



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105811925 B

(45)授权公告日 2019.06.21

(21)申请号 201610119020.X

(22)申请日 2016.03.02

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105811925 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(73)专利权人 二十一世纪(北京)微电子技术有
限公司

地址 100096 北京市海淀区建材城东路26
号3层西侧B310室

(72)发明人 朱立平 吴红艳 郑燕 吴霜毅
李明

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227

代理人 王宝筠

(51)Int.Cl.

H03K 3/03(2006.01)

H03K 3/011(2006.01)

(56)对比文件

CN 105227180 A,2016.01.06,说明书第38
段至第59段.

CN 201222719 Y,2009.04.15,说明书第3页
第1行至第4页第4行,附图2.

CN 105227180 A,2016.01.06,说明书第38
段至第59段.

审查员 任洪潮

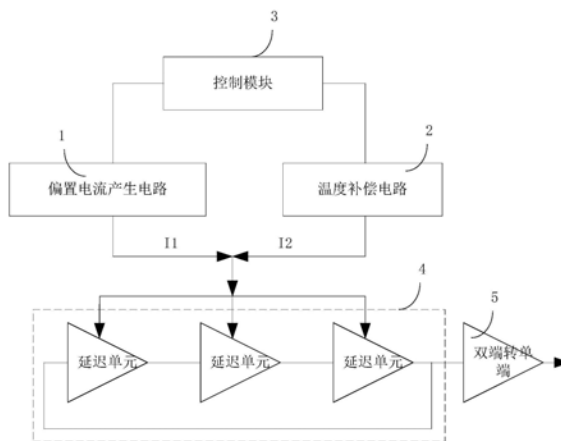
权利要求书2页 说明书7页 附图3页

(54)发明名称

环形振荡器

(57)摘要

本发明提供了一种环形振荡器,包括偏置电
流产生电路、温度补偿电路、控制模块以及延迟
单元电路;偏置电流产生电路用于产生偏置电
流,并将偏置电流传输至延迟单元电路;温度补
偿电路用于产生补偿电流,并将补偿电流传输至
延迟单元电路,所述补偿电流与环形振荡器所处
环境的温度呈正比变化;控制模块用于控制偏置
电流产生电路产生的偏置电流的大小以及温度
补偿电路产生的补偿电流的大小;延迟单元电路
在偏置电流和补偿电流的共同作用下输出具有
一定频率的电信号。当温度升高时,补偿电流会
变大,从而可以抑制环形振荡器输出频率的降
低,当温度降低时,补偿电流会变小,从而可以抑
制环形振荡器输出频率的升高,增强环形振荡器
输出频率的稳定性。



1. 一种环形振荡器,其特征在于,包括偏置电流产生电路、温度补偿电路、控制模块以及延迟单元电路;

所述偏置电流产生电路用于产生偏置电流,并将所述偏置电流传输至所述延迟单元电路;

所述温度补偿电路用于产生补偿电流,并将所述补偿电流传输至所述延迟单元电路,所述补偿电流与所述环形振荡器所处环境的温度呈正比变化;

所述控制模块用于控制所述偏置电流产生电路产生的偏置电流的大小以及所述温度补偿电路产生的补偿电流的大小;

所述延迟单元电路在所述偏置电流和所述补偿电流的共同作用下输出具有一定频率的电信号;

其中,所述偏置电流产生电路包括基准电压产生电路、第一缓冲级和第一可控电阻;

所述基准电压产生电路用于产生基准电压,并通过所述第一缓冲级将所述基准电压施加在所述第一可控电阻上,以使所述第一可控电阻产生偏置电流;

所述控制模块通过控制所述第一可控电阻的阻值大小来控制所述偏置电流的大小;

所述第一缓冲级包括第一运算放大器、第一晶体管和第二晶体管;

所述第一运算放大器的负输入端与所述基准电压产生电路的输出端连接,所述第一运算放大器的正输入端与所述第一可控电阻的第一端连接,所述第一运算放大器的输出端与所述第一晶体管的控制端连接;

所述第一晶体管的第一端与第一参考电压端连接,所述第一晶体管的第二端与所述第二晶体管的第一端连接;

所述第二晶体管的第二端与所述第一可控电阻的第一端连接,所述第二晶体管的控制端与第一电压端连接;

所述第一可控电阻的第二端与第二参考电压端连接,所述第二参考电压端的电压小于所述第一参考电压端的电压。

2. 根据权利要求1所述的环形振荡器,其特征在于,所述偏置电流产生电路还包括镜像电路,所述镜像电路用于将所述偏置电流按照一定的比例镜像至所述延迟单元电路。

3. 根据权利要求2所述的环形振荡器,其特征在于,所述镜像电路包括第三晶体管和第四晶体管;

所述第三晶体管的控制端与所述第一晶体管的控制端连接,所述第三晶体管的第一端与所述第一参考电压端连接,所述第三晶体管的第二端与所述第四晶体管的第一端连接;

所述第四晶体管的控制端与所述第二晶体管的控制端连接,所述第四晶体管的第二端与所述延迟单元电路的输入端连接。

4. 根据权利要求1所述的环形振荡器,其特征在于,所述温度补偿电路包括补偿电流产生电路,所述补偿电流产生电路包括补偿电压产生电路、第二缓冲级和第二可控电阻;

所述补偿电压产生电路用于产生补偿电压,并通过所述第二缓冲级将所述补偿电压施加在所述第二可控电阻上,以使所述第二可控电阻产生补偿电流;

