

# 基于 Modbus 通信协议的船舶电站实时监控系統

王虹飞, 向先波

(华中科技大学 电子与信息工程系, 武汉 430074)

摘要: 基于 Modbus 通信协议, 提出一种在 LabVIEW 虚拟仪器环境下实现 PC 机与单片机实时通信的方法, 完成对船舶电站多套柴油发电机组的现场监控。给出了监控系统的具体实施方案, 详细讨论了通信协议的设定及通信程序的编程要点。这种通过 Modbus 协议将 LabVIEW 与单片机控制系统有机结合的方法, 是一条开发智能化图形监控设备的有效途径。

关键词: 船舶电站; 通信协议; 监控系统; 设计

中图分类号: TP271 文献标志码: B

## Real-time Monitoring System of Ship Power Station Based on Modbus Protocol

WANG Hong-fei, XIANG Xian-bo

(Department of Electronics and Information Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Based on Modbus protocol, this paper introduces an approach to realize a field monitoring system for multi-diesel engine generator sets of the ship power station by real-time communication between PC and MCU (microcomputer unit) in the LabVIEW operation system of virtual instrument. The specifically realizing structure of the system was presented. The setting of the communication protocol and the key points of the communication program were discussed in detail. The method combining LabVIEW and MCU by Modbus protocol is an effective way to develop intellectual graphic monitoring instruments.

Key words ship power station; modbus protocol; monitoring system; design

船舶上有许多工作机械和生活设备需要用电, 所以需要设置电站。实现船舶电站<sup>[1]</sup>的实时监控, 除了用电设备可以得到高质量的电能之外, 还可以保证船舶电站供电的连续性和经济性, 提高船舶的生命力和可靠性。同时, 船舶电站自动化是实现机舱自动化进而实现全船自动化的必要条件。因此, 船舶电站自动化的研究在现代船舶设计中具有很重要的意

义和实用价值。为适应现代造船工业的迅速发展, 为社会培养船舶与海洋学科的高素质专业人才, 本文结合教学实验和实船设计需要, 研究并设计了基于 Modbus<sup>[2]</sup>通讯协议的船舶电站实时监控系統, 为本科教学提供了实验平台。该系统充分结合单片机与 Modbus 通信协议的优点, 在 LabVIEW<sup>[3]</sup>虚拟仪器环境下, 实现 PC 机与单片机<sup>[4]</sup>实时通信, 完成对船舶

收稿日期: 2006-08-07; 修订日期: 2007-01-19

基金项目: 华中科技大学 2005 年实验室建设项目 (01140201)

作者简介: 王虹飞 (1985-), 男, 本科生, 华中科技大学电子与信息工程系, 主要从事计算机软件设计与智能控制研究; 向先波 (1978-), 男, 博士研究生, 华中科技大学交通学院, 主要从事电气自动化与智能控制研究。

电站柴油发电机组的现场监控。该监控系统界面友好,功能强大,并且编程容易,极大地简化了系统开发流程,提高了系统开发效率。这种实时通信的处理方法与目前普遍采用的基于查询方式下非实时串行通信技术相比,实用性也大大增强了。

1 系统组成及功能

船舶电站实时监控系統由 PC 机、单片机和 RS-485 通信网络组成两级控制模式,软件协议采用支持 RS-485 网络的 Modbus 工业通信协议,如图 1 所示。Modbus 通信协议是当今全球工业领域最流行的协议,它支持传统的 RS-232、RS-422、RS-485 和以太网设备。许多工业设备,包括单片机、PLC、智能仪表等都使用 Modbus 协议作为它们之间的通讯标准。利用 Modbus 协议可以将各发电机组的控制连成网络,进行集中监控。RS-485 总线具有信号传输速率快、传输距离远、抗干扰能力强等优点,其接口可以有多个驱动器和接收器,很容易实现一台计算机与多个单片机之间的串行通信。PC 机(安装在集控室)作为位于上级的监督计算机控制系统 SCC (supervisory computer control),完成对船舶电站柴油发电机组运行状态实时监控和运行参数的在线设置,遥控柴油发电机组启动/停止,实现发电机组自动并车。单片机具有价格便宜、编程容易、接口简单等优点,但单片机不具备人机接口界面,要想以易于操作的图形界面或虚拟仪表界面远距离监控船舶电站的运行状态,可以通过单片机的硬件接口,以实时通信的方式,借助于 PC 机 Windows 平台下的图形化软件,实现界面友好的监控系统。本系统中选用凌阳 16 位单片机<sup>①</sup>μ'nSP™(安装在电站主配电板内)作为底层控制级,与柴油发电机组这个控制对象一起组成直接数字控制系统 DDC (direct digital control),完成对柴油发电机组的启动、停机、怠速运行、故障报警、参数检测等多种控制,利用 RS-485 通信网络可支持多达 256 个接收器或发送器的特点,使用一台 PC 机运用 LabVIEW 软件即可监控多套柴油发电机组的运行。

