

## 摘要

为了解决日益严重的城市交通问题，如何对现有交通进行有效的管理和控制已成为我国交通运输中迫切需要解决的问题。城市交通信号控制系统是解决交通拥挤的强制性手段之一，用于城市道路交通控制与管理，实现交通信号的智能控制，通过有规律的控制和运用交通信号使车辆有秩序地驶离冲突区域，对城市道路网的交通流畅发挥着重要的作用。

目前城市交通信号控制的通信方式多采用电话缆，在工程实施时，电缆一般采用空中架设或地下敷设的方式，由于城市中有各种空中、地下设施，现场交通情况非常复杂，给工程施工带来了许多困难，工程成本高，工程实施难。

本论文提出设计一种新型的基于无线通信方式的城市道路交通信号控制系统，系统包括交通信号控制器，GPRS 无线 MODEM 和交通信号控制系统服务器软件。系统采用 GPRS 无线传输方式作为交通信号控制数据的传输方式，可较好地解决目前城市交通控制系统中有线通信布缆工程成本高、实施难的问题。

交通信号控制器采用单片机进行控制，运用基于时间表的主干线控制模式，通过对交通信号控制模式、信号控制方案等设置，协调控制车辆在通过干线路口时总是在绿灯开始时到达，实现绿波带控制，提高车辆行车速度和道路通行能力，保证主干线的畅通，减少车辆在行驶过程中的延误。

GPRS 无线 MODEM 的核心模块采用 CELLCOM 公司的 CSM91-900/1800 GSM/GPRS 无线模块，用单片机控制其进行拨号联网方式的 GPRS 无线组网，实现了系统服务器、交通信号控制器等设备的无线接入。

本论文完成了基于无线通信的城市道路交通信号控制系统的交通信号控制器样机设计与研制工作，GPRS 无线 MODEM 的样机设计与开发；完成了服务器软件的基本功能；成功利用 GPRS 无线传输方式完成了城市交通控制信号的传输，实现了基于时间表的主干线绿波控制，达到了预期的研究目的。

**关键词：**交通信号控制系统，交通信号控制器，GPRS 无线组网，CMS91 GSM/GPRS 模块

## **ABSTRACT**

In order to solve the increasingly serious traffic problems in the city, how to carry on effective management and control to the existing traffic becomes an urgent problem that should be solved in transportation of our country. The control system of urban traffic signal is one of mandatory methods to solve the congestion of traffic. The system is used to control and manage the urban road traffic, to realize the intellectual control of the traffic signal, to make the vehicle sail out of the conflict area in good order through regular control and the application of traffic light, playing an important role to the traffic network of urban road smoothly and openly.

The telecommunication technique in which the urban traffic signal uses always adopts telephone cables at present. When the project is implemented, the cable generally adopts the way in which erecting in the sky or underground lay. But there are various kinds of aerial or underground facility in the city, so the on-the-spot traffic situation is very complicated and brings a lot of difficult to the implementation of project, such as high costs and so on.

This thesis puts forward and designs a kind of new-type Traffic Light Control System of Urban Road based on Wireless Telecommunication. This system includes Traffic Signal Control Device, Wireless GPRS MODEM and the software of the server center. The system adopts GPRS wireless telecommunication as the method to transport the data of traffic signal control. This method can solve the problem of high costs and the difficult problems we faced when we use wired telecommunication cable system at present.

Traffic Signal Device adopts microchip to control and uses the mode based on timetable. Through setting up the traffic signal mode and signal control scheme, the Signal Control Device coordinates and controls vehicles arrive while the green light begins, realize green waveband control, improve the speed of vehicle driving and the capacity of road, guarantee the none-congestion of the backbone, and reduce the delay in the course of going of vehicle.

The central part of GPRS wireless MODEM adopts CSM91-900/1800 GSM/GPRS wireless module of CELLON Company, using microchip to control

the module realize GPRS wireless group network based on dial connection way and realize the wireless access of such equipments as the service center of the system, traffic signal control device, etc.

