

基于 Modbus 协议的港口起重机分布式 AI 模块开发

褚 晶¹, 何翠芳²

(1.南通航运职业技术学院 交通工程系, 江苏 南通 226010;

2. 南通航运职业技术学院 船舶与海洋工程系, 江苏 南通 226010)

摘 要:为适应船舶大型化和货物装卸自动化需要,港口起重机正逐步向大型化、智能化方向发展,原有的模拟信号控制方式不易实现。文章提出了基于 Modbus 协议涉及港口起重机分布式 AI 模块开发的方案,并从硬件和软件具体设计上给出了具体方法,通过数据功能实验,该方案安全可靠,可以提升港口机械控制系统效率,提高系统抗干扰能力。

关键词:Modbus; 分布式模块; 工业通信

中图分类号:U691

文献标志码:A

文章编号:1671-9891(2019)03-0043-05

0 引言

“一带一路”倡议及“长江经济带”和“海洋强国”等国家战略的推进实施,使港口行业发展前景广阔。港口起重机是提高港口装卸效率的关键,正逐步向大型化、智能化方向发展,以适应船舶大型化和货物装卸自动化的需求,但这也造成了传感器和执行器等现场设备在空间位置上的分散。正是由于港口起重机设备的这种特点,使得现场分布式设备和控制中心之间的距离较远^[1],原有的模拟信号控制方式不易实现,即便实现,随着设备大型化能耗损失也极高。

分布式远程 AI 控制成为港口机械控制领域内一种有效解决途径。分布式远程 AI 系统是将传统工业控制模拟信号(4~20 mA)转换成数字信号,再通过某种通信协议传输到设备控制中心,实现“集中处理、分散控制”。该方案利用通信和网络技术,将模拟信号传输过程受到的干扰降到最低,信号电缆结构简单,减少了后续的电缆维护问题。以港口集装箱桥式起重机为例,分布式远程 AI 系统工作将港口起重机分成若干个独立执行器单元,如大车行走机构、小车行走机构、起升机构、吊具控制机构、防摇机构等,利用通信方式,将分布式 AI 系统控制器与控制中心(PLC)进行数据传输,实现“集中处理、分散控制”^[2],如图 1 所示。本次设计的分布式远程 AI 控制器以单片机为基础,可用于 PLC 控制系统,支持 MODBUS-RTU 协议的设备。

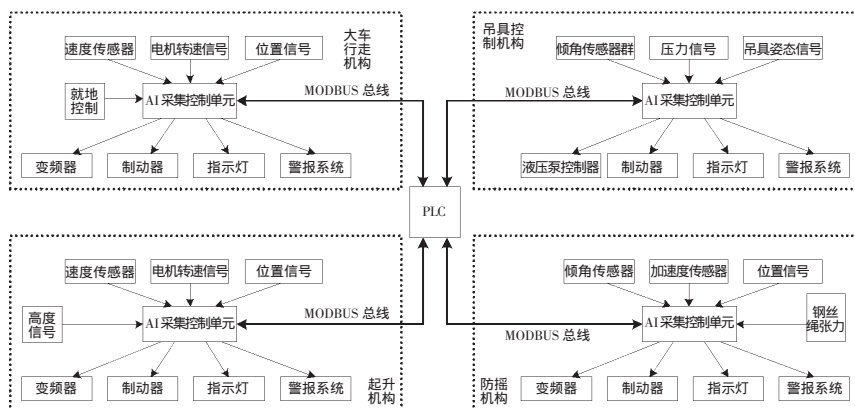


图 1 港口起重机分布式远程 AI 控制系统

收稿日期:2019-05-09

作者简介:褚晶(1981—),女,江苏沛县人,南通航运职业技术学院交通工程系助理工程师。

1 Modbus 通信协议规划设计

Modbus 即工业领域通信协议标准,是一种串行通信协议,现在是工业电子设备之间相当常用的连接方式。Modbus 协议只规定了数据帧格式,在主从通信中,只要其数据帧格式符合便可实现通信。利用网络中主机 PLC 发起通信,网络可支持从站数达 247 个。Modbus 协议包括 ASCII、RTU、TCP 等,由于 ASCII、TCP 在单片机上不能直接实现,而且实际应用也很少,这里采用 RTU 模式。以 RTU 模式通信时,在报文消息中每个字节由两个 4 位的十六进制字符组成,报文消息格式是 8 位二进制^[3],采用 16 进制字符 0 到 F,同时可以利用 CRC 进行冗余检测,提升稳定性。最后分析地址以确定帧数据是否发往该设备,若错误,则丢失此帧数据。

为了减少接收处理时间,可以在接收到地址域后立刻对其进行分析,而不需要等到整个帧结束。这样,CRC 计算只需要在帧寻址到该节点(包括广播帧)时进行,如表 1 所示。

