

# 基于无线通信的自动抄表系统的设计与实现

山东大学电子工程系(济南 250100) 崔 强 宋玉炎

**摘 要** 目前工业过程控制普遍采用的模式是集中管理分散控制,即在中央控制室用一台微机作为上位机与在工业现场单独执行控制任务的下位机——单片机进行无线通信。该文详细介绍了基于单片机控制的用无线为传输介质的多功能抄表系统,并讨论了在 Visual Basic 6.0 环境下的数据采集与处理程序的开发,同时介绍了一种数据库接口-ADO。

**关键词** 计算机控制 数据采集 串行通信 数据库 ADO

## 1 概述

集散控制系统的计算机程序通常由三部分组成,第一部分是在工业现场单独执行控制任务的下位机——单片机的流程图,第二部分是符合通信协议的通信接口程序,第三部分是实现无线通信的用户界面程序。由于我国广大油田、厂矿的电力线路地处野外,电力计量箱比较分散,供电量流失严重,不仅数据采集非常困难,而且给油田厂矿带来严重的成本负担,因此有必要使用多功能抄表系统。该系统是采用集散控制系统,以若干台 AT89C52 为下

位机,一台带远程数据通信板(IPC5641)的工业控制机作为上位机,利用 450MHz 的无线信道作为传输介质所构成的主从式测控系统。下位机实现了模块化,用户可以根据需要自由搭配,该系统能完成对各个电表的巡回检测,将单片机采集到的数据在工业控制机的数据库中集中处理,这样就可以实现用电管理自动化,从而彻底解决了人工抄表带来的人为误差和诸多缺点。

## 2 系统的工作过程和原理

本系统的结构原理如图 1 所示。

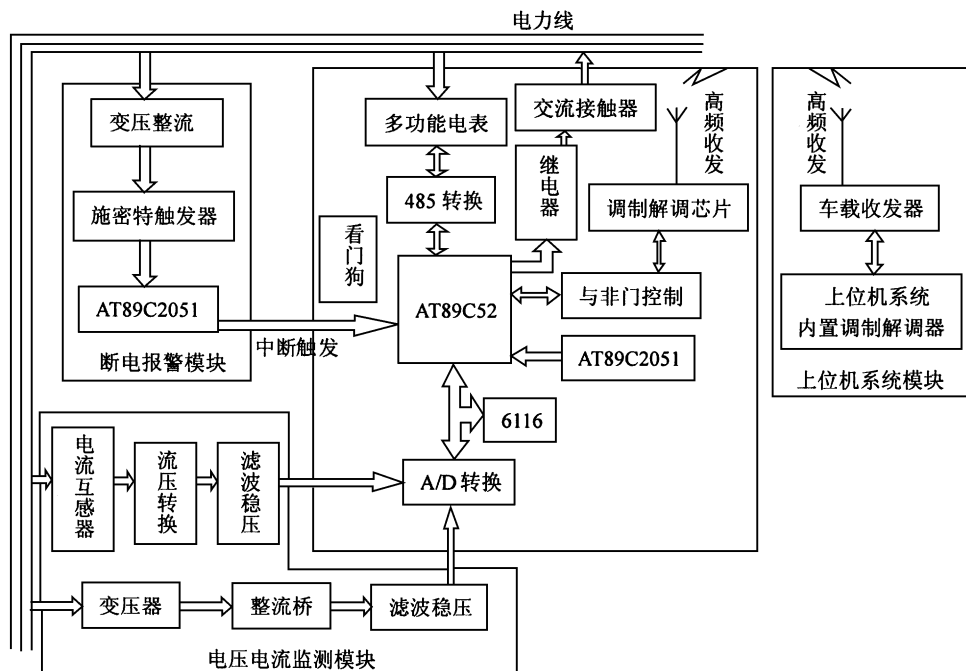


图 1 系统的结构原理图

整个系统由上位机系统模块、电能表端模块、电流电压监测模块、断电报警模块组成。下位机和电表装在各检测点,上位机安装在中心机房,两者以450MHz的无线通信方式交换信息,两者的通信规约符合《中华人民共和国电力行业标准(DL/T645-1997)》。上位机模块由工业控制机、高频车载台、调制解调器构成。下位机系统模块视完成功能的不同,可分为三个模块,用户可根据实际需要安装不同的模块。

