

基于 CAN 总线实时令牌网的设计

赵城,张凯

(扬州大学 物理学院,江苏 扬州 225002)

摘要: 基于 CAN 总线物理层和数据链路层设计了一个实时令牌传输网络。该网络具有令牌网传输实时性的优点,克服了以太网延时的不确定性。同时又利用 CAN 总线的仲裁特性,实现了网络的初始化和重构算法。经实际测试证明,本设计能够可靠地实现站点之间的数据传输,实现了网络传输的目标。

关键词: CAN 总线;令牌网;实时性

中图分类号: TN91

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)09-0042-03

Design of real-time token network based on CAN bus

Zhao Cheng, Zhang Kai

(College of Physics, Yangzhou University, Yangzhou 225002, China)

Abstract: This paper describes a design of real time token network based on physical layer and data link layer of CAN bus. The network has real time transmission of token network and overcomes uncertainty of Ethernet. Meanwhile, it takes advantage of arbitration of CAN bus and achieves initialization and reconfiguration algorithm of network. This design can realize data transmission between stations stably and meet the goal of network transmission after actual test.

Key words: CAN bus; token network; real-time

工业测控设备和系统中长期使用的 RS-232 传输协议是一种并不完备的低数据速率传输协议,抗干扰性能差,难以组成大规模的网络系统。随着控制系统复杂性和规模的增加,如果采用传统的以太网组件构建网络拓扑,则实时性难以保证。CAN 是一种造价低、出错概率低又适于现场环境通信的总线,本文在此基础上构建了一种实时的令牌传输网。

1 CAN 总线概述

控制器局域网 CAN (Controller Area Net) 是一种有效支持分布式控制的串行通信网络。CAN 起初是由德国 Bosch 公司为汽车的监测、控制系统而设计的,由于其具有卓越的特性及极高的可靠性,后来渐渐应用于工业过程监控设备的互连。CAN 总线只定义 ISO/OSI 模型中的第一层(物理层)和第二层(数据链路层)。CAN 总线网络的物理拓扑如图 1 所示。

CAN 总线主要的特点有:(1)采用差分传输,抗干扰

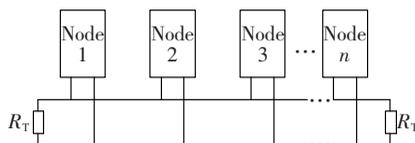


图 1 CAN 总线网络的物理拓扑

性强;(2)采用短帧结构和 CRC 校验等检错措施,出错概率低;(3)采用基于优先权的非破坏性总线仲裁技术,可工作于多主、一对一、一对多及全局广播方式传送接收数据;(4)通信距离随波特率而变,典型值为 10 km(5 kb/s)、40 m(1 Mb/s)。

2 令牌总线概述

令牌总线网络的逻辑拓扑如图 2 所示。所有连到令牌总线上的站,在逻辑上将构成一个首尾相连的环,每个站都知道自己的前导站(PS)和后继站(NS)。

令牌实际上是一个采用特殊编码的控制帧。网上只有一个令牌沿逻辑环传递,得到令牌的站才能发送数据,然后把令牌向下传。在正常运行时,令牌按照站点地址的序列号从一个站点传送到另外一个站点。这样,这个令牌实际上是按照逻辑环而不是物理环进行传递。在数字序列的最后一个站点将令牌返回到第一个站点。

3 基于 CAN 总线令牌网的拓扑结构

结合 CAN 总线数据链路层对帧的封装、差错的控

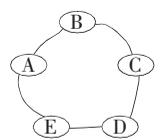


图 2 令牌总线网络的逻辑拓扑

网络与通信 Network and Communication

制和令牌总线突出的实时性的优点,设计了一种基于 CAN 总线的实时令牌传输协议,基于此协议构建的网络拓扑如图 3 所示。

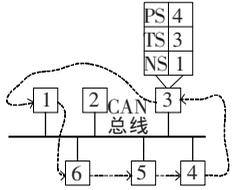


图3 基于CAN总线实时令牌网的拓扑结构

4 站点设计

图4是验证此协议的一个实际网络。主站由NXP LPC1769和收发器PCA82C250构成,从站由51单片机、SJA1000 CAN控制器和收发器PCA82C250构成。主站工作在滤波方式,即只有在标识符(ID)通过滤波后接收信息。从站工作在广播方式,即先接收总线上的信息再按照协议进行处理。主站的作用是收集从站发过来的信息并提交给主机及监视总线活动,当网络令牌丢失时,发送开机复位帧。从站的作用是获得令牌后,向主站或目的从站进行数据通信。

