

文章编号: 2095-2163(2019)02-0123-04

中图分类号: TP212.9

文献标志码: A

基于 STM32 的儿童安全座椅防遗忘检测报警系统

刘贵庆¹, 梁鉴如¹, 袁凯², 陆善婷¹

(1 上海工程技术大学 电子电气工程学院, 上海 201620; 2 上海航天计算机技术研究所, 上海 201109)

摘要: 本文提出了一种基于电容传感器的儿童安全座椅防遗忘检测方法, 与传统的检测方法相比, 该检测方法具有准确、可靠且易于安装等优点, 且在儿童防遗忘检测功能的基础上加入了车辆发动机启停检测装置、车内环境检测装置和报警装置。发动机启停装置可以将发动机状态利用蓝牙模块发送到 MCU, MCU 可根据发动机的状态有效地提醒车主不要将儿童遗忘在车内, 同时利用车内环境检测装置对车内环境进行实时监测, 当车内环境恶化且危害到儿童的生命时, 可以利用 GSM 模块及时提醒车主。

关键词: 防遗忘检测; 电容传感器; 蓝牙; 环境检测

Child safety seat anti-forgetting detection alarm system based on STM32

LIU Guiqing¹, LIANG Jianru¹, YUAN Kai², LU Shanting¹

(1 School of Electronic and Electrical Engineering, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai 201620, China;

2 Shanghai Academy of Spaceflight Technology, Shanghai 201109, China)

[Abstract] This paper proposes a method for anti-forgetting detection of child safety seat based on capacitive sensor. Compared with the traditional detection method, this detection method has the advantages of accuracy, reliability and being easy to install, and based on children prevent forgotten detection function joins the vehicle engine start-stop detection device, interior environment detection device and alarm device. Engine start-stop engine condition using Bluetooth module can be sent to the MCU. The MCU can effectively remind the owner not to forget the child in the car according to the state of the engine, at the same time use the interior environment detection device for real-time monitoring of interior environment. When the car environmental degradation could be harmful to children's life, timely reminding the owner could use the GSM module.

[Key words] anti-forgetting detection; capacitive sensor; Bluetooth; environmental test

0 引言

随着汽车行业的飞速发展, 汽车逐渐走进普通家庭成为人们生活中不可或缺的重要工具。一些家长由于安全意识欠缺或是怀有侥幸心理, 将儿童单独留在密封的车内。由于汽车良好的密闭性使得外面的新鲜空气很难进入车内, 车内气体不易流通, 而且在阳光的照射下汽车内部温度会快速上升, 被锁在车内的儿童由于不具自救功能, 在高温和氧气稀薄的环境下很容易中暑昏迷、甚至死亡, 造成严重的后果。

目前市面上具有防遗忘功能的儿童安全座椅采用的是传统的压力感应技术, 由于儿童与安全座椅的接触面积小, 且坐姿不确定, 因此可能会出现压力传感器工作不正常的情况, 而且压力传感器的安装复杂。不仅如此, 大部分的儿童安全座椅并不具备车内环境监测功能, 或环境监测功能单一, 未考虑到汽车在怠速的情况下会产生大量的一氧化碳, 而这些一氧化碳在车库等密闭的环境下可能会进入车内, 带来儿童中毒的危险。

针对以上问题, 本文提出了一种基于电容传感器的新型儿童安全座椅防遗忘检测技术, 并加入了车内环境监测功能。当发动机启停检测模块检测车辆处于熄火状态时, 通过检测车内的二氧化碳浓度来判断车内的环境状况, 若控制器检测到儿童安全座椅上有儿童且车内的二氧化碳超过一定浓度值, 将会触发系统报警; 当发动机启停检测模块检测车辆发动机处于运行状态且儿童未被抱走时, 通过检测车内的一氧化碳浓度来判断车内的环境状况, 若控制器检测车内的一氧化碳超过一定浓度值, 将会触发系统报警。

