

# 嵌入式通讯管理机在企业电能管理系统中的应用<sup>①</sup>

向 洁, 邱泽晶, 彭旭东

(国家电气设备检测与工程能效测评中心(武汉), 武汉 430074)

**摘 要:** 将嵌入式通讯管理机应用于电能管理系统中, 可以有效解决电能管理系统中实时通信和组网的问题. 本文分析了采用嵌入式通讯管理机构建电能管理系统的优点, 给出了基于 MPC860T 处理器平台和 Nucleus PLUS 操作系统的通讯管理机方案, 介绍了硬件系统组成原理和软件设计方案, 最后给出了基于通讯管理机的电能管理系统的设计与实现, 调试结果表明该方案符合实际应用需求.

**关键词:** 嵌入式通讯管理机; 电能管理系统; Nucleus PLUS 操作系统; 实时性

## Application of Embedded Communication Manager in electric Energy Management System of Enterprise

XIANG Jie, QIU Ze-Jing, PENG Xu-Dong

(National Electrical Equipment Inspection & Engineering Efficiency Evaluation Center(Wuhan), Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The problems in the electric energy management system, such as real-time communication and networking, can be effectively solved through embedded communication manager. In this paper, the framework of the electric energy management system instituted by embedded communication manager was analyzed, and the scheme of the communication manager based on MPC860T processor and Nucleus PLUS operating system platform was proposed. Moreover, the principles of hardware system and software design were specially introduced. Finally, the electric energy management system based on communication manager was proven applicable through testing.

**Key words:** embedded communication manager; electric energy management system; Nucleus PLUS operating system; real-time characteristic

电能管理系统是智能电网需求侧管理的重要组成部分, 是优化用户用电方式, 提高用电效率, 实现节能增效的重要手段<sup>[1]</sup>. 同时, 电能量信息采集具有传输数据量大、地理分布范围广、准确性及实时性要求高、组网方式复杂等特点, 对电能管理系统的通信网络有较高的要求<sup>[2,3]</sup>. 然而, 传统的电能管理系统由于自身结构问题, 受地理分布限制不能大面积采集数据, 部分数据仍需人工抄读, 实时性差, 维护困难, 难以满足上述要求<sup>[4,5]</sup>.

目前, 通讯管理机主要应用在变电站自动化系统中, 是变电站通信层的重要设备. 同时, 其优越的性能使其在其它分布式系统中的应用更为广泛. 本文将通讯管理机应用于企业电能管理系统中, 解决其通信

和组网问题, 为构建电能管理系统提供一种新的解决方案.

### 1 采用嵌入式通讯管理机构建电能管理系统的优点

相比传统电能管理系统, 嵌入式通讯管理机构建的电能管理系统具有以下优越性能: (1)高速数据处理平台和嵌入式操作系统, 能够支持快速存储和转发, 实现多任务处理, 实时性强, 可靠性高; (2)多类别、多数量通讯端口高度集成, 支持以太网、RS232/485/422、CAN 等多种接口, 最大通信速率可达 100Mbps; (3)电磁兼容性好, 适用于环境恶劣、干扰严重的工业现场; (4)支持动态配置, 可工作在 485 串行级联、以太网级

<sup>①</sup> 收稿时间:2013-04-03;收到修改稿时间:2013-04-25

联、级联服务器等模式,组网方便灵活<sup>[6]</sup>。

在该系统中,通讯管理机承担着数据汇集和转发的任务,因此嵌入式通讯管理机具有以下功能特点:具备多个串行通信口(支持RS485或RS232),能够实现对多个电力监控终端的数据采集,至少一个以太网接口(10M/100Mbps自适应),支持TCP/IP协议;具有较强的数据吞吐能力和实时处理能力,支持多任务处理;可配置为主站命令采集模式和定时发送模式,数据采集周期可设置为10min至1h;具有一定的存储空间,用于暂存中间数据或在网络故障时存储重要数据;具有较强的电磁兼容能力,满足工业环境应用的要求。以下讨论上述嵌入式通讯管理机的实现方案。

