

CAN 总线在燃料电池轿车动力系统中的应用

程 晖 徐国卿 王晓东 程 伟 同济大学电气工程系(200331)

Abstract

The article describes a CAN bus system which has been successfully used in the Fuel Cell Car drive system and analyses its hardware construction and software design. The CAN bus system discussed in this paper gives a good example for the application of CAN bus.

Keywords: CAN bus, fuel cell, diagnose on-line

摘 要

本文介绍了成功应用于燃料电池轿车动力系统上的 CAN 总线控制系统,并对 CAN 总线的硬件结构和软件设计做了详细的分析。本文介绍的 CAN 总线技术对于 CAN 总线的工程化应用具有很好的实用参考价值。

关键词: CAN 总线, 燃料电池, 在线诊断

燃料电池轿车的动力系统采用交流电机驱动系统,因此交流电机控制部件与整车之间的 CAN 总线通信系统就成了一个重要的研究课题。本文提出了一种用于交流电机控制芯片 TMS320F240 和燃料电池轿车整车控制器之间通信的 CAN 总线系统。

1 燃料电池轿车通信网络的拓扑结构

燃料电池轿车的总线通讯网络由燃料电池轿车动力总成 E-CU、整车辅助系统及诊断等节点共同构成,共分成动力总线(CP)和辅助系统总线(BA)两大类:①CP 按照 C 类网的标准建造,通信速率为 500kbps,主要节点包括 BM(电池管理)、MC(电机及其控制系统)、FCE(燃料电池发动机)、DCF(DC/DC 变换)和 VMS(整车控制系统)等;②BA 按照 B 类网的标准构建,通信速率为 125kbps,线上节点包括 VMS、EC(电源控制中心)、AC(空调)、DPLY(状态显示)、DVI(驾驶员车辆接口)等。VMS 具有两个 CAN 总线端口,作为网桥连接 CP 总线和 BA 总线。具体的网络拓扑结构如图 1 所示。

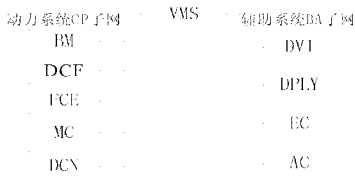


图 1 整车的网络拓扑结构

2 燃料电池轿车动力系统 CAN 通信硬件电路

2.1 燃料电池轿车动力系统主体硬件结构框架

燃料电池轿车动力系统的主体硬件结构框架如图 2 所示,其中 F240 芯片、控制电路、驱动电路、主电路、电机、数据采集电路构成一个闭环单元通过 CAN 总线接受整车控制器的命令。

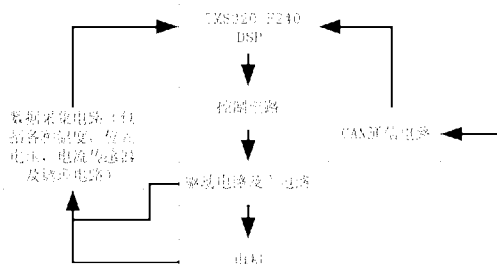


图 2 燃料电池轿车动力系统硬件框架

2.2 燃料电池轿车动力系统 CAN 总线硬件电路

CAN 总线硬件电路如图 3 所示,主要由四部分所构成:

DSP F240、CAN 通信控制器 SJA1000、CAN 总线收发器 82C250 和高速光电耦合器 6N137。TMS320F240 是 TI 公司专门为电机控制而开发的 16 位定点数字信号处理器,它集成了许多针对电机控制的外设模块(如事件管理模块、ADC 模块等),但它没有集成 CAN 模块,所以需要扩展独立的 CAN 控制器。SJA1000 是 PHILIPS 公司用来替换 PCX82C200 的产品,它和 PCX82C200 的软硬件完全兼容,同时又支持具有新功能的 CAN2.0 协议。82C250 是 CAN 协议控制器和物理总线间的接口,它对总线提供差分发送能力、对 CAN 控制器提供差分接收能力。为了增强 CAN 总线节点的抗干扰能力,SJA1000 的 TX0 和 RX0 并不直接与 82C250 的 TXD 和 RXD 相连,而是通过光耦与 82C250 相连,这样就实现了 CAN 节点和 CAN 总线之间的电气隔离。应特别指出的是光耦部分电路所采用的两个电源 VCC 和 VDD 必须完全隔离,否则采用光耦也就失去了意义。CANH 和 CANL 与地之间并联了两个 30P 的小电容可以起到滤除总线上高频干扰的作用;另外在两根 CAN 总线接入端与地之间分别反接了一个保护二极管(图 3 中的 D1 和 D2),当 CAN 总线有较高的负电压时通过二极管的短路可起到一定的过压保护作用。