电能表端模块完成基本的功能,主要由89C52、89C2051、RAM、X25045、调制解调芯片和一些外设组成,单片机系统通过RS485接口从电表采集数据,该数据为压缩的BCD码,单片机处理后存储到RAM中,以供上位机查询。并且单片机可以通过端口控制真空继电器来实现高压电闸的通断。断电报警模块可以监测断相或盗电事故,该模块主要包括89C2051、施密特触发器、整流桥、变压器。2051循环监测三相电的供电情况,如果出现异常,该模块可向上位机系统发送优先级最高的信息帧,用户可立即查明故障,以实现监控目的。电压电流监测模块主要由变压器、流/压转换器、整流器、滤波稳压器等组成,此模块是为了方便不需要电能表的用户,模块把电压电流传感采样值经A/D转换送入89C52中,单片机根据公式换算成实际电压电流值,以供用户参考。上位机系统接收到无线高频信号,经通信模块解调,统一在程序中(VB6.0)处理,产生用电量、电费及两者的直方图,结果存储到数据库中。数据库采用的是关系数据库Access,VB采用ADO数据对象访问数据库,工控机的数据库程序可以作为企业网等局域网的一部分共享。

半双工的调制解调芯片TDK73M223-CP为下位机系统的关键部分,其性能好坏直接关系到系统的成败。单片机转换电平后从电表取出数据,按顺序存入外部存储器,如果上位机要求传送数据,89C52通过TDK调制后经通信模块发送给上位机,TDK以半双工工作,波特率为1200bit/s。ADC0809实时采集电力线上的电压电流,转换成数字信号存储在RAM中。X25045不仅存储一些综合参数,而且控制CPU复位,通信模块是一工作在450MHz下的高频收发模块,其频率和上位机系统的通信模块一致。在上电初始化时,89C2051通过485接口从电表取出表号来区分若干个不同的下位机。

工控机的数字信号经IPC5461调制后通过通信模块与下位机进行无线通信。IPC5461是Modem远程数据通信板,可用在短波、超短波作为信道

的无线远程数据通信,它本身带有与微机兼容的串口,因此不占有微机的资源,板上装有电平转换接口电路。本系统中IPC5461的波特率设为1200bit/s,通信标准为CCITT V.32,传输体制是PCM-FSK-FM,半双工模式并带幅度均衡器。高频收发模块同下位机。考虑到上位机要长时间工作和实时采集数据的需要,微机采用工业控制机,基本配置是主频P350,在Windows98/NT下操作。

3 系统的通信规约

系统采用的是符合中华人民共和国电力行业标准(DL/T645-1997)通信规约的三相电子式多功能电能表,该通信规约于1998年6月1日实施。因电能表的数据量非常丰富,需单片机根据此通信规约读取数据,并暂存在RAM中以备上位机查询;下位机与上位机采用系统约定的通信格式来传送数据。通过以上两个通信规约,即可完成一次通信过程。下面逐一介绍。

3.1 电能表的通信规约

3.1.1 字节格式

每字节含8位二进制码,传输时加上一个起始位(0)、一个偶校验位和一个停止位(1)共11位。其传输序列如图2。D0是字节的最低有效位,D7是字节的最高有效位,先传低位,后传高位。

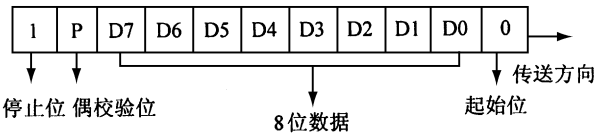


图2 字节传输序列

3.1.2 帧格式

帧是传送信息的基本单元,帧格式如表1所示。

表1 帧格式

| 说明    | 代码   |
|-------|------|
| 帧起始符  | 68H  |
| 地址域   | A0   |
|       | A1   |
|       | A2   |
|       | A3   |
|       | A4   |
|       | A5   |
| 帧起始符  | 68H  |
| 控制码   | C    |
| 数据长度域 | L    |
| 数据域   | DATA |
| 检验码   | CS   |
| 结束码   | 16H  |

帧起始符 68H:标示一帧信息的开始。

地址域 A0~A5:地址域由 6 个字节构成,每字节 2 位 BCD 码。地址长度为 12 位十进制数据,低地址位在先,高地址位在后。当地址为 999999999999H 时,为广播地址。