## 2 嵌入式通讯管理机的硬件方案

### 2.1 硬件组成原理

如图1所示,为嵌入式通讯管理机的硬件原理框图。

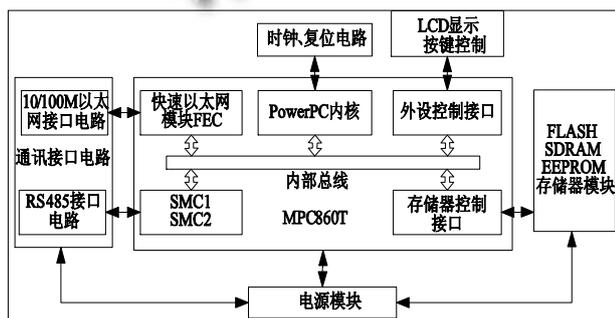


图1 嵌入式通讯管理机的硬件原理框图

### 2.2 处理器选型

采用Motorola公司的32位高性能嵌入式CPU芯片MPC860T作为核心控制单元,该处理器集成了微处理器和常用通信控制组件,特别适用于开发网络通信和工业控制产品。采用PowerPC内核,利用RISC技术,主频为50MHz,可支持高速缓存,具有专用通信处理模块(CPM)用于处理通信事件,CPM可管理4个串行通信控制器(SCC),一共8个串行通道,包括4个SCC、2个串行管理控制器(SMC)、1个I2C接口电路和1个串行外设接口(SPI),可直接支持两个10M/100Mbps以太网接口,分担了嵌入式PowerPC内核的外围处理任务<sup>[7]</sup>。因此,采用该处理器平台可满足电能信息采集通信的实时性要求,同时其高可靠性、低功耗的特点也适用于工业环境应用。

### 2.3 存储器模块设计

在对多个负载进行电能量数据采集时,通讯管理机的数据吞吐量很大,因此系统需要配置大量的快速存储器来存储和转发实时数据,主要包括FLASH、EEROM、SDRAM三种类型的存储器。采用MPC860T内部的存储器控制单元对存储器进行管理,该单元能控制8个存储器体,每个存储器体都包含1个BRx(Base Registers)寄存器和1个ORx(Option Registers)寄存器,对其编程设置可实现通用目的片选机构(GPCM, General-Purpose Chip-Select Machine)功能或复杂用户可编程机构UPMA(User Programmable Machines A)和UPMB(User Programmable Machines B)功能,从而支持与FLASH、SRAM、DRAM、EPROM、EEPROM、SDRAM等存储器及其它外设的连接,还可通过对BRx和ORx设置使每个存储器体满足不同类型存储器的特殊时序要求。

### 2.4 通讯接口设计

电能管理系统中采集单元为多功能电能表或电力监控仪,一般采用RS485通信,因此通讯管理机应具备多个串行接口,同时要将数据汇集至主站系统,需具备高速以太网通信接口。

MPC860T中通信处理模块(CPM)包含的两个串行管理控制器(SMC1、SMC2)均支持UART协议,可用于设计RS232和RS485接口。本系统采用MAXIM公司的MAX485芯片实现串行接口,该芯片是RS485低功耗收发器,采用半双工通讯方式,其驱动器摆率不受限制,可以实现最高2.5Mbps的传输速率,满足实际通信的要求。

MPC860T包含4个高效的串行通信控制器(SCC1~SCC4),每个SCC均可通过编程设置使SCC通道在Ethernet/IEEE802.3协议模式下工作,只需要外接以太网芯片,便可实现10M以太网接口。本系统采用LXT905芯片,它是专为IEEE802.3物理层应用而设计的以太网收发器,包含Manchester编解码器,具备脉冲整形、连接检测及传输测试功能,采用5V或3.3V单电源供电,可直接驱动10BASE-T双绞线。此外,MPC860T内部的快速以太网控制器(FEC)可提供标准的MII接口,只需增加脉冲变压器和物理层收发芯片,便可实现10M/100M自适应以太网接口。采用10M/100M自适应以太网接口收发芯片LXT972与MPC860T的FEC进行连接,通过网络变压器对LXT972输出的差分信号进行隔离,再与RJ45接口相连,从而实现了10M/100M快速

自适应以太网接口<sup>[8]</sup>, 连接方式如图 2 所示.

