

低压电机保护群控系统中基于 CAN 总线的数据通信

林中一, 孙新亚, 李迎春

(清华大学自动化系, 北京 100084)

摘要: 介绍了低压电机保护群控系统中基于 CAN 总线的数据通信模块。硬件上, 处理器 MSP430 通过 SP 接口控制 CAN 控制器 MCP2510 实现数据发送接收; 软件上数据的封装和解码遵循 Modbus 协议, 数据的发送和接收则遵循 Hlon A 协议。

关键词: CAN 总线; 数据帧; Modbus 协议; Hlon A 协议

中图分类号: TM32; TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2005)03-0047-04

0 引言

MCS81 型低压电机保护群控系统是由清华大学实验室研制开发的分层分布式新型低压电机保护群控系统。该系统将传统上集中起来的监控、保护单元分散到各个现场中分布实施, 这些分散的控制保护单元再通过通信网络与监控主机连接起来, 构成一个有机的整体, 从而实现集中管理和分散控制。各保护装置分散在现场的各个地方, 准确实时地进行数据通信对于群控系统是非常重要的。控制器局域网 CAN (Controller Area Network) 是一种有效支持分布式实时控制的多主串行总线^[1], 以其短报文帧和优异的 CSMA/BA 仲裁协议而被广泛应用。MCS81 型低压电机保护群控系统就是通过 CAN 总线实现监控主机和子单元的数据通信, 以实现主机对子单元的监测和控制。

1 CAN 总线概述

CAN 总线是由德国 BOSCH 公司为实现汽车测量和执行部件之间的数据通信而设计的一种现场总线, 是一种支持分布式控制及实时控制的串行通信网络。CAN 总线作为现场总线之一, 因其性能优越、价格适宜、通信距离远、速率高、抗干扰强, 非常适合在工业测控领域进行数据通信, 被广泛应用于汽车电子、电力系统以及野外石油工作平台的内部子系统的互连。

CAN 总线的通讯介质可以采用双绞线, 直接通信距离最远可达 10 km (速率 5 kbps 以下); 通信速率最高可达 1 Mbps (通信距离 40 m 以下)。CAN 总线通讯采用短帧结构, 数据段长度最多为 8 个字节, 这使得数据传输的时间短, 不会占用总线过长时间, 实时性好, 同时受干扰的几率低。并且 CAN

总线协议有良好的检错措施, 在 CAN 节点自身发生严重错误的情况下还具有自动关闭功能, 从而保证网络上其他节点的操作不受影响。因此 CAN 总线通讯的可靠性和稳定性都较高。

MCS81 型低压电机保护群控系统的监控主机为 PC 机, 监控主机需要通过 CAN 总线和现场的保护装置通信。在电机运行时, 监控主机需要及时地获取被保护电机的运行情况, 获得遥测值 (包括电机运行时的电压、电流、电压频率、功率和电度量等); 监控主机在需要的时候还向保护装置发送遥控命令 (包括电机正转、反转、远动跳闸和合闸命令等)。还可以通过监控主机设置保护装置的保护定值、测量参数和校正系数; 通过获取遥信量, 及时地获知保护装置的保护报警状态, 并及时地排除故障。监控主机和保护装置之间的数据传输还包括保护装置的运行参数和 SOE 记录。这就要求系统的通信具有较高的实时性和可靠性。

为了实现监控主机与保护装置的 CAN 总线连接, 需要设计它们之间的通信方案。下面分别从硬件和软件对上位机 PC 机和保护装置之间基于 CAN 总线的数据通信进行设计。

2 CAN 通信模块的硬件设计

MCS81 型低压电机保护群控通信网络的拓扑结构为总线型, 上层管理机和下层各控制保护装置都连接在同一总线上, 构成主从的工作方式。上层管理机为 PC 机在变电站层, 它通过研华公司的 PCL-841 CAN 总线适配卡连到 CAN 总线上, 实现对间隔层中控制保护装置的监视、通讯和远动等。下层的控制保护装置通过 CAN 控制器 MCP2510 实现 CAN 数据的发送和接收。其系统的网络拓扑结构如图 1 所示。

