



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 202067171 U

(45) 授权公告日 2011. 12. 07

(21) 申请号 201120123290. 0

(22) 申请日 2011. 04. 25

(73) 专利权人 上海集成电路研发中心有限公司

地址 201210 上海市浦东新区张江高斯路  
497 号

(72) 发明人 皮常明 何波 蒋亮亮

(74) 专利代理机构 上海思微知识产权代理事务

所(普通合伙) 31237

代理人 郑玮

(51) Int. Cl.

G05F 1/56(2006. 01)

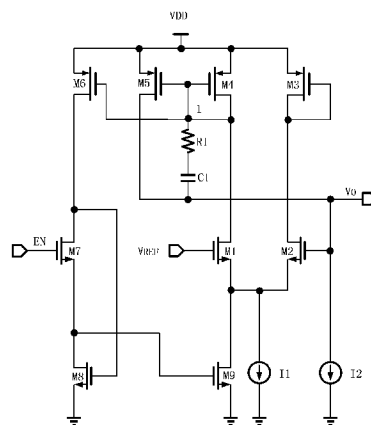
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 2 页

(54) 实用新型名称

低压差线性稳压器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种低压差线性稳压器,包括全差分运算放大器,其输出端为低压差线性稳压器的输出端,用于稳定低压差线性稳压器的输出端的电压值;偏置电流控制电路,根据全差分运算放大器输出端的负载电流大小自适应调节全差分运算放大器的静态电流。本实用新型低压差线性稳压器,能够根据负载电流的大小自适应调节静态电流。



1. 一种低压差线性稳压器,其特征在于:包括全差分运算放大器,其输出端为低压差线性稳压器的输出端,用于稳定低压差线性稳压器的输出端的电压值;偏置电流控制电路,根据全差分运算放大器输出端的负载电流大小自适应调节全差分运算放大器的静态电流。

2. 根据权利要求1所述的低压差线性稳压器,其特征在于:所述全差分运算放大器包括第一级电路和第二级电路。

3. 根据权利要求2所述的低压差线性稳压器,其特征在于:

所述第一级电路包括第一电流源(I1)、第一晶体管(M1)、第二晶体管(M2)、第三晶体管(M3)、第四晶体管(M4),所述第三晶体管(M3)的栅漏极短接后的公共点与第二晶体管(M2)的漏极电连接,所述第四晶体管(M4)的栅漏极短接后的公共点与第一晶体管(M1)的漏极电连接,所述第三晶体管(M3)和第四晶体管(M4)的共源端接电源电压(VDD),所述第一晶体管(M1)和第二晶体管(M2)的共源端通过第一电流源(I1)接地,所述第一晶体管(M1)的栅极端为参考电压( $V_{REF}$ )的输入端,所述第二晶体管(M2)的栅极端为全差分运算放大器的输出端 $V_o$ ;

所述第二级电路包括第二电流源(I2)、第五晶体管(M5)、反馈支路,所述第五晶体管(M5)的源极端接电源电压(VDD)、栅极端与第四晶体管(M4)的栅极电连接、漏极端接全差分运算放大器的输出端 $V_o$ ,所述反馈支路并接在第五晶体管(M5)的栅漏端,所述第二电流源(I2)的负接接地、正端接全差分运算放大器的输出端 $V_o$ ,所述第四晶体管(M4)的栅极端为反馈信号控制端,所述第五晶体管(M5)的栅极端为负载电流控制端。

4. 根据权利要求3所述的低压差线性稳压器,其特征在于:所述反馈支路包括第一电阻(R1)、第一电容(C1),所述第一电阻(R1)和第一电容(C1)串联后,其电阻端接第五晶体管(M5)的栅极端,其电容端接第五晶体管(M5)的漏极。

