



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117879595 A

(43) 申请公布日 2024. 04. 12

(21) 申请号 202311743016.7

(22) 申请日 2023.12.18

(71) 申请人 西安翔腾微电子科技有限公司

地址 710054 陕西省西安市高新一路25号
创新大厦S303室

(72) 发明人 刘颖 吕俊盛 邵刚 杨冠兰

马洁 门萌萌

(74) 专利代理机构 西安匠成知识产权代理事务
所(普通合伙) 61255

专利代理师 姚敏杰

(51) Int. Cl.

H03L 7/089 (2006.01)

H03L 7/099 (2006.01)

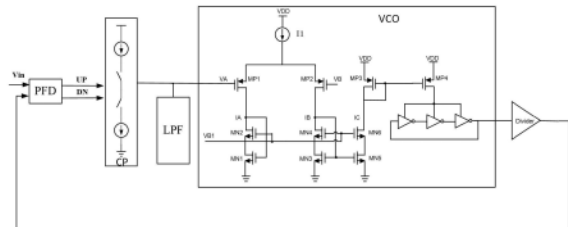
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

电流型自适应锁相电路及锁定方法

(57) 摘要

本发明属于微电子技术领域,涉及一种电流型自适应锁相电路及锁定方法,包括电荷泵的输出电压产生电路、压控振荡器控制电流产生电路、压控振荡器以及分压器;电荷泵的输出电压产生电路通过压控振荡器控制电流产生电路接入压控振荡器;压控振荡器通过分压器反馈接入电荷泵的输出电压产生电路。本发明提供了一种电流精度高、锁定步长小、抖动小以及功耗低的电流型自适应锁相电路及锁定方法。



1. 一种电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电流型自适应锁相电路包括电荷泵的输出电压产生电路、压控振荡器控制电流产生电路、压控振荡器以及分压器;所述电荷泵的输出电压产生电路通过压控振荡器控制电流产生电路接入压控振荡器;所述压控振荡器通过分压器反馈接入电荷泵的输出电压产生电路。

2. 根据权利要求1所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述压控振荡器控制电流产生电路包括电流供给电路以及电流调整电路;所述电荷泵的输出电压产生电路通过电流供给电路以及电流调整电路接入压控振荡器。

3. 根据权利要求2所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电流供给电路包括电源VDD、稳定电流源I1、晶体管MP1、晶体管MP2以及参考电压VB输入端;所述电源VDD通过稳定电流源I1接入晶体管MP1以及晶体管MP2;所述参考电压VB输入端接入晶体管MP2;所述电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1;所述 $VB = VDD/2$;所述晶体管MP1以及晶体管MP2分别通过电流调整电路接入压控振荡器。

4. 根据权利要求3所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电源VDD通过稳定电流源I1分别接入晶体管MP1的源极以及晶体管MP2的源极;所述电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1的栅极;所述参考电压VB输入端接入晶体管MP2的栅极;所述晶体管MP1的漏极以及晶体管MP2的漏极分别通过电流调整电路接入压控振荡器。

5. 根据权利要求4所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电流调整电路包括晶体管MN1、晶体管MN2、晶体管MN3、晶体管MN4、晶体管MN5以及晶体管MN6;所述晶体管MP1通过晶体管MN2以及晶体管MN1接地;所述晶体管MP2通过晶体管MN1接地;所述参考电压VB输入端分别与晶体管MN2、晶体管MN4以及晶体管MN6相连;所述晶体管MN2通过晶体管MN4以及晶体管MN3接地;所述晶体管MN2通过晶体管MN3接地;所述晶体管MN4接入晶体管MN6;所述晶体管MN3接入晶体管MN5;所述压控振荡器通过晶体管MN6以及晶体管MN5接地。

