

摘 要

随着城市市政建设的发展, 传统的路灯控制与维护手段已远远不能适应城市现代化发展的速度。而今, 已有的智能路灯控制系统大多采用半夜灯控制, 造成道路照明不均匀。另一方面, 我国已建成了功能完善、成熟稳定的 GSM 无线数字移动通信网, 其覆盖范围愈来愈大, 提供的信息服务也愈来愈多, 其中, GSM 数据业务及短消息业务(SMS)由于其众多的优势而受到越来越多的青睐。

因此, 本文在融合现代检测技术、单片机控制、GSM无线通信等各种现代信息技术的基础上, 研制开发出了一种节能型路灯控制系统。该路灯控制系统的网络建设依托已有的 GSM移动通信网, 使该系统充分利用了公网资源, 易于构成覆盖整个城市区域的无线监控网络, 具有适应性好等特点。本系统由二级网络结构组成: 路灯控制柜终端以单片机为核心, 辅以各个功能模块, 软件用C语言实现, 硬件与软件的结合实现了系统的压控、时控和光控等功能; 后台监控中心用Visual Basic语言编写, 可实现数据接收、存储、远程控制等强大功能。二者的通信由TC35T通信模块来完成, 采用GSM数据业务和短消息业务相结合的方式, 实现了对终端的远程遥控和遥信。

本文对节电等级的确定中, 采用了模糊决策的方法, 该方法对节电等级的降压点进行了分析计算, 使降压点的确定更科学更节能。本设计中的硬件和软件已基本调试成功, 达到了预期的目标。此研究不仅满足了对智能路灯控制系统的迫切需要, 而且还在科研上提出一种设计思想: 采用第三方成熟的网络, 结合多种现代技术, 实现远程无线通讯的工业监测系统, 具有较强的现实意义, 并为无人值守的系统开发提供了许多可借鉴的宝贵经验, 具有广阔的发展前景。

关键词: GSM, 远程遥控, 节能, 模糊决策, TC35T

Intelligently Control System Of Energy Conservation Lighting

Abstract

With the development of the city construction, the traditional methods of controlling and maintaining can not adapt to the rate of the city modernization. At the present, the techniques used to this kind of system include the midnight controlling and the voltage reducing. The first way can influence the uniformity of light. On the other hand, using the GSM SMS to transmit message and constitute a long-distance monitoring system is a quite new technology, and GSM SMS have attracted more and more people because of their numerous advantages.

Therefore this paper develops a kind of new intelligent energy conservation control system on the basis of some modern information technology, such as modern detection technology, single-chipped computer controlling, GSM wireless communication and so on. The construction of system network takes advantage of GSM public net resource fully and is easy to cover the whole city field, which has characteristics of good adaptability etc. This system is composed of two network components: one is the controlling terminal which is consisted of single-chipped computer primarily and each function module, and its software is realized by C language; the combination of the hardware and software realizes some functions, such as the voltage controlling, time controlling and light controlling. The other is master monitoring station compiled with Visual Basic language, whose powerful function includes receiving data, stocks, long-range control and so on. The two components are linked by TC35T communication modular. With GSM data service and SMS, the system realizes remote control to terminal.

In this article, the energy conservation level is realized by fuzzy decision, which calculates the point of energy conservation level. The method of fuzzy decision makes definition to the point of energy conservation level more scientific and effective. In this design, the hardware part and the software part have basically debugged successfully, which has achieved the anticipated goal.

This research not only meets the remote system monitor system's urgent needs, but also puts forward a kind of design thought: With the third ready-made network and combining various modern technologies, an industrial control system of long-distance wireless communication can be realized. It offers valuable experience for other unmanned watched system and has wide developing prospect.

Key words: GSM, Remote Control, Energy Conservation, Fuzzy Decision, TC35T

独 创 性 说 明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个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的研究成果，也不包含为获得沈阳工业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。

签名： 吴春美 日期： 2007.3.7

关于论文使用授权的说明

本人完全了解沈阳工业大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

（保密的论文在解密后应遵循此规定）

签名： 吴春美 导师签名： 曾一凡 日期： 2007.3.7

1 绪论

1.1 引言

随着城市市政建设的发展,传统的路灯控制与维护手段已远远不能适应城市现代化发展的速度。城市市政建设日新月异,宽阔的街道,各种各样的路灯给城市带来了光明的同时也增添了城市的夜间魅力。但是由于道路、路灯众多,传统的人工管理模式已经快速的现代化城市建设不相适应。现代计算机集控技术的发展给城市市政管理带来了福音。城市路灯智能控制系统是现代计算机技术运用于城市市政建设中有效且必然的产物,实现了城市路灯系统的计算机集中控制、监测与管理。操控人员只需通过计算机即可了解整个系统路灯的工作状态,并可通过计算机人工或自动控制所有路灯的开关。即便是在无人过问的情况下,系统也将严谨有序的工作。在各种管理自动化的大潮下,加上我国各个城市的大规模城建,路灯控制系统必然有着广阔的市场空间。据测算,一个城市的街道数量大于 100 条就很有必要有一套信息管理系统与之相配套来实现管理与系统维护,而中国一定规模的市级城市非常多,因此可以肯定的是国内需求很旺盛^[1]。

在需求量很大的情况下,自然就增加了城市用电量的负担,因此,节能型路灯智能控制系统自然是很好的选择,既实现了智能的计算机集中控制又实现了电能的节约。

市电电压是随着城市用电量的不同而变化的,当在每天晚上的用电高峰时,市电电压会随之降低,而当进入深夜以后,用电高峰过后,市电电压则会升高。对于同样的路灯而言,消耗的功率就会大大的升高,造成电力资源的浪费,并且如果路灯长期工作在高于本身额定电压的环境下,将缩短路灯的使用寿命。因此,研发出一种把路灯的智能控制和节能有效的结合起来的系统是很有必要的。在倡导节约型社会的今天,节能型路灯照明智能控制系统的研发更具有现实的意义。

对于单灯而言,节电率的计算式如下:

$$P = \frac{U^2}{R} \quad (1.1)$$

其中, P 为单灯功率, U 为电压, R 为单灯电阻。根据此公式计算当市电电压分别

为 220V, 230V, 240V, 250V 时, 单灯的节电率(以 220V 时为标准), 计算结果如表 1.1 所示。

表1.1 节电率表

Table1.1 Electricity conservation rate table

市电电压(V)	220	230	240	250
单灯功率 (W)	$220^2 / R$	$230^2 / R$	$240^2 / R$	$250^2 / R$
节电率 (%)	0	9.3	19.01	29.13

上表中的节电率是按照 220V 为标准计算的, 在实际情况下, 一般将电压调节在 205V, 则节电率将进一步提高, 可见节电的意义所在。

1.2 国内外市场此类产品的解决方案

国内此类产品在路灯照明的远程监控方面, 功能大多相近, 主要通过无线通信技术对城市中照明光源进行开启、关闭控制, 实现路灯的管理。节能方面主要采用降电压控制^[2-4]、分时降功率技术, 对路灯实现节能^[5-7]。

上述方案主要存在如下问题:

有的城市采用半夜灯控制方式实现节能^[8,9], 但势必造成道路照明不均匀, 这是道路照明设计所忌讳的, 统计资料表明它是造成许多交通事故的内在因素之一。换言之, 这种工作方式是以降低道路交通安全性为代价的, 应该尽量避免采用。

本系统融合现代检测技术、单片机控制、GSM 无线通信等各种高新技术而研发的节能型路灯智能控制系统。系统的网络建设依托于已有的 GSM 移动通信网, 使该系统充分利用了公网资源, 易于构成覆盖整个城市街道的路灯控制柜的无线网络, 具有控制和数据上传及时、适应性好等特点。

1.3 课题的主要工作

通过分析目前节能型路灯智能控制系统的研究现状, 知道了存在的不足之处以及需要解决的问题, 并结合实际情况, 本文开发出了一种高可靠性的智能路灯控制系统。系

统采用二级网络结构，实现了对各个路灯控制柜的控制和控制柜运行状态信息的远程传输。整个系统构成灵活，可靠性高，具有一定的通用性和推广性。本文主要做了如下工作：

(1) 针对实际情况，采用工业级标准，设计出了系统的总体方案，并通过具体的电路和程序实现了系统的终端机部分。用 C 语言编写单片机的程序并编译调试。

(2) 研究了 GSM(Global System for Mobile Communication, 全球移动通信系统)短消息业务的通信原理，掌握了 AT 指令的具体功能和用法，将其应用于实际，方便、快捷地实现了控制柜运行状态信息的远程传输。

(3) 采用可视化语言 VB 编写了后台软件及相应的数据库，人机界面友好，功能强大，操作人员通过后台软件可对各控制柜终端系统的状态进行实时监控，有效处理终端发送的数据，从而实现远程控制。

2 基于 GSM 网络的系统设计与实现

2.1 GSM 网络概述

2.1.1 GSM 网络结构与特点

GSM(Global System for Mobile Communication, 全球移动通信系统)是欧洲国家为了创造一个统一的、完整的泛欧数字蜂窝移动通信系统,联合欧洲 20 多个国家的电信营运部门、研究所和生产厂家,组成标准化委员会设计出来的,历时约 10 年。GSM 是迄今为止技术最成熟、网络最完善、商业化运营最成功、应用最广泛的移动通信系统,已在世界上 100 多个国家和地区投入商业运行,为用户提供覆盖全球的漫游通信服务,成为名副其实的“全球移动通信系统”^[10,11]。

我国的 GSM 网络始建于 1993 年,经过 10 年的发展,已经基本上建立了覆盖全国大多数城市和乡镇的 GSM 网络。通过 GSM 网络,用户可以在全国范围内方便地使用移动运营商提供的语音、短信和数据通信等众多移动业务,具有自动漫游和越区切换等功能。

GSM 系统作为一种开放式结构和面向未来设计的系统^[12,13],具有如下主要特点:

(1) 频谱效率高:由于采用了高效调制器、信道编码、交织、均衡和话音编码技术等,系统具有高频谱效率。

(2) 容量大:每个信道传输带宽增加,该系统的容量大约是模拟系统的 3~5 倍。

(3) 话音质量好:鉴于数字传输技术的特点以及 GSM 规范中有关空中接口和话音编码的定义,在门限制以上时,话音质量总是达到相同水平而与无线传输质量无关。

(4) 具有开放的接口:GSM 标准所提供的开放性接口,不仅限于空中接口,而且包括网络之间以及网络中各种设备实体之间,与其他网络的互连通常利用现有的标准接口,如 ISUP 或 TUP 等。

(5) 安全性好:通过 SIM 卡提供用户鉴权和对传输信息进行加密。

(6) 在 SIM 卡基础上实现了漫游:漫游是移动通信的重要特征,它标志着用户可以从一个网络自动进入另一个网络。对于 GSM 标准,它可以提供全球漫游。

2.1.2 GSM 网络的数据传输与短消息

移动数据通信是在数据通信基础上发展起来的一种通信方式^[14,15]。GSM 的数据传输业务的传送速率为 9.6kb/s, 在这种方式下, 通信的连接通过拨号建立, 占用专门的信道, 因此语音通话和其他的数据传送, 不能同时进行。其特点为: (1)无线的电路交换方式; (2)采取按时长计费的方式; (3)成本低。

短消息是 GSM 中唯一不要求建立端对端路径的业务, 即使移动台已处于电路通信的情况下仍可进行短消息传输^[16-18]。它通过信令信道传输信息, 把要发的信息加上目标地址先发到短消息服务中心 SMSC, 再由 SMSC 在适当的时刻转发给目标, 即由 SMSC 完成短消息的存储和中继功能, 系统认为不同的消息彼此独立。每个短消息的信息量限制为 140 个八位组(7 比特编码, 160 个字符)^[19,20]。

利用 GSM 数据传输业务和短消息业务的双向传输性能, 可方便地实现对各类设备及警情的远程控制和信息采集^[21-23], 即实现遥控和遥测, 具有通信成本低, 不受通信线路及地区限制等特点, 使用方便。

2.2 系统的实现方案

2.2.1 系统结构与功能

本系统的组成为二级网络结构: 后台监控中心和控制柜终端。其实现方案如图 2.1 所示。其中, 后台监控中心是系统的上位机部分, 主要由工控计算机和通信模块构成, 内置控制柜状态监控软件, 通过天线对整个系统进行指挥。它能对系统运行状态及参数等数据进行实时采集、分析和处理, 相当于整个控制系统的“大脑”部分。控制柜终端是系统的下位机部分, 主要由单片机系统组成^[24-26], 它充分利用了单片机及其接口芯片的各种资源和特长, 以实现节能型智能路灯控制系统的各种功能。该电路连接着市电电压采集模块、GSM 通信模块、无线收发模块、键盘显示模块、光控模块、温控模块等部分, 通过对各种元件进行管理, 实现了控制柜的现场控制以及与后台的数据通信。后台监控中心与控制柜终端的数据通讯依托于 GSM 通信模块。

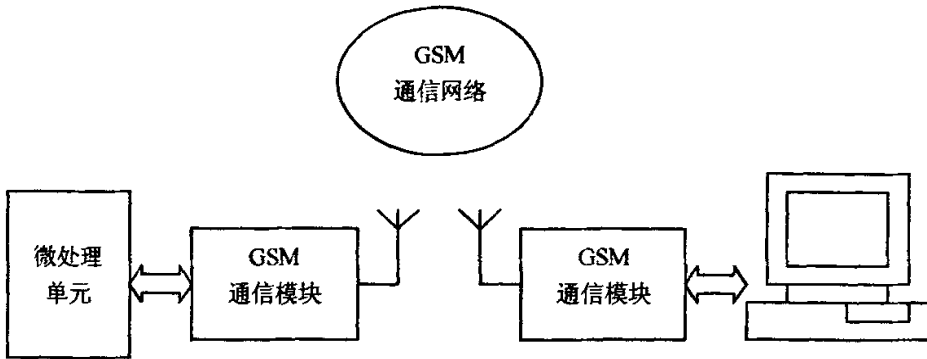


图 2.1 基于 GSM 的系统方案

Fig.2.1 System scheme based on GSM

系统的具体功能如下：

路灯控制柜为前端系统，安放在各个主要街道。市电电压采集模块采集市电电压送入 AVR 单片机的 A/D，然后进行节电等级判断，若满足某节电等级的转换，则由单片机控制相应的继电器，以实现节电等级的转换，并实时的根据后台控制中心的指令，将控制柜的状态上传到后台监控中心。后台监控中心由工业控制计算机、GSM 通信模块、相应的后台管理软件和数据库组成。控制柜终端的信息通过 GSM 模块与后台监控中心双向通信。监控中心可远程接收各控制柜的状态信息，也可以将有关控制命令通过 GSM 无线网络平台传至控制柜终端，实现对控制柜的遥控和遥信。后台监控软件在 Windows 操作系统下采用 VB 语言开发而成，具有菜单操作、屏幕显示等功能，电子地图将显示各控制柜的位置，控制柜的运行状态信息数据也将自动存入数据库以供管理人员查询。

2.2.2 本系统的优势

与国内同类系统相比，本系统具有如下的优势：

(1) 充分利用 GSM 公网资源作为数据传输的高速通道，组网简单，监控范围广，成本低，维护简单，免去了架设基站的高额费用，节省了大量人力、物力的投资，易于构成覆盖整个城市街道的无线监控网络。

(2) 利用短消息方式，能远程控制控制柜的运行状态，并且根据后台监控中心的控制命令将节能路灯控制柜终端的运行信息上传给后台监控中心，使总站值守人员及相关

管理人员快捷实时地获得各种状态信息。

(3) 整个系统采用工业级设计，性能稳定，扩展方便，兼容性好。系统具有数据记忆储存功能，不会因断电而丢失信息，并能从后台和现场两种途径设置系统，配置灵活，具有可推广性和实用价值。

(4) 数据信息保密可靠性高，抗干扰强。利用 SIM 卡的加密功能验证各控制柜身份，设置灵活、安全性高，整个系统数据准确可靠。

(5) 软件集成度高、功能性好。系统的后台中心软件功能强大，可提供历史数据库查询等，人机界面友好，管理操作简单方便。

3 监控终端的硬件模块设计

3.1 控制柜硬件方案的确定

智能控制柜终端的功能具体为：(1)控制柜对各种控制信号的采集；(2)通过 GSM 无线通信系统将相关的数据上传至监控中心；(3)接收由监控中心传来的各种指令和数据并进行相关操作。

根据智能控制柜终端系统的功能，现设计该系统的硬件框图如图 3.1 所示。

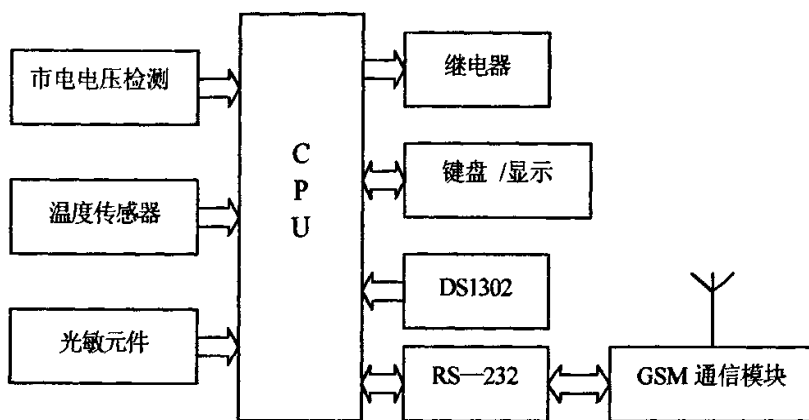


图 3.1 系统的硬件框图

Fig.3.1 Hardware frame of the system

智能控制柜终端核心部分是单片机系统，市电电压经过整流、滤波和降压处理后，得到小于 5V 的模拟电压送入单片机的 AD 转换引脚，经过 AD 转换后得到的数字量与已经设定的节电等级电压标准进行比较，满足哪个节电等级，则单片机通过软件控制相应的 I/O 引脚输出高低电平，控制继电器的动作，由此来实现对节电等级的控制。当检测出市电电压在 205~220V 之间时，进入轻度节电状态；当市电电压在 220~240V 之间时，进入中度节电状态；当市电电压在 240~260V 之间时进入深度节电状态；当市电电压超过 260V 或者小于 205V 时，则自动旁路，即不实行降压处理。时钟芯片 DS1302 用来实现日历等功能；RS-232 与 GSM 通信模块相连，用来实现与后台监控中心的短消息通信；温度传感器用来监测变压器的工作温度，当温度达到 65℃ 时，控制相应的继电器

