

带有电压比例缩放模块的低调谐曲线增益压控振荡器

刘荣江, 郭桂良, 阎跃鹏

(中国科学院微电子研究所 电子系统总体技术研究室, 北京 100029)

摘 要: 本文介绍了一种利用电压比例缩放模块的低调谐曲线增益的压控振荡器. 电压比例缩放模块由电阻分压网络和电流垛电路组成. 电阻分压网络比例缩小压控振荡器的控制电压, 进而能得到较低的调谐曲线增益. 电流垛模块电路向控制电压节点注入或抽取电流提供不同的直流电位, 实现将调谐曲线变为多个子调谐曲线. 由于电流垛模块和电阻分压网络具有很好的线性度, 因此所实现的压控振荡器具有更线性的调谐范围. 仿真结果显示调谐增益曲线小于 20 MHz/V, 并且具有好的线性度.

关键词: 压控振荡器; 低调谐曲线增益; 高线性度; 射频; CMOS 技术

中图分类号: TN432

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)11-0165-03

Low Kvco VCO Utilizing Voltage Scaling Block

LIU Rong-jiang, GUO Gui-liang, YAN Yue-peng

(Department of Electronics System Technology, Institute of Microelectronics of
Chinese Academy of Science, Beijing 100029, China)

Abstract: A low tuning curve gain (Kvco) voltage controlled oscillator(VCO) is presented. Voltage scaling circuit composes resistive voltage divider network(RVDN) and a current steer circuit. The RVDN scales down the control voltage range and achieve a low Kvco. A current steer circuit injecting or extracting current provides DC operating bias at the control voltage net, and converts the tuning curve into many sub-bands. Because of the linear current steer circuit and the RVDN, the proposed VCO has a large tuning range. Stimulation shows its Kvco is less than 20MHz/V and good linear performance.

Key words: VCO; low Kvco; high linearity; RF; CMOS technology

1 引言

压控振荡器在接收机中是一个至关重要的模块电路, 其性能的好坏直接影响到接收机的灵敏度和频率选择性^[1-5]. 很多宽带和窄带的电子系统都对本振信号提出了严格的要求. 目前主要有两种方法实现较低的频率调谐曲线(Kvco). 一种是采用多个并联电感的方案^[6], 但多个电感的使用会显著增大芯片的面积. 另一种是采用开关电容阵列的方式, 通过切换不同的电容阵列将 VCO 的振荡频率范围分割成多个子频率范围^[7], 该方法主要受工艺的限制. 较低的 Kvco 需要使用较小的可变电容, 在大多数

情况下制造工艺无法提供足够小的可变电容. 此外, 阵列中电容自身的绝对值大小以及金属互连线上的寄生电容也会限制 VCO 振荡频率的极限值, 导致众多宽频率覆盖的 VCO 往往需要设计多个 VCO.

本文利用电压比例缩放模块设计一款低电压调谐曲线增益的 VCO. 电压比例缩放模块由电阻分压网络和电路垛电路组成. 电阻分压网络将常规的控制电压变化比例压缩得更小. 当控制电压变化时, 可变电容上实际的电压变化很小, 因此得到更低的调谐曲线增益. 电流垛电路对控制电压节点注入或抽取电流以改变该节点的直流偏置, 并确保偏置点的电压范围能够覆盖电源到地. 通过电阻分压网络和

收稿日期: 2013-01-14; 修回日期: 2013-03-04

基金项目: 科技部国家科技重大专项(2009ZX01031-002-008-002)

电流垛模块的配合,所设计的压控振荡器实现更低的调谐曲线增益和更线性化的子频率调谐曲线。

2 电路设计

图 1 是所提出的带有电压比例缩放的 VCO. 该电路以传统的电容切换方案为基础,开关 S_{coarse} 和 S_{fine} 提供两种调谐曲线增益的控制模式:粗条模式和细调模式. 当 S_{coarse} 闭合, S_{fine} 切断时,进入粗调工作模式;当 S_{coarse} 切断, S_{fine} 闭合时,进入细调工作模式. 细条模式的核心电路是电压比例缩放模块, Voltage Scaling. 考虑到隔离的需要,输入控制电压节点 VTUNE 先接入一个具有轨到轨能力的电压缓冲器. 输入电压经过缓冲器后进入电阻分压网络. 电阻 R1 和 R2 比例减小输入电压,并在节点 V_VAR 处得到实际的可变电容控制电压. 电流垛电路在节点 V_VAR 处注入电流,以此获得范围足够宽的偏置电压。

