

基于电流传输器的检测电路的研究

苏丽华 赵可萍

(天津工业大学 信息与通信工程学院 天津 300160)

摘要 本文探讨了一种基于电流模技术的小电阻变量测量电路,该电路由电流传输器和运算放大器构成。其设计方案降低了电桥电路的复杂性,输出信号是传统桥式电路的四倍,能适用于多个传感器的检测而不需增加额外电路。实现了利用电流模技术设计的电流传输器对传统电阻桥电路的改进。设计的电路结构简单、精度高、功耗低,在电子测量、仪器仪表等实际应用中具有推广和使用价值。

关键词 电流模 检测 电流传输器 传感器

中图分类号: TM934

文献标识码: A

文章编号: 1001-1390(2009)06-0078-03

The Study of Measurement Circuit Based on Current Conveyor

SU Li-hua, ZHAO Ke-ping

(School of Information and Communication Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract: This paper discusses a measurement circuit of small resistance changes based on current mode technology. The circuit is structured with a current conveyor and an operational amplifier. The design reduces the complexity of resistance bridge, output signal is four times as much as traditional bridge's, and the circuit can apply for multi-sensors and needs no extra parts. The study implements the improvement on traditional resistance bridge with current conveyor which is made by current mode technique. The circuit has the following merits: simple configuration, high precision, low cost and being used in electric measurement and instruments.

Key words current mode, measurement, current conveyor, sensor

0 引言

检测仪器或系统在工业生产中起着非常重要的作用,它从生产现场获取各种参数。电阻式传感器是将非电量变化转换为电阻变化的传感器,广泛应用于炼油、化工、冶金、电力、电子、轻工、纺织等行业,用途很广,种类很多。本文描述了基于电流传输器对传统电阻桥电路的改进,设计的电路结构简单、精度高、功耗低,在实际应用中具有推广和使用价值。

1 电阻桥检测电路原理

用于小电阻变量测量的电阻桥是由被连接成四边形的四个阻抗,跨接在其中一条对角线上的激励源和跨接在另一个对角线上的电压检测器构成。它能感应一些参数的变化范围,包括温度、压力、张力和位移。可由图1所示的电压型电阻桥实现。

电阻桥工作的初始状态即四个电阻相等时,被测非电量为零,电桥平衡,输出电压为零;当被测非电量变化而不为零时,引起阻抗参数值变化,使电桥不平

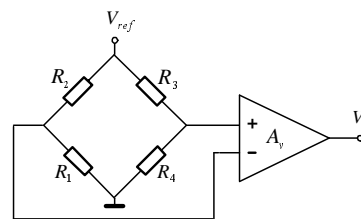


图1 电压型电阻桥检测电路

Fig.1 Voltage type resistance bridge circuit

衡,即输出电压不为零。被测非电量越大,电桥输出电压也越大,这样就把非电量变化转换成电桥电压的变化。分析图1可知,电桥平衡时 $R_1=R_2=R_3=R_4=R$ 。若一个电阻变化,假设是 R_4 ,即 $R_4=R+\Delta R$,则电桥产生一个非零电压 ΔV 。经一个运算放大器放大后,则输出为:

$$V_o = A_v V_{ref} \frac{\Delta R}{4R + \Delta R}$$

式中 A_v 是运放的增益。由于在参数测量中 $\Delta R \ll R$,上式可化简为:

$$V_o = A_v V_{ref} \frac{\Delta R}{4R}$$

由此可知,测得电桥电压,就可求得非电量。

1 第二代电流传输器简介

第二代电流传输器(简称CCII)是一种电流型三端口有源集成器件,如图2所示,其中Y和Z是高阻端,分别代表电压输入端和电流输出端,X端是多端口,既是电流输入端也是电压输出端,是低阻端。CCII采用了单位增益缓冲器、电流镜及电流模等新技术和互补型双极性工艺,具有带宽和动态范围宽、电路结构简单、高速度、高精度和低功耗等一系列优点。其理想特性可用矩阵表示:

$$\begin{bmatrix} I_y \\ V_x \\ I_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & \pm 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_y \\ I_x \\ V_z \end{bmatrix}$$

$$\text{即} \begin{cases} I_y = 0 \\ V_x = V_y \\ I_z = \pm I_x \end{cases}$$

上式表明:

- (1) Y输入端不取电流,即Y输入端输入阻抗无穷大,具有虚断的性质;
- (2) X、Y两输入端等电位,即 $V_x = V_y$,具有虚短的性质;
- (3) X端的输入电流被等量地传输到输出端,即 $I_x = \pm I_z$,且X端输入阻抗为零,Z端输出阻抗为无穷大。理想电流传输器的等效电路如图2(b)所示。

