

高精度宽量程电阻测量方法研究

陈文华 余水宝 张艳艳
(浙江师范大学信息科学与工程学院 金华 321004)

摘要 提出了一种基于恒流串联法和恒压并联法的高精度宽量程电阻测量方案。该方案对测量 10Ω 以下的小值电阻和 $20M\Omega$ 以上的高值电阻有较高的精度和分辨率,拓展了常规数字万用表的电阻测量范围,有较好的实际应用价值。
关键词 电阻测量 静差消除 高精度 高分辨率

A Study of a Method with High Precision and Wide-range for Resistance Measurement

Chen Wenhua Yu Shuibao Zhang Yanyan
(College of Information Science & Engineering, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China)

Abstract Based on constant current source series circuit and constant voltage source parallel circuit,it suggests a method with high precision and wide-range for resistance measurement. This method can be used to measure the numerical value of resistance below 10Ω and above $20M\Omega$ with relatively high precision and resolution ratio. It is of practical applicable value for the method has extended the measurement range of the conventional digital multimeter.

Key words Resistance measurement Static-error elimination High precision High resolution ratio
法和恒压源并联法的测量方案,较好地实现了小阻值和高阻值电阻的测量。

1 引言

电阻测量是电子工作者的经常性工作,但对于小阻值电阻(欧姆级及以下)和大阻值电阻($20M\Omega$ 以上)的高精度测量似乎还没有很好的方法。通常采用的方法是恒压法和恒流法。恒流法的依据是信号源内阻为无穷大,电流恒定。此特性对测量中值电阻和小阻值电阻有较高的精度,但在测量高阻值电阻时,一方面被测电阻 R_x 上的电压降过大,有可能进入非线性区;另一方面,实际电流源的内阻不可能为无穷大,大阻值的电阻已接近电流源的内阻,此时电流源内阻的分流已不能忽略,从而影响测量精度。恒压法的依据是信号源内阻为 0,电压恒定,此特性对测量中值电阻和高阻值电阻有较高的精度,但在测量小阻值电阻时,一方面由于通过被测电阻 R_x 的电流太大有可能损坏电压源,同时,大电流会使被测电阻发热,阻值会发生变化;另一方面,小阻值电阻已接近实际电压源的内阻,恒压源内阻的分压已不能忽略。笔者提出一种基于恒流源串联

2 系统组成及测量原理分析

系统主要由输入级、程控放大器、模数转换器、单片机和 LCD 显示器五个部分组成,其框图如图 1 所示。

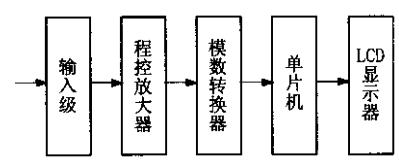


图 1 系统组成框图

A/D 转换器选用 $4\frac{1}{2}$ 位数字电压表专用的 ICL7135^[1],它的精度高,适用面广,是数字电压表专用电路第二代高性能产品。其主要性能如下:
(1)满标电压 2.0000V,分辨率 ΔU_0 为 0.1mV。
(2)自校零,保证零电压输入时读数为零。

(3)输入阻抗大于 1000MΩ。

2.1 恒流串联法测小阻值电阻原理

测量小阻值电阻时采用串联恒流法,如图 2 所示。由于被测电阻的自热效应, I_0 不能太大,我们取 5mA。为了避免恒流源的端电压太低而退出恒流区,我们串入电阻 R_0 (取 10Ω)。由图可知,只要精确测量出 R_x 的端电压 U_x ,则可求得 $R_x = U_x / I_0$ 的值。

程控放大器的增益确定依据如下:为达到 5mΩ 的分辨率,由 A/D 的分辨率为 0.1mV 得其下限增益为 4;同理,小阻值电阻的上限值为 10Ω,A/D 的满量程为 2V 得上限增益为 40。

2.2 恒压并联法测高阻值电阻原理

测量大阻值电阻时采用并联恒压法,如图 3 所示。这时 R_x 和标准电阻 R_0 并联。只要能精确测量出反相放大器的输出电压 U_x ,即可计算出 R_x ,由图 3 可求得:

$$U_x = -\frac{R_0 + R_x}{R_x} U_{ref}$$

(1)

$$R_x = -\frac{R_0 U_{ref}}{U_x - U_{ref}}$$

(2)

考虑到要兼顾测量精度和量程,必须合理选择标准电阻 R_0 。为此我们对(1)式求导得:

$$dR_x \geq \frac{\Delta U_0 R_x^2}{2R_x + R_0}$$

(3)

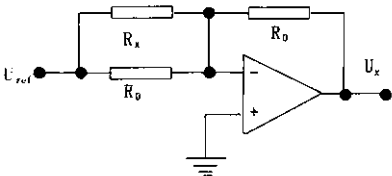


图 3 恒压法并联测高阻值电阻原理

式中: ΔU_0 为 A/D 的分辨率。(3)式表明, R_0 越大,待测电阻的分辨率越高,但量程会变小,综合考虑, R_0 取 20MΩ, U_{ref} 取负 0.5V。不难证明 U_x 为 R_x 的严格单调递减函数,函数图像表明随着 R_x 的增大,曲线越来越

趋于平缓,显然只要量程上限附近分辨率达到要求则其他部分一定达到了要求。量程范围设为 20MΩ~30MΩ,分辨率要求不大于 10kΩ。用 MATLAB 计算表明要达到此分辨率, U_x 的最小改变量大于 0.1mV,增益为 1 即可被 A/D 转换器检测到。当被测电阻 R_x 在 20M~30MΩ 之间变化时 U_x 的变化范围为 1~0.8333V,增益取 2 倍 A/D 转换器也不会超量程。

