文章编号:1001 - 893X(2011)08 - 0130 - 04

WCDMA_GSM 七频段手机射频前端的简化设计*

沈 聪,赵曙光,殷 悦,袁茂恺

(东华大学 信息科学与技术学院,上海 201620)

摘 要:通过分析使用 SP9T 天线开关实现 WCDMA_GSM 双模七频段的典型手机射频电路,提出了一种采用 SP4T 天线开关的简化设计方案。该设计在保证性能的前提下,极大地降低了成本和器件面积。测试结果表明,该方案各项射频指标,包括发射功率、灵敏度、PVT、频率误差、相位误差、调制频谱和开关频谱等,全部符合 3GPP 的通信标准,完全能够实现 WCDMA 和 GSM 两种移动通信制式的 7 个频段的通信能力。该方案已成功应用于实际的手机产品当中。

关键词:WCDMA_GSM 双模手机;射频前端;SP4T 天线开关;简化设计

中图分类号:TN82;TN925 **文献标识码**:A doi:10.3969/j.issn.1001 - 893x.2011.08.027

Simplified Design of RF Front-end for WCDMA_GSM Seven-band Mobile Phones

SHEN Cong, ZHAO Shu-guang, YIN Yue, YUAN Mao-kai

(Information Science and Technology College, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: This paper introduces a simplified design of RF circuits of WCDMA_GSM dual-mode seven-band mobile phone based on the SP4T antenna switch through analysing the typical architecture by SP9T antenna switch. This design reduces the cost and components area greatly and also promises the performance. Test result shows all RF performances of this design including transmit power, sensitivity, PVT, frequency error, phase error, modulation spectrum and switching spectrum are consistent with the 3GPP communication standard, and the design can realize WCDMA and GSM seven bands communication. This design has been successfully applied in mobile phone development.

Key words: WCDMA_GSM mobile phone; RF front-end; SP4T antenna switch; simplified design

1 引 言

目前 GSM 制式的手机仍然占据大部分市场,而 3G 技术标准中 WCDMA 全球市场占有率最高,技术最完善,所以 WCDMA_GSM 双模手机将得到广泛应用。而为满足全球需求,方便扩展频段,缩短上市时间和降低开发成本,主流射频方案需要支持 GSM 4 个频段(850 MHz、900 MHz、1 800 MHz和1 900 MHz)和 WCDMA 3 个频段(850 MHz、1 900 MHz、2 100 MHz),加上未来要预留给 LTE 的频段,手机必须能够处理多频段的信号,复杂性将越来越高。在保证性能的前提下,成本和外形尺寸将是 WCDMA 双模多频手机设计面临的重大挑战[1]。

当前主流方案采用单刀九掷(SP9T)的天线开关来实现 WCDMA 和 GSM 共 7 个频段的配置,成本较高,也占用较大的元件布板面积。本文通过选择合理的射频器件和配置使用单刀四掷(SP4T)的天线开关实现同样的功能,力求降低成本和元件面积,增强与同类产品的竞争力。

* 收稿日期:2011 - 03 - 21;修回日期:2011 - 05 - 04

2　典型 WCDMA_GSM 七频段射频前端架构分析

当前要实现 WCDMA_GSM 7 个频段的信号处理,主流的方案是使用 SP9T 的天线开关,其框架结构如图 1 所示。这种方案要使用的主要器件有一个 SP9T 天线开关、7 个接收声表面滤波器(SAW)、3 个发射 SAW、一个兼容高低频的 GSM 发射模块、3 个 WCDMA 功率放大器和 3 个天线双工器[2]。这样的架构可以满足 WCDMA_GSM 7 个频段的信号收发处理,但是需要比较多的元件和较大的 PCB 布板面积,这对手机成本的控制、PCB 布板、射频性能以及多媒体的扩展应用不利。