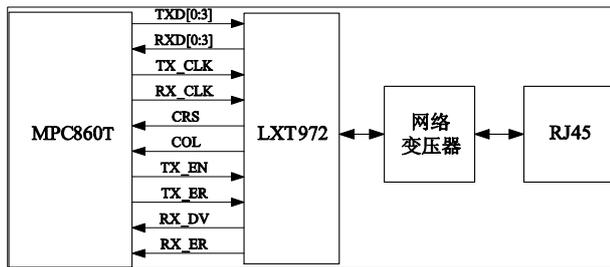


图 2 10/100Mbps 自适应以太网接口

### 3 嵌入式通讯管理机软件设计

#### 3.1 Nucleus PLUS 嵌入式操作系统的移植

通讯管理机采用 Nucleus 操作系统, 它是一种实时性很强的抢先式多任务操作系统, 运行于 MPC860 处理器上, 覆盖了 CPU 的特殊性, 可采用 ANSI C 开发上层程序, 能够为电能管理系统的通信提供多种工具组件. 系统移植的主要任务是编写针对 MPC860T 的启动代码, 主要实现初始化时钟、初始化存储器和寄存器、中断处理、定时器控制、任务切换等功能, 在 Nucleus 内核的 int.s 文件中实现对硬件的初始化和操作, 因此在移植时应对其进行修改<sup>[9]</sup>. 系统初始化代码结构如下:

```

MRS    r0,CPSR
ORR    r0,r0,#LOCKOUT
MSR    CPSR_cxsf,r0
; 屏蔽系统中断
BL     INT_HW_Memory_Initialize
; 初始化存储器
...
; 程序执行环境初始化, 将数据由 ROM 读取到
RAM, 清零
BL     INT_C_Memory_Initialize
BL     INT_Target_Initialize
; 端口及特殊设备初始化
BL     INT_System_Initialize
; 堆栈初始化
BL     INT_Interrupts_Initialize
; 中断初始化
BL     INT_Timer_Initialize
; 定时器初始化
...
LDR    r3,=INC_Initialize

```

BX r3

; 操作系统内核初始化

经过上述初始化后, 调用系统高级初始化程序 INC\_Initialize() 对内核进行初始化, 包括线程控制、队列、管道、事件、邮箱、动态内存、分区内存、定时器等. 随后将控制权交给应用初始化程序 Application\_Initialize(), 由用户视需要编写, 主要是创建内存池、任务、信号量及中断注册等. 当完成所有的初始化后, INC\_Initialize() 调用 TCT\_Schedule() 开始线程的调度, 系统即开始运行.

#### 3.2 以太网通讯软件设计

在嵌入式通讯管理机的以太网接口中, 采用 Nucleus PLUS 的 TCP/IP 协议栈收发数据包, 调用 NU\_Init\_Net() 函数, 实现对网络协议栈数据结构的初始化和 Nucleus NET 资源的分配. 网络协议初始化完成后, 用 NU\_DEVICE 结构体填充物理层接口, 调用 NU\_Init\_Devices() 函数初始化数据结构, 将 IP 地址绑定到设备中. 在对设备进行初始化时, 调用 NU\_Register\_LISR() 函数在操作系统中注册设备中断服务程序 PQUICC\_LISR(), 再对以太网控制器进行初始化, 包括对 SCC1、数据缓存、信号引脚等进行配置. 通过对 CPCR 设置以执行“INIT RX TX PARAMS”命令实现对 SCC1 的初始化, 设置以太网收发选项和工作模式, 清除中断事件寄存器 SCCE, 设置中断屏蔽寄存器 CP 允许 SCC1 的中断, 并清除历史中断, 为收发数据做准备. 令 GSMR\_H=0x00000000 以使能普通操作, 令 GSML=0x1088000C 配置以太网模式下数据接受和发送的自动控制, 令数据同步寄存器 DSR=0xD555, 再使能 CTS1 开始以太网数据的收发.

为保证数据传输的实时性, 采用中断函数进行以太网收发数据的处理. 当以太网接口进行数据收发时, 触发 SCC1 中断, 转入中断服务程序 PQUICC\_LISR, 对接收一帧(RXF)、发送一个缓存(TXB)、接收部分帧(RXB)和发送错误(TXE)等中断进行处理. 在进行网络帧发送时, 上层协议栈调用 PQUICC\_Xmit\_Packet() 函数, 将待发送的网络帧暂存到 TxBD 指向的缓存区域, 并将使用的最后一个 BD 的中断标志位置 1. 因此发送类型的中断只在一帧数据全部发送完毕或发送过程出现异常的情况下才产生. 中断响应后清除中断标志, 再重新激活高级中断服务程序 PQUICC\_Xmit\_Packet() 继续发送数据. 若产生发送错误中断 TXE, 则

激活 PQUICC\_Xmit\_Packet( )前应将出错的网络帧后续未发送的 TxBD 清除,再重启 SCC 发送.若接收数据时,应判断是否出现帧长度、CRC 或冲突等错误,若无错误则将数据按照以太网的帧格式添加到系统网络数据接收队列.对于 RXB 类型中断,需要先将数据放到临时缓存,当一帧数据接收完后再设置事件并通知系统的网络协议栈进行必要的上层处理.中断服务程序流程如图 3 所示.

