

基于 DSP 的高精度自动电阻测量仪设计

杨 黎¹, 吴宗泽²

(1. 河源职业技术学院 电子与信息工程学院, 广东 河源 517000; 2. 华南理工大学 电子与信息学院, 广州 510006)

摘要: 以 TMS320F2812 处理器为核心, 采用恒流与恒压相结合的方法针对 100 Ω 、1 K Ω 、10 K Ω 和 10 M Ω 共 4 种量程内的电阻进行测量, 并详细介绍系统硬件电路、软件设计以及 ADC 采样校正算法研究; 经过实验证明, 该系统各量程内的电阻测量精度均达到 0.3%, 具有量程手动或自动转换档位、电阻自动筛选、语音提示、LCD 显示等功能; 该测量仪功能齐全、测量精度高、性能稳定, 具有一定的实用价值。

关键词: TMS320F2812; 恒流法; 恒压法; ADC 采样; 电阻测量

Design of High Precision Automatic Resistance Measuring Instrument Based on DSP

Yang Li¹, Wu Zongze²

(1. College of Electronic and Information Engineering, Heyuan Polytechnic, Heyuan 517000, China;

2. College of Electronic and Information, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Based on TMS320F2812 processor as the core, this paper adopts the method combining of constant current and constant voltage of 100 Ω , 1K Ω , 10K Ω and 10M Ω four within the range of resistance measurement, and introduced the system hardware circuit, software design and the ADC sampling correction algorithms. The experiment proved that this system within the range of resistance measurement precision reached 0.3%, with a range of manual or automatic switch gear, resistance screening, voice prompt, LCD display, etc. The measuring instrument complete functions, high measuring accuracy, stable performance, has certain practical value.

Key words: TMS320F2812; method of constant current source; method of constant voltage source; ADC sampling; measuring resistance

0 引言

电阻是电子产品的基本组成电子元器件之一, 其质量和精度关系到产品的质量, 因此在来料检测时电阻都要经过严格的仪器检验, 但是对于大量电阻需要被测量时, 万用表显得不是很方便和智能。为了提高工作效率, 本文设计的高精度自动电阻测量仪能完成 0~10 M Ω 范围内电阻的测量, 可以手动或自动切换 4 种电阻量程, 提高测量精度; 并能根据键盘输入的电阻值和误差值进行电阻自动筛选, 达到批量检测需求。

1 系统总体设计及工作原理

本系统由 TMS320F2812 处理器、恒压源、电流源、信号调理电路、键盘及 LCD 显示等模块组成, 系统总体结构如图 1 所示。

根据恒流源和恒压源的特点, 对于 100 Ω 、1 k Ω 和 10 k Ω 共 3 个档位量程范围的电阻采用恒流源驱动的伏安法进行测量, 而对 10 M Ω 档位量程采用恒压源进行分压测量^[1]。

在自动换挡功能模式下, 系统初始化时, 恒源选择开关选择恒流源, 恒流源通过被测电阻产生电压信号, 再通过各档位调理电路进行信号放大或缩小, 输出符合 TMS320F2812 处理器 ADC 模块采集的电压信号; 并根据各档位量程调理电路输出的电压范围确定被测电阻的档位。也可以通过键盘设置, 使系统工作在手动换挡功能模式下, 该模式适用于已知电阻值的

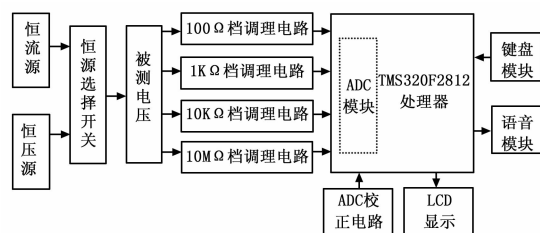


图 1 系统总体结构框图

大概范围。最后把电阻的测量值显示在 LCD 模块上。在自动筛选功能模式下, 系统根据键盘输入的电阻值和误差值进行电阻允许范围值计算, 当被测电阻的实际测量值不在电阻允许范围内, 则说明电阻不合格, 并且语音模块电路会发出“不合格”的声音; 当被测电阻的实际测量值在电阻允许范围内, 则说明电阻合格, 并且语音模块电路会发出“合格”的声音。

2 系统硬件设计

2.1 控制核心及外围电路

TMS320F2812 处理器是 TI 公司推出的 32 位定点 DSP 芯片, 采用了高性能 CMOS 技术, CPU 主频高达 150 MHz; 内含 128 K \times 16 位的 Flash, 18 K \times 16 位 RAM; 具有 16 路高速 12 位 ADC, 采样时钟最高可配置 25 MHz, 采样频率最高为 12.5 MSPS^[2]。本系统采用了 TMS320F2812 片内 6 个 ADC 通道, 其中 ADCINA0~ADCINA3 分别采集 4 个档位的调理电路输出信号, ADCINA4 和 ADCINA5 作为 ADC 校正的基准电压输入端。语音模块采用 PM60 语音芯片, 该芯片整合录音、储存器、ADPCM 编码解码、功率放大器等线路的全功能录音系统^[3]。

