

# CAN 总线技术在工业报警网络系统中的应用

Application of CAN Bus Technology in Industrial Alarm Network System

柴 钰 张 奇

(西安科技大学电气与控制工程学院,陕西 西安 710054)

**摘 要:** 为满足工业中报警系统对可靠性、抗干扰性方面的严格要求,通过分析工业中各种总线类型的应用背景,以及对目前常见报警类型进行分类,提出了一种基于 CAN 总线的报警网络结构。在 CAN 总线底层协议的基础上,设计了一种更加适用于工业报警系统的较高层 CAN 总线协议,分析了总线数据传输的实时性和报警信息的传输处理,搭建了该通信网络的实际硬件系统。实验论证了该设计方法的有效性。

**关键词:** 现场总线 CAN 总线 报警网络 抗干扰 冗余 双机热备

**中图分类号:** TP23 **文献标志码:** A

**Abstract:** To satisfy the strict requirements on reliability and anti-interference capability for industrial alarm system, through analyzing the applicable background of various buses used in industrial areas, and classifying the common seen alarm types, the alarm network structure based on CAN bus is proposed and at the basis of the low layer CAN bus, the high layer CAN bus protocol better suitable for industrial alarm system has been designed, the real-time performance of bus data transmission and the transmission processing of the alarm information are analyzed; the practical hardware system of this communication network is established. The experiments verify the effectiveness of this design method.

**Keywords:** Fieldbus CAN bus Alarm network Anti-interference Redundancy Duplex hot-backup

## 0 引言

报警系统是实现工业现场正常生产和安全运行的重要组成部分,它包含许多个功能节点,每个节点对可能产生危害的区域进行实时监测,单个节点的设计可以包含诸多功能,如数据采集与信号处理、伺服控制以及电源管理等。为了保证各个节点与监控主机之间的通信,实现监控主机对报警信息的统一处理,本文设计了基于 CAN 总线的监测报警网络系统。

CAN 总线是一种支持分布式控制和实时控制的串行通信网络,它能够高速传递控制与监测设备之间的数据。CAN 总线如今已广泛应用于各种分布式和实时控制系统中。

## 1 背景分析

目前,世界上存在着大约四十余种现场总线,其中基于 CAN 总线的高层协议产品有 ABB 公司的 DeviceNet、Honeywell 公司的 SDS 系统以及 Cia 公司的 CanOpen 和用于航天领域的 CANaerospace 等<sup>[1]</sup>。

与其他现场总线相比,CAN 总线支持多主工作方式,且采用非破坏性总线仲裁技术,具有通信速率高、容易实现和性价比高等诸多优点,并形成国际化标准。这也是目前 CAN 总线能应用于众多领域,且具有强劲的市场竞争力的重要原因<sup>[2]</sup>。

## 2 报警网络结构

随着工业制造自动化程度的不断发展,以及无人化生产程度的不断提高,要求现场突发报警信息的通信处理能力具有更高的速度和更可靠的稳定性。本文建立了基于 CAN 总线的信息传输网络。该网络包含主控计算机、备份机、节点监测部分和电源管理部分等。各部分均通过 20 kbit/s 的速度连接到 CAN 总线上,通信距离可达 3 000 m,最多可支持 110 个节点。具体的网络结构图如图 1 所示。

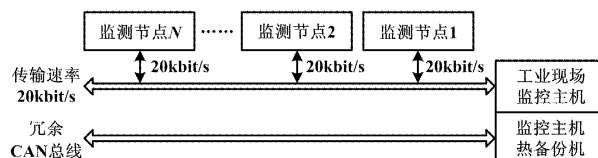


图 1 CAN 总线网络结构图

Fig. 1 Structure of the CAN bus network

报警系统要求在现场各种非正常情况发生时仍能

修改稿收到日期:2010-07-22。

第一作者柴钰,男,1961年生,1987年毕业于西安矿业学院机电系煤矿自动化专业,获硕士学位,副教授;主要从事控制科学与工程、智能仪器仪表、计算机控制等方面的研究。