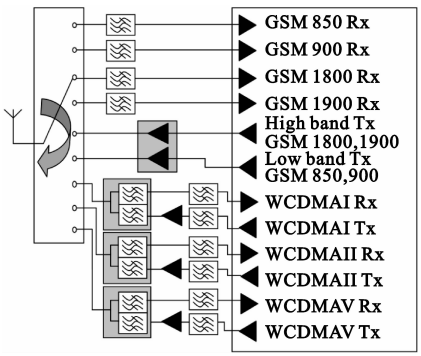

图 1　典型 WCDMA-GSM 七频段手机射频前端架构
Fig.1 Typical RF front-end structure of WCDMA_GSM seven-band mobile phone

3　基于 SP4T 天线开关的射频前端的设计方案

本设计使用 SP4T 的天线开关实现 WCDMA_GSM 双模七频段。采用一个内置两个功率放大器的 GSM 射频前端模块,用来切换 4 个 GSM 频段发射和两个 GSM 频段接收的开关。此外在接收方面,GSM850 与 WCDMA Band V、GSM1900 与 WCDMA Band II 都是在同一个频段工作,选用合适的天线双工器可以共用一条接收通路。下面具体分析选用的主要器件。

3.1　QSC6270

QSC6270 是美国高通公司的世界上第一块集成了 HSDPA/WCDMA 和 GSM/GPRS/EDGE 的单芯片,它包含了基带处理模块、射频处理模块和电源管理模块,功能齐全,极大地降低了成本和布板面积[3],已成功应用于多个 WCDMA 手机案例,技术较为成熟。

3.2　SP4T 天线开关

本设计采用 SP4T 天线开关,以 SKYWORKS 的 SKY14151-350LF 为例,在 25℃、电源电压为 2.5~3 V、端口负载为50 Ω的条件下,其插入损耗、隔离度和回波损耗都符合性能要求[4]。利用这个特性,GSM 高低 4 个频段从 850~1 900 MHz都可以共同使用其中一条通路而不必分开不同的通路。同时需要考虑所使用的天线开关从低频到高频的各个指标性能,SKY14151-350LF 在0.9 GHz的$P_{0.1\ dB}$为37 dBm,1.8 GHz的$P_{0.1\ dB}$为34 dBm,可见线性度和最高功率都完全满足各个频段的性能指标,其余指标(包括各通路隔离度、插入损耗、回波损耗和三阶交调)也都满足要求。

3.3　GSM 射频前端模块

由于使用了 SP4T 的天线开关,GSM 高低 4 个频段都共用一个通路,那么就必须使用一个兼容高低频率的收发选择模块来按需要在 4 个频段间切换。

选用射频前端模块时,需考虑其各个工作频段的增益、$P_{1\ dB}$(1 dB增益压缩点)、隔离度、效率、三阶截点、插入损耗等。本方案采用的是 SKYWORKS 的 SKY77542 模块,这个 GSM/GPRS 双频前端模块内置一个低频功放可用于 GSM850 和 GSM900 的功率放大,一个高频功放用于 GSM1800 和 GSM1900 的功率放大。同时它包含一个高频(GSM1800)、一个低频(GSM900)接收通路。工作时信号从 ANT 端口入,通过内置的开关在各个频段的收发端口间切换,即可以用一条通路完成任意 GSM 4 个频段的发射和两个频段的接收[5]。

3.4　天线双工器

WCDMA 采用的是 FDD 方式,收发同时进行,所以要用天线双工器来将收发信号隔离而不至于互相影响。天线双工器是由一个发射 SAW 和一个接收 SAW 组成的[6],而由于 GSM850 与 WCDMA Band V、GSM1900 与 WCDMA Band II 都是在同一个接收频段工作,那么就可以让 GSM850 和 GSM1900 的接收信号分别通过 WCDMA Band V 和 WCDMA Band II 天线的双工器接收进来,从而省去它们各自的两个接收 SAW。

选用的 WCDMA 天线双工器的接收滤波器不仅要满足 WCDMA 频段要求,也要满足对应的 GSM 频段规格。以富士通型号为 FAR-D6NF-1G9600-P1BZ 的 WCDMA Band II 天线双工器为例,在 GSM1900 的接收频率范围内(1 930~1 989 MHz)其性能完全满足要求。同样,WCDMA Band V 的天线双工器的接收滤波