所述控制模块还用于控制所述第二可控电阻的阻值大小,以控制所述补偿电流的大小。

5. 根据权利要求4所述的环形振荡器,其特征在于,所述第二缓冲级包括第二运算放大

器、第五晶体管和第六晶体管；

所述第二运算放大器的负输入端与所述补偿电压产生电路的输出端连接，所述第二运算放大器的正输入端与所述第二可控电阻的第一端连接，所述第二运算放大器的输出端与所述第五晶体管的控制端连接；

所述第五晶体管的第一端与第一参考电压端连接，所述第五晶体管的第二端与所述第六晶体管的第一端连接；

所述第六晶体管的第二端与所述第二可控电阻的第一端连接，所述第六晶体管的控制端与第二电压端连接；

所述第二可控电阻的第二端与第二参考电压端连接，所述第二参考电压端的电压小于所述第一参考电压端的电压。

6. 根据权利要求5所述的环形振荡器，其特征在于，所述温度补偿电流还包括补偿电流调制电路，所述补偿电流调制电路用于按照一定的比例将所述补偿电流镜像至所述延迟单元电路；

所述控制模块还用于根据所述延迟单元电路输出的电信号的实际频率与标准频率的差值控制所述补偿电流调制电路的镜像比例。

7. 根据权利要求6所述的环形振荡器，其特征在于，所述补偿电流调制电路包括N个支路，每一所述支路均包括第七晶体管、第八晶体管和开关；

每一所述支路中的第七晶体管的第一端均与所述第一参考电压端连接，所述第七晶体管的第二端与所述第八晶体管的第一端连接，所述第七晶体管的控制端与所述第二运算放大器的输出端连接；

所述第八晶体管的第二端与所述开关的第一端连接，所述第八晶体管的控制端与第二电压端连接；

所述开关的第二端与所述延迟单元电路的输入端连接，所述开关的控制端与所述控制模块连接；

所述控制模块通过控制所述开关的通断来控制所述补偿电流调制电路的镜像比例。

8. 根据权利要求1所述的环形振荡器，其特征在于，所述延迟单元电路包括N个延迟单元，所述N个延迟单元串联，且第一个延迟单元的输入端与第N个延迟单元的输出端相连，其中，当所述延迟单元的输入输出呈反相时，N为大于1的奇数。

环形振荡器

技术领域

[0001] 本发明涉及振荡器技术领域,更具体地说,涉及一种环形振荡器。

背景技术

[0002] 振荡器是一种能够通过自激方式使自身的输出信号按固定周期变化的电路。随着集成电路工艺的发展,新型电路结构的振荡器层出不穷,其在满足不同应用场合需要的同时也为系统电路设计者提供了更多的选择。

[0003] 环形振荡器由于具有占有芯片面积小、功耗低、结构简单等特点,而被广泛应用于集成电路芯片中。但是,由于环形振荡器的输出频率受温度变化的影响较大,例如当温度变化50%时,其输出频率可变化50%以上,因此,会导致环形振荡器的输出频率稳定性较差。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种环形振荡器,以解决现有技术中环形振荡器输出频率受温度变化的影响较大而导致的环形振荡器的输出频率稳定性较差的问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种环形振荡器,包括偏置电流产生电路、温度补偿电路、控制模块以及延迟单元电路;

[0007] 所述偏置电流产生电路用于产生偏置电流,并将所述偏置电流传输至所述延迟单元电路;

[0008] 所述温度补偿电路用于产生补偿电流,并将所述补偿电流传输至所述延迟单元电路,所述补偿电流与所述环形振荡器所处环境的温度呈正比变化;

[0009] 所述控制模块用于控制所述偏置电流产生电路产生的偏置电流的大小以及所述温度补偿电路产生的补偿电流的大小;

[0010] 所述延迟单元电路在所述偏置电流和所述补偿电流的共同作用下输出具有一定频率的电信号。

[0011] 优选的,所述偏置电流产生电路包括基准电压产生电路、第一缓冲级和第一可控电阻;

[0012] 所述基准电压产生电路用于产生基准电压,并通过所述第一缓冲级将所述基准电压施加在所述第一可控电阻上,以使所述第一可控电阻产生偏置电流;

[0013] 所述控制模块通过控制所述第一可控电阻的阻值大小来控制所述偏置电流的大小。

[0014] 优选的,所述第一缓冲级包括第一运算放大器、第一晶体管和第二晶体管;

[0015] 所述第一运算放大器的负输入端与所述基准电压产生电路的输出端连接,所述第一运算放大器的正输入端与所述第一可控电阻的第一端连接,所述第一运算放大器的输出端与所述第一晶体管的控制端连接;

[0016] 所述第一晶体管的第一端与第一参考电压端连接,所述第一晶体管的第二端与所

述第二晶体管的第一端连接；

[0017] 所述第二晶体管的第二端与所述第一可控电阻的第一端连接，所述第二晶体管的控制端与第一电压端连接；

[0018] 所述第一可控电阻的第二端与第二参考电压端连接，所述第二参考电压端的电压小于所述第一参考电压端的电压。

[0019] 优选的，所述偏置电流产生电路还包括镜像电路，所述镜像电路用于将所述偏置电流按照一定的比例镜像至所述延迟单元电路。

[0020] 优选的，所述镜像电路包括第三晶体管和第四晶体管；

[0021] 所述第三晶体管的控制端与所述第一晶体管的控制端连接，所述第三晶体管的第一端与所述第一参考电压端连接，所述第三晶体管的第二端与所述第四晶体管的第一端连接；

