

RF信号源解决方案

应用简介

RF信号源用于创建射频频率的测试波形，常见的一些应用包括：测试新的无线电平台是否能工作，或者测试从生产线下线的手机性能是否符合预期。RF信号源既能用来创建正弦波等简单的波形，也能用来创建看起来像是超声或声纳设备回波的复杂调制波形。

系统设计考虑和主要挑战

随着技术的不断创新，RF应用现在的频率要求已达到GHz范围，模拟和数字方法使得调制技术变得越来越复杂。此外，RF通信行业的标准也越来越多。

对于RF信号源设计师，第一项挑战是在单个系统中实现多种RF测试信号。例如，RF信号源可能需要提供多种多样的输出，如FM、FSK、QAM、WCDMA和LTE信号等。支持这些RF测试信号所需的带宽现在变得越来越宽，很难找到支持这些标准要求的宽带宽、良好线性度和低噪声性能的器件。而且，针对不同的频段，设计师可能需要增加不同的信号路径。

RF信号源设计师的第二项挑战是控制系统的噪底。使用的数字信号处理和RF信号处理越多，则系统的辐射噪声越高。额外的信号路径也会由于串扰而增加噪声，因此更难获得干净的输出。

RF信号源设计师的第三项挑战是系统能力和灵活性不断提高。信号源还需要支持外部时钟输入和调制输入，以便满足最终用户的测试目的，如同步等。系统还需要与USB、GPIO、以太网和RS-232等接口兼容。

