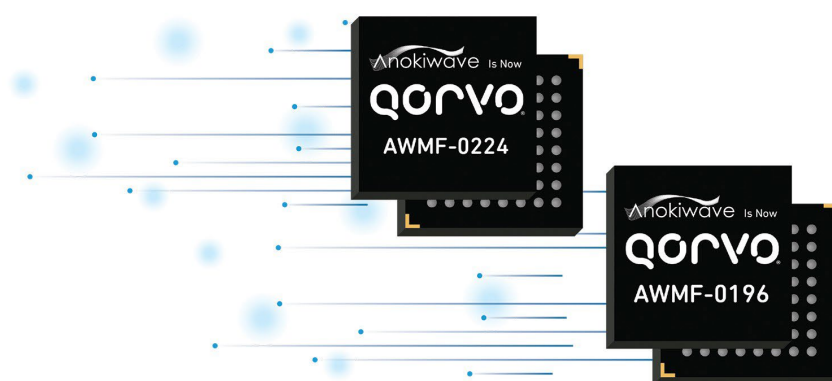


新型收发器 IC 助力 简化 5G 毫米波前端设计

双信道 IF 收发器 IC



集成度和灵活性达到新高度

Anokiwave Is Now
qorvo®



cn.qorvo.com



beamforming-sales@qorvo.com

2024 年，Qorvo 收购了 Anokiwave。两家公司各自优势的结合，让 Qorvo 得以提供高度集成的完整解决方案和 SiP，满足国防、航天和网络基础设施应用的需求。

Anokiwave 创新的有源天线 IC 产品组合，结合 Qorvo 在产品互补性、全球影响力和市场占有率方面的优势，为实现高度集成和高性能的有源天线提供了新的选择，有望将[相控阵有源天线技术普及开来](#)。

以下白皮书旨在介绍最新的 IF 收发器 IC 系列。此系列与波束成形器 IC 一起，将集成度和灵活性提升到新高度，从而支持开发尺寸更小、成本更低、功率效率更高的 5G 无线电。鉴于 Anokiwave 已被收购，白皮书对所有相关引用都进行了更新。

© 06-2024 Qorvo US, Inc. 版权所有 | QORVO 是 Qorvo US, Inc. 的商标。

全新 IF 收发器 IC 与 Qorvo 第四代波束成形器 IC 相结合，将集成度和灵活性提升到新高度，为每个 3GPP 5G 毫米波频段带来更节能环保、成本更低、尺寸更小的 5G 无线电。

收发器 IC 助力简化 5G 毫米波前端设计

大型第五代 (5G) 蜂窝无线网络将依靠许多小基站来为用户提供毫米波 (mmWave) 频率的服务。毫米波信号的波长非常短，为了在 24 GHz 以上的频率发射和接收信号，需要密集地部署许多小基站。幸运的是，只需使用 Qorvo 的两片集成电路 (IC)，即可组装出具有多频段覆盖能力的 5G 小基站。

这些 IC 包括一个双信道、发射/接收频率上变频/下变频收发器 IC 和一个双四路 4x2 波束成形器 IC。它们无缝地结合在一起，在单个有源阵列中实现双极化天线。这些 IC 有着很高的集成度和元件密度，能够加快并简化 5G 小基站无线电前端的设计和开发。同时，它们还充分发挥了先进硅基 CMOS 半导体工艺的优势，实现了出色的功率效率。

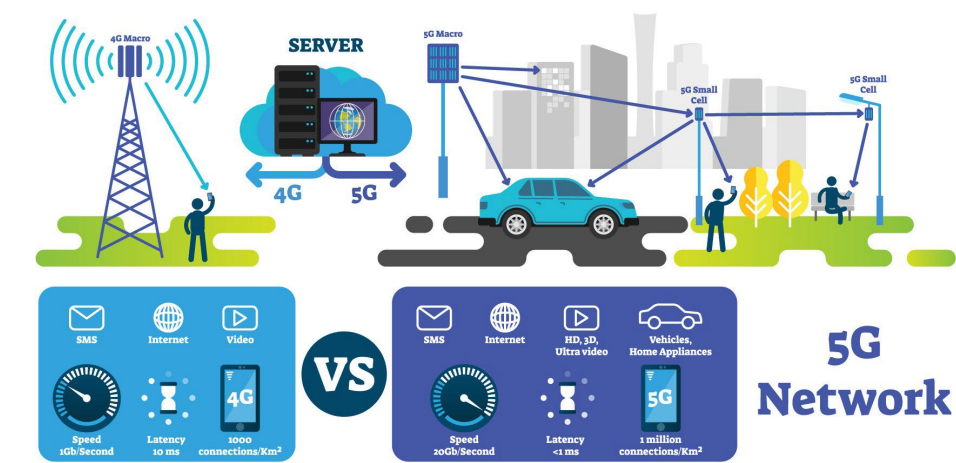


随着无线用户转向日益增多的“数据消耗型”活动，服务提供商需要找到办法来提供更快的上传/下载速度，并消除故障或延迟。为此，5G 毫米波网络应运而生，它能提供更高的速度和更大的容量，尤其是在人口密集的地区。