3 放大器静差的消除

本设计对高精度高分辨率的要求,放大器自身的静差已不可忽视。为消除静差,我们可在单片机的管理下作如下处理:将程控放大器增益分别设为 A_1 和 A_2 [2],各测量一次 U_x ,测量结果分别记为 U_1 、 U_2 ,设静差为 e ,则有:

$$U_1 = A_1 U_x + e$$

(4)

$$U_2 = A_2 U_x + e$$

(5)

$$U_x = \frac{U_2 - U_1}{A_2 - A_1}$$

(6)

(6)式表明,我们可以消除静差的影响,从而提高测量精度。

4 结束语

本测量方案的静差自动消除功能及特有的输入电路结构和测量原理,使得测量的较高精度和较高分辨率有了可靠的保障。在低、高阻值电阻测量方面弥补了普及性数字万用表在量程和分辨率方面的不足。小阻值测量时分辨率是数字万用表的 4 倍(由 20mΩ 降为 5mΩ),大阻值测量时分辨率提高了 1 倍多(由 20kΩ 降为 9kΩ)并且量程扩展了 10MΩ。

参考文献

1 杨振江. A/D、D/A 转换器接口技术与实用线路. 西安: 西安电子科技大学出版社,1996. 96.

2 余水宝. 基于个人机的系统静态特性自动测试仪[J]. 自动化与仪器仪表,1994(1): 39~42.

作者: [陈文华](#), [余水宝](#), [张艳艳](#), [Chen Wenhua](#), [Yu Shuibao](#), [ZHANG Yanyan](#)
作者单位: [浙江师范大学信息科学与工程学院, 金华, 321004](#)
刊名: [仪器仪表学报](#)   
英文刊名: [CHINESE JOURNAL OF SCIENTIFIC INSTRUMENT](#)
年, 卷(期): 2005, 26(8)
被引用次数: 14次

参考文献(2条)

1. [杨振江](#) A/D, D/A转换器接口技术与实用电路 1996
2. [余水宝](#) 基于个人机的系统静态特性自动测试仪 1994(01)

本文读者也读过(10条)

1. [Dale Cigoy](#) 确保更精确的高电阻测量[期刊论文]-[国外电子测量技术](#)2010, 29(8)
2. [张宗瑞](#) 电阻测量的几种方法[期刊论文]-[华章](#)2007(7)
3. [殷莹](#) 高精度电阻测量监控系统的设计与实现[学位论文]2008
4. [陈文华](#), [余水宝](#), [张艳艳](#), [Chen Wenhua](#), [Yu Shuibao](#), [Zhang Yanyan](#) 高精度宽量程电阻测量方法研究[期刊论文]-[仪器仪表学报](#)2005, 26(z1)
5. [郑磊](#), [ZHENG Lei](#) 三通道法测量变压器直流电阻的局限性[期刊论文]-[电力建设](#)2009, 30(12)
6. [何志杰](#) 万用表在电子产品检修中的特殊作用[期刊论文]-[职业](#)2009(26)
7. [时雨](#) 变压器直流电阻的测量和故障分析[期刊论文]-[科技资讯](#)2009(8)
8. [张志清](#), [ZHANG Zhi-qing](#) 漏电流检测仪校准、检定的方法分析[期刊论文]-[中国医疗器械信息](#)2011, 17(4)
9. [王立武](#), [罗春生](#) 兆欧表的结构原理及使用知识讲座(九)[期刊论文]-[农村电工](#)2011, 19(2)
10. [王立武](#), [罗春生](#) 兆欧表的结构原理及使用知识讲座(六)[期刊论文]-[农村电工](#)2010, 18(11)

引证文献(10条)

1. [杨黎](#), [吴宗泽](#) 基于DSP的高精度自动电阻测量仪设计[期刊论文]-[计算机测量与控制](#) 2014(06)
2. [张博](#) 基于双档恒流源的多通道温度采集装置设计[期刊论文]-[自动化技术与应用](#) 2013(07)
3. [房慧龙](#), [罗锦宏](#), [李晴](#) 高精度低成本的电阻测量方法[期刊论文]-[仪表技术与传感器](#) 2011(12)
4. [涂巧玲](#), [余永辉](#), [叶彬强](#), [秦浪](#) 基于游标原理的A/D转换方法及其在应用[期刊论文]-[仪表技术与传感器](#) 2009(05)
5. [张玉健](#), [张江伟](#) 自动电阻测试仪的设计及其误差处理[期刊论文]-[电子测量技术](#) 2012(03)
6. [罗毅](#), [杨昆](#), [董麟](#), [朱彦辉](#), [商春雪](#) 开关触点接触电阻动态测量方法研究[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2015(01)
7. [杨明涛](#), [侯文](#), [杨士义](#) 一种电阻测量电路的优化设计[期刊论文]-[电子测量技术](#) 2009(07)
8. [李殊晓](#), [郝赤](#), [龚兰芳](#), [梁伟](#) 高精度三线制热电阻检测方法研究[期刊论文]-[仪器仪表学报](#) 2008(01)
9. [张晓龙](#), [陈智慧](#), [杨新华](#) 基于C8051F020的微小电阻测试仪的设计与开发[期刊论文]-[电子测量技术](#) 2011(01)
10. [成林俞](#), [戴瑜兴](#), [熊书华](#), [李显国](#) 直流系统在线绝缘监测的研究及其实现[期刊论文]-[电子测量与仪器学报](#) 2015(06)