[0022] 所述第四晶体管的控制端与所述第二晶体管的控制端连接，所述第四晶体管的第二端与所述延迟单元电路的输入端连接。

[0023] 优选的，所述温度补偿电路包括补偿电流产生电路，所述补偿电流产生电路包括补偿电压产生电路、第二缓冲级和第二可控电阻；

[0024] 所述补偿电压产生电路用于产生补偿电压，并通过所述第二缓冲级将所述补偿电压施加在所述第二可控电阻上，以使所述第二可控电阻产生补偿电流；

[0025] 所述控制模块还用于控制所述第二可控电阻的阻值大小，以控制所述补偿电流的大小。

[0026] 优选的，所述第二缓冲级包括第二运算放大器、第五晶体管和第六晶体管；

[0027] 所述第二运算放大器的负输入端与所述补偿电压产生电路的输出端连接，所述第二运算放大器的正输入端与所述第二可控电阻的第一端连接，所述第二运算放大器的输出端与所述第五晶体管的控制端连接；

[0028] 所述第五晶体管的第一端与第一参考电压端连接，所述第五晶体管的第二端与所述第六晶体管的第一端连接；

[0029] 所述第六晶体管的第二端与所述第二可控电阻的第一端连接，所述第六晶体管的控制端与第二电压端连接；

[0030] 所述第二可控电阻的第二端与第二参考电压端连接，所述第二参考电压端的电压小于所述第一参考电压端的电压。

[0031] 优选的，所述温度补偿电流还包括补偿电流调制电路，所述补偿电流调制电路用于按照一定的比例将所述补偿电流镜像至所述延迟单元电路；

[0032] 所述控制模块还用于根据所述延迟单元电路输出的电信号的实际频率与标准频率的差值控制所述补偿电流调制电路的镜像比例。

[0033] 优选的，所述补偿电流调制电路包括N个支路，每一所述支路均包括第七晶体管、第八晶体管和控制开关；

[0034] 每一所述支路中的第七晶体管的第一端均与所述第一参考电压端连接，所述第七晶体管的第二端与所述第八晶体管的第一端连接，所述第七晶体管的控制端与所述第二运算放大器的输出端连接；

[0035] 所述第八晶体管的第二端与所述控制开关的第一端连接，所述第八晶体管的控制

端与第二电压端连接；

[0036] 所述控制开关的第二端与所述延迟单元电路的输入端连接，所述控制开关的控制端与所述控制模块连接；

[0037] 所述控制模块通过控制所述控制开关的通断来控制所述补偿电流调制电路的镜像比例。

[0038] 优选的，所述延迟单元电路包括N个延迟单元，所述N个延迟单元串联，且第一个延迟单元的输入端与第N个延迟单元的输出端相连，其中，当所述延迟单元的输入输出呈反相时，N为大于1的奇数。

[0039] 与现有技术相比，本发明所提供的技术方案具有以下优点：

[0040] 本发明所提供的环形振荡器，将偏置电流作为控制变量来控制延迟单元电路的输出频率，使得电流的变化与输出频率的变化呈线性关系，同时通过温度补偿电路产生的随环境温度呈正比变化的补偿电流来对环形振荡器的输出频率进行补偿，即当温度升高时，补偿电流变大，抑制了环形振荡器输出频率的降低，当温度降低时，补偿电流变小，抑制了环形振荡器输出频率的升高，从而增强了环形振荡器输出频率的稳定性。

附图说明

[0041] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0042] 图1为本发明的实施例提供的一种环形振荡器的结构示意图；

[0043] 图2为本发明的实施例提供的偏置电流产生电路的结构示意图；

[0044] 图3为本发明的实施例提供的温度补偿电路的结构示意图。

具体实施方式

[0045] 正如背景技术所述，现有的环形振荡器的输出频率受温度变化的影响较大，会导致环形振荡器的输出频率稳定性较差。发明人研究发现，造成这种问题的原因主要是，环形振荡器包括多个延迟单元，而每个延迟单元又由MOS晶体管组成。由于MOS晶体管的阈值电压、工艺参数迁移率以及栅氧化层电容均与温度有关，且阈值电压、工艺参数迁移率与温度呈负相关，栅氧化层电容与温度呈正相关，因此，根据理论分析及仿真经验可知，在控制电压不变的情况下，振荡器输出频率随温度的增大而减小，随温度的减小而增大，即当环形振荡器的环境温度发生变化时，环形振荡器的输出频率会相对中心频率有所偏离。

[0046] 基于此，本发明提供了一种环形振荡器，以克服现有技术存在的上述问题，包括：

[0047] 偏置电流产生电路、温度补偿电路、控制模块以及延迟单元电路；

[0048] 所述偏置电流产生电路用于产生偏置电流，并将所述偏置电流传输至所述延迟单元电路；

[0049] 所述控制模块用于控制所述偏置电流产生电路产生的偏置电流的大小；

[0050] 所述温度补偿电路用于产生补偿电流，并将所述补偿电流传输至所述延迟单元电路，所述补偿电流与所述环形振荡器所处环境的温度呈正比变化；

[0051] 所述延迟单元电路在所述偏置电流和所述补偿电流的共同作用下输出具有一定频率的电信号。

[0052] 本发明所提供的环形振荡器,将偏置电流作为控制变量来控制延迟单元电路的输出频率,使得电流的变化与输出频率的变化呈线性关系,同时通过温度补偿电路产生的随环境温度呈正比变化的补偿电流来对环形振荡器的输出频率进行补偿,即当温度升高时,补偿电流变大,抑制了环形振荡器输出频率的降低,当温度降低时,补偿电流变小,抑制了环形振荡器输出频率的升高,从而增强了环形振荡器输出频率的稳定性。

