

武汉理工大学

---

硕士学位论文

---

小区电量计量系统的设计

---

姓名：桑任仲

---

申请学位级别：硕士

---

专业：控制理论与控制工程

---

指导教师：谭思云

---

20090501

## 摘 要

目前我国的电量计量方式主要依靠抄表人员入户抄收,不仅浪费人力物力,又不可避免存在人为因素造成的误差,而且对用户的日常生活造成不便。随着城市现代化建设的发展,建设智能小区成为必然趋势,原来的人工抄表已不能胜任现在的工作,新的电量计量方式应运而生,随着通信和计算机技术的发展,使得智能化小区成为可能。近年来国家正在推广户外计量技术,以实现方便查表,不干扰住户,使大量人工查表工作逐步过渡到数字化传送。本文着重研究了如何实现节约型小区的用电计量自动化管理。

文中结合实际,对小区电力计量体系的自动化管理设计了切实可行的解决方案,本文主要做的是:选择适合的计量基表、构建小区的电力计量体系模型,对硬件系统写入软件指令程序,并完成配套的程序进行综合数据管理。

计量方式选择多用户自动远传抄表系统,它应具有如下功能:数据采集、参数设置、系统控制功能、系统预付费功能和保护功能。

本系统利用低成本、高性能的单片机作为主体进行硬件设计,主要有基于 ADE7758 开发的电子式电表,它有功能更完善的电能计量校验仪还能实现无功功率和有用功率的测量,有以 AT89S52 为核心的采集器的设计,它完成了电子式电表和以 PIC16F84 为主芯片的集中器之间的连接,使用了广泛应用的基于 RS-485 电气接口的异步串行通讯技术作为通讯方式,满足了电表与采集器的通信和集中器与上位机的通信,文中分析了发送数据帧的过程,并制定了相应的通讯协议。同时,利用 SQL Server 技术和 Visual C++ 编程语言设计了电量计量系统的上位机管理软件。

另外,本文对系统的各种不可靠和干扰因素进行了系统分析,在设计采取了一系列有效的措施来提高系统的可靠性和抗干扰能力。

关键词: 远程抄表, 电量计量, 通信

# 独创性声明

本人声明，所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得武汉理工大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

签名：黎阳 日期：09.6.6

# 学位论文使用授权书

本人完全了解武汉理工大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权武汉理工大学可以将本学位论文的全部内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存或汇编本学位论文。同时授权经武汉理工大学认可的国家有关机构或论文数据库使用或收录本学位论文，并向社会公众提供信息服务。

(保密的论文在解密后应遵守此规定)

研究生(签名)：黎阳 导师(签名)：谭恩 日期：09.6.6

## 第 1 章 绪 论

### 1.1 电量计量的重要性

电能是国民经济和人民生活极为重要的能源，电气化程度和管理现代化水平是衡量一个国家发达与否的重要标志。电力生产的特点是发电厂发电、供电部门供电、用户用电这三个部门连成一个系统，不间断地同时完成。发、供、用电三方如何销售与购买电能、如何进行经济计算，涉及许多技术、经济问题。营业性计费的公正合理，涉及电业部门与用户的经济利益。提高电能计量的正确性，对发、供、用电三方都是十分需要的。

随着我国电力系统的改革，对电能计量工作提出了更高的要求，特别是从传统的计划经济向市场经济的转变，电能测量技术更为重要，需要重视它的完整性和准确性。电能计量直接关系电力系统发电量、线损、煤耗、厂用电、供电量、用电量等各项技术经济指标的计算。随着电力系统的发展，用电波动十分剧烈，峰谷差愈来愈大，计量系统在大幅度的工况变化中工作，使其计量误差增大，已成为电能计量不可忽视的问题。利用经济杠杆，实施分时计度并分时计价的电能计量方式，在一定程度上可以起到调控负荷、“削峰填谷”的作用，有利于电力系统的运行和发、输、配、用电设备的充分利用。

由于电力电子技术在各行各业用电设备中的采用，负荷向电力系统注入大量的谐波，引起电压、电流波形严重畸变。如何计算谐波电能，如何制定畸变波形作用下的电量计量和计费标准，都是待于解决的问题。

### 1.2 电能计量方法的现状

现行的电能计量方案是在发电机、网络交换关口处安装电能计量装置。电力系统中关口是指厂网之间、区域性电网之间电力设备资产和经营管理范围的分界处。关口电能计量装置是衡量关口分界处电能量的流向及其大小的装置，它记录的电能量作为技术经济指标统计、核算的基础数据，是保证电力市场能否

正常运行的关键。

目前对电能的高精度计量、监测和分析的先进技术主要掌握于欧美等发达国家。在我国，随着国内电力部门对电能质量的高度重视，国家对相关电力计量监测产品的研发力度也在迅速加大，广大科研工作者对相关的理论及应用进行了较为深入的研究，也生产和投入使用了一大批电力计量监测仪器仪表。

对于电能监测计量装置主要分为两大类：手持式电能监测仪和在线式电能监测系统。

手持式电能监测仪操作灵活方便，可以实时监测计量电能质量各项指标，但是无法完成横向比较以及统计性能指标的分析，不能满足高级别的测量要求。在这方面的研究，美国 FLUKE 公司有很多系列高性能的产品，它的便携式电能质量监测仪 F1650-1663 具有 4 个电压通道，能够测量三个相电压和零一地电压，最高测量 600V 真有效值和 1000V 峰值；5 个电流通道，除了监测相线电流外，还可监测零线和地线电流；在每一监测时段同时捕获 6000 个电压事件和电流；支持单相、Y 型、三角形、分相、high-legdelta、Open-legdelta 以及其他常见的配电系统；功率选件增加瓦特、伏安、乏、功率因子趋势和测量功能；谐波和闪变选件可测量高达 63 次的谐波；同时所有通道上监测每一周期的电能质量事件，例如骤降、骤升、断电和瞬态电压脉冲；具有以太网接口。此外还有如施耐德公司的 CM4000 型电力线路监控仪、罗克韦尔公司的 Powermonitor11 等。

在线式电能监测系统主要基于系统侧考虑，分布于各个变电站和关键用户接入点处的电能监测计量单元通过通信网络与数据中心连成一个有机的整体，共同完成整个电网的电能质量综合计量监测分析。国外的此类产品如美国 EIG 公司的电能质量在线监测仪表 Nexus1252，它能够提供配电网中的任意测量点的负荷及电能质量的完整情况，能够超高精度测量电力系统所有参变量、线损、变压器损耗及补偿；能够记录事故前和事故后的波形、暂态过程；分析最高到 255 次的谐波；大容量的存储器可完成历史数据记录、越限记录、事故触发波形记录、CBEMA 记录、继电器输出记录、输入状态记录、闪变记录；人工智能分析事故原因，评估事故严重程度，并提供解决方案，自动形成事故分析报告；日志查看器可以进行全面的间谐波分析，间谐波是指介于工频电压和电流的各次谐波之间的离散的分量；集成了业内最先进的 DNP3.0 协议(DNP3.0LevelZ+)，兼容 DNPLlevel1 和 LevelZ 的要求；具有 RS232/485、MODEM 和以太网/环球网通讯接口；它的全 WEB 解决方案可使用户通过 Internet 在任何时间和任意地点监视

Nexus1252。国内的此类产品如上海宝钢安大的 PQ106III 电能质量远程监测仪,它安装在变电站用以监测用户受电端电能质量,各监测点的 PQ106 通过 RS-485 和 MODEM 通讯网与电能质量监督管理中心主机构成电能质量监督管理网络,以实现区域内电能质量监测、管理与控制的要求;能够监测电压偏差、三相电压不平衡度、频率波动、电压波动与闪变值(长期闪变值(Plt)、短期闪变值(Pst))等电能质量标准;能够分析电压 2-50 次谐波的含有率、偶次谐波电压畸变率、奇次谐波电压畸变率、总畸变率,同次谐波电压(电流)相角,谐波测量精度符合 GB/T14543-93 规定 B 级测量精度;能够测量电流真有效值、基波有效值,其中基波电压测量误差三 0.5%F.S,基波电流测量误差三 1.0%F.S;基波视在功率、基波有功功率、基波无功功率、真功率因数。国内的同类产品还有河南思达公司的 ST420 网络电力仪表、安徽振兴电子公司的 PS 系列电能质量分析仪等。

但国内同类产品的水平较之 Fluke 和 EIG 等国外先进公司的产品还有一定差距,国内的高端电力计量监测分析仪表市场主要仍是被国外发达国家的产品所占领。

### 1.3 本文研究的内容

小区的配电自动化涉及到的问题很多,在小区里投资建设自动化的配电系统是否值得,还有待探讨,其可行性在此不再进行探讨。本课题认为建设小区电力计量自动化体系是非常有必要的,也是可以实现的。

目前远传抄表技术正在推广之中,有些单位使用它实现了集中居住宿舍的计量自动化管理措施,比如像高校的学生宿舍和小区家属宿舍。但由于小区布局的具体复杂性,对于非宿舍性质的楼寓,多数单位采取的是局部楼寓用户的集中计量,并没有实现完全自动化的网络管理,仍然保留着数量较大的计量抄计人员和很多的手工计算流程。因此存在完善整体计量体系的必要性。

本课题在远程抄表技术基础上,对办公室、居民公寓楼实现集中式多用户远传电表计量,并采用相应的软件进行数据采集和管理,从而实现自动化的计量体系。课题的完成对新建设小区的电力计量体系建设具有很好的应用意义,对小区水电暖管理体制改革的进一步深化也具有积极意义。

## 第 2 章 电量计量系统总体设计

本课题就小区内不同区域的不同电力负荷结构,提出了不同的电力计量方式,充分利用当前已有的变电站综合自动化的监控和数据采集系统(简称 SCADA),以及远程自动化抄表等计量技术,在实现硬件测控的基础上,着重进行了软件编写和软件管理方面的研究。并构建完成了一个简单的小区电力计量体系建设的供电需方管理实例模型。

在此,首先对小区的电力计量体系进行总体上的设计,对各个子系统进行概述,并提出设计方案。在整个体系中,关键问题是合理选择电量计量系统的硬件,准确设计各项系统软件。

### 2.1 系统总体概述

本课题主要是针对小区园类的单位,规划电力系统计量体系的管理。根据小区电力一般性结构,进行实际体系的规划和建设,分别形成高压、低压两级计量硬件和软件体系,并通过网络传输形成区域性的计算机后台管理;还可以进行数据比对和分析,形成用于收费和分析的各类报表,可以获得全校电力结构的负荷分布情况,进行定期的用电损耗分析,为开展节电工作提供可靠的数据基础。

目前电量计量技术的核心本质就是数据的采集和传输。因此电量计量系统就是一个整合了各种品牌的电度表的数据通讯系统。新型的智能电表数据采集器,能够抄读多种国产和进口电度表的数据,即:具备部标、威胜、ABB、DLMS 等多种抄表协议。电量计量系统的架构如图 2-1 所示。

从图中可以看出,电量计量系统一般由电度表、数据采集器、集中器、数据管理中心机组成。系统的通讯信道是指电表数据采集器与管理中心计算机之间的远程通信线路,主要有:公用电话网、Ethernet、无线 GPRS 或 GSM 通讯网;计量通道是指数据采集器与电度表之间的通信线路,本系统采用的是:RS-485 总线。

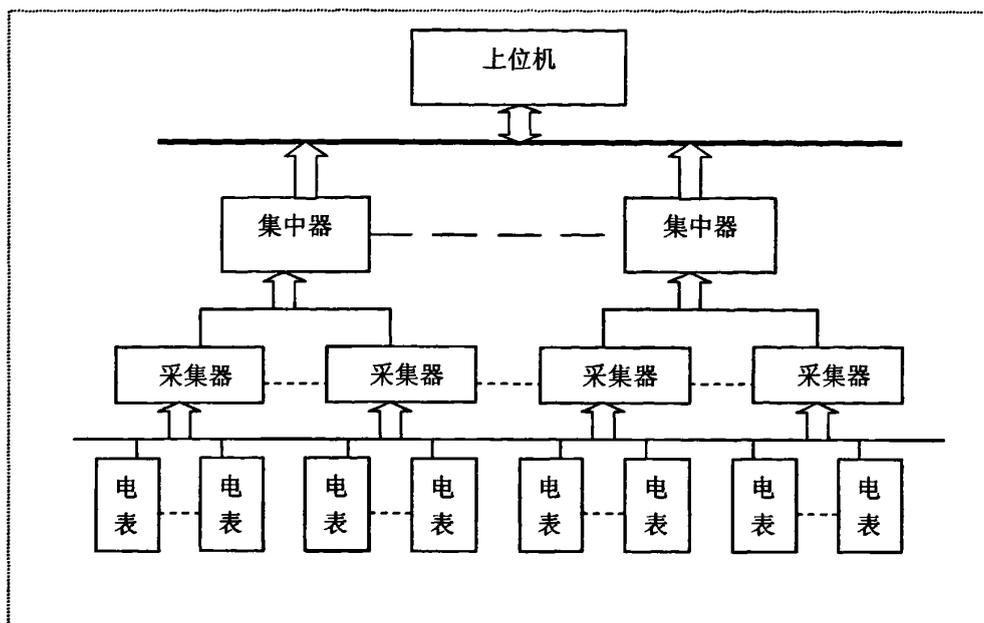


图 2-1 电量计量系统的框架图

### 2.1.1 高压供电计量方案

对于高压部分，采用在配电自动化中先进的综合自动化保护系统，实现变电站配电自动化管理，同时测取 10Kv 以上各高压供电线路的运行参数，获得计量体系在高压供电层面上需要的电力能耗数据。为便于理解高压能耗数据的获得，以下简要介绍变电站自动化系统发展情况。

60 年代后期，基于计算机的变电站监控装置逐步完善成为电网的 SCAAD 监控和数据采集系统。70 年代，先后出现综合式数字保护系统的几个原型:SDSC 系统、SPSC 系统、SCAZOO 系统。进入 80 年代，由于计算机技术的飞速发展，综合数字化变电站控制和保护系统进入了实用阶段，并且国外一些发达国家已经在各种电压等级的变电站实现了无人值守，取得了显著的社会经济效益。