维持其自身的正常运转,这对系统的可靠性提出了非常苛刻的要求。CAN 总线是单条总线,本文的设计采用了双冗余总线连接方式。CAN 总线网络具有多主控制的特点,其按照优先级的高低依次访问网络,发生冲突时,采取 CSMA/CD(带有冲突检测的载波侦听多路访问控制)的办法来解决。在此设计了三种优先级,由高到低依次为:监控主机、监测节点和其他部分。

CAN 总线网络上的所有监测节点单元不但要对监测对象的工作状态进行实时监测,还应具备自我检测能力,当发生错误时,可及时通知其他单元。这对于可靠性较高的报警系统来说具有非常重要的意义。

### 3 报警系统的高层协议设计

#### 3.1 信息类型及标志符分配

CAN 协议规范中已经定义了 ISO/OSI 网络模型中的数据链路层和部分物理层。在本文所设计的故障报警系统中,较高层协议的设计包括消息优先权的定义和对系统冗余的支持两个部分。

目前,市场上的报警装置种类繁多,用途各不相同。因此,在设计本系统高层协议时,必须对目前一般的报警器进行分类处理,如表 1 所示。

表 1 报警信息分类

Tab. 1 Classification of alarm information

报警级别	适用范围
A 类	重大危害的报警信息,如易燃易爆气体、火灾等
B 类	局部范围会引起人员伤亡、疾病的报警信息,如有毒气体危害、物理因素危害等
C 类	需要及时处理但不会危及人的报警信息,如机械故障、电源故障等
D 类	日常一般性报警信息,如人员轻伤、财产盗窃等

根据定义的报警类型,本报警网络系统通过 ID 标志符的范围来定义其消息优先权,如表 2 所示。

表 2 消息优先权的 ID 范围界定

Tab. 2 ID range definition of message priority

报警信息类型	ID 范围	解释
A 类	0 ~ 99	无论何时出现重大危害报警情况立即异步发送
B 类	100 ~ 199	操作命令根据预先定义的传输间隔异步或循环发送
C 类	200 ~ 299	操作和状态数据根据预先定义的传输间隔异步或循环发送
D 类	300 ~ 399	信息/数据格式和发送间隔完全由用户定义
其他类	未分配 ID	信息/数据格式和发送间隔完全由用户定义

#### 3.2 数据帧结构

节点信息以固定格式的短帧方式传输。消息格式使用 4 个字节消息头来描述,即:节点类型、数据类型、消息类型和服务类型。数据位 0 ~ 3 位用于辨识报文标题,4 ~ 7 位的数据和数据类型均由用户定义。本系统基本信息格式如图 2 所示。

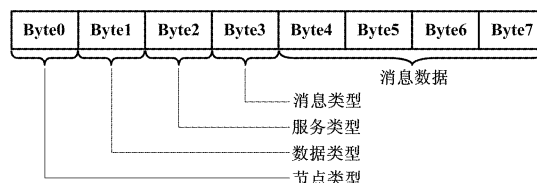


图 2 基本信息格式定义

Fig. 2 Basic information format definition

#### 3.3 网络节点软件设计

节点协议的设计采用握手机制建立与监控主机之间的连接通道,即产生报警信息时向主机发送连接导向信息,主机按照协议所支持的节点指令/相应类型连接来实现特定操作<sup>[3]</sup>。但节点服务请求的要求行为可能没有被响应。节点请求数据的过程可以以高优先级或低优先级模式运行,这由定义好的标志符范围决定。每次传输过程都由一个用于节点请求指令的 CAN 标志符和紧跟的用于节点请求相应的 CAN 标志符组成。

#### 3.4 保留标志符的分配

在默认情况下,对表 1 中已分类的几种报警类型分配标志符。常见的报警类型的标志符根据表 2 定义的 ID 号范围进行分组。在此,大于 399 未分配的标志符可由用户用于功能扩展。

