

用单端矢量网络分析仪测试手机 RF 电路的差分散射参数

Difference Scatter Parameter in the RF Circuit of Mobile by Means of the Single Terminal Vector Network Analyzer

胡凯
清大科技

Hu Kai
Tsingda Technology

摘要: 本文以声表的测试为例, 说明了采用单端矢量网络分析仪测试手机射频 (RF) 电路的差分散射参数的原理及方法, 其中包含物理三端口的散射参数和模式三端口网络散射参数。

关键词: 手机 RF 电路; 差分散射参数

中图分类号: TM930.114 文献标识码: B 文章编号: 1003-0107 (2005) 02-0022-02

Abstract: The paper takes the test of sound simulation meter as the example, and illustrates the principle and methods in the application that test dispersion difference scatter Parameter in the RF circuit of mobile by means of the single terminal vector network analyzer. The principle includes the dispersion parameter in the three physical terminals and the network dispersion parameter in the three mode ports.

Key words: The RF circuit for Mobile; The dispersion difference; Test dispersion difference in the RF circuit of mobile by means of the single terminal vector network analyzer.

CLC number: TM930.114 Document code: B Article ID: 1003-0107(2005)02-0022-02

一. 引言

在设计手机的射频电路时, 常会遇到带有差分端口的低噪声放大器、混频器、声表滤波器等。图 1 是 TD-SCDMA 手机射频接收电路, 其中 MAX2392 的低噪声放大器输出是单端的, 而 MAX2392 的混频器输入是差分形式的, 低噪声放大器与混频器之间是一个单端到差分形式的声表面滤波器和必要的匹配网络, 在设计该匹配网络时, 需要知道混频器输入端差分散射参数和声表的散射参数, 通常网络分析仪都不是差分型的。下面以对声表的测试为例来说明如何测试差分散射参数。

二. 物理三端口散射参数

在设计该手机的射频电路时, 我们选用的是 Epcos 公司的 LH46B 声表面波滤波器, Epcos 公司提供了一块评估板, 如图 2 所示, 端口 1 为单端型输入端口, 端口 2、3 组成差分型输出端口。在评估该器件时, 先将其视为一般的三端口网络, 用一般的矢量网络分析仪很容易测得其三端口散射参数, 具体过程如下:

1. 端口 3 接匹配负载, 用网络分析仪测端口 1、2 的双端散射参数, 记为 SA;
2. 端口 2 接匹配负载, 用网络分析仪测端口 1、3 的双端散射参数, 记为 SB;
3. 端口 1 接匹配负载, 用网络分析仪测端口 2、3 的双端散射参数, 记为

SC; 4. 物理三端口网络散射参数 ST 为等式 (1) 所示:

$$ST = \begin{bmatrix} SA_{11} & SA_{12} & SB_{12} \\ SA_{12} & SA_{22} & SC_{12} \\ SB_{12} & SC_{12} & SC_{22} \end{bmatrix} \quad (1)$$

一般来说, 差分端口并不是理想的, 通过研究上面得到的物理三端口网络散射参数 ST 会发现:

$$ST_{12} \neq ST_{13}e^{j\pi}$$

$$ST_{22} \neq ST_{33}$$

理想情况下, 端口 1 加一点频激励信号, 在端口 2 与端口 3 应得到大小相等, 相位差 180 度的信号, 也就是说在端口 2 与端口 3 上得到一个差分信号, 实际上在端口 2 与端口 3 上还存在着大小与相位都相等的信号, 即共模信号。若将差模信号看作一个端口, 共模信

