

Application Note

AFE79XX 用作线性调频脉冲信号发生器

Nikhil Jain and Dhruvil Solanki

摘要

本应用手册介绍了如何将 AFE79XX 系列器件用作线性调频脉冲频率发生器。AFE79XX 是一系列高性能、高带宽、多通道收发器，集成了四个射频采样发送器链、四个射频采样接收器链和多达两个射频采样数字化辅助链（反馈路径）。每个接收链均包含一个 25dB 范围的 DSA（数字步进衰减器），后跟一个 3GSPS ADC（模数转换器）。每个发送器链均包含一个单通道或双通道数字上变频器（DUC），支持最高 1200MHz 的组合信号带宽。DUC 的输出可驱动一个 12GSPS 数模转换器（DAC）。反馈路径包括一个用于驱动 3GSPS 射频采样 ADC 的 25dB 范围 DSA，后跟一个带宽高达 1200MHz 的 DDC。AFE79xx 在密度和灵活性方面的改进可实现高通道数、多任务系统，并使这些器件非常适合用于宽带线性调频脉冲频率应用。

内容

1 引言	2
2 AFE79XX TX 架构	3
3 数控振荡器	3
4 配置 AFE79XX 以实现多频带干扰	4
4.1 可配置性概述.....	4
4.2 干扰相关的 Latte 函数和参数.....	4
4.3 结果.....	5
5 总结	8
6 参考资料	8

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

线性调频脉冲是频率随时间增加（*正斜率线性调频脉冲*）或减少（*负斜率线性调频脉冲*）的信号。在一些资料中，*线性调频脉冲*一词与**扫描信号**可以互换使用。线性调频脉冲通常应用于声纳、雷达和激光系统以及其他应用，例如扩频通信。线性调频脉冲波形也称为线性频率调制（**LFM**）波形。

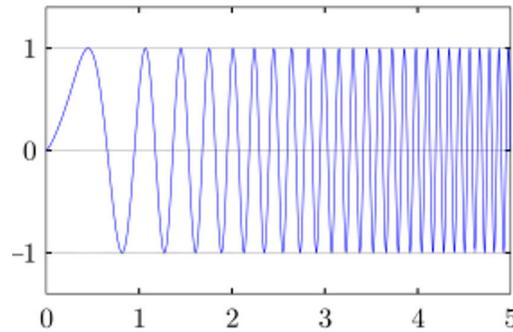


图 1-1. 线性调频脉冲波形（频率随时间线性增加的正弦波形）

该技术的一个常见应用是基于线性频率调制（**LFM**）的干扰，也称为线性调频脉冲干扰，这是一种用于破坏依赖线性频率调制进行信号传输的通信系统的技术。在基于 **LFM** 的干扰中，干扰器发出一个频率随时间线性变化的信号。这会生成一个频率不断变化的信号，在频域中类似于*线性调频脉冲*。当干扰器的线性调频脉冲信号与目标通信系统使用的频率范围重叠时，它会干扰合法信号的接收。这种干扰可能会破坏通信链路，导致数据传输错误、同步丢失或通信完全中断。基于 **LFM** 的干扰对那些未设计用来处理或减轻调频干扰的通信系统有效。但是，一些现代通信系统采用频率捷变调制或高级信号处理等技术来减轻基于 **LFM** 的干扰的影响。