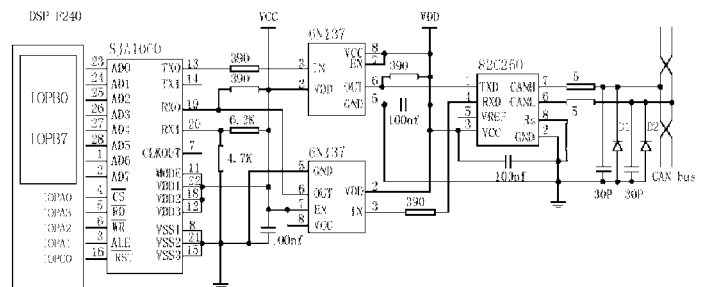


图 3 CAN 总线硬件电路

CAN 总线收发器 82C250 可以选择三种不同的工作模式——待机、斜率控制和高速模式。在待机模式下,发送器被关闭,而接收器转至低电流。在高速模式下(将管脚 8 和地直接相连),发送器输出级晶体管将以尽可能快的速度打开、关闭。在这种模式下,不采取任何措施用于限制上升斜率和下降斜率,因此比较容易受到干扰,所以应该采用屏蔽电缆。对于较低速度或较短总线长度,可使用非屏蔽双绞线或平行线作为总线。为降低射频干扰 RFI,应使用斜率控制模式限制上升斜率和下降斜率。上

升斜率和下降斜率可通过管脚8接至地的连接电阻进行控制。燃料电池轿车上的CAN总线(动力子网)通信速率高(500kbps),但总线长度比较短,所以高速模式和斜率控制模式这两种工作方式都可以使用。在实验过程中对这两种工作方式进行比较,发现在使用了斜率控制模式时总线容易出错且不稳定,因此选择高速模式(如图3,将82C250的RS管脚直接接地)。

2.3 DSP与CAN控制器接口

由于DSP采用的并不是传统单片机的冯诺伊曼结构(即数据存储器和程序存储器及I/O口统一编址),而是效率更高的哈佛结构(即数据存储器和程序存储器相互独立),它没有单独ALE信号,因此在外扩SJA1000的时候SJA1000芯片不能直接和DSP相连,可通过DSP的I/O口用软件来模拟SJA1000芯片工作时需要的时序以及交换数据用的数据和地址信号(具体接口如图3)。

3 燃料电池轿车动力系统CAN通信软件设计

燃料电池轿车动力系统的软件部分主要包括电机控制软件和CAN通信软件两个模块。其中CAN通信模块又主要包括三个部分:①CAN控制器的初始化;②接收控制命令信息和发送工作状态信息;③电机及控制器运行状态的在线故障诊断。对于这两个软件模块采用了分层设计的思想,其中一个模块在前台工作一直处于循环之中,而另一个模块在后台只有在需要的时候才运行,运行时中止前台的程序。后台运行软件的优先级比前台运行软件高,这样两个模块在工作的时候相互独立、互不干扰。在实际运行中将CAN通信模块设置成前台工作模式,将电机控制模块设置成后台工作模式。因此CAN通信采用循环查询的方式进行发送和接收数据,而电机控制软件采用中断的方式进行工作,这样就达到了分层设计的目的。

3.1 CAN控制器的初始化

在系统上电时CAN通信软件首先要初始化SJA1000,在对SJA1000寄存器设定前,主控制器通过读复位模式/请求标志来检查SJA1000是否已到复位模式,因为要存放配置信息的寄存器仅在复位模式才能写入。配置好信息,它会清除复位模式/请求标志,进入工作模式。

3.2 接收控制命令信息和发送工作状态信息

初始化完成后,CAN通信需要接收控制命令信息和发送工作状态信息,这是整个CAN控制软件中最重要的一个部分,其目标是实现动力系统与VMS节点(整车控制器)之间的互连互通。目前各零部件控制单元只与VMS节点进行周期性的通信,各零部件控制单元之间不进行相互通信。VMS节点运行后,每隔20ms发送其数据帧。VMS节点发送给动力系统的数据共有两帧,第一帧(VMSStatus)是作为轿车网络的时间基准,没有有效数据。第二帧包括VMS传给动力系统的电机给定转

