



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103885519 A

(43) 申请公布日 2014. 06. 25

(21) 申请号 201310021390. 6

(22) 申请日 2013. 01. 21

(30) 优先权数据

101148711 2012. 12. 20 TW

(71) 申请人 硅成积体电路股份有限公司

地址 中国台湾新竹科学工业园区新竹市东区科技五路2号

(72) 发明人 张竞宏 郭圳龙 吴清堂 吴忠政 郑仲皓

(74) 专利代理机构 北京华夏博通专利事务所 (普通合伙) 11264

代理人 刘俊

(51) Int. Cl.

G05F 1/567(2006. 01)

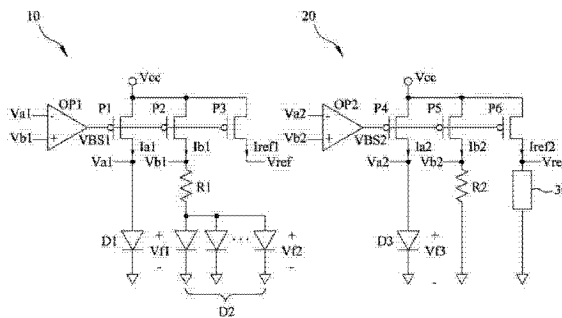
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

低电压能隙参考电路

(57) 摘要

本发明提供一种低电压能隙参考电路,用以在低电压下操作,包括正温度系数电路单元、负温度系数电路单元以及负载单元,分别提供具有正温度系数特性的电流以及负温度系数特性的电流以流过负载单元,藉以在负载单元上产生较不受温度影响的稳定参考电压,其中正温度系数电路单元包括第一差讯运算放大器、第一、第二及第三晶体管、第一电阻、第一及第二二极管,而负温度系数电路单元包括第二差讯运算放大器、第四、第五及第六晶体管、第二电阻以及第三二极管,本发明具有可低于输入电源的单一稳定操作点,因此,能避免无法低压启动的问题。



1. 一种低电压能隙参考电路,具有单一稳定操作点,并用以提供一参考电压,其特征在于,该低电压能隙参考电路包括:

一正温度系数电路单元,用以提供具有正温度系数特性的一正温度系数电流,包括一第一差讯运算放大器、一第一晶体管、一第二晶体管、一第三晶体管、一第一电阻、一第一二极管以及一第二二极管,其中该第一晶体管、该第二晶体管及该第三晶体管的源极连接该输入电源,该第一晶体管、该第二晶体管及该第三晶体管的栅极并联连接至该第一差讯运算放大器的输出端,该第一晶体管的汲极连接该第一二极管的正端,该第二晶体管的汲极连接该第一电阻的一端,该第一电阻的另一端连接该第二二极管的正端,而该第一二极管以及该第二二极管的负端为接地,且该第一晶体管的汲极进一步连接该第一差讯运算放大器的反相输入端,而该第二晶体管的汲极进一步连接该第一差讯运算放大器的非反相输入端;

一负温度系数电路单元,用以提供具有负温度系数特性的一负温度系数电流,包括一第二差讯运算放大器、一第四晶体管、一第五晶体管、一第六晶体管、一第二电阻以及一第三二极管,其中该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管的源极连接该输入电源,该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管的栅极并联连接至该第二差讯运算放大器的输出端,该第四晶体管的汲极连接该第三二极管的正端,该第三二极管的负端为接地,该第五晶体管的汲极连接该第二电阻的一端,该第二电阻的另一端为接地,且该第四晶体管的汲极进一步连接该第二差讯运算放大器的反相输入端,而该第五晶体管的汲极进一步连接该第二差讯运算放大器的非反相输入端;以及

一负载单元,其中该负载单元的一端连接该第三晶体管的汲极及该第六晶体管的汲极,且该负载单元的另一端为接地,且该负载单元的端电压为该参考电压。

2. 如权利要求 1 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该第二二极管是由多个电气特性相同于该第一二极管的二极管经并联连接而实现,而该第三二极管具有相同于该第一二极管的电气特性,该第一差讯运算放大器及该第二差讯运算放大器具有相同的电气特性,且该第一晶体管、该第二晶体管、该第三晶体管、该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管由具相同电气特性的 P 型金氧半场效晶体管实现。

3. 如权利要求 1 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该负载单元由一负载电阻而实现。

4. 如权利要求 1 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该单一稳定操作点小于该输入电源及 / 或该参考电压小于该输入电源。

5. 如权利要求 1 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该参考电压表示成:

参考电压 = 负载单元的电阻值 / 第二电阻 $\times 1.27$ (伏)。

6. 一种低电压能隙参考电路,具有单一稳定操作点,并用以提供一参考电压,而该参考电压小于一输入电源,其特征在于,该低电压能隙参考电路包括:

一正温度系数电路单元,用以提供具有正温度系数特性的一正温度系数电流,包括一第一差讯运算放大器、一第一晶体管、一第二晶体管、一第三晶体管、一第一电阻、一第一双极性晶体管以及一第二双极性晶体管,其中该第一晶体管、该第二晶体管及该第三晶体管的源极连接该输入电源,该第一晶体管、该第二晶体管及该第三晶体管的栅极并联连接至该第一差讯运算放大器的输出端,该第一晶体管的汲极连接该第一双极性晶体管的射极,

该第二晶体管的汲极连接该第一电阻的一端,该第一电阻的另一端连接该第二双极性晶体管的射极,而该第一双极性晶体管以及该第二双极性晶体管的基极以及集极为接地,且该第一晶体管的汲极进一步连接该第一差讯运算放大器的反相输入端,而该第二晶体管的汲极进一步连接该第一差讯运算放大器的非反相输入端;

