

带模拟光耦隔离的信号放大电路的设计

于 镭, 田家彩, 陈振喜

(青岛科技大学 自动化与电子工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要: 采用运放 LM324 构成的仪用放大器电路作为信号放大电路的输入, 不但具有输入阻抗高、稳定性好、放大倍数高, 而且具有可调的优点。电路同时还使用了模拟光耦隔离器件, 实现外部被检测电路与核心控制芯片在电器上的隔离, 避免了外部的电磁干扰, 并已在喷气织机的张力检测上得到了很好的应用。通过应用表明, 该电路线性度好, 完全能满足高放大倍数、高稳定性的仪器仪表信号的放大处理要求。

关键词: 仪用放大电路; 模拟光耦隔离; 信号放大

中图分类号: TH7

文献标识码: A

Design of signal amplifier circuit with analog isolated amplifier

YU Lei, TIAN Jia-Cai, CHEN Zhen-Xi

(Dept. of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: The circuit designed in this paper used LM324 op amp instrumentation amplifier input as a signal amplification circuit with high input impedance, good stability, high magnification and adjustable benefits. At the same time using the analog opto isolation devices are detected to achieve the external detected circuit and the core on the chip in electrical isolation to prevent the external electromagnetic interference. The design circuit of the tension test on air-jet looms has been a very good application. Through the application shows that the circuit linearity, fully able to meet the high magnification, high-stability instrument amplification of the signal processing requirements.

Key words: instrumentation amplifier; analog opto isolated; signal amplifier

在现实工程项目中, 通常需要对某一非电物理量进行检测。对这种非电物理量的检测一般是通过传感器或其他途径采集获得, 但是所得到的信号很小, 不能直接进行滤波、运算等处理, 必须对这个微弱信号进行放大。而本设计检测电路就是放大处理电路, 实际上就是对来源于传感器的微弱信号的放大处理。这要求放大器应具有较强的抑制共模信号的能力, 还要求增益高, 性能稳定, 尤其是零点漂移、温度漂移、增益、稳定性等指标要求较高, 也就是要能对信号实现精密放大处理, 满足计量要求^[1]。

1 电路的设计与分析

本电路主要分为 3 部分: 输入电路、模拟隔离电路和输出电路, 其结构图如图 1 所示。



图 1 电路结构图

本文设计的仪用放大器电路主要是针对传感器的微弱信号的检测放大, 其电路图如图 2 所示, 电路分为 3 级, 分别介绍如下。

1.1 输入电路

输入电路为第 1 级, 使用 4 个 LM324 集成运放构成仪用放大电路作为输入电路, 该输入电路具有放大倍数及放大精度高、共模抑制比高、稳定性好、应用广泛的特点, 经常应用于精密仪器电路和测控电路中, 而且远避免了使用专用仪用放大器价格高的缺点^[2]。该输入电路的输出电路是个加法器, 电路中滑动变阻器通过电压跟随器加到电路上, 可以通过调节变阻器来调节输入信号为零时, 使得输入电路的输出为零。通过调节 R_3 、 R_4 、 R_5 3 个电阻的关系设计输入级的放大倍数, 其公式为:

$$U_{out} = \frac{R_9}{R_6} \left(1 + \frac{R_4 + R_5}{R_3} \right) U_{in} + U_{RP}$$