图 1-2 展示了一个 **LFM** 频率随时间呈阶梯式变化的示例。

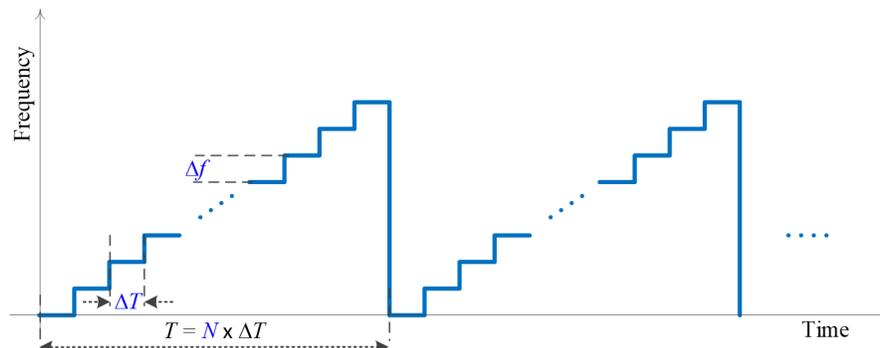


图 1-2. LFM 频率与时间的关系曲线

其中，

Δf 是频率步长

Δt 是停留时间，即传输其中一个频率的时间。

$T = N \times \Delta T$ 是总扫描时间。

2 AFE79XX TX 架构

AFE79XX 集成了 4 个基于射频采样 DAC 的发送器。图 2-1 展示了单个 DUC 的 TX 链方框图。DAC 输出能够以高达 12GSPS 的速率运行，后跟一个 TX DSA (数字步进衰减器)。TX 的数字部分包括双通道或单通道 DUC，可将输入采样速率增加到 DAC 采样速率。数字模块还包括增益控制和 PA 保护模块。

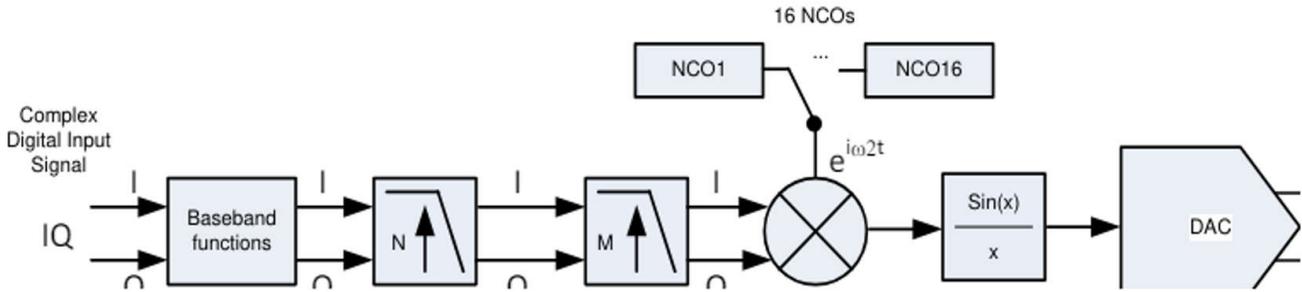


图 2-1. 具有单个 DUC 的 TX 链方框图

3 数控振荡器

AFE79XX DDC 和 DUC 中的复数数字混频器包括具有一个或多个独立数控振荡器 (NCO) 的数字正交调制器 (DQM) 块。NCO 将复数输入信号转换为实际输出信号，频率范围为 0 到 $f_{DAC} / 2$ ，其中 f_{DAC} 是 DAC 采样时钟频率。NCO 具有 32 位频率累加器值，用于生成复数混频所需的正弦和余弦项。图 3-1 展示了 NCO 方框图。