This thesis has finished prototype design and development of Traffic Signal Control Device of the Traffic Light Control System of Urban Road based on Wireless Telecommunication, the prototype design and development of GPRS Wireless MODEM and the basic function of the server software. The thesis is success in utilizing the way of GPRS wireless telecommunication to carry on data transmission, realize green waveband control based on timetable and achieve the anticipated goals.

Gong Yingying(Telecommunications and Information System)

Directed by Zeng Liansun

**KEYWORDS** Traffic Signal Control System, Traffic Signal Control Device, GPRS Wireless Network, CMS91-900/1800 GSM/GPRS Module

## 论文独创性声明

本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。论文中除了特别加以标注和致谢的地方外，不包含其他人或其他机构已经发表或撰写过的研究成果。其他同志对本研究的启发和所做的贡献均已在论文中作了明确的声明并表示了谢意。

作者签名： 董莹莹 日期： 2004.9.7.

## 论文使用授权声明

本人同意上海海事大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以上网公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。保密的论文在解密后遵守此规定。

作者签名： 董莹莹 导师签名： 石建东 日期： 2004.9.7.

# 第一章 绪论

随着经济的发展和人民生活水平的提高，交通活动已成为人们生活中的重要组成部分。上个世纪以来，汽车工业的发展推动了交通的发展，城市交通建设、高速公路的铺设以及路网的形成，使交通不断繁荣。交通的发展促进了社会的不断进步，促进了交通设施的建设；但是随着汽车数量的迅猛增长，城市道路面临着日益拥挤的交通问题。交通拥挤导致时间延误，交通事故增多，污染加剧，燃油损耗上升。因此，对现有交通进行有效的管理和控制已成为我国交通运输中迫切需要解决的问题。

## 1. 1 城市道路交通问题及其解决途径

交通是城市经济活动的命脉，对城市经济发展、人民生活水平的提高起着十分重要的作用。20世纪以来，随着汽车工业的迅速发展，汽车已经成为人们日常生活中必不可少的交通工具。汽车工业在给人们带来各种便利的同时，也带来了一系列的问题，如环境污染、交通拥挤、交通事故频繁发生，给人们的生命和财产带来了很大的损失。城市交通问题是困扰城市发展、制约城市经济建设的重要因素<sup>[1][19]</sup>。

为适应交通量猛增的趋势，缓解道路交通拥挤状况，国内外许多城市投入了大量人力物力对道路交通运输系统的管理与控制技术进行开发，采取延长道路、加宽路面、建高架路等措施，收效虽明显但十分有限<sup>[17]</sup>。因此，解决城市交通问题，不仅要进一步加强交通基础设施的建设，但更重要的是提高现有路网的利用效率，加强对城市道路网的智能管理与优化控制。

城市交通信号控制系统通过对交通流的调节、警告和诱导以达到改善人和货物的安全运输，提高运营效率。其目标在于改善交通流的质量，更好地利用现有运输能力，提高交通流的安全性、快速性和舒适性。其主要作用在于通过有规律的控制和运用交通信号使车辆有序地驶离冲突区域，是解决交通拥挤的一种强制性手段<sup>[21]</sup>。

城市交通信号控制系统用于城市道路交通控制与管理，实现交通信号的智能控制，对城市道路网的交通流畅通发挥着重要的作用。

## 1. 2 世界上几种典型的交通信号控制系统

随着计算机技术和自动控制技术的发展，以及交通流理论的不断发展完善，交通运输组织与优化理论、技术的不断提高，交通管制中心的功能得到了增强，控制手段

也越来越先进，形成了一批高水平有实效的城市道路交通控制系统。

### 1. 2. 1 三种典型的交通信号控制系统

从系统结构与控制方式上分，有集中式计算机控制系统（控制中心的计算机处理道路网上的所有信息，并向各路口发出控制指令）和分布式计算机控制系统（由中央、地区、路口控制三级组成，各级电脑负责自己控制区域并执行上一级控制指令）。从系统控制战略上分，有静态系统（根据历史交通流数据优化信号配时）和动态系统（根据检测器适时采集的交通流数据优化信号配时）。

