三电阻的阻值比值为  $N:1$ ,第十二电阻与第十四电阻的阻值比值为  $1:1$ ;

所述压差产生电路中,第四 PMOS 的栅极连接输入信号及第四 NMOS 的栅极,第四 PMOS 的源极连接第一输入电压,第四 PMOS 的漏极连接第四电阻的一端及第四 NMOS 的漏极,第四 NMOS 的源极接地,第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接,第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接,第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接,第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接,第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接负载的两端;且第五电阻与第四电阻的阻值比值为  $N:1$ ;第六电阻与第七电阻的阻值相同;所述第四输入电压为所述第一输入电压的  $N$  分之一。

24. 根据权利要求 20 所述的电子设备,其特征在于,所述共模电压产生电路,配置为:确定需要产生的驱动电压范围后,将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压  $V_5$ ,并将所述压差产生电路的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压  $V_6$  调整至第七电压,且第五电压  $V_5$ 、第六电压  $V_6$  及第七电压  $V_7$  之间的关系满足: $V_5 = V_7 - V_6$ ;其中,所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半。

25. 根据权利要求 24 所述的电子设备,其特征在于,

所述共模电压产生电路包括:第八电阻、第九电阻、第十电阻、第一 PMOS、第二 PMOS、第三 PMOS、第一 NMOS、第二 NMOS、第三 NMOS、第三运算放大器、第四运算放大器、第一缓冲器、以及第二缓冲器;

所述压差产生电路包括:第四电阻、第五电阻、第六电阻、第七电阻、第一运算放大器、第二运算放大器、以及电容。

26. 根据权利要求 25 所述的电子设备,其特征在于,

所述共模电压产生电路中,第一 PMOS 的栅极连接输入信号,第一 PMOS 的源极连接第一缓冲器的输出端,第一 PMOS 的漏极连接第一 NMOS 的漏极及所述压差产生电路中的第四电阻的一端,第一缓冲器的输入端连接第二 PMOS 的漏极及第八电阻的一端,第二 PMOS 的栅极连接第三 PMOS 的栅极、第三 PMOS 的漏极、及第三 NMOS 的漏极,第二 PMOS 的源极连接第三 PMOS 的源极及供电电源,第一 NMOS 的栅极连接输入信号,第一 NMOS 的源极连接第二缓冲器的输出端,第二缓冲器的输入端连接第二 NMOS 的漏极及第九电阻的一端,第二 NMOS 的栅极连接第三运算放大器的输出端,第二 NMOS 的源极连接第十电阻的一端,并接地,第三运算放大器的正极连接第八电阻的另一端及第九电阻的另一端,第三运算放大器的负极连接第二输入电压,第十电阻的另一端连接第三 NMOS 的源极及第四运算放大器的负极,第四运算

放大器的正极连接第三输入电压,第四运算放大器的输出端连接第三 NMOS 的栅极;且第八电阻的阻值等于第九电阻的阻值;

所述压差产生电路中,第四电阻的另一端与第五电阻的一端、电容的一端以及第一运算放大器的负极相连接,第五电阻的另一端与电容的另一端、第一运算放大器的输出端以及第六电阻的一端相连接,第六电阻的另一端与第二运算放大器的负极及第七电阻的一端相连接,第七电阻的另一端与第二运算放大器的输出端相连接,第一运算放大器的正极及第二运算放大器的正极均连接第二输入电压,第一运算放大器的输出端及第二运算放大器的输出端分别连接负载的两端;且第六电阻与第七电阻的阻值相同。

27. 根据权利要求 20 所述的电子设备,其特征在于,所述负载为触觉马达。

## 负载驱动方法、电路及其应用设备

### 技术领域

[0001] 本发明涉及驱动技术,尤其涉及一种负载驱动方法、电路及其应用设备。

### 背景技术

[0002] 如今,网络通讯技术和多媒体技术已为人们带来了丰富的视觉和听觉虚拟世界,在传递信息的同时,给人以极大的享受。随着网络向带宽高速发展,传递和再现触觉(Haptic)信息,已成为虚拟现实技术的下一个目标,正引起世界各国科技界、工业界、以及商业界的重视。触觉再现技术作为下一代虚拟现实技术已成为国际上的开发热点。触觉再现技术就是指:通过控制触觉显示器的某种物理效应提示,让手指在触摸时产生相应的触感,从而实现人机触觉信息的交互。

[0003] 随着触摸屏在手持式消费类设备中逐步替代机械按键,由于缺乏触觉响应,消费者开始提出对实时响应的需求。在消费类电子设备中增加触觉响应可以增强用户体验,为用户界面设计增添触感功能,这也是智能手机和其它手持式消费类电子设备最新的主流界面,从而带动了电子触觉响应系统的需求。

[0004] 在电子触觉响应系统中,马达驱动电路是非常重要的组成部分。需要根据马达的工作电压设计对应的马达驱动电路,当采用单端输入的马达驱动电路时,由于马达驱动电路中产生驱动电压的压差产生电路中的放大器器件自身的缺陷,会使产生的驱动电压存在线性失真,这样,就不能通过调整输入信号的占空比来使压差产生电路产生的驱动电压调整到期望的电压值,即:施加在马达上的电压不能有效地调整到马达的工作电压。

### 发明内容

[0005] 为解决现有技术中的问题,本发明实施例提供一种负载驱动方法、电路及其应用设备。

[0006] 本发明实施例的技术方案是这样实现的:

[0007] 本发明实施例提供一种负载驱动电路,包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,

[0008] 所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;

[0009] 所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同的电压值。

[0010] 本发明实施例还提供了一种负载驱动方法,所述方法包括:

[0011] 压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

[0012] 本发明实施例又提供了一种触摸装置,包括:触摸屏及负载驱动电路,所述负载驱动电路包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,

[0013] 所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;

[0014] 所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压



时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

[0015] 本发明实施例还提供了一种电子设备,包括:主板、外壳、以及触摸装置,所述触摸装置包括:触摸屏及负载驱动电路,所述负载驱动电路包括压差产生电路及共模电压产生电路;其中,

[0016] 所述压差产生电路,配置为产生驱动负载的驱动电压;

[0017] 所述共模电压产生电路,配置为在所述压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将所述压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值。

[0018] 本发明实施例提供的负载驱动方法、电路及其应用设备,压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值,如此,能有效地调整压差产生电路的第一输出端输出的电压和第二输出端输出的电压二者的中心值,从而当输入信号的占空比在 0 ~ 100% 时,压差产生电路产生的驱动电压能与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。

[0019] 另外,本发明实施例的实现方案简单、方便、易于实现。

### 附图说明

[0020] 图 1 为现有技术中压差产生电路的两个放大器的输出级结构示意图;

[0021] 图 2A 为采用现有的负载驱动电路进行仿真得到的仿真结果示意图;

[0022] 图 2B 为采用现有的负载驱动电路制成集成电路后得到的产品测试结果图;

[0023] 图 3 为本发明实施例负载驱动电路结构示意图;

[0024] 图 4A 为本发明实施例一的一种负载驱动电路结构示意图;

[0025] 图 4B 为本发明实施例一的另一种负载驱动电路结构示意图;

[0026] 图 5 为本发明实施例二负载驱动电路结构示意图;

[0027] 图 6 为采用本发明实施例的负载驱动电路进行仿真得到的仿真结果示意图;

[0028] 图 7 为采用本发明实施例的负载驱动电路制成集成电路后得到的产品测试结果图。

### 具体实施方式

[0029] 目前,根据出厂时在马达上标注的马达的工作电压,设计出的单端输入的马达驱动电路中,由于马达驱动电路中产生驱动电压的压差产生电路中的两个放大器器件自身的缺陷,即:作为放大器输出级的金属氧化物半导体场效应管(MOS)会处在深线性工作区,这样,会使产生的驱动电压存在线性失真,如此,当通过调整输入信号的占空比来调整压差产生电路产生的驱动电压时,则不能将压差产生电路产生的驱动电压调整到期望的电压值,换句话说,施加在马达上的电压不能有效地调整到马达的工作电压。举个例子来说,图 1 为压差产生电路的两个放大器的输出级,假设马达的工作电压为  $V_{reg}$ ,当期望产生的驱动电压为  $V_{reg}$ ,此时需要压差产生电路的一个输出端输出的电压为  $V_{reg}$ ,压差产生电路的另一个输出端输出的电压为 0,但由于作为放大器输出级的 MOS 处在深线性工作区,所以压差产生电路的另一个输出端实际输出的电压不为 0,而是输出一个比 0 大的一个值,这样,使得压差产生电路产生的驱动电压并不是  $V_{reg}$ ,而是一个小于  $V_{reg}$  的电压,从而当输入信号的占空比在在 0 ~ 100% 时,如图 2A 和图 2B 所示,压差产生电路产生的驱动电压与输入信号的占空

比并不是完全成线性关系。

[0030] 这里,所述单端输入是指:压差产生电路中的输入电压仅从一个输入端相对地接入。

[0031] 基于此,在本发明实施例中,压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值,从而调整压差产生电路的第一输出端输出的电压和第二输出端输出的电压二者的中心值,以使当输入信号的占空比在 0 ~ 100% 时,压差产生电路产生的驱动电压能与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。

[0032] 下面结合附图及具体实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0033] 本发明实施例提供一种负载驱动电路,如图 3 所示,该负载驱动电路包括:共模电压产生电路 31 及压差产生电路 32 ;其中,

[0034] 压差产生电路 32 产生驱动负载的驱动电压时,共模电压产生电路 31 将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值,从而将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压,以使当输入信号的占空比在 0 ~ 100% 时,压差产生电路 32 产生的驱动电压与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。其中,所述第一电压可根据需要进行设置,比如:50mV、100mV、150mV、200mV 等。这里,假设第一输出端输出的电压为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压为  $V_{out2}$ ,则中心值的计算具体为:
$$\frac{V_{out1} + V_{out2}}{2}。$$

[0035] 所述将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压是指:以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高或调低第一电压,换句话说,以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调高或调低相同电压值。

[0036] 本实施例中的负载驱动电路是一种单端输入的驱动电路,这里,所述单端输入的驱动电路是指:压差产生电路 32 中的输入电压仅从一个输入端相对地接入;简单地说,压差产生电路 32 只有一个输入电压。