近几年来电力需求空前高涨，为了满足电力系统运行管理现代化的迫切要求，变电站的综合自动化管理得以在电力系统中迅速推广和应用。高压综合自动化保护系统主要是通过组态网软件来实现，可以通过 RS-485 或 LON 网实现通信，实现变电站的全微机监控。综合自动化管理系统的各个测控单元可以独

立测试并显示所监控的设备、线路的全部运行参数。本课题主要是利用此系统,获取高压供电出线线路的运行参数,即电压、电流、有功功率、无功功率、功率因数的具体数值等。因此,利用变电站综合自动化保护系统完全可以很好地获得电力计量体系在高压层面所需要的数据。以上只对高压作此简单的介绍。

### 2.1.2 多用户计量方案

小区内的公寓和住房,属于多用户集中用电,因此电量计量采用多用户远程自动抄表系统是最合适的。采用远程自动抄表技术(Automatic Meter Reading,简称 AMR),利用公共电话网络、负荷控制通道或低压配电线载波等通信联系,将电能表的数据自动传输到上位的计算机管理中心进行处理。

多用户远程自动抄表系统等于就是一个测控系统,可以通过上位微机直接发命令,自动进行各种远传基表(指楼宇中使用具有信号和数据远传功能的计量表)的能耗、参数的抄取和设定,工作人员也可以通过专用的红外抄表器(的进行抄取和设定等工作,系统还具有在市电停电时,后备电源能连续工作 48 小时的特性。远程自动抄表系统(Automatic Meter Reading System,简称 MARS)主要由上位微机、管理软件、数据集中器、数据采集器以及远传电表等组成,是一种不需要人员到达现场就能完成抄读用户各种能耗信息的智能化多用户远程集中抄表装置。

多用户远程自动抄表系统的软件程序包括采集器和集中器的内部软件和上位微机的管理软件。远程自动抄表系统的管理软件主要实现整个低压供电计量系统各种设备之间的数据通信,并对整个低压系统的运行状况进行监测、管理和记录。远程自动抄表系统大大提高了抄表准确性和及时性,杜绝了抄表不到位、估抄、误抄、漏抄电表等问题。

### 2.1.3 上位机数据管理软件

上位机数据管理软件的程序设计主要是为了对所获取数据进行分析,使能耗量的对比可以按地理区域或电气结构进行。上位微机管理程序是整个计量体系管理的最上层。对从高压数据采集系统和远程自动抄表系统所得到数据,可按照电力系统的结构特性进行数据分析和对比,形成各类综合分析报表,描述全区电力结构的负荷分布情况和各电压等级用电损耗情况,从而为形成节约型

小区供电体系提供必要的计量数据。

## 2.2 多用户的用电集中计量系统的组成

按照电力计量的基本原理,实现低压数据的采样,从而完成有效的电力计量。对高压计量,如概述中所讲用变电站综合保护系统实现;对低压部分则设计完成多用户远程抄表系统。

### 2.2.1 系统的基本硬件

多用户远程自动抄表系统主要由电能表、通讯机、管理中心计算机和系统软件等部分组成。管理中心计算机通过 485 总线采集各集中式电能表的数据信息并进行计算、查询、统计和打印,参数设定及断送电控制功能。从而实现对集中用电户的电费计量、预售电管理及安全用电控制等功能。本系统主要采用 485 总线方式进行通讯,其基本通讯距离 1200 米,不超过 2400 米。大于 1200 米时,需要加装中继器。如图 2-1,是多用户低压计量系统硬件连接示意图。

### 2.2.2 远传基表能耗计量方法

对能耗计量的本质就是对用户各种远传能耗基表送出的脉冲进行计数的问题。采集脉冲的方法有多种,一般有:利用计数器的计数功能对脉冲进行计数和软件查询计脉冲法等等。

采集器的核心模块是 51 系列的单片机。它具有如下特点:

程序代码可以存放在芯片内部。这就使每秒百万次的取指令动作限定在一个芯片之内,指令的传送距离只有 1mm 左右。我认为这一点可以提高电量采集设备的运行稳定性。51 系列单片机内部的代码和数据存储空间是分离的。这就杜绝了把程序代码当成运算数据,或把数据当成程序去执行。当我们把程序代码区的未用空间做适当的保护处理之后,也能大大提高程序运行的稳定性。51 系列单片机的开发技术很流行,便于学习和掌握。

基于以上考虑,微控制器采用 Winbond 公司的 W78E58 单片机。它是 CMOS 工艺技术制造的高性能 8 位单片机,内置 8 位中央处理单元、256 字节内部数据

存储器 RAM、32k 片内程序存储器(EPROM)32 个双向输入/输出(I/O)口、3 个 16 位定时/计数器和 8 个两级中断结构, 一个全双工串行通信口, 片内时钟振荡电路。

### 2.2.3 远传抄表通信标准

由于通信距离要求不少于 2000 米, 要根据系统的通信距离来选择合适的通信标准。在通信方式中, 大多数采用串行通信方式。这里不妨先对常见的串行总线标准作一比较。常用总线标准有 RS-232、RS-422 和 RS-485 等。我们知道, RS-232 与 RS-422 有一个显著特点, 即 RS-232 接口与 RS-422 接口通常只用于点对点通信的系统中, 若系统中需要相互通信的节点数超过两个时, 则它们都不能直接满足要求。为此, EIA 制定了新的接口标准 RS-485, 它支持一点对多点的通信, RS-485 的电气标准与 RS-422 完全一样, 只是 RS-485 工作于半双工方式。

RS-485 标准总线是一种平衡传输方式的串行口接口标准, 它允许在电路中有多个发送器, 且允许一个发送器驱动多个负载设备, 负载设备可以是被动发送器、接收器或收发器的组合单元。RS-485 的共线电路结构是一对平衡传输的两端都配置终端电阻, 其发送器、接收器、组合收发器可以挂在平衡传输线上任何位置, 在数据传输中实现多个驱动器与接收器共用同一条传输线的多点应用。RS-485 通信接口的信号传输是用两根线之间的电压差来表示逻辑“1”或“0”的, 因为发送端需两根传送线, 而接收端也只需要两根传送线, 这样, RS-485 接收与发送端仅需两根线就能完成信号的传输。RS-485 标准总线的特点是: 抗干扰能力强、传输速率高、传送距离远, 在采用双绞线, 不用 Modem 的情况下, 在 100Kbps 的传输速率时可传送 1200 米, 若速率为 9600bps 时, 可以传送 1500 米、甚至更远一些。

由于 RS-485 具有上述优点, 能够支持一点对多点的通信, 便于组网, 通信距离也能满足本系统的设计要求; 且多用户远程抄表系统对实时性的要求不高, 能耗的抄取也是不常发生的, 一般情况下一个月仅需抄表一次。所以本系统选择了半双工的 RS-485 通信标准。

## 2.2.4 多用户远程抄表系统方案

多用户远程抄表系统既要充分考虑到 RS-485 通信标准中对传输距离和波特率的限制,又要兼顾到系统的带载能力。为了增加整个远传系统的可靠性,在各种基表与上位管理微机之间,本文采用了采集器、集中器两级结构形式,上位微机与集中器之间可通过 R-S485 总线进行数据传输,采集器通过屏蔽双绞线采集用户各种远传能耗基表的脉冲信息,并进行换算和存储;采集器对电量的采集可以直接通过电能表上的 RS-485 接口接收用户的电量信息。

## 第 3 章 多用户远程电量计量系统的硬件结构

为了更好地理解多用户远程抄表系统，在论述具体硬件结构之前，首先了解电表的计量原理和电表类型，再分别说明该系统的采集器和集中器的硬件结构。

### 3.1 电能表类型及其工作原理

#### 3.1.1 电量计量原理

电能物理上可以看成是从电源流向负载的能量流，用户在单位时间内消耗电能的快慢程度用功率来表述。功率可以分为在一段时间内的平均功率和某一时刻的瞬时功率。对于在一段时间内大小和方向都不发生改变的直流电压、电流来讲，平均功率值与其瞬时功率值是相等的。而对于交变的电压，电流来讲，瞬时功率是时刻都在变化的，平均功率与瞬时功率是不相等的。要计算用电设备在一段时间内消耗的总的有功功率应该在这段积分时间内，对瞬时功率进行累加。

设电压为  $u(t)$ ，电流为  $i(t)$ ，则瞬时功率为  $p(t)=u(t)*i(t)$ ，也是随着时间变化的函数，它在某个周期内的平均值应等于该函数对时间积分后，再除以时间间隔，所以平均功率应为：

$$P_{\text{平均}} = E / \Delta T = \int_{t_0}^{t_1} p(t) dt / \Delta T = \int_{t_0}^{t_1} u(t) * i(t) dt / \Delta T \quad (3-1)$$

对于电压电流均为正弦信号的交流电，也有相对应的公式，式(3-1)等价于

$$P_{\text{平均}} = E / \Delta T = \int_{t_0}^{t_1} u(t) * i(t) \cos \theta dt / \Delta T \quad (3-2)$$

其中  $U$ ， $I$  分别为交流信号有效值。必是电压信号超前于电流信号的相位差值， $\cos \theta$  必称为功率因数，它表征了电网中实际消耗电能的平均功率(有功功率)与  $U$ ， $I$  的乘积(视在功率)的比值。在实际电网中，电压电流信号基本上都不是只包含 50Hz 频率分量的正弦信号，而是含有很多诸如 100Hz，150Hz，200Hz 等谐波信号。此外，电网负载尤其是开关电源还会引入各种各样的噪声，引起电压的谐波和波形畸变。事实上我们可以发现瞬时功率信号  $P(t)=u(t)*i(t)$  本身

是一个含有直流分量和高频分量的信号，而任何频率不为 0 的频率分量从长期来看对于时间积分都没有贡献，因此电能计量数学上就相当于计算瞬时功率  $P$  的直流分量在时间上的积分。这正是 ADE7755 进行有功电能计量的基本原理。

不论采用哪种方式进行电力计量，其计量原理是一样的，对通过数据采集获得的数据进行相关运算，就可得到电表的能耗值：

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad \text{其有效值} \quad (3-3)$$

离散化，以一个周期内有限个采样电压数字量来代替一个周期内连续变化的电压函数值是  $U \approx \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{m=1}^N u_m^2 \Delta T_m}$  式中： $\Delta T_m$  为相邻两次采样的时间间隔， $u_m$  为第  $m-1$  个时间间隔的电压采样瞬时值  $N$  为 1 个周期的采样点数。若相邻两采样的时间间隔相等，即  $\Delta T_m$  为常数  $\Delta$ ， $T$  考虑到  $N=(T/\Delta T)+1$ ，则有  $U = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N u_m^2}$ ，这是根据一个周期各采样瞬时值及每个周期采样点数计算电压信号的有效值的公式。

同理，电流有效值计算公式如下：

$$I = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N i_m^2} \quad (3-4)$$

$$\text{计算有功功率的有效值公式: } p = \frac{1}{T} \int_0^T u i dt \quad (3-5)$$

$$\text{离散化后为 } p = \frac{1}{N-1} \sum_{m=1}^N u_m i_m \quad (3-6)$$

$W=TP$ ，式中  $i_m$ 、 $u_m$  为同一时刻采样的电流、电压值。

### 3.1.2 电能表的类型和原理

当把电能表接入被测电路时，电流线圈和电压线圈中就有交变电流流过，这两个交变电流分别在它们的铁芯中产生交变的磁通；交变磁通穿过铝盘，在铝盘中感应出涡流；涡流又在磁场中受到力的作用，从而使铝盘得到转矩（主动力矩）而转动。负载消耗的功率越大，通过电流线圈的电流越大，铝盘中感应出的涡流也越大，使铝盘转动的力矩就越大。即转矩的大小跟负载消耗的功

率成正比。功率越大，转矩也越大，铝盘转动也就越快。铝盘转动时，又受到永久磁铁产生的制动力矩的作用，制动力矩与主动力矩方向相反；制动力矩的大小与铝盘的转速成正比，铝盘转动得越快，制动力矩也越大。当主动力矩与制动力矩达到暂时平衡时，铝盘将匀速转动。负载所消耗的电能与铝盘的转数成正比。铝盘转动时，带动计数器，把所消耗的电能指示出来。这就是电能表工作的简单过程。

使用电能表时要注意，在低电压（不超过 500 伏）和小电流（几十安）的情况下，电能表可直接接入电路进行测量。在高电压或大电流的情况下，电能表不能直接接入线路，需配合电压互感器或电流互感器使用。对于直接接入线路的电能表，要根据负载电压和电流选择合适规格的，使电能表的额定电压和额定电流，等于或稍大于负载的电压或电流。另外，负载的用电量要在电能表额定值的 10% 以上，否则计量不准。甚至有时根本带不动铝盘转动。所以电能表不能选得太大。若选得太小也容易烧坏电能表。

为满足不同的电能测量需要，有多种类型的电能表，其类别可按不同情况划分如下：

(1) 第一种类型是 CI 卡电表，多采用单片机为主机进行控制，在原普通电表加装一对红外发射接受管，对转盘转数进行计数，主机完成对用户用电量的记录、累加、显示和控制功能，配上一块 CI 卡，完成从供电管理部门到用户之间的币度转换和电度数量的信息传递。

(2) 第二种类型是光感应远传耗能表，一般是在保证计量可靠性及准确性的前提下，在普通耗能表的基础上，通过加装各种光感应探头组建来实现的。机械耗能表转盘每旋转一圈，该感应探头便输出一个脉冲信号。将该信号脉冲记录并累计下来，将圈数通过一定的换算，就可以转化为相应的能耗数据。

(3) 第三种类型是单片机实现的远传耗能表，通过单片机以软件脉冲方式实现电力参数的交流采样，来完成电度的高精度计量，并通过单片机串口和网络连接实现远程抄表和监控功能。

在本章中，对电表采集脉冲这个功能是通过电子式电能表来完成的，系统直接通过电表 RS-485 通信口读取用户的电能耗数据。电子式电能表主要包括电量采集、计量存贮、显示、校验控制、通信接口以及该电表的电源等。电量采集原理是经电流、电压取样后通过模拟或数字乘法器后，再转换成与电能成线性的低频脉冲输出。电子式电能表选择 89C52 作为其 CPU，对 16 户的电量脉冲信

