

基于 CAN 总线智能节点的设计与实现

纪文志¹, 陈国忠¹, 唐加山²

(1.南京邮电大学 通信与信息工程学院, 江苏 南京 210003;

2.南京邮电大学 理学院, 江苏 南京 210003)

摘要: 根据 CAN 总线技术特点, 利用 ARM STM32F107 芯片和通用 CAN 收发器 CTM8251T, 给出了基于 CAN 总线智能节点的硬件和软件设计方法, 并实现了智能节点之间的通信。实际应用表明, 该智能节点工作稳定可靠, 具有较强的抗干扰能力。

关键词: CAN 总线; CAN 收发器; 智能节点

中图分类号: T99

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)02-0044-03

Design and implementation of intelligent node based on CAN bus

Ji Wenzhi¹, Chen Guozhong¹, Tang Jiashan²

(1.College of Telecommunication and Information Engineering,

Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2.College of Science, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: According to CAN bus technical features, using ARM STM32F107 and universal CAN transceiver CTM8251T, the hardware and software design of intelligent node are given and communication among intelligent nodes is achieved in this paper. Application shows that the communication module is stable, reliable and has a strong anti-interference ability.

Key words: CAN bus; CAN transceiver; intelligent node

1 CAN 总线技术特点

CAN(Controller Area Network)控制器局域网络是在20世纪80年代初由德国 Bosch 公司为解决现代汽车中众多的测控仪器之间的数据交换而设计的一种有效支持分布式实时控制的串行数据通信网络^[1]。1993年11月ISO正式颁布了CAN国际标准(ISO 11898),它以半双工方式工作,采用基于数据的传输机制,通信介质可以是双绞线、同轴电缆,其通信速率可达1 Mb/s,最大传输距离可达10 km(速率在5 kb/s以下)。CAN总线的主要特点^[2]为:

(1)多主技术。网络上任一节点均可在任意时刻主动地且不分主从地向网络上其他节点发送信息,同时将节点信息分不同的优先级,可满足不同的实时需求。

(2)可靠性高。节点在错误严重的情况下,具有自动关闭输出功能,切断自身与总线的联系,使总线上其他节点的操作不受影响。

(3)完善的错误监测机制。采用短帧结构,传输时延短,受干扰概率低,每帧信息都进行16 bit的CRC校验

及其他校验措施,使数据出错率极低。

这些优良的特性使CAN总线在汽车工业、机械工业、医疗器械及传感器等领域得以广泛应用。CAN总线被公认为极具发展前途的现场总线之一。

2 CAN 总线智能节点设计

2.1 CAN 总线智能节点硬件电路设计

本文中的CAN总线智能节点通信模块采用ARM STM32F107芯片作为CAN节点的微处理器,在CAN总线通信接口中,采用一款带隔离的通用CAN收发器芯片CTM8251T。本着智能节点结构简单、易于扩展以及能稳定可靠地进行通信的设计目标,设计了CAN总线智能节点硬件电路原理图,如图1所示。从图中可以看出,电路主要由两部分构成:ARM微控制器STM32F107和通用CAN收发器CTM8251T^[3]。

STM32F107芯片是意法半导体公司推出的一款STM32互连型系列、内核为ARM Cortex-M3的32位高性能微控制器。通用CAN收发器CTM8251T是用于CAN控制器和CAN总线之间的接口芯片,波特率是自适应

