

论文题目: 基于GPRS的电网远程监控与调度系统的研制

专 业: 机械电子工程

硕 士 生: 孙军亮

(签名) 孙军亮

指导教师: 郝迎吉

(签名) 郝迎吉

## 摘 要

本文提出了一种新型低功耗、集成化的电网智能监控与调度自动化系统,利用现代检测技术,GPRS无线通信技术及虚拟仪器技术,针对目前城市10KV供电网络中自动化水平低,故障率高等现状而设计。该系统能够实现对电网运行状态实时监测、远程控制高压熔断器的断开与闭合、电能计量以及对历史用电状况进行分析等。

本系统采用了模块化设计思想,主要包括电网参数采集、远程控制、系统充电,压力检测及台号显示等模块。以单片机C8051F330为控制核心,该芯片功能强大,集成了SPI串行总线和模拟、数字功能模块,简化了外围电路设计;各模块采用相同微处理器提高了系统的一致性、简化了系统设计;采集模块选用三相电能专用DSP芯片ATT7022A,该芯片把16位A/D转换与24位DSP技术合二为一,大大提高了测量的精度;电能计量芯片与单片机通过SPI总线进行数据传递,采用主从方式;针对电网监控中对通信系统的要求,在充分考虑通信运行低成本的前提下,选用了GPRS无线数传模块来实现监控终端与监控中心的通信;计算机与单片机通过GPRS无线网络实现参数的传递与远程控制,从而达到了实时监控电网状况的目的。

系统上位机以Lab Windows/CVI6.0为开发平台,设计了电网数据处理程序,采用动态数据交换(DDE)等技术,完成了对数据的统计处理和指令数据分析等工作,同时建立了可视化界面的监控程序,实现了数据监控用电状况分析、制作报表等功能。

本系统功能丰富,便于操作、成本低、安装与维护方便,且便于以后的开发与扩展。

**关 键 词:** 单片机; 电网监控; 虚拟仪器; GPRS

**研究类型:** 应用研究

**Subject : The Development of the Electrical Network's Long-range  
Supervision and Management System Based on GPRS**

**Specialty : Mechanical and Electronic engineering**

**Name : Sun Jun-Liang**

(Signature) Sun Jun Liang

**Instructor : Hao Ying-ji**

(Signature) Hao Yingji

## **ABSTRACT**

This article proposed one kind of intelligent monitoring and the dispatch automated system with low power loss using modern examination technology, the GPRS wireless communication technology and the hypothesized instrument, in order to solve traditional industrial control emerges several regrets such as low efficiency and resource wasting. this system can achieve some function such as real-time monitor the electrical network running status, long-range control high voltage fuse separation and closed and the electrical energy measurement as well as the history uses electricity the condition to carry on the analysis and so on.

The system adopts the idea of modularization design, which includes the electrical network parameter gathering, the long-range control, the system charge, pressure examination and so on. It uses With 8051 F330D as its testing and controlling center, which has abundant hardware resource. 8051 F330D integrates SPI serial bus and digital functions. The designing of electric circuits are easier by using the same MCU. Using trusty communication protocols, the system can meet the requirements of high dependability. The gathering module selects three-phase electrical energy special-purpose DSP chip ATT7022A, this chip transforms 16 A/D with 24 DSP technologies combines, increased the survey precision greatly; The MCU and ATT7022A transfer data by SPI serial bus which adopt Principal and subordinate way. In view of electrical network monitoring to communications system's request and full consideration correspondence moves under the low cost premise, selected GPRS to realize the monitor terminal and the monitoring center correspondence; The computer and MCU can achieve transfer parameter and remote control through the GPRS wireless network, thus the design is realized to real-time monitor the power network conditions.

The system's software adopt the test software under the LabWindows/CVI6.0 which

includes data processing program, the dynamic data exchange (DDE) and so on, it can complete data statistical processing and instruction data analysis. simultaneously we have established the visualization program to realize the data monitor, analyses power consumption Status and Make report forms functions.

The system has abundant functions and has many merits, such as convenient operation, low cost, convenient to setup and maintenance, easy to development and extend.

**Key words** : MCU    electrical network supervision    virtual Instruments    GPRS

**Thesis**        : Research for Application

# 西安科技大学

## 学位论文独创性说明

本人郑重声明：所提交的学位论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得研究成果。尽我所知，除了文中加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人或集体已经公开发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得西安科技大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。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做了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：孙军亮 日期：09.6.5

## 学位论文知识产权声明书

本人完全了解学校有关保护知识产权的规定，即：研究生在校攻读学位期间论文工作的知识产权单位属于西安科技大学。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。本人允许论文被查阅和借阅。学校可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。同时本人保证，毕业后结合学位论文研究课题再撰写的文章一律注明作者单位为西安科技大学。

保密论文待解密后适用本声明。

学位论文作者签名：孙军亮

指导教师签名：李西下

09年6月1日

# 1 绪论

## 1.1 本课题的研究背景

电网监控与调度自动化是近几年来发展起来的新兴技术和领域,是现代计算机技术和通信技术在配电网监视与控制上的应用。电网监控与调度自动化是指利用现代电子技术、通信技术、计算机及网络技术与电力设备相结合,实现配电网及其设备正常运行及事故状态下的监测、保护、控制、用电负荷配电管理的现代化,作为电力系统现代化的一种必然趋势,监控与调度自动化系统在正常情况下通过监视配网运行工况,及时隔离故障区段,恢复非故障区域用户的供电,减少停电时间和停电面积;合理控制用电负荷,从而提高设备利用率,企业的经济效益和工作效率。同时为用户提供自动化的用电信息服务,而且和供电部门的管理工作有机地融合在一起,改进供电质量,与用户建立更密切、更负责的关系,以合理的价格满足用户要求的多样性,力求供电经济性最好,企业管理更为有效。因此,无论是用户还是电力公司,都可以从中得到收益。实践表明,监控与调度自动化可以大大提高配电网运行的可靠性和效率,提高供电电能质量,降低劳动强度和充分利用现有设备的能力,从而对于用户和电力公司均能带来可观的收益。

当前我国配电网处于高速发展的时期,国家从政策上给予很大支持,具有相应的资金条件,但我国配电网仍处于方案的探索时期,特别是我国配电网的规模及覆盖面,市场之大是任何一个经济发达或发展中国家无法比拟的,而我国配电网的发展也是随经济发展同步进行,为了探索我国配电网自动化方集,先后对国外配电网的模式进行考察并在国内进行实际试点。但应该注意我国是一个大国,我国的配电网与国外配电网有多方面的区别,不可能完全照搬和应用,在吸收国外先进技术和设备的基础上,开展我国配电网改造和自动化的研究是值得注意的问题。

在我们国家对电网配电自动化系统的研究已经取得了一定的进步,然而,由于我国配电网点多、结构复杂、分布广,即使已经取得了一定的成绩,配电自动化在我国的发展,乃至推广仍然有很大的困难。当前,限制我们国家配电网自动化发展的主要因素有:

我国各研究单位和电力企业对配电网自动化的研究没有统一,都是自成一派,不相往来,甚至连配电网自动化的含义都未达成一致意见。

我们国家在配电网自动化实施成功的记录上几乎还是零,没有成功的范例可以借鉴,而且缺乏资金投入。

我们国家自产的一次设备,如:各种断路器、开关等,总体水平还较低。

许多研究单位缺乏科研资金,许多电力企业找不到合适的试点区域。

在一些工业发达国家中,配电自动化系统受到广泛的重视,国外的配电自动化系统

已形成了集变电所自动化、馈线分段开关测控、电容器组调节控制、用户负荷控制和远方抄表等系统于一体的配电管理系统,其功能已多达 140 余种。国外的配电自动化的发展经历了从各种单相自动化林立,号称为“多岛自动化”的配电系统,向开放式、一体化和集成化的综合自动化方向发展。目前已经有相当的规模,并且从提高配电网运行的可靠性和效率,提高供电质量,降低劳动强度,充分利用现有设备的能力,缩短停电时间和减少停电面积等方面,均带来了可观的经济效益和社会效益。<sup>[17]</sup>

随着我国国民经济的飞速发展,城市现代化进程加快,城市电力负荷增加,对电力的依赖性越来越强,城网和农网的改造已基本完成,一次网架的强壮必然要求提高配电网自动化运行水平,并实现配电管理现代化。我国配电自动化系统正是在这一背景下逐步发展起来的。

## 1.2 本课题研究领域国内外的研究动态及发展趋势

80 年代以来,我国的电力工业得到了快速发展,90 年代中后期,电力工业的发展重点由增加装机容量转变为加强电网建设。电力工业发展的这种特殊性,使得我国适合采用更先进的技术,从高起点进行电网改造。目前在我国 220kV 及以上系统中运行的微机保护超过一万台,有 1000 多个基于分布式网络的综合自动化变电站投入运行。这些技术以其良好的可靠性、灵活性和可扩展性为电力系统广大用户所接受。在信息时代来临的今天,我国正在进行大规模的配电网改造建设,一批城乡电网改造工程正在兴建,可以预见,基于信息技术的配电网自动化将会得到广泛推广并发挥巨大作用。配电系统实现自动化的观点很早就有人提出,但它的实现一直受到配电设备和计算机技术的限制。到 90 年代,随着计算机软硬件水平的提高和配电一次设备的成功开发,配电自动化的发展取得了前所未有的成就。特别在美国和日本,配电自动化已经发展到较高阶段,研究技术正在逐步推广。美国注重配电系统的综合发展,日本从配电自动化元器件开发起步,在配电自动化领域都取得了较大的成绩,在网架结构、营业管理、通讯系统和计算机网络等方面都处于世界领先水平。例如,日本在 50 年代的送配电损耗约为 25%,到 80 年代已经降低到 5%。然而,我国配电自动化的发展却仍处于起步阶段,水平较低。<sup>[17]</sup>

长期以来,在电力系统的发电、输电和配电三个环节中,我们只注重发电和输电,过分忽视了配电在电力系统生产中的重要性,以往我国发电和配电投资比为 1:0.12,而在许多发达国家发配电投资比为 1:0.6~0.7,远高于我国。<sup>[13]</sup>随着发电和输电技术的提高,落后的配电技术对电力系统的影响日趋明显。进入 90 年代后,配电自动化在我国逐渐得到各电力企业和研究单位的重视。例如目广州电力局采用电科院研制的监控系统,从国外引入开关设备,对 10kV 馈线开关实现遥测和遥信,并利用程控电话实现抄表自动化;上海市东供电局在 10kV 出线上安装我国自己研制生产的故障指示器、重合器、带自动操作机构的环网开关,实现自动隔离故障和恢复供电,同时在三座居民楼内安装 380V 电力载波

自动抄表系统,在浦东金桥-藤田工业区实施配电自动化试点工程;北京供电局在三条 10kV 配电线路上安装 11 台柱上自动分段器,与变电站站内重合闸配合,构成故障自动隔离系统,同时在 18 台柱上变压器安装电力电容器和综合测试仪,实现遥测和遥信功能;重庆电业局在配网线路上安装了 1280 台负荷控制装置,实现负荷监控。近年来,山东、南京、北京、深圳等地区的多家科研单位在配电网监控系统(SCADA)、通讯系统以及负荷控制等方面取得了突破性进展,并已经投入试点工程。<sup>[10]</sup>

我国在配电网自动化设备方面的开发研究也取得了较大的进步,如短路故障指示器、重合器、分段器、各种开关和监控装置等,而且这些设备、装置在相应试点已投入使用。

当前高校内关于高压配电自动化的研究也有一定的进展,有的产品能对用户表进行远程采集,把用户的当前用电量(用户电表值)远程送还采集中心,替换了人力查表,计数,节省了很大的人力;这方面的产品有浙江大学和武汉理工大学研究的自动抄表系统。有的产品能够对高压变压器的低压侧进行监控,当电路出现异常时,断开高压开关,对用户设备进行保护;这方面的产品有浙江大学的远程高压开关监控系统。有的产品能够防止大用户窃电,保护电力系统的正常运行,这方面产品如湖南大学开发研究的高压智能防窃电技术。

### 1.3 通信系统在电网监控中的地位和要求

通信问题一直是目前配电网自动化系统建设中的难题,配电网设备众多,与主网设备数量成几个数量级的关系,点多、面广、终端成本限制、设备变更频繁等特点限制了目前电力系统常用的通信手段的使用。通信是实现数据和信息传输的唯一手段。一个可靠的通信系统是电网监控与调度系统成败的关键,电网监控要借助可靠的通信手段,将控制中心的控制命令准确地下发到各执行机构或远方终端,同时将远方控制单元所采集的各种信息上传至控制中心。因此,通信质量的好坏将对整个系统能否正常运行起到决定性的作用。它在很大程度上决定了系统性能的优劣和功能的发挥。

随着通信技术的发展,目前可选用的通信手段很多,所以要根据电网监控与调度系统的具体情况选择合适的通信方式。电网监控与调度系统对通信的要求体现在以下方面

(1) 可靠性:电网监控系统的通信设备通常工作环境恶劣,要求通信系统在任何时候均能可靠的工作;(2) 经济性:考虑到性价比及投资的可能性,用来建立通信系统的费用不能太大,以免影响配电管理系统的总体经济效益,此外还应充分利用现有的主网通信资源;(3) 传输速率:通信系统必须提供足够高的速率将众多远端设备采集的实时数据及时传输,以免引起信道拥塞或系统的崩溃;(4) 双向通信能力:除具备数据上报功能外,还要能接收来自监控中心的控制命令。(5) 寻址量大:由于远端设备数量大且会不断扩充,要求通信系统的寻址方式灵活有效且有足够的容量;(6) 容易操作和维护:

通信设备需要同各种电力采集和监控设备连接，要求设备的安装和维护尽可能方便。<sup>[35]</sup>

## 1.4 本文的主要工作

考虑到电网数据采集与监控系统未来的升级与扩展，适应变电站综合自动化的发展趋势，系统采用模块化设计，各部分之间保持相对的独立性。

本文的主要工作有：

1. 总体实现方案的研究与设计。
2. 监控终端的功能分析与研究。
3. 监控终端的硬件和软件设计。
4. 通信协议的分析、选取和定义。
5. 监控中心参数显示及分析和数据库管理程序开发。

## 1.5 本课题研究的目的是和意义

随着国家经济的发展和人民生活水平的提高，人们对电力的需求日益增长，同时对供电的可靠性和供电质量提出了更高的要求。配电自动化是电力系统提高供电可靠性最直接最有效的技术手段之一。我国长期以来配电自动化的建设未得到应有的重视，目前也只是刚刚起步阶段，但它的建设一定是电力系统自动化的必然趋势。其主要意义在于：在正常运行情况下，通过监视配网运行工况，优化配网运行方式；当配网发生故障或异常运行时，迅速查出故障区段及异常情况，快速隔离故障区段，及时恢复非故障区域用户的停电时间，减少面积；根据配网电压合理控制无功负荷和电压水平，改善供电质量，达到经济运行目的；合理控制用电负荷，从而提高设备利用率，以及企业的经济效益和工作效率，并可为用户提供自动化的用电信息服务等。

配电自动化的主要目的（1）在人力尽量少介入的情况下完成大量的重复性的工作。这些重复性的手工操作通常有查抄用户电度表、监视和记录变压器油温、检查核对配电变电站的负荷、沿配电线路合或分开关、投入或撤消补偿电容器、升或降有载调压装置分接头以调节电压等。（2）在于尽量减少停电面积和缩短停电时间，为此必须能够采集配电网上的实时数据，并对其进行分析，从而使调度员能够随时监视网上运行情况和做出明知的决策。此外，还要求能够通过遥控和遥调在控制中心就能对配电网进行必要的操作，从而缩短故障处理时间和降低劳动强度。（3）有助于使配电网的潜力得以最大限度地利用，并且确保提供给用户的电能质量满足要求。因此，电力公司和用户都能从电网配电自动化中得到收益。

在城市供电网络中，我们习惯把 35KV 及以下的电压等级称为配电网。随着农、城电网改造的进一步深入，110KV，及 35KV 电压等级的建设已十分完备，自动化水平也较高，调度管理、运行管理也比较规范。目前在城市供电网络中主要是以 10KV 供电



为主，占整个供电用户的 90% 以上。但是 10KV 供电网络由于历史的原因，自动化水平还很低，处于长期被忽视的状态，且线路复杂，线损率较高，供电可靠性差，故障率高。为了适应市场经济的发展，加大力度进行电网建设的同时，加强 10KV 配电网络的配电自动化工作。也是当前的一相重要任务。