ADI公司解决方案

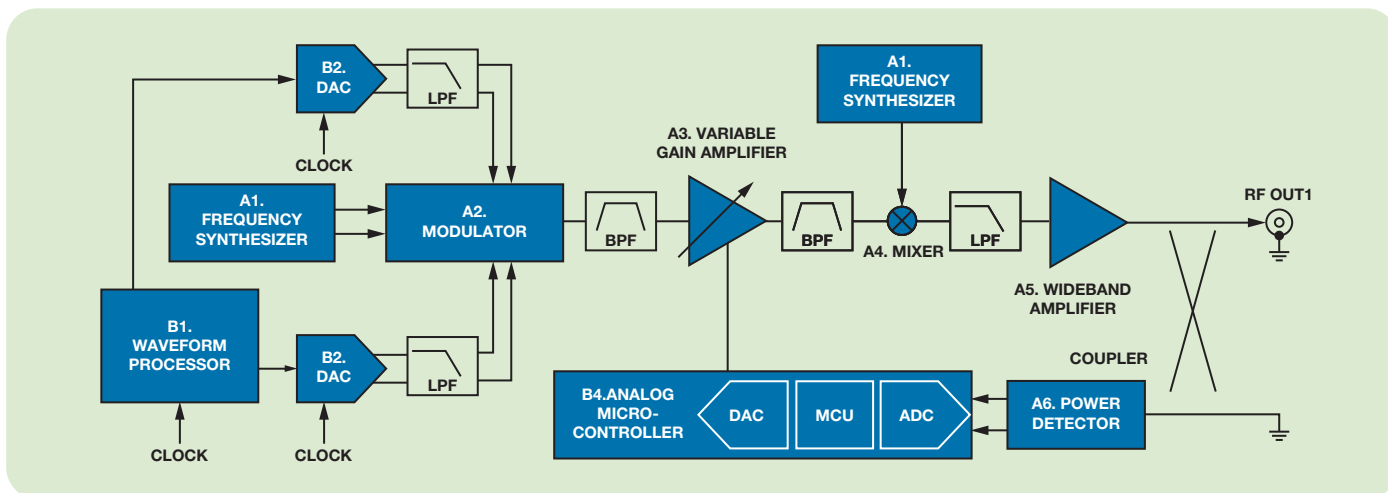
ADI解决方案的价值主张：

- 一站式供应商，提供从数字到RF器件的最齐全产品组合，如锁相环(PLL)、混频器、功率检波器、ADC、DAC、放大器和数字信号处理器等。
- 丰富的RF设计资源，包括易于使用的仿真工具(ADIsimPLL™、ADIsimRF™、ADIsimSRD™、ADIsimCLK™)、ADI中文技术论坛中的RF社区、完全填充的评估板等。
- ADI产品的兼容性支持在多个平台之间移植设计，例如，引脚兼容的高速ADC提供多种不同的采样速率和分辨率。
- 片内集成可以优化信号链性能，缩小电路板空间，降低BOM成本和功耗；例如，电源管理单元(PMU)集成线性调节器、开关调节器和电源监控功能。
- Circuits from the Lab™实验室电路是经过测试的参考电路，有助于加速设计，同时简化系统集成，帮助并解决当今模拟、混合信号和RF设计挑战。基于网络的设计工具可以优化定制设计的性能。本文最后还提供了一些基于网络的设计示例。

