

基于 STM32 控制器的汽车轴温检测系统设计

陈会伟, 逯振国, 曹传剑, 宋 慧

(青岛黄海学院 机电工程学院, 山东 青岛 266427)

摘要: 为了能够实时对汽车传动系统变速箱温度进行检测, 提高汽车运行过程中的安全性能, 设计了基于 STM32 控制器的温度采集系统; 利用 Pt100 采集齿轮箱润滑油的温度, 通过 STM32 控制卡串口输出将温度数据发送至上位机中, 利用 LabVIEW 编写的监控界面实时的显示温度曲线, 并将采集的数据存储在 Excle 表中; 利用 Matlab 对数据进行卡尔曼滤波, 能够有效地滤除磁干扰信号, 同时在单位时间内对温度曲线求导, 检测油温上升是否正常; 实验结果表明, 基于 STM32 控制器的汽车轴温检测系统动态性能高, 响应时间 $t < 50$ ms, 温度分辨率 $\delta \leq 0.01$ °C, 满足对汽车传动系统轴温检测的使用要求。

关键词: STM32; 测温; 传感器; LabVIEW

Design of Automobile Axle Temperature Detection System Based on STM32 Controller

Chen Huiwei, Lu Zhenguo, Cao Chuanjian, Song Hui

(College of Mechanical and Electrical Engineering Qingdao Huanghai University, Qingdao 266427, China)

Abstract: For detecting the real time temperature gear—box of automotive transmission, enhancing the security in the moving process of automotive, the temperature sampling system was designed based on controller of STM32. The temperature of lubricating oil in gear case was detected by PT100, the temperature data was sent to the upper monitor by the serial port of the control card STM32, the temperature curve could displayed by monitoring interface, which was worked out by LabVIEW, and the collected data was keep in Excle. Do the Kalman filtering to the data by Matlab, so that the magnetic interference signal filtered availably, achieved the differential coefficient of the temperature curve in unit time in the meantime, detected whether the oil temperature was normal. The experimental result showed that, the dynamic property of the system of automotive axle temperature is high, the response time $t < 50$ ms, the temperature resolution $\delta \leq 0.01$ °C, so that the operating requirement of the axle temperature of automotive transmission system was satisfied.

Keywords: STM32; thermometry; sensor; LabVIEW

0 引言

汽车作为代步工具, 已经在社会生活中广泛的使用。汽车在带给人们方便快捷生活的同时, 也带来了许多潜在的危险。据调查, 每年有将近 10 万人在汽车事故中丧生, 在这些事故中, 很大一部分是因为对汽车使用不当、维修保养不符合标准照成的^[1]。汽车在设计制造构成中, 汽车的每个零件都增加了一个安全系数, 使汽车整体在使用中具有很高的安全裕度。汽车变速箱是汽车的重要构件, 是保证安全驾驶的前提。很多驾驶员是在汽车出了明显的事故征兆才去 4S 店进行保养, 或者保养次数过勤, 造成了资源浪费, 这两种极端情况都是对汽车的不良使用^[1]。本文从汽车常用的损耗品中提取温度信号, 分析汽车运行状态。常见的汽车损耗品有机油、润滑油、刹车片等直接关乎汽车性能的耗材^[2]。正确使用润滑油不但能提升汽车的使用寿命, 同时还能提升汽车的动力性能和驾驶舒适度。

因此, 本文针对汽车传动系统中使用的润滑油进行检测, 通过模拟不同路况设计实验, 将润滑油的温度通过 STM32 控制器传输至上位机中, 利用 Matlab 对数据进行处理, 分析汽车传动系润滑油是否正常, 并对故障征兆具有一定的预报能力。

1 检测机理分析

汽车传动系统是指从发动机到驱动车轮之间所有动力传递

装置的总称。汽车传动系统的主要功能是将发动机的动力传动给驱动车轮, 使汽车以一定速度行驶, 中间经过离合器、变速箱、万向轴。在传动系中, 变速箱是动力转换的重要部件, 与其它环节相比, 齿轮啮合时需要使用更多润滑油^[2]。润滑油主要用于润滑汽车传动系中的变速器、减速器和差速器的各种齿轮, 润滑油的粘度较大, 略呈黑色^[2]。在变速箱中, 润滑油因为高温、摩擦会产生变质和微量的金属末削, 润滑程度和散热程度都已经下降, 同时, 润滑油内部含有的铁削容易造成发动机部件的磨损。

汽车在轻载或满载的情况下, 运行的速度档次是不一样的。在满载时, 运行在高速档时, 油门开度增加, 发动机输出力矩增大, 变速箱中齿轮啮合力增加, 摩擦力大, 从而使变速箱的温度增加。另一种情况是路况不好, 使汽车行驶的外部助力增加, 即便是在轻载的情况下, 但是高速档行驶, 变速箱中的温度也会急剧上升。