器动作,使风扇工作,以降低变压器的工作温度,对变压器进行保护,当温度小于 65°C 时,风扇在继电器的控制下不工作;键盘为 4×4 键盘,由数字键 $0\sim 9$ 和一些功能键组成,用来预置节电参数和对 DS1302 进行时间设置等;显示部分由 8 个 LED 数码管和 8 个发光二极管组成,8 个 LED 数码管用来显示预置参数,当前时间等,8 个发光二极管用来指示智能控制系统目前的工作状态;光敏元件用来监测户外光线亮度等级,当环境亮度小于 10Lux 时,自动开灯,当环境亮度大于 20Lux 时,自动关灯。在光控开灯的情况下,为了防止闪电的干扰,当环境亮度大于 20Lux ,而且持续时间大于一分钟后才能开灯。这样就大大提高了系统光控开灯的可靠性。

3.2 主要器件的选择

3.2.1 单片机的选择

随着技术的发展和进步,以及市场对产品功能和性能的要求不断提高,使得作为单片嵌入式系统的核心—单片机,朝着多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、大存储容量和强 I/O 功能等方向发展^[27,28]。ATMEL 公司于 1997 年推出了采用先进的精简指令集 RISC 结构,性能更加优越的 AVR 单片机系列。特别是近几年里推出的 AVR 高档 mega 系列的单片机,其在结构、性能、可靠性等方面都独具特色,在 8 位高档单片机中堪称佼佼者。该单片机正受到越来越多的工程师的喜欢,并强有力地冲击着 8051 单片机的市场,其推广和应用有很大的发展前景^[29]。

ATMEL 公司的 AVR 是 8 位单片机中第一个真正的 RISC 结构的单片机。它采用了大型快速存取寄存器组、快速的单周期指令系统以及单级流水线等先进技术,使得 AVR 单片机具有高达 1MIPS/MHz 的高速运行处理能力^[30]。

在本次设计中,单片机的任务主要是完成对经过降压处理而采集到的市电电压进行模数变换,通过软件完成对节电等级的判断,并控制相应的继电器进行相应的通断动作;系统还要对一段时间内的开关灯时间及状态进行记录,这就涉及到 EEPROM 的应用;另外还要完成和外部设备的通信等功能。在 mega 系列 AVR 单片机中,ATmega128 是配置全、功能强的一款。在全面了解它的硬件结构,掌握它的特性及应用,并结合此设计

功能的要求, 考虑到芯片性价比等各方面的因素, 确定在本次设计中选用 ATmega128 作为系统的核心芯片就可以满足设计的需要。下面对 ATmega128 做一下简单的介绍。

(1) ATmega128 在片内集成了各种功能强大的外围接口和通信接口。如 USART、SPI、ADC、Watchdog、RTC、ISP、IAP、IIC 和片内高精度 RC 振荡器等。熔丝位是 AVR 单片机比较独到的特性, 用户通过配置这些熔丝位, 可以固定地设置 AVR 的一些性能、参数以及 I/O 配置等。ATmega128 采用了 ATMEL 的高密度非易失性内存技术, 片内 Flash 可以通过 SPI 接口进行在系统编程, 为嵌入式系统应用提供了灵活而低成本的解决方案。

(2) ATmega128 的内部资源非常丰富, 如下所述:

1) 存储器。128K 的可在系统/在应用(ISP/IAP)Flash 程序存储器, 4K 的 SRAM、4K 的 EEPROM, 并留有外部存储器扩展接口。

2) A/D 转换模块。内部带有 8 通道的 10 位 A/D 转换模块, 非常方便的实现模拟信号的 A/D 变换。

3) 事件管理模块。有两个带有输入捕获单元的 16 位的定时器, 可以实现频率的精确测量。

4) 丰富的 I/O 口。53 个可编程 I/O 口, 可任意定义 I/O 口的输入/输出方向, 可直接驱动 LED 等大电流负载。

5) 电源。此芯片是 5V 直流电源供电, 和整个系统的供电系统一致, 便于整个系统电源的统一。

6) 通信接口。2 个可编程的增强型 USART, 以实现与外部设备的通信。

7) 其他。还有看门狗定时器、外部中断、实时时钟等资源。

3.2.2 GSM 通信模块的选择

目前, 在国内已经开始使用的 GSM 模块有 Falcom 的 A2D 系列, Wavecom 的 WMO2 系列和 Siemens 的 TC35 系列, 这些模块的功能和用法区别不大。本设计中选用了 Siemens 的 TC35T。下面对其进行介绍。

新一代无线通信模块 TC35T 具有强大功能, 可以快速可靠地实现系统短消息的传输, 是理想的 GSM 通信模块^[31-33], 其总体结构如图 3.2 所示。

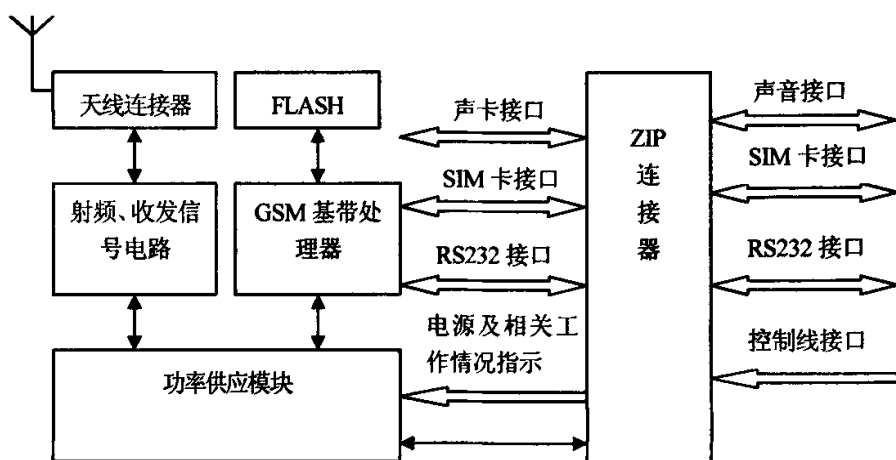


图 3.2 TC35T 通信模块的总体结构

Fig.3.2 General structure of TC35T

TC35T 模块主要由 GSM 基带处理器、GSM 射频模块、供电模块(ASIC)、闪存、ZIF 连接器、天线接口六部分组成。其中 GSM 基带处理器是核心部件，它的作用相当于一个协议处理器，用来处理外部系统通过串口发送过来的 AT 指令，涵盖了蜂窝射频设备中所有的模拟和数字功能；射频模块部分主要实现信号的调制与解调，实现外部射频信号与内部基带处理器之间的信号转换；匹配电源为处理器以及射频部分提供所需的电源；插座是提供给用户的应用接口。

该通信模块的工作电压为 3.3~5.5V，可以工作在 900MHz 和 1800MHz 两个频段，所在频段功耗分别为 2W(900M)和 1W(1800M)。模块有 AT 命令集接口，支持文本和 PDU 模式的短消息、第三组的二类传真、以及 2.4k, 4.8k, 9.6k 的非透明模式。此外，该模块还具有电话簿、多方通话、漫游检测功能，常用工作模式有省电模式、IDLE、TALK 等模式。通过独特的 40 引脚的 ZIF 连接器，实现电源连接、指令、数据、语音信号、及控制信号的双向传输。

主要应用接口为：

- (1) RS-232 数据接口：标准 DB9 接口，通信模块通过 RS-232 接口与单片机相连。
- (2) 控制线接口：主要有指示灯、同步信号线、电源控制线等。

(3) 声音接口：包括耳机和麦克风的接口，各有两组接口。第一组接口包括一个模拟信号的麦克风输入和一个模拟信号的耳机输出；另一组为模拟信号的麦克风输入和用于手持设备的模拟信号输出。

(4) SIM 卡接口：SIM (Subscriber Identity Model) 用户识别模块，是带有微处理器的一种智能集成电路芯片，主要由 CPU、RAM、ROM、EEPROM 和串行通信接口电路组成。SIM 卡是数字移动通信系统中不可缺少的一个重要组成部分。只有通过对 SIM 卡定义后，即在 SIM 卡中存入用户相关的数据，通过对 SIM 卡鉴权，移动电话才能有效完成与网络设备的连接与信息交换。

在接口设计或通讯过程中，我们不必考虑 GSM 网络本身的通讯方式及相关的传输手段，因此系统开发对我们来说可以看作是透明的，因为短消息本身有一个完整的技术基础，包括提供可靠的信息收发支持。模块具有很强大的通信功能，加上电信系统的手机短信服务方便快捷，使得用其传输数据具有可能性。

3.3 节电方法的实现

本设计采用的节电方式是降压，降压采用的是自耦降压式调控装置。

自耦变压器与普通变压器的区别在于，自耦变压器的一、二次侧线圈不仅有磁的联系，还有电的联系，在输出电压调节范围不大时它的容量比较小，所以消耗的材料少，造价低，效率高。这类产品最大的优点是克服可控硅斩波型产品产生谐波的缺陷，实现电压的正弦波输出，结构和功能都很简单，当然可靠性也比较高。目前应用的有两种方式，即固定抽头方式和连续调节方式，但是，这两种方式也分别存在技术缺陷^[34-36]。

1) 固定多档自耦降压器

其核心部件是一个多抽头的变压器，变压比是固定的，一般副边有三到五个降压抽头，分别降 5V、10V、15V、20V 等固定值，一旦接线端固定，降低电压就是固定值，目前我们采用的就是此种降压方式。此种降压方式适用于不经常动作的开关场合，不适用于频繁切换的场合。

2) 连续调节自耦型降压器

其工作原理是通过电刷在线圈的表面平滑移动或滚动，改变线圈的变比而调节输出

电压。优点是可实现无级平滑调节，调节精度高，但由于电刷调节回路是串在主回路中，因此承受的电流大，电刷接触不良，会产生火花，引起触点磨损。

3.4 模糊决策应用于节电等级的判定

3.4.1 模糊决策评判法的建模原理

(1) 模糊数学简介。1965 年美国加利福尼亚大学控制理论专家扎德教授在《Information And Control》杂志上发表了一篇创造性论文《Fuzzy Sets》，标志着模糊数学的诞生。与其它学科一样模糊数学也是由于实践需要而产生的，模糊概念(或现象)处处存在。当代科技发展的趋势要求各个学科领域定量化和数学化。当然也迫切要求将模糊概念或模糊现象定量化和数学化，模糊数学作为研究和处理模糊概念的数学方法便应运而生。

模糊数学是研究和处理模糊性现象的科学。模糊性是指客观事物差异在中介过渡时所呈现的“亦此亦彼”性。众所周知，经典数学是以精确性为特征的，模糊数学则是与之相反的，以模糊性为特征的。事物的模糊性并不是完全消极的和没有价值的，在某些情况下，用模糊的概念来处理问题甚至比用精确的方法更显得优越，因为不确定性是客观事物具有的一种普遍属性。在人类社会和各个科学领域中，人们所遇到的各种量大体上可以分为两大类：确定性与不确定性。不确定性又分为随机性和模糊性，人们正是用三种数学来分别研究客观世界中不同的量^[37]。

随机性的不确定性，也就是概率的不确定性。例如：“明天有雨”、“掷色子出现 3 点”等，它们的发生往往是一种偶然现象具有不确定性。在这里事件本身是确定的，而事件的发生不确定。只要时间过去到了明天，“明天有雨”是否会发生就变成确定了。“掷色子出现 3 点”，只要做一次实验它就变成确定的了。而模糊性的不确定性，即使时间过去了或者实际做了一次实验，它们仍然是不确定的，这主要是因为事件本身(如“老年人”、“成绩良好”等)是不确定的，具有模糊性，是由要领语言的模糊性产生的。概率论的产生把数学应用范围从必然现象扩大到偶然现象的领域，模糊数学的产生则把数学的应用范围从精确现象扩大到模糊现象的领域。概率论研究和处理随机性，模糊数学则研究和处理模糊性。

模糊数学不是让数学变成模糊的东西，而是让数学进入模糊现象区域。在许多控制和评估过程中，以及人脑对模糊事物进行识别和判决时，模糊手段反而容易达到精确的目的。

模糊数学是一个新兴的数学分支，由于它打破了传统数学的束缚，即认识到事物“非此即彼”的清晰性形态，又认识到事物“亦此亦彼”的过渡性形态。模糊数学从诞生至今已经有 30 年多年的历史，不仅积累了非常丰富的理论成果，而且其应用几乎涉及自然科学与社会科学的各个领域，其实际应用广泛涉及到国民经济的各个领域和部门。特别是近年来模糊理论又同神经网络、知识工程、遗传算法以及可靠性理论等学科相互结合形成了几类具有广阔前景的研究新领域。

在处理复杂事物时，科学的方法应当是精确性和可行性综合最优的方法。任何一种方法结果的精确性往往是以方法的复杂性为代价的，而且科学技术发展的实践也证明，精确性和有意义性是有条件的和相对的统一，不一定越精确越好。因此模糊数学的适应面比传统数学更广泛，更具有生命力和渗透力，大大扩展了数学的应用范围。从应用方面看，已经在迅速分散。它已用于图像识别、天气预报、地质地震、交通运输、轻工纺织、医疗诊断、信息控制、系统工程、人工智能、自动控制、企业考评、质量评定、环境评价、人才预测和规划、教学、科研管理评估、图书情报分类等多方面。它还渗透到社会科学中的经济学、心理学、教育学、语言学、未来学、生态学、历史学、法学、军文学、哲学、管理学等多种学科，并产生了一定的效果。

(2) 模糊决策理论。决策是根据已有的信息做出各种可能的推测、判断，并从中选择出最优方案。多数决策都是在模糊目标、模糊约束及模糊环境下进行的，这样的决策称为模糊决策。

1) 决策的定义

决策是人们在科学、技术、政治、军事、经济、社会乃至日常生活中，无论是领导者还是个人都普遍存在的一种行为。通俗地说，决策就是决定的意思，领导者在管理工作中的主要职责是决策，决策的正确与否关系到国家的兴亡、事业的成败以至于个人的命运。由于企业管理者的失策，会使企业亏损甚至垮台；由于教练的失策，会导致虽具“优

势”项目，却在比赛中败北。

在我们个人的日常生活中，早上起来后，穿什么衣服？诸如此类的许多琐碎事情都包含着决策过程。

决策是为了达到特定的目标，根据客观条件及可能性，在已获得的信息和取得经验的基础上，采用一定的科学理论、技术与方法，对影响目标的多种因素进行分析、计算和判断，在至少两种方案或多种方案中通过优选给出最后的决定。

关于决策还没有统一的定义，美国著名科学家 H·A·西蒙认为：“管理就是决策”，H·艾伯斯认为：“决策有广义和狭义之分。狭义的说，进行决策是在几种行为方案中做出选择；广义的说，决策还包括做出最后抉择之间必需进行的一切活动。”

2) 决策因素及其模糊性

决策是由人做出的，因此作为决策系统中的人是决策的主体。决策必须至少有一个期望达到的目标，必须至少有两个可供选择的可行方案。一种方案是具有有限个明确方案，另一种是受约束条件限制，有不明确的方案。

现考虑一个阴天的早上决策是否要带雨伞的问题。结果无非是有雨或无雨，因此，有带伞或不带伞两种选择。做决策时，可以像对待以往相似天气那样简单处理，亦可像来自气象台的大规模气象分析那样复杂。不管根据哪种信息，它们都带有一定程度的不确定性、模糊性。对于表现为随机性的确定性，就要通过概率论加以研究，对于模糊性的信息，就要用模糊数学加以研究。

实际上我们面临的多数决策都是在目标、约束以及一系列行动等没有准确的规定环境下进行的，它们都具有模糊特征。一切决策首先必须确定目标，然而要精确的描述某一目标往往极为困难，因此需要研究具有普遍意义的模糊目标问题。例如，“提高服务质量”作为目标，究竟在多大程度上达到了目标，其评价标准由决策者主观确定，利用模糊集合的隶属函数利于评价，便于选出最佳方案。

约束条件，在选择方案中也有两种：一种是严格的、绝对不允许含糊的约束，如“温度绝对不允许超过 75°C ”；另一种则是弹性的“软”约束，如住房附带要求“交通方便”这样的条件，就是模糊决策。

决策时可供选择的方案称策略，它是一个集合。对策略集合而言，不模糊的清晰的约束条件规定了一个经典子集，而模糊的或软的约束，则对应一个模糊子集。

3) 模糊决策的基本思想

在决策过程中，可供选择的方案构成了一个策略集合，该策略集合中蕴含着要选定的目标。在需要决策时，各种环境条件往往存在着由随机性和模糊性导致的多种不确定因素。

当目标清晰时，这对决策的策略集合由能达成目标和不能达成目标的两个经典子集构成，界域分明。能达成目标的子集和能满足约束条件的子集的交集，便是最佳策略集。这种思想，可以推广用于解决具有模糊目标和模糊约束的决策问题。

模糊决策的数学基本思想是：设策略集 $X=\{x\}$ ，能满足模糊目标的策略集为 G ，满足模糊约束的策略集为 C ，他们均为 X 的模糊子集，理想策略 D 为 G 与 C 的交集。即 $D=G \cap C$ 。将隶属函数 μ_D 为最大值的理想策略称为最大化策略 D^M ，表示为：

$$D^M = \{x_0 \in X \mid \mu_D(x_0) = \max \mu_D(x)\} \quad (3.1)$$

因为模糊目标和模糊约束对于决策的本质作用是相同的，所以模糊目标和模糊约束都作为策略集 X 上的模糊子集来处理^[38]。

4) 隶属函数的确定方法

对于如何建立隶属函数，一开始就引起了模糊数学界的充分重视，国内外的研究者做了大量的工作，取得了一定的成绩，目前已经提出了不少的方法，由于这些方法从不同的侧面，根据不同的需要提出的，各又侧重，因此不一一介绍，下面主要介绍一下本次设计所用的方法即指派方法。