当前世界各国广泛使用的最具代表性和实效性的城市道路交通信号控制系统有三个。

#### （1）英国 TRANSYT 交通信号控制系统<sup>[3]</sup>

TRANSYT (Traffic Network Study Tools) 是由英国道路研究所花费近十年时间研制成功的控制系统。TRANSYT 系统被世界 400 多个城市采用，是目前最成功的静态系统。

TRANSYT 系统采用有线通信方式。对交通信号的控制模式采用静态模式，控制方案中的参数绿信比和相位差是通过建立优化数学模型而确定的。

但其不足在于交通数据的计算量大；不对周期进行优化，很难获得整体最优配时方案；需要大量的路网几何、交通流数据才能进行离线优化。

#### （2）澳大利亚 SCAT 系统<sup>[3]</sup>

SCAT (Sydney Coordinated Adaptive Traffic Method) 是澳大利亚于 70 年代末开发的。SCAT 采用先进的计算机网络技术，呈计算机分层递阶形式。

SCAT 系统采用有线通信方式。SCAT 的控制模式是在地区级采用联机模式，在中央级采用联机与脱机同时进行。控制方案中的参数是通过预先确定多个参数，然后根据实际情况进行变换而确定的。

SCAT 系统充分体现了计算机网络技术的突出优点，结构易于更改，控制方案较为容易变换。然而 SCAT 系统过分依赖于计算机硬件，移植能力差；选择控制方案时，无实时信息反馈。

#### （3）英国 SCOOT 系统<sup>[2]</sup>

SCOOT (Split Cycle Offset Optimization Technique) 也是由英国道路研究所在 TRANSYT 系统的基础上采用自适应控制方法，经过八年的研究于 1980 年提出的动态交通控制系统。SCOOT 采用实时控制方式，获得了明显优于静态系统的效果，被

许多国家采用。

SCOOT 系统采用有线通信方式。采用的控制模式是联机实时控制模式，即动态模式。控制模式中的参数通过建立优化数学模型来确定。

SCOOT 系统同样存在不足，其相位不能自动增减，任何路口只能有固定的相序；安装调试困难，对用户的技术要求过高。

## 1. 2. 2 日本的城市交通信号控制系统

日本政府在 ITS 智能交通系统领域投资了大量的资金，以期形成 ITS 产业推动日本经济发展。日本的 ITS 建立在先进、成熟的 GIS、GPS 卫星导航调度技术基础上，系统可划分为先进的导航系统，电子收费系统，辅助安全驾驶系统，优化交通管理系统，高效道路管理系统，公共运输支持，高效商用车辆运营系统，步行者支持系统，紧急车辆运营支援系统等 9 个研究领域，为使用者提供 20 种技术服务。

其中，交通信息系统是新交通管理系统中重要的组成部分，也是 ITS 的关键和基础，其目的是使道路管理者和使用者方便地获得所需的交通信息，帮助驾驶员选择行动路线，疏散交通流量，将整个交通状况向理想的状态引导，使交通顺畅和安全。日本发布交通信息的系统主要有两个，一个是交通控制中心（路面信息发布），另一个是 VICS 中心（车内信息提供）。

交通控制中心是日本具有代表性的交通控制中心之一，负责东京等一般城市道路的交通控制。中心的主要职能是收集、处理、发布道路交通信息，进行交通信号控制、交通信息交流等。该中心交通信息的主要来源是：16400 个超声波、雷达、红外线检测器、295 处交通电视摄像机以及公众报警电话、交通巡逻车、直升飞机。

