



器件：MAX11947、MAX9947

关键字：天线接口标准组织、AISG、ping、天线线路设备、ALD、调制解调器、PHY 层、物理层、端口开关、RF 开关、端口多路复用器、端口 MUX、智能 bias-T、初级、SALD、多主模式、MALD、蜂窝、基站、塔顶放大器、TMA、天线阵列

元描述：了解 AISG v3.0 的新功能以及内置 4:1 多路复用器的 MAX11947 调制解调器如何帮助系统设计人员。

摘要：随着 2019 年新 AISG v3.0 标准的推出，实现了许多天线线路通信新用例。虽然这些变化对物理操作层几乎没有影响，但有一个系统性的变化是显而易见的：蜂窝塔上的每个射频连接现在都需要 AISG 通信来服务于 ping 功能。本文总结了硬件层面的变化，并展示带有 4:1 多路复用器的 AISG 调制解调器的功能如何帮助系统设计人员以更少的组件和更少的开发成本，实现新标准要求。

第 1688 条

设计物理层调制解调器，满足 AISG v3.0 标准要求

作者：Martin D. Stoehr, Maxim Integrated（现为 ADI 公司一部分）战略应用/产品定义，PMTS

简介

过去十年来，蜂窝网络和手机的普及导致对支持移动通信基础设施的电子产品的需求呈指数级增长。同时对更高带宽的需求也在推动网络提供商不断扩大覆盖范围，同时增加蜂窝密度；反过来，这也促进了对基础设施硬件的需求。

15 年前，制造商开始对蜂窝无线电设备的互操作性进行标准化，允许在装配带有天线装置、放大器等器件的蜂窝基站时有更多变化。该通信标准由天线接口标准组织(AISG)于 2003 年和 2004 年首次制定[1]。AISG 标准随着市场的扩大而不断发展。我们考虑了几个能够满足当今和未来互操作通信需求的功能特点。

AISG v2.0 和物理层调制器

集成调制器-解调器（调制解调器）于 2009 年推出，旨在为无处不在的 RS-485 接口和 2.176MHz 00K 信号之间的转换提供一个完整的综合解决方案，该信号由与蜂窝射频频段支持相同电缆的通信标准定义。IC 解决方案实现了更紧凑的系统设计，节省了空间、电源和硬件。此外，集成调制解调器能够以小尺寸封装提供简单、成熟、经过工厂测试的设备可靠性。

新 AISG v3.0 标准

AISG 在 2019 年提出对这项成功标准进行升级。这一步建立在前几代的成功基础上，目的是增加新功能，同时保持主设备和受其管理的天线线路设备之间的核心互操作性。

新的 AISG v3.0 功能包括设备发现、连接映射和多主控制。虽然系统设计人员会发现，新标准对许多更高级别的功能来说是一个有益的升级，但物理(PHY)层从 v2.0 到 v3.0 却保持不变[2][3]。因此，早期以 v2.0 标准推出的所有调制解调器仍然完全兼容新的 AISG v3.0 标准。

需要一个以上的 AISG 通道

尽管从 AISG v2.0 升级到 v3.0 对系统的物理层影响很小，但新的 v3.0 标准会要求能够在所有连接的射频通道上启动和检测 ping 数据包。这个要求有利于电缆连接的映射，使最终用户能够识别多个初级电路和次级电路，并在初始装配和维护期间提供一个故障检测工具。每个通道都需要能够达到 AISG 标准，虽然这个要求对最终用户有帮助，但这给硬件设计人员带来了很大的负担，因为他们要让所有可能的射频通道都具备通信能力，而之前只有一个通道需要具备通信能力。

要想将 AISG v2.0 架构直接转换为兼容 V3.0 的应用，所需的调制解调器数量是前代设计的两倍以上；调制解调器需要从六个（图 1 中的灰色区域）增加到 15 个（灰色加红色区域）。