5. 根据权利要求3所述的低压差线性稳压器,其特征在于:所述第五晶体管(M5)的宽长比与第四晶体管(M4)的宽长比的比值范围为10:1到100:1。

6. 根据权利要求1所述的低压差线性稳压器,其特征在于:所述偏置电流控制电路,包括第六晶体管(M6)、第七晶体管(M7)、第八晶体管(M8)、第九晶体管(M9),所述第六晶体管(M6)的源极接电源电压(VDD)、栅极端与全差分运算放大器的负载电流控制端电连接、漏极分别连接第七晶体管(M7)的漏极端和第八晶体管(M8)的栅极端,所述第七晶体管(M7)的源极端分别连接第八晶体管漏极端和第九晶体管(M9)的栅极端,所述第七晶体管(M7)的栅极端为使能信号控制端(EN),所述第八晶体管(M8)和第九晶体管(M9)的源极端接地,所述第九晶体管(M9)的漏极端与第一电流源(I1)的正端连接。

7. 根据权利要求5所述的低压差线性稳压器,其特征在于:所述第九晶体管(M9)的宽长比与第八晶体管(M8)的宽长比的比值为2:1。

## 低压差线性稳压器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种稳压器,特别涉及一种低压差线性稳压器。

### 背景技术

[0002] 在一个电子产品中,要用到多种大小不同的电源,因此,电源管理芯片被广泛应用在电子产品中。电源管理芯片种类繁多,如降压变换电路芯片 Buck,低压差线性稳压器 LDO,升压变换电路芯片 Boost,升降压型变换电路芯片 Buck-Boost,库克变换电路芯片 Cuk 等等。其中低压差线性稳压器 LDO,由于功耗较低,因此,被广泛应用在 DC-DC 电源管理芯片中。现有技术的 LDO,经常需要大的静态电流使 LDO 反馈环路具有较大的带宽,以维持输出端的稳定,同时提高 LDO 的带负载能力。但在小的负载电流情况下,大的静态电流也会产生较高的功耗。也就是说,现有技术中的 LDO 输出电流是恒定不变的,即 LDO 的静态电流为恒定值,不能根据负载电流的大小而进行自适应调节。

### 实用新型内容

[0003] 本实用新型所要解决的技术问题是,克服以上不足,提供了一种能够根据负载电流的大小自适应调节静态电流的低压差线性稳压器。

[0004] 为了解决上述技术问题,本实用新型的技术方案是:一种低压差线性稳压器,包括全差分运算放大器,其输出端为低压差线性稳压器的输出端,用于稳定低压差线性稳压器的输出端的电压值;偏置电流控制电路,根据全差分运算放大器输出端的负载电流大小自适应调节全差分运算放大器的静态电流。

[0005] 进一步的,所述全差分运算放大器包括第一级电路和第二级电路。

[0006] 进一步的,所述第一级电路包括第一电流源、第一晶体管、第二晶体管、第三晶体管、第四晶体管,所述第三晶体管的栅漏极短接后的公共点与第二晶体管的漏极电连接,所述第四晶体管的栅漏极短接后的公共点与第一晶体管的漏极电连接,所述第三晶体管和第四晶体管的共源端接电源电压,所述第一晶体管和第二晶体管的共源端通过第一电流源接地,所述第一晶体管的栅极端为参考电压的输入端,所述第二晶体管的栅极端为全差分运算放大器的输出端;所述第二级电路包括第二电流源、第五晶体管、反馈支路,所述第五晶体管的源极端接电源电压、栅极端与第四晶体管栅极电连接、漏极端接全差分运算放大器的输出端,所述反馈支路并接在第五晶体管的栅漏端,所述第二电流源的负接接地、正端接全差分运算放大器的输出端,所述第四晶体管的栅极端为反馈信号控制端,所述第五晶体管的栅极端为负载电流控制端。

