

具有镜频抑制功能的可重构上变频器设计

宋凤丽, 薛建勇

(广东通信产业服务有限公司 通信建设分公司, 广东 广州 510060)

摘要: 介绍了一种带镜频抑制的可重构上变频器。它由 FET 混频器、压控振荡器 (VCO)、低通滤波器及可调带通滤波器组合而成。这种上变频器能够将给定的中频信号变换成在一个宽的频率范围内期望的任意频率的射频信号, 并保持高的镜频抑制水平。随着 VCO 输出频率的变化, 镜频、本振和谐波频率同样发生变化并有可能产生混叠。

关键词: 带通滤波器; 可调滤波器; 上变频器; 镜频抑制

中图分类号: TN

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)22-0032-03

Reconfigurable up-converter with image rejection design

Song Suli, Xue Jianyong

(Communication Constructions Branch, Guangzhou Telecommunications Construction Corporation, Guangzhou 510060, China)

Abstract: This paper presents a reconfigurable up-converter with image rejection. It consists of an FET mixer, a VCO, a low-pass filter and a tunable bandpass filter. It can shift a given input IF signal to any desired RF frequency within a wide frequency range while maintaining high image rejection level. With the change of VCO output frequency, the image, LO and harmonic frequencies also shift and maybe overlap.

Key words: bandpass filter; tunable filter; up-converter; image rejection

上变频器是射频发射机的重要组成部分, 其性能对系统整体有重大的影响。镜频抑制是上变频器的一个重要考虑因素。如果没有镜频抑制, 镜频信号会对其他系统产生干扰。因此, 有许多方法被提出, 用来处理镜频噪声的影响^[1-3]。在这些方法中, 有的方法只适用于射频集成电路和单片微波集成电路而不适用于分立式电路, 例如使用多相滤波器。

对于分立式电路, 有两种途径可以抑制镜频信号。

(1) 采用一种镜频抑制混频器, 利用输入和输出信号间特定的相位关系来抵消镜频。镜频抑制混频器备受青睐, 因其能够容忍射频和本振频带的混叠, 并可以在一个宽的中频带宽上提供足够的镜频抑制(镜频抑制通常受混合耦合器的限制)。然而, 由于多个混合耦合器及平衡、不平衡变换器的存在, 电路变得相当复杂而且尺寸较大, 这就限制了它的应用。

(2) 利用滤波器选取想要的信号来抑制镜频噪声。在可重构多标准多频带系统中^[4], 一个标准下的射频频率和另一个标准下的本振频率可能产生混叠。此外, 当不同标准激活时, 射频和镜像频率可能会改变。在这些情况下, 因为频率的变化, 常规的滤波器不可能抑制镜频

信号。另一方面, 因为混频器是利用非线性来产生混合产物的, 所以对于一些有源混频器来说, 它们可能会遇到严重的二次谐波问题。因此, 应该抑制寄生响应。

本文提出一种带镜频抑制和谐波抑制的可重构上变频器。它由混频器、VCO、低通滤波器和可调带通滤波器组成。通过改变 VCO 的输出信号频率, 中频信号可以被转换为想得到的射频信号。本振频率的改变导致射频、镜像以及谐波频率的变化。为了抑制变换的镜像和谐波频率, 提出和采用一种带谐波抑制的可调带通滤波器。尽管频率在变化, 镜频和谐波都得到了很大程度的减小。

1 带镜频抑制上变频器设计

1.1 上变频器结构

上变频器方框图由图 1 所示。它包含 5 个部分: 低通滤波器、混频器、可调带通滤波器、压控振荡器和衰减器。其核心部分是混频器。由于单端型混频器是所有混频器中最基本的, 以单端型有源 FET 混频器为例。该混频器由一个压控振荡器激励, 并在这两者设置一衰减器。衰减器用于控制压控振荡器的输出功率, 并且提供合适的激励信号, 保证混频器发挥最佳性能。LO 和 IF

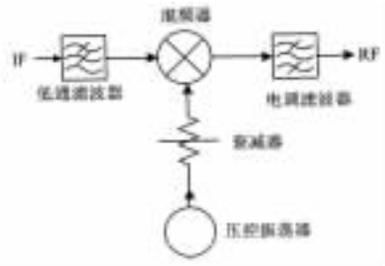


图1 上变频器方框图

都被加到 FET 晶体管的门上。对于此种类型的混频器，谐波响应和本振泄露是重要的考虑因素。为了防止本振泄露到中频端口，在 IF 和混频器之间插入一低通滤波器。而在射频输出端口前，使用一可调带通滤波器。当压控振荡器输出频率改变时，滤波器通频带频率也跟着改变，因此可以实现期望信号的选取和镜像频率、二阶谐波的抑制。可调带通滤波器是以参考文献[5]介绍的中心加载谐振器为基础的。无论频率怎样变化，镜像频率信号、LO 泄露和寄生响应均能被可调滤波器滤除。在这个变频器的原型中，中频信号频率是 400 MHz，本振频率范围是 1.3 GHz~1.7 GHz。取上边带，因此射频信号频率范围为 1.7 GHz~2.1 GHz。

