

## 自控与测量

## 用AD8302实现幅相测量系统

解放军电子工程学院 宋长宝 杨瑞民 竺小松 杨景曙

摘要: 本文介绍了用于RF/IF幅度和相位测量的新型芯片AD8302的功能及特点,并给出了此芯片在实际工作中的两种典型应用。

关键词: 幅度; 相位; 测量

## 引言

AD8302是ADI公司2001年底推出的用于RF/IF幅度和相位测量的首款单片集成电路,主要由精密匹配的两个宽带对数检波器、一个相位检波器、输出放大器组、一个偏置单元和一个输出参考电压缓冲器等部分组成,能同时测量从低频到2.7GHz频率范围内的两输入信号之间的幅度比和相位差。该器件将精密匹配的两个对数检波器集成在一块芯片上,因而可将误差源及相关温度漂移减小到最低限度。幅度测量的动态范围扩展到60dB,而相位测量范围可达180度。

## AD8302工作原理

AD8302幅度和相位测量原理

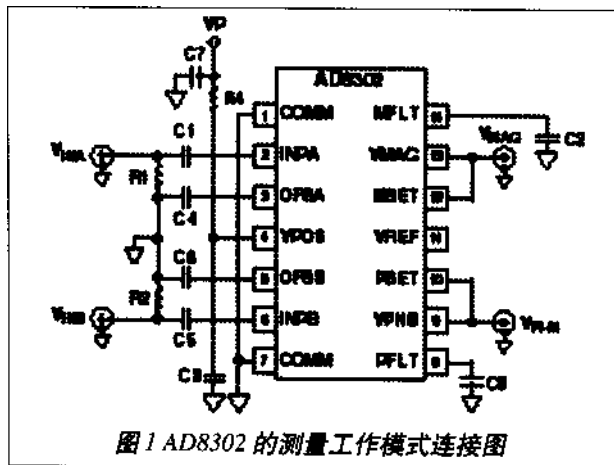


图1 AD8302的测量工作模式连接图

AD8302幅度和相位测量原理是基于对数放大器具有对数压缩的功能,一般数学表达式为:

$$V_{OUT} = V_{SLP} \log(V_{IN} / V_Z) \quad (1)$$

其中,  $V_{IN}$  为输入电压,  $V_Z$  为截距,  $V_{SLP}$  为斜率。

AD8302正是利用上述原理,通过精密匹配的两个宽带对数检波器来实现对两输入通道信号的幅度和相位测量,其幅度和相位测量方程式为:

$$V_{MAG} = V_{SLP} \log(V_{INA} / V_{INB}) \quad (2)$$

$$V_{PHS} = V_{\Phi} [\Phi(V_{INA}) - \Phi(V_{INB})] \quad (3)$$

其中,  $V_{INA}$  为A通道的输入信号幅度,  $V_{INB}$  为B通道的输入信号幅度,  $V_{SLP}$  为斜率,  $V_{MAG}$  为幅度比较输出,  $\Phi(V_{INA})$  为A通道的输入信号相位,  $\Phi(V_{INB})$  为B通道的输入信号相位,  $V_{\Phi}$  为斜率,  $V_{PHS}$  为相位比较输出。

## AD8302测量工作模式

AD8302主要有测量、控制器和电平比较器三种工作方式,但其主要的功能是测量幅度和相位。如图1所示,当芯片输出引脚VMAG和VPHS直接跟芯片反馈设置输入引脚MSET和PSET相连时,芯片的测量模式将工作在默认的斜率和中心点上(精确幅度测量比例系数为:30mV/dB,精确相位测量比例系数为:10mV/度)。另外测量模式下,工作斜率和中心点可以通过引脚MSET和PSET的分压加以修改。

在低频条件下,幅度和相位测量方程式为:

