

用同相比例运放与SPSS标定电路的放大倍数

李明杰,王新春,叶青
(楚雄师范学院,云南 楚雄 675000)

摘要:针对同相比例运放电路,以测定电路的放大倍数为研究对象。用非等精度测量方案获取原始数据,用SPSS曲线估计功能处理样本数据,得到系统输出电压量与输入电压量的关系曲线,验证得电路输出电压与输入电压存在线性关系,由此标定出同相比例运放电路的放大倍数。用置信概率为95%不确定度去评价实验数据及结果,最终得到更加直观、合理的结果。

关键词:同相比例运放电路;非等精度测量;SPSS曲线估计;放大倍数;不确定度估算

中图分类号: TN7

文献标志码: A

文章编号: 1674-9324(2019)19-0094-02

一、引言

同相比例运算放大电路是大学模拟电路及实验中较为重要的实验之一。对于同相比例运放放大倍数的测量,以往大都采用等精度测量方案,传统实验方法不足之处在于无法展示出电路对不同幅度信号的适应能力。变革后的实验方案将在线性区域内采用非等精度的测量方案,引入SPSS软件的线性功能对所测数据进行处理,使实验结果直观有效,可显著减小因仪器或人为因素带来的误差。可直观展示同相比例运放同相功能。采用置信95%不确定度评价实验数据及结果,使实验结果更为合理。

二、实验原理

(一)测量原理

图1为同相比例运放^[1]典型电路之一。

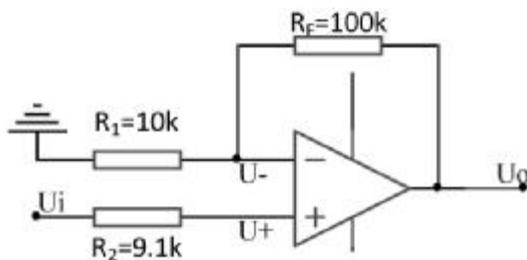


图1 同相比例运算电路

电路使用 μ A741运放,反馈电阻 $R_f=100k$,输入电阻 $R_2=9.1k$,接地电阻 $R_1=10k$ 。

(二)测量同相运放放大倍数原理分析

电路如图1处于深度负反馈,利用“虚短、虚断”现象,理想运放输入电阻 $r_i \rightarrow \infty$,可视运放同相、反向端为“虚开路”,因此

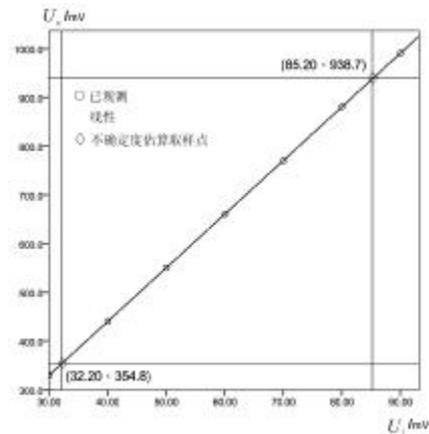


图2 U_o-U_i 的定标曲线图

$$\frac{U_o}{U_-} = \frac{R_f + R_1}{R_1} \tag{1}$$

整理(1)得

$$U_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) U_- \tag{2}$$

由图1的“虚短”、“虚断”可得

$$U_- = U_+ = U_i \tag{3}$$

把(3)代入(2)得

$$U_o = \left(1 + \frac{R_f}{R_1}\right) U_i \tag{4}$$

$$\text{令 } A_u = 1 + \frac{R_f}{R_1} \tag{5}$$

把(5)代入(4)得

$$U_o = A_u U_i \tag{6}$$

收稿日期:2018-09-27

基金项目:云南省大学生创新创业项目资助(用SPSS曲线估计探究模拟放大器的性能指标),楚雄师范学院培育学科项目(物理电子学)

作者简介:李明杰(1996-),云南江川人,大学本科,主要研究方向为电子测量。

(三)不确定度分析^④
直接测量z的合成不确定度为

$$u_{(z)} = \sqrt{u_{A(z)}^2 + u_{B(z)}^2} \quad (7)$$

对于间接测 $y=f(z_1, z_2, \dots, z_i, \dots, z_m)$, 则y的相对不确定度 $u_{r(y)}$ 为

$$u_{r(y)} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial(\ln y)}{\partial z_i} \right)^2 u^2(z_i)} \quad (8)$$

考虑(6)、(9)式, 被测放大倍数 A_u 的相对不确定度为

$$u_{r(A_u)} = \sqrt{\left(\frac{u_{(U_o)}}{U_o} \right)^2 + \left(\frac{u_{(U_i)}}{U_i} \right)^2} \quad (9)$$