控制码 C:控制码的格式如图 3 所示。

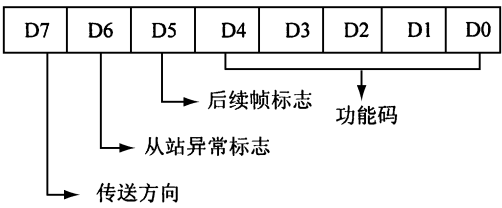


图 3 控制码格式

- D7 = 0:由主站发出的命令帧;
- D7 = 1:由从站发出的命令帧;
- D6 = 0:从站正常应答;
- D6 = 1:从站对异常信息的应答;
- D5 = 0:无后续数据帧;
- D5 = 1:有后续数据帧;
- D4~D0:请求及应答功能码,不同的取值分别表示下列功能:
  - 00000:保留;00001:读数据;00010:读后续数据;00011:重读数据;00100:写数据;01010:写设备地址;01100:更改通信速率;01111:更改密码;10000:最大需量清零。

数据长度 L:L 为数据域的字节数。读数据时  $L \leq 200$ ,写数据时  $L \leq 50$ , $L = 0$  无数据域。

数据域 DATA:数据域包括数据标示和数据、密码等,其结构随控制码的功能而改变。传输时发送方按字节进行加 33H 处理,接收方按字节进行减 33H 处理。

校验码 CS:从帧起始符开始到校验码之前的所有字节的模 256 的和,即各字节二进制算术和,不计超过 256 的溢出值。

结束符号 16H:标示一帧信息的结束。

3.2 系统自定义的通信规约

系统的通信规约主要用于上位机与下位机的相互通信,详细的帧格式如表 2 所列,其中 A0,A1 为下位机的标示号,CS 为校验和,0DH 是结束码。

4 软件结构

下位机的软件是在 MCS51 的环境下编写的,因本系统是工作在主从查询方式下,平时下位机处于采集数据的状态,上位机的查询信号由握手帧通过单稳态电路触发中断,然后下位机把数据通过无线信道上传到上位机,来完成上位机与下位机的远程通道。因此下位机的主要任务是采集数据并不断的刷新,中断程序主要处理与上位机的通信。

下位机所用软件是 Visual Basic6.0, Visual Basic 是一个图形界面下的面向对象的可视化编程语

表 2 系统自定义的通信规约

| 命令帧名称 | 代码                                                               | 说明                                                                     |
|-------|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 握手命令帧 | EAH,ECH,A0,A1,CS,0DH                                             | 上位机与下位机在每次通信时进行握手操作,以握手信息帧区别若干下位机。                                     |
| 跳频命令帧 | EAH,EBH,DCH,CDH,01H                                              | 下位机在某一频段工作不正常时,上位机发此命令帧,下位机收到后更改通信频段。                                  |
| 供电命令帧 | 1. EEH,A0,A1,DDH,EDH,ECH,CS,0D<br>2. EEH,A0,A1,DDH,EDH,E3H,CS,0D | 上位机通过此帧实现高压电的接通,为安全起见,需两次确认。上位机发出信息帧 1 后,待下位机回送正确帧后,才能发送帧 2,正确接收后正式供电。 |
| 断电命令帧 | 1. EEH,A0,A1,DDH,FDH,FCH,CS,0D<br>2. EEH,A0,A1,DDH,FDH,F3H,CS,0D | 说明同供电命令帧                                                               |
| 断电报警帧 | FFH,A0,A1,CSH,FFH                                                | 下位机检测到断电(相)时,向上位机发送(此帧优先级最高)                                           |
| 数据通信帧 | EEH,A0,A1,BBH,D1,L,CS,0DH                                        | 系统握手成功后,上位机送此帧要求下位机发送数据,D1 是数据标示,L 为数据长度。 $L \leq 250$ 字节              |

言,可以编写企业级水平的客户/服务器程序和强大的数据库应用程序。软件编写时采用了模块化处理方法,可分为四大模块,如图4所示。

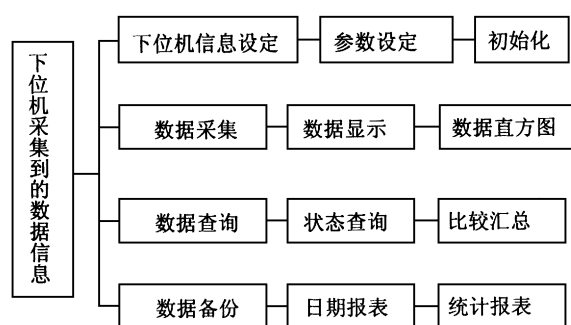


图4 上位机软件模块

Visual Basic 提供了一个通信控件 MSComm,以使用户对下位机进行实时控制。该控件通过串口传输和接收数据,为应用程序提供串行通信功能。MSComm 控件提供下列两种处理通信的方式:

