

# 基于 ARM 多处理器的 CAN 总线 分布式控制系统设计

王旭东 朱蕴璞

(南京理工大学机械工程学院测试计量技术及仪器系 南京 210094)

**摘要:** 随着科学技术的发展,各种工业设备开始向智能化、嵌入式方向发展。设备不仅需要进行大量的数据采集和分析,而且多个执行机构能够同步协调运行,这就对控制系统提出了更高的要求。介绍了一种多控制器的分布式控制系统,系统以 Cortex-A8 处理器作为设备的监控节点,以多个 Cortex-M3 控制器作为设备执行机构的控制节点,利用 Linux 下的 Socket CAN 通信原理实现各节点快速可靠的数据通信。该控制系统已成功应用于某型全自动血液分析仪。实际项目应用表明,该系统切实可行,稳定性好,而且能保证通信的可靠。

**关键词:** CAN 总线;分布式控制;ARM;Socket 通信原理

**中图分类号:** TP3 TN91 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.604

## Design of the CAN bus distributed control system based on multiprocessor

Wang Xudong Zhu Yunpu

(Department of Technology of Measurement and Instrument, School of Mechanical Engineering, Nanjing  
University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

**Abstract:** With the development of science and technology, various industrial devices develop gradually toward intelligent and embedded direction. These devices need not only to do a lot of data collection and analysis, but also Synchronized movements of multiple executive units, which requires high quality of the control system. In this paper, we shall present a distributed control system with multiple controllers which takes Cortex-A8 as the monitor node of device, multiple Cortex-M3 as the control node of executive units, and takes advantage of the communication theory of Socket CAN under Linux to achieve a fast and reliable data communication among nodes. The system is successfully used on Hematology analyzer. The actual project show that the system is stable and the communication is reliable.

**Keywords:** CAN bus; Distributed control; ARM; Socket communication theory

### 1 引言

目前大型工业设备涉及众多执行机构的流程控制,还需具备人机交互、数据管理、智能排序、通信等管理功能。因而,传统的集中控制系统很难满足要求。因此需要利用分布式控制系统<sup>[1]</sup>。分布式控制系统(Distributed Control System)是一种由过程监控和过程控制组成的以通信网络为纽带的多级计算机系统,多应用在各种工业控制领域。一般可分为管理级、控制级和现场级,各级通过局域网或总线相连,各部分协调工作使整个系统发挥最大功能。

CAN 总线是现场总线的一种,最早用于汽车内部检测部件与执行部件间的数据通信,由于本身的优点,现在已经广泛应用于工业控制,医疗器械,智能建筑等领域。已形成国际标准并被认为是几种最有前途的现场总线之一<sup>[2]</sup>。CAN 总线的各个通信节点可在任意时刻向网络上发送信息通过接收节点的滤波可以方便设置节点的通信优先级,因此它的通信方式非常灵活。将工业领域广泛应用的分布式控制系统和 CAN 总线相结合,可以对众多的控制对象分散管理,各部分能够并行运行,从而提高了设备的自动化程度和工作效率<sup>[3]</sup>。

收稿日期:2015-03

传统使用工控机进行工业设备控制往往实时性差,无法进行高速大量的数据处理,无法实现管理控制智能化。而且以RS485总线为通信方式的监测平台往往结构复杂、成本高,体积过大。因此使用ARM多处理器的CAN总线控制系统,更能向小型化、智能化发展,适合于数控机床、医疗器械等应用领域。

## 2 系统设计

### 2.1 系统控制器的选择

ARM是当前最流行的嵌入式处理器架构,基于ARMv7架构Cortex系列分为A、R、M3类,“A”系列面向尖端的操作系统的高性能计算应用,“R”系列针对实时系统,常用在严格的工业现场,“M”系列针对高性能微处理器。描述的分布式控制系统监控级采用基于Conex-A8内核的AM335x处理器,该芯片是TI推出的一款适用于手机、平板的应用处理器。可以用来实现大量数据采集处理和显示图形化的人机界面,控制级采用基于Conex-M3内核的STM32F20x控制器,用来控制执行机构实时可靠的运行<sup>[4]</sup>。

### 2.2 系统通信节点的设计

智能控制节点即为现场的控制节点。智能控制节点均采用基于Cortex-M3架构的微处理器,实现对执行机构的控制,完成独立的功能。

监控管理系统与控制系统通过CAN总线通信如图1所示,监控节点主要进行数据处理、设备整体管理和人机交互,控制节点着重于控制现场级的各种电机、泵、阀等装置,两者通过交互命令进行通信接收其发送的指令;即监控节点发送控制命令,控制节点接收并解析命令后控制装置运动,同时控制节点可以将现场级的实时状态发送到管理机进行处理,从而形成分布式控制系统。