6. 根据权利要求5所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述晶体管MP1的漏极分别接入晶体管MN2的漏极以及晶体管MN1的栅极;所述晶体管MN2的源极接入晶体管MN1的漏极;所述晶体管MN1的源极接地;所述参考电压VB输入端分别接入晶体管MN2的栅极、晶体管MN4的栅极以及晶体管MN6的栅极;所述晶体管MP2的漏极分别接入晶体管MN4的漏极以及晶体管MN3的栅极;所述晶体管MN4的源极接入晶体管MN3的漏极;所述晶体管MN3的源极接地;所述晶体管MN4的栅极接入晶体管MN6的栅极;所述晶体管MN3的栅极接入晶体管MN5的栅极;所述晶体管MP6的漏极接入压控振荡器;所述晶体管MP6的源极接入晶体管MN5的漏极;所述晶体管MN5的源极接地。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电荷泵的输出电压产生电路包括鉴频鉴相器PFD、参考信号 V_{in} 输入端、电荷泵CP以及低通滤波器LPF;所述参考信号 V_{in} 输入端通过鉴频鉴相器PFD以及电荷泵CP接入压控振荡器控制电流产生电路;所述低通滤波器LPF接入压控振荡器控制电流产生电路;所述压控振荡器通过分压器反馈接入鉴频鉴相器PFD。

8. 一种基于权利要求7所述的电流型自适应锁相电路的锁定方法,其特征在于:所述锁定方法包括以下步骤:

- 1) 基于电荷泵的输出电压产生电路产生电荷泵的输出电压VA;
- 2) 基于步骤1)得到的电荷泵的输出电压VA获取能够调整电流大小的压控振荡器控制

电流 I_C ;

3) 将步骤2) 获取得到的压控振荡器控制电流 I_C 注入压控振荡器, 控制压控振荡器的输出频率;

4) 将步骤3) 得到的压控振荡器的输出频率反馈至电荷泵的输出电压产生电路中, 待权利要求1-7任一项所述的电流型自适应锁相电路的电流不再动态调整时, 完成锁相环的锁定。

9. 根据权利要求8所述的锁定方法, 其特征在于: 所述步骤1) 的具体实现方式是: 将参考信号 V_{in} 输入鉴频鉴相器PFD中, 将鉴频鉴相器PFD所产生的产生脉冲信号UP以及脉冲信号DN注入电荷泵CP中, 在低通滤波器LPF的作用下产生电荷泵的输出电压 V_A 。

10. 根据权利要求9所述的锁定方法, 其特征在于: 所述步骤2) 的具体实现方式是:

2.1) 将电荷泵的输出电压 V_A 与参考电压 V_B 相比较, 所述 $V_B = V_{DD}/2$; 通过共源共栅结构的电流镜产生电流 I_A 和电流 I_B , 电流 I_A 和电流 I_B 之和为定值;

2.2) 将电流 I_B 经电流镜复制形成初始压控振荡器控制电流 $I_{C_{初始}}$; 所述电流 I_B 与初始压控振荡器控制电流 $I_{C_{初始}}$ 相等;

2.3) 对初始压控振荡器控制电流 $I_{C_{初始}}$ 进行调控, 形成压控振荡器控制电流 I_C ;

所述步骤3) 中控制压控振荡器的输出频率的具体实现方式是:

由电荷泵的输出电压 V_A 和参考电压 V_B 动态调整电流 I_A 以及电流 I_B , 当电荷泵的输出电压 V_A 小于参考电压 V_B 时, 电流 I_A 增大, 电流 I_B 以及初始压控振荡器控制电流 $I_{C_{初始}}$ 减小, 则压控振荡器以低频率输出; 当电荷泵的输出电压 V_A 大于参考电压 V_B 时, 电流 I_A 减小, 电流 I_B 以及初始压控振荡器控制电流 $I_{C_{初始}}$ 增大, 则压控振荡器以高频率输出;

所述步骤4) 的具体实现方式是:

压控振荡器的输出频率经分压器反馈到鉴频鉴相器PFD, 使鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN发生改变; 当压控振荡器以低频率输出时, 鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号增大, 通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压 V_A , 使电流 I_B 和压控振荡器控制电流 I_C 快速增大, 压控振荡器输出频率提高, 完成锁相环的锁定; 当压控振荡器以高频率输出时, 鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号减小, 通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压 V_A , 使电流 I_B 和压控振荡器控制电流 I_C 快速减小, 压控振荡器输出频率降低, 完成锁相环的锁定。

