文章编号:1674-7070(2013)06-0557-06

经济型轿车车身控制器的设计

葛化敏[1]　朱雷雷[1]

摘要

为了改进经济型轿车车身控制系统的性能,采用 Freescale 公司具有强抗电磁干扰能力的汽车级控制器(MC9S08AW32),通过 SCADE 软件编写控制逻辑,使用遥控门禁系统(RKE)技术实现车身的遥控和防盗,开发了一款高性价比的集控式车身控制器. 该控制器在经济型轿车中获得了大批量的生产与应用.

关键词

车身控制器;经济型轿车;微控制器

中图分类号 TP273.5

文献标志码 A

0　引言

随着中国汽车工业的发展与人们生活水平的提高,汽车已进入千家万户. 由于国内汽车制造技术与国外相比有较大的差距,国内的中高档汽车市场主要被国外品牌的汽车所占领,因此,提高我国汽车制造行业自主创新能力是促进我国汽车工业发展的迫切任务. 汽车车身控制器(Body Control Module,BCM)是汽车中的重要组成部分,主要是对车身用电器的控制,如车门、电动车窗、大灯、转向灯、中控锁、玻璃除霜装置、雨刮器、雾灯、遥控门禁系统(Remote Keyless Entry,RKE)等[1],其系统控制性能的优劣对汽车性能的影响很大. 以前,国内自主品牌的汽车车身控制系统主要是分离元件独立控制的,性能相对较差,因此,针对国内自主品牌汽车,开发一套性价比高、性能优良的集控式智能化的经济型轿车车身控制器对促进国家汽车电子技术的发展具有重要的意义[2-3].

1　系统整体设计

针对国内确定的自主品牌汽车车型,其集控式 BCM 主要控制车门、电动车窗、大灯、转向灯、中控锁、玻璃除霜装置、雨刮器、雾灯、遥控 RKE 等器件,主要由信号采集电路、调理电路、中央控制器、输出驱动电路、输出控制电路、RKE 模块和电源电路等组成,其详细的参数测控系统组成如图 1 所示.

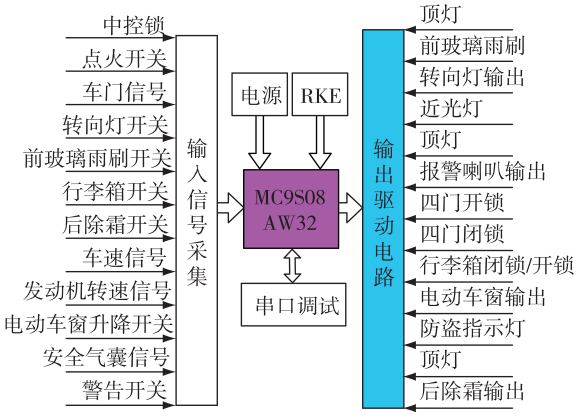


图 1　集控式 BCM 系统示意

Fig. 1　Framework of centralized BCM system

收稿日期 2012-04-11

资助项目 国家自然科学基金(10903003)

作者简介

葛化敏,男,博士,副教授,主要研究方向为工业在线检测、嵌入式系统设计以及复杂系统控制. ghm@nuist.edu.cn

1　南京信息工程大学　信息与控制学院,南京,210044

2 系统硬件设计

2.1 中央控制器

由于汽车发动机工作时会产生很强的电磁干扰,因此,应用于汽车的车身控制器必须具有很强的抗电磁干扰能力,所以,在选择 CPU 时首先要考虑其抗干扰能力[4-5]. 考虑到车身控制器设计需要检测很多参数,还要进行数据处理与控制,软件设计时涉及到汇编语言、C 语言、SCADE 语言的混合编程,因此,需要控制器具有较大的片内存储器和丰富的外围接口. 再考虑控制器还可能与汽车上的其他节点进行通信,因此,需要其有通信接口. 通过反复比较与调研,最终选择了美国 Freescale 公司的专用汽车级处理器 MC9S08AW32 作为该系统的核心控制器[6].

