

基于 DSP 的油量传感器检测装置的设计与实现

卫建华 齐攀 刘琪 景磊磊 王亚峰

(西安工程大学电子信息学院 西安 710048)

摘要: 为了快速检测车用油量传感器,提高检测效率,设计了一种采用 DSP 为主处理器的手持式干簧管油量传感器检测方案。该装置采用两线制电阻测量法进行传感器位置电阻测量,通过干电池对整个系统进行供电,以 TI 的 TMS320F28335 为核心控制器,并通过控制器片内高速 ADC 模块进行传感器电压采样,对采样数据进行处理分析,最终将检测结果通过 12864LCD 屏显示出来。经多次测试,该装置可快速准确检测出干簧管油量传感器故障所在,实现了手持式检测,性能稳定,使用方便且易携带。

关键词: 油量传感器;DSP;TMS320F28335;手持式;干簧管

中图分类号: TP216 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.10

Design and implementation of oil quantity sensor detection device based on DSP

Wei Jianhua Qi Pan Liu Qi Jing Xiaoxiao Wang Yafeng

(School of Electronics and Information, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: In order to quickly detect the oil quantity sensor and improve the detection efficiency, a scheme about hand-held oil quantity sensor of reed switch based on DSP is designed. The device adopts two wire resistance measuring method to measure the position resistance of the oil quantity sensor. By powering by dry batteries, taking the TMS320F28335 of TI as the core controller, collecting the sampling of the voltage of the sensor through the high speed ADC module in the chip of the core controller, and analyzing the sampling data, the test results are finally displayed through the 12864LCD screen. After many tests, the device can quickly and accurately detect the fault of the reed switch oil quantity sensor and can be made of the hand-held. The device is stable, easy to use and easy to carry.

Keywords: oil quantity sensor;DSP;TMS320F28335;hand-held;reed switch

0 引言

随着科技的发展,传感器技术^[1]在工业制造领域应用越来越广泛。在汽车制造领域,油量传感器^[2]是用来检测汽车油箱油量的重要部件,不同结构的汽车油箱,其油量检测原理也不尽相同。常见的油量传感器类型有厚膜电阻式油量传感器、电容式油量传感器、干簧管油量传感器、超声式油量传感器和霍尔油量传感器等^[3-4]。各式传感器中,超声式油量传感器与霍尔油量传感器检测精度高,不易被燃油污染,但因其造价高昂,应用并不广泛。相对而言,干簧管油量传感器结构简单,造价低廉,满足一般非精密测量,故其应用最为广泛。

纵观国内外油量传感器研究现状,对于油量传感器的研究,多为 3 个方面:油量传感器显示系统研究、油量传感器感应方式研究和油量传感器处理算法研究^[5-10],而在油量传感器性能检测方面,特别是干簧管油量传感器性能检

测方面相关研究较少,相关文献也不太常见。根据实际应用需求,本文提出一种基于 TMS320F28335^[11-13]的手持式干簧管油量传感器性能检测方案,用来替代万用表等传统仪表检测,提高检测效率,降低检测难度。

1 待测传感器及测试技术指标要求

1.1 干簧管油量传感器

干簧管油量传感器为车辆油量检测模块的重要组件,如图 1 所示,干簧管油量传感器主要由膜片电阻、干簧管、磁浮子与密封罩组成。磁浮子跟随油面高度上下移动,磁浮子所在处对应干簧管在磁力作用下吸合,A、B 间电阻阻值随着干簧管的吸合发生变化。因此 A、B 间电阻阻值随着油面高度的变化而变化,将变化的阻值转化成 CPU 可以接收的电压信号,计算出油箱油量。本设计最终目的,就是检测磁浮子处于不同位置时,传感器 A、B 间电阻值是否正常。