电流型自适应锁相电路及锁定方法

技术领域

[0001] 本发明属于微电子技术领域,涉及一种自适应锁相电路及锁定方法,尤其涉及一种基于传统的电荷泵锁相环结构的电流型自适应锁相电路及锁定方法。

背景技术

[0002] 在高速通信系统中,对锁相环锁定时间和噪声的要求越来越高。在电荷泵锁相环中,锁相环的环路带宽能够直接反映锁相环电路的噪声特性和锁定时间性能。传统的自适应方法可分为两种:一是自适应环路滤波器,改变滤波器不同状态下的时间常数;二是数字模块编程控制环路增益,但是这两种方法的实现复杂且版图面积大,灵活度较低,成本高。在传统的锁相环中,锁定时间和噪声对环路带宽的要求是相互矛盾的,即环路带宽越大,锁定时间越短,对噪声的抑制能力越差。

发明内容

[0003] 为了解决背景技术中存在的上述技术问题,本发明提供了一种电流精度高、锁定步长小、抖动小以及功耗低的电流型自适应锁相电路及锁定方法。

[0004] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0005] 一种电流型自适应锁相电路,其特征在于:所述电流型自适应锁相电路包括电荷泵的输出电压产生电路、压控振荡器控制电流产生电路、压控振荡器以及分压器;所述电荷泵的输出电压产生电路通过压控振荡器控制电流产生电路接入压控振荡器;所述压控振荡器通过分压器反馈接入电荷泵的输出电压产生电路。

[0006] 上述压控振荡器控制电流产生电路包括电流供给电路以及电流调整电路;所述电荷泵的输出电压产生电路通过电流供给电路以及电流调整电路接入压控振荡器。

[0007] 上述电流供给电路包括电源VDD、稳定电流源I1、晶体管MP1、晶体管MP2以及参考电压VB输入端;所述电源VDD通过稳定电流源I1接入晶体管MP1以及晶体管MP2;所述参考电压VB输入端接入晶体管MP2;所述电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1;所述 $VB = VDD/2$;所述晶体管MP1以及晶体管MP2分别通过电流调整电路接入压控振荡器。

[0008] 上述电源VDD通过稳定电流源I1分别接入晶体管MP1的源极以及晶体管MP2的源极;所述电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1的栅极;所述参考电压VB输入端接入晶体管MP2的栅极;所述晶体管MP1的漏极以及晶体管MP2的漏极分别通过电流调整电路接入压控振荡器。

[0009] 上述电流调整电路包括晶体管MN1、晶体管MN2、晶体管MN3、晶体管MN4、晶体管MN5以及晶体管MN6;所述晶体管MP1通过晶体管MN2以及晶体管MN1接地;所述晶体管MP1通过晶体管MN1接地;所述参考电压VB输入端分别与晶体管MN2、晶体管MN4以及晶体管MN6相连;所述晶体管MN2通过晶体管MN4以及晶体管MN3接地;所述晶体管MN2通过晶体管MN3接地;所述晶体管MN4接入晶体管MN6;所述晶体管MN3接入晶体管MN5;所述压控振荡器通过晶体管MN6以及晶体管MN5接地。

[0010] 上述晶体管MP1的漏极分别接入晶体管MN2的漏极以及晶体管MN1的栅极;所述晶体管MN2的源极接入晶体管MN1的漏极;所述晶体管MN1的源极接地;所述参考电压VB输入端分别接入晶体管MN2的栅极、晶体管MN4的栅极以及晶体管MN6的栅极;所述晶体管MP2的漏极分别接入晶体管MN4的漏极以及晶体管MN3的栅极;所述晶体管MN4的源极接入晶体管MN3的漏极;所述晶体管MN3的源极接地;所述晶体管MN4的栅极接入晶体管MN6的栅极;所述晶体管MN3的栅极接入晶体管MN5的栅极;所述晶体管MP6的漏极接入压控振荡器;所述晶体管MP6的源极接入晶体管MN5的漏极;所述晶体管MN5的源极接地。