$$V_{MAG} = R_F I_{SLP} \log(V_{INA} / V_{INB}) + V_{CP} \quad (4)$$

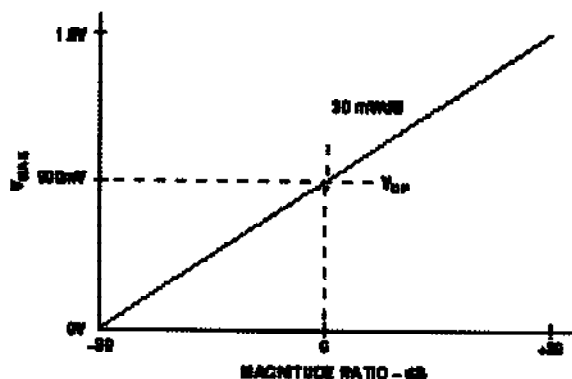


图2 AD8302 幅度响应特性曲线

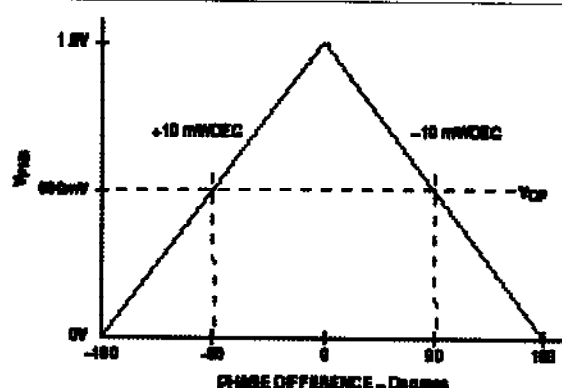


图3 AD8302 相位响应特性曲线

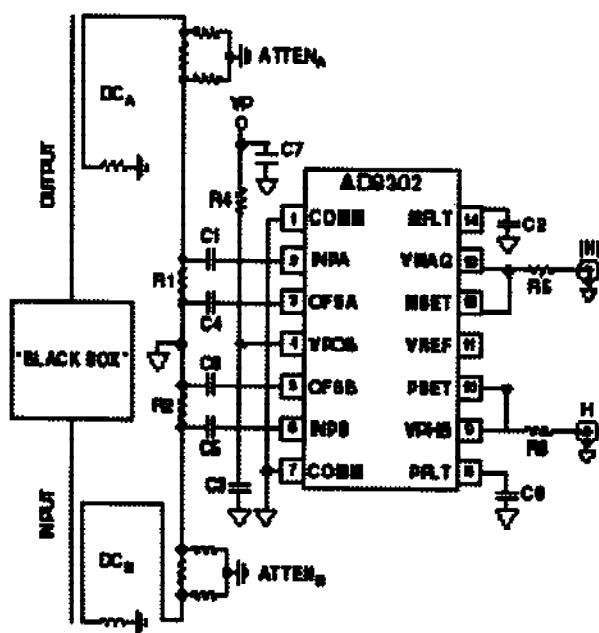


图4 AD8302 测量放大器的插入损耗和相位

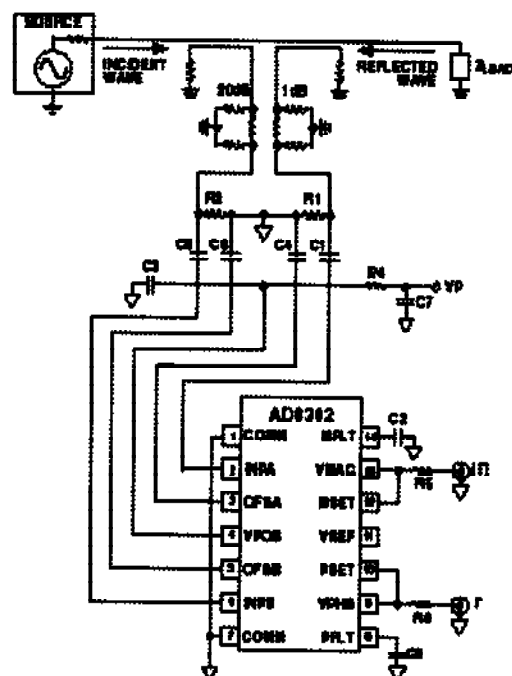


图5 AD8302 测量矢量反射系数

$$V_{MAG} = (R_F I_{SLP} / 20)(P_{INA} - P_{INB}) + V_{CP} \quad (5)$$

$$V_{PHS} = -R_F I_{\phi} (\Phi(V_{INA}) - \Phi(V_{INB}) - 90^\circ) + V_{CP} \quad (6)$$

其中:  $P_{INA}$  和  $P_{INB}$  是功率(单位为 dBm), 在指定的参考阻抗下, 它们可以与  $V_{INA}$  和  $V_{INB}$  (单位为 V) 等价。对于幅度测量方程,  $R_F I_{SLP}$  代表斜率为 600mV/度或 30mV/dB, 中心点 900mV 代表 0dB 增益, -30dB ~ +30dB 的增益范围对应于 0V ~ 1.8V 的输出电压范围。对于相位测量方程,  $R_F I_{\phi}$  代表斜率为 10mV/度, 中心点 900mV 对应 90 度, 0~180 度的相位范围对应于 1.8V~0V 的输出电压范围。默认测量模式下的幅度和相位的理想响应特性曲线如图 2、3 所示。

