

学校编码: 10384

分类号_____密级_____

学号: 19920131152885

UDC_____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 SAE J1939 协议的工程车辆运行数据 采集显示技术研究与应用

Research and Application of Engineering Vehicles Data ac-
quisition display system based on SAE J1939 Protocol

许彬彬

指导教师姓名: 陈文芾 教授

专业名称: 机械制造及其自动化

论文提交日期: 2016 年 月

论文答辩时间: 2016 年 月

学位授予日期: 2016 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2016 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下，独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果，均在文中以适当方式明确标明，并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范（试行）》。

另外，该学位论文为()课题(组)的研究成果，获得()课题(组)经费或实验室的资助，在()实验室完成。（请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称，未有此项声明内容的，可以不作特别声明。）

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

摘要

工程车辆工作环境恶劣，对工程车辆安全性能有较高要求。若能将工程车辆整车运行状态及时、准确反馈给驾驶员、并提供故障预警，将有效降低事故发生的风险。工程车辆参数显示仪表盘作为车载电子的重要部件，是驾驶员获取整车运行状态的窗口，对汽车安全起重要作用。

为了应对车载网络通信节点数量的急剧增加以及电子线束的日趋复杂，德国博世公司研发了一款串行通信总线 CAN，该总线具备低成本、灵活性好、高可靠性与实时性得到各大汽车生产商的青睐。SAE J1939 协议是美国汽车工程师协会参照 CAN2.0B 基础，为重卡、大型客车领域车载通信系统做统一的协议规定，是工程车辆领域应用非常广泛的通信协议。

本课题针对上述背景，通过对车载CAN总线技术与SAE J1939协议的理论研究、基于嵌入式系统平台、引入实时操作系统uC/OS-II，寻找到将安装在工程车辆不同部位ECU发出的运行参数进行集中采集、通过液晶屏显示与故障预警的解决方法，对该方法在工程车辆上的工程化应用进行研究，结合实验室与某工程车辆公司合作项目，设计出一款基于SAE J1939协议的工程车辆运行数据采集显示仪表盘。该参数显示仪表盘具有通用性，能应用于各类工作在J1939协议环境下的工程车辆，有一定的推广价值，也是对我国汽车网络总线化的有益实践。

本文首先介绍汽车仪表的发展现状及 SAE J1939 协议在国内外的发展趋势，通过对 CAN 总线技术以及 SAE J1939 协议的研究，将参数显示仪表盘所需报文进行 SAE J1939 解译。在此基础上制定系统实现方案，以汽车级芯片 MC9S12XS128 为基础搭建系统硬件开发平台，设计了 MCU 最小系统、UART 串口通信、CAN 通信及电源电路四个模块；引入嵌入式实时操作系统 uC/OS-II，对 uC/OS-II 在所选微处理器 MC9S12XS128 上的移植进行设计并搭建软件开发平台，运用 uC/OS-II 多任务调度、消息邮箱通信机制有效保障参数显示仪表盘的稳定性与实时性。最后设计 PCB 版图，制作出实际样机，并对该样机进行整体性能与可靠性测试。

关键词：SAE J1939 协议；工程车辆仪表盘；uC/OS-II；CAN 总线

Abstract

Engineering vehicles are mostly used in a relatively tough and complex environment, so higher standards and requirements about their performance safety are put forward. If the operation information of the engineering vehicles is timely and accurately acquired by the operators and fault early warning is provided, the possibility of accident will be greatly reduced. The engineering vehicles' parameter display dashboard is one of devices for drivers to acquire the information about the vehicles' performance, so it plays an important role in auto safety.

In response to the sharply increasing node number in the vehicle network communication and the growing complexness of electronic wiring harness, CAN bus was developed by Bosch, a Germany company. Due to the lower cost, better flexibility, higher reliability and real-time performance, CAN bus get favored in more and more fields. Based on CAN2.0, SAE J1939 protocol is made by the American society of automotive engineers. It is a unified agreement in the domain of large passenger cars and widely applied in the field of construction vehicle communication.