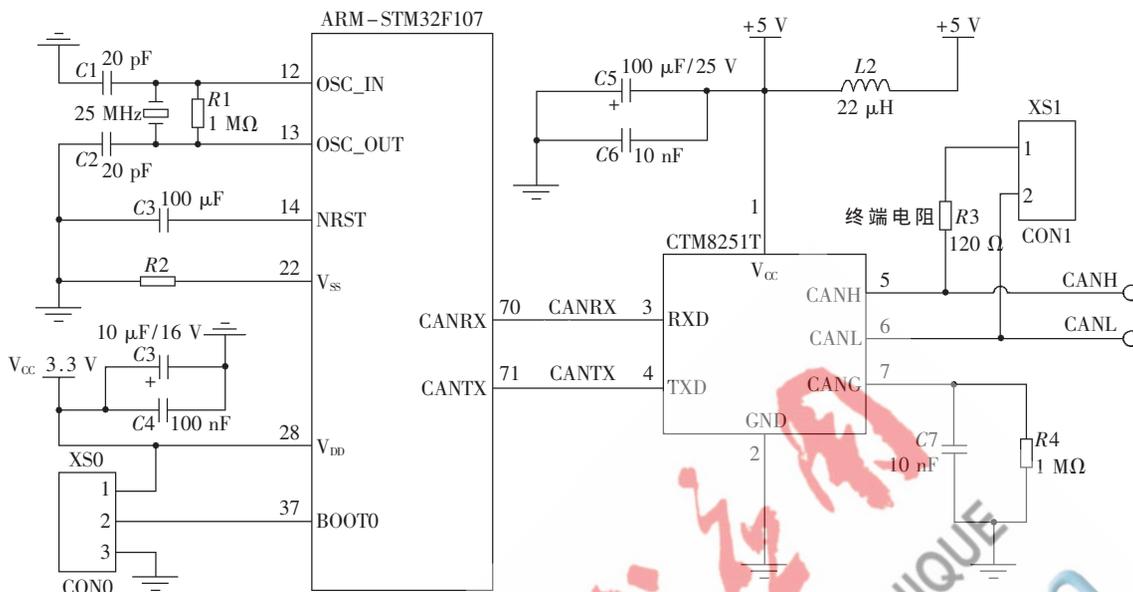


图1 CAN总线智能节点硬件电路原理图

的,其内部集成了所有通信必需的CAN隔离及CAN收发器件。此外,该芯片还具有自动热关断保护、未上电节点或者处于欠压状态的节点不会影响CAN总线、高压瞬态保护等特点。

2.2 CAN总线智能节点通信软件设计

CAN总线智能节点软件设计的核心部分包括CAN智能节点初始化、CAN报文发送和CAN报文接收。根据STM32F107内部的PeHICAN的具体结构,需要对STM32F107芯片进行正确的初始化、报文发送和接收等操作^[4]。

(1) CAN智能节点初始化

下面分别给出波特率和报文接收滤波器的设置方法。

①波特率的设置。波特率是CAN总线传输的一个重要参数,在应用中选择波特率为250 kb/s。位时间特性逻辑通过采样来监视串行数据通信的CAN总线,并且通过与帧起始位的边沿进行同步,即通过与后面的边沿进行重新同步来调整其采样点。简单地讲就是把名义上的每位时间分为三段,包括同步段(SYN_SEG)、时间段1(BS1)、时间段2(BS2)。位时间特性原理结构如图2所示。



图2 位时间特性原理结构图

由位时间特性原理结构可知,CAN网波特率 $BaudRate = 1/NominalBitTime$,其中名义上的位时间 $NominalBitTime = 1 \times t_q + t_{BS1} + t_{BS2}$,时间段1: $t_{BS1} = t_q \times (TS1[3:0] + 1)$,时间段2: $t_{BS2} = t_q \times (TS2[2:0] + 1)$,时间片 $t_q = (BRP[9:0] + 1) \times t_{CLK}$, $t_{CLK} = 1/36 \text{ MHz}$ 为APB的时钟周期,时间段1($TS1[3:0]$)

可通过位时间特性寄存器 $CAN_BTR[19:16]$ 位来设置,时间段2($TS2[2:0]$)可通过位时间特性寄存器 $CAN_BTR[22:20]$ 位来设置,波特率分频器($BRP[9:0]$)可通过 $CAN_BTR[9:0]$ 位来设置。

由于选择的通信波特率为250 kb/s,为了计算方便,可以按如下方式进行设置: $TS1[3:0] = 0x08$, $TS2[2:0] = 0x05$, $BRP[9:0] = 0x09$,则时间片 $t_q = 0.25 \mu\text{s}$,名义上的位时间 $NominalBitTime = 16t_q = 4 \mu\text{s}$, $BaudRate = 1/NominalBitTime = 250 \text{ kb/s}$ 。

②接收滤波器的设置。STM32F107芯片共有14组过滤器,每组过滤器的位宽都可以独立配置,以满足应用程序的不同需求。此外过滤器可配置为屏蔽位模式和标识符列表模式,在屏蔽位模式下,标识符寄存器和屏蔽寄存器一起,指定报文标识符的任何一位,应该按照“必须匹配”(相应屏蔽位置为1)或“不用关心”(相应屏蔽位置为0)处理。本文采取的是屏蔽位模式,标识符寄存器中对应目的地址的1个字节位设置为本节点地址,屏蔽寄存器中对应目的地址的位全部置为1,剩余位置为0,则每个CAN节点都会收到目的地址为本节点地址的CAN报文,丢弃目的地址不是本节点地址的CAN报文。

(2) CAN智能节点的报文发送过程

STM32F107芯片提供一个专用的SRAM存储器用于CAN报文的发送和接收,其中有3个邮箱供软件来发送CAN报文,发送调度器根据优先级决定优先发送报文的邮箱。发送子程序主要负责CAN智能节点报文的发送。此发送子程序采用查询发送方式,发送时只需要将待发送的数据按照表1所示的帧格式(扩展帧)组合成一帧CAN报文,送入CAN报文发送缓冲区,然后判断发送缓冲区是否有空邮箱。若有空邮箱,则发送;否则等待直到有空邮箱然后发送。

