



(21)申请号 202020146005.6

(22)申请日 2020.01.22

(73)专利权人 江门职业技术学院

地址 529000 广东省江门市蓬江区潮连大道6号

(72)发明人 郑士基

(74)专利代理机构 广州三环专利商标代理有限公司 44202

代理人 麦小婵 郭浩辉

(51)Int.Cl.

H03D 7/16(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

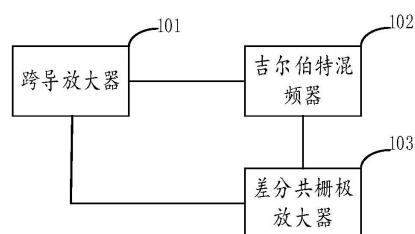
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

#### (54)实用新型名称

一种折叠式共源共栅混频器

#### (57)摘要

本实用新型公开了一种折叠式共源共栅混频器,所述混频器包括:跨导放大器、差分共栅极放大器、吉尔伯特混频器;所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连;其中,所述跨导放大器用于电压到电流的转换,所述差分共栅极放大器用于吸收所述跨导放大器交流输出电流,所述吉尔伯特混频器用于混频;所述跨导放大器接收TXI信号,所述吉尔伯特混频器接收LO信号,并将所述TXI信号与所述LO信号混频后输出。采用本实用新型,可以减少LO馈通,提高线性性能。



1. 一种折叠式共源共栅混频器,其特征在于,包括:

跨导放大器、差分共栅极放大器、吉尔伯特混频器;

所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连;其中,所述跨导放大器用于电压到电流的转换,所述差分共栅极放大器用于吸收所述跨导放大器交流输出电流,所述吉尔伯特混频器用于混频;

所述跨导放大器接收TXI信号,所述吉尔伯特混频器接收LO信号,并将所述TXI信号与所述LO信号混频后输出。

2. 如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述跨导放大器包括:

第一MOS管、第二MOS管、第三MOS管、第四MOS管和第五MOS管、第一电阻、第二电阻、第一电容和第二电容;

所述第一MOS管的源极与电源端相连,栅极连接第一电源端,漏极分别连接所述第二MOS管、第三MOS管的源极,所述第二MOS管的漏极与第四MOS管的漏极相连,所述第三MOS管的漏极与第五MOS管的漏极相连,所述第二MOS管的栅极与第四MOS管的栅极相连,所述第三MOS管的栅极与第五MOS管的栅极相连,所述第一电阻连接与第二MOS管漏极和栅极之间之间,所述第二电阻连接与第三MOS管漏极和栅极之间之间,所述第一电容的一端与外部TXI+端相连,另一端与所述第二MOS管的栅极相连,所述第二电容的一端与外部TXI-端相连,另一端与所述第三MOS管的栅极相连,所述第四MOS管与所述第五MOS管的源极均接地。

3. 如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述吉尔伯特混频器包括:

电感、可变电容器、第六MOS管、第七MOS管、第八MOS管、第九MOS管;

所述电感与所述可变电容器并联后一端与所述第六MOS管的漏极相连,另一端与所述第九MOS管的漏极相连;

所述第六MOS管的栅极与外部LO+端相连,所述第六MOS管的源极与所述第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述第九MOS管的栅极与外部LO+端相连,所述第九MOS管的源极与所述第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连,所述第七MOS管的栅极与所述第八MOS管的栅极相连,所述第七MOS管的漏极与所述第九MOS管的栅极相连之后与TXO+端相连,所述第八MOS管的漏极与所述第六MOS管的栅极相连之后与TXO-端相连。

4. 如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述差分共栅极放大器包括:

第十MOS管、第十一MOS管、第十二MOS管和第十三MOS管;

所述第十MOS管与所述第十一MOS管的栅极相连后与第二电源端,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的栅极相连后与第三电源端相连,所述第十MOS管的源极与所述第十二MOS管的漏极相连,所述第十一MOS管的源极与所述第十三MOS管的漏极相连,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的源极均接地。

5. 如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连包括:

所述跨导放大器的第四MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的源极相连,所述跨导放大器的第五MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的源极相

连。

6.如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

所述吉尔伯特混频器中的第六MOS管的源极与第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述吉尔伯特混频器中的第九MOS管的源极与第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连。