鉴于以上原因，我们准备开发一套兼顾监测电网和远程智能控制的系统，此系统能够应用于 10kv 及以下高压幅度，这个幅度广泛存在于中小城市以及广大农村，因此，此设计将会考虑尽量利用自主产权的设计来降低成本，使此设计能够得到广泛应用。

## 1.6 小结

本章介绍了本课题的背景及国内外的动态及发展趋势，并分析了通信在电网监控中的地位及对其的要求。最后阐述了本文的主要工作及研究的目的和意义。

## 2 系统总体设计

基于 GPRS 无线通信的电网监控与调度系统，是将终端电网参数采集后，通过现代传输通信技术送到远程监控中心进行数据处理，实现实时数据采集与显示，使工作人员非常方便地监视电网运行状况，并根据需要远程控制跌落式熔断器闭合和断开，保护电力设施的安全，发生故障或异常运行时，迅速报警，及时恢复供电正常，减少停电时间。从而优化供电系统的运行方式，方便人工操作。同时能够将显示的数据进行记录，存档。可以分析不同电站同一时刻和同一电站不同时刻的用电量情况，便于工作人员了解不同地区，不同时刻的用电状况。即为了在电网改造过程中实现电力自动化。

### 2.1 系统总体结构的搭建与设计

电网远程监控与调度系统是以通信网络为基础完成对现场运行电网的数据采集、传输与远程监测控制，因此通信技术起着极其重要的作用。GPRS 以其无线方式、传输距离远、实时性和可靠性好、成本相对较低等特点在现有的数据传输方式中具有比较优势，因此本系统采用 GPRS 方式。

本系统是要设计一个智能可视化的高压电网远程监控与控制系统，主要由采集控制模块、GPRS 模块、传输网络（GPRS 网和 INTERNET）、监控中心组成。此外在采集控制部分和监控中心都用该包含相应的数据管理模块，来实现对参数的检测和管理。同时监测终端实现电量数据采集，并通过 GPRS 无线通信与监控中心连接，并将电量数据上传。系统总体设计原理图如图 2.1 所示

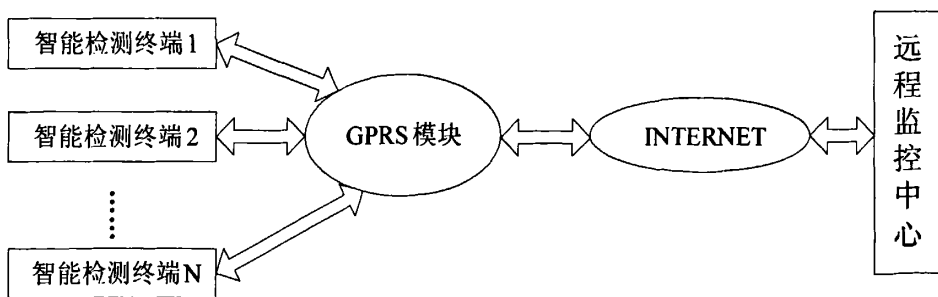


图 2.1 总体设计原理图

本系统包括主站系统（监控中心）、监控终端和 GPRS 模块三个部分。因此功能也分为三部分：即监控中心的功能、监控终端功能和 GPRS 模块功能。

(1) 监控终端：监控终端的功能是指对电网的监视和控制能力，就是电网监视与控制系统中安装在变电站的一种远动装置。主要采集所在变电站表征电力系统运行状态的模拟量和状态量，监视并向监控中心（调度中心）传送这些模拟量和状态量，执行调度

中心发往所在变电站的控制和调节命令。

(2) 监控中心：从电力系统收集到的信息，经过计算机加工处理后，通过各种显示装置反馈给运行人员。运行人员根据这些信息，做出各类决策后，再通过键盘、鼠标等操作手段，对电力系统进行控制。同时能够在屏幕上显示电力系统的运行状态，并能动态地显示断路器的合、断位置。

(3) GPRS 模块：登入 GPRS 网络，获得动态 IP，建立无线终端与网络服务器之间的 TCP 连接，实现数据双向传输。

### 2.2 监控终端的总体设计

主要包括电网参数实时采集模块、远程抄表模块、气动执行元件、气泵、电磁换向阀、断电备用电源以及高压开关远程投切控制部分和机械执行机构部分。主要完成实时监测电网运行工况、自动远程抄表、异常状况保护以及远程配电自动化管理等功能。

在本节中，我们将对终端模块的功能定义子模块的划分，终端模块整体的架构进行分析和设计。主要包括电网参数实时采集模块、远程抄表模块、气动执行元件、气泵、电磁换向阀、断电备用电源以及高压开关远程投切控制部分和机械执行机构部分。

终端功能概述：

监控终端主要由单片机、GPRS 模块、数据采集及控制电路组成，其主要实现的功能如下：

- ◆ 高压线路参数（电流电压功率）的采集。
- ◆ 数据可定时批量或根据监控中心要求随即发送。
- ◆ 蓄电池电量的采集及自动充电
- ◆ 气缸压力检测的采集，及自动充气。
- ◆ 开关量（高压熔断器，气泵开关）的控制
- ◆ 变电站号采用 LED 显示
- ◆ 有异常情况可向中心报警。
- ◆ 防治大用户窃电。

工作模块组成的框图如图 2.2 所示：

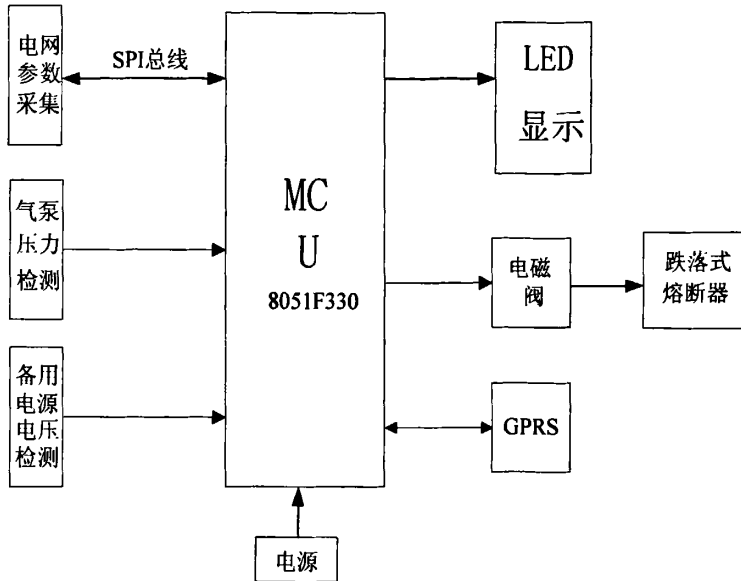


图 2.2 终端模块系统结构原理框图

### 2.2.1 监控终端硬件功能分析

根据上面的原理框图可以看出终端硬件实现的中心是 MCU 和 GPRS 两个模块。

#### 1) MCU 要实现的主要功能：

- ◆ 对 GPRS 通讯模块进行控制。
- ◆ 向通讯模块发送数据信息（采集的数据如电压、电流，开关的状态量）。
- ◆ 通过串口与 PC 机进行通讯，实现用户对参数的读取和修改。
- ◆ 接收由 GPRS 通讯模块发送过来的数据，并进行实时响应。
- ◆ 控制终端模块上其他的功能模块（开关控制，电源充电控制，气罐充气控制等），来实现对电网的监控。

#### 2) GPRS 模块要实现的功能：

- ◆ 登入 GPRS 网络，获得动态 IP。
- ◆ 建立无线终端与网络服务器之间的连接，实现数据双向传输。

MCU 与 GPRS 模块之间通过串口连接起来，采用 USART 串口通讯方式。

除了这两个核心模块外，终端硬件设计中还有很多要注意的地方，这些也是我们设计中的重点。

由于终端同时负责高压熔断器的控制和参数的采样，读取功能，也即终端可以分为数据采集单元，线路控制单元，信息传输单元。其中数据采集单元将会把高压线路中的信号引入终端模块。由于要对高压线路上的参数进行采集，而在高压线路上，各种因素

带来了多种干扰。为了防止干扰被带入终端系统，系统的防干扰设计非常重要。

另外，因为要对终端的线路进行控制，也即改变线路的状态。所以控制的命令必须准确无误的传送和完成，这里不像线路参数的传输一样一次出错可以二次传输。因此命令的可靠性和及时准确执行也是设计的重点。

### 2.2.2 监控终端软件功能分析

为了系统的可移植性和可读性，终端 MCU 采用 C 语言来进行编写，程序采用模块化设计。编写了，初始化程序 `powerinitian()`，A/D 采集 `ADCCollect()`，串口收数程序 `receive(unsigned char j)`，串口发送数据程序，`send(unsigned char j)`，SPI 通信程序 `SPIFunction()`等子函数。在使用时直接调用子函数。

对 GPRS 模块的控制是通过 AT 命令集来完成的。所以在设计中要对发送的数据进行封装，并且对接收的数据要进行拆除封装，提取信息的工作。

因为系统的终端不止一个，所以要给每个终端一个编号。为了系统的灵活性，编号可以随时进行修改。所以终端可以通过串口来下载这些编号信息。

## 2.3 系统设计要求

本系统是应用在在电力行业，所以在设计中要把握的原则有准确性、可靠性、安全性、可扩展性等。

### (1) 准确性

系统在数据采集、传输(数据通道)、存储及计算(包括终端和主站)、使用(用户工作站)等环节上均应采取相应措施确保数据的准确性。具体包括：

① 采集测量值准确。要求监控中心显示的数据与终端窗口值之间误差在一个给定的范围内。误差来源：采集终端，传输(终端与 GPRS 模块数据通道、GPRS 模块与监控中心数据通道)，存储及计算(终端，主站)。

②量纲准确性。作为物理测量，应该包括数字和量纲两部分，如果量纲错误，也会造成数据错误。要求系统全部采用 ISO 标准量纲来存储、计算、应用数据。如所有电量数据单位全部采用统一的 KWh 表示，最小分辨率为 1Wh。

### (2.) 可靠性

可靠性是监控系统的基本要求。在实际使用中要求系统具有抗恶劣工作环境的能力，无故障工作时间长。具体包括以下几个方面：

#### ①系统的可靠性设计

基于 GPRS 无线通信的电网监控与调度系统，是将终端电力数据采集后，通过现代传输通讯技术送到远端管理部门进行数据处理。由监控中心设定时间或临时抄收数据，对各项用电指标进行分类、查询和统计。可根据需要远程控制三相高压开关的断开闭合，

同时配有充电单元，气罐自动充气功能，最大限度的保证系统的可靠性。

- ②电路的硬件及可靠性
- ③结构坚固，不易损坏
- ④系统故障的自保护、自检、自诊断设计
- ⑤元器件与参数合理选择，老化筛选和部件、整体测试
- ⑥执行机械结构的可靠性设计

系统的数据作为电能量计量的依据，也必须具有高度的连续性和完整性，任何情况下所有计量点的电能量数据都不能丢失，万一发生丢失也必须有弥补的手段。通讯失败要进行重试。

系统可靠性关键不要求 100%无间隙的连续运行，但必须能尽快的故障定位和最短的维修时间，保证故障处理时间内不造成数据丢失，不影响定时结算等系统使用。

### (3) 智能性

电网监控系统采用微机系统，具有数据处理逻辑判断和信息存储的功能。要选择性能先进、满足功能要求的 CPU 和足够容量的存储器，并提供良好的硬件环境。设计中尽量采用软件来代替硬件完成一些功能，特别是数据采集过程的控制，故障的检测报警等。良好的人机交互界面是实现智能化的基本，能在操作人员尽可能少的干预下运行，在设计中应注重这一点。

### (4) 安全性

系统的数据安全性必须得到保证。必须确保数据采集和处理中的原始电能量数据库不被修改或删除。因此此系统的信息采集和处理应相对独立，任何二次开发均不得修改原始数据库。终端需要有相应的保护措施，防止用户非法篡改用电数据。对于主站和 GPRS 模块的通讯，也需要有必要的安全保证。

### (5) 可扩展性

系统除应具有电能量数据的远方采集、统计和处理以及各类报表的生产和管理等基本功能外，还应可以根据具体情况进行二次应用开发，以满足电网商业化运行不断深化的要求。确保系统易于与电力局内部用电营销系统、EMS 系统、MIS 系统等相关系统进行数据交换，易于与省局、与相关地区局、与所辖县市局和所辖电厂的相关系统进行数据交换，易于电网规模扩展和软件高级功能扩展。

## 2.4 小结

本章首先对基于 GPRS 技术的电网监控与调度系统的设计做了一般性介绍，包括系统的整体设计、主要组成部分、每个部分的功能等。本设计的重点在数据采集和控制模块（终端模块）部分。重点分析了终端模块的结构、核心模块的功能并对系统的硬件设计和软件设计中的重点和主要问题进行了分析。

## 3 监控终端的设计

监控终端是一个以微型计算机为核心的具有多输入/输出通道、功能较为齐全的系统，系统中的硬件在程序（软件）的指挥下完成规定的功能。不同的程序可以完成不同的功能，具有很强的数据处理能力，改变程序比较方便，工作灵活，适应性强。用微机构成的监控装置的硬件和软件可以按照需要以模块形式适当组合，性能价格比高，可靠性也高。随着电力系统的迅速发展，对电网的监视和控制要求日益提高。作为采集电网运行数据和执行调度命令的监控终端，其作用也越来越重要。由监控终端提供完备可靠的实时数据，并正确执行控制和调节命令，是实现电力系统安全、可靠、经济运行的必不可少的手段。

### 3.1 终端硬件设计

电网监控系统的硬件设计是本课题的核心部分，在设计中采用模块化设计思想。包括微处理模块、电网参数采集模块、控制模块、检测（压力检测、蓄电池电量检测）模块、显示模块。

#### 3.1.1 系统微处理器

MCU 处理器是数据采集与监控装置的核心模块，既要与数据采集模块通信，定时采集电力参数，又要与 GPRS 通信模块通信，接收控制命令，上传电力参数和报警信息；判断开关量状态是否正常，如果数据异常立刻上传报警信息，又要识别接收到的来自监控中心发送来的控制命令的类型，并做出执行控制命令的相应操作。所以在硬件的设计中，首要的就是选择 MCU，在本设计中，我们选择了 C8051F330 单片机并配置基本的外围电路。

C8051F330/1 系列器件使用 Silicon Labs 的专利 CIP-51 微控制器内核。CIP-51 与 MCS-51 指令集完全兼容，可以使用标准 803x/805x 的汇编器和编译器进行软件开发，并且支持片内 JTAG 调试功能。

C8051F330 系列单片机具有以下特点

(1) 低功耗。

330 单片机电源电压为 2.7V~3.6V。用户软件对所有外设具有完全的控制，可以关断任何一个或所有外设以节省功耗。

(2) 处理能力强。

330 单片机采用流水线指令结构，与标准的 8051 结构相比指令执行速度有很大的提高。70% 的指令的执行时间为一个或两个系统时钟周期。速度可达 25MIPS（时钟

频率为 25MHz 时)。

(3) 高性能模拟技术及丰富的片上外围模块。

330 单片机集成了丰富的片内外设。根据不同型号可能包含下列功能模块：看门狗，模拟比较器，定时器，串口，10 位的 ADC，SPI 总线等。

(4) 系统工作稳定。

(5) 方便高效的开发环境。

330 的资源还包括 4 个 16 位计数器/定时器，16 位可编程计数器阵列 (PCA)，一个具有增强波特率配置的全双工 UART、一个增强型 SPI 端口、768 字节内部 RAM、128 字节特殊功能寄存器 (SFR) 地址空间及 17 个 I/O 端口，高精度可编程的 25MHz 内部振荡器。同时具有片内上电复位、VDD 监视器、温度传感器。

