

# 电力载波集中抄表系统的设计与实现

姚存治, 张桂香

(郑州铁路职业技术学院, 河南 郑州 450052)

**摘要:** 介绍了一种高精度的电力载波智能抄表系统的组成和工作原理, 并介绍了软件和硬件的实现方法。通过使用高性能电力载波芯片确保数据在电力线上准确可靠地传送, CRC 循环校验和脉冲边沿抖动处理使得数据误码率大幅度降低, 增加了系统的精度和抗干扰性; 通过中断处理进一步提高了系统对命令响应的实时性以及数据采集的高精度要求。

**关键词:** 电力载波; 单片机; FSK; 调制解调器

## Design and realization of the collective meter-reading system with power lines carrier

YAO Cun-zhi, ZHANG Gui-xiang

(Zhengzhou Railway Vocational & Technical College, Zhengzhou 450052, China)

**Abstract:** This paper introduces the composition and working principle of one kind of a high-precision collective meter-reading system with power lines carrier, and its realization ways with hardware and software. The data can be transferred correctly and reliably in the electric power line by using the high-performance electric power carrier chip, the data error ratio can be decreased greatly with the CRC circle checkout and the pulse side-dithering procession, which increase the system's precision and anti-jamming performance. The interruption procession greatly increases the real time performance of the system to the order and meet the requirement of high precision of the data collection.

**Key words:** power lines carrier; micro controller; FSK; modem

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2008)01-0077-03

## 0 引言

现代化的智能小区建设中水表、电表、气表(三表)自动抄表系统目前主要采用有线通信技术和电力载波通信技术。有线通信技术作为传统方法, 以其稳定性占有优势。但有线通信铺线工程浩大, 而且容易被人为损坏; 同时居民楼建成后, 再在墙壁表面拉线, 居民难以接受。电力载波集中抄表系统是直接利用现有低压输电线路进行数据传输的集中抄表系统, 省去了铺线工程, 优势明显。该系统集微电子技术、通讯技术和计算机技术于一体的高新产品, 具有高可靠且安装简单等显著特点, 广泛适用于城市及农村的电表、水表、气表抄收、计费 and 监控。

但由于电力线是给用电设备传送电能的, 而不是用来传送数据的, 所以电力线对数据传输有许多限制:

(1) 配电变压器对电力载波信号有阻隔作用, 所以电力载波信号只能在一个配电变压器区域范围

内传送;

(2) 不同信号耦合方式对电力载波信号损失不同;

(3) 电力线存在本身固有的脉冲干扰;

(4) 电力线上的高衰减、高噪声、高变形, 使电力线成为一个不理想的通信媒介。

选用一个功能强大的电力线载波专用 Modem 芯片实现电力线载波集中抄表系统, 在软硬件设计上采用多种技术防止电力线传输数据的各种干扰, 使得整个系统达到相当高的数据采集精度。

## 1 系统组成及工作原理

本系统采用主控计算机、Modem、转换器、采集器等功能模块, 对居民楼的三表进行转换管理。其中采集器主要对三表进行脉冲计数, 转换器则循环查询采集器的计数值并进行累加保存。转换器是整个系统的通信桥梁, 它接收主控计算机监测命令, 并把采集器的计数值送到主控计算机。主控计算机由 PC 机构成, 负责对整个居民楼每个水表、电表、

气表收费进行自动计算和全面监控, 管理人员通过主控计算机就能知道居民楼每个用户的水、电、气表用量和交费情况, 从而利用本系统对一大片居民楼进行转换管理。

整个系统的组成可分为两个部分, 第一部分为同一楼层用户的数据采集, 第二部分为一个单元内、单元间、楼和楼之间的数据通讯。如图 1 所示, 两个用户共用一个采集器, 可以同时采集 6 路数据, 包括水表、电表、煤气表, 图 1 只给出了其中 4 路。

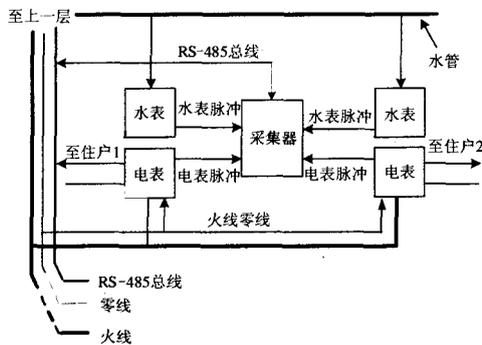


图 1 一个单元同一楼层接线示意图

Fig.1 Connection of the same floor in a unit

图 2 为一个住宅小区的水电表抄表系统的总体功能框图, 每一个单元设一个转换器, 采集器与转换器通过 RS-485 总线通信, 单元与单元之间以及楼与楼之间通过电力载波通信, 这种设计不仅满足了远距离数据的传输, 而且具有较强的抗干扰能力。