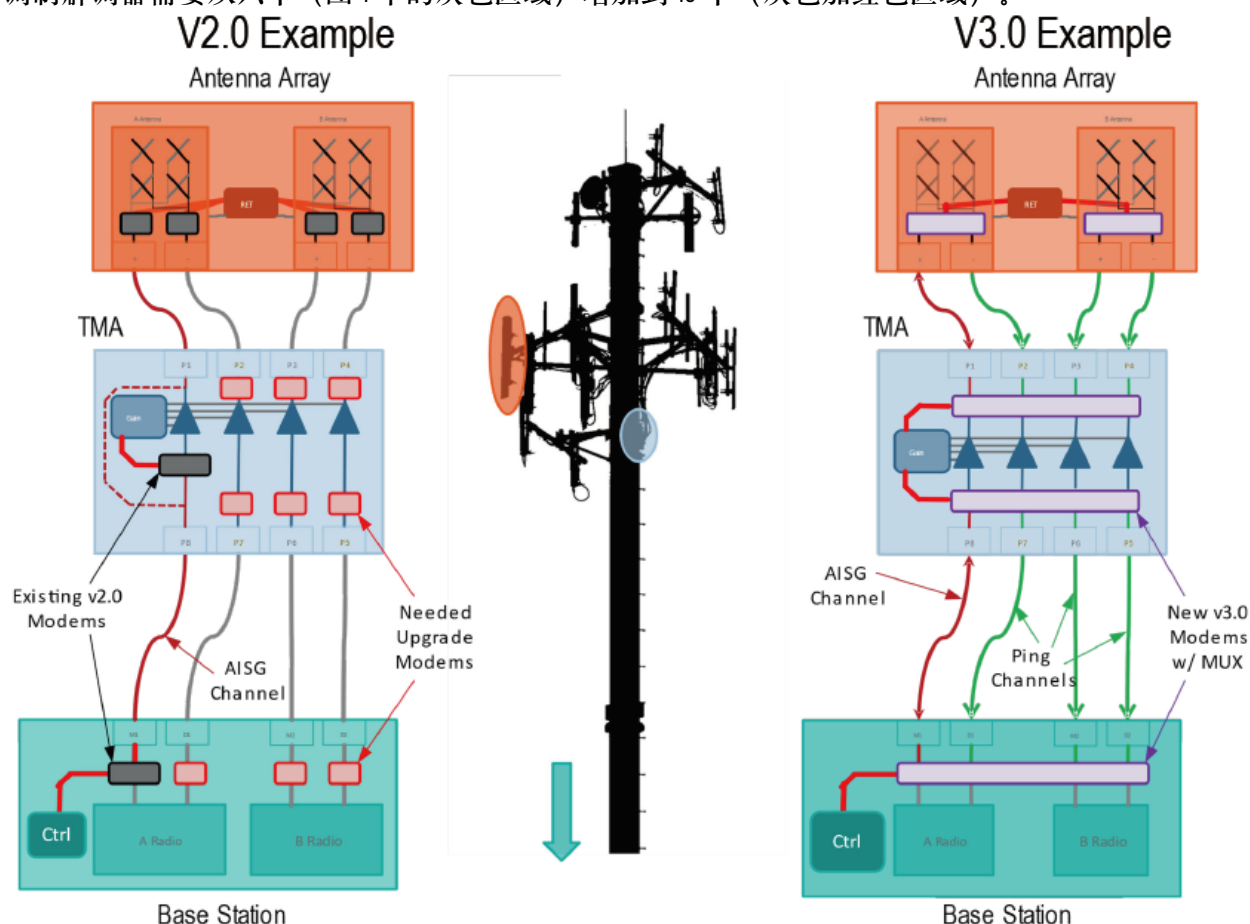


图1. 显示了 AISG v2.0 与 v3.0 的应用实例。

在上述示例中，每对天线保留两个调制解调器，用于保持基站提供商之间的兼容性。不过，塔顶放大器(TMA)上需要七到八个调制解调器：四个在连接到天线阵列（上行）的端口上监听，四个在下行端口上用于向基站广播 ping。基站需要另外的调制解调器：一个用于原始 AISG 信道，另外三个用于从其它端口的 TMA 接收 ping 数据包。

调制解调器 IC 数量如果超过 15 个或 16 个就过多了，而且效率低下，这时可以使用旁路电路或 RF 开关来减少 IC 数量，以便在射频端口之间共享 AISG 信号。在 v2.0 系统中，当预计只有一个射频通道传送 AISG 指令时，传统的旁路电路会很有用，它可以对信号进行分接，同时仍然向上或向下传递信