所谓指派方法就是根据问题的性质套用现成的某些形式的模糊分布，然后根据测量的数据确立分布中包含的参数。

总之，隶属函数或隶属度多由人们的评判做出，因而带有或多或少的主观性，为了客观、真实的反映隶属度，减少误差，就应广泛收集各有关人员的评估意见，并加以科学的综合，从实践效果中进行反馈，不断校正自己的认识以达到预定目标。隶属函数的

确定过程,在本质上是客观的,但也容许有一定的人为技巧评判隶属函数是否符合实际,主要看它是否正确地反映了元素隶属集合到不属于集合这一变化过程的整体特性,而不在于单个元素的隶属度数值如何。

3.4.2 模糊决策模型的建立

在本设计中,模糊目标的策略集 G 为降压后的电压对 220V 的隶属函数 μ_G ,模糊约束策略集 C 为每一个降压区间段对某个降压起点的隶属函数 μ_C 。我们以 230V~235V 为例(其他区间段的分析方法与此相同)确定 μ_G 和 μ_C 。

(1) μ_G 的确定

230V 作为一个降压点,其降压等级为 10V,若规定从 230V 到 235V 均按照 10V 降压,则在每一个整数电压值处依次降压 10V 得到电压依次为 220V, 221V, 222V, 223V, 224V, 225V;若以 235V 作为降压点,其降压等级为 15V,则从 230V 到 235V 之间的整数电压值经降压后的电压值依次为 215V, 216V, 217V, 218V, 219V, 220V。由此可画出分别以 10V 和 15V 降压后得到的电压对 220V 的隶属函数如图 3.3 所示。

隶属函数如下:

$$\mu_G = \begin{cases} 1 & u=220V \\ 0 & u=215V, 225V \\ (u-220)/5 & 215V < u < 220V \\ (-u+220)/5 & 220V < u < 225V \end{cases} \quad (3.2)$$

其中, μ_G 为降压后的电压对 220V 的隶属函数, u 为市电电压。

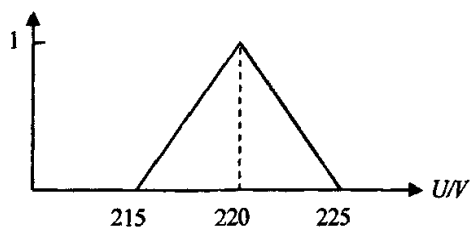


图 3.3 230V~235V 降压后电压对 220V 的隶属函数

Fig.3.3 Membership function of reduced 230V~235V submit to 220V

(2) μ_c 的确定

230V~235V 电压区间段对 230V 的隶属函数如图 3.4 所示。

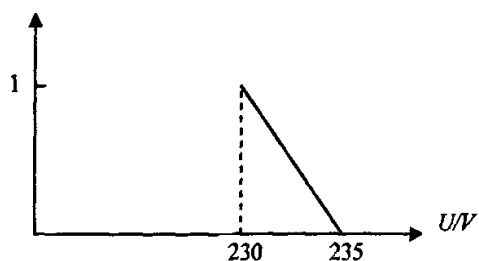


图 3.4 230V~235V 电压对 230V 的隶属函数

Fig.3.4 Membership function of 230V~235V submit to 230V

隶属函数如下：

$$\mu_c = \begin{cases} 1 & u=230V \\ 0 & u=235V \\ (-u-235)/5 & 230V < u < 235V \end{cases} \quad (3.3)$$

其中， μ_c 为每一个降压区间段对某个降压起点的隶属函数， u 为市电电压。

为了决策 230V~235V 之间的降压切换点，我们将 μ_c 的隶属函数向右平移 15V，并与 μ_G 相交得到图 3.5，如下所示。

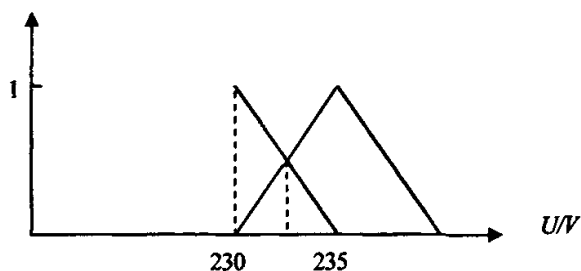


图 3.5 模糊决策图

Fig.3.5 Fuzzy decision

根据以上基于模糊决策的分析,计算出相应的节电等级转换点电压值依次为 227.5V, 232.5V, 237.5V, 242.5V。为了减少 AD 转换的复杂度,在不影响路灯工作的情况下,将降压点依次设置为: 227V, 232V, 237V, 242V。然后对单片机进行软件编程实现节电等级的自动切换。

3.5 各功能模块的实现

3.5.1 市电电压检测模块

市电电压检测模块电路图如图 3.6 所示。

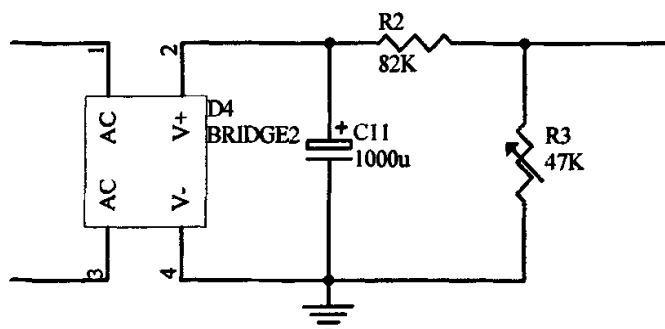


图 3.6 市电电压检测

Fig.3.6 Civic voltage detection

市电电压经 220V/9V 变压器接入,再进行全桥整流,大电容滤波,再经过电阻分压,电阻分压后的电压最高要接近 5V,这样才能保证 AD 转换的精度,而且又要小于 5V 以

保证电压不超出 AD 转换的范围。经电阻分压后得到的电压送入一电压跟随器，再送入 AVR 单片机的 AD 转换接口 PF0 进行 A/D 转换。

3.5.2 时钟模块

为了使系统具有实时性，需由一时钟电路给系统提供时钟信号。传统的时钟芯片主要有 MC68HC68T、MC146818、LM8365 等，这些器件引脚数目较多、体积大、占用口线较多。因此，本系统采用了 DALLAS 公司的实时时钟芯片 DS1302^[39]。它采用串行通信方式，体积仅是上述时钟芯片的 1/4，片内含 RAM，可增加系统的 RAM，外围连线少，使用灵活。它的时钟校准也较为容易，若采用专用晶振器，几乎无需调整即可达到国家要求的时钟误差标准。其读写靠时序控制，具有写保护位，抗干扰性强。同时，由于该芯片具有备用电池充电和切换管理功能，因此在系统掉电时能通过电池对时钟电路单独供电。

DS1302 时钟芯片可提供秒、分、时、日、月和年等信息，对小于 31 天的月末日期进行调整，还包括闰年的校正功能。时钟的运行可采用 24 小时或带 AM(上午)和 PM(下午)的 12 小时格式。DS1302 与单片机的通信仅需三条线，即 RST(复位线)、I/O(数据线)和 SCLK(串行时钟线)。数据可以按每次一个字节或多字节的形式传送。

DS1302 与单片机的接口电路图如图 3.7 所示。

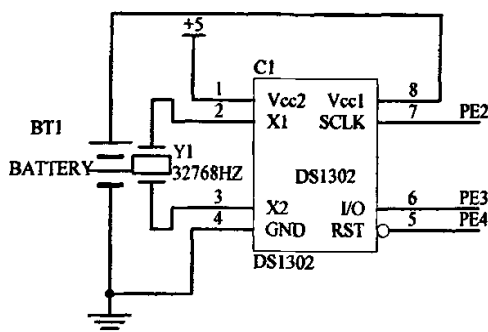


图 3.7 DS1302 与单片机的接口

Fig.3.7 Interface between DS1302 and MCU

RST 接 PE4，此引脚为高电平时，选中该芯片，可对其进行操作。串行数据线 I/O

与串行时钟线 SCLK 分别接在 PE3 和 PE2 上,所有的地址、命令及数据均通过这两条线传输。外围晶振为 32768Hz。

3.5.3 键盘

为了便于向智能控制柜监控终端系统输入控制信息、设置参数等,本系统设置了 4×4 的矩阵式键盘,它的行和列分别用 I/O 口来控制。16 个按键开关设置在行列线交点处,开关两端分别连到行列线上。每根列线上端通过上拉电阻接+5V 电源,行线接一个并行输出接口,列线接一个并行输入接口。4×4 的行列式键盘原理图如图 3.8 所示。

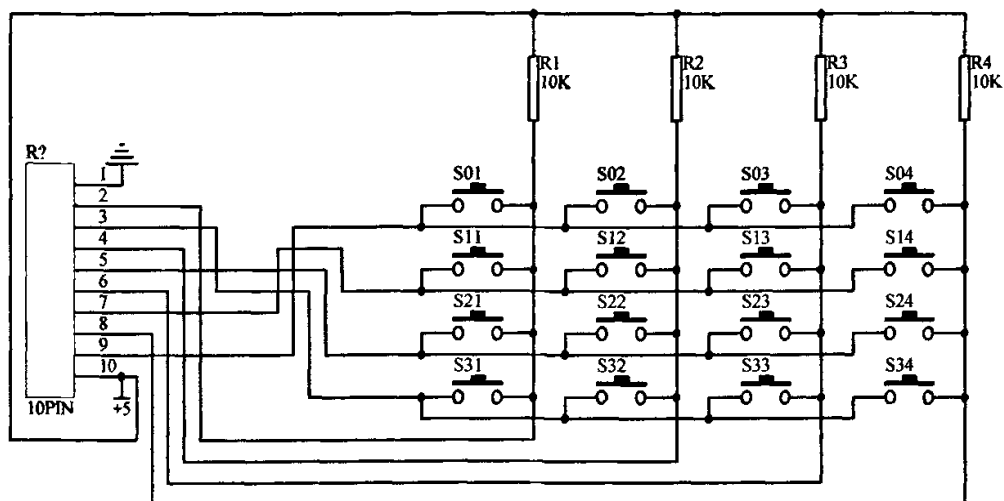


图 3.8 4×4 行列式键盘

Fig.3.8 4×4 row and column keyboard

计算机系统中键盘有两类：(1)编码键盘，即键的识别由硬件实现；(2)非编码键盘，即键的识别由软件实现。本系统选用非编码键盘。单片机的键盘接口主要完成以下功能：检测是否有键按下、消除按键抖动、识别按键所在行和列的位置、产生按键代码(即键值)。其具体实现过程如下：

1) 判断是否有键按下

首先使所有行线为低电平，当键盘上没有键按下时，所有列线将为高电平，即读到

的数据全部为“1”；当有任一按键闭合时，总有一根列线为低电平，即读到的数据不全为“1”。

2) 按键抖动的消除^[40]

键的按下和释放是利用机械触点的闭合和断开来实现的，由于机械触点的弹性作用，键的闭合及断开瞬间均有抖动过程。抖动的时间长短一般为 5ms~10ms。为了保证 CPU 对一次按键仅作一次键入处理，必须消除抖动的影响。消除抖动的方法有硬件或软件，这里运用软件消除抖动的方法：在检测到有键按下时，延时 10ms 后再确定此键是否仍保持闭合状态，若仍保持闭合状态便确认它为被按键，否则忽略此次按键。

3) 识别按键位置

当判断有键按下时，识别是哪一个键按下。其方法是：依次给每一根行线送低电平，然后读所有列线状态，若全为“1”，则按键不在此低电平行上；若列线状态有一根为“0”，则按键就在现有低电平行与低电平列的交叉处。

4) 键盘上的每个按键都对应一个键值，对得到的行号和列号译码，得到键值。

由于单片机的引脚数目不够，采用了 74LS377 和 74LS244 分时公用单片机的 PC 口，如图 3.9 所示。

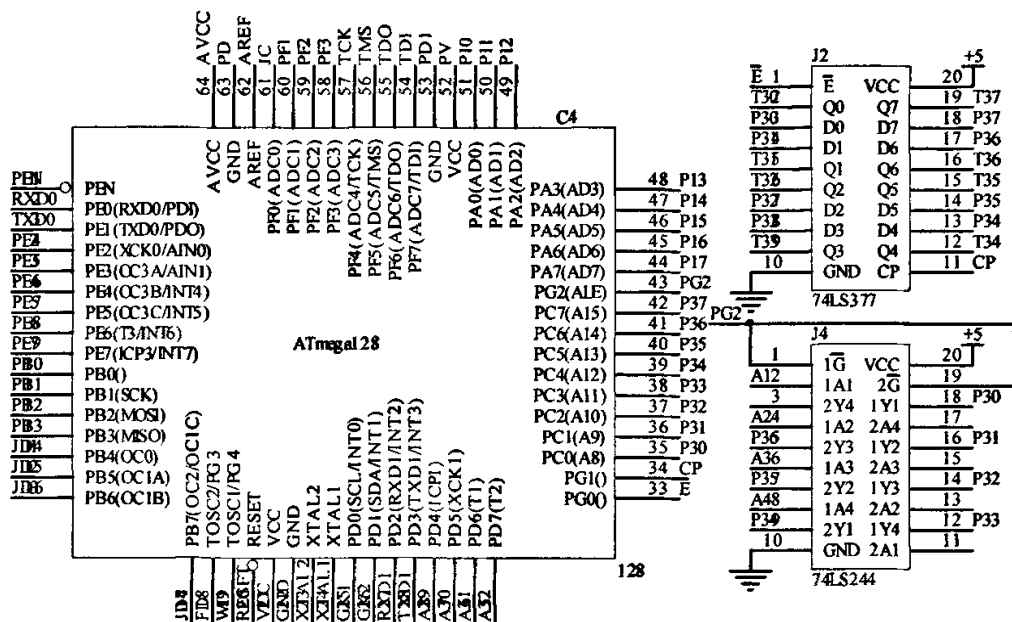


图 3.9 键盘显示分时共用

Fig.3.9 Time-sharing between keyboard and display

其中 74LS377 与显示部分的 8 个发光二极管相连，74LS244 用于接收键盘的列线扫描信号，以用来进行键值识别。

3.5.4 显示模块

智能控制柜终端在通常状态下显示时钟，当进行现场调试、参数设置和维护时需要显示系统参数等信息，因此，根据显示模块的功能，本系统设计了 8 位 LED 静态显示器，各位的共阴极连接在一起并接地，偶数位显示器的 dp 端接+5V 电源，处于高亮状态，每位的段选线(a~g)分别与一 7 位的锁存输出相连。作为静态显示，显示器中的各位相互独立，而且各位的显示字符一经确定，相应锁存器的输出将维持不变，直到显示下一个字符为止，因此，静态显示器的亮度都很高，稳定性也很强。

BCD—7 段锁存/译码/驱动芯片采用 CD4511，其输出为高电平有效，是共阴极数码管。引脚 A、B、C、D 为 CD4511 的数据输入端，分别与单片机的 PA0~PA3 相连接，其中，A 为最低位，D 为最高位。消隐控制段 BI 和灯测试端 LT 均接高电平，正常显示。

“LE”是锁存控制器端口，它把加在 A、B、C、D 端的数据译成段驱动信号，经限流电阻送到数码管的段控制线上，LE 为高电平时，驱动信号被锁存在 CD4511 的输出端，LE 为低电平时，信号被锁存，由此实现静态显示。

图 3.10 是一片 CD4511 与 LED 的接口电路图。

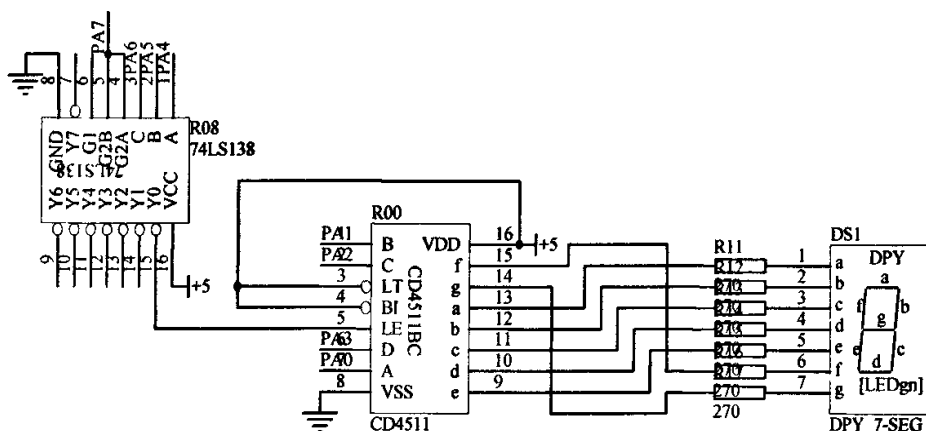


图 3.10 CD4511 与 LED 的接口电路

Fig.3.10 Interface between CD4511 and LED

单片机的 PA4~PA6 端口分别连接二进制译码器 74LS138 的三个输入端 A、B、C，74LS138 的 3 个控制端 G1 接+5V，2A 和 2B 接地线，译码输出端 $\overline{Y_0} \sim \overline{Y_7}$ 分别连接 8 片 CD4511 的 LE 端。

3.5.5 TC35T 通信模块

TC35T 对外提供标准的 RS-232 接口和电源接口。应用时将单片微处理器 ATmega128 配上标准 RS-232 串行口芯片与 TC35T 的串行口用电缆直接连接，就可以使用了。在本系统中，RS-232 接口采用 MAXIM 公司的 MAX232 芯片，低功耗，单电源双 RS-232 发送/接收滤波器，以完成 TTL 到 EIA 双向电平的转换。芯片外围 4 个电解电容 C_9 、 C_{10} 、 C_{16} 、 C_{17} 是内部电源转换所需电容，其取值均为 $1\mu\text{f}/25\text{V}$ 。设计的硬件电路图如图 3.11 所示。