Under the above background, the theory research of the vehicle CAN bus technology and the SAE J1939 protocol with the basis of embedded system platform, the real-time operating system uC/OS – II is introduced. Through the solution of the LCD screen display and fault early warning and the centralized collection of running parameters from the ECU in different parts installed in engineering vehicles, this method on the engineering application is studied. Combining the cooperation project between the laboratory and some engineering vehicles company, a display panel of engineering vehicles is designed to acquire the running data, which is based on the SAE J1939 protocol. This parameter shows the dashboard is versatile and can be applied to all kinds of engineering vehicles under J1939 protocol. So this device is worth to be promoted and it is also a good practice of the automobile network bus in our country.

In this paper, I will firstly introduce the development of the automobile instrument status and the development trend of the SAE J1939 protocol, both at home and

abroad. After the research of the CAN bus technology and SAE J1939 protocol, the message needed by the parameter display dashboard will be interpreted by SAE J1939. Then the system implementation scheme will be made, which is based on the auto level chip MC9S12XS128 structures as the system hardware development platform. Four modules are designed including MCU minimum system, UART serial port communication, CAN communication and power supply circuit. After that, the embedded real-time operating system uC/OS – II is introduced to design and build software development platform for the transplantation on the selected microprocessor MC9S12XS128. By using effective security parameters of the uC/OS - II task as well as the stability and real-time of scheduling mailboxes message communication mechanism, the PCB layout is finally designed and the actual prototype is made, and its overall performance and reliability is tested.

Key words: the SAE J1939 protocol; Car dashboard; UC/OS - II; CAN bus

第一章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 SAE J1939 协议国内外发展现状	2
1.3 课题研究背景与意义	3
1.4 主要研究内容	3
第二章 基础理论与协议规范	5
2.1 CAN 总线技术	5
2.1.1 CAN 总线的基本原理与特点	5
2.1.2 CAN 总线帧类型与格式	7
2.2 SAE J1939 协议分析	10
2.2.1 物理层	10
2.2.2 数据链路层	11
2.2.3 应用层	12
2.3 基于 SAE J1939 协议的工程车辆显示参数解译	13
2.3.1 工程车辆总线网络拓扑结构	13
2.3.2 报文参数解译	14
2.4 本章小结	17
第三章 系统软、硬件开发平台选择与搭建	18
3.1 系统方案分析	18
3.2 硬件平台的选择	20
3.3 嵌入式操作系统的选择	23
3.3.1 uC/OS-II 操作系统的移植	24
3.3.2 uC/OS-II 移植测试	29
3.4 本章小结	31
第四章 硬件设计	32
4.1 硬件框架	32
4.2 最小系统模块设计	33

4.3 液晶与串口通信模块设计	34
4.4 CAN 通信模块电路设计	36
4.4.1 CAN 网络结构	36
4.4.2 CAN 通信电路设计	37
4.5 电源模块设计	38
4.6 硬件抗干扰设计	41
4.7 本章小结	42
第五章 软件设计	43
5.1 软件框架	43
5.2 任务划分与分析	44
5.2.1 任务划分	44
5.2.2 各任务优先级安排	44
5.3 各任务模块设计	46
5.3.1 主函数	46
5.3.2 CAN 数据请求任务设计	51
5.3.3 CAN 数据接收与故障诊断任务设计	52
5.3.4 数据解析与显示任务设计	54
5.4 软件抗干扰设计	55
5.5 本章小结	55
第六章 参数显示仪表盘测试	56
6.1 CAN 通信功能测试	56
6.1.1 CAN 收发器一致性测试	57
6.1.2 CAN 发送测试	58
6.1.3 CAN 接收测试	59
6.1.4 报文滤波功能测试	61
6.2 参数显示仪表盘功能测试	63
6.3 参数显示仪表盘可靠性测试	67
6.3.1 工作电压测试	67
6.3.2 EMI 测试	68
6.4 参数显示仪表盘现场测试	70
6.5 本章小结	73