随着无线蜂窝网络的应用场景不断增多，网络也不断发展，需要更多的频谱来应对带宽和数据需求的指数级增长。为了支持需求和应用场景的激增，业界需要大量由支持智能阵列的 IC 平台所驱动的关键毫米波基础设施。

除了高于传统蜂窝频率的新工作频率之外，开发毫米波频率前端的无线电设计人员还面临着在各种传播介质中处理高频信号的诸多挑战。在毫米波频率下，距离越近越好。高度集成的收发器组件有助于将信号损耗尽可能降低，同时使无线电前端解决方案小型化，因此非常适合许多 5G 小基站。

为了支持无线蜂窝网络需求和应用场景的激增，业界需要大量由支持智能阵列的 IC 平台（例如 Qorvo 最新的 IC 系列）所驱动的关键毫米波基础设施。



5G 网络性能的提升得益于采用主动波束控制的新型毫米波天线配置

对于使用毫米波频率范围的网络，解决方案是小基站。小基站必须能够在规定的动态范围内发送和接收 24 GHz 以上的信号，同时将这些信号的频率转换到较低频率 IF，以便由高速 RF 模数转换器 (ADC) 和数模转换器 (DAC) 进行实际转换。与频谱中较低、更拥挤的部分相比，毫米波频率的滤波要求可能非常低，但 24 GHz 以上的干扰可能以范围内较低频率信号产生的高阶谐波和杂散信号的形式存在，因此 5G 小基站内的接收器和发射器布局必须考虑发射杂散内容和发射信号泄漏等因素，此类干扰可能会到达毫米波接收器输入端口。

将毫米波发射器和接收器集成到鞋盒大小的设备中，并使其具有适当的性能以在繁忙的 5G 无线网络中可靠运行，并非易事。这要求所使用的元器件必须达到军用标准 (MIL-STD) 的电气、机械和环境要求，并且要求对商用可部署毫米波天线的开发有深刻的理解。

为 5G 小基站寻找理想部署位置以实现毫米波频率的广泛覆盖，可能与构建小基站一样具有挑战性。这些小基站必须包含多个接收器和发射器以及具有足够增益的定向天线，以保证信号在经建筑物材料和灯柱反射后仍有足够的强度。5G 小基站必须紧密排列，为尽可能多的用户提供连续覆盖，但又不能排列得太近，以免形成低效的拓扑。通常，小基站组成的网状网络会考虑容错性：当一个或多个小基站出现故障时，网络能自动形成备用信号路径。

将毫米波发射器和接收器集成到鞋盒大小的设备中，并使其具有适当的性能以在 5G 无线网络中可靠运行，并非易事。这要求对商用可部署毫米波天线的开发有深刻的理解。

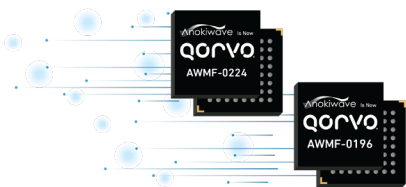
集成解决方案

Anokiwave（现为 Qorvo 的一部分）最近率先推出了带有全集成式 LO 合成器的单芯片双信道 IF 上/下变频器系列，它能实现单芯片多频段解决方案，让网络运营商能够设计出尺寸更小、成本更低、性能更高的 5G 无线电，覆盖整个 3GPP 毫米波频率范围。新的 [AWMF-0224](#) 是一款半双工毫米波至 IF 收发器，覆盖 24 GHz 至 30 GHz 的多个 5G 频段，而相应的 [AWMF-0196](#) 则覆盖更高的 37 至 48.2 GHz 5G 频段。这些 IC 将 5G 无线电的整个毫米波至 IF 信号链（包括双通道上/下变频器、驱动放大器、倍增器和 LO 合成器）集成到单个硅基 IC 中，而性能不打折扣。

下变频是将 RF 范围内的毫米波信号与可调谐本振 (LO) 的信号混频，以创建较低频率 IF 信号。上变频以相反的方式发生，IF 信号与 LO 信号混频，以产生毫米波频率范围内的 RF 信号。LO 信号可以来自片上压控振荡器 (VCO) 与片上锁相环 (锁相回路) 频率合成器的组合，或者来自一个馈入锁相回路电路的外部 LO 源。