收稿日期: 2013-12-21; 修回日期: 2014-02-07。

基金项目: 广东省河源市科技发展计划项目(2013125)。

作者简介: 杨 黎(1981-), 男, 江西都昌人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事仪器仪表测量技术、嵌入式系统开发等方向的研究。

吴宗泽(1973-), 男, 重庆市人, 副教授, 博士, 主要从事嵌入式系统设计、图像视频编解码方向的研究。

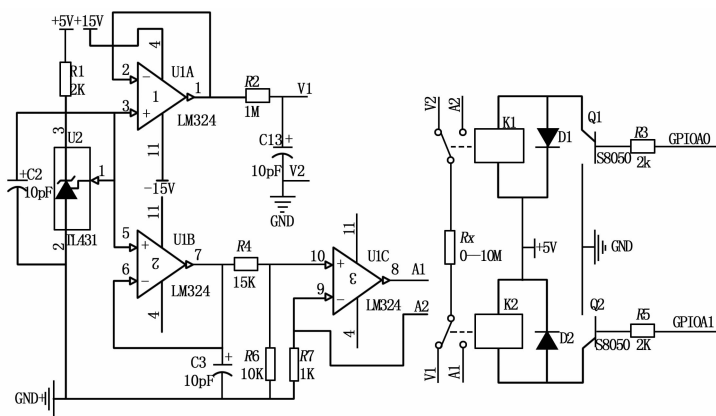


图 2 恒流源与恒压源驱动电路

2.2 恒流源与恒压源驱动电路

U1C、R₇、R_X 等元件组成的电流串联负反馈电路，实现 1 mA 的恒流源驱动电路，则 R_X 值为 1 000 × U_X，可计算 100 Ω、1K Ω 和 10 KΩ 三个档位量程内的电阻阻值。V1 和 V2 两端产生 2.5 V 恒压源驱动源，可计算 10 MΩ 量程内的电阻值。K1 和 K2 继电器由 TMS320F2812 控制。

2.3 档位信号调理电路

100 Ω ~ 10 MΩ 共 4 个信号调理电路分别输出到 TMS320F2812 的 ADCINA0~ADCINA3。由于 TMS320F2812 内 ADC 转换器的基准电压为 3.3 V，通过信号调理电路作用，使各位信号调整电路输出电压都归一成 0~2.5 V 的范围，各档位信号调理电路参数变化如表 1 所示。

表 1 各档位信号调理电路参数变化

档位	被测电阻范围	信号调理电路输入电压	放大倍数	信号调理电路输出电压
100 Ω	0 Ω ≤ R _X ≤ 100 Ω	0 V ≤ U _i ≤ 100 mV	20	0 V ≤ U ₀ ≤ 2 V
1 kΩ	100 Ω < R _X ≤ 1 kΩ	100 mV < U _i ≤ 1 V	2	200 mV < U ₀ ≤ 2 V
10 kΩ	1 kΩ < R _X ≤ 10 kΩ	1 V < U _i ≤ 10 V	1/5	200 mV < U ₀ ≤ 2 V
10 MΩ	10 kΩ < R _X ≤ 10 MΩ	24.75 mV < U _i ≤ 2.273 V	1	24.75 mV < U ₀ ≤ 2.273 V

3 ADC 校正算法设计

3.1 ADC 校正原理分析

ADC 模块的误差不仅包括模块本身器件特性引起的零点、增益及非线性等误差，还有原理性的量化误差等。非线性误差、量化误差等这些因素是很难通过措施来弥补的，但是由于 ADC 模块的转换特性是线性的，由转换特性引起的增益和偏移的误差，可以通过适当的措施来进行补偿^[4]，ADC 模块的转换特性曲线如图 3 所示。

从图 3 可知，理想转换曲线 X 与 Y 的关系是：Y = m_i × X，不存在增益误差和偏移误差。但实际上 TMS320F2812 内部 ADC 转换是存在增益误差和偏移误差，实际转换曲线 X 与 Y 的关系是：Y = m_a × X + b。假设实际曲线经过 (X₁, Y₁) 和 (X₂, Y₂)，则有：

$$\begin{cases} Y_1 = m_a \times X_1 + b \\ Y_2 = m_a \times X_2 + b \end{cases}$$

通过二元一次方程求得到：

$$\begin{cases} m_a = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \\ b = \frac{Y_1 X_2 - Y_2 X_1}{X_2 - X_1} \end{cases}$$

