

## EDA在CDMA射频系统和电路设计中的应用

朱晓维, 周健义, 洪伟

(东南大学毫米波国家重点实验室, 南京210096)

Xiaowei Zhu(Member, IEEE), Jianyi Zhou and Wei Hong(Member, IEEE)

State Key Laboratory of Millimeter Waves

Southeast University

Nanjing (210096), P. R. China

**【摘要】** 本文介绍基于Ansoft公司的Serenade软件在IS-95CDMA蜂窝式移动通信系统射频前端系统设计分析和电路设计方面的应用。主要收发信道性能的仿真、各单元电路之间匹配电路的设计、以及在射频频段PCB板布线引起的串扰分析和改进方法。

### 一、引言

随着国内移动通信系统的发展,使用移动电话的人越来越多,因此开发通信容量大、功能强的数字式移动通信网就显的越来越迫切了[1][2]。基于IS-95标准的码分多址(CDMA)蜂窝移动通信系统相比于GSM,AMPS,DECT等系统有其独特的优点,如系统容量大、可利用的有效带宽宽、低功耗、高效率、良好的软切换特性(尤其是在区域边缘),特别适合中国幅员辽阔,用户众多的国情。因此,很受国家“863”高技术计划和信息产业部的重视,我国的CDMA蜂窝移动系统具有自己独特的设计特点,为此对RF模块部分的设计也有特殊要求,图1是RF模块的框图。I/Q两路信号经基带部分编码、扩频调制和D/A变换后,送入RF模块的发射通道,然后经I/Q正交调制、IF放大器(AGC)、上变频器功率放大器和双工器,由天线发射出去;而由天线接收到的RF信号在接收通道中,经双工器、低噪声放大器(LNA)、下变频器、IF放大器(AGC)、IQ解调后,输出给基带部分进行AD变换、解扩和解码处理。锁相(PLL)本振源分别为上下变频器、调制/解调器提供本振信号。

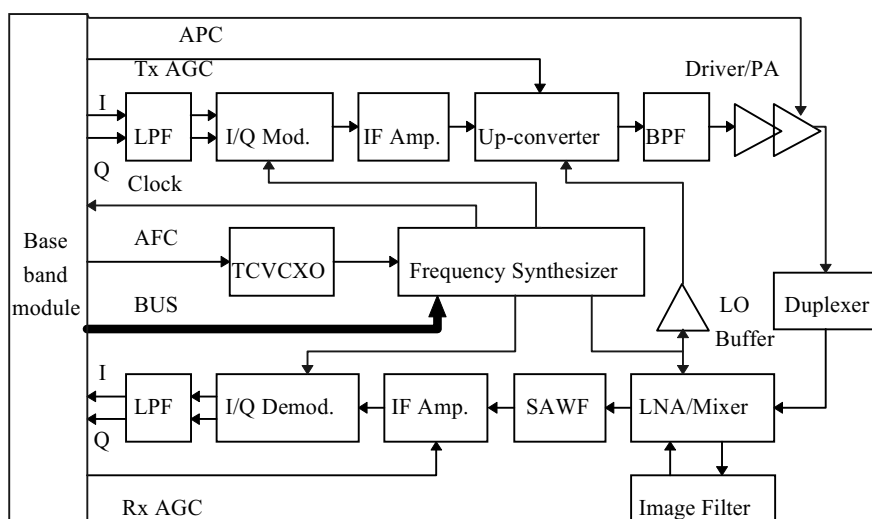


图. 1 CDMA移动台RF前端组成框图

而将整个射频系统设计在一块PCB上,则有各电路元件之间的匹配问题、信号窜扰的

问题等，这些都需要在系统设计时给予考虑和解决。我们采用了Ansoft公司的微波分析设计软件COMPACT[3][4]对上述问题进行了分析，取得了较好的效果。以下将具体的应用情况作简单介绍。

## 二、系统仿真和电路优化设计

### 1. 收发信道的仿真：

在系统总体设计时，我们首先根据所选IC电路的技术指标、系统总体要求，采用COMPACT

Success软件对RF前端子系统的收、发信道分别进行了模拟，结果如图2所示。可以看出，在1.25MHz的接收通道内，增益可达90dB、噪声为8dB左右；在IM3小于-20dB时，发射功率可达28dBm。

