

Circuits from the Lab™
Reference Circuits

利用 ADI 公司产品进行电路设计
放心运用这些配套产品迅速完成设计。
欲获得更多信息和技术支持, 请拨打 4006-100-006 或
访问 www.analog.com/zh/circuits。

连接/参考器件

| | |
|----------|---|
| ADL5356 | 1.2 GHz 至 2.5 GHz 双平衡混频器, 内置 LO 缓冲器、IF 放大器和 RF 巴伦 |
| AD8376 | 超低失真、双通道、IF 可变增益放大器 (VGA) |
| AD9258 | 14 位、125 MSPS、1.8 V、双通道 ADC |
| AD9517-4 | 12 路输出时钟发生器, 集成 1.6 GHz VCO |

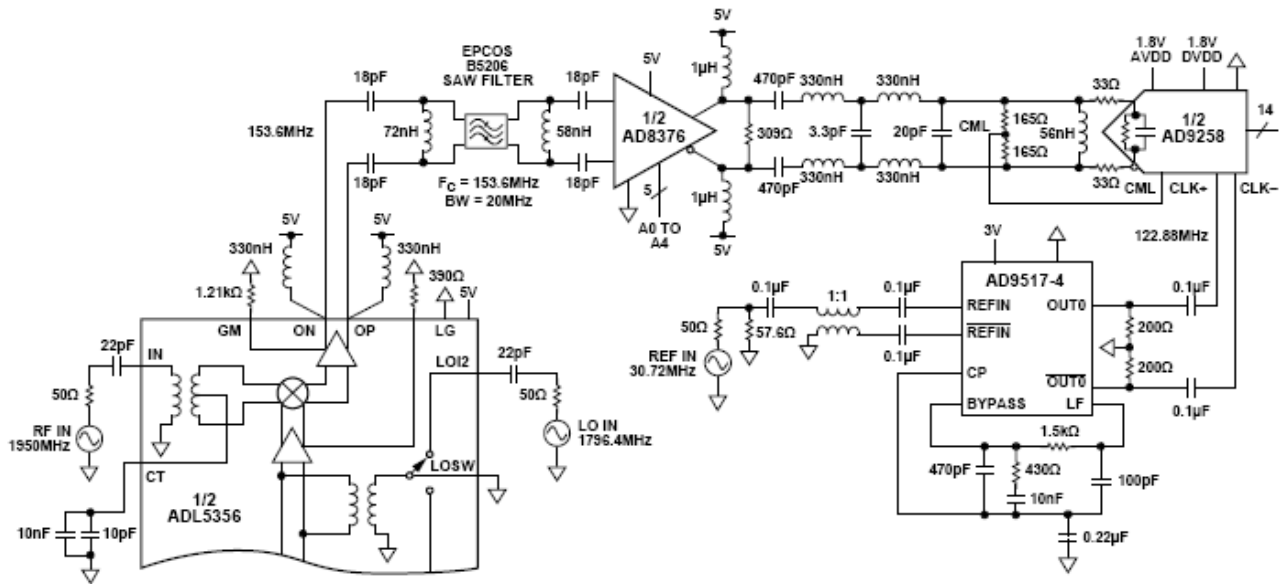
高性能、双通道 IF 采样接收机

电路功能与优势

本电路提供一种高性能、双通道 IF 采样接收机; 在基站术语中, 它也称为主接收机和分集接收机。该下变频接收机使用 153.6 MHz 的单 IF 频率, 内置一个双通道下变频混频器、数字控制双通道 VGA、双通道 ADC 和时钟频率合成器。该电路接受 RF 波形输入, 输出两路 14 位分辨率数字数据流。它针对高频 IF 采样进行了优化, 提供 79.61 dBc 的出色无杂散动态范围 (SFDR) 性能, 高增益设置时采样速率为 122.88 MSPS。

电路描述

本电路包括 RF 前端和 IF 采样接收机, 由双通道平衡混频器、宽带 IF SAW 滤波器、数字控制双通道 VGA 和双通道 ADC 组成。本电路还内置频率合成器, 用来产生 ADC 采样时钟。双通道平衡混频器 ADL5356 旨在将主要在 1200 MHz 至 2500 MHz 范围内的射频 (RF), 下变频为 30 MHz 至 450 MHz 范围内的低中频 (IF)。



NOTES
1. ALL PINS AND CONNECTIONS TO ADL5356, AD8376, AD9258 AND AD9517 NOT SHOWN.
CONSULT PRODUCT DATA SHEETS FOR DETAILED INFORMATION.

