

无线手机使用的集成式 RF 功放器/滤波器前端

Joe Madden

移动/无线市场分析师, Avago Technologies

CMOS 设计人员多年来一直把各种功能集成到大型集成电路中。大家已经看到,摩尔定律在日常生活中给性能和成本带来了难以置信的影响。在移动通信终端中,许多元器件要么已经集成到 RFIC 中,要么因直接数字上/下变频器的出现而消失。

在通信终端中,到目前一直有两个 RF 元器件没有集成,即滤波器和 RF 功放器,这两种器件采用的构建技术都不兼容芯片上 CMOS 集成。在传统上,滤波器一直采用陶瓷或表面声波(SAW)技术构建,而 RF 功放器则一直使用 GaAs 异质结双极晶体管(HBT)或 FET 器件构建。由于这些技术与 RFIC 使用的硅或 SiGe 工艺有着很大区别,因此功放器和滤波器一直作为分散器件,与现在执行手机大部分 RF 功能的大规模集成芯片组分开。声音谐振器技术和先进的低噪声高线性度晶体管技术已经明显缩小了每种分散功能的体积。图 1 是当前 CDMA PCS 手机设计中使用的单独的薄膜腔声谐振器(FBAR)滤波器和增强模式伪形态高电子迁移率晶体管(E-pHEMT)功放器。

但是,当前的单片电路滤波器和放大器技术允许设计人员突破 RF 集成障碍,重要的技术进步包括:

- 表面声波(SAW)滤波器
- FBAR 滤波器
- 异质结双极晶体管(HBTs)
- E-pHEMT

由于每种技术都把某种 RF 功能精简到单片电路设备上,因此可能需要重要举措来提高集成度。以前的技术如陶瓷滤波器需要采用非单片电路结构,单片电路放大器集成起来很不方便。

最近,多家公司已经开始采用多种芯片技术和多板上多芯片(MCOB)封装开发 RF 模块。这种方法通过采用优化的半导体工艺,可以实现最佳的滤波器和功放器性能。GaAs HBT 或 E-pHEMT 放大器可以与基于硅的 FBAR 滤波器集成在一个价格低廉的封装中。同时,MCOB 模块可以大大降低体积,改善 RF 前端的性能。

集成式 RF 前端模块(FEM)的第一个、也是最明显的优势是可以进一步缩小体积。图 2 是双频 CDMA 手机的典型布局。黄色轮廓指明了容纳 800 MHz 和 1900 MHz 频段的双工器、滤波器和放大器所需的电路板空间。蓝色轮廓同比例显示了实现两个集成了双工器/放大器的 FEM 所需的电路板空间。尺寸大大降低主要归功于消除若干个元器件使用的多个输入/输出接口。

RF FEM 的第二个明显优势在于可以实现的效率改善。通过优化输出上功放器和滤波器/双工器之间的接口,设计人员可以把典型手机的通话时间延长半小时以上。

能够把功放器和滤波器与实现最优效率或线性度性能的阻抗自由匹配起来,可以产生明显的好处。图 3 中比较了放大器和双工器组合,其中使用同一放大器,但集成程度不同。在全部三项测试中,双工器的输出功率都设为+24.5 dBm。改进的匹配程度及降低集成式前端模块中发射链的插入损耗,可以大大改进效率。在 CDMA 手机中,改进的效率可以把通话时间延长 35 - 45 分钟。

第三个优点:由于 RF 元器件之间的线路长度可能非常短,因此集成式 FEM 更不容易受到 RF 干扰。通过把多种功能集成到一个微型 MCOB 器件中,RFIC 的发射机输出与天线之间的整体电长度会变得非常短,因此,PCB 的 RF 段收到的干扰和发射的干扰都会比较少,从而降低对其它元器件的潜在影响。

这一性能改善将把我们带到哪里？通过采用零 IF 结构及数字应用技术的其它进步，似乎很明确的一点是，进一步集成对 RF 元器件不可避免。问题仍然是：进一步集成 RF 放大器和滤波器会发生在 RFIC 和/或基带芯片组中，还是有单独的 RF 集成道路？