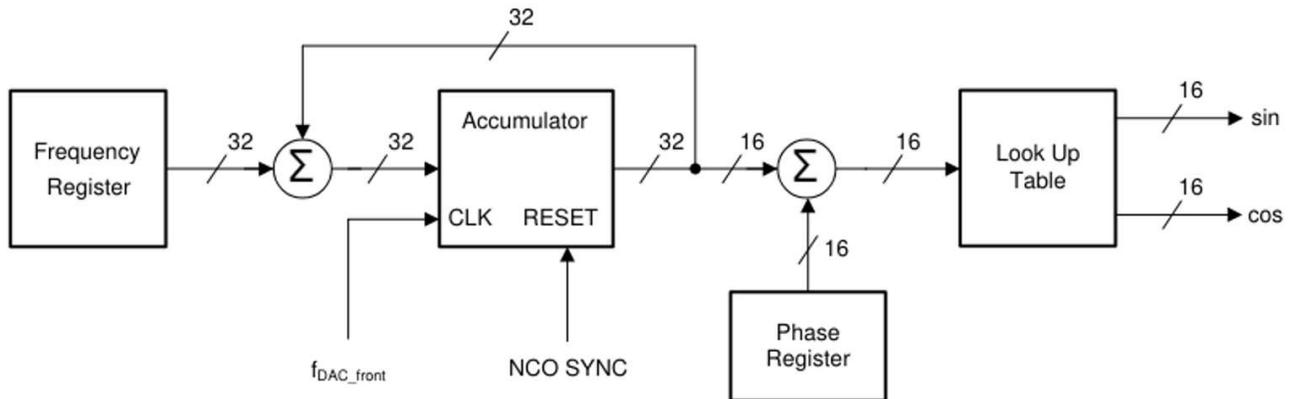


图 3-1. NCO 方框图

4 配置 AFE79XX 以实现多频带干扰

4.1 可配置性概述

AFE79XX 具有四个 TX 通道，这些通道可以配置为在受支持输出频率范围内的不同频带中独立运行，其中 AFE7950 的频率范围为 600MHz 至 12GHz，AFE7900 的频率范围为 5MHz 至 7.4GHz。采用数字混频器或 NCO 的射频采样架构提供了高可配置性。通过将所有四个 Tx 通道配置用于扫描不同频带和带宽的频率，可以使用单个器件实现多频带干扰。

每个发送器链都有 16 个 NCO 并行运行，器件可以在线性调频脉冲发生器模式下以用户定义的步长持续更新其频率。在线性调频脉冲模式下，器件配置为向混频器提供恒定输入。这个直流信号由数字混频器根据 NCO 值进行上变频，然后从 TX 链通过 DAC 输出传输。

停留时间（即器件达到一个步频时停留的时间）约为 750ns（最小停留时间）。

4.2 干扰相关的 Latte 函数和参数

在该模式下配置器件非常简单，只需按照以下步骤操作：

1. 从 TI 的 *我的安全资源* 中安装 Latte 2.4.0 或更高版本。
2. 在器件启动时，通过启动脚本设置以下参数及其对应的值：

```
sysParams.ncoFreqMode      = "FCW"
sysParams.autoFcwConvert   = 1
sysParams.txChainDirectCtrl = 1
```

3. 调用函数 AFE.txNcoSweep()

AFE.txNcoSweep(en, freqStart1, span1, freqStart2, span2, freqStart3, span3, freqStart4, span4, steps)

并专为以下输入参数而设计，其中：

EN = 1 时启用干扰器模式，为 0 时则使器件恢复为默认工作模式。

freqStart1(MHz) = Tx 通道 1 的启动频率。

$$LSB = \frac{F_{dac} \text{ GHz}}{2^{32}} \quad (1)$$

span1(MHz) = Tx 通道 1 的带宽。

freqStart2(MHz) = Tx 通道 2 的启动频率。

$$LSB = \frac{F_{dac} \text{ GHz}}{2^{32}} \quad (2)$$

span2(MHz) = Tx 通道 2 的带宽。

freqStart3(MHz) = Tx 通道 3 的启动频率。

$$LSB = \frac{F_{dac} \text{ GHz}}{2^{32}} \quad (3)$$

span3(MHz) = Tx 通道 3 的带宽。

freqStart4(MHz) = Tx 通道 4 的启动频率。

$$LSB = \frac{F_{dac} \text{ GHz}}{2^{32}} \quad (4)$$

span4(MHz) = Tx 通道 4 的带宽。

Steps = 所有 Tx 通道可以在指定带宽内扫描的频率步数。

以下示例显示了上述函数的应用，其中 AFE7900 的 3 个通道配置用于干扰三个不同的频带：

- TX1 配置为在 2.4GHz 频带以 85MHz 带宽进行传输。
- TX2 配置为在 0.9GHz 频带以 28MHz 带宽进行传输。
- TX3 配置为在 5GHz 频带以 125MHz 带宽进行传输。

AFE. txNcoSweep (1,2400,85,900,28,5000,125,2400,85,87)