表 1 CAN 报文标识符和数据帧格式定义

ID28-26	ID25	ID24-21	ID20-13	ID12-5	ID4-1	ID0	Data0-Data7
优先级	分段标志	组标识符	目的地地址	源地址	命令标识符	确认标志	0x00

(3) CAN 智能节点的报文接收过程

STM32F107 芯片提供 2 个接收缓冲区 FIFO，每个 FIFO 都可以存放 3 个完整的 CAN 报文，它们完全由硬件来管理。接收子程序主要负责 CAN 智能节点报文的接收及其他情况处理。此接收子程序采用中断接收方式和设置使用接收缓冲区 FIFO_0 存放接收到的 CAN 报文，在接收到一个 CAN 报文后，就可以通过访问 FIFO_0 来读取它，一旦报文被处理，接收缓冲区 FIFO_0 就会被释放，以便为后面收到的报文留出足够的存储空间。

(4) 程序流程图

CAN 智能节点初始化流程如图 3 所示；CAN 智能节点的报文发送流程如图 4 所示；CAN 智能节点的报文接收流程如图 5 所示。



图 3 CAN 初始化流程图

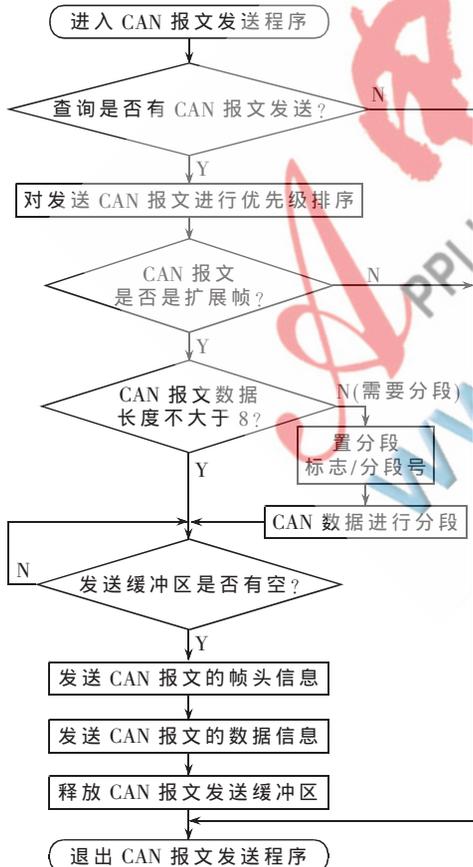


图 4 CAN 报文发送子程序流程图



图 5 中断接收子程序流程图

3 CAN 总线智能节点间通信的实现

根据本文第二部分设计的 CAN 智能节点很容易实现节点之间的通信。

为方便起见，本文构建了一个简单的 CAN 网络，包括两个 CAN 智能节点 Node1 和 Node2、两个 120 Ω 的端接电阻、两根 20 m 的屏蔽双绞线、一块 CAN 适配器卡和一台 PC 机。CAN 总线智能节点间通信的原理框图如图 6 所示。

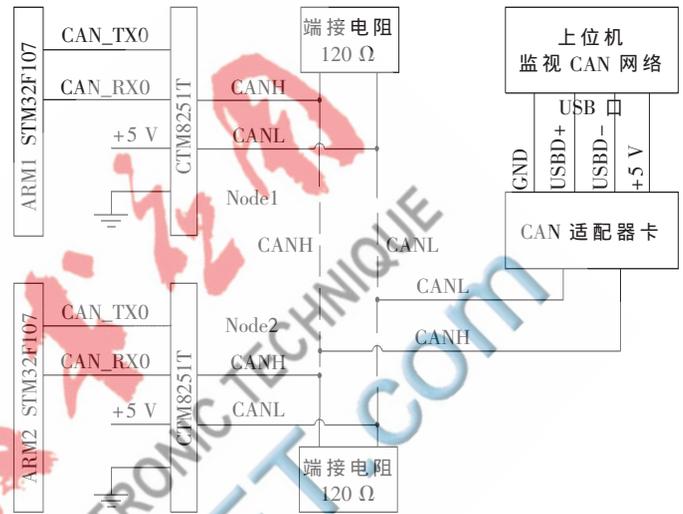


图 6 CAN 总线智能节点间通信的原理框图

假设节点 Node1 为管理节点，控制数据优先级设置为 2，节点地址置为 0x66；节点 Node2 为从设备节点，查询应答优先级设置为 3，节点地址为 0x88；若数据长度小于或等于 8 B，则不需要分段，其分段传输标志置为 0，采用无组播发送，其组播码置为 0000B，应答位 Ack 均置为 0。依据表 1 中规定的 CAN 报文标识符和数据帧格式定义，定义了如下 4 种 CAN 报文：CAN 网工作状态查询命令、CAN 网工作状态应答命令、设备复位命令和设备复位报告命令。