2 监控系统的实现

2.1 Modbus 通信协议简介

Modbus 协议主要包括 ASCII 和 RTU 通信模式。这两种模式的消息帧结构如表 1 所示。Modbus

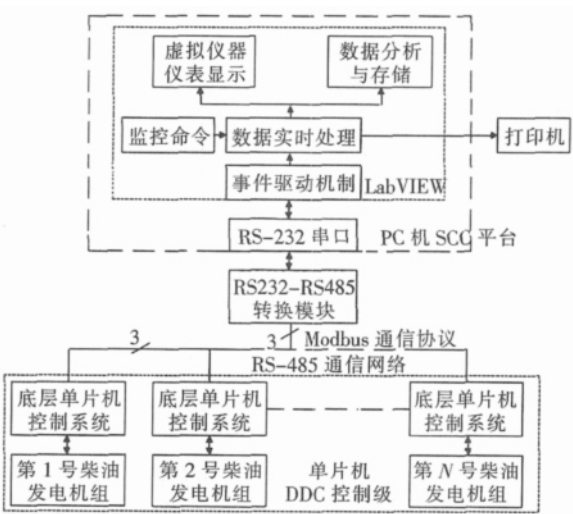


图 1 船舶电站柴油发电机组监控系统结构框图

Fig.1 Monitoring system construction of diesel engine generator sets of ship power station

协议需要对数据进行校验,对串行通信而言,除串行协议中已具备的奇偶校验之外,ASCII 模式采用 LRC 校验,RTU 模式采用 16 位 CRC 校验。因此,Modbus 协议具有较高的可靠性。

表 1 ASCII 模式和 RTU 模式的消息帧结构

Tab.1 Information string of ASCII and RTU mode

模式	开始标记	传输数据段格式	校验方式	结束标记
ASCII	:(冒号)	ASCII 码字符 (每个字符占两个字节)	LRC	CR, LF
RTU	无	十六进制数 (每个数据占一个字节)	CRC	无

通过以上 ASCII 和 RTU 两种模式的结构对比可以看到,ASCII 模式和 RTU 模式相比拥有开始和结束标记,因此在进行程序处理时能更加方便,而且由于传输的都是可见的 ASCII 字符,所以进行调试时就更加直观。但是因为它传输的都是可见的 ASCII 字符,RTU 传输的每个数据 ASCII 都要用两个字节来传输,例如 RTU 模式传输一个十六进制数 0x5A,ASCII 模式就需要传输 '5' 和 'A' 的 ASCII 码 0x35 和 0x41 这两个字节,这样它的传输效率就较低。所以一般来说,如果所需要传输的数据量较小可以考虑使用 ASCII 模式,如果所需传输的数据量比较大,最好能使用 RTU 模式。但 RTU 模式采用的 CRC 校验比 ASCII 模式采用的 LRC 校验要复杂。

2.2 通信帧格式设定

在本系统中,传输数据量不大,为避免复杂的

CRC 校验,故选用 ASCII 模式传输数据。采用 ASCII 模式传送数据时,通信帧的基本格式具体设定如表 2 所示。

表 2 ASCII 模式下通信帧的基本格式

Tab.2 Basic format of Information string under ASCII mode

帧内容	所占字符数	描述
:	1	字符帧的起始符
ID	2	被控设备地址
FN	2	功能码(读/写)
AH	2	寄存器高位地址
AL	2	寄存器低位地址
LEN	2	数据长度
DATA <sub>1~n</sub>	2N	数据段
LRC	2	检验码
CR	1	回车符
LF	1	换行符

### (1) 功能码定义

系统定义功能码 03 为 PC 机向单片机发出读取数据的请求,单片机回送相应的数据段信息。定义功能码 06 为 PC 机向单片机发出写入数据的命令,由于是写入命令,此时单片机回送的数据帧不包含有效数据段。