[0053] 以上是本发明的核心思想,为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图对本发明的具体实施方式做详细的说明。

[0054] 在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明,但是本发明还可以采用其他不同于在此描述的其它方式来实施,本领域技术人员可以在不违背本发明内涵的情况下做类似推广,因此本发明不受下面公开的具体实施例的限制。

[0055] 其次,本发明结合示意图进行详细描述,在详述本发明实施例时,为便于说明,表示器件结构的剖面图会不依一般比例作局部放大,而且所述示意图只是示例,其在此不应限制本发明保护的范围。此外,在实际制作中应包含长度、宽度及深度的三维空间尺寸。

[0056] 本发明的实施例提供了一种环形振荡电路,如图1所示,包括偏置电流产生电路1、温度补偿电路2、控制模块3以及延迟单元电路4。

[0057] 其中,偏置电流产生电路1用于产生偏置电流 I_1 ,并将该偏置电流 I_1 传输至延迟单元电路4。控制模块3用于控制偏置电流产生电路1产生的偏置电流 I_1 的大小。温度补偿电路2用于产生补偿电流 I_2 ,并将该补偿电流 I_2 传输至延迟单元电路4,该补偿电流 I_2 与所述环形振荡器所处环境的温度呈正比变化,即环境温度升高时,补偿电流 I_2 会变大,环境温度降低时,补偿电流 I_2 会减小。延迟单元电路4在偏置电流 I_1 和补偿电流 I_2 的共同作用下输出具有一定频率的电信号。

[0058] 进一步需要说明的是,本实施例中的延迟单元电路4还与双端转单端电路5连接,以通过双端转单端电路5输出上述电信号。其中,双端转单端电路5可以由运算放大器构成的双端输入转单端输出的电路,当然,本发明并不对双端转单端电路5的具体结构进行限定。

[0059] 在本实施例的一个具体实施方式中,如图2所示,偏置电流产生电路1包括基准电压产生电路10、第一缓冲级11和第一可控电阻 R_1 。其中,基准电压产生电路10用于产生基准电压 V_{ref} ,并通过第一缓冲级11将基准电压 V_{ref} 施加在第一可控电阻 R_1 上,以使第一可控电阻 R_1 产生偏置电流 I_1 。其中,基准电压 V_{ref} 并不随温度变化而变化。本实施例中的控制模块3通过向第一可控电阻 R_1 输入控制代码来控制第一可控电阻 R_1 的阻值大小,进而控制偏置电流 I_1 的大小。

[0060] 具体地,第一缓冲级11可以包括第一运算放大器110、第一晶体管 M_1 和第二晶体管 M_2 ,当然,本发明并不限于此,第一缓冲级11可以包括一个晶体管,也可以包括三个、四个甚至多个晶体管。第一运算放大器110的负输入端 V_{1-} 与基准电压产生电路10的输出端连接,即基准电压产生电路10将产生的基准电压 V_{ref} 传输至第一运算放大器110的负输入端 V_{1-} ,第一运算放大器110的正输入端 V_{1+} 与第一可控电阻 R_1 的第一端连接,第一运算放大器110的输出端与第一晶体管 M_1 的控制端连接。

[0061] 并且,第一晶体管M1的第一端与第一参考电压端VDD连接,第一晶体管M1的第二端与第二晶体管M2的第一端连接;第二晶体管M2的第二端与第一可控电阻R1的第一端连接,第二晶体管M2的控制端与第一电压端Vb1连接;第一可控电阻R1的第二端与第二参考电压端VSS连接,其中第二参考电压端VSS的电压小于第一参考电压端VDD的电压。

[0062] 进一步需要说明的是,本实施例中的偏置电流产生电路10还包括镜像电路12,该镜像电路12用于将偏置电流按照一定的比例镜像至延迟单元电路4。具体地,当偏置电流产生电路10包括两个晶体管即第一晶体管M1和第二晶体管M2时,镜像电路12也包括两个晶体管即第三晶体管M3和第四晶体管M4。其中,第三晶体管M3的控制端与第一晶体管M1的控制端连接,第三晶体管M3的第一端与第一参考电压端VDD连接,第三晶体管M3的第二端与第四晶体管M4的第一端连接;第四晶体管M4的控制端与第二晶体管M2的控制端连接,第四晶体管M4的第二端与延迟单元电路4的输入端连接。

[0063] 其中,本实施例中的第一晶体管M1至第四晶体管M4都可以为PMOS晶体管或NMOS晶体管,本实施例中仅以PMOS晶体管为例进行说明,但并不仅限于此。此时,上述第一端是指MOS晶体管的源极,第二端是指MOS晶体管的漏极,控制端是指MOS晶体管的栅极。