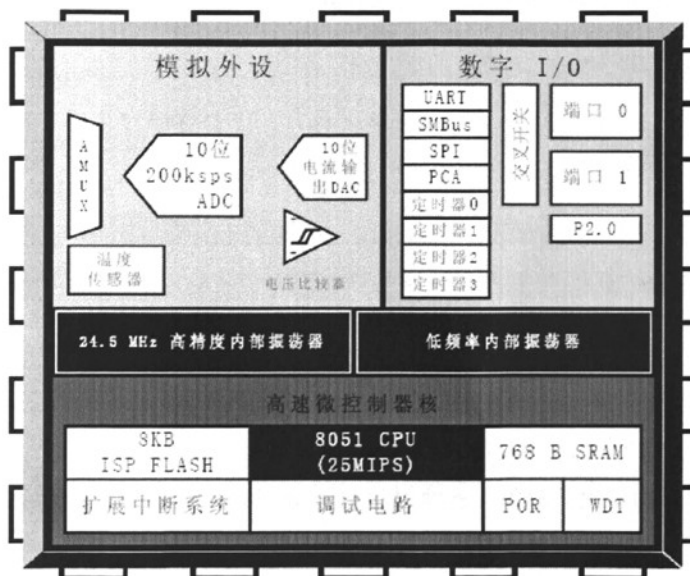


图 3.1 8051F330D 内部结构图

下面对 330 单片机的一些具体特性进行简单的描述。

**存储结构：**330 单片机有 8051F 的程序和数据地址配制。它包括 256 字节的数据 RAM，其中高 128 字节为双映射。用间接寻址访问通用的高 128 字节，有直接寻址访问 128 字节的 SFR 地址空间。数据 RAM 的低 128 字节可用直接或间接寻址方式访问。前 32 个字节为 4 个通用寄存器区，接下来的 16 字节既可以按字节寻址也可以按位寻址。另外程序存储器包含 8KB 的 FLASH。该存储器以 512 字节为一个扇区，可以在系统编程，且不需要特别的编程电压。FLASH 存储器还具有在系统重新编程能力，可用于非易失性数据存储，并允许现场更新 8051 固件。

**I/O 口：**330 单片机有 17 个端口 I/O 口，均耐 5V 电压，大灌电流。数字和模拟资



源可以通过 17 个 I/O 引脚使用。P0.0~P1.7 可以被分配给内部数字资源，设计者完全控制数字功能的引脚分配，只受 I/O 引脚数的限制。这种资源分配的灵活性是通过使用优先权交叉开关译码器实现的。

**定时器：**330 单片机内部有 4 个 16 位计数器/定时器。其中两个与 8051 中的计数器/定时器兼容，另外两个是 16 位自动重装定时器，可用于 ADC、SMBus 或作为通用定时器使用。这些定时器可以用于测量时间间隔，对外部事件计数或产生周期性的中断请求。

**串口：**330 系列单片机有硬件增强型 UART、SMBus、和增强型 SPI 串口。可以通过定时器软件和 USART 硬件来实现串行数据通信。USART 模块可以自动的从任何一种低功耗模式开始自动工作。

### 3.1.2 三相电测量模块

为了实现对线路上电压电流功率等电力参数进行实时监控，系统需要实现对这些参数的实时采样和分析，所以系统需要测量模块。自行设计采样测量电路和算法来实现电力参数的测量，但这样做费时费力而且不能达到最好的效果。数字信号处理 DSP 技术近年来在迅速发展，目前已经开发出集成了 ADC+DSP 功能和测量全部三相电能参数的能力的电能计量芯片，内部一体化的高速的算法处理，直接给出高精度的测量参数。因此，我们选择集成度、精度、稳定性告诉的电能计量专用芯片来简化对数据采集模块的设计，同时保证模块功能的实现。

目前，三相电子式电能表计量方案所使用的多为进口芯片，电能计量方案设计应用较复杂，而且成本偏高。ATT7022A 是炬力集成所研发的一款高精度三相电能专用计量芯片，它将所掌握的先进的 16 位 A/D 转换与 24 位 DSP 技术合二为一，集成到一起来完成电能计量的采集与运算任务，并通过寄存器直接提供电能计量所需要的各类参数。因此，采用 ATT7022A 可以大大简化电子式电能表计量部分的设计。

ATT7022A 内部包含六路模数转换器（ADC），一个基准电压源，一个 SPI 串行通信接口以及三相电能参数测量的数字信号处理器。

ATT7022A 具有以下特点

- 是高精度三相电能专用计量芯片，适用于三相三线和三相四线应用。
- 集成了六路六路二阶 sigma-delta ADC、参考电压电路以及所有功率、能量、有效值、功率因数以及频率测量的数字信号处理等电路。
- 能够测量各相以及合相的有功功率、无功功率、视在功率、有功能量以及无功能量、同时还能测量各项电流、电压有效值、功率因数、相角、频率等参数。
- 支持全数字域的增益、相位校正，即纯软件校表。
- 提供一个 SPI 接口，方便与外界 MCU 之间进行计量参数以及校表参数的传递。

● 内部的电压监测电路可以保证加电和断电时正常工作。  
 模块的内部结构如图3.2所示：

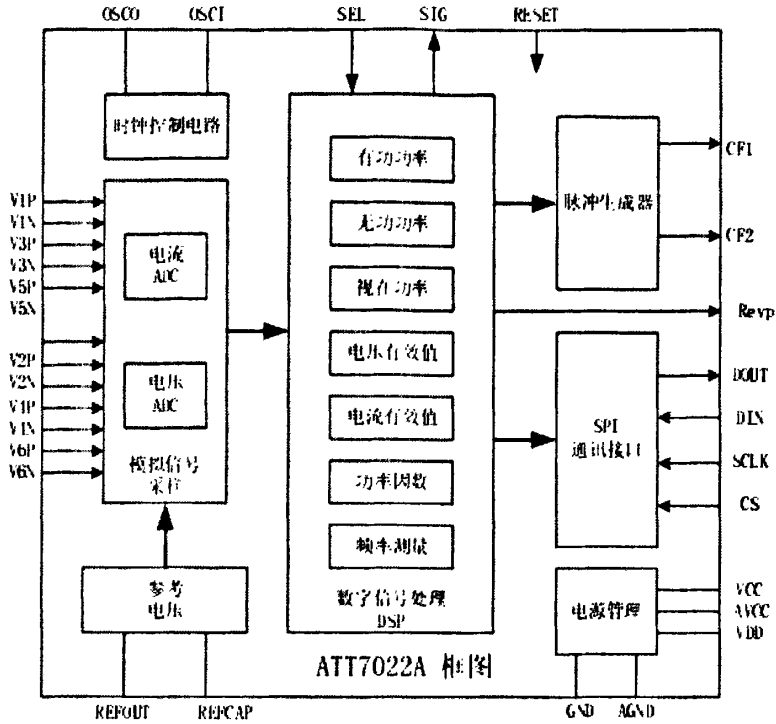


图3.2 ATT7022A 内部结构框图

表 3.1 ATT7022A 主要功能介绍

管脚	功能描述
V1P~V6P V1N~V6N	三相电压，电流的正负模拟输入引脚。完全差动输入方式，正常工作最大输入 $V_{pp}$ 为 $\pm 1.5V$ ，最大承受电压为 $\pm 6V$ 。其中 1, 3, 5 为电流信道，2, 4, 6 为电压信道
RESET	输入，复位管脚，低电平有效
SIG	输出，初始为低电平，当外部 MCU 写入表数据后，变为高电平
REFCAP	输出，基准电压 2.4V，可外接
AGND, AVCC	模拟电路电源，正常工作电压 5V
REFOUT	基准电压输出，用做外部信号的直流偏置
TEST	输入，测试管脚，正常应用接地
SEL	输入，低电平为三相三线，高电平为三相四线
VDD	内核电源 输出 3.0V
VCC, GND	数字电源引脚，正常工作电源电压应保持在 $5V \pm 5\%$
CS, SCLK, DIN, DOUT	SPI 相关引脚，分别为片选，时钟输入，数据输出，数据输入
OSCO1, OSCO	系统晶振输入输出端

下面对 ATT7022A 的部分模块进行大概介绍：

**电源监控电路：**ATT7022A 片内包含了一个电源监控电路，连续对模拟电源 (AVcc) 进行监控。当电源电压低于  $4V \pm 5\%$  时，芯片将被复位。这有利于电路上电和掉电时芯片的正确启动和正常工作。电源监控电路被安排在延时和滤波环节中，这在最大程度上防止了由电源噪声引发的错误。为保证芯片正常工作应对电源去耦，使 AVcc 的波动不超过  $5V \pm 5\%$ 。

**模数转换：**ATT7022A 片内集成了 6 路 16 位的 ADC，采用双端差分信号输入。输入最大的正弦信号有效值是 1v。建议将电压通道  $U_n$  对应的 ADC 输入选在 0.5v 左右，将电流通道  $I_b$  对应的 ADC 输入选在 0.1v 左右。

### 3.1.3 电网参数采集

在电网监控系统中，为了实现对电网的监视与控制，首先必须获得表征电网实时运行状态的遥测量值和遥信状态，以便对这些信息进行适当的加工处理，形成控制电网安全、稳定和经济运行的遥控、遥调命令。电工测量变送器（电量变送器）是将一种电量变换为供测量用的另一种电量的仪器，因而也称电量变换。它在电网监控系统中居首要地位，起着十分重要的作用。

在实际的电力系统中，被测的模拟电量通常具有较高的电压或较大的电流，一般不可能直接测量，也不宜直接输入变送器，必须通过电压互感器和电流互感器转换为小电压和小电流。高压线上的电压是 10KV，首先要通过专用的互感器从高压线上把电压采下来并转换为 220V 的电压。这个部分不需要我们来做。我们要做的是把 220V 的电压转换到模块所需要的范围内。所以变送器以互感器二次量做为输入信号，经过电流变送模块和电压变送模块进入我们的测量模块。电网参数采集原理图如图 3.3 所示。

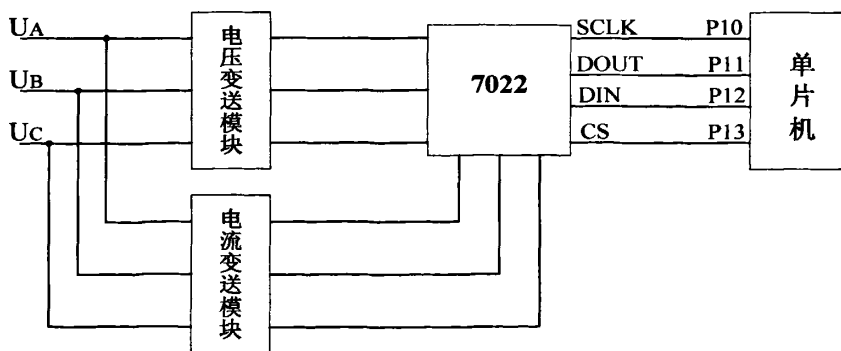


图 3.3 电网参数采集原理框图

**电压变送模块：**采用电压互感器把交流 AC220V 电压转换成 7022 可以采集的电压信号。

**电流变送模块：**采用电流互感器把交流 AC220V 电流转换成 7022 可以采集的电压



电阻。

电力系统中除了基波之外，还存在着各次谐波，这给我们希望准确测量交流系统的各个运行参数带来了困难。针对谐波与各种干扰的存在，在交流被测量进入测量装置时，设置了模拟式滤波器，以消除较高次的谐波。本系统采用 RC 低通滤波器，可以消除掉输入信号中的干扰（包括较高次谐波），保留有用信号，相对提高输入信号的信噪比，同时还做浪涌电压保护，防止浪涌电压进入通道内部，破坏信息设备。

### 3.1.4 控制系统的设计

本系统可实现空气压缩机的远程开启与关闭控制以及高压熔断器的远程断开和闭合控制。监控终端通过 GPRS 模块接收上位机发送的命令来执行相应的动作。通过电磁阀控制气缸的进气或出气来控制高压熔断器的断开与闭合。MC1413 只能输出 12V 电压，所以对交流接触器（220V）的控制要借助于中间继电器（12V）来实现。控制逻辑图如图 3.5 所示：

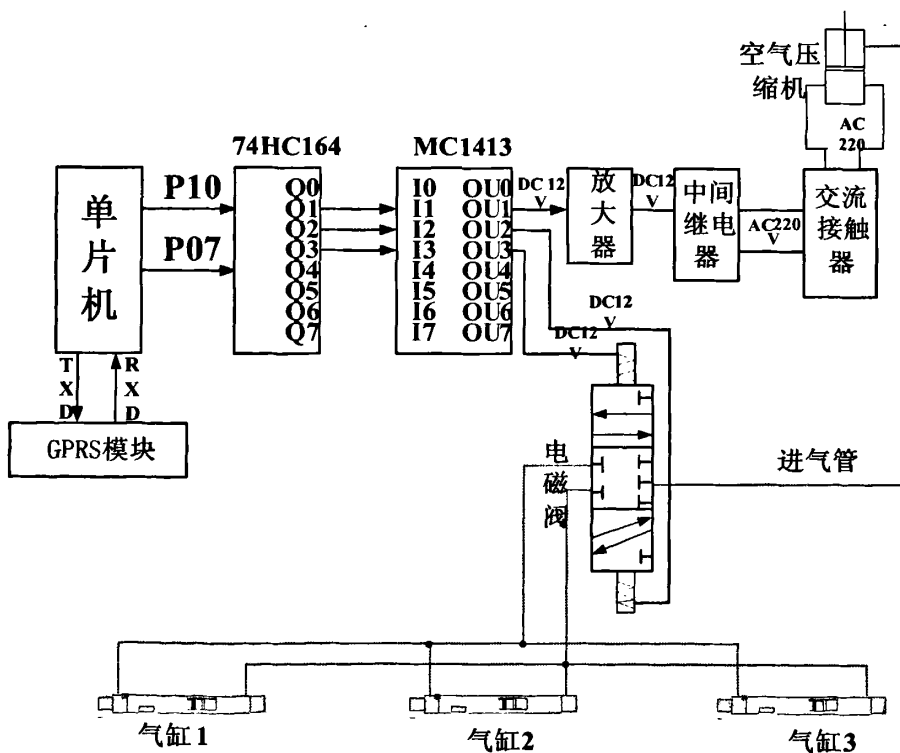


图 3.5 控制逻辑图

单片机通过 GPRS 模块收到监控中心（上位机）控制命令后，从 P1.0 以字节为单位向 74HC164 输出控制命令，同时从 P0.7 口输出移位脉冲。74HC164 为串行输入，并行输出器件，将控制命令以高低电平从 8 个输出口输出。74HC164 为 5V 供电器件，其输

出电压为 5V，且输出电流较小，不利于驱动后续负载，使用 MC1413 提高输出电压和输出电流。MC1413 具有驱动器和反向器的双重功能，输出电压为 12V。对 MC1413 输出信号，用 CMOS 场效应管提高驱动功率，供外围电路使用。

空气压缩机功率为 1.5KW，额定电流为 7.5A。由于 CMOS 场效应管的输出电压为 12V，使用中间继电器驱动交流接触器。中间继电器的线圈电压为 12V，触点接 AC220V，触点可通过 5A 电流，不能直接驱动空气压缩机。所以要使用中间继电器驱动交流接触器，控制空气压缩机。

气动控制采用三位五通阀，具有中位截止功能。其线圈电压为 DC12V，工作电流较小，使用场效应管直接驱动。

### 3.1.5 检测电路的设计

本系统是对电网的监测与远程控制，所以稳定性与可靠性尤为重要。在此情况下，本系统设计有电源充电检测与气泵压力检测电路。我们采用气动控制高压熔断器，为了保证随时可以投切，就有必要对气泵的压力进行实时检测。本系统装配有蓄电池，并对蓄电池电压进行实时检测并自动充电，从而可以保证在断电情况下系统正常工作。

#### (1) 压力检测

在本系统的设计中，单片机通过接收命令来控制高压熔断器的断开与闭合，采用的是气动控制，而且要保证每次控制动作都能完成。在气泵压力小的情况下，高压熔断器的断开与闭合是不能够正常完成的，所以就对气泵的压力进行检测。

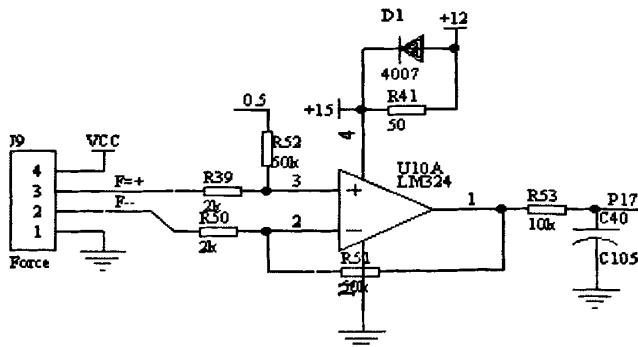


图 3.6 压力检测电路图

压力检测的是模拟信号，而计算机只能接收数字信号，所以要有一个多路 A/D 转换电路。压力检测电路如图 3.6 所示。在本系统中所选择的 C8051F330 单片机上带有 10 位 A/D 转换。压力是模拟信号，要用传感器将其转变成电量信号去进行测量。压力信号通过压力传感器转化后是一个微小的电压变化信号，所以我们采用 LM324 运算放大器来对信号进行放大。采样信号通过 LM324 把信号进行放大、调理、滤波后，送入 A/D 采集端进行数字采集。