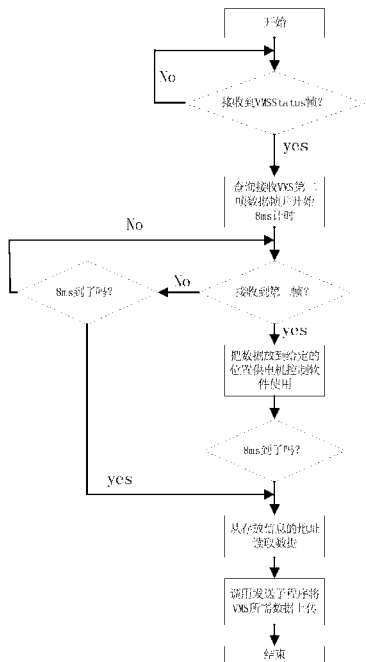


图4 CAN通信接收控制命令信息和发送工作状态信息流程图

矩、电机工作模式以及使能信号等数据。动力系统的电机控制器收到VMS发来的第一帧后延时8ms时间马上发送其自身数据给VMS节点。电机控制单元需要回传的数据帧也是两帧包括有:电机实际转速、电机实际转矩、直流母线电流、电机当前状态码、电机实际温度、电机控制器实际温度等信息。CAN通信接收控制命令信息和发送工作状态信息的流程如图4所示。

3.3 电机及控制器运行状态的在线故障诊断

在动力系统设计理念中,CAN也是一条现成的诊断通路,这样在硬件上就省略了诊断接口。当然在软件上要定义相关的传输协议,使原来全部的诊断功能可以在CAN的层面上得以实现,甚至更多。实际应用过程中采用在线诊断的方式,消息的发送为事件触发类型,无须通过请求实现,即动力系统中如果电机或者电机控制器在运行过程中出现故障,动力系统节点将主动向VMS节点发送故障帧来传输故障标志以及故障代码。一个诊断故障代码(DTC)由四个部分构成,这四个部分分别是:故障等级、系统分类代码、故障代码以及故障次数。故障等级分为四级,故障代码举例如表1。

表1 故障代码举例

故障码	故障描述	故障等级
故障码 P1201	三相中任一相输出电流以为零	1级(紧急停机故障)
故障码 P1203	电机位置传感器失效	1级(紧急停机故障)
故障码 P1206	电机转速传感器电气故障	2级(请求停机故障)
故障码 P1216	控制器输入电压超过上限值	3级(降功率故障)
故障码 P1219	控制器温度传感器继续故障	4级(警告性故障)

故障代码的上传和电机状态上传有所区别,动力系统节点控制器将VMS第一次周期性通信中所发送的VMSStatus帧作为时间起始参考点,在收到此消息后建立各自的系统时钟,以500ms为时间周期,用于发送故障消息。当某个故障被激活后,则以事件触发的形式向总线即时上传故障帧。第一个故障帧消息发送后,必须在500ms的传输时间周期到来时再重复发送该故障帧消息。在故障变为非激活状态时立即传送一个故障帧反映故障状态的改变,发送完后停止故障信息的上传。若在500ms的周期内出现两个(或以上)激活故障,则在故障激活时立即分别传输各自的故障帧,该消息包含当前处于激活状态的相应故障。其流程结构如图5所示。

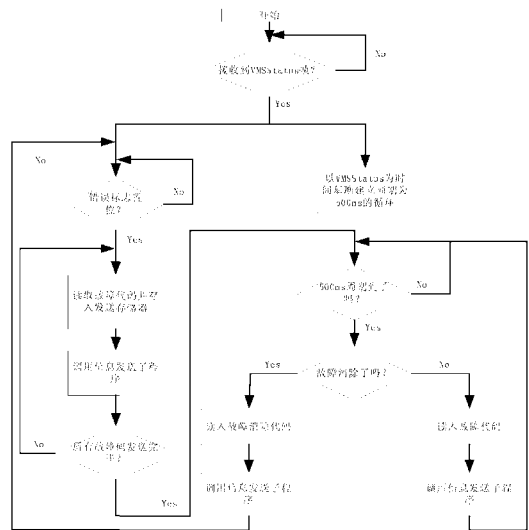


图5 故障代码的上传流程

(下转第11页)

(上接第 9 页)

4 结束语

实践证明,将 CAN 总线应用于燃料电池轿车上可以提高开发效率、增强系统的灵活性和可扩展性、大大缩短了设备维修时间、提高了系统可用度。

参考文献

- 1 乌宽明.CAN 总线原理和应用系统设计,北京:北京航空航天大学出版社,1996
- 2 W. Lawrenz, CAN System Engineering, Springer-Verlag, 1997
- 3 饶运涛.现场总线 CAN 原理与应用技术.北京:北京航空航天大学出版社,2003

[收稿日期:2004.3.24]