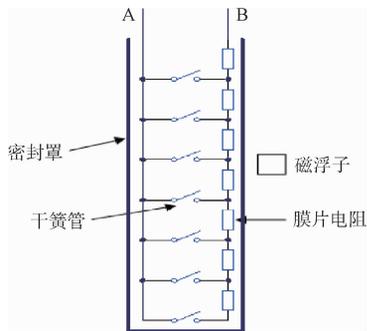


图 1 干簧管油量传感器原理

1.2 技术指标要求

首先,由于干簧管油量传感器所用膜片电阻均为精密电阻,阻值误差较小,且在实际应用中出现故障概率极小,而油量传感器故障多由干簧管引起,常见为不能正常吸合,偶尔出现虚焊的现象,因此本设计主要检测干簧管吸合性能以及电路是否正确焊接;其次考虑到便携性,设计该装置为手持式,采用干电池供电,操作简单且易携带;最后要求检测快速,能够在短时间内完成检测。

2 检测方案设计

本设计为手持式干簧管油量传感器性能检测,其实质为检测传感器不同位置电阻值是否正常。该设计检测对象最小阻值为 $10\ \Omega$,对于小电阻测量,常见的方法有直流恒流源测量法、大脉冲电流测量法、电桥测量法和四线制测量法等^[14-18]。以上方法各有优缺点,直流恒流源法测量虽然原理简单,但精密恒流源制作成本较高,非精密恒流源会因电流误差导致电阻测量大幅度偏差,故本设计不考虑使用直流恒流源法来检测;考虑到本设计为干电池供电,要求低功耗,且膜片电阻也会因电流过大而超出额定功率,故大脉冲电流法也不予以考虑;本设计为手持式检测装置,要求简单易携、干电池供电,因此电桥法测量也不考虑;至于四线制测量法,其多用于毫欧级别小电阻测量,本设计不要求过高精度,故也不予以考虑。考虑到本设计的综合需求,采用两线制测量方法,检测原理如图 2 所示, R_0 为高精度标准电阻, R_1 为待测油量传感器,通过 ADC 模块检测出标准电阻 R_0 两端电压,再根据传感器两端电压,得到油量传感器阻值。DSP 主控芯片通过 ADC 采集 A、B 两点电压分别为 U_A 和 U_B ,可得到 R_0 中电流 $I = (U_A - U_B) / R_0$,因为 R_1 另一头接地,故 R_1 两端电压等于 U_B , $R_1 = U_B / I = U_B R_0 / (U_A - U_B)$ 。考虑到供电电源 2.5 V 电压可能存在波动,在

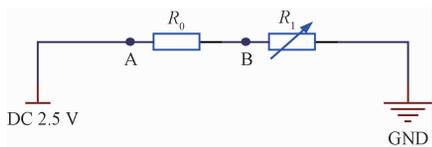


图 2 检测原理

系统设计时, A、B 两点电势必须同时采集。

3 系统硬件组成

主控芯片作为系统的核心,其选型尤为重要。鉴于要实现用手迅速将磁浮子从传感器上端滑到下端,极短时间内检测出传感器故障所在,则 ADC 模块采样速度一定要快;又考虑到传感器膜片电阻阻值最小为 $10\ \Omega$,故 ADC 模块采样精度一定要高;在检测过程中,ADC 模块必须同时精确采集标准电阻两端电压,因此 ADC 模块至少得满足两路电压同时采集,考虑到上述条件,本设计选 TMS320F28335 作为主控芯片, TMS320F28335 最高主频可达 $150\ \text{MHz}$ ^[19],具有 12 位 16 通道片内高速 ADC 模块,在级联模式下可两路电压信号同时采集,ADC 时钟频率最高可配置为 $25\ \text{MHz}$,采样带宽 $12.5\ \text{MHz}$,电压检测范围 $0\sim 3\ \text{V}$,完全满足设计需求。对于电阻测量,显示模块需要对传感器的错误节点编号予以显示,考虑到 1602 显示区太小,而 LCD12864 正好满足显示要求,故显示模块选择 LCD12864 液晶屏。供电模块为干电池供电,将干电池电压转换为 5、2.5 和 3.3 V 直流电压,分别为主控模块、待测模块和 LCD12864 供电。