对收集上来的信息，由控制中心的 133 台计算机组成的处理系统自动进行后台处理，根据道路交通流量的状态，对全市 14447 个交通信号灯中的 7247 个进行预定的方案控制<sup>[9]</sup>，并将交通流量、车辆行驶速度、路段的堵塞程度、道路行驶时间、交通事故、道路施工等信息显示在控制中心中央显示板上。同时，这些交通信息通过不同的方式向社会进行发布。

## 1. 3 中国城市道路交通信号控制系统

### 1. 3. 1 中国城市交通状况

由于中国城市受经济发展水平的制约，形成了畸形落后和不胜负荷的局面<sup>[21]</sup>。

#### (1) 城市道路结构不合理

目前中国城市交通以路上交通为主，大多数城市道路空间结构属于平面交通状

态，形成了“人车混行，快慢车混驶”的特点。道路系统布局多采用简单的平面方格形式，难以适应交通系统现代化管理的需要。路网功能的结构层次混乱，主、次干道和支线比例失调，衔接关系紊乱，使干线道路难以发挥其功能。

就道路面积来说，中国城市道路面积率低于世界上同规模的大城市。据统计资料显示，中国城市道路面积率平均不足 7%<sup>[22]</sup>，人均道路面积也低于世界上同规模的大城市。

### （2）交通出行结构失调

中国城市交通主要由各种机动车、非机动车和行人构成，形成特殊的三元混合交通结构。交通方式可分为公共交通和私人交通。其中公共交通由公共汽车、地铁、高架、出租汽车等组成；私人交通主要由自行车、摩托车、私人小汽车和步行交通构成。由于这些交通方式的自身特点，使它们能在系统中共存。另外，由于系统所具有的自组织能力，在外界交通环境的协同作用下，形成了各种交通方式间的制约和平衡。因此，对某一种交通方式来说，不能任其自由发展，否则会破坏这种平衡状态，使系统出现问题。

目前中国城市的交通结构，由于公共交通畸形落后、不胜负荷的局面，在一定程度上刺激了私人交通的发展，目前主要体现在对自行车、私人交通需求的急剧增长，使交通方式间比例严重失调。但是，车流的增多更加重了城市交通系统的紊乱。

### （3）交通管理水平低，交通事故频繁

我国城市交通管理和交通安全的现代化设施少。以北京与东京为例，两市都有一个交通管制中心，但北京交通控制中心管理路口数目仅是东京的 3%，交通标志数是东京的 7%<sup>[22]</sup>。

## 1. 3. 2 中国的城市交通信号控制系统

我国城市交通信号控制系统方面的工作起步较晚，在 20 世纪 70 年代后期北京开始采用 DJS-130 型计算机对干道协调控制问题进行了研究。80 年代以来，城市道路交通问题越来越严重<sup>[20]</sup>。国家一方面进行以改善城市市中心交通为核心的 UTSM 技术研究；另一方面采取引进与开发相结合的方针，建立了一些城市道路交通控制系统。如北京引进了 SCOOT 系统，上海引进了 SCAT 系统，深圳引进了日本的控制系统。

这些信号系统虽然取得了满意的效果，但是中国的国情决定了需要对这些系统进行改进，主要体现在：

### (1) 需要完善信号控制

这些信号系统一般只能实现两相位控制，存在一定的局限性。而在实际中，如果根据交叉路口的情况，适当采用多相位控制、变相序控制，可减少交叉路口的交通冲突，提高交通的安全性。

