基于 CAN 总线的车轮电子检测器的设计

郭万岭

（哈尔滨铁路局工业总公司无绝缘产品发展中心，黑龙江 哈尔滨 150030）

摘　要：车轮电子检测器是铁路电务部门车辆记轴系统的基本单元。它要求具有大量数据采集和处理能力，灵活的采样周期，以满足系统实时性要求，带有冗余 CAN 总线接口。根据总体技术指标要求，本设计采用了 TI 公司的 DSP 芯片 TMS320F2812。利用其片内 AD 及外加 16 路多路开关，可实现多路模拟信号的采集和处理。另外，该芯片还带 2 个片内 CAN 控制器。实际测试结果表明，该采集节点工作稳定，满足系统的性能要求。

关键词：车轮电子检测器；冗余；CAN 总线；DSP

Abstract: Wheel electronic detector is the basic unit in calculation of axle of Railway Telecommunication System. It requires the acquisition and processing capability for a large number of data, a flexible sampling period to meet the real-time requirements of the system, and a dual redundant CAN interface to achieve bus error processing and passive bus switching functions. According to the requirements of the general technical indicators, the Texas Instruments DSP chip TMS320F2812 is chosen. It has 12 bit on-chip ADC and a 16-channel analog switch. In addition, the DSP also have two enhanced CAN controllers, which can support the bus error processing in node, and respond the bus detection and switching orders from main node by software design. The actual test results show that the collection node works stably. It can meet the performance requirements of the control system.

Key words: wheel electronic detector; redundancy; CAN; DSP chip

按照铁道部颁布的《铁路主要技术政策》要求，结合 CTC 调度集中系统的推广建设，半自动闭塞区段均需要完善区间列车占用安全检查设备，实现自动站间闭塞。目前，国内普遍采用的解决方案是利用计轴设备与半自动闭塞结合构成自动站间闭塞。同时，站内轨道电路分路不良是困扰电务与车务部门多年的运输安全老大难问题。目前解决轨道电路分路不良的技术措施有提高轨道电路分路灵敏度、轨面防锈喷涂和计轴方案三种。其中，计轴方案技术成熟、安全可靠，可彻底解决轨道电路分路不良问题。结合以上需求开发了微机计轴设备，包括运算器（ACE）和车轮电子检测器（ADE），其中车轮电子检测器要求具有大量数据采集能力，可根据信号种类灵活设置采样周期，并要求带有双余度 CAN 总线接口，支持冗余总线。

1 车轮电子检测器硬件设计

每个车轮电子检测器是两个传感器信号采集与处理单元。方案框图如图 1 所示。该方案由车轮传感器、信号调理电路、DSP 芯片、余度 CAN 总线接口组成。其中的信号调理电路已有通用模块，在此就不详细叙述。本设计主要以数据的采集及节点的双余度总线通信为主。

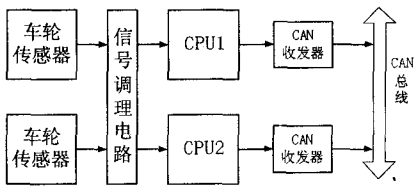

图 1 总体方案

1.1 数据采集

为了满足多路信号数据采集及双余度 CAN 总线等功能需要，采用了德州仪器公司的 DSP 芯片 TMS320F2812。其主要特点为：内部带 1 个 12 位分辨率、16 通道的 AD 转换单元，转换速度可达 12.5MSPS，满足系统对数据采集的要求，具有 2 个完全支持 CAN2.0B 版本协议的 CAN 总线控制模块，可以满足总线冗余的要求。由于各节点传感器信号较多，既有模拟信号，又有数字信号。数据采集采用了 DSP 芯片中自带的 AD 模块，具有 16 路采集通道。信号调理电路出来的标准信号幅值范围在 0~3V，可直接接到 DSP 的 AD 端口上。数字信号则接入 DSP 的 IO 口。另外，为了满足传感器信号较多的后轮采集节点，通过外加 1 个 16 通道的模拟多路开关进行扩充。由于多路开关会对采集精度产生一定影响，并会产生延时，因此连接到多路开关的信号都是对实时性和精度要求不高的显示用信号。TMS320F2812 没有专门的外部扩展接，多路开关的片内地址线及片选信号可接到 DSP 的普通 IO 口上。