一负温度系数电路单元,用以提供具有负温度系数特性的一负温度系数电流,包括一第二差讯运算放大器、一第四晶体管、一第五晶体管、一第六晶体管、一第二电阻以及一第三双极性晶体管,其中该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管的源极连接该输入电源,该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管的闸极并联连接至该第二差讯运算放大器的输出端,该第四晶体管的汲极连接该第三双极性晶体管的射极,该第三双极性晶体管的基极以及集极为接地,该第五晶体管的汲极连接该第二电阻的一端,该第二电阻的另一端为接地,且该第四晶体管的汲极进一步连接该第二差讯运算放大器的反相输入端,而该第五晶体管的汲极进一步连接该第二差讯运算放大器的非反相输入端;以及

一负载单元,其中该负载单元的一端连接该第三晶体管的汲极及该第六晶体管的汲极,且该负载单元的另一端为接地。

7. 如权利要求 6 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该第二双极性晶体管是由多个电气特性相同于该第一双极性晶体管的双极性晶体管经并联连接而实现,而该第三双极性晶体管具有相同于该第一双极性晶体管的电气特性,该第一差讯运算放大器及该第二差讯运算放大器具有相同的电气特性,且该第一晶体管、该第二晶体管、该第三晶体管、该第四晶体管、该第五晶体管及该第六晶体管由具相同电气特性的 P 型金氧半场效晶体管实现。

8. 如权利要求 7 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该负载单元由一负载电阻而实现。

9. 如权利要求 6 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该单一稳定操作点小于该输入电源及 / 或该参考电压小于该输入电源。

10. 如权利要求 6 所述的低电压能隙参考电路,其特征在于,该参考电压表示成:
参考电压 = 负载单元的电阻值 / 第二电阻 $\times 1.27$ (伏)。

低电压能隙参考电路

技术领域

[0001] 本发明涉及一种低电压能隙参考电路,尤其是具有小于输入电源的单一稳定操作点,并提供小于输入电源的参考电压。

背景技术

[0002] 一般高功能电子电路的正常操作需要不受输入电源、负载程度、温度影响的参考电压,比如当作比较器的输入信号,藉以判断内部或外部特定电气信号大小。参考电压通常是由具复杂结构的参考电路而实现,以降低并阻隔输入电源、负载程度、温度的影响。

[0003] 在现有技术中,业者已开发出许多能防止输入电源及负载影响的参考电路,但是对于温度的影响,一般是利用差讯运算放大器,配合多个电阻及多个二极管,组合成同时具有正温度系数及负温度系数的电路,尤其是正温度系数及负温度系数的大小被设计成相互抵消,因此,可消除或大幅降低温度的影响,亦即整体参考电路的一阶或二阶温度系数为零。

[0004] 如图 1 所示的现有技术能隙参考电路,其中能隙参考电路包括差讯运算放大器 OP、金氧半场效晶体管 P、第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3、第一二极管 D1 及第二二极管 D2,可在金氧半场效晶体管 P 的汲极产生参考电压 V_{ref} 而输出,其中第二二极管 D2 是由多个电气特性相同于第一二极管 D1 的二极管经并联连接而实现。

[0005] 具体而言,差讯运算放大器 OP 的输出端连接金氧半场效晶体管 P 的闸极,金氧半场效晶体管 P 的源极连接输入电源 V_{cc} ,第一电阻 R1 串接在金氧半场效晶体管 P 的汲极以及第一二极管 D1 的正端之间,第二电阻 R2 及第三电阻 R3 串接结合而进一步连接至金氧半场效晶体管 P 的汲极以及第二二极管 D2 的正端之间。尤其是,第一二极管 D1 的正端进一步连接至差讯运算放大器 OP 的反相输入端,而第二电阻 R2 及第三电阻 R3 的串接点进一步连接至差讯运算放大器 OP 的非反相输入端,藉以提供回授控制路径。

[0006] 图 1 现有技术能隙参考电路的详细操作分析如下。

[0007] 首先,依据方程式 (1) 所示的二极管的电流-电压特性方程式:

$$[0008] \quad I = I_s \cdot \left(e^{\frac{q \cdot V_f}{k \cdot T}} - 1 \right)$$

$$[0009] \quad \cong I_s \cdot e^{\frac{q \cdot V_f}{k \cdot T}} \quad V_f \gg \frac{k \cdot T}{q} \quad (1)$$

[0010] 其中 q : 一个电子的电量 ($1.6 \times 10^{-19} \text{C}$)

[0011] K : 波次曼常数 ($1.38 \times 10^{-23} \text{J/K}$)

[0012] T : 绝对温度

[0013] I_s : 逆向饱和电流

$$[0014] \quad V_f: \text{热电压} \left(\text{热电压} = \frac{k \cdot T}{q} \cong 26 \text{mV at } 25^\circ \text{C} \right)$$

[0015] 且导通电压 V_f 可表示为方程式 (2) : $V_f = V_T \cdot \ln\left(\frac{I}{I_s}\right)$ (2)

[0016] 因此,当 OP 稳定时,反相输入电压 V_a 等于非反相输入电压 V_b ,亦即 $I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$,其中第一电流 I_1 及第二电流 I_2 分别流过第一电阻 R_1 及第二电阻 R_2 。将方程式 (2) 带入下式,可得到

$$[0017] \quad V_{f1} = V_T \cdot \ln\left(\frac{I_1}{I_s}\right)$$

$$[0018] \quad V_{f2} = V_T \cdot \ln\left(\frac{I_2}{N \cdot I_s}\right)$$

[0019] 并可进一步整理得到如方程式 (3) 所示的差额,

$$[0020] \quad dV_f = V_{f1} - V_{f2}$$

$$[0021] \quad = V_T \cdot \ln\left(\frac{N \cdot I_1}{I_2}\right)$$

$$[0022] \quad = V_T \cdot \ln\left(\frac{N \cdot R_2}{R_1}\right) \quad (3)$$

[0023] 此外,图 1 中的参考电压 V_{ref} 可整理如方程式 (4) 所示,

$$[0024] \quad V_{ref} = V_{f1} + I_1 \cdot R_1$$

$$[0025] \quad = V_{f1} + I_2 \cdot R_2$$

$$[0026] \quad = V_{f1} + \left(\frac{dV_f}{R_3}\right) \cdot R_2$$

$$[0027] \quad = V_{f1} + \left(\frac{R_2}{R_3}\right) \cdot dV_f \quad (4)$$

[0028] 接着,将 (3) 带入 (4) 中,得到方程式 (5),

$$[0029] \quad V_{ref} = V_{f1} + V_T \cdot \left(\frac{R_2}{R_3}\right) \cdot \ln\left(\frac{N \cdot R_2}{R_1}\right) \quad (5)$$