干簧管油量传感器检测系统组成结构如图 3 所示,供电模块分别为主控模块、待测模块以及 12864 液晶屏供电。在检测过程过,首先按下检测键,然后迅速将油量传感器磁浮子从传感器上端滑到传感器下端,在此过程中, TMS320F28335 通过控制片内 ADC 模块,对待测模块进行检测,判断其是否存在故障。检测完之后,最终将检测结果通过 LCD12864 液晶显示屏显示出来。

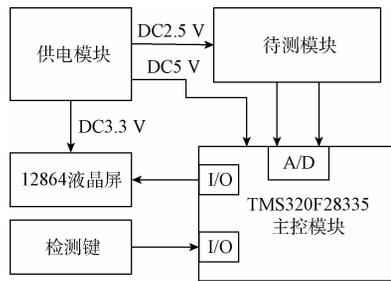


图 3 检测系统组成结构

4 系统软件设计

4.1 ADC 模块软件校正

对于 ADC 而言,无论是片内 ADC 模块还是外接 ADC,一般均存在误差。常见误差有增益误差、偏移量误差、非线性误差和原理性量化误差。一般而言,原理性量化误差与非线性误差不容易通过措施来减小,对于 TMS320F28335 来说,其 ADC 模块具有线性特性,模块中的增益误差与偏移量误差可以通过软件来校正。

TMS320F28335 片内 ADC 位数为 12 位,ADC 结果寄

寄存器为16位,通道转换结果存于高12位,低4位为0,而在一般应用中习惯于把通道转换结果右移4位作为数字输出量,则右移之后的数字输出量最大为4 095。本设计ADC使用片内参考电压,其模拟输入量为0~3 V,因此如图4所示,理想情况下ADC转换曲线应起于原点,终于(3,4 095)处,偏移为0,增益 $k_0 = 4095/3.0 = 1365$,但实际情况则会有偏差,如图4中实际转换曲线所示,假设ADC实际偏移为 b ,增益为 k ,模拟输入量 X 与数字输出量 Y 之间关系为: $Y = kX + b$,任取两组模拟量输入与数字量输出 $(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$,则可列出以下方程。

$$\begin{cases} Y_1 = kX_1 + b \\ Y_2 = kX_2 + b \end{cases} \quad (1)$$

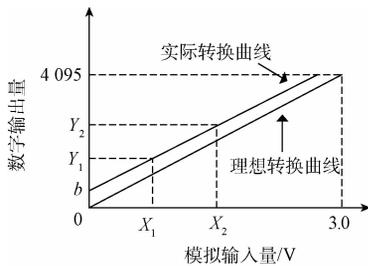


图4 ADC转换特性曲线

通过式(1)解出 k 与 b 之后,则可通过数字输出量 Y ,求出实际输入量 $X = (Y - b)/k$ 。通过此校正方法对本系统ADC模块进行多次测试,并最终校正到最佳精度。通过ccs3.3调试校正前后电压采样,并对其误差进行分析,表1为ADC校正前后电压采样误差分析,通过表内数据可看出,对ADC进行软件校正后,ADC采样误差大幅减小,通道转换精度得到极大提高。

表1 ADC校正前后电压采样误差分析

输入电压/V	原电压采样/V	误差/%	校正后电压采样/V	误差/%
0.5	0.521 050	4.21	0.502 551	0.51
1.0	1.029 217	2.92	1.003 212	0.32
1.5	1.534 651	2.31	1.504 057	0.27
2.0	2.029 426	1.47	2.002 836	0.14
2.5	2.546 355	1.85	2.505 061	0.20

4.2 系统主程序设计

检测装置主程序流程如图5所示。主程序首先对主控芯片TMS320F28335进行初始化,包括初始化系统控制寄存器、初始化PIE控制寄存器、初始化PIE向量表、初始化CUP定时器、初始化系统中断以及初始化ADC。之后判断检测键是否按下,如果没有按下,再次判断继续等待,如果检测键按下则初始化显示模块LCD12864液晶屏以及初始化系统全局变量,并且打开定时器0。定时器0打开之后,计数器开始计数,主程序继续执行,计数器溢出则进入中断