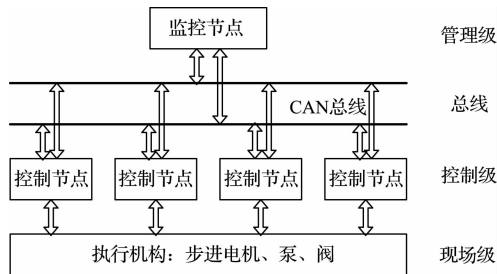


图1 系统通信节点设计

### 2.3 系统通信机制的设计

系统的通信机制是分布式控制系统的桥梁,监控节点向相应控制节点发送动作控制命令,控制节点控制现场设备动作后将状态信息反馈给监控节点。同时各节点之间能够进行大量的数据传输。由此将相应的指令分为控制指令、状态指令、数据指令3种。

CAN总线协议中只定义了物理层和数据链路层,

没有规定应用层,本设计开发实现了一种CAN总线应用层协议。以上3种指令均采用该协议。该协议将指令分为帧头、数据区和校验。帧头的首字节用来标识监控节点和各控制节点的编号,第二个字节用来标识指令的类型;数据区为通信过程中需要发送的数据;为了使指令传输更加稳定可靠,在协议中加入校验功能,校验的2字节为前6字节数据之和,采用小端格式,在各节点接收到指令后首先判断校验位来保证指令的正确性<sup>[5-6]</sup>如表1所示。

表1 CAN总线指令帧格式

帧头(2字节)	数据区(4字节)	校验(2字节)
---------	----------	---------

## 3 硬件设计

由于AM335x和STM32F20x处理器内部都集成了CAN总线控制器,所以CAN总线部分的硬件设计只需外接一个收发器即可,本系统选用了TI公司的带隔离功能的ISO1050芯片。该芯片是一款带电气隔离的CAN收发器,在其内部逻辑输入和输出缓冲被隔离开,其支持的信号传输速率达到1Mbps。当与隔离电源配合使用时,该装置可以防止数据总线或其他电路上的噪声电流干扰本地敏感电路,该芯片特别适合在恶劣环境下使用。使用这样一款芯片可以代替1片CAN收发器和2片光耦的设计,简化了电路的设计,如图2所示。

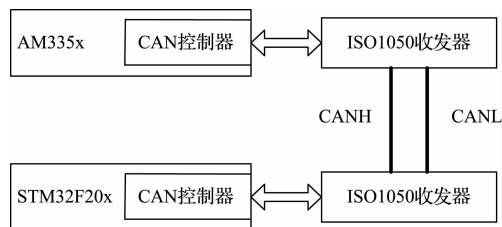


图2 系统硬件设计

## 4 软件设计

### 4.1 系统软件结构

通过软件来实现CAN总线在应用层和底层的通信是该文的重点,整个通信系统的实现包括基于监控机的应用层通信程序,驱动层的实现和基于下位机的收发程序,如图3所示。

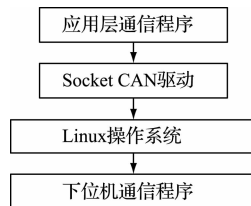


图3 系统软件结构

## 4.2 CAN 总线驱动移植

Linux 下最早使用 CAN 的方法是基于字符设备来实现的,需要根据具体的 CAN 总线驱动器来设计驱动程序,更换驱动器需要大多数应用程序重新调整以适应新驱动的 API, Linux 内核自 2.6.36 版本后开始使用伯克利的 Socket 接口和 Linux 网络协议栈,这种方法使得 CAN 设备驱动可以通过网络接口来调用<sup>[7]</sup>。Socket CAN 的接口被设计的尽量接近 TCP/IP 的协议。由于内核中已经包含 CAN 总线驱动,若要实现数据通信,只需要添加对驱动的支持即可。

首先设置 AM335x 的 CAN 总线引脚,在单板设置中添加 CAN 设备初始化函数,在内核中添加 Socket CAN 的配置选项,编译内核后重新运行,输入控制台命令 `ifconfig -a` 可以看到 `can0` 设备被设置为 Socket CAN 接口。

## 4.3 应用层通信程序设计

Socket CAN 使用原始套接字协议,使用 CAN 总线之前首先需要创建一个套接字,然后将套接字绑定在某个 CAN 接口上,由于监控节点需要接收所有控制节点的数据,因此设置相应的过滤器规则为接收所有数据,初始化之后就可以通过发送和接收线程进行 CAN 总线数据的收发。在发送报文时处理器只负责将数据拷贝到数据缓冲区,发送的任务交给 CAN 驱动程序完成,每次发送成功后,驱动程序会从发送缓冲区拷贝下一个待发送的数据,依次完成所有数据的发送。在接收的时候,驱动程序负责将接收到数据依次拷贝到数据接收缓冲区,应用层的接收线程自动从接收缓存区读取接收到的数据进行处理<sup>[8]</sup>如图 4 所示。