### (2) 需要合理解决混合交通流问题

中国城市交通主要由各种机动车、非机动车和行人构成，形成特殊的三元混合交通结构，容易造成交通流的冲突。因此，需要设计一种信号系统能对各个相位单独进行控制。

### (3) 国产化率低

目前先进的信号控制系统的国产化率比较低，进口费用昂贵。

### (4) 稳定性和可靠性

目前我国生产的一些智能交通信号机功能少、集成度低，而且故障频繁。

## 1. 4 论文研究背景、意义与主要研究内容

### 1. 4. 1 论文研究背景

为了解决上海现有的交通问题，迎接 2010 年世博会，上海许多科研单位正在积极开展相关研究工作，如上海城市信息中心、交通信息中心正在开展交通控制和管理的立项研究。我的导师正在负责上海市信息化委员会的项目：长三角城市定位导航信息系统建设技术方案及其应用研究。本论文属于该项目应用研究的一部分。

### 1. 4. 2 论文研究意义

由于我国现有的设施、道路和交通管理系统已经很难适应目前交通的发展速度，如何对现有交通进行有效的管理和控制已成为我国交通运输中迫切需要解决的问题，本论文在此背景下提出设计一种新型的城市道路交通信号控制系统。

目前城市交通信号控制的通信方式多采用电话缆，在工程实施时，电缆一般采用空中架设或地下敷设的方式。由于城市中有各种空中、地下设施，现场交通情况非常复杂，给工程施工带来了许多困难，工程成本高，工程实施难。

因此论文提出采用无线移动通信平台，使用现有的成熟稳定的无线通信方式作为城市交通信号控制系统的通信传输方式，可较好地解决目前城市交通控制系统中有线通信布缆工程成本高、实施难的问题。

### 1. 4. 3 论文主要研究内容

根据论文课题要求,提出设计一种新型的基于无线通信的城市道路交通信号控制系统。该系统主要包括:交通信号控制器、GPRS 无线 MODEM 和交通信号控制系统服务器。

交通信号控制系统采用无线通信方式作为交通信号控制数据的传输方式,可以减少现在有线通信方式中布缆工程成本高,工程实施难的问题。系统采用 GPRS 拨号联网的无线组网方式,保证对多台交通信号控制器的联网控制。

交通信号控制器采用基于时间表的主干线控制方式,保证主干线的绿波控制。交通信号控制器具有工作状态监控和故障检测功能,能实现绿冲突检测和绿切保护功能。

交通信号控制器与服务器通过 GPRS 无线通信方式进行数据传输,可根据服务器的控制要求,通过对交通信号控制模式、信号控制方案的设置,实现对交通信号灯显示的控制,实现对交通流的有效控制。

论文第一章概述城市道路交通问题与解决途径,介绍了国外的几种典型的城市道路交通信号控制系统,以及中国在城市道路交通信号控制系统方面的发展情况。第二章阐述城市道路的交通信号控制理论,包括交通信号基本控制方式、交通信号控制模式和信号灯控制方案,提出和阐述本论文采用的基于时间表的主干线控制模式。第三章对几种无线数据传输方式进行比较,介绍了 GPRS 技术的特点,着重阐明基于 GPRS 的无线组网技术及 GPRS 无线 MODEM 硬件实现。第四章介绍交通信号控制器的功能,系统框图,硬件设计与实现。第五章通过软件流程图介绍交通信号控制器的程序设计。第六章介绍服务器控制软件的设计和实现。第七章分析了系统调试过程,在试验过程中存在的问题和解决方法,最后得出结论。

## 第二章 城市交通信号控制方式

城市交通信号控制系统从时间上将相互冲突的车流量分开，通过设置交通信号控制器，对交通信号控制方式和控制模式进行设定，通过对信号灯的配时、配色给不同时刻、不同交通需求给予不同的通行权，将相互冲突的车流分离<sup>[5]</sup>。最为常用的原则是保证车辆在路口的通过量最大或车辆在路口的延误最小。

根据中国城市道路路口的车流特点，信号控制系统采用何种交通信号控制方式和控制模式，如何妥善解决各方向车流的协调控制，如何实现对城市道路网的优化控制成为交通信号控制系统信号控制方式设计中的重点。

