

doi: 10.7690/bgzdh.2021.03.009

基于国产 SOC 的车载灭火控制器设计与实现

刘 允, 马百雪, 马洪刚

(上海电控研究所灭火抑爆研发中心, 上海 200092)

摘要: 为满足自主可控器件国产化替代的需求, 利用 FPGA 设计一种基于国产 SOC (FPGA+MCU) M7A12N5L144 为控制核心的车载灭火控制器。给出车载灭火控制器的总体设计思路, 详细阐述其硬件电路, 通过 M7A12N5L144 内部集成的 AD 口和 I/O 口采集各种火焰传感器的信号和灭火瓶的状态信号。结果表明: 当条件满足火警工况时, 控制器驱动灭火瓶喷出灭火剂, 熄灭乘员舱、动力舱的火灾, 同时将火情通过 CAN 通信总线传递给外部系统。该控制器开发简单, 性能可靠, 可用于整车的动力系统、乘员舱的灭火和安全保护。

关键词: 车载灭火控制器; M7A12N5L144; 灭火驱动控制; CAN 通信总线; 安全保护

中图分类号: TP332 **文献标志码:** A

Design and Implementation of Vehicle Fire Extinguishing Controller Based on Domestic SOC

Liu Yun, Ma Baixue, Ma Honggang

(Fire Suppression Research & Development Center, Shanghai Electronic Control Research Institute, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to meet the demand of domestic replacement of self-control devices, a vehicle fire-fighting controller based on domestic SOC (FPGA + MCU) M7A12N5L144 is designed by using FPGA. The overall design idea of vehicle fire controller is given, and its hardware circuit is described in detail. The signals of various flame sensors and the status signals of fire extinguisher are collected through the AD port and IO port integrated in M7A12N5L144. The results show that when the conditions meet the fire conditions, the controller drives the fire extinguisher to spray out fire extinguishing agent to extinguish the fire in passenger compartment and power cabin, and at the same time, the situation is transmitted to the external system through can communication bus. The controller is simple to develop and reliable in performance, and can be used for fire fighting and safety protection of vehicle power system and passenger compartment.

Keywords: vehicle fire-fighting controller; M7A12N5L144; fire extinguishing drive control; CAN communication bus; safety protection

0 引言

随着中美贸易战愈演愈烈, 加快进口器件的国产化替代迫在眉睫, 提升自主可控程度, 加快研制产品主要芯片的国产化替代将是未来的长期主题, 摆脱对国外芯片的依赖至关重要。为满足自主可控器件国产化替代的需求, 笔者对国产 SOC 的车载灭火控制器进行研究。

1 车载灭火控制器总体设计思路

灭火系统是车辆的重要组成部分, 适用于车辆的乘员舱、动力舱火灾灭火。如图 1 所示, 灭火系统包括线式火焰传感器(火线)、点式火焰传感器、车载灭火控制器、灭火瓶及线缆。