2.2 输入电路

车身控制器需要采集与控制车身的电器参数,其参数通过输入电路来采集各种输入信号,通过调理电路将输入信号调理以后送到中央处理器,其输入信号主要包括开关信号和脉冲信号. 对于开关信号的采集,一般需要经过限流、分压和电容滤波调理后送入单片机的输入管脚. 如图 2 中左前车窗上升的输入电路采取低有效的输入形式,即没有输入时单片机的 I/O 口被上拉电阻上拉到 5 V 左右,有输入时则变为 0 V. 以实际的工程经验来看,开关形式的输入采用低有效比采用高有效的效果要好很多,因为低电平有效的输入电路可以有效地抑制噪声的干扰. 输入电阻参考 MC9S08AW32 单片机的数据手册选取 100 kΩ,同时在单片机的输入端加 100 pF 的滤波电容,去除输入电路的干扰.

BCM 除了采集开关形式的输入信号,通常还会处理脉冲形式的信号. 此类信号一般为占空比固定的高低电平,如车速信号,汽车车轮每转动一次就会送入一个脉冲. 外部送入单片机采样电路的信号是一个 0 ~ 12 V 的方波,占空比为 50%,方波的频率大小就对应当前的车速,该信号降压以后,送到 MCU 内部的输入捕捉通道来采集此信号,输入采集电路如图 2 中的车速输入电路所示. 发动机转速信号和车速信号相类似,采取同样的采集电路和设置.

气囊信号也是脉冲信号,但其占空比是根据不同状态而变化的. 安全气囊是车身中一个非常重要的单元,在正常情况下气囊会给 BCM 一个占空比一定的脉冲信号. 当发生碰撞后,气囊便会引爆,BCM 将会收到一个和原先占空比相反的脉冲信号. MCU 在判断正确的引爆信号后,出于安全性考虑需要将