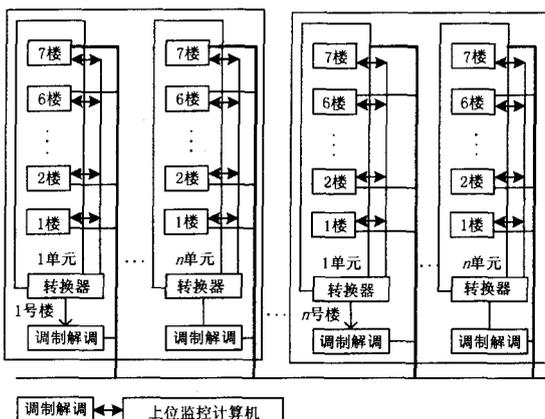


图 2 住宅小区水电表抄表系统总体示意图

Fig.2 General diagram of the meter reading system

## 2 硬件设计

整个系统的硬件分为远传表、采集器、转换器以及电力载波通信四部分。

### 2.1 远传表

具有脉冲输出的水表、电表、气表等计量表为远传表, 其计量方式与传统表一样, 不同的是在原基表上增加了脉冲输出功能, 每个脉冲代表一定的计量值。采集器通过远传表脉冲输出端口采集脉冲。

### 2.2 采集器

采集器的主要功能是采集水表、电表、气表输出的脉冲信息, 并将这些脉冲信息转换成计量认可的物理量, 存储在各采集器的存储器中, 同时与转换器进行通信。如图 3 所示。其主要器件是 AT89C2051, 是一种带 2K 字节闪速可编程可擦除只读存储器 (Flash ROM) 的低电压、高性能 CMOS 8 位微控制器, 采用 ATMEL 高密度、非易失存储器制造技术, 是一种高效的微控制器, 为很多嵌入式控制系统提供了一种灵活性高且价廉的方案。

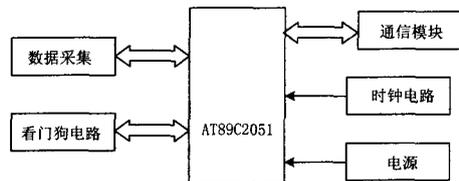


图 3 采集器功能框图

Fig.3 Collector function

通信功能模块主要负责采集器与转换器的数据交换, 它与转换器的通信是通过 RS-485 总线实现的, 电路如图 4 所示。

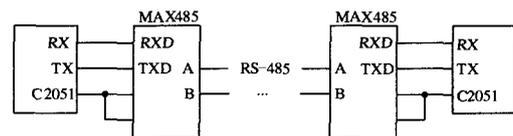


图 4 采集器与转换器之间的通信

Fig.4 Communication between the collector and the converter

图 4 中 RS-485 接口芯片采用 MAX485, 这种芯片功耗低, 静态电流为 300  $\mu$ A, 采用一对双绞线实现半双工 RS-485 网络的连接, 数据传输速率最高可达 2.5 Mbps, 总线上可挂接 32 个采集单元, 通信距离可达 4 000 m。

为了加强程序运行的可靠性, 防止程序意外“跑飞”或进入死循环, 在采集器部分还设置了“看门狗”电路。采用高性价比的 MAX813L 芯片, 喂狗信号由单片机的 1 引脚送出, MAX813L 如果在 1.6 s 内没有收到喂狗信号, 则在 RST 引脚产生一个复位信号, 强迫单片机复位。电路还具有手动复位、低电压复位等功能。