图 1. 宽带双通道 IF 采样接收机 (原理示意图: 仅显示接收机的一半, 未显示所有连接和去耦)

Rev.0

“Circuits from the Lab” from Analog Devices have been designed and built by Analog Devices engineers. Standard engineering practices have been employed in the design and construction of each circuit, and their function and performance have been tested and verified in a lab environment at room temperature. However, you are solely responsible for testing the circuit and determining its suitability and applicability for your use and application. Accordingly, in no event shall Analog Devices be liable for direct, indirect, special, incidental, consequential or punitive damages due to any cause whatsoever connected to the use of any “Circuit from the Lab”. (Continued on last page)

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.461.3113 ©2010 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

RF 和 LO 输入端口已进行交流耦合，用来预防非零直流电压损坏 RF 巴伦或 LO 输入电路(ADL5356 的一部分)。ADL5356 配置为单端 LO 工作模式，建议 LO 驱动为 0 dBm。混频器的 LOSW 引脚接地，本电路只使用两个 LO 通道中的一个(LOI2)。混频器差分 IF 接口需要利用上拉扼流圈电感来偏置开集输出，并设置输出阻抗匹配。应适当选择用来将直流电流耦合至 IF 放大器的扼流圈电感的分流阻抗，以提供所需的输出回损。混频器输出阻抗的实部约为 200 Ω ，这与许多常用 SAW 滤波器匹配，而无需变压器。

接收机通道滤波主要由混频器后接的 153.6 MHz、20 MHz 带宽 Epcos B5206 型 SAW 滤波器完成。此滤波器的典型插入损耗(IL) 约为 9 dB，匹配特性阻抗为 100 Ω 差分。通过简单的 L-C 电抗性网络，使该 SAW 滤波器与混频器 200 Ω 差分输出和 AD8376 VGA 150 Ω 差分输入阻抗相匹配。

表 1 突出显示了双通道混频器加 SAW 滤波器的级联性能。请注意，IP3 为三阶交调截点，IP1dB 为折合到输入端的 -1 dB 压缩点，NF 为噪声系数。

双通道、高输出线性 VGA AD8376 针对 ADC 接口进行了优化，提供 24 dB 的接收机增益控制。两个独立的 5 位二进制码以 1 dB 步进改变各衰减器的设置，使得各放大器的增益设置范围为 +20 dB 至 -4 dB。在可用的 24 dB 增益范围内，输出三阶交调截点(IP3)和本底噪声基本上保持不变。对于接收机增益改变时需保持恒定瞬时动态范围的可变增益接收机而言，这一特性很重要。采用 2 V 峰峰值复合信号时，AD8376 和随后的抗混叠滤波器的输出 IP3 超过 50 dBm。

AD8376 提供 150 Ω 输入阻抗，经过调整，用于驱动 150 Ω 负载阻抗。开集输出结构要求通过外部偏置网络实现直流偏置。每个通道输出端均采用一组 1 μ H 扼流圈电感，用来向开集输出引脚提供偏置。模数转换之前的 DGA 输出端配有经过

优化的差分四阶带通抗混叠滤波器。请注意，抗混叠滤波器采用大约 300 Ω 的分流输入和输出电阻端接。滤波器输入端的分流电阻为 309 Ω ，输出端的分流电阻为 330 Ω （由两个 165 Ω 偏置设置电阻组成）；二者共同向 AD8376 提供 150 Ω 标称负载阻抗。