[0011] 上述电荷泵的输出电压产生电路包括鉴频鉴相器PFD、参考信号Vin输入端、电荷泵CP以及低通滤波器LPF;所述参考信号Vin输入端通过鉴频鉴相器PFD以及电荷泵CP接入压控振荡器控制电流产生电路;所述低通滤波器LPF接入压控振荡器控制电流产生电路;所述压控振荡器通过分压器反馈接入鉴频鉴相器PFD。

[0012] 一种基于如前所述的电流型自适应锁相电路的锁定方法,其特征在于:所述锁定方法包括以下步骤:

[0013] 1) 基于电荷泵的输出电压产生电路产生电荷泵的输出电压VA;

[0014] 2) 基于步骤1)得到的电荷泵的输出电压VA获取能够调整电流大小的压控振荡器控制电流IC;

[0015] 3) 将步骤2)获取到的压控振荡器控制电流IC注入压控振荡器,控制压控振荡器的输出频率;

[0016] 4) 将步骤3)得到的压控振荡器的输出频率反馈至电荷泵的输出电压产生电路中,待电流型自适应锁相电路的电流不再动态调整时,完成锁相环的锁定。

[0017] 上述步骤1)的具体实现方式是:将参考信号Vin输入鉴频鉴相器PFD中,将鉴频鉴相器PFD所产生的产生脉冲信号UP以及脉冲信号DN注入电荷泵CP中,在低通滤波器LPF的作用下产生电荷泵的输出电压VA。

[0018] 上述步骤2)的具体实现方式是:

[0019] 2.1) 将电荷泵的输出电压VA与参考电压VB相比较,所述 $VB = VDD/2$;通过共源共栅结构的电流镜产生电流IA和电流IB,电流IA和电流IB之和为定值;

[0020] 2.2) 将电流IB经电流镜复制形成初始压控振荡器控制电流 $IC_{初始}$;所述电流IB与初始压控振荡器控制电流 $IC_{初始}$ 相等;

[0021] 2.3) 对初始压控振荡器控制电流 $IC_{初始}$ 进行调控,形成压控振荡器控制电流IC;

[0022] 所述步骤3)中控制压控振荡器的输出频率的具体实现方式是:

[0023] 由电荷泵的输出电压VA和参考电压VB动态调整电流IA以及电流IB,当电荷泵的输出电压VA小于参考电压VB时,电流IA增大,电流IB以及初始压控振荡器控制电流 $IC_{初始}$ 减小,则压控振荡器以低频率输出;当电荷泵的输出电压VA大于参考电压VB时,电流IA减小,电流IB以及初始压控振荡器控制电流 $IC_{初始}$ 增大,则压控振荡器以高频率输出;

[0024] 所述步骤4)的具体实现方式是:

[0025] 压控振荡器的输出频率经分压器反馈到鉴频鉴相器PFD,使鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN发生改变;当压控振荡器以低频率输出时,鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号增大,通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压VA,使电流IB和压控振荡器控制电流IC快速增大,压控振荡器输出频率提高,完成锁相环的锁定;当压控振

荡器以高频率输出时,鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号减小,通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压VA,使电流IB和压控振荡器控制电流IC快速减小,压控振荡器输出频率降低,完成锁相环的锁定。

[0026] 本发明的优点是:

[0027] 本发明提供了一种电流型自适应锁相电路及锁定方法,本发明是通过电荷泵的输出电压VA与参考电压VB相比较,同时采用共源共栅结构的电流镜产生较为精确的电流IA、IB和IC,动态控制压控振荡器尾电流,控制其输出时钟频率,进而调整锁相环的锁定频率。当VA与VB电压差异较大时,电流调整随之增大,通过电流调制实现压控振荡器频率的快速调节,有效缩短了锁定时间。本发明所提供的电流型自适应锁相电路及锁定方法,一方面电流精度高,锁定步长很小,使输出时钟精度高、抖动小;另一方面当电压差异较大时,电流调整随之增大,锁定时间大大缩短。

附图说明

[0028] 图1是本发明所提供的电流型自适应锁相电路的电路原理图。

具体实施方式

[0029] 参见图1,本发明提供了一种电流型自适应锁相电路,包括电荷泵的输出电压产生电路、压控振荡器控制电流产生电路、压控振荡器以及分压器;电荷泵的输出电压产生电路通过压控振荡器控制电流产生电路接入压控振荡器;压控振荡器通过分压器反馈接入电荷泵的输出电压产生电路。