息均通过 P0 口送入 CPU, 显然, 一次全部采样要分 2 次。在这里, 它通过 74HC138 译码器对 2 个 74HC244 输入缓冲器产生不同的地址来实现, 对用户电量的存贮选用了有数据保护功能的串行 E<sup>2</sup>PROM, 用 ADE7755 来作为电子式电能表的电量计量芯片, 在整个电路中发挥重要的作用。重要完成对电能量的计量, 将模拟电能信号转化为单片机可以读取并且操作的数字电能信号。如图 3-1 所示

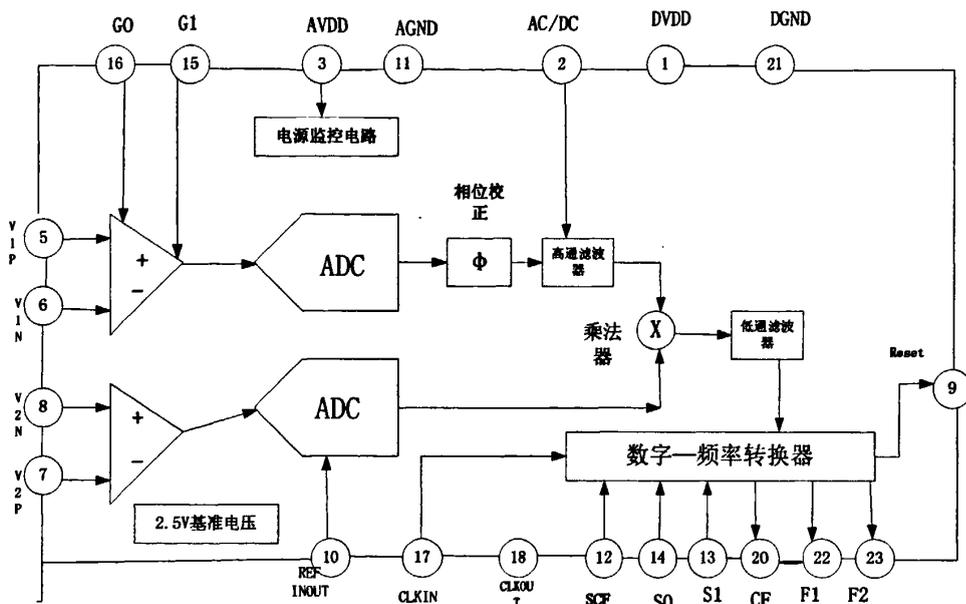


图 3-1 ADE7755 的功能框图

### 3.2 采集器的硬件结构

采集器在自动抄表系统主要担负着用户基表能耗脉冲的采集、把采集来的各种能耗脉冲转换为相应的能耗值, 对转换后的能耗进行存储, 根据需要与上一级站点的集中器进行通信, 通过 RS-485 通信口与电子式电表通信进行数据交换。根据这些功能, 这里需要进行采集器的 CPU 选择, 脉冲数据的采集电路设计, 能耗信息的存储电路设计, 通信电路的设计, 显示电路的设计, 采集器 5V 的主电源电路设计, 看门狗电路设计以及采集器地址的确定等任务。

### 3.2.1 采集器的 CPU

采用单片机对能耗脉冲进行采样和数据处理，并且完成通信等功能。本系统使用 CMOS8 为微控制器—AT89S52。

该 CPU 具有的典型特性有：与 MCS-51 系列的产品兼容、8K 字节可编程闪速程序存储器寿命：1000 次写擦循环，全静止工作：0~33MHz，工作电压 4.0~5.5V，三级程序存储器锁定，256\*8 位内部 RMA，32 条可编程 I/O 口，三个 16 位定时器/计数器，8 个中断源，全双工可编程串行 UATR 通道，低功耗的闲置和掉电模式并可以从掉电模式中断恢复。

AT89S52 除了具有上述的标准特征之外，它将多功能 8 位和闪速存储器组合在单个芯片、且内部 RAM 容量大，它还设有静态逻辑、可以在低到零频率的条件下工作，支持闲置和掉电两种节点方式，这些优良的性能为大多数嵌入式控制系统提供了一种灵活性很高的且价格低廉的技术方案，所以本系统选择 AT89S52 作为数据采集器的 CPU。

### 3.2.2 脉冲数据的采集电路

本系统的应用中只有单向取脉冲信息，在本系统中用 74HC244 作为数据输入缓冲器。74HC244 的 8 个三态线驱动器分成两组，分别由 1G#和 2G#控制驱动器有效或高阻态，把它们组合在一起使用，把 1G#和 2G#联在一起合为 G。当 G 为“低”时数据可输入，当 G 为“高”时，为高阻状态、数据不能进入。这样就可以通过控制 G 端来分时地提取不同的 8 路脉冲信息了。

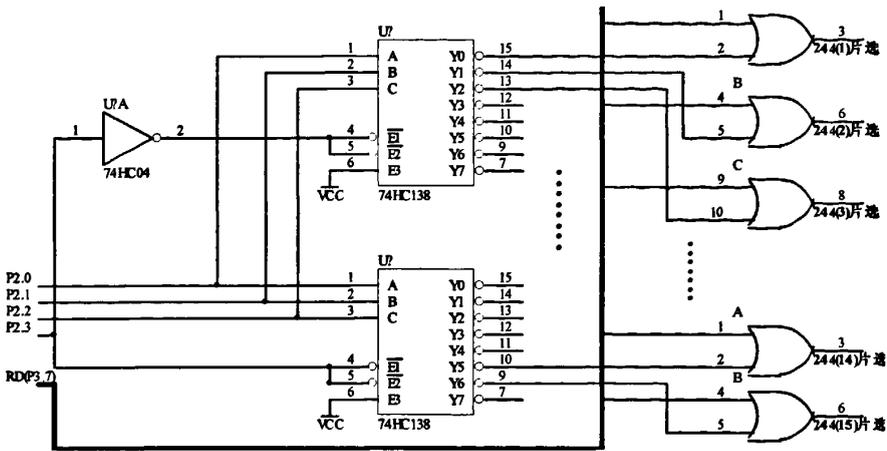


图 3-2 产生 74HC244 片选信号的原理图

系统需要对 74HC244 进行地址编码，采用 2 个 74HC138 来构造 1 个 4-16 译码器。

具体电路如上图 3-2 所示。图中 74HC138(1)的 Y0-Y7 了和 74HC138(2)的个 74HC244 的片选 G 端。74HC138(2)的 Y6 为产生本采集器的身份地址的 74HC244 所用。

### 3.2.3 采集器存储电路

为了保证断电后用户各种基表能耗数据不丢失，本文采用了串行 E<sup>2</sup>PROM 来存储用户能耗数据和各种基表参数和户号信息等，使得系统的结构十分简单，并减少了该部分的故障率；同时，由于在采集器正常运行过程中，需要经常改写用户各种基表能耗数据，因此要采用擦写次数较高、储存容量大的 E<sup>2</sup>PROM。在这里对采集器的存储器本系统使用的是 MiCorChip 公司的 24LC16B (容量为 K2 字节可擦除可编程只读存储器)。

VSS:地

DSA:串行地址数据输入输出端

SCL:串行时钟端

WP:写保护输入端

VCC:+2.5~+5.SV 电源供电

A0、A1、A2:与内部无联系，外部地址

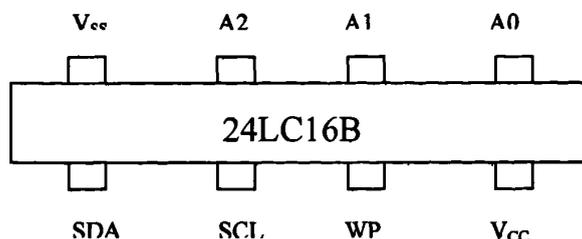


图 3-3 24HL16B 管脚分布图

存储器 24LC16B 的管脚分布如右图 3-2 所示。在采集器这个子系统中，只需用一个 K2 字节的存储器 24LC16B 所以将 A0、A1、A2 直接接地即可。当写保护端 WP 接于高电压时，24LC16B 能用作串行的存储器，编程将被禁止，整个存储器被写保护；写保护端不使能时，要接地。当将 24LC16B 用作串行的存储器时，只要将 SAD 和 CSK 分别与采集器 CPU 对应的 I/O 口(即 PI.2 和 PI.3)相连即可。

24LC16B 与 CPU 之间的数据传输符合 I<sup>2</sup>C 总线规程，遵守双向两线制总线和数据传输协议，CPU 产生控制总线收发的串行时钟 SCK，并且产生数据传送的起始和终止条件。在数据传送过程中，当 SCK 为高时，数据必须是稳定的；当 SCK 为高时，数据线上的跳变被认为是起始或终止条件。

根据采集器的存储容量来选择不同擦写次数的 E<sup>2</sup>PROM 芯片，如果用户的能耗用量较大或将来设计制造容量更大的采集器，不能完全依靠 E<sup>2</sup>PROM 的擦写寿命，在软件上使用分块轮流擦写(双地址法、多地址法、浮动地址法等)的设计可以解决这个问题，并使得系统得到较好的性能价格比。

### 3.2.4 采集器通信的电路

采集器要分时与集中器和电子式多用户电能表进行通信，因此需对采集器进行通信电路的设计。通信中的信号要用光电耦合器来进行隔离，光耦的主要作用对通信线路电压的突变起保护作用 and 防止外界干扰串入本采集器。系统选用符合 RS-485 通信标准的芯片 SN75LBC184 来进行电平转换，在本系统选用了 TLP521 作为光电耦合器。

SN75LBC184 管脚分布如图 3-4 所示。SN75LBC184 收发器可直接与传输线相连接而不需要额外的增加保护元件，还具有适合于在电噪声环境中应用合用数据总线的许多特点。差分驱动器设计成限斜率的，即有意降低发送信号上升沿和下降沿的斜率。实验证明，这种设计的通信数据速率仍可达到 250Kbps，并使电磁干扰减到最小，同时能减少传输线终端不匹配引起的反射，因此可降低传输线匹配的要求。接收器的独特设计是当输入端开路时，其输出为高电平，这一特性可以保证接收器输入端电缆即使有开路故障时，也不会影响系统的正常工作；接收器的另一个特点是输入阻抗为 RS-485 标准输入阻抗的 2 倍 ( $\geq 24K$ )，故在总线上 64 个接收器。SN75LBC184 的工作温度为  $0^{\circ}\text{C}$  到  $70^{\circ}\text{C}$ 。

它具有以下的特点：

- (1)具有瞬变电压抑制功能，能防雷电和抗静电放电冲击
- (2)限斜率驱动器使电磁干扰减到最小，并能减少传输线终端不匹配引起的反射
- (3)总线上可挂 64 个收发器
- (4)接收器输入端开路故障保护
- (5)具有热关断保护，低禁止电源电流：300uA (最大)
- (6)满足或超过 EIA RS-485 和 ISO/EIC8452: 1993(E)标准

R0 为“接收器输出端”。如果 A 比 B 高 200mv 时，“R0”将为高电平；A 比 B 低 200mv 时，“R0”将为低电平。DI 为“发送器输入端”。在“DI”上的低电平迫使输出“A”为低电平，输出“B”为高电平。同样在“DJ”上的高电平，迫使输出“A”为高电平，输出“B”为低电平。RE 为“接收器输出使能”，DE 为“发送器输出使能端”。当置“DE”为高电平时，发送器输出“A”和“B”使能；当置“DE”为低电平时，它们为高阻态。如果发送器输出使能，器件功能为发送器；而当它们为高阻态时，如果“RE”为低电平，则器件功能为接收器。A 端：为不变化的接收器输入和不变化的发送器输出。B 端：为随之翻转的接收器输入和发送器输出。SN75LBC184 收发器的发送功能和接收功能如表 3-1 和表 3-2

串行通信口用于采集器和集中器进行通信。由于通信标准是半双工的，通信转换芯片 SN75LBC184 有 2 个使能端，但可将 2 个使能端并联使用，这里利用采集器 CPU 的 1 个 I/O 口产生控制 SN75LBC184 的 2 个使能端信号，从而实现采集器与集中器进行通信。具体的通信电路原理图如图 3-5，其中二极管对通

信线路电平进行限幅钳位。

表 3-1 SN75LBC184 发送功能表

使能端 DE	输出端 A	输出端 B
H	H	L
H	L	H
L	Z	Z

表 3-2 SN75LBC184 接收功能表

差分输入 A-B	使能端 RE	输出端 R
$V_{id} \geq 0.2V$	L	H
$-0.2V < V_{id} < 0.2V$	L	?
$V_{id} \leq -0.2V$	L	L
X	H	Z
OPEN	L	H

备注:H 表示高电平; L 表示低电平; Z 表示高阻状态; X 表示任意电平; ?表示状态不稳定; Vid 表示 A 和 B 两线之间的电压差 A-B。

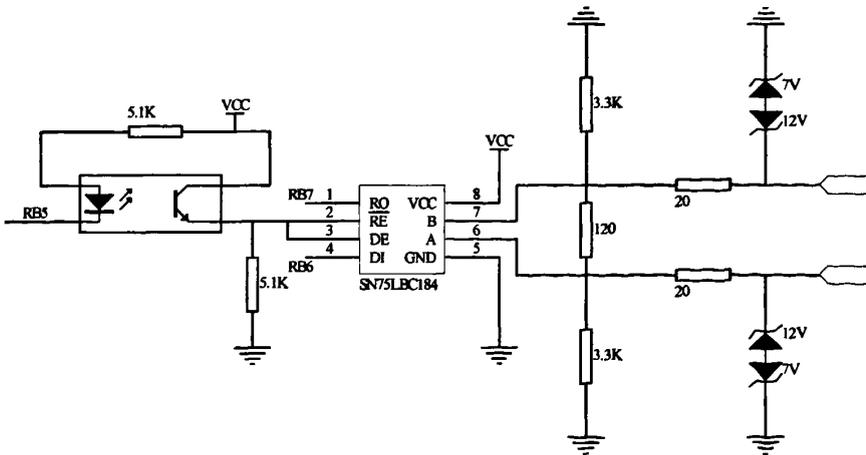


图 3-5 采集器通信电路图

### 3.3 集中器硬件设计

集中器的主要作用是通信，是上位机和采集器进行信息交换的桥梁和纽带。主要工作是进行通信电路的设计。集中器与采集器和上位机的通信方式都是采用 RS-485 通信，采用 SN75LBC184 进行电平转换，其电路设计与采集器通信电路类似。但是，集中器要考虑施工时现场调试的需要，现场调试一般用到安装了专用测试软件的便携机，便携机接口协议大多为 RS-232，因此集中器电路设计中需预留一个 RS-232 接口，采用 MAX232 芯片。