号。然而，由于端口需要单独识别，设计人员需要将上游和下游分支分开。在新的 v3.0 设计中使用以前的旁路架构要困难得多。

想要管理多个端口的 AISG 访问，同时不过度增加电子器件的数量，最终的解决方案是使用一组 RF 开关。这些开关或一对多的多路复用器可以将 00K 信号从选定的端口路由到更少的整体调制解调器，同时允许系统在标准 AISG 通信和 ping 操作之间重新配置。

可调发射器功率

与旧式 AISG 设计一样，需要调整发射器功率放大器的输出电平。当电路使用分路器时，此功能非常有用，比如图 1 的 v2.0 TMA 示例中所示的旁路通道。如果射频滤波或有损连接使 2.176MHz 频段中出现过度衰减，信号功率调整也会很有用。早期的调制解调器通过选择外部电阻值来提供这种调节能力。这些电阻用于设置功率放大器偏置点，并可针对调制解调器进行调整，以满足 AISG 信号要求（参见图 2-A 和 2-B）。尽管 v2.0 版调制解调器有一些灵活性，但功率放大器的输出功率在设计阶段基本上是固定的，因为调整功率的唯一方法是更换偏置电阻。

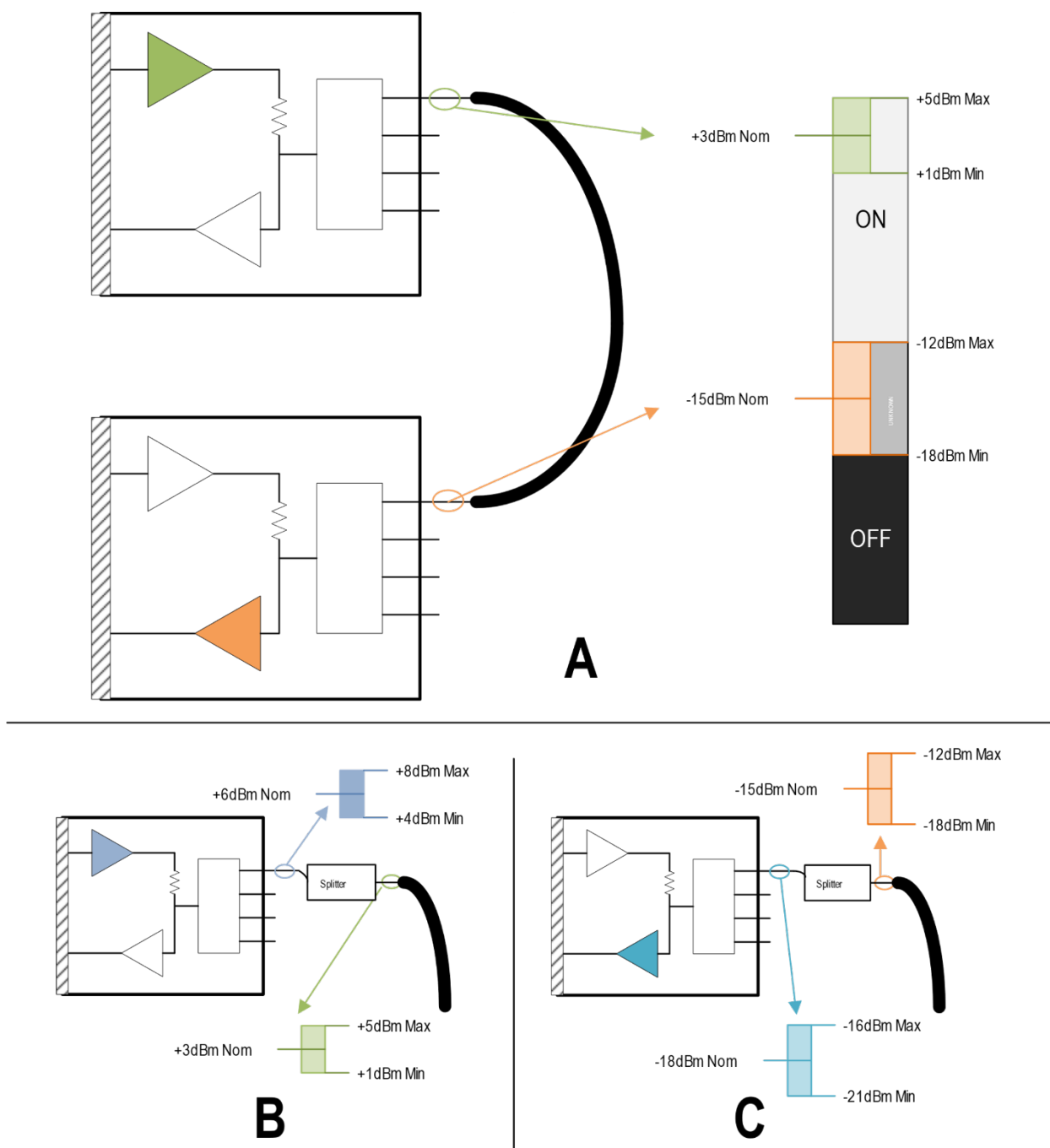


图2. 发射功率和接收阈值。

与发射器的功率下降类似，接收器阈值也可能受到功率分配器、在线滤波或射频通道上其它衰减因素的影响。遗憾的是，与可调功率放大器功率不同，在任何早期 v2.0 调制解调器中都没有可调的开/关阈值。

省电模式

在系统设计人员的要求中，省电始终是很重要的一项。通常情况下，功率预算限制会对更多关键设计元素产生压力，尤其是当 ALD 硬件被扩展到更多通道，同时被迫放在一个更紧凑的空间里时。让不太关键的电路（即 AISG 调制解调器）有点灵活性，可为系统中的重要模块提供更多的功率预算。

