

陶瓷电容式智能压力变送器

李鹏^{1,2}, 李民强¹

(1. 中国科学院合肥智能机械研究所, 安徽合肥 230031 2. 中国科学技术大学, 安徽合肥 230027)

摘要:设计了一种基于 MSP430F447 的智能型陶瓷电容式压力变送器, 给出了其信号获取装置(双电容陶瓷压力传感器)的制备原理、信号调理电路的设计以及单片机软件程序设计。其中, 软件程序主要解决了非线性补偿和温度补偿问题, 提高了系统测量精度。实验结果表明: 研制的变送器线性误差小于 0.42%, 迟滞误差小于 0.48%, 零点温漂系数低于 $2.4 \times 10^{-4} \text{ mA}/^\circ\text{C}$ 。

关键词:陶瓷电容; 智能; 压力变送器

中图分类号: TP212

文章标识码: A

文章编号: 1002-1841(2007)05-0003-02

Intelligent Ceramic Capacity Pressure Transducer

LI Peng^{1,2}, LI Min-qiang¹

(1. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031, China;

2. University of Science and Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: The intelligent pressure transmitter based on dual-capacity ceramic pressure sensor and MSP430F447 was designed. The basic principle, fabric design, manufacturing technique and performance test of dual-capacity pressure-sensitive component were described in detail. Experimental results indicate that the sensor has many merits such as: the non-linearity error and hysteresis error are within 0.42% and 0.48%, the coefficient of temperature drift is under $2.4 \times 10^{-4} \text{ mA}/^\circ\text{C}$.

Key words: ceramic capacity; intelligent; pressure transducer

1 系统硬件结构和原理

智能型陶瓷电容式压力变送器的基本工作原理是: 自主研发的前端压力传感器作为信号获取装置将外界压力信号转换为电容信号输出; 信号调理电路将电容信号转为数字电压信号输出, 起到电容/电压转换作用; 单片机对采集到的数字电压信号进行智能处理, 包括非线性补偿、温度补偿等, 将处理后所得的数字电压信号交于 AD421 电路和 LCD 显示; AD421 电路将单片机输出数字电压信号转化成 4~20 mA 工业标准电流信号输出。系统框图如图 1 所示。

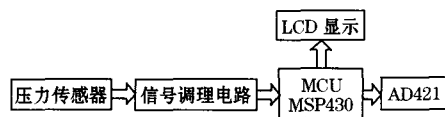


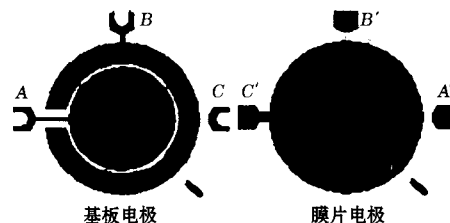
图1 变送器系统框图

1.1 双电容陶瓷压力传感器的设计原理

双电容陶瓷压力传感器是依据变隙式工作原理, 应用厚膜工艺制成的感压元件, 其外观如图 2 所示。

基板和膜片均为陶瓷制品(其主要化学成分为 Al_2O_3), 通过厚膜丝网印刷工艺将钯银电极(Pd-Ag 电极)浆料印制在基板和膜片上; 利用环形低温玻璃将陶瓷盖板和弹性膜片电极粘接成一体, 经烘干和高温烧结便形成了一个非充液空气介质的电容器。由于陶瓷膜片边缘固定在陶瓷基座上, 周边支撑, 受力时中间形变大, 边缘形变小, 电容量输出具有非线性并且其灵敏度降低, 为减少温度影响和边缘效应, 设计时在陶瓷膜片

上设置圆形的单电极作为公共电极, 陶瓷基板上设置双电极并使面积相等, 构成同轴环状的双电容传感器。中心为测量电容 C_p , 边缘环形为参考电容 C_r , C_r 的外侧是固支边。双电容结构大大减小了传感器系统的非线性误差, 同时在环境温度变化时, 由于两电容感受同一温度的变化, 温度对它们所产生的温度效应是一致的, 这就减小了因温度引起的测量误差, 起到了温度自补偿作用。

图2 $\Phi 40 \text{ mm}$ 感压元件的厚膜电极图

1.2 传感器信号调理电路

AD7745 的主要功能是完成电容-数字电压转化, 直接将电容信号转换为数字电压信号, 送入单片机处理。AD7745 的外围电路如图 3 所示, $\text{CIN1}(+)$ 和 $\text{CIN1}(-)$ 引脚与 EXCA 引脚之间分别接感压元件的双电容(参考电容和测量电容), 采用差分方式输入; SDA、SCL 引脚为 I²C 总线接口输出, 输出数字电压信号; RDY 引脚低电平有效, 每个信号下降沿表明信号传输完毕, 新数据处于可传输状态。

1.3 单片机基本系统

单片机采用 MSP430F447, 其周围还设计了显示模块、键盘等。MSP430F447 单片机作为智能处理单元, 主要任务是对前端传感器和信号调理电路进行数据处理以提高数据可靠性, 并进