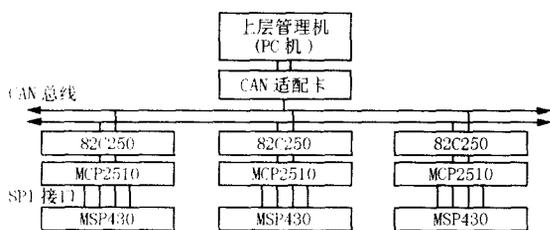


图 1 系统网络拓扑结构

Fig 1 System topological structure

目前,我国工业上应用最广泛的独立 CAN 控制器芯片当属 Philips 公司的 SJA1000。虽然它具有低成本、高可靠性、支持远距离通信等特点,但它在应用中也具有一些缺点,比如地址总线 and 数据总线分时复用,常导致接口效率低下;接收和发送缓冲器的个数太少,导致数据吞吐率低下;帧屏蔽器和过滤器的设置不够灵活,不能满足同时需要更多屏蔽和过滤条件的要求等。为了简化 CAN 总线接口应用设计,同时提高 CAN 总线通信的稳定性和效率,采用了 Microship 公司推出的 MCP2510^[2]作为 CAN 控制器,从而有效地解决了以上问题。MCP2510 芯片是一种带有 SP 接口的独立 CAN 控制器,支持 CAN 协议 2.0A/2.0B。它能够发送和接收标准数据帧以及扩展数据帧,并具有接收过滤和信息管理的功能,内含 3 个发送缓冲器、2 个接收缓冲器,并且具有灵活的中断能力、帧屏蔽和过滤、帧优先级设定等特性。

下层的低压控制保护装置的 CPU 是采用 TI 公司的 MSP430F149,该芯片带有 SPI 串行通信接口。直接通过 SPI 通信方式实现对 MCP2510 的设置和控制。MCP2510 和物理总线间的接口采用 CAN 总线驱动器 Philips 公司的 82C250,它可提供对总线的差动发送能力和对 CAN 控制器的差动接受能力。在硬件设计上,82C250 通过对 RS(8) 引脚的设计,使其在斜率控制模式下工作。保护装置的 CAN 通信模块的硬件接口电路连接图如图 2。

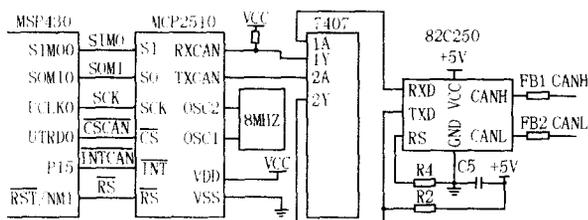


图 2 CAN 通信的硬件接口电路

Fig 2 Hardware interface circuit of communication based on CAN bus

如果需要进一步提高系统的稳定性和抗干扰能力,可在 MCP2510 和 82C250 之间利用 6N137 建立光电隔离,以实现总线上各节点间的电气隔离。

MCP2510 CAN 控制器负责 CAN 总线链路级的通信管理(数据帧的收发、检验、封装、拆装),处理器 MSP430 芯片以 SP 接口方式设置 MCP2510 的工作方式,控制它的工作状态。MCP2510 由 NT 引脚向 MSP430 的 I/O 引脚以中断方式通知主控 CPU 对通信数据的发送、接收和出错响应。

3 CAN 通信模块的软件设计

CAN 协议^[3]并非是一个完整的协议,它只包括物理层和数据链路层两个底层协议。CAN 协议在物理层定义了譬如物理信号、传输译码位时序和位同步等功能,在数据链路层定义了像总线仲裁、信息分段以及数据安全、数据确认、错误检测、信号传输和错误控制等功能,但 CAN 协议没有规定媒体的连接单元及其驻留媒体,也没有规定应用层。要进行高效率可靠的通信,还需要进一步开发更高层协议。

本系统通信模块的软件设计主要是针对 CAN 网络的应用层,设计出符合应用层通讯协议的数据单元的结构和内容,并在其基础上作兼容性的扩充,以适应 MCS81 型低压电机保护群控系统的实际数据传输的需要。

本系统的 CAN 通信都是由上位监控机首先发起,然后由 CAN 总线上相应的控制保护装置根据上位监控机发来的命令数据作出响应,从而完成一次标准的监控通信过程。故上位机总是作为主节点。它首先向从节点的保护装置发出数据要求,保护装置根据上位机的命令要求,作出对应的响应,向主节点发出应答数据。上位机的一个命令数据发送到保护装置,保护装置完成一次通信要经过接收上位机数据包、解码该数据包、封装响应给上位机的数据并发送数据到上位机四个步骤。数据的封装和解码都采用国际标准的 Modbus 协议,而 CAN 总线上数据的发送、接收则完全遵循工业上通用的 High A 协议。