车载灭火控制器主要任务是采集线式火焰传感器(火线)、点式火焰传感器的信号, 自动探测火情并发出火警信号, 通过控制灭火瓶驱动电路自动或

手动控制灭火瓶喷出灭火剂, 及时熄灭乘员舱、动力舱火灾, 同时将火情通过 CAN 通信实时上报上位机。当出现火灾时, 可最大限度地保护人员和车辆设备的安全。

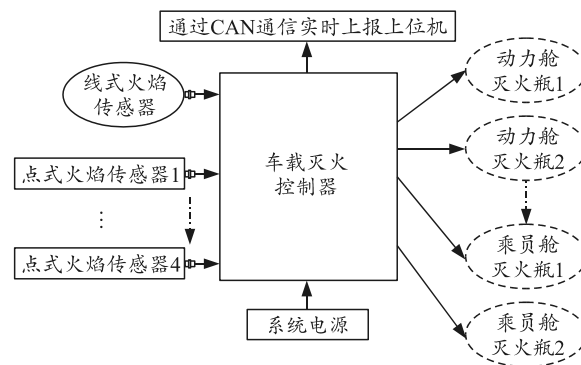


图 1 灭火系统电路

车载灭火控制器主要包括 SOC 电路、电源滤波电源转换电路、线式火焰传感器信号采集电路、点

收稿日期: 2020-10-30; 修回日期: 2020-11-25

作者简介: 刘 允(1979—), 男, 辽宁人, 学士, 工程师, 从事灭火控制领域研究。E-mail: 2919704826@qq.com。

式火焰传感器信号采集电路、灭火瓶驱动电路、CAN通信电路和JTAG下载电路。为了增强系统的可靠性，还设计了看门狗电路。车载灭火控制器硬件电路如图2所示。

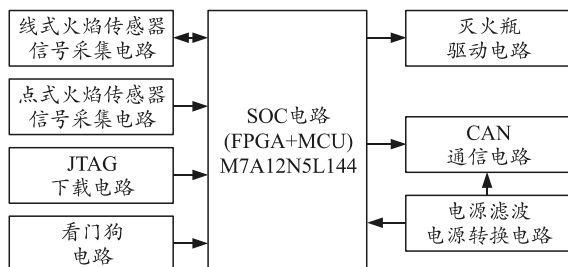


图2 车载灭火控制器硬件电路

2 车载灭火控制器硬件电路

2.1 SOC电路

依据原项目中进口CPU(MC9S12)的硬件电路接口需求，它集成了1路线式火焰传感器信号和4路点式火焰传感器信号于精度10位的ADC采集接口，4路火警上报的CAN2.0A/B通信接口，以及70个用于驱动控制灭火瓶电路、驱动控制火线采集电路和采集灭火瓶状态的数字I/O口。目前国产的微控制器都集成了2路CAN2.0A/B通信电路，为实现4路CAN2.0A/B通信接口，在已有CAN内核的FPGA中，通过利用FPGA芯片“硬件可重构，软件可编程”的特点，通过编码再例化出2路CAN2.0A/B通信接口。控制器以京微齐力研制的SOC(FPGA+MCU)芯片CME-M7系列M7A12N5L144^[1]为核心微处理器。它是一款高性能、低功耗、32位RISC处理器，其FPGA设计资源有11520个4输入查找表、7680个基于DFP的寄存器、嵌入式RAM块存储器144个和最大存储648KB。它的ARM设计资源有128KB指令代码SRAM、64KB数据SRAM、8KB指令代码缓存、8个通道12位的ADC接口、2路CAN通信接口和最大数量可达97个I/O口，集成的外设资源符合接口需求，可作为替代芯片。

2.2 电源滤波电源转换电路

一个稳定可靠的电源是系统稳定工作的基础。考虑到SOC的内核工作电压是1.1V，其I/O的工作电压是3.3V，一般外围器件的工作电压为5V和24V，所以电源电路需考虑到这4种工作电压。首先车载系统的供电电压是24V粗电，为了提高系统的抗干扰性，经过滤波器组件(BNX002-01)得到24V精电，电源品质得到良好提升。24V精电通过开

关隔离电源转换成5V，再通过降压电源芯片将5V电压转换成3.3V和1.1V。开关隔离电源采用西安伟京电子公司的WK312805S-04I进行电压的转换隔离^[2]。降压电源芯片采用株洲宏达电子公司的XC9884，可输出4A的平均电流，具有完善的保护功能，包括峰值电流保护、短路保护和热保护。具体连接如图3所示。

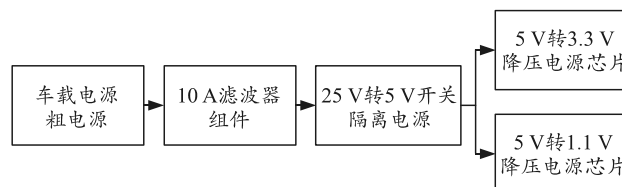


图3 电源转换电路

2.3 线式火焰传感器信号采集电路

线式火焰传感器(火线)是由一种对温度敏感的阻容型敏感元件构成，其中电阻的测量通过分压法测量，电容的测量通过(电容的充放电)频率法测量^[3]。测量电路如图4所示，包含被测线式火焰传感器接口(R_input)、多组(3路)上拉分压电路、多组(3路)下拉放电电路和AD采样接口。火线一端连接系统地，另一端连接至R_input端，串接至SOC控制器的AD口。多组(3路)上拉分压电路分别由SOC控制器I/O口来控制，实现对火线电阻值的精准测量。多组(3路)下拉放电电路由SOC控制器I/O口来控制，实现对火线电容值的精准测量。