7.如权利要求1所述折叠式共源共栅混频器,其特征在于,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

所述跨导放大器的第一MOS管的源极与所述吉尔伯特混频器的电感相连之后接地。

## 一种折叠式共源共栅混频器

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及混频器领域,特别是涉及一种折叠式共源共栅混频器。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着通信行业的迅速发展,人们对无线收发机的性能要求也越来越高。由于混频器是一个非线性系统,信号经过混频器后会发生增益压缩,还有可能使得射频信号发生阻塞,而且还会产生不必要的频率分量,干扰有用信号产生失真,所以线性度是一个非常重要的指标。但由于混频器的直流偏置会受到电源电压的变化,工艺的变化以及温度的变化所影响,偏置电路的不稳定会影响混频器的线性度。

[0003] 传统的吉尔伯特混频器采用传统的源极/射极负反馈线性度不够,并且通常会有L0馈通的现象发生。因此,亟需一种减少L0馈通,提高线性性能的混频器。

### 实用新型内容

[0004] 为了解决上述问题,本实用新型的目的是提供一种折叠式共源共栅混频器,可以减少L0馈通,提高线性性能。

[0005] 基于此,本实用新型提供了一种折叠式共源共栅混频器,所述混频器包括:

[0006] 跨导放大器、差分共栅极放大器、吉尔伯特混频器;

[0007] 所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连;其中,所述跨导放大器用于电压到电流的转换,所述差分共栅极放大器用于吸收所述跨导放大器交流输出电流,所述吉尔伯特混频器用于混频;

[0008] 所述跨导放大器接收TXI信号,所述吉尔伯特混频器接收L0信号,并将所述TXI信号与所述L0信号混频后输出。

[0009] 其中,所述跨导放大器包括:

[0010] 第一MOS管、第二MOS管、第三MOS管、第四MOS管和第五 MOS管、第一电阻、第二电阻、第一电容和第二电容;

[0011] 所述第一MOS管的源极与电源端相连,栅极连接第一电源端,漏极分别连接所述第二MOS管、第三MOS管的源极,所述第二MOS管的漏极与第四MOS管的漏极相连,所述第三MOS管的漏极与第五MOS管的漏极相连,所述第二MOS管的栅极与第四MOS管的栅极相连,所述第三MOS管的栅极与第五MOS管的栅极相连,所述第一电阻连接与第二MOS管漏极和栅极之间,所述第二电阻连接与第三MOS管漏极和栅极之间,所述第一电容的一端与外部TXI+端相连,另一端与所述第二MOS管的栅极相连,所述第二电容的一端与外部TXI-端相连,另一端与所述第三MOS管的栅极相连,所述第四MOS管与所述第五MOS管的源极均接地。

[0012] 其中,所述吉尔伯特混频器包括:

[0013] 电感、可变电容器、第六MOS管、第七MOS管、第八MOS管、第九MOS管;

[0014] 所述电感与所述可变电容器并联后一端与所述第六MOS管的漏极相连,另一端与

所述第九MOS管的漏极相连；

[0015] 所述第六MOS管的栅极与外部L0+端相连,所述第六MOS管的源极与所述第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述第九MOS管的栅极与外部L0+端相连,所述第九MOS管的源极与所述第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连,所述第七MOS管的栅极与所述第八MOS管的栅极相连,所述第七MOS管的漏极与所述第九MOS管的栅极相连之后与TX0+端相连,所述第八MOS管的漏极与所述第六MOS管的栅极相连之后与TX0-端相连。

[0016] 其中,所述差分共栅极放大器包括:

[0017] 第十MOS管、第十一MOS管、第十二MOS管和第十三MOS 管;

[0018] 所述第十MOS管与所述第十一MOS管的栅极相连后与第二电源端,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的栅极相连后与第三电源端相连,所述第十MOS管的源极与所述第十二MOS管的漏极相连,所述第十一MOS管的源极与所述第十三MOS管的漏极相连,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的源极均接地。

[0019] 其中,所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连包括:

[0020] 所述跨导放大器的第四MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的源极相连,所述跨导放大器的第五MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的源极相连。

[0021] 其中,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

[0022] 所述吉尔伯特混频器中的第六MOS管的源极与第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述吉尔伯特混频器中的第九MOS管的源极与第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连。

[0023] 其中,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

[0024] 所述跨导放大器的第一MOS管的源极与所述吉尔伯特混频器的电感相连之后接地。

[0025] 采用本实用新型,与传统混频器相比,在功耗相同的情况下,杂散降低,减少L0馈通,提高线性性能。

## 附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本实用新型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实用新型的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1是本实用新型实施例提供的折叠式共源共栅混频器的示意图;