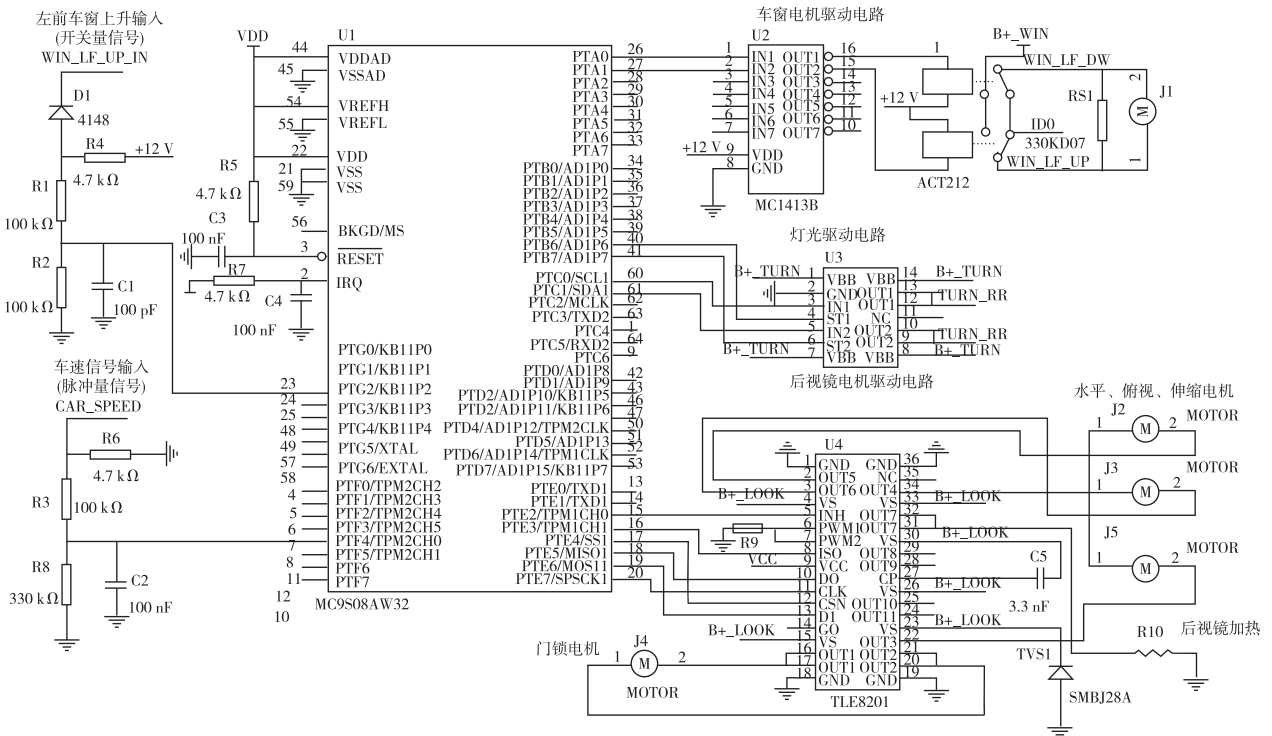


图 2 BCM 系统主要电路原理

Fig. 2 Main circuit scheme of BCM system

车门解锁,使用户可以在第一时间打开车门逃离. 其他参数的输入电路与上述的开关量与脉冲量信号信号处理电路类似,在此不再赘述.

2.3 输出电路与保护电路

BCM 通过输入电路采集用户的操作和其他一些外部信息,并将信息交给内部控制单元进行处理,单片机处理后的结果要通过输出驱动电路来响应用户的操作. 车身用电器的工作电流比较大,峰值可以达到十几安培,所以一般用集成的达灵顿管阵列来驱动继电器,再由继电器来驱动工作电器如车窗电机、中控锁、转向灯等,其车窗控制电路如图 2 中的电路所示.

顶灯一般都会有渐灭的功能,为了实现这个功能,使用 MC9S08AW32 内部定时器的 PWM 来完成,只需要改变 PWM 的占空比便可以改变灯光的强弱. 由于输出工作电路的工作电流比较大,所以要采取一定的措施来保护电路,比如在车窗电机输出电路上加压敏电阻. 压敏电阻有一个阀值,当电压低于这个阀值时,流过它的电流很小,而当电压高于阀值时,流过它的电流将会突然变大. 利用压敏电阻的这个特性可以抑制电路中出现的瞬间高电压,保护电路使其免受过电压的损害. 另外,当车窗电机运行到顶部或是底部时要停止电机,避免电机损坏. 可以通过采样电机的工作电流(如图 3 所示)来判断电机的运行状态.

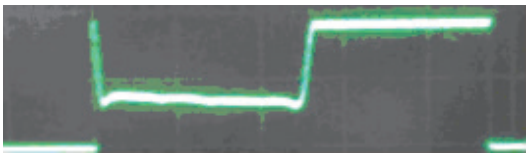


图 3 车窗电机电流采样波形

Fig. 3 Current sampling wave of window motor

首先,采样电阻采取车窗电机的工作电流,将其转换为电压,接着将此电压送入集成运算放大电路放大,再将经过放大后的电压送入控制器内部的 A/D 转换器,A/D 转换后的数据将作为软件判断的依据. 图 4 为车窗电机工作电流采样的流程.

从 AD 采样的波形可以看出,车窗电机在刚起动的时候其工作的电流比较大,有一个脉冲的尖角. 在尖角处,进行电流采样. 设经过 AD 转换的电压为 U_n,当后一次采样的电压值比前一次大时($U_{n+1} > U_n$),则此次采样值为有效结果,连续采样,得到 10 次采样的电压值 $U_n(n=1,2,\cdots,10)$,去除最大值和

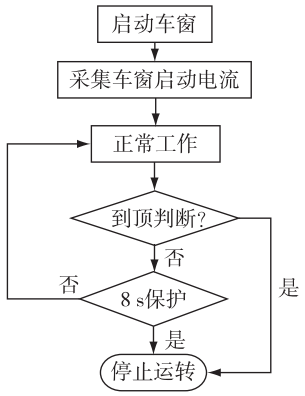


图 4 车窗电机采样处理流程

Fig. 4 Flow diagram of window motor sampling and processing

最小值,用其余 8 次采样的平均值作为车窗的启动电压. 当车窗电机正常工作时,其工作的电流比较小,所以相应采样得到的电压值也比较小,约为启动值的 1/2. 车窗电机运行到顶时,由于电机被堵转,采样的电压值将会迅速升高. 当堵转的电压值大于尖角值的 15/16 时,就可以判断电机到顶了,这时 MC9S08AW32 将会发出指令,停止电机运转. 当采样发生异常时,车窗一直工作超过 8 s 也会自动停止以保护电机.