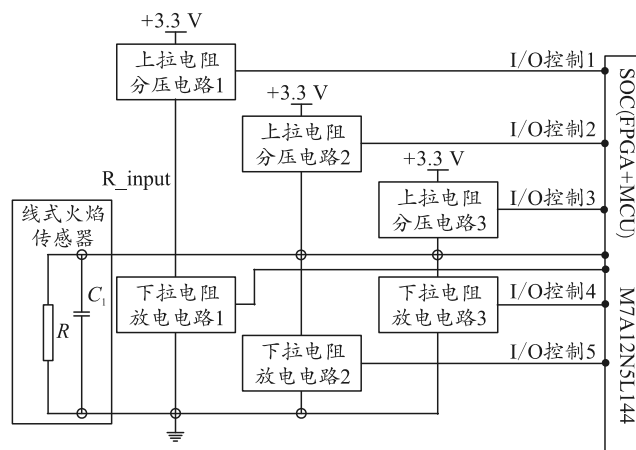


图4 线式火焰传感器采集电路

控制芯片将采集到的火线数据按工况要求处理后，控制驱动灭火瓶，同时将火情状态通过CAN总线电路上报上位机。

2.4 点式火焰传感器信号采集电路

点式火焰传感器是一种能量转换器，它将热能转换为电能，用所产生的热电势测量温度。文中采

用的点式火焰传感器热电势的电压范围为 $-3\sim 0\text{ V}$ ，测量电路如图 5 所示，包含点式火焰传感器接口 V_{input} 、分压电路(电阻 R_1 、电阻 R_2 和二极管 D_3)、带有负反馈的运算放大电路和 AD 采样接口。点线式火焰传感器一端连接系统地，另一端连接至 V_{input} 端，经过分压电路接至运算放大器的同向端，经过放大后接至 SOC 控制器的 AD 口。

控制芯片将采集到的点线式火焰传感器数据按工况要求处理后，控制驱动灭火瓶，同时将火情状态通过 CAN 总线电路上报上位机。

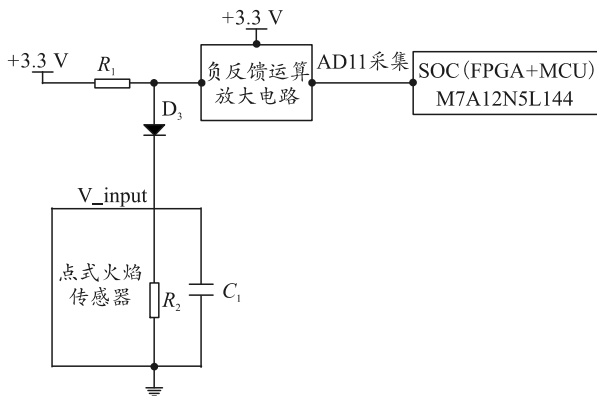


图 5 点式火焰传感器采集电路

2.5 灭火瓶驱动电路

如图 6 所示，灭火瓶驱动电路包括控制器 SOC 的多组 I/O 口、逻辑门电路和智能功率驱动管电路。控制器 SOC 的多组 I/O 口分别连接至逻辑电路，逻辑门电路中的非门和与门将 SOC 的多组 I/O 口状态按照真值表状态的组合实现逻辑控制电平，去控制智能功率驱动管的导通或关断，实现对灭火瓶的精准驱动^[4]。

