

混合六频带蜂窝天线

A Hybrid Hexaband Cellular Antenna

作者：Mark W. Ingalls, Machine2Wireless LLC；Michael D. Glover, University of Arkansas；Ed Liang, MCV Microwave Inc.；译者：冯鑫

一般地，一个内部天线可以自行设计并集成在无线电设备的印制电路板 (printed wiring board, PWB) 或外壳上且以一个分立部件的形式实现。然后匹配元件被附加在 PWB 中或者用线缆和连接器较远的连接到设备上。这些方法的缺点是不灵活、不经济。本文设计和测试了一种新型六频带蜂窝天线，它被部分集成在 PWB 中且可采用批量生产方式。这个新设计具有灵活定制和批量生产的优点，而且不需要分离的匹配网络。

现在的流行趋势是要通过使用集成在机器外壳上的无线电装置把所有机器无线地连在一起并连到因特网。设备生产商想要提供一种具有普遍可用性而且价格合理的产品，希望他们的整个产品尤其是其中安装的天线尽可能灵活和经济地运行。除了要能够接收和发射无线信号，还必须设计天线使得它和与它连接的无线设备兼容。也就是常说的天线和无线设备要“匹配”。

良好匹配的根本特征是从天线到无线设备和从无线设备到天线的信息能够被顺利传输，而不对加载了信息的电磁波产生反射。人们必须通过选择和插入额外的电路元件 (见图 1) 或者改变元件的设计来保证所有元件相互匹配。这个过程对于信号路径中非辐射元件来说不算太困难，因为这些元件相对来说不容易受到其他的系统改变的影响，例如无线电设备的封装的改变。一旦与信号路径中的非辐射元

件相互连接的电路被定量和匹配之后，无需再进行进一步调谐。例如，系统设计师通常指定系统集成时其中的放大器、滤波器、开关、混频器、连接器、线缆和其他元件要全都匹配。只要系统匹配的要求相似，这些元件的供应商就可以给许多系统设计师提供这些相同的部件用于集成在不同系统中。

然而这一点对天线来说却不一样了。天线，由于其在发射和接收包含信息的电磁波中的特殊作用，很容易受到位置靠近的但是未相连的元件的影响，例如包含该天线或者承载其他系统部件的封装。处理这个问题的一个方法是将天线放置在远离能影响它特性的地方，并且用线缆将其和设备连接起来。另一个办法是要天线生产商精确地确定装载天线的外壳的特性。不幸的是，这些强制的特性对设备生产商来说是不够灵活的。第三个处理未与天线连接的元件的影响的方法是针对各种情况灵活调谐天线——例如采用多种可能的封装形式。这要求针对不同封装设计不同天线，从而导致成本过高，除非进行无线设备的大批量生产。

设备商需要有一种能够针对特殊安装以低

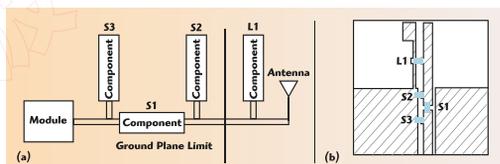


图 1. 一般匹配网络框图 (a) 和电路版图 (b) (天线生产商提供¹⁾)



图 2. 集成在封装外壳中的天线²

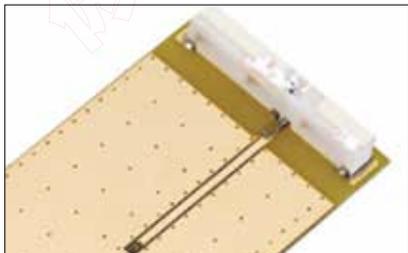


图 3. 安装在 PCB 上的分离天线³

成本灵活定制的且无需在无线设备中购买和安装额外匹配元件的天线。可以通过集成在 PCB 或者无线设备的外壳上将天线整合在有封装的无线设备中（见图 2）。这样天线成本就低