[0007] 进一步的,所述反馈支路包括第一电阻、第一电容,所述第一电阻和第一电容串联后,其电阻端接第五晶体管的栅极端,其电容端接第五晶体管的漏极。

[0008] 进一步的,所述第五晶体管的宽长比与第四晶体管的宽长比的比值范围为 10 : 1 到 100 : 1。

[0009] 进一步的,所述偏置电流控制电路包括第六晶体管、第七晶体管、第八晶体管、第

九晶体管,所述第六晶体管的源极接电源电压、栅极端与全差分运算放大器的负载电流控制端电连接、漏极分别连接第七晶体管的漏极端和第八晶体管的栅极端,所述第七晶体管的源极端分别连接第八晶体管漏极端和第九晶体管的栅极端,所述第七晶体管的栅极端为使能信号控制端,所述第八晶体管和第九晶体管的源极端接地,所述第九晶体管的漏极端与第一电流源的正端连接。

[0010] 进一步的,所述第九晶体管的宽长比与第八晶体管的宽长比的比值为 2 : 1。

[0011] 本实用新型的有益效果是:当负载电流较小时,输出电压与参考电压相当,第一电流源中的电流的一半流经第四晶体管,第四晶体管与第六晶体管构成电流镜,第六晶体管中的电流与第四晶体管中的电流相当,所以第六晶体管中的电流经第七晶体管,第八晶体管,第九晶体管对流经第四晶体管的电流进行补偿,并且补偿的电流小于第一电流源的电流,由于第一电流源的电流值本身比较小,所以在负载电流较小的情况下,整个低压差线性稳压器的静态电流都很低。

[0012] 当负载电流变大的情况下,输出电压要低于参考电压,所以第一电流源中的大部分电流要流经第四晶体管,经过电流镜第六晶体管的作用,电流经第七晶体管,第八晶体管,第九晶体管对第四晶体管中的电流进行补偿,负载电流越大,补偿的电流也就越多。此时的静态电流也就越大,这样可以驱动较大的负载电流。

[0013] 因此,当负载电流小的时候,静态电流也就越小,负载电流大的时候,静态电流也就越大,这样就实现了静态电流随负载电流的自适应调节。

#### 附图说明

[0014] 图 1 是本发明低压差线性稳压器的电路原理图;

[0015] 图 2 是本发明低压差线性稳压器的第一种偏置电流控制电路原理图;

[0016] 图 3 是本发明低压差线性稳压器的第二种偏置电流控制电路原理图。

[0017] 图中所示:1、节点,M1、第一晶体管,M2、第二晶体管,M3、第三晶体管,M4、第四晶体管,M5、第五晶体管,M6、第六晶体管,M7、第七晶体管,M8、第八晶体管,M9、第九晶体管,I1、第一电流源,I2、第二电流源。

#### 具体实施方式

[0018] 下面结合附图对本实用新型作详细描述:

[0019] 如图 1 所示,本实用新型低压差线性稳压器 LDO,包括全差分运算放大器,其输出端为低压差线性稳压器的输出端,用于稳定低压差线性稳压器的输出端的电压值;偏置电流控制电路,根据全差分运算放大器输出端的负载电流大小自适应调节全差分运算放大器的静态电流。

[0020] 所述全差分运算放大器包括第一级电路和第二级电路。

[0021] 所述第一级电路包括第一电流源 I1、第一晶体管 M1、第二晶体管 M2、第三晶体管 M3、第四晶体管 M4,所述第三晶体管 M3 的栅漏极短接后的公共点与第二晶体管 M2 的漏极电连接,所述第四晶体管 M4 的栅漏极短接后的公共点与第一晶体管 M1 的漏极电连接,所述第三晶体管 M3 和第四晶体管 M4 的共源端接电源电压 VDD,所述第一晶体管 M1 和第二晶体管 M2 的共源端通过第一电流源 I1 接地,所述第一晶体管 M1 的栅极端为参考电压  $V_{REF}$  的输入

端,所述第二晶体管 M2 的栅极端为全差分运算放大器的输出端  $V_o$ ;