CAN 总线上的报文传输为 11 位标识符的标准帧。一个标准数据帧的结构如图 3 所示。一个完整的数据帧必须包含帧起始、仲裁场、控制场、数据场、CRC 场、ACK 场和帧结束。但 CAN 协议中只定义了帧的结构,没有定义有关发送和接收的信息,即信

息标识符的具体分配。这就需要赋予数据帧不同位以特定的含义,其中包含数据传输所需要的信息,最简单的办法就是在数据帧标识符中实现。

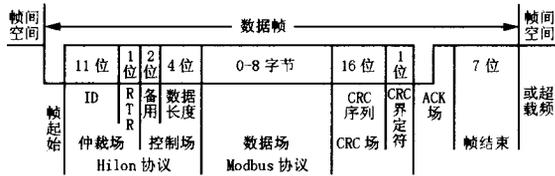


图 3 CAN 数据帧的结构

Fig 3 Data frame structure of CAN bus

在本系统中, CAN 总线上数据的发送、接收则完全遵循工业上通用的 Hilon A 协议。根据 Hilon A 协议,我们把数据传输所需要的具体信息包含在标识符 D 中。HLon A 协议是一个通用协议,该协议基于非对称型主从式网络结构支持广播和点对点传送命令,数据命令数据包可长达 256 字节。该协议以 CAN 帧结构为基础, Hilon A 协议帧的结构如图 4 所示。

数据位	7	6	5	4	3	2	1	0
方向、地址	DR		节点地址 (0~125)					
类型、长度	帧类型		0	帧长度 (0-8)				
索引/数据	数据或索引 (1 字节)							
数据	数据 (7 字节)							

图 4 Hilon A 协议帧的结构

Fig 4 Protocol frame structure of Hilon A

DR 位是方向位,当为“1”时,地址域是源节点地址(从节点到主节点);当为“0”时,地址域是目标节点地址(主节点到从节点)。对于保护装置,数据都是由从节点发送到主节点,因此 DR 为“1”。因此方向、地址 = 0x80 + 保护装置的节点地址 (0~125)。帧类型就是说明所传送的数据是广播帧还是点对点的,是单帧、结束多帧还是非结束多帧。

当要传送的数据比较长,超过一个标准帧的长度,就需要把数据分割成几部分,通过索引说明该帧在整个数据中的位置。但如果是单帧的数据,索引字节就是数据的第一个字节。

因此 Hilon A 协议帧中的 DR、节点地址和帧类型总共有 11 位,构成了 CAN 数据帧的 11 位标识符 D。而帧长度对应 CAN 数据帧中控制场的数据长度码。索引和数据共 8 字节作为 CAN 数据帧的数据场。根据 Hilon A 协议,保护装置发送的数据帧的基本信息(装置节点地址、帧的类型、数据长度和所发送帧在整个数据串中的位置)都包含在其中。

但 Hilon A 协议没有定义数据信息的具体含义。为了保证两个控制器之间数据传递的可靠性,必须有一套关于信息传输的顺序、信息格式和信息内容等的规定,即规约或通信协议。本系统按照工业控制领域中应用广泛的 Modbus 通信协议规定所传输数据(请求 响应)的报文格式,根据该报文格式对数据进行封装和解码。Modbus 协议是应用于电子控制器上的一种通用语言,该协议定义了一个控制器能认识使用的消息结构,而不管它们是经过何种网络进行通信的。它描述了一控制器请求访问其它设备的过程,如何回应来自其它设备的请求,以及怎样侦测错误并记录。它制定了消息域格局和内容的公共格式。Modbus 协议的通信方式为主从方式。主节点首先向从节点发送通信请求指令,从节点根据请求指令中的功能码向主节点发回数据。每个从节点都有自己独立的节点地址。主节点所发的请求帧和从节点所发的应答帧都是以从节点地址开头的。从节点只读发给自己的指令,对以其他从节点地址开头的报文不作应答。这种一问一答的通信模式,大大提高了通信的正确率。Modbus 有 RTU 和 ASCII 两种传送方式。为了保证较高的通信速度,本系统采用 RTU 方式,数据字节无奇偶校验位,加上起始、终止位后字节长度为 10bit,数据间隔在 24bit 以内,采用循环冗余检验(CRC)方式对报文进行校验。其典型的报文格式如表 1 和表 2 所示。

