

• 通信与信息工程 •

WCDMA线性功率放大器设计

鲍景富, 郭伟, 李源

(电子科技大学电子系统工程研究所 成都 610054)

【摘要】针对WCDMA信号具有高峰均功率比的特点,应用微波CAD软件对所设计的电路进行了仿真和优化,输出匹配电路采用微带加并联电容的混合结构实现共轭匹配。设计了一个高线性功率放大器,制作了功率放大器模块,并对该功率放大器模块进行了基本参数测试。测试结果为当输出功率达到40 dBm、峰均比为10.57 dB时,邻道抑制为50.64 dB(@5 MHz)、66.29 dB (@10 MHz), EVM=1.85%,输出效率为12%,满足国际标准3GPP的要求。

关键词 线性功率放大器; 峰均功率比; 3GP; WCDMA

中图分类号 TN7

文献标识码 A

Design of WCDMA Linear Power Amplifier

BAO Jing-fu, GUO Wei, LI Yuan

(Institute of Electronic System Engineering, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract A high linearity power amplifier is designed for the wideband code division multiple access (WCDMA) signal which has the characteristic of high peak-average-power-ratio. The circuit is simulated and optimized by microwave CAD software. A hybrid circuits is designed by means of microstrip and parallel capacitors. Finally, the power amplifier module is implemented. The measurement shows that the amplifier has good performance: $P_{out}=40$ dBm, ACPR is 50.64 dB(@5 MHz) and 66.29 dB (@10 MHz), EVM=1.85%, and power ratio is 12%. The result is qualified to the requirement of the 3th generation partnership project (3GPP).

Key words linear power amplifier; peak-average-power-ratio; the 3th generation partnership project; wideband code division multiple access

功率放大器作为无线通信系统中的基本部件模块,广泛应用于发射机等电子设备中。功率放大器在放大信号的同时,必须尽可能地减小信号的失真,因此在功率放大器的设计中,线性度是一个极其重要的指标。采用传统信号调制技术的信号具有恒包络的特点,对功率放大器的线性要求不高。当信号采用线性调制技术以及多载波技术时,功率放大器对信号的线性放大是相当必要的。高峰均功率比是WCDMA信号的一个显著特点,然而正是基于该特点,功率放大器的设计面临相当大的难度。在文献[1]中,一个双载波WCDMA功率放大器在输出平均功率为10 W时,邻信道功率比(adjacent-channel-power-ratio, ACPR)^[2]大约为-40 dBc。

本文针对WCDMA直放站下行链路发射功率及线性度要求,采用功率回退的方法设计了一个平均发射功率为10 W的线性功率放大器。相对于采用线性化技术^[2-4]设计的功率放大器,该设计具有较低的

成本,完全满足工程应用的要求。

1 整体设计方案

系统要求功率放大器总增益大于40 dB, ACPR小于-45 dBc,故本文的方案采用两级放大,实现足够的功率增益,整体设计方案如图1所示。由于WCDMA信号具有大于10 dB的峰均功率比,因此末级采用Freescle的MRF21140功率管,推动级采用MW4IC2230以提供足够的增益和保证信号相当的线性度。级间隔离器用于减小推动级和末级的相互影响,而输出端的环形器除了具有隔离作用外,还保证了功放输出驻波比的设计指标。

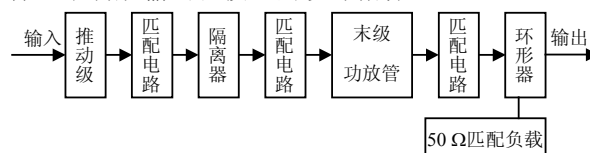


图1 整体设计方案

收稿日期: 2006-11-02; 修回日期: 2007-03-17

作者简介: 鲍景富(1964-),男,博士,教授,主要从事频率合成技术、射频通信系统等方面的研究。

2 功率放大器的仿真设计

为了调试方便,推动级功放和末级功放采用分别匹配的方式,避免级间匹配的问题。在电路设计中采用相对介电常数为3.5、厚度为0.8 mm的微波介质基片。

2.1 推动级功放仿真设计

根据MW4IC2230的器件资料所示的器件源阻抗和负载阻抗值,源阻抗值已接近50 Ω ,所以采用ADS软件中的Smith圆图工具只对输出匹配电路进行设计。输出匹配电路采用微带加并联电容的混合结构实现共轭匹配,而输出偏置电路则采用四分之一波长的微带线馈电,目的在于减小功率放大器的记忆效应^[5-6]。MW4IC2230输出端输出阻抗仿真结果,如表1所示。