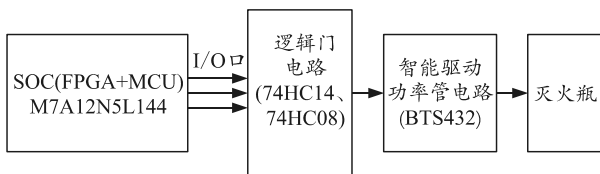


图 6 灭火瓶驱动电路

2.6 CAN 通信电路

车载灭火控制器通过 CAN 通信与上位机通信，发送各种火焰传感器和灭火瓶状态的数据，CAN 网络的拓扑结构采用总线式结构，结构简单、成本低，并且用无源抽头连接，系统可靠性高。信息的传输采用 CAN 通信协议，通信介质仅采用 2 条双绞线即可。为了保证通信可靠，提高抗干扰能力及阻抗匹配，在 CAN 总线的 CANH 和 CANL 间加上 $120\ \Omega$ 的终端匹配电阻，CAN 接口采用如图 7 所示的 SOC、

周立功生产的 SG1050TCAN 控制器。

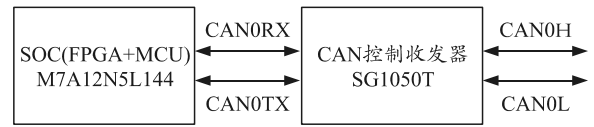


图 7 CAN 通信电路

CAN 控制收发器的 CAN0RX, CAN0TX 收到本站 SOC 数据，将数据根据协议组成一定的报文格式发出，发出引脚为 CAN0H、CAN0L^[5]。

3 车载灭火控制器软件设计

基于 SOC 芯片 CME-M7 系列 M7A12N5L144 平台研制，主要由 2 部分构成：1) 由芯片上的可编程逻辑资源实现可编程逻辑功能；2) 芯片上自带的 ARM 硬核，实现软件的控制处理功能。

可编程逻辑功能是在硬件设计原理基础上对 FPGA 进行可编程逻辑设计，使芯片具备 4 路 CAN 通信接口、72 路 I/O 端口、1 路 AD 转换(6 通道)，为 ARM 核提供 256 M 系统时钟。

ARM 软件控制处理功能基于控制盒应用层的功能，配置芯片寄存器封装底层调用函数。应用层主要功能包括采集按钮、工况开关以及灭火瓶的 I/O 信号，采集点式火焰感受器和线式火焰传感器的 AD 信号并进行火警判断，根据不同的工况输出灭火瓶驱动信号，通过 CAN 总线上报火警报警信息。

控制器的总体程序流程如图 8 所示。

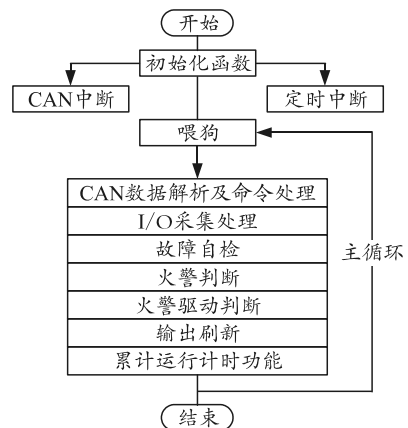


图 8 控制器的总体程序流程

4 结束语

基于 SOC 核心微处理器的车载灭火控制器，在上海电控研究所预研项目的控制系统中已得到验证。结果表明：车载灭火控制器能很好地满足自动灭火的使用要求，具有开发简单、性能可靠等优点，在国产器件自主可控领域有着良好的应用前景。

参考文献：

[1] 京微雅格(北京)科技有限公司. CME-M7(华山)系列产品 CME-M7 数据手册[Z/OL]. 2016-03. www. capital-micro.com.

[2] 西安伟京电子. DC/DC 电源模块 WK312805S-04 数据手册[Z/OL]. 2019-03-20. www. weijing. com.

(上接第 13 页)

由此可知,通过合理搭配起爆环半径与平顶尺寸,可提高射流的头部速度,增加侵彻能力。笔者仅从射流形态来推断射流的侵彻能力,具体侵彻情况可以通过仿真射流侵彻靶板和试验来确定。

参考文献：

[1] 鲁修国,梁增友. F 装药双层药型罩射流性能的数值研究[J]. 弹箭与制导学报, 2010, 30(6): 118-121.

[2] 刘润滋,王凤英,刘天生,等. 不同上下罩高对复合药型罩射流形成影响的数值模拟[J]. 兵器材料科学与工程, 2016, 39(2): 55-59.