### (2) 被控设备地址定义

本系统中设定 01 为 1# 柴油发电机组(以下简称 1# 机组)的柴油机控制器地址,02 为 1# 机组的发电机控制器地址;03 为 2# 柴油发电机组(以下简称 2# 机组)的柴油机控制器地址,04 为 2# 机组的发电机控制器地址;如果后续还要增加柴油发电机组,则它们的地址编号可依次往后类推,但受到 RS-485 通信网络负载能力的限制,设备地址不能超过 254。

### (3) 寄存器地址定义

表 3 列出了 1# 机组部分典型的寄存器地址。2# 柴油机、发电机的寄存器地址与对应的 1# 柴油机、发电机寄存器地址完全一致,只是其被控设备地址为 03、04 而已。

根据以上对通信帧各位所作的具体描述,如果 PC 机发送通信字符串 '0103010202F7',则表示要读取 1# 柴油机的转速。PC 机也可一次性同时查询多个信息。如发送 '020301000FEC' 表示从单片机读取 1# 发电机从地址 0100 开始的连续 16 个字节的信息,根据表 3 可知,这些信息包含 1# 发电机电压频率, C 相电流和线电压等多种参数。

## 2.3 单片机端 Modbus 通信软件的设计

单片机片内的可编程 SCI 模块支持 CPU 与外

表 3 柴油发电机组寄存器地址

Tab.3 Register address of diesel engine generator sets

被控设备地址	寄存器地址	数据类型	作用描述
01	0102	Word	1# 柴油机转速
01	0104	Word	1# 柴油机机油压力
01	010E	Word	1# 柴油机工作状态
01	0200	Word	1# 柴油机运行时间
02	0102	Word	1# 发电机电压频率
02	0104	Word	1# 发电机 C 相电流
02	0108	Word	1# 发电机电线电压
02	0204	Word	1# 发电机超电压预警参数

设之间的异步串行数字通信。该 SCI 模块接收器和发送器是双缓冲的,每一个都有自己单独的使能和中断标志位,单片机串口通信可采用查询或中断模式实现,本系统串口通信中数据接收采用中断模式,发送采用查询模式,串口波特率为 9600bit/s,奇校验,数据位为 8 位,1 位停止位。采用 RS-485 通信方式。

由于单片机在串口通信中接收每帧数据包后,会自动对接收状态寄存器中相应标志位进行置位,可以很方便地通过预先设置串行接收中断信号,在中断服务程序中接收 Modbus 数据帧。具体实现代码如下:

```
void IRQ7(void) __attribute__((ISR));
void IRQ7(void) // 串行接收中断服务子程序
{
    asm("INT OFF"); // 关中断
    RevData[0] = *P_UART_Data; // 接收第一个串行数据
    for (RevLen = 1; RevLen++)
    {
        RevFlag = (*P_UART_Command2) & 0x0080; // 得到串行中断标志位
        while (RevFlag == 0); // 等待串行中断标志置 1
        RevData[RevLen] = *P_UART_Data; // 依次接收后续串行数据
        *P_Watchdog_Clear = C_WDTCLR; // 清看门狗
    }
    asm("INT IRQ"); // 开中断
}
```

接收了完整的 Modbus 数据帧之后,需要对接收到的数据进行 LRC 方式校验。使用 ASCII 模式传输数据,Modbus 数据帧中包括了一个基于 LRC 方法的错误检测域,该 LRC 域是包含一个 8 位二进制值的字节。LRC 值由传输设备计算并放到消息帧中,接收设备在接收消息的过程中计算 LRC,并将它和接收到消息中 LRC 域的值比较,如果两值不等,说明有错误。



## 2.4 监控端 Modbus 通信软件的设计

监控端串行通信程序在 PC 机 WindowsXP 平台下采用 LabVIEW 编程实现。LabVIEW 具有虚拟仪器开发环境,使用图标代替文本代码创建应用程序,是美国 NI 公司推出的一种非常优秀的面向对象的图形化编程语言。在这种图形化开发环境下,无需编写代码文本命令行,只要拖放已经开发好的图形控件,就可以轻松快捷地开发出应用程序用户界面,再结合框图模块即可实现系统的各种函数功能,LabVIEW 集开发、调试、运行于一体,具有信号采集、仪器控制、测量分析与数据显示等功能,其虚拟仪器程序(virtual instrument,简称 VI)可以非常容易地与各种数据采集硬件、以太网系统无缝集成,与各种主流的现场总线进行通信。