## 典型应用

由于 AD8302 将测量幅度和相位的能力集中在一块集成电路内, 所以由它构成的系统能精确判断信号的纯度, 并对系统性能水平进行精确监测和校准。目前它可以广泛应用于 RF/IF 功率放大器线性比的测量、RF 功率的精确控制、远程系统的监视和诊断等方面, 下面介绍两种典型的应用。

### AD8302 测量放大器或混频器的插入损耗和相位

AD8302 最基本的应用是监测诸如放大器、混频器等电路的幅度和相位的响应特性。如图 4 所示, 通过定向耦合器  $DC_B$  或  $DC_A$  耦合取样黑匣子的输入和输出信号, 衰

减器  $ATTEN_A$  和  $ATTEN_B$  的作用是使定向耦合器耦合取样的信号幅度低于AD8302输入信号幅度的动态范围。通过对AD8302动态范围的讨论,对于50欧姆系统而言,其两通道最佳点位于  $P_{OPT} = -30\text{dBm}$  处,为了达到最佳点,耦合系数和衰减因子由下式可得:

$$C_B + L_B = P_{IN} - P_{OPT} \quad (7)$$

$$C_A + L_A = P_{IN} + GAIN_{NOM} - P_{OPT} \quad (8)$$

其中,  $C_A$  和  $C_B$  为耦合系数,  $L_A$  和  $L_B$  为衰减因子,  $GAIN_{NOM}$  为放大器额定增益。

#### AD8302 测量对任意负载的矢量反射系数

AD8302还可以用于测量相对于某一负载的入射信号和反射信号之间的幅度比和相位差。如图5所示,矢量反射系数定义为:

$$\Gamma = \text{反射电压} / \text{入射电压} = \frac{(Z_L - Z_0)}{(Z_L + Z_0)} \quad (9)$$

其中,  $Z_L$  为负载复阻抗,  $Z_0$  为系统特性阻抗。精确的矢量反射系数可以用来计算阻抗失配水平,在监测诸如天线等变化负载阻抗的应用中是非常有用的。因为变化的负载阻抗能导致系统性能的降低甚至会引起系统物理损坏,因此实时监测变化负载阻抗的矢量反射系数将

是十分有意义的。为达到最佳工作状态,耦合系数和衰减因子由下式可得:

$$C_B + L_B = P_{IN} - P_{OPT} \quad (10)$$

$$C_A + L_A = P_{IN} + \Gamma_{NOM} - P_{OPT} \quad (11)$$

其中  $\Gamma_{NOM}$  为额定的反射系数(dB)。

#### 结语

AD8302能将测量幅度和相位的能力集中在一块集成电路内,使原本十分复杂的幅相检测系统的设计大大简化,而且系统性能得到极大提高。据此设计的三路幅相检测电路已成功应用于交流三相电的实时幅相监控系统中,新系统幅相检测的精度大大高于原系统幅相检测的精度,并且新系统的可靠性能得到很大的提高。■

#### 参考文献

- 1 Analog Devices. AD8302 Data sheet. 2001
- 2 方林海, 盛宗寅. 《电子测量和仪表》. EEL. 1986
- 3 张是魁, 关山. 《自动检测系统实践》. 中国科学技术大学出版社. 1990

## “TI 模拟电路应用专栏竞赛”

## 征文

《电子产品世界》杂志社与德州仪器(TI)公司合作将在2002年9月至2003年8月期间举办“TI模拟电路应用专栏竞赛”。欢迎作者踊跃投稿,写出应用TI模拟芯片的应用方案。若希望获取TI资料及样片,可浏览TI网站。

#### 邮寄方式

email或书信方式均可。  
E-mail: article@edw.com.cn, 写明: TI专栏稿  
或地址: 北京复兴路15号816室  
《电子产品世界》竞赛组收(100038)  
咨询电话: 010-6851 1818-35或39

#### 稿件格式

篇幅不超过5000字,最好配有附图或附表。  
文章附有英文标题、摘要、关键词、参考文献。内容有关TI模拟产品应用方面的体会

#### 奖励方式

1. 所有按本次活动要求投稿的作者,均可获得由TI公司提供的精美礼品;
  2. 参选文章一经《电子产品世界》刊出,作者即获竞赛优胜奖;
  3. 2003年9月将评出此次征文竞赛的综合奖(前三名)。
- 注: 所有获奖者都将获得证书和奖金。

#### 详情访问

《电子产品世界》网站 [www.edw.com.cn](http://www.edw.com.cn)  
TI公司网站 [www.ti.com.cn](http://www.ti.com.cn)