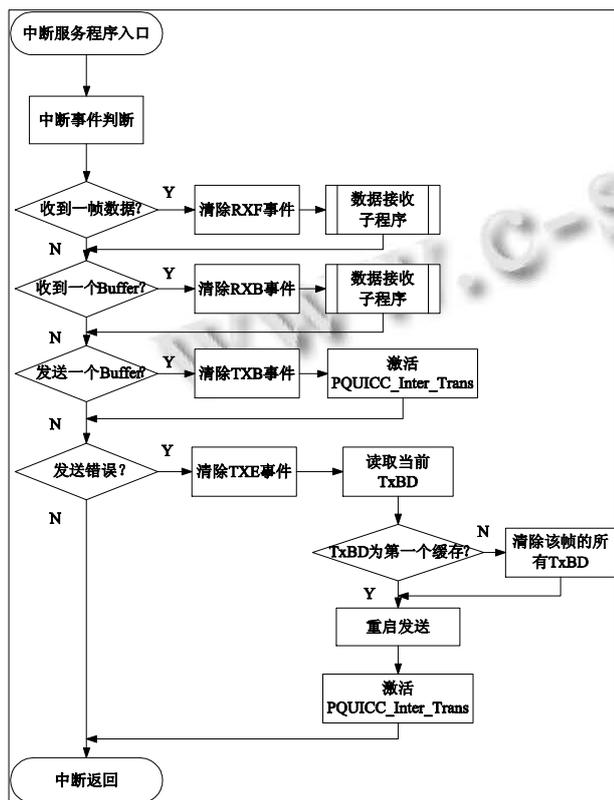


图 3 以太网通信中断服务流程

### 4 基于通讯管理机的电能管理系统设计与实现

采用嵌入式通讯管理机搭建的电能管理系统构架如图 4 所示.该系统采用分层结构:采集层、通信层和应用层.在采集层,由分布在各个用电负荷点的电力监控仪表采集电能量信息,采用 MODBUS-RTU 协议通过 RS485 总线传输到通讯管理机,位于通信层的通讯管理机接收到实时数据后通过以太网转发到交换机,再由交换机上传至主站系统.在主站,运用电能管理平台软件对传输的实时数据进行处理,显示实时电能量、告警异常情况、进行能效分析等.若主站和管理机不配置在同一网段,可在交换机前加一个路由器进行隔离.

这种方案基于 TCP/IP 协议,可进行全双工通信,通过配置可采用问答式规约和非问答式规约,一台通讯管理机可以管理多个电力监控终端,方便设备接入和系统扩展,组网灵活,通信速率可达 100Mbps,实时性高.

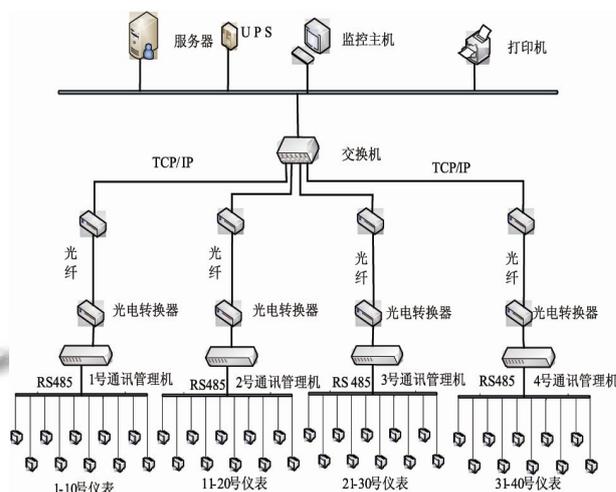


图 4 嵌入式通讯管理机构建的电能管理系统

#### 4.1 电能数据实时监控

利用 SMA80 多功能电力监控仪采集某三相负载的实时电压数据,通过 RS485 总线把监测的负载数据发送至通讯管理机,再由管理机通过以太网连接完成上位机对负载电力数据的监视.数据监控和显示界面如图 5 所示,利用“实时遥测”功能可以召测负载的实时电能量数据,如电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数等,将这些能耗数据与相对应的设备、车间、班组生产数据相结合,并通过列表或者直观的图形化界面展现给管理人员.通过实时监测页面,用户直观地可了解和掌握生产环节和重点设备的实时能耗状况、单位能耗数据、能耗变化趋势和实时运行参数等信息.