子程序,主程序判断进入中断子程序次数,当次数不够3 000次时,在此等待,等于3 000次时,向下执行。本设计中定时器0定时时间为1 ms,每过1 ms触发一次中断,进入中断子程序,中断子程序无延时环节,耗时较少,故等待进入中断3 000次基本等同于等待3 s的时间,在此时间内检测员完成将磁浮子从油量传感器的上部滑到下部。当进入中断次数等于3 000时,程序向下继续执行,判断所检测到的油量传感器各点的数据是否正确,如果全部正确,在显示模块输出:该产品合格。如果有数据存在问题,则对数据进行分析处理,计算出故障位置标号,并通过LCD12864液晶显示屏显示故障位置标号。到此该产品检测完成,主程序循环执行,继续判断检测键是否按下,等待下一个产品进行检测。

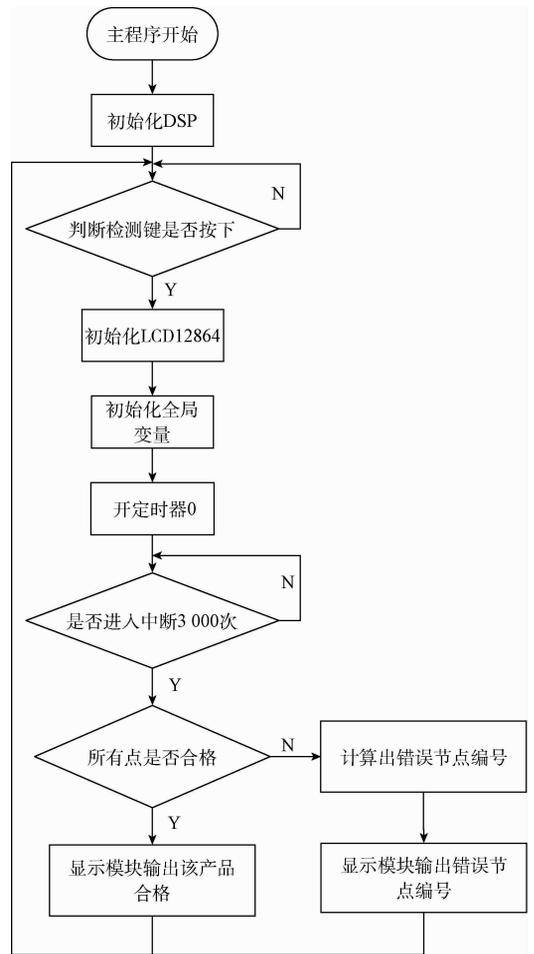


图5 主程序流程

4.3 定时器0中断子程序设计

定时器0中断子程序流程如图6所示,首先软件启动ADC,判断ADC各通道转换是否结束,如果没有结束在此等待,如果结束向下执行,读取采集结果,将读取的电压信号转换成电阻值,并且取整。取整完之后,通过查表法,将该数与标准数组中电阻的标准值逐一比对,进行匹配。该数组为二维数组,数组中存放的电阻标准值,是将传感器由

上往下各节点位置标准电阻值进行取整处理之后,按顺序进行存放的。比如节点 1 位置,标准阻值为 10.0 Ω,则数组第 1 行存放[10,10],节点 5 位置,标准阻值为 25.5 Ω,则数组第 5 行存放[25,26]。经过逐一比对,匹配完之后,如果数组中没有值与该数相等,则该数据舍弃,如果数组中有值与该数相等,则将该数组中被匹配到的值所对应的数组行号加一放入指定的匹配编号数组中,并且将未取整处理之前的电阻值放入指定的阻值数组中。由于 ADC 采样速率较快,且 ADC 一直采样,所以油量传感器中同一个位置的数据会被采集多次,同一个数值与标准数组中的标准值会多次匹配成功,以至于会有相同的编号重复放入匹配编号数组,所以在匹配编号数组存放编号时,本设计程序对其进行了除重过滤,阻值数组也只会将每个节点电阻值存放一次。最后,复位 ADC 排序器,清除 ADC 排序器中断标志,清除 PIE 中断响应标志。