这里，最后一个参数（即频率步数）设置为 87。

4.3 结果

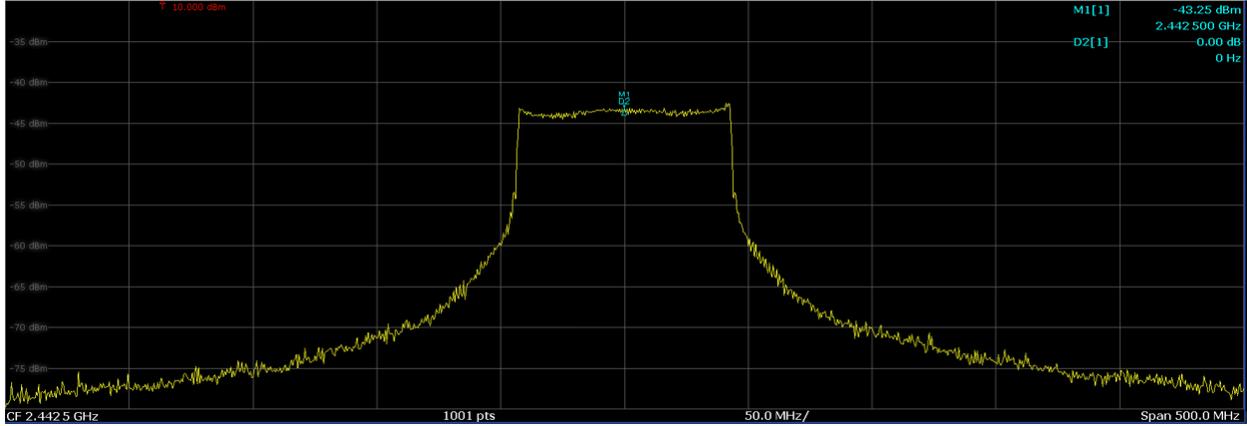


图 4-1. 最大保持模式下的频谱分析仪（在约 2.4GHz 下进行 85MHz 扫描，持续时间约 62 μ s）



图 4-2. 相位噪声分析仪给出的频率与时间关系（在约 2.4GHz 下进行 85MHz 扫描，持续时间约 62 μ s）



图 4-3. 最大保持模式下的频谱分析仪 (在约 0.9GHz 下进行 28MHz 扫描, 持续时间约 62 μ s)

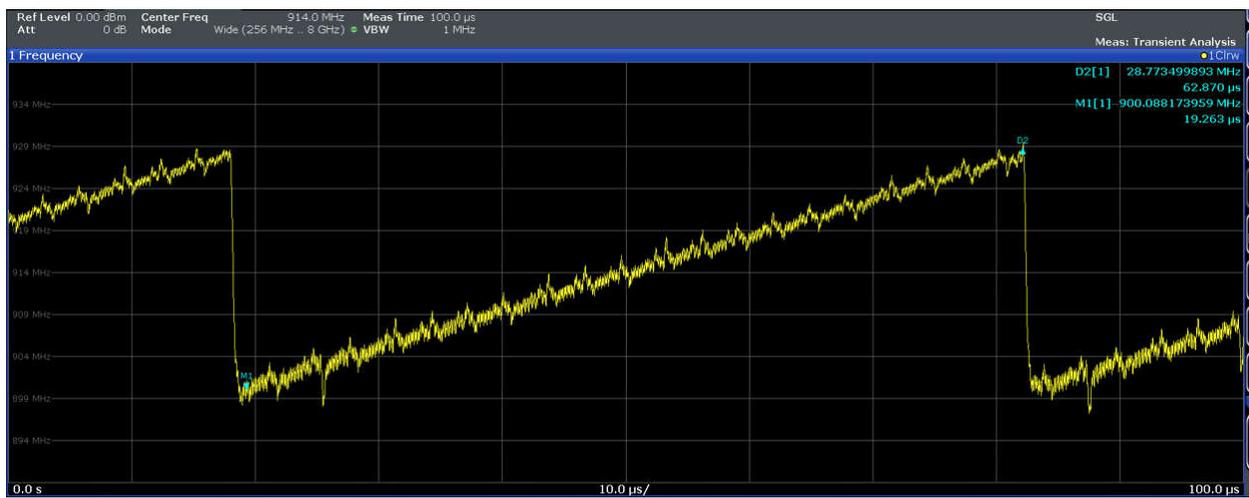


图 4-4. 相位噪声分析仪给出的频率与时间关系 (在约 0.9GHz 下进行 28MHz 扫描, 持续时间约 62 μ s)