[0037] 所述负载可以为马达,所述马达具体可以是触觉马达,比如偏心旋转质量 (ERM, Eccentric Rotating Mass) 马达等。

[0038] 实施例一

[0039] 本实施例中,如图 4A 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第一电阻 R1、第二电阻 R2 以及第三电阻 R3 ;压差产生电路 32 可以包括:第四 P 沟道金属氧化物半导体场效应管 (PMOS) MP4、第四 N 沟道金属氧化物半导体场效应管 (NMOS) MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0040] 图 4A 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0041] 在共模电压产生电路 31 中,第一电阻 R1 的一端连接第一输入电压,第一电阻 R1 的另一端连接第二电阻 R2 的一端、第三电阻 R3 的一端、以及压差产生电路 32 中的第一运

算放大器 A1 的正极,第二电阻 R2 的另一端连接压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极,第三电阻 R3 的另一端接地;且第一电阻 R1、第二电阻 R2 及第三电阻 R3 的阻值的比值为:R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 2。

[0042] 在压差产生电路 32 中,第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极,第四 PMOS MP4 的源极连接第一输入电压,第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极,第四 NMOS MN4 的源极接地,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容 C<sub>ap</sub> 的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容 C<sub>ap</sub> 的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为 1 : 1;第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0043] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如:脉冲宽度调制 (PWM, Pulse Width Modulation) 信号。所述第一输入电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可由马达的工作电压来确定所述第一输入电压的大小,比如马达的工作电压为 3V,则所述第一输入电压的大小为 3V;这里,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V;确定所述第一输入电压的大小后,所述第一输入电压可由能产生恒定直流电压的电源提供,比如:电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压;其中,所述调节器具体可以是低压差线性 (LDO, Low DropOut) 调节器等;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0044] 为了方便描述,在以下描述图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端;并将第一运算放大器 A1 正极接入的电压称为 V<sub>cm1</sub>,将第二运算放大器 A1 正极接入的电压称为 V<sub>cmo</sub>,将第一输入电压称为 V<sub>reg</sub>,第一输出端输出的电压称为 V<sub>out</sub>,第二输出端输出的电压 V<sub>out2</sub>。

[0045] 图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理为:

[0046] 当负载驱动电路工作时,向第二电阻 R2 施加电流 I<sub>bp</sub>,且电流 I<sub>bp</sub> 的方向为从第二电阻 R2 流至第三电阻 R3,假设第一电阻 R1 的阻值为 2R,则有第二电阻 R2 的阻值为 R,第三电阻 R3 的阻值为 2R。此时,第一运算放大器 A1 的参考电压即第一运算放大器 A1 正极接入的电压为:

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,相应地,第二运算放大器 A2 的参考电压即第二运算放大器

A2 正极接入的电压为: $V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ 。在这种情况下,当输入信号为低电平信号时,第

四 PMOS MP4 导通,第四 NMOS MN4 关断,致使输入信号的电压为 V<sub>reg</sub>,由于第一运算放大器 A1

的参考电压为: $V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,第二运算放大器 A2 的参考电压为: $V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ,

因此,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为: $V_{out} = V_{reg} + 2R \times I_{bp}$ ;相应地,压差产生

电路 32 的第二输出端输出的电压为： $V_{out2} = 2R \times I_{bp}$ ，从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为： $V_{dner} = V_{out2} - V_{out1} = -V_{reg}$ ；同理，当输入信号为高电平信号时，第四 PMOS MP4 关断，第四 NMOS MN4 导通，致使输入信号的电压为 0，由于第一运算放大器 A1 的参考电压为：

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ，第二运算放大器 A2 的参考电压为： $V_{cm2} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ，因此，所述压差

产生电路 32 的第一输出端输出的电压为： $V_{out1} = R \times 2I_{bp}$ ；相应地，所述压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为： $V_{out2} = V_{reg} + R \times 2I_{bp}$ ，从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为： $V_{dner} = V_{out2} - V_{out1} = V_{reg}$ 。

[0047] 综上所述，通过调整第一运算放大器 A1 及第二运算放大器 A2 的参考电压，使得压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高，即：

从  $\frac{V_{reg}}{2}$  调高至  $\frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ，也就是说，压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高了  $I_{bp} \times 2R$ ，换句话说，所述第一电压为  $I_{bp} \times 2R$ 。

[0048] 其中，当输入信号为低电平信号时，输入信号的占空比为 0；当输入信号为高电平信号时，输入信号的占空比为 100%。施加在第二电阻 R2 上的电流  $I_{bp}$  可由额外的电路产生。

[0049] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0050] 基于图 4A，当压差产生电路存在 N 倍增益时，即：第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比为： $N:1$  时，本实施例提供的另一种负载驱动电路，如图 4B 所示，共模电压产生电路 31 可以包括：第十一电阻 R11、第十二电阻 R12、第十三电阻 R13 以及第十四电阻 R14；压差产生电路 32 可以包括：第四 PMOS MP4、第四 NMOS MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0051] 图 4B 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为：

[0052] 在共模电压产生电路 31 中，第十一电阻 R11 的一端连接第一输入电压，第十一电阻 R11 的另一端连接第十三电阻 R13 的一端、以及压差产生电路 32 中的第一运算放大器 A1 的正极，第十二电阻 R12 的一端连接第一输入电压，第十二电阻 R12 的另一端连接第十四电阻 R14 的一端、以及压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极，第十三电阻 R13 的另一端及第十四电阻 R14 的另一端均接地；且第十一电阻 R11 与第十三电阻 R13 的阻值比值为  $N:1$ ；第十二电阻 R12 与第十四电阻 R14 的阻值比值为  $1:1$ 。

[0053] 在压差产生电路 32 中，第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极，第四 PMOS MP4 的源极连接第四输入电压，第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极，第四 NMOS MN4 的源极接地，第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接，第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接，第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接，第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接，第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接；且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为  $N:1$ ；第六电

阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。所述第四输入电压为所述第一输入电压的 N 分之一。

[0054] 图 4B 所示的负载驱动电路的工作原理与图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理类似,需要说明的是:当负载驱动电路工作时,需要向第十一电阻 R11 施加电流  $I_1$ ,且电流方向为从第一运算放大器 A1 的正极流向第十一电阻 R11,并需要向第十二电阻 R12 施加电流  $I_2$ ,且电流方向为从第二运算放大器 A2 的正极流向第十二电阻 R12,假设第十三电阻 R13 的电阻为  $R_{13}$ ,第十四电阻 R14 的电阻为  $R_{14}$ ,则有:  $I_1 \times R_{13} = \frac{I_2 \times R_{14}}{2N}$ 。

[0055] 从上面描述中可以看出,图 4B 所示的负载驱动电路中,共模电压产生电路 31 将压差产生电路 32 的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压,并将压差产生电路 32 的第二运算放大器的参考电压从第二电压调整至第四电压,且第三电压满足:  $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}$ ,第四电压满足:  $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ;从而实现将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整所述第一电压;其中,  $V_3$  表示第三电压,  $V_{reg}$  表示第一输入电压,  $V_1$  表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,即:所述第一电压,所述第二电压为压差产生电路 32 的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。在本实施例中,第三电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{cm1}$ ,第四电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{cm0}$ ,  $v_1$  对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $I_{bp} \times 2R$ 。

[0056] 这里,由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值,使得输入信号的占空比在 0~100% 时,压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区,从而保证了输出信号的保真度。

[0057] 实施例二

[0058] 本实施例中,如图 5 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第八电阻 R8、第九电阻 R9、第十电阻 R10、第一 PMOS MP1、第二 PMOS MP2、第三 PMOS MP3、第一 NMOS MN1、第二 NMOS MN2、第三 NMOS MN3、第三运算放大器 A3、第四运算放大器 A4、第一缓冲器 BUF1、以及第二缓冲器 BUF2;压差产生电路 32 可以包括:第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0059] 图 5 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0060] 在共模电压产生电路 31 中,第一 PMOS MP1 的栅极连接输入信号,第一 PMOS MP1 的源极连接第一缓冲器 BUF1 的输出端,第一 PMOS MP1 的漏极连接第一 NMOS MN1 的漏极及压差产生电路 32 中的第四电阻 R4 的一端,第一缓冲器 BUF1 的输入端连接第二 PMOS MP2 的漏极及第八电阻 R8 的一端,第二 PMOS MP2 的栅极连接第三 PMOS MP3 的栅极、第三 PMOS MP3 的漏极、及第三 NMOS MN3 的漏极,第二 PMOS MP2 的源极连接第三 PMOS MP3 的源极及供电电源,第一 NMOS MN1 的栅极连接输入信号,第一 NMOS MN1 的源极连接第二缓冲器 BUF2 的输出端,第二缓冲器 BUF2 的输入端连接第二 NMOS MN2 的漏极及第九电阻 R9 的一端,第二 NMOS MN2 的栅极连接第三运算放大器 A3 的输出端,第二 NMOS MN2 的源极连接第十电阻 R10 的一端,并接地,第三运算放大器 A3 的正极连接第八电阻 R8 的另一端及第九电阻 R9 的另一端,第三运算放大器 A3 的负极连接第二输入电压,第十电阻 R10 的另一端连接第三 NMOS MN3 的源极及第四运算放大器 A4 的负极,第四运算放大器 A4 的正极连接第三输入电压,第

四运算放大器 A4 的输出端连接第三 NMOSMN3 的栅极 ;且第八电阻 R8 的阻值等于第九电阻 R9 的阻值。

[0061] 在压差产生电路 32 中,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极均连接第二输入电压,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接 ;且第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0062] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如 :PWM 信号。所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半,可通过在供电电源与第三运算放大器 A3 的负极之间串接电阻、以及在供电电源与第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半 ;其中,所述供电电源的作用是为负载驱动电路提供电源 ;所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半,可通过在基准电压产生电路与第四运算放大器 A4 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半 ;其中,所述基准电压产生电路的作用是为负载驱动电路提供偏置电压,从而使整个负载驱动电路的各器件随时处在工作状态 ;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0063] 为了方便描述,在以下描述图 5 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端,第一输出端输出的电压称为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压  $V_{out2}$  ;将流经第八电阻 R8 及第九电阻 R9、且电流方向为从第八电阻 R8 流至第九电阻 R9 的电流称为  $I_1$ ,将流经第十电阻 R10、且电流方向为从第三 PMOS MP3 的漏极至第十电阻 R10 的电流称为  $I_2$ ,将供电电源提供的电压称为  $V_{DD}$ ,将基准电压产生电路产生的基准电压称为  $V_{bp}$ ,将负载的工作电压称为  $V_{reg}$  ;这里,负载的工作电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V ;确定负载的工作电压的大小后,可由产生恒定直流电压的电源提供,比如 :电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压 ;其中,所述调节器具体可以是 LDO 调节器等。

[0064] 图 5 所示的负载驱动电路的工作原理为 :