中控锁在收到开锁或是闭锁信号后将会执行相应的动作. 由于中控锁是一个电子加机械部件,过于频繁的门锁动作将会缩短门锁的寿命. 例如在 10 s 内门锁动作了 8 次,就能判断门锁操作过于频繁,所以可以禁止门锁动作 10 s 以保护中控锁.

3 遥控门禁系统及加密算法设计

遥控门禁系统(RKE)模块主要由发射部分和接受部分组成,普遍采用的是 Keeloq 算法. Keeloq 算法是一种重要的加密和解密技术,主要应用于汽车防盗和报警系统、车库门禁系统以及身份认证等控制领域.

Keeloq 的编码含有一组 64 bit 的“编码密码”. 编码器共传送 66 bit 的资料到解码器,其中有 32 bit 的资料是一完全不可预测的跳码资料,Keeloq 的解码器知道其所用的“编码密码”,所以可以用它来检验其接收的跳码资料是否正确. Keeloq 的传送资料是唯一的且不重复. Keeloq 的长编码技术可以阻止通过扫描机来破解密码,即使以最快的方式来产生 HCS300 的编码(1 s 约可传送 10 笔资料),必须超过 13.7 年才可能产生全部的跳码部份(32 bit),若要产生全部 66 bit 则需 2.3×10^{11} 年,所以 Keeloq 的

安全性很高.

Keeloq 的核心是一个 16 bit 的同步计数器. 每当有键按下时,同步计数器就会自动加“1”,并将值存储在其内部的 EEPROM 内. 这个值将会作为输入数据(16 bit 同步计数值 +10 bit 识别码 +2 bit 溢出位 +4 bit 功能键)的一部分送入 Keeloq 演算法. 这是一种非线性算法,其输出相对于输入而言是唯一的. Keeloq 的核心组成元件有制造商代码,是制造商自行决定的代码,用于制造商的辨别. 每一个 keeloq 编码芯片的 IC 序号都不一样,可以用来识别遥控器和接收器之间的关系.

每当遥控器上有一个键被按下时,HCS300 就会将资料传送出去. Keeloq 有硬件和软件两种解密方式. 硬件解密可通过 Microchip 的 HCS500 等,操作简便,但是对于中低端的应用无疑会增加成本. 下面介绍一下软件解密.

刚开始,解码器除了制造商代码外什么信息都没有,而解码器需要将一些资料存储在 EEPROM 中,这些资料是由编码器(遥控器)提供的,包括 IC 序号、同步计数值、识别码、编码密码.

编码器学习步骤为:1)接收跳码资料;2)进行资料解码;3)核对解码后资料;4)存储学习资料.

解码后的资料包括 2 bit 溢出指示位、4 bit 按键指示状态、10 bit 识别码、16 bit 同步计数值和 34 位固定码(图 5). MCU 通过解读解码后的按键指示状态来判断是哪个键被按下了.

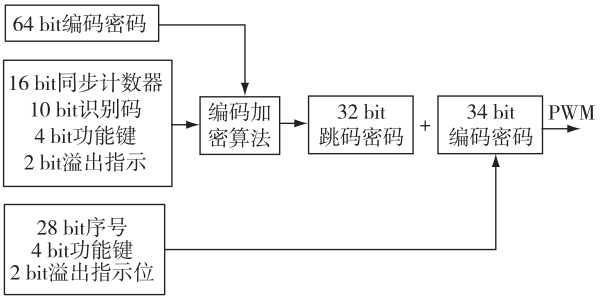


图 5 Keeloq 编码传送

Fig. 5 Keeloq code and transmission

4 系统软件设计

系统软件设计分为两大部分,一是 AW32 单片机的底层驱动,二是 BCM 的功能代码. 由于单片机的软件开发需要软件和硬件的紧密配合,所以把软件开发分成两个部分. 单片机的底层驱动用汇编与 C 语言编写,而功能性代码由图形化的汽车专用软件 SCADE 软件编写. 系统的程序流程如图 6 所示.