[0030] 其中,压控振荡器控制电流产生电路包括电流供给电路以及电流调整电路;电荷泵的输出电压产生电路通过电流供给电路以及电流调整电路接入压控振荡器。

[0031] 电流供给电路包括电源VDD、稳定电流源I1、晶体管MP1、晶体管MP2以及参考电压VB输入端;电源VDD通过稳定电流源I1接入晶体管MP1以及晶体管MP2;参考电压VB输入端接入晶体管MP2;电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1;VB=VDD/2;晶体管MP1以及晶体管MP2分别通过电流调整电路接入压控振荡器。示例性的,电源VDD通过稳定电流源I1分别接入晶体管MP1的源极以及晶体管MP2的源极;电荷泵的输出电压产生电路接入晶体管MP1的栅极;参考电压VB输入端接入晶体管MP2的栅极;晶体管MP1的漏极以及晶体管MP2的漏极分别通过电流调整电路接入压控振荡器。

[0032] 电流调整电路包括晶体管MN1、晶体管MN2、晶体管MN3、晶体管MN4、晶体管MN5以及晶体管MN6;晶体管MP1通过晶体管MN2以及晶体管MN1接地;晶体管MP1通过晶体管MN1接地;参考电压VB输入端分别与晶体管MN2、晶体管MN4以及晶体管MN6相连;晶体管MN2通过晶体管MN4以及晶体管MN3接地;晶体管MN2通过晶体管MN3接地;晶体管MN4接入晶体管MN6;晶体管MN3接入晶体管MN5;压控振荡器通过晶体管MN6以及晶体管MN5接地。示例性的,晶体管MP1的漏极分别接入晶体管MN2的漏极以及晶体管MN1的栅极;晶体管MN2的源极接入晶体管MN1的漏极;晶体管MN1的源极接地;参考电压VB输入端分别接入晶体管MN2的栅极、晶体管MN4的栅极以及晶体管MN6的栅极;晶体管MP2的漏极分别接入晶体管MN4的漏极以及晶体管MN3的栅极;晶体管MN4的源极接入晶体管MN3的漏极;晶体管MN3的源极接地;晶体管MN4的栅极接入晶体管MN6的栅极;晶体管MN3的栅极接入晶体管MN5的栅极;晶体管MP6的漏极接

入压控振荡器；晶体管MP6的源极接入晶体管MN5的漏极；晶体管MN5的源极接地。

[0033] 电荷泵的输出电压产生电路包括鉴频鉴相器PFD、参考信号Vin输入端、电荷泵CP以及低通滤波器LPF；参考信号Vin输入端通过鉴频鉴相器PFD以及电荷泵CP接入压控振荡器控制电流产生电路；低通滤波器LPF接入压控振荡器控制电流产生电路；压控振荡器通过分压器反馈接入鉴频鉴相器PFD。

[0034] 本发明在提供如上所记载的电流型自适应锁相电路的同时，还提供了一种锁相环的锁定方法，包括以下步骤：

[0035] 1) 基于电荷泵的输出电压产生电路产生电荷泵的输出电压VA；示例性的，将参考信号Vin输入鉴频鉴相器PFD中，将鉴频鉴相器PFD所产生的产生脉冲信号UP以及脉冲信号DN注入电荷泵CP中，在低通滤波器LPF的作用下产生电荷泵的输出电压VA。

[0036] 2) 基于步骤1)得到的电荷泵的输出电压VA获取能够调整电流大小的压控振荡器控制电流IC；示例性的：

[0037] 2.1) 将电荷泵的输出电压VA与参考电压VB相比较， $VB = VDD/2$ ；通过共源共栅结构的电流镜产生电流IA和电流IB，电流IA和电流IB之和为定值，示例性的，且IA和IB电流之和为I1；