[0065] 当负载驱动电路工作时,当输入信号为低电平信号时,第一 PMOS MP1 导通,第一

NMOS MN1 关断,从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,此时,由于第一运算放大器 A1 和

第二运算放大器 A2 的参考电压即正极接入的电压均为  $\frac{V_{DD}}{2}$ ,因此,压差产生电路 32 的第

一输出端输出的电压为  $V_{out1} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为 :

$V_{out2} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ , 从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为:  $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = -V_{reg}$ ;

同理, 当输入信号为高电平信号时, 第一 NMOS MN1 导通, 第一 PMOS MP1 关断, 从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ , 此时, 由于第一运算放大器 A1 和第二运算放大器 A2 的参考电压均

为:  $\frac{V_{DD}}{2}$ , 因此, 压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为:  $V_{out1} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ , 压差产生电

路 32 的第二输出端输出的电压为:  $V_{out2} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ , 从而使得压差产生电路 32 产生的驱动

电压为:  $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = V_{reg}$ 。

[0066] 综上所述, 将输入信号电压的范围从  $0 \sim V_{reg}$  调整至  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2} \sim \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ , 使得压

差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高, 即:

从  $\frac{V_{reg}}{2}$  调高至  $\frac{V_{DD}}{2}$ , 也就是说, 压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出

的电压二者的中心值调高了  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ , 换句话说, 所述第一电压值为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ 。

[0067] 其中, 当输入信号为低电平信号时, 输入信号的占空比为 0; 当输入信号为高电平信号时, 输入信号的占空比为 100%。

[0068] 在图 5 所示的负载驱动电路中, 假设第八电阻 R8 及第九电阻 R9 的电阻为  $R_1$ , 假设第十电阻 R10 的电阻为  $R_2$ , 则存在以下关系:

$$[0069] \quad I_1 = \frac{V_{reg}}{2 \times R_1} \quad (1)$$

$$[0070] \quad I_2 = \frac{V_{bg}}{R_2} \quad (2)$$

$$[0071] \quad \text{所以, } V_{reg} = 2 \times \frac{R_1}{R_2} \times V_{bg} \times \frac{I_1}{I_2} \quad (3)$$

[0072] 由于  $V_{bg}$  为固定值, 因此, 实际应用时, 当  $V_{reg}$  确定后, 根据公式 (3) 即可获知  $R_1$  与  $R_2$  的比值, 从而确定出  $R_1$  与  $R_2$  的具体值。

[0073] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0074] 从上面的描述中可以看出, 图 5 所示的负载驱动电路中, 确定需要产生的驱动电压范围后, 共模电压产生电路 31 将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压, 并将压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压调整至第七电压, 且第五电压、第六电压及第七电压之间的关系满足:  $v_5 = V_7 - V_6$ ; 其中,  $V_5$  表示第五电压,  $V_6$  表示第六电压,  $V_7$  表示第七电压, 所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半, 所述第五电压等于所述第一电压。这里,  $V_5$  对应  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,  $V_6$  对

应  $\frac{V_{reg}}{2}$ ,  $V_7$  对应

[0075]

$$\frac{V_{DD}}{2}。$$

[0076] 这里,由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值,使得输入信号的占空比在 0~100%时,压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区,从而保证了输出信号的保真度。

[0077] 基于上述负载驱动电路,本发明实施例还提供了一种负载驱动方法,该方法包括:压差产生电路产生驱动负载的驱动电压时,将压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调高相同电压值,从而将压差产生电路的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压,以使当输入信号的占空比在 0~100%时,压差产生电路产生的驱动电压与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。其中,所述第一电压可根据需要进行设置,比如:50mV、100mV、150mV、200mV 等。这里,假设第一输出端输出的电压为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压为  $V_{out2}$ ,则中心值的计算具体为:

$$\frac{V_{out1} + V_{out2}}{2}。$$

[0078] 所述将压差产生电路的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压是指:以负载驱动电路不包括共模电压产生电路时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值为基准,将压差产生电路的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高或调低第一电压,换句话说,以负载驱动电路不包括共模电压产生电路时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压为基准,将压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压调高或调低相同电压值。

[0079] 具体地,在一实施例中,将压差产生电路的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压,并将压差产生电路的第二运算放大器的参考电压从第二电压调整至第四电压,且第三电压满足:  $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}$ ,第四电压满足:  $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ;从而实现将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整所述第一电压;其中, $V_3$  表示第三电压, $V_{reg}$  表示第一输入电压, $V_1$  表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,即:所述第一电压,所述第二电压为压差产生电路的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。

[0080] 具体地,在另一实施例中,确定需要产生的驱动电压范围后,将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压,并将压差产生电路的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压调整至第七电压,且第五电压、第六电压及第七电压之间的关系满足:  $V_5 = V_7 - V_6$ ;其中, $V_5$  表示第五电压, $V_6$  表示第六电压, $V_7$  表示第七电压,所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半,所述第五电压等于所述第一电压。

[0081] 本实施例中的负载驱动电路是一种单端输入的驱动电路,这里,所述单端输入的驱动电路是指:压差产生电路中的输入电压仅从一个输入端相对地接入;简单地说,压差产生电路只有一个输入电压。



[0082] 所述负载可以为马达,所述马达具体可以是触觉马达,比如 ERM 马达等。

[0083] 基于上述负载驱动电路,本发明实施例还提供了一种触摸装置,该触摸装置包括:触摸屏及负载驱动电路。操作体接触触摸屏所产生的触摸信号通过负载驱动电路产生触摸反馈,比如触摸震动反馈。

[0084] 其中,如图 3 所示,该负载驱动电路包括:共模电压产生电路 31 及压差产生电路 32;其中,

[0085] 压差产生电路 32 产生驱动负载的驱动电压时,共模电压产生电路 31 将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值,从而将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压,以使当输入信号的占空比在 0 ~ 100% 时,压差产生电路 32 产生的驱动电压与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。其中,所述第一电压可根据需要进行设置,比如:50mV、100mV、150mV、200mV 等。这里,假设第一输出端输出的电压为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压为  $V_{out2}$ ,则中心值的计算具体为:
$$\frac{V_{out1} + V_{out2}}{2}$$
。

[0086] 所述将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压是指:以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高或调低第一电压,换句话说,以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调高或调低相同电压值。

[0087] 本实施例中的负载驱动电路是一种单端输入的驱动电路,这里,所述单端输入的驱动电路是指:压差产生电路 32 中的输入电压仅从一个输入端相对地接入;简单地说,压差产生电路 32 只有一个输入电压。

[0088] 所述负载可以为马达,所述马达具体可以是触觉马达,比如 ERM 马达等。

[0089] 实施例一

[0090] 本实施例中,如图 4A 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第一电阻 R1、第二电阻 R2 以及第三电阻 R3;压差产生电路 32 可以包括:第四 PMOS MP4、第四 NMOS MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0091] 图 4A 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0092] 在共模电压产生电路 31 中,第一电阻 R1 的一端连接第一输入电压,第一电阻 R1 的另一端连接第二电阻 R2 的一端、第三电阻 R3 的一端、以及所述压差产生电路 32 中的第一运算放大器 A1 的正极,第二电阻 R2 的另一端连接压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极,第三电阻 R3 的另一端接地;且第一电阻 R1、第二电阻 R2 及第三电阻 R3 的阻值的比值为: $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 2$ 。

[0093] 在压差产生电路 32 中,第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极,第四 PMOS MP4 的源极连接第一输入电压,第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极,第四 NMOS MN4 的源极接地,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻

的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为 1 : 1 ;第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0094] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如 :PWM 信号。所述第一输入电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可由马达的工作电压来确定所述第一输入电压的大小,比如马达的工作电压为 3V,则所述第一输入电压的大小为 3V ;这里,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V ;确定所述第一输入电压的大小后,所述第一输入电压可由能产生恒定直流电压的电源提供,比如 :电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压 ;其中,所述调节器具体可以是 LDO 调节器等 ;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0095] 为了方便描述,在以下描述图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端 ;并将第一运算放大器 A1 正极接入的电压称为  $V_{om1}$ ,将第二运算放大器 A1 正极接入的电压称为  $V_{cmo}$ ,将第一输入电压称为  $V_{reg}$ ,第一输出端输出的电压称为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压  $V_{out2}$ 。

[0096] 图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理为 :

[0097] 当负载驱动电路工作时,向第二电阻 R2 施加电流  $I_{bp}$ ,且电流  $I_{bp}$  的方向为从第二电阻 R2 流至第三电阻 R3,假设第一电阻 R1 的阻值为  $2R$ ,则有第二电阻 R2 的阻值为  $R$ ,第三电阻 R3 的阻值为  $2R$ 。此时,第一运算放大器 A1 的参考电压即第一运算放大器 A1 正极接入的电压为 :

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,相应地,第二运算放大器 A2 的参考电压即第二运算放大器 A2

正极接入的电压为 :

$V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ 。在这种情况下,当输入信号为低电平信号时,第四 PMOS MP4 导通,第四 NMOS MN4 关断,致使输入信号的电压为  $V_{reg}$ ,由于第一运算放大器 A1 的参考电压为 :

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,第二运算放大器 A2 的参考电压为 :

$V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ,因此,所述压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为 :

$V_{out} = V_{reg} + 2R \times I_{bp}$ ;相应地,压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为 :

$V_{out2} = 2R \times I_{bp}$ ,从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为 :

$V_{dnver} = V_{out2} - V_{out} = -V_{reg}$ ;同理,当输入信号为高电平信号时,第四 PMOS MP4 关断,第四 NMOS MN4 导通,致使输入信号的电压为 0,由于第一运算放大器 A1 的参考电压为 :

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,第二运算放大器 A2 的参考电压为 :

为： $V_{\text{dnver}} = V_{\text{out2}} - V_{\text{out}} = V_{\text{reg}}$ 。

[0098] 综上所述，通过调整第一运算放大器 A1 及第二运算放大器 A2 的参考电压，使得压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高，即：

从  $\frac{V_{\text{reg}}}{2}$  调高至  $\frac{V_{\text{reg}}}{2} + I_{\text{bp}} \times 2R$ ，也就是说，压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高了  $I_{\text{bp}} \times 2R$ ，换句话说，所述第一电压值为  $I_{\text{bp}} \times 2R$ 。

[0099] 其中，当输入信号为低电平信号时，输入信号的占空比为 0；当输入信号为高电平信号时，输入信号的占空比为 100%。施加在第二电阻 R2 上的电流  $I_{\text{bp}}$  可由额外的电路产生。