带通抗混叠滤波器用来衰减奈奎斯特频率区域之外的 AD8376 输出噪声。一般而言，若使用一个阶数合适的抗混叠滤波器，SNR 性能会提高数个 dB。该抗混叠滤波器由一个四阶巴特沃兹滤波器和一个谐振回路组成。谐振回路通过谐振消除 ADC 负载的容性部分，有助于确保 ADC 输入在目标中心频率看起来像一个真正的电阻（参见应用笔记 AN-742 和 AN-827）。此外，交流耦合电容和偏置扼流圈会将更多零点引入传递函数。整体频率响应呈现出带通特性，有助于抑制目标奈奎斯特频率区域外的噪声。该滤波器提供 20 MHz 通带，中心频率为 153.6 MHz，平坦度为 0.3 dB，插入损耗约为 3 dB。

所用 ADC 为 14 位 AD9258，其采样速率最高可达 125 MSPS。AD9258 的模拟输入端由 AD8376 通过带通抗混叠滤波器驱动。ADC 采样速率设置为 122.88 MSPS，满量程输入范围为 2 V 峰峰值。AD9258 差分时钟信号由一个带片内 VCO 的时钟产生 IC AD9517-4 提供。为实现低抖动，使用 LVPECL 电平输出 OUT0。AD9517-4 利用其内部 VCO 频率 1474.56 MHz，产生用于 ADC 的 122.88 MHz 输出时钟。利用 ADISimCLK™ 仿真软件设计的环路滤波器提供 60 kHz 截止频率和 50° 相位余量，使得时序抖动约为 160 fs 均方根值。假设输入频率为 153.6 MHz，利用公式 $SNR = 20 \log(1/2\pi \times f_{IN} \times t_j)$ 可知，此抖动相当于 76 dB 的理论 SNR。

利用此电路，在最大增益时可实现 79.61 dBc 的出色 SFDR 性能(153.6 MHz)，如图 2 所示。

表 1. 双通道混频器加 SAW 滤波器的级联性能 (RF = 1950 MHz, LO = 1796.4 MHz, IF = 153.6 MHz, RF 功率 = -10 dBm, LO 功率 = 0 dBm)

| | 增益(dB) | IP3 (dBm) | IP1dB (dBm) | NF (dB) |
|---------------|--------|-----------|-------------|---------|
| ADL5356 | 8.2 | 30.0 | 11.5 | 9.7 |
| ADL5356 + SAW | -0.3 | 28.6 | 11.7 | 10.9 |

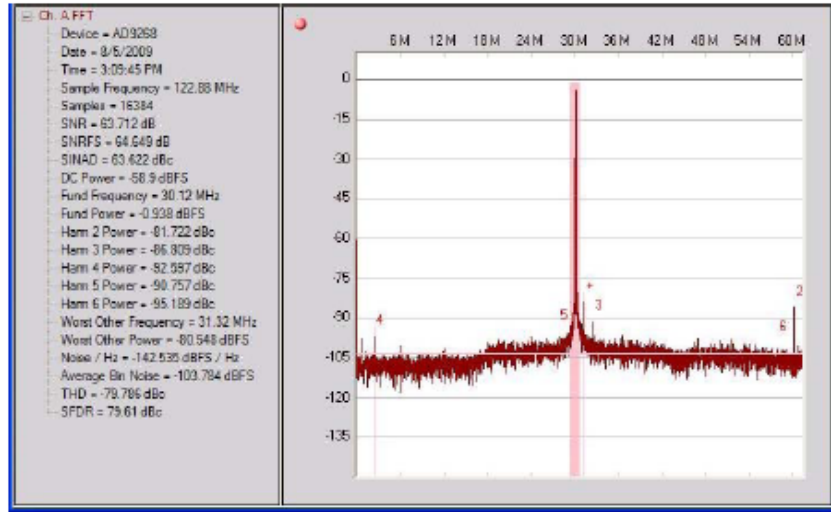


图2. 图1 电路的单音性能测量结果: 1950 MHz RF 输入信号, 采样频率 = 122.88 MSPS, IF 输入 = 153.6 MHz

常见变化

前端LNA和衰减器未包括在本电路中, 但可以轻松地与混频器ADL5356的50 Ω单端RF输入接口。完整的接收机设计可能需要纳入ADL5521/ADL5523 LNA。

