



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103677031 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 28

(21) 申请号 201310215287. 5

审查员 刘宏磊

(22) 申请日 2013. 05. 31

(73) 专利权人 国家电网公司

地址 100031 北京市西城区西长安街 86 号

专利权人 北京南瑞智芯微电子科技有限公司

(72) 发明人 李振国 赵东艳 原义栋 胡毅
杨小坤

(74) 专利代理机构 北京中誉威圣知识产权代理有限公司 11279

代理人 郭振兴 丛芳

(51) Int. Cl.

G05F 1/46 (2006. 01)

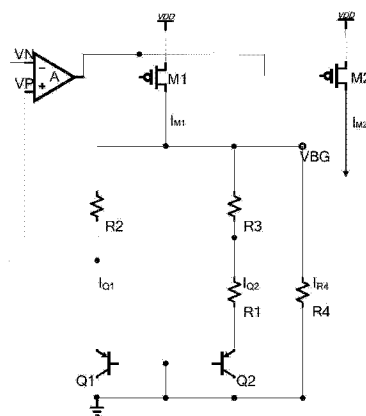
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

一种提供零温度系数电压和电流的方法及电路

(57) 摘要

本发明公开了一种提供零温度系数电压和电流的方法和电路,电路包括第一双极型晶体管、第二双极型晶体管、第一晶体管、第二晶体管、运算放大器、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻;第一双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接第二电阻的一端和运算放大器的反相输入端;第二双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接第一电阻的一端,第一电阻的另一端连接第三电阻的一端和运算放大器的正相输入端;第一晶体管的漏极连接第二电阻的另一端、第三电阻的另一端、第四电阻的一端,第四电阻的另一端接地;第一晶体管的栅极和第二晶体管的栅极连接运算放大器的输出端;第一晶体管的源极和第二晶体管的源极连接电源。本发明能够同时提供零温度系数的电压和电流。



1. 一种带隙基准参考源电路,其特征在于,包括第一双极型晶体管、第二双极型晶体管、第一晶体管、第二晶体管、运算放大器、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻;其中,所述第一双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接所述第二电阻的一端和所述运算放大器的反相输入端;

所述第二双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接所述第一电阻的一端,所述第一电阻的另一端连接所述第三电阻的一端和所述运算放大器的正相输入端;

所述第一晶体管的漏极连接所述第二电阻的另一端、所述第三电阻的另一端、所述第四电阻的一端,所述第四电阻的另一端接地;

所述第一晶体管的栅极和所述第二晶体管的栅极连接所述运算放大器的输出端;所述第一晶体管的源极和所述第二晶体管的源极连接电源;所述第二晶体管的漏端为零温度系数电流输出端;

其中,所述第一电阻、第二电阻、第三电阻为正温度系数的电阻或负温度系数的电阻,所述第四电阻为正温度系数的电阻,且所述第四电阻的正温度系数大于所述第一电阻、第二电阻、第三电阻的温度系数的绝对值;

从而得到零温度系数电压 VBG:

$$VBG = V_{EB1} + I_{Q1} \cdot R2 = V_{EB1} + \frac{V_T \cdot \ln N}{R1} \times R2,$$

其中, V_{EB1} 为第一双极型晶体管 Q1 的负温度系数的电压,式中所述 R1 为第一电阻的阻值,所述 R2 为第二电阻的阻值, V_T 为热电压,第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2 的发射极面积之比为 1:N, $\frac{V_T \cdot \ln N}{R1} \times R2$ 产生正比于温度的正温度系数的电压;

通过所述第一晶体管 M1 的零温度系数电流 IM1 和第二晶体管 M2 的零温度系数电流 IM2 分别为:

$$IM1 = IM2 = I_{Q1} + I_{Q2} + I_{R4},$$

其中,第一双极型晶体管 Q1 电流 I_{Q1} 、第二双极型晶体管 Q2 电流 I_{Q2} 为正温度系数的电流,第四电阻 R4 中电流 I_{R4} 为负温度系数的电流;所述第二电阻与第三电阻的阻值相等,所述第四电阻由第五电阻 R4A 和第六电阻 R4B 串联替代,由此,可以获取第六电阻 R4B 上的电压 VBGLV:

$$VBGLV = VBG * \frac{R4B}{R4A + R4B},$$

其中,该电压 VBGLV 也是一个零温度系数的电压,通过调整 R4A、R4B 的相对大小,可以调整 VBGLV 的大小,使其在 0V 和 VBG 之间变化;