[3] 王德宝,马宏昊,沈兆武,等. 平顶药型罩聚能形成射流过程研究[J]. 工程爆破, 2016, 22(2): 51-55, 64.

(上接第 18 页)

[6] 张宇翔. 固定翼无人机任务航迹规划及优化方法研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2016: 1-73.

[7] SZCZERBA R J. New cell decomposition techniques for planning optimal paths[D]. IN: University of Notre Dame, Notre Dame, 1996: 1-12.

[8] 刘群芳. 基于稀疏 A*算法和进化算法的无人机动态航迹规划研究[D]. 南昌: 南昌航空大学, 2016: 27-38.

[9] 蒙波,皮亦铭,曹宗杰. 基于改进 A*算法的无人机航迹规划[J]. 计算机仿真, 2010, 27(9): 29-32.

(上接第 28 页)

[2] 马志杰. 再突破: 6.5 mm 有壳埋头弹药[J]. 轻兵器, 2018(2): 23-25.

[3] 曹晓东,崔国瑞. 轻武器的未来-美军新一代轻量化班用机枪[J]. 轻兵器, 2009(5): 9-12.

[4] 隋超杰,姚养无. 基于 ADAMS 的自动步枪自动机数值仿真研究[J]. 机械工程与自动化, 2014(2): 27-28.

[5] 郭东海,景春温. 基于 ADAMS 的某自动步枪自动机动力学仿真研究[C]//OSEC 首届兵器工程大会论文集. 中国兵工学会,重庆市科学技术协会,《兵器装备工程学报》编辑部, 2017: 130-133.

[3] 王林祥. 一种国产线式火焰传感器的双参数特性分析[J]. 兵工自动化, 2008, 27(8): 83-86.

[4] 张聪,刘友明,孟祥飞,等. 一种动力舱灭火瓶按效能喷射控制方法[J]. 兵工自动化, 2017, 36(9): 58-60, 65.

[5] 刘军辉,屈金标. 一种通用装甲车辆串行总线性能测试方法[J]. 兵工自动化, 2016, 35(2): 32-34.

[4] 李鹏,李刚,袁宝慧,等. 旋转对爆炸成型杆式侵彻体毁伤威力的影响[J]. 爆炸与冲击, 2018, 38(3): 616-621.

[5] 王瑶,田晓丽,马林,等. 双层复合罩罩顶过渡弧半径对侵彻结果的影响[J]. 机械, 2012, 39(1): 35-38.

[6] 吴义锋,王晓鸣,李文彬. 不同的环形起爆位置对球缺型药型罩形成聚能侵彻体的影响研究[J]. 弹箭与制导学报, 2006, 26(1): 738-740.

[7] 陆志毅,苏卿,李大超,等. 不同外罩材料双层药型罩射流成型研究[J]. 中国设备工程, 2020(5): 231-233.

[8] 龚超安,陈智刚,印立魁,等. 双层药型罩不同材料对比对侵彻结果的影响[J]. 机械, 2016, 43(3): 66-69.

[9] 曹杰,王猛,胡坤伦,等. 铜铝复合药型罩厚度比的数值模拟研究[J]. 火工品, 2017(3): 14-17.

[10] 李兵. 云弹药系统理论及方法研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2014: 33-35.

[11] 程潇,董超,陈贵海,等. 面向无人机自组网编队控制的通信组网技术[J]. 计算机科学, 2018, 45(11): 1-12, 51.

[12] 李相民,薄宁,代进进. 基于模型预测控制的多无人机避碰航迹规划研究[J]. 西北工业大学学报, 2017, 35(3): 513-522.

[6] 黄书伟,曹红松,苑大威,等. 基于 ADAMS 自动机动力学仿真快速建模技术研究[J]. 火炮发射与控制学报, 2017, 38(3): 31-36.

[7] 陈华荣. 某型冲锋枪设计与分析研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2018.

[8] 王瑞,姚养无,张晓东. 基于 ADAMS 某霰弹枪自动机动力学仿真[J]. 兵器装备工程学报, 2018, 39(2): 80-82.

[9] 范智滕,王瑞林,李涛,等. 基于虚拟样机的新型重机枪自动机运动分析[J]. 火炮发射与控制学报, 2014, 35(2): 20-24.