

主题论文

基于 AD8302 的单片宽频带相位差测量系统的设计

沙占友, 刘阿芳, 王 科

(河北科技大学 信息学院, 河北 石家庄 050054)

摘要:在移动通信系统中,经常需要精确测量相位差。详细阐述了利用 AD8302 构成的宽频带相位差及频率测量系统。该系统可精确测量从低频到射频范围内 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 的相位差 (测量误差小于 0.5°), $-60\text{dBm}\sim 0\text{dBm}$ 范围内的功率电平以及 10MHz 以下的频率。

关键词: 相位差; 增益; 频率; 相位检波器; 测量系统; AD8302

中图分类号: TN911.23

文献标识码: A

文章编号: 1006-6977(2006)01-0057-04

Design of single-chip broad band phase bias measure system based on AD8302

SHA Zhan-you, LIU A-fang, WANG Ke

(Hebei University of Science & Technology, Shijiazhuang 050054, China)

Abstract: In mobile communication system, it is often needs to accurately measure phase bias. The broad band phase bias and frequency measurement system made of AD8302 is expressed in this paper. The system can measure phase bias range of $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ from low-frequency to RF (measure error less than 0.5°), power voltage from -60dBm to 0dBm and frequency below 10MHz .

Key words: phase bias; gain; frequency; phase cymoscope; measurement system; AD8302

1 引言

传统的相位差测量仪需要采用多个中小规模集成电路,不仅电路复杂,测量相位差的精度低,而且适用的频率范围窄,只能测量低频或中频信号。本文介绍利用美国 ADI 推出的 AD8302 型相位检测器设计的宽频带相位差及频率测量系统。该系统能精确测量 2 个独立的射频(RF)、中频(IF)或低频信号的增益、相位差及频率。可广泛用于全球移动通信系统(GSM)、码分多址(CDMA)、宽带码分多址(W-CDMA)、时分多址(TDMA)移动电话、个人通信业务(PCS)及宽带基础设施网络等领域。

2 AD8302 的性能特点

AD8302 内部包含 2 个精密匹配的宽带对数放大器、1 个宽带相位检测器、1.8V 精密基准源,以及模拟标定电路和接口电路,能同时测量从低频到 2.7GHz 频率范围内 2 个输入信号之间的增益(亦称幅度比)和相位差。由于该器件内部集成 2 个精密

匹配的对数放大器,因此可将温度漂移降至最低限度。AD8302 不仅能测量放大器、混频器等电路的增益和相位差,而且特别适合对无线基站及测试设备的检测。

测量增益时,2 个输入信号的动态范围为 $\pm 30\text{dB}$,输出电平的灵敏度为 30mV/dB ,误差小于 0.5dB 。对应于 -30dB 的输出电压为 30mV ,而对应于 $+30\text{dB}$ 的输出电压为 1.8V 。输出电流为 8mA ,转换速率为 $25\text{V}/\mu\text{s}$ 。

测量相位差的范围是 $0^{\circ}\sim 180^{\circ}$;对应的输出电压变化范围是 $0\text{V}\sim 1.8\text{V}$,输出电压灵敏度为 $10\text{mV}/^{\circ}$,测量误差小于 0.5° 。当相位差 $=0^{\circ}$ 时,输出电压为 1.8V ;当 $=180^{\circ}$ 时,输出电压为 30mV ,输出电流为 8mA 。相位输出时的转换速率为 30MHz ,响应时间为 $40\text{ns}\sim 500\text{ns}$ (视被测相位差而定)。

AD8302 还具有 3 种工作模式:相位测量模式、输入电平比较器模式和相位控制器模式。利用相位控制模式可构成相位控制器。

增益及相位差的小信号包络带宽均为 30MHz

(将 MFLT 端开路), 利用外部滤波电容器可减小带宽。对于特性阻抗为 50 的相位差测量系统, 输入功率电平的范围为 -60dBm~0dBm。

3 AD8302 的测量原理

AD8302 的内部电路框图如图 1 所示。主要包括 2 个精密匹配的解调式对数放大器, 1 个乘法器型的相位检测器, 3 个加法器, 1 组输出放大器, 偏置电路和基准电压缓冲器。输入信号可以是单端信号, 也可以是差分信号。在低频段, 这些信号的输入阻抗通常为 3k。每个对数放大器由 6 个 10dB 增益级串联而成, 6 个增益级带有 7 个辅助检波器。每个增益级的 -3dB 带宽都超过 5GHz。利用这 2 个对数放大器可以测量 2 个输入信号的增益 (或幅度比)。如果测量变频增益 (或变频衰减), 这 2 个信号也可以是不同频率的信号。若将被测信号加到 1 个输入端, 而将标准信号加到另 1 个输入端, AD8302 还可用来测量绝对电平。乘法器型的相位检测器能实现精确的相位平衡, 在很宽的频率范围内相位差的测量精度与信号电平无关。对数放大器和相位检波器对输入高频信号进行处理后, 就以电流的形式把增益和相位差信息送至输出放大器, 再由输出放大器最终决定增益灵敏度和相位差灵敏度。外部滤波电容器可为每路输出提供平均时间常数。基准电压缓冲器提供 1.8V、5mA 的基准电压源。