现阶段我国对汽车变速箱轴温测量都是基于实验室条件下, 通过对批量生产的汽车传动系作抽样测试。目前的测温系统主要有两种: 一种是直接接触车载轴温监测系统; 另一种是非接触式红外轴温探测系统。非接触式红外轴温检测系统对测试头的环境要求较高, 不能有污染物附着在红外镜头片上。因此, 对于汽车变速箱油温检测采用的是接触式测量, 使用 Pt100 作为检测元件^[3], 利用 STM32 控制器将数据传输至上位机中, 上位机结合汽车油门的开度、车速判断汽车是否正常运行, 用于提醒驾驶员防止高档低速或低档高速运行, 使

收稿日期: 2014-04-10; 修回日期: 2014-05-11。

作者简介: 陈会伟(1982-), 女, 山东潍坊人, 硕士, 讲师, 主要从事控制理论与控制工程方向的研究。

汽车运行在最佳状态。

2 系统总体硬件设计

汽车变速箱温度测量系统的硬件主要有 STM32 芯片、P₁₀₀ 传感器、绝对式编码器以及液晶显示等模块组成。系统框图如图 1 所示。

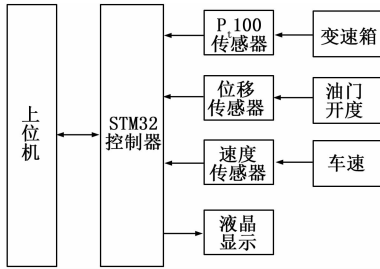


图 1 汽车变速箱温度采集系统框图

将温度传感器 P₁₀₀ 内置在变速箱中，可以减少汽车外部环境温度对变速箱的影响。将绝对式编码器安装在油门脚踏的中心转轴上，用于检测脚踏油门的旋转角度，间接的检测了油门踏板的上下位移，从而检测了油门的开度。在汽车仪表盘中有速度表盘，利用光电开关或磁性开关制作的电子表盘，因此，汽车变速箱温度测量系统中的速度信号采集直接从汽车的速度传感器中截取即可，节省了速度采集电路。P₁₀₀ 对变速箱中的油温进行测量，通过 STM32 将数据发送至上位机中，在上位机中，利用控制界面将温度曲线显示，并将数据存储至 Excel 中，以便 Matlab 对数据进行分析。并利用位移、速度传感器对油门开度及车速进行采集，判断汽车是否运行正常。

利用 LabVIEW 软件编写上位机处理界面，对数据进行处理，并能够对 STM32 程序进行调试。通过在 STM32 中移植 UC/OS-II 操作系统，编写卡尔曼滤波程序，对温度、速度信号进行滤波，通过车载液晶屏将曲线显示，时刻提醒驾驶者汽车变速箱中的温度变化。

3 硬件选择与设计

3.1 传感器选择

根据系统检测精度要求及传感器性能比较，温度传感器采用线性度比较好的 P₁₀₀ 铂热电阻传感器。P₁₀₀ 传感器采集曲线是由两个线性公式表示的^[4]，公式如下所示：

$$R_t = R_0 [1 + \alpha t + \beta t^2 + \gamma t^3] \quad -200 < t < 0^\circ\text{C}$$

$$R_t = R_0 [1 + \alpha t + \beta t^2] \quad 0 \leq t < 850^\circ\text{C}$$

R_t 为 $t^\circ\text{C}$ 时的电阻值， R_0 为 0°C 时的阻值，P₁₀₀ $R_0 = 100 \Omega$ 。标准 DIN IEC 751 系数： $\alpha = 3.96847E-3$ 、 $\beta = -5.847E-7$ 、 $\gamma = -4.22E-12$ 。

对采集后的温度先进行预计算，预计算公式如下：

$$R_s = R_0 [1 + \alpha t], \text{ 温度系统: } \sigma = 0.003851.$$

根据预计算的结果，再采用标准公式计算精确的温度值。采用不同的处理公式，其精度能达到小数点后两位，满足使用精度。通常对于电阻值变化的测量是利用桥式电路，P₁₀₀ 利用二线制或三线制型式都可以使用桥式电路采集，但是，桥式电路的 4 个桥臂存在导线误差。因此，利用恒流源的方式给 P₁₀₀ 供电，P₁₀₀ 二线制接法能够消除 P₁₀₀ 传感器引线带来的误差，减少了对温度数据造成的干扰，电路图如图 2 所示。