[0100] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0101] 基于图 4A，当压差产生电路存在 N 倍增益时，即：第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比为：N : 1 时，本实施例提供的另一种负载驱动电路，如图 4B 所示，共模电压产生电路 31 可以包括：第十一电阻 R11、第十二电阻 R12、第十三电阻 R13 以及第十四电阻 R14；压差产生电路 32 可以包括：第四 PMOS MP4、第四 NMOS MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{\text{ap}}$ 。

[0102] 图 4B 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为：

[0103] 在共模电压产生电路 31 中，第十一电阻 R11 的一端连接第一输入电压，第十一电阻 R11 的另一端连接第十三电阻 R13 的一端、以及压差产生电路 32 中的第一运算放大器 A1 的正极，第十二电阻 R12 的一端连接第一输入电压，第十二电阻 R12 的另一端连接第十四电阻 R14 的一端、以及压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极，第十三电阻 R13 的另一端及第十四电阻 R14 的另一端均接地；且第十一电阻 R11 与第十三电阻 R13 的阻值比值为 N : 1，第十二电阻 R13 与第十四电阻 R14 的阻值比值为 1 : 1。

[0104] 在压差产生电路 32 中，第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极，第四 PMOS MP4 的源极连接第四输入电压，第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极，第四 NMOS MN4 的源极接地，第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{\text{ap}}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接，第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{\text{ap}}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接，第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接，第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接，第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接；且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为 N : 1；第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同；所述第四输入电压为所述第一输入电压的 N 分之一。

[0105] 图 4B 所示的负载驱动电路的工作原理与图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理类似，需要说明的是：当负载驱动电路工作时，需要向第十一电阻 R11 施加电流  $I_1$ ，且电流方向为从第一运算放大器 A1 的正极流向第十一电阻 R11，并需要向第十二电阻 R12 施加电流  $I_2$ ，且电流方向为从第二运算放大器 A2 的正极流向第十二电阻 R12，假设第十三电阻 R13 的电阻为  $R_{13}$ ，第十四电阻 R14 的电阻为  $R_{14}$ ，则有  $I_1 \times R_{13} = \frac{I_2 \times R_{14}}{2N}$ 。

[0106] 从上面描述中可以看出,图 4B 所示的负载驱动电路中,共模电压产生电路 31 将压差产生电路 32 的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压,并将压差产生电路 32 的第二运算放大器的参考电压从第二电压调整至第四电压,且第三电压满足:

$$V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}, \text{第四电压满足: } V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1; \text{从而实现将压差产生电路 32 的第一输出端输出的}$$

电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整所述第一电压;其中, $V_3$  表示第三电压, $V_{reg}$  表示第一输入电压, $V_1$  表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,即:所述第一电压,所述第二电压为压差产生电路 32 的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。在本实施例中,第三电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{am1}$ ,第四电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{cmo}$ , $V_1$  对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $I_{bp} \times 2R$ 。

[0107] 这里,由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值,使得输入信号的占空比在 0~100% 时,压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区,从而保证了输出信号的保真度。

[0108] 实施例二

[0109] 本实施例中,如图 5 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第八电阻 R8、第九电阻 R9、第十电阻 R10、第一 PMOS MP1、第二 PMOS MP2、第三 PMOS MP3、第一 NMOS MN1、第二 NMOS MN2、第三 NMOS MN3、第三运算放大器 A3、第四运算放大器 A4、第一缓冲器 BUF1、以及第二缓冲器 BUF2;压差产生电路 32 可以包括:第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0110] 图 5 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0111] 在共模电压产生电路 31 中,第一 PMOS MP1 的栅极连接输入信号,第一 PMOS MP1 的源极连接第一缓冲器 BUF1 的输出端,第一 PMOS MP1 的漏极连接第一 NMOS MN1 的漏极及压差产生电路 32 中的第四电阻 R4 的一端,第一缓冲器 BUF1 的输入端连接第二 PMOS MP2 的漏极及第八电阻 R8 的一端,第二 PMOS MP2 的栅极连接第三 PMOS MP3 的栅极、第三 PMOS MP3 的漏极、及第三 NMOS MN3 的漏极,第二 PMOS MP2 的源极连接第三 PMOS MP3 的源极及供电电源,第一 NMOS MN1 的栅极连接输入信号,第一 NMOS MN1 的源极连接第二缓冲器 BUF2 的输出端,第二缓冲器 BUF2 的输入端连接第二 NMOS MN2 的漏极及第九电阻 R9 的一端,第二 NMOS MN2 的栅极连接第三运算放大器 A3 的输出端,第二 NMOS MN2 的源极连接第十电阻 R10 的一端,并接地,第三运算放大器 A3 的正极连接第八电阻 R8 的另一端及第九电阻 R9 的另一端,第三运算放大器 A3 的负极连接第二输入电压,第十电阻 R10 的另一端连接第三 NMOS MN3 的源极及第四运算放大器 A4 的负极,第四运算放大器 A4 的正极连接第三输入电压,第四运算放大器 A4 的输出端连接第三 NMOS MN3 的栅极;且第八电阻 R8 的阻值等于第九电阻 R9 的阻值。

[0112] 在压差产生电路 32 中,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极均连接第二输入

电压,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;且第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0113] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如:PWM 信号。所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半,可通过在供电电源与第三运算放大器 A3 的负极之间串接电阻、以及在供电电源与第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半;其中,所述供电电源的作用是为负载驱动电路提供电源;所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半,可通过在基准电压产生电路与第四运算放大器 A4 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半;其中,所述基准电压产生电路的作用是为负载驱动电路提供偏置电压,从而使整个负载驱动电路的各器件随时处在工作状态;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0114] 为了方便描述,在以下描述图 5 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端,第一输出端输出的电压称为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压  $V_{out2}$ ;将流经第八电阻 R8 及第九电阻 R9、且电流方向为从第八电阻 R8 流至第九电阻 R9 的电流称为  $I_1$ ,将流经第十电阻 R10、且电流方向为从第三 PMOS MP3 的漏极至第十电阻 R10 的电流称为  $I_2$ ,将供电电源提供的电压称为  $V_{DD}$ ,将基准电压产生电路产生的基准电压称为  $V_{bg}$ ,将负载的工作电压称为  $V_{reg}$ ;这里,负载的工作电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V;确定负载的工作电压的大小后,可由产生恒定直流电压的电源提供,比如:电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压;其中,所述调节器具体可以是 LDO 调节器等。

[0115] 图 5 所示的负载驱动电路的工作原理为:

[0116] 当负载驱动电路工作时,当输入信号为低电平信号时,第一 PMOS MP1 导通,第一 NMOS MN1 关断,从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,此时,由于第一运算放大器 A1 和第二运算放大器 A2 的参考电压即正极接入的电压均为  $\frac{V_{DD}}{2}$ ,因此,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为  $V_{out1} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为  $V_{out2} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为  $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = -V_{reg}$ ;同理,当输入信号为高电平信号时,第一 NMOS MN1 导通,第一 PMOS MP1 关断,从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,此时,由于第一运算放大器 A1 和第二运算放大器 A2 的参考电压均为  $\frac{V_{DD}}{2}$ ,因此,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为  $V_{out1} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,压差产生电

路 32 的第二输出端输出的电压为： $V_{out2} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ，从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为： $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = V_{reg}$ 。

[0117] 综上所述，将输入信号电压的范围从  $0 \sim V_{reg}$  调整至  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2} \sim \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ，使得压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高，即：从  $\frac{V_{reg}}{2}$  调高至  $\frac{V_{DD}}{2}$ ，也就是说，压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高了  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ，换句话说，所述第一电压值为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ 。

[0118] 其中，当输入信号为低电平信号时，输入信号的占空比为 0；当输入信号为高电平信号时，输入信号的占空比为 100%。

[0119] 在图 5 所示的负载驱动电路中，假设第八电阻 R8 及第九电阻 R9 的电阻为  $R_1$ ，假设第十电阻 R10 的电阻为  $R_2$ ，则存在以下关系：

$$[0120] \quad I_1 = \frac{V_{reg}}{2 \times R_1} \quad (1)$$

$$[0121] \quad I_2 = \frac{V_{bg}}{R_2} \quad (2)$$

$$[0122] \quad \text{所以, } V_{reg} = 2 \times \frac{R_1}{R_2} \times V_{bg} \times \frac{I_1}{I_2} \quad (3)$$

[0123] 由于  $V_{bg}$  为固定值，因此，实际应用时，当  $V_{reg}$  确定后，根据公式 (3) 即可获知  $R_1$  与  $R_2$  的比值，从而确定出  $R_1$  与  $R_2$  的具体值。

[0124] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0125] 从上面的描述中可以看出，图 5 所示的负载驱动电路中，确定需要产生的驱动电压范围后，共模电压产生电路 31 将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压，并将压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压调整至第七电压，且第五电压、第六电压及第七电压之间的关系满足： $V_5 = V_7 - V_6$ ；其中， $V_5$  表示第五电压， $V_6$  表示第六电压， $V_7$  表示第七电压，所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半，所述第五电压等于所述第一电压。这里， $V_5$  对应  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ， $V_6$  对应  $\frac{V_{reg}}{2}$ ， $V_7$  对应  $\frac{V_{DD}}{2}$ 。

[0126] 这里，由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值，使得输入信号的占空比在  $0 \sim 100\%$  时，压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区，从而保证了输出信号的保真度。

[0127] 基于上述触摸装置，本发明实施例还提供了一种电子设备，该电子设备包括：主板、外壳、以及触摸装置，所述触摸装置包括触摸屏及负载驱动电路。在主板上的控制器的控制下，操作体接触触摸屏所产生的触摸信号通过负载驱动电路产生触摸反馈，比如触摸

震动反馈。所述控制器可以是中央处理器 (CPU, Central Processing Unit)。

[0128] 其中,如图 3 所示,该负载驱动电路包括:共模电压产生电路 31 及压差产生电路 32;其中,

[0129] 压差产生电路 32 产生驱动负载的驱动电压时,共模电压产生电路 31 将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调整相同电压值,从而将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压,以使当输入信号的占空比在  $0 \sim 100\%$  时,压差产生电路 32 产生的驱动电压与输入信号的占空比成线性关系,进而保证了输出信号的保真度。其中,所述第一电压可根据需要进行设置,比如:50mV、100mV、150mV、200mV 等。这里,假设第一输出端输出的电压为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压为  $V_{out2}$ ,则中心值的计算具体为:
$$\frac{V_{out1} + V_{out2}}{2}。$$

[0130] 所述将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整第一电压是指:以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高或调低第一电压,换句话说,以负载驱动电路不包括共模电压产生电路 31 时第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压为基准,将压差产生电路 32 的第一输出端和第二输出端输出的电压调高或调低相同电压值。