[0022] 所述第二级电路包括第二电流源 I2、第五晶体管 M5、反馈支路,所述第五晶体管 M5 的源极端接电源电压 VDD、栅极端与第四晶体管 M4 的栅极电连接、漏极端接全差分运算放大器的输出端  $V_o$ ,所述反馈支路并接在第五晶体管 M5 的栅漏端,所述第二电流源 I2 的负接接地、正端接全差分运算放大器的输出端  $V_o$ ,所述第四晶体管 M4 的栅极端为反馈信号控制端,所述第五晶体管 M5 的栅极端为负载电流控制端。其中所述反馈支路包括第一电阻 R1、第一电容 C1,所述第一电阻 R1 和第一电容 C1 串联后,其电阻端接第五晶体管 M5 的栅极端,其电容端接第五晶体管 M5 的漏极。

[0023] 其中,第五晶体管 M5 的宽长比与第四晶体管 M4 的宽长比的比值范围为 10 : 1 到 100 : 1。

[0024] 所述偏置电流控制电路,包括第六晶体管 M6、第七晶体管 M7、第八晶体管 M8、第九晶体管 M9,所述第六晶体管 M6 的源极接电源电压 VDD、栅极端与全差分运算放大器的负载电流控制端电连接、漏极分别连接第七晶体管 M7 的漏极端和第八晶体管 M8 的栅极端,所述第七晶体管 M7 的源极端分别连接第八晶体管漏极端和第九晶体管 M9 的栅极端,所述第七晶体管 M7 的栅极端为使能信号控制端 EN,所述第八晶体管 M8 和第九晶体管 M9 的源极端接地,所述第九晶体管 M9 的漏极端与第一电流源 I1 的正端连接。

[0025] 所述第九晶体管 M9 的宽长比与第八晶体管 M8 的宽长比的比值为 2 : 1。

[0026] 本实用新型低压差线性稳压器 LDO,当负载电流较小时,输出电压  $V_o$  与参考电压  $V_{REF}$  相当,第一电流源 I1 中的电流的一半流经第四晶体管 M4,第四晶体管 M4 与第六晶体管 M6 构成电流镜,第六晶体管 M6 中的电流与第四晶体管 M4 中的电流相当,所以第六晶体管 M6 中的电流经第七晶体管 M7,第八晶体管 M8,第九晶体管 M9 对流经第四晶体管 M4 的电流进行补偿,并且补偿的电流小于第一电流源 I1 的电流,由于第一电流源 I1 的电流值本身比较小,所以在负载电流较小的情况下,整个低压差线性稳压器 LDO 的静态电流都很低。

[0027] 当负载电流变大的情况下,输出电压  $V_o$  要低于参考电压  $V_{REF}$ ,所以第一电流源 I1 中的大部分电流要流经第四晶体管 M4,经过电流镜第六晶体管 M6 的作用,电流经第七晶体管 M7,第八晶体管 M8,第九晶体管 M9 对第四晶体管 M4 中的电流进行补偿,负载电流越大,补偿的电流也就越多。此时的静态电流也就越大,这样可以驱动较大的负载电流。

[0028] 因此,当负载电流小的时候,静态电流也就越小,负载电流大的时候,静态电流也就越大,这样就实现了静态电流随负载电流的自适应调节。

[0029] 实施例 1 :

[0030] 如图 2 所示,第一电流源 I1,第一晶体管 M1,第二晶体管 M2,第三晶体管 M3,第四晶体管 M4 构成一个全差分的运算放大器,其中第一电流源 I1 为全差分运算放大器提供工作电流。第五晶体管 M5 为功率管,第二电流源 I2 为下拉尾电流,它们构成运放的第二级。这两级运放构成单位增益的负反馈电路,R 和 C 对电路起到稳定的作用,电阻 R 很小,对电路交流特性的影响可以忽略不计,电容 C 起到对第四晶体管 M4 的栅极电流补偿和前馈的作用。

[0031] 在本发明中,第五晶体管 M5 的宽长比是第四晶体管 M4 的宽长比的几十倍甚至上百倍,所以,节点 1 处的主极点参数为  $\omega_1 = g_{m4} / (g_{m5} \cdot R_{out} \cdot C)$ ,其中  $R_{out}$  为输出端负载电阻, $g_{m4}$  为第四晶体管 M4 的跨导, $g_{m5}$  为第五晶体管 M5 的跨导,C 为第一电容 C1。输出端的

