

面向工业4.0的可靠无线通信

Sean O'Connell
ADI公司

工业4.0或智能工业预示着一场新的工业革命，将现有系统通过网络连接在一起，以创建网络化物理系统。第一次工业革命是不同技术的融合，以支持工程师推动手工制造向蒸汽机驱动的大规模生产转变。如今的工业革命则是传感网、通信和大数据处理等技术的融合，这些被视为工业4.0的基石。从工厂生产对客户使用产品，通过增加嵌入式系统的连接性，并实时提取数据，理论上效率可提升高达30%。利用这些数据不仅可以优化制造流程，而且有助于做出更优的业务决策，开辟新业务领域。

工业4.0的基础是可靠的通信基础设施。决策者通过基础设施从机器、工厂和现场设备中提取数据。正如工业4.0工作组的最終版报告所指出的那样，网络化是“现实世界和虚拟世界（信息空间）以信息-物理系统的形式融合”，并且“可靠、全面、高品质的通信网络是工业4.0的关键要求。”

Sub-1GHz无线连接技术已经实现了自动化计量和遥感技术，如结构监控。通常由电池供电的无线设备使用传感器来测量和量化现实世界，并将这些数据发送到集中器或网关，并由此发送到云端进行整合和处理。无线解决方案正步入工厂自动化领域，预计无线设备的出货量将不断增加以满足市政工程、农业和环境以及能源生产与分配的需求。

工程师在设计无线系统时需要考虑很多因素。每个工程师都会利用弗里斯传输方程式，通过改变一些参数来增加传输距离，例如提高发射功率或接收灵敏度，或同时提高这两参数。然而，法规限制了最大发射功率，而且高功率天线和外部LNA等组件可能会大幅增加系统成本。因此，在选择无线接收器时，工程师首先需要关注的是接收灵敏度。然而，灵敏度本身并不能说明整个情况。

对于工业生态系统内的连接来说，可靠的无线连接至关重要。在日益恶劣的RF环境中保持可靠通信将是一个挑战，尤其是在工业领域中。自1985年推出免许可的工业、科学和医用(ISM)无线电频段以来，越来越多的用户不断在此频段中部署了数以亿计的有源设备。这些无线电必须面对多个潜在的干扰源，从无意RF辐射器到可能工作于相同频段的其它有源RF设备，通常都使用专有协议。干扰会严重降低通信范围。更大、更密集的网络也意味着更多的近距离节点传输，因此需要更好的接收性能。迫切需要更强的抗干扰能力。它可以减少所需的中继器节点数量并使每个网关可支持更多端点。这使得网络覆盖更可靠且盲点更少。借助可靠的无线电连接，数据包的丢失更少，从而可减少数据包的重新传输量并提高系统整体效率。

为了解接收器的性能，我们必须查看数据手册并考察选择性和阻塞参数。对于无线电接收机来说，RF选择性是指将期望信号源与其他信道中传输的干扰信号源区分开来的能力。相邻信道抑制(ACI)描述了当干扰信号在间隔目标信号信道的上一个或下一个相邻信道中激活时，接收机在信道中接收目标信号的能力。相邻信道最好不要作为备用信道。抑制性能越强，接收机在存在干扰信号时的性能就越好。阻塞是指远离接收机频带的干扰信号。即使相距几兆赫兹，高功率干扰信号也会降低通信质量并导致数据包丢失。

获得良好的阻塞和选择性参数的一个要素是降低RF系统中的相位噪声。相位噪声是信号中的短期相位波动引起的噪声，它可以看作是从频域中的目标信号扩散出来的边带。相位噪声通常相对于载波测量，以dBc/Hz为单位，定义为在间隔载波的某一给定偏移频率处1Hz带宽内的噪声功率。相位噪声会影响倒易混频（如图1所示）和提高本底噪声，使接收器性能下降。在接受器中，当目标信号下变频至中频信号进行处理时，可能会和干扰信号的尾部混频，并且后续无法滤除。

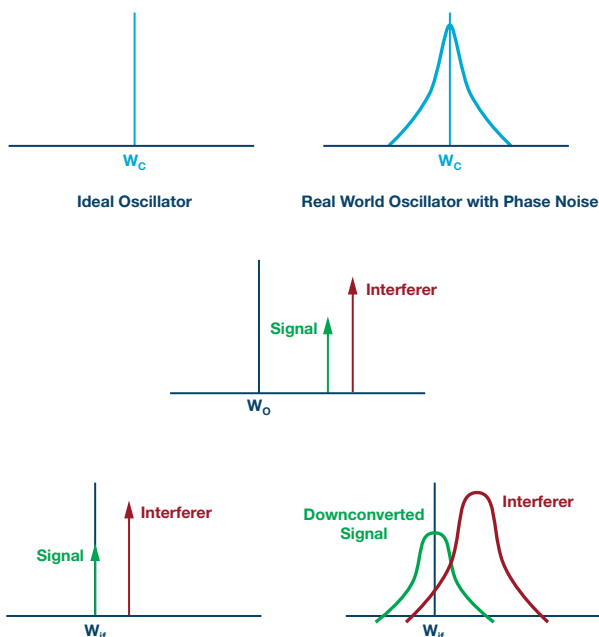


图1 相位噪声基本理论。

接收器的前端线性度会影响对附近高功率干扰信号的抗干扰能力。对于低于1 GHz的无线网络，这类干扰信号可能是LTE。我们通过输入三阶交调截点(IIP3)来测量接收机的线性度。通过在接收链中插入两个信号音频，并测量以输入音频的三倍频率间隔出现的三阶交调产物来实现。

