

基于 AT89C51 的高精度汽油油号智能检测仪的设计

韩红芳, 孙守昌, 林康红

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213026)

摘要: 设计了一种高精度汽油油号智能检测仪, 信号采集通过电容传感器和 C/F 变换器完成, 利用温度传感器 DS18B20 进行温度补偿。采用 AT89C51 为主控制器, 在数据处理时利用多元线性回归得到汽油油号的拟合表达式。系统实现电路简单、功耗低、精度高, 适合在家用汽车和远距离测量设备中使用。

关键词: 辛烷值; C/F 转换器; 多元线性回归

中图分类号: TP216

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2010)21-0088-03

Intelligent and high-accuracy instrument for gas value measurement based on AT89C51

HAN Hong Fang, SUN Shou Chang, LIN Kang Hong

(School of Information Science & Engineering, Changzhou University, Changzhou 213026, China)

Abstract: An intelligent and high-accuracy instrument for gas value measurement is designed in this paper. The signal is acquired through the capacitance sensor and C/F converter. The temperature sensor DS18B20 is used for temperature compensation. AT89C51 is used as a host controller. Fitting expression of gasoline label is obtained by using multiple linear regression in the data processing. System has the advantage of simple circuit, low power consumption and high precision. So it is suitable for using in the family car and distance measuring equipment.

Key words: octane number; C/F converter; multiple linear regression

随着经济的快速发展, 汽车已经进入普通居民家中, 因此汽车所用汽油的油品问题越来越受到人们的重视。随着汽油市场的开放, 汽油的进货渠道不同, 汽油的质量也有所不同。汽车加油时如果油品不对, 会对汽车造成很大的伤害, 影响消费者的利益, 加大环境污染, 更重要的是会危及到人的生命, 因此研究一套高精度的汽车油品测量仪具有重要的作用。

1 油品测量传感器的设计

车用汽油是按照其辛烷值的高低以标号来区分的, 汽油的辛烷值不同其介电常数也不同, 辛烷值大的汽油介电常数也大。如果能测定介电常数, 就可以计算出辛烷值。介电常数的变化可用电容的容值变化来测定。因此本系统采用了一个平行板电容式传感器, 若不考虑温度等的影响, 两极板间的电容如式(1)所示。

$$C = \frac{\epsilon S}{d} \quad (1)$$

从式(1)可以看出, 当面积 S 和极板之间的距离 d 确定不变时(不考虑边沿效应和漏电), C 是 ϵ 的函数。如果能测量出 C 大小, 则可以计算出 ϵ , 从而可以得到汽油的油号。

但电容的变化仍不易直接测量, 因此本系统采用 C/F 变换电路把电容的变化转化为频率的变化, 用单片机的计数和定时功能测量频率, 根据频率和辛烷值的函数关系来计算汽油的辛烷值。转换电路选用 NE555 芯片组成一个多谐振荡器完成 C/F 变换, 该芯片的最高工作频率为 500 kHz。C/F 变换电路如图 1 所示。转换后频率公式为:

$$f \approx \frac{1.43}{(R2+2R1)C1} \quad (2)$$

本系统中采用 AT89C51 作为主控制器。单片机采用 12 MHz 的晶振, 因此定时器所能识别的最高频率为 500 kHz。选择 $R1$ 和 $R2$ 时应满足如下公式:

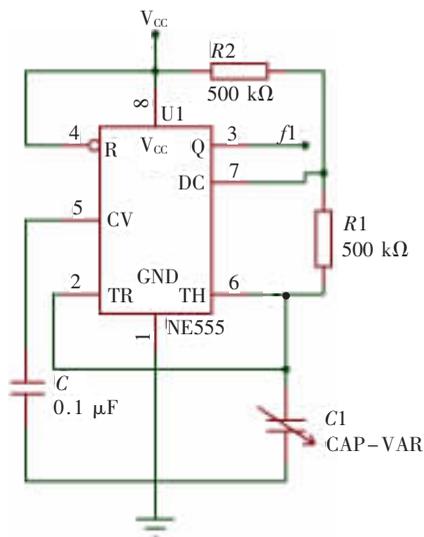


图1 C/F 转换电路

$$f \approx \frac{1.43}{(R2+2R1)C1} \leq 500 \text{ kHz} \quad (3)$$

但是当环境温度变化时,传感器的几何形状和尺寸会发生变化,从而引起电容量变化,电容传感器受环境温度的影响必然引起测量误差。因此,需要加入温度检测环节,根据检测的温度对系统进行补偿。本系统所用温度传感器为集成的温度传感器 DS18B20。

DS18B20 测量温度范围为-55℃~+125℃,在-10℃~+85℃范围内,精度为±0.5℃。现场温度直接以“一线总线”的数字方式传输,大大提高了系统的抗干扰性,适合

于恶劣环境的现场温度测量。

因传感器的电容值在几十 pF 量级,寄生电容和分布电容的影响不可忽略,硬件设计时应尽量减小引线的长度,C/F 变换器接近电容传感器,有利于减少寄生电容和分布电容对传感器电容的影响。另外,设计电路板时 C/F 变换器部分要填充处理,减少干扰对测量的影响。