[0131] 本实施例中的负载驱动电路是一种单端输入的驱动电路,这里,所述单端输入的驱动电路是指:压差产生电路 32 中的输入电压仅从一个输入端相对地接入;简单地说,压差产生电路 32 只有一个输入电压。

[0132] 所述负载可以为马达,所述马达具体可以是触觉马达,比如 ERM 马达等。

[0133] 实施例一

[0134] 本实施例中,如图 4A 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第一电阻 R1、第二电阻 R2 以及第三电阻 R3;压差产生电路 32 可以包括:第四 PMOS MP4、第四 NMOS MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0135] 图 4A 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0136] 在共模电压产生电路 31 中,第一电阻 R1 的一端连接第一输入电压,第一电阻 R1 的另一端连接第二电阻 R2 的一端、第三电阻 R3 的一端、以及所述压差产生电路 32 中的第一运算放大器 A1 的正极,第二电阻 R2 的另一端连接压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极,第三电阻 R3 的另一端接地;且第一电阻 R1、第二电阻 R2 及第三电阻 R3 的阻值的比值为: $R1 : R2 : R3 = 2 : 1 : 2。$

[0137] 在压差产生电路 32 中,第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极,第四 PMOS MP4 的源极连接第一输入电压,第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极,第四 NMOS MN4 的源极接地,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端

与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为 1 : 1 ;第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0138] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如 :PWM 信号。所述第一输入电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可由马达的工作电压来确定所述第一输入电压的大小,比如马达的工作电压为 3V,则所述第一输入电压的大小为 3V ;这里,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V ;确定所述第一输入电压的大小后,所述第一输入电压可由能产生恒定直流电压的电源提供,比如 :电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压 ;其中,所述调节器具体可以是 LDO 调节器等 ;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0139] 为了方便描述,在以下描述图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端 ;并将第一运算放大器 A1 正极接入的电压称为  $V_{cm1}$ ,将第二运算放大器 A1 正极接入的电压称为  $V_{cmo}$ ,将第一输入电压称为  $V_{reg}$ ,第一输出端输出的电压称为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压  $V_{out2}$ 。

[0140] 图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理为 :

[0141] 当负载驱动电路工作时,向第二电阻 R2 施加电流  $I_{bp}$ ,且电流  $I_{bp}$  的方向为从第二电阻 R2 流至第三电阻 R3,假设第一电阻 R1 的阻值为  $2R$ ,则有第二电阻 R2 的阻值为  $R$ ,第三电阻 R3 的阻值为  $2R$ 。此时,第一运算放大器 A1 的参考电压即第一运算放大器 A1 正极接入的电压为 :

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,相应地,第二运算放大器 A2 的参考电压即第二运算放大器

A2 正极接入的电压为 : $V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ 。在这种情况下,当输入信号为低电平信号时,第四 PMOS MP4 导通,第四 NMOS MN4 关断,致使输入信号的电压为  $V_{reg}$ ,由于第一运算放大器 A1

的参考电压为 : $V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,第二运算放大器 A2 的参考电压为 : $V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ,

因此,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为 : $V_{out1} = V_{reg} + 2R \times I_{bp}$ ;相应地,压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为 : $V_{out2} = 2R \times I_{bp}$ ,从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为 :

$V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = -V_{reg}$ ;同理,当输入信号为高电平信号时,第四 PMOS MP4 关断,第四 NMOS MN4 导通,致使输入信号的电压为 0,由于第一运算放大器 A1 的参考电压为 :

$V_{cm1} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times R$ ,第二运算放大器 A2 的参考电压为 :

[0142]  $V_{cmo} = \frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ,因此,所述压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为 :

$V_{out1} = R \times 2I_{bp}$ ;相应地,所述压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为 : $V_{out2} = V_{reg} + R \times 2I_{bp}$ 从而使得压差产生电路 32 产生的产生的驱动电压为 : $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = V_{reg}$  终上所述,通过调整第一运算放大器 A1 及第二运算放大器 A2 的参考电压,使得压差产生电路 32 的



第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高,即:从 $\frac{V_{reg}}{2}$ 调高至 $\frac{V_{reg}}{2} + I_{bp} \times 2R$ ,也就是说,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高了  $I_{bp} \times 2R$ ,换句话说,所述第一电压为  $I_{bp} \times 2R$ 。

[0143] 其中,当输入信号为低电平信号时,输入信号的占空比为 0;当输入信号为高电平信号时,输入信号的占空比为 100%。施加在第二电阻 R2 上的电流  $I_{bp}$  可由额外的电路产生。

[0144] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0145] 基于图 4A,当压差产生电路存在 N 倍增益时,即:第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比为:N:1 时,本实施例提供的另一种负载驱动电路,如图 4B 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第十一电阻 R11、第十二电阻 R12、第十三电阻 R13 以及第十四电阻 R14;压差产生电路 32 可以包括:第四 PMOS MP4、第四 NMOS MN4、第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0146] 图 4B 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0147] 在共模电压产生电路 31 中,第十一电阻 R11 的一端连接第一输入电压,第十一电阻 R11 的另一端连接第十三电阻 R13 的一端、以及压差产生电路 32 中的第一运算放大器 A1 的正极,第十二电阻 R12 的一端连接第一输入电压,第十二电阻 R12 的另一端连接第十四电阻 R14 的一端、以及压差产生电路 32 中的第二运算放大器 A2 的正极,第十三电阻 R13 的另一端及第十四电阻 R14 的另一端均接地;且第十一电阻 R11 与第十三电阻 R13 的阻值比值为 N:1;第十二电阻 R12 与第十四电阻 R14 的阻值比值为 1:1。

[0148] 在压差产生电路 32 中,第四 PMOS MP4 的栅极连接输入信号及第四 NMOS MN4 的栅极,第四 PMOS MP4 的源极连接第四输入电压,第四 PMOS MP4 的漏极连接第四电阻 R4 的一端及第四 NMOS MN4 的漏极,第四 NMOS MN4 的源极接地,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;且第五电阻 R5 与第四电阻 R4 的阻值比值为 N:1;第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。所述第四输入电压为所述第一输入电压的 N 分之一。

[0149] 图 4B 所示的负载驱动电路的工作原理与图 4A 所示的负载驱动电路的工作原理类似,需要说明的是:当负载驱动电路工作时,需要向第十一电阻 R11 施加电流  $I_1$ ,且电流方向为从第一运算放大器 A1 的正极流向第十一电阻 R11,并需要向第十二电阻 R12 施加电流  $I_2$ ,且电流方向为从第二运算放大器 A2 的正极流向第十二电阻 R12,假设第十三电阻 R13 的电阻为  $R_{13}$ ,第十四电阻 R14 的电阻为  $R_{14}$ ,则有: $I_1 \times R_{13} = \frac{I_2 \times R_{14}}{2N}$ 。

[0150] 从上面描述中可以看出,图 4B 所示的负载驱动电路中,共模电压产生电路 31 将

压差产生电路 32 的第一运算放大器的参考电压从第二电压调整至第三电压,并将压差产生电路 32 的第二运算放大器的参考电压从第二电压调整至第四电压,且第三电压满足: $V_3 = \frac{V_{reg} + V_1}{N+1}$ ,第四电压满足: $V_4 = \frac{V_{reg}}{2} + V_1$ ;从而实现将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调整所述第一电压;其中, $V_3$  表示第三电压, $V_{reg}$  表示第一输入电压, $V_1$  表示压差产生电路的第一输出端和第二输出端输出的电压所调整的电压,即:所述第一电压,所述第二电压为压差产生电路 32 的第一输入电压的一半;所述第一输入电压为确定的需要产生的驱动电压的最大值。在本实施例中,第三电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{cmt}$ ,第四电压对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $V_{cmo}$ , $V_1$  对应图 4A 所示负载驱动电路中的  $I_{bp} \times 2R$ 。

[0151] 这里,由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值,使得输入信号的占空比在 0~100%时,压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区,从而保证了输出信号的保真度。

[0152] 实施例二

[0153] 本实施例中,如图 5 所示,共模电压产生电路 31 可以包括:第八电阻 R8、第九电阻 R9、第十电阻 R10、第一 PMOS MP1、第二 PMOS MP2、第三 PMOS MP3、第一 NMOS MN1、第二 NMOS MN2、第三 NMOS MN3、第三运算放大器 A3、第四运算放大器 A4、第一缓冲器 BUF1、以及第二缓冲器 BUF2;压差产生电路 32 可以包括:第四电阻 R4、第五电阻 R5、第六电阻 R6、第七电阻 R7、第一运算放大器 A1、第二运算放大器 A2、以及电容  $C_{ap}$ 。

[0154] 图 5 所示的负载驱动电路的各部件的连接关系为:

[0155] 在共模电压产生电路 31 中,第一 PMOS MP1 的栅极连接输入信号,第一 PMOS MP1 的源极连接第一缓冲器 BUF1 的输出端,第一 PMOS MP1 的漏极连接第一 NMOS MN1 的漏极及压差产生电路 32 中的第四电阻 R4 的一端,第一缓冲器 BUF1 的输入端连接第二 PMOS MP2 的漏极及第八电阻 R8 的一端,第二 PMOS MP2 的栅极连接第三 PMOS MP3 的栅极、第三 PMOS MP3 的漏极、及第三 NMOS MN3 的漏极,第二 PMOS MP2 的源极连接第三 PMOS MP3 的源极及供电电源,第一 NMOS MN1 的栅极连接输入信号,第一 NMOS MN1 的源极连接第二缓冲器 BUF2 的输入端,第二缓冲器 BUF2 的输出端连接第二 NMOS MN2 的漏极及第九电阻 R9 的一端,第二 NMOS MN2 的栅极连接第三运算放大器 A3 的输出端,第二 NMOS MN2 的源极连接第十电阻 R10 的一端,并接地,第三运算放大器 A3 的正极连接第八电阻 R8 的另一端及第九电阻 R9 的另一端,第三运算放大器 A3 的负极连接第二输入电压,第十电阻 R10 的另一端连接第三 NMOS MN3 的源极及第四运算放大器 A4 的负极,第四运算放大器 A4 的正极连接第三输入电压,第四运算放大器 A4 的输出端连接第三 NMOS MN3 的栅极;且第八电阻 R8 的阻值等于第九电阻 R9 的阻值。