1.2 CAN 总线的通信

为了提高通信系统可靠性，铁路系统中的通信总线均采用冗余设计。根据系统对双余度 CAN 总线通信的要求，本设计所采用的 DSP 芯片 TMS320F2812 内部自带 2 个 CAN 总线控制模块，CAN 总线收发采用两片 SJA1000 芯片，为了增强节点的抗干扰能力，在 SJA1000 输出端加入了光电隔离。单路 CAN 总线连接如图 2 所示。其中 CANH 和 CANL 之间可根据具体情况接入 120Ω 终端电阻。

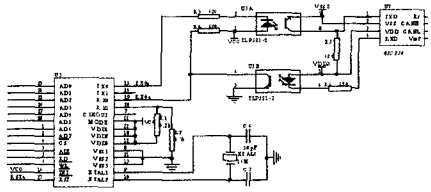

图 2 单路 CAN 总线连接

2 车轮电子检测器软件设计

车轮电子检测器软件要求实现节点的数据采集、CAN 总线通信及余度总线的管理功能。

2.1 数据采集部分

数据采集部分考虑到系统对于不同的传感器信息，采集要求也不相同。每个传感器有一个进程与之关联，这个进程将完成被测量的 A/D 转换及简单的数据处理，并将被测量数据附带上传感器的标识一同传送到数据缓冲器中。负责管理数据的进程从缓冲器中取出数据，进行组装后发给发送进程。TMS320F2812 中的 A/D 单元支持多个触发信号源启动模数转换，它带有两个采样保持通道，可对一系列转换进行级联自动排序，或双排序自动排序。

本设计中采用双排序模式转换，第 1 通道优先级高，用于控制类信号，第 2 通道优先级低，用于显示类信号。转换采用中断方式，由事件管理 EVA/EVB 定时触发。转换结果保存在 ADC 模块寄存器 ADCRE2Sultn 中。

2.2 车轮电子检测 CAN 总线通信

车轮电子检测的总线通信方式采用无条件索取与时间触发相结合的方式。无条件索取以控制管理计算机为主节点，发送远程帧请求数据。对应的采集节点根据 ID 号自动发送相应数据，并在发送成功后，更新邮箱数据。时间触发方式，各节点按照预先定义好的周期时间传输数据，总线基循环全局的时序同步通过 eCAN 模块的定时邮递功能实现。非周期发送的通信流程图如图 3 所示。

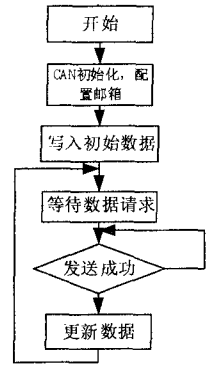

图 3 非周期发送的通信流程图

2.3 冗余 CAN 总线管理

在冗余 CAN 总线系统中，较之硬件结构而言，软件设计相对复杂。系统中所有节点的两个 CAN 控制器经初始化后都随时准备接收信息，但有且只有一个 CAN 控制器在发送信息。换言之，在一个时间点上，系统中有且仅有一路 CAN 通道在工作，另一路处于监听状态（正常工作时），或故障状态（发生故障时）。整个总线任务，除了数据发送和接收外，还包括对余度总线的管理，如各从节点的错误处理，和对主节点命令的响应等。控制管理计算机作为主节点，具有总线管理功能，可以进行在线节点统计，识别离线节点并采取总线切换等处理措施，而从节点只能报告错，被动切换总线。

2.3.1 采集节点的总线错误处理

根据总线错误计数器的值，总线节点可以处于以下三种状态：错误主动、错误被动和总线脱离状态。而这三种状态均可设置相应的中断标志位，并进行相应的中断处理。软件复位 e-CAN 模块时，所有参数，除了被保护的寄存器外都将复位为它们的默认值，但不修改邮箱内容和错误计数器。为了不使通信混乱，将取消悬挂的和正在进行的发送。复位　（下转 41 页）