1.2 混频器设计

单端型门混频器原理图如图 2 所示。设计采用 Avago Technologies 生产的 ATF-34143 晶体管。该晶体管在夹断区域附近的工作偏置条件为： $V_{gg}=-0.68\text{V}$ ， $V_{dd}=3\text{V}$ ， $I_{dd}=8\text{mA}$ 。偏置条件选定后，下一步就是检查稳定性。遗憾的是，在这种情况下，存在着潜在的不稳定性。可采用两种措施使之稳定下来。第一种是利用串联负反馈。在每个源端和地之间连接两条高阻抗的传输线，等效为电感。第二种方法是使用 $L1$ 和 $C3$ ，改善低频稳定性。最后，设计匹配网络。注意低通滤波器和可调带通滤波器是与混频器串联的。一个滤波器，如果一端接 50Ω 的电阻，在通频带和阻带中，从另一端口来看，阻抗的大小是明显不同的。这会影响到混频器的性能。因此，在混频器的设计中，这种影响应该加以考虑。

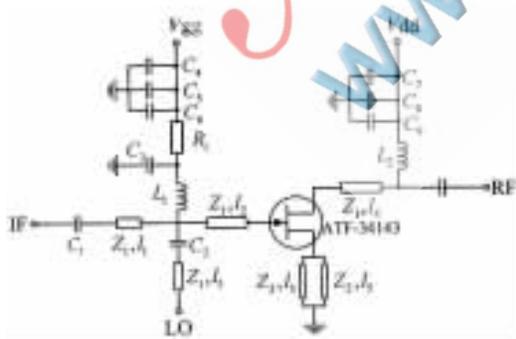


图2 有源 FET 混频器原理图

1.3 谐波抑制可调带通滤波器设计

图 3 为该上变频器抑制镜频、LO 泄露及寄生响应的关键部分，即带谐波抑制的可调带通滤波器的示意
《微型机与应用》2011 年 第 30 卷 第 22 期

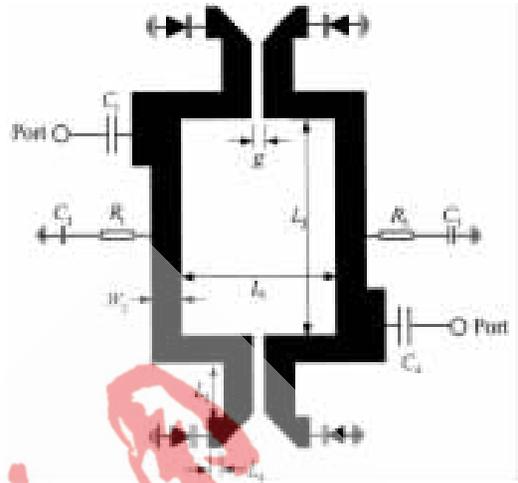


图3 谐波抑制可调带通滤波器结构图

图。与非可调滤波器不同的是，它的谐波频率会随着通频带频率的变化而变化。通频带频率范围和二次谐波可能发生混叠。在这种情况下，普通的可调带通滤波器是不可能达到抑制谐波的。本设计根据中心加载的谐振器^[5]，采用一种新型谐波抑制可调带通滤波器。它由两个相同的微带谐振器组成。在每个谐振器的微带开端口连接两个变容二极管。该硅型变容二极管产自 Toshiba，型号为 1SV277，电容可调范围为 1.8 pF~4.5 pF。通过改变偏置电压来调整变容二极管的电容值，使得整体的电长度也变化。这样，通频带被调整，以便跟踪混频输出的频率变化。在每个谐振器的中间，各自加载有一个电阻和一个电容，以抑制偶次谐波响应。在基波谐振频率和通频带频率处，电压值为零。在二次谐波处，电压值不再为零^[5]。因此，在这个点上加载电阻不会对通频带性能产生影响，而在二次谐波上，电阻会消耗一些功率。因此，在二次谐波处，该谐振器的 Q 值会大大地减低，从而抑制二次谐波。电阻和电容的组合呈现出高通响应，减小对通频带频率附近的性能的影响。滤波器带通频率可在 1.65 GHz~2.1GHz 范围内调谐。在低阻带，衰减大于 40 dB。由于使用了电阻，该滤波器具有宽的高阻带，其频率范围为 2.5 GHz~4.5 GHz，并且衰减为 35 dB 左右，从而抑制混频器寄生响应。