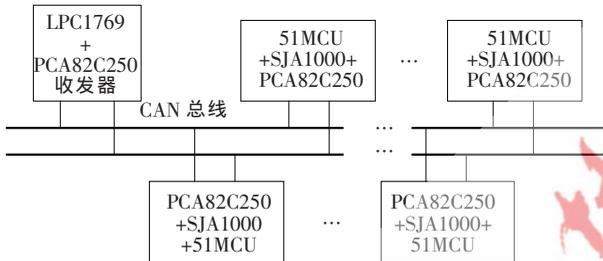


图4 实际验证网络

PCA82C250是专门用于CAN总线的收发器,可与独立CAN控制器组合使用,最高速率为1 Mb/s,还可根据Rs引脚调整3种工作模式。

SJA1000是NXP公司生产的独立CAN控制器,是早期PCA82C200的升级,支持收发11位标识符的标准帧和29位标识符的扩展帧。通过验收屏蔽寄存器和验收代码寄存器进行单次/双次滤波,能完成可靠的通信。

NXP LPC1769是基于ARM Cortex-M3的32位微控制器,工作频率可高达120 MHz。片上集成了双通道CAN 2.0B控制器,USB 2.0全速接口,4个可配置外部中断等。CAN的编程是以32位的方式进行的。在CAN的工程中,需要包含CAN的头文件,此文件包含了波特率、验收滤波器模式等定义以及各项CAN函数的声明。以下是一个CAN信息的定义:

```
typedef struct
{
    uint32_t Frame;           //位 31: 扩展帧或标准帧
                               //位 30: 远程发送请求
                               //位 16~19: 数据长度控制
    uint32_t MsgID;         //CAN 消息标识符 ID(11 位或 29 位)
    uint32_t DataA;         //CAN 消息数据字节 0~3
    uint32_t DataB;         //CAN 消息数据字节 4~7
} CAN_MSG;
```

在具体的CAN函数中,就可以用这个结构体去定义数据缓冲区,然后在主函数中进行数据缓冲区的初始化。

5 令牌传输协议设计

SJA1000扩展帧格式具有5个字节的描述符,本文将对其进行重定义,如表1所示。帧类型如表2所示,其中前8个帧是控制帧,某些控制帧还会使用数据字节1。

表1 重定义CAN描述符区

帧信息	10xxDLC(3-0)
识别码 1	帧类型字节
识别码 2	发送站 ID
识别码 3	目的站 ID
识别码 4	未用
数据字节 1	某些控制帧会使用

表2 帧类型

令牌申请帧	00000000	开机复位帧	00000001
请求后继帧	00000010	设置后继帧	00000011
闭环宣示帧	00000100	谁是后继帧	00000101
入环申请帧	00000110	令牌帧	00000111
数据帧	00001000		

站在不同的时间会发送不同的类型帧,其中环路的建立过程是指环的初始化或站的添加和删除过程。

令牌申请帧: 硬件复位或收到开机复位帧的站,在总线空闲时发送,向总线申请令牌。

开机复位帧: 令牌持有站发送完后继帧的目的站后,在一定的时间内监视不到总线活动时发送,通知环路站点环路严重出错,需要进行复位,重新组环。

请求后继帧: 环路建立过程中由令牌持有站发送,通知未入环的站以设置后继帧响应令牌持有站的询问。

设置后继帧: 环路建立过程中由未入环的站或出错站的后继站发送,用于添加或删除一个站。

闭环宣示帧: 环路建立过程中令牌持有站发送完请求后继帧后,在一定的时间内监视不到总线活动时发送,通知环路站点环路已经建立,并由识别码3标示的目的站进行闭环操作:将此站的前导站PS设置为此帧的识别码2。