系统框图

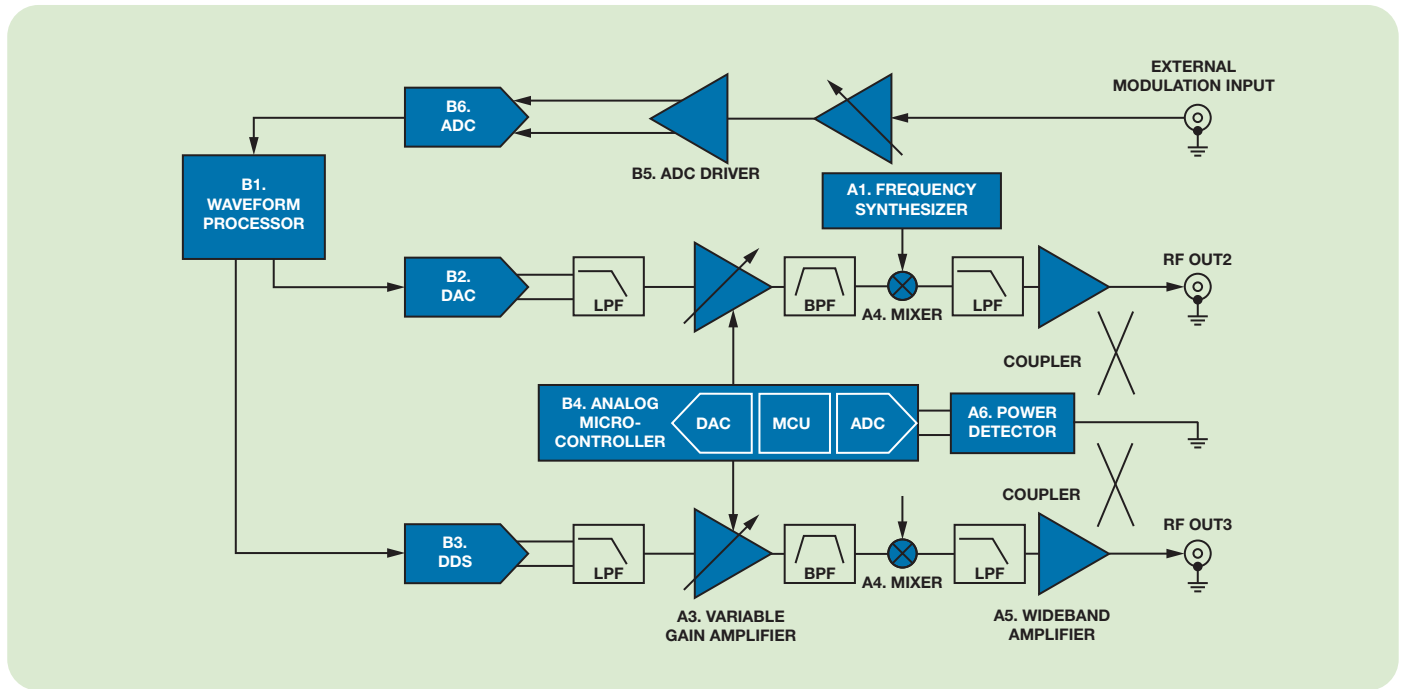
RF信号源一般可以分为五个子系统，如下所示：

A. RF信号链产生经调制的RF输出：ADI公司的RF设计注重高性能和低功耗解决方案。差分结构可以将噪声降至最低。低功耗与高线性度的结合则可实现最佳解决方案。



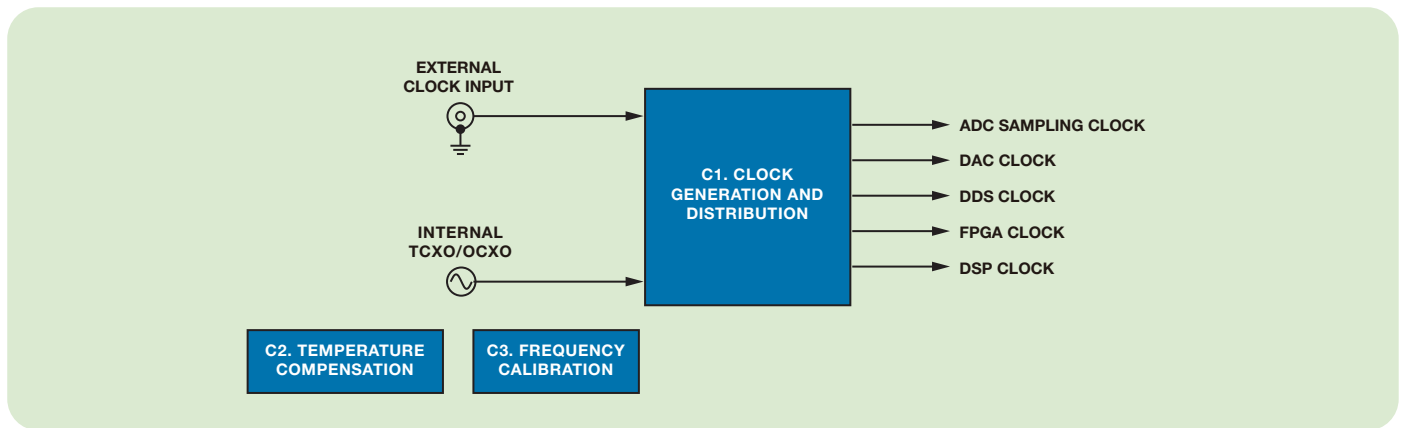
A1. 频率合成器	A2. 正交调制器	A3. 可变增益放大器	A4. 混频器	A5. 宽带放大器	A6. 功率检波器
ADF4106/ADF4107/ADF4108 ADF4150/ADF4153/ADF4156/ADF4158 ADF4350/ADF4351	ADL5370/ADL5371/ADL5372/ ADL5373/ADL5374/ADL5375 ADL5385/ADL5386	ADL5240/ADL5243 ADL5201/ADL5202	ADL5801 ADL5350	ADL5541/ADL5542 ADL5530	ADL5501/ADL5502 ADL5513/ADL5519