次极点参数为  $\omega_{out} = 1/(R_{out} \cdot C_{load})$ , 其中  $C_{load}$  为输出端负载电容,  $R_{out}$  为输出端负载电阻。

[0032] 当主极点参数  $\omega_1$  大于次极点参数  $\omega_{out}$  时, 输出端的电压稳定。由于  $g_{m5}$  是  $g_{m4}$  的几十甚至上百倍, 所以只要电容  $C$  大于负载电容  $C_{load}$  的十分之一, 主极点参数就会比次级点参数低, 这样就满足系统的稳定性要求, 同样电容  $C$  的增加可以使系统更加稳定。同时在重负载的情况下, 由于输出电阻  $R_{out}$  的减小, 则主极点  $\omega_1$  和次极点  $\omega_{out}$  相应增加, 这样系统单位增益带宽也得到了增加, 有利于高频响应。

[0033] 在输出端负载电流突变时, 通过增大第一电容  $C1$  的容量, 可以提高 LDO 的带电容负载能力。在输出端电压  $V_o$  突变时, 突变的电压可以通过第一电容  $C1$  迅速反馈到第五晶体管的栅极, 通过第一电阻  $R1$  和第一电容  $C1$  组成的前馈回路来增加 LDO 的响应速度。

[0034] 在传统的没有偏置电流自适应调节的 LDO 电路中, LDO 的带负载能力受到第一电流源  $I1$  的限制, 为了使 LDO 输出端达到较高的带负载能力, 第一电流源  $I1$  的电流一般比较大, 这样在高电流负载的情况下, 电路可以正常工作。但是在低电流负载的情况下, 这么大的尾电流就成了一种浪费。为了节约功耗, 一种采用自适应的偏置电流控制电路 LDO 得到应用。采用偏置电流自适应的 LDO 在正常的工作条件下,  $M6$  对功率管进行电流采样, 比例为  $1 : N$ , 采样的电流经过电流镜  $M8$  和  $M9$  来增加 LDO 的尾电流, 尾电流的增加降低了  $M4$  的栅极电压, 同时也增加了 LDO 的带负载能力。当负载电流越大,  $V_o$  的电压将会越低, 尾电流中将有更多的电流流经  $M4$ , 所以  $M4$  的栅极电压将会越低, 通过  $M8, M9$  电流镜又进一步增加 LDO 的尾电流。这样负载电流越大, LDO 可以通过自适应的偏置电流调整来实现更大的带负载能力。同样当负载电流变小时,  $M4$  的栅极电压就会增加, 通过  $M8$  和  $M9$  降低了 LDO 的尾电流, 这样静态电流也相应的降低。在不同的电源电压条件下, 在某些应用场合,  $V_{REF}$  的电压可能会高于电源电压, 根据电路的稳定性原理, 输出电压  $V_o$  维持在和电源电压  $VDD$  相似的电位上, 但是这同样出现一个问题。假如没有  $M7$  晶体管, 由于  $M1$  晶体管的栅极电压很高, 所以  $M1$  管的漏源电压很低, 偏置电流控制电路可以简化为如图 2 所示。由于  $M4$  和  $M6$  的宽长比是  $1 : 1$ 。  $M9$  和  $M8$  的宽长比为  $2 : 1$ , 整个环路的增益为  $A_V = (g_{m9}/g_{m4}) \cdot (g_{m6}/g_{m8})$ 。如果  $M4, M6, M8, M9$  均处于饱和态, 那么图 2 的环路增益大于 1, 并且图 2 所示的电路为正反馈, 所以整个环路将会使流过  $M4, M6, M8, M9$  的电流进一步增加, 最终出现  $M4, M6, M8, M9$  中的其中一个晶体管进入线性区, 电路达到饱和, 环路增益小于 1。而此时电路消耗的电流则进入了一个不可控的状态, 并且此时消耗的静态电流极大。

[0035] 实施例 2 :