因此，只要知道数字量转换结果 Y，就可以得到实际的输入量 X = (Y - b) / m_a。

3.2 ADC 校正措施

在硬件上，采用 TL431 与电阻网络得到两路精准的参考电压 V_{REFA} 和 V_{REFB}，分别送到 TMS320F2812 的 ADCINA4 和 ADCINA5 端口。这样通过转换两路已知电压信号可以得到增量系数 m_a 和偏移量 b，再利用这两个参数去校正 ADCINA0~ADCINA3 的采样通道。

在软件上，利用通用定时器 T1 的周期匹配事件来启动 ADC 转换，对 ADCINA0~ADCINA2、ADCINA4 和 ADCINA5 共 5 个通道进行连续 10 次采样。然后对各个通道的 10 个采样值进行排序、中值滤波、求和平均值^[6]。再由 ADCINA4 和 ADCINA5 通道的值计算求得转换的增益系数 m_a 和偏移量 b；最后由这两个量来校正 ADCINAx (x 为 0、1、2、3) 通道的采样值。

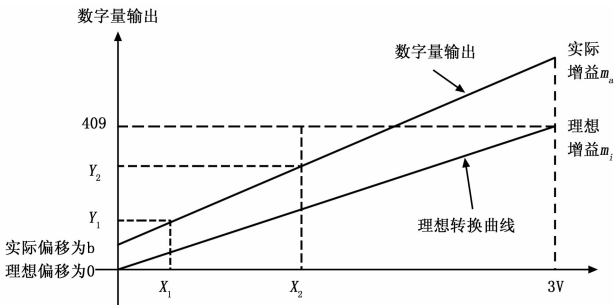


图 3 ADC 模块的转换特性曲线

4 系统软件设计

系统主程序流程如图 4 所示，采用 1 mA 恒流源在被测电

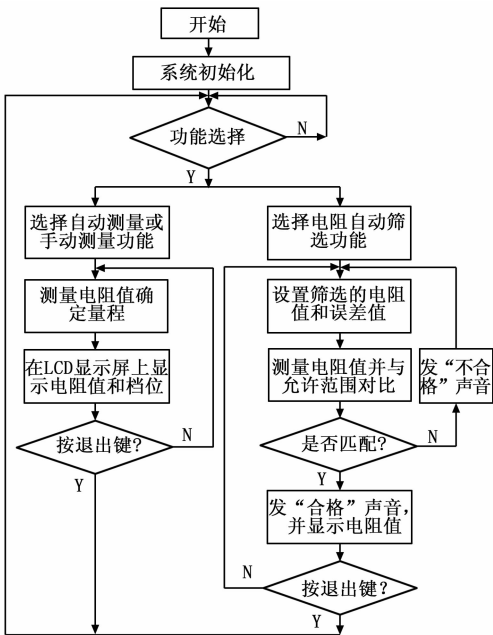


图 4 系统主程序流程图

阻上形成电压信号和 2.5 V 恒压源驱动被测电阻分压形成电压信号的两种电阻测量方法, 根据欧姆定理和电阻分压原理, 以及采集到的电压值, 就可以计算出被测电阻的值^[6]。

5 系统功能测试

采用 Agilent U3401A 数字万用表对被测电阻进行对比测试, 测试项目包括 100 Ω~10 MΩ 共 4 种量程内的电阻测试, 以及电阻筛选功能测试。测试结果如表 2 和表 3 所示。

表 2 电阻值和误差测试

档位	标称值	万用表测量值	系统测量值	测量误差 (%)
100Ω	3.3 Ω	3.4 Ω	3.41 Ω	0.29
	68 Ω	68.12 Ω	68.1 Ω	0.03
1 kΩ	200 Ω	200.2 Ω	200.3 Ω	0.05
	680 Ω	680.2 Ω	679.2 Ω	0.15
10 kΩ	3.3 kΩ	3.28 kΩ	3.27 kΩ	0.3
	9.6 kΩ	9.59 kΩ	9.61 kΩ	0.21
10 MΩ	860 kΩ	860.2 kΩ	861.1 kΩ	0.10
	4.3 MΩ	4.28 MΩ	4.27 MΩ	0.23

表 3 电阻筛选功能测试

标称值	设定电阻值	设定误差 (%)	系统测量值	是否符合
10 Ω	10 Ω	1	10.1 Ω	合格
200 Ω	200 Ω	1	201.2 Ω	合格
4.7 kΩ	4.7 kΩ	0.5	4.65 kΩ	合格
9.6 kΩ	9.6 kΩ	0.5	9.62 kΩ	不合格
5.1 MΩ	5.1 MΩ	1	5.11 MΩ	合格