1 系统总体设计

该系统具有儿童防遗忘功能、车内环境安全检测功能和报警救援功能。系统选取高分辨率的电容数字转换器 FDC2214 对来自电容传感器的数据进行采集, 微处理器对 FDC2214 采集到的信号进行处理, 监测当前儿童的乘坐状态, 同时利用一氧化碳、二氧化碳和温度传感器采集车内环境信息, 并根据车内环境恶化程度采取相应的报警措施。系统总体

作者简介: 刘贵庆(1993-), 女, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式软件开发、硬件电路设计。

收稿日期: 2018-12-13

设计框图如图 1 所示。

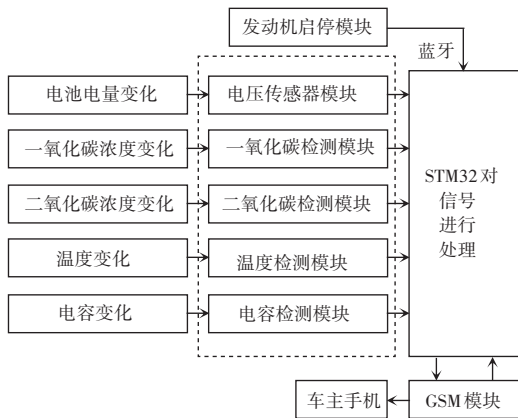


图 1 系统总体框图

Fig. 1 Overall block diagram of the system

2 系统硬件设计

整个系统由防遗忘检测装置、活动迹象检测装置和 GSM 报警装置组成,系统采用锂电池供电,当电量不足时会提醒用户及时充电。STM32 作为控制器对信号进行分析与处理;防遗忘检测装置对车辆的状态进行检测;活动迹象检测装置对车内的环境状况进行检测;控制器根据检测结果采取对应的报警措施。对研究中涉及的各部分可做设计分述如下。

2.1 防遗忘检测装置

防遗忘检测装置主要由蓝牙收发模块、发动机启停检测模块和报警模块组成。蓝牙发射模块与车载点烟器相连,发动机启动后车载点烟器为蓝牙发射模块供电,每 30 s 与活动迹象检测装置通信一次;汽车熄火后蓝牙发射模块断电,二者通讯失败,触发蜂鸣器报警,蜂鸣器持续响 1 min 提醒用户抱走儿童。

2.2 活动迹象检测装置

活动迹象检测装置主要由一氧化碳检测模块、二氧化碳检测模块、温度检测模块和电容检测模块组成。其中,电容检测模块基于 TI 公司的 FDC2214 芯片,该芯片具有分辨率高、功耗低、抗干扰能力强等优点。传感器通过检测电路板上的覆铜区域与人体之间形成的电容的大小来确定人体与电路板的距离,本系统中自制的电容检测模块检测面积可达 120 cm²,由于该传感器具有 28 位的高分辨率,经过实际测试,当人体与电路板的距离在 20 cm 以内,该模块均可精确地检测出来。因此,该电容检测模块可以稳定、可靠地检测到儿童在安全座椅上的乘坐状态。

发动机启停检测模块检测到车辆处于熄火状态

时,将二氧化碳浓度变化量作为车内空气指标,通过检测车内的二氧化碳浓度来判断车内的环境状况,若控制器检测到儿童安全座椅上有儿童且车内的二氧化碳超过一定浓度值,将会触发系统报警。检测模块还要利用温度传感器来判断车内的环境温度,温度过高时也会触发报警。在夏季,当外界温度为 35 ℃ 时,阳光照射 15 min 后,封闭的车厢内部气温会迅速地上升至 65 ℃,在这样的环境下待上 0.5 h 就能致命;即便环境温度仅有 21 ℃,阳光直射下,1 h 后车内温度也能达到 47 ℃,儿童体温调节机制发育尚未完全,体温调节依然较弱,更容易导致窒息。