多种市场发展态势表明，这种集成可能是分开的，也就是说，将在单独的元件中进行 RF 集成。例如，在 GSM 和 W-CDMA 市场中，RFIC 通常由基带芯片之外的不同厂商提供。由于 CMOS 技术正在不断改进速度和性能，大多数专家同意，基带/RFIC 芯片组在未来几年内将变得可行。CMOS 技术的低成本使经济推动因素相当显著：一旦 CMOS 能够支持 RFIC 的功能，我们可以预计市场将需要可能实现的较低价位。

另一方面，功放器和专用滤波器等 RF 元器件要求的性能与半导体工艺有着很大的差异。功放器要求高线性度，晶体管导致的噪声较低，同时把信号电平提升到接近 1 W。基于 CMOS 的放大器近年来取得一定的进步，但预计不会与高迁移性材料争夺高功率应用，因为 CMOS 工艺是为低电流/低电容晶体管应用优化的。因此，在要求大量功率的移动无线应用中，CMOS 放大器在线性度和效率方面有着明显的缺点。

滤波器和双工器给 CMOS 技术提出了更大的挑战。大多数移动手机目前采用陶瓷、SAW 或 FBAR 谐振器，以利用陶瓷或声音技术提供的高 Q 优势。CMOS 器件中的电感器 Q 一般约为 100，而陶瓷没有负荷的 Q 值在 1000 - 3000 之间，单片电路 FBAR 谐振器的 Q 值则要高达 3000。没有负荷的 Q 值越高，滤波器的插入损耗越低，滚降越剧烈，从而可以改进抑制性能。因此，许多芯片组供应商考虑把嵌入式滤波器集成到 RFIC 中。这种方法给简单的滤波器应用带来了一些希望，如 GSM 接收机和发射机滤波器，其中将在硅晶片流程中制作分散的模具，如 FBAR，然后可以把模具嵌入到基带或 RFIC 器件中。(注：由于石英晶体基底和基于硅的 RFIC 的热量不匹配，因此可能很难以类似方式集成 SAW 滤波器。)

在 CDMA 和 W-CDMA 等 FDD 应用中，一般使用双工器把接收机频段和发射机频段分开。由于双工器必须位于天线接口上，因此功放器自然而然地位于 RFIC 和双工器之间(图 4)。因此对 CDMA 和 W-CDMA，把双工器嵌入 RFIC 中变得有问题。为实现杰出的解决方案，有必要同时集成滤波器技术和功放器技术。

对移动手机应用，在性能、成本和供应商发展动态之间实现最佳平衡似乎需要采用图 5 所示的结构。由于集成式基带/RFIC 芯片组，如绿色显示的手机的数字部分可以被推动到非常低的成本和非常高的性能，因为可以为这些功能优化 CMOS 工艺和设计。如蓝色所示，一两个单独的 RF 前端模块将利用 GaAs 功率器件中更高效的性能及单片电路谐振器拓扑的高 Q 滤波器性能。

在过去 15 年中，移动手机设计的整体发展趋势已经涉及到大规模集成度。这种趋势将继续，为未来的多频多模式手机提供性能和成本优势。由于目前多家公司的 RF 开发进展，我们可以期待具有 2G 和 3G 功能的手机，并在电路板上留出更多的空间，实现更大的内存、处理能力及更加高级的应用。