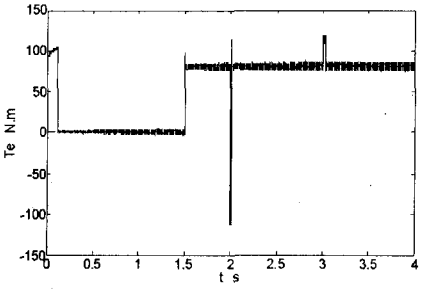

图 7 电磁转矩

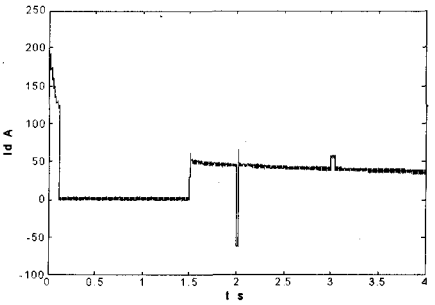

图 8 励磁电流分量

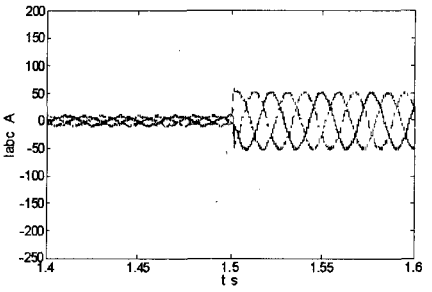

图 11 加载时三相电流

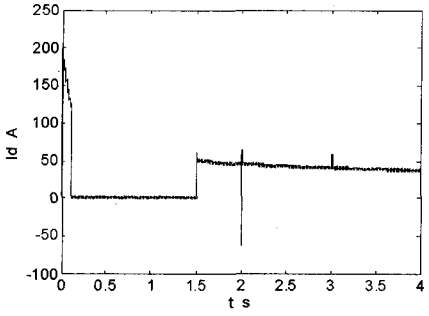

图 9 转矩电流分量

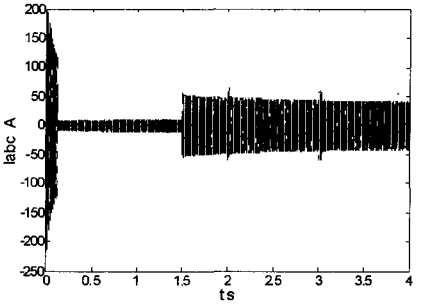

图 10 调速过程中的电流波形

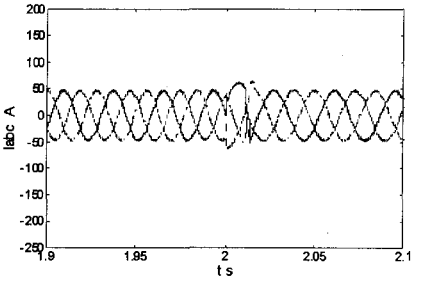

图 12 减速时电流波形放大图

20%,减速过程的快速性良好。在 3s 时刻加速 10%,转速也能良好的跟随给定值。整个调速过程中的电磁转矩指令值如图 6、图 7 为其响应,可以看出,系统对电磁转矩的控制是有效的。

图 8 和图 9 给出整个调速过程中励磁电流分量 和转矩电流分量 的响应曲线。由图 8 可见,励磁电流分量 在整个调速过程中没有发生改变,保证了电机内部磁场在稳态、暂态发挥了最大的效率,而转矩电流分量 在加载、加速、减速过程中都随着指令信号改变而改变,从而动态的控制电机电磁转矩,对应的三相坐标系下的电流波形放大图如图 11~12,可以看出,过渡过程平滑,基本无冲击。

5 结论

矢量控制是一种优良的控制策略,带转矩内环磁链闭环矢量结构,得益于直接对转矩和磁链同时进行反馈控制,能够获得转速良好的转速控制效果,其系统性能优异。

利用 Matlab/Simulink 提供的电机、电力电子器件、电源、控制模型,很容易建立矢量控制系统的仿真模型,全面地展示矢量控制技术的特点,其强大的数据、图形分析功能,能直观的观测各个变量的动态响应。

参考文献

[1]现代电力电子学与交流传动[M].北京:机械工业出版社,2005.