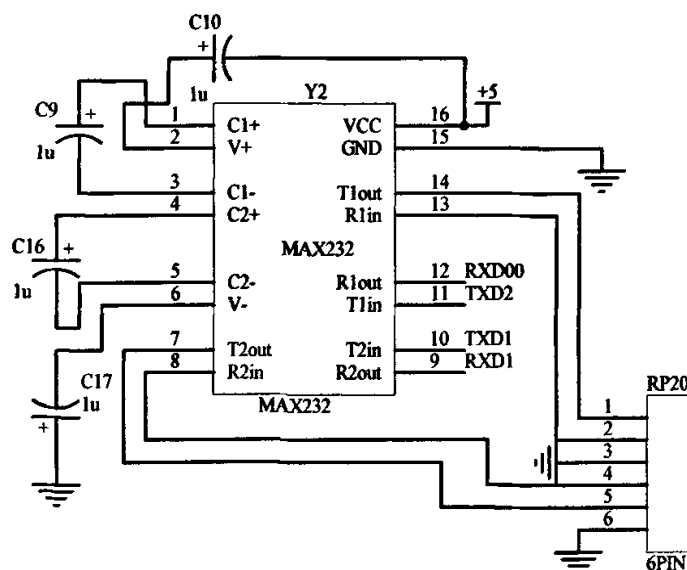


图 3.11 TC35T 与单片机的接口电路

Fig.3.11 Interface between TC35T and MCU

只用其中的一路串行通信口，另外一路也接在输出接口上，以备扩展系统时使用。

3.5.6 继电器控制模块

为了实现单片机对不同节电等级的控制，单片机接驱动 7407、光电耦合器 TLP521—4 和继电器驱动器 UN2003，继电器驱动器 UN2003 的输出接有 4 个 OMRON 继电器 MY2N1，用以实现上述节电等级的控制。如图 3.12 所示。

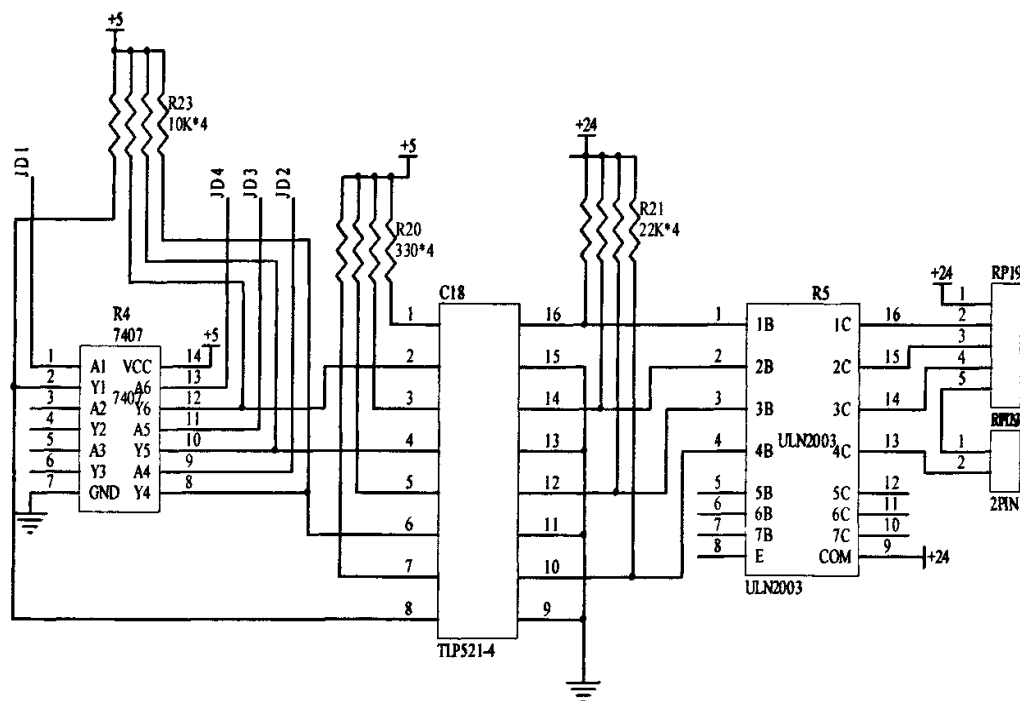


图 3.12 单片机对继电器的控制

Fig.3.12 Controlling of MCU to the relay

每个继电器有常开、常闭触点各两路，使用中 KA1 只用到一路常开，KA2、KA3、KA4 均只用到拥有公共触点的一组常开、常闭。

主回路电路主要由以下几部分构成，主回路如图 3.13 所示。

三个 CN-35 接触器(图 3.13 中编号 KM3、KM4、KM5)每个接触器有五路常开，两路常闭触点，其中各有三路常开主触点用于主回路变压器次边绕组的控制；一路常开辅助触点用于向单片机反馈节电等级，两路常闭辅助触点用于三种节电状态的互锁，剩余一路常开辅助触点未用。

两个 CN-100 接触器(图 3.13 中编号 KM1、KM2)用于节电与旁路两种状态的互锁。

一个三相变压器 TN(图 3.13 中编号 TN1、TN2、TN3)次边绕组受接触器 KM3、KM4、

KM5 的控制，在不同的节电等级下有着不同的变压比。

一个 B0-100EB 自动开关(图 3.13 中编号 SA)用于控制与保护节电器。

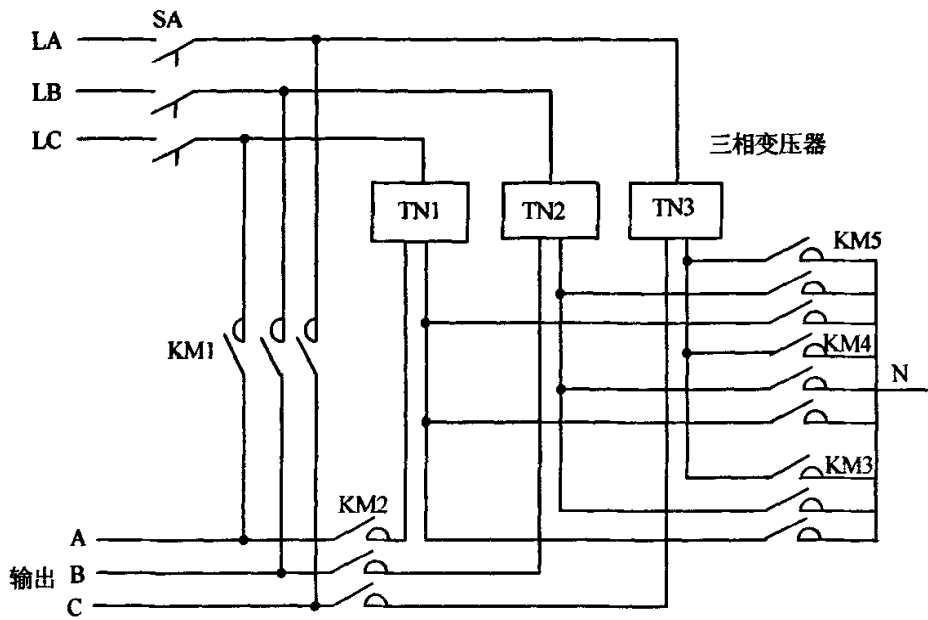


图 3.13 主回路电路

Fig.3.13 Circuit of main loop

继电器与接触器的总体控制逻辑关系如图 3.14 所示。

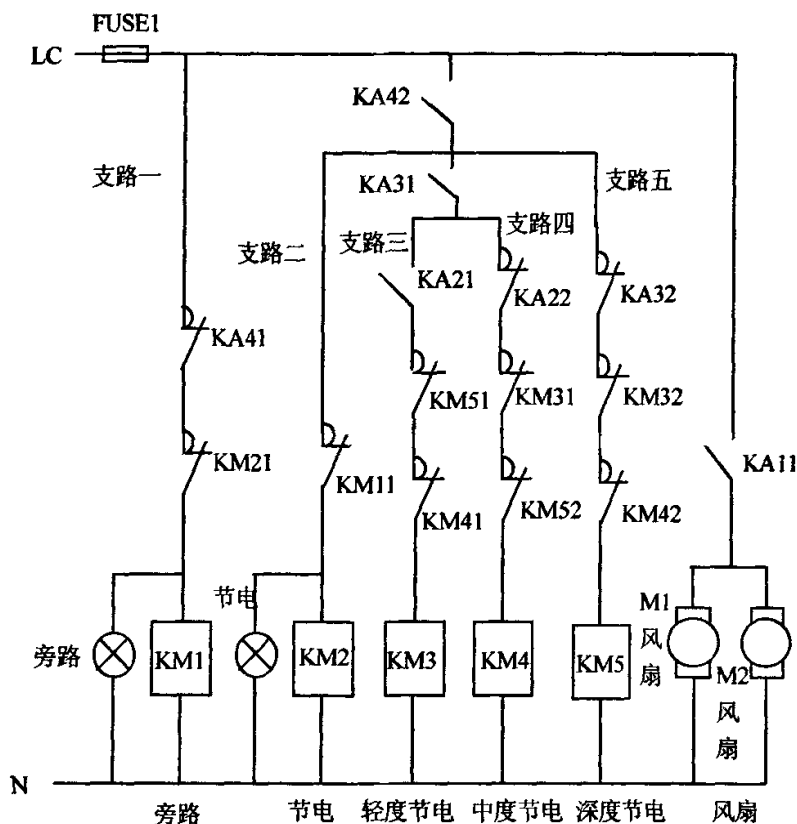


图 3.14 总体逻辑关系

Fig.3.14 General logic relationship

基本的控制关系为：

(1) 单片机控制 ORMON 继电器 KA1、KA2、KA3、KA4；KA1 控制风扇；

(2) KA4 控制旁路与接触器 KM1、KM2；

(3) KA2、KA3、KA4 共同控制接触器 KM3、KM4、KM5；

(4) KA2、KA3、KA4 与 KM3、KM4、KM5 的逻辑互锁组合共同控制路灯节电器运行。

本节电器共有 5 种节电状态：轻度节电，中度节电，深度节电，自动节电和旁路(不节电)。

两种控制模式：自动方式和手动方式。

自动方式：本系统按照所设定的时段自动进入相应的节电档位(上半时段轻度节电，下半时段为深度节电)，同时相应的指示 LED 灯点亮。

手动方式：轻度节电，中度节电和深度节电属于手动节电状态。进入手动方式后，系统运行在哪个节电状态，指示相应状态的 LED 指示灯点亮。

具体原理与逻辑关系如下：

1) 轻度节电：KA2、KA3 受单片机的控制发生动作，使得支路三导，KM3 线圈通电，同时常开触点 KM33 闭合，将工作状态反馈给单片机；支路四、五中的 KA22、KA32、KM31、KM32 均断开起互锁作用。

2) 中度节电：单片机控制 KA3 动作，KA2 不动作，使得支路四导通，KM4 线圈通电，同时 KM43 常开触点闭合将工作状态反馈给单片机；支路三、支路五中的 KA21、KM41、KM42 均断开起互锁作用。

3) 深度节电：此种情况下，KA2、KA3 均不动作，因此支路五导通，KM5 线圈通电，同时 KM53 常开触点闭合将工作状态反馈给单片机；而在支路三、四中，KA31、KA21、KM51、KM52 均断开起互锁作用。

4) 自动节电：即节电器从开机时刻起，在设定时间段内工作在轻度节电，时间段过后，自动进入深度节电。

5) 旁路：此时，KA4 不动作，因此支路一导通，KM1 线圈通电并动作，支路二的 KA42 常开、KM11 常闭均断开起互锁作用；旁路原因有手动旁路、温度高于 105°C ^[41]、自动旁路和电压高于 260V 或低于 205V 自动旁路。

此外，不论工作于哪种工作状态，当三相变压器温度超过 65°C 时，KA1 都动作，启动风扇工作。

3.5.7 光控模块

光控模块的电路如图 3.15 所示。

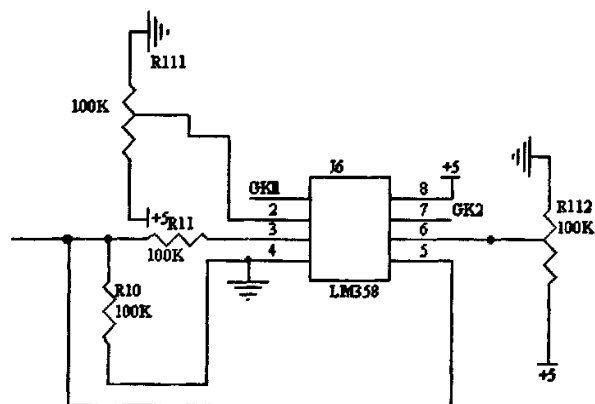


图 3.15 光控电路

Fig.3.15 Circuit of light control

为了实现控制柜的光控功能，系统接有 100K 的光敏电阻，光敏电阻随着外界光线的明暗变化，其阻值也随之变化，本系统利用两个运算放大器形成的比较功能来实现光控功能。可以先根据某一特定光照度对应的电阻值调节滑动变阻器的阻值，使输出为低电平或高电平，这里我们设定当光照度大于开灯的光照度时，比较器输出高电平，当光照度小于关灯的光照度时，比较器输出低电平^[42]，从而实现光控功能。

3.5.8 温度检测模块

温度检测模块的电路图如图 3.16 所示。

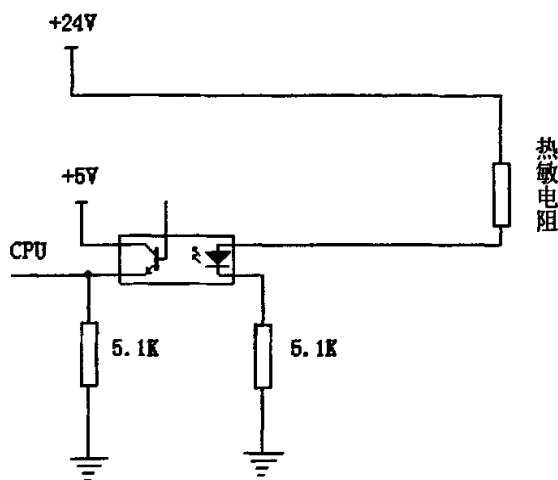


图 3.16 温度检测电路

Fig.3.16 Circuit of temperature detecting

温度检测模块完成的主要功能是检测变压器的工作温度，当温度低于 65°C 时，光耦输出端输出高电平，当温度高于 65°C 时，输出低电平，由此输出电平的高低为依据，单片机通过对继电器的控制实现对风扇的控制。

3.5.9 其它辅助模块

(1) 复位模块^[43,44]。Atmega128 已经内置了上电复位设计。并且在熔丝位里，可以控制复位时的额外时间，故 AVR 外部的复位线路在上电时，可以设计得很简单：直接接一只 10K 的电阻到 VCC 即可。为了可靠，再加上一只 0.1 μF 的电容以消除干扰、杂波。D3(1N1418)的作用有两个：一是将复位输入的最高电压钳在 $V_{cc}+0.5\text{V}$ 左右，另一作用是系统断电时，将 $R_1(10\text{K})$ 电阻短路，让 C_{13} 快速放电，让下一次来电时，能产生有效的复位。当 AVR 在工作时，按下 S1 开关时，复位脚变成低电平，触发 AVR 芯片复位。复位电路图如图 3.17 所示。

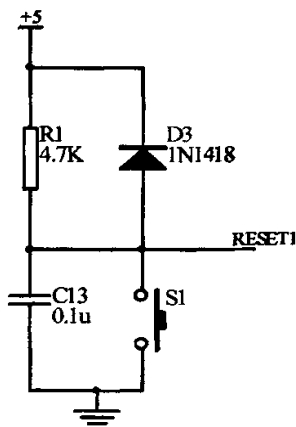


图 3.17 复位电路

Fig.3.17 Circuit of reset

(2) 晶振电路的设计。Atmega128 已经内置 RC 振荡线路, 可以产生 1M、2M、4M、8M 的振荡频率。不过, 在一些要求较高的场合, 比如要与 RS-232 通信需要比较精确的波特率时, 便要使用外部的晶振线路。晶振两端接 20pF 左右的电容。

(3) A/D 转换滤波线路的设计。为减小 A/D 转换的电源干扰, ATmega128 芯片有独立的 A/D 电源供电。在 VCC 串上一只 10uH 的电感(L_1), 然后接一只 100n 的电容到地(C_2)。A/D 转换的参考电源可采用芯片内部的 2.56V 的参考电源, 或采用 AVcc, 也可采用外部的参考电源, 本设计中采用采用 AVcc 作为参考电源。习惯上在 AREF 脚接一只 0.1uF 的电容到地(C_3)。设计的电路图如图 3.18 所示。

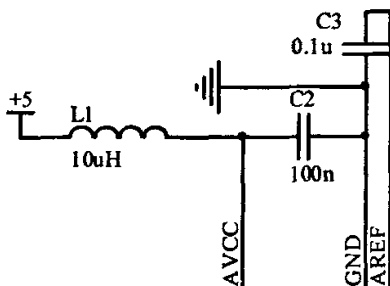


图 3.18 AD 转换滤波电路

Fig.3.18 Conversion and filter of AD

(4) ISP 下载接口设计。ISP 下载接口，不需要任何的外围器件。使用双排 2*5 插座。需要注意的是 MOSI 和 MISO 已经映射到引脚 PDI 和 PDO。

(5) LED 指示设计。每个 I/O 引脚都可以接受 20mA 的电流，所以可以直接驱动 LED。

4 控制柜的软件设计与实现

4.1 主程序

根据系统要实现的功能,来确定相应的软件流程。整个控制柜软件主要由 A/D 转换模块、键盘扫描、键值分析模块、显示模块、时钟模块、光控判断模块、自动节电处理、手动节电处理和 GSM 通信模块等组成,并且各模块的功能都是一个独立的子程序。