[0036] 为了预防上述静态电流不可控制的情况, 采用如图 3 的偏置电流控制电路。

[0037] 在正常的情况下,  $EN$  的高电平电压为  $VDD$ 。  $M7$  管的漏源电压很低, 这样  $M8$  和  $M9$  构成一个电流镜。  $M9$  的宽长比是  $M8$  的两倍。维持电路的正常工作。

[0038] 在大电流流过的情况下, 尤其在出现参考电压  $VREF$  大于电源电压  $VDD$  的情况下。  $M7$  将起到一个很好的调节作用。  $M7$  类似于一个电阻, 并且随电流的增加而增加, 所以图 3 中的反馈回路始终工作在可控的电路状态下, 所以图 3 中的电流偏置控制电路可以在维持电路正常工作的情况下, 消除不可控制的无用的静态电流。同时, 如果需要进行精确的控制, 可以控制  $M7$  的栅极电压  $EN$ , 通过控制  $EN$  的电压, 调节  $M7$  的等效电阻来实现偏置电流的精确控制和调整。使 LDO 工作在需要承受的负载电流范围内, 同时又不浪费多余的静态电流。

[0039] 以上实施例 1 和实施例 2 中尾电流,为低压差线性稳压器输出端电流。





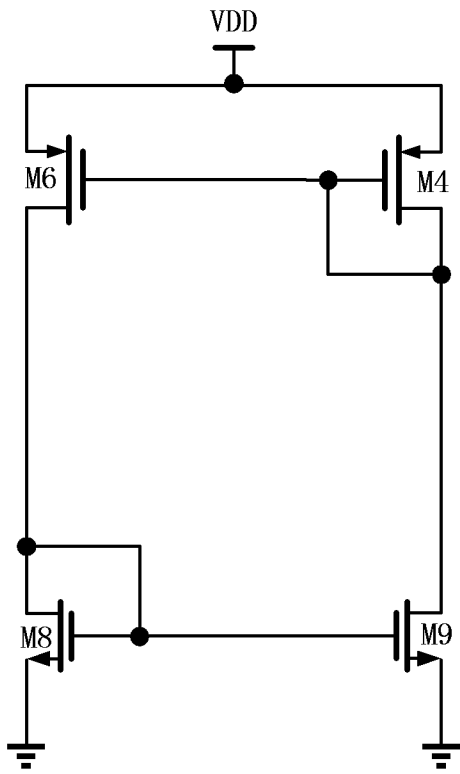


图 2

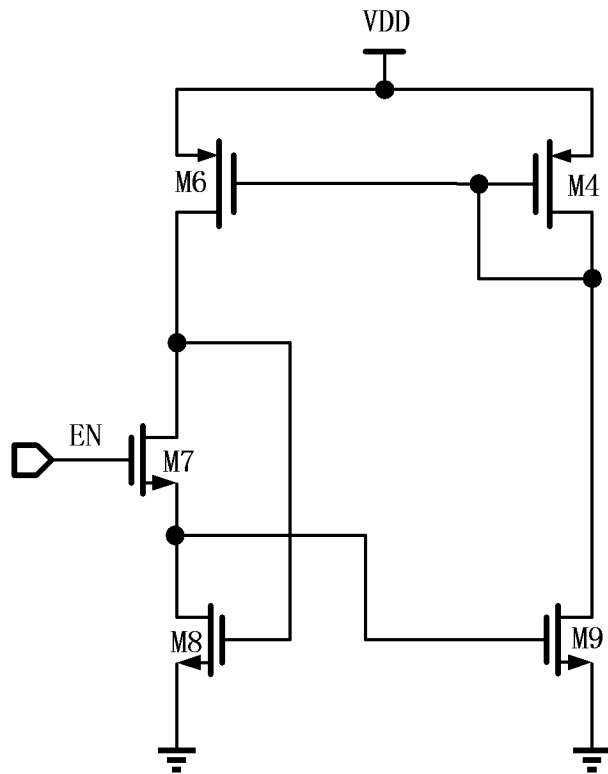


图 3