还包括第七电阻,所述第七电阻连接在所述第一晶体管和第三电阻之间。

2. 根据权利要求 1 所述的电路,其特征在于,所述第一晶体管、第二晶体管为 MOS 场效应管或双极性晶体管。

3. 一种提供零温度系数电压和电流的方法,其特征在于,包括提供如权利要求 1 所述的带隙基准参考源电路,还包括以下步骤:

设置运算放大器的正相输入端和反相输入端具有相等的电压;

调节第一电阻、第二电阻和第三电阻,使第二电阻上的正温度系数的电压与第一双极型晶体管的负温度系数的电压相加,得到零温度系数的第一电压;

调节第四电阻,使经过第四电阻的负温度系数的电流与第一双极型晶体管和第二双极型晶体管的正温度系数的电流相加,得到零温度系数的电流。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,当所述第四电阻由第五电阻和第六电阻串联替代时,所述方法还包括:

调节所述第五电阻、第六电阻的相对大小,得到范围在 0V 和第一电压之间的零温度系数的第二电压。

一种提供零温度系数电压和电流的方法及电路

技术领域

[0001] 本发明涉及集成电路设计领域,尤其涉及一种提供零温度系数电压和电流的方法及电路。

背景技术

[0002] 带隙基准参考源电路广泛地应用于模拟电路中,带隙基准参考源电路可以提供一个与工艺、电压和温度无关的电压,该电压可用于温度检测电路、数据转换器、低压差线性稳压器等电路中。

[0003] 在现有的技术实现中,主要采用具有正温度特性的两个不同电流密度的三极管得到的 VBE 电压差,并将该电压加到一个低温度系数电阻(其温度系数与 VBE 电压差的温度系数相比甚微)上,得到一个与温度成正比的电流,再将该电流送给一个相同类型的低温度系数电阻,得到一个正温度系数的电压,该电压与三极管具有负温度系数的 VBE 电压相加,得到一个零温度系数电压。

[0004] 在深亚微米工艺下,芯片的集成度越来越高,功耗也越来越大,使得芯片的工作温度变化比较大,使得电路中的工作电流也随温度变化而变化,目前的技术仅提供零温度系数的电压,无法同时得到零温度系数的电流。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中存在的上述缺陷,本发明提出一种提供零温度系数电压和电流的方法及电路,能够同时提供零温度系数电压和零温度系数电路。

[0006] 本发明的一个方面,提供一种带隙基准参考源电路,其特征在于,包括第一双极型晶体管、第二双极型晶体管、第一晶体管、第二晶体管、运算放大器、第一电阻、第二电阻、第三电阻、第四电阻;其中,

[0007] 所述第一双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接所述第二电阻的一端和所述运算放大器的反相输入端;

[0008] 所述第二双极型晶体管的集电极和基极接地,发射极连接所述第一电阻的一端,所述第一电阻的另一端连接所述第三电阻的一端和所述运算放大器的正相输入端;

[0009] 所述第一晶体管的漏极连接所述第二电阻的另一端、所述第三电阻的另一端、所述第四电阻的一端,所述第四电阻的另一端接地;

[0010] 所述第一晶体管的栅极和所述第二晶体管的栅极连接所述运算放大器的输出端;所述第一晶体管的源极和所述第二晶体管的源极连接电源;所述第二晶体管的漏端为零温度系数电流输出端;

[0011] 所述第一电阻、第二电阻、第三电阻为正温度系数的电阻或负温度系数的电阻,所述第四电阻为正温度系数的电阻,且所述第四电阻的正温度系数大于所述第一电阻、第二电阻、第三电阻的温度系数的绝对值。