AD8302 还可作为控制器使用。当作为增益控制器时, 必须将增益输出端 (U_{MAG}) 和设定端 (MSET) 之间的反馈电路断开, 把 MSET 作为所需要的设置点, 再利用 U_{MAG} 信号控制外部增益调节器。当作为

相位差控制器时, 应断开相位差输出端 (U_{PHS}) 与其设定端 (PSET) 之间的反馈电路, 然后用 U_{PHS} 信号控制外部的相位调节器。AD8302 能精确测量 2 个信号之间的增益和相位差, 测量原理如下所述。

对数放大器能将宽范围的输入电压信号变成窄范围的分贝刻度输出, 对数放大器的输出电压为

$$U_{OUT} = U_{SLP} \lg(U_{IN}/U_Z) \quad (1)$$

式中, U_{SLP} 为增益斜坡电压, U_{IN} 为输入电压。 U_Z 为参考电压, $\lg(U_{IN}/U_Z)$ 为 2 个输入电压的分贝比。

测量增益时, 分别用 U_{INA} 和 U_{INB} 来代替 U_{IN} 、 U_Z , AD8302 的输出就变成

$$U_{MAG} = U_{SLP} \lg(U_{INA}/U_{INB}) \quad (2)$$

式中, U_{INA} 和 U_{INB} 为 2 路输入电压, U_{MAG} 为增益输出电压, 与信号电平的差值相对应。

相位差输出电压的表达式为

$$U_{PHS} = U [(U_{INA}) - (U_{INB})] \quad (3)$$

式中, U 为相位差斜坡电压, 单位是 mV/度; 为每个信号的相位, 单位是度。 相位检波器具有 180 的相位差范围。该相位差范围既可以是 $0^\circ \sim +180^\circ$ (以 90° 为中心), 也可以是 $0^\circ \sim 180^\circ$ (以 -90° 为中心)。根据 AD8302 的相位差响应特性曲线在 $0^\circ \sim 180^\circ$ 和在 $0^\circ \sim +180^\circ$ 时的斜率不同, 即可判定 2 个被测信号的相位差为正或者为负。

在处理射频系统时经常要用到史密斯 (Smith) 圆图, 它是计算传输线阻抗的重要工具。史密斯圆图是由许多圆周交织而成的。利用它, 不做任何计算即可得到 1 个复杂系统的匹配阻抗, 惟一要做的是沿着圆周线读取并跟踪数据。所有的圆周只有 1 个公共交点 (公切点), 每个圆周对应于 1 个阻抗值。AD8302