表1 负载阻抗的参考值和仿真值

频率/GHz	负载阻抗Z/ Ω	
	参考值	仿真值
2.11	8.58-j0.20	9.613-j1.312
2.14	8.63-j0.09	8.963-j0.499
2.17	8.69-j0.01	8.397+j0.291

比较表1中负载阻抗的参考值和仿真值,可以看出设计的输出匹配电路实现了较好的匹配。

2.2 末级功放仿真设计

末级功率放大器是该10 W功率放大器设计的重点,其设计的优劣直接关系到整体功放的性能。如推动级设计方法根据MRF21140功率管器件资料给出该功率管的源阻抗和负载阻抗,如表2所示,完成输入匹配电路和输出匹配电路的设计。

表2 源阻抗和负载阻抗

频率/GHz	源阻抗/ Ω	负载阻抗/ Ω
2 080	7.53-j10.990	1.40-j3.03
2 110	7.57-j10.670	1.37-j2.78
2 140	7.58-j10.230	1.34-j2.52
2 170	7.51-j9.730	1.32-j2.28
2 200	7.44-j9.320	1.31-j2.06

偏置电路仍然采用四分之一波长的微带线馈电,由于LDMOS功率管静态工作点随工作温度的变化而变化,它并不是恒定不变的。所以,本文使用了温度补偿电路对MRF21140栅级供电,将温度对功放工作点的影响尽可能降到最低;同时在馈电线上作良好的滤波设计,防止供电电压的波动产生幅度调制,从而影响输出信号的质量。末级功率放大器

的幅度失真(AM-AM)特性和交调失真特性仿真结果如图2所示。

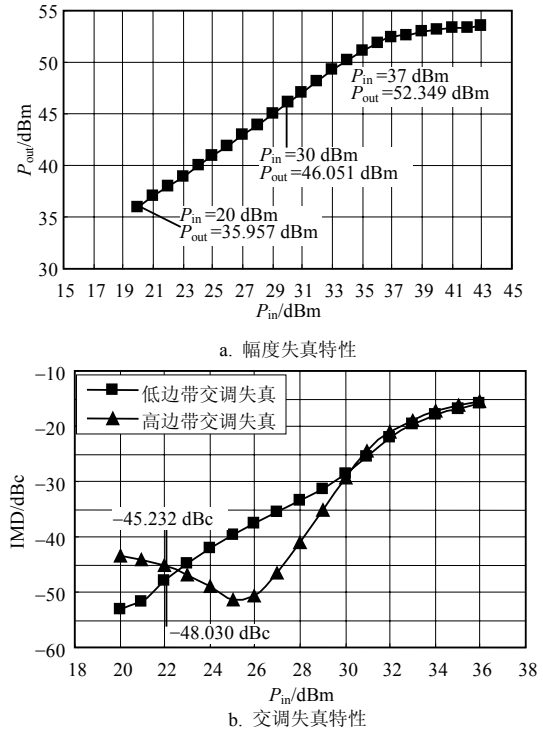


图2 幅度失真、交调失真特性曲线

从图2a的AM-AM仿真特性曲线可以看出,功放的线性增益约为16 dB,输入功率 $P_{in}=37 \text{ dBm}$ 时,增益已经压缩了大约0.7 dB,该曲线和器件资料给的曲线相吻合。在ADS中采用双音信号源,利用谐波平衡控制器对输入功率扫描仿真得到图2b所示的交调失真特性曲线。理论上当输出的单音信号功率为38 dBm时,功放输出的总功率为41 dBm。此时的高低边带交调失真分别为-45.232 dBc和-48.030 dBc,出现交调不对称的原因在于功率放大器的记忆效应。

3 整体功放指标测试

WCDMA功率放大器的线性度是一个极其重要的指标,在3GPP标准中有明确的规定。本文完成了功率放大器中的线性度指标邻道功率抑制比(ACPR)及误差矢量幅度(EVM)的测试,测试框图如图3所示,测试结果如图4所示。从测试结果可知,该功放模块完全满足指标要求。

测试中采用R&S的信号发生仪SMJ100A产生WCDMA信号,其峰均功率比为10.57 dB。为保护频谱分析仪,在功率放大器输出端,利用20 dB固定衰减器和20 dB耦合器将信号衰减40 dB后传送到频谱分析仪输入端。