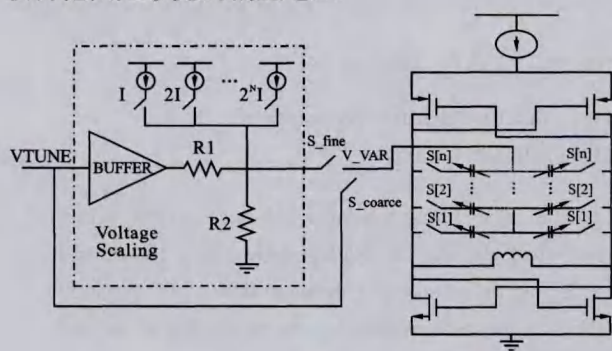


图 1 电路结构

当考虑电路垛模块电路时,节点 V_VAR 处的电压可以表示为

$$V_VAR = \frac{R2}{R1+R2} VTUNE + i_{steer} \times R2 \quad (1)$$

其中 VTUNE 为电压缓冲器的输入电压, i_{steer} 是来自电流垛的电流。

当输入电压 VTUNE 从 0 到 VDD 变化时, V_VAR 变化范围为 $[R2/(R1+R2)](VDD-0)$. 取合适的电阻 R1 和 R2 值, V_VAR 变化很小时, 可变电容变化也很小, 如图 2 所示。

当电流垛电路增加 1bit 时, V_VAR 节点的偏置电压增加 $I \times R2$, 但是在输入电压 VTUNE 从 0 到 VDD 变化时, V_VAR 变化范围仍然是 $[R2/(R1+R2)](VDD-0)$. 结果, 传统由可变电容阵列决定的频率调谐曲线被电压比例缩放模块进一步分割成更多更平滑的子频率调谐曲线. 电流垛电路的档位越多, 所得到的 K_{vco} 就会越小. 两条相邻的子频率

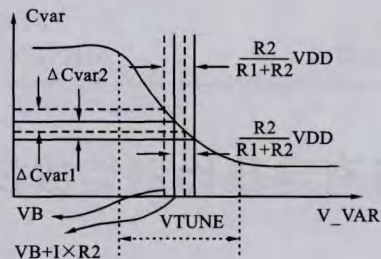


图 2 可变电容控制电压变化情况

调谐曲线的间距可以很容易的通过选择合适的电阻分压网络中的 R2 以及电流垛模块的电位电流来得到. 可以看到电路分压网络和电流垛提供的电流具有很高的线性度, 因此得到的子频率调谐曲线在很大的控制电压变化范围内也具有很好的线性特性。

3 版图和仿真结果

所设计的 VCO 采用 TSMC 0.25μm 工艺 CMOS RF 工艺设计, 图 3 是整个 VCO 的版图. 面积大小为 $480\mu m \times 1450\mu m$. 粗调模式设计为 8 条频率调谐曲线, 调谐频率范围覆盖 2.25~3.38 GHz, 如图 4 所示. 电压比例缩放模块中, 电阻值 R1 : R2 为 14 : 3; 电流垛电路设计为 8 bit, 其单元电流大小为 $10/3\mu A$. 图 5 为某粗条曲线所分割成的细调曲线示意图. 在电压比例缩放的作用下, 频率调谐曲线的增益从粗调时的 90 MHz/V 减小到 20 MHz/V.