[0030] 其中方程式 (5) 的 V_{f1} 为二极管的内建电位 (build-in voltage),具有负温度系数等于 $-2.2\text{mV}/^\circ\text{C}$,且具有正温度系数等于 $+0.085\text{mV}/^\circ\text{C}$ 。进一步将温度参数代入,方程式 (5) 可写成方程式 (6),

[0031]

$$V_{ref}(T) = (V_{f10} - 2.2 \times 10^{-3} \cdot \Delta T) + (V_{T0} + 0.085 \times 10^{-3} \cdot \Delta T) \cdot \left(\frac{R_2}{R_3}\right) \cdot \ln\left(\frac{N \cdot R_2}{R_1}\right) \quad (6)$$

[0032] 因此,若 $V_{ref}(T)$ 温度系数等于零,则

$$[0033] \quad \frac{\partial V_{ref}}{\partial T} = 0$$

[0034] 得到方程式 (7),

$$[0035] \quad \left(\frac{R_2}{R_3}\right) \cdot \ln\left(\frac{N \cdot R_2}{R_1}\right) = 25.88 \quad (7)$$

[0036] 此时,在 25°C 时, V_{f10} 约为 0.6V , V_{T0} 约为 0.026V ,并将方程式 (7) 带入方程式 (6)

中,可得方程式 (8),

$$[0037] \quad V_{ref} = 0.6 + 0.026 \cdot 25.88 = 1.27 \quad (8)$$

[0038] 因此,综合以上所述,图 1 的参考电路可得到 1.27V 的参考电压,而与第一、第二、第三电阻无关,此参考电压值虽然会因不同的半导体制程技术而有些微改变,但是变化不大,通常 V_{f10} 约为 0.5V~0.7V 时,则参考电压 V_{ref} 约为 1.17V~1.37V。

[0039] 然而,上述现有技术参考电路的缺点在于,无法在输入电源 V_{cc} 低于 1.27V 的参考电压 V_{ref} 下使用,因差讯运算放大器 OP 及金氧半场效晶体管 P 无法正常操作。

[0040] 另一现有技术的参考电路如图 2 所示,类似于图 1 的架构,包括差讯运算放大器 OP、第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3、第一电阻 R1、第二电阻 R2、第三电阻 R3、第四电阻 R4、第一二极管 D1 及第二二极管 D2,其中第二二极管 D2 是由多个电气特性相同于第一二极管 D1 的二极管经并联连接而实现。

[0041] 具体而言,运算放大器 OP 的输出端连接第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3 的闸极,第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3 的源极连接输入电源 V_{cc} ,第一二极管 D1 的正端及第一电阻 R1 的一端连接至第一晶体管 P1 的汲极,第二电阻 R2 及第三电阻 R3 的一端连接至第二晶体管 P2 的汲极,第三电阻 R3 的另一端连接至第二二极管 D2 的正端,第四电阻 R4 的一端连接至第三晶体管 P3 的汲极。此外,第一电阻 R1 的另一端、第一二极管 D1 的负端、第二二极管 D2 的负端、第二电阻 R2 的另一端、第四电阻 R4 的另一端为接地。

[0042] 尤其是,第一晶体管 P1 的汲极进一步连接至差讯运算放大器 OP 的反相输入端,而第二晶体管 P2 的汲极进一步连接至差讯运算放大器 OP 的非反相输入端,藉以提供回授控制路径,并由第三晶体管 P3 的汲极产生参考电压 V_{ref} 。

[0043] 图 2 现有技术能隙参考电路的详细操作分析如下。

[0044] 晶体管 P1、P2 及 P3 具有相同电气特性并且电阻 R1 及 R2 具有相同电气特性,当差讯运算放大器 OP 稳定操作时,反相输入电压 V_a 等于非反相输入电压 V_b ,亦即 $I_{1a} = I_{2a}$ 且 $I_{1b} = I_{2b}$,其中电流 I_{1a} 流过第一二极管 D1,电流 I_{2a} 流过第三电阻 R3,电流 I_{1b} 流过第一电阻 R1,电流 I_{2b} 流过第二电阻 R2。因此,可得到方程式 (9),

$$[0045] \quad dV_f = V_{f1} - V_{f2}$$

$$[0046] \quad = V_T \cdot \ln \left(\frac{N \cdot I_{1a}}{I_{2a}} \right)$$

$$[0047] \quad = V_T \cdot \ln(N) \quad (9)$$

[0048] 而且参考电压 V_{ref} 可表示成方程式 (10),

$$[0049] \quad V_{ref} = R4 \cdot I3$$

$$[0050] \quad = R4 \cdot (I_{2b} + I_{2a})$$

$$[0051] \quad = R4 \cdot \left(\frac{V_{f1}}{R2} + \frac{dV_f}{R3} \right)$$

$$[0052] \quad = \frac{R4}{R2} \cdot \left[V_{f1} + \left(\frac{R2}{R3} \right) \cdot dV_f \right] \quad (10)$$