#### 3.5 CAN 总线的冗余设计

CAN 总线驱动器的冗余设计如图 3 所示。

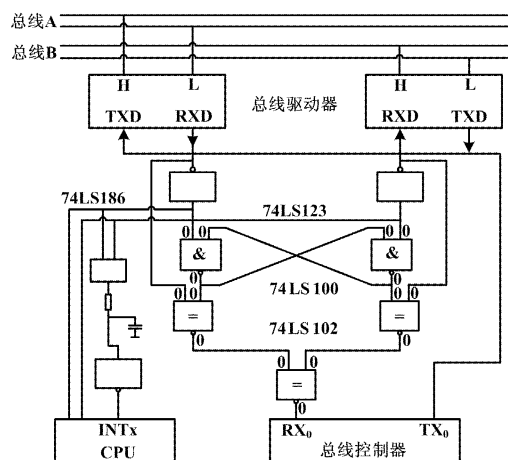


图 3 CAN 总线驱动器的冗余设计

Fig. 3 Redundancy design of CAN bus driver

由于工业生产安全的苛刻要求,为实现具有容错功能的网络<sup>[4]</sup>,需要采用冗余方式进行 CAN 总线的连接。在图 1 所示的网络结构中,采用双冗余度总线结构,有效地防止了一个故障导致网络全体瘫痪的可能性<sup>[5]</sup>。

CAN 总线的冗余设计使用两条总线电缆,每个节点内部使用两个总线驱动器和一个总线控制器。在总线控制器与两个总线驱动器之间设置一个判断电路,当节点发送信息时,总线控制器通过两个总线驱动器同时向两条总线发送相同的报文(不管其中一条总线是否发生故障)。在接收过程中,判断电路自动选择两个总线中的一个并将其中的报文送入总线控制器。由于两个总线在传输延时上不会严格一致,致使两个报文的到达时间有先有后,因此,判断电路以时间优先为选择原则,即抢先到者被选中并将其报文送入总线控制器。正常情况下,两个总线上传送的报文是相同的,因此,无论选择哪一个,这一报文都能被送到总线控制器。如果一个总线发生故障,则关闭它与总线控制器之间的信号通道,而正常总线上的报文仍能顺利送往总线控制器。此外,当总线发生故障时,将自动向 CPU 发出总线故障中断,CPU 收到中断后,通过 I/O 口分别查询两个单稳态的输出即可对故障定位。这时,CPU 发送一个总线故障报警信号,通过非故障总线通知整个系统。

尽管同时使用两条总线,但由于只有一个总线控制器,因此,在正常运行状态下即使发生总线冲突也不会造成两个总线的混乱,完全能够满足 CAN 协议的要求。

### 3.6 双机热备份的实现

在双机热备系统设计中,双机通信和主备机数据的一致性为系统设计和实现的关键问题<sup>[6]</sup>。双机的同步、故障判定和状态切换,以及降级运行都是以通信为基础实现的。在备机启动时,主机在和备机完成通信连接后即主动向备机发送一次信息,发送这个信息的目的是为了使备机的运行状态和参数与主机保持一致。因此,凡是与生产运行状态有关的标志以及影响其后续走向的数据都要从主机传送给备机,一些与管理有关的数据,如当班班组号等,也要根据情况进行传送。

在进行现场作业时,主机负责管理 CAN 总线通信的走向,所有的输入/输出数据均由主机来控制;而备机只进行读取数据,不对外进行输出,即使是在备机上进行的控制操作,也由专用的主备机之间的信号通道传送到主机,然后由主机处理后送出。

由于主机和备机毕竟是两个不同的实体,其系统

时钟必然存在差异。为了保持主备机时钟同步,每过一定时间,主机都要将内部时钟送给备机进行比较,如果两者之间出现差异,则由备机记下差值,并在运行过程中进行微小的步骤调整,从而将误差保持在很小的范围内。