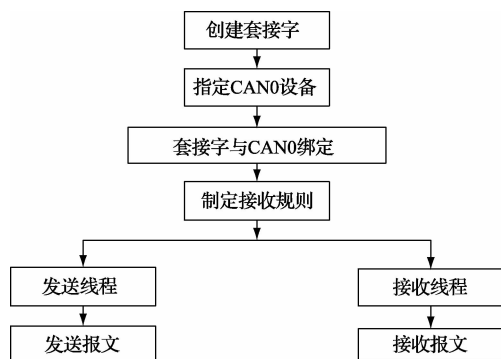


图 4 应用层程序设计

## 4.4 下位机通信软件设计

为了在进行数据传输的时候保证 CAN 总线数据传

输的实时性,下位机采用中断方式进行数据接收。在中断处理函数中将接收缓冲区中的数据保存起来,用于后续数据处理。可靠的数据传输需要确保应用层一定能够接收到数据并能正确的解析执行,在数据传输中最可靠的方式是采用应答机制,即发送方将数据传给接收方后等待接收方的应答,接收方收到该数据解析执行完毕后向发送方做应答。为了防止数据传输错误导致的丢包现象,设计中采用连续 3 次错误报警机制<sup>[9-10]</sup>如图 5 所示。

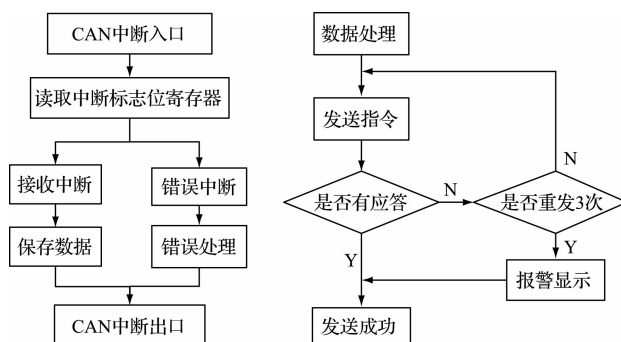


图 5 下位机数据收发流程

## 5 实验应用及通信测试

目前该系统已成功应用于某型全自动血液分析仪,其中监控节点用来管理整个血液分析仪的运行,包括人机界面的交互、数据库管理、血液分析数据的处理、与控制节点的数据通信等。控制节点即为血液分析仪底层的控制模块,包括泵压力检测模块、流量检测模块、电机控制模块、温度控制模块、血细胞检测模块、光信号采集模块等。所有控制节点与监控节点通过 CAN 总线挂接起来构成通信网络。

血液分析仪通过光的透射和反射比来检测血液浓度,因此通信测试可以将血液分析仪的管理机与光信号采集模块通过 CAN 总线连接起来,光信号采集模块将采集到的各通道散射光和透射光 A/D 信号通过 CAN 总线发送到管理机显示出来,通过判断信号值来测试信号传输的可靠性。如图 6 所示在 Linux 下使用 QT 编写的血液分析仪信号采集应用程序。

从实验结果可以看出奇数通道散射信号稳定在设定值 2 000 左右,偶数通道透射信号稳定在设定值 40 000 左右,因此该系统支持多控制节点控制的多通道同步采集。



图6 血液分析仪信号采集界

## 6 结 论

总线分布式网络设计灵活,节点扩展方便,适合应用于嵌入式工业控制领域。本文研究表明,根据监控节点和控制节点的不同功能使用不同类型的 ARM 处理器,解决了传统工控机进行工业设备控制带来的成本高、体积大、无法实现管理控制智能化的问题。利用 Linux 下的 Socket CAN 通信原理实现了对众多的控制对象分散管理,能够在操作系统下进行 CAN 总线通信,并实现了系统在血液分析仪上多通道数据采集的应用。测试结果表明该系统支持多控制节点同步协调通信,并且通信稳定可靠。该文重点分析了系统的软硬件实现方式和通信的可行性,但能否实现大量数据的高速通信还需要进一步验证。

### 参 考 文 献

- [1] 陈石东,陈宜东,陈文芄. CAN 总线的信道分析与干扰防范[J]. 国外电子测量技术, 2007, 26(1): 35-38.
- [2] 于晓,王家礼. 嵌入式系统网络实时性能的优化[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(3): 60-64.
- [3] 贺亮,张金忠. 基于 CAN 总线的数据采集系统的研究与实现[J]. 国外电子测量技术, 2008, 27(2): 23-25.
- [4] 张玉萍,佟为明,李辰. LonWorks 总线实时通信协

议的研究[J]. 仪器仪表学报, 2009, 30(8): 1783-1788.

- [5] 颜玲龙. 基于 CAN 总线通信的轴角数据转换电路设计[J]. 电子测量技术, 2014, 37(4): 112-116.
- [6] 刘鑫,林兆华,杜壁秀. CAN 总线分布式自动调焦控制系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(8): 44-48.
- [7] 王跃飞,侯亮,刘菲. 基于 FPGA 的汽车 CAN 网络实时管理系统设计[J]. 电子测量与仪器学报, 2013, 27(8): 721-728.
- [8] 谭海鹏. Linux SocketCAN 在机车走行部监测装置中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2013, 6(7): 68-71.
- [9] 潘全文,房振旭,姜守达. 基于 CAN 总线的分布式线束网络测试系统设计[J]. 仪器仪表学报, 2007, 28(4): 300-303.
- [10] 孙欣尧,王雪,吴江伟,等. 分布式协同网络用电负荷分层加权概率预测方法[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(2): 241-246.

### 作 者 简 介

王旭东,1991 年出生,在读研究生。主要研究方向为嵌入式系统应用,智能仪器设计。

E-mail: wxudong1991@163.com