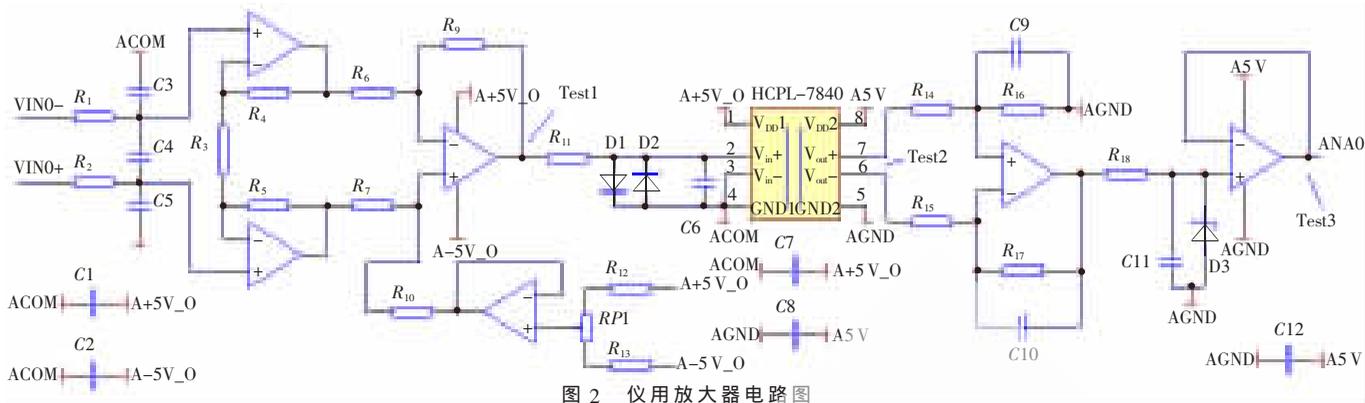


图2 仪用放大器电路图

其中, $R_1=R_2, R_4=R_5, R_6=R_7, R_9=R_{10}, R_{12}=R_{13}, R_{14}=R_{15}, R_{16}=R_{17}$, U_{RP} 为滑动变阻器经电压跟随器输出的电压。

1.2 隔离电路

隔离电路为第2级, 实现外部电路与内部核心电路的有效隔离, 避免外部干扰对内部控制芯片的影响^[3]。主要包括模拟隔离放大器 HCPL-7840 和保护电路, 68 Ω 的电阻用于 HCPL-7840 输入限流。由于前一级仪用放大器的放大倍数比较高, 为了防止输出高电压对 HCPL-7840 模拟隔离放大器的损坏, 在 HCPL-7840 输入端接上了2个并联的二极管用于限制 HCPL-7840 的输入电压, 同时输入端连接了 0.01 μF 的电容, 用于滤波^[4]。此外, HCPL-7840 不仅是隔离电路, 还具有很好的信号放大功能, 放大倍数为 8 倍。

1.3 输出电路

输出电路为第3级, 包含3个部分: (1) 差分电路。用于对 HCPL-7840 模拟隔离放大器的双输出做差分计算及实现信号的放大调节。从电路的电磁兼容性考虑, 加了2个 150 pF 的滤波电容。该差分电路同样具有放大功能, 放大公式为: $U_{out} = \frac{R_9}{R_6} U_m$; (2) 保护电路。使用稳压管限制最终的输出电压, 保护后续电路, 如模数转换芯片、单片机芯片等; (3) 电压跟随器。电压跟随器的特点是输入阻抗极高, 输出阻抗极低, 能输出较大的电流, 用于后续电路的缓冲隔离级。

通过以上对电路分析可知: 对整个电路的放大倍数的设计除了模拟隔离放大器固有的 8 倍的放大倍数外, 还可以通过输入电路和输出电路两部分中的放大部分进行调节, 得到需要的放大倍数。需要注意的是: 模拟隔离放大器 HCPL-7840 的输入有要求, 线性区电压应在 -200 mV ~ +200 mV 之内。

本电路使用双电源设计, 其好处主要有两点: (1) 很多传感器都是电桥形式的传感器(如压力传感器), 通

过打破电桥的平衡得到输出与压力成正比的电信号。可以使用双电源给传感器供电, 使得电桥的共模电压在 0 V 左右; (2) HCPL-7840 的最高供电电压为 5.5 V, 而传感器的供电电压相对比较高, 在 10 V ~ 15 V, 所以使用双电源(+5 V 和 -5 V) 可以使得两者兼容。

同时本电路中注重电磁兼容性的设计, 为每个集成芯片 LM324、HCPL-7840 都设计了 0.1 μF 的去耦电容。去耦电容主要连接在电源和地之间, 它有三个方面的作用: (1) 作为本集成电路的蓄能电容; (2) 滤除该器件产生的高频噪声, 切断其通过供电回路进行传播的通路; (3) 旁路掉该器件的高频噪声, 防止电源携带的噪声对电路造成干扰^[5]。

2 电路的实验数据分析

为了检测设计电路的性能, 根据图2中元器件参数配置进行了实验。这种元器件配置各级放大倍数设计为: 第1级为 14.33 倍; 第2级, 也即模拟隔离放大器固有的 8 倍放大倍数^[6]; 第3级为 1.5 倍, 总的放大倍数为 172 倍。整个电路的输入, 使用张力传感器(压力传感器的一种, 主要用在织布机上, 用于对纱线张力的检测, 该传感器电路为电桥形式的电路) 的输出作为输入, 通过挂已知质量的砝码拉伸张力传感器, 使张力传感器输出电压值。同时在电路中设置 3 个测试点, 以检测各部分电路的放大处理性能。3 个测试点分别是: (1) Test1, 模拟