[0053] 同时,可由上述方程式 (4) 及 (8) 得到方程式 (11) 的结果,

$$[0054] \quad [V_{fl} + (\frac{R2}{R3}) \cdot dV_{fl}] = 1.27 \quad (11)$$

[0055] 并将方程式 (11) 带入方程式 (10) 中, 可得方程式 (12) 所示的参考电压 V_{ref} ,

$$[0056] \quad V_{ref} = \frac{R4}{R2} \times 1.27 \quad (12)$$

[0057] 因此, 参考电压 V_{ref} 约可经由改变电阻 $R4/R2$ 来自由调整, 故可在电源电压 V_{cc} 低于 1.27V 下使用。

[0058] 然而, 上述参考电路的问题在于, 如果电阻 $R1 = R2$, 且在启动时 V_a 、 V_b 未达二极管 $D1$ 、 $D2$ 的切入电压 V_{th} , 则将使得电流 $I_{1b} \gg I_{1a}$ 且 $I_{2b} \gg I_{2a}$, 导致 V_a 几乎等于 V_b , 差讯运算放大器 OP 无正常动作, 而造成启动错误。另一问题在于, 此参考电路具有多个稳定操作点, 亦即反相输入电压 V_a 以及非反相输入电压 V_b 具有多个交叉点, 如图 3 所示, 在稳定操作点 A 时, 可正常操作, 而在多个稳定操作点 B 时, 亦即反相输入电压 V_a 的曲线以及非反相输入电压 V_b 相互重合的部分, 此时反相输入电压 V_a 以及非反相输入电压 V_b 在未达到二极管 $D1$ 、 $D2$ 的切入电压 V_{th} 时, 便已进入稳定操作点, 导致整体电路运作错误而失效。

[0059] 因此, 需要一种低电压能隙参考电路, 可以任意调整输出的参考电压, 并可具有低于输入电源的单一稳定操作点, 能避免电路在低压下无法正常启动, 藉以解决上述现有技术的问题。

发明内容

[0060] 本发明的主要目的在提供一种低电压能隙参考电路, 用以在低电压下操作而提供稳定的参考电压, 包括正温度系数电路单元、负温度系数电路单元以及负载单元, 分别提供具有正温度系数特性的正温度系数电流以及负温度系数特性的负温度系数电流以流过负载单元, 因正温度系数特性及负温度系数特性相互抵消, 藉以在负载单元上产生较不受温度影响的稳定参考电压。

[0061] 正温度系数电路单元包括第一差讯运算放大器、第一晶体管、第二晶体管、第三晶体管、第一电阻、第一二极管以及第二二极管, 其中第一晶体管、第二晶体管及第三晶体管的源极连接输入电源, 第一晶体管、第二晶体管及第三晶体管的闸极并联连接至第一差讯运算放大器的输出端, 第一晶体管的汲极连接第一二极管的正端, 第二晶体管的汲极连接第一电阻的一端, 第一电阻的另一端连接第二二极管的正端, 而第一二极管以及第二二极管的负端为接地。

[0062] 第一晶体管的汲极进一步连接第一差讯运算放大器的反相输入端, 而第二晶体管的汲极进一步连接第一差讯运算放大器的非反相输入端。

[0063] 负温度系数电路单元包括第二差讯运算放大器、第四晶体管、第五晶体管、第六晶体管、第二电阻以及第三二极管, 其中第四晶体管、第五晶体管及第六晶体管的源极连接输入电源, 第四晶体管、第五晶体管及第六晶体管的闸极并联连接至第二差讯运算放大器的输出端, 第四晶体管的汲极连接第三二极管的正端, 第三二极管的负端为接地, 第五晶体管的汲极连接第二电阻的一端, 第二电阻的另一端为接地。

[0064] 第四晶体管的汲极进一步连接第二差讯运算放大器的反相输入端, 而第五晶体管的汲极进一步连接第二差讯运算放大器的非反相输入端。

[0065] 负载单元的一端连接第三晶体管的源极及第六晶体管的源极,且负载单元的另一端为接地,其中负载单元可由负载电阻而实现。

[0066] 此外,第二二极管是由多个电气特性相同于第一二极管的二极管经并联连接而实现,而第三二极管具有相同于第一二极管的电气特性,第一差讯运算放大器及第二差讯运算放大器具有相同的电气特性,且第一晶体管、第二晶体管、第三晶体管、第四晶体管、第五晶体管及第六晶体管具有相同的电气特性。

[0067] 因此,正温度系数电路单元藉第三晶体管的汲极提供正温度系数电流而流过负载单元,同时负温度系数电路单元藉第六晶体管的汲极提供负温度系数电流而流过负载单元,藉以在负载单元上产生较不受温度影响的端电压,亦即所需的参考电压。

[0068] 本发明的另一目的在提供一种低电压能隙参考电路,主要是利用基极-射极短路连接的双极性晶体管取代二极管,亦即在正温度系数电路单元中利用第一双极性晶体管及第二双极性晶体管取代第一二极管及第二二极管,并负温度系数电路单元中利用第三双极性晶体管取代第三二极管,其中第一双极性晶体管、第二双极性晶体管及第三双极性晶体管的基极及集极接地,而第一双极性晶体管、第二双极性晶体管及第三双极性晶体管的射极的连接方式如同第一二极管、第二二极管、第三二极管的正端的连接方式。

[0069] 此外,第二双极性晶体管是由多个电气特性相同于第一双极性晶体管的双极性晶体管而实现,且第三双极性晶体管的电气特性相同于第一双极性晶体管。

[0070] 因此,也同样可在低压操作并提供较不受温度影响的参考电压,尤其是,本发明只具有低电压的单一稳定操作点,可确保整体电气特性的操作稳定度,避免内部放大器发生启动操作错误。

附图说明

[0071] 图 1 显示现有技术能隙参考电路的示意图;

[0072] 图 2 显示现有技术另一能隙参考电路的示意图;

[0073] 图 3 显示现有技术能隙参考电路的波形图;

[0074] 图 4 显示本发明第一实施例低电压能隙参考电路的示意图;