第七章 总结与展望	74
参考文献	76
致谢	79
硕士期间科研成果	80

厦门大学博硕士论文摘要库

Content

Chapter 1 Introduction	1
1.1 Introduction	1
1.2 The Domestic and Foreign Development of the SAE J1939 protocol ...	2
1.3 Research Background and Significance	3
1.4 Main Research Contents	3
Chapter 2 Theory and Protocol Specification	5
2.1 CAN Bus Technologies	5
2.1.1 Basic Principles and Characteristics of CAN Bus	5
2.1.2 CAN Bus Frame Type and Format	7
2.2 The Analysis of the SAE J1939 protocol	10
2.2.1 Physical Layer	10
2.2.2 Data Link Layer	11
2.2.3 Application Layer	12
2.3 Parameter Interpretation of the Engineering Vehicles Display Based on SAE J1939 protocol	13
2.3.1 Engineering Vehicle Bus Network Topology	13
2.3.2 Message Parameter Interpretation	14
2.4 Summary	17
Chapter 3 The Selection and Building of the Software and Hardware Development Platform	18
3.1 System Analysis Program	18
3.2 The Selection of Hardware Platform	20
3.3 The Choice of Embedded Operating System	23
3.3.1 Transplantation of the uC/OS-II Operating System	24
3.3.2 The Transplantation Test of the uC/OS-II System	29
3.4 Summary	31

Chapter 4 Hardware Design	32
4.1 Hardware Framework	32
4.2 Minimum System Module Design	33
4.3 LCD and Serial Port Communication Module Design	34
4.4 The CAN Communication Module Circuit Design	36
4.4.1 The CAN Network Structure	36
4.4.2 CAN Communication Circuit Design	37
4.5 Power Module Design	38
4.6 Hardware Anti-interference Design	41
4.7 Summary	42
Chapter 5 Software Design	43
5.1 Software Framework	43
5.2 Task Division and Analysis	44
5.2.1 Task Division	44
5.2.2 Task Priority Arrangement	44
5.3 Multitask Modules Design	46
5.3.1 Main Function	46
5.3.2 CAN Data Request Task Design	51
5.3.3 CAN Data Acceptance and Fault Diagnosis Design	52
5.3.4 Data Parsing and Task Displaying Design	54
5.4 Software Anti-interference Design	55
5.5 Summary	55
Chapter 6 Parameter Display Panel Test	56
6.1 The CAN Communication Function Test	56
6.1.1 CAN The CAN Transceiver Conformance Test	57
6.1.2 CAN Sending Test	58
6.1.3 CAN Acceptance Test	59
6.1.4 Packet Filtering Function Test	61
6.2 The Dashboard Function Test	63
6.3 Parameter Display Dashboard Reliability Test	67

6.3.1 Working Voltage Measurement.....	67
6.3.2 EMI Test.....	68
6.4 Parameter Display Panel Field Test	70
6.5 Summary.....	73
Chapter 7 Summary and Outlook.....	74
References.....	76
Acknowledgement	79
Scientific Achievements During Master’s Study.....	80

厦门大学博硕士论文摘要库

第一章 绪论

1.1 引言

计算机技术与电子技术的大力发展促进了各个领域的技术升级,这其中就包括汽车行业^[1]。经过100多年的发展,汽车行业在传统机械结构方面已经比较完善,汽车电子化将成为汽车技术发展的重要方向^[2]。汽车电子的发展不仅提高了汽车的舒适性与安全性,而且带动了整个汽车产业的发展,未来汽车行业的竞争,汽车电子将占重要一席^[3]。

汽车电子化在提高整车动力、经济、安全与舒适的同时,也带来了各电子控制单元之间的信息交换以及线束繁杂等问题。德国博世公司以此为契机研发出一款串行通信总线CAN(Controller Area Network),由于其具备优良的性能与较低的成本,只需两条线束便可将车内所有电子设备互相连接并实时通信,极大简化了车内繁杂的电子线束,得到越来越多汽车生产商的认可与应用,经过多次修改与完善,CAN总线逐渐发展成国际上应用最为广泛的现场总线之一^[4,5,6]。

