

基于 AD8302 的幅相测量模块

西安电子科技大学 尹莹 裴昌幸 陈南

摘要 文章对 AD8302 的基本工作原理、功能和特点做了简单介绍,着重研究了 AD8302 用于幅相测量的模式,最后给出了此芯片在实际工作中的一种典型测量应用电路。

关键词 AD8302 对数放大器 增益 相差 测量

1 引言

AD8302 是 ADI 公司推出的用于 RF/IF 幅度和相位测量的首款单片集成电路。它能同时测量从低频到 2.7GHz 频率范围内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。在进行幅度测量时,其动态范围可扩展到 60 dB,相位测量范围可达 180°。

AD8302 具有以下主要特点:

- 对于 50Ω 的测量系统,其输入范围为 -62dBm ~ -2dBm;
- 精确幅度测量比例系数为 30mV/dB;
- 精确测量值小于 0.5 dB;
- 精确相位测量比例系数为 10mV/度;
- 精确测量值小于 1 度;
- 该器件在操作时,具有测量、控制和电平比较三种工作方式;
- 带有稳定的 1.8V 基准电压偏置输出;
- 视频带宽响应为 30 MHz;
- 采用 2.7~5.5V 单电源工作;
- 采用小型 14 引脚 TSSOP 封装。

2 AD8302 基本结构与原理

2.1 基本结构

AD8302 的基本结构如图 1 所示。主要模块包括两个匹配的宽带对数解调放大器(60dB 的测量范围)、一个宽带线性倍增器/相位检测器、一个 1.8V 精密基准源,以及模拟定标和接口电路。系统提供了 1.8V 的参考电压跟踪内部的比例常数。对数放大器和检相器处理高频信号,并把增益和相位信息以电流形式传到输出放大器,输出放大器最终决定增益和相位的放大比例。工作电压范围为 2.7~5.5V,采用小型 14 脚 TSSOP 封装,适用于无线基站,以及仪表及测试设备等。

$$I_{LA} = I_{SLP} \log(V_{INA}/V_{INB}) \quad (1)$$

$$I_{PD} = I_{\phi} [\Phi(V_{INA}) - \Phi(V_{INB}) - 90^\circ] \quad (2)$$

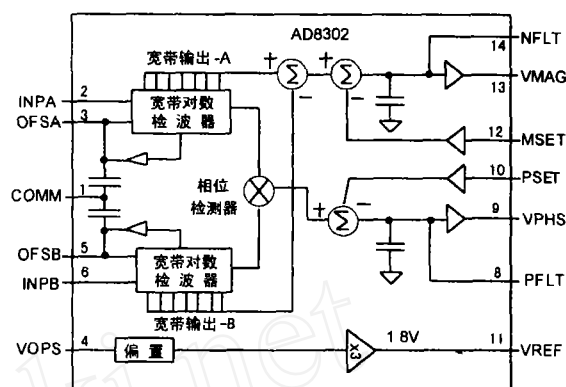


图 1 AD8302 的基本结构

2.2 基本原理

AD8302 可用来测量两个信号的幅度比(这里定义为增益)和相位差。一对匹配的对数放大器提供了可行的测量方法,它们的限幅输出驱动了检相器。AD8302 测量两个相同对数放大器的输出差异,两个对数放大器由具有相似波形但不同电平的信号驱动。由于对数域的相减对应为线性域的相除,于是输出结果变为:

$$V_{MAC} = V_{SLP} \log(V_{INA}/V_{INB}) \quad (3)$$

其中, V_{INA} , V_{INB} 是输入信号电压, V_{MAC} 是信号电平差异相应的输出, V_{SLP} 是斜率。

图中对数放大器的最后一级输出是一个完全在输入信号动态范围内的有限信号,从匹配的对数放大器出来的两个有限信号驱动一个异或数字检相器,严格按照相对过零点的方法,提取的相位差就与原始输入信号电平无关。相位输出的一般表达式为:

$$V_{PHS} = V_{\phi} [\Phi(V_{INA}) - \Phi(V_{INB})] \quad (4)$$

V_{ϕ} 是相位频率(单位: mV/degree), Φ 是信号的相对相位(单位: degree)。

3 AD8302 的主要应用

AD8302 可以在测量模式、控制器模式和电平比较器模式三种工作模式下工作,其主要功能是用测

收稿日期:2003 年 7 月 28 日

量模式来测量两路信号的幅度比和相位差。

AD8302 可以用来直接测量增益和相位。当芯片的输出针 VMAG 和 VPHS 分别与反馈输入针 MSET 和 PSET 直接相连时,默认的斜率和中心点就被激活。中心点 V_{CP} 与 0 dB 增益和 90° 相位差相对应。用于测量模式的电路的基本连接如图 2 所示。