[0064] 晶体需要说明的是,在本实施例中的环形振荡器工作的过程中,第一晶体管M1至第四晶体管M4始终处于导通状态。由于第一晶体管M1的源极电压与第三晶体管M3的源极电压相等,第一晶体管M1的栅极电压与第三晶体管M3的栅极电压相等,因此,第一晶体管M1中的电流可以镜像到第三晶体管M3中。第二晶体管M2和第四晶体管M4的镜像原理与此相同,在此不再赘述。进一步需要说明的是,第一电压端Vb1是由偏置电路产生的,用于向第二晶体管M2和第四晶体管M4的栅极输入电压,其中该偏置电路可以为第一运算放大器110自带的偏置电路,当然本发明并不仅限于此。

[0065] 在上述任一实施方式的基础上,如图3所示,本实施方式中的温度补偿电路2可以包括补偿电流产生电路20和补偿电流调制电路21,该补偿电流产生电路20包括补偿电压产生电路200、第二缓冲级201和第二可控电阻R2。

[0066] 其中,补偿电压产生电路200用于产生补偿电压 V_{ptat} ,并通过第二缓冲级201将补偿电压施加在第二可控电阻R2上,以使第二可控电阻R2产生补偿电流 I_2 。此外,本实施例中的控制模块3还用于控制第二可控电阻R2的阻值大小,以对补偿电流 I_2 进行微调,进而增强或削弱补偿电流 I_2 对延迟单元电路4的补偿作用。

[0067] 具体地,第二缓冲级201可以包括第二运算放大器2010、第五晶体管M5和第六晶体管M6,同样第二缓冲级201内的晶体管个数不限定为两个。第二运算放大器2010的负输入端V2-与补偿电压产生电路200的输出端连接,即补偿电压产生电路200将产生的补偿电压 V_{ptat} 传输至第二运算放大器2010的负输入端V2-,第二运算放大器2010的正输入端V2+与第二可控电阻R2的第一端连接,第二运算放大器2010的输出端与第五晶体管M5的控制端连接。

[0068] 并且,第五晶体管M5的第一端与第一参考电压端VDD连接,第五晶体管M5的第二端与第六晶体管M6的第一端连接;第六晶体管M6的第二端与第二可控电阻R2的第一端连接,第六晶体管M6的控制端与第二电压端Vb2连接;第二可控电阻R2的第二端与第二参考电压端VSS连接,其中第二参考电压端VSS的电压小于第一参考电压端VDD的电压。同样,第二电压端Vb2的电压由偏置电路提供,该偏置电路可以为第二运算放大器2010自带的偏置电路。

[0069] 此外,补偿电流调制电路21用于按照一定的比例将补偿电流产生电路20输出的补偿电流镜像至延迟单元电路4。基于此,本实施例中的控制模块3还用于根据延迟单元电路4输出的电信号的实际频率与标准频率的差值控制补偿电流调制电路21的镜像比例。也就是说,控制模块3根据延迟单元电路4输出的电信号的实际频率与标准频率的差值来对补偿电流I2进行微调,以增强或削弱补偿电流I2对环形振荡器总电流的贡献,降低延迟单元中MOS管的工艺漂移对环形振荡器输出频率的影响。

[0070] 具体地,补偿电流调制电路21包括N个支路,如图3中的支路L1、L2、...LN,每一个支路均包括第七晶体管M7、第八晶体管M8和控制开关M9。每一个支路中的第七晶体管M7的第一端均与第一参考电压端VDD连接,第七晶体管M7的第二端与第八晶体管M8的第一端连接,第七晶体管M7的控制端与第二运算放大器200的输出端连接;第八晶体管M8的第二端与控制开关M9的第一端连接,第八晶体管M8的控制端与第二电压端Vb2连接;控制开关M9的第二端与延迟单元电路4的输入端连接,控制开关M9的控制端与控制模块3连接,以使控制模块3通过控制控制开关M9的通断来控制补偿电流调制电路21的镜像比例。

[0071] 同样,第五晶体管M5至第八晶体管M8为MOS晶体管,控制开关M9可以为MOS晶体管,也可以为其他晶体管,本发明并不仅限于此。当第五晶体管M5至控制开关M9均为MOS晶体管时,其第一端是指MOS晶体管的源极,第二端是指MOS晶体管的漏极,控制端是指MOS晶体管的栅极。

[0072] 同样,各个支路上的第七晶体管M7和第八晶体管M8可以镜像复制第五晶体管M5和第六晶体管M6中的补偿电流,第七晶体管M7和第五晶体管M5的尺寸比例以及第八晶体管M8和第六晶体管M6的尺寸比例决定了镜像比例。控制模块3通过控制各个支路上的控制开关M9的通断,来控制某条或某几条支路中的补偿电流传输至延迟单元电路4,从而可控制温度补偿电路21输出至延迟单元电路4的补偿电流I2的大小。

[0073] 本发明中的延迟单元电路4包括N个延迟单元,这N个延迟单元串联,且第一个延迟单元的输入端与第N个延迟单元的输出端相连,其中当延迟单元的输入输出呈反相即延迟单元为反相器时,N为大于1的奇数。本实施例中以延迟单元电路4包括3个延迟单元即延迟单元40、41和42为例进行说明。可选的,每一个延迟单元为一反相器,该反相器由NMOS管和PMOS管组成。当环形振荡器由三级延迟单元组成时,每一级延迟单元会产生60°的相移再加上三级延迟单元本身形成的负反馈(相移180°)最终形成相移360°的正反馈回路,在满足“巴克豪森准则”的条件下,延迟单元环路会在某一频率点发生振荡,输出具有一定频率的电信号。