LM324 是封装有 4 个运算放大器的普通芯片。在进行一般信号的放大过程中，不管从使用角度，还是从经济角度来说，它都是最好的选择。但是它有一个最大的缺点是输出失调电压大（大约为 20mv 左右），在进行微小的电压的测量时，误差太大不能使用。

### (2) 蓄电池电量检测及充电

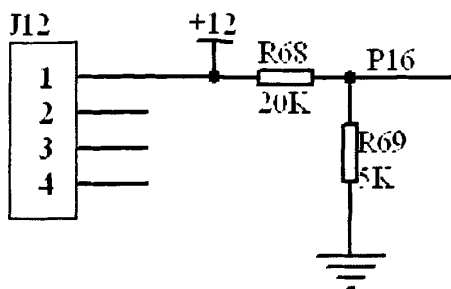


图 3.7 蓄电池电量检测电路

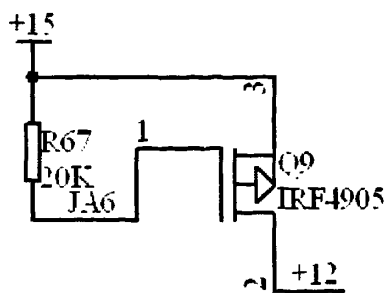


图 3.8 蓄电池充电电路

蓄电池的电压是 12V，不能直接进行检测，需要进行分压后才能进入单片机进行检测，我们采用 20K 电阻（R68）和 5K 电阻（R69）进行分压，蓄电池电量检测电路如图 3.7 所示。

R68 的压降为： $12V \times 20K / 25K = 9.6V$

单片机的采样电压为： $12V - 9.6V = 2.4V$

电压是模拟信号，所以也需要进行 A/D 转换，A/D 转换的过程类似压力检测。

当蓄电池的电压过低时，由单片机发送命令，控制 MC1413 各通道开断来控制 IRF4905 导通与否实现对蓄电池充电，IRF4905 为低功耗 PNP 型场效应管。蓄电池充电电路图如图 3.8 所示。

### 3.1.6 LED 显示

在整个系统中，要实时监测各个变电站的实时情况，并根据实际需要需要通过 GPRS 发送命令，通过单片机控制电磁阀来实现高压熔断器的断开与闭合。因此，就必须对变电站进行编号。单片机应用系统中，使用的显示器主要有发光二极管显示器 LED、LCD 和荧光管显示器。LED 由发光二极管基本单元组成，可显示数字、字母和符号，具有功耗低、寿命长、显示亮度高和价格较低的特点，特别适合作自动化装置的显示器，因此本设计的显示模块采用 LED 数码管显示器，来显示变电站号。

#### (1). LED 显示器结构原理

LED 数码显示器由 8 个发光二极管组成，其中七个发光二极管排列成“8”字型笔画段，另一个发光二极管为圆点形状，安装在显示器右下脚作小数点用。这种显示器又称

为发光数码管。根据内部二极管连接方式，数码管结构又分为共阴极型和共阳极型。共阳极 LED 显示器内部的 8 个发光二极管阳极连在一起接高电平，而阴极则各自独立引出，当某个发光二极管的阴极接低电平时，发光二极管电亮，相应的段码显示。本系统采用共阳极的 LED 显示。

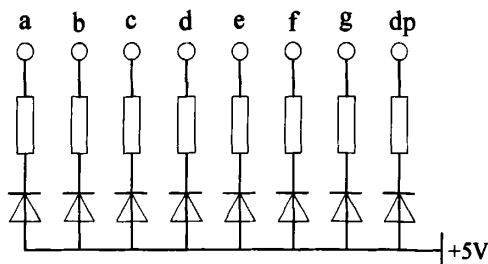


图 3.9 共阳极结构图

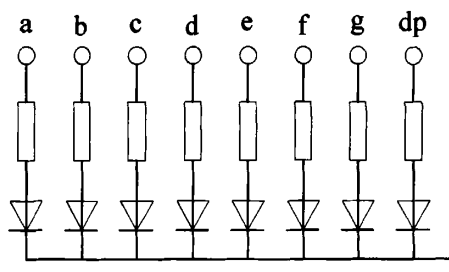


图 3.10 共阴极结构图

## (2). LED 显示方式选择

在单片机应用系统中，LED 显示器有静态显示和动态显示两种方式。

所谓静态显示，就是显示器显示某个字符时，相应发光二极管恒定的导通或截止，直至显示另一个字符为止。静态显示时，各个发光二极管独占输出口具有锁存功能的输出口线，CPU 将字型代码送到输出口线上，由于有锁存功能，即使 CPU 不再访问它，显示内容也不会消失，可见静态显示基本不占用 CPU 时间资源。

动态扫描显示是将所有位的段选线并联在一起，由一个 8 位 I/O 口控制。为了防止各个显示器同时显示同时相同字符，显示器公共端还受另一组 I/O 口控制，用来选择相应位工作，称为位选。这样，对一组 LED 数码显示器需要两组控制信号：在某瞬间，段选控制 I/O 口输出相应字符段选码，而位选则控制 I/O 口在该显示位送入选通电平，以保证该位显示相应字符。如此轮流，实现动态扫描显示。由于人眼的视觉暂留时间为 100ms，所以每位显示时间不能超过 20ms，并保持一段时间，以造成视觉暂留效果，达到和静态显示相仿的目的。

从上面的分析对比可知，静态显示基本不占用时间资源，而动态显示要不断的对显



示端口进行扫描，占用较多 CPU 时间资源。从速度控制的实时行上说，静态显示方式更优。另外静态显示还有程序简单、显示亮度高等优点，其显示驱动器的选择也较为简单。基于以上考虑，数字控制器选择 LED 静态显示方式。

### (3). LED 接口设计

本数字控制器中，利用 330 单片机的引脚模拟串行口 RXD 和 TXD 引脚，引脚作为数据输出口，引脚输出移位脉冲。为了将串行输出数据转换为并行输出显示，本文选用“串入并出”的移位寄存器 74ALS164，它的功能是将串行输入的数据转为并行输出，74ALS164 有一时钟输入端，在 CLK 时钟输入端有一正跳变时，输出数据移位一次。本系统设计有两个 LED 显示，可以显示 00-99 个台号。接口电路图如图 3.11 所示。

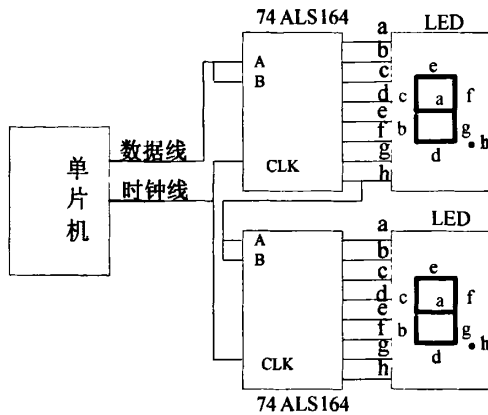


图 3.11 LED 显示接口

从上面的设计可以看出，整个 LED 静态显示电路主要由移位寄存器、显示器构成。需要增加台号多位显示时，将移位寄存器串联起来，不需要增加 I/O 口线。该接口电路具有显示亮度大、清晰度高、节约 CPU 时间、程序设计简单等优点。

### 3.1.7 JTAG 调试接口电路

JTAG 是一种国际标准测试协议，主要用于芯片内部测试及对系统进行仿真、调试，JTAG 技术是一种嵌入式调试技术，它在芯片内部封装了专门的测试电路 TAP（Test Access Port, 测试访问电路），通过专门的 JTAG 测试工具对内部节点进行测试。目前大多数比较复杂的器件都支持 JTAG 协议，如 ARM, DSP, FPGA 器件等。标准的 JTAG 接口是 4 线：TMS, TCK, TDI, TDO 分别为测试模式选择、测试时钟、测试数据输入和测试数据输出。

JTAG 测试允许许多器件通过 JTAG 接口串联在一起，形成一个 JTAG 链，能实现各个器件的分别测试。JTAG 接口还常用于实现 ISP（In-System Programmable 在系统编程功能，）如对 FLASH 器件进行编程等。通过 JTAG 接口，可对芯片内部的所有部件进

行访问，因而是开发调试嵌入式系统的一种简洁高效的手段。本系统采用的 JTAG 接口如图 3.12 所示。

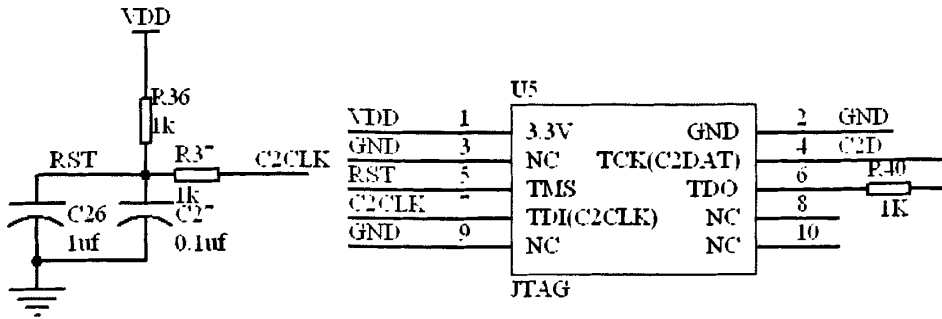


图 3.12 JTAG 调试电路接口

### 3.1.8 电源部分电路设计

根据前面对系统中各个功能模块的分析和设计，知道在我们的系统中，微处理器 8051F330 的电源是+3.3V，三相电测量模块和 GPRS 模块的电压是 5V。因此我们的系统需要提供两种不同的电压。要实现两种不同的电压，我们的设计选择使用电压转换芯片来实现，因此需要设计单独设计 5V 和 3.3V 电源压变换电路。

#### (1) 5V 电源电路设计

采用变压器及整流电路把电压转换为 15V，再选用稳压块 7805，得到稳定的 5V 电压输出。稳压块 7805 的作用是当输入电压或负载等发生变化时，能自动维持稳定的 5V 输出电压，而且有过流、过热保护功能，稳压块 7805 最大的输入电压为 35V。在实际使用时为了保证输出电压地稳定性和瞬态响应性，一般在输出端与地之间接一个大于 0.1uF 的小电容。另外，当稳压块电压输入端距离电源太近时也可通过在输入端与地之间接一抗干扰电容。+5V 电压设计电路如图 3.13 所示。

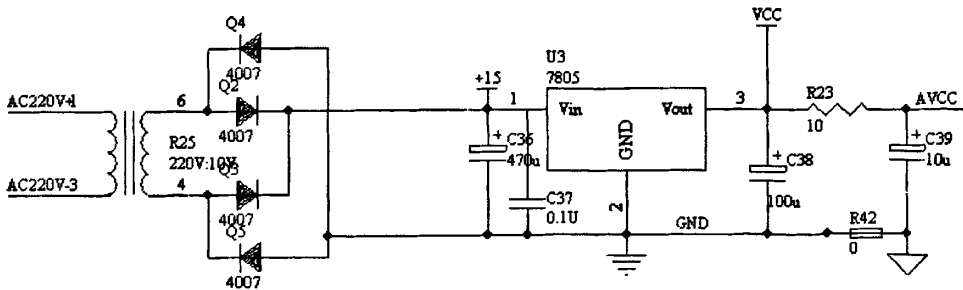


图 3.13 +5V 电压设计电路图

#### (2) 3.3V 电源电路设计

由于本单片机工作电压为 3.3V，所以对于上述经过 7805 稳压块后得到的 5V 电压还需进行处理才可以提供给单片机。本文选用集成稳压块 AMS1117。AMS1117 的最大输出电流为 1A，在输出电流最大时其补偿电压最大为 1.3V，使用简单，可进行短路和过热保护。+3.3V 电压设计电路如图 3.14 所示。

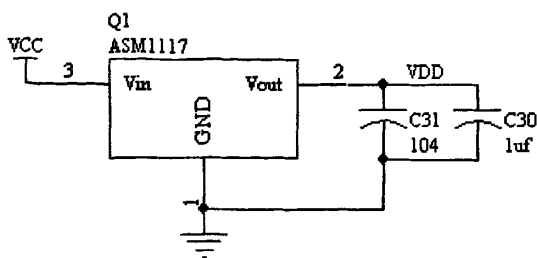


图 3.14 +3.3V 电压电路图

### 3.1.9 底层近端通信

在终端系统中，考虑到系统以后的扩展和升级，同时为了方便调试，我们设计预留了 RS-485 总线控制接口和 CAN 总线控制接口。

#### 1. RS-485 总线

在应用系统中，RS-485 半双工异步通信总线是被各个研发机构广泛使用的数据通信总线，它是在 RS-232、RS-422 标准上研究出来的一种支持多节点、远距离和接收高灵敏度的总线标准。

RS-485 总线技术成熟，实现方便，成本低廉。它采用“平衡差动式”数据传输方式。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，接收器将差分信号转换成 TTL 电平，因此具有抑制共模干扰的能力。同时由于接收器具有高的灵敏度，能检测低至 200mV 的电压，使传输信号能在千米以外得到恢复。在本系统中，选择了 MAXIM 公司的 MAX485 芯片作为 RS-485 的收发器。MAX485 芯片接口如图 3.15 所示。

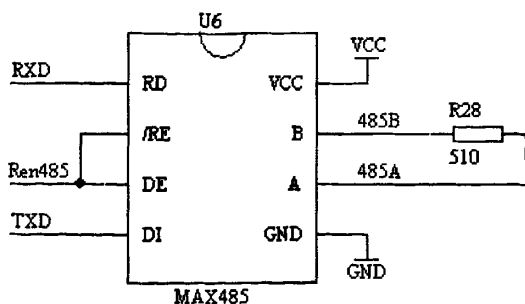


图 3.15 MAX485 接口电路

## 2. CAN 总线

CAN (Controller Area Network) 即控制器局域网，是一种全数字化、多主和双向的现场总线。最初是德国的 Bosch 公司为汽车的监测控制系统而设计，解决汽车众多控制设备与仪器仪表之间的数据交换问题，它主要具有以下特点：

- ◆ CAN 总线可以构成多主系统，采用非破坏性基于竞争的总线仲裁技术，通过设置优先级有效地避免总线冲突。
- ◆ CAN 总线每帧信息都有 CRC 效验及其它检验措施，保证数据的出错率极低，当数据错误比较严重时具有自动关闭功能，避免系统瘫痪。
- ◆ CAN 总线通讯距离最远可达 10km/5kbps，通讯速率最高可达 1Mbps/40m。
- ◆ NRZ 编码/解码方式，并采用填充（插入）方式。
- ◆ CAN 总线具有良好的软硬件开放性，用户能在 CAN 前端单元上开发自己的软硬件系统，以满足不同的具体要求。
- ◆ CAN 总线能判别暂时错误和永久性的故障以及故障节点的自动脱离。

CAN 总线规范 2.0 已经被列为国际标准 ISO118980，它是一种串行通讯协议，CAN 总线规范了任意两个 CAN 节点之间的兼容性，包括电气特性及数据解释协议。为保证设计使用的透明性和灵活性，CAN 协议分为物理层、传输层和目标层。

物理层功能包括：实际位传送过程上的电气特性。

传输层功能包括：帧组织、总线仲裁、检错、错误报告、错误处理。

目标层功能包括：信息识别、信息状态及处理。

CAN 总线支持四类文帧：数据帧、远程帧、出错帧和超载帧。

CAN 总线虽然也采用差分方式传送数据，但是由于其通讯的协议比 485 总线安全多，它所带来的可靠性、实时行、灵活性以及低成本远距离传输等优异性能是 485 不能比的。CAN 模块接口电路如图 3.16。

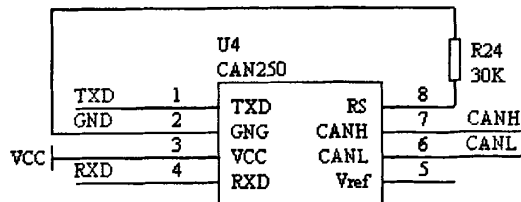


图 3.16 CAN 模块接口电路

## 3.2 软件设计

电网监控系统的终端软件设计包括主程序设计、电网参数采集程序设计(SPI 总线)、

模拟量测量程序设计、控制部分(接收上位机命令)程序设计等。主程序流程图如图 3.17 所示:

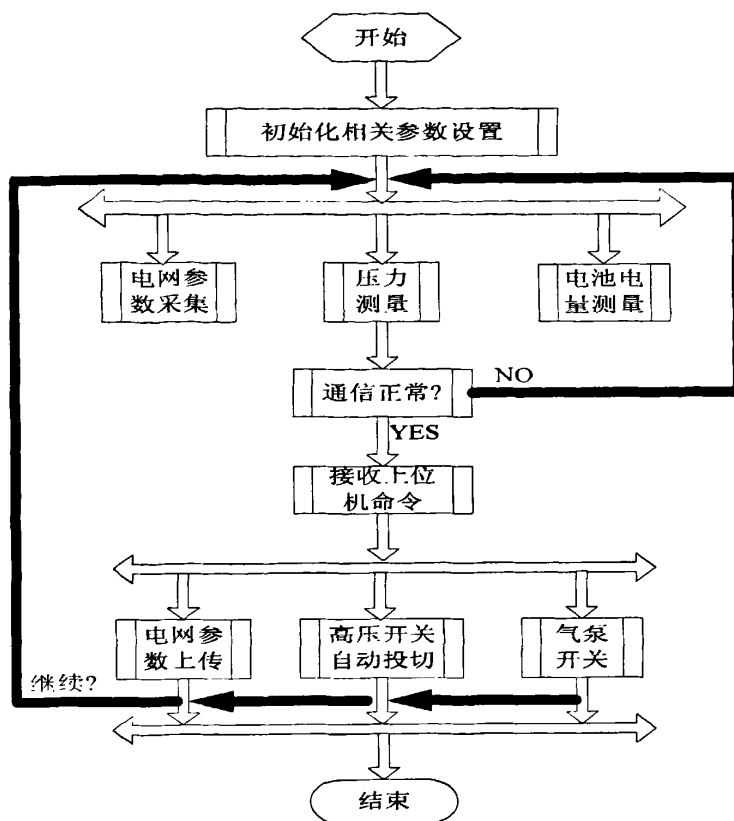


图 3.17 主程序流程图

### 3.2.1 电网参数采集

SPI (Serial Peripheral Interface——串行外设接口) 总线系统是由摩托罗拉公司开发的全双工同步串行总线, 该总线大量用在与 EEPROM、ADC、FRAM 和显示驱动器之类的慢速外设器件通信。SPI 是一种串行同步通讯协议, 由一个主设备和一个或多个从设备组成, 主设备启动一个与从设备的同步通讯, 从而完成数据的交换。本系统中, C8051F330D 单片机内部集成有 SPI 总线, ATT7022A 内部也集成了一个 SPI 串行通讯接口, ATT7022A 的 SPI 接口采用从属方式工作, 使用 2 条控制线和 2 条数据线 CS、SCLK、DIN 和 DOUT。

ATT7022 的 SPI 通讯格式是相同的, 8 位地址, 24 位数据, MSB 在前, LSB 在后, 对每个寄存器的读写 CS 信号需动作一次。通讯开始时 SCLK 为低电平, CS 由高到低, 经过 32 个时钟脉冲 SCLK, CS 由低到高, 完成一个寄存器的读或写操作。ATT7022 在时钟的下降沿从 DIN 线上取单片机送出来的数据, 在上升沿从 DOUT 线上向单片机送

出数据，因此，在写单片机程序时，可在 SCLK 为高时更新 DIN 或 DOUT 的数据。

SPI 接口信号时序图如图 3.18 所示：

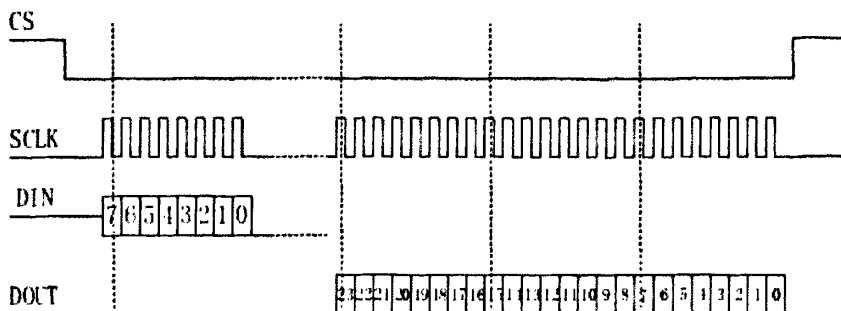


图 3.18 SPI 时序

**CS：**片选（输入脚）允许访问串口的控制线。CS 由高电平变为低电平时表示 SPI 操作开始，CS 由低电平变为高电平时表示 SPI 操作结束。所以每次操作 SPI 时 CS 必须出现下降沿，CS 出现上升沿 时表示 SPI 操作结束。

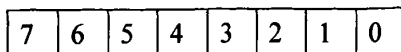
**DIN：**串行数据输入（输入脚），用于把用户的数据（如数据/命令/地址等）传输到 ATT7022A。

**DOUT：**串行数据输出（输出脚）用于从 ATT7022A 寄存器读出数据。

**SCLK：**串行时钟（输入脚），控制数据移出或移入串行的传输率。上升沿放数据，下降沿取数据。SCLK 下降沿时将 DIN 上的数据采样到 ATT7022A 中，SCLK 上升沿时将 ATT7022A 的数据放置于 DOUT 上输出。

上图中的时序图可以用两种方法来实现，(1)用单片机 I/O 口程序用移位的方法模拟串行接口时序；(2)本系统中的 8051F 系列单片机内部具有硬件 SPI 模块，当对其进行适当的配置后，只要给其发送寄存器写入要发送的命令数据，它就会自动把一组数据发送出去。并且自动接收一个字节的的数据。采用第一种方法会增加软件的编写量，第二种方法也能满足我们的需要，它比软件模拟 SPI 通信模式可靠性更高，传送速度也更快。因此，我们选择第二种方法，并在 SPI 功能寄存器中进行设置。

命令格式说明：



**Bit7: 0** 表示读命令，用于外部 MCU 读取 ATT7022 的计量数据

1 表示写命令，用于更新校表数据

**Bit6~0:** 表示数据地址

8 位地址对应 24 位数据。通信过程如下：

单片机发送命令（地址） $\longrightarrow$  等待确认 $\longrightarrow$  ATT7022A 返回对应的电能参

数。在实际应用中，单片机每发送一次命令，要经过约 3 微妙的时间，7022 才能返回正确的数据，在这期间返回的数据有可能是无效的，所以要使用校表数据校验寄存器来确定有效数据。查看数据校验寄存器固定的返回值(1)在三相四线下为 0x043D03;(2)在三相三线下为 0x16BD03。我们采用三相四线，通过查看其返回来的数值来判断 SPI 通信是否正常。

### 3.2.2 模拟量测量

压力测量和蓄电池电量测量都属于模拟量的采集，它们的程序流程基本一致，只是具体对应的参数不一样，所以将这两个模块的软件设计放在一起。

A/D 模块程序一般包含两部分：AD 初始化子程序和 AD 采集子程序。AD 初始化子程序一般包含以下几部分：ADC0 时钟设置，PGA 增益设置，AD 启动方式，AD 转换结果格式、参考电压选择，AD 输入模式设置。通过设置 ADC0 相应的特殊功能寄存器来实现。

AD 采集子程序如图 3.19 所示，其输入参数：起始通道号、通道个数和采样平均次数；输出参数：ADdata1[6]。函数可完成对多个通道连续采样，并且对每个通道进行多次采样和数字滤波功能。

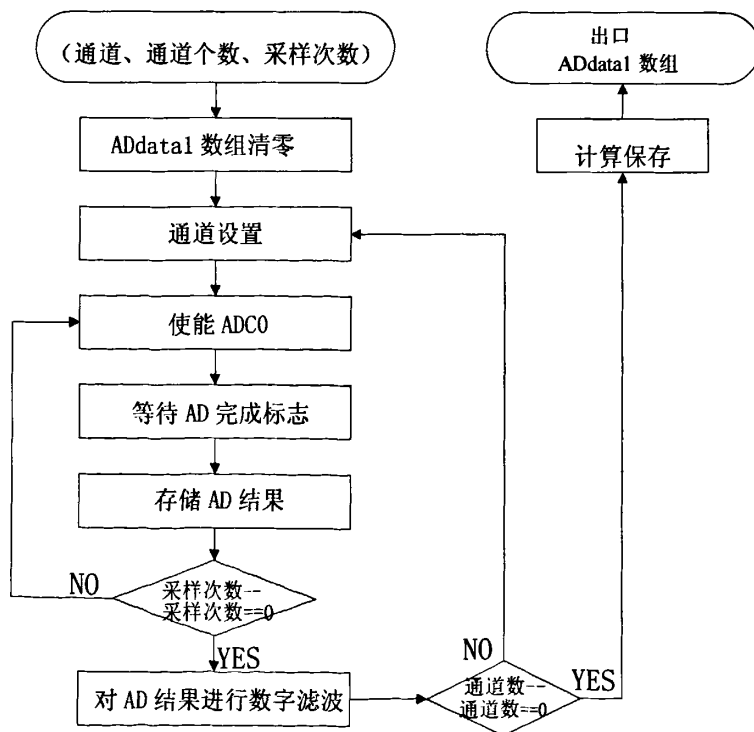


图 3.19 AD 采集子程序流程图

### 3.3 抗干扰设计

#### 3.3.1 硬件抗干扰设计

在硬件设计中，一定要充分考虑抗干扰的要求，避免形成不可预知的错误，导致系统功能不能实现。我们的系统是用在高压电网上的，在高压环境下，不免要产生很多干扰，在设计中不可忽略这些干扰，要进行相关的抗干扰设计。

形成干扰的基本要素有三个：

(1) 干扰源。指产生干扰的元件、设备或信号。凡是电压变化率，电流变化率大的器件都是可能的干扰源。

(2) 传播路径。指干扰从干扰源传播到敏感器件的通路或媒介。典型的干扰传播路径是通过导线的传导和空间的辐射。

(3) 敏感器件。指容易被干扰的对象。如：A/D、D/A 变换器，单片机，数字 IC，弱信号放大器等。

在电路抗干扰设计中，除了要选择抗干扰能力强的器件外，还要在电路设计和 PCB 的设计中注意很多设计规则。本课题采取了以下的抗干扰措施：

##### (1) 抑制干扰源

抑制干扰源是抗干扰最为有效的方法，就是尽可能减小干扰源的  $du/dt$ ,  $di/dt$ ，这是抗干扰设计中最优先考虑和最重要的原则。在我们的设计中，主要用到以下的方法来抑制干扰源。

- 电路板上每个 IC 要并接一个 0.01F~0.1F 高频电容，以减小 IC 对电源的影响。高频电容的布线，连线应靠近电源端并尽量粗短。
- 布线时要避免 90 度折线，减少高频噪声发射。

##### (2) 切断干扰传播途径

在切断干扰传播途径方面，主要有以下工作。高频干扰噪声可以通过在导线上增加滤波器的方法切断，有时也可以加隔离光耦来解决。电源噪声的危害最大，要特别注意处理。辐射干扰一般的解决方法是增加干扰源与敏感器件的距离，用地线把它们隔离和在敏感器件上见蔽罩。

在我们的设计中用到的切断干扰传播途径的方法：

- 晶振布线十分注意。晶振与 MCU 引脚尽量靠近，用地线把时钟区隔离起来，晶振外壳接地并固定。
- 电路板合理分区，强、弱信号，数字、模拟信号。
- 数字区与模拟区要隔离，数字地与模拟地分离，最后分别用光耦与电源地连接。
- 可以把终端模块分成两个板子，容易产生干扰的三相电采样输入部分为一块板



子，通讯和控制模块在另一块板子。这样在很大程度上防止高压线路上的干扰进入通讯和控制模块。

- 尽可能把干扰源与敏感元件远离。

### (3) 提高敏感器件的抗干扰性能

提高敏感器件的抗干扰性能是指敏感器件尽量减少获得干扰噪声的能力，以及尽快脱离异常状态的能力。在提高敏感器件的抗干扰性能方面，我们的设计使用了下面的方法措施：

- 布线时尽量减少回路环的面积，以降低感应噪声。
- 布线时，电源线和地线尽量粗。这样做除了能减少压降外，还可以降低耦合噪声。
- MCU 闲置的 I/O 口，不要悬空，要接地或接电源。其他 IC 闲置端在不改变系统逻辑的情况下接地或接电源。
- MCU 尽量使用低速晶振。
- 采用贴片 IC 器件，不用 IC 座。<sup>[34][39]</sup>

## 3.3.2 软件抗干扰设计

尽管采取合适的硬件抗干扰措施可以降低各种干扰因素对检测系统的影响，但并不能完全消除干扰造成的测量误差和数据采集过程中引入的各种噪声干扰。因此，在智能测控系统中，应该要充分发挥智能化测试系统的逻辑判断、数据处理方便和数据存储的优势，采用各种软件措施，提高系统的抗干扰能力。

### (1) 软件看门狗

MCU 内部有一个使用系统时钟的可编程看门狗定时器 (WDT)。当看门狗定时器溢出时，WDT 将强制 MCU 进入复位状态。为了防止复位，必须在溢出发生前由应用软件重新触发 WDT。在实际应用中，系统采用 12M 晶体振荡器，超时间隔的范围是 0.00525~87.38ms，在软件运行中，定期的清除看门狗防止系统复位。

### (2) 数字滤波技术

在系统的模拟量输入通道中，若有干扰信号作用在模拟信号上，就会使 A/D 转换结果偏离真实值。如果只采样一次 A/D 转换结果，就无法知道其是否真实可靠，为了对被控对象进行精确地测量，就必须进行多次采样，得到一个 A/D 转换结果的数据序列，对这一序列数据再作各种数字滤波处理，最后才能得到一个可信度较高的结果值。由于本测试系统控制简单，数据处理较少，所以采用较为简单的算术平均值滤波法。此滤波方法是从输入的 N 个采样数据  $\{x_i\}$  ( $i=1, 2, \dots, N$ ) 中，寻找一个  $y$ ，使  $y$  与各采样值之间的偏差的平方和最小，即

$$E = \min \left[ \sum_{i=1}^N (y - x_i)^2 \right] \quad (3.1)$$

由一元函数求极值的原理可得

$$y = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (3.2)$$

式中,  $y$  为  $N$  个采样值的算术平均值;  $x_i$  为第  $i$  次采样值;  $N$  为采样次数。此方法对一般的具有随机干扰的信号进行滤波, 这种信号的特点是信号本身在某一数值范围附近上下波动。在数据采集过程中, 一般取  $N$  次, 当  $N$  值较大时, 平滑度高, 灵敏度低; 反之, 当  $N$  较小时, 平滑度低, 灵敏度较高。本系统中  $N=10$ , 利用算术平均值滤波即可消除随机干扰。

### 3.4 机械执行装置动力选择

电网监控机械执行装置由气泵、储能罐、电磁换向阀、气缸(气动元件)以及机械手(气动执行元件)等元件组成。终端机械执行机构的安全和可靠性以及结构合理性在电网监控与调度系统中占有很重要的地位, 机械执行机构决定了监控中心的命令能否得到贯彻。

终端机械执行装置采用气压传动技术来实现功能, 综合考虑了实际应用条件, 安装和成本等因素。气压传动是以压缩空气为工作介质, 以气体的压能传递动力的传动方式。

进行能量传递和信号传递的一门技术。气压传动的工作原理是利用空气压缩机把电动机或其他原动机输出的机械能转换为空气的压力能, 然后在控制元件的作用下, 通过执行元件把压力能转换为直线运动或回转运动形式的机械能, 从而完成各种动作。

气动装置结构简单, 成本低, 维护方便, 过载能自动保护。与机械、电气、液压传动相比, 气压传动有如下优势:

- (1) 气压传动动作迅速、反应快, 维护简单, 工作介质清洁, 不存在介质变质等问题。
- (2) 气体压力具有较强的自保持能力, 即使压缩机停机, 关闭气阀, 但装置中仍然可以维持一个稳定的压力。
- (3) 气动元件可靠性高、寿命长, 一般可运行 2000~4000 万次。
- (4) 成本低, 过载能自动保护。
- (5) 工作环境适应性好, 特别是在易燃、易爆、多尘埃、强磁、辐射、振动等恶劣环境中, 比电子、电气、液压传动和控制优越。

### 3.5 小结

本章介绍了终端模块的硬件和软件设计及具体实现, 对每个模块进行了分析和设计, 并给出了相关电路, 同时对机械执行装置动力的选择进行了说明。最后进行了系统抗干扰方面的设计, 采取硬件和软件相结合的抗干扰策略。通过本章, 我们建立了终端模块的整体设计。

## 4 远程监控中心的设计

在电网监控与调度系统中，现场监控终端实现了数据采集与发送功能，还需监控中心接收、显示存储才能实现整个数据采集与监控功能。

### 4.1 监控中心的需求分析

#### 4.1.1 监控中心硬件需求

监控中心必须有一台计算机接入 Internet 网络，只要主流的 PC 机配置就可以满足要求。监控中心的监控主机只要能够接入 Internet 网络就可以，本系统动态 IP 接入。