[0012] 作为上述技术方案的优选,所述第二电阻与第三电阻的阻值相等。

[0013] 作为上述技术方案的优选,所述第四电阻由第五电阻和第六电阻串联替代。

[0014] 作为上述技术方案的优选,还包括第七电阻,所述第七电阻连接在所述第一晶体管和第二电阻、第三电阻之间。

[0015] 作为上述技术方案的优选,所述第一晶体管、第二晶体管为 MOS 场效应管或双极性晶体管。

[0016] 本发明还提出一种提供零温度系数电压和电流,包括提供前述的带隙基准参考源电路,还包括以下步骤:

[0017] 设置误差放大器的正相输入端和反相输入端具有相等的电压;

[0018] 调节第一电阻、第二电阻和第三电阻,使第二电阻上的正温度系数的电压与第一双极型晶体管的负温度系数的电压相加,得到零温度系数的第一电压;

[0019] 调节第四电阻,使经过第四电阻的负温度系数的电流与第一双极型晶体管和第二双极型晶体管的正温度系数的电流相加,得到零温度系数的电流。

[0020] 作为上述技术方案的优选,当所述第四电阻由第五电阻和第六电阻串联替代时,所述方法还包括:

[0021] 调节所述第五电阻、第六电阻的相对大小,得到范围在 0V 和第一电压之间的零温度系数的第二电压。

[0022] 本发明通过采用正温度系数电阻 R4,得到一个负温度系数的电流,该电流与 PTAT 电流相加,得到一个零温度系数电流;利用产生的正温度系数电流,通过适当设置电阻 R1、R2、R3 的阻值,可以得到零温度系数电压 VBG;并且 VBG 不受电阻 R4 的影响;在实际制备中,会使得器件偏离设计值,可以通过微调 R1、R2、R3,得到零温度系数电压;通过微调 R4 的大小,得到零温度系数电流;利用电阻 R4A、R4B 的分压可以得到小于 1V 的带隙基准电压;通过调整 R4A、R4B 的比例,可实现多幅值大小的基准电压输出,给系统提供了更好的灵活性。

[0023] 本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述,并且,部分地从说明书中变得显而易见,或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在所写的说明书、权利要求书、以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

[0024] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0025] 附图用来提供对本发明的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与本发明的实施例一起用于解释本发明,并不构成对本发明的限制。在附图中:

[0026] 图 1 是本发明实施例提出的带隙基准参考源电路的结构图;

[0027] 图 2 是本发明实施例提出的另一种带隙基准参考源电路的结构图;

[0028] 图 3 是本发明实施例提出的又一种带隙基准参考源电路的结构图;

[0029] 图 4 是本发明实施例中提供零温度系数电压和电流的方法的流程图。

具体实施方式

[0030] 以下结合附图对本发明的优选实施例进行说明,应当理解,此处所描述的优选实施例仅用于说明和解释本发明,并不用于限定本发明。

[0031] 如图 1 所示为本发明实施例提出的带隙基准参考源电路,包括:

[0032] 第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2、第一晶体管 M1、第二晶体管 M2、运算放大器 A、第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3、第四电阻 R4；其中：

[0033] 第一双极型晶体管 Q1 的集电极和基极接地，发射极连接第二电阻 R2 的一端和运算放大器 A 的反相输入端 VN；

[0034] 第二双极型晶体管 Q2 的集电极和基极接地，发射极连接第一电阻 R1 的一端，第一电阻 R1 的另一端连接第三电阻 R3 的一端和运算放大器 A 的正相输入端 VP；

[0035] 第一晶体管 M1 的漏极连接第二电阻 R2 的另一端、第三电阻 R3 的另一端、第四电阻 R4 的一端，第四电阻 R4 的另一端接地；

[0036] 第一晶体管 M1 的栅极和第二晶体管 M2 的栅极连接运算放大器 A 的输出端；第一晶体管 M1 的源极和第二晶体管 M2 的源极连接电源 VDD；第二晶体管 M2 的漏端为零温度系数电流输出端；

[0037] 其中，第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3 为正温度系数的电阻或负温度系数的电阻，第四电阻 R4 为正温度系数的电阻，且第四电阻 R4 的正温度系数大于第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3 的温度系数的绝对值。