市场上早期的 AISG v2.0 调制解调器具有低功耗待机模式，它可以关闭发射电路，节省少量电量。每节省一毫安都是有用的。不过，更好的设计是不仅能够关闭发射器，还能够关闭接收器块和调制解调器自身的其它未使用部分。与其它关断功能相反，调制解调器需要足够灵活，以平衡其它使用模式，比如参考共享。

共享参考振荡器

每个 AISG 调制解调器都需要一个参考信号来生成 2.176MHz 载波。它通常配有一个 8.704MHz 晶振和一个集成振荡器电路。市场上所有现有的 AISG 调制解调器都可以在系统内采用初级/次级（或主/从）电路架构，从而节省晶振，降低 BOM 成本。

通过 SYNCOUT 引脚输出缓冲信号，每个芯片都可以充当下行调制解调器的主晶体振荡器(X0)。这个 SYNCOUT 信号是一个开漏输出，需要一个简单的外部上拉电阻连接到模拟电源，这样它才能正常工作。然后，将这个信号传播到初级调制解调器下游的其它次级调制解调器。下行调制解调器的数量是有限的，但可以使用此参考共享选项。

用这种共享架构进行设计确实存在缺点。使用任何经典的 v2.0 调制解调器，初级调制解调器都要消耗与任何次级调制解调器一样多的功率。因此，即使系统设计人员节省了元件，但功率预算并未节省。

频谱发射

最后，AISG 标准对 PHY 层的一个主要要求是调制解调器发射器的频谱纯度。频谱性能在 AISG v3.0.0.3 第 10.3.11 节《模块特性》部分进行了描述。严格的要求限制了功率放大器的带外频谱发射，这往往是非常严格的。尤其是在 30MHz 的拐点处，任何谐波噪声的绝对功率必须低于-67dBm，而且测试仪器的分辨率带宽(RBW)设置是非常严苛的。功率放大器的输出频谱也必须与总功率水平（即可调 TX 功率）相平衡，保持在频谱屏蔽的绝对限制范围内。功率放大器的功率增加过多可能会导致频谱屏蔽失效。