#### 4.1.2 监控中心软件功能需求

监控中心主机实现以下功能：

(1) 接收各个监控终端发来的现场数据，主机作为客户端等待各监控现场的数据，如有数据就进行接收。

(2) 解析接收来的数据包，并存入本地数据库。将数据包解析到以下数据段并存入数据库，以变管理查询。

- ◆ 设备 ID 编号（变电站号）
- ◆ SIM 卡号
- ◆ 时间
- ◆ 信息类型
- ◆ 参数值

(3) 根据设备编号选择一路或多路对象的监控数据进行实时显示。

(4) 控制模块（控制高压熔断器与气泵充气）

(5) 数据库管理和查询。

(6) 电量曲线的绘制，便于分析用电量情况。

### 4.2 监控中心软件的选择

LabWindows/CVI 是 National Instruments 公司推出的一套面向测控领域的软件开发平台。它以 ANSI C 为核心，将功能强大，使用灵活的 C 语言平台与数据采集，分析和表达的测控专业工具有机地接和起来。它的集成化开发平台，交互式编程方法，丰富的控件和库函数大大增强了 C 语言的功能，为熟悉 C 语言的开发人员建立检测系统，自动测量环境，数据采集系统，过程监控系统等提供了一个理想的软件开发环境。该软件

开发平台综合了图形化测试平台和标准化平台的优点，开发程序效率较高、可靠性好，界面设计方便灵活，满足了测试系统软件的开发与研制。因此，最终选用 NI 公司出品的 LabWindows /CVI 为开发平台。该软件主要有以下特点：

(1) Lab Windows/CVI 的编程技术主要采取事件驱动方式和回调函数方式，编程方式简单易学，编程结构简单明了。

(2) Lab Windows/CVI 提供了功能强大的丰富的函数库，利用这些库函数不仅可以实现常规的程序设计，还可以实现更加复杂的数据采集和仪器控制系统的开发应用，为测控系统的开发和应用提供了广阔的前景。

(3) 在开发应用程序时可以非常方便的使用编译好的 C 语言目标模块、动态链接库(DLL)、C 静态库和仪器驱动程序等模块化的程序。

(4) 仪器库是 Lab Windows/CVI 的特殊资源，它包括 GPIB、VXI 和 RS-232 仪器的驱动程序，如示波器、万用表和函数发生器等，每个驱动程序都提供可编程的源代码，同时利用它的库函数可以创建自己的仪器驱动程序。

(5) 使用 Lab Windows/CVI 的用户界面编辑器可以创建并编辑图形用户界面(GUI)，而使用它的库函数可以在程序中创建并控制 GUI，使软件的使用灵活多变<sup>[5]</sup>。

### 4.3 监控中心主要功能

监控中心主要实现与 GPRS 通信模块通信，完成数据的接收、显示和存储，控制命令的发送，监控中心功能示意图如图 4.1 所示。监控中心的设计主要完成软件结构设计和应用程序的编制。同时设计了一个友好的用户图形界面，电网监控人机交互界面图如图 4.2 所示。

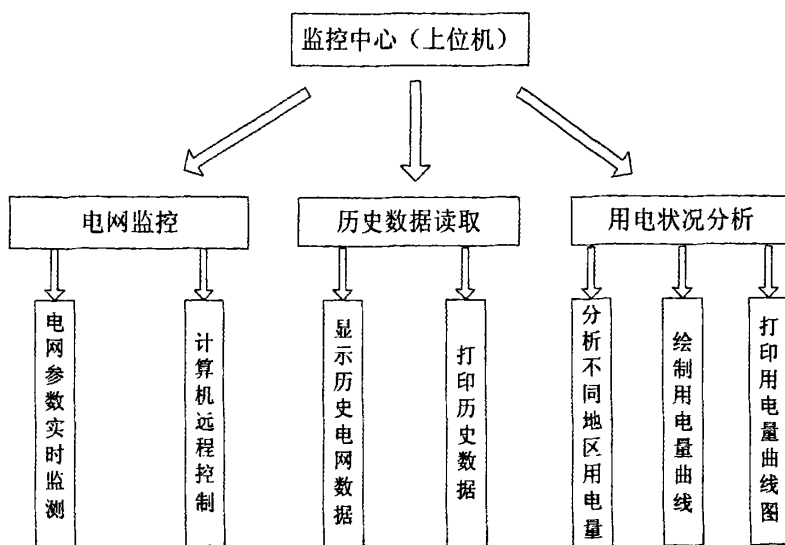


图 4.1 监控中心功能示意图

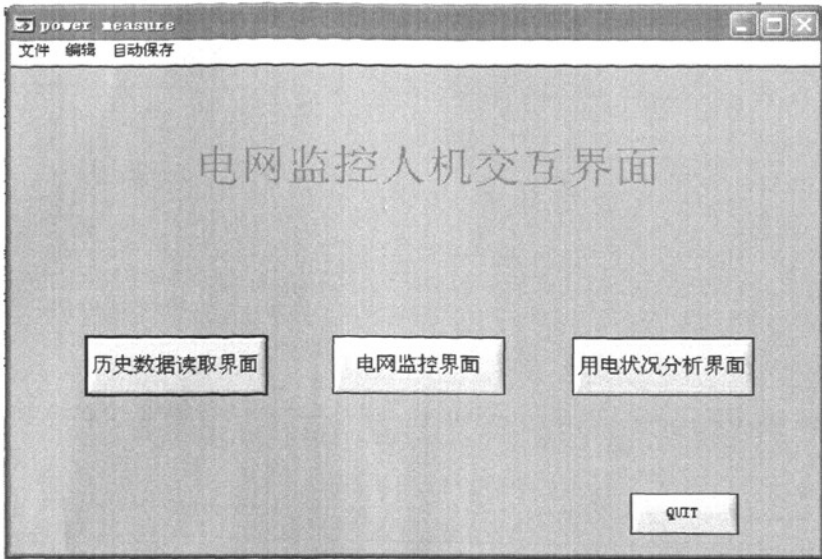


图 4.2 电网监控人机交互界面

#### (1) 电网监控功能

根据输入的变电站号，显示采集的电网电量参数，并实时监测当前电网状况，根据实际需要进行远程控制高压熔断器的断开与闭合及气泵的充气。同时可以保存当前监测数据，方便以后的分析和打印。并能在通信出现故障时报警，暂存数据。方便人工操作。

#### (2) 历史数据读取功能

系统能够将传上来的数据进行记录，存档，可根据需要调出历史数据。系统还要开发出一个数据库链接，最后该数据库可以与电力公司内部的会计电算化数据库对接，可以输出全月，全年用电情况报表输出，财务输出，各地区用电情况分析等功能。

#### (3) 用点状况分析功能

本系统可以显示同一变电站不同时刻和不同变电站同一时刻的用电状况，并可以绘制原始曲线和拟合后的曲线，便于工作人员分析与操作。

### 4.3.1 电网监控界面

电网监控的主界面如图 4.3 所示，主要分为数据显示和控制部分。开始工作时，输入当前变电所号，然后点击采集按钮，系统开始接收监控终端采集的数据，包括三相电力参数（电压、电流、有功电能、功率因数、相角），气泵压力、三相电能和。数据显示部分可以实现对终端的实时监控，该模块运行时，被监测的电力参数会直观显示在程序界面上，并保持实时更新。电力参数实时显示部分有助于工作人员对当前电网状态进行分析，并及时处理出现的各种情况。控制部分主要实现对监控终端的高压熔断器和气泵充气的控制，通过发送相应的命令进行控制操作。在通信正常情况下，通信指示灯会

一直闪烁。同时可以选择对当前显示的数据进行保存操作。



图 4.3 电网监控界面

#### 4.3.2 历史数据读取界面

监控中心按照系统的设计需要，要求把监控数据制作成报表，统计电力数据并打印出来。本设计在 Lab Windows/CVI 中制作数据报表采用了两种方法。

(1) 利用表格 (Table) 控件制作数据报表

(2) 利用动态数据交换 (DDE) 技术，实现 Windows 系统中在程序内部进行数据交换的方式。

第一种利用表格控件 (Table) 直接进行报表制作，这种方法对于简单报表来说方便可靠，成本低，性价比高。

第二种利用动态数据交换技术 (DDE) 实现 Windows 系统中 Lab Windows/CVI 的测试程序与 Excel 进行数据交换 (即将系统的测试数据传送到 Excel 中)。通过 DDE 技术将数据填入 Excel 相应的表格。这种方法对于制作大型的数据报表来说是非常方便的。

(1) 利用表格控件 (Table) 制作报表

在 Lab Windows/CVI 中，表格控件一般是用于数据输入或显示数组数据，每一个表格都可以显示数值、文本或图片。因此，可以利用 Table 控件进行表格的制作。

利用表格填写函数可以将采集到的数据自动插入与之对应的表格当中，实现了数据的整理。表格的填写函数介绍如下：

函数原型为：`int SetTableCellVal (int panelHandle, int controlID, Point cell, value)`

参数说明如下:

**panelHandle:** 整型变量, 函数的句柄, 用于说明控件属于那一个面板。

**ControlID:** 整型变量, 控件的 ID 号, 用于说明这个函数对于哪个控件进行操作。

**Point cell:** 表格控件的特殊参数, 用于说明将要对于表格控件的那一个空格进行操作。

**Value:** 可以为数值、文本或图片的数据, 可以通过 Table 控件的属性进行设定, 本文只插入数值。

数据表格的制作是根据保存数据的次数制定表格的大小, 同时为了实现表格自动输出功能, 调用 PrintCtrl 函数对 Table 控件进行打印, 操作灵活方便。

## (2) 利用动态数据交换技术(DDE)制作报表

动态数据交换技术DDE (Dynamic Data Exchange)是建立在Windows内部消息系统、全局原子和共享内存基础上的一种应用程序之间进行通信的协议。DDE功能的实现是基于Windows消息循环机制,其信息流传输过程是可见的,因而具有更强的实时性,作为一种客户控制传输系统,其方式可以是传递数据、请求数据或者要求服务器程序执行相关的命令,DDE应用程序设计的关键在于建立服务器与客户端的数据交换链路。创建DDE完成数据交换须要两个应用程序。通常把提供数据和执行命令的一方指定为服务器(Server),而获取数据的一方则视为客户端(Client),两者之间进行数据交换的过程称为“会话”(Conversation)<sup>[41]</sup>,其“会话”的流程如图4.4所示:

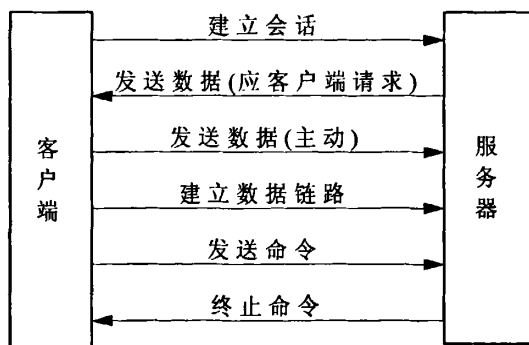


图 4.4 DDE 会话事务流程

我们要将采集来的数据从 Lab Windows/CVI 应用程序传送到 Excel 中创建报表, 就要实现 CVI 与 Excel 两个应用程序间的数据交换, 其中 Excel 对于动态交换来说相当与服务器, CVI 应用程序相当于客户。具体的实现过程分为以下几步:

① 启动 Microsoft Excel 软件。在控件的回调函数中调用 LaunchExecutable 函数启动 Excel。

```
//获取控件 excelpath 值 (路径)
```

```
Get CtrlVal(panel, PANEL_EXCELPATH, excelpath);
```

//运行 excel.exe 文件

LaunchExecutable(excelpath)

② 建立 lab windows/CVI 应用程序与 Microsoft Excel 的连接。在控件的回调函数中调用 ConnectToDDEServer 函数建立程序和 Excel 系统连接。

//建立程序和 Excel 系统的连接

ConnectToDDEServer(&systemlink, "Excel", "system", ClientDDECallback, 0)。

③ 建立数据链路

打开一个 xls 文件，建立 lab windows/CVI 应用程序与 xls 文件的连接，首先向服务器发送控制命令打开一个 xls 文件，利用路径选择函数 FileSelectPopup，路径存储在 filename 中，然后调用格式转换命令将路径名添入 OPEN()函数，接着向服务器发送执行命令要求打开 xls 文件，调用函数 ClientDDEExecute。建立程序与 xls 文件连接时，设置 ConnectToDDEServer 函数的 Server Name 参数和 Topic Name 参数分别为 excel 和打开的文件名。

//弹出文件选择对话框，将路径存储在 filename 中

FileSelectPopup ("", "\*.xls", " \*.xls", " Open file", VAL\_LOAD\_BUTTON, 0, 0, 1, 0, filename)

//建立程序与 xls 文件的连接

Fmt(command, "%s<[OPEN(\"%s\")]", filename) //格式转换命令将路径名添入 OPEN()函数

ClientDDEExecute (systemlink, command, 0)

其中： Systemlink： 整型变量，返回会话句柄

Command： 字符变量，代表需要执行命令的字符串

//建立与所打开文件的数据链路连接

ConnectToDDEServer (&datalink, "Excel", filename, ClientDDECallback, 0)

④ 发送数据。

CVI 程序向 xls 文件发送数据，调用 ClientDDEWrite 函数。

⑤ 关闭对话。

//发送关闭文件的命令

Fmt(command, "%s<[CLOSE(%i)]", closestyle)

DisconnectFromDDEServer(datalink)

通过上面的介绍，可以利用 DDE 技术把数据填入到 Microsoft Excel 相应表格内，即可完成报表的产生。

利用 Table 控件产生的报表如图 4.5 所示：



历史数据表格

一相电流(A)	二相电压(V)	三相电能(KWH)	一相相角	二相电流(A)	二相电压(V)	二相电能(KWH)	二相相角	三相电压(V)	三相电能(KWH)	三相相角	
1	4.98	5.44	A.92	5.49	0.00	81.76	85.95	82.87	90.68	80.63	89.87
2	4.98	5.44	A.92	5.49	82.00	81.79	85.98	82.87	90.71	80.63	89.87
3	4.98	5.44	A.92	5.49	84.00	81.80	85.98	82.86	90.73	80.65	89.86
4	4.98	5.44	A.92	5.49	86.00	81.79	85.98	82.87	90.71	80.65	89.86
5	4.98	5.44	A.92	5.49	88.00	81.79	85.98	82.86	90.72	80.65	89.86
6	4.98	5.44	A.92	5.49	90.00	81.79	85.97	82.88	90.72	80.64	89.87
7	4.98	5.44	A.92	5.49	92.00	81.80	85.97	82.87	90.73	80.64	89.86
8	4.98	5.44	A.92	5.49	94.00	81.79	85.97	82.89	90.72	80.65	89.87
9	4.98	5.44	A.92	5.49	96.00	81.80	85.98	82.87	90.74	80.66	89.86
10	4.98	5.44	A.92	5.49	98.00	81.80	85.98	82.87	90.73	80.66	89.86
11	4.98	5.44	A.92	5.49	70.00	81.79	85.99	82.87	90.74	80.66	89.86
12	4.98	5.44	A.92	5.49	72.00	81.80	85.98	82.88	90.74	80.65	89.86
13	4.98	5.44	A.92	5.49	74.00	81.79	85.98	82.87	90.73	80.66	89.86
14	4.98	5.44	A.92	5.49	76.00	81.80	85.99	82.88	90.74	80.66	89.85
15	4.98	5.44	A.92	5.49	78.00	81.79	85.99	82.90	90.74	80.65	89.87
16	4.98	5.44	A.92	5.49	80.00	81.79	85.99	82.89	90.73	80.67	89.86
17	4.98	5.44	A.92	5.49	82.00	81.79	85.99	82.89	90.73	80.67	89.87
18	4.98	5.44	A.92	5.49	84.00	81.79	86.00	82.89	90.73	80.67	89.86
19	4.98	5.44	A.92	5.49	86.00	81.80	85.99	82.88	90.76	80.67	89.85
20	4.98	5.44	A.92	5.49	88.00	81.78	85.99	82.90	90.73	80.67	89.86
21	4.98	5.44	A.92	5.49	90.00	81.80	85.99	82.89	90.76	80.66	89.85
22	4.98	5.44	A.92	5.49	92.00	81.79	85.99	82.88	90.75	80.67	89.86