采集器是电池供电的, 因此即使在停电情况下, 对于远传表中的水表和气表, 脉冲采集不受影响, 并将脉冲信息存储在各采集器的存储器中。

### 2.3 转换器部分

转换器以 8031 单片机作为控制中心, 主要负责数据的传送与接收。每个转换器可以管理 99 个采集器, 转换器循环查询采集器的计数值并进行累加保存, 转换器是整个通信系统的桥梁。一方面它通过串口与 PC 机(主控计算机)通信, 另一方面它用 P1 口通过 RS-485 与采集器通信。转换器作为上位机(主机)发出命令对采集器(从机)的数据接收并累加存储到 RAM 中。本系统 RAM 芯片采用 Dalas 公司的 DS1225Y, 该芯片是一种容量为 8 K×8 的 SRAM, 具有掉电保护功能, 可以防止意外而导致数据的丢失。工作时转换器通过 P1 口进行串行数据的发送与接收, 再将数据经过预处理后送到 PC 机, 并保证做到整个通信过程的准确无误, 且最终的结果通过 PC 机读出。转换器与采集器的通信通过 8031 的 P1 口进行, 而与 PC 机的通信通过串口进行。

### 2.4 调制解调器

本系统采用 ST7537 作为电力载波器件。ST7537 是专门为大楼管理自动化设计的 CMOS 异步半双工调制解调器集成电路, 广泛用于自动控制系统的各种从属设备。它接收主控系统通过电力线发送的各种控制命令, 并可将从属设备的信息通过同一电力线发送回主控系统, 即利用现有的电力线组成半双工的低速小型局域网络。其通信协议符合 EN50061-1 Cenelec 标准。外接单片机通过 RS-232 接口芯片与高性能 PC 机接口。ST7537 除了具有数据接收和发送功能外, 还具有载波侦听和看门狗功能, 确保数据准确可靠地传送。ST7537 采用频移键控(FSK)方式, 使用的载波频率为 132.45 kHz, 数据传送速率为 1200 bit/s。如果 ST7537 使用的晶体频率为 11.0592 MHz, 则当调制器输入为“0”时产生的载波频率为 133.05 kHz, 输入为“1”时产生的载波频率为 131.85 kHz。这两个频率都在上述标准规定的范围之内。采用移频键控方式的好处一是可以减小电力线上的噪声和其它干扰的影响, 提高数据交换的可靠性; 二是可以降低局域网络的建造成本, 有利于提高市场占有率。ST7537 具有接收和发送数据的全部功能, 只需外接一只线路变压器及其驱动电路。

### 3 软件设计

整个系统的软件主要分为采集器部分, 转换器部分以及 PC 机的管理程序, 下面主要对采集器的软件作一些介绍。

采集器主要负责各通道脉冲的计数和与转换器

通信, 将累加的脉冲及时地传送到转换器的非易失性 RAM 中保存。采集器与转换器的通信采用主从方式, 采集器的串行口中断程序负责数据的接收和发送, 并对接收和发送的数据进行 CRC 循环校验, 主程序循环采集数据, 并对接收到的命令进行分类, 转相应的命令处理子程序处理。

### 4 系统抗干扰措施

抄表系统对精度的要求是相当高的, 尤其是电网负荷波动大的情况下, 轻者会造成计数数据不准确, 重者会造成整个计数数据丢失。因此, 系统的抗干扰能力非常重要, 在系统设计过程中, 主要采取了以下措施来增强系统的抗干扰能力。

(1) 采用高性能电力载波芯片及掉电保护的 RAM 芯片, 防止数据传输过程中受到干扰或因意外导致数据丢失。

(2) 在软件中对脉冲的边沿抖动进行处理, 防止因“毛刺”现象引起的误差, 对数据及命令都进行 CRC 校验; 在采集器计数及转换器对脉冲进行累加的过程中关中断。

(3) 采用软件陷阱, 一旦程序落入陷阱区, 则通过无条件跳转指令, 强制程序返回。

(4) 采用看门狗电路, 防止单片机死机。

以上这些措施可以大幅度地提高抄表系统的精度和可靠性。

### 5 结束语

该系统电表抄表的相对误差可达到±0.5%之间, 水表抄表的相对误差可达到±0.05%之间, 计数比较准确。另外该系统还具有对各住宅用户进行数据统计、收费管理、设备管理等功能, 可以广泛应用于居民住宅小区、学校、工厂等, 具有非常广阔的应用前景。

### 参考文献

- [1] 蔡子亮, 赵忠彪, 高荣. 一种新型远程抄表系统的集中抄表器设计及通信协议研究[J]. 继电器, 2007, 35(7): 46-48, 53.  
CAI Zi-liang, ZHAO Zhong-biao, GAO Rong. Study on Remote Reading Meter's Protocol of a New Kind and Design of the Concentrated Reading Meter System[J]. Relay, 2007, 35(7): 46-48, 53.
- [2] 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993.  
LI Hua. The Applied Interface Technique of MCS-51 Series Microcontrollers[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1993.