经市电电压检测模块对市电电压的整流、滤波和降压处理后得到的模拟电压信号送入单片机的 A/D 端口 PF0,经过 A/D 转换后得到的数字量与已知的节电等级电压点进行比较,满足哪个节电等级的电压范围,就控制单片机相应 I/O 引脚上的继电器进行相应的动作,以实现相应的节电等级的切换。为了提高转换结果的精度,这里采取了将 AD 转换后得到的连续的 30 个值存入一个预先定义的数组当中,然后将这 30 个数取平均值,再与节电等级降压点进行比较,进行相应节电等级的切换。键盘扫描模块主要是通过行线与列线的扫描判断是否有键按下,同时经过软件的去抖动后,若依然判断有键按下,则再通过判断行线与列线的相加组合判断按下的键值。显示模块主要是读 DS1302 芯片中的时间,并将其显示在 8 个 LED 数码管上。时钟模块完成将从键盘读入的时间设定值写入 DS1302 时钟芯片,完成时钟的设置和校正功能。光控判断模块则是通过判断光控标志位的情况来确定开关灯。自动节电处理主要是通过判断一些跟开关灯、节电等级相关的标志位来进行相应的处理的。手动节电处理则是通过判断从键盘读入的功能键的值来做出相应的节电处理。启动时间判断模块则是通过判断倒计时的时间来控制启动标志位的置位与否。GSM 通信部分则是根据中断发送或接收数据。当后台监控中心有短消息发送到相应的控制柜终端时,控制柜终端判断短消息的内容,属于控制类指令还是当前运行状态上传指令,根据相应的指令做出相应的反应。实现控制柜终端与后台监控中心之间的通信。

主程序的流程图如图 4.1 所示。

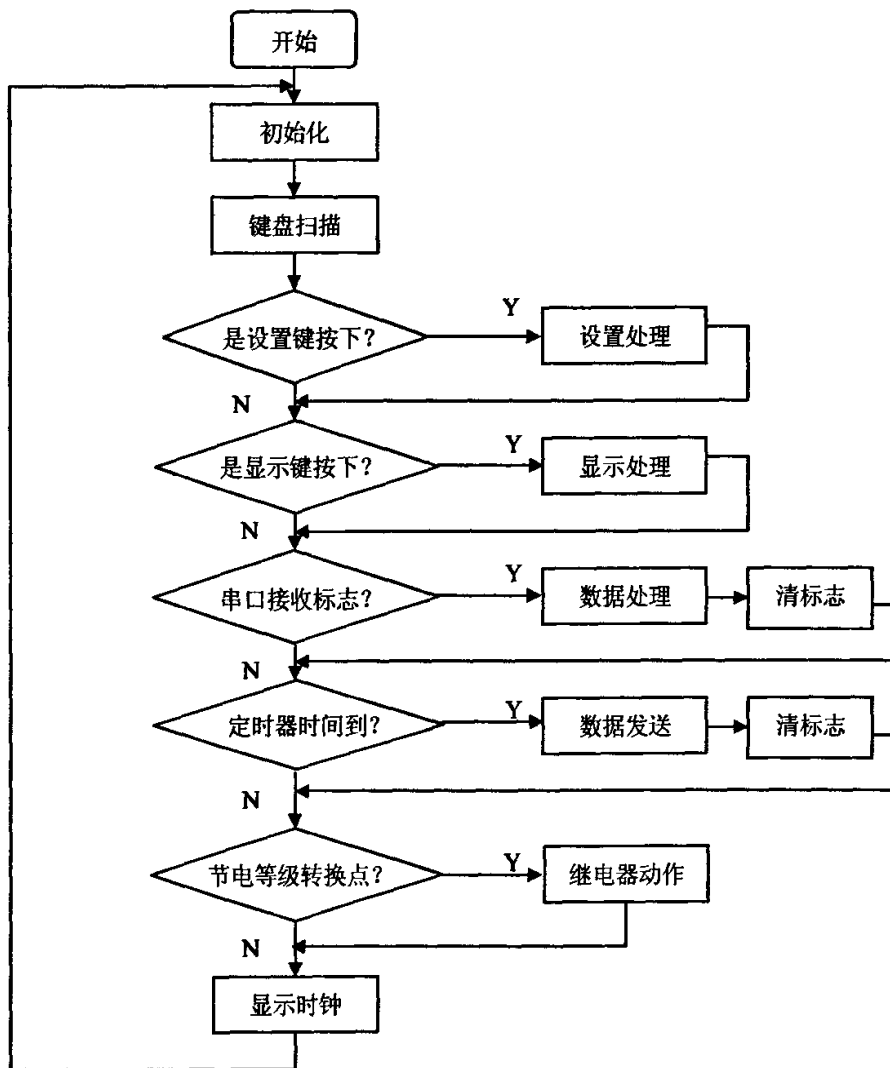


图 4.1 主程序流程图

Fig.4.1 Flow chart of the main program

主程序线性循环执行各个子程序,在有中断触发时则转入相应的服务程序对引发中断的事件进行处理。

4.2 AD 转换模块

AD 转换模块的流程图如图 4.2 所示。

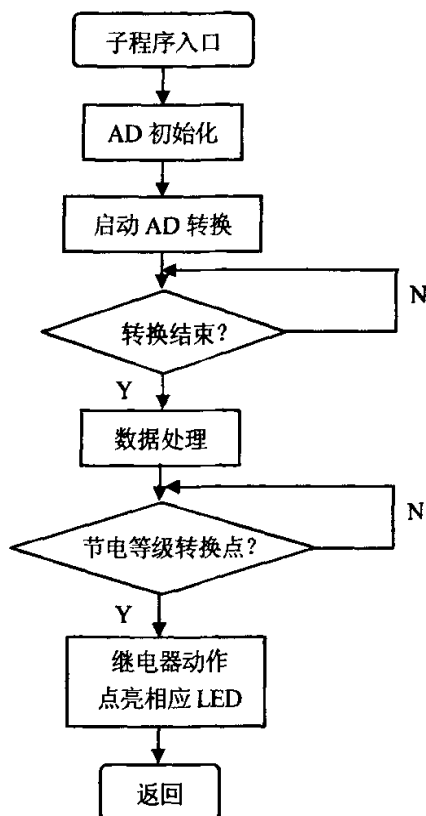


图 4.2 AD 转换流程图

Fig.4.2 Flow chart of the AD conversion

A/D 转换模块完成对经过整流、滤波和降压处理的市电电压进行模/数转换，和应用此转换的值与节电等级的电压转换点进行比较，达到智能的控制继电器动作的功能。

4.3 键盘扫描模块

键盘扫描程序流程图如 4.3 所示。

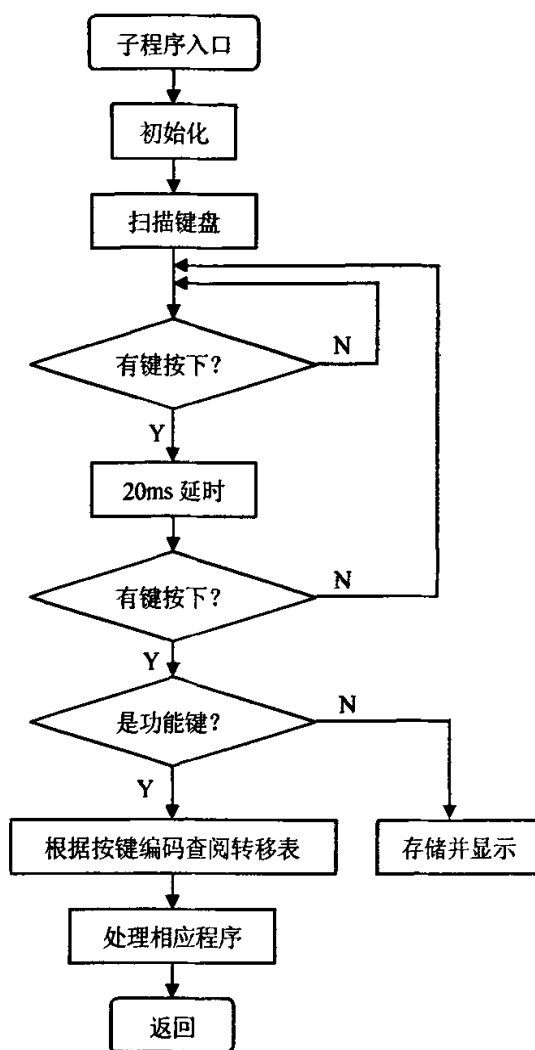


图 4.3 键盘扫描流程图

Fig.4.3 Flow chart of the keyboard scan

键盘和显示作为终端的人机交互接口，其友好性和实用性是设计时的重点。键盘主要用于向单片机输入控制信息及设置系统参数等功能，键闭合一次仅进行一次按键的处理。方法是等待按键释放之后，再进行按键功能的处理操作。键盘的 16 个键中，包含 10 个数字键和 6 个功能键，通过数字键和功能键的不同组合，能够设置系统的时间，节

电等级以及节电时间等。8 位 LED 显示器在本系统中有两种显示方式：8 位一次显示和每位单独显示。前者主要用于时钟显示，当从 CPU 传送的新的时钟数据到达时，CPU 一次性将数据送入 PA 口，8 位 LED 显示器的值将改变；后者主要用于对系统进行各项参数设置中，从键盘输入的数据在显示器中依次被显示，由于键盘输入的数据有时间隔，因此显示时采取边输入边显示的方法，方便用户的操作。

4.4 时钟信号的采集

DS1302 的数据传送时序为：当 RST 为高位时，对芯片的操作有效。SCLK 线上为时钟脉冲，其上升沿时，I/O 线上信息输入有效(低位在前，高位在后)；而下降沿时，I/O 线上的数据输出有效(低位在前，高位在后)。通过把 RST 复位线驱动至高电平来启动所有的数据传送。RST 输入线有两种功能，首先 RST 接通控制逻辑，允许地址/命令序列送入移位寄存器；其次，RST 提供了中止单字节或多字节数据传送的手段。

对 DS1302 进行任何数据传送时，第一个数据字节必须是命令字节，格式见表 4.1，其最高有效位 MSB(位 7)必须为逻辑 1。如果它是逻辑 0，表示禁止写 DS1302。位 6 为逻辑 0 时指传送时钟/日历数据；逻辑 1 时指传送 RAM 数据。位 1 至 5 指进行输入或输出的特定寄存器的地址。最低有效位 LSB(位 0)为逻辑 0 时表示进行写操作(输入)，逻辑 1 表示进行读操作(输出)。

表 4.1 DS1302 的地址/命令字节

Table 4.1 Bytes of DS1302' address/commend

1	RAM /CR	A4	A3	A2	A1	A0	RD /W
---	------------	----	----	----	----	----	----------

数据输入时，如果命令字节为写命令，位 0 为“0”，在下 8 个 SCLK 周期的上升沿输入数据字节，数据从位 0 开始输入。数据输出时，如果命令字节为读命令，位 0 为“1”，在下 8 个 SCLK 周期的下降沿输出数据字节。这时被传送的第一数据位发生在命令字节的最后一位之后的第一个下降沿，所以在非多字节方式，每次读或写的脉冲个数为 16，前 8 个为命令脉冲，后 8 个为读或写的脉冲。这在单字节传送数据时，每次命令为 16

个脉冲即可完成, 多余脉冲将忽略不计。通过对地址 31(十进制)寻址, 可以把时钟/日历或 RAM 寄存器设置为多字节(burst)读写方式, 读或写仍从地址 0 的位 0 开始。当以多字节方式写时钟寄存器时, 必须按数据的次序写最先的 8 个寄存器。这样 8 个时钟字节的读或写共需 72 个脉冲时钟, 31 个 RAM 的读或写共需 256 脉冲时钟。图 4.4 和图 4.5 分别是 DS1302 读取 1 字节数和多字节数的流程图。

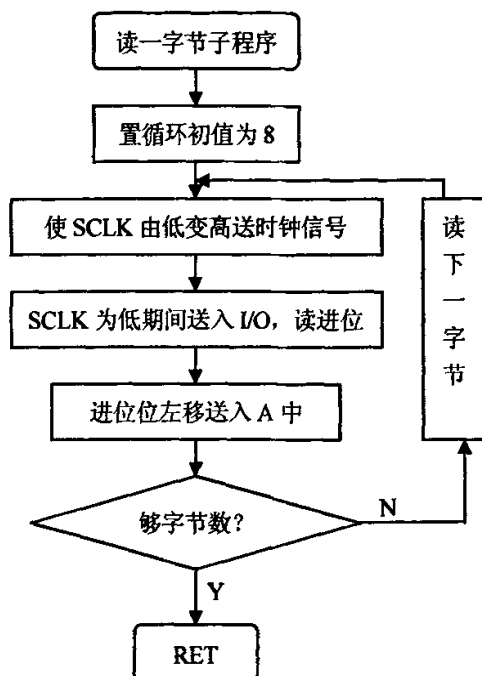


图 4.4 DS1302 读取一字节流程图

Fig.4.4 Flow chart of the single byte read

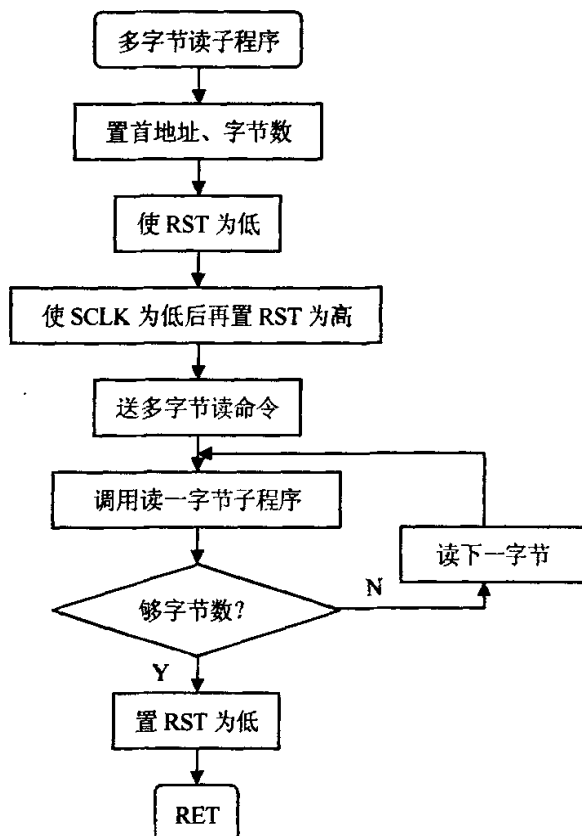


图 4.5 DS1302 读取多字节流程图

Fig.4.5 Flow chart of the multibyte read

对 DS1302 编程时需注意几点: (1)DS1302 每次上电时自动处于暂停状态, 必须将秒寄存器的第七位设置为“0”, 时钟电路才开始计时工作; (2)用多字节(burst)模式对时钟/日历寄存器进行写操作时须写满 8 个数据, 否则无效; (3)将单片机的串行口设置为工作模式 0; (4)对 DS1302 进行读操作需特殊编程, 否则读出的数据全为“FFH”, 这是因为在时钟线 SCLK 为正半周时, I/O 线为高阻状态, 此时单片机去读取 I/O 数据线自然全为“1”。为此用软件模拟同步串行时钟脉冲, 并在 SCLK 上升沿之前读 I/O 线, 即可正确读出时钟数据。

4.5 光控判断模块

光控判断模块完成的主要功能为读入外接光控开关的状态值, 若开关断开, 则为光

控状态，若开关闭合，则为自动状态(无光控)。其软件流程图如图 4.6 所示。

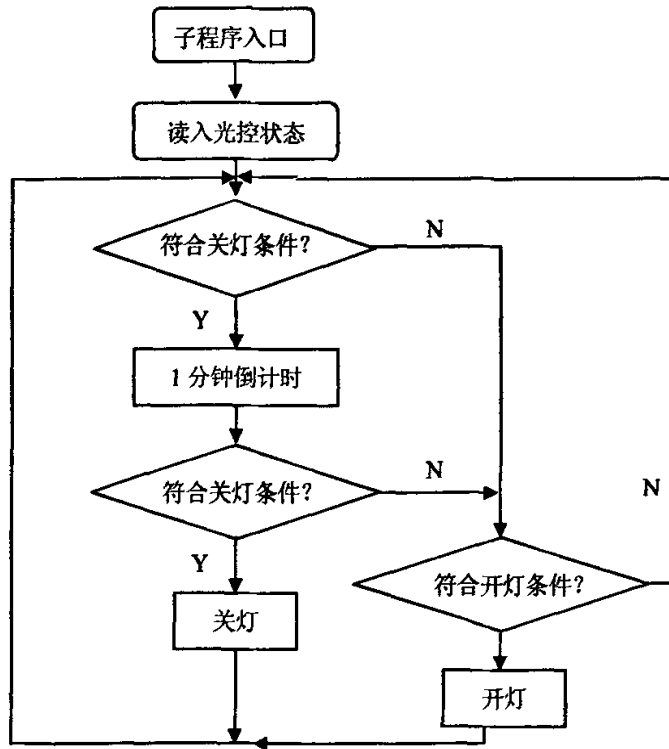


图 4.6 光控判断流程图

Fig.4.6 Flow chart of the light control estimation

具体方法是根据两路比较运算放大器的输出高低电平进行判断，当两路运算放大器输出低电平，表明目前光照度小于 10Lux，则相应的开灯标志位置位，当两路运算放大器输出高电平的时候，说明光照度大于 20Lux，为了防止由于闪电而引起的误关灯操作，在光照度大于 20Lux 时，要进行 1 分钟的倒计时，当一分钟以后判断的光照度仍然大于 20Lux 时，在让相应的开灯标志位置零，根据标志位的值进行相应的开关灯控制。