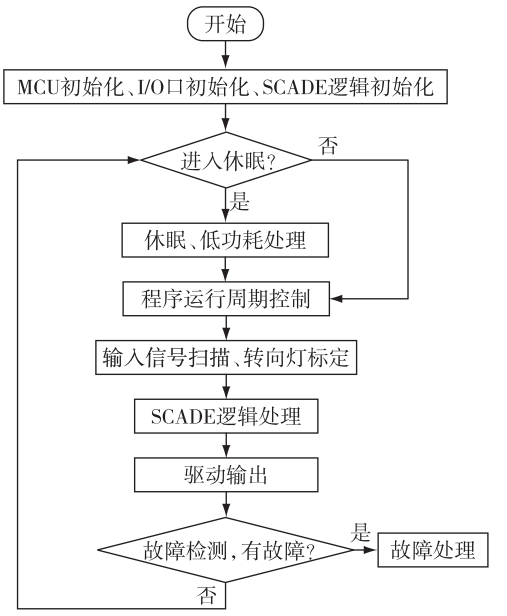


图 6 程序流程

Fig. 6 Program flow diagram

4.1 底层驱动程序设计

AW32 的底层驱动包括单片机的工作模式、定时器、捕捉和 PWM(脉冲宽度调制)、AD 转换等. 首先是配置 AW32 的工作模式. 汽车厂商对于 BCM 的工作功耗要求非常严格,通常要求静态的工作电流低于 5 mA. 本文将 AW32 单片机配置成允许工作在停止模式 3,此模式下系统时钟停止工作,电压调节器工作在旁观模式,同时内部电路保持上电状态以便快速唤醒. 为了达到低功耗的设计要求,待机时让 AW32 进入停止模式 3,并且外围输入电路的上拉电源和遥控器接收电源全部关闭,这样待机的电流被控制在 3 mA 左右. 每 20 ms 让单片机醒来一次工作一个循环,以判断输入电路是否有有效的信号,同时打开遥控接收模块的电源允许接收遥控信号. 另外根据需要,设置 AW32 I/O 口的输入输出方向、上拉下拉、输出驱动以及管脚分配等,配置定时器产生软件需要的定时间隔. 初始化 PWM 模块以满足驱动顶灯的需要,还要设置 AD 转换以采样各个部件的工作电流,了解整个电路的工作情况.

4.2 SCADE 逻辑设计

SCADE (Safty-Critical Application Development Environmnent)是法国 Esterel 公司研制的一个用于开发并达到航空业 DO-178B 标准的嵌入式软件的完整的工具包,它覆盖了嵌入式软件开发中从需求

到嵌入式代码的整个流程,可通过图形化的用户界面实现高效率的软件设计[7].

BCM 的每个功能都由 SCADE 一个子模块来完成. SCADE 用于产生实现功能的高层逻辑代码. SCADE 比较易于使用,产生的代码也非常可靠. 根据不同的应用,SCADE 提供了流程图和状态机(State Machine)两种编程方法[8]. 其中流程图主要用于功能设计,而状态机更适用于 BCM 工作模式的控制.

在设计软件时,依据整个 BCM 所要完成的功能,将其划分为多个子功能如电动车窗模块、车门模块、后除霜模块、转向灯模块、中控锁模块、状态控制模块等. 下面选取电动车窗模块详细说明 SCADE 的软件使用和功能实现过程.

设计的第一步就是根据功能确定模型的接口,将 SCADE 中每个功能模块都称为模型. 电动车窗的输入接口有手动上升(Up)、下降(Down),自动上升(AutoUp)、下降(AutoDown),除了上面 4 个物理输入外还要包括过流保护(I_FB_Over),遥控自动升窗输入(RemoteAutoUp). 车窗的输出接口有 2 个(MTR_Up,MTR_Down).

SCADE 软件可以依据结构化程序设计方法进行设计. 电动车窗模块按照功能将其分为 3 个子模块,分别为自动升降判断子模块、过流与保护子模块和输出驱动子模块. 以自动下降模块来说明 SCADE 是如何设计的. 图 7 是自动下降的程序. 自动下降是在非设防状态下短按下降按钮实现的. 将子模块要用到的输入接口拖入窗口中,再依照自动下降的功能,将输入、输出接口、局部变量和逻辑运算符按照功能定义的逻辑关系连接在一起. SCADE 整个编程过程都是图形化的,极大地加快了项目的开发工程.