由于部分车主在夏天会在发动机怠速状态下开启车内空调,此时若车子停在密闭环境内,尾气中的一氧化碳可能会进入车内造成儿童中毒。因此,发动机启停检测模块检测车辆发动机处于运行状态且儿童未被抱走时,将一氧化碳浓度作为车内空气质量指标,若控制器检测车内的一氧化碳超过一定浓度值,将会触发系统报警。

2.3 GSM 报警装置

GSM 报警装置利用 GSM 通讯模块提醒车主车内儿童可能发生危险。当车内环境达到临界状态时触发第一级短信报警,系统每隔一段时间向车主发送一次短信提醒车主;若车内环境继续处于恶化状态,但尚未达到极限,会触发第二级电话报警。

3 系统软件设计

3.1 FDC2214 在电容检测中的应用

FDC2214 采用 I²C 与控制器通信,被测电容值的计算公式为:

$$C_{SENSOR} = \frac{1}{L * (2\pi * f_{SENSORx})^2} - C, \quad (1)$$

其中, L 为外部谐振电感, C 为外部匹配电容, $f_{SENSORx}$ 为谐振频率,其换算公式为:

$$f_{SENSORx} = \frac{CHx_FIN_SEL * f_{REFx} * DATAx}{2^{28}}. \quad (2)$$

其中, CHx_FIN_SEL 为传感器频率段选择; f_{REFx} 为参考频率; $DATAx$ 为通道测量值。通过不同的通道地址,可以读取相应通道的数字量值, $DATAx$ 是通过 FDC2214 测量而来。本文选取的通道是通道 3,寄存器入口地址为 0x06 和 0x07。

由于被测电容值很小(通常为 pF 级),为了提高信噪比,采用 IIR 滤波算法对采集到的数据进行处理。此外,由于外部谐振电感、匹配电容等会出现温漂,进而可能会造成换算出的电容量出现较大误

差。因此,本系统采用微分积分算法对读取到的数据进行处理。首先对测量值进行微分,计算测量值 X_i 的变化率 ΔX_i (即测量值 X_i 的导数 D_i),再对这些 ΔX_i 不断进行累加,即为积分后的值 I ,若传感器检测到的电容值趋于稳定, ΔX_i 趋于 0, I 不再继续累加。因此,通过判断 I 的值即可判断出传感器的电容值是否发生改变。经过实验发现,人体接近传感器时,会导致传感器测量的 I 变大。

电容传感器放置于儿童安全座椅的下方,与儿童身体的距离约 10 cm 左右,由于儿童坐姿不确定,身体不可能完全覆盖于传感器正上方,因此为保证传感器检测的准确性,通过实验模拟儿童不同坐姿的情况下传感器测量的数据,结果见表 1。其中,若儿童未坐在安全座椅上时,传感器测量到的数据大小为 176.35。通过测量数据发现,儿童在不同坐姿情况下,该传感器均可正常检测到。

表 1 电容传感器测试数据

Tab. 1 Capacitance sensor test data

覆盖 1/4 区域	覆盖 1/2 区域	覆盖 3/4 区域	全覆盖
176.454 727	176.547 119	176.653 244	176.804 367
176.454 727	176.547 119	176.653 244	176.804 367
176.452 271	176.545 502	176.653 244	176.801 910
176.452 271	176.545 502	176.653 244	176.801 910
176.451 462	176.544 693	176.654 846	176.803 558
176.451 462	176.544 693	176.654 846	176.803 558
176.451 462	176.544 693	176.658 112	176.803 558
176.455 521	176.546 310	176.658 112	176.807 648
176.455 521	176.546 310	176.658 112	176.807 648
176.451 462	176.547 119	176.661 362	176.805 191