ADI公司的ADF7030-1能够应对可靠连接这一挑战。ADF7030-1是一款sub-GHz完全集成式无线电收发器。它适合在ISM、SRD以及169.4 MHz至169.6 MHz、426 MHz至470 MHz和863 MHz至960 MHz许可频段范围内工作的应用。它支持IEEE802.15.4g等基于标准的协议，同时还灵活地支持众多专有协议。高度可配置的低中频(IF)接收器支持2.6 kHz至738 kHz范围内的各种接收器信道带宽。因此ADF7030-1支持超窄带、窄带和宽带通道间隔。它提供同类最佳阻塞性能并提供出色的灵敏度。

ADF7030-1的高性能、低功耗模拟前端(AFE)采用高动态范围ADC、带QEC的模拟复杂抗混叠滤波器和数字通道滤波技术，以消除接收链中的无用信号。利用这些技术，ADF7030-1能够在±20 MHz偏移时实现高达102 dB的阻塞和高达66 dB的邻道抑制。

为了在所有支持的信号带宽和频段内保持高接收性能，ADF7030-1采用具有双频LO路径的可重构VLIF接收机架构。因而ADF7030-1支持广泛的应用。

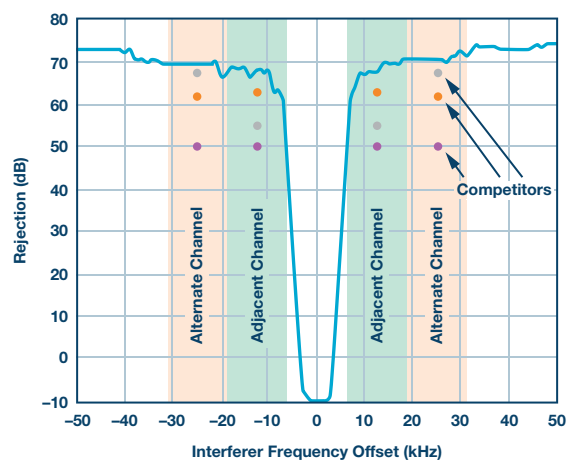


图2. ADF7030-1 ACR与竞争对手产品比较。

ADF7030-1具有同类最佳的抑制性能，在最大接收器增益下的IIP3值为-8.5 dBm。完全能够满足终端客户遇到的法规监管，无需使用SAW滤波器等昂贵的外部元件。这类标准的一个例子是25 kHz通道间隔的ETSI Class 1。它需要60 dB的邻道抑制性能和84 dB的选择性。ADF7030-1明显超越了上述要求。

工业 4.0向工程师提出了挑战，需要开发切实可行的创新解决方案，以实现新一代互联智能设备。ADI公司在管理通信系统对实际环境影响方面处于行业优先地位，50多年来一直致力于设计连接现实和数字世界的可靠解决方案。确保鲁棒、可靠的通信是推动互联世界发展以满足物联网和工业4.0构想服务需求的关键。

作者简介

Sean O'Connell毕业于科克大学，拥有电气与电子工程学位。他在物联网解决方案与安全部门担任产品应用工程师，主要负责低功耗RF收发器，如ADF7030-1和ADI SmartMesh®（一款完整的立即可部署的Mesh网络解决方案）。联系方式：sean.oconnell@analog.com。

在线支持社区

访问ADI在线支持社区，与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ezchina.analog.com

EngineerZone
ANALOG DEVICES 中文技术论坛

全球总部
One Technology Way
P.O. Box 9106, Norwood, MA
02062-9106 U.S.A.
Tel: (1 781) 329 4700
Fax: (1 781) 461 3113

大中华区总部
上海市浦东新区张江高科技园区
祖冲之路2290号展想广场5楼
邮编: 201203
电话: (86 21) 2320 8000
传真: (86 21) 2320 8222

深圳分公司
深圳市福田区中心区
益田路与福华三路交汇处
深圳国际商会中心
4205-4210室
邮编: 518048
电话: (86 755) 8202 3200
传真: (86 755) 8202 3222

北京分公司
北京市海淀区西小口路66号
中关村东升科技园
B-6号楼A座一层
邮编: 100191
电话: (86 10) 5987 1000
传真: (86 10) 6298 3574

武汉分公司
湖北省武汉市东湖高新区
珞瑜路889号光谷国际广场
写字楼B座2403-2405室
邮编: 430073
电话: (86 27) 8715 9968
传真: (86 27) 8715 9931

©2018 Analog Devices, Inc. All rights reserved. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners. Ahead of What's Possible is a trademark of Analog Devices. TA20262sc-0-6/18

analog.com/cn

ANALOG DEVICES
超越一切可能™