Excel应用程序安装路径: C:\Program Files\Microsoft  
 启动EXCEL程序(1) 连接EXCEL(2) 打开EXCEL文件(3) 保存数据(4)  
 页码: 上一页 下一页  
 读入文件 插入表格 打印表格 返回

图 4.5 Table 控件制作的数据表格

### 4.3.3 用电状况分析界面

用电状况分析界面如图 4.6 所示。横坐标显示变电站或时间，纵坐标显示用电量。可以显示两种曲线：同一变电站不同时间用电量曲线和不同变电站同一时刻用电量曲线。

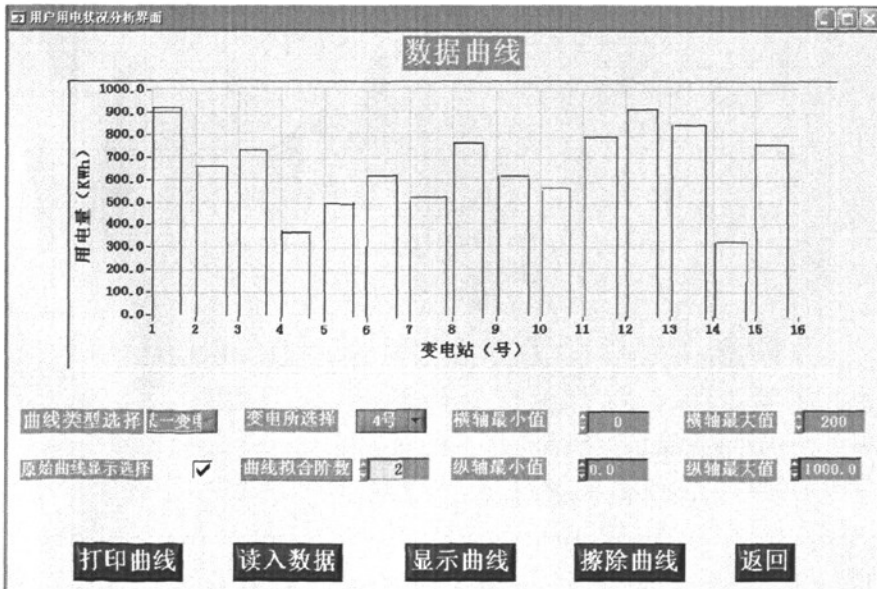


图 4.6 历史数据显示曲线图

软件设计主要有 3 部分，读入数据用来调出所要显示的数据文件，显示曲线把选择的数据文件以柱形图的方式显示出来，删除曲线用来清屏，方便显示其他的数据文件。同时可根据需要对曲线进行拟合和打印。

#### (1)读入数据程序设计

```
int CVICALLBACK Fileopen1 (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    int  filesize;
    char openpath[MAX_PATHNAME_LEN];
    int  length,error=0;
    switch (event)
    {
        case EVENT_COMMIT:
            if(FileSelectPopup ("", "*.txt", "", "Openfile", VAL_LOAD_BUTTON ,0, 1, 1, 0,
                openpath))
                {GetFileInfo (openpath, &filesize);
                length=filesize;
                error=FileToArray (openpath, data3, VAL_DOUBLE, length, 1,
                VAL_GROUPS_TOGETHER,
                VAL_GROUPS_AS_COLUMNS, VAL_ASCII);
                savenumber=length/9;
                if(error<0)
                    { MessagePopup ("提示", " 数据读入错误!"); }
                else
                    { MessagePopup ("提示", " 数据已读入!"); }
                }
            break;
    }
    return 0;
}
```

#### (2)显示曲线程序设计

```
x_values = (int *)malloc(number_of_samples*sizeof(int));
    if(x_values == NULL)
        return OutOfMemAnlysErr;
y_arry = (double *)malloc(number_of_samples*sizeof(float));
```

```

for(i2=0;i2<(savenumber);i2++)
{
    *(x_values+i2)=x[i2*10];
    *(y_arry+i2)=data3[i2*10];
    PlotRectangle (panel3, PANEL_3_GRAPH, *(x_values+i2), 0, *(x_values+i2),
*(y_arry+i2), VAL_RED, VAL_RED); }
}

```

### (3)删除曲线程序设计

```

int CVICALLBACK deletgraph (int panel, int control, int event,
    void *callbackData, int eventData1, int eventData2)
{
    switch (event)
    {
        case EVENT_COMMIT:
            DeleteGraphPlot ( panel3,PANEL_3_GRAPH, -1,VAL_IMMEDIATE_DRAW);
            DeleteGraphPlot(panel3,PANEL_3_GRAPH_2, -1,VAL_IMMEDIATE_DRAW);
            break;
    }
    return 0;
}

```

主要用到的几个函数介绍:

**FileToArray** 函数: 从文件中读取数据到数组中。

**FileSelectPopup** 函数: 显示一个文件选择的对话框, 等待用户选择一个文件或按下取消按钮, 取消本次操作。弹出式面板显示的是用户选择的磁盘上所存储的文件名和路径名。

**MessagePopup** 函数: 在对话框中显示信息, 等待用户按下 OK 键。

**PlotRectangle** 函数: 绘制数组 x 相对于另一数组 y 的矩形图。

**DeleteGraphPlot** 函数: 删除 Graph 控件中所有图形。

## 4.4 数据库设计

在本系统中, 我们需要把各种操作的数据保存在数据库中, 方便调度人员对数据的读取和分析。因此我们还要进行数据库设计。我们选择 SQL Access 数据库, 并利用 ODBC 来实现服务器程序中对数据库的访问和操作。

ODBC (Open Database Connectivity, 开放式数据库互联), 是目前国际上通用的数

数据库访问标准。ODBC 为编写关系数据库的客户软件提供了统一的接口。ODBC 的思想是访问异种数据库的一种可移植的方式。与数据资源对话的公用函数组装在一个称为驱动程序管理器 (ODBC.DLL) 的动态连接中。应用程序调用驱动程序管理器中的函数, 而驱动程序管理器反过来通过驱动器 (SQLSRVR.DLL) 把它们送到服务器中。ODBC 数据源就是计算机上的 ODBC 配置和管理的工具, 利用这个工具, 用户就可以定制使用 ODBC 来连接数据库。

ODBC 数据源管理器文件可以通过控制面板 → 管理工具 → 数据源 (ODBC) 找到, ODBC 数据源对话框列出了所有已经在本机注册的 ODBC 数据源。在创建数据源对话框中, 选择 Microsoft Access Driver(\*.mdb)项, 创建一个 Access 数据库。CVI SQL Toolkit 采用标准的 ODBC 编译方式, 通过这种扩展方式, 可以灵活支持任何符合 ODBC 开发标准的数据库系统。本设计采用关系型数据库实现对采集信号的存储, 数据库的交互式操作是通过数据库会话实现的。

对数据库的操作还要用到 SQL。SQL 是结构化查询语言, 具有结构简洁、功能强大、简单易学等特点。在常用的数据库系统中, 都支持 SQL 作为查询语言。

SQL 主要包含以下四个部分:

- 数据查询语言: select
- 数据操纵语言: insert, update, delete
- 数据定义语言: creat, alter, drop
- 数据控制语言: commit work, rollback work

在我们的设计中, 主要用到了 select, insert, update 等语言。

在数据库设计中, 我们自己编写了 Connect(), Disconnect(), Execute(sql), Query(sql) 等函数。来实现对数据库的连接、断开、写和读的工作。

## 4.5 小结

本章首先对监控中心的需求进行了分析, 包括硬件需求和软件需求, 并对 CVI 软件的特点做了简单的介绍。然后对监控中心的主要功能及显示界面进行了分析和说明, 对每个模块的软件进行了设计。最后对监控中心的数据库进行了设计和建立。

## 5 通信方式的选择与设计

电力系统通信是电力工业的一部分，但在技术上又深受电信技术的影响。各种新的电信技术在电力系统通信中时时处处得以体现，而且又有自己的特色和优势，处于两大行业的一个交叉点，随着电网的延伸而延伸，随着通信技术的进步而进步。电力系统通信的主要传输方式从上个世纪70年代的电力线载波、80年代的模拟微波、90年代的数字微波，发展到目前的光纤通信。

### 5.1 有线方式与无线通信

随着电子技术、网络通讯技术的快速发展，已经出现了多种通讯方式可供选择。各种方式的性能、特点、成本也各不相同，针对不同的要求和不同发客观条件，电网监控与调度系统的设计也可以选用不同的通讯方式。

#### 5.1.1 有线方式

##### (1) 光纤通信

光纤通信是以光为载波，以光纤为介质的一种通信方式。具有抗电磁干扰能力强、传输容量大、频带宽、传输衰耗小等诸多优点。但铺线工程浩大，影响美观，线路易被人为破坏，在经济上也是不可行的。

##### (2) 电力线载波通信

电力线载波（PLC-Power Line Carrier）是电力系统特有的、基本的通信方式，是指利用现有的电力线，通过载波方法将模拟或数字信号进行高速传输的技术。电力线载波是通过输电线路来实现通讯，它是利用电能传输使用的特点所采用的特有的通讯方式。根据载体传输电压的特点主要有电力载波通讯、配电线载波通讯和低电压载波通讯三种。其工作原理是将仪表终端的各种数据通过采集设备调治后，通过电力线（交流输电线）传送，由中心控制站在接收端再将其还原成数据信号，进行调制接收，实现双向通讯。

由于使用坚固可靠的电力线作为载波信号的传输媒介，电力线载波具有无需布线，安装使用比较方便，无需支付数据传输的费用，通信线路不易破坏，路由合理，可同时复用远动信号等特点，是不需要线路投资、无需维护的有线通信方式，也是世界各大公司及研究单位争相研究的热点。

我国从50年代开始电力线载波通讯技术的研究，80年代发展到全盛时期，90年代初以后，电力线载波技术的需求随着经济的发展进一步扩大。国外网络发展很快，实现了在PLC上传送大量信息的功能，有的厂商已在MHz频段上开发产品，ABB公司在低

压和中压配电系统上均有高速 PLC 的经验。但目前在我国国内，电力线载波技术发展遇到数据传输质量的问题。简单地说，影响电力线载波传输质量主要有两个因素：一是电力网络的阻抗特性及其衰减，另一个是噪声的干扰。第一个因素制约着信号的传输距离，第二个因素制约着数据传输的质量，所以电力线对数据传输有许多限制。起不利特性具体表现在以下几个方面：

①配电变压器对电力载波有一阻隔作用，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，同时变压器有着极低的阻抗，可以使传输信号严重衰减。

②在高压、高电磁环境下运行,受到各种外部干扰比较大,使传输质量较差,误码率较高。

③传统的载波机在设备水平、管理维护等方面条件较差,故障率较高,维护工作量较大。

④电网的结构非常复杂,对其设计的出发点,立足于传输电能而不是通信,因此电力线路的阻抗和传输衰减都非常大,且具有时变性,这些都对通信质量带来危害。

⑤高频时的容性阻抗和低频时的感性阻抗使信号严重衰减，载波信号中所携带的数字信号经过电力线传输后产生了巨大的畸变都对载波通讯造成很大的影响。

正是由于以上这些原因使得电力载波技术在传输距离和数据数据的准确性方面难以实现突破，使得电力载波在电网配电自动化方面很难真正的推广应用。而且在电网配电系统中，需要将采集的数据传送到配网中心，配网自动化需要将实时监测的数据传送到控制中心，而配网设备数量巨大、布局分散，而传送的数据量又不大，采用传统的电力载波、光纤等有线通讯手段，在经济性和可扩充性上均不能完全适应配电自动化的特点。所以要考虑采用无线通讯方式。<sup>[36]</sup>

### 5.1.2 无线方式

无线通讯主要包括微波、短波、超短波、GSM 短消息方式，GPRS，CDMA、扩频、卫星、无线集群，目前常用的是 GSM 短消息方式，GPRS，CDMA 等方式。

#### (1) GSM 短消息方式

GSM 短消息方式作为手机增值服务的功能在我国已经得到广泛的应用，它是 GSM 系统提供给用户的一种重要数字业务，不需要建立端到端的业务通道，一次短消息的传送就是一次通信的完成，具有分组数据的特点。而且它除了能完成文字信息的传送外，还可以作为数据业务的承载平台，开发各种应用系统。由于 GSM 网络自身的结构和 SMS 业务所采用的技术，基于短消息方式的电网配电自动化系统也存在着一些问题，其最大的缺点就是短信的实时性差，传输数据量较小。每个短消息的长度最多为 160 个 7bit 字节或 140 个 8bit 字节，如果要发送的数据过长，只能把数据包分段放入一串短消息中，形成串联短消息再进行发送。短消息业务是利用 GSM 网络的控制信道而非语音信道进

行传递的,用户发出的短消息首先被发送到短消息中心的服务器上,短信中心服务器对所收到的短消息进行排队处理,再按顺序发送给相应的接收用户,如果接收用户关机或超出服务区就不能正常通信,则该条消息将进行一定的延时后重新发送,这样就有可能产生后发的短消息先到的情况。短消息中心服务器还为每个用户开设有限的缓存区,约15-20条左右,当接收缓冲器存满而接收用户还不能正常通信时,将不在接收新的短消息,即发生短消息拥塞,造成短消息丢失。此外,短消息在短消息中心服务器中的保留时间也有一定的期限,如果超出这个期限,短消息将会被丢弃。因此,为了保证基于短消息方式的电网配电自动化系统的正常数据通讯,一定要使系统中每个GSM模块能够可靠地与GSM网络进行通讯。

### (2) CDMA 方式

CDMA即分码多重存取(Code Division Multiple Access),是一种数字蜂巢式(Digital Cellular)通讯技术。它是在数字技术的分支——扩频通信技术上发展起来的一种崭新而成熟的无线通信技术。CDMA技术的原理是基于扩频技术,即将需传送的具有一定信号带宽信息数据,用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码进行调制,使原数据信号的带宽被扩展,再经载波调制并发送出去。接收端使用完全相同的伪随机码,与接收的带宽信号作相关处理,把宽带信号换成原信息数据的窄带信号即解扩,以实现信息通信。CDMA通讯端将讯号数字化之后,能利用所有可得频谱来分散传送,每道讯息传输都被分派一个序列码。CDMA利用多组编码,在同一频道上传送多组讯息,接收端只会接受属于自己的一组特殊编码的语音与数据,即便同一频道内有其它不同编码信号存在,也不会影响接收的质量。由于CDMA的高传输速率及多样化服务,目前在美国已逐渐盛行。<sup>[35]</sup>

### (3) GPRS 方式

基于GPRS的无线监控系统是目前使用最广泛最稳定的无线监控管理系统。GPRS(General Packet Radio Service)是通用分组无线业务的简称,使得用户能够在端到端分组传送下发送和接受数据。由于无线资源采用动态分配方式,一个用户可分配多个时限,一个时限也可由多个MS共享,用户虽然与网络一直连接,但仅当有数据传送时才占用无线信道资源。与原有的电路型业务相比较,用户使用GPRS业务将具有建链时间短、数据传输速率高、费用低等特点,而对于运营商来说,提供一定规模的数据业务服务,将会在无线资源利用率上有一定的提高。GPRS是GSM Phase 2+引入的非常重要的内容之一,与GSM电路交换相比,GPRS非常重要的优点是引入分组交换能力。利用GPRS进行数据传输具有:“永远在线”、“按流量计费”、“快捷登录”、“高速传输”、“自如切换”等优点。

#### ● 接入范围宽广

GPRS是在现有的GSM网上升级,可充分利用全国范围的电信网络,可以方便、

快捷、低成本的为用户数据终端提供接入网络的部署；

- 高速传输

传输速率高，数据传输速度最高理论值可达 171.2kbps,是当前 GSM 网络中电路数据交换业务速度的十几倍，下一代 GPRS 业务的速度甚至可以达到 384kbps，完全可以满足用户应用要求；

- 快捷登陆

接入时间短，GPRS 接入时间短、可快速建立连接、平均耗时为两秒；

- 永远在线

提供实时在线功能。用户随时与网络保持联系，即使没有数据传送还一直与网络保持联系，这将使访问服务变得非常简单、快速

- 按流量计费

用户只有在发送或接收数据期间才占用无线资源，计费方式是按照用户接收和发送数据包的数量，没有数据流量传递时，用户即使挂在网上也不收费

- 切换自如

用户在进行数据传递时，不影响语音信号的接收。

基于 GPRS 方式的远程自动抄表系统就是利用移动运营商提供的 GPRS 业务实现数据的远程自动抄送。在整个系统中，需要在每一个测试子系统配备一个 GPRS 模块，当测试子系统需要和远程控制中心通讯时，只需将数据交给相应的模块封装成 IP 包发给 GPRS 网络，远程控制中心可以通过 Internet 或者同样的 GPRS 模块接收到测试子系统所发送的数据信息。<sup>[36]</sup>