根据系统需求，主单片机采用 Microchip 公司的 PIC16F84 芯片，与采集器主单片机相同，同时，集中器所要实现的主要是通讯功能，与上位管理计算机和下挂的采集器进行通讯，采用 RS-485 通讯协议，同时设计一个现场 RS-232 接口。

集中器电路设计见图 3-6 和 3-7。

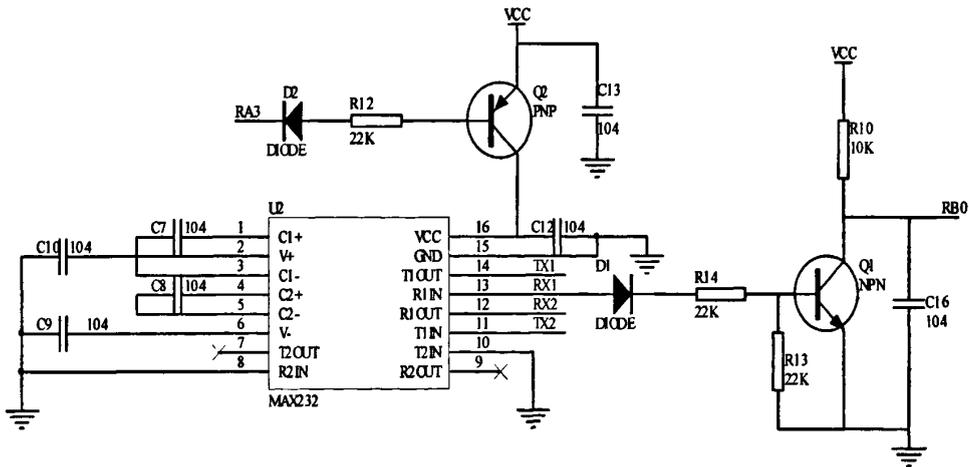


图 3-6 集中器电路设计的 MAX232

由于 485 总线通信距离较长，阻抗的不匹配，也会导致传输信号产生反射而失真，所以必须对传输线进行电阻的匹配，避免产生反射信号。RS-485 总线通常采用的是特征阻抗为 120Ω 的双绞线，所以本设计在总线两终端分别串联 120Ω 电阻。

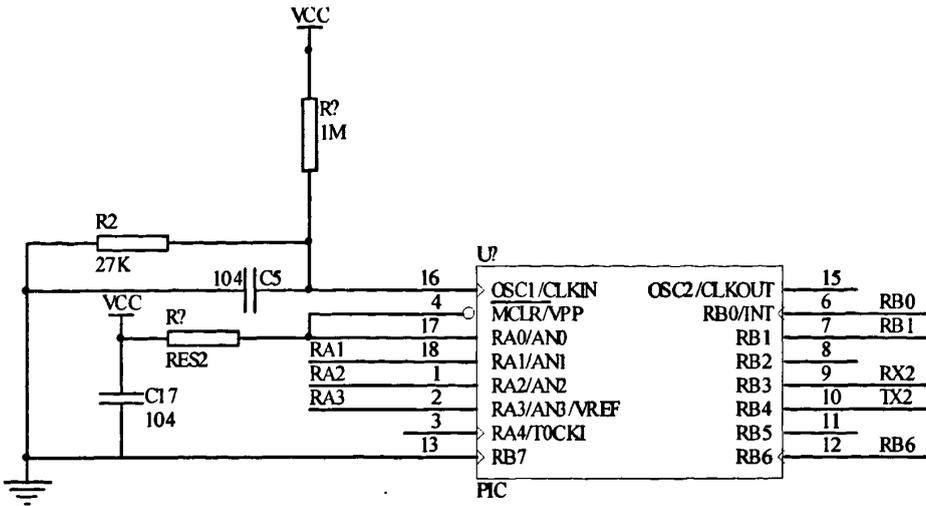


图 3-7 集中器电路设计的 PIC

A, B 与总线之间各串接一只  $300\ \Omega$  的 PTC 电阻同时与地之间各跨接  $7V$  和  $12V$  的 TVS 极管以防止浪涌干扰。为防止雷击短路使某一节点的 RS-485 芯片坏死而导致其它节点受到影响, 在 485 输出两端分别串连一个  $20\ \Omega$  电阻。

RS-485 标准规定接收器门限为  $\pm 200mV$ , 这样规定能够提供比较高的噪声抑制能力, 但同时也带来了一个问题, 当总线电压在  $\pm 200mV$  中间时, 接收器输出状态不确定。由于 UART 以一个前导 0 触发一次接收动作, 所以接收器的不定态可能会使 UART 错误地接收一些数据导致系统误动作, 措施避免当总线空闲开路或短路时都有可能两线电压差低于  $200mV$  的情况, 必须采取一定接收器处于不定态。可以采用给总线加偏置电阻的方式。当总线空闲或开路时利用偏置电阻将总线偏置在一个确定的状态差分电压  $200mV$ 。为控制偏置电压大于  $200mV$ , 本设计中在 RS-485 两线上分别接了  $600\ \Omega$  的上拉电阻和下拉电阻。

## 第 4 章 电量计量系统的软件设计

在微机测量和控制系统中，软件的重要性与硬件同样重要。系统的硬件电路一旦确定以后，系统的主要功能还需要通过软件来实现。如果说硬件是躯体，那么软件则是灵魂；如果说硬件决定了产品的造价，那么在硬件设计合理的前提下，软件在很大程度上就决定了产品的性能。

因此，智能仪表的设计很大程度上可以说是软件的设计，系统使用的方便性与灵活性主要体现在计算机的软件设计上。对高可靠性要求的远程抄表系统的设计就更是如此。由于该系统结构分三层组成，所以其软件的设计主要包括采集器的软件设计、集中器的软件设计、上位微机 PC 的系统管理程序设计以及系统通信等四大部分。系统管理程序在第五章有详细设计，本章主要进行采集器和集中器的软件设计，以及系统通讯的研究。

### 4.1 软件设计的基本原则

为了满足远程抄表系统的设计要求，应根据以下基本原则进行软件的编制：

(1)易理解性和易维护性。这通常是指软件系统容易被发现和纠正错误，容易修改和补充。由于生产过程自动化程度越来越高，测控系统的结构也日趋复杂，设计人员很难在短时间内就能对整个系统理解得准确无误，软件的设计与调试也不可能一挥而就，有些问题是在运行过程中逐步暴露出来的，这就要求编制的软件既要容易理解，在发现问题时又要便于修改和完善。在软件的设计方法中，结构化程序设计就是最好的设计方法之一，这种设计方法是由整体到局部，然后再由局部到细节；先考虑整个系统所要实现的功能，确定整体目标，然后把这个目标逐步分解成一个个任务，任务又可以进一步分解成若干个子任务，这样逐层细分、逐个实现。在此过程中可能会有一些问题逐步暴露，这就要求软件易被修改，那么，结构化设计就是最好的设计方法。

远程抄表系统的软件设计就是采用上述模块化设计方法。这样，不但使得

设计目标明确、思路清晰，而且在检错和系统联机调试时也较为方便。如果每个子程序都能单独运行正确，那么像搭积木一样，把它们联合起来的时候，只要安排恰当，一般来说不会有太大的问题。即使有问题也可以根据问题的种类和现象来进一步判断是那一部分出了问题，很容易找出故障之所在和故障的原因<sup>[15]</sup>。同时，采用模块化结构程序的设计方法，也为系统功能的扩充和移植提供了很大的方便。

(2)可测试性。系统软件的可测试性有两方面含义:其一是较容易制定出测试准则，并据此对软件进行测试；其二是软件设计工作完成后，首先在模拟环境下运行，经过静态分析和动态仿真运行，证明准确无误后才可投入实际使用。

(3)准确性。这对整个系统具有重要意义，对远程抄表系统而言就更具有实际意义，其结果的准确程度直接关系到千家万户的切身利益。因此，在算法选择和位数选择方面要满足实际要求、运算结果要符合国家相关的技术标准。

(4)实时性。它是监测系统的普遍要求，即要求系统及时响应外部事件的发生，并及时给出处理结果。近年来，由于硬件高度集成化和速度的提高，配合相应的软件，系统实时性的要求较容易得到满足，特别是对于用汇编语言编制的软件。

(5)可靠性。它是系统软件最重要的指标之一，该要求有两层意义:第一是运行参数环境改变时，软件能可靠地运行并能给出正确的结果，即要求软件具有自适应性；第二是在环境恶劣、干扰严重的情况下，软件必须系统保证也能可靠地运行，这对系统的整体可靠运行尤为重要。

根据以上软件设计的基本原则，在系统设计的硬件电路基础上、结合本课题所要完成的任务和要求，接下来就可以分别进行远程抄表系统相关子系统的软件设计。

## 4.2 集中器软件设计

为更好地理解集中器、采集器的软件设计方法，更好地理解 PC 机或者集中器、采集器中程序的执行流程，本文以上位微机向采集器发“置数”命令为例，解释一下传输路径最长命令的执行过程。

集中器主程序等待 PC 机发命令，当 PC 机发“置数”命令时，集中器先把收到的命令进行判断，判断是向本节点下的采集器发送的命令再向采集器转发

“置数”的命令，当采集器中断接收到这个命令时，采集器将数据包分解提取出置数内容和数据，然后改写数据寄存器。如果不是广播命令，而是点对点命令时，采集器就向集中器进行应答，集中器接收到后，它再把应答命令转发给 PC 机，PC 机就知道单个采集器“置数”命令已经完成。

其它命令的执行路径与上述命令的执行路径基本相似，因篇幅所限不再赘述。

在集中器中，一方面要接收 PC 发来的命令、进行处理，或向存储器读取各种参数，或向存储器写入各种参数，另一方面还要根据情况把命令继续向其下一级站点的采集器转发，然后再等待接收采集器发来的应答命令，当采集器应答成功时，集中器就可以向 PC 机发应答命令了。

集中器的软件设计主要包括集中器主程序的设计、集中器中断子程序的设计、集中器处理子程序软件的设计、集中器向采集器发命令子程序的设计。

#### 4.2.1 集中器主程序的设计

在远程抄表系统中，集中器的主要作用是通信，它是采集器和上位机 PC 之间进行信息交换的桥梁和纽带。因此，可以在集中器的主程序中使用串口查询方式。

在集中器主程序中，当 PC 机发命令时，集中器的串口会接收到数据，此时线状态寄存器会将标志位置高。当在主程序中，当检测到这个标志时，调用处理子程序。

这时主程序处于等待的状态，当处理成功之后，调用集中器向 PC 机应答子程序；当需要集中器进一步将 PC 机发来的命令向采集器转发时，则调用集中器向采集器发命令子程序。

#### 4.2.2 集中器接收命令子程序的设计

在集中器这个子系统中，根据任务要求、集中器中存在两个串口，故采用不同的串口进行通讯。

由于集中器接收采集器应答的流程设计和集中器接收 PC 机命令的流程相似，故它们是交叉进行处理的。集中器主程序流程设计如下页图 4-1 所示。所以，

本文仅以集中器接收 PC 发命令子程序的流程设计为例，说明集中器中断接收 PC 命令的工作流程。集中器接收 PC 机命令的工作流程如图 4-2 所示，

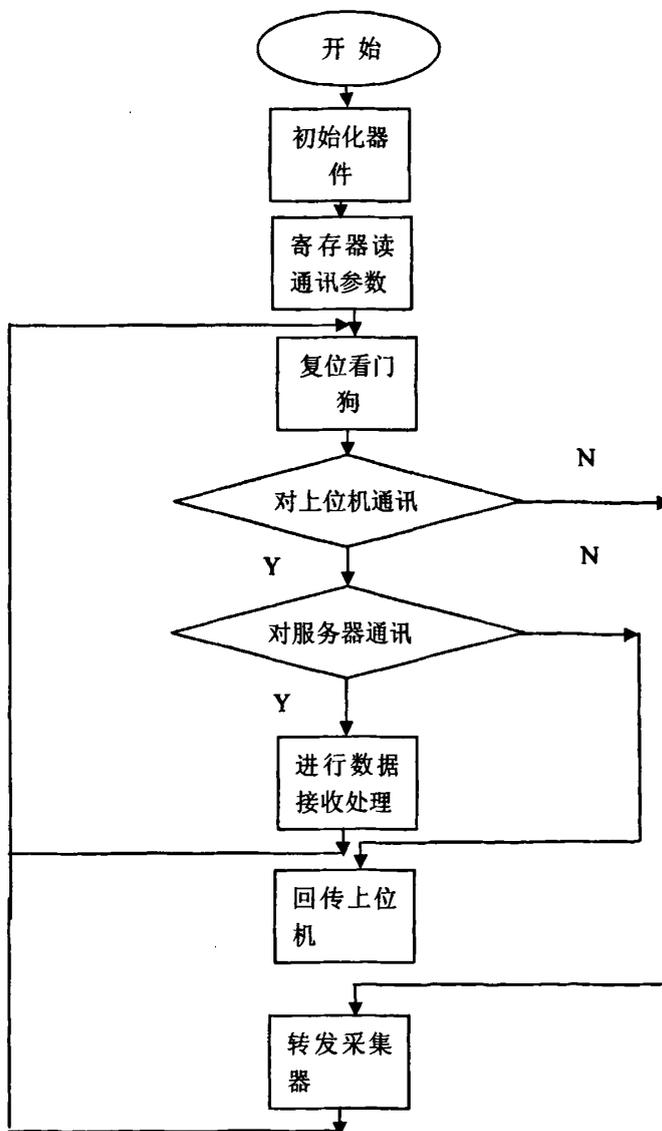


图 4-1 集中器主程序流程图

在图中，只描述了集中器接收 PC 机命令的流程。集中器接收成功时也要做不同的成功标志，在等待接收中，以便查询区分。流程图中有有关起始码、集中器号、采集器号、长度、命令码、数据包、校验码 CS 和结束码的具体格式要求和意义，