1.4 VCO 压控振荡器设计

压控振荡器结构如图 4 所示。它由晶体管、谐振器和反馈网络三部分组成。所采用的晶体管是 Infineon 生产的型号为 BFP640 双极型硅锗晶体管。在集电极加 3V 直流电源。电阻 $R1$ 和 $R2$ 用于调整电压和电流。总电流为 25 mA。两个变容二极管用于调整振荡频率，为了简化设计，它们共用一个偏置电压 V_t 。测量得出的变容二极管振荡频率-偏置电压从 0~6.5 V 变化时，振荡频率由 1.27 GHz 变化至 1.87 GHz，相对调谐范围为 38.2%，满足上变频器的要求。

VCO 压控振荡器的相位噪声在载波频偏 100 kHz 和

欢迎网上投稿 www.pcachina.com

37

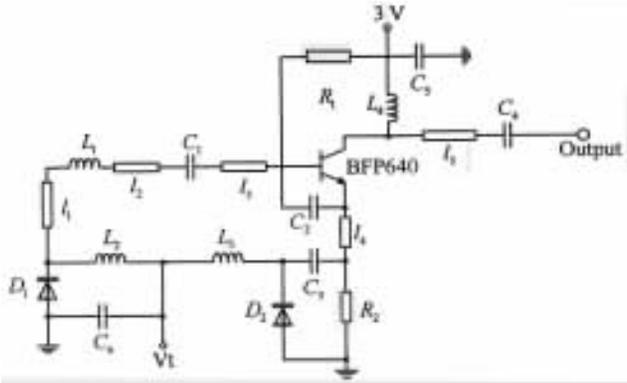


图4 VCO 压控振荡器原理图

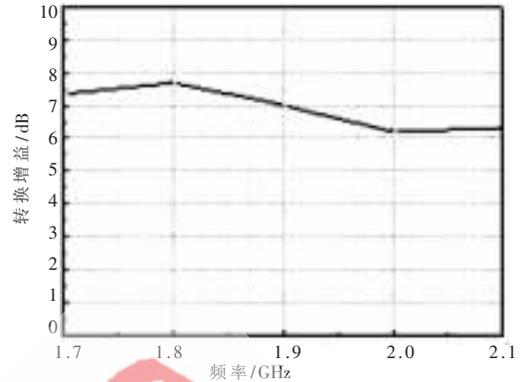


图5 转换增益

500 kHz 处大约为 -90 dBc/Hz 和 -108 dBc/Hz。

2 实验结果

当所有部件实现后,把它们整合在一起,进行性能测试。压控振荡器输出频率在 1.3 GHz~ 1.7 GHz 内可调,中频固定在 400 MHz。使用信号发生器和网络分析仪,评估上变频器的整体性能。

测得在不同的射频频率上,上变频器的转换增益如图5所示。在实验中,送入混频器的 LO 信号功率约为 2 dBm,中频输入功率为 -15 dBm。在这种情况下,转换增益在 6.3 dB~ 7.6 dB 之间。非线性方面,测得 1 dB 压缩点为 -4 dBm,输出三阶截点(OIP3)为 -1.5 dBm。

本文提出一种可重构上变频器。由于使用新型的谐波抑制带通滤波器,镜频、本振泄露和寄生响应受到抑制。上变频器结构简单、尺寸紧凑,适合多频带应用中的分立电路。

参考文献

[1] MASS S A, MIXERS M, 2nd ed., Boston: Artech house, 1993.

- [2] BEHBAHANI F, KISHIGAMI Y, LEETE J, et al. CMOS mixers and ployphase filters for large image rejection[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2001, 36(6):873-887.
- [3] LERSTAVEESIN S, SONG B S. A complex image rejection circuit with sign detection only[J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2006, 41(12):2693-2702.
- [4] VIODJKOVIC, TANDG V D, LEEUWENBURGH A, et al. Adaptive multi-standard RF front-ends. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2008.
- [5] ZHANG X Y. Novel RF resonators and their applications bandpass filters: theory[D]. design and application, 2009.

(收稿日期:2011-08-22)

作者简介:

宋夙丽,女,1979年生,工程师,主要研究方向:无线通信技术。

薛建勇,男,1979年生,工程师,主要研究方向:无线通信技术。