变频器/收发器 IC 具有在发射和接收功能之间快速切换的特性（切换时间典型值为 250 ns），这是 5G 毫米波频段使用的时分双工 (TDD) 操作所需要的特性。收发器 IC 为了实现快速切换，需要对其众多集成放大器级实施严格的幅度控制，TDD 操作期间的典型增益建立时间为 50 ns。较宽的带宽让收发器 IC 能够在 5G NR 或 802.11 ac/ax/be 波形下运行。

双信道 IF 收发器 IC



集成度和灵活性达到新高度

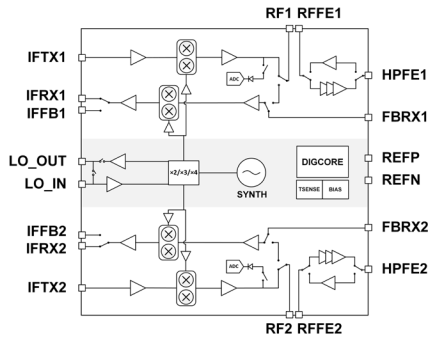
IF 收发器 [AWMF-0224](#) 将多达 5 个 IC 的功能集成到单个 IC 中，覆盖 24 至 30 GHz 频段，而 [AWMF-0196](#) 则以同样的集成度覆盖 37 至 48.2 GHz 频段。

为了提供保护和便于操作，IF 收发器 IC 采用倒装芯片级封装 (FC-CSP)。

这些 IC 虽然尺寸很小，但包含两个上下变频信道，可以高效转换输入和输出信号，同时损耗很低，动态范围很宽。封装的 IC 在单个半导体芯片上包含大量元件，其集成的 VCO 和 锁相回路 频率合成器是电路的核心。设计人员可以绕过内部 LO 而使用外部 LO 信号源进行混频，这样在 5G 网络内配置和互连小基站时就有很大的灵活性。

为了尽量减少操作过程中的受损情况，IF 收发器的 FC-CSP 封装在所有封装引脚上都配备了静电放电 (ESD) 保护。FC-CSP 封装采用热补偿技术以简化 IC 的散热管理，并提供针对内部和外部热源的热保护。FC-CSP 封装采用倒置芯片安装方式，简化（并缩短）了与平面天线布局的连接，有助于 5G 小基站的小型化。

在毫米波频率很难产生和保存信号能量。通过在整个 IC 布局中合理布置放大器级，收发器 IC 对于有效降低毫米波信号损耗和保持高动态范围发挥着积极作用。例如，上变频器/发射信号路径中包含放大器级，集成的驱动放大器能提升发射天线阵列的增益，提高输出功率。如果使用单独的器件来实现这种放大，尺寸和成本都非同小可。在军事电子系统中采用分立器件形式的毫米波放大，可能会妨碍小型化，或导致难以满足尺寸、重量和功耗 (SWaP) 目标。通过集成多个驱动器和功率放大器级，系统能够克服路径衰落和互连信号损耗（例如天线至板接口处的损耗）。



半双工收发器 IC 集成了双发射端单边带上变频、双接收端镜像抑制下变频功能和片上合成器，支持在单个芯片中实现 2T2R 应用。

片上频率倍增器简化了板级集成，可配合内部频率合成器或外部 锁相回路 使用。

收发器 IC 除包含 RF、LO 和 IF 放大级外，还集成了 LO。该 LO 具有多个频率倍增器、一个频率合成器和多个功率检测器，提供监视和控制、频率生成以及整个 IC 的信号路由功能。例如，RF、LO 和 IF 级的 RF 功率检测器均经过适当设计和检查，以确保能够在各自的测试点以 ± 1 dB 的精度表征 0 dBm 信号功率。时序可以与单端或差分参考时钟同步。借助数字预失真 (DPD) 反馈路径，可以有效降低噪声。

当激活/使能集成 LO 时，它与集成 锁相回路 频率合成器一起工作，产生稳定的低相位噪声信号。内部 LO 产生约 -5 dBm 的典型输出功率，在变频过程中有约 12 dB 的平均 IF 增益支持，该增益可以在 15 dB 的 IF 增益控制范围内以 0.25 dB 的步长进行控制。对于 5G 小基站或网络互连，外部 LO 可能更有意义。将外部 LO 源连接到 IC 时，内部 LO 即被禁用，外部 LO 信号馈入 IC 的 LO 端口。收发器 IC 的 LO 复用功能有效减少了以多输入多输出 (MIMO) 天线配置运行时对外部开关的需求。