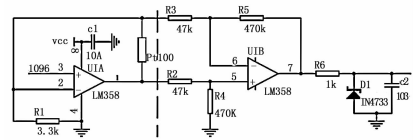


图 2 P₁₀₀ 温度采集电路图

在图 2 中，虚线左侧为 P₁₀₀ 温度采集电路，右侧为信号放大电路。通过给 LM358 芯片管脚 3 提供一个 4.096V 的恒定电压作为基准电压，利用 R_1 电阻将 LM358 输出的电压分压后输入至管脚 2^[6]。当管脚 3 与管脚 2 的电压相等时，管脚 1 输出恒定电流，即使 P₁₀₀ 温度电阻变化，也不会影响 LM358 管脚 2 的输入电压，因为 R_1 没有实现线性恒流。4.096 V 恒压电路如图 3 所示。

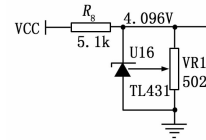


图 3 4.096V 恒压源电路

在图 3 中，利用 TL431 搭建 4.096 V 恒压电源，利用 VR1 给 TL431 提供偏置电压，使输出电压恒定不变。

选择 STM32F103 系列芯片作为控制系统采集芯片。在芯片中移植 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统，并将卡尔曼滤波算法程序下载到芯片中，对温度信号的噪声进行滤波。

将 P₁₀₀ 温度传感器采集到的数据以模拟量的形式输入至 STM32 A/D 转换引脚。STM32 内部自带了 12 组 A/D 转换，转换精度高。同时，STM32 将转换后的数据通过串口发送至上位机，供上位机采集界面显示。在车载显示器上也可以直接显示温度曲线，速度曲线等。

油门开度采用 1024 线制编码器，回转中心旋转一周后，编码器向控制芯片发送 1024 个角度值，可精确到 0.35° ，保证了测速精度。

4 上位机软件设计

为了能够更加直观地观测汽车变速箱的温度、油门开度以及行驶速度之间的关系，利用 LabVIEW 在工控机中设计数据采集界面。本设计中，考虑到 PC 机的广泛应用以及 LabVIEW 人机交互界面使用的简捷、易操作，在对控制系统整体测试的过程中，采用串行通信的方式以 PC 机作为上位机进行显示、控制双重功能。上位机软件的设计主要包括温度数据采集、温度分析、温度显示。数据采集子程序为按下开始按钮弹出对话框，选择采集数据端口、DAQ 通道以及采集频率，按确定后进入主界面。

在 STM32 芯片中移植嵌入式操作系统，不但能够发挥 STM32 芯片的性能，同时，对汽车检测系统能够快速的响应。 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 是一个可裁剪的操作系统，这意味着可以根据控制对象需求，去掉不需要的服务。代码的削减可以通过设置 OS_CFG.H 中的 #defines OS_TASK_STAT_EN=0 来实现。利用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统中自带的程序耗时检测指令 OS_TaskStatHook ()，计算操作系统中所有任务的运行时间，同时也能够对单个任务的时间进行百分比计算，使操作系统更加精简。

根据汽车轴温检测系统的控制原理以及设计任务, 结合控制系统硬件电路, 将控制系统的软件体系结构分为上、下两层, 如图 4 所示。

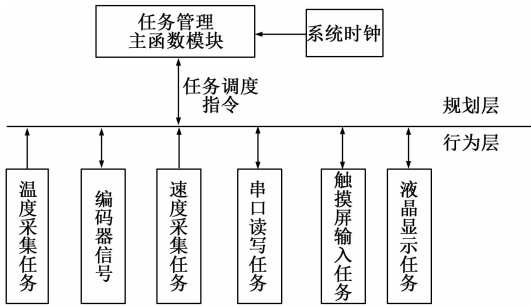


图 4 软件控制流程图

在图 4 中, 上层为规划层, 规划层的主函数主要任务是根据全局情况进行计算和判断, 对各个任务进行统一的安排和调度。下层是行为层, 根据规划层传递的指令代码完成底层的伺服控制以及信号采集功能。采集得到的信息通过行为层初步处理, 再交给规划层进行最终处理, 以便得到控制系统的全局状态信息。规划层和行为层都有一个主函数模块, 分别为 planMain () 和 executeMain ()。Timer () 是一个定时器模块, 用来给系统提供时钟。所有的汽车控制系统是一个复杂的系统, 因汽车运行时的高震动、高冲击等工作环境的复杂性, 要求检测系统必须具备高抗干扰能力, 同时, 对检测系统自身也应具有故障自诊断性, 进一步保证了系统的安全性。

故障自诊断是采用专家控制模式^[5]。利用 if...then... 语句对控制系统信号进行判别, 诊断检测系统是否正常。若发生故障, 并将故障点进行报告。结果在触摸屏上显示, 并发出报警声。