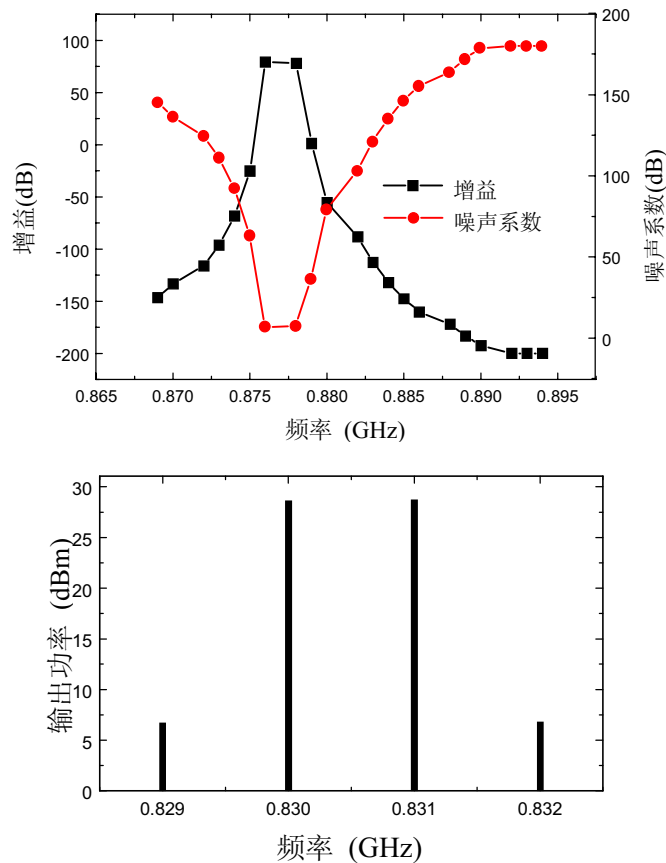


图2系统软件模拟结果，上为接收信道响应、下为发射功放IM3。

### 2. 匹配电路的分析和设计：

此外，在设计中大量使用了为CDMA移动通信系统专门生产的低电压、低功耗、表面封装的集成电路，如RFMD公司的RF99xx系列集成电路构成接收和发射通道、功率放大器由BGY118A和MSA0785组成、I/Q正交调制器采用RF2703，而I/Q正交解调器采用HPMX2005，Murata公司的陶瓷频镜像抑制滤波器、双工器和中频声表面（SAW）滤波器。

很显然，在这个射频子系统中采用了多家不同公司产生的集成电路，它们的端接阻抗都各不相同，那么它们之间的阻抗匹配问题必须在电路设计和调试中加以考虑并解决。为此，

我们设计了如图3所示的倒L型阻抗匹配电路，而且还具体滤波特性。通过COMPACT *Serenade*[5]软件的分析表明，它具有很好的阻抗匹配和滤波特性，可用于本射频模块的各种不同电路间的阻抗匹配，图4给出了130MHz的IF放大器与I/Q正交调制器之间阻抗匹配的模拟结果，可见它很好地解决了实际电路的阻抗匹配问题。

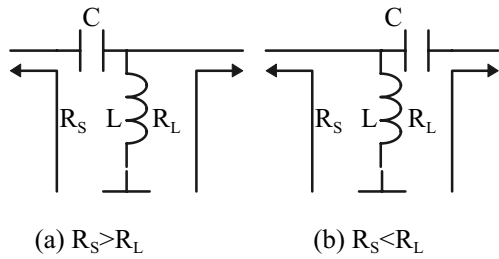


图3 130MHz中频放大器匹配电路

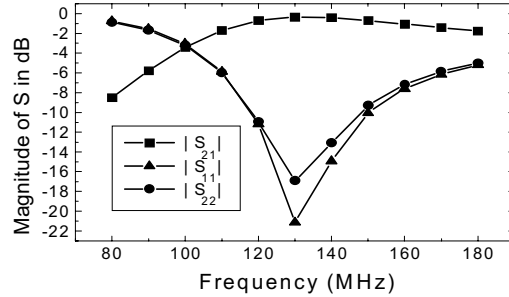


图4 匹配电路的分析结果

在接收通道中，采用了L-C低通滤波器和运放抑制带外的杂波同时提高I/Q信号的电平幅度，这个低通滤波器还用作阻抗匹配电路来匹配正交解调器和运算放大器之间的阻抗。该滤波器电路示意图和COMPACT *Serenade*软件的分析设计的结果如图5所示。