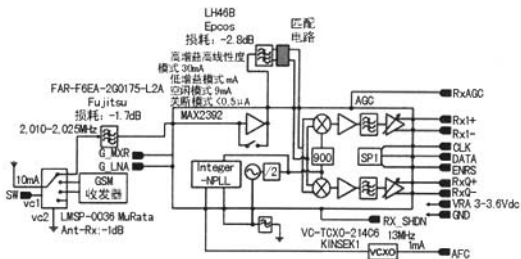


图 1 TD-SCDMA 手机射频接收电路

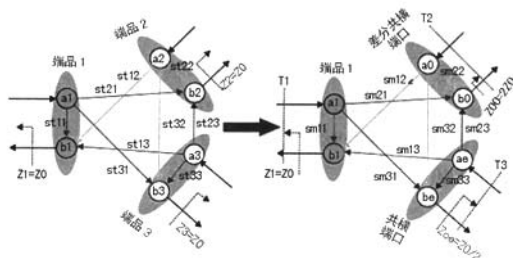


图 2 带有 LH46B 声表面波滤波器的 Epcos 公司评估板

号看作一个端口，再加上原来的端口1，这样就组成了一个新的三端口网络，称为模式三端口网络。

三. 模式三端口网络散射参数

现在的问题是该如何由物理三端口网络的散射参数导出模式三端口网络的散射参数。声表器件属于无源网络，且不含有各向异性介质材料，其散射参数必然是互易的，就是说物理三端口网络仅有6个独立参数。差模与共模信号只是端口2与端口3信号的线性组合，所以模式3端口网络的散射参数也必然是互易的，即只有6个独立参数(E3)。

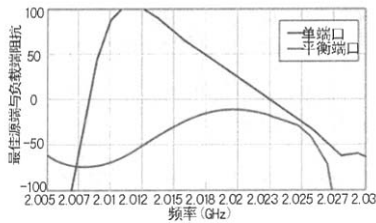


图3 最佳源端与负载端阻抗曲线

观察图3可以看到端口1在两种散射参数信号流图中未变，故：

$$SM_{11} = ST_{11}$$

SM_{22} 是反映有端口1来激发出差模信号能力的参数，根据差模信号的定义，它应是 ST_{12} 与 ST_{13} 的差，考虑到差模端口等效为将端口2与端口3串接起来，故其此时特征阻抗已是原来两倍。假定端口2信号的相位为差模信号相

位，这样可以得到：

$$SM_{21} = \frac{ST_{12} - ST_{13}}{\sqrt{2}} \quad (2)$$

SM_{33} 是反映有端口1来激发出共模信号能力的参数，根据共模信号的定义，它应是 ST_{12} 与 ST_{13} 和的一半，考虑到共模端口等效为将端口2与端口3并接起来，故其此时特征阻抗已是原来一半，这样可以得到：

$$SM_{31} = \frac{ST_{12} + ST_{13}}{2 * \sqrt{1/2}} = \frac{ST_{12} + ST_{13}}{\sqrt{2}} \quad (3)$$

SM_{22} ， SM_{32} 分别是反映端口2与端口3在等幅反相信号激励时，在反射波中产生差模分量与共模分量能力的一个量，将物理三端口网络的端口1接匹配负载，端口2加激励信号：

$$a_2 = \sqrt{1/2}$$

端口3加激励信号：

$$a_3 = \sqrt{1/2}$$

这两个激励信号合起来等效为在差模端口加激励信号：

$$am_2 = \frac{\sqrt{1/2} - \sqrt{(-1/2)}}{\sqrt{2}} = 1$$

现在分别计算端口2与端口3反射波中差模与共模信号成分，它们在数值上应分别等于 SM_{22} ， SM_{32} ，值分别是等式(4)、(5)所示。

$$SM_{22} = bm_2 = \frac{b_2 - b_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22}a_2 + ST_{23}a_3 - ST_{32}a_2 - ST_{33}a_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22} + ST_{33} - 2ST_{23}}{2} \quad (4)$$

$$SM_{32} = bm_3 = \frac{b_2 + b_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22}a_2 + ST_{23}a_3 + ST_{32}a_2 + ST_{33}a_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22} + ST_{33}}{2} \quad (5)$$

SM_{33} 是反映端口2与端口3在等幅同相信号激励时，在反射波中产生共模分量能力的一个量，将物理三端口网络的端口1接匹配负载，端口2与端口3同时加激励信号：

$$a_2 = a_3 = \sqrt{1/2}$$

这两个激励信号合起来等效为在共模端口加激励信号：

$$am_3 = \frac{\sqrt{1/2}}{\sqrt{1/2}} = 1$$

现在来计算端口2与端口3反射波中共模信号成分，它在数值上应等于 SM_{33} 。

其值见等式(6)：

$$SM_{33} = bm_3 = \frac{b_2 + b_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22}a_2 + ST_{23}a_3 + ST_{32}a_2 + ST_{33}a_3}{\sqrt{2}} = \frac{ST_{22} + ST_{33} + 2ST_{23}}{2} \quad (6)$$