设备名称	电压	电流	无功功率	有功功率	功率因数	电度	监测时间
1 破碎机	380	142.75	504.24	1377	0.87	723189.5	2012-9-13 22:00
2 烘干机	379	151.39	310.88	320	0.86	725790.5	2012-9-15 2:00
3 输送机	379	144.72	675.08	1245	0.92	725797.5	2012-9-15 4:00
4 破碎机	380	188.1	519.12	1154	0.91	728529	2012-9-17 11:00
5 破碎机	380	149.46	648.08	778	0.85	725771.5	2012-9-15 2:00
6 增湿水泵	380	143.7	287.35	1645	0.86	727139.5	2012-9-16 5:00
7 生料库临罗风机	380	140.71	305.64	1519	0.92	727183.5	2012-9-16 11:00
8 出磨斗提机	380	118.01	356.64	643	0.9	725849	2012-9-15 14:00
9 破碎机	380	189.88	422.6	388	0.86	725781.5	2012-9-15 4:00
10 破碎机	380	101.86	410.4	860	0.80	730618.5	2012-9-17 12:00

图 5 电能数据实时监控界面

#### 4.2 电能量分析及超限预警

对上述实时数据进行分析,可总结出每个月份或季度的电能消耗情况,并能与阈值数值做比较,检测用户电能异常状况,发出报警提示.图 6 中表盘指针若指在绿色区域,表示耗能正常;指针指在黄色区域,表示耗能超过阈值范围不大,给出报警提示;若指针指在红色区域,表示耗能严重,应立即采取措施;柱状图中有黄色区域,表示已经超预警,并显示超预警的数据,以此来指导用户合理使用电能,达到节能的目的.



图 6 电能量分析及超限预警功能界面

## 5 总结

本文介绍了基于嵌入式通讯管理机的电能管理系统组成原理和实现方案.嵌入式通讯管理机以通信微处理

器 MPC860T 为核心,具有低成本、高可靠性、通用性好、实时性强的特点,适用于电能量信息的实时传输和处理,具有较好的经济和实用价值.目前本系统已应用于某水泥厂的电能量管理,在现场严酷的环境下能够稳定运行,为工业企业提供了有效的能源管理方案.

## 参考文献

- 1 高强,张保航,谷海青.用户端电能管理系统的研究现状与发展趋势.电力系统保护与控制,2012,40(7):148-155.
- 2 王勇,杨劲锋,申妍华.大型供电企业电能计量自动化系统设计与应用.电测与仪表,2011,48(11):63-67.
- 3 谭志强,黄懿.自动抄表技术的发展.电测与仪表,2009,46(1):1-5.
- 4 Pimpinella L, DiGiorgio A, Mercurio A. Local energy management system: Control scheme and loads modeling. 2010 18th Mediterranean Conference on Control & Automation (MED). 2010.
- 5 叶长槐.现代化电能管理系统.机电技术,2008,31(2):70-73.
- 6 丁楠,徐成.基于 ARM 处理器及 Linux 的通信管理机研发.微计算机信息,2010,26(32):75-77.
- 7 向强.基于 MPC860T 的嵌入式网络平台的硬件开发.电子器件应用,2009,11(7):33-38.
- 8 夏巍,丁刚,严辉.基于 CAN 总线和嵌入式网关的家庭智能控制网络.工业仪表与自动化装置,2008,16(6):29-32.
- 9 焦彦军,刘玉民,石美传.基于 Nucleus Plus 平台的以太网接口设计.电气时代,2008,15(6):A13-A15.

(上接第 192 页)

通过对不同频率激振下的双激振器表面最大振幅的计算,可以知道激振板中间的最大位移响应最大,比两端的最大位移响应高出 0.12 微米,考虑到下料颗粒的体积大小,基本可以忽略.双激振振动落料系统可以实现有效地实现均匀下料这一功能.

## 参考文献

- 1 吕志,郑超.超硬材料涂附磨具(上).超硬材料工程,2008,2:12-13.
- 2 张雷,黄积朋,林建中,张丽芳.振动式落料机机电系统的设计和优化.中国工程机械学报,2011,4:14-15.
- 3 苏未安,陈秀红.用旋转矢量法研究拍现象.江西理工大学学报,2009(30):1:60-63.

- 4 练继建,李成业,刘昉,宋明富.环境激励下二滩拱坝拍振机理的研究.振动与冲击,2012,(31):2.
- 5 樊风秋,王京芳.涂附磨具用酚醛树脂胶粘剂的合成研究.化学与粘合,1997,2:3-5.
- 6 陈金身,李素平.涂附磨具专用胶粘剂的研制.粘接,2008,5:12-14.
- 7 Zhou F, Liu YW. The development of gear pump CAD/CAPP based on solid works. Journal of Xiamen University (Natural Science), 2002, 10: 32-34.
- 8 Tan YG, Wang YP, ALL-BAIL M. Model and characteristic of a new underactuated manipulator and its simulation. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications (Natural Science Edition), 2009, 4.