[0156] 在压差产生电路 32 中,第四电阻 R4 的另一端与第五电阻 R5 的一端、电容  $C_{ap}$  的一端以及第一运算放大器 A1 的负极相连接,第五电阻 R5 的另一端与电容  $C_{ap}$  的另一端、第一运算放大器 A1 的输出端以及第六电阻 R6 的一端相连接,第六电阻 R6 的另一端与第二运算放大器 A2 的负极及第七电阻 R7 的一端相连接,第七电阻 R7 的另一端与第二运算放大器 A2 的输出端相连接,第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极均连接第二输入电压,第一运算放大器 A1 的输出端及第二运算放大器 A2 的输出端分别与负载的两端连接;

且第六电阻 R6 与第七电阻 R7 的阻值相同。

[0157] 这里,所述输入信号可以为脉冲信号,比如:PWM 信号。所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半,可通过在供电电源与第三运算放大器 A3 的负极之间串接电阻、以及在供电电源与第一运算放大器 A1 的正极及第二运算放大器 A2 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第二输入电压的大小为供电电源提供的电压值的一半;其中,所述供电电源的作用是为负载驱动电路提供电源;所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半,可通过在基准电压产生电路与第四运算放大器 A4 的正极之间串接电阻的方式,来实现所述第三输入电压的大小为基准电压产生电路产生的基准电压值的一半;其中,所述基准电压产生电路的作用是为负载驱动电路提供偏置电压,从而使整个负载驱动电路的各器件随时处在工作状态;第一运算放大器及第二运算放大器均为 AB 类放大器,如此,当放大器工作时,能输出大电流,从而可以满足电路的需要。

[0158] 为了方便描述,在以下描述图 5 所示的负载驱动电路的工作原理中,将第一运算放大器 A1 的输出端称为压差产生电路 32 的第一输出端,将第二运算放大器 A2 的输出端称为压差产生电路 32 的第二输出端,第一输出端输出的电压称为  $V_{out1}$ ,第二输出端输出的电压  $V_{out2}$ ;将流经第八电阻 R8 及第九电阻 R9、且电流方向为从第八电阻 R8 流至第九电阻 R9 的电流称为  $I_1$ ,将流经第十电阻 R10、且电流方向为从第三 PMOS MP3 的漏极至第十电阻 R10 的电流称为  $I_2$ ,将供电电源提供的电压称为  $V_{DD}$ ,将基准电压产生电路产生的基准电压称为  $V_{bg}$ ,将负载的工作电压称为  $V_{reg}$ ;这里,负载的工作电压的大小可由负载的相关工作参数确定,举个例子来说,假设负载为马达,可根据马达出厂时设置在马达上的工作电压来确定马达的工作电压,比如马达出厂时设置在马达上的工作电压为 3V,则确定马达的工作电压为 3V;确定负载的工作电压的大小后,可由产生恒定直流电压的电源提供,比如:电压调节器等,以供负载驱动电路的相应器件使用,从而能使负载驱动电路产生相应的驱动电压;其中,所述调节器具体可以是 LDO 调节器等。

[0159] 图 5 所示的负载驱动电路的工作原理为:

[0160] 当负载驱动电路工作时,当输入信号为低电平信号时,第一 PMOS MP1 导通,第一 NMOS MN1 关断,从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,此时,由于第一运算放大器 A1 和

第二运算放大器 A2 的参考电压即正极接入的电压均为  $\frac{V_{DD}}{2}$ ,因此,压差产生电路 32 的

第一输出端输出的电压为  $V_{out1} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,压差产生电路 32 的第二输出端输出的电压为:

$V_{out2} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,从而使得压差产生电路 32 产生的驱动电压为  $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out1} = -V_{reg}$ ;

同理,当输入信号为高电平信号时,第一 NMOS MN1 导通,第一 PMOS MP1 关断,从而致使输入信号的电压为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,此时,由于第一运算放大器 A1 和第二运算放大器 A2 的参考电压均

为  $\frac{V_{DD}}{2}$ ,因此,压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压为  $V_{out1} = \frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ,压差产生电

路 32 的第二输出端输出的电压为  $V_{out2} = \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ,从而使得压差产生电路 32 产生的驱动

电压为： $V_{dnver} = V_{out2} - V_{out} = V_{reg}$ 。

[0161] 综上所述，将输入信号电压的范围从  $0 \sim V_{reg}$  调整至  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2} \sim \frac{V_{DD} + V_{reg}}{2}$ ，使得压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高，即：从  $\frac{V_{reg}}{2}$  调高至  $\frac{V_{DD}}{2}$ ，也就是说，压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值调高了  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ，换句话说，所述第一电压值为  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ 。

[0162] 其中，当输入信号为低电平信号时，输入信号的占空比为 0；当输入信号为高电平信号时，输入信号的占空比为 100%。

[0163] 在图 5 所示的负载驱动电路中，假设第八电阻 R8 及第九电阻 R9 的电阻为  $R_1$ ，假设第十电阻 R10 的电阻为  $R_2$ ，则存在以下关系：

$$[0164] \quad I_1 = \frac{V_{reg}}{2 \times R_1} \quad (1)$$

$$[0165] \quad I_2 = \frac{V_{bg}}{R_2} \quad (2)$$

$$[0166] \quad \text{所以, } V_{reg} = 2 \times \frac{R_1}{R_2} \times V_{bg} \times \frac{I_1}{I_2} \quad (3)$$

[0167] 由于  $V_{bg}$  为固定值，因此，实际应用时，当  $V_{reg}$  确定后，根据公式 (3) 即可获知  $R_1$  与  $R_2$  的比值，从而确定出  $R_1$  与  $R_2$  的具体值。

[0168] 调低压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理与调高压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值的原理相同。

[0169] 从上面的描述中可以看出，图 5 所示的负载驱动电路中，确定需要产生的驱动电压范围后，共模电压产生电路 31 将输入信号的电压范围在所述驱动电压范围的基础上调整第五电压，并将压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器的参考电压从第六电压调整至第七电压，且第五电压、第六电压及第七电压之间的关系满足： $V_5 = V_7 - V_6$ ；其中， $V_5$  表示第五电压， $V_6$  表示第六电压， $V_7$  表示第七电压，所述第六电压为确定需要产生的驱动电压的最大值的一半，所述第五电压等于所述第一电压。这里， $V_5$  对应  $\frac{V_{DD} - V_{reg}}{2}$ ， $V_6$  对

应  $\frac{V_{reg}}{2}$ ， $V_7$  对应

[0170]

$$\frac{V_{DD}}{2}。$$

[0171] 这里，由于调整了将压差产生电路 32 的第一输出端输出的电压与第二输出端输出的电压二者的中心值，使得输入信号的占空比在  $0 \sim 100\%$  时，压差产生电路 32 的第一运算放大器和第二运算放大器均能工作在线性区，从而保证了输出信号的保真度。

[0172] 这里，所述电子设备可以是手机、ipad、笔记本电脑等。

[0173] 图 6 为采用本发明实施例一的技术方案得到的仿真结果图，仿真条件为：负载的

电阻为  $15\ \Omega$ ，负载的工作电压为  $3\text{V}$ ，需要产生的驱动电压范围为  $0\sim 3\text{V}$ ；仿真结果表明：采用本发明实施例的技术方案，当输入信号的占空比在  $0\sim 100\%$  时，产生的驱动电压与输入信号的占空比完全成线性关系。

[0174] 同时，为了更好地说明采用本发明实施例的技术方案，产生的驱动电压与输入信号的占空比完全成线性关系，采用本发明实施例一的技术方案制作了集成电路 (IC, Integrated Circuit)，并对产生的驱动电压进行了测试，测试温度为  $25^\circ\text{C}$ ，测试条件为：负载的电阻为  $15\ \Omega$ ，负载的工作电压为  $3\text{V}$ ，需要产生的驱动电压范围为  $0\sim 3\text{V}$ ；具体结果可见图 7。

[0175] 从图 7 中可以看出，输入信号的占空比与产生的驱动电压成线性关系，进一步说明了采用本发明实施例的技术方案后，输入信号的占空比在  $0\sim 100\%$  时，产生的驱动电压与输入信号的占空比成线性关系，从而保证了输出信号的保真度。