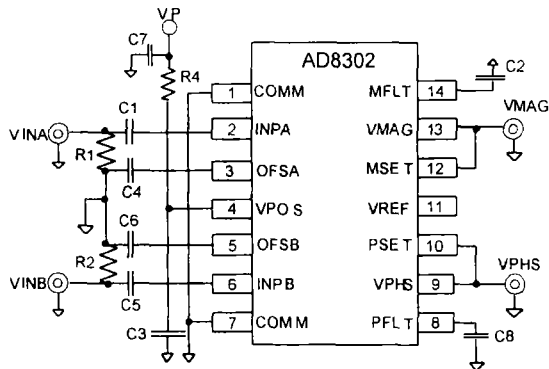


图 2 测量模式的基本连接

在低频信号时,式(1)和式(2)给出的增益和相位的转移函数变为:

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

$$\text{或 } V_{MAG} = R_F I_{SLP} / 20 (P_{INA} - P_{INB}) + V_{CP} \quad (6)$$

$$V = -R_F I_{\Phi} (|\Phi(INA) - \Phi(INB)| - 90^\circ) + V_{CP} \quad (7)$$

这里 P_{INA} 和 P_{INB} 是 V_{INA} 和 V_{INB} 在取特定参考阻抗时的功率(单位是 dBm)。

增益函数中, $R_F I_{SLP}$ 代表的斜率是 600 mV/decade, 或 30 mV/dB (被 20 dB/decade 除)。中心点 900 mV 代表零 dB 增益, 一个从 -30 dB 到 30 dB 的测量范围覆盖了从零 V 到 1.8 V 的整个电压范围。

相位函数中, $R_F I_{\Phi}$ 代表的斜率是 10 mV/degree。中心点 900 mV 代表 90° 相差, 从 0° 到 180° 的测量范围覆盖了从 1.8 V 到零 V 的整个电压范围。0° 到 -180° 的测量范围覆盖相同的电压范围, 但斜率相反。默认测量模式下的幅度和相位的理想响应特性曲线如图 3 所示。

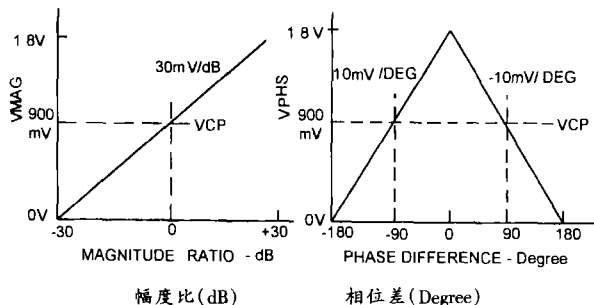


图 3 幅度比和相位差的理想特性曲线

4 应用举例

由于 AD8302 将幅度和相位测量集中在一块芯片内, 所以由它构成的系统能精确判断信号的纯度, 并可对系统的性能进行精确监测和校准, 因而可广泛应用于 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以及回波损耗和电压等测量方面。下面介绍一种 AD8302 的典型应用: 放大器或混频器插入损耗和相位的测量。

AD8302 最基本的应用是检测诸如放大器、混频器等电路的幅度和相位的响应特性。图 4 所示的是一种通过 AD8302 来测量放大器插入损耗和相位的具体电路。该电路通过定向耦合器 DC_B 或 DC_A 来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。对于 50Ω 系统而言, 其两通道最佳点位于 $P_{OPT} = -30$ dBm 处, 为了达到最佳点, 耦合系数和衰减因子应符合如下公式:

$$C_B + L_B = P_{IN} - P_{OPT} \quad (8)$$

$$C_A + L_A = P_{IN} + G_{AINNOM} - P_{OPT} \quad (9)$$

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

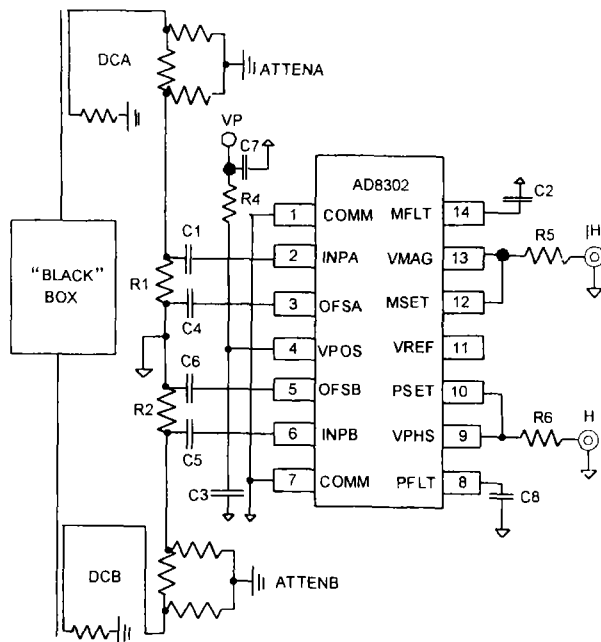


图 4 AD8302 测量放大器的插入损耗和相位

5 结论

AD8302 是可用于 RF/IF 幅度和相位测量的单片集成电路, 简化了原本十分复杂的幅相检测系统

的设计。幅度测量的动态范围扩展到 60dB,而相位测量范围可达 180°。通过这种方法,使得系统性能比以前有了较大的提高。目前,AD8302 可广泛用于 RF/IF 功率放大器线性比的测量、RF 功率的精确控制、远程系统的检测和诊断等方面,具有很好的应用前景。