LabVIEW 环境下,读取串口数据可以用查询和中断方式,本系统采用中断方式对串口进行实时通信。串行通信程序基于事件驱动的方式,中断接收来自下位单片机的 Modbus 通信数据帧。通信参数与单片机端设定相同,选用 COM1 作为通信口。程序中调用了 LabVIEW 中的 VISA Serial 系列模块实现 PC 机与单片机的实时通讯。其中 VISA Configure Serial Port 模块用于初始化所选择的串行口,包括分配串口资源,设置缓冲区大小、通信波特率、数据位、停止位、校验位和流控方式等;发送数据时,VISA write 模块把输入缓冲区 Write buffer 中的数据写到指定的串行口中;接收数据时,VISA Read 模块从指定串行口中读取数据;系统不需要使用串口设备时,VISA Close 模块用于关闭所创建的串口设备对象,以免占用系统资源。基于 LabVIEW 的船舶电站柴油发电机组前面板监控界面如图 2 所示。

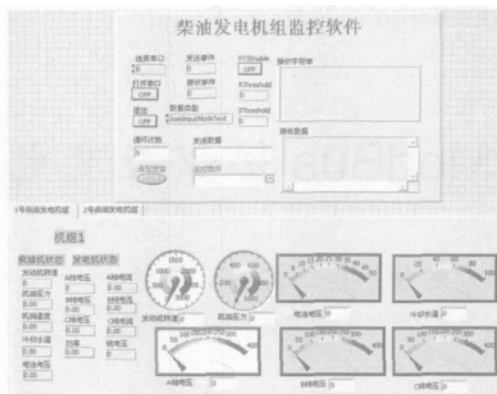


图2 基于 LabVIEW 的船舶电站柴油发电机组监控界面  
Fig.2 Monitoring Interface of diesel engine generator sets of ship power station based on LabVIEW

## 3 结语

船舶电站监控的关键是通信技术的实现,基于 Modbus 通信协议的船舶电站实时监控系统在电站实验室进行了实机调试,成功地实现了对两套船用柴油发电机组的现场监控,PC 机与单片机通信稳定、可靠,监控功能完善,界面友好,可视性强。本监控系统的设计开发不仅为船舶与海洋学科本科教学提供了实验平台,而且在实船设计中根据船舶电站要求,能够很方便的移植到实际应用系统,具有实用价值。

### 参考文献:

- [1] 王焕文.舰船电力系统及自动装置[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] Modicon, Inc..Modbus Protocol Reference Guide[Z].1996.
- [3] 雷震山.LabVIEW 7 Express 实用技术教程[M].北京:中国铁道出版社,2004.
- [4] 刘乐善,等.微型计算机接口技术应用[M].武汉:华中科技大学出版社,2000.
- [5] 罗亚非,等.凌阳 16 位单片机应用基础[M].北京:北京航空航天大学出版社,2005.

### 书讯

## LabWindows/CVI 测试技术及工程应用(附光盘)

王建新,杨世凤,隋美丽 主编

本书以 NI 公司最新发布的 LabWindows/CVI 版本为开发环境展开论述,全书分为基础篇、提高篇和应用篇三大部分,详细论述了如何构建虚拟仪器系统、编程技巧和典型应用实例,使读者更加深入地理解程序设计的思路与方法,从而提高实际应用能力。本书的例程在 Windows XP 系统下已经全部经过调试,并编译通过。

本书的特色在于通过大量的应用实例,详细介绍了虚拟仪器的基本编程方法、通信接口与动态数据交换技术、ActiveX 控件的使用、驱动器函数库的开发与使用、网络化虚拟仪器 DataSocket 技术、高级系统操作、动态链接库技术和数据库技术等,并结合作者长期以来的编程经验以及对 LabWindows/CVI 的理解,从代码的角度来展现这项技术的独特魅力。

本书可作为大专院校自动化、机械、测控技术及仪器、测试计量技术、信息技术等专业的教学用书,也可作为相关专业工程技术人员和科技工作者学习设计虚拟仪器的参考书。定价:59.00 元。(如需相关信息请见 105 页)