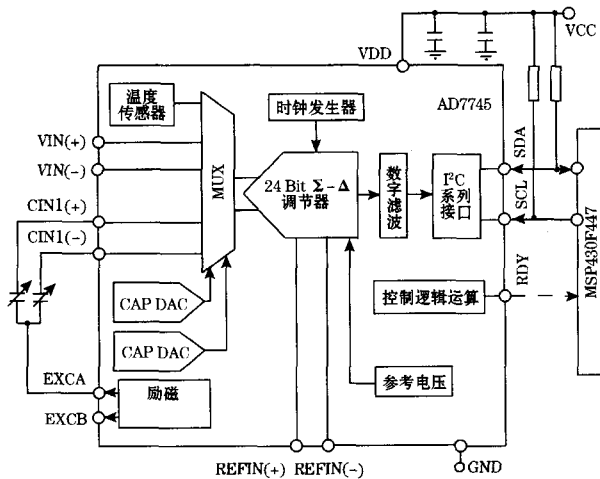


图3 信号调理电路

行非线性补偿和温度补偿等得到理想数据。得到的理想数据交下一级输出信号处理单元处理,同时在LCD显示屏上显示。

1.4 输出信号处理单元

AD421是数模转化电路。它以串行方式的16位数字信号为输入,经过数模转化后以4~20 mA电流输出。系统中AD421外围电路设计如图4所示。

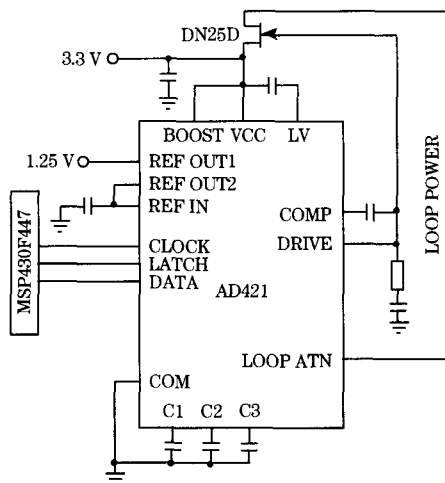


图4 输出信号处理电路设计

2 系统软件设计

系统软件采用模块化结构,可靠性、通用性好,且易于修改扩展。具体来说,系统启动后,主程序完成各种初始化工作。系统的各种具体功能由如下各种中断处理子程序构成:键盘去抖子程序、冒泡排序子程序、查表子程序、液晶显示控制子程序等。系统软件程序流程图如图5所示。

在系统正常工作时,由各键盘按键触发中断,系统判别各中断,执行各种具体功能。

2.1 键盘去抖子程序

键盘去抖子程序是为了确认按键按下的可靠检测程序。该程序的设计有利于系统可靠性的提高,在实现上主要通过一段时间的延迟后再次检测按键的状态而实现。

2.2 数据处理子程序

数据处理子程序对一小段时间内采集到的多个数据滤除最大值和最小值,然后统计计算其算术平均值,并通过查表法

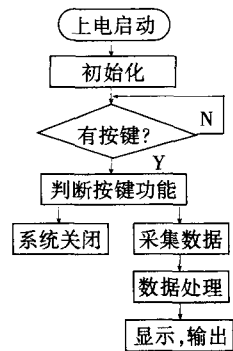


图5 系统软件程序流程图

进行非线性补偿和温度补偿。因此,在数据处理子程序的编写前,须通过实验获取传感器非线性曲线和温度漂移曲线,以便制备查表数据。

2.3 液晶显示控制子程序

在该子程序中仍然有各种初始化工作,主要是初始化各种显示控制寄存器以及设置各种信号参数,例如帧信号频率等,使LCD显示屏与LCD控制器匹配工作。

3 变送器实验结果与分析

变送器实验采用活塞式压力计作为施压和测压设备,采用电容测试仪作为电容测量装置,采用高精度电流表作为输出电流测试装置,采用温度实验箱作为实验温度控制装置。实验结果曲线如图6、图7所示。

图6说明输出电流与外加压力有很好的线性关系,非线性误差小,最大不超过0.42%,并且曲线中加压、减压的输出-输入正反行程曲线重合得很好,几乎分辨不出加压、减压曲线印迹,迟滞误差小于0.48%。其主要原因是前端传感器的精确测量和后端智能单元的非线性补偿。

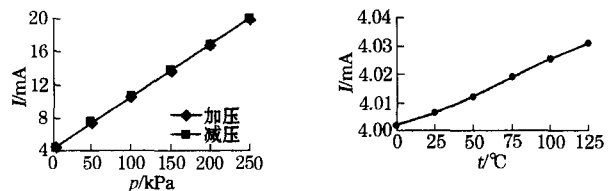


图6 室温时变送器输出-输入曲线

图7说明传感器零位输出随温度变化曲线斜率很小,不超过 2.4×10^{-4} mA/°C。其主要原因是智能处理单元的温度补偿。

4 结束语

利用厚膜传感技术研制厚膜陶瓷电容压力传感器,在结构上设计了双电容感压元件,同条件下测试电容和参考电容所产生的温度效应是一致的,温度影响可以相互抵消,精度高。智能化的信息处理,模块化的软件处理提高了系统的可靠性和通用性。产品体积小、精度高,不但可以测量工业现场压力参数,还可以间接测量液位、位移等参数,具有广泛的使用价值和市场价格。

参考文献:

- [1] Analog devices handbook.
- [2] 唐力强,李民强,李鹏.基于厚膜技术的双电容陶瓷感压元件设计.仪表技术与传感器,2006(7):3-5.