三、实验数据处理

(一)测量数据极其处理

(二)用SPSS分析 U_o-U_i 定标曲线

将表1数据输入SPSS中得定标曲线如2所示, 得定标曲线为

$$U_{oj} = 11.0178U_{ij} - 0.7857 \quad (10)$$

(三)放大倍数不确定度的估算

图2 U_o-U_i 定标曲线上取样 $U_{o1}, U_{i1}; U_{o2}, U_{i2}$, 合理估算 A_u 不确定度。由(11)可得

$$A_u = \frac{U_{o2} - U_{o1}}{U_{i2} - U_{i1}} \quad (11)$$

由(10)、(16)式可得

$$u_{r(A_u)} = \sqrt{\left(\frac{u_{(U_{o2}-U_{o1})}}{U_{o2}-U_{o1}} \right)^2 + \left(\frac{u_{(U_{i2}-U_{i1})}}{U_{i2}-U_{i1}} \right)^2} \quad (12)$$

由图2取样点, 结合(10)、(11)、(12)可得表2实验结果。

四、结论

由表1数据, 应用SPSS线性分析功能得定标方程(10)式以及图2定标曲线图。输出电压与输入电压成

表1 测量输出电压 U_o 与输入电压 U_i 的原始数据 ($\Delta_{U_i} = 0.1mV, \Delta_{U_o} = 1mV$)

$j/\text{次}$	1	2	3	4	5	6	7
U_{ij}/mV	30.00	40.00	50.00	60.00	70.00	80.00	90.00
U_{oj}/mV	330.0	440.0	550.0	660.0	770.0	881.0	991.0

线性关系, 实验所得定标方程(10)式及图2实验曲线与理论分析(4)、(5)式具有一致性。

由表2实验结果可得, 同相比比例运放放大倍数为11.10, 对比理论计算 $|A_u|=11$, 二者具有较为相近, 表明所拟合的 U_o-U_i 直线(图2)的斜率是客观的。

为更好实现线性分析的合理性。在现行参数下, 应选择信号源频率 $f=1KHz$ 左右, 输入信号幅度应控制在(30—90)mV之间, 输出电压可调控在(330—991)mV之间。这可使测量结果较为可靠, 线性分析实验结果更佳合理。

能够得到较为理想(10)式和图2以及表2实验结果。除了借助了强有力的SPSS分析手段外, 表明所测

表2 同相比比例运算放大倍数的实验结果

$u_{(U_{o1,2})}$	$u_{(U_{i1,2})}$	A_u	$u_{r(A_u)}$
0.11 mV	0.011 mV	11.02±0.04	0.4%

表1数据质量较高, 从而使得因仪器或人为因素所致的偶然误差与系统误差已降为较小。

对照(10)式斜率11.02与理论计算 $|A_u|=11$ 具有较好吻合度, 尤其查看实验结果表2中放大倍数的实验结果, 由该实验方案所得放大倍数实验值只在百分位上可疑, 而以往的实验方案所得放大倍数的实验值一般为个位或十分位上可疑。说明应用SPSS分析同相比比例运算放大倍数, 是可以提高测量数据及实验结果的分析精度, 且数据的处理过程及结果直观有效。该实验方案具有一定创新性。

参考文献:

[1]王新春. 模拟电子技术实验指导[M]. 西南交通大学出版社. 2014, 54-56.
 [2]章韦芳, 强晓明, 赵敏. 一种新型十一线电位差计的特点研究[J]. 合肥师范学院学报, 2013, 31(3): 76-77.
 [3]宋志刚, 何旭洪. SPSS 16.0 Guide to Data Analysis [M]. 北京: 人民邮电出版社. 2008, 115-186.
 [4]张学华, 徐思昀. 用板式电位差计测电池的电动势和内阻的实验研究[J]. 大学物理实验, 2010, 23(5): 65-66.
 [5]李洁. 电子技术基础(第二版)[M]. 清华大学出版社. 2008, 94-114.
 [6]林立华, 周群, 汤猛. 大学物理实验中的比较法及应用研究[J]. 实验科学与技术, 2016, 14(5): 186-189.

Measuring the Magnification Factor of the Circuit with the Same-phase Proportional op-amp and SPSS

LI Ming-jie, WANG Xin-chun, YE Qing

(Chuxiong Normal University, Chuxiong, Yunnan 675000, China)

Abstract: According to the same-phase proportional operational amplifier experiment device, measuring the amplification factor of the circuit is designed to the research object. The measurement data are obtained by the way of non-equal precision measurement. Using the linear estimation function of SPSS is to analyze the experimental data. Its aim is to get the output and input voltage calibration curve and to verify the linear relationship between output and input voltage. The result is that the coincident proportional amplification multiples are obtained. At the same time, using confidence probability of 95% is to analyze and evaluate the measurement data and experimental results. According to above procedures, the research can get more reliable and reasonable results.

Key words: same-phase proportional operational; unequal precision measurement; linear analysis of SPSS; amplification factor; uncertainty estimation