(上接第 34 页)

3 时间同步精度分析

上面讨论的两种时间同步方法均是利用主副站的测距信号定时,为避免时钟频率不准引起误差累积,可每隔 0.1S 定时一次。影响主副站时间同步精度的误差源主要有测距脉冲往返主副站测距时延的测量精度及本地时差钟或系统时钟的分辨率误差。目前采用伪码扩频信息帧测距方法测距精度 σ_r 能做到 4ns 左右;本地时差钟或系统时钟频率采用 200MHz,其分辨率为 5ns,引起的误差 σ_{DC} 为 2ns,因此主副站总的时间同步误差 σ_s 为:

$$\sigma_s = [\sigma_r^2 + \sigma_{DC}^2]^{1/2} = 4.47 \text{ ns}$$

4 结论

由以上分析可知,清零法时间同步与钟面比对时间同步这两种时间同步方法,时间同步精度高,对

(上接第 58 页)

倒谱算法运用对数运算和二次变换将基音谐波和声道的频谱包络分离开来。根据其特点利用短时窗可以从语音信号倒谱 $c(n)$ 中截取出 $h(n)$ 。由 $h(n)$ 经 DFT 得到的 $H(K)$ 就是声道的离散谱曲线,由于它去除了激励引起的谐波,因此能更精确地得到共振峰参数。

图 3 是男生 /u/ 的时域波形、倒谱和分离出的共振峰的波形示例。取样频率为 11025Hz,取帧长 60ms,选取汉明窗加权。其时域波形同图 1 中的 a)。

由图 3 中的 b)得到的第一、第二、第三共振峰频率估计值为 330Hz、880Hz、1800Hz。

5 结束语

根据对数功率谱的逆傅立叶变换,能够分离频谱包络和细微结构,很精确地得到基音周期和共振峰频率,但它的运算量比较大。在基音估计中还可以使用经过中心削波或三电平削波后的自相关方法,这种方法在信噪比低至 18dB 的情况下可以获得良好的性能。

参考文献

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

作者简介

尹 莹 1979 年出生,女,现为西安电子科技大学通信与信息工程专业硕士,主要研究方向为无线通信与数字信号处理。

钟源的稳定度要求不高,实现简单,可在很多场合应用。随着器件、工艺设计水平的提高,可进一步减小时延测量误差;对于钟的稳定度带来的误差,我们可以通过多次时间比对,得到主副站钟差的变化规律,对时间同步进行修正,进一步减小这部分误差,降低对时钟源准确度及长期稳定度的要求。

参考文献

- [1] 韩魁选等编著. 微波统一测控系统设计导论. 北京: 国防工业出版社, 1984
- [2] 查光明等编著. 扩频通信. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1990

作者简介

陈仕进 1974 年出生,1995 年毕业于桂林电子工业学院,中国电子科技集团公司第 54 研究所工程师。从事扩频解扩、高速调制解调、复分接方面工作,现研究方向为无人机测控、航天测控、通信对抗。

使用倒谱法估计共振峰频率中要注意,并不是所有的谱峰都是共振峰,而且当两个共振峰很靠近时,会发生谱重叠,很难计算共振峰的带宽。其它估计共振峰的方法还有 DFT 法和 LPC 法。DFT 谱受基频谐波的影响,最大值只能出现在谐波频率上,因而共振峰测定误差较大。LPC 方法比较廉价,性能比较优良,但它的缺点是用一个全极点模型逼近语音谱,对于含有零点的某些音,它无法区分全极点模型分母多项式中得到的根是相应于实际的零点还是极点,也就无法区分哪些根与声道的谐波极点有关。

参考文献

- [1] 胡航. 语音信号处理. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2000
- [2] 陈永彬. 语音信号处理. 上海: 上海交通大学出版社, 1991
- [3] M. M. Sondhi. New Methods of Pitch Extraction. IEEE Trans. AU, 1968; 16(1): 262 ~ 266
- [4] R. W. Schafer, L. R. Rabiner. System for Automatic Formant Analysis of Voiced Speech. J. A. S. A., 1970; 47(2): 634 ~ 648

作者简介

王晚亚 1997 年毕业于山东大学,现为西安电子科技大学硕士研究生,研究专业通信与信息系统。