本章就城市交通信号基本控制方式、信号控制模式等理论进行探讨。由于系统采用无线通信方式作为交通信号控制数据的传输方式，根据无线通信方式的传输特点和常用的交通信号基本控制方式、信号控制模式的特点，提出采用基于时间表的主干线控制模式作为本系统的交通信号控制方式。

### 2. 1 交通信号基本控制方式

交通信号控制按控制方式可分为：单个路口点控制，主干线交通信号控制和区域交通信号控制<sup>[18]</sup>。

#### 2. 1. 1 单个路口点控制

单个路口点控制是一种最基本的控制方式。由于其设备简单、投资最省、维护方便，至今仍是被广泛应用的一种控制信号方式。单个路口点控制又分为离线点控制和在线点控制。

##### (1) 离线点控制

离线点控制采用定时信号配时技术，基本原理是将绿灯时间分成有限的具有固定顺序的时间段（也称相位），不同的交通流将根据固定绿灯时间和顺序依次获得各自的通行权。离线点控制适合于某些车流量较小的路口，其信号配时方案是根据典型状况的历史交通数据制订的。

离线点控制又可分为定周期控制与变周期控制。在定周期控制中，信号控制器只能执行一种配时方案，信号灯一天 24 小时按照相同的周期执行同一方案。在变周期控制中，将一天 24 小时分成多个不同的时间段，根据不同时段交通流量统计的数据，

为信号控制器设置合适的信号灯配时方案。信号控制器在不同的时段执行不同的信号配时方案，特别是在上下班时整个城市交通处于高峰期，也有相应合适的信号配时方案疏散交通流，尽可能地避免或减少交通拥挤。与定周期控制方式相比，变周期控制方式具有较大的灵活性和适用性。

### （2）在线点控制

在线点控制是指交通响应控制，即根据路口各个入口交通流的实际分布情况，合理分配绿灯时间到各个相位，从而满足交通需求。在线点控制分为基于到达车辆车头距的控制和基于排队长度的控制。

基于到达车辆车头距的控制方式是指在一个给定的最小绿灯时间内，某相位绿灯无条件开通；该时间过后，若位于该相位停车线前方一定距离外的检测器检测到继续有车辆到达，则追加一个单位绿灯时间。若一直检测到有车辆到达，则绿灯时间一直被延长，直到绿灯时间达到最大绿灯时间为止。若在追加的一个单位绿灯时间内没有车辆到达，则信号灯被转换到下一个相位，放行下一相位的车辆。

基于排队长度的控制方式是在放行一个相位的交通流之前，由车辆检测器预先检测到该方向到达的车辆排队长度，根据车辆的排队长度，确定该相位的放行时间。保证在绿灯时间，通过交叉路口的车流量总在饱和值左右。

## 2. 1. 2 主干线交通信号控制

主干线路口的交通控制是一种线控方式。在城市道路网中，路口相距很近，两个相邻的路口之间的距离通常不足以使一小队车流完全疏散。当各路口分别设置单点信号控制时，车辆经常遇到红灯，时停时开，行车不畅，环境污染严重。为了减少车辆在各个路口的停车次数，特别是在主干线上车辆畅通，研究了一种干线相邻路口协调控制策略。

最初协调信号计时的方法是基于绿波的概念，相邻交叉路口执行相同的信号控制周期，主干道相位的绿灯开启时间（相位差）错开一定的时间，路口的次道在一定程度上服从主干道上的交通<sup>[5]</sup>。当一列车队在具有许多路口的一条主干道上行驶时，协调控制使得车辆在通过干线路口时总是在绿灯开始时到达，因此无须停车通过路口。

具有绿波的主干线交通信号控制时间-距离图如图 2-1 所示。车辆从当前路口驶向下一路口时，总是在绿波通道结束前到达，保证车辆在主干道的通畅。通过这种控制方法，可以提高车辆行车速度和道路通行能力，确保道路畅通，减少车辆在行驶过程中的延误时间。