器也满足 GSM850 接收信号的要求。

同时,由于现在双工器的发射接收隔离度和 *S*21 性能比较好,完全可以省去 WCDMA 3 个频段的接收滤波器。

3.5 方案整体框架

综上所述,该设计整体方案如图 2 所示。该方案与主流的方案相比,省去了 5 个滤波器,SP9T 的天线开关简化为 SP4T 的天线开关,不但节省了成本,而且也减少了器件个数和尺寸,有利于避免高频下容易互相干扰的器件由于靠得太近而对射频性能产生影响。

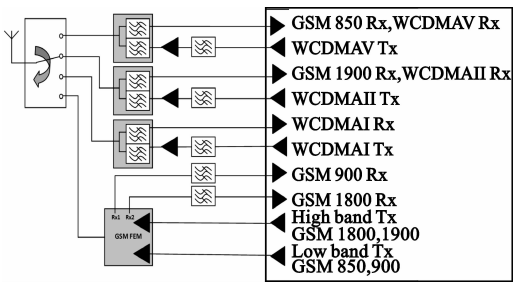

图 2 简化后的射频前端方案

Fig.2 The simplified design of RF front-end

4 方案性能分析

本方案简化了射频前端的设计,但有两点在研发调试阶段需要注意。

(1)匹配问题

本方案从天线开关到 GSM 前端模块上 GSM 高低 4 个频段的信号共用一个通路,由于不同的频段都有其最佳的匹配电路,这样会一定程度影响匹配的调节,需要通过反复的调试在高低频之间找到一个让各个频段性能都满足要求的匹配网络,从而获得最大的功率传输、最小的噪声系数,改善宽频带响应。且要注意的是这个前端模块还要走 GSM900 和 GSM1800 的接收通路,这个匹配网络也会影响它们的接收指标。根据经验,最好在 FEM 的 ANT 端只落地一个6.2 nH左右的电感,再分别调试高低频功放前级匹配会得到比较理想的结果。

(2)插入损耗问题

通常 FEM 比 GSM 发射模块要多约0.5 dB的插入损耗,而在接收端,天线双工器的插入损耗比滤波器大1.5 dB左右,插入损耗直接影响到发射功率和接收灵敏度。这个问题通过匹配的调试是能够满足要求的。

综上所述,本方案 GSM 频段的匹配调节是难点,通过调试找到满足 GSM 4 个频段要求的最佳匹配网络,表 1 是调试完成后 GSM 发射饱和功率和灵敏度的测试数据。3GPP 标准为 GSM850 和 GSM900 的饱和功率为 33 ± 3 dBm,GSM1800 和 GSM1900 的饱和功率为 30 ± 3 dBm,GSM 的灵敏度要求是在 Cell Power为 – 102 dBm时,BER 小于 2%[7]。可见该设计 GSM 4 个频段高低信道的指标均达到了 3GPP 标准,并有一定的余量。此外,GSM 的其余指标(包括 PVT、频率误差、相位误差、调制频谱和开关频谱)也均符合 3GPP 测试标准。

表 1 GSM 频段的发射饱和功率和灵敏度

Tabe 1 The maximum transmit power and sensitivity of GSM band

频段	Ch	Power/dBm	Min Power/dBm ($BER < 2\%$)
GSM850	128	33.4	– 110.0
	196	33.6	– 110.5
	251	33.6	– 110.5
GSM900	975	33.5	– 108.5
	37	33.4	– 107.5
	124	33.4	– 107.0
GSM1800	512	30.0	– 108.0
	698	30.2	– 107.0
	885	30.5	– 107.0
GSM1900	512	30.8	– 106.5
	661	30.7	– 108.5
	810	30.7	– 107.0