[0038] 2.2) 将电流IB经电流镜复制形成初始压控振荡器控制电流 $IC_{\text{初始}}$ ；电流IB与初始压控振荡器控制电流 $IC_{\text{初始}}$ 相等；经电流镜复制作为压控振荡器的控制电流，控制其输出时钟频率，进而调整锁相环的锁定频率。通过电流调制实现压控振荡器频率的调节，有效缩短了锁定时间。

[0039] 2.3) 对初始压控振荡器控制电流 $IC_{\text{初始}}$ 进行调控，形成压控振荡器控制电流IC；

[0040] 3) 将步骤2)获取得到的压控振荡器控制电流IC注入压控振荡器，控制压控振荡器的输出频率，其中，控制压控振荡器的输出频率的具体实现方式是：由电荷泵的输出电压VA和参考电压VB动态调整电流IA以及电流IB，当电荷泵的输出电压VA小于参考电压VB时，电流IA增大，电流IB以及初始压控振荡器控制电流 $IC_{\text{初始}}$ 减小，则压控振荡器以低频率输出；当电荷泵的输出电压VA大于参考电压VB时，电流IA减小，电流IB以及初始压控振荡器控制电流 $IC_{\text{初始}}$ 增大，则压控振荡器以高频率输出；

[0041] 4) 将步骤3)得到的压控振荡器的输出频率反馈至电荷泵的输出电压产生电路中，待电流型自适应锁相电路的电流不再动态调整时，完成锁相环的锁定；鉴频鉴相器PFD将参考信号Vin与反馈信号的频率和相位比较，产生电荷泵的输出电压VA。

[0042] 其中，压控振荡器的输出频率经分压器反馈到鉴频鉴相器PFD，使鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN发生改变；当压控振荡器以低频率输出时，鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号增大，通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压VA，使电流IB和压控振荡器控制电流IC快速增大，压控振荡器输出频率提高，完成锁相环的锁定；当压控振荡器以高频率输出时，鉴频鉴相器PFD产生的脉冲信号UP和脉冲信号DN信号减小，通过电荷泵CP提高电荷泵的输出电压VA，使电流IB和压控振荡器控制电流IC快速减小，压控振荡器输出频率降低，完成锁相环的锁定。

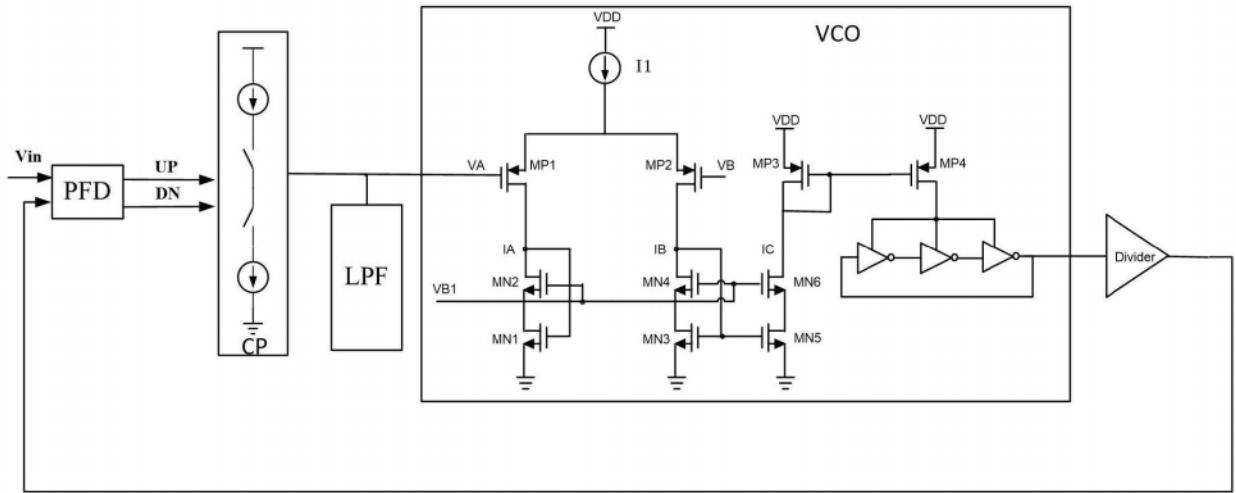


图1