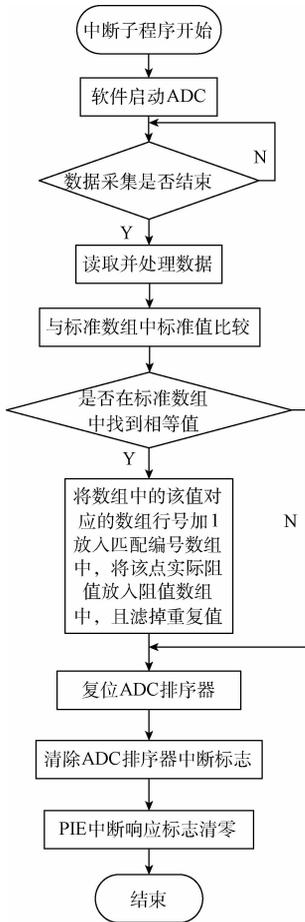


图 6 定时器 0 中断子程序流程

5 系统测试与分析

在系统硬件搭建和软件设计完成后,对干簧管油量传感器样品进行了 30 次检测,进行系统测试。该样品为合格产品,节点电阻数为 17。前 10 次测试让磁浮子 2 s 之内由传

感器上端滑到下端,中间 10 次测试让磁浮子 1 s 之内由传感器上端滑到下端,最后 10 次测试让磁浮子 1 s 之内由传感器上端滑到距离传感器下部 5 cm 处,模拟故障传感器检测。

前 20 次检测都得到一致的检测结果,显示模块显示该产品合格。通过 CCS3.3 观察窗得到其中某一次测试传感器各位置点采样阻值,如图 7 所示。

Name	Value
R_table	0x0000C052
[0]	10.01441
[1]	15.11811
[2]	17.85454
[3]	21.73565
[4]	25.55394
[5]	29.52456
[6]	33.39026
[7]	37.28938
[8]	40.89581
[9]	44.85477
[10]	48.74725
[11]	52.82868
[12]	56.50366
[13]	60.28203
[14]	64.45343
[15]	67.00974
[16]	72.0294

图 7 合格品电阻采样值

在最后 10 次测试中,同样得到一致结果,显示模块显示错误节点为 15、16、17,通过 CCS3.3 观察窗得到其中某一次测试传感器各位置点采样阻值,如图 8 所示。

Name	Value
R_table	0x0000C052
[0]	9.923078
[1]	15.08142
[2]	17.72947
[3]	21.66667
[4]	25.53533
[5]	29.55626
[6]	33.3959
[7]	37.27106
[8]	41.01364
[9]	44.52947
[10]	48.74725
[11]	52.85215
[12]	56.66666
[13]	60.35942
[14]	60.35942
[15]	60.35942
[16]	60.35942

图 8 非合格品电阻采样值

最后,对干簧管油量传感器用仪表进行电阻实测,得到如表 2 所示各位置点电阻的实际值。

分析以上结果,在最后 10 次测试中,显示错误节点为 15、16、17,与实际情况吻合,因为在最后 10 次测试中,是让磁浮子由传感器上端滑到距离传感器下部 5 cm 处,而下部 5 cm 处为传感器 15、16、17 节点电阻所在位置,此 3 处未被检测到,故显示错误节点为 15、16、17,由于磁浮子最后停在了节点 14 处,因此节点 14 处于簧管闭合,15、16、17 3 处节点阻值也按 14 处节点阻值计算,如图 8 所示。通过分析图 7~8,表 2 数据,得到该系统电阻采样误差最大不超过 2%,平均采样误差不超过 1%,由于本设计旨在检测干簧

表2 合格品电阻实测值

序号	实测电阻/ Ω
1	10.0
2	15.1
3	18.0
4	21.7
5	25.6
6	29.5
7	33.4
8	37.3
9	41.1
10	45.0
11	49.0
12	52.9
13	56.7
14	60.5
15	64.6
16	67.0
17	72.1