表 1 RTU 数据帧字符格式与字符长度

开始	设备地址	功能代码	数据	CRC 校验	结束
3.5	1	1	N	2	3.5

2 系统设计方案

2.1 硬件结构设计

港口起重机分布式远程 AI 控制系统核心控制芯片采用宏晶科技 STC12C5A60S2,上位机通过 RS-232 接口进行 Modbus 协议节点的 ID 设置,RS-485 实现分布式远程 AI 控制系统和控制中心 PLC 间的通信,采用上述 Modbus 协议方案。但在实际应用系统中,往往由于分散节点数量较多,分布较远,现场会存在各种干扰,为了减少对单片机系统的电磁干扰,在单片机与继电器、单片机与 RS-485 的通道上均增加了光电隔离,方案在电路设计时规划在 RS-485 接口电路中。^[4-5]

从图 1 可以看出,港口起重机分布式远程 AI 控制系统信号通道分为两类:模拟量信号和数字量信号。根据传感器信号具体形式选用对应的信号调理电路,最终转换成 STC12C5A60S2 处理的数据。由于信号调理电路对应的设计方案很多,且比较成熟,这里就不作为研究对象。

在控制输出部分,市场上大部分变频器具有 Modbus 端口,即便没有集成也可以很方便地购买到通用 Modbus 板卡。因此,按照 RTU 从站协议进行 Modbus 控制变频器进而驱动电动机。在图 2 中,输出信号通过控制信号驱动放大类器件组建的驱动器,进而驱动制动器、指示灯等设备。

结合图 1 和图 2,可以看出电路的整体设计思想是,将每一个执行单元的执行机构和传感器系统进行系统信号归总,由控制器核心芯片进行信号采集和初步处理,通过 Modbus 总线传送至控制中心 PLC,实现集中运算。根据控制策略输出控制结果,然后从控制中心 PLC 通过总线传送给分布式远程 AI 控制系统,实现分散控制。

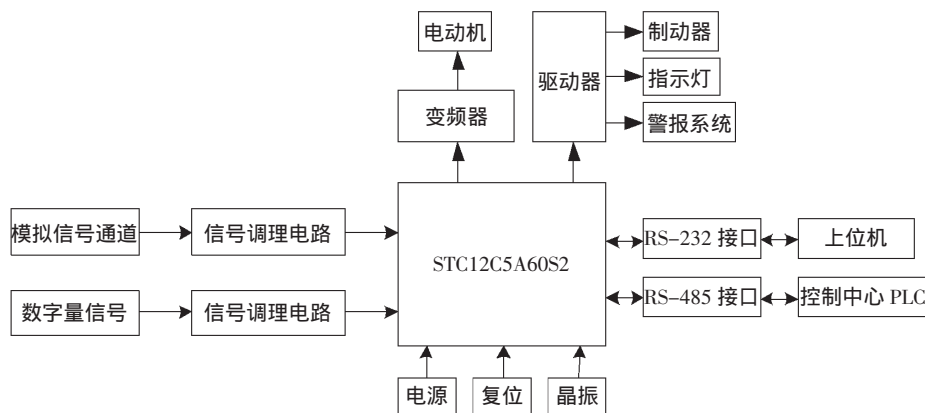


图 2 AI 控制系统终端

2.2 软件设计

软件功能其一是实现主机 PLC 和分布式远程 AI 控制系统从机之间基于 Modbus 协议的通讯功能;其二是根据上述设计的协议格式进行命令的功能解析和信息数据的提取;其三是实现主机从机之间协议功能的

读和写,其四是冗余校验。根据软件实现的功能,程序设计分为 A/D 采集程序、串口初始化及串口中断服务程序、Modbus 协议功能实现和 CRC 循环冗余校验四个部分。^[6]

(1)A/D 采集程序设计。速度信号、压力信号、吊具姿态信号都属于模拟信号,需要用 A/D 进行数据采集,由于 A/D 转换速率较慢,采用了 100 ms 周期间隔采集。但在具体测试中发现,在单片机刚刚上电或者复位后不久,A/D 转换器采集的数据是错误的,因此在本次设计中屏蔽了初期采集的 50 次数据,避免因复位而误报数据,以保证 A/D 采集数据的正确性。程序在设计过程中采用了 5 个队列深度的均值滤波法,以减小误差,如图 3 所示。