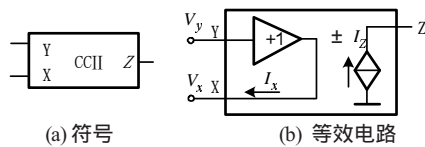


图2 第二代电流传输器符号及等效电路

Fig.2 Symbol and equivalent circuit of Current Conveyor

2 检测电路研究

2.1 单电阻测量电路

利用运算放大器和第二代电流传输器(CCII+),设计一种涉及电压和电流的混合型方法电阻桥检测电路,如图3所示。

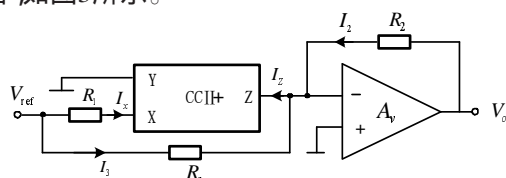


图3 单电阻检测电路

Fig.3 Single resistance measurement circuit

电路中 R_1 和 R_3 代表了测量电阻,分别用于工作测量和温度补偿测量。电阻 R_2 用来调整测量系统的输出电压 V_o 的放大系数。基于电流传输器CCII+的特性为 $I_y=0, V_x=V_y, I_z=I_x$,当Y端接地,X端电压为0。又由于电压运算放大器的高增益保证了反相输入端电流近似为零,设其端电压为 V_z ,则有:

$$I_x = \frac{V_{ref}}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_o - V_z}{R_2}$$

设电压运算放大器的增益是A,则 $V_z = -\frac{V_o}{A}$,又因为 $I_z = I_2 + I_3 = I_x$,所以有:

$$\frac{V_{ref}}{R_1} = -\frac{V_{ref} + \frac{V_o}{A}}{R_3} + \frac{V_o + \frac{V_o}{A}}{R_2}$$

$$\text{经整理得: } V_o = \frac{R_2 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3} \right)}{1 + \frac{R_2}{AR_3} + \frac{1}{A}} V_{ref}$$

对于高增益或 $A \rightarrow \infty$,上式可写为:

$$V_o = R_2 \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_3} \right) V_{ref}$$

这里定义 $R_1 = R, R_3 = R + \Delta R$,其中 ΔR 表示要测量的电阻变量,上式可进一步表示为:

$$V_o = \frac{R_2}{R} V_{ref} \left(\frac{\Delta R}{R} \right) = A_m V_{ref} \frac{\Delta R}{R}$$

式中 $A_m = \frac{R_2}{R}$, R_2 实现对增益的控制,在实际测量中 $\Delta R \ll R$ 。

2.2 多传感器测量电路

如将图3中电压型运放的反馈电阻用 R_1 代替,在用电阻 R/n 代替X端的输入电阻,其中n代表传感器的总数,并将n个传感器并行连接 $R_i = R + \Delta R_i (i=1, 2, \dots, n)$ 替代电阻 R_3 后,可得到如图4所示的多传感器测量电路。该电路可以实现多个传感器的检测工作。

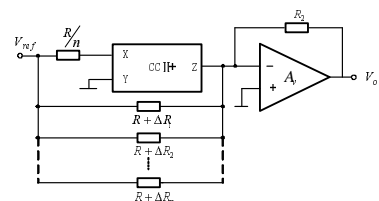


图4 多传感器检测电路

Fig.4 Multi-sensor measurement circuit

依据前述分析过程 输出电压可写为：

$$V_o = A_m V_{ref} \frac{\sum_{i=1}^n \Delta R}{R}$$

式中 $\Delta R_i \ll R (i=1, 2, \dots, n)$ $A_m = \frac{R_f}{R}$

3 非理想电路分析

图5(a)所示为集成高速模数转换器件AD844输入级和TZ端的内部等效电路 R_{in} 为输入缓冲器电阻,取值为几十欧姆 R_i 很大,可达几兆欧。理想情况下 $R_{in}=0$ $R_i=\infty$ 。非理想情况下的电路工作状态分析如下：

定义CCH+电流转换误差为 ε_i , 则 $I_z = (1 - \varepsilon_i) I_x$, 当 $V_y = 0$ 时, V_{off}^{cc} 为在X端产生的偏移电压。由于电流传输器的两个输入端的不对称性,假设电压运放有一个偏移电压 V_{off}^{op} , 则非理想情况检测电路的等效电路如图5(b)所示。