B. 外部调制输入通过数据转换器和处理器产生RF输出：ADI公司的数据转换器产品组合包括种类众多的创新ADC和DAC。ADI公司还有日渐增多的定点DSP、浮点DSP和模拟微控制器产品，适合广泛的通用和专用需求。



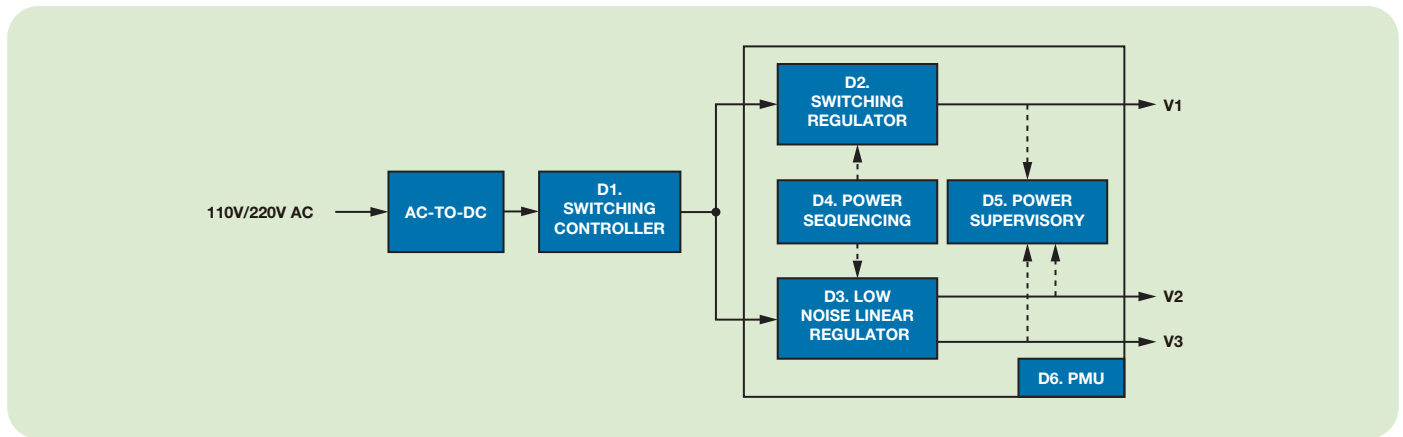
B1. 波形处理器	B2. DAC	B3. DDS	B4. 模拟微控制器	B5. ADC驱动器	B6. ADC
ADSP-BF51x ADSP-2126x	AD9122/AD9125 AD9780/AD9781/ AD9783	AD9957/AD9959 AD9913	ADuC7023	ADA4927/ADA4930/ ADA4937/ADA4960 ADL5201/ADL5202	AD9255/AD9258 AD9467

C. 时钟产生与分配：ADI公司提供超低抖动的时钟分配和时钟发生产品，性能达到亚皮秒级。这些产品非常适合用来为高性能ADC和DAC提供时钟(参见本文最后所示的AN-501和AN-756)。此外，ADI公司的精密温度传感器和nanoDAC®可以很好地补偿振荡器(TCXO/OCXO)。



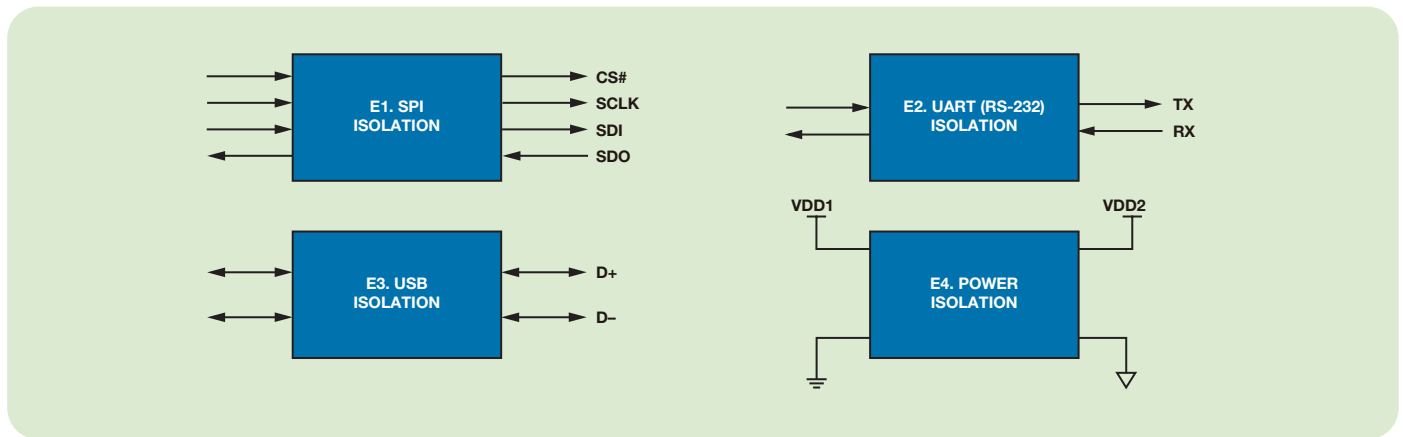
C1. 时钟产生与分配	C2. 温度补偿	C3. 频率校准DAC
AD9516/AD9517/AD9518 ADCLK846	ADT7320/ADT7420 ADT7310/ADT7410	AD5060/AD5061/AD5062/AD5063 AD5620/AD5640/AD5660

