

## 主要 RF 微波放大器性能点评

高频放大器的种类丰富,应用范围非常广泛,几乎可用于所有的电子设备中,起到诸如设置通信接收机的噪音系数、为信号发射机天线驱动高功率信号的作用。高频放大器的类型包括宽带和窄带功率放大器、低噪声放大器(LNA)、对数放大器、运算放大器、跨阻放大器(TIA)以及可变电压放大器。它们以芯片、带表面贴(SMT)封装的器件、基于固态和真空管器件的机架式系统等多种形式存在。本文介绍一些最近发布的 RF/微波放大器产品。

最小的 RF/微波放大器是单片微波集成电路(MMIC)器件。这类器件经常被用作增益模块,来补偿系统和电路中无源信号的损失。提供 MMIC 放大器芯片和带封装的 MMIC 放大器模块的公司很多,包括安捷伦、ADI、Filtronic 公司、Hittite 微波公司、Microwave Technology 公司、Mimix Broadband 公司、Mini-Circuits 公司和 RFMD 公司等。

Hittite 微波公司提供的 HMC-ALH444 LNA 芯片是频率范围为 1~12GHz 的商用和军事应用的理想选择。该芯片在 10GHz 频率下具有 17dB 增益,噪声系数很低,仅为 1.75dB。该公司还推出了 65GHz 频率的 GaAs 高电子迁移率晶体管(HEMT)LNA 芯片(图 1)。HMCALH382 芯片在 57~65GHz 频率范围上提供 21dB 增益,噪声系数为 4dB。该芯片在 1dB 压缩点上提供+12dBm 的输出功率,与此同时仅从单端+2.5V 直流电源汲取 64mA 电流。

Microwave Technology 公司的 MMA-021015 是另一款放大器芯片,它利用 AlGaAs/InGaAs 伪高电子迁移率晶体管(pHEMT)技术来实现在 1~10GHz 频率范围内的 4.8dB 噪声系数。该芯片可在整个带宽上提供+17dBm 输出功率和 18dB 增益,具有+/-2.5dB 的增益平坦度,被设计工作在+6V 的直流系统中。该公司还推出了一系列宽带中等功率放大器,包括在 1dB 压缩点上具有 22.5dBm 输出功率、在 1~22GHz 频率上提供 8dB 增益的 MMA-022020B 放大器。

在带宽性能方面,几乎没有其它的 MMIC 芯片放大器能与安捷伦科技公司的 HMMC-5025 相媲美。这个分布式放大器覆盖 2~50GHz 频率范围,在 40GHz 频率下具有 8.5dB 小信号增益和+12dBm 输出功率。该芯片在 35GHz 频率上的噪声系数只有 5dB,在 50GHz 频率上的噪声系数为 7dB。这个七级分布式放大器芯片具有 30dB 的增益控制范围,每一级包括两个级联的 GaAs FET 器件。

许多 MMIC 放大器供应商也提供带封装的放大器。例如,Mimix Broadband 公司的用于 1.5~6.0GHz 频率范围的 CMM9000-QT 两级反馈驱动放大器采用 3×3mm 表面贴 QFN 封装。该放大器具有 15dB 的小信号增益,在 1dB 压缩上具有 +15dBm 输出功率,并集成了片内匹配电路、RF 扼流电感和 DC 隔离电容。ADI 公司提供 ADL5320 和 ADL5321 预驱动和驱动放大器,前者在 400~2,700 MHz 工作频率下具有 13.7dB 增益,噪声系数为 4.2dB,在 2,140MHz 下具有 25.6dBm 输

输出功率，后者在 2, 300~4, 000MHz 工作频率下具有 14dB 增益，并提供+25dBm 输出功率，在 2, 600MHz 下的噪声系数为 4dB。

Mini-Circuits 公司提供了几种带封装的 MMIC 放大器产品系列，其中包括 ERA 系列。在众多微型带 SMT 封装的 ERA 放大器中，ERA-1 放大器在从 DC 至 8GHz 频率范围内提供超过 10dB 的增益，在 1dB 压缩点上具有+12dBm 典型输出功率。通用放大器具有 4.3dB 低噪声系数和典型三阶截点典型等于+26dBm 的高线性度。

由于这些小型 MMIC 放大器所提供的功率很少超过 0.5W(+27dBm)，所以需要更大规模的电路和封装来提供大功率。在稍大的尺寸范围中，很多公司都能提供带有同轴连接器、装在铝外壳中的放大器。这种放大器能提供更高的功率，并且利用封装和散热器可耗散更多的热量。例如，CTT 公司提供广泛用于商用和军事应用领域的窄频及宽频功率放大器，覆盖 0.5~2.0GHz、1.0~2.0GHz、2~4GHz、2~6GHz、2~8GHz、2~18GHz，以及 2~20GHz 的频率范围，具有高达+41dBm 的输出功率。更高频率的型号包括在 18.0~26.5GHz 频率范围内具有 36dB 增益和在 1dB 压缩点上具有+30dBm 输出功率的 APW/265-3036 型放大器。

商用宽带半导体器件的出现，如采用碳化硅(SiC)以及氮化镓(GaN)材料生产的器件，为放大器设计工程师提供了功率密度非常大的器件。例如，英国 Milmega 公司在其生产的 UHF 功率放大器中采用了 Cree 公司的 SiC 晶体管。在这些频率上，SiC MESFET 比竞争的晶体管技术具有更大的功率密度，能在较小的封装内设计更大功率的放大器。

EMPOWER RF Systems 公司的 1117-BBM3K5KEL 型功率放大器采用 GaN 大功率密度器件。它在 500~2, 500 MHz 范围内的 1dB 压缩点上具有 20W 典型输出功率，并提供 46dB 增益和+/-1.5dB 增益平坦度。

一些功率放大器依赖真空电子管而不是固态器件来产生大功率输出。例如，dB Control 公司推出了新的 MPM 系列，包括在 6~18GHz 范围内提供 1, 500kW 峰值功率、具有 6%的占空比信号 GHzdB-3757 型放大器。

AR Worldwide 公司的模块化 CMS1070 型 GaAs FET 功率放大器可用于 WiMAX 系统。它在 3, 400~3, 700MHz 范围内的 1dB 压缩点上提供+43dBm 输出功率，具有 20~50dB 的可变增益和+54dBm 的三阶截点。

针对卫星通讯和其它高频应用，Endwave 公司提供一系列固态放大器。该公司最近发布了一对用于卫星通信的放大器模块(图 3)，其 Ku 波段单元提供至少 40dB 的增益，具有 0.5dB 增益平坦度，在 1dB 压缩点上具有+37dBm 典型输出功率；其 Ka 波段模块提供至少 27dB 的增益，具有 1dB 增益平坦度，在 1dB 压缩点上具有+36dBm 输出功率。该模块的噪声系数很低，Ku 波段模块的噪声系数为 4.5dB，Ka 波段模块的噪声系数为 6dB。