4.6 手动和自动节电

手动和自动节电的软件流程图如图 4.7 所示。

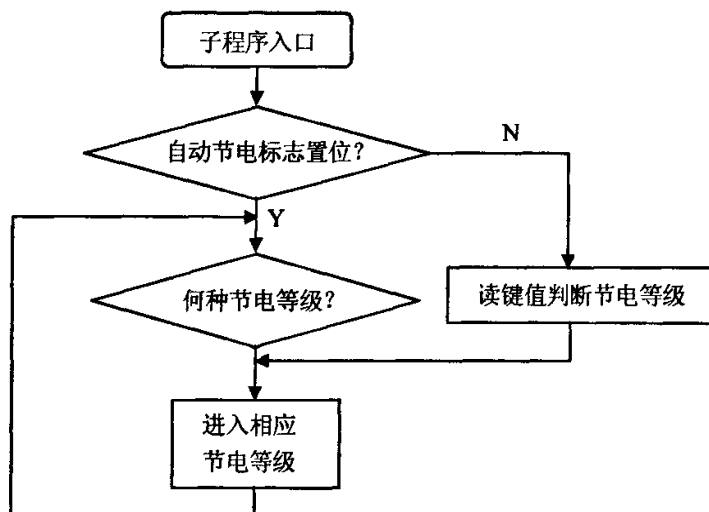


图 4.7 手动自动节电等级判断流程图

Fig.4.7 Flow chart of the manual and auto estimation

手动和自动节电状态的确定由键盘上的手动/自动节电功能键实现的。当系统运行于自动节电等级切换时，由程序判断该进入哪种节电等级，当运行于手动节电状态时，依据键盘的输入进入相应的节电等级。

4.7 定时中断子程序

为了更合理的处理各项任务，有效地利用了定时器的资源非常重要，在设置基本定时的基础上，对各所需时间段也设置了标志，这样就用一个定时器达到了多个定时的效果。这里采用定时器 1，工作方式普通模式，为 16 位的定时器，基本定时时间设置为 50ms，外接晶振振荡器周期为 T ，采用系统时钟 8 分频。根据公式(4.1)计算计数初值 a 如下：

$$\begin{aligned}
 t &= (2^{16} - a) \cdot T \cdot 8 \\
 50 \times 10^{-3} &= (2^{16} - a) \times 8 \times \frac{1}{6.0 \times 10^6} \\
 a &= 6D83H
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

定时器的中断服务子程序如图 4.8 所示。

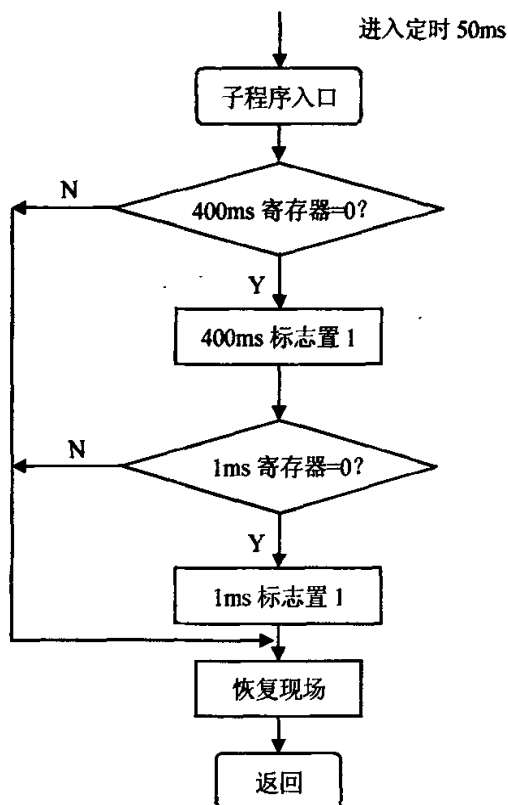


图4.8 定时中断服务子程序

Fig.4.8 Subprogram of time Interrupt

在设置基本定时的基础上，定时中断服务子程序又设置了 400ms，1s 的定时标志，400ms 标志上电进入系统的延时，1s 作为节电时间处理的时间基准。可以看出，设置定时标志大大提高了软件设计的灵活性。同时，为了提高定时的准确性，在定时中断子程序中，往往只是对各标志进行操作，具体的处理可以在主程序里进行。

4.8 串口通信模块

串口通信模块的软件流程图如图 4.9 所示。

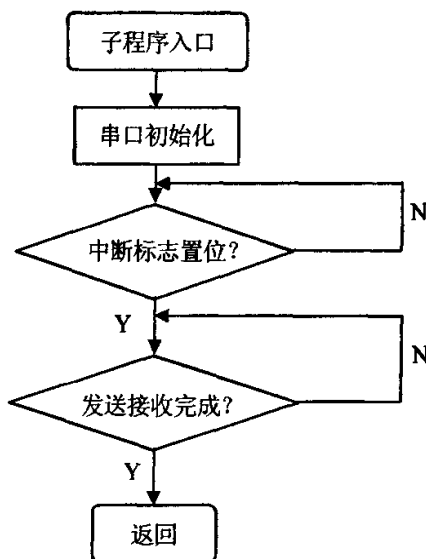


图 4.9 串口通信流程图

Fig.4.9 Flowchart of serial interface communication

串口通信模块的主要任务是完成上位机与路灯控制柜终端之间的数据通信，包括控制柜的运行状态上传和后台监控中心对控制柜的远程控制等功能。串口通信主要采用中断方式完成，而不采用轮循方式，这样可以大大的节省系统资源，提高系统的工作效率。

4.9 监控终端的软件调试

监控控制柜的软件调试主要包括单片机的编程调试和串口通信的调试。其具体描述如下：

(1) 编程调试

对单片机的调试采用 AVR STUDIO 进行软件模拟调试，主要采用分模块调试的方法，再将模块程序组合。在多次调整及修改之后，将调试后的程序通过自制的下载线下载到单片机里运行。终端机的基本功能已经调试成功。

(2) 串口通信调试

将控制柜终端的 RS-232 串口与计算机的 COM1 连接，打开用 VB 编写的后台界面，对控制柜终端进行状态读取和控制，调试基本成功。

5 后台监控中心软件设计方案

5.1 Visual Basic 软件开发平台

后台监控中心的程序设计主要是利用 Microsoft 提供的 VB6.0 版本进行编程。Visual Basic 是在 Basic 语言的基础上发展起来的^[45,46]，是在 Windows 环境中广泛使用的应用程序开发工具。Visual Basic 最大的两个特点是“可视化”和“事件驱动”。“可视化”即“可视化程序设计”，是指开发图形用户界面(GUI)的一种方法。用这种方法，程序员不用编写大量代码去描述界面元素的外观和位置，而只要把预先建立的界面元素（如文本框、命令按钮或更复杂的控件等）用鼠标拖放到屏幕上的适当位置即可。“事件驱动”是指 Windows 应用程序的运行是通过事件来驱动的，用户或系统触发了某一个事件，就执行程序员在此事件中编写的一段代码。最常见的实例是，用户界面中有一个命令按钮，当用户单击这个按钮时，就触发了这个按钮的鼠标单击事件，于是执行该按钮单击事件的相应代码，执行完毕后，程序暂停直到有下一个事件发生。“可视化”和“事件驱动”这两个特性是 Visual Basic 进行 Windows 应用程序开发的精髓。

经过几年的发展，Visual Basic 已经成为了一个真正的专业化开发语言和开发环境。程序员编写支持数据库的应用程序具有了更强的功能和更大的灵活性，VB 也引进了功能更强大的 Internet 工具，用 Visual Basic 不仅可以快速创建 Windows 程序，而且还可以编写企业级的客户/服务器程序和健全的数据库应用程序。

5.2 监控中心软件的功能及实现

后台监控软件主要供操作人员对各智能控制柜终端的当前运行状态进行实时监控，使它能够接收并处理来自于智能控制柜终端的短消息。当智能控制柜终端的短消息到达时，它首先通过通信模块传递给计算机的串口，计算机读入数据，并利用 AT 指令集和 VB 中的 MSComm 控件对接收到的短消息进行读写、删除等操作。在程序运行的窗体上可以看到各个智能控制柜终端的分布情况，每个终端都包含一些诸如终端站点编号、SIM 卡号、终端位置信息、终端运行状态等内容，这些内容被存储在后台的数据库中，VB 程序与数据库之间的连接采用 ADO 对象方式。

后台监控软件的功能主要有：系统启动、控制柜维护、运行信息维护、用户密码修改等，其软件构成见图 5.1 所示。

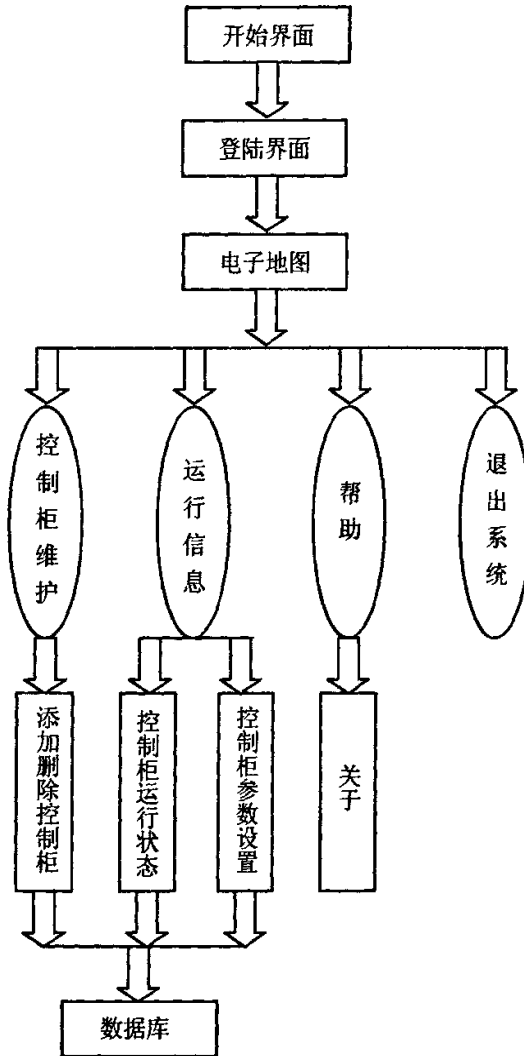


图 5.1 后台监控软件构成

Fig.5.1 Structure of background control software

功能的具体描述如下：

- (1) 启动时需要密码保护,防止非工作人员修改系统参数,从而导致系统运行出错。
- (2) 显示整个网络的电子地图,电子地图上用灰色标志显示各终端控制柜的位置,当用鼠标停留于某终端控制柜时,将显示此控制柜的编号,单击该终端时,可调出其详细的资料。
- (3) 可查询任意一个终端控制柜的各项历史数据并打印。
- (4) 可对任意一个控制柜终端的状态和参数进行远程设置,如设置开灯与否、节电等级、节电时间等。
- (5) 可远程设置任意一个终端的站号,或下载主站 SIM 卡号等。

5.3 数据库的构建及数据维护

在本系统中,数据库主要包括以下四个:用户及密码管理、通信档案管理、站点信息管理、历史记录管理。在具体操作上,Visual Basic 中提供了 Data 和 ADO Data 两种数据控件,用于设计数据库应用程序。把数据控件与可绑定的标准控件相结合,对数据库的记录进行操作,可简单快速地完成数据库编程工作。鉴于 ADO 对象编程^[47,48]的优点,并综合考虑本系统的数据量及对系统资源的占用等各方面因素,我们选择了利用 ADO 对象编程的 Access 数据库系统进行编程。

ActiveX Data Objects,简称 ADO,实际上是一种对象模型,在 Visual Basic 中既可以使用 ADO 数据控件,也可以使用 ADO 对象来对数据库进行连接。ADO 对象编程能通过 OLE DB 提供访问和操作数据库服务器中的数据。ADO 最主要的优点是易于使用、速度快、内存支出少和磁盘访问少。ADO 的另一个功能是“远程数据访问”(RDS),能够通过一个来回的传输将数据从服务器移动到客户端应用程序或 Web 页中,然后在客户端对数据进行操作,最后将更新数据返回服务器。

在对数据库中的数据进行操作之前,必须先建立到数据库的连接^[49,50]。Connection 对象就是用来连接应用程序和数据源的。每个 Connection 对象可以支持多个低级的对象,如 Recordset 对象等。

一个 Recordset(记录集)代表一个表中的所有记录或是执行一个命令得到的结果。

Recordset 对象用来访问查询返回的结果记录。基本上所有的数据操作都是通过 **Recordset** 对象完成的。下面是一个基于 ADO 的典型应用程序的操作过程：

(1) 创建一个 **Connection** 对象

需要一个连接字符串，它包含用来建立到数据源的一个连接。

(2) 打开连接

把 ADO 对象和数据源进行连接的主要方法是打开连接。它由数据源名称、用户标识和密码组成。**Open** 方法的语法格式如下，方括号中的内容可选。

```
connection.Open[ConnectionString], [UserID], [Password]
```

(3) 创建和打开记录集

建立好到数据源的连接后，接着创建一个 **Recordset** 对象。它可以通过此对象本身来创建。因为 **Recordset** 是在应用程序中完成绝大多数数据处理的对象，所以它支持很多的属性和方法。其中一个最重要的方法是 **Open** 方法，它的语法格式如下：

```
Recordset.Open[Source], [ActiveConnection], [CursorType], [LockType]
```

Source 是表名；**ActiveConnection** 是创建一个连接所需的所有信息；**CursorType** 是游标类型，包括前移、键集、动态和静态游标；**LockType** 是记录的锁定类型，包括只读、更改等。

(4) 显示记录集中的数据：创建了记录集之后，就可以访问记录的每个字段。

(5) 浏览记录集

记录集的浏览方法主要有四种，分别是：

MoveNext：当前记录向后移动一个记录。如果企图移动到最后一个记录(以 EOF 为标识)之后，则系统报错。解决的办法是用选择分支语句：

```
If .EOF=True Then .MoveLast ..... End If
```

MovePrevious：当前记录向前移动一个记录。如果企图移动到第一个记录(以 BOF 为标识)之前，则系统报错。

MoveFirst：把记录集的第一个记录置为当前记录。

MoveLast：把记录集的最后一个记录置为当前记录。

(6) 编辑记录

在记录集中，可以对结果进行修改，并把修改结果保存回数据库中。Update 的语法格式如下：

`Recordset.Update`

(7) 插入记录

Recordset 对象的 AddNew 方法可以用来插入一个新的记录。这种方法在插入值之前被调用。一旦插入了要求的值，则这个值通过调用 Update 方法保存到数据源中。

(8) 删除记录

记录集的 Delete 方法可用来从记录集中删除当前记录，一次只能删除一个记录。一旦删除了该记录，它也就从数据库中被删除，但是在移动到其它记录之前，这个被删除的记录依然是当前记录，可是如果企图再从删除的字段中获取数据会产生错误。一旦从删除的记录移动到别的记录之后，这个删除的记录就不可再访问。Delete 方法的语法格式如下：

`Recordset.Delete`

(9) 关闭记录集

Close 方法可用来关闭一个记录集并释放所有系统资源。关闭一个记录集并没有把它从内存中清除掉。Close 的语法格式如下：

`Recordset.Close`

5.4 通信模块服务程序

用 Visual Basic 开发串行通信程序有两种方法：一是利用 Windows 的通信 API 函数；另一种是采用 Visual Basic 标准控件 MSComm 来实现。在本次设计中，采用的是第二种方法。MSComm 控件提供了功能完善的串口数据的发送和接收功能，在开发此通信软件的过程中，包含了以下的主要步骤：

(1) 通信软件参数设置

利用 Visual Basic 的 Settings 函数设置端口号、波特率、数据位、停止位及设置硬件握手协议。这些参数的设置分别在 Commport、Settings、Handshaking 等属性中通过赋值

的方式进行。

(2) 打开通信端口

在打开端口时,可向 Modem 发出命令,进行 Modem 参数设置,包括设置自动应答次数 $n(A0=n)$ 、关闭/打开命令字符回应(E0/E1)、Modem 返回/不返回结果码(B0/B1)、关闭/打开 Modem 扬声器(M0/M1)。以上这些参数是可选的。

根据系统功能,控制柜终端根据接收到的后台监控中心传来的指令(包括控制柜运行状态控制指令和运行状态上传指令),做出相应的回应。因此,在程序运行的所有时间内,通信端口都应该是开放的。在此步骤中,需检测通信端口是否是开放的状态,若还没有开放,应把它打开。

(3) 设置短消息中心号码

在进行收发短消息之前,先设定短消息中心号码。使用的 AT 指令为:

AT+CSCA=“+8613800240500”

(4) 拨号

进行拨号需向 Modem 发出 AT 命令,可以用如下语句:

MSComm1.Output=“AT”+电话号码(字符型)+Chr(13)

语句中的电话号码是指短消息接收方的 SIM 卡号。

至此,收发短消息的准备工作已经完成。以下将分别介绍短消息的发送和接收问题。

(1) 向后台发送控制柜运行状态

系统加载后,串行端口处于常开状态,当控制柜终端接收到的短消息的指令为运行状态上传,则程序判定“CDHolding”的属性值,若该值变为 True,则说明已经检测出有运行状态上传,即计算机接收到新的短消息。这时,软件系统判断此短消息来自于哪个控制柜终端,并自动将接收到的短消息显示在相应的控制柜状态栏中,并利用 AT 指令中的“AT+CNMI”来显示新收到的短消息,或用“AT+CMGR”来读取短消息。这样就实现了计算机的短消息的接收。

(2) 向控制柜终端发送短消息

当后台监控终端要对某一个控制柜的运行状态进行控制时,则进入“运行信息”菜

单下的“控制柜参数设置”子菜单，在此窗体下可以进行控制柜的选择、节电等级选择和节电时间选择。将选择完成的信息进行组合，这时计算机将使用“AT+CMGS”指令来发送短消息，即把刚才相应选择的组合的内容发送给相应的控制柜终端。这样就实现了计算机的短消息的发送。