车载总线的规范化同时带动了汽车电子的飞速进步,汽车仪表作为汽车电子设备的重要成员,技术发展尤为明显。依据所处年代与工作原理的不同,汽车仪表的发展大致可以分为三个阶段,第一阶段为早期的机械机芯结构仪表盘;第二阶段为电气式仪表盘;第三阶段为现今全数字式汽车仪表盘^[7]。汽车仪表种类繁多,不同车辆对汽车仪表的功能需求并非一致。在商用轿车领域,仪表的娱乐性、智能化是研究热点;在工程车辆领域,对仪表的安全与实用性提出较高要求,工程车辆仪表盘应能为操作人员提供尽可能多的整车运行参数信息并进行故障预警。总体来说,汽车仪表将朝着智能化、功能与控制一体化方向发展^[8]。

嵌入式系统融合计算机、电子及微控制器技术,凭借体积小、集成度高、可定制化等优势在较多行业获得应用^[9]。嵌入式系统包括嵌入式硬件与嵌入式软件两部分,嵌入式硬件主要是指嵌入式微处理器,嵌入式软件包含嵌入式操作系统与用户应用软件^[10]。采用嵌入式软硬件技术进行汽车仪表数字化设计,可缩短开发周期,提高仪表系统实时性^[11]。

1.2 SAE J1939 协议国内外发展现状

在80年代初期,国外众多知名汽车生产商便开始研究车载网络技术。迄今为止,已有多种网络标准,如表1-1所示^[12]:

表 1-1 汽车网络标准协议种类

博世公司	美国汽车工程师协会	德国大众	美国商用机器	ISO国际标准组织
CAN协议	SAE J1939协议	ABUS协议	Auto CAN协议	VAN协议

CAN协议建立在国际标准组织开放系统互连OSI(Open System Interconnection)模型之上,为提高通信灵活性和实时性,CAN协议仅定义物理层与数据链路层,只对数据传输位流以及帧格式做出明确说明,并没有对各帧信息做统一的应用层规定,因此不同领域可在实际应用中依据自身需求制定出符合本领域的应用层规范^[13]。

1994年美国汽车工程师协会SAE(Society of Automotive Engineer)为统一重卡、大型客车的车载电子设备通信标准,以CAN2.0B为基础制定了SAE J1939协议。该协议参照OSI开放模型,在CAN2.0B物理层与数据链路层基础上,扩展了应用层与网络管理层,SAE J1939协议技术在国外发展较为成熟,已经在国外大型客车、特种车辆上获得广泛应用^[14]。

德国Vector公司看中了SAE J1939协议未来的应用前景,较早开发出基于SAE J1939的协议栈,为用户提供接口函数,这样软件开发人员仅需要将大部分精力用于应用功能的设计,而不必去研究SAE J1939协议的具体内容,但商业协议栈成本高,且不利于开发人员灵活配置,因此推广意义不大^[15]。

在国内,由于对车载网络的研究起步较晚,汽车网络标准协议尚未得到普及。随着全球化的推进,国内汽车行业以及政府机构已经开始重视对车载网络通信标准的制定,全国汽车标准化技术委员会以国际上应用广泛的SAE J1939协议为依据,制定了相应的汽车网络通信国家标准,其中《商用车控制系统局域网络通信协议》征求意见稿已经颁布^[16]。国内科研机构也为汽车网络协议的发展做出贡献,中国单片机公共实验室联合国内外相关研究机构,较早搭建SAE J1939协议软硬件测试平台,设计出J1939网关芯片系列产品,加速了我国汽车的网络化进程^[17]。

1.3 课题研究背景与意义

厦门某工程车辆公司在机械传动以及整车质量与安全性方面有突出优势，该公司集中主要精力于整车机械、液压传动与发动机等核心模块的研制，对车载网络的研究与应用相对滞后，随着车载电子控制单元ECU(Electronic Control Unit)的逐渐增多，繁杂的线束以及ECU之间信息交换成为亟需解决的重要问题，这些问题倒逼车厂必须进行车辆局域网系统组网技术的研究，顺应车载电子设备总线化这一必走之路。