表1 试验数据

(单位: mV)

电位器输入	光耦输入	光耦输出	最终输出	电位器输入	光耦输入	光耦输出	最终输出
0	0.4	10.1	21.5	11	162.1	1 282	1 926
1	15	127.9	175.2	12	177.1	1 400	2 100
2	30.9	244	353	13	191	1 518	2 280
3	45.5	363	533	14	205	1 635	2 460
4	60.6	481	716	15	220	1 751	2 630
5	74.4	590	880	16	235	1 868	2 810
6	90	712	1 064	17	249	1 979	2 980
7	104.2	826	1 235	18	263	2 080	3 140
8	117.5	934	1 405	19	278	2 200	3 320
9	132.6	1 054	1 582	20	292	2 320	3 490
10	147.2	1 171	1 753				

隔离放大器的输入；(2)Test2, 模拟隔离放大器的输出；(3)Test3, 电压跟随器的输出作为最终输出。通过实验测得的实验数据如表 1 所示。

使用 MATLAB 仿真软件分析实验数据, 得出的各个测试点对输入电压的关系曲线如图 3 所示。使用 MATLAB 中的线性拟合指令, 计算出各测试点对输入的函数关系, 函数曲线为线性曲线, 分别为: 仪用放大器级输出曲线: $y=14.56x+1.611$, 模拟光耦输出级曲线: $y=115.3x+15.57$, 最终输出级曲线: $y=174.3x+12.34$ 。

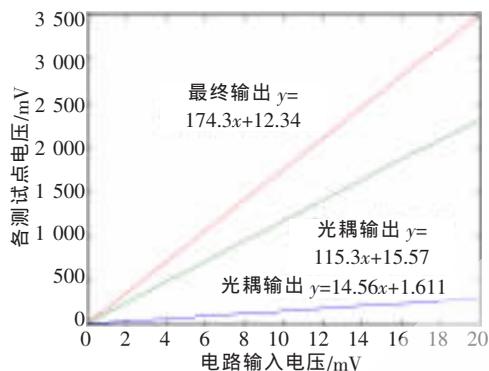


图 3 实验曲线

从图中可以看出, 各级的电压均为线性输出, 第 1 测试点放大倍数为 14.56 倍, 第 2 测试点放大倍数为 115.3 倍, 第 3 测试点放大倍数为 174.3 倍, 基本符合理论设计。第 1 测试点到第 2 测试点的放大倍数为 7.92 倍, 基本为 8 倍, 验证了模拟隔离放大器 8 倍的放大倍数。

本电路是从使用角度出发而设计的, 目前已经应用于作者参与的喷气织机电控系统的设计项目中, 用来对喷气织机上张力传感器检测的信号进行隔离放大。经过长期的实验和观察, 该电路对张力传感器检测信号的放大和隔离起到了很好的作用。

参考文献

- [1] 王淑红. 测控电路与器件[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006:4-5.
- [2] 肖景和. 集成运算放大器应用精粹[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006:21-25.
- [3] 张辉, 陈粤国. Motorola 单片机应用技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1999(4):11-28.
- [4] 赵庆明. 性光电隔离放大电路的设计[J]. 电测与仪表, 1999(12):26-27.
- [5] 孙成正, 尹文庆, 赵建平, 等. 植物电信号前置放大电路的设计与仿真[J]. 电子测量技术, 2007(7).
- [6] MEINEL W, SMITH C. Hermetic analog isolation ampprol of 1987 Int. Symp [C]. On Microelectronics Minneapolis Mir. USA.28-30 Sept, 1987.

(收稿日期: 2009-10-13)

作者简介:

于镭, 男, 1968 年生, 副教授, 博士, 主要研究方向: 自主导航, 智能控制及运动控制理论与应用技术。

田家彩, 男, 1983 年生, 研究生, 主要研究方向: 运动控制与智能控制。

陈振喜, 男, 1984 年生, 研究生, 主要研究方向: 轮胎外形轮廓检测方法。