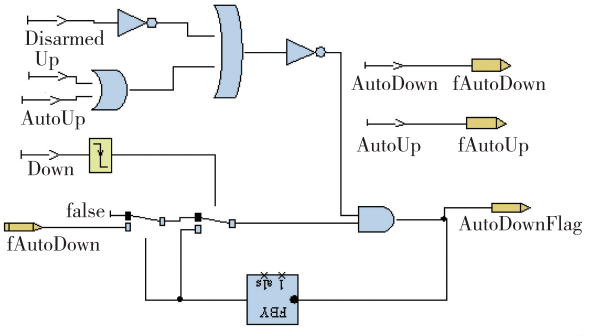


图 7 自动升降子程序

Fig. 7 Automatic lifting subroutine

5 结语

随着人们对汽车安全性、人性化的要求越来越高,对汽车车身控制器的设计也提出了新的挑战. 就汽车安全性而言,要求系统设计和代码编写具有极高的可靠性,汽车人性化则需要充分考虑用户的使用习惯与合理的逻辑,在这个方面不仅是技术问题,更需要技术人员和用户的充分沟通,才能最大程度保证产品人性化.

本文对集控式车身控制器的组成及系统的电路软硬件设计进行了详细的分析. 该车身控制器经过批量生产并且投入使用,实车使用与测试结果表明:该控制器工作运行稳定可靠、性能良好,性价比高,具有很好的使用价值与经济价值.

参考文献

References

[1] 王知学,马建辉,庄汝科,等. 车身中央控制器的设计与实现[J]. 电子产品世界,2010(11):21-23
WANG Zhixue, MA Jianhui, ZHUANG Ruke, et al. Design and implementation of body control module[J]. Electronic Engineering & Product World,2010(11):21-23

[2] 梁锋华. 车身控制系统在我国的发展趋势[J]. 汽车电器,2009(3):1-4
LIANG Fenghua. Developing trend of body control system in our country[J]. Auto Electric Parts,2009(3):1-4

[3] 杨春杰,王曙光,亢红波. CAN 总线技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010
YANG Chunjie, WANG Shuguang, KANG Hongbo. CAN bus technology [M]. Beijing: Beihang University Press,2010

[4] 王建新. 汽车电子集成控制系统可靠性的研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2009,41(3):259-262
WANG Jianxin. Reliability of automotive electronic integrated control system based on filedbus[J]. Journal of Harbin Institute of Technology,2009,41(3):259-262

[5] 白同云. 汽车电子系统接地、屏蔽与滤波设计[J]. 电子质量,2009(2):77-83
BAI Tongyun. Automobile electronic system grounding shielding and filtering designs[J]. Electronics Quality, 2009(2):77-83

[6] Bellotti M, Mariani R. How future automotive functional safety requirements will impact microprocessor design [J]. Microelectronics Reliability, 2010, 50(9/10/11): 1320-1326

[7] 章晓春,金平,孙全艳. SCADE 平台下的图形化设计和代码自动生成[J]. 软件,2011,32(5):74-77
ZHANG Xiaochun, JIN Ping, SUN Quanyan. Modeling and auto-generation of C code on SCADE bench[J]. Computer Engineering & Software,2011,32(5):74-77

[8] 胡钢伟,李振水,高亚奎. SCADE 软件开发方法研究[J]. 系统仿真学报,2009,20(增刊2):286-288
HU Gangwei, LI Zhenshui, GAO Yakui. A research on

software development methods with SCADE[J]. Journal of System Simulation,2009,20(sup2):286-288

Design of body control module for economy cars based on SCADE

GE Huamin[1] ZHU Leilei[1]

1 School of Information & Control,Nanjing University of Information Science & Technology,Nanjing 210044

Abstract In order to improve the performance of Body Control Module (BCM) for economy cars,the specialized automotive controller (MC9S08AW32) which has strong ability of anti-electromagnetic interference is used into BCM design. The SCADE software is introduced into the control logic applications. With remote control and anti-burglar through RKE (Remote Keyless Entry) technology,a low-cost high performance centralized BCM design is presented. The real application and test in economy cars verifies the reliable performance with preferable cost of the proposed BCM system.

Key words body control module;economy cars;microcontroller