[0038] 以下，详细说明本发明实施例提出的带隙基准参考源电路的原理：

[0039] 首先做出如下假设：

[0040] 1、误差放大器 A 的增益足够大，并且输入阻抗无穷大，使得 VP、VN 点的电压相等；

[0041] 2、忽略电路中的失配，如电阻间的失配、晶体管间的失配，双极型晶体管间的失配。

[0042] 双极型晶体管的集电极电流与其发射极 - 基极电压之间的关系为：

$$[0043] \quad I_C = I_s \cdot e^{V_{EB}/V_T} \quad (1)$$

[0044] 其中， I_s 为双极型晶体管的饱和电流， V_T 为热电压， $V_T = KT/q$ ；K 为波尔兹曼常数，T 为绝对温度，q 为电子电荷， V_{EB} 为双极型晶体管的发射极 - 基极电压。

[0045] 双极型晶体管中的电流为：

$$[0046] \quad I_Q = I_E = I_B + I_C = (1 + 1/\beta_F) I_s \cdot e^{V_{EB}/V_T} \quad (2)$$

[0047] 其中， $I_C = I_B \times \beta_F$ ， I_B 为双极型晶体管的基极电流， β_F 为直流放大系数。

[0048] 所以，双极型晶体管的发射极 - 基极电压为：

$$[0049] \quad V_{EB} = V_T \cdot \ln\left(\frac{I_Q}{(1 + 1/\beta_F) \times I_s}\right) \quad (3)$$

[0050] 在图 1 中，电阻 R2、R3 大小相等，误差放大器 A 的正负输入端电压也相等，所以电阻 R2、R3 中的电流相等；因此第一双极型晶体管 Q1、第二双极型 Q2 中的电流 I_{Q1} 、 I_{Q2} 相等，二者的发射极 - 基极电压之差为

$$[0051] \quad \Delta V_{EB} = V_{EB1} - V_{EB2} = V_T \cdot \ln \frac{I_{Q1} I_{s2}}{I_{s1} I_{Q2}} = V_T \cdot \ln \frac{I_{s2}}{I_{s1}} \quad (4)$$

[0052] 在式 (4) 中，假定第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2 的发射极面积之比为 1:N，因此二者的饱和电流之比：

$$[0053] \quad I_{s1} : I_{s2} = 1 : N \quad (5)$$

[0054] 因此,第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2 的发射极 - 基极电压之差为:

$$[0055] \quad \Delta V_{EB} = V_T \cdot \ln N \quad (6)$$

[0056] 从图 1 中看到,第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2 中的电流等于电阻 R1 中电流:

$$[0057] \quad I_{Q1} = I_{Q2} = \frac{\Delta V_{EB}}{R1} = \frac{V_T \cdot \ln N}{R1} \quad (7)$$

[0058] 由此可见,第一双极型晶体管 Q1 电流 I_{Q1} 、第二双极型晶体管 Q2 电流 I_{Q2} 为正温度系数的电流。

[0059] 输出电压 VBG 为:

$$[0060] \quad VBG = V_{EB1} + I_{Q1} \cdot R2 = V_{EB1} + \frac{V_T \cdot \ln N}{R1} \times R2 \quad (8)$$

[0061] 其中, V_{EB1} 为第一双极型晶体管 Q1 的负温度系数的电压, $\frac{V_T \cdot \ln N}{R1} \times R2$ 产生正比于

温度的正温度系数的电压,通过适当设置电阻 R1、R2、R3 的阻值,可以得到零温度系数电压 VBG,并且 VBG 不受电阻 R4 的影响。

[0062] 因晶体管 M1 与 M2 尺寸相等,二者电流也相等,大小为第一双极型晶体管 Q1 电流 I_{Q1} 、第二双极型晶体管 Q2 电流 I_{Q2} 和电阻 R4 中电流 I_{R4} 之和:

$$[0063] \quad IM1 = IM2 = I_{Q1} + I_{Q2} + I_{R4} \quad (9)$$

[0064] 其中,第一双极型晶体管 Q1 电流 I_{Q1} 、第二双极型晶体管 Q2 电流 I_{Q2} 为正温度系数的电流,电阻 R4 中电流 I_{R4} 为负温度系数的电流,通过适当选择 R4 的大小,可以得到零温度系数电流,将晶体管 M1 中的电流镜像给晶体管 M2,因此,可采用晶体管 M2 向外提供零温度系数的电流,同时不影响零温度系数电压 VBG。