[0074] 在本实施例提供的环形振荡器工作的过程中,基准电压产生电路10产生基准电压Vref并输出至第一运算放大器10的负输入端V1-,由于第一运算放大器110、第一晶体管M1、第二晶体管M2和第一可控电阻R1构成了负反馈电路,因此,延迟单元环路的高增益会使得第一运算放大器110的正输入端V1+的电压钳位至基准电压Vref,由于第一运算放大器110的正输入端V1+与第一可控电阻R1的第一端连接,因此,基准电压Vref又被施加在第一可控电阻R1上产生偏置电流。由于第一晶体管M1至第四晶体管M4在环形振荡器工作过程中一直处于导通状态,因此,偏置电流可通过第一晶体管M1和第二晶体管M2镜像至第三晶体管M3和第四晶体管M4,之后第三晶体管M3和第四晶体管M4将镜像后的偏置电流I1传输至延迟单元电路4。

[0075] 其中,当第一晶体管M1与第三晶体管M3的尺寸相同、第二晶体管M2和第四晶体管M4的尺寸即宽长比相同时,第三晶体管M3和第四晶体管M4镜像后的电流与第一晶体管M1和第二晶体管M2中的电流大小相等;当第三晶体管M3的尺寸是第一晶体管M1尺寸的2倍、第四晶体管M4的尺寸是第二晶体管M2的尺寸的2倍时,第三晶体管M3和第四晶体管M4镜像后的电流与第一晶体管M1和第二晶体管M2中的电流大小的2倍。

[0076] 本实施例中采用电流型控制振荡器模式,将偏置电流作为控制变量,通过控制偏置电流大小来调节环形振荡器的输出频率。由于环形振荡器输出频率是由第四晶体管M4、第六晶体管M6以及控制开关M9的漏极电流对每一级延迟单元中PMOS管和NMOS管的寄生电容的充放电时间决定的,因此,第四晶体管M4、第六晶体管M6以及控制开关M9的漏极电流越大,寄生电容充电越快,充放电时间越短,环形振荡器的输出频率就越大。因此,本发明中的第四晶体管M4、第六晶体管M6以及控制开关M9的漏极电流即偏置电流I1和补偿电流I2与延迟单元寄生电容的充放电时间成线性关系,即偏置电流I1和补偿电流I2与环形振荡器的输出频率呈线性关系。也就是说,若偏置电流I1和补偿电流I2的总电流变大,则输出频率增大;若偏置电流I1和补偿电流I2的总电流变小,则输出频率变小。

[0077] 基于此,当环形振荡器所处环境的温度发生变化时,补偿电压产生电路200会产生随温度变化的补偿电压 V_{ptat} ,并传输至第二运算放大器2010的负输入端 $V2^-$,由于第二运算放大器2010、第五晶体管M5、第六晶体管M6和第二可控电阻R2构成了负反馈电路,因此,延迟单元环路的高增益会使得第二运算放大器2010的正输入端 $V2^+$ 的电压钳位至补偿电压 V_{ptat} ,由于第二运算放大器2010的正输入端 $V2^+$ 与第二可控电阻R2的第一端连接,因此,补偿电压 V_{ptat} 又被施加在第二可控电阻R2上产生补偿电流。

[0078] 也就是说,当环形振荡器所处环境的温度升高时,补偿电压产生电路200产生的补偿电压 V_{ptat} 升高,使得补偿电流产生电路20输出的补偿电流I2变大,从而使得流经延迟单元电路4的总电流增大,进而抑制环形振荡器的输出频率的降低;当环形振荡器所处环境的温度降低时,补偿电压产生电路200产生的补偿电压 V_{ptat} 降低,使得补偿电流产生电路20输出的补偿电流I2变小,从而使得流经延迟单元电路4的总电流减小,进而抑制环形振荡器的输出频率的升高。

[0079] 本发明实施例所提供的环形振荡器,将偏置电流作为控制变量来控制延迟单元电路的输出频率,使得电流的变化与输出频率的变化呈线性关系,同时通过温度补偿电路产生的随环境温度呈正比变化的补偿电流来对环形振荡器的输出频率进行补偿,即当温度升高时,补偿电流变大,抑制了环形振荡器输出频率的降低,当温度降低时,补偿电流变小,抑制了环形振荡器输出频率的升高,从而增强了环形振荡器输出频率的稳定性。

[0080] 本说明书中各个实施例采用递进的方式描述,每个实施例重点说明的都是与其他实施例的不同之处,各个实施例之间相同相似部分互相参见即可。对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