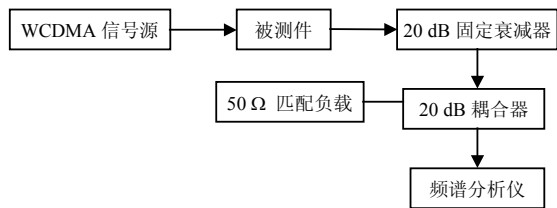
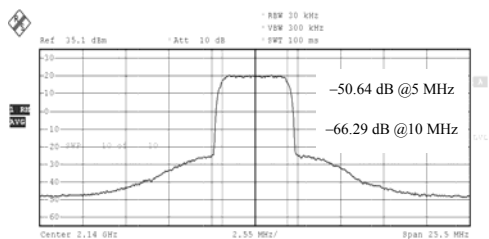
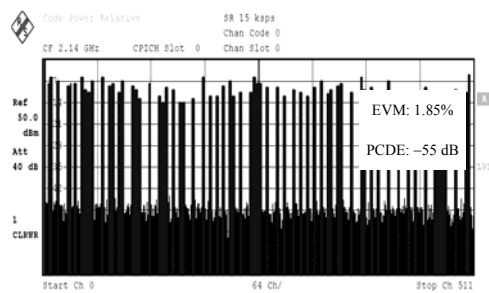


图3 线性度测试框图



a. ACPR测试结果



b. EVM测试结果

图4 测试结果

图4a所示为功放模块输出信号ACPR的测试结果, 2 110~2 170 MHz的60 MHz全频段内, 输出平均功率在40 dBm左右, 即在10 W左右时, 信号的ACPR小于-49 dBc, 具有较好的线性度; 图4b所示为输出信号的EVM^[7]测试结果。EVM测试数据为EVM=1.85%, 该值远小于3GPP给定的EVM指标值, 即EVM≤12.5%, 从另一方面表明了本文设计的正确性。

对输出信号杂散的测试如图5所示, 使用R&S的频谱分析仪FSP的杂散模板测试信号的杂散。图5的测试结果表明, 输出信号可以通过杂散模板的测试。设计的功放模块实物图如图6所示。



图5 杂散测试结果

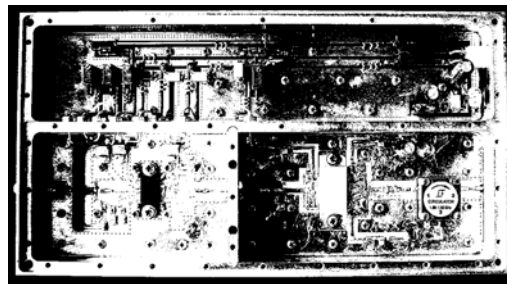


图6 功放模块

4 结束语

由于通信体制由模拟信号向数字信号转换, 对基站的末级功率放大器的要求越来越高。线性度及效率是功放设计的重要指标, 本文采用回退技术实现了10 W功放设计, 其效率达到12%, 成为目前大部分功放设计者选择的方案之一。为了提高功放的效率和线性度, 必须采用线性化技术如预失真技术, 这是本课题组下一步工作的研究方向。

参 考 文 献

- [1] PIERRE-MARIE P, MILLER M, GREEN B. A 26 Volts, 45 Watts GaAs PHEMT for 2 GHz WCDMA application[C]// IEEE MTT-S International on Microwave Symposium Digest. Port Worth, Texas: IEEE, 2004, 3: 1363-1366.
- [2] GOH T S L, POLLARD R D. ACPR prediction of CDMA systems through statistical behavioural modelling of power amplifiers with memory[C]//Communication Systems, ICCS 2002, the 8th International Conference. Singapore: [s.n.], 2002, 2: 1189-1193.
- [3] CRIPPS S C. RF power amplifiers for wireless communications[M]. Boston, USA: Artech House Inc, 1999.
- [4] RAAB F H, ASBECK P, CRIPPS S C, et al. Power amplifiers and transmitters for RF and microwave[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2002, 50(3): 822-824.
- [5] KHANIFAR A, MASLENNKOV N, VASSILAKIS B. Bias circuit topologies for minimization of RF amplifier memory effects[C]//33rd European Microwave Conference. Munich, Deutsch: [s.n.], 2003: 1349-1350.
- [6] VUOLEVI J H K, RAHKONEN T, MANNINEN J P A. Measurement technique for characterizing memory effects in RF power amplifiers[J]. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, 2001, 49(8): 1383-1389.
- [7] HYUNCHUL K, KENNEY J S. Estimation of error vector magnitude using two-tone intermodulation distortion measurements[C]//Microwave Symposium Digest, 2001 IEEE MTT-S International. Phoenix, AZ, USA: IEEE, 2001: 17-20.

编辑 黄 莘