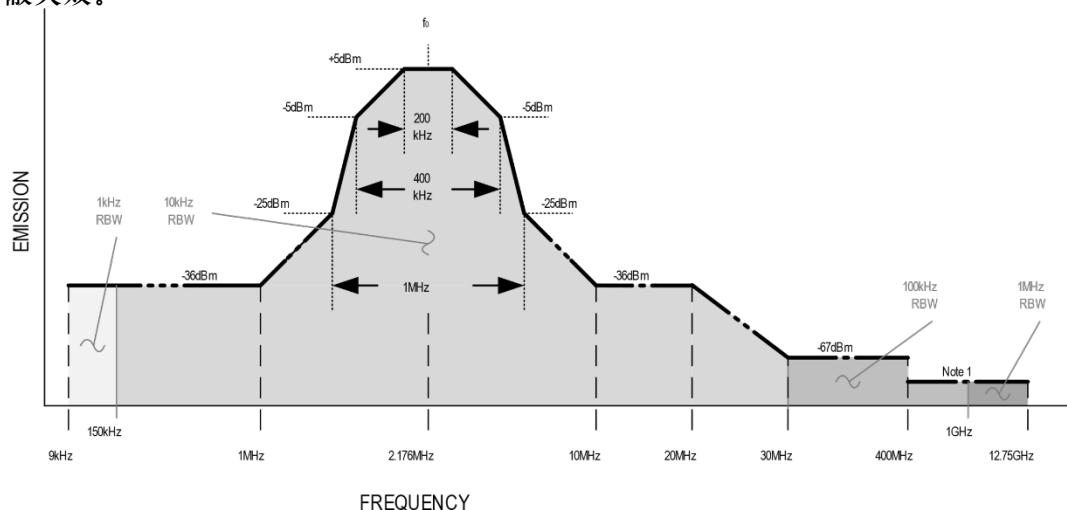


图 3. AISG v3.0 标准调制解调器频谱发射屏蔽。

由于发射屏蔽没有改变，v2.0 市场上可用的集成调制解调器也符合 v3.0 标准，尽管它们通常在 30MHz 的拐点处只提供 1~4dB 的狭窄余量。因此，它们限制了功率放大器输出功率的上限。

在新的 v3.0 系统中使用 v2.0 调制解调器

所有提到的功能在经典 v2.0 调制解调器中都有。由于 PHY 层基本上没有变化，因此每一个旧款调制解调器都能满足 ALD 系统设计人员的需求。简单地复制现有的 AISG 解决方案，会占用更多的电路板

空间，这一点是不利的，会影响系统的复杂性，并且可能会开始主导电源预算，同时在性能上几乎没有改进，也没有带来功能升级。幸运的是，在 AISG v3.0 市场上有一个新的、经过改进的替代方案。

新款 AISG 调制解调器提供的升级功能

Maxim（现为 ADI 公司一部分）向市场推出的第一款 AISG v2.0 调制解调器是初期的 MAX9947[4]。该器件仍然为 RS-485 和规定的 2.176MHz 00K 信号之间的接口提供完整解决方案，因此它依然与新的 AISG v3.0 标准完全兼容。尽管早期的调制解调器也满足新标准，但 v3.0 中扩大的要求为提升现有设计提供了良机。

新的 MAX11947[5]具有多项性能改进和新增功能，以解决在较新系统中使用旧代 IC 时固有的诸多不足。新款调制解调器的主要功能特点是集成式 4:1 多路复用器。该多路复用器在一个芯片中有效提供四个调制解调器，便于自动扫描。这为开发人员提供了一个与多达四个射频端口互动的工具，并且与原来的调制解调器相比，占用的印刷电路板面积几乎相同。这种集成式开关功能大大减少了指定和测试额外电路（如射频开关）的需要，同时减少了 BOM 要求。

如前一个例子所示，在 AISG v2.0 系统中是 6 个调制解调器，而支持 v3.0 的系统中可能需要 16 个调制解调器，现在集成 4:1 多路复用器（图 1 中的紫色区域）后，调制解调器减少到 5 个。新的调制解调器/多路复用器组合还提供了一种无代码、非微控制器的方式来扫描端口和识别 ping 载波信号，用户干预非常少。自动端口扫描功能有助于绘制硬件互连图，并帮助查找射频布线系统内的故障，使用的 IC 元件比其它方式更少。

新的 SPI 接口不仅可以控制多路复用器和调制解调器，还可以整合以前通过外部元件管理的功能。功率放大器的功率偏置网络（电阻器）等部件现在可通过数字可调发射功率进行整合。该调制解调器还提供了一个新功能：可调整接收灵敏度阈值。这两项调整都有助于解决旁路系统中固有的功率分配问题，以及其它线内衰减问题。不仅可以将 TX 输出从大约 -0.5dBm 调整到大约 +7.0dBm（步进为 0.5dB），而且新的调制解调器还可以独立调整 RX 对比水平。这使得载波检测阈值的范围大约处于 -15dBm 到 -21.5dBm 之间。可调 TX 功率和 RX 阈值可以动态修改，系统设计人员可将这种灵活性传递给最终用户，并支持在现场安装后提高系统性能。