D. 电源产生和管理：ADI公司的电源产品采用高效的电源设计，保证信号链的信号完整性。不断壮大的产品组合延续了ADI公司信号处理IC 45年来在可靠性、创新、性能和价值方面的传统优势。



D1. 开关控制器	D2. 开关调节器	D3. 低噪声线性调节器	D4. 电源时序控制器	D5. 电源监控器	D6. PMU (电源管理单元)
ADP1870	ADP2114/ADP2116 ADP2323	ADP150 ADP320/ADP322/ADP323	ADM1085/ADM1086/ ADM1087	ADM1191/ADM1192 ADM13305/ADM13307	ADP5034 ADP5040/ADP5041/ ADP5042/ADP5043

E. 数据和电源隔离：利用*iCoupler*®数字隔离器，设计师可以摆脱光耦合器的成本、尺寸、功耗、性能和可靠性限制，在设计中实现出色的隔离性能。



E1. SPI隔离	E2. UART (RS-232) 隔离	E3. USB隔离	E4. 电源隔离
ADuM3471 ADuM1411	ADM3251E ADuM1201	ADuM3160/ADuM4160	ADuM5000/ADuM6000

注：以上信号链是代表性的信号发生器设计。在具体设计中，模块的技术要求可能不同，但下表列出的产品代表了满足部分要求的ADI解决方案。

主要产品简介

产品型号	描述	主要规格和特性	优势
ADF4108	频率合成器	整数N分频PLL, 0.5 GHz至8 GHz RF带宽, -219 dBC/Hz归一化相位噪声	可编程电荷泵电流和预分频器值
ADL5375	正交调制器	噪底: -160 dBm/Hz @ 900 MHz, 载波馈通: -46 dBm @ 900 MHz	宽带: 400 MHz至6 GHz
ADL5385	正交调制器	噪底: -159 dBm/Hz @ 350 MHz, 载波馈通: -46 dBm @ 350 MHz	宽带: 50 MHz至2.2 GHz
ADL5240	数字控制可变增益放大器	增益控制范围: 31.5 dB; 步长精度: 0.25 dB	串行和并行接口, 宽带: 100 MHz至4 GHz
ADL5801	高IP3有源混频器	+27 dBm输入IP3, +12.5 dBm输入P1dB, +1.5 dB功率增益	宽带RF、LO和IF端口, 单通道上/下变频器
ADL5541/ ADL5542	宽带放大器 (增益模块)	固定增益: 15 dB至20 dB, 50 MHz至6 GHz	宽带, 输入/输出内部匹配50 Ω
ADL5501	TruPwr™ 均方根功率检波器	50 MHz至6 GHz, 30 dB输入动态范围, 小型SC70封装	真均方根检波器, 波形和调制独立