后继帧: 令牌持有站发送完令牌帧后,在一定的时间内监视不到总线活动时发送,通知错误站的后继站以设置后继帧响应令牌持有站的询问。

入环申请帧: 发生总线错误的站在总线恢复时,向令牌持有站申请成为其后继站。

令牌帧: 令牌持有站收到设置后继帧或发送完数据帧时,将令牌传递给它的后继站时发送。

数据帧: 令牌持有站有数据需要发送时,向目的站进行发送。

为实现协议,每个从站中都需定义一个站状态寄存器 Station_State_Reg(SSR),其各位定义如图5所示。

7	6	5	4	3	2	1	0
x	Frame ID(FID)	Token_State	Ring_State	Station_State			

图5 站状态寄存器 SSR 的位定义

网络与通信 Network and Communication

Station_State 用于指示站状态,0 表示站未入环,1 表示站已入环,此位在硬件复位或收到开机复位帧时置 1,总线出错时置 0。Ring_State 用于指示环的状态,0 表示环未闭合,1 表示环已闭合,此位在硬件复位、收到开机复位帧和总线出错时置 0。Token_State 用于指示站是否持有令牌,0 表示未持有,1 表示持有,此位在硬件复位或收到开机复位帧时置 1,总线出错时置 0。Frame ID 用于指示当前/之前发送的帧类型,与帧类型字节的低 4

位相同,硬件复位或收到开机复位帧时置为令牌申请帧 ID,总线错误时置为入环申请帧 ID。

每个站设置 3 个站 ID 字节和一个临时存储字节 Temp,它们在硬件复位、收到开机复位帧或总线出错时置为本站 ID。PS 记录前导站 ID,NS 记录后继站 ID,TS 记录本站 ID。Temp 对应于环建立过程中令牌帧的数据字节 1;在环初始化时令牌帧的数据字节 1 表示的是第一个获得令牌的站 ID,当前令牌持有站把令牌传给它