新部件还集成了几种电源模式，分别为：运行、待机和断电。这为系统设计人员提供了多个改进功率预算的选项。待机模式可以像其他 v2.0 时代的经典调制解调器一样，禁用发射器电路。与完全运行模式相比，这通常可以节省 11mA 的电力。通过提供关断模式，禁用发射器和接收器电路，还可以更省电。这充分降低了功耗（一般会比运行模式低 20mA），同时仍然支持调制解调器充当其它下游设备的主振荡器。如果 SYNCOUT 缓冲器也关闭，系统设计人员可以比运行模式节省 23mA 以上的电力。

这种新的调制解调器在频谱合规性方面超越了前代调制解调器，现在为系统设计人员在 30MHz 频点的频谱屏蔽提供了大约 15dB 的余量，从而使发射器功率设置具有更大的灵活性。

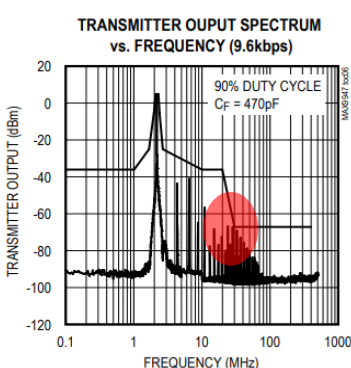


图 4. 频谱性能的比较。

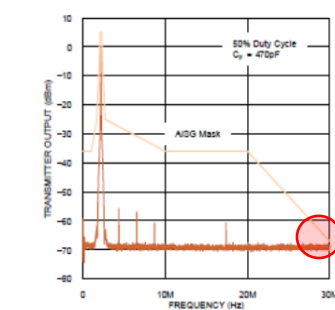
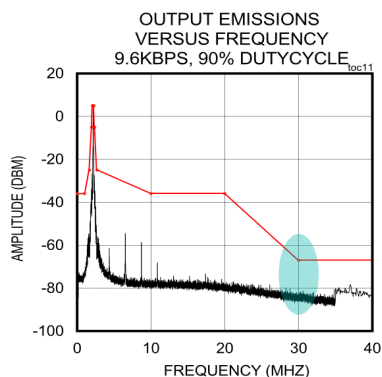


Figure 1. Low Frequency Emissions Spectrum with 9.6 kbps Signaling Rate

最后，新器件还具有与串行接口相关的独特功能：所有经典的调制解调器信号都在 SPI 寄存器中进行镜像。这意味着微控制器上不需要额外的 GPIO、UART 或其它端口引脚来连接调制解调器信号。通过读取和写入镜像位，接口和控制功能都可以通过寄存器来执行。系统设计人员现在可以选择使用调制解调器作为 RF 端口和 MCU 之间的桥梁，而且所需资源很少。

结论

MAX11947 的设计旨在满足新的 AISG v3.0 系统设计人员的需求。它具有更多的优势，扩大了调制解调器的作用，同时带来了新的内置灵活性，而不仅仅是节省设计时间和 BOM 成本。

有关新款 MAX11947 的更多信息，请访问 Maxim 网站：

<https://www.maximintegrated.com/en/products/comms/wireless-rf/MAX11947.html>

参考资料

1. 标准： AISG1: Issue 1.1 AISG1_Issue_1.1.pdf from <https://aisg.org.uk/publications/standards/>, 30 Jul 2004, © Copyright Antenna Interface Standards Group 2002-2004.
2. Standard No. AISG v2.0, AISG-v2.0.pdf from <https://aisg.org.uk/publications/standards/>, 13 Jun 2006, © Copyright AISG Ltd 2002-2006.
3. Base Standard AISG v3.0, Base-standard_AISG_v3_0_v3_0_0_10.pdf from <https://aisg.org.uk/publications/standards/>, 5 Nov 2018, © Copyright AISG Ltd 2016-2018.
4. MAX9947 数据手册 19-5029 修订版 4, 4/16, MAX9947.pdf from www.maximintegrated.com, 2016 年 4 月。
5. MAX11947 数据手册 19-100411; 修订版 0, 2/20, MAX11947.pdf from www.maximintegrated.com, 2020 年 2 月。