请参阅本章“通信协议”中的 PC 机向集中器发命令协议的相关内容。

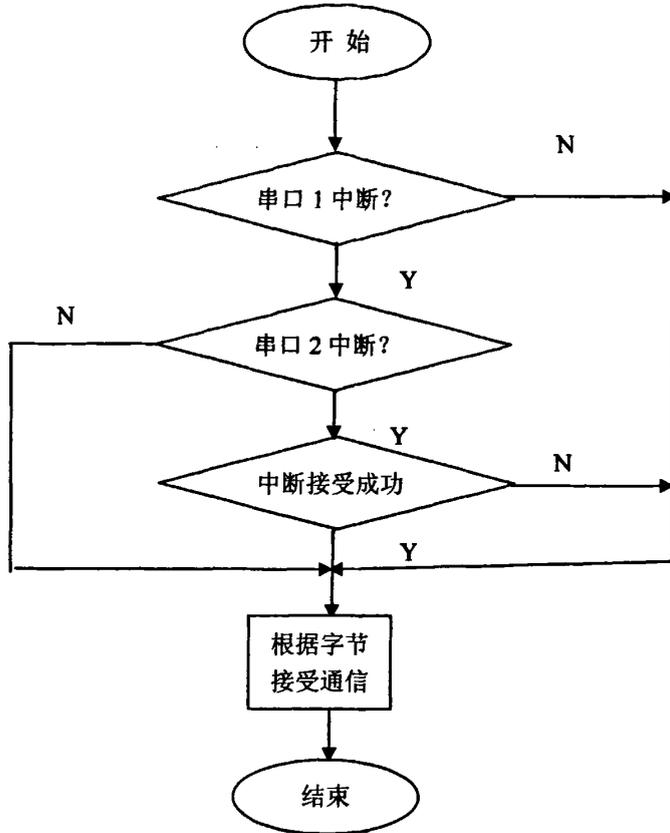


图 4-2 集中器接受上位机命令程序流程图

集中器处理命令子程序是在集中器接收 PC 机命令成功时，做处理命令工作的。因为在接收子程序中已经对接收命令的一部分进行了校验，所以，在集中器处理命令子程序中，只需验证一下校验码即可。当 PC 机所发的命令为设置参数命令时，把这些数设置到存储器中外，还要根据情况进一步向采集器转发这个命令，即调用向采集器发命令子程序；当 PC 机要抄取能耗或参数等时，要调用向采集器发命令子程序，注意这时要设置好相应的处理完标志。

### 4.2.3 集中器向采集器发命令子程序的设计

当集中器接收 PC 机命令处理完后，如需进一步向采集器转发该命令，此时，

就可以把 PC 机发来的命令进一步向采集器转发。这时要先把集中器发送采集器使能端打开，然后把 PC 机发来的命令的各个字节发出，其流程图如图 4-3 所示。

集中器向采集器发命令中起始码、集中器号、采集器号、识别码、控制码、数据个数等的具体格式要求和意义。

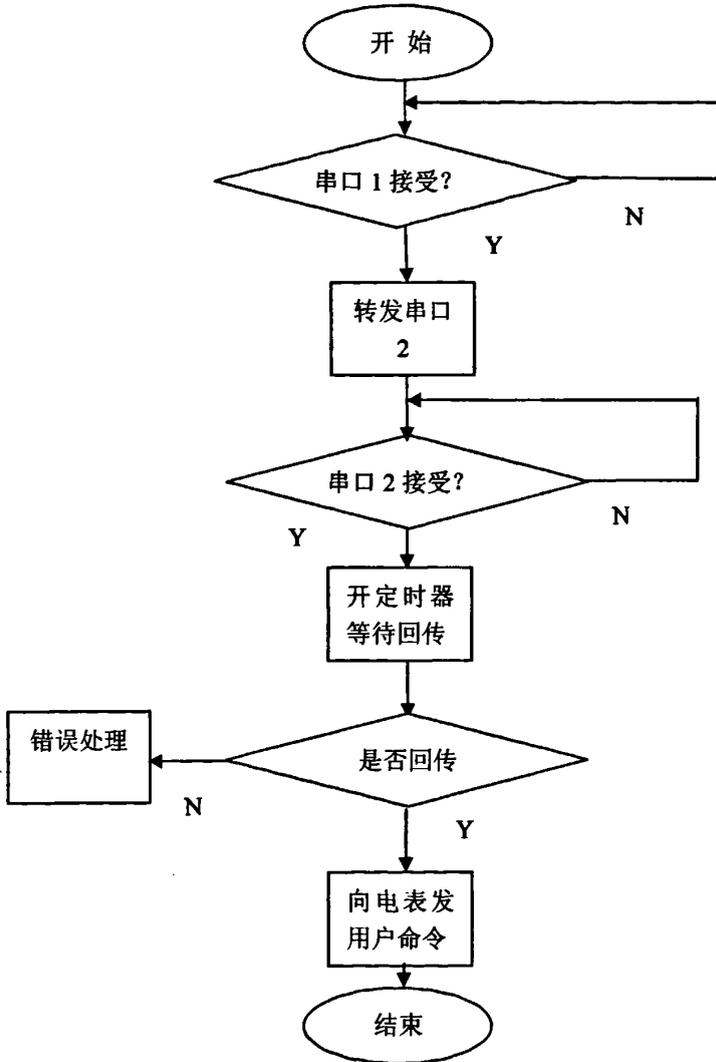


图 4-3 集中器向采集器发送命令程序流程图

#### 4.2.4 集中器向 PC 机应答子程序的设计

当集中器接收采集器应答成功或者不需要进一步向采集器转发 PC 机命令时, 这时集中器就可以向 PC 机作应答了。首先, 要把集中器发送 PC 机使能端打开, 然后再把集中器向 PC 机应答命令的各个字节发出。集中器向 PC 机应答的形式与集中器向采集器转发命令的流程相似, 只不过在进行“设置能耗或参数”时应答命令的数据缓冲区中的数据个数要置零。

### 4.3 采集器的软件设计

在采集器中, 采集器既要接收集中器转发的命令、进行处理, 要进行能耗、参数的预置或抄取, 进行预置时要写入存储器, 抄取时要读取存储器。在采集器的主程序设计中, 只是比集中器主程序的设计增加了采集脉冲部分, 其流程与集中器的主程序流程大体相似。

采集器定时中断是为了抄取脉冲表的能耗信息, 串口中断则是为了接收集中器发来的命令, 那么应将定时器中断的优先级设为高于串口中断。首要保证采集器抄取能耗的正确性, 此过程处理很快, 仅几十毫秒。一旦集中器发来命令时, 采集器也可产生中断响应。

#### 4.3.1 采集器处理命令子程序的设计

采集器处理命令子程序是在采集器接收集中器命令成功时, 做处理命令工作的。当集中器所发的命令为设置参数或预置能耗等命令时, 采集器除了需要把这些数设置到存储器 24LC16B 中外, 还要根据情况进一步向电子式电能表转发这个命令, 即调用向电子式电能表命令子程序; 当集中器要抄取能耗或参数等时, 只需从采集器的存储器 24LC16B 中读取就可以了, 这时要设置好相应的处理完标志。

集中器向采集器所发的命令有 11 个, 命令码为#51H、#53H-#5AH、#5CH、#5DH, 依次表示设参数、抄电能表、预置电量、设户号、电表清零等。因此, 采集器处理命令子程序要一步一步判断是集中器所发的哪一个命令, 根据命令类型的差异做不同的分支处理。采集器处理命令子程序流程设计如图 4-5 所示,

由于要进行 11 个命令的判断，所以该流程图也较长、本文也将该流程图一分为二，用两个图共同来表示采集器处理命令子程序的流程。当命令码为#5DH 时，集中器向采集器发清 24LC16B 电量命令，并向电子式电能表转发电量清零命令等等，有关说明请参阅集中器处理 PC 机命令子程序的设计。

#### 4.3.2 采集器采集脉冲子程序的设计

从前面的介绍，我们已经知道对用户基表的能耗计量是通过脉冲进行计数，再根据基表所对应的脉冲常数把它们转化为与之对应的能耗。对基表能耗脉冲的采集是通过采集卡来获取的。一个采集器上可以挂  $N$  个采集卡( $N \leq 7$ )，采集卡的数量  $N$  随用户能耗基表的种类和数量而有所变化。从本文第三章采集卡的硬件电路设计中我们可知，一个采集卡上有两片缓冲器 244，一片 244 可以采集 8 路基表脉冲信息。所以，采集器要分别对 244 采集脉冲，如果卡上挂有远传能耗基表，则先把第一片 244 选通，把脉冲组合码读到 P0 口，要注意软件去抖，然后与上次采集的脉冲组合码进行比较，有变化时、看是哪一路的，变为的低电平还是高电平。在设计中，系统是采用电平“由低到高”来进行计数的。在采集完采集卡的第一片 244(1~8 户)后，先判断户数为多少，当户数小于或等于 8 路时，就没必要采集该卡的下一片 244 了，否则还要继续采集该卡的第二片 244(9~16 户)。采集和计数方法与采集器采集该卡的第一片 244 相同。

如此，采集器采集完其所挂的全部的采集卡需要形成  $N$  个循环(本文以一个采集器挂 7 个采集卡为例，循环次数最终应由采集器所挂采集卡的个数  $N$  来确定)，采集脉冲计数子程序流程设计如图 4-6 所示。

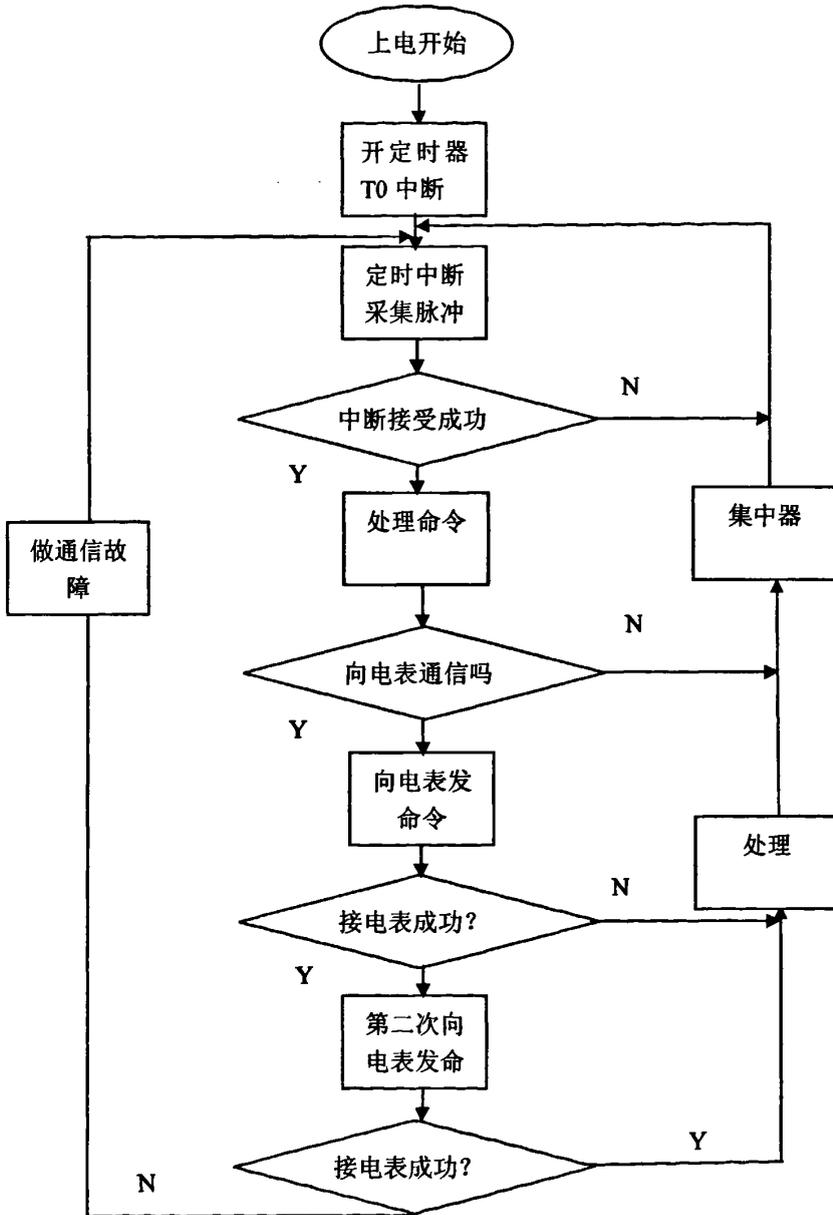
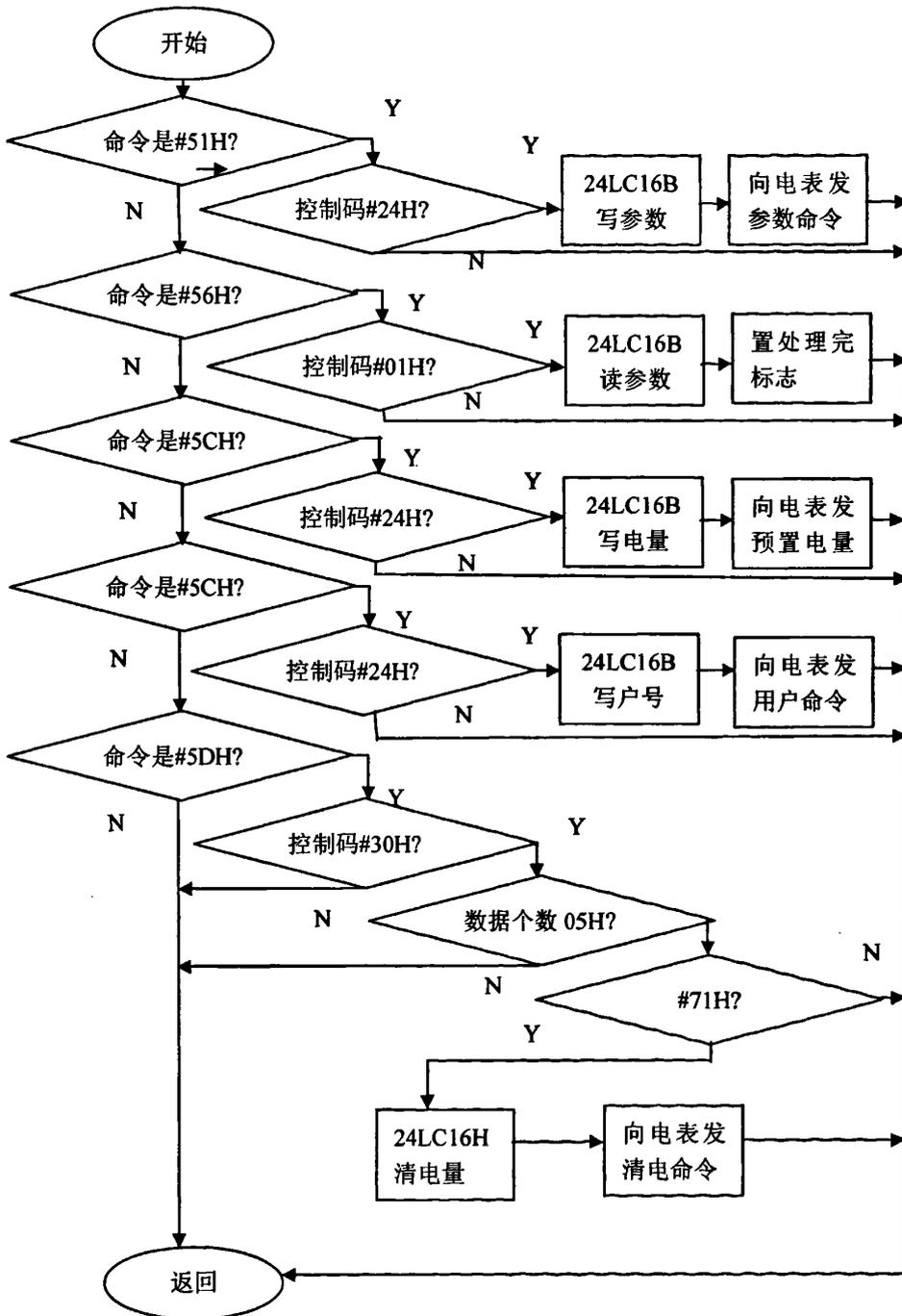