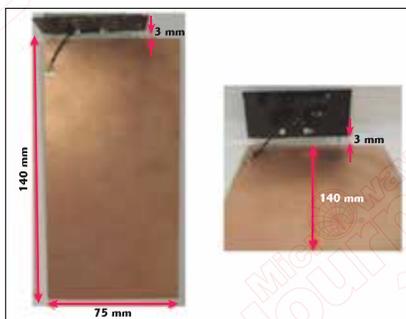


图 4. 通过“尾线”连接至 PCB 的分离天线⁴

了,因为 PCB 和封装本来就是必须的。但是有可能需要对天线性能做出妥协,因为用于生产 PCB 和外壳封装的材料不满足天线设计的要求。主要的缺点就是自行设计一个集成天线的成本较高。另一个方法是设计一个作为分离元件的天线,它可以连接至 PCB (见图 3)。结果常常是性能更好成本也更高。天线成本稍有增加,而且它一般要求自定的匹配网络,从而增加了加

工整个天线的成本。设计成本低了,但现在包含了匹配网络。第三个选择是通过给天线增加一小段“尾线”将天线整合到封装的无线设备中(见图 4)。天线可以远离 PCB,设计更灵活了;然而尾线、线板连接器和无法避免的匹配网络都会增加天线成本。

多频带混合设计

本文提出的设计中,天线的某些辐射功能被设计在 PCB 中,而另外的则通过可量产的元件设计并在无线设备组装时附着在 PCB 上。辐射功能由集成的自定义 PCB 和可量产的部分两者共同实现。

之前的设计将天线分为工作在一个子频带的 PCB 部分和工作在另一个子频带的附着部分,即以非协同的方式。利用这个设计方法,



150 kHz以下抗扰性测试:

通用解决方案—— NSG 4060信号发生器

在较低频率范围内电磁兼容抗扰性测试的新要求现在可以用一个完整的测试信号发生器解决方案实现。该方案在IEC 61000-4-16和IEC 61000-4-19标准基础上支持众多的当前产品标准如EN 61326-3-1、IEC 61850-3、IEC 60255-26、IEC 60533和IEC 60945。测试方案的关键是信号发生器,它有一个独特的操作界面和直观的菜单,输出信号和阻抗由所选的耦合器决定。通过综合接口可以获得监控测试过程的节省时间的分析功能选项。

NSG 4060的特点:

- 信号发生器内置放大器,频率范围为15 Hz至150 kHz
- 符合IEC / EN 61000-4-16标准的NSG 4060-1扩展单元可以用于DC和高达330 V的短期测试
- 用CDND M316-2进行IEC / EN 61000-4-19电压测试,用CT 419-5进行电流测试
- 5.7吋彩色显示屏,直观的用户界面
- 用于监控测试过程的综合接口
- 通过自动报告功能,生成客户定制的测试报告

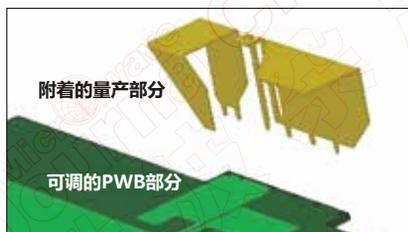


图5. 本文提出的设计由可调的、低成本的、集成的部分和一个有效辐射的量产部分组成。



图6. 组装的混合天线原型

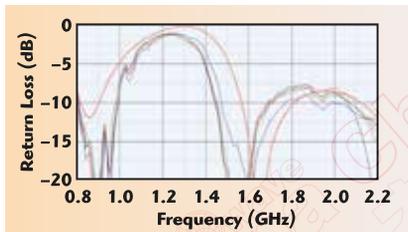


图7. 五个原型样本测试反射损耗与仿真对比。

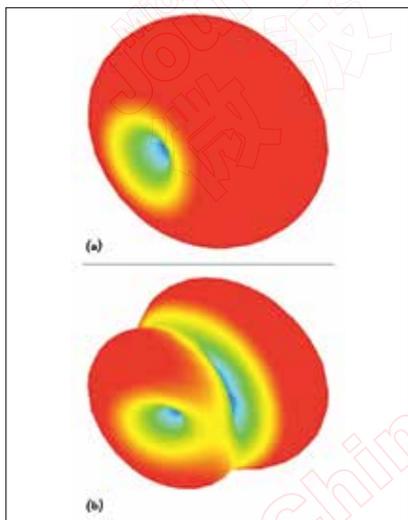


图8. 典型的混合天线在蜂窝频段 824 到 960MHz (a) 和 1710 到 2170MHz (b) 的辐射方向图。

PWB 和附着部分两者协同起来工作在整个频率范围。调谐对于将天线匹配到有封装的无线设备上仍是必须的，但所有需要的调谐都在“自由的”PWB 部分进行（见图5）。PWB 可以在一个或多个分离的地方调谐以便获得最佳匹配，而附着部