(下转第 83 页 continued on page 83)

件模型与采样值传输模型的联系与区别。并得出一些结论:

1) GOOSE 模型在传输信息内容方面比 SAV 模型要广泛,不受太大的约束。

2) GSE 模型在报文传输的实时性方面与 SAV 模型相当,但是在可靠性方面要稍微强于 SAV 模型。

3) SAV 模型构建方面要比 GSE 模型稍微复杂一点,模型映射方式 GOOSE 与 SAV 相同,GSSE 模型映射方式要稍微复杂点。

IEC61850 的 GSE 模型和 SAV 模型可能还有不同之处,我们还需进一步深入研究。

### 参考文献

- [1] IEC61850,Communication Networks and Systems in Substations Part 7-2:Basic Communication Structure for Substations and Feeder Equipment Abstract Communication Service Interfaces[S].
- [2] 童晓阳,李岗,陈德明,等.采用 IEC61850 的变电站间隔层 IED 软件设计方案[J].电力系统自动化,2006,30(14):54-57.  
YIN Zhi-liang,LIU Wan-shun,YANG Qi-xun,et al.Generic Substation Event Model Based on IEC61850[J].Automation of Electric Power Systems,2006,30(14):54-57.
- [3] 高湛军,潘贞存,从伟,等.基于光纤以太网的纵联保护通信[J].电力系统自动化,2005,29(1):57-60.  
YIN Zhi-liang,LIU Wan-shun,YANG Qi-xun,et

al.Generic Substation Event Model Based on IEC61850[J].Automation of Electric Power Systems,2005,29(1):57-60.

- [4] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等.基于 IEC61850 标准的采样值传输模型构建及映射实现[J].电力系统自动化,2004,28(21):38-42.  
YIN Zhi-liang,LIU Wan-shun,YANG Qi-xun,et al.Modeling and Mapping implementation of a sampled value model based on IEC61850[J].Automation of Electric Power Systems,2004,28(21):38-42.
- [5] IEC61850,Communication Networks and Systems in Substations Part 9-1:Specific Communication Service Mapping-Sampled Values Over Serial Unidirectional Multidrop Point to Point Link[S].
- [6] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等.基于 IEC61850 的通用变电站事件模型[J].电力系统自动化,2005,29(19):45-50.  
YIN Zhi-liang,LIU Wan-shun,YANG Qi-xun,et al.Generic Substation Event Model Based on IEC61850[J].Automation of Electric Power Systems,2005,29(19):45-50.

收稿日期:2007-05-25

作者简介:

贺振华(1982-),男,硕士研究生,研究方向为电力系统保护、控制与自动化; E-mail:janson163@126.com

胡少强(1955-),男,高级工程师,硕士生导师,主要从事电力系统自动装置、数字变电站的研究。

(上接第 79 页 continued from page 79)

- [3] 王福瑞,等.单片微机测控系统设计大全[M].北京:北京航空航天大学出版社,1999.  
WANG Fu-rui,et al. The Total Design of Microcontroller Measure and Control System[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press,1999.
- [4] 王树勋,等.MCS-51 单片微型计算机原理与开发[M].北京:机械工业出版社,1990.  
WANG Shu-xun, et al. The Principle and Exploitation of MCS-51 Microcontroller[M].Beijing: China Machine Press,1990.
- [5] 陈斌,张波,丘东元,等.电能质量监测系统数据高速采集和实时处理的协调优化分析及应用[J].电网技术,2006,30(2):91-96.  
CHEN Bin, ZHANG Bo, QIU Dong-yuan, et al. Optimized Analysis on Coordination of High Speed Data Acquisition with Real-Time Processing in Power Quality

Monitoring System and Its Application[J]. Power System Technology, 2006, 30(2): 91-96.

- [6] HULOUX. SGS-THOMSON Microelectronics, ST7537-Power Line Modem Application[Z].
- [7] 张玥,李春茂.一种新型电力线收发器在电力线载波通信中的应用[J].电气应用,2006,25(12):76-79.  
ZHANG Yue, LI Chun-mao. The Application of Power Line Communication Technology Based on PL3150/PL3120 [J]. Electrical Application, 2006, 25(12): 76-79.

收稿日期:2007-04-28;

修回日期:2007-08-08

作者简介:

姚存治(1974-),男,讲师,主要从事电气自动化方向的研究;

张桂香(1969-),女,副教授,主要从事电气自动化方向的研究。E-mail:lsx951212@126.com