[0075] 图 5 显示本发明第二实施例低电压能隙参考电路的示意图;以及

[0076] 图 6 显示本发明低电压能隙参考电路的操作波形图。

[0077] 其中,附图标记说明如下:

[0078] 10 正温度系数电路单元

[0079] 11 正温度系数电路单元

[0080] 20 负温度系数电路单元

[0081] 21 负温度系数电路单元

[0082] 30 负载单元

[0083] A 稳定操作点

[0084] B 稳定操作点

[0085] C 稳定操作点

[0086] D1 第一二极管

[0087] D2 第二二极管

- [0088] I1 第一电流
- [0089] I2 第二电流
- [0090] I1a、I2a、I1b、I2b 电流
- [0091] Ia1、Ia2、Ib1、Ib2 电流
- [0092] Iref1 正温度系数电流
- [0093] Iref2 负温度系数电流
- [0094] OP 差讯运算放大器
- [0095] OP1 第一差讯运算放大器
- [0096] OP2 第二差讯运算放大器
- [0097] P 金氧半场效晶体管
- [0098] P1 第一晶体管
- [0099] P2 第二晶体管
- [0100] P3 第三晶体管
- [0101] P4 第四晶体管
- [0102] P5 第五晶体管
- [0103] P6 第六晶体管
- [0104] Q1 第一双极性晶体管
- [0105] Q2 第二双极性晶体管
- [0106] Q3 第三双极性晶体管
- [0107] R1 第一电阻
- [0108] R2 第二电阻
- [0109] R3 第三电阻
- [0110] R4 第四电阻
- [0111] RL 负载电阻
- [0112] Vcc 输入电源
- [0113] Vref 参考电压

具体实施方式

[0114] 以下配合图式及组件符号对本发明的实施方式做更详细的说明,以令本领域技术人员参照说明书文字能够据以实施。

[0115] 参阅图 4,图 4 为本发明低电压能隙参考电路的示意图。如图 4 所示,本发明的低电压能隙参考电路包括正温度系数电路单元 10、负温度系数电路单元 20 以及负载单元 30,用以在低电压的输入电源 Vcc 下操作而提供稳定的参考电压 Vref,其中正温度系数电路单元 10 提供具有正温度系数特性的正温度系数电流 Iref1,而负温度系数电路单元 20 提供具有负温度系数特性的负温度系数电流 Iref2,且正温度系数电流 Iref1 及负温度系数电流 Iref2 合并而流过负载单元 30,因此可使正温度系数特性及负温度系数特性相互抵消,而在负载单元 30 形成温度系数为零或非常趋近于零的端电压,亦即参考电压 Vref。

[0116] 具体而言,正温度系数电路单元 10 包括第一差讯运算放大器 OP1、第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3、第一电阻 R1、第一二极管 D1 以及第二二极管 D2,用以产生

正温度系数电流 I_{ref1} 。第一晶体管 P1、第二晶体管 P2 及第三晶体管 P3 的源极连接输入电源 V_{cc} ，第一晶体管 P1、第二晶体管 P2 及第三晶体管 P3 的栅极并联连接，并进一步连接至第一差讯运算放大器 OP1 的输出端，第一晶体管 P1 的汲极连接第一二极管 D1 的正端，第二晶体管 P2 的汲极连接第一电阻 R1 的一端，第一电阻 R1 的另一端连接第二二极管 D2 的正端，而第一二极管 D1 以及第二二极管 D2 的负端为接地。

[0117] 此外，第一晶体管 P1 的汲极进一步连接第一差讯运算放大器 OP1 的反相输入端，当作第一反相输入电压 V_{a1} ，而第二晶体管 P2 的汲极进一步连接第一差讯运算放大器 OP1 的非反相输入端，当作第一非反相输入电压 V_{b1} 。

[0118] 负温度系数电路单元 20 包括第二差讯运算放大器 OP2、第四晶体管 P4、第五晶体管 P5、第六晶体管 P6、第二电阻 R2 以及第三二极管 D3，用以产生负温度系数电流 I_{ref2} 。第四晶体管 P4、第五晶体管 P5 及第六晶体管 P6 的源极连接输入电源 V_{cc} ，第四晶体管 P4、第五晶体管 P5 及第六晶体管 P6 的栅极并联连接至第二差讯运算放大器 OP2 的输出端，第四晶体管 P4 的汲极连接第三二极管 D3 的正端，第三二极管 D3 的负端为接地，第五晶体管 P5 的汲极连接第二电阻 R2 的一端，第二电阻 R2 的另一端为接地。此外，第四晶体管 P4 的汲极进一步连接第二差讯运算放大器 OP2 的反相输入端，当作第二反相输入电压 V_{a2} ，而第五晶体管 P5 的汲极进一步连接第二差讯运算放大器 OP2 的非反相输入端，当作第二非反相输入电压 V_{b2} 。

[0119] 负载单元 30 的一端连接第三晶体管 P3 的汲极及第六晶体管 P6 的汲极，且负载单元 30 的另一端为接地。具体而言，负载单元 30 可由负载电阻而实现。

[0120] 较佳的，第二二极管 D2 可由多个电气特性相同于第一二极管 D1 的二极管经并联连接而实现，而第三二极管 D3 具有相同于第一二极管 D1 的电气特性。第一差讯运算放大器 OP1 及第二差讯运算放大器 OP2 具有相同的电气特性，且第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3、第四晶体管 P4、第五晶体管 P5 及第六晶体管 P6 亦具有相同的电气特性。

[0121] 因此，正温度系数电路单元 10 藉第三晶体管 P3 的源极所提供的正温度系数电流 I_{ref1} ，以及负温度系数电路单元 20 利用第六晶体管 P6 的源极所提供负温度系数电流 I_{ref2} ，同时流过负载单元 30，而在负载单元 30 上产生较不受温度影响的端电压，亦即所需的参考电压 V_{ref} 。