[0176] 以上所述，仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。

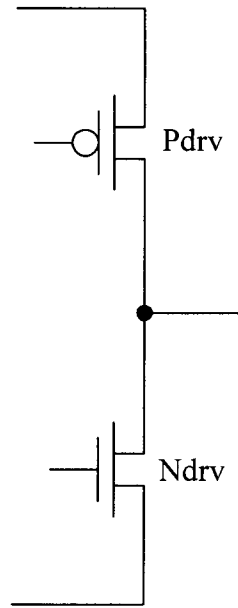


图 1

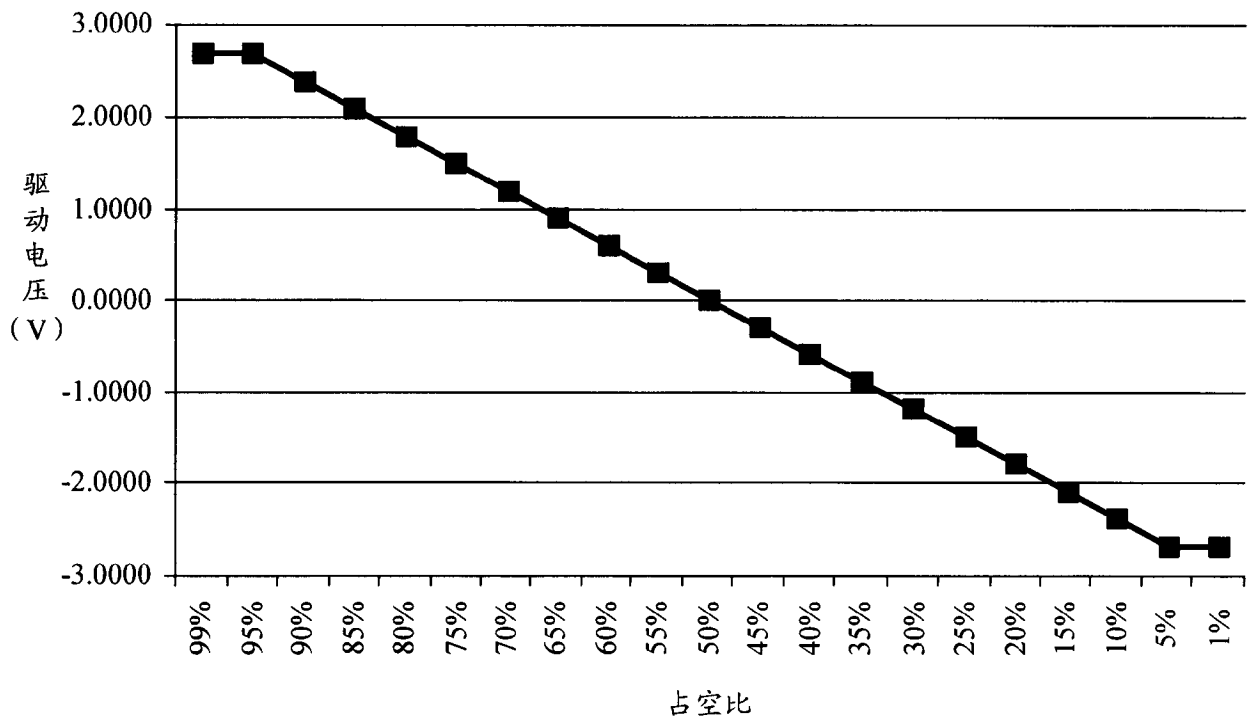


图 2A

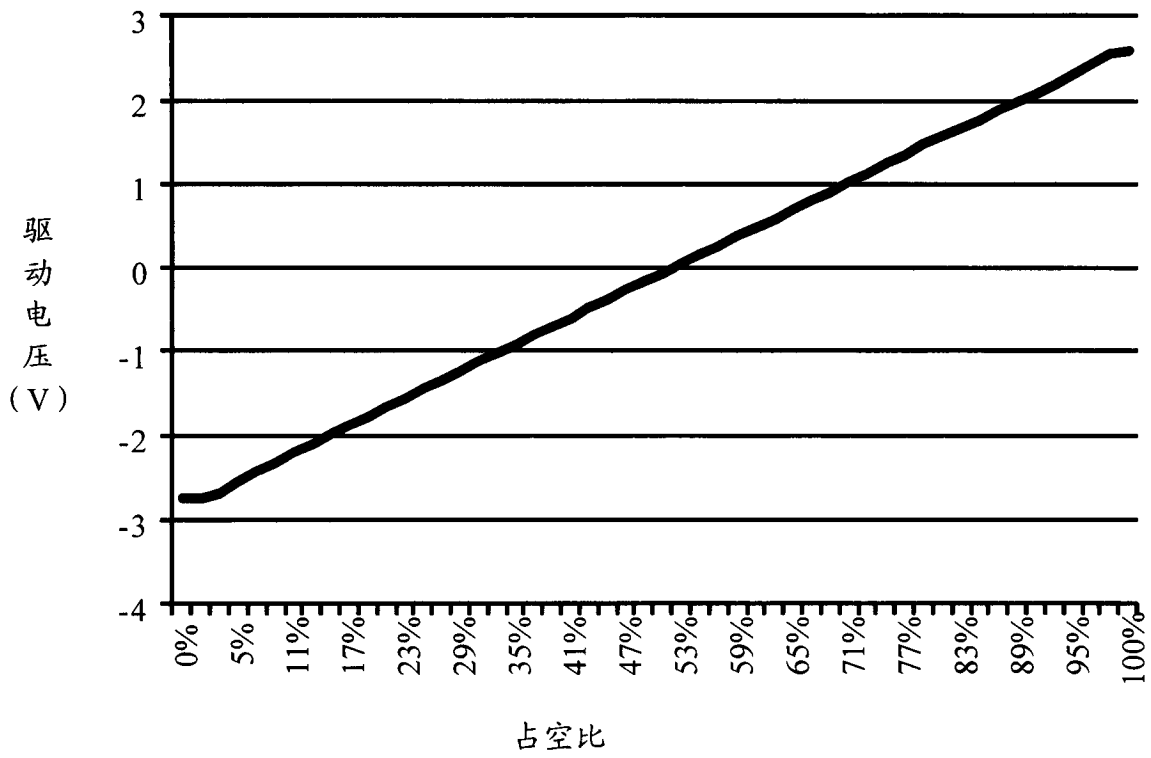


图 2B

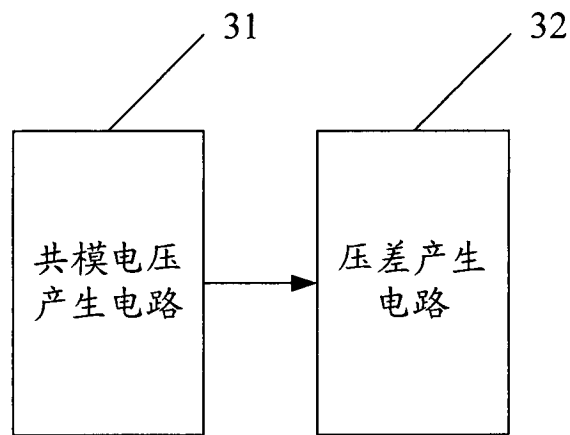