标准配置使用ADL5356, 可以接收1.2 GHz至2.4 GHz范围内的RF信号, 但也可以使用混频器ADL5358, 支持500 MHz至1700 MHz的RF输入频率。

Epcos (www.epcos.com) SAW 滤波器接在混频器之后, 提供必要的通道选择功能, 带宽范围为20 MHz至40 MHz, 具体取决于所选的滤波器。所示电路使用20 MHz带宽、153.6 MHz中心频率SAW滤波器(产品型号: B5206), 但也可以使用其它引脚兼容的滤波器。

在SAW滤波器匹配和抗混叠滤波器实施方案中, 可能还需要考虑一些经验优化方法, 帮助补偿实际的PCB寄生效应。关于级间滤波器设计的详细信息, 请参考应用笔记AN-742和AN-827。

为确保频带响应的可重复性, SAW 滤波器匹配元件和抗混叠滤波器建议使用1%电容。此外, 推荐使用Coilcraft 0603CS或类似的电感。其它电阻、电容和电感的精度可以为10%。

为了使本文所讨论的电路达到理想的性能, 必须采用出色的布线、接地和去耦技术。至少应采用四层PCB: 一层为接地层, 一层为电源层, 另两层为信号层。

所有IC电源引脚都必须采用0.01 μF至0.1 μF的低电感多层陶瓷电容(MLCC)去耦至接地层(为简明起见, 图中未显示), 并应遵循各数据手册和教程MT-101的相关建议。

有关布线方式和关键器件定位的建议, 请参考产品评估板, 可以通过器件的产品页面查询评估板。

即使AD8376和AD9258(或其它ADC)采用不同电源供电, 因为ADC的输入信号为交流耦合信号, 所以时序控制也不是问题。

关于AVDD和DVDD电源的正确时序(如果使用独立的电源), 应参考相应的ADC数据手册。

进一步阅读

AN-742 Application Note. *Frequency Domain Response of Switched Capacitor ADCs*. Analog Devices.

AN-827 Application Note. *A Resonant Approach to Interfacing Amplifiers to Switched-Capacitor ADCs*. Analog Devices.

CN-0002 Circuit Note, *Using the AD8376 VGA to Drive Wide Bandwidth ADCs for High IF AC-Coupled Applications*, Analog Devices.

CN-0046 Circuit Note, *An Ultra Low Distortion Differential RF/IF Front-End for High Speed ADCs*, Analog Devices.

Kester, Walt. *High Speed System Applications*, Chapter 2 "Optimizing Data Converter Interfaces," Analog Devices, 2006.

MT-007 Tutorial, *Aperture Time, Aperture Jitter, Aperture Delay Time—Removing the Confusion*, Analog Devices.

MT-031 Tutorial, *Grounding Data Converters and Solving the Mystery of "AGND" and "DGND"*, Analog Devices.

MT-073 Tutorial, *High Speed Variable Gain Amplifiers (VGAs)*, Analog Devices.

MT-075 Tutorial, *Differential Drivers for High Speed ADCs Overview*, Analog Devices.

MT-101 Tutorial, *Decoupling Techniques*, Analog Devices.

数据手册和评估板

AD8376 Data Sheet

AD9258 Data Sheet

AD9258 Evaluation Board

AD9517-4 Data Sheet

AD9517-4 Evaluation Board

ADL5356 Data Sheet

ADL5356 Evaluation Board

修订历史

1/10—Revision 0: Initial Version

(Continued from first page) "Circuits from the Lab" are intended only for use with Analog Devices products and are the intellectual property of Analog Devices or its licensors. While you may use the "Circuits from the Lab" in the design of your product, no other license is granted by implication or otherwise under any patents or other intellectual property by application or use of the "Circuits from the Lab". Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, "Circuits from the Lab" are supplied "as is" and without warranties of any kind, express, implied, or statutory including, but not limited to, any implied warranty of merchantability, noninfringement or fitness for a particular purpose and no responsibility is assumed by Analog Devices for their use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from their use. Analog Devices reserves the right to change any "Circuits from the Lab" at any time without notice, but is under no obligation to do so. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.