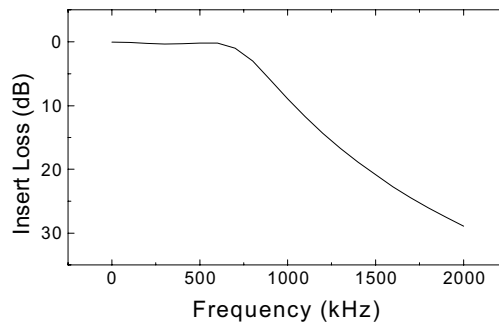
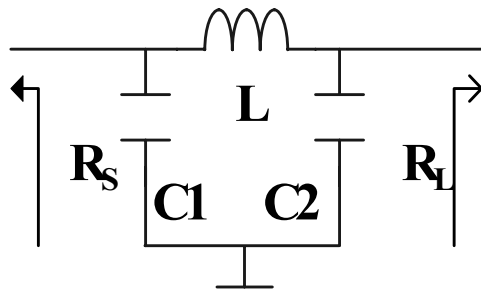


图5 低通滤波器及其特性

### 3. PCB板布线的串扰分析及改进设计方法

在CDMA手机射频系统设计的PCB上，各个元件均彼此紧密的排列着，这些元件都要产生或接收不同的频率分量，有射频、接收中频和发射中频、还有它们的谐波分量。如果PCB设计时没有考虑各元件之间很好的隔离，将引起各元件之间的串扰或信号的泄漏，从而大大降低系统的总体指标，因此各个元件彼此之间的隔离措施是射频系统PCB设计的重要课题。下面通过具体的算例来说明采用COMPACT *Serenade*软件分析微带线之间的串扰，及其改进的措施和结果。图7(a)(表示为(a)结构)和图7(b)（表示为(b)结构）分别是采取了隔离措施和初始的两平行微带线结构，(a)结构中插入了通过通孔接地的条带。我们分析了四种不同情况，第1和第2种情况是针对(a)结构，结构的尺寸分别是 $w_1=1\text{mm}$ ,  $w_2=0.3\text{mm}$ ,  $s=0.3\text{mm}$ ,  $L=20\text{mm}$  以及  $w_1=1\text{mm}$ ,  $w_2=1\text{mm}$ ,  $s=0.3\text{mm}$ ,  $L=20\text{mm}$ ；第3和第4种情况是针对(b)结构，结构的尺寸分别是 $w_1=1\text{mm}$ ,  $s=0.9\text{mm}$ ,  $L=20\text{mm}$  and  $w_1=1\text{mm}$ ,  $s=1.6\text{mm}$ ,  $L=20\text{mm}$ 。需要指出，第1和第3种情况或第2和第4种情况，外导带之间的距离是相等的。

由图8的分析结果我们可以看出，当采用(a)结构则平行微带线之间的耦合降低了10dB，这样带线之间或元件之间的串扰可以大为降低，同时系统的指标也将显著改善。实验结果表明载波的抑制明显得到改善，而且PCB的设计尺寸不会有多大的增加。