图 4-4 采集器主程序流程图



4-5 采集器处理命令子程序流程图

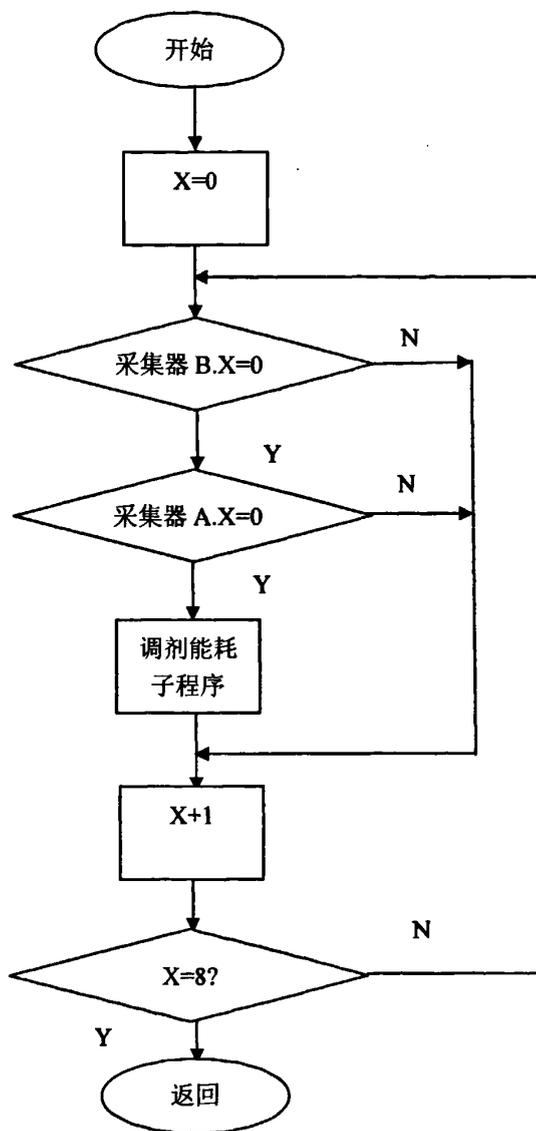


图 4-6 采集计数处理子程序流程图

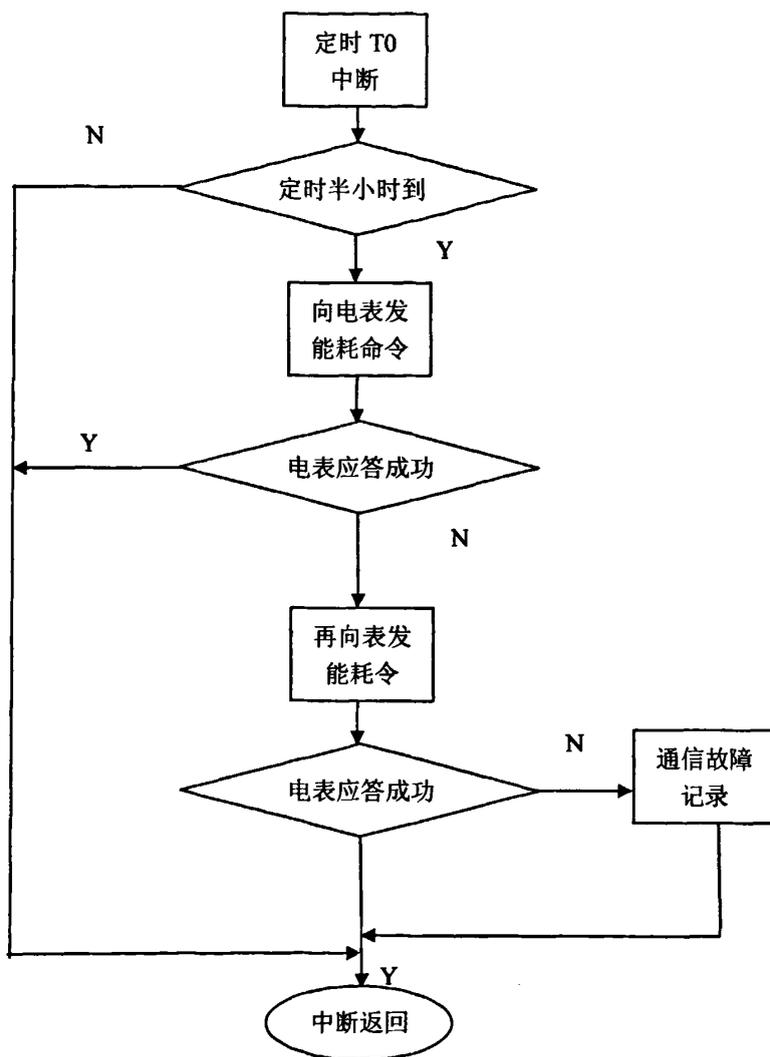


图 4-7 采集器定时中断抄电能流程图

### 4.3.3 采集器中断抄取电本子程序的设计

同前面集中器选择半小时作为定时时间的道理一样，在采集器中，系统也是将采集器抄取能耗的定时中断时间设为半小时(当然，定时时间的长短可以根据用户的具体要求进行设定)来抄取电能耗的。当定时时间到时，采集器向多用户电能表发抄电表命令，等待该电表的应答，没有应答时，可重发第二次。当

接收成功时,把电量存储在采集器的 24LC16B 存储器中。采集器定时中断流程图的设计,其形式与集中器的定时中断流程图相似,且比其简单,采集器定时中断抄取电能子程序流程设计如下图 4-7 所示。

以上,本文给出了采集器和集中器软件设计中所用到的主要子程序的流程框架。当然,上电一开始的初始化部分也是本软件设计的关键部分,初始化主要包括系统的软复位、各运算和计数单元的初值恢复、软件定时的打开和串行口的初始化等一系列操作。

## 4.4 通讯协议

计算机与终端之间的数据传送可以采用串行通讯和并行通讯二种方式。由于串行通讯方式具有使用线路少、成本低,特别是在远程传输时,避免了多条线路特性的不一致而被广泛采用。在串行通讯时,要求通讯双方都采用一个标准接口,使不同的设备可以方便地连接起来进行通讯。

计算机与终端之间的数据传送可以采用串行通讯和并行通讯二种方式。由于串行通讯方式具有使用线路少、成本低,特别是在远程传输时,避免了多条线路特性的不一致而被广泛采用。在串行通讯时,要求通讯双方都采用一个标准接口,使不同的设备可以方便地连接起来进行通讯。本系统在采集器与集中器、集中器与上位机之间的通信都采用 RS-485 总线方式设计。

RS-485 总线是工业应用中非常成熟的技术,是现代通讯技术的工业标准之一,采用 RS-485 总线设计网络也是基于这些原因。RS-485 总线用于多站互连十分方便,用一对双绞线即可实现,由于采用平衡发送和差分接收,即在发送端,驱动器将 TTL 电平信号转换成差分信号输出;在接收端,接收器将差分信号变成 TTL 电平,因此具有抗共模干扰的能力。通信采用的是 USART 口带有校验位的通信模式,即传输 8 位数据和第 9 位校验位,波特率设置为 9600,采用中断查询的方式。

本协议为主-从结构的半双工通信方式。上位机 PC 与各集中器通信时,集中器为从站;集中器与所挂接的采集器通信时,采集器为从站。每个集中器和采集器均有各自的地址编码。通信链路的建立与解除均由主站发出的信息帧来控制。每帧由帧起始符、从站地址域、控制码、数据长度、数据域、帧信息纵向校验码及帧结束符等 7 个部分组成,每部分由若干字节组成。

### 4.4.1 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。D0 是字节的最低有效位，D7 是字的最高有效位，先传低位，后传高位。其传输序列如图 4-5。

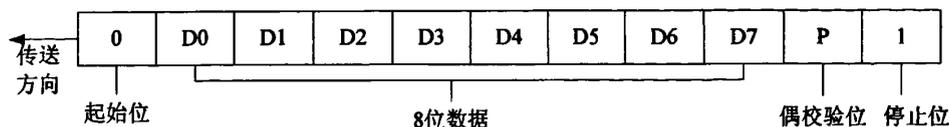


图 4-5 字节传输序列

### 4.4.2 帧格式

帧是传送信息的基本单元。帧格式如表 4-1 所示。

(1) 帧起始符 68H: 标识一帧信息的开始，其值为 68H=01101000B。

(2) 地址域 A0~A5: 地址域由 6 个字节构成，每字节 2 位 BCD 码。地址长度可达 12 位十进制数，可以为表号、资产号、用户号、设备号等。当使用的地址码长度不足 6 字节时，用十六进制 AAH 补足 6 字节。低地址位在先，高地址位在后。当地址为 999999999999H 时，为广播地址。

表 4-1 信息帧格式

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
校验码	CS
结束符	16H

(3) 控制码 C:控制码的格式如图 4-6 所示。

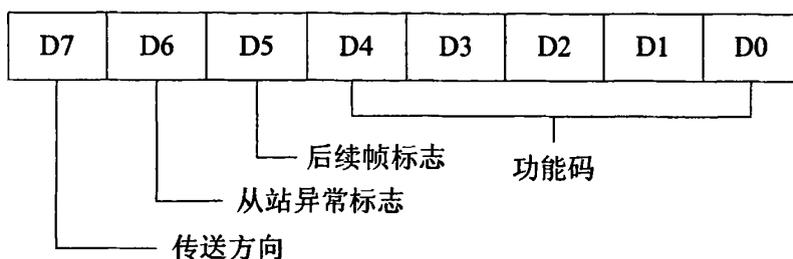


图 4-6 控制码格式

D7=0: 由主站发出的命令帧

D7=1: 由从站发出的应答帧

D6=0: 从站正确应答

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

00000: 保留

00001: 读数据

00010: 读后续数据

00011: 重读数据

00100: 写数据

01000: 广播校时

01010: 写设备地址

01100: 更改通信速率

01111:修改密码

10000:最大需量清零

(4) 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  $L \leq 50$ ,  $L=0$  表示无数据域。

(5) 数据域 DATA: 数据域包括数据标识和数据、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。

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

(7) 结束符 16H: 标识一帧信息的结束, 其值为 16H=00010110B。

### 4.4.3 传输

(1) 前导字节

在发送帧信息之前, 先发送 1~4 个字节 FEH, 以唤醒接收方。

(2) 传输次序

所有数据项均先传送低位字节, 后传送高位字节。

(3) 传输响应

每次通信都是由主站向按信息帧地址域选择的从站发出请求命令帧开始, 被请求的从站根据命令帧中控制码的要求作出响应。

收到命令帧后的响应延时  $T_d$ :  $20\text{ms} \leq T_d \leq 500\text{ms}$ 。

字节之间停顿时间  $T_b$ :  $T_b \leq 500\text{ms}$ 。

(4) 差错控制

字节校验为偶校验, 帧校验为纵向信息校验和, 接收方检测到偶校验出错或纵向信息校验和出错, 均放弃该信息帧, 不予响应。

## 4.5 抗干扰设计

众所周知, 串入微机测控系统的干扰, 其频谱往往很宽, 且具有随机性, 不但作用与硬件系统, 而且在软件系统中也体现出来, 采用硬件抗干扰措施只能抑制某个频段的干扰, 仍然会有一些干扰侵入系统, 对四表联网远程抄表系统而言更是如此。因此, 除了采取必要的硬件抗干扰措施外, 采用必要的软件

抗干扰技术更能保证远程抄表系统的可靠和平稳运行。

本系统在软件编写过程中主要采取了以下抗干扰措施:

- (1)采用指令冗余
- (2)编写软件陷阱
- (3)内部看门狗
- (4)数据写入存储器时采取一定手段

#### 4.5.1 指令冗余的设计

当 PC 受到干扰出现程序“跑飞”时,可能会出现将操作数数值改变或将操作数当作操作码的错误。当程序“跑飞”到某个单字节指令上时,并自动纳入正规;当“跑飞”到某个双字节指令的操作马上时,从而将操作数当作操作码,程序执行将出现错误;当程序“跑飞”到某个三字节指令上时,因为它们有两个操作数,程序执行时就更容易将操作数误认为是操作码。

因此,可在双字节和三字节指令之后插入两个或三个单字节“NOP”指令,这可以保证其后的指令不被拆散。对程序流向起决定作用的指令和对系统工作状态起重要作用的指令之前人为插入两条“NOP”空操作指令,可以保证一旦程序“跑飞”迅速纳入轨道;也可以在其后面重复写上这些指令、以确保这些指令的正确执行。

由此不难看出,采用冗余技术使 PC 纳入正常轨道的条件是:“跑飞”的 PC 必须指向程序运行区,并且必须执行到冗余指令。

#### 4.5.2 软件陷阱

当微处理器受到各种干扰时,若 PC 指针正好跳到非程序区,就可能陷入某种循环不能出来。这有两种情况,一是循环中无清 WDT 指令,在给定看门狗定时器条件下,经过一定时间 WDT 起作用,将 PC 复位,工作恢复正常;二是循环中可能包含了清 WDT 的指令,产生了死机。对于第二种情况可以通过在非程序区放置软件陷阱加以解决。

软件陷阱由三条指令组成:

NOP

NOP

## LJMP EER

EER 错误处理程序主要功能是置错误状态标志和出错时程序指针以供查询。当然此时的写内存操作和写 EEPROM 操作都需经过严格的写入判断, 否则此项标志位或指针数据也将是不可靠的。

由于软件陷阱安排在正常程序执行不到的地方, 所以它不影响程序执行的效率, 在程序区允许的范围内, 多设置一些软件陷阱有百利而无一害。

### 4.5.3 “看门狗”措施

如果“跑飞”的程序落入一个临时构成的死循环中, 冗余指令和软件陷阱都将无能为力。这里采用复位的办法使系统恢复正常。“看门狗”电路的功能就是对 CPU 进行实时检测, 不论何种原因, 只要没有对看门狗定时器 WDT 进行周期性的、及时的清 0, WDT 就会出现超时溢出, 从而引发单片机复位。当 CPU 落入死循环之后, 能及时发现并使整个系统复位。

### 4.5.4 采取措施保证 EEPROM 数据写入

需要说明的是, 如果“看门狗”起作用说明程序计数器的内容被破坏, 因此其它寄存器或片内 RAM 的内容同样也可能遭到破坏, 这可能导致把一个错误的数写入 EEPROM 中, 这是不允许的。因此, 必须做好以下几点工作:

(1) 正常写入 EEPROM 之前, 要进行一系列操作, 可将其分成几部分, 每一部分设置一写入口令。只有程序正常一步一步运行, 口令才会逐一被赋予正确的值, 到最后写入时在判断所有的口令是否正确。若正确, 写入, 否则退出。写入完成, 口令清除。(2) 数据双备份。(3) 初始化程序要向用户显示有关信息、需时较长, 另外, 由于电源波动时复位的可能性较大, 程序由此“跳飞”的概率最大。所以, 一上电, 立即将双份数据设为不同, 然后初始化之后再读 EEPROM。若程序在初始化阶段“跑飞”, 也不会写入错误数据。(4) 写入之前对数据的合法性进行判断, 即对信息或参数的数据格式进行判别, 有了这样的限制, 可进一步提高可靠性。

## 第5章 系统管理软件设计

系统管理软件是运行在物业管理中心计算机（主站 PC）上，对整个系统进行管理的软件。主站是远程集中抄表系统的数据处理中心，处于系统的最高层次。基于电力市场技术支持系统的电能量远方服务终端，充分考虑了现场运行的实际情况，并采用了最新的计算机软硬件技术，完全能够满足现场预处理和当地功能的要求。具备现场预处理和当地功能的电能量计量计费系统比传统的系统更加灵活和适应实际运行的需要。在集中器、采集器的协助下通过网络接口负责完成设备管理、用户管理、电量的抄收以及报表打印等功能。

### 5.1 系统的功能结构

系统的管理软件主要分为四个方面：终端管理、表计管理、数据查询、调用信息。进入系统后界面如图 5-1：



图 5-1 系统界面

终端管理主要有时钟设置、运行参数、通道参数、抄表方案、上传方案、告警方案、密码设置、初始运行、缺省设置、关于终端的功能。

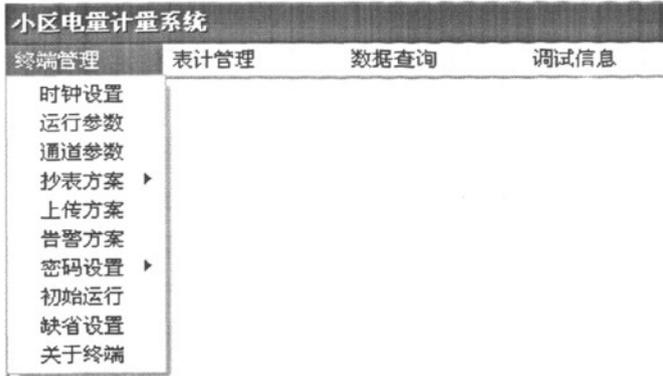


图 5-2 终端管理的界面

表计管理有智能表是设置、脉冲表的设置、表计校时、设置地址、通道表计、通道切换功能。如 5-3 图示

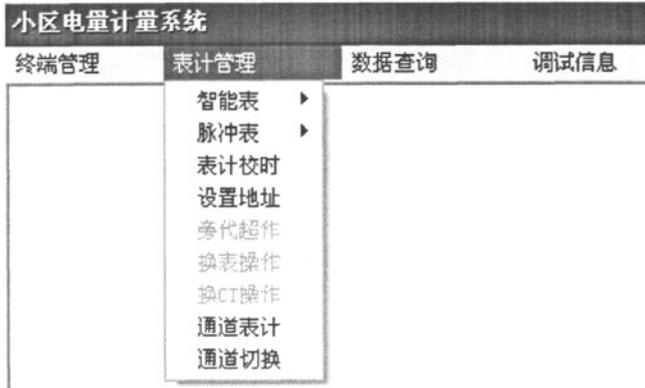


图 5-3 计表管理的界面

数据查询包括：智能表、脉冲表、当前告警、告警记录。如下图：

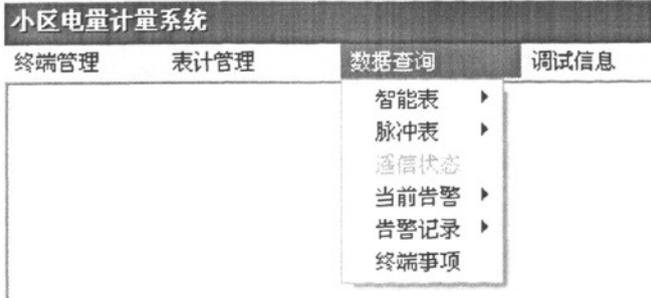


图 5-4 数据查询界面

调试信息包括有：终端状态、采集统计、通道缓冲、单表测试、运行测试、终端重启、关闭终端。图 5-5 示：

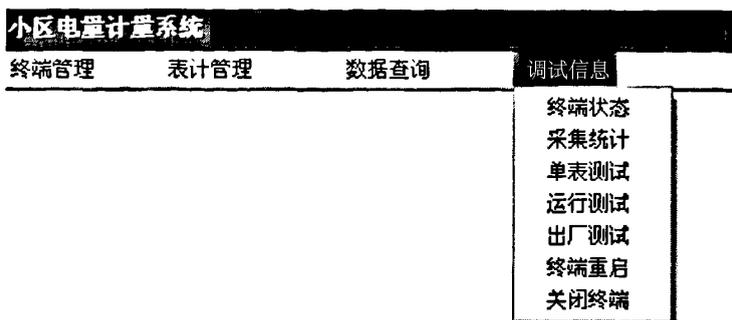


图 5-5 调试信息界面

## 5.2 软件体系结构及开发工具

### 5.2.1 SQL Server 数据库

SQL Sever 是 Microsoft 公司数据库(relational database)管理系统, SQL Sever 在现今流行的数据结构中是扮演服务器端( Server 端)角色。它主要的职责是储存数据和提供一套方法来管理这些数据, 并且应付来自用户的连接和数据存取需求。

SQL Sever 除了支持传统关系型数据库对象 (如数据库、表)和特性 (如表的 join)外, 也支持现今关系型数据库常用的对象如存储过程(stored procedure)、视图(view)等。此外, 它还支持目前关系型数据库必定要支持的标准查询语言——SQL (Structured Query Language)。SQL Sever 另外一个重要的特点是它支持数据库复制(replication)的功能, 也就是当你在一个数据库上执行更新时, 可以将其更新结果传到远程 SQL Sever 相同的数据库上, 使两边数据库的数据保持同步。

在数据库管理系统的选择中, 我们选取的是微软公司开发的 SQL Server 2000 数据库管理系统。

SQL Server 2000 是 Microsoft 推出的网络数据库系统, 它为在其上建立应用程序的开发者提供了一个优秀的关系数据库管理系统。

SQL Server 2000 可以安装到 Microsoft Windows NT/2000/2003 Serve 上, 也可以安装到 Microsoft Windows NT Workstation/Professional 上, 这在过去是不可能的, 而也是别的网络数据库系统所不具备的。因此, 无论是基于 Microsoft WindowsNT/2000/2003 Server 企业级的应用, 还是基于桌面工作站的小型数据库

应用程序, SQL Server 2000 都为用户提供了完美的数据库支持。SQL Server 2000 的使用简单清晰, 它通过管理工具 Enterprise Manage:来实现数据库的大部分操作。为了提高 SQL Server 2000 的工作性能, Microsoft SQL Server 2000 在 Microsoft SQL Server 7.0 的基础上新增了许多功能使用户能更方便快捷地管理数据库开发应用程序。

### 5.2.2 用 Visual C++开发 SQL Sever

SQL Sever 的服务器端主要负责创建和维护数据库及其对象以及完整性和安全性, 而客户端主要是与 SQL Sever 服务器进行交互操作, 从而完成对数据的查询和操作(如添加、修改、删除)。虽然 SQL Sever 提供了客户端的图形化交互工具, 而实际的应用往往用其它软件来开发符合用户需要的应用。

目前利用 Visual C++开发 SQL Sever 数据库应用的主要方法有 ODBC 和 DAO。在本文所介绍的设计中采用的是 ODBC (Open Data Base Connectivity)-开放式数据库互联。

SQL Sever 支持 ODBC API, 应用程序可以通过这些 ODBC API 来实现与 SQL Sever 数据库的连接, 并向 SQL Sever 数据库提交操作请求, 数据库处理请求后将结果返回给客户端的应用, 从而实现了客户端应用程序同服务器端的 SQL Sever 数据库的交互。

Visual C++的 ODBC 类封装了 SQL Sever 所支持的 ODBC API, 因此, 在 Visual C++中通过调用相应的 ODBC 类函数, 就可以实现与 SQL Sever 的连接和交互。

图 5-6 是 Visual C++开发 SQL Sever 应用的示意图。

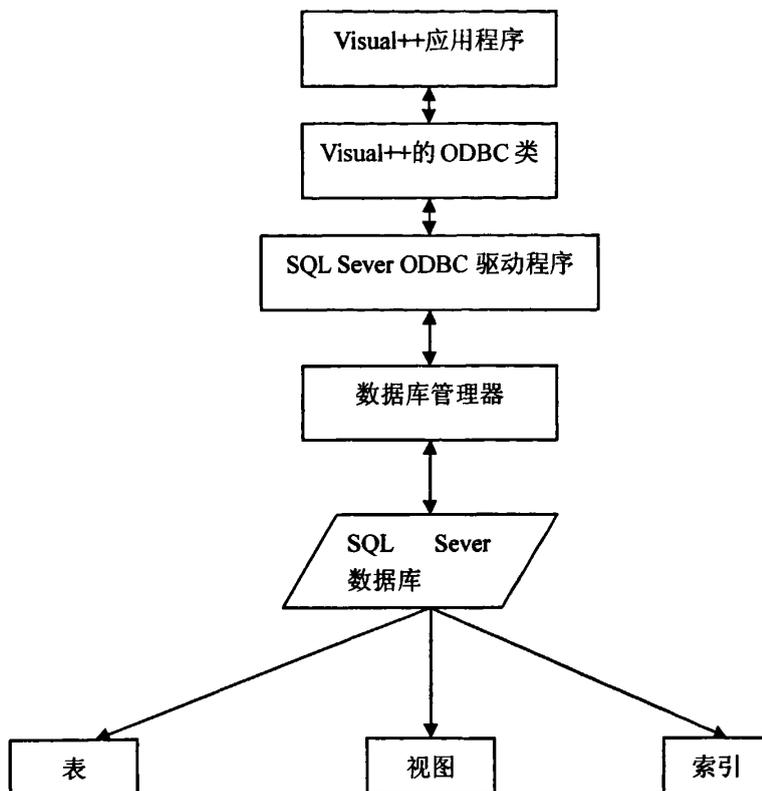


图 5-6 Visual C++开发 SQL Sever 应用表图

### 5.2.3 数据库系统的设计原则

本文研究的小区智能化终端抄表系统是一个面向物业抄表、收费、事务处理等多功能、多流程的管理型 MIS 系统，而该系统的应用范围广。系统的以自动抄表为核心，兼顾物业多项事务管理内容，因此本系统确定了如下的系统数据库结构设计的总体原则：