在接收短消息之后，可以利用 AT 指令中的“AT+CMGD”来删除 SIM 内存中的短消息，这样，就能保证每次读取的短消息的编号为“1”，从而省去了阅读短消息时先读取短消息编号的问题。对于删除的短消息，可将它存储至数据库，以便日后查阅。

5.5 后台软件调试

经过调试，后台软件的一些基本功能已经能够实现，而一些具体功能和扩展功能等还需要通过进一步调试来实现。以下是对后台软件调试的具体说明。

在 Visual Basic 设计窗体中直接点击运行按钮，系统即可进入运行状态。在窗体开始运行后，首先启动开始界面，如图 5.2 所示，这是一个欢迎进入的窗体，将鼠标停留在“欢迎使用节能路灯控制系统”上，则有“点击进入系统”字样，点击则会弹出登录窗体，如图 5.3 所示。

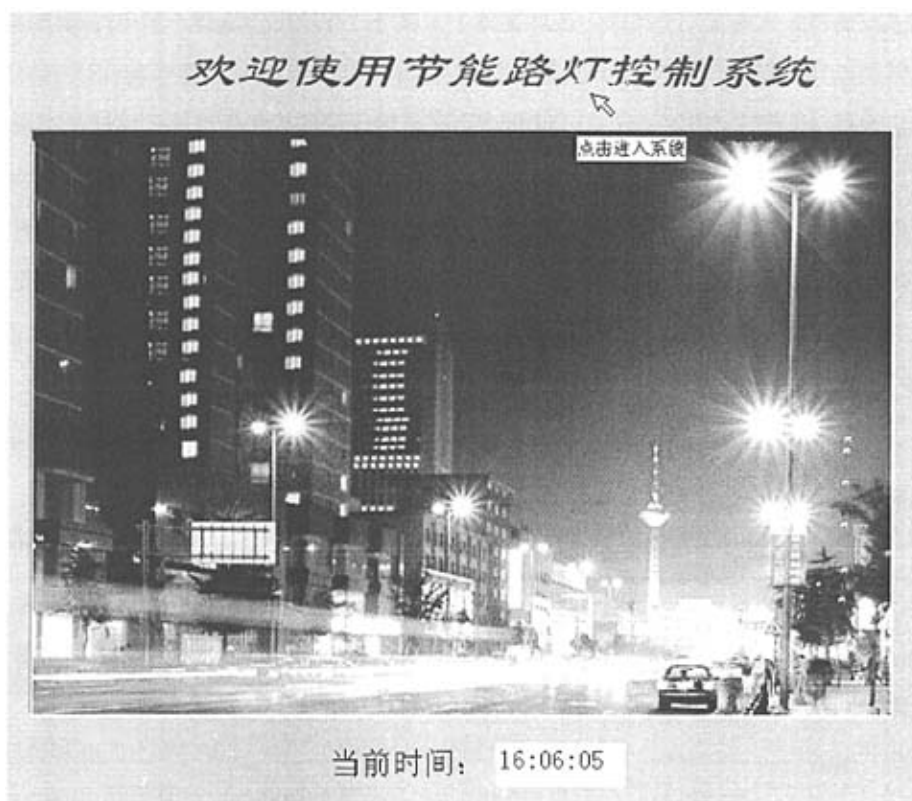


图 5.2 开始界面

Fig.5.2 Start interface

登录窗体上设有用户名和密码两项内容，只有系统验证输入的用户及密码正确后，系统才卸载这两个窗体，进入到系统的主运行窗体。

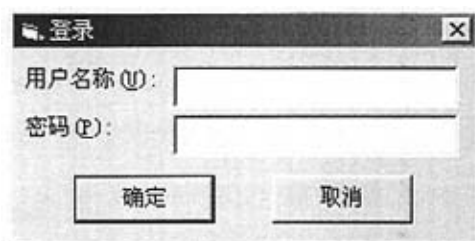


图 5.3 登录窗体

Fig.5.3 Log form

主运行窗体，如图 5.4 所示是一个 MDI 窗体。在窗体的顶端，有相应的菜单选项，比如有模拟地图、控制柜维护、运行信息、帮助和退出等，其中有的选项单击后还有子菜单供选择。单击任意一个选项，都有相应的窗体弹出。

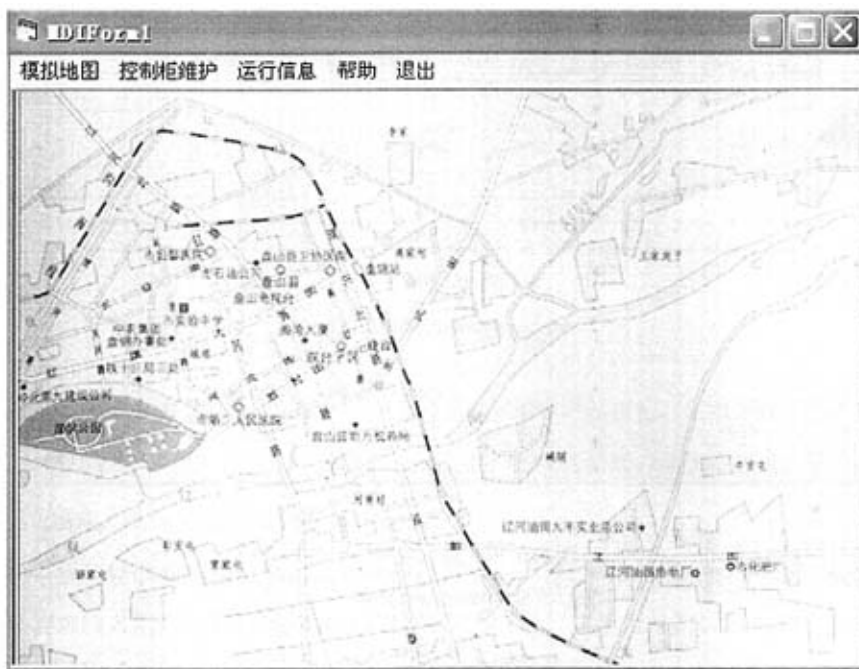


图 5.4 主运行窗体

Fig.5.4 Main form

模拟地图窗体如图 5.5 所示。此模拟地图模拟市区街道分布情况, 和控制柜的位置情况, 在此窗体中, 可以对控制柜的站点进行添加和删除操作, 点击“添加/删除控制柜”按钮即可弹出控制柜维护窗体如图 5.6 所示。系统在加载这个窗体的同时, 也完成了对后台数据库的链接。单击窗体上的按钮“前一记录”或“后一记录”, 对应显示数据库里的内容。但此时这些数据仅处于只读状态, 用户不能随意更改。

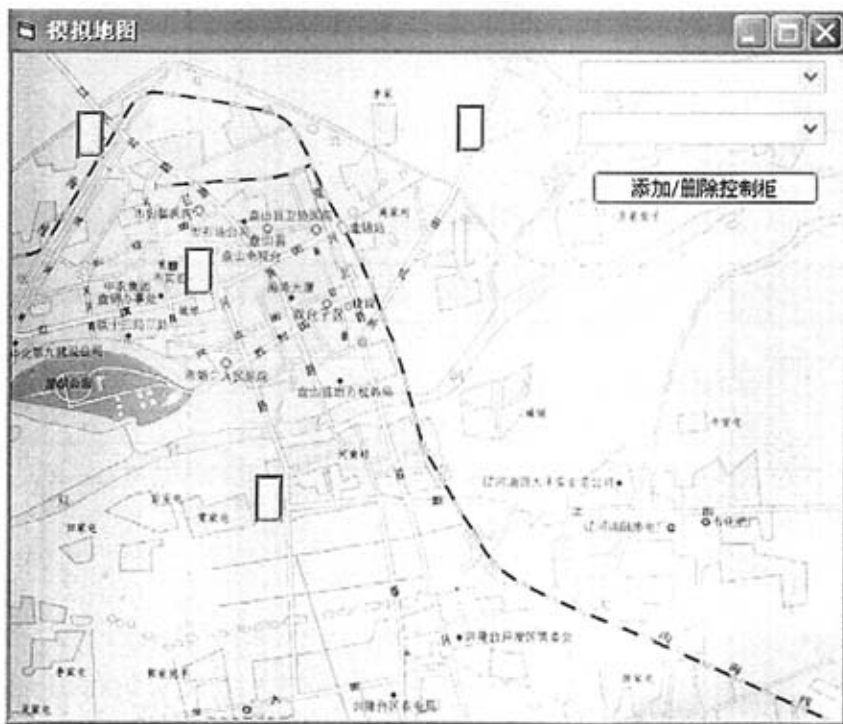


图 5.5 模拟地图窗体

Fig.5.5 Simulative map form

图 5.6 站点维护窗体

Fig.5.6 Station maintenance form

点击此窗口中的“添加”按钮，则各个文本框里的内容被清空，在填好要求的各项内容之后，点击“确定”按钮，系统将弹出确认对话框，再次确定后，系统将把用户输入的内容保存到数据库，从而完成了一个站点的添加。

如果想要修改或删除一个已有控制柜，可点击“修改”或“删除”按钮，系统会调出一个要求输入用户名和密码的窗体，如图 5.7 所示。这是为保护数据库中的数据而设置的用户权限。当用户输入正确且经系统验证后，原来窗体上各个文本框的内容变为可修改项，用户可对其进行修改或删除操作。点击“确定”按钮系统 will 把新修改的内容保存到数据库。

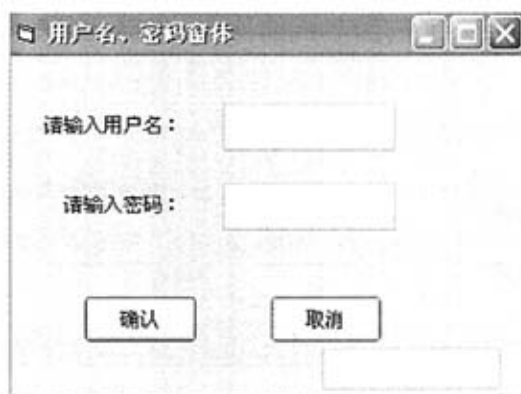


图 5.7 修改已有控制柜时的确认窗体

Fig.5.7 Affirm form of changing existent control system

正常情况下，系统工作在控制柜运行状态窗体界面下，此界面中，有各个控制柜的运行状态信息。如图 5.8 所示。

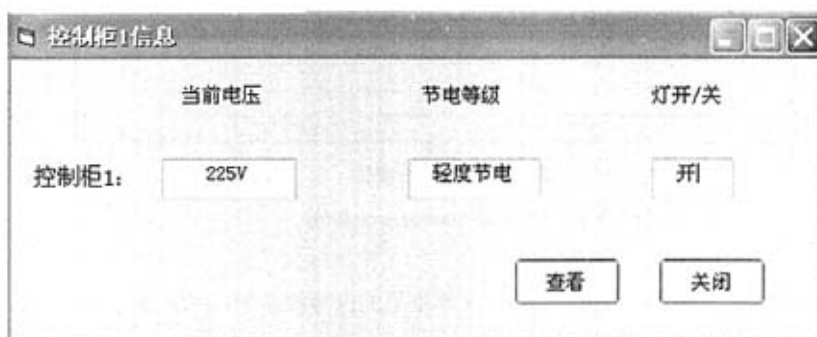


图 5.8 控制柜运行状态窗体

Fig.5.8 State form of the control system

控制柜节电参数设置窗体如图 5.9 所示。



图 5.9 短消息发送窗体

Fig.5.9 Form of the short message sending

当后台监控中心要对某个控制柜终端进行节电等级以及节电时间的设置时，则可点击主窗体菜单项中的“控制柜节电参数设置”项，进入此窗体后，即可对某一个控制柜终端进行相应的节电控制了，同时选择此项控制要发送的目标控制柜的 SIM 卡号。设置完毕以后，通过串口就可以将设置的参数发送给相应的控制柜。

6 GSM 短消息通信技术研究

6.1 AT 指令概述

随着智能调制解调器的发展,主要的移动电话生产厂商 Nokia、Ericsson、Motorola 和 HP 共同为 GSM 研制了一整套 AT 命令。AT 命令在此基础上演化并被加入 GSM07.05 标准以及之后的 GSM07.07 标准。用户可以通过 AT 指令实现呼叫控制、短消息、电话本、数据业务、补充业务、传真等方面的控制。在过去的几年中,AT 指令语言成为通讯语言得到了快速的发展,并获得国际的认同,成为事实上的标准^[51,52]。

(1) 与GSM组件的连接

- 1) 波特率: 2400~19200bps
- 2) 数据位: 8位
- 3) 校验位: 无
- 4) 停止位: 1位

(2) AT指令的主要语法

- 1) 命令行必须以AT开头(除指令A/以外)。
- 2) 一条指令必须用回车键作为结束符。
- 3) 模块只有在接收到回车键后才执行之前的字符。
- 4) 多条指令可以连续发出,但指令之间必须有空格键分开。
- 5) 回车键之后可以跟随一个换行符,但这个符号将被忽略。

(3) AT命令的一般形式

- 1) 测试命令: AT+CXXX=? 移动设备返回参数值
- 2) 读命令: AT+CXXX? 返回当前设置的参数值
- 3) 写命令: AT+CXXX=<...> 设置用户定义的参数值
- 4) 执行命令: AT+CXXX 由通信模块内部处理器处理后读到的非变量参数

GSM 模块与单片机串口之间的通信接口协议就是标准的 AT 指令, GSM 模块与单片机

的通信接口的实现^[53]如图 6.1 所示:

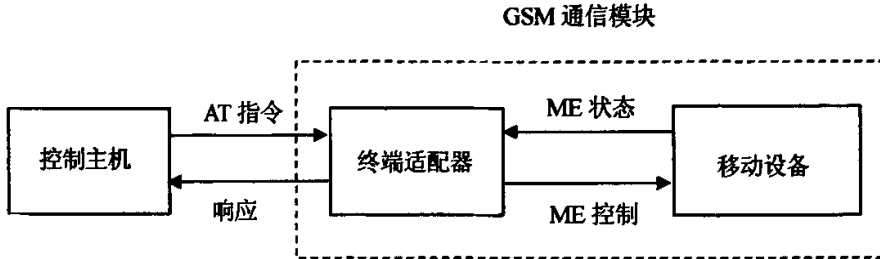


图6.1 GSM模块与单片的通信接口原理图

Fig.6.1 Communication Interface between GSM and microcomputer

其中，移动设备 ME(Mobile Equipment)是发射和接收的组合，是最底层的通信模块，它负责无线的传输。终端适配器 TA(Terminal Adaptor)则是 AT 命令集的解释器，使整个 ME 的外部接口标准化。控制主机 TE(Terminal Equipment)表示终端设备，这里为单片机。TA 的接口就是 AT 指令集。AT 是从 TE 向 TA 发送的，通过 TA、TE 发送 AT 命令来控制 ME。

6.2 短消息的开发

TC35T 模块的短消息模式每次最多传送 140 个字节，其数据传输有两种方式：一种是 TEXT 方式，在此方式下，发送及接收到的数据均以 ASCII 码的形式来表示；另一种方式是 PDU 方式，在此方式下，发送及接收到的数据均以二进制的形式来表示，过程较繁琐。本系统主要采用 TEXT 方式，所有数据均可用一条消息来发送。

常用的 AT 指令如下：

(1) 选择短消息格式指令 AT+CMGF，如表 6.1 所示。

表 6.1 短消息格式设置指令

Table6.1 Dictate of short message format setting

命令: AT+CMGF?	描述: 查询当前值
响应: +CMGF: 1 OK	描述: TEXT 格式
命令: AT+CMGF=?	描述: 格式检测命令
响应: +CMGF: 0 OK	描述: 仅支持 PDU 格式

(2) 设置新消息到达自动提示指令 AT+CNMI, 如表 6.2 所示。

命令格式: AT+CNMI=<mode>, <mt>, <bm>, <ds>, <bfr>

其中, <mode>表示新收到的短消息在数据模式与命令模式下的显示方式, TC35T 只支持 0, 1, 3 模式, 0 表示将非主动请求获得的数据储存在缓存区, 不立即显示到终端上, 1 表示当终端正在数据通讯时不直接显示, 3 表示任何情况下都直接显示; <mt>为 SMS-DELIVERS 设置结果码提示发送路径; <bm>设置存储接收的广播消息的规则; <ds>表示 SMS-STATUS-REPORT 的指示方式。

表 6.2 短消息到达自动提示指令

Table6.2 Hinting dictate of short message arrive

命令: AT+CNMI=1, 1, 0, 0, 1	描述: <mt>=1
响应: OK	描述: 设置成功
新消息到来时的响应: +CMTI: "SM", 1	描述: 接收到新消息的提示

这条指令非常关键, 向通信模块发送了该条指令后, 只要模块收到新的短消息, 则立即自动报告给相连接的计算机。

(3) 读取短消息 AT+CMGR, 如表 6.3 所示。

命令格式: AT+CMGR=<index>

<index>表示所要读取的消息的存放位置, 该指令常与新消息到达提示一起使用。

表 6.3 读取短消息指令

Table6.3 Reading dictate of short message

命令: AT+CMGR=2	描述: <index>=2
响应: +CMGR: "REC UNREAD","139*****", "04/10/10, 10:30:20 +00", hello	描述: TEXT 格式
OK	

读短消息有两种方式：路由方式和查询方式。路由方式是将网络上发来的短消息直接通过串口读入；查询方式是先不处理网络上发来的短消息，使之存到 SIM 卡上，然后通过主动向 GSM 网络发出 AT 命令来查询是否有新的短消息到达，如果有就读入，交给上级程序处理，然后将此短消息删除。采取查询方式的实时性不高，采取路由方式需要不断的扫描串口，一发现有短消息来，必须马上读出。因此终端采用了路由和查询相结合的方式，新到达的短消息通过串口中断进行处理，同时定时扫描 SIM 卡内存，以提高读取新消息的实时性。查询方式的 AT 命令如下：

方法一：

AT+CMGL=0 (读取 Received Unread Message，即列出所有收到但未读取的短消息)