2 硬件电路的设计

油品检测仪硬件电路图如图 2 所示。本系统中采用 AT89C51 为主控制器。经 NE555 转换的与介电常数相关的频率信号接到 AT89C51 的 P3.5 口,由单片机的内部计数器对该端口的频率信号进行测量。同时温度传感器 DS18B20 接到 P3.0 口,通过对 P3.0 口进行读取得到当前的温度,以进行温度补偿。本系统中通过 4 位 LED 进行显示。4 位 LED 数码管在实验期间用来显示电容值,而在系统工作后用来显示汽油的油号。电路中的 P1.2 和 P1.5 分别接 LED 和 SPEAKER。当汽油的油号低于或者高于设定的标准后,系统通过声光进行报警。

3 软件设计

由式(1)可以得到 $\varepsilon = \frac{d}{S} C$,也就是说当系统采集了频率信号,将频率信号转换为电容值后就可以计算出介电常数。但是为了确保液位传感器的精度,考虑到温度、被测介质特性和罐体等差异,在系统投入使用前先对该传感器进行数字校准,得到介电常数的方程式。本系统采

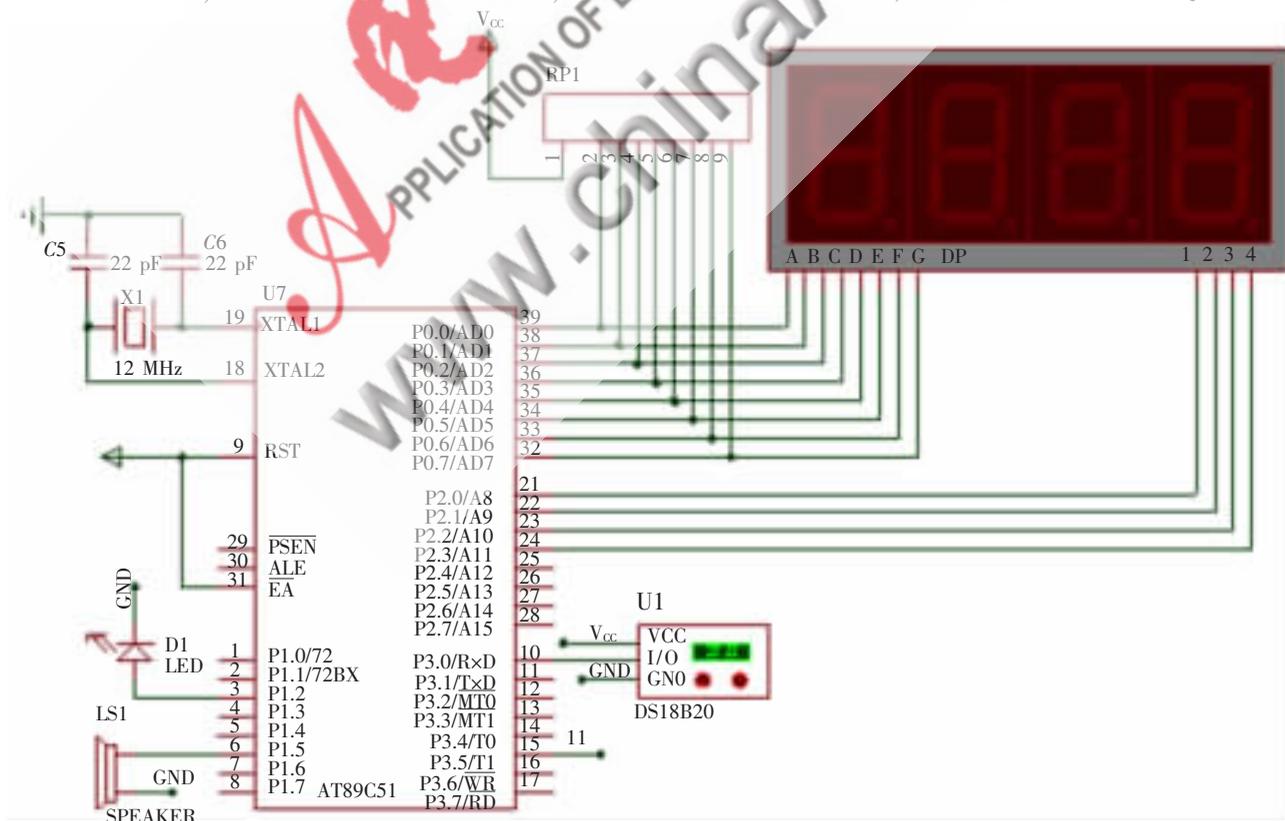


图2 油品检测仪硬件电路图

用最小二乘法进行拟合。在系统工作前,根据大量电容值与辛烷值的数据,在计算机上用多元线性回归法建立辛烷值与电容值的数学模型,拟合多项式为定义汽油标号 y 与电容值和温度等物理量的函数关系为:

$$y = K_1 T + K_2 C + B \quad (4)$$

其中 T 为测量的温度值, C 为测量的电容值, B 为测量值与实际值间的偏差。

在系统投入使用之前,实测电容传感器 m 组数据为: $(T_1, C_1, y_1), (T_2, C_2, y_2), (T_3, C_3, y_3), \dots, (T_m, C_m, y_m)$, 其中 T_i 为第 i 个测量时的温度值, C_i 为第 i 个被测电容值, y_i 为第 i 个被测辛烷值。根据多元线性回归,通过建立残差平方和来确定系数的“最佳值”:

$$S_r = \sum_{i=1}^m (y_i - K_1 T_i - K_2 C_i - B)^2 \quad (5)$$

分别对未知的参数取偏微分得:

$$\begin{cases} \frac{\partial S_r}{\partial K_1} = -2 \sum_{i=1}^m T_i (y_i - K_1 T_i - K_2 C_i - B) \\ \frac{\partial S_r}{\partial K_2} = -2 \sum_{i=1}^m C_i (y_i - K_1 T_i - K_2 C_i - B) \\ \frac{\partial S_r}{\partial B} = -2 \sum_{i=1}^m (y_i - K_1 T_i - K_2 C_i - B) \end{cases} \quad (6)$$

令这些偏微分等于零,这样得到的系数就是残差平方和最小时的系数值。采用矩阵形式表示为

$$\begin{bmatrix} m & \sum_{i=1}^m T_i & \sum_{i=1}^m C_i \\ \sum_{i=1}^m T_i & \sum_{i=1}^m T_i^2 & \sum_{i=1}^m T_i C_i \\ \sum_{i=1}^m C_i & \sum_{i=1}^m T_i C_i & \sum_{i=1}^m C_i^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} B \\ K_1 \\ K_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^m y_i \\ \sum_{i=1}^m y_i T_i \\ \sum_{i=1}^m y_i C_i \end{bmatrix} \quad (7)$$

由式(7)计算出多项式系数,由多项式算出各实测电容值的辛烷值。

测量系统投入运行后,测量时用单片机的定时器进行 50 ms 的定时,记定时时间内 C/F 变换器发出的脉冲个数,用于计算频率值,再用式(2)计算被测汽油的电容值,结果代入到辛烷值与电容值的拟合多项式(4)中,计算出汽油的辛烷值。

为了提高测量精度,提高系统的抗干扰性能,在系统中采用了软件抗干扰的方法。在测量频率信号时,对于每个频率信号测量 10 次,测量完后通过算术平均滤波的方法得到该测量的频率值。系统具体的软件流程图如图 3 所示。

4 测试结果

通过对市场上出售的汽油进行采样测试,结果如图 4 所示。可见测试结果存在一定的非线性,原因可能是标定的汽油的辛烷值并不是整 90# 或 97#, 这是因为汽油在出厂定标时采用的是分级的近似方法。

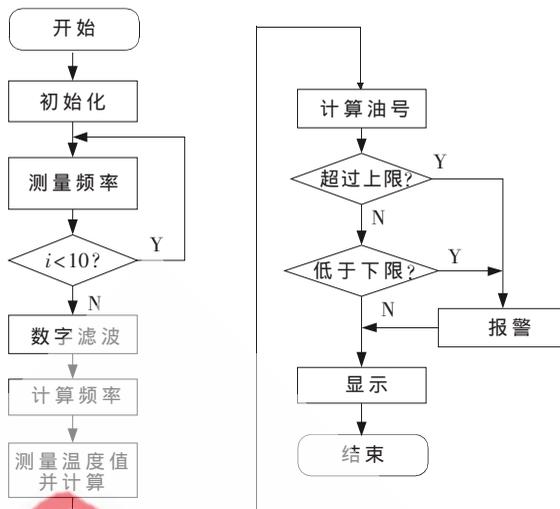


图 3 软件主流程图



图 4 实验数据分析

本文设计的高精度油品智能检测仪,选用低功耗的微处理器,通过电容传感器测量汽油的介电常数,同时考虑到温度的影响,将温度传感器集成到电容传感器内,准确测量被测介质的温度,保证温度补偿的实时性。研究表明,使用该传感器对汽油的标号进行检测是可行的,多次测试其精度为 ± 0.5 个标号,能够满足一般分辨油品标号的需求,且整套测试系统成本低廉,能够快速测试,可以降低测试的成本,提高效率。整个系统信号采用数字量进行传输,比较适合用于远距离传输,因此该系统还可以用于油品的在线检测和控制。

参考文献

- [1] 胡大可. MSP430 系列超低功耗 16 位单片机原理与应用 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2000.
- [2] 张毅刚. MCS251 单片机应用设计 [M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2000.
- [3] 刘迎春. 传感器原理 [M]. 长沙:国防科技大学出版社,1989.

(收稿日期:2010-05-07)

作者简介:

韩红芳,女,1975 年生,工学硕士,讲师,主要研究方向:机电一体化、仪器仪表。