5 实验验证

利用大众捷达系列变速箱做测试, 检测变速箱在运动过程中的温度变化情况。在不破坏变速箱运行特性和承受力的情况下, 将温度传感器埋在变速箱的内壁上。在汽车变速箱运行中, 为了克服润滑油温度变化的局限性, 在变速箱的内壁上安装多个温度传感器, 利用贝叶斯估计算法, 将各个传感器信号进行融合, 从而可以估算得到与实际最接近的温度。通过对变速箱加减速模式运行, 将温度值经 STM32 芯片卡尔曼滤波后发送至上位机中, 得到温度曲线, 如图 5 所示。

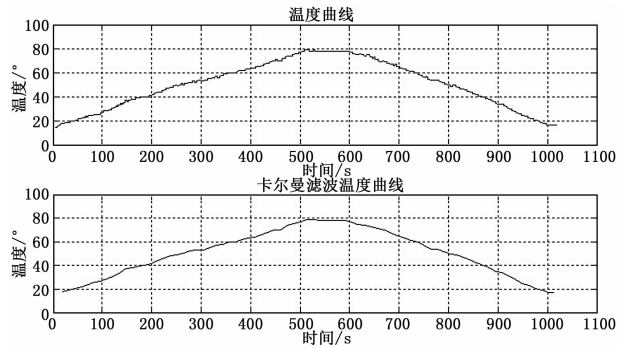


图 5 温度传感器经滤波后的曲线图

在图 5 中, 上图为未经卡尔曼滤波后的温度曲线, 下图为通过卡尔曼滤波后, 显示的温度曲线, 由图可以看出, 经卡尔曼滤波后, 温度曲线变化平缓, 保存了温度的固有特征, 同时在液晶显示器上直观形象。

6 结论

通过对汽车变速箱工作机理分析, 搭建了温度采集电路硬件。基于 STM32 控制芯片的控制系统能够实时的监测机车各车轴的温度, 并记录各温度检测点的数据, 采用 LabVIEW 软件设计上位机采集界面, 并将数据进行保存。利用 Matlab 进行数据分析, 检测油温上升是否正常。实验结果表明, 基于 STM32 控制器的汽车轴温检测系统动态性能高, 响应时间 $t < 50 \text{ ms}$, 温度分辨率 $\delta \leq 0.01 \text{ }^\circ\text{C}$, 满足对汽车传动系统轴温检测的使用要求。

参考文献:

- [1] 李 贞, 王怀玲. 汽车用冷却液温度传感器浅谈 [J]. 内燃机, 2012, (6): 20-23.
- [2] 王晓飞. 汽车用温度传感器性能试验台系统的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2004.
- [3] 李晓波. 基于 LabVIEW 的汽车水温传感器检测系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2013, (1): 59-61, 67.
- [4] 万 鹏, 于海勋. 基于 ARM 的温度与应力采集系统的设计与实现 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (6): 1449-1451.
- [5] 胡 鹏, 胡沁春, 邵 波. 基于 LabVIEW8.6 的发电机轴承温度监测系统 [J]. 湖南工业大学学报, 2012, 26 (3): 82-86.
- [6] 乔守全. 基于单片机的温度监测系统的研究与实现 [D]. 成都: 电子科技大学, 2011.
- [7] 马继伟, 马继梅, 伦翠芬, 等. 基于 STC12C 的多点温度监测报警系统的设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (5): 1168-1170.

(上接第 2715 页)

仍然有待研究。当然, 这一问题目前还尚未有定论, 所以只能沿用已知的判断标准作为衡量手段。再有就是检测项目问题。智能弹药在出厂之后不可以拆解, 只能通过预留的检测接口进行检测。但是弹药在设计之初留下的检测接口并不能将所有电参数测试出来, 进而导致操作人员不能全面掌握弹药的电性能参数。以上 3 个问题是目前整个智能弹药检测体系的问题。希望日后在智能弹药的设计上适当考虑弹药电参数检测系统的优化问题, 推动智能弹药电参数通用检测系统更加全面和完善。

参考文献:

- [1] 杨泽望, 苏建刚. 基于 PXI 总线的制导弹药通用测试系统设计 [J]. 火力指挥与控制, 2004, 29 (6): 90-93.
- [2] 卢慧卿, 孟 晨, 方 丹, 等. 通用检测系统的研究与实现 [J]. 弹箭与制导学报, 2010, 30 (5): 185-2188.
- [3] 杨为民. 采用虚拟仪器技术的电子设备通用检测系统 [J]. 舰船电子对抗, 2007, 30 (3): 110-113.
- [4] 陈 雷, 张志巍, 单体强. 基于 PXI 总线的某智能弹药电参数测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (4): 1008-1010.