[0065] 如图 2 所示的实施例中,将上述第四电阻 R4 替换为两个串联的电阻 R4A 和 R4B,由此,可以获取电阻 R4B 上的电压 VBGLV:

$$[0066] \quad VBGLV = VBG * \frac{R4B}{R4A + R4B} \quad (10)$$

[0067] 电压 VBGLV 也是一个零温度系数的电压,通过调整 R4A、R4B 的相对大小,可以调整 VBGLV 的大小,使其在 0V 和 VBG 之间变化。

[0068] 如图 3 所示的实施例中,对带隙基准参考源电路进行了进一步的改进,具体地,该带隙基准参考源电路包括:

[0069] 第一双极型晶体管 Q1、第二双极型晶体管 Q2、第一晶体管 M1、第二晶体管 M2、运算放大器 A、第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3、第五电阻 R4A、第六电阻 R4B、第七电阻 R23;其中:

[0070] 第一双极型晶体管 Q1 的集电极和基极接地,发射极连接第二电阻 R2 的一端和运算放大器 A 的反相输入端 VN;第二电阻 R2 的另一端连接第七电阻 R23 的一端;

[0071] 第二双极型晶体管 Q2 的集电极和基极接地,发射极连接第一电阻 R1 的一端,第一电阻 R1 的另一端连接第三电阻 R3 的一端和运算放大器 A 的正相输入端 VP;第三电阻 R3 的另一端连接第七电阻 R23 的一端;

[0072] 第一晶体管 M1 的漏极连接第七电阻 R23 的另一端、第四电阻 R4A 的一端,第五电

阻 R4A 的另一端连接第六电阻 R4B 的一端,第六电阻 R4B 的另一端接地;

[0073] 第一晶体管 M1 的栅极和第二晶体管 M2 的栅极连接运算放大器 A 的输出端;第一晶体管 M1 的源极和第二晶体管 M2 的源极连接电源 VDD;第二晶体管 M2 的漏端为零温度系数电流输出端;

[0074] 其中,第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3 为正温度系数的电阻或负温度系数的电阻,第四电阻 R4 为正温度系数的电阻,且第四电阻 R4 的正温度系数大于第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3 的温度系数的绝对值。

[0075] 添加第七电阻 R23 后,可以减小总的电阻大小,降低芯片面积,因为在实现同样降压时,R23 中流过的电流为电阻 R2、R3 中电流之和,所以,这样可以使电阻的总阻值减小。

[0076] 如图 4 所示,本发明实施例提出的提供零温度系数电压和电流的方法,包括提供上述带隙基准参考源电路,还包括以下步骤:

[0077] 设置误差放大器的正相输入端和反相输入端具有相等的电压;

[0078] 调节第一电阻、第二电阻和第三电阻,使第二电阻上的正温度系数的电压与第一双极型晶体管的负温度系数的电压相加,得到零温度系数的第一电压;

[0079] 调节第四电阻,使经过第四电阻的负温度系数的电流与第一双极型晶体管和第二双极型晶体管的正温度系数的电流相加,得到零温度系数的电流。

[0080] 优选的,当所述第四电阻由第五电阻和第六电阻串联替代时,所述方法还包括:

[0081] 调节所述第五电阻、第六电阻的相对大小,得到范围在 0V 和第一电压之间的零温度系数的第二电压。

[0082] 本发明通过采用正温度系数电阻 R4,得到一个负温度系数的电流,该电流与 PTAT 电流相加,得到一个零温度系数电流;利用产生的正温度系数电流,通过适当设置电阻 R1、R2、R3 的阻值,可以得到零温度系数电压 VBG;并且 VBG 不受电阻 R4 的影响;在实际制备中,会使得器件偏离设计值,可以通过微调 R1、R2、R3,得到零温度系数电压;通过微调 R4 的大小,得到零温度系数电流;利用电阻 R4A、R4B 的分压可以得到小于 1V 的带隙基准电压;通过调整 R4A、R4B 的比例,可实现多幅值大小的基准电压输出,给系统提供了更好的灵活性。