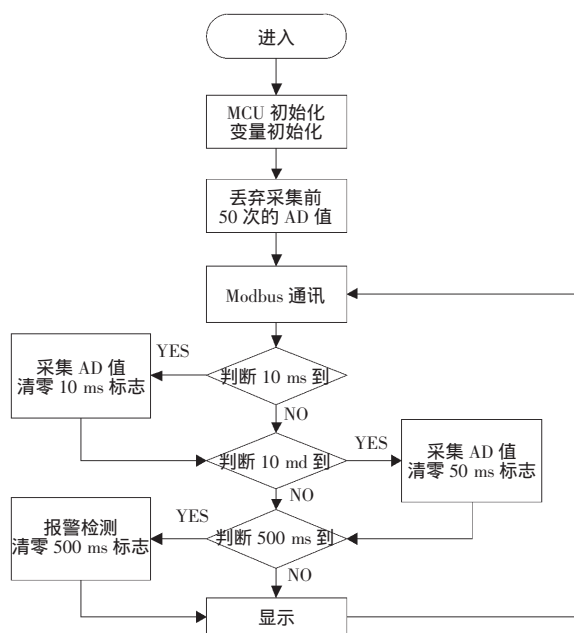


图 3 A/D 信号采集程序

(2)串口中断处理程序。单片机的串口通信功能强大,而且是数据输入输出的主要通道,无论数据接收还是发送,都经过串口实现。在本设计中,串口的初始化程序主要是将波特率、通信速率、数据通信格式等信息进行初始约定。而在串行通信中,收发双方的波特率必须一致。所选单片机型号设定串口的工作方式有 4 种,本设计采用工作方式 1 8 位异步收发,波特率由 T0 的溢出率和 SMOD 的值共同确定。此时,晶振频率为 11.059 2 MHz,波特率为 9 600 bit/s,SMOD 为 1,定时器 1 的初值为 F4H,如图 4 所示。

(3)MODBUS 协议功能实现程序设计。此次 Modbus 协议功能数据传递也是通过串口设计来实现。作为节点的单片机处理芯片通过串口接收程序解析主机的报文帧数据,获取主机的命令信息,并执行对应动作,同时向主机回复报文,从而实现主机和从机之间的数据交换。其中,主要就 Modbus 协议的功能码 03 和 15 两项具有代表性功能的实现进行了详细设计。

设备响应过程为:如果接收成功,把计算机发送的命令原样返回,否则不响应。当有错误发生时,功能代码将被修改,修改后的功能代码用以指出回应的消息是错误的,回功能代码+80H,同时数据段包含了描述此错误的信息代码:0x01 表明从机能识别主机请求,0x02 表示请求帧中的从机地址不存在,0x03 表示主机的请求不允许,0x04 表示从机不能完成请求。Modbus 协议功能实现程序如图 5 所示。

(4)CRC 循环冗余校验。这个部分代码目前相对比较成熟,这里不做赘述。

3 Modbus 通信实验分析

在上位机上通过 Modbus 串口助手进行设备调试,设置本机地址为 0x10,波特率为 9 600 bit/s,该调试工具可以实时发送和接收数据,针对功能码 03,在未向寄存器写入数值时,读取字节为 00,另外还可以读取不同字节数据及寄存器数据,通信可靠性高。