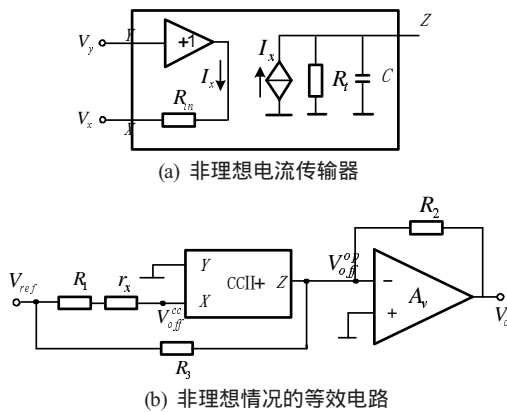


图5 非理想电流传输器及检测等效电路

Fig.5 Nonideal Current Conveyor and equivalent circuit

分析电路可以得到：

$$I_z = \frac{V_{ref} - V_{off}^{op}}{R_3} + \frac{V_o - V_{off}^{op}}{R_2} = (1 - \varepsilon_i) I_x = (1 - \varepsilon_i) \frac{V_{ref} - V_{off}^{cc}}{R_1 + R_{in}}$$

整理后得：

$$V_o = -R_2 \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1 - \varepsilon_i}{R_1 + R_{in}} \right) V_{ref} - \frac{R_2(1 - \varepsilon_i)}{R_1 + R_{in}} V_{off}^{cc} + \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) V_{off}^{op}$$

若 $R_{in} \approx 0$ 则：

$$V_o = -R_2 \left(\frac{1}{R_3} - \frac{1 - \varepsilon_i}{R_1} \right) V_{ref} - \frac{R_2(1 - \varepsilon_i)}{R_1} V_{off}^{cc} + \left(1 + \frac{R_2}{R_3} \right) V_{off}^{op}$$

由上式可以看出 输出电压与 R_1 、 R_2 、 R_3 和电流转换误差 ε_i 的值有关 式中比值 R_2/R_1 和 R_2/R_3 可用来减小偏移电压的影响。

4 结论

基于电流传输器设计的混合型电阻桥检测电路与传统的电压型电路相比,组成电桥的器件减少,只用了两个电阻,是传统桥式电路的一半,降低了电桥的复杂性;基本输出电压增大,是电压型电阻桥的四倍;可适用于多个传感器的检测而不需附加电路,电路中没有共模输入信号,对电路器件的要求降低,同时提高了电路抗干扰的能力。由于电流传输器是一种高速、低功耗器件,因此降低了检测电路的功耗。利用电流模技术设计的电流传输器实现了对传统电阻桥电路的改进,所设计的电路结构简单、精度高、功耗低,在实际应用中具有推广和使用价值。

参考文献

- [1] 李琳. 电流传输器及其应用[J]. 计量与测试技术, 2004 (8) 29-30.
- [2] 杨敬漪, 萧蕴诗, KOCAÖ. 基于等价CC结构的电压型/电流型转换方法[J]. 现代电子技术, 2007 (11) :168-171.
- [3] 孙泳, 来逢昌. 电流模ADC发展概况与趋势[J]. 电子技术应用, 2008, (7) 6-9.
- [4] Stephan Gift, Brent Maundy. New Configuration for the Measurement of Small Resistance Changes. IEEE Transaction on Circuits and Systems-Express Briefs, Volume. 53, NO.3, March 2006.

作者简介：

苏丽华(1968-)女,汉族,黑龙江鸡西人,讲师,硕士,主要研究方向为电子及自动控制技术。Email:sulihua68@126.com

赵可萍(1960-)女,汉族,天津人,高级实验师,主要从事实验教学和电子技术应用的研究。Email:kepingzhao6@126.com

收稿日期 2008-11-13

(常会敏 编发)

(上接第 77 页)

Optics, 1998, 37(15):3295-3298.

[2] 李发泉, 王玉平, 程学武. 稳频半导体激光器的温度控制技术[J]. 光学与光电技术, 2005, 3(3) 29-31.

LI Fa-quan, WANG Yu-ping, CHENG Xue-wu. Technique of Temperature Control for Diode Laser Frequency Stabilization [J]. Optics & Optoelectronic Technology, 2005, 3(3) 29-31.

[3] 姜洪雨. 一种新型高精度高温稳定性恒流源研究[J]. 现代电子技术, 2008, 277(14):2-5.

JIANG Hongyu, Research of a New Type of Constant Current Source with High precision and High Temperature Stability [J]. Modern Electronics

Technique, 2008, 277(14):2-5.

[4] 杨孟琢. 反馈放大器的稳定性理论及应用[M]. 北京:高等教育出版社, 1992:87-109.

[5] 秦世才, 高清运. 现代模拟集成电子学[M]. 北京:科学出版社, 2003:50-54.

作者简介：

涂用军(1963-)男,副教授,博士生,主要研究方向非线性系统理论及功率电子学。Email:tu1668@163.com

收稿日期 2009-02-15

(常会敏 编发)