[0083] 本领域内的技术人员应明白,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其等同技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

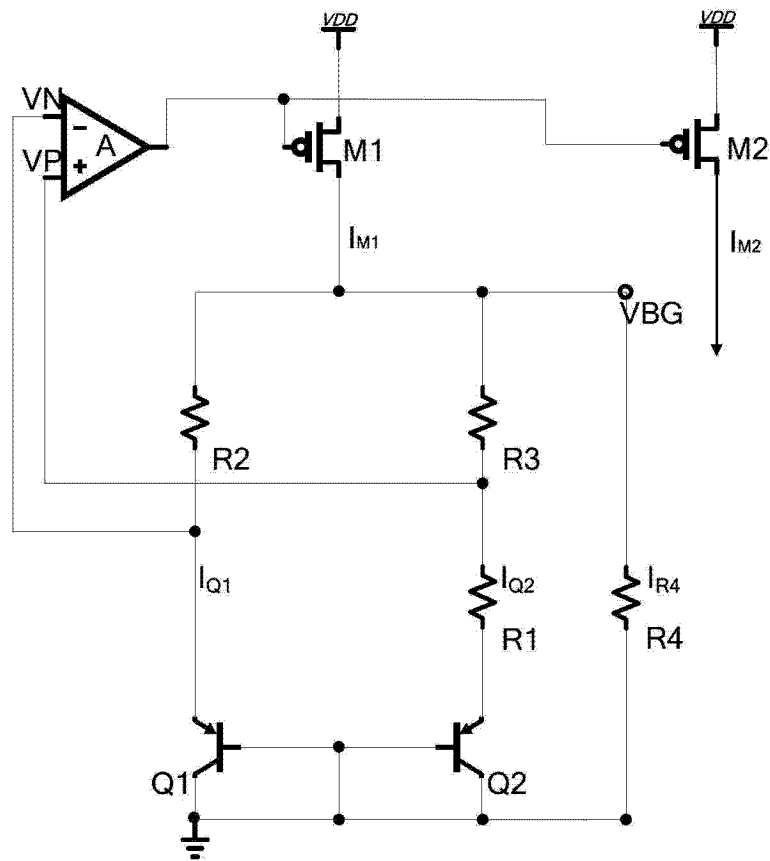