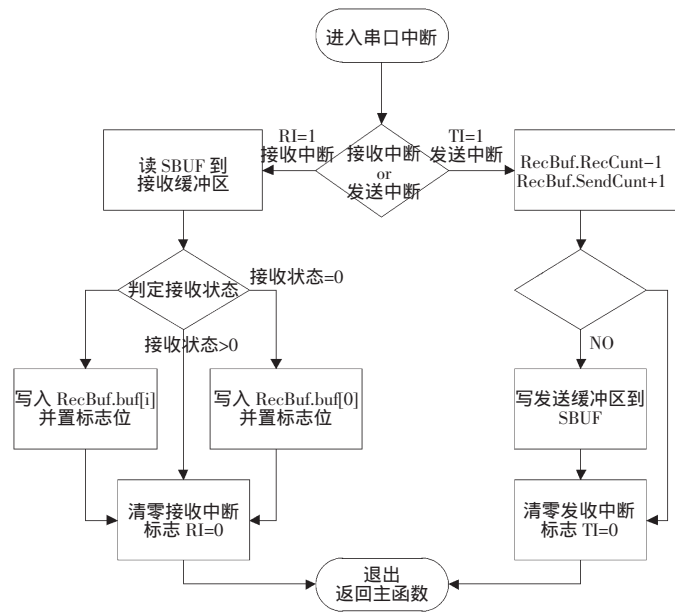


图4 串口中断处理程序流程图

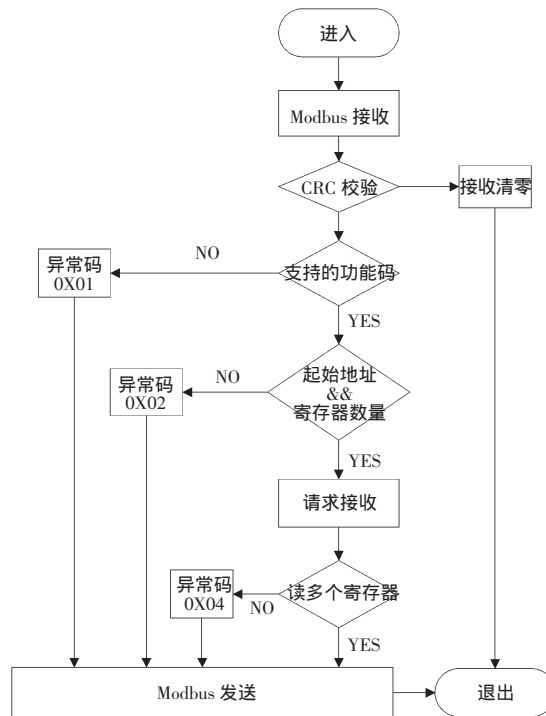


图5 实现 Modbus 协议程序流程图

4 结束语

分布式远程 AI 系统模块设计可以实现“集中管理、分散控制”的控制理念。Modbus 协议实现的港口起重机分布式远程 AI 控制系统可以实现不同类型的数据采集,并以 Modbus-RTU 协议格式与控制器通信,大大提高了通信效率和可靠性,避免了模拟信号在设备大型化和自动化过程中出现的衰减问题。

参考文献:

- [1]旷永龙.Modbus 通信在煤矿监测系统中的应用[J].矿业装备,2019(2):110-111.

- [2]赵阳光,魏霞.基于 Modbus 协议的远程 AI 模块的开发[J].现代电子技术,2019(6):179-182.
- [3]张成,孟现彬,王振伟,等.基于 MODBUS-ASCLL 协议的三菱 PLC 与台达变频器通信控制设计[J].机电工程技术,2019(2):90-93.
- [4]李子豪,陈晓霖.Profibus 与 Modbus 的跨协议通信在散货码头中的应用[J].自动化应用,2019(2):27-28,33.
- [5]李胜永,张智华,王超男,等.面向港口车船目标的航空影像旋转不变检测器[J].科学技术与工程,2019(5):186-192.
- [6]李胜永,张智华,胡怀毅.基于数字滤波的桥式起重机钢丝绳张力测量研究[J].南通航运职业技术学院学报,2018(1):46-49.

(责任编辑 张 利)

Development of Distributed AI Module of Port Crane Based on Modbus Protocol

CHU Jing¹, HE Cui-fang²

(1. Dept. of Transport Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China;
2. Dept. of Ship and Ocean Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: In order to meet the needs of large-scale ships and cargo handling automation, port cranes are gradually developing towards those of being larger and more intelligent, and the original analog signal control mode is not easy to realize. The article puts forward a plan based on Modbus protocol which involves in the development of distributed AI module of port crane, and proposes a concrete method by actual design of both hardware and software. Through the experiment of data functioning, the plan is safe and reliable, which helps improve the efficiency of port machinery control system and anti-interference ability of the system.

Key words: Modbus; distributed module; industrial communication

(上接第 42 页)

参考文献:

- [1]何昌伟,贾小平,刘大伟.基于虚拟现实技术的船舶液压起货机仿真系统[J].青岛远洋船员职业学院学报,2014(4):2-4.
- [2]杜杰伟,周宏吉.船舶液压克令吊发展趋势研究[J].机电一体化工程,2014(12):116-121
- [3]柯良,惠相君,王卫东.变频泵控液压调速系统建模与仿真[J].液压与气动,2014(11):53-58.
- [4]赵春华,宁春玉,庞春颖.直驱式容积控制电液伺服系统研究[J].液压与气动,2014(11):105-107
- [5]彭天好,杨华勇,徐兵.变频回转液压系统的动态特性仿真[J].机床与液压,2001(3):7-9.
- [6]任建辉,汤波,姬红斌,等.船用起重机开闭式液压系统的仿真分析比较[J].船海工程,2015(1):107-111
- [7]蔡冬林,安亮,陈晓迪.改善变频液压系统调速性能方案分析[J].机床与液压,2015(14):124-126.

(责任编辑 张 利)

The System Design and Characteristic Analysis of Variable Frequency Hydraulic Crane

CAI Dong-lin

(Dept. of Marine Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China)

Abstract: The traditional hydraulic crane has the problems of low efficiency, loud noise and high maintenance cost, which can hardly meet the requirement for the development of modern energy saving and environmental protection. The variable frequency hydraulic speed adjustment solves the power matching problem from its origin. The electric motor always works in a high-efficiency condition to avoid high-speed continuous running of the motor and hydraulic pump, and to improve the reliability, service life and energy utilization ratio of the equipment. This article puts forward the design scheme of variable frequency hydraulic speed adjustment system on the crane and makes an analysis of its operating characteristics.

Key words: crane; hydraulic system; variable frequency speed adjustment; characteristic analysis