[0122] 以下将详细说明图 4 中本发明第一实施例低电压能隙参考电路的操作，同时为方便说明，负载单元 30 是以负载电阻 R_L 而实现。

[0123] 首先，当第一差讯运算放大器 OP1 及第二差讯运算放大器 OP2 稳定操作时，第一反相输入电压 V_{a1} 等于第一非反相输入电压 V_{b1} ，且第二反相输入电压 V_{a2} 等于第二非反相输入电压 V_{b2} ，因此，流过第一晶体管 P1 的汲极的电流 I_{a1} 、流过第二晶体管 P2 的汲极的电流 I_{b1} 、流过第三晶体管 P3 的汲极的正温度系数电流 I_{ref1} 、流过第四晶体管 P4 的汲极的电流 I_{a2} 、流过第五晶体管 P5 的汲极的电流 I_{b2} 以及流过第六晶体管 P6 的汲极的负温度系数电流 I_{ref2} 相等。

[0124] 可由方程式 (13) 及方程式 (14)，推导出参考电压 V_{ref} ，

$$[0125] \quad dV_f = V_{f1} - V_{f2}$$

$$[0126] \quad = V_T \cdot \ln \left(\frac{N \cdot I_{a1}}{I_{b2}} \right)$$

$$[0127] \quad = V_T \cdot \ln(N) \quad (13)$$

$$[0128] \quad V_{ref} = R_L \cdot (I_{ref1} + I_{ref2})$$

$$[0129] \quad = R_L \cdot \left(\frac{V_{f1}}{R_2} + \frac{dV_f}{R_1} \right)$$

$$[0130] \quad = \frac{R_L}{R_2} \cdot \left[V_{f1} + \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot dV_f \right] \quad (14)$$

[0131] 再配合方程式 (4) 及方程式 (8), 推导出方程式 (15) 的结果,

$$[0132] \quad \left[V_{f1} + \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \cdot dV_f \right] = 1.27 \quad (15)$$

[0133] 最后, 将方程式 (15) 代入方程式 (14), 得到如方程式 (16) 所示的参考电压 V_{ref} ,

$$[0134] \quad V_{ref} = \frac{R_L}{R_2} \times 1.27 \quad (16)$$

[0135] 因此, 可由方程式 (16) 清楚得知, 参考电压 V_{ref} 可藉改变负载电阻 R_L 及第二电阻 R_2 的比值而调整, 亦即与负载电阻 R_L 及第二电阻 R_2 的绝对数值无关, 尤其是对于一般的集成电路制程而言, 电阻比值的变动可控制到非常小, 亦即可得到误差很小且相当精准的电阻比值, 因此参考电压 V_{ref} 的精确度可获得大幅改善。

[0136] 请参阅图 5, 本发明第二实施例低电压能隙参考电路的示意图。如图 5 所示, 类似于上述图 4 的第一实施例低电压能隙参考电路, 本发明第二实施例的低电压能隙参考电路包括正温度系数电路单元 11、负温度系数电路单元 21 以及负载单元 30, 用以在低电压的输入电源 V_{cc} 下操作而提供稳定的参考电压 V_{ref} , 其中正温度系数电路单元 11 正温度系数电流 I_{ref1} , 而负温度系数电路单元 21 提供负温度系数电流 I_{ref2} , 并且合并流过负载单元 30 而形成温度系数为零或非常趋近于零的参考电压 V_{ref} 。

[0137] 具体而言, 正温度系数电路单元 11 包括第一差讯运算放大器 OP1、第一晶体管 P1、第二晶体管 P2、第三晶体管 P3、第一电阻 R_1 、第一双极性晶体管 Q1 以及第二双极性晶体管 Q2, 用以产生正温度系数电流 I_{ref1} , 而负温度系数电路单元 21 包括第二差讯运算放大器 OP2、第四晶体管 P4、第五晶体管 P5、第六晶体管 P6、第二电阻 R_2 以及第三双极性晶体管 Q3, 用以产生负温度系数电流 I_{ref2} 。

[0138] 要注意的是, 第二实施例低电压能隙参考电路类似于第一实施例低电压能隙参考电路, 而主要的差异是在于正温度系数电路单元 11 是利用第一双极性晶体管 Q1 以及第二双极性晶体管 Q2 分别以取代第一实施例中正温度系数电路单元 10 的第一二极管 D1 以及第二二极管 D2, 同时, 负温度系数电路单元 21 是利用第三双极性晶体管 Q3 以取代第一实施例中负温度系数电路单元 20 的第三二极管 D3。其余相同组件的详细特征在此不再赘述。

[0139] 较佳的, 第一双极性晶体管 Q1、第二双极性晶体管 Q2 以及第三双极性晶体管 Q3 可由 PNP 双极性晶体管而实现, 且第三双极性晶体管 Q3 的电气特性相同于第一双极性晶体管 Q1, 尤其是, 第一双极性晶体管 Q1、第二双极性晶体管 Q2 以及第三双极性晶体管 Q3 中的基极及集极短路连接至接地, 亦即利用基极 - 集极短路的 PNP 双极性晶体管当作二极管。此外, 第一双极性晶体管 Q1、第二双极性晶体管 Q2 以及第三双极性晶体管 Q3 的操作同第一二极管 D1、第二二极管 D2 以及第三二极管 D3, 不再赘述。

[0140] 因此,第二实施例低电压能隙参考电路所产生的参考电压如上述方程式(16)所示,亦即可藉改变负载电阻对第二电阻的比值获得放大倍率,进而得到该放大倍率乘以1.27V的参考电压 V_{ref} 。