产品型号	描述	主要规格和特性	优势
ADSP-BF51x	波形处理器(定点Blackfin DSP)	400 MHz DSP, 116 kB片内RAM, 片内RTC, 支持IEEE 1588的以太网MAC (10/100)	400 MHz DSP, 支持IEEE 1588以太网标准
ADSP-2126x	波形处理器(浮点SHARC DSP)	150 MHz至200 MHz浮点DSP, 1 Mbit至2 Mbit片内RAM	低成本浮点DSP
AD9122	双通道16位1 GSPS DAC	灵活的LVDS接口, 集成 $2 \times /4 \times /8 \times$ 插值器	增益、直流失调和相位调整支持边带抑制
AD9780/AD9781/ AD9783	双通道12位/14位/16位500 MSPS LVDS输入DAC	集成4个10位辅助DAC, 用于增益和失调调整; 可编程满量程输出电流: 8.6 mA至31.7 mA	引脚兼容使得不同平台间移植变得容易, 集成特性降低复杂度
AD9957	集成正交数字上变频器的1 GSPS DDS	1 GSPS DDS, 14位DAC, 18位IQ数据路径, 参考时钟倍频器	正交调制可产生调制信号, 集成特性降低复杂度
ADuC7023	精密模拟微控制器	12位ADC/DAC, ARM7TDMI MCU	小封装、低成本
AD9255/AD9258	14位125 MSPS/105 MSPS/80 MSPS LVDS 1.8 V ADC	SNR: 78 dBFS(70 MHz, 125 MSPS), 功耗: 371 mW (125 MSPS时), 中频采样频率高达300 MHz	1到8整数时钟分频器, 低功耗, 关断模式, CMOS或LVDS输出
ADCCLK846	时钟扇出缓冲器	6路LVDS/12路CMOS输出, 100 fs加性宽带抖动	可选的LVDS/CMOS输出, 低功耗
ADT7320/ ADT7420	数字温度传感器	$\pm 0.25^\circ\text{C}$ 精度(-20°C 至 105°C), 16位分辨率(0.0078 $^\circ\text{C}$)	无需校准, 过温/欠温中断
ADP2114	双通道降压调节器	可配置, 双通道2 A/单通道4 A, 轻负载下脉冲跳跃模式可提高效率	同步、优化的栅极驱动电压摆率支持对噪声敏感的ADC和DAC
ADP5041	电源管理单元(PMU)	一个1.2 A降压调节器、两个300 mA LDO、电源监控器、看门狗、手动复位	高集成度缩小设计尺寸并降低BOM成本
ADM1191/ ADM1192	I ² C电源监控器	12位ADC用于电流和电压回读, 3.15 V至26 V电源电压	ALERT输出可用作中断或基本热插拔
ADuM4160/ ADuM3160	5 kV/2.5 kV USB隔离器	全速/低速, 上游短路保护	双向通信, 增强型ESD保护符合IEC 61000-4-x标准
ADuM6000/ ADuM5000	5 kV/2.5 kV隔离式dc-to-dc转换器	3.3 V或5 V稳压输出, 最高工作温度: 105 $^\circ\text{C}$	isoPower [®] , 安全和法规认证

设计资源

Circuits From The Lab™ 实验室电路

- I/Q调制器ADL5375与双通道1 GSPS高速DAC AD9779A实现接口 (CN0021)—www.analog.com/zh/CN0021
- I/Q调制器ADL5371与双通道1 GSPS高速DAC AD9779A实现接口 (CN0017)—www.analog.com/zh/CN0017
- 利用低噪声LDO调节器为小数N分频电压控制振荡器(VCO)供电, 以降低相位噪声 (CN0147)—www.analog.com/zh/CN0147
- 使用ADF4002 PLL产生高速模数转换器所需的极低抖动采样时钟 (CN0003)—www.analog.com/zh/CN0003
- 宽带低误差矢量幅度(EVM)直接变频发射机 (CN0134)—www.analog.com/zh/CN0134
- 利用LO二分频调制器构建宽带低误差矢量幅度(EVM)直接变频发射机 (CN0144)—www.analog.com/zh/CN0144
- 用于AD9834波形发生器(DDS)的幅度控制电路 (CN0156)—www.analog.com/zh/CN0156

应用笔记/文章

- 利用AD9912的超奈奎斯特频率操作得到高RF输出信号 (AN-939)—www.analog.com/zh/AN-939
- 孔径不确定性与ADC系统性能 (AN-501)—www.analog.com/zh/AN-501
- 采样系统以及时钟相位噪声和抖动的影响 (AN-756)—www.analog.com/zh/AN-756
- “利用直接数字频率合成(DDS)在测试、测量和通信中控制波形” *Analog Dialogue* 第39卷, 2005年8月
www.analog.com/analogdialogue_dds_waveform

设计工具/论坛

- ADIsimPLL: www.analog.com/ADIsimPLL
- ADIsimRF: 简单易用的RF信号链计算工具。能够计算级联增益、噪声系数、IP3、P1dB以及总功耗—www.analog.com/ADIsimRF
- DiffAmpCalc: ADI公司的差分放大器计算工具—www.analog.com/zh/diffampcalc
- ADI中文技术论坛: 在线技术支持社区—www.analog.com/zh/forum

欲查看其它信号发生器资源、工具和产品信息, 请访问:
www.analog.com/zh/instrumentation

亚洲技术支持中心 4006-100-006

模拟与其他线性产品 china.support@analog.com
 嵌入式处理与DSP产品 processor.china@analog.com
 免费样品申请 www.analog.com/zh/sample
 ADI在线技术论坛 www.analog.com/zh/forum
 网址 www.analog.com/zh/CIC