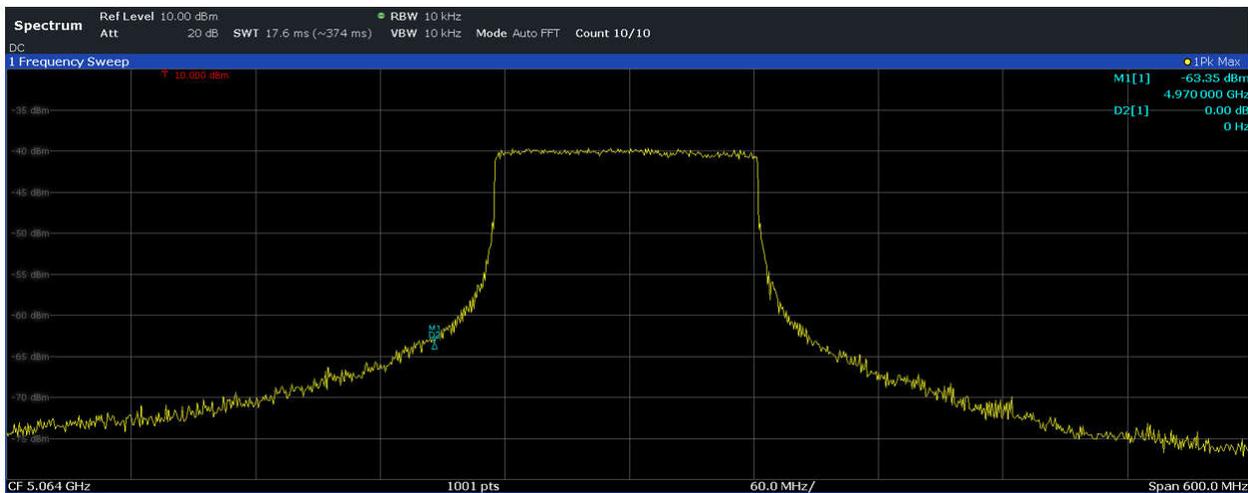


图 4-5. 最大保持模式下的频谱分析仪 (在约 5GHz 下进行 125MHz 扫描, 持续时间约 62 μ s)



图 4-6. 相位噪声分析仪给出的频率与时间关系 (在约 5GHz 下进行 125MHz 扫描, 持续时间约 62μs)

5 总结

本应用手册介绍了将 AFE79XX 用作线性频率调制信号发生器的步骤。通过将所有四个 Tx 通道配置用于扫描独立频段和带宽的频率，该发生器可通过单个器件实现多频段干扰。

停留时间（即器件达到一个步频时停留的时间）约为 750ns（最小停留时间）。

6 参考资料

- MathWorld--A Wolfram Web Resource, [Sweep Signal](#), Weisstein, Eric W.
- IEEE Sensors Journal, 16 (15): 5912 - 5920, *A Simplified Technique for Distance and Velocity Measurements of Multiple Moving Objects Using a Linear Frequency Modulated Signal*, , Lee, Tae-Yun; Jeon, Se-Yeon; Han, Junghwan; Skvortsov, Vladimir; Nikitin, Konstantin; Ka, Min-Ho (2016).
- [Bibcode](#) .
- [2016ISenJ..16.5912L](#)。
- [doi](#) .
- [10.1109/JSEN.2016.2563458](#) .
- [S2CID](#) .
- [Semantic Scholar Identifier](#) .
- [41233620](#) .

重要声明和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
Copyright © 2024，德州仪器 (TI) 公司