## 4 测试平台搭建

本系统的嵌入式测试平台搭建选用三星公司生产的 ARM9、集成 CAN 控制器的 C8051F040 和飞利浦公司生产的 PCA82C250 系列 CAN 收发器,节点数量为 100 个(45  $\Omega$  负载),监控主机与备份机均采用嵌入式 WinCE 实时操作系统<sup>[7]</sup>。系统硬件结构图如图 4 所示。

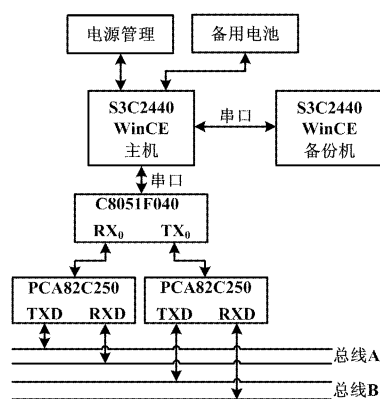


图 4 系统硬件图

Fig. 4 Hardware of the system

## 5 网络通信性能分析

分析 CAN 总线网络通信性能,首先要确定一帧报文的长度  $L$ 。设  $t$  为一帧报文的发送时间, $v$  为总线的速率,则有:

$$t = L / v \quad (1)$$

在报警信息产生并发送给监控主机的过程中,各个从节点会自主竞争传输报文。完成这样一次通信的时间  $T$  为:

$$T = t + (n+2)t + nt \quad (2)$$

式中: $n$  为节点数;

当主节点依次向各个从节点发送数据时,须在之前和之后分别加起始帧和结束帧,故有  $(n+2)$ 。

在本系统中,若采用扩展帧格式发送,总线速率为 20 kbit/s,假设同时有 100 个节点发出报警信息,可考虑节点与主机的响应速度,增加  $T$  的 20% ~ 50% 作为系统裕量,则可得出监控主机可在 1 351 ~ 1 689 ms 内接收到所有节点数据帧。

(下转第 48 页)

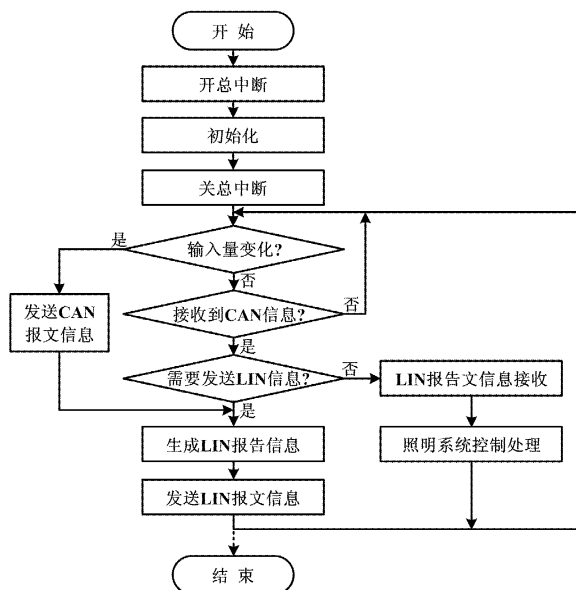


图3 CAN/LIN 总线通信软件流程图

Fig. 3 Flowchart of CAN/LIN bus communication software

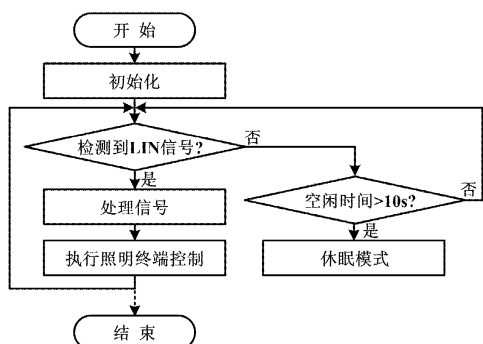


图4 LIN 网络从节点程序流程图

Fig. 4 Flowchart of the slave node in LIN

在通信过程中,LIN 网络主节点起着控制和调度报文的作用,防止数据通信过程发生冲突。当检测到

LIN 报文时,网络主节点向从节点发送报文,实现对从节点设备的控制;当网络从节点上的信号发生变化时,信号应立即通过总线向 PC 机发出报文,并对采集的信号进行简单的判断,确定输出单元的工作状态,实现对照明设备的控制。考虑系统功耗,当从节点信号在一段时间内不变的情况下,总线节点将进入休眠模式。该休眠模式可以由总线信号变化而中止。