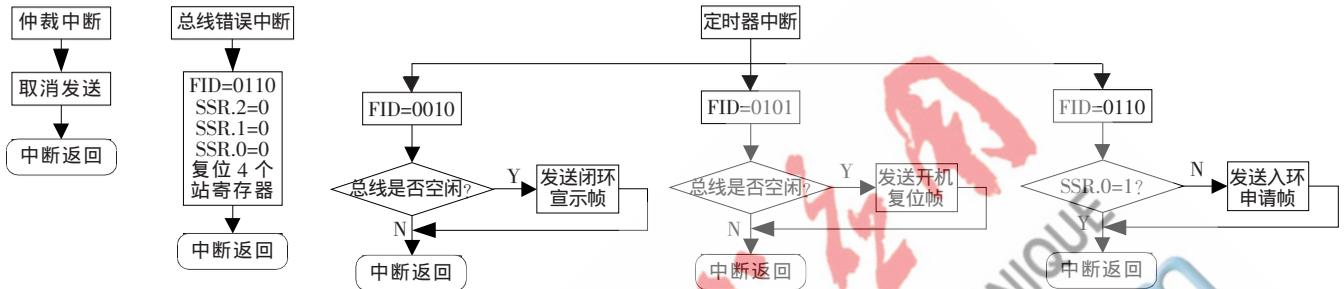


图 6 仲裁中断、总线错误中断和单片机定时器中断处理流程

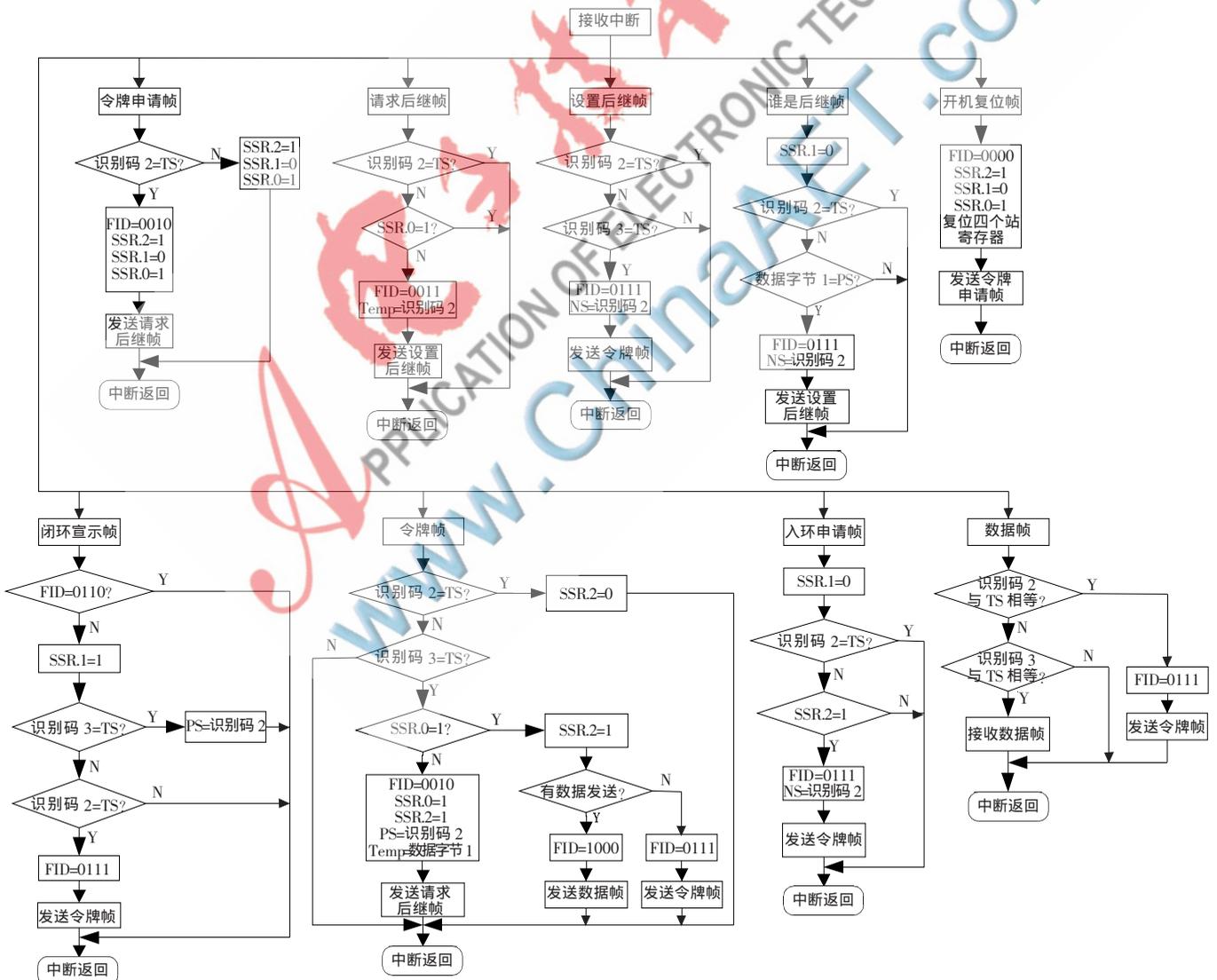


图 7 接收中断处理流程

的后继站时会转发此 ID；当有站发送入环申请帧申请添加一个站时，当前令牌持有站会把它的后继站 ID 放入令牌帧的数据字节 1 中传给入环申请站，此 ID 的站会作为之后的闭环宣示帧的目的站进行闭环操作；当令牌持有站发送后继帧删除一个站时，会把出错的后继站 ID 放在数据字节 1 中，PS 与此 ID 相同的站会以设置后继帧响应令牌持有站。

站程序中除定义了每个类型帧的发送函数外，还定义了一些其他重要的函数：状态侦测函数，用于侦测总线是否错误、是否空闲以及发送缓冲器是否释放，它由每个类型帧的发送函数所调用；定时函数，用于设定一个时间间隔，它仅由请求后继帧、后继帧、申请入环帧发送函数调用。SJA1000 控制器开放接收中断、仲裁中断及总线错误中断 3 类中断。发送中断、仲裁中断、总线错误中断和单片机定时中断处理流程如图 6 所示。

接收中断处理流程如图 7 所示，接收中断对 9 类帧进行了不同的处理。

基于 CAN 总线的实时令牌网可用于短数据帧的实时传输，如机器状态传感数据、过程控制信号等，基于此

协议构建的网络既可保证传输的实时性又可保证正确性，因此具有很好的应用价值。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 关平.双向 HFC 网络中令牌总线接入方法研究[D].成都:四川大学,2004.
- [3] 王毅峰,李令奇.基于 CAN 总线的分布式数据采集与控制系统[J].工业控制计算机,2000,13(5):34-35.
- [4] SJA1000 Stand-alone CAN controller.pdf [EB/OL].[2000-01]http://www.nxp.com.
- [5] LPC1769.pdf[EB/OL].[2012-08]http://www.nxp.com.

(收稿日期:2013-01-09)

作者简介:

赵城,男,1985年生,硕士研究生,主要研究方向:现场总线的应用。

张凯,男,1963年生,副教授,主要研究方向:单片机与嵌入式系统。