(上接第 1989 页)

表 1 标准测量与样机测量结果对比

序号	标准校正仪测量 (%)	结果样机测量 (%)	绝对误差 (%)
1	3.20	3.19	0.01
2	3.21	3.22	0.01
3	3.19	3.20	0.01
4	3.35	3.34	0.01
5	3.24	3.25	0.01
6	3.46	3.46	0.00
7	3.23	3.20	0.03
8	3.31	3.30	0.01
9	3.33	3.32	0.01
10	3.41	3.41	0.00

6 结论

本文设计并实现了智能检测仪, 设计丰富了 GUI 系统, 设计了风量模型、风速表、零点漂移校正、断面勘测、气体实时采样、温度实时采样、激光探头启动及状态分析等功能, 利用 ARM、DSP 构建双处理器架构, 提高了检测仪数据处理能力以及检测精度, 由于检测仪的软硬件平台功能强大, 将会在工业领域中得到很好的应用, 尤其在智能电网、风力发电及煤矿安全等工业现场。

参考文献:

[1] 张旭苹, 刘振乾, 王 顺, 等. 基于双处理器架构的列车超限检

从表 2 和表 3 可知, 本系统测量误差小于 0.4%, 电阻筛选也符合功能要求。

6 结论

本自动电阻测量仪是以 TMS320F2812 处理器为核心, 根据恒流源和恒压源作用在不同电阻范围内的优点, 设计电阻测量驱动电路; 在系统软硬件设计上, 采用 ADC 采样校正算法、数字滤波等技术, 使各量程内的电阻测量精度均达到 0.3%; 通过系统功能测试, 该电阻测量仪具有量程手动或自动转换档位、自动电阻筛选等功能, 测量精度高, 可广泛应用电阻测量、电阻筛选等场合。

参考文献:

[1] 陈文华, 余水宝, 张艳艳. 高精度宽量程电阻测量方法研究 [J]. 仪器仪表学报, 2005, 26 (8): 452-453.
[2] 高吉星, 赵 强, 佟为明. 基于 ENC28J60 的 TMS320F2812 以太网通信接口设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (3): 709-711.
[3] 李德尧, 等. 基于单片机的自动电阻测量仪设计 [J]. 仪表技术, 2012, (1): 16-24.
[4] 韩富春, 武天文, 等. 采用软件校正的 TMS320f2812 内置 ADC 采样值方案 [J]. 太原理工大学学报, 2006 (2): 173-175.
[5] 顾卫钢编. 手把手教你学 DSP—基于 TMS320X281X [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.
[6] 李鹏程, 靳世久, 陈世利. 基于恒流源的陀螺仪测温丝电阻测量电路的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (12): 1781-1801.

测系统研究 [J]. 仪器仪表学报, 2012, 33 (1): 91-93.
[2] 郝 研, 王太勇. 基于分形理论的便携式故障诊断系统的设计与开发 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (12): 2742-2747.
[3] 张金平, 张定会, 谢光伟, 等. 基于 Linux 下的 ARM 与 DSP 之间数据通信 [J]. 仪器仪表学报, 2006, 27 (s3): 2056-2059.
[4] 竺乐庆, 张三元, 幸 锐. 基于 ARM 与 Windows CE 的掌纹鉴别系统 [J]. 仪器仪表学报, 2009, 30 (12): 2624-2626.
[5] 樊杨垂. 基于 pC/OS—H 的煤矿瓦斯图形智能检测仪的设计与实现 [D]. 昆明: 昆明理工大学, 2007.
[6] 石 零, 余新明, 吴学军, 杨伟忠, 邓金灿. 巷道断面测定仪的研制 [J]. 矿山测量, 2010, (6): 54-56.
[7] 洪占勇, 杨永跃, 邓善熙. 车轮热轧轮胚尺寸激光测量系统的研究 [J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24 (7): 686-691.
[8] 黄 旭. 基于 TDC—GP2 的远距离脉冲式激光测距的研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2012.
[9] 金 晶. 基于 ARM 的超声波风速测量系统设计 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2008.
[10] Chen, Sun T, Liang N C. An Evaluation Study of Mobility Support in ZigBee Networks [J]. Journal of Signal Processing Systems, 2010, (4): 111-122.
[11] 秦 怡, 曹雪祥. 矿井瓦斯浓度测量仪器的设计 [J]. 矿业安全与环保, 2010, 37 (1): 223-227.
[12] 唐密媛, 张根宝. 基于 ARM Cortex—M3 的便携式智能瓦检仪的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2009, 17 (12): 45-49.
[13] 路秋英, 郝国法, 向晓东. 基于 51 单片机和 VB6.0 的瓦斯浓度监测系统 [J]. 工矿自动化, 2008, (1): 38.