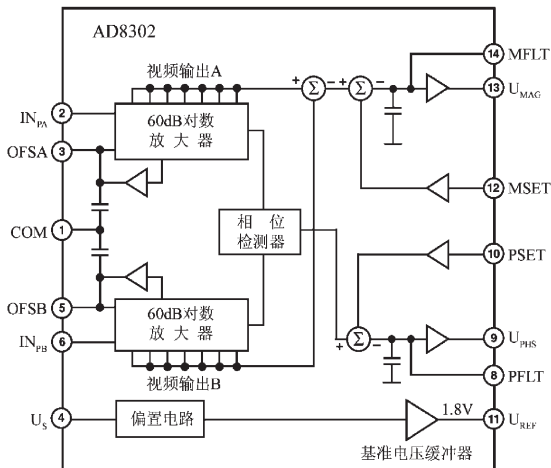


图 1 AD8302 的内部电路框图

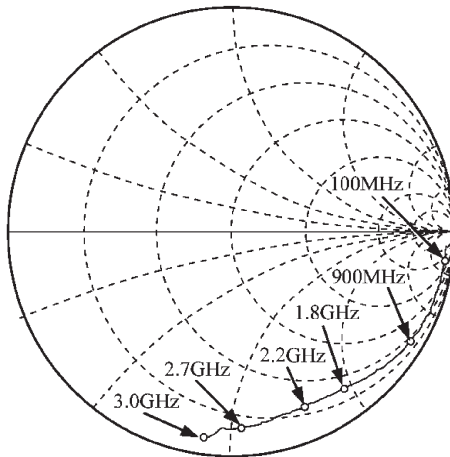


图 2 在 100MHz~3GHz 内输入端阻抗的史密斯圆图

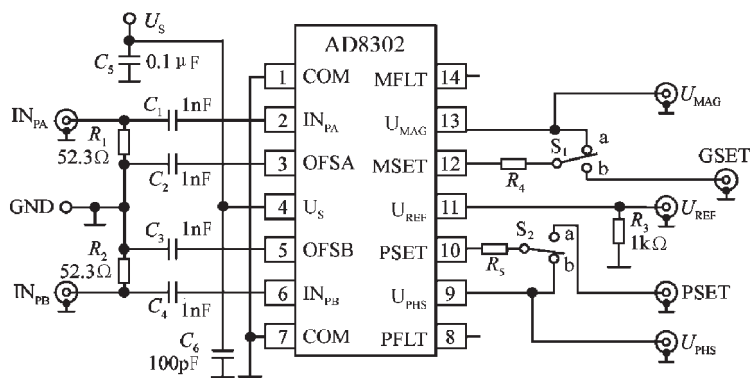


图 3 AD8302 的典型应用电路

在 100MHz~3GHz 的频率范围内, 每个输入端阻抗的史密斯圆图如图 2 所示。终端电阻器 R_T 的阻值由下式确定:

$$R_T = R_{IN} R_S / (R_{IN} - R_S) \quad (4)$$

式中, R_{IN} 为输入电阻, R_S 为电源内阻。

4 宽频带相位差测量系统的电路设计

4.1 宽频带相位差测量系统

AD8302 的典型应用电路如图 3 所示。 R_1 和 R_2 为输入端电阻器。 R_3 为 U_{REF} 输出端的负载。 C_1 和 C_4 为交流输入的耦合电容器, C_2 和 C_3 为滤波电容器, C_5 和 C_6 为电源退耦电容器。 S_1 为增益测量模式/比较器模式选择开关, 将 S_1 拨至 a 挡时选择增益测量模式; 拨至 b 挡时进入比较器模式, MSET 端接设定电压。 S_2 为相位差测量模式/比较器模式选择开关, 将 S_2 拨至 a 挡时选择相位差测量模式; 拨至 b 挡时工作在比较器模式, PSET 端接设定电压。

4.2 宽频带相位差/频率测量系统

宽频带相位差及频率测量系统的电路框图如图 4 所示。 2 路相位信号 U_1 、 U_2 分别送至 AD8302 的 A 通道和 B 通道, AD8302 测出的相位差信号再送给由 MC14433 型单片 A/D 转换器构成的 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表。 MC14433 通过段译码驱动器 (CD4511) 和位

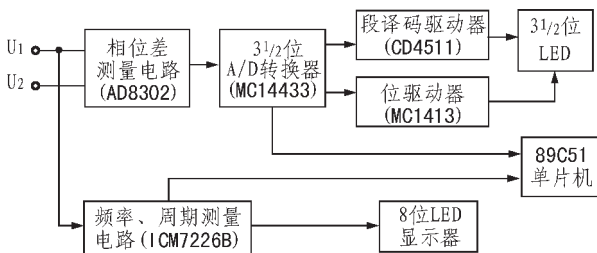


图 4 宽频带相位差及频率测量系统的电路框图

驱动器 (MC1413) 驱动 $3\frac{1}{2}$ 位共阴极 LED 数码管, 直接显示被测相位差。测量相位差的范围是 $0^\circ \sim 180^\circ$; 分辨率达 0.1° 。

测频电路采用 ICM7226B 型单片 8 位 10MHz 通用频率计数器, 配置少量外围元件即可准确测量频率和周期, 它还能测量频率比、时间间隔及累计数。该频率计数器具有自校准功能。测量范围是 0MHz~10MHz, 最高分辨率可达 0.000 1Hz。

MC14433 和 ICM7226B 输出的 BCD 码送至 89C51 型单片机进行数据处理。为

简化电路, 还可选用带 10 位 ADC 的 PIC16F874 型单片机。 PIC16F874 是美国微科技 (Microchip) 公司生产的高性价比 8 位单片机, 内含 8 路逐次逼近式 10 位 A/D 转换器, 这里仅用其中 1 路。