方法二：

AT+CPMS=? (读取存储空间短消息条数，以此判断是否收到新的短消息)

AT+CMGR=1 (读 Index=1 处的短消息)

因为每次读完短消息后立刻删除，所以一般来说短消息是从 Index=1 处开始储存的，每次从 1 依次往后读。

(4) 发送短消息 AT+CMGS，如表 6.4 所示。

采用 TEXT 方式和采用 PDU 方式的命令格式不同，下表为 TEXT 方式下的命令格式，“>”其中是由终端输出的提示符，是按 Ctrl+Z 后显示的符号(ASCII 码为 1A)。

表 6.4 发送短消息指令

Table6.4 Sending dictate of short message

命令: AT+CMGS="+86139*****" > hello<ctrl-Z>	描述: 用 TEXT 方式发送短消息
响应: +CMGS:<mr> OK	描述: 发送成功

(5)删除短消息 AT+CMGD, 如表 6.5 所示。

命令格式: AT+CMGD=<INDEX>

表 6.5 删除短消息指令

Table6.5 Deleting dictate of short message

命令: AT+CMGD=<index>	描述: 删除指定的短消息
响应: OK	描述: 成功

7 结论

通过一年的研究,节能型路灯照明智能控制系统已基本实现。本文在设计中综合考虑了实时性、实用性和经济性等因素,利用了成熟的 GSM 通信网络平台实现了对终端的远程监控,可靠性高,适应性强。本文的研究成果主要为:

(1) 融合单片机控制和无线数据通信技术,利用了现有的 GSM 无线通信网络,实现了对控制柜终端的远程监控,有效解决了控制柜终端无人监守的难题,并在科研上提出了一种设计思想:采用第三方成熟的网络,结合多种现代技术,实现远程无线通信的工业控制系统,具有广阔的发展前景。

(2) 增强的通信方式。系统采用了 GSM 短消息业务的方式进行信息传输,GSM 短消息业务是利用信令信道传输,由短消息中心实现信息的存储和中继功能,因此短消息在移动台已处于完全电路通信的情况下仍可进行数据传输,为系统的可靠性提供了保证。

(3) 对节电等级降压点的设定中,采用了模糊决策的方法,该方法对节电等级降压点的设定提供了一个可靠的理论依据。

(4) 适当修改外围电路,本系统可满足采集点分散、覆盖面广、不定时动态监控等系统的需求,是一种通用无线监控设备,对于解决远程数据传输及其它无人监守的场合均具有一定的实用价值。

对于终端机部分,我设计出了硬件电路,制出电路板,同时用 C 语言编写了单片机程序,进行编译和调试,并对通信模块 TC35T 进行了详尽的研究。由于时间限制,系统的一些方面还开发得不够完善。整个程序的基本框架已经完成,但是在细节方面及数据库开发上还需要进一步的研究。同时,再对模糊决策的方法的研究中,可以在几个方面继续深入研究下去。例如,隶属函数的确定可以更加客观一些,对影响路灯寿命的因素也加以考虑,以使其更加合理等等。相信通过实践应用,系统将会不断发展完善,发挥更大的作用。

参 考 文 献

- [1] 袁鑫. 城市路灯控制系统设计: (硕士学位论文). 南京: 南京理工大学控制理论与控制工程, 2003.
- [2] 江雪山. 新颖路灯智能控制仪. 家庭电子, 2005 (2): 36-39.
- [3] 杨莉. 实用路灯节电装置. 农村电气化, 2005, 12 (2): 35.
- [4] 邓小华, 刘光明. 基于电力线载波与 GPRS 通讯的公共路灯控制系统. 南昌水专学报, 2004, 23 (3): 53-56.
- [5] 余定洋. 城市道路照明的节能方式探讨. 有色冶金设计与研究, 2003, 24 (3): 72-74.
- [6] 姚凯, 万淑云, 张文斌. 路灯半夜灯的实现方式. 灯与照明, 2004, 28 (2): 12-14.
- [7] 魏惠凤, 沈杰. 路灯节能问题的探讨. 中国科技信息, 2005, 18: 97.
- [8] 黎耿. 论路灯节电的经济分析. 电气时代, 1997 (9): 13.
- [9] 刘连浩, 杨欣荣, 孙克辉. 一种新的路灯控制仪的设计. 计算技术与自动化, 1997, 16 (4): 61-63.
- [10] 戴美泰, 吴志忠, 邵世祥等. GSM 移动通信网络优化. 北京: 人民邮电出版社, 2003.
- [11] 洋梅. 基于 GSM 的油田无线报警系统的研究: (硕士学位论文). 沈阳: 沈阳工业大学检测技术与自动化装置, 2005.
- [12] Cohn H. An Overview of GSM Data Services. America: The Institution of Electrical Engineers, 1995.
- [13] 贺良. 基于 GSM 短消息的无线数据监测系统: (硕士学位论文). 上海: 上海海运学院, 2003.
- [14] 张静, 李成. GSM 数据业务. 现代通信, 2000, 6: 20-21.
- [15] 李如鹏, 黎峰. 利用 GSM 通信业务实现远程监控. 计算机应用, 2003, 23 (12): 207-208.
- [16] 杨彩虹, 王芙蓉, 贺德华. GSM 的数据业务和承载能力. 电讯技术, 2002, 1: 101-105.
- [17] 周二贵. 利用 GSM 短消息业务实现远程监控. 科技情报开发与经济, 2001, 11 (5): 29-30.
- [18] Scott B G, Mary J C. Mobile Application Development with SMS and the SIM Toolkit. America: McGraw-Hill Pr., 2002.
- [19] Ming C T, Chun N C, Ching H. Exploting GSM short message service for ubiquitous accessing. Journal of Network and Computer Applications, 2001, 24 (3): 249-267.
- [20] Tseng C L, Jiang J A, Lee R G. Feasibility study on application of GSM-SMS technology

to field dataacquisition. Computers and electronics in agriculture, 2006, 53(1):45-59.

[21] Derekenaris G, Garofalakis J, Makris C. Integrating GIS, GPS and GSM Technologies for the EffectiveManagement of Ambulances. Computers, Environment and Urban Systems, 2001, 25:102-115.

[22] S. A. Velinsky. Integrating embedded PC and Internet Technologies for Real-time Control. IEEE/ASME Transactions, 2002, 7(1):52-60.

[23] 洪利. 基于 GSM 调制解调器 TC35 的油井电能管理系统. 油气田地面工程, 2004, 23(2):32.

[24] 金春林, 邱惠芳, 张皆喜. AVR 系列单片机 C 语言编程与应用实例. 北京:北京清华大学出版社, 2003.

[25] 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术. 北京:北京航空航天大学出版社, 1993.

[26] 徐爱钧, 彭秀华. 单片机高级语言 C51 Windows 环境编程与应用. 北京:电子工业出版社, 2001.

[27] 李群芳, 肖看. 单片机原理、接口及应用—嵌入式系统技术基础. 北京:清华大学出版社, 2005.

[28] 求是科技. 单片机技术与工程实践. 北京:人民邮电出版社, 2005.

[29] 马潮. 高档 8 位单片机 ATmega128 原理与开发应用指南 (上). 北京:北京航空航天大学出版社, 2004.

[30] Richard B, Larry O' C, Sarah C. Embedded C Programming and the Atmel AVR. America:Thomson Learning, 2003.

[31] 邓龙军. 手机和单片机控制系统的理论与应用研究: (硕士学位论文). 广州:广东工业大学控制理论与控制工程, 2002.

[32] 陈雷, 丁晓明, 李强. GSM 短消息系统在远程数据采集中的应用. 中国数据通信, 2003, 3:58-61.

[33] 费国忠, 王洪. GSM Modem 及其在远程监控系统中的应用. 电子产品世界, 2001, 1:31-33.

[34] 吴玲, 巩量明, 潘献全. 可控硅调压交流软启动开关的关键技术研究及应用. 矿山机械, 2002, 05:35-36.

[35] 冯学增. 谈谈对自耦降压器的保护. 电气时代, 1998, 11:26-27.

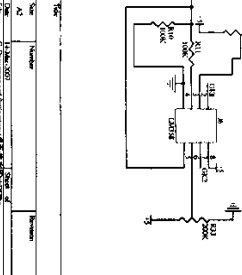
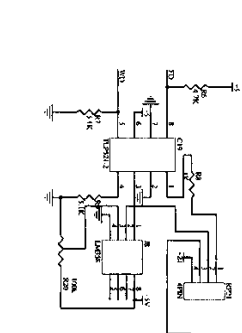
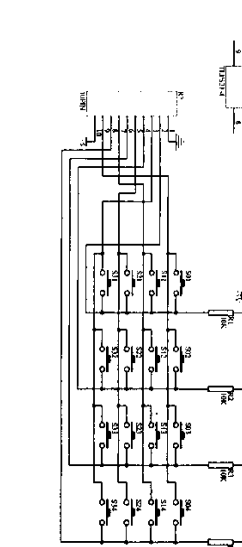
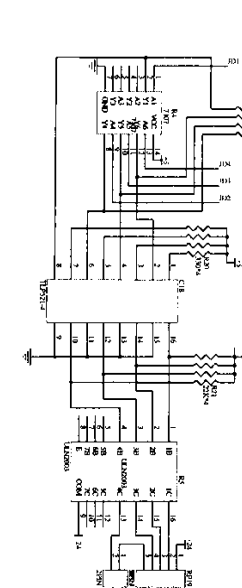
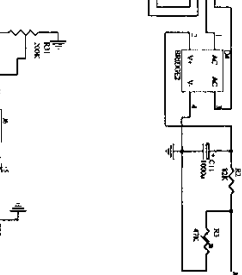
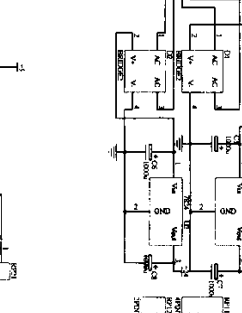
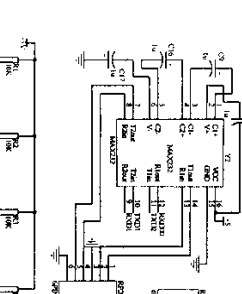
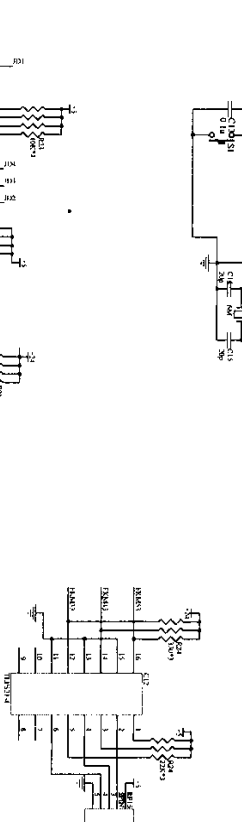
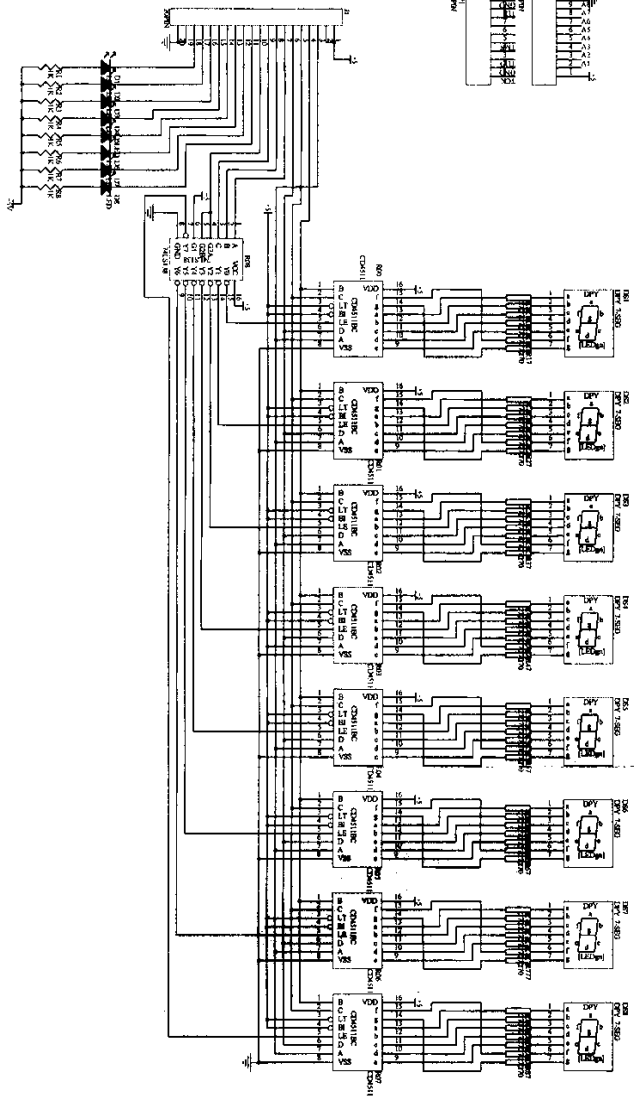
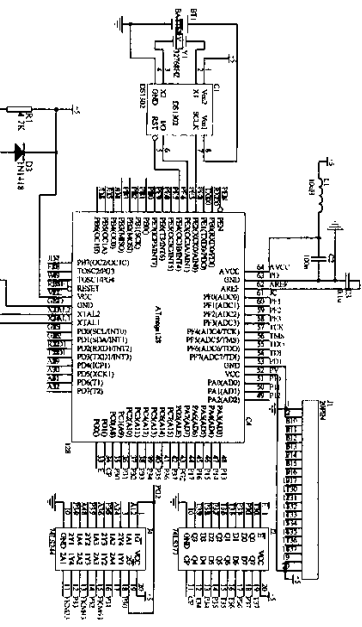
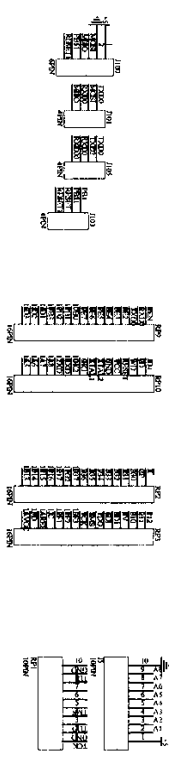
[36] 张庸, 孙学礼, 张东亮, 王慧. 自动补偿式交流稳压器的研制. 机床电器, 1995, 4:10-11.

[37] 蒋泽军. 模糊数学教程. 北京:国防工业出版社, 2004.

[38] 李士勇. 工程模糊数学及应用. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2004, 8.

- [39] 樊贵卿, 李庆武, 靳建华. 串行实时时钟芯片 DS1302 程序设计中的问题与对策. 电子技术应用, 2000, 7:58-59.
- [40] 金喜平, 郭雨梅, 李书平, 邱燕霖. 智能仪器设计. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1994.
- [41] 周志强. 提高变压器温度保护可靠性的有效措施. 变压器, 2006, 43(6):13
- [42] 童诗白, 华成英. 模拟电子线路. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [43] 金香. 基于 GSM 的变电站 RTU 及远动通道故障监测系统: (硕士学位论文). 沈阳: 沈阳工业大学检测技术与自动化装置, 2005.
- [44] 阿莫. AVR 基本硬件线路设计与分析(ATmega16 功能小板). http://www.ouravr.com/guide_avr_hardware_design.html, 2005-8-18.
- [45] 梁普选, 张宗镛, 张晓静, 王春红. 新编 Visual Basic 6.0 程序设计教程. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [46] Steve T, Xavier P, Delphi 6 Developer's Guide. America: Sams, 2001.
- [47] 佳文工作室. Visual Basic 6.0 编程实例教程. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [48] 曹衍龙. Visual Basic 系统开发实例精粹. 北京: 人民邮电出版社, 2005.
- [49] Jeffrey R. Advanced Windows, 3D Edition. America: Microsoft Pr., 1997.
- [50] Brian S, Jeff S. Special edition using Visual Basic 6. America: Que, 1997.
- [51] 王泽芳. 基于 DSP 技术定位系统的研究: (硕士学位论文). 广州: 广东工业大学, 2003.
- [52] 胡征峰, 刘宇, 郭戈. 基于 GSM 短信息的离散油井监控系统. 工业控制计算机, 2003, 16(4):45-47.
- [53] 张贵明. GSM/SMS 实现远程控制与报警的研究与设计. 四川师范大学学报(自然科学版), 2004, 27(1):102-106.

附录 A 电路原理图



Pin	Signal	Notes
1	GND	
2	VCC	
3	D0	
4	D1	
5	D2	
6	D3	
7	D4	
8	D5	
9	D6	
10	D7	
11	D8	
12	D9	
13	D10	
14	D11	
15	D12	
16	D13	
17	D14	
18	D15	
19	D16	
20	D17	
21	D18	
22	D19	
23	D20	
24	D21	
25	D22	
26	D23	
27	D24	
28	D25	
29	D26	
30	D27	
31	D28	
32	D29	

在学研究成果

一、在学期间发表的论文

曾一凡, 吴春美, 杨晓红, 金香. 基于模糊决策的节电等级控制系统的设计. 节能, 2006, 25 (9): 36~37.

致 谢

首先，要特别感谢我的导师曾一凡副教授。在这几年的时间里，导师严谨的学术作风、渊博的学术知识以及诲人不倦的师德对我的思想成长产生了重要的影响，将使我终身受益；导师和蔼可亲、循循善诱的教育方法指引着我顺利地完成学业。不管是在学术上还是在生活上，老师都给予了我无微不至的帮助和支持，这些关怀和鼓励，将是我终生无法忘记，无以报答的，我将铭记恩师的教诲，努力工作，以成绩来回报这一切！

其次，感谢杨静山老师，他在我学习和做实验的过程中给予了我很多有益的指导和帮助，让我顺利地完成研究。我还要感谢我的几位同学，帮我解决过一些技术问题。

再一次感谢所有关心和帮助过我的老师、同学、朋友们，这无数多的支持和鼓励促使我不断地前进，这一份份情意我将永远铭记于心。