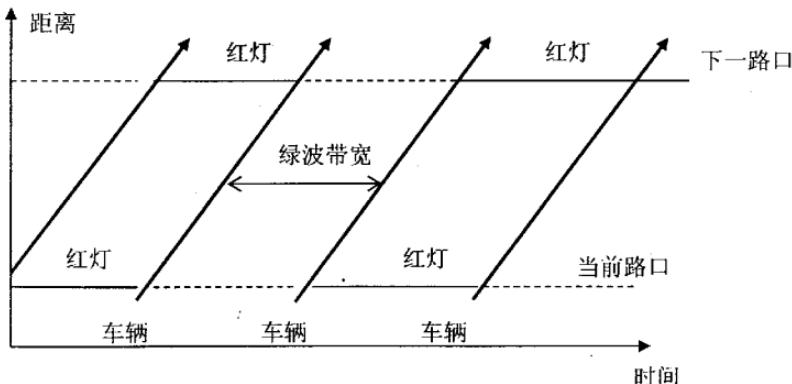


图 2-1：具有绿波的主干线交通信号控制

主干线交通信号控制可分为离线方式和在线方式。在离线方式下，主干线上设定一台主信号控制器和多台从信号控制器，主信号控制器统一控制其他从信号控制器，整个系统使用同一周期长，由主信号控制器向各个从信号控制器发送同步信号，各个从信号控制器根据预先设定的相位差和绿信比分配红、绿灯起始时间和持续时间，从而实现干道交通信号控制器联动和绿波控制。

线联动系统的主要参数是周期、时段和相位差。在确定周期时长时，首先确定出主干道所有交叉路口所需的周期时长，然后以其中最大周期时长作为整个主干道统一的周期时长。相位差的确定一般使用时间-距离图，如图 2-2 所示。根据时间-距离图可以确定每个路口的相位差，以理想不变的区间车速作为前提，则每个路口的相位差都是固定值，保证车辆在通过干线路口时总是在绿灯开始时到达。为了适应交通运行状况的变化，与多段定周期控制系统一样，控制参数（周期、相位差、绿信比）预先设置好，实时控制时，在不同的时间段内采用不同的系统控制参数进行控制。

主干线交通信号在线控制方式是由主控中心计算机对主干线各个路口的交通信号控制器进行协调控制，各个路口的交通信号控制器将检测到的路口交通流数据发送给主控中心，中心计算机根据采集到的干线上的交通流数据进行优化处理，然后向各个路口的交通信号控制器发送，实现绿波控制。