表 1 主节点请求的报文格式

Tab 1 Message frame of master query

从节点地址	功能码	数据起始地址	数据量和数据	CRC 校验
1 Byte	1 Byte	2 Byte	n Byte	2 Byte

表 2 从节点正常响应的报文格式

Tab 2 Message frame of slave response

从节点地址	功能码	字节数	数据 1..数据 n	CRC 校验
1 Byte	1 Byte	1 Byte	m Byte	2 Byte

功能码定义主节点请求的操作,范围为 1~127。129~255 是功能代码 1~127 的从站相应的错误返回代码,如主站用 03 功能代码读取从站无效地址的输入寄存器时,从站采用 131 (3 + 128 = 131) 功能代码进行错误应答的回应。功能码可以读取内部寄存器状态或设置寄存器内容。一个通信报文的具体内容取决于功能码。根据主节点的报文,从数据起始地址的数据量长度按照功能码要求进行操作。从节点响应主节点的请求。

在本系统中,我们主要定义了如下功能代码:

功能码	MCS81系统定义
01	读取开关量输出或逻辑线圈通/断输出状态
02	读取开关量输入和事故报警遥信量状态
03, 04	读取测量值、保护定值、遥信量和内部系统参数和状态
05	设置开关量输出
06	存储单个运行参数
07	读取装置运行状态
08	回送诊断校验,用于对通讯处理的评价
16	存储设定值或运行输出操作命令
127	校时命令

保护装置把要发送的数据按照 Modbus协议封装成数据块,然后根据 Hi1on A 协议,在数据块中添加帧的基本信息,组成一个可以在 CAN 总线上发送的数据帧。保护装置数据接收/发送流程如图 5所示。

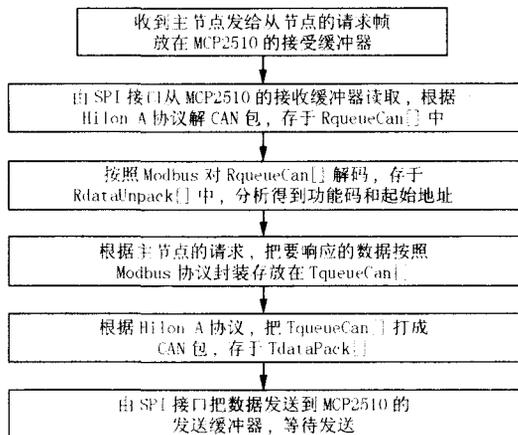


图 5 装置数据接收/发送流程

Fig 5 Flow chart of equipment's data receiving/sending

4 总结

从 CAN 总线的特点不难看出,它较传统的串行通信,在硬件上减少了走线,便于系统扩充或改型;在软件上通信更加灵活,实时性更好,纠错能力更强。本文分别从硬件和软件上分析介绍了基于 CAN 总线的保护群控系统的通信模块。通过现场调试和运行,证明了 MCS81 型低压电机保护群控系统的 CAN 通信准确、迅速,保证了监控和动作的实时性、可靠性。

参考文献:

- [1] 邹宽明. 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
WU Kuan-ming Principle and Design of Application System in CAN bus[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1996
- [2] Microchip, Stand-Alone CAN Controller with SPI Interface MCP2510 [Z]. 2002
- [3] 周立功单片机公司. CAN-bus 现场总线基础方案——通讯篇 [Z]. 2003
Zhou Li-gong MCU Co Basic Project of CAN-bus Field Bus in Communication [Z]. 2003

收稿日期: 2004-05-28; 修回日期: 2004-07-05

作者简介:

林中一 (1981 -), 男, 硕士在读, 研究方向为配电自动化、微机保护。E-mail: linzyi001@163.com

Communication based on CAN bus in the cluster control and protection system of low voltage electromotors

LN Zhong-yi, SUN Xin-ya, LI Ying-chun

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper recommends the communication module based on CAN bus in the cluster control and protection system of low voltage electromotors. On the hardware, the processor MSP430 control the CAN controller MCP2510 to realize data sending and receiving through SPI interface. On the software, packing and decoding of the data accord with Modbus protocol, sending and receiving of the data accord with Hi1on A protocol.

Key words: CAN bus; data frame; Modbus protocol; Hi1on A protocol