(1) CAN 网工作状态查询命令帧标识符定义为 0x408866a0，其报文数据部分设置如表 2 所示。

(2) CAN 网工作状态应答命令帧标识符定义为 0x60668810，其报文数据部分设置如表 3 所示。

(3) 设备复位命令帧标识符定义为 0x40-886600，其报文数据部分设置如表 4 所示。

(4) 设备复位报告命令帧标识符定义为 0x446688f0，其报文数据部分设置如表 5 所示。

表 2 CAN 网工作状态查询命令帧报文数据设置

DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
0x11	0x00						

表 3 CAN 网工作状态应答命令帧报文数据设置

DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4[错误寄存器]	DATA5[错误寄存器]	DATA6	DATA7
0x00	0x00	0x00	0x00	接收错误计数器值	发送错误计数器值	0x00	0x00

表 4 设备复位命令帧报文数据设置

DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
0x00							

表 5 设备复位报告命令报文数据设置

DATA0	DATA1	DATA2	DATA3	DATA4	DATA5	DATA6	DATA7
0x00	0x01 (Software Reset)	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00	0x00

现在让管理节点 Node1 与从设备节点 Node2 进行通信,用上位机软件来监视节点 Node1 与节点 Node2 通信过程中发送的 CAN 报文数据,实验结果如图 7 所示。

消息	源地址	目的地址	帧格式	帧长度	数据长度	数据
00000000	0	0x408866a0	数据帧	8	11	00 08 08 00 00 00 00 00
00000001	0	0x408866a0	数据帧	8	00	00 08 08 00 00 00 00 00
00000002	0	0x408866a0	数据帧	8	00	00 08 08 00 00 00 00 00
00000003	0	0x408866a0	数据帧	8	00	13 08 08 00 00 00 00 00

图 7 CAN 总线智能节点间通信实验结果

分析图 7 的实验结果:4 个在第 0 路 CAN 上传输的 CAN 报文的帧格式均为数据帧,帧类型为扩展帧;由第 0 条 CAN 报文帧标识符 0x408866a0 可知,报文优先级为 2,目的地址为 0x88,源地址为 0x66,说明该报文是管理节点 Node1 发向从设备节点 Node2 的 CAN 网工作状态查询命令;由第 1 条 CAN 报文帧标识符 0x60668810 可知,报文优先级为 3,目的地址为 0x66,源地址为 0x88,说明该报文是从设备节点 Node2 发向管理节点 Node1 的对 CAN 网工作状态查询命令的应答命令,此外由 DATA4=0x00,DATA5=0x00 可知,CAN 错误状态寄存器接收计数器和发送计数器值均为 0,说明 CAN 网是稳定可靠的;由第 2 条 CAN 报文帧标识符 0x40886600 可知,报文优先级为 2,目的地址为 0x88,源地址为 0x66,说明该报文是管理节点 Node1 发向从设备节点 Node2 的设

备复位命令;由第 3 条 CAN 报文帧标识符 0x406688f0 可知,报文优先级为 2,目的地址为 0x66,源地址为 0x88,说明该报文是从设备节点 Node2 发向管理节点 Node1 的设备复位报告命令,即对设备复位命令的回应报文。

本文设计的 CAN 总线智能节点已应用于车载控制系统中。应用结果表明,利用 ARM STM32F107 芯片和通用 CAN 收发器 CTM8251T 芯片设计的 CAN 总线智能节点具有结构简单、节点易于扩展、系统运行稳定可靠、实时性好、抗干扰能力强等特点,具有良好的应用前景。

参考文献

- [1] 吴文珍,韩玉祥,司光宇,等.基于 CAN 总线智能检测仪的设计[J].大庆石油学院学报,2009,29(5):85-87.
- [2] 饶运涛,邹继军,王进宏,等.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,2010.
- [3] 王月娇,朱家驹.CAN 总线智能测控节点的设计[J].湖北大学学报,2005,27(2):133-136.
- [4] 徐爱钧.IAR EMARM V5 嵌入式系统应用编程与开发[M].北京:北京航空航天大学出版社,2009.

(收稿日期:2011-09-20)

作者简介:

纪文志,男,1988 年生,硕士研究生,主要研究方向:现代通信中的智能信号处理技术。