## 5 结束语

在智能照明系统 CAN 总线的基础上,运用 LIN 总线架构智能照明系统子网络,并引入 MC68HC908GZ32 作为 CAN/LIN 网关,不但连接了两种不同的总线,且充分发挥了各自的优点,保证了总线的通信质量,并大大降低了智能照明系统的成本开支。CAN/LIN 总线网络具有较好的可靠性、灵活性和较高的抗干扰能力,具有良好的发展前景,可以运用于教学楼、商业中心等场合。

## 参考文献

- [1] 田希晖,张玘,张连超,等. CAN 总线及其应用技术[J]. 测控自动化,2004,20(9):31-33.
- [2] 田亮,乔弘. LIN 总线协议分析[J]. 中国仪器仪表,2004(3):35-37.
- [3] 吕昂,孙荣高. 基于 CAN/LIN 总线的分级网络现场总线控制系统[J]. 工矿自动化,2007(3):88-91.
- [4] 饶涛涛,邹继军,郑勇芸. 现场总线 CAN 原理与应用技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [5] 赵双,杨良义,殷小伟,等. MC 微控器在汽车 CAN/LIN 网关中的应用[J]. 微计算机信息,2008(26):235-236.
- [6] 胡博,王旭东,王力,等. 基于 CAN/LIN 总线的车灯控制器设计与实现[J]. 黑龙江工程学院学报:自然科学版,2007,21(4):46-49.
- [7] 何敬能,程安宇,王旭芳,等. 基于 MC68HC908GZ32 的 CAN/LIN 网关设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2007(9):9-11.
- [8] 马雯雯,陈辉. 基于 CAN/LIN 总线的智能灯光控制系统[J]. 自动化仪表,2009,30(9):40-41,45.

(上接第 45 页)

## 6 结束语

监控报警系统在未来的发展中,对于高可靠度和综合化的要求必将越来越高,系统内的各个子模块之间的联系也必然会更加紧密,这就对监控主机系统和各个检测单元的实时性和稳定性提出了更高的要求。CAN 总线以其自身具有的开放性、灵活性和可靠性的优点成为一种优秀的工业总线。本文所设计的报警系统在继承 CAN 总线优势的基础上,使得系统整体的稳定性和可靠性得到进一步提升。实际应用调试表明,该系统可广泛应用于多种场合,具有广阔的市场潜力。

## 参考文献

- [1] 胡永红. 基于 CAN 总线的无人机网络系统研究[J]. 计算机测量与控制,2009,17(12):2479-2481.
- [2] 莫传孟. CAN 总线冗余通信在机车控制系统中的应用研究[D]. 成都:西南交通大学,2003.
- [3] 甄国涌,牛会恩. 基于 C8051F040 的高性能 CAN 总线节点模块设计[J]. 通信技术,2010,43(2):178-183.
- [4] Kopetz H, Damm A, Koza C, et al. Distributed fault-tolerant real-time systems; the Mars approach[J]. IEEE Micro, 1989,9(1):25-40.
- [5] 禹春来,许化龙,刘根旺,等. CAN 总线冗余方法研究[J]. 测控技术,2003,22(10):28-30.
- [6] 索红军. 嵌入式系统中热备份双机切换技术研究[J]. 微计算机信息,2008,24(8):32-33.
- [7] 赵晓军,苏海霞,任明伟,等. 基于 ARM9 和 CAN 总线的远程监控系统[J]. 计算机工程,2010,36(5):231-233.