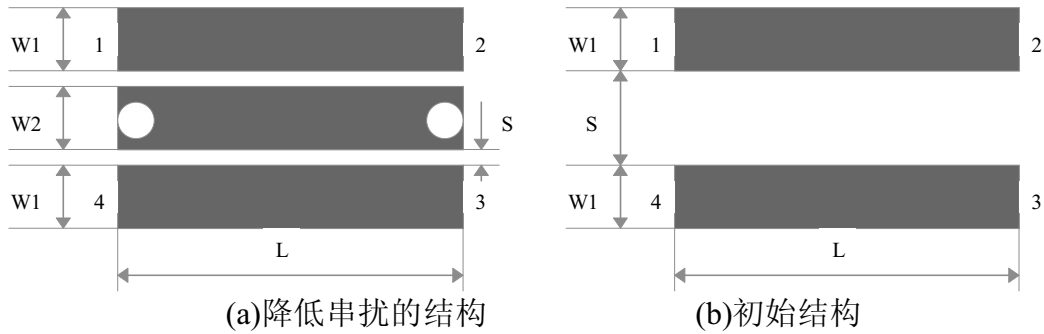


图7 算例的结构图

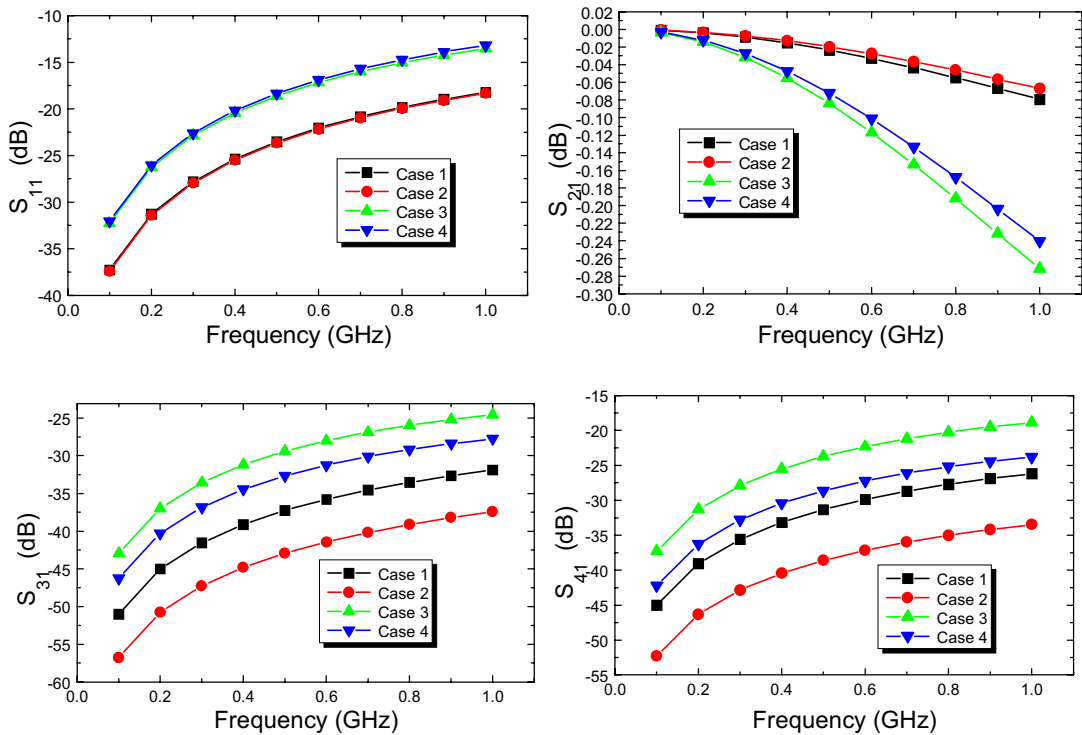


图8 模拟计算结果

#### 四、结论

采用商业微波电路CAD软件，如Ansoft公司的COMPACT等，可以很好地完成移动通信系统的射频系统和电路的分析、仿真和设计工作。

#### 参考文献

- [1] A. Baier, et al “Design Study for a CDMA-Based Third-Generation Mobile Radio System”, IEEE Journal on Selected Areas in Commun., Vol.12, pp.733-743, May 1994.
- [2] Bingquen Xiong, “The development of mobile communication in China, present and future”, APMC’97, Proceedings Vol. I of III, p.297, Dec.2-5, 1997, Hong Kong.
- [3] *Microwave Success User’s Guide*, 2.0 for Windows, 1996 Compact Software, Inc. *Microwave Harmonica User’s guide*, Version 7.x, PC., 1997 Compact Software, Inc.

SUNSTAR 商斯达实业集团是集研发、生产、工程、销售、代理经销、技术咨询、信息服务等为一体的高科技企业，是专业高科技电子产品生产厂家，是具有 10 多年历史的专业电子元器件供应商，是中国最早和最大的仓储式连锁规模经营大型综合电子零部件代理分销商之一，是一家专业代理和分销世界各大品牌 IC 芯片和电子元器件的连锁经营综合性国际公司，专业经营进口、国产名厂名牌电子元件，型号、种类齐全。在香港、北京、深圳、上海、西安、成都等全国主要电子市场设有直属分公司和产品展示展销窗口门市部专卖店及代理分销商，已在全国范围内建成强大统一的供货和代理分销网络。我们专业代理经销、开发生产电子元器件、集成电路、传感器、微波光电元器件、工控机/DOC/DOM 电子盘、专用电路、单片机开发、MCU/DSP/ARM/FPGA 软件硬件、二极管、三极管、模块等，是您可靠的一站式现货配套供应商、方案提供商、部件功能模块开发配套商。商斯达实业公司拥有庞大的资料库，有数位毕业于著名高校——有中国电子工业摇篮之称的西安电子科技大学（西军电）并长期从事国防尖端科技研究的高级工程师为您精挑细选、量身订做各种高科技电子元器件，并解决各种技术问题。