[0141] 为进一步说明本发明低电压能隙参考电路的技术特征,请参阅图6,本发明低电压能隙参考电路的操作波形图,而要注意的是,本发明中第一实施例或第二实施例低电压能隙参考电路的操作皆适用于图6。如图6所示,本发明的低电压能隙参考电路只具有单一稳定操作点C亦即第一反相输入电压 V_{a1} 、第一非反相输入电压 V_{b1} 、第二反相输入电压 V_{a2} 以及第二非反相输入电压 V_{b2} 只同时交叉在单一点,且稳定操作点的电压约为0.76V,远低于1.27V,因而本发明的低电压能隙参考电路可在输入电源 V_{CC} 低于1.27V下正常操作而产生所需的参考电压 V_{ref} ,能避免一般内部的运算放大器无法在低压下正常启动而操作的问题,符合低压操作的特性。

[0142] 以上所述者仅为用以解释本发明的较佳实施例,并非企图据以对本发明做任何形式上的限制,因此,凡有在相同的发明精神下所作有关本发明的任何修饰或变更,皆仍应包括在本发明意图保护的范畴。

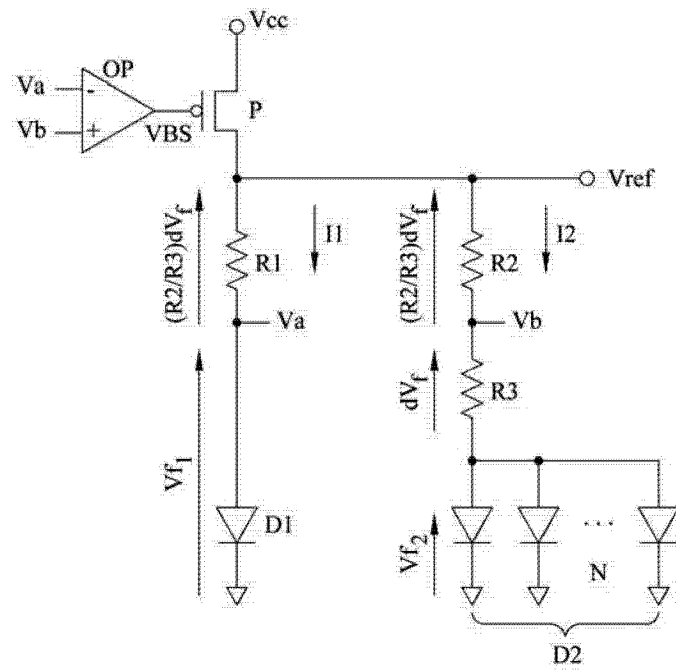


图 1

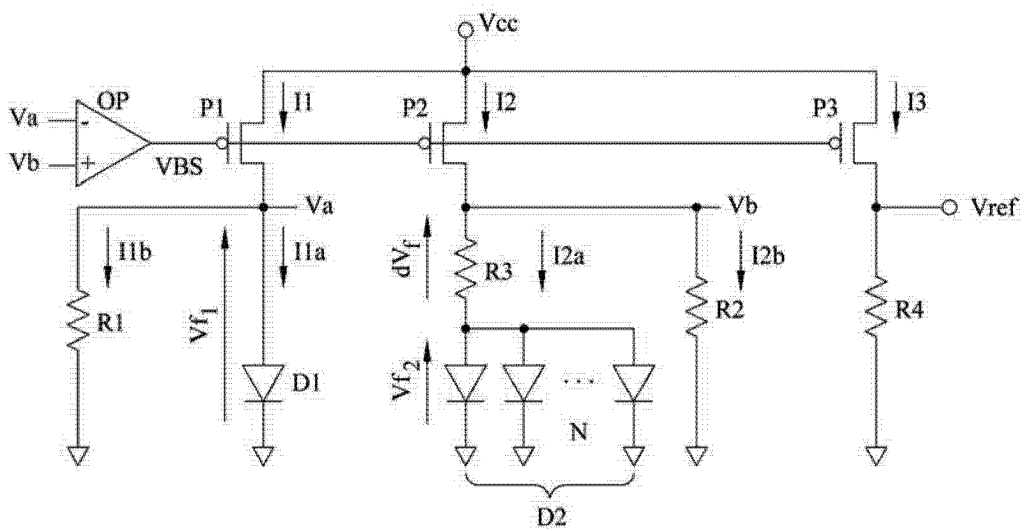


图 2

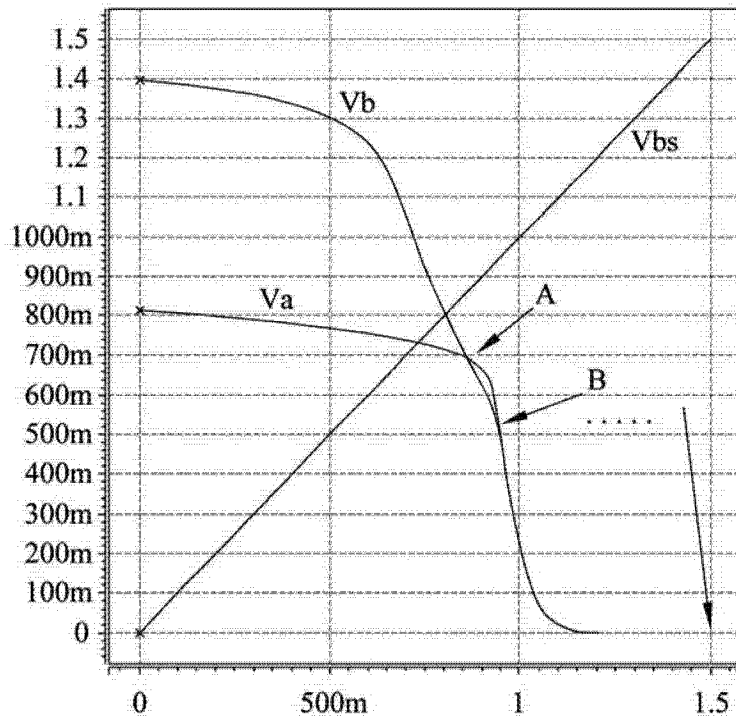


图 3

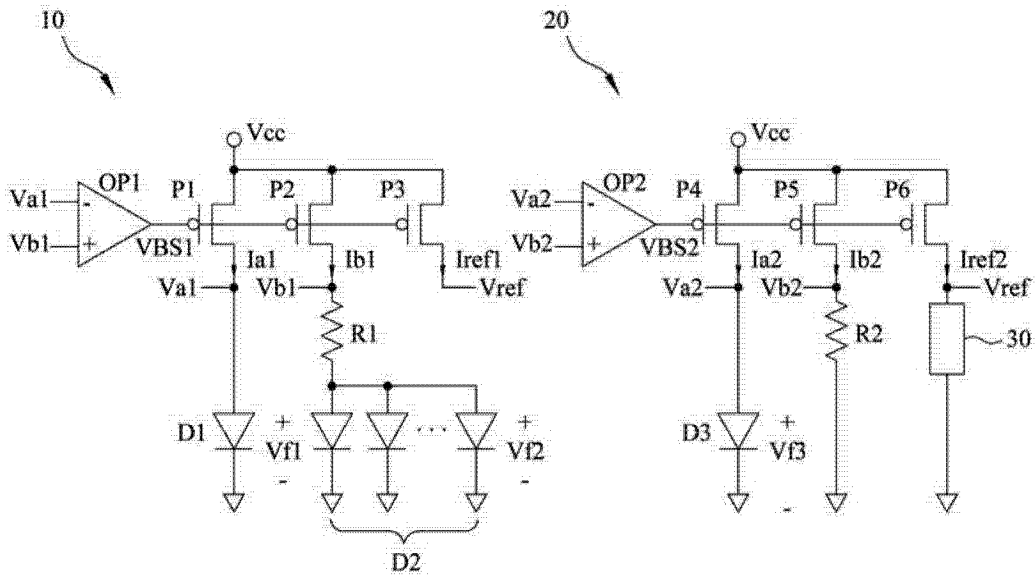


图 4

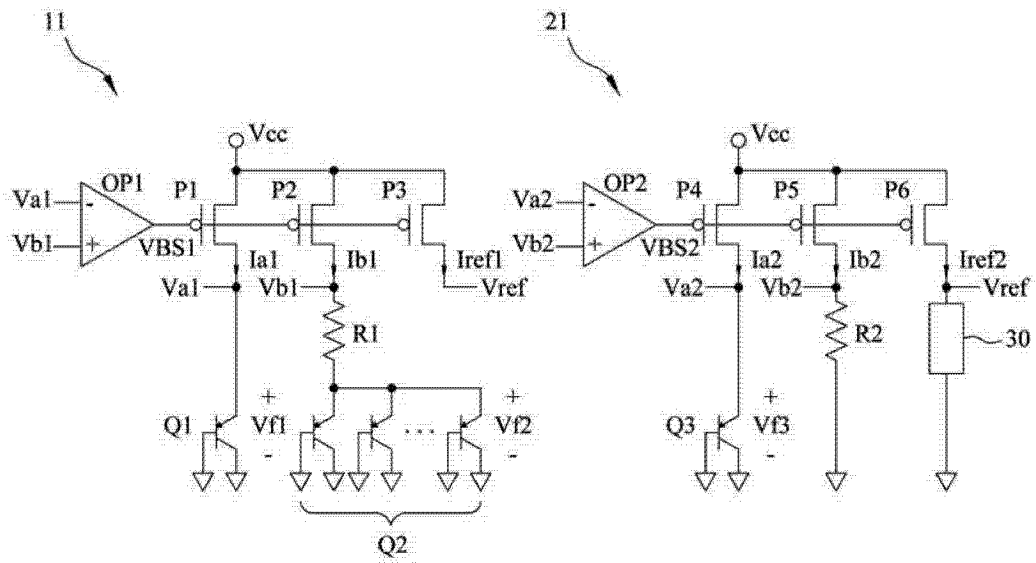


图 5

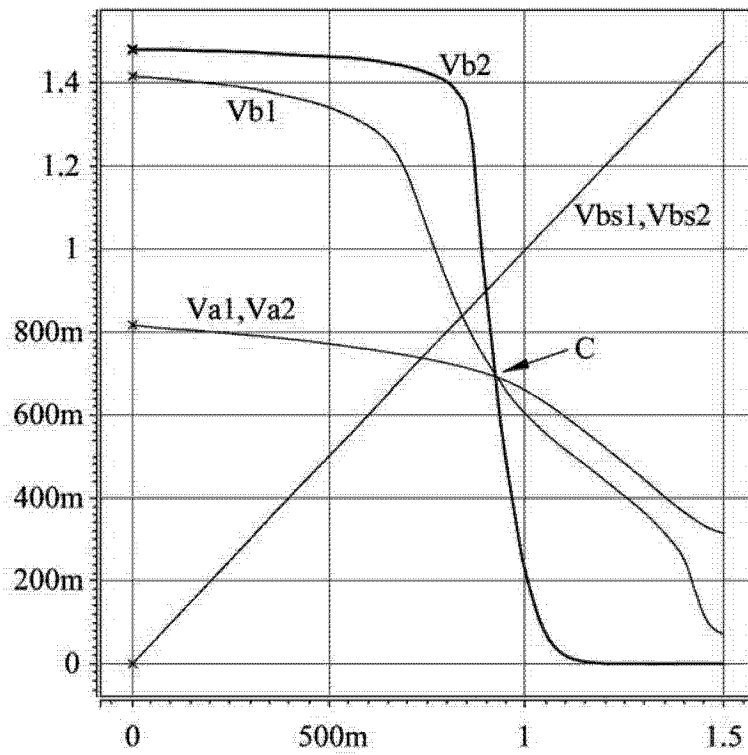


图 6