[0028] 图2是本实用新型实施例提供的一种折叠式共源共栅混频器的示电路图。

## 具体实施方式

[0029] 下面将结合本实用新型实施例中的附图,对本实用新型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本实用新型一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本实用新型中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下

所获得的所有其他实施例,都属于本实用新型保护的范围。

[0030] 图1是本实用新型实施例提供的折叠式共源共栅混频器的示意图,所述混频器包括:

[0031] 跨导放大器101、吉尔伯特混频器102、差分共栅极放大器103;

[0032] 所述跨导放大器101与所述差分共栅极放大器103相连,所述差分共栅极放大器103与所述吉尔伯特混频器102相连,所述跨导放大器101与所述吉尔伯特混频器102相连;其中,所述跨导放大器101用于电压到电流的转换,所述差分共栅极放大器103用于吸收所述跨导放大器101交流输出电流,所述吉尔伯特混频器102用于混频;

[0033] 所述跨导放大器101接收TXI信号,所述吉尔伯特混频器102接收LO信号,并将所述TXI信号与所述LO信号混频后输出。

[0034] 图2是本实用新型实施例提供的一种折叠式共源共栅混频器的示电路图,其中,所述跨导放大器包括:

[0035] 第一MOS管、第二MOS管、第三MOS管、第四MOS管和第五MOS管、第一电阻、第二电阻、第一电容和第二电容;

[0036] 所述第一MOS管的源极与电源端相连,栅极连接第一电源端,漏极分别连接所述第二MOS管、第三MOS管的源极,所述第二MOS管的漏极与第四MOS管的漏极相连,所述第三MOS管的漏极与第五MOS管的漏极相连,所述第二MOS管的栅极与第四MOS管的栅极相连,所述第三MOS管的栅极与第五MOS管的栅极相连,所述第一电阻连接与第二MOS管漏极和栅极之间,所述第二电阻连接与第三MOS管漏极和栅极之间,所述第一电容的一端与外部TXI+端相连,另一端与所述第二MOS管的栅极相连,所述第二电容的一端与外部TXI-端相连,另一端与所述第三MOS管的栅极相连,所述第四MOS管与所述第五MOS管的源极均接地。

[0037] 其中,所述吉尔伯特混频器包括:

[0038] 电感、可变电容器、第六MOS管、第七MOS管、第八MOS管、第九MOS管;

[0039] 所述电感与所述可变电容器并联后一端与所述第六MOS管的漏极相连,另一端与所述第九MOS管的漏极相连;

[0040] 所述第六MOS管的栅极与外部LO+端相连,所述第六MOS管的源极与所述第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述第九MOS管的栅极与外部LO+端相连,所述第九MOS管的源极与所述第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连,所述第七MOS管的栅极与所述第八MOS管的栅极相连,所述第七MOS管的漏极与所述第九MOS管的栅极相连之后与TXO+端相连,所述第八MOS管的漏极与所述第六MOS管的栅极相连之后与TXO-端相连。

[0041] 其中,所述差分共栅极放大器包括:

[0042] 第十MOS管、第十一MOS管、第十二MOS管和第十三MOS管;

[0043] 所述第十MOS管与所述第十一MOS管的栅极相连后与第二电源端,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的栅极相连后与第三电源端相连,所述第十MOS管的源极与所述第十二MOS管的漏极相连,所述第十一MOS管的源极与所述第十三MOS管的漏极相连,所述第十二MOS管与所述第十三MOS管的源极均接地。

[0044] 其中,所述跨导放大器与所述差分共栅极放大器相连包括:

[0045] 所述跨导放大器的第四MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的源

极相连,所述跨导放大器的第五MOS管的漏极与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的源极相连。

[0046] 其中,所述差分共栅极放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

[0047] 所述吉尔伯特混频器中的第六MOS管的源极与第七MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十MOS管的漏极相连,所述吉尔伯特混频器中的第九MOS管的源极与第八MOS管的源极分别与所述差分共栅极放大器的第十一MOS管的漏极相连。

[0048] 其中,所述跨导放大器与所述吉尔伯特混频器相连包括:

[0049] 所述跨导放大器的第一MOS管的源极与所述吉尔伯特混频器的电感相连之后接地。

[0050] 晶体管M2,M3,M4和M5连同反馈电阻R1和R2以及M1的尾电流源晶体管一起构成一个跨导放大器,用于V到I的转换。它采用电流复用的推挽结构,以提高其线性度和降低功耗。此外,由于跨导放大器的直流偏移被交流耦合电容器C3和C4阻塞,因此无论其直流偏移电压如何,M2,M3,M4,和M5的尺寸都可以优化以提高线性度。晶体管M10和M11以及M12和M13的电流源晶体管一起构成差分共栅放大器,以吸收跨导放大器的交流输出电流。值得注意的是,共栅放大器的直流偏移也会对混频器的输出产生L0馈通。由于M12和M13只处理直流电流,因此可以为M12和M13的电流源晶体管选择大而高的过驱动电压,以减小两个支路之间的直流偏移。M10和M11作为M12和M13的共源共栅器件,对直流偏移的贡献很小。此外,M10和M11提供的低输入阻抗有助于减小跨导放大器的输出电压摆幅,进一步提高其线性度。此外,M10和M11还增加了从TXI到L0和TXI到TX0端口的隔离。

[0051] 通过与传统的吉尔伯特单元混频器进行比较,验证了本实用新型提出的折叠式共源共栅混频器在降低L0馈通方面的有效性。我们做了如下假设:1)两个混频器消耗相同的电流 $I_B$ ;2)两个混频器的输出摆幅有相同的电压余量;3)只考虑晶体管阈值电压的失配,即 $V_{OS} \approx \Delta V_{th}$ ;4)  $\Delta V_{th}$ 与晶体管面积的平方根成反比。

[0052] 在研究的折叠式共源共栅混频器中,M1占 $I_B$ 的一半,而M12和M13分别占 $I_B$ 的四分之一。因此,流过跨导晶体管的电流只有吉尔伯特单元混频器的一半。然而,由于我们的跨导放大器重复使用了PMOS和NMOS晶体管中的电流,因此假设所有晶体管具有相同的过驱动电压,其总跨导与吉尔伯特单元混频器中的总跨导相同。对于两个混频器,相同振幅的TXI输入,流向L0开关四极管的交流信号电流应几乎相同。通过使用推挽跨导器增加的输入电容可被吸收到输入匹配网络中,因此该混频器用于窄带应用。

[0053] 现在,比较一下流入L0开关四极管的DC偏移电流。折叠式共源共栅混频器的直流偏移电流可以表示为: $g_{mM11} \times V_{OS\_M11}$ ,其中 $g_{mM12}$ 是晶体管M12的跨导, $V_{OS\_M12}$ 是晶体管M12和M13之间的偏移电压。吉尔伯特单元混频器的直流偏移电流表达式类似于: $g_{mM2} \times V_{OS\_M2}$ ,其中 $g_{mM3}$ 是晶体管M2的跨导, $V_{OS\_M2}$ 是M2和M3之间的偏移电压。折叠式共源共栅混频器的M12中的电流是吉尔伯特单元混频器中M2电流的一半。通过为M12和M2选择相同的宽度,同时使M12的长度是M2的两倍,我们可以保持M12和M2的过驱动电压相同。因此,这两个混频器的输出电压波动将具有相似的净空。它们的偏移电压和跨导可以被表示为:

$$[0054] \quad V_{os\_M11} = \frac{V_{os\_M2}}{\sqrt{2}}$$

$$[0055] \quad g_{m\_M11} = \frac{g_{m\_M2}}{\sqrt{2}}$$

[0056] 因此,我们计算两个混频器之间的直流偏移电流比为:

$$[0057] \quad \frac{V_{os\_M11} g_{m\_M11}}{V_{os\_M2} g_{m\_M2}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$$

[0058] 由于它们的交流信号电流是相同的,因此我们设计的折叠式共源共栅混频器与吉尔伯特单元混频器相比,可以减少L0馈通。

[0059] 作为本实用新型的一个实施例,所述折叠式共源共栅混频器可以采用0.11 $\mu$ m CMOS工艺进行设计。其模具尺寸为0.146平方毫米。所述混频器从1.2V电源中汲取2.6mA的总电流,其中,所述跨导放大器为1.2mA,共栅放大器和L0开关四路为1.4mA。在仿真中,TXI输入的差分幅度设定为400mVP-P,其频率为2453MHz。3345MHz 的L0是以1.1V的直流偏压与L0开关四路进行交流耦合。L0的差分振幅为800mVP-P,以使开关四极管保持在饱和区。该混频器具有驱动50 $\Omega$ 端口的理想电压缓冲器。混频器的输出功率在5.798GHz处为4.77dBm,最大的混频杂散为892MHz的边带图像,即-36.14dBm。第二杂散频率为782MHz,具有-42.55dBm,这是来自TXI与下边带中的第三谐波L0混合的基本输入。第三大杂散频率为4014MHz,为-42.63dBm,这是由输入TXI的第三次谐波与下边带的L0基波混合而成。所有的杂散信号均比所需信号低-40dBc。