图 1

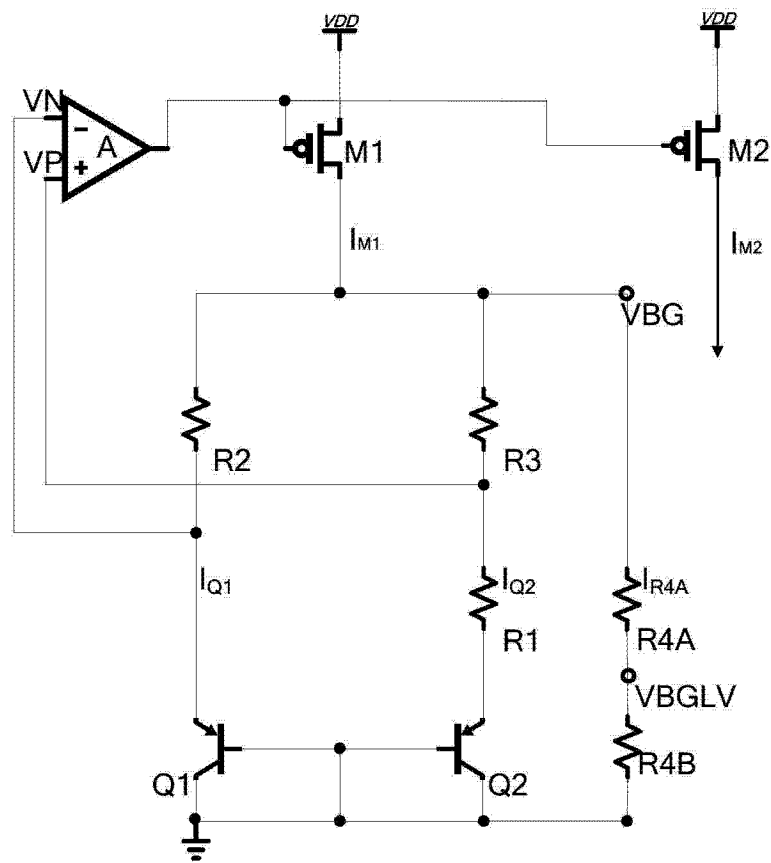


图 2

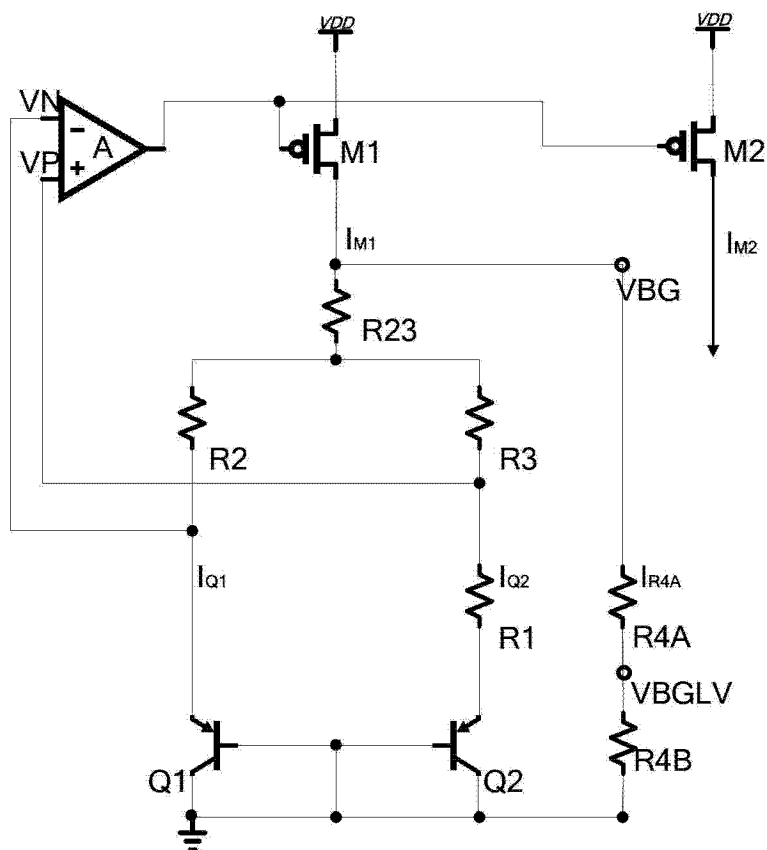


图 3

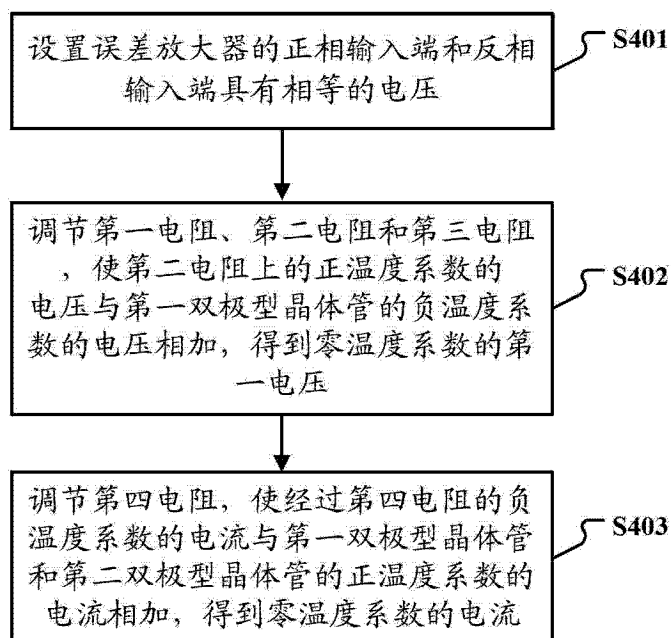


图 4