综合等式(2)至等式(6)，可以得到完整的模式三端口网络散射参数，整理后得到等式(7)：

$$SM = \begin{bmatrix} ST_{11} & \frac{ST_{12} - ST_{13}}{\sqrt{2}} & \frac{ST_{12} + ST_{13}}{\sqrt{2}} \\ \frac{ST_{12} - ST_{13}}{\sqrt{2}} & \frac{ST_{22} + ST_{33} - 2ST_{23}}{2} & \frac{ST_{22} - ST_{33}}{2} \\ \frac{ST_{12} + ST_{13}}{\sqrt{2}} & \frac{ST_{22} - ST_{33}}{2} & \frac{ST_{22} + ST_{33} + 2ST_{23}}{2} \end{bmatrix} \quad (7)$$

需要特别注意的是此处得到的该散射参数各端口并不是利用统一的特征阻抗作归一化，假定端口1的特征阻抗为 Z_0 ，则端口2(差模信号端口)为 $2Z_0$ ，端口3(共模信号端口)为 $Z_0/2$ 。◆

上接第13页

Electrochemical and quartz microbalance technique studies of anode material for secondary batteries. Journal of Power Source 1997(68):480.

[4] 张德印 石英晶体振荡器 邢台示范高等专科学校 2002; 2 (17): 45 - 47.

[5] Sauerbry G. Verwendung von schwingquarzen zur Wagung Dunner Schichten and zur Mikrowagung. Zeitschrift for Physik, 1959, (155): 206.

[6] Hlavay J Guilbault G.G[J] Anal chem. 1977, 49(13):1890.

[7] Guilbant G.G In lu C Czanderna A W Application of Piezoelectric Quartz Crysatl. Microbalance. Amsterdam; Elsevier, 1984;221.

[8] 姚守拙. 压电生物传感器 生命科学 1998, 2 (1).

[9] Konash P L Bastinanns G J Anal Chem 1980, (52): 1929.

[10] Nomura T Anal Chim Acta 1981;124:81.

[11] Jorg Aug, Peter Hauptman, Jens Hartmann New design for QCM sensors

in liquids sensors and actuators 1995: B 24-25:43.

[12] 孙振东, 赵玉春, 范世福等. 新型石英晶体粘度仪的研制[J]. 仪器仪表学报, 2000; (3):270

[13] Chao zhang, Guanping Feng, Zhixian Gao. development of a new kind of dua modulated QCM biosensors biosensors and bioelectrics 1997; (12):1219.

[14] BURR-BROWN user manual OPA660-Wide Bandwidth Operational Transconductance Amplifier and Buffer Burr-Brown Corporation 1990.

微波射频测试仪器使用操作培训

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;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,推出多套微波射频以及天线设计培训课程,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>



微波射频测量仪器操作培训课程合集

搞硬件、做射频,不会仪器操作怎么行!对于射频工程师和硬件工程师来说,日常电路设计调试工作中,经常需要使用各种测试仪器测量各种电信号来发现问题、解决问题。因此,熟悉各种测量仪器原理,正确地使用这些测试仪器,是微波射频工程师和硬件工程师必须具备和掌握的工作技能,该套射频仪器操作培训课程合集就可以帮助您快速熟练掌握矢量网络分析仪、频谱仪、示波器等各种仪器的原理和使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/67.html>

矢量网络分析仪使用操作培训课程套装

矢量网络分析仪是最常用的测试仪器是射频工程师和天线设计工程师最常用的测试仪器;该套培训课程套装是国内最专业、实用和全面的矢量网络分析仪培训教程套装,包括安捷伦科技和罗德施瓦茨公司矢量网络分析仪的 5 套视频培训课程和一本矢网应用指南教材,能够帮助微波、射频工程师快速地熟练掌握矢量网络分析仪使用操作...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/vna/34.html>



示波器使用操作培训课程套装

示波器是硬件和射频工程师几乎在每天的工作中都会用到仪器,因此掌握示波器的原理并能够正确使用示波器是所有从事电子硬件电路设计和调试的工程师必须具备的最基本的技能。本站推出的示波器视频培训课程套装既有示波器的基本原理以及示波器性能参数对测量结果影响的讲解,也有安捷伦和泰克多种常用示波器的实际操作讲解,能够帮助您更加深入地理解手边常用的示波器从而更加正确地使用示波器...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rftest/osc/49.html>