微波光电部专业代理经销高频、微波、光纤、光电元器件、组件、部件、模块、整机；电磁兼容元器件、材料、设备；微波 CAD、EDA 软件、开发测试仿真工具；微波、光纤仪器仪表。欢迎国外高科技微波、光纤厂商将优秀产品介绍到中国、共同开拓市场。长期大量现货专业批发高频、微波、卫星、光纤、电视、CATV 器件：晶振、VCO、连接器、PIN 开关、变容二极管、开关二极管、低噪晶体管、功率电阻及电容、放大器、功率管、MMIC、混频器、耦合器、功分器、振荡器、合成器、衰减器、滤波器、隔离器、环行器、移相器、调制解调器；光电子器件和组件：红外发射管、红外接收管、光电开关、光敏管、发光二极管和发光二极管组件、半导体激光二极管和激光器组件、光电探测器和光接收组件、光发射接收模块、光纤激光器和光放大器、光调制器、光开关、DWDM 用光发射和接收器件、用户接入系统光收发器件与模块、光纤连接器、光纤跳线/尾纤、光衰减器、光纤适配器、光隔离器、光耦合器、光环行器、光复用器/转换器；无线收发芯片和模组、蓝牙芯片和模组。MRFXX、三菱 MOTOROLA、爱立信、ASI、富士通等军民用射频产品。惠普 Hp、安捷伦 Agilent 全系列高频放大管，微波集成电路 IC，混频管，PIN 管，肖特基管，MMIC，HEMT 等元器件。可能是惠普 Hp 安捷伦 Agilent 全系列产品现货最多，品类最全，价格最低的一家。竭诚为您服务，期待与你合作。长期以来真正坚持信誉第一，诚实为本！专业现货批发：Hp 惠普（Agilent 安捷伦 PHILIPSNEC、MOTOROLA、TOSHIBA、RFMICRO、HITTE、TYCO 等全系列高频放大管、射频管、微波集成 IC、PIN 管、混频管、肖特基管二、三级管等等。为 Hp 惠普 Agilent 安捷伦、PHILIPS 全系列国内经销商。欢迎索取免费详细资料、设计指南和光盘

商斯达微波光电网：[//www.rfoe.net/](http://www.rfoe.net/)

中国传感器科技信息网：[HTTP://WWW.SENSOR-IC.COM/](http://WWW.SENSOR-IC.COM/)

工控安防网：[HTTP://WWW.PC-PS.NET/](http://WWW.PC-PS.NET/)

消费电子专用电路网：[HTTP://WWW.SUNSTARE.COM/](http://WWW.SUNSTARE.COM/)

地址：深圳市福田区福华路福庆街鸿图大厦 1602 室 E-MAIL: [szss20@163.com](mailto:szss20@163.com)

电话：0755-82884100 83397033 83396822 83398585

传真：0755-83376182 83338339 邮编：518033 手机：(0)13902971329

E-MAIL:[xjr5@163.com](mailto:xjr5@163.com) MSN: [SUNS8888@hotmail.com](mailto:SUNS8888@hotmail.com) QQ: 195847376

技术支持: 0755-83394033 13501568376

深圳展销部：深圳华强北路赛格电子市场 2583 号 TEL/FAX: 0755-83665529 25059422

北京分公司：北京海淀区知春路 132 号中发电子大厦 3097 号

TEL: 010-81159046 82615020 13501189838 FAX: 010-62543996

上海分公司：上海市北京东路 668 号上海赛格电子市场 2B35 号

TEL: 021-28311762 56703037 13701955389 FAX: 021-56703037

西安分公司：西安高新开发区 20 所(中国电子科技集团导航技术研究所) 西安劳动南路 88 号电子商城二楼 D23 号

TEL: 029-81022619 13072977981 FAX:029-88789382