5 结 语

随着移动通信技术的高速发展、多媒体应用的不断扩充和全球通信对多模多频段的需求,手机设计的成本和尺寸已经成为未来重大课题。

本设计创新地采用了 SP4T 的天线开关和一个 GSM FEM 配合,并共用了 WCDMA 和 GSM 相同接收频段的接收通路实现了本来需要 SP9T 天线开关才能实现的 WCDMA_GSM 双模七频段的射频前端架构,较之主流的设计降低了成本和 PCB 布板面积,为物料成本控制、基带功能的扩展、提高产品竞争力提供了思路。经过全面测试,WCDMA 和 GSM 的所有指标都符合 3GPP 测试标准并有一定余量,使用本方案设计的手机完全达到了生产和销售的要求。

本方案为手机射频前端设计提供了一个新的思路,有很高的应用价值,同时也可以扩展到其它的移

动终端上。

参考文献:

[1] 李俭伟. WCDMA 手机终端发展现状及前景分析 [J]. 通信世界,2003(23):17 – 19.
LI Jian-wei. WCDMA mobile terminal status and prospect of development[J]. Communications World,2003(23):17 – 19. (in Chinese)

[2] 爱普科斯(EPCOS)公司. "全球手机"前端解决方案——多模多频手机用射频模块[J]. 世界电子元器件,2008(4):15 – 18.
EPCOS Company. Front-end Solutions for World Phones——RF Modules for Multimode Multiband Mobile Phones[J]. Global Electronics China,2008(4):15 – 18. (in Chinese)

[3] Eric Garlepp. 单芯片手机的优势与挑战[J]. 电子产品世界, 2006(4):76 – 81.
Eric Garlepp. Benefits and Challenges of a Single-Chip Phone [J]. Electronic Engineering & Product World,2006(4):76 – 81. (in Chinese)

[4] 李俊,张红雨. 高频 RFID 前端 SP4T 的设计[J]. 现代电子技术,2009(07):92 – 94.
LI Jun, ZHANG Hong – Yu. Design of SP4T in Utra – high Frequency RFID[J]. Modern Electronics Technique, 2009 (07):92 – 94. (in Chinese)

[5] SKYWORKS. SKY77542 Tx – Rx iPAC™ FEM for Dual – band GSM/GPRS(880 – 915 MHz),(1710 – 1785 MHz) [EB/OL]. 2009 – 02 – 17[2011 – 03 – 15]. http://www.skyworksinc.com.

[6] 林智群,刘久玲,何世堂. 声表面波陷波器与纵向耦合结构相结合[J]. 压电与声光, 2007,29(3):247 – 249.
LIN Zhi-qun, LIU Jiu-ling, HE Shi-tang. SAW notch filter coupled with ladder-type filter[J]. Piezoelectrics & Acoustooptics,2007,29(3):247 – 249. (in Chinese)

[7] TS 52.010 – 5 Rel – 9 Version 9.2.0 2010, 3GPP(MS)standards[S].

作者简介:

沈　聪(1986—),男,广西南宁人,2009 年获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为通信与信息系统;

SHEN Cong was born in Nanning, Guangxi Zhuang Autonomous Region, in 1986. He received the B.S. degree in 2009. He is now a graduate student. His research direction is communication and information system.

Email:shencong@longcheer.net,shen1170@163.com

赵曙光(1965—),男,陕西西安人, 2003 年获博士学位,现为东华大学教授、博士生导师,主要研究方向为智能信息处理、电子设计自动化;

ZHAO Shu-guang was born in Xi′an, Shaanxi Province, in 1965. He received the Ph.D. degree in 2003. He is now a professor and also the Ph.D. supervisor. His research concerns intelligent information processing and electric design automation.

Email: sgzhao@dhu.edu.cn

殷　悦(1988—),女,江西南昌人,2009 年获学士学位,现为硕士研究生,主要研究方向为信号与信息处理;

YIN Yue was born in Nanchang, Jiangxi Province, in 1988. She received the B.S. degree in 2009. She is now a graduate student. Her research direction is signal and information processing.

Email: miuyy1988@qq.com

袁茂恺(1991—),女,四川乐山人,主要研究方向为自动化和通信系统。

YUAN Mao – kai was born in Leshan, Sichuan Province, in 1991. Her research concerns automation and communication system.

Email:yuanmaokai91@126.com