(1) 事件驱动通信是处理串行端口交互作用的一种非常有效的方法。在许多情况下,在事件发生时需要得到通知,例如,在 Carrier Detect(CD)或 Request To Send(RTS)线上一个字符到达或一个变化发生时。在这些情况下,可以利用 MSComm 控件的 OnComm 事件捕获并处理这些通信事件。OnComm 事件还可以检查和处理通信错误。

(2) 程序的每个关键功能之后,可以通过检查 CommEvent 属性的值来查询事件和错误。如果应用程序较小,并且是自保持的,这种方法可能是更可取的。

在系统中采用第一种通信方式。并且,MSComm 提供了几个重要的属性:波特率、端口、通信方式的选择、收发缓冲区等,使用起来非常方便。

由于实际中下位机的数量相对较多,而且每次通信的数据量近 1 K Byte,因此对数据库的处理和访问变得十分重要,在程序中用 Visual Basic 提供的 ActiveX 数据对象访问关系数据库 Access。

2.5 版本的 ActiveX 数据对象(activeX data object, ADO)是 Visual Basic 数据访问领域中的最新内容,它提供了一种与 VB 程序、ActiveX 组建交互操作的方式。ADO 将要代替 VB 数据库访问的最初方法 DAO(data access object,数据访问对象)和一种代替 DAO 的较快方式 RDO(remote data object,远程访问对象)。ADO 提供了程序代码访问数据库的方式,它通过一个 OLE DB 提供商连接数据库。OLE DB 是提供了访问许多不同类型的数据的 Microsoft 的新低级数据库界面,是一系列直接处理数据的接口。OLE DB 建立在 COM 之上,COM 即组

件对象模型(component object model),是 Microsoft 提供的一种在不同数据进程组件之间进行通信的方式。实际上,OLE DB 也就是为数据访问而设计的一系列 COM 接口。OLE DB 提供商将这些数据库呈现给 ADO,接着 ADO 能以如下方式连接数据:

(1) 数据控件:数据控件是处理与数据通信的典型控件。只需设置几个参数,并将一些其他控件“绑定”到数据控件上以显示信息。

(2) 对象界面:当把一个参数加入到 ADO 中时,对象的一个新表在程序中就成为可用的。可以直接通过代码处理数据,而不需要任何控件或将对象同数据控件结合在一起使用。

数据控件能很快很容易地建立,但使用对象界面提供了更强的功能和更多的灵活性。在程序中综合使用了两种方式,既有控件 Adodc、DBgrid,又有对象界面。

本系统根本解决了电表远程实时测量的问题,具有开关、断相保护、电能计量等综合功能。该系统尤其采用了无线遥控技术,上位机系统可在 25km 内实现遥控合、分闸和计量抄表,合闸状态显示当前的电流电压,分断状态有断开状态显示,安全可靠,方便快捷,适用于油田、矿业、水电等行业,并已推广应用。

## 参 考 文 献

- 1 雷丽文,朱晓华.微机原理与接口技术.电子工业出版社,1997-02
- 2 Mike Gunderloy Visual Basic Developer's Guide to ADO. SYBEX Inc. 1999
- 3 Brian Siler, Jeff Spotts. Special Edition Using Visual Basic 6. Que Inc. 1999-04

## 第二届 NI 征文大赛圆满闭幕

本次大赛共收到来自全国各地的用户解决方案 80 余篇,经评选结果如下:

一等奖:李 庄  
二等奖:张 明 马法成  
三等奖:黄宜坚 汪海波 王 伟 金暄宏  
张天宏

鼓励奖: 张小牛 时秋兰 王鸿钰 郑万泔  
王 虎 王 鹏 温建中 余永华  
杨建国 戴 静 谢亚宁 李春森  
李传日 齐 华 赵 伟 侯国屏

《电子技术》2001 年第 8 期