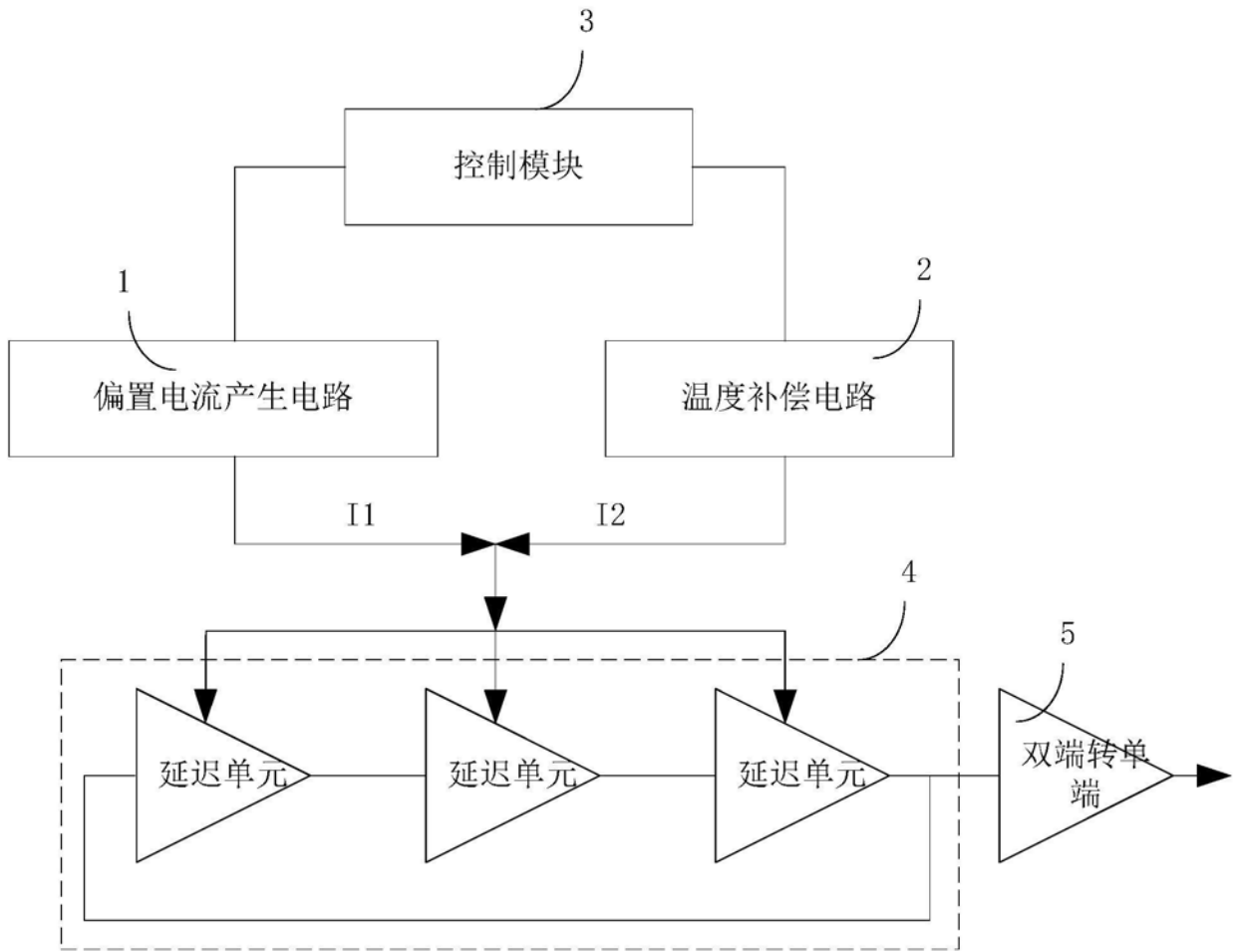


图1

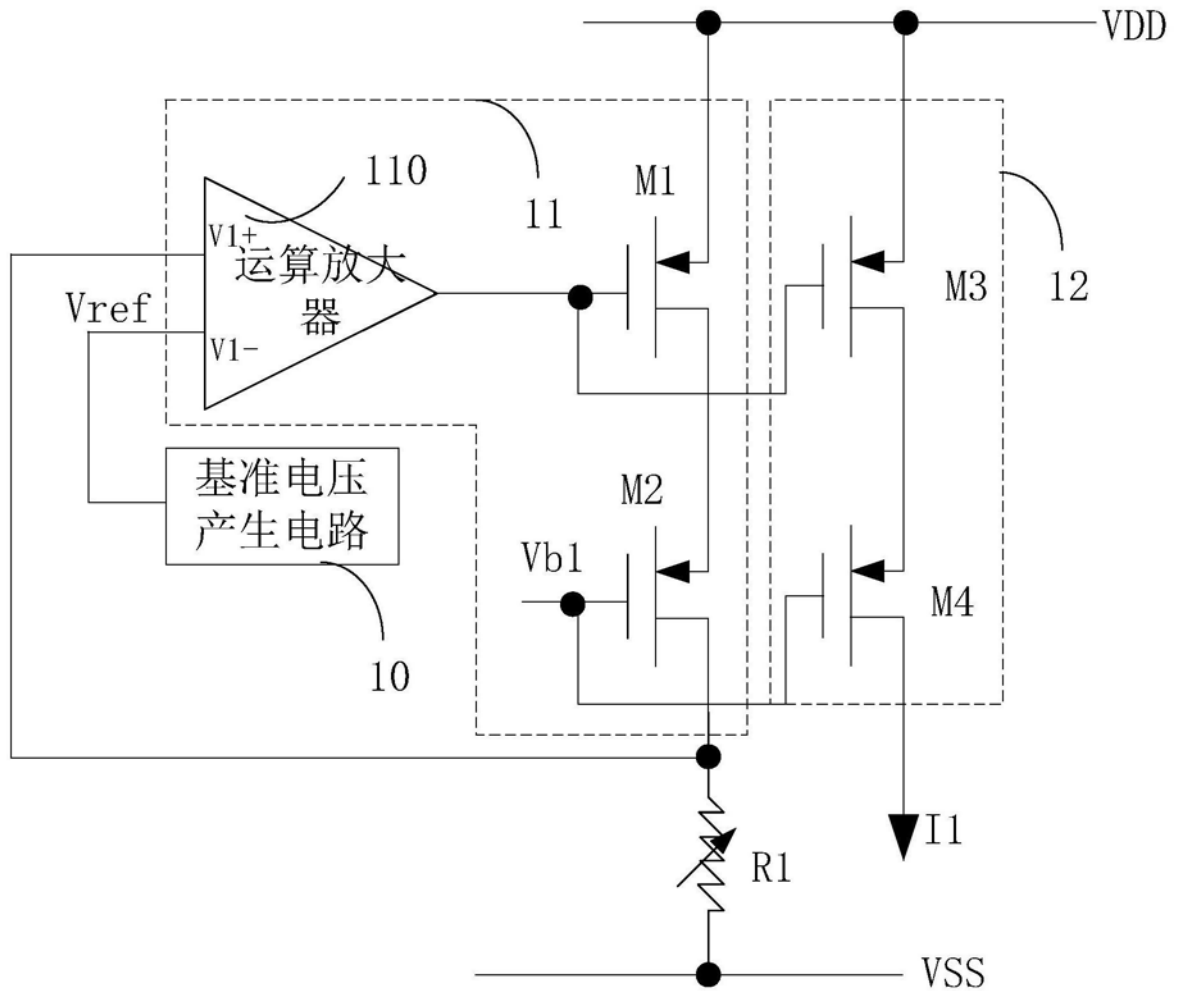