收发器 IC 配备了来自 Digcore 的片上 LO 馈通校准功能，可在单个 5G 小基站内或 5G 网络某个部分的上/下变频期间，保持精确的频率、相位和时序。通过片上 LO 频率倍增，这些 IC 可以配合各种外部 LO 源工作，借助 Digcore 校准流程确保系统正常运行。多个收发器 IC 可以通过集成的 锁相回路 合成器，利用相位同步信号实现同步。由一个 IC 充当主信号发生器，其频率合成器使能后产生 LO 信号，以分发给其他收发器 IC。

多个收发器 IC 可以通过集成的 锁相回路 合成器，利用相位同步信号实现同步。由一个 IC 充当主信号发生器，其频率合成器使能后产生 LO 信号，以分发给其他收发器 IC。

无线接口

IF 收发器系列提供的高度集成且简化的频率转换功能需要无线接口来连接 5G 无线网络，而 Qorvo 的波束成形器 IC ([AMWF-0221](#) 或 [AWMF-0236](#)) 能很好地满足这一需求。它们是双极化四路 4×2 波束成形器 IC，可以将往返于收发器的信号引导至多个天线元件，并从这些元件形成波束，满足从基站和小基站发送和接收 5G 毫米波信号的需求。这些波束成形器 IC 采用分立天线元件或元件阵列，支持设计和开发紧凑型多元件天线，以安装在鞋盒大小的 5G 小基站的外部。与 IC 收发器一样，波束成形器 IC 也采用坚固耐用的 FC-CSP 封装。这些封装有许多通用的电气和机械接口，便于在更大的电路或系统内进行互连。

这些波束成形器 IC 是 Qorvo 公司的第四代波束成形 IC，基于 Anokiwave（现为 Qorvo 的一部分）成熟的四信道、双极化 CMOS 平台打造，覆盖与 IF 收发器 IC 相同的 3GPP 5G 频段。BFIC 包含两个电路，每个电路有四个天线元件控制部分，这些部分通过功率组合网络连接。这些电路旨在对天线元件产生的电磁波束进行严格控制，具有 6 位相位控制和 5 位增益控制。

Qorvo 的 Zero-Cal® 专利技术免去了对控制电路执行相位或增益校准的需要。波束成形器 IC 还包含自动温度补偿功能，可校正工作温度对相位和增益的影响。这些 IC 可与四个双极化或八个单极化天线元件组成电子扫描天线，并且可与 IF 收发器 IC 的 TDD 操作配合以支持半双工发射/接收操作。



IF 收发器 IC 与波束成形器 IC 结合使用，让 OEM 仅使用两类 IC 就能构建整个 5G 毫米波无线电前端，同时实现更高的线性功率和效率。

两者的结合促成了更高幅度的尺寸缩减，统一了所有现行 5G 毫米波频段的设计，并实现了更出色的性能。

结论

收发器和波束成形器 IC 加在一起只有两个 IC，但却为 5G 小基站的设计和开发提供了强有力的支持，使得小基站在外观上更加隐蔽，但信号强度却丝毫不减。大多数 5G 用户并不关心网络基础设施，只希望拥有可靠的 5G 服务。Qorvo 持续致力于为 5G 市场提供系统级解决方案，实现具有优异性能、更小尺寸、更低成本和更简单设计的毫米波无线电，从而加快产品上市速度。



关于 Anokiwave

2024 年，Qorvo 收购了 Anokiwave。Anokiwave 创新的有源天线 IC 产品组合，结合 Qorvo 在产品互补性、全球影响力和市场占有率方面的优势，为实现高度集成和高性能的有源天线提供了新的选择，有望将相控阵有源天线技术普及开来。

两家公司通过技术融合，实现了技术创新、商业规模和良好声誉的独特组合，在 5G 毫米波、卫星通信、国防和航天市场取得了公认的商业成功。

- 毫米波硅基 IC
- Intelligent Array IC Solutions®
- mmW Algorithms to Antennas®

5G 毫米波系统的行业信赖之选，绿色环保

- 硅基波束成形器 IC
- IF 上/下变频器 IC
- IF 收发器 IC
- 毫米波天线套件

qorvo.com/ActiveAntennaSystems



更高效率的线性功率 IC

打造更节能环保的无线电，实现净零排放的未来



多频段 IC，减少 SKU

仅需 5 个 IC 即可实现完整的毫米波至 IF（包括 LO）解决方案，适用于 24 至 50 GHz 的所有 5G 频段



更小尺寸的无线电

经过四代优化，尺寸缩小 70% 以上，更易于部署



生产保证

保证供应，满足所有 5G 毫米波市场需求

Qorvo 致力于通过关键的 5G 毫米波创新技术，
为市场提供至关重要的解决方案，帮助 OEM 在 5G 毫米波市场取得成功。