###

图示内容：

图 1. 典型的分散器件。典型的 FBAR 滤波器(左)和采用 E-pHEMT 有源模具的放大器(右)。



图 2. 典型的双频 CDMA 手机及通过 RF 集成可能节约的体积示意图。

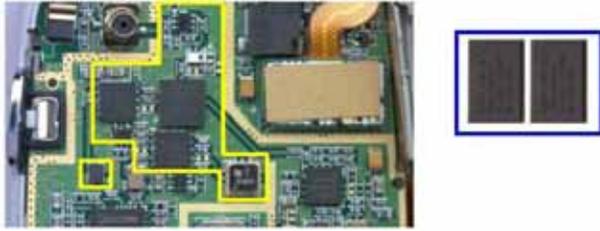


图 3. PCS CDMA 手机设计效率比较。

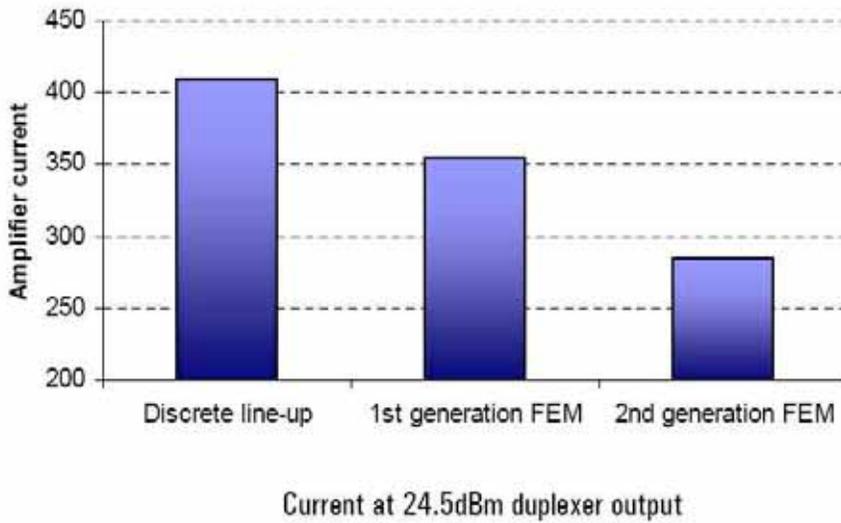


图 4. 简单的前端模块方框图。

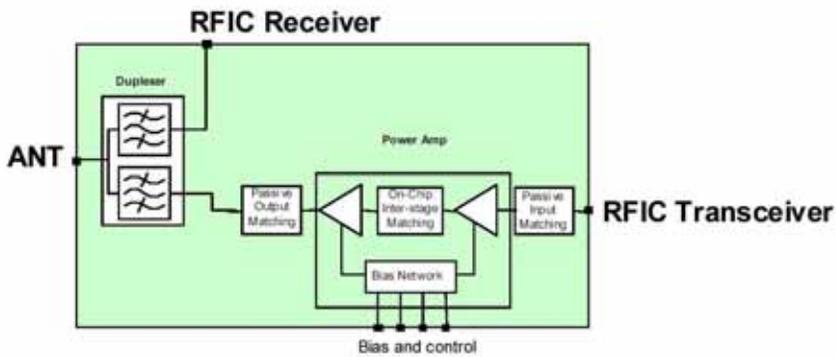
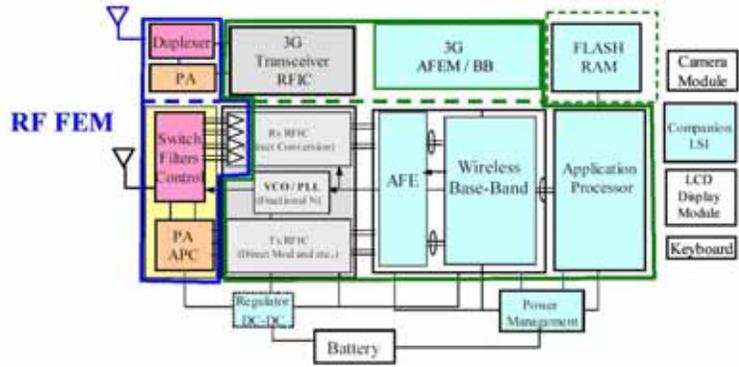


图 5. 双模式 GSM 和 3G 手机的未来移动手机划分。



射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/129.html>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...



课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书,课程从基础讲起,内容由浅入深,理论介绍和实际操作讲解相结合,全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程,可以帮助您快速学习掌握如何使用 HFSS 设计天线,让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程,培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合,全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作,同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习,可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>