[0060] 用于2.4GHz至5.8GHz发射机的折叠式共源共栅混频器与传统的吉尔伯特单元混频器相比,该混频器在功耗相同的情况下,杂散降低了9.2db。该混频器采用0.11 $\mu$ m CMOS设计,在1.2V电源电压下电流为2.6mA。它的输出1dB压缩点为3.84dBm,所有发射杂散都远低于-40dBc。

[0061] 以上所述仅是本实用新型的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本实用新型技术原理的前提下,还可以做出若干改进和替换,这些改进和替换也应视为本实用新型的保护范围。



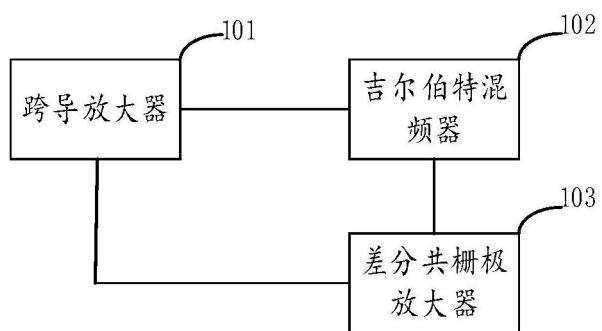


图1

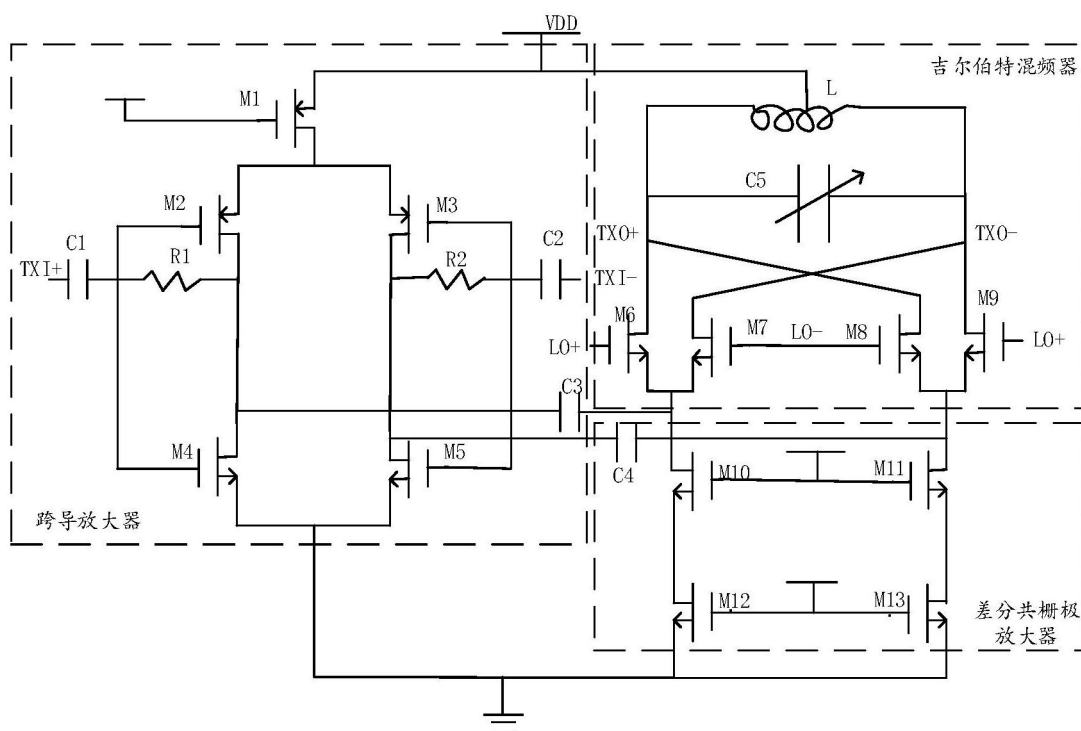


图2