管能否正常吸合以及电路是否正确焊接,故此精度完全满足设计要求。通过以上测试,该系统完全满足准确稳定且快速检测出传感器故障所在的要求,手持式检测,干电池供电,实现了简单操作和方便携带。

6 结 论

本设计以 TMS320F28335 为主控芯片,通过两线制电阻测量,以 LCD12864 为显示模块,实现了干簧管油量传感器手持式故障检测。通过测试,该系统可快速准确检测出干簧管油量传感器故障所在,性能稳定,操作简单,且易携带,可用于干簧管油量传感器生产检测以及维修检测。

参考文献

- [1] 尤政. 智能传感器技术的研究进展及应用展望[J]. 科技导报, 2016, 34(17):72-78.
- [2] 徐巍巍, 陈慧. 汽车油位传感器及其发展动向[J]. 柴油机设计与制造, 2011, 17(1):1-5.
- [3] 陆贵荣, 朱睿, 陈树越. 电容式传感器测量动态容器中液位的方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2016, 24(5):14-17.
- [4] 牛宏侠, 侯涛. 基于超声波传感器的液位控制实验研究[J]. 工业仪表与自动化装置, 2016(4):71-74.
- [5] 高松. 车载油量传感器信号处理方法研究[D]. 西安:西安电子科技大学, 2014.
- [6] 陆贵荣, 朱睿, 陈树越, 等. 单传感器监测油罐油温油位的新方法[J]. 测控技术, 2016, 35(5):1-3.
- [7] 张达天, 李永生, 吴俊超, 等. 数字智能式油位计的研制[J]. 变压器, 2013, 50(2):40-43.
- [8] 马德营, 王常顺, 潘为刚. 基于北斗定位系统的车辆

燃油监测报警系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2015, 15(1):60-63.

- [9] POZO A M, FRANCISCO P O, OVIDIO R. A continuous liquid-level sensor for fuel tanks based on surface plasmon resonance [J]. Sensors, 2016, 16(5):724-724.
- [10] 崔明涛, 田芳, 李玉全, 等. 差压补偿液位测量的不确定度评定方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2016, 37(7):1524-1531.
- [11] 徐龙威, 杨帆, 徐令令, 等. 基于 TMS320F28335 无刷直流电机控制系统设计[J]. 电子测量技术, 2013, 36(9):79-83.
- [12] 邓舜耕, 李宏民, 杨宣兵, 等. 基于 DSP 的高速感应无线位置检测系统[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(6):880-886.
- [13] 王延年, 郭卫松, 陈苗苗. 基于 DSP 的高精度智能液体伺服控制器的设计[J]. 西安工程大学学报, 2013, 27(2):198-202.
- [14] 徐超, 马琛, 孟翔宇, 等. 一种小阻值电阻测量装置的研究与设计[J]. 宇航计测技术, 2016, 36(1):57-61.
- [15] 何乃龙, 沙奕卓, 行鸿彦. 基于电桥的高精度电阻测量系统的设计与实现[J]. 电子测量技术, 2015(6):92-96.
- [16] 郝丽俊, 单纯玉, 白宝丹. 基于方波恒流源细胞电阻测量系统的设计实现[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(3):69-72.
- [17] 成林俞, 戴瑜兴, 熊书华, 等. 直流系统在线绝缘监测的研究及其实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(6):860-865.
- [18] 罗毅, 杨昆, 董麟, 等. 开关触点接触电阻动态测量方法研究[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(1):49-55.
- [19] 张立文, 刘鑫, 张淑梅, 等. 全数字化无刷直流电机伺服控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(5):34-38.

作者简介

卫建华, 副教授, 主要研究方向为嵌入式系统应用与图像处理等。

E-mail:596445158@qq.com

齐攀(通信作者), 在读研究生, 主要研究方向为 DSP 与嵌入式系统应用。

E-mail:624599960@qq.com

刘琪, 硕士研究生, 主要研究方向为 FPGA 与嵌入式系统应用。

景晶晶, 硕士研究生, 主要研究方向为 Android 与嵌入式系统应用。

王亚峰, 硕士研究生, 主要研究方向为 Android 与嵌入式系统应用。