(1)系统数据库设计考虑应用的普遍性，并根据系统运行的实际需求建立相关的信息管理数据表。

(2)应尽可能减小数据冗余，建立合理、方便、全面的数据索引，以提高检索查询速度，满足各部门数据检索的需要，同时应保证所建立的数据库能够降

低程序的复杂程度。

(3)由于各数据表之间关系密切，系统中只建立一个数据库，所有的数据表都包含在这个数据库中。

## 5.3 系统软件设计

### 5.3.1 数据抄录软件的设计

PC 机对采集器和集中器中储存的各种基表能耗数据抄录采用查询方式，这种方式不受时间的限制，可以随时进行，同时也可以根据需要定时进行抄录。

PC 机对能耗的抄录工作，首先根据当前系统时间进行自动命名，在数据库中创建新的抄录数据表，然后计算机从数据库中取出所有用户地址，选取集中器、采集器站点的高低位地址顺序进行广播，自动获取用户的各种基表能耗数据，并将所获得的数据存入新创建的对应数据表中。为了确认抄录数据的有效性，采用地址回送、串行口超时控制、多次抄录、奇偶校验等方法。本文中 PC 机可对如下错误进行报告:(1)回送地址不符，数据无效;(2)串行口超时，无数据回送，意味着对应地址的站点可能出现通信等故障;(3)多次抄录、多次接收，数据不一致，或奇偶校验出错，表明数据传输有误，需要重新传送等。

每次抄录，建立抄表日志、自动保存已抄录的所有有效数据和错误信息，根据错误信息，进行分析，可对通信线路进行针对性的检查或维修，然后对欠缺有效数据的用户进行重新抄录，此时可以采取单个站点的定点抄录方式。

PC 机自动抄录能耗的软件流程如下图 5-7 所示。数据获取工作在抄录定时子程序中完成，PC 机每发生一个定时事件，软件抄录一个单元 16 个用户基表的所有数据。如果数据有效，按照数据的顺序和采集器、集中器站点地址，确定完整对应基表的完整地址编码后，把数据写入到对应的数据表相应的记录中。否则，记下该站点的地址编码、准备在自动抄录结束后进行站点检查和单点重抄，接着程序继续下一个站点的抄录工作。

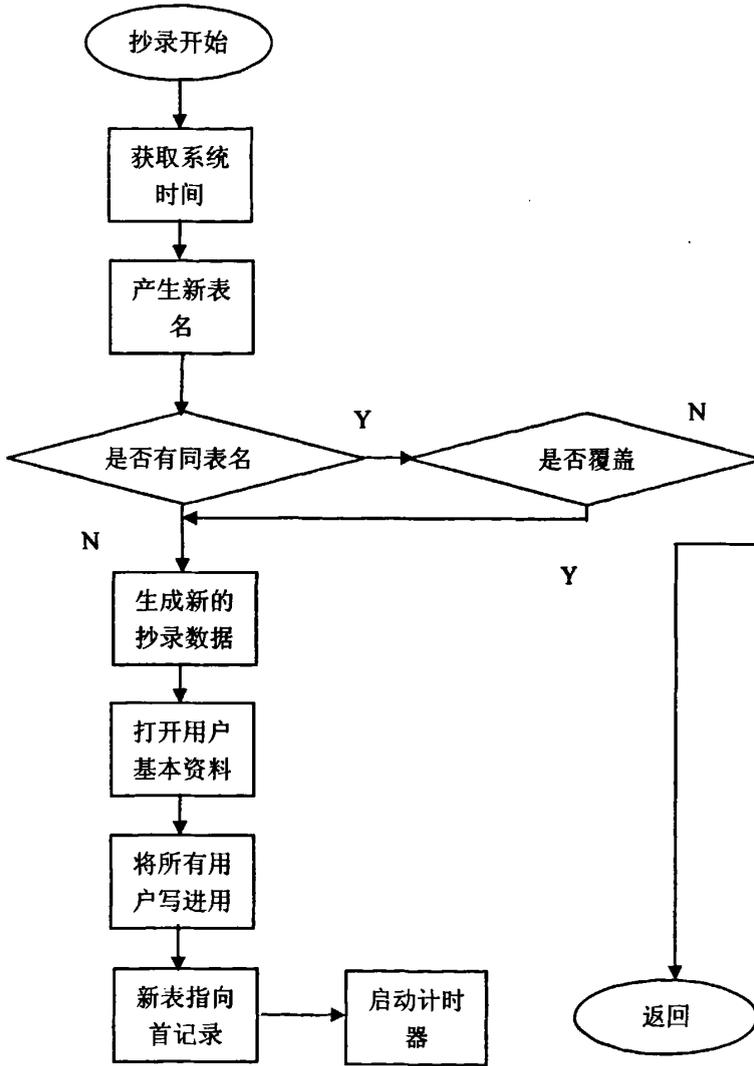


图 5-7 PC 机抄录电量流程图

### 5.3.2 统计、决策和报表

系统开发目的，一是为了减轻抄表工作的劳动强度，减少差错率，更重要的是为了便于管理，提高抄表工作效率，提高管理电平和决策的科学性。所以要进行全面的统计与分析，为管理和决策提供支持。

系统所抄录用户的各种能耗原始数据、能耗用量和收费等结果数据等都存

储在数据库中，这样为系统自动进行统计分析提供了丰富全面和准确的数据资源。系统利用数据仓库技术，根据统计主题的时间间隔要求，从多个数据库中选择所要的目标数据。这里，统计项目会因系统的安装要求不同而有差异，如用户的特别定制等。借助于 ODBC，可以根据供电工作和供电管理部门的特殊要求对系统中的所有数据能耗数据进行高效组织和利用，进而方便实现各种报表的定制。如可以借助于 Excel 等软件，将统计结果以大家所熟知的直方图、曲线图等形式直观地进行显示。

### 5.3.3 重要界面设计

#### (1) 用户登录与管理。

每次进入软件系统时，都会要求输入用户名和口令，而用户名和口令的管理则由用户管理功能来完成。用户管理功能主要用于管理软件系统用户的注册。

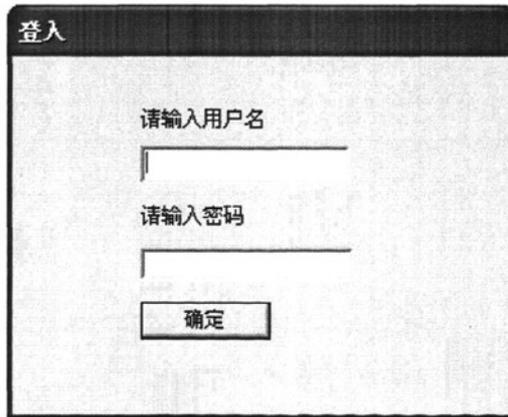


图 5-8 用户界面

#### (2) 终端管理→抄表方案→方案一。

其实方案二、三、四和方案一一样，而且一般的用户是只有有用功的，因为计费一般只用到有用功。

终端管理->抄表方案->方案一

\* 有功电能量  
 正向:  反向:  费率: 04 历史:

\* 无功电能量  
 正向:  反向:  费率: 04 历史:   
 四象限:

\* 电能采集间隔: 15

\* 有功最大需量  
 正向:  反向:  费率: 04 历史:

下一页      保存      取消

图 5-9 终端管理

(3) 终端管理->初始运行

用户在配置完所有参数，并通过运行测试后，要选择执行此命令，以开始正式运行。

终端管理->初始运行

您确定要进行初始运行操作吗?  
 这将删除所有数据记录!

是      取消

图 5-10 初始运行

(4) 表计管理->智能表->修改和表计管理->智能表->查询

表计管理->智能表->查询

智能表号:	1	表计类型:	多功能
用户编号:		计量属性:	二次计量
线路名称:	line one	电压等级:	220kv
通道:	通道1	CT变比:	/
电表规约:	DL/T645	自身倍率:	1
电表地址:	1	旁路标识:	否
通讯速率:	1200bps	电能量单位:	kWh/kvar
抄表方案:	方案一	电能量小数位数:	2
校时方式:	越限告警	越限时间:	30
最大需量单位:	kWh/kvar	最大需量小数位数:	0
用户名:		密码:	
运行标识:	启用		

确定

图 5-11 电表管理的查询

表计管理->智能表->修改

智能表号:	1	表计类型:	多功能
用户编号:		计量属性:	二次计量
线路名称:	line one	电压等级:	220kv
通道:	通道1	CT变比:	/
电表规约:	DL/T645	自身倍率:	1
电表地址:	1	旁路标识:	否
通讯速率:	1200bps	电能量单位:	kWh/kvar
抄表方案:	方案一	电能量小数位数:	2
校时方式:	越限告警	越限时间:	30
最大需量单位:	kWh/kvar	最大需量小数位数:	0
用户名:		密码:	
运行标识:	启用		

保存      取消

图 5-12 表计管理的修改

(5) 数据查询->智能表->实时和数据查询->智能表->月历史

将电量用表格的形式记录出来

智能表->查询->实时

最近一次抄表时间：

要查询的数据类型： 电能量

智能表号： 1 电表地址： 1

用户编号： 线路名称： line one

电表规约： DL/T645

参数	正向有功	反向有功	正向无功	反向无功
总				
费率1				
费率2				
费率3				
费率4				

确定 退出

图 5-13 智能表的实时数据查询

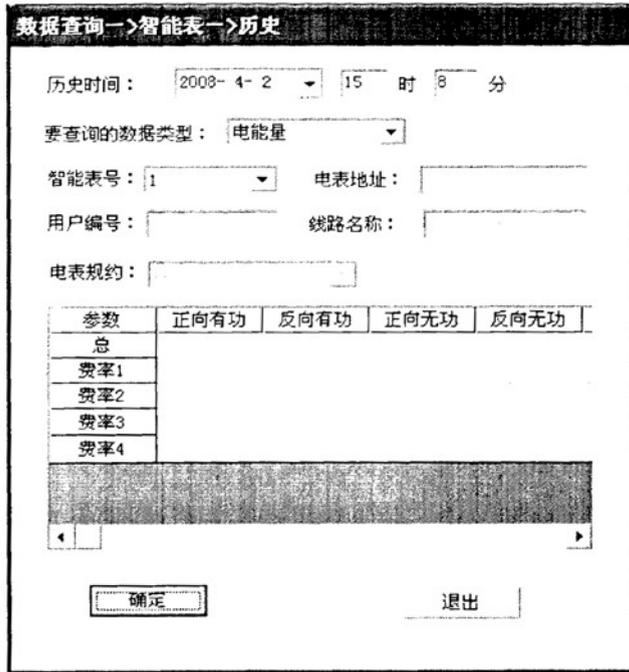


图 5-14 智能表的历史数据查询

## 5.4 通讯的实现

应用程序中使用了 VC++ 的通讯控件 Microsoft Communications Control。在要进行通讯的程序所涉及的对话框中嵌入此控件并进行相应设置，便能实现通讯功能。通讯采用查询方式，以问答的形式进行。每次通讯都由系统控制计算机向下发送命令，集中器和采集器执行命令并返回结果，在一段时间内系统控制计算机等待并不断查询是否收到信息，收到信息或等待时间到了便返回。

主要代码如下：

```

CString sendhcar;
CAutometerApp* app=(CAutometerApp*)AfxGetApp();
if(app->commflag!=1) //检测通讯启动标志 app->commflag
{
AfxMessageBox(“通讯功能尚未启动，通讯测试不能进行。请先启动通讯
    
```

功能。”);

```

    Return;
    m_com_rm.SetPortOpen(TRUE);           //打开串口
    m_com_rm.SetSettings(“9600, E, 8, 1”); //设置参数
    do
    {
        sendchar="METER"+crealmeterset.m_address_code; //生成命令
        m_com_rm.SetOutput(COleVariant(sendchar)); //发送命令
        CTime StartTime=CTime::GetCurrentTime(); //获取当前时间
        CTimeSpan ElapsedTime;
        do
        if(m_com_rm.GetInBufferCount()==23) //收到字节?
        {
            m_com_rm.SetInputLen(0); //读取全部数据
            recechar=m_com_rm.GetInput().bstrVal;
            bResponse=1;
            ElapsedTime=CTime::GetCurrentTime()-StartTime;
        }
        while(ElapsedTime.GetTotalSeconds()<2); //等待2秒钟
        if(!bResponse) //超时无响应则提示出错信息
        {
            error=crealmeterset.m_address+“抄表失败!”;
            MessageBox(error);
        }
        M_com_rm.SetPortOpen(FALSE); //关闭串口
    
```

## 第6章 总结与展望

### 6.1 总结

本课题严格按照产品化的要求进行系统设计,选择多用户远传电表的硬件系统,编制好各相关子系统的软件,实现针对小区里所有用电部位的准确计量,并通过网络通信或电话通信实现自动化的数据传输,再通过上位微机管理软件实现对所有数据的处理和分析,构成了校园电力计量自动化体系的简单模型。目前实现小区整体的自动化计量,为节约型小区的节能建设方面提供了良好的技术基础。

自动化计量体系可以确保随时监控各区域、各点的用电情况,通过管理软件对数据进行充分的处理和分析,可以准确把握校园电力运行的负荷分布情况,能够有针对性地采取经济运行的积极措施。如可以调整和分配变压器出力,调整无功补偿量等等。根据计量体系提供的数据准确采取这些措施,将能够大大改善校园电力经济运行结构,从而实现供电节能;也可以进行自动化的收费管理,利用经济杠杆促进用电节能。

### 6.2 设计展望

由于本人知识所限以及设计时间紧迫,本体系也存在一些缺点和不足。随着科技的发展和设计者理论知识及实践经验的不断积累,一定会有更新更好的方案出现。下面对计量自动化体系的改进和完善作初步的探讨,希望能够有利于节约型小区建设的进一步推进。

- 1.进一步探讨数据通信的方法,提高数据传输的可靠性。
- 2.深入了解管理部门的要求和用户的需求、研究高效计量管理的发展动态,进一步完善系统的软件扩展功能。
- 3.进一步完善系统的统计分析功能,为管理部门的决策(能耗分析、各种建设改造、收费标准的制定、电的配载与调度等)提供全方位的支持。

- 4.为进一步方便用户各种能耗费用的收取和缴纳，探索研究电话自动语音子系统，实现系统的扩展功能，如自动语音回复用户的能耗查询等。
- 5.利用好的应用实例，将系统逐步推广应用，从实践中进一步完善和改进。最终，使本系统能在各种计量背景下运行，更大满足小区电量计量的准确度高、自动化传输、智能化管理的需求。