## 5.2 GPRS 在电网监控系统应用可行性分析

电网监控系统的特点：

- ◆ 变电站分布分散，所处地理位置复杂。
- ◆ 变电站数量大。
- ◆ 要求实时性高。
- ◆ 数据传输频繁，突发性强。
- ◆ 每次传输的数据量不大。

GPRS是中国移动在GSM网络上开通的一种分组数据传输技术，它所依托的网络稳定可靠、覆盖面广、数据传输速度快，能够提供40-100kbit/s带宽，所以对地处偏远的变电站也能实现监控，而且能满足电网监控系统对通信的要求，达到实时监控目的。GPRS还存在着按流量计算资费方式，非常适合于数据传输频繁、突发性强、流量不大的数据业务，还可以减少专用网络和通道建设的大量投资，而且不用企业自己维护，经济上是合算的；利用GPRS组网，满足建设速度快，质量高的要求。



因此，GPRS在电网监控系统的应用无论在技术方面，还是在经济方面，以及系统建设方面都是可行的。

### 5.3 通讯模块的选型及介绍

GPRS 无线模块作为 GPRS 终端的无线收发模块，起着重要的作用。因此，通讯模块的选择也是非常关键的。在当今的市场中，有很多通讯模块。在本设计中，我们选择了达泰公司的 SO5Ci 无线模块。SO5Ci 无线模块体积小，广泛用于无线监控系统。

SO5Ci 模块具有以下特点：

- 模块体积小，应用环境广泛（53×97×27mm）。
- 外壳采用铝合金材料，坚固耐用，抗强电磁干扰能力和散热能力极强。
- SO5Ci 的内核主体是 MC35i 双频模块，支持 EGSM900/GSM1800 频段，能提供语音、SMS、FAX、GPRS 多种通讯方式。
- 采用 5V~20V 电压，最低 500mA 电流的外接电源，功耗低，方便系统供电。
- 标准的 RS-232 串口，简单的 AT+i 指令操作。
- 嵌入了 IP 协议栈，提供完整的移动 IP 应用，包括：Direct Socket, SerialNet, E-Mail, FTP, Telnet, Web, 可以直接使用 AT+i 指令完成通讯工作，而不需要再重新编写程序调用 AT 指令来进行通讯。
- 使用串行式模块化设计，结构简洁。
- 复位管脚（按钮）设计，方便控制。

### 5.4 组网方式的选择

GPRS 数据通信终端作为电网远程监控与调度系统的重要组成部分配置在现场装置一侧，由它来完成监控中心与与监控终端之间的数据传输。在本系统的总体方案研究中，我们将 GPRS 通信模块作为相对独立的一部分来设计，为由 MCU 模块、数据采集模块组成的单片机系统提供透明的数据传输通道。这主要考虑到网络技术、嵌入式技术和无线通信技术都在迅速发展，基于这些技术而开发的无线数据终端不断更新换代，在功能、可靠性、成本、体积、功耗等方面越来越优。

GPRS 的应用非常广泛，几乎所有行业都能用到 GPRS 的数据传输。但每种行业的实际需求和复杂的应用环境都不大相同，所以每种行业都回有自己独特的功能要求和组网方式。组网方式的选择往往会对整个系统的运营效率、开发经费产生极大影响。因此，深入研究分析现有的组网方案，选择一种最适合监控系统条件的组网方案是系统中非常重要的一环。

在组网过程中，往往会遇到这样的问题：数据采集终端的 IP 地址可以是静态地址或动态地址，而每次 GPRS 模块拨号上线时，也会被分配一个动态的 IP 地址。如果 GPRS

模块和监控中心服务器双方的 IP 地址都是动态的，模块和服务端将无法建立连接。因此，GPRS 模块和监控中心服务器必须至少有一方能够事先确定另一方的 IP 地址，这是实现 GPRS 远程监控的重要前提条件。

在选择组网时必须明确以下两点：

(1) 终端获取的 IP 是移动网络的内部动态 IP，并且终端每次掉线重新拨号后获得的 IP 与前一次 IP 不一定相同。

(2) 网络上任何两个终端之间要进行点对点通信，一方必须有固定 IP 或域名，等待（聆听）另一个发起的连接，并且这个固定 IP 或域名可以被另一方所访问。

在实际应用中，我们可以使用公网静态 IP（固定 IP 地址）、动态域名解析、SMS 通讯、APN 专线接入等组网方案。根据用户需求和应用环境不同，可以选择合适的方案进行组网和规划。

#### 5.4.1 通信终端功能分析

本系统中 GPRS 数据通信终端需要实现以下功能：

(1) 数据的自动发射与接收。也就是说具有 GPRS Modem，登陆 GPRS 网络和数据包的发送与接收都是通过 GPRS Modem 实现。GPRS Modem 是通过 AT 命令集来驱动的，因此，GPRS 数据通信终端必须内嵌 AT 命令集协议。

(2) 支持 UDP 传输协议。GPRS 数据通信终端需内嵌部分 TCP/IP 协议栈芯片或通过嵌入式操作系统来实现部分 TCP/IP 协议，必须能够实现 RAP、IP、PPP 和 UDP 等几个基本协议，本系统 GPRS 数据通信终端与监控中心采用 UDP 协议进行通信，因此，GPRS 数据通信终端需对到达数据进行按 UDP 协议格式封装或解析。

(3) 支持动态域名解析服务功能。由于本系统采用通过动态域名解析服务监控中心以“动态 IP”方式接入 Internet 网的通信实现方案，因此，数据通信终端必须支持动态域名解析服务，以便通过固定域名与监控中心建立稳定通信。

(4) 可实现通信链路的自动检测与激活。由于本系统数据通信终端需经常性传输数据，并且要满足一定实时性的要求，因此，需要具有心跳功能，以确保电路永远在线并激活。可根据实际 GPRS 网络质量设置心跳时间间隔。

(5) 支持点对多点数据传输方式。本系统采用中心对多点的数据传输方式，因此，数据通信终端需支持点对多点的传输方式。

#### 5.4.2 通信终端结构分析

由系统对 GPRS 数据通信终端功能需求分析可知，GPRS 数据通信终端硬件需要由 GPRS Modem、TCP/IP 协议栈、微控制器、RS232 串口驱动几个主要功能模块组成。软件上实现方面要实现分层的结构，从底到上分别为：串口驱动层、GPRS Modem 驱动层、

PPP 协议层、IP 协议层、UDP 协议层与应用层。上层软件需要应用到底层软件，底层软件为上层软件提供服务，最终完成应用层任务，实现数据的传输。各层结构如图 5.1 所示。

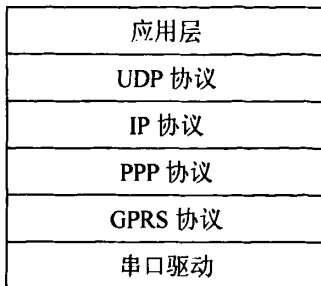


图 5.1 软件层次结构

### 5.4.3 GPRS 无线通信组网设计

鉴于电网监控系统的结构特点，此系统中 GPRS 无线通信组网方式采用一点对多点通信方式，模型示意图如图 5.2 所示。

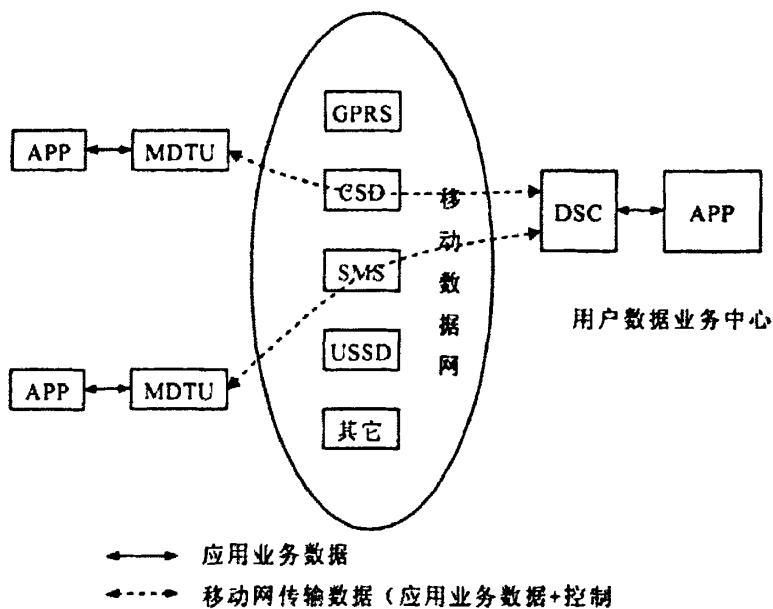


图 5.2 中心点对多点数据传输方案模型示意图

## 5.5 小结

本章介绍了电力通信的常用方式及 GPRS 应用于电力通信的可行性分析，包括 GPRS 无线通信终端的设计选型、实际应用、技术特点以及组网方式。

## 6 结论

### 6.1 总结

电力系统作为大型工业控制系统，具有规模巨大，作业点分散，跨越地域较大，监测点数量多等特点。因此，电力通信需要借助于高效、可靠的通讯方式，将控制中心的控制命令准确地发送到远方终端，并且将远方终端设备运行情况的数据信息收集到控制中心，从而实现了对电网运行状态实时监测与控制，保障电力运行的稳定和安全。

本文全面介绍了基于 GPRS 技术的电网远程监控与调度系统的总体设计和各模块的结构和具体实现细节，系统结合嵌入式技术、GPRS 技术、数据处理与存储技术等。系统实现了电网监控与调度的一般功能，可对分布分散、地理环境相对复杂的变电站进行有效监控。本文主要做的工作概括如下：

(1) 在系统的总体设计方案中，提出了一种基于 GPRS 的无线监控系统。本系统采用模块化设计，使应用更加广泛，而且便于系统以后的升级与扩展。

(2) 在系统的终端设计中，选择 8051F330 单片机为控制核心，它集成了大量的模拟和数字功能。采用专业的高精度三相电能专用计量 DSP 芯片 ATT7022A 采集电网参数，并通过 SPI 总线传输给单片机。

(3) 高压开关的投切采用气动控制，并对气泵压力进行检测，保证正常投切的安全性和可靠性。同时系统还配备有充电单元，可以保证在断电的情况下系统正常工作。

(4) 在系统软件的设计中，采用模块化设计思想，可移植性强。

(5) 监控中心（上位机）以 NI 公司的 LabWindows/CVI6.0 为计算机测控软件，具有良好的人机交互界面，采用了动态数据交换、多线程以及仪器图形控件化等技术，实现了对数据的实时显示、保存、曲线绘制、报表、分析以及打印等功能。

(6) 系统设计了多种抗干扰措施，从抑制干扰源、切断干扰传播途径，提高敏感器件的抗干扰性能三方面进行考虑和设计，从而提高了整个系统的稳定性。

### 6.2 展望

(1) 终端检测装置中对于气泵压力现在只能检测，还不能在压力低的情况下自动充气，在以后的工作中还需要改进，实现自动充气，提高系统的智能化水平。

(2) 可以考虑把终端模块分成两个板子，容易产生干扰的三相电采样输入部分为一块板子，通讯和控制模块在另一块板子。这样在很大程度上防止高压线路上的干扰进入通讯和控制模块，可以提高系统的抗干扰能力。

(3) 下位机程序可以完成所有的系统功能，但其还需要进一步完善和优化，尤其

是数据存储功能，要保证在通讯中断时间较长时，可以存储数据。

(4) 监控中心的功能有待于进一步完善和优化，如对数据的统计和分析，提高人机界面的质量等方面。

## 致 谢

在本论文是在尊敬的导师郝迎吉教授亲切关怀和悉心指导下完成的，从课题的方案论证到实施，无不凝聚着导师的心血和汗水。郝老师严谨的治学态度、对事业执着追求、忘我的工作精神，给我留下深刻的印象，对我今后的工作和学习都将产生巨大的影响，至此论文完稿之际，对我的导师表示衷心的感谢和崇高的敬意！

在此产品的研制过程中，得到了西安科技大学地质系夏玉成老师的悉心指导和大力支持，在此表示十分感谢。

本课题研制期间，得到了实验室同学的无私帮助，在此表示衷心的感谢。

感谢我的家人，感谢他们对我无私的关爱和默默的支持与理解，使我得以顺利完成学业。

由于作者的经验不足和水平有限，文中难免存在着错误和不足，敬请各位专家和老  
师批评指正。

## 参考文献

- [1] 刘维恒 实用电子电路基础 电子工业出版社 2004
- [2] 刘君华 现代检测技术与测试系统设计 西安交通大学出版社 2001.7
- [3] 周忠元,蒋全杏 机电系统的电磁兼容性设计要点 电气技术与自动化 2004(10)
- [4] 宋宇峰等.Lab Windows/CVI逐步深入与开发实例.北京:机械工业出版社, 2003.4
- [5] 王建新 杨世风 隋美丽 LabWindows/CVI 测试技术及工程应用 化学工业出版社
- [6] 自动抄表系统的研究 浙江大学 2004 年
- [7] 基于高压智能采集终端的窃电应用研究 湖南大学 2005 年
- [8] 基于 GPRS 的配变远程数据采集与监控系统研究 西南交通大学 2005 年
- [9] GPRS 在无线远程抄表中的应用研究 武汉理工大学 2005 年
- [10] 基于 GPRS 无线通信的配变自动化系统研究 中南大学 2005 年 5 月
- [11] 张焯 电力系统分析 中国水利水电出版社 1999
- [12] 张永健 电网监控与调度自动化(第二版) 中国电力出版社 2006
- [13] 张淑娥 孔英会 高强 电力系统通信技术 中国电力出版社 2005
- [14] 李坚 电网运行及调度技术问答 中国电力出版社 2004
- [15] 房小翠 王金凤 单片机实用系统设计技术 国防工业出版社 1999
- [16] 袁涛 李月香 杨胜利 单片机 C 高级语言程序设计及其应用 北京航空航天大学出版社 2001
- [17] 城乡电网配电装置 狄富清 中国电力出版社
- [18] 电力系统继电保护原理与实用技术 江苏省电力公司 中国电力出版社
- [19] 液压与气压传动 章宏甲等 机械工业出版社
- [20] 颜永军等.Protel99 电路设计与应用.北京:国防工业出版社, 2001
- [21] Cisco Systems. Inc. GPRS White Paper.Cisco Systems. Inc. 2002, 7
- [22] Chakphed Madtharad, Suttichai Premrudeepreechacharn, Active power filter for three-phase four-wire electric systems using neural networks.Electric Power Systems Research, 2002(60):179192
- [23] Novatel Wireless. Inc. GPRS Technology overview Novatel wireless. Inc 2002, 11
- [24] David Wheeler,Roger Needham. TEA, a Tiny Encryption Algorithm.[R].England: Computer Laboratory.Cambridge University, November 1994
- [25] LM324 datasheet www.fairchildsemi.com 2002
- [26] MAX232 datasheet August 1998
- [27] LM7660s datasheet April 1997

- [28] LM7805 datasheet January, 2004
- [29] Texas Instruments Data Book.74HC164.2003.
- [30] Motorola analog IC device data .MC1413.1999.
- [31] <http://www.21IC.com> ASM1117 datasheet Dec.1999
- [32] (美)R.J.(Bud)Bates 著。北京:人民邮电出版社, 朱洪波译.通用分组无线业务(GPRS)技术与应用.2004
- [33] Roger Kalden, Ingo Meirick and Michael Meyer, Wireless Internet Access Based on GPRS Ericsson Research, Ericsson Eurolab Deutschland
- [34] 梁志荣. 单片机应用系统的抗干扰设计.现代电子技术, 2003.24
- [35] 陈唐 配电系统及其自动化技术 中国电力出版社 2003
- [36] 曹宁, 胡弘莽 电网通信技术 中国水利水电出版社 2003
- [37] 方富淇 配电网自动化 中国电力出版社 2000
- [38] 龚强, 王津 地区电网调度自动化技术与应用 中国电力出版社 2005
- [39] 沙占友, 王彦朋, 孟志永 单片机外围电路设计 电子工业出版社
- [40] 张建民 机电一体化系统设计 北京理工大学出版社 2002.7
- [41] 颜永军等.Protel99 电路设计与应用.北京:国防工业出版社, 2001



## 附 录

### 攻读硕士学位期间发表的论文

- [1] 郝迎吉,孙军亮,刘高峰.高压电网远程监测与控制系统的的设计,2008.10