[2]陈伯时.电力拖动自动控制系统[M].第三版.北京:机械工业出版社,2003.

[3]阮毅,张晓华.异步电机磁场定向模型及其控制策略[J].电气传动,2002,34(3):3-5.

[4] 洪乃刚. 电力电子和电力拖动控制系统的MATLAB 仿真[M].北京:机械工业出版社,2006.

作者简介:郭瑞(1983~),男,就读于兰州交通大学,主要研究方向为检测技术及自动化装置、电力拖动控制系统等。王庆贤,高级工程师,兰州交通大学硕士生导师,从事电力机车牵引传动控制的教学与科研工作。

(上接 42 页)后再重新初始化CAN 模块,则邮箱和错误计数器将恢复为初始值。在总线关闭状态下,节点不再向该路总线上发送数据。只能由故障处理程序清除中断标志,并重新初始化该路总线,进入监听状态。在此期间,通信任务移交另一条总线完成。

2.3.2 采集节点对总线命令的响应

控制管理计算机作为数据采集系统的主节点,可向各节点发送总线命令。总线命令包括总线检测或总线切换等。采集节点作为从节点,两路总线的 eCAN 模块均设置有特定 ID 的邮箱接受总线命令,这些邮箱始终使能,在收到数据后可立即产生邮箱中断。不论命令从哪条总线上传来,采集节点均能够进行响应。

若为总线切换命令,则调用相应函数,复位当前总线,切换到另一总线。另外,为了便于恢复通信,主节点在正常通信时,需将当前的邮箱通信状况记录下来,包括正在发送和待发送的信息。读该表即可获取系统原来进行的任务,实现原来通信任务的可靠切换。其他从节点则只需在复位后等待主节点重新请求数据即可。

总线检测则是主节点随机的向总线上的从节点发送远程帧,从节点收到后,将自己的节点编号放在数据帧中发送给主节点,主节点根据收到的节点编号来判断该从节点是否发生故障。

3 实验测试验证

为验证车轮电子检测的软硬件设计,实际测试分两部分进行。首先测试节点的数据采集功能,由输入节点和输出节点组成,传感器信号由信号发生器提供,输入节点对信号进行采集处理后,再经 CAN 总线发送给输出节点。输出节点接收到数据后,进行 DA 转换输出。

对冗余 CAN 总线的验证,采用 4 个节点组网,并设置一个主节点。采集节点的错误处理拟采用人为故障的方式进行调试,通过断开 CANH 或 CANL 或是让 CANH、CANL 短接,使得节点的 CAN 总线的错误计数器迅速积累到限值,引起报警中断。

当某节点的工作总线进入总线脱离状态时,主节点将通过软件方式自动切换到另一路总线,并发送切换命令。其他从节点收到切换命令后,也将启动总线切换程序。总线切换中产生延时较小。切换后,接收数据正确,未有帧丢失情况。

实验表明该节点软硬件运行稳定,能够完成各项功能要求,其在实际系统中的工作正常。

结束语

以上设计的基于双余度 CAN 总线的起落架数据采集节点,方案采用 DSP 为主控芯片,充分利用了其高速运算能力及丰富的外围接口,实现了多路数据采集和冗余 CAN 总线通信的功能,满足了记轴系统的要求。

参考文献

[1]莫传孟,林彦凯,冯晓云.基于 MB90F543 微控制器的双 CAN 冗余设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2003(11):41-43。

[2]TI.TMS320F2810,TMS320F2812,DIGITAL SIGNAL PROCESSORS Data Manual[Z].Texas Instruments,2003.

[3]陈绍文,邓志杰.铁路计算机联锁系统中通用输入输出接口研究 [J]. 铁路计算机应用,2006(12):23-25.

[4] 邬宽明.CAN 总线原理和应用系统设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1996:11.

作者简介:郭万岭(1975~),男,黑龙江哈尔滨人,硕士学历,主要从事交通信息工程及控制、测控技术和嵌入式系统开发等方面的研究和开发。