图 3

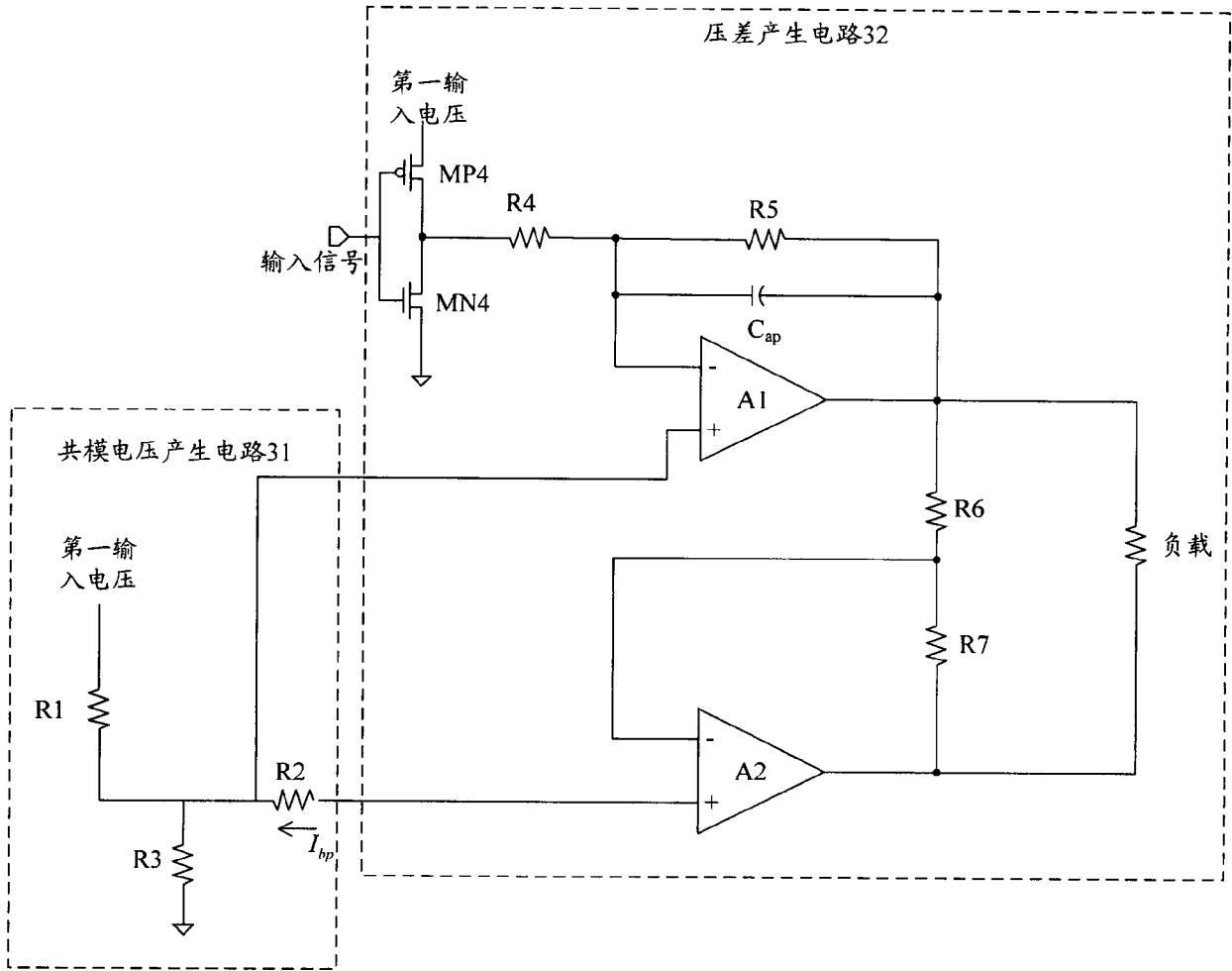


图 4A



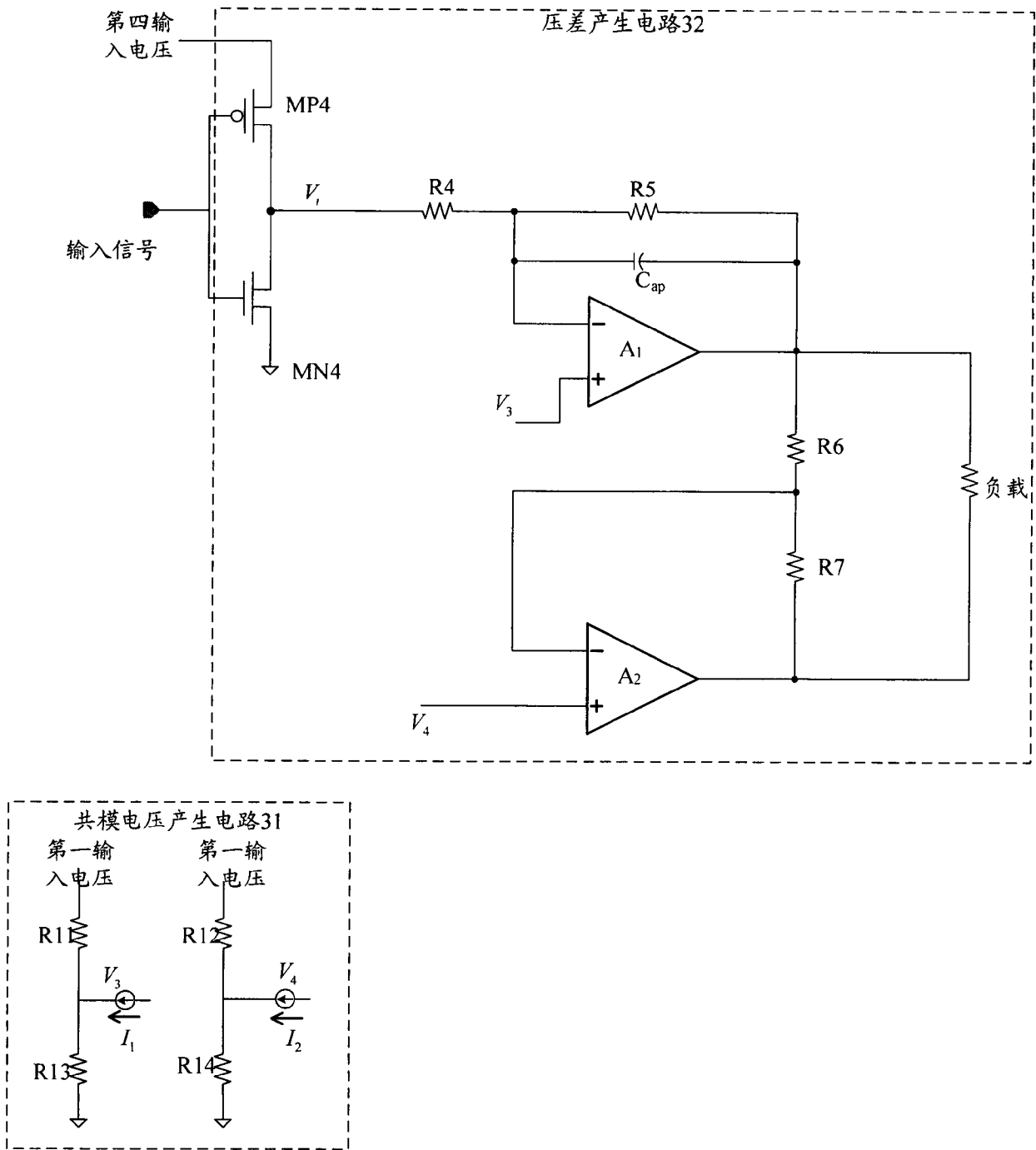


图 4B

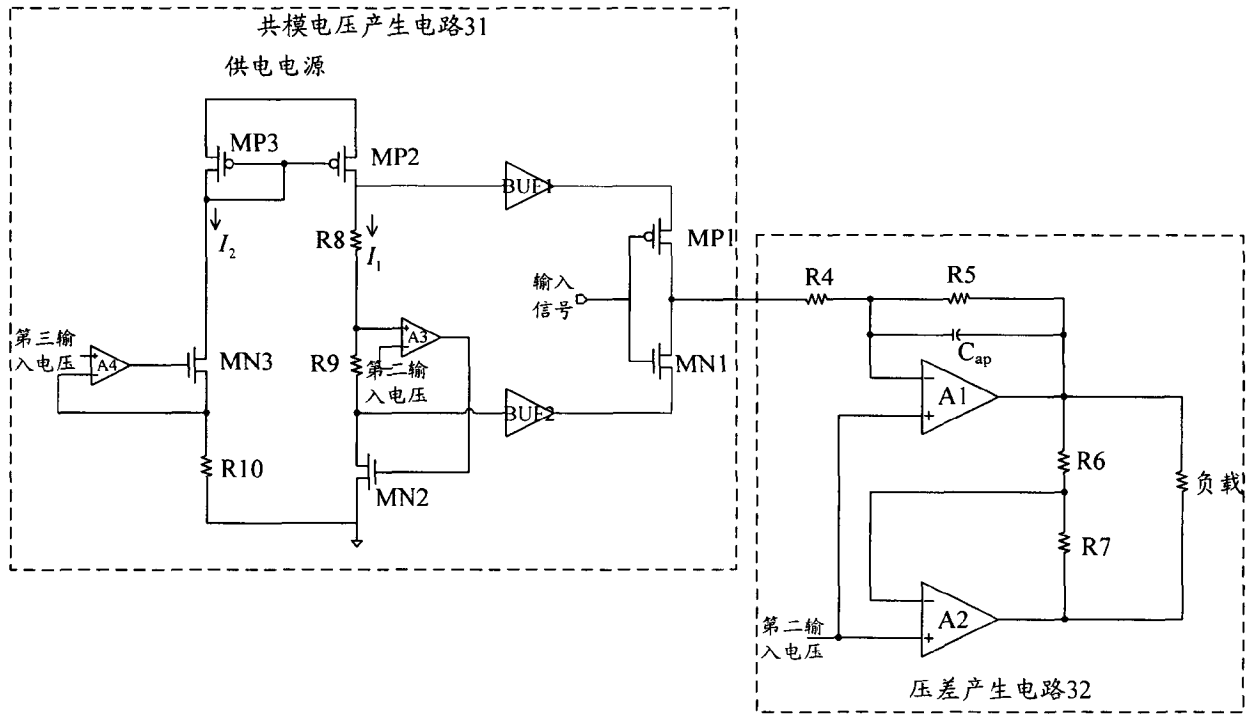


图 5

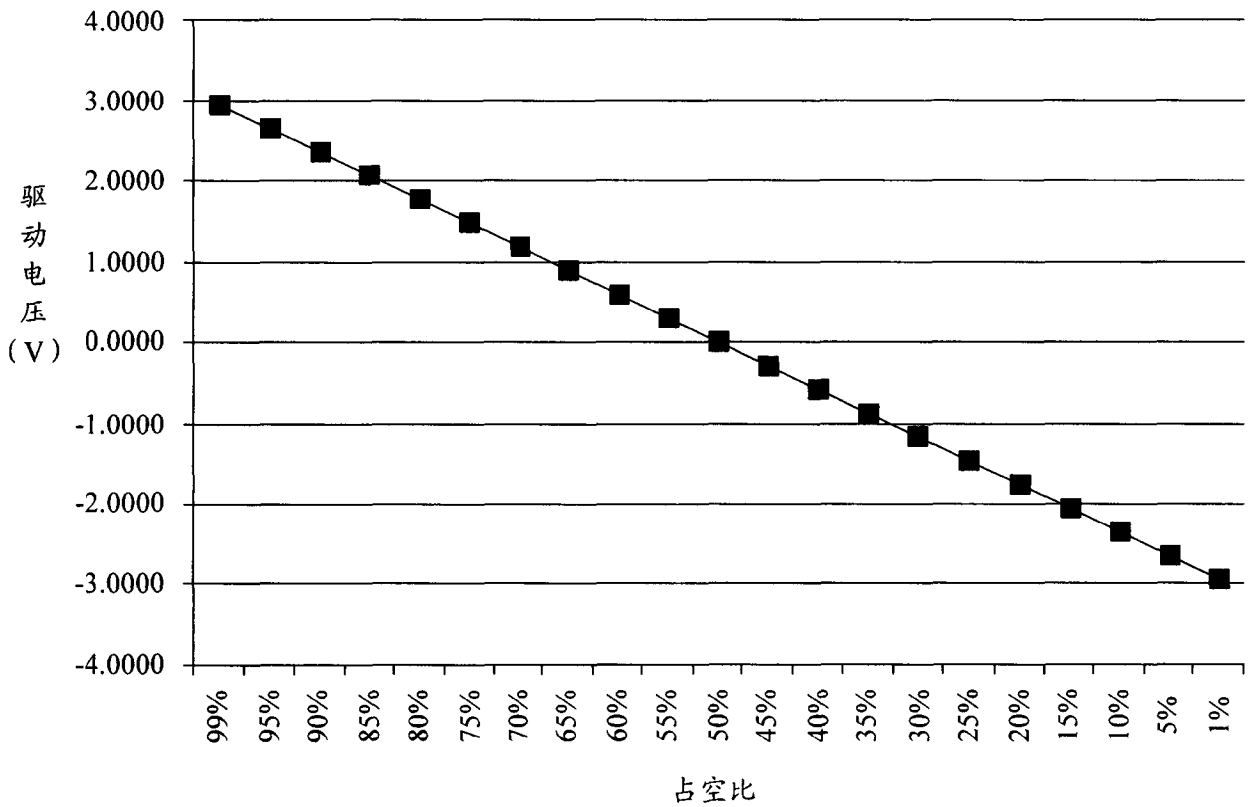


图 6

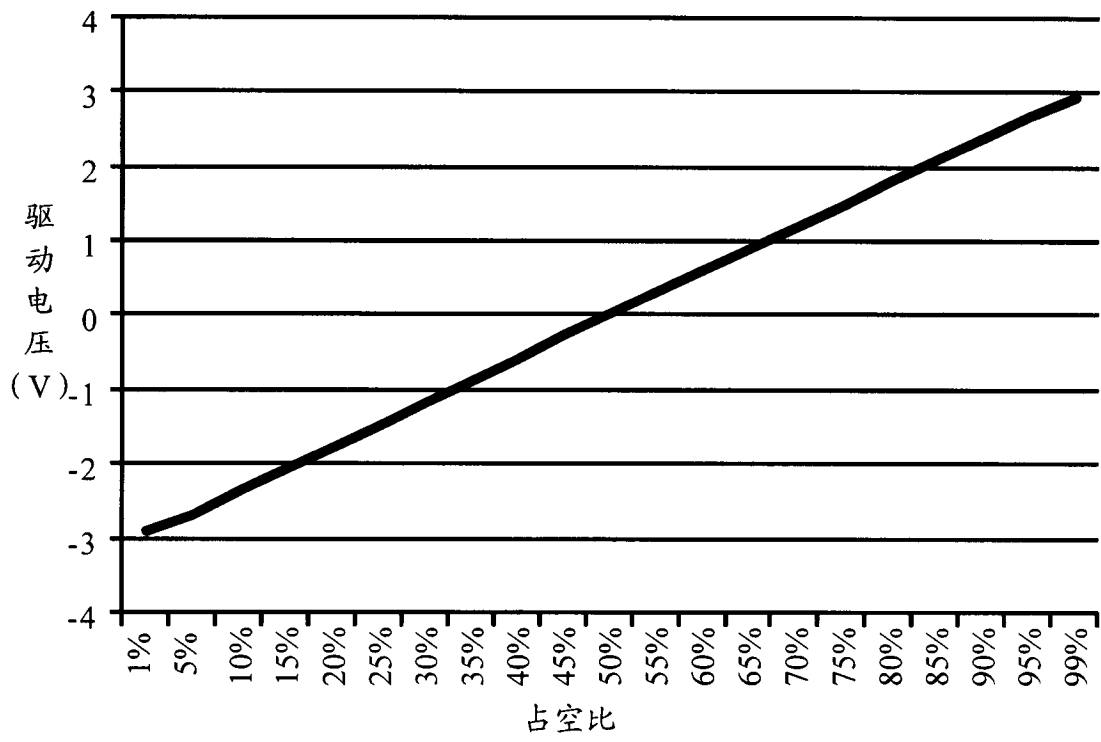


图 7