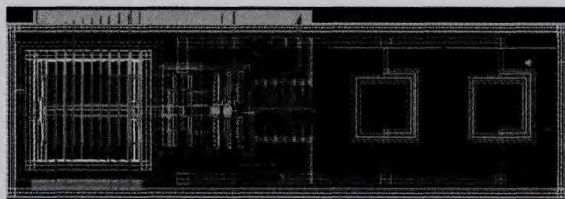


图 3 版图

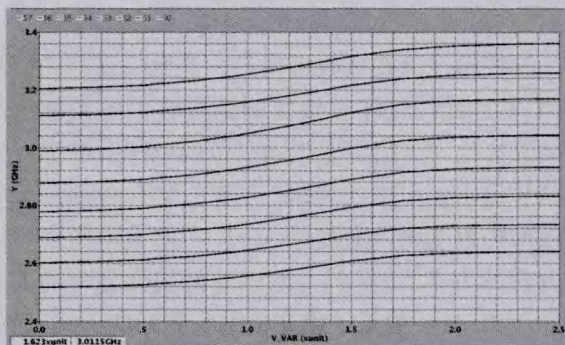


图 4 粗调曲线

4 结束语

文中介绍了一款利用电压比例缩放模块设计的低调谐曲线增益的压控振荡器. 在电阻分压电路和

电流垛电路的配合下,传统电容阵列切换形式的压控振荡器能获得更低的调谐曲线增益以及更线性化的频率调谐范围.后仿真结果显示,该压控振荡器频率覆盖范围从 2.25 GHz 到 3.38 GHz,粗调和细调模式下调谐曲线增益分别为 90 MHz/V 和 20 MHz/V. 低的调谐曲线增益有利于未来锁相环实现更低的相位噪声,以及接收机实现更好的接收灵敏度和信道频率选择性.

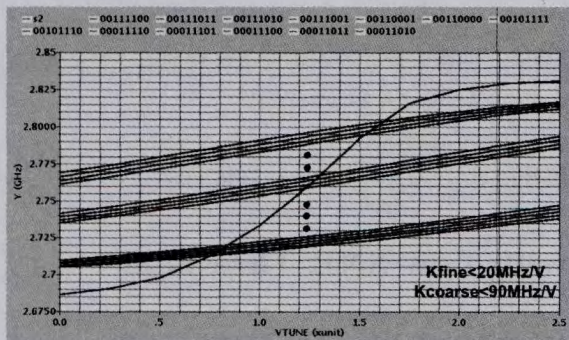


图5 细调曲线

参考文献:

- [1] Brandolini M, Rossi P, Manstretta D, et al. Toward multistandard mobile terminals - full integrated receivers requirements and architectures [J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2005(53):1026-1038.
- [2] Cho T B, Kang D, Heng C H, et al. A 2.4GHz dual-mode 0.18 μm CMOS transceiver for Bluetooth and 802.11b [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits,

2004, 39(11):1916-1926.

- [3] M. Zargari, Su D K, Yue C P, et al. A 5-GHz CMOS transceiver for IEEE 802.11a wireless LAN system [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2002, 37(12):1488-1494
- [4] Ali Niknejad. Analysis and Design of Wideband LC VCOs [D]. Berkeley, CA: University of California, 2006.
- [5] Yu-Che Yang, Shey-Shi Lu. A single-VCO fractal-N frequency synthesizer for digital TV tuners [C]// IEEE Conference Microwave Symposium IEEE/MTT-S, Hawaii: IEEE, 2007:1545-1548.
- [6] Frank H, Heide E, Nikolay I. A new approach to fully integrated CMOS LC-oscillators with a very large tuning range [C]// Proceedings of the Custom Integrated Circuits Conference Orlando, FL: IEEE, 2000: 573-576.
- [7] Wenfeng Lou, Xiaozhou Yan, Zhiqing Geng, et al. A novel 0.72-6.2GHz continuously-tunable $\Delta\Sigma$ Fractional-n frequency synthesizer [C]// International Conference, ASIC, Orlando: IEEE, 2009: 1085-1088.

作者简介:

刘荣江 男,(1984-),博士研究生.研究方向为射频集成电路设计.

郭桂良 男,(1981-),博士.研究方向为射频集成电路设计.

阎跃鹏 男,(1963-),研究员,博士生导师.研究方向为集成电路与系统设计.