CAN总线以其低成本、高实时性、高可靠性的优点得到越来越多汽车生产商青睐，SAE J1939协议在卡车与重型车辆上应用最为广泛，出于协议标准规范化考虑，该公司决定选择CAN总线以及SAE J1939协议作为其车载总线化平台。

随着工程车辆领域市场竞争的加剧，为了节省整车成本、提高核心竞争力，并能为客户提供定制化服务，该工程车辆公司决定在车载总线化基础上逐步自主研发电子设备，来应对日益激烈的市场竞争。参数显示仪表盘作为汽车电子设备的重要部件，在工程车辆领域极为重要，参数显示仪表盘既负责将整车运行状况参数实时显示，也需要具备故障预警功能。笔者实验室主要从事汽车电子、智能控制等方向的研究，与该公司有较多合作。出于客户的需求，该公司决定与笔者实验室合作，设计一款适用于工程车辆的参数显示仪表盘，由笔者负责该参数显示仪表盘的研制工作。该款参数显示仪表盘具有通用性，能应用于各类工作在J1939协议环境下的工程车辆，有一定的推广价值，也是对我国汽车网络总线化的有益实践。

1.4 主要研究内容

课题针对工程车辆仪表盘需要显示参数多、功能复杂的特点，通过对车载CAN总线技术与SAE J1939协议的理论研究、基于嵌入式系统平台、引入实时操作系统uC/OS-II，期待能寻找到将安装在工程车辆不同部位ECU发出的运行参数进行集中采集、并通过液晶屏显示的解决方法，对该方法在工程车辆上的工程化应用进行研究，结合项目实际，设计出一款基于SAE J1939协议的工程车辆运行数据采集显示仪表盘，以下简称参数显示仪表盘。

具体章节安排如下：

第一章介绍了汽车电子的发展现状以及作为汽车电子重要部件的汽车仪表发展趋势，分析了SAE J1939协议在国内外的的发展现状，引出本课题的研究背景与意义。

第二章对工程车辆应用广泛的CAN总线技术以及SAE J1939协议进行了较为详细的研究，其中CAN总线技术分析重点放在帧类型以及帧格式两个方面进行阐述；SAE J1939协议分析重点放在物理层、数据链路层以及应用层进行。结合项目实际需要，将本研究涉及的参数显示仪表盘所需报文参数进行了具体的SAE J1939解译。

第三章对本研究涉及到的参数显示仪表盘进行了整体功能分析并制定出具体实现方案，在实现方案基础上进行了嵌入式软、硬件平台选择与搭建，简要分析了嵌入式实时操作系统uC/OS-II的结构与特点，在选定的嵌入式微处理器芯片MC9S12XS128硬件平台上移植uC/OS-II操作系统并进行测试分析。

第四章基于本项目研究的参数显示仪表盘所需实现的功能，在以微处理器芯片MC9S12XS128为基础的开发平台上进行系统硬件设计，设计主要包括MCU最小系统、UART串口通信、CAN通信及电源电路四个模块，对各模块的关键技术问题进行了深入研究，设计出PCB版图，制作出实际样机。

第五章详细分析了参数显示仪表盘应用软件所需实现的功能，在已移植好的uC/OS-II实时操作系统软件平台上，对系统任务划分与优先级设计进行了详细规划。基于SAE J1939协议，设计出CAN—SAE J1939报文协议栈数据结构及CAN总线收发机制，并在CodeWarrior 5.1集成开发环境下设计各应用任务软件。

第六章利用CAN-USB转换器及CAN调试助手，设计了相关的试验方法及软件程序对仪表盘样机CAN通信机制与性能进行整体测试，从硬件和软件角度验证该参数显示仪表盘的稳定性，在完成实验室里各项测试实验后进行了现场装车测试，测试结果证实了所制作的参数显示仪表盘样机达到工程应用所要求的各种性能。

第七章对参数显示仪表盘进行总结展望并对不足提出了具体的说明。

Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.