频率 (MHz)	824	880	960	1710	1990	2170
峰值增益 (dBi)	2.56	2.70	2.92	3.98	4.37	4.50

分在被设计成能够经济地量产的同时还可以采用现有技术提高单个天线的性能。一个六频带的案例可以工作在多种封装的蜂窝无线设备中，因为它是两个部分的混合，一个是能够有效辐射的可量产部分，就像一般的安装在 PWB 上的天线；另一个是高度可定制的、可调的部分，它本质上没有额外成本，就像一般的集成在 PWB 中的天线。

图5中显示的所应用的可量产硬件是通过金属冲压实现的，但它也可通过将金属化技术应用于由陶瓷、塑料、玻璃或类似材料构成的承载结构来加工。量产部分可以自带支撑或者由非金属结构支撑。本设计的关键特性是天线的功能是混合实现的，包括整合在集成的 PWB 中的可调匹配功能部分和由 PWB 和量产元件共同实现的辐射功能部分。

性能

为了测量这个混合设计的性能，本文测试了一个“实际的”电路板图和部件（见图6）。接地共面波导射频布线在无线设备模块的 RF 引脚被中断，其背面由一个 SMA 波装器焊接在改造的板面上。图7显示了五个原型的测试回波损耗。对该设计进行建模所得的增益峰值在表1中给出，而典型仿真的天线辐射方向图在图8中给出。

在仿真中，注意到在电路中增加一个并联电感可以将频率范围高端回波损耗提高到 -15dB。这个办法也许可以提高输入匹配，但是却引入了电感中的欧姆损耗而且增加

生产成本。基线设计的测试回波损耗在频率高端为 -7.5dB (0.178 反射系数)。如果我们利用附加的并联电感将反射损耗提高至 -15dB (0.032 反射系数)，则理论上增加的传输至天线的功率为 $10 \cdot \log_{10}(1 - 0.146) \approx 0.7\text{dB}$ 。但是如果考虑到集总电感的插入损耗，假设为 0.2dB，则在匹配频率处提高匹配的潜在好处只有半分贝都不到。对于许多应用，这一点点匹配的提高并没有抵消将匹配元件增加到材料清单上带来的成本和复杂度的增加。

结论

本文设计和测试了一个可以部分集成在 PWB 中而另一部分可批量生产的新型六频带蜂窝天线。新设计具有灵活定制和批量生产两个优点，而且无需分立的匹配网络。该原型的测试和建模数据吻合良好。■

致谢

非常感谢堪萨斯大学高密度电子中心 (HiDEC) 成员在组装和测试原型上所提供的帮助。

参考文献

1. "PA.25.A," Application Note (APN-11-8-002.B).pdf, Accessed May 17,2015, www.taoglas.com/images/product_images/original_images/PA.25.A%20Application%20Note%20%28APN-11-8-002.B%29.pdf, p. 23.
2. "Baseband and Disassembling the LG Optimus 2X - LG Optimus 2X & NVIDIA Tegra 2 Review: The First Dual-Core Smartphone," Accessed May 17, 2015, www.anandtech.com/show/4144/lg-optimus-2x-nvidia-tegra-2-review-the-first-dual-core-smartphone/9.
3. "PAD.25 Evaluation Board," Accessed May 25, 2015, www.digikey.com/catalog/en/partgroup/pad-25-evaluationboard/31496.
4. Embedded_LTE_1002289_20150213.pdf, Accessed May 17, 2015. www.ethertronics.com/files/1414/2386/9980/Embedded_LTE_1002289_20150213.pdf, p. 2.