4.3 反射计电路

用 AD8302 还可构成反射计 (Reflect Meter), 通过测量入射到负载的信号和从负载反射的信号增益及相位差, 最终计算出反射系数。反射系数的计算公式为

$$= \text{反射电压} / \text{入射电压} = (Z_L - Z_0) / (Z_L + Z_0) \quad (5)$$

式中, Z_L 是用复数表示的负载阻抗, Z_0 是系统的特征阻抗。反射系数常常用来计算阻抗失配程度

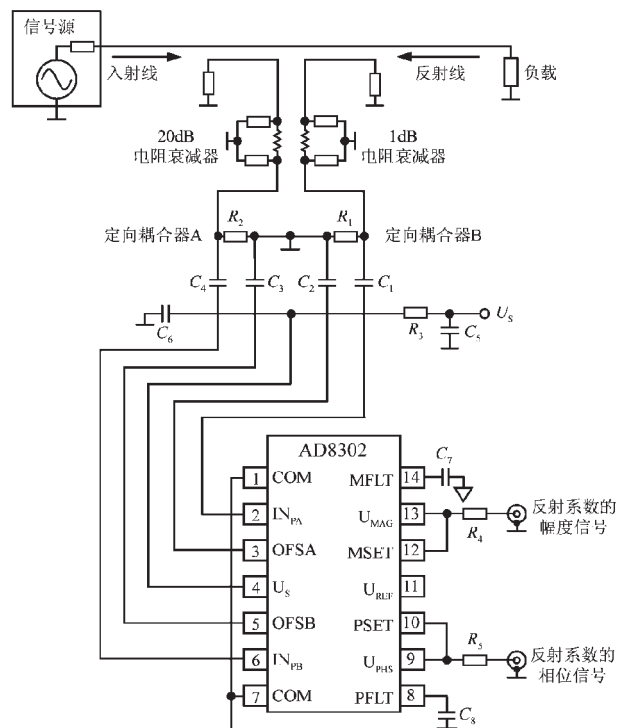


图 5 由 AD8302 构成反射计的电路

主题论文

基于 MC74 型电路的无线数字温度传感器

洪家平, 高美珍

(湖北师范学院 计算机科学系, 湖北 黄石 435002)

摘要: MC74 型串行数字温度传感器具有价格低、精度高、串行线性输出等优点。介绍该电路的主要工作特性及工作原理, 给出利用 MC74 设计的无线数字温度传感器电路的原理及部分程序代码。

关键词: 无线数字温度传感器; MC74; 串行输出; 1°C

中图分类号: TP212.11

文献标识码: A

文章编号: 1006-6977(2006)01-0060-04

Wireless digital temperature sensor based on MC74

Hong Jia-ping, GAO Mei-zhen

(Department of Computer Science, Hubei Normal University, Huangshi 435002, China)

Abstract: The serial digital temperature sensor MC74 is the high precision IC. It has many characteristics, such as low cost, high precision, serial linear output etc. The main characteristic and operating principle of MC74 are introduced, the wireless digital temperature sensor circuits and some of programs based on MC74 are given.

Key words: wireless digital temperature sensor; MC74; serial output; 1°C

1 概述

将普通传感器与低功耗无线发射控制器和接收装置连在一起就可构成无线传感器, 如果将该系统

及驻波比(SWR)。反射系数通常用分贝表示。

由 AD8302 构成反射计的电路如图 5 所示, 该电路可以测量反射系数。反射计包括 20dB 电阻衰减器和 1dB 电阻衰减器, 由阻容元件构成的一对定向耦合器 A 和 B 可对入射信号和反射信号进行采样。A、B 通道的耦合系数和衰减系数分别由下式确定:

$$C_A + L_A = P_{IN} + {}_{NOM} P_{OPT} \quad (6)$$

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

式中, ${}_{NOM}$ 为标定反射系数, 单位是 dB, 对无源负载而言, 该系数为负值。当入射信号为 10dB 和标定反射系数为 -19dB 时, 可使用一对 20dB 的耦合器, 当 $P_{OPT} = -30\text{dBm}$ 时, 衰减器 A 和 B 的衰减量分别为 1dB 和 2dB。当增益灵敏度为 30mV/dB, 相位差灵敏度为 10mV/度时, U_{MAG} 端和 U_{PHS} 端分别输出被测反射系数的幅度信号和相位信号。当 $= -19\text{dB}$

接入因特网(Internet)甚至还可以组成无线网络传感器。文中介绍利用 MC74 型集成串行数字温度传感器组成的无线数字温度传感器。

MC74 是安森美公司生产的 8 位串行接口集成时, U_{MAG} 端的输出为 900mV。

参考文献:

- [1] Analog Devices Inc.. AD8302 LF - 2.7 GHz RF/IF Gain and Phase Detector[Z], 2002.
- [2] 沙占友. 数字化测量技术与应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [3] 沙占友. 智能传感器系统设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.

作者简介: 沙占友, 河北科技大学教授(享受国务院特殊津贴), 河北省优秀教师, 已出版《数字化测量技术与应用》等 22 部专著, 发表 259 篇学术论文。主要研究方向为电子测量技术与智能仪器。

收稿日期: 2005-06-28

咨询编号: 060118