图2

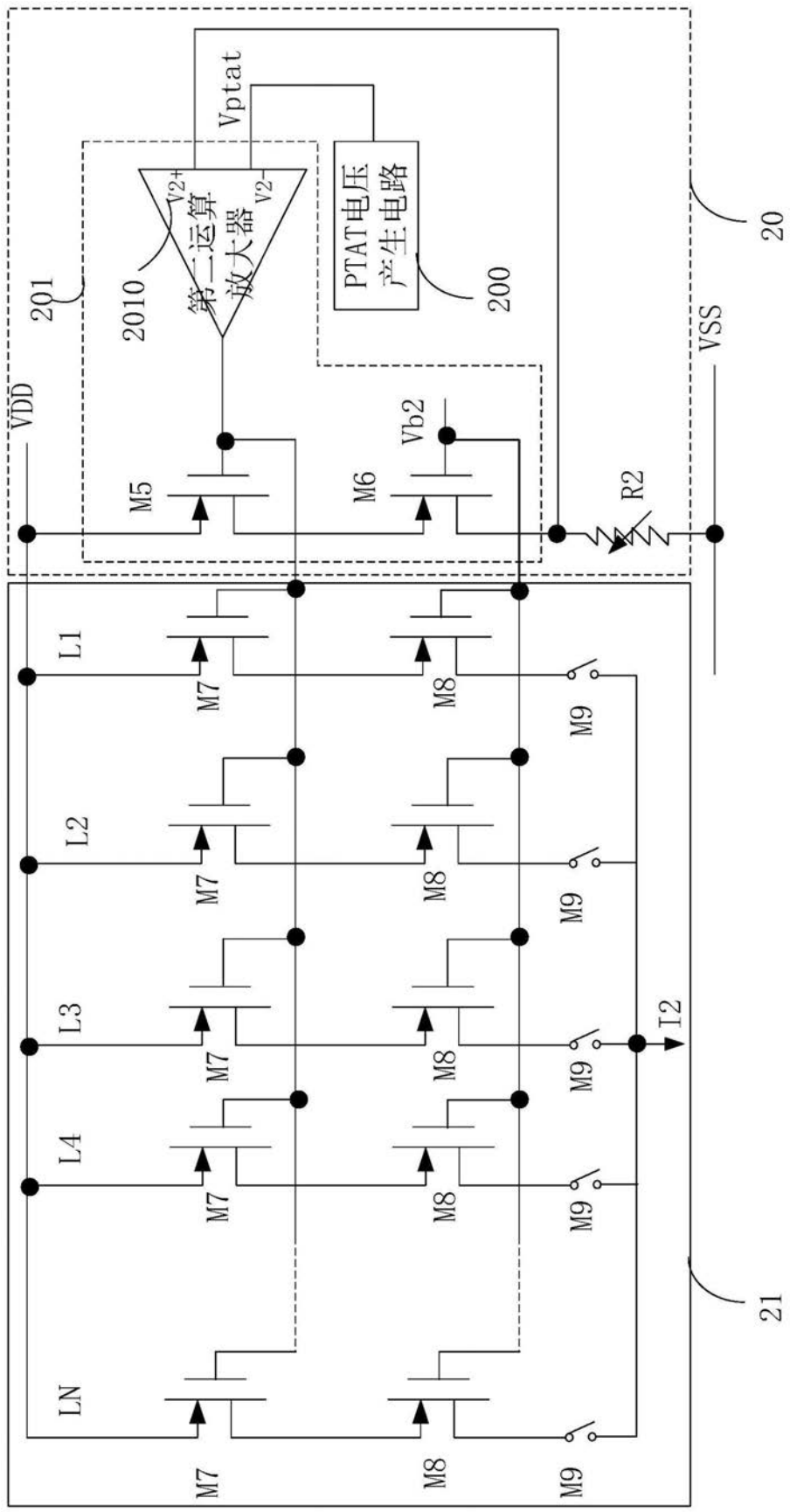


图3