3.2 主程序设计

该系统的程序设计流程如图 2 所示。若电容检测模块检测到儿童在安全座椅上,且汽车已经由启动状态到熄火状态时间达到 1 min,此时蜂鸣器持续响 1 min 提醒车主抱走儿童。若车主一直没有抱走儿童,则进行二氧化碳和温度检测,如果检测到二氧化碳的浓度值大于 1 000 ppm 或温度值大于 33 ℃,则会触发一级报警,GSM 模块会向车主手机发送警告短信;如果车内环境持续恶化,检测到的二氧化碳的浓度值已经大于 1 500 ppm 或温度值大于 36 ℃,则会触发二级报警,GSM 模块会向车主拨打警告电话。由于发动机启停检测模块是通过检测点烟器的状态来判断发动机启停状态的,无法得知此时发动机是否处于怠速状态,因此,若车辆发动且儿童在安全座椅上,一氧化碳传感器会间歇工作。当一氧化碳的浓度值大于 50 ppm,则会触发一级报警,GSM 模块会向车主手机发送警告短信;当一氧化碳的浓度值大于 200 ppm,则会触发二级报警,GSM 模块会向车主打警告电话。

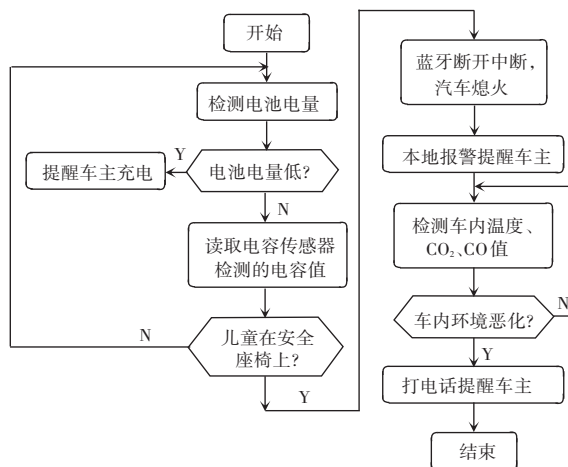


图 2 系统流程图

Fig. 2 System flow chart

4 系统测试与分析

4.1 IIR 滤波实现

电容传感器检测到的原始信号如图 3 所示,使用 IIR 滤波器处理后的数据,如图 4 所示。通过对比发现,经过滤波后的数据比原始数据更加平滑,且不易受到干扰。

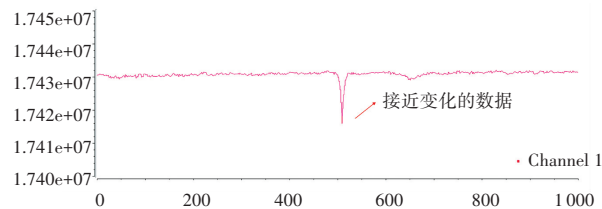


图 3 原始数据

Fig. 3 Raw data

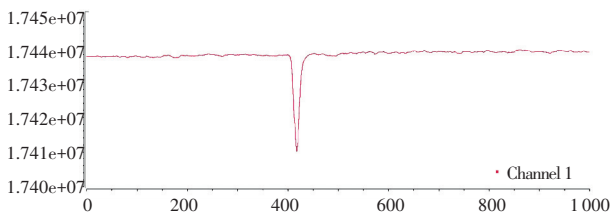


图 4 IIR 滤波后的数据

Fig. 4 IIR filtered data

4.2 积分微分算法测试

微分后的数据如图 5 所示,经过积分后的数据与原始信号匹配,如图 6 所示。

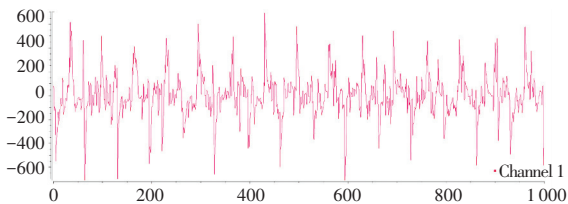


图 5 微分后的信号

Fig. 5 Signal after differentiation