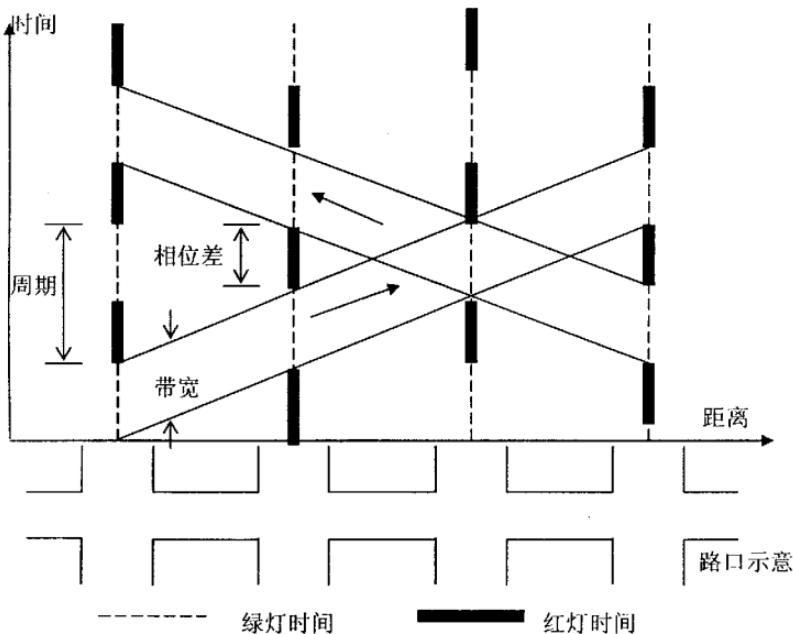


图 2-2：主干线相位差时距图

### 2. 1. 3 区域交通信号控制

区域交通信号控制又称在线网络控制，系统的控制对象是城市或某个区域中所有路口的交通信号，可对一个城市区域内所有路口的交通信号联起综合加以协调控制，使得区域内的各个车辆在通过某些路口时所产生的总损失（包括延误、停车次数、油耗等）最小。

在区域交通信号控制方式下，交通信号控制器将交通量数据实时地通过通信网传至主控中心计算机，中心计算机根据路网交通量的实时变化情况，按一定时间步距不断调整正在执行的配时方案<sup>[7]</sup>。通过这种控制方式，容易实现交叉路网的统一调度与管理，主控中心计算机可同时控制一个城市区域中的多个交叉路口。

但是由于实际应用中，城市交通情况复杂，难以预先对每种情况设计出相应的信号控制方案。交通需求的变化以及交通网络的变化会使得已有的固定时间方案迅速失效。因此，目前区域交通信号控制方式多集中于在线优化现有的定时控制方案。

## 2. 2 交通信号控制模式

常见的交通信号控制模式有周期控制模式，相位差与绿信比控制模式，时间表控制模式和子区连接控制模式。

### 2. 2. 1 周期控制模式

交通参数中交通流量  $Q$  与占有率  $O$  是两个重要参数，周期控制模式是通过实时采集车辆到达信息，经过参数辨识得出交通量  $Q$  与占有率  $O$  之间的关系，根据  $Q-O$  关系求得周期的大小，实现自适应控制。 $Q-O$  关系用曲线表现如图 2-3 所示。 $Q-O$  曲线上不同段反映了不同的交通状况。由图 2-3 可以看出，交通量随着占有率的增加而增加，当占有率  $O=O_m$  时，达到最大通行能力；当占有率  $O>O_m$  时，交通量随着占有率的增加而降低；当占有率  $O=100\%$  时，交通量为零，道路完全堵塞。

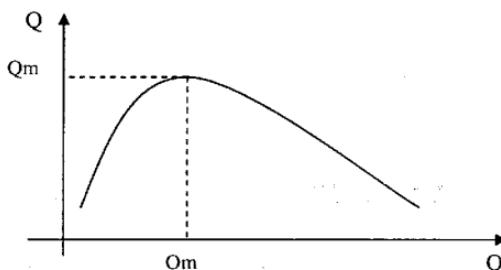


图 2-3：交通量与占有率的关系

### 2. 2. 2 相位差与绿信比控制模式

相位差和绿信比是交通信号控制中最重要的控制参数。相位差决定于路口之间几何间距及系统的车流宏观平均速度，如果系统具有相对稳定的交通行为，平均车速也为定值，那么相位差也应该是定值。然而由于协调控制，周期长短在变化，要保持确定的相位差，就必须实现相位差跟踪控制。但是，相位差的频繁变化对系统协调控制不利，应根据实际需要对相位差进行锁定控制。

绿信比控制分为宏观绿信比控制和微观绿信比控制。宏观绿信比控制对应方案选择，微观绿信比控制对应于多相位控制中每一个相位状态绿信比的微调。在微观绿信比控制中主要考虑是否延长或缩短可变步的绿信比。在绿信号结束之前，若车辆检测器探测到有车辆，就需要延长绿信号时间；如果没有检测到车辆，就缩短绿信号时间。为了使系统控制过程保持稳定，由感应控制引起的时间差必须设法在指定的步加以补偿，使信号周期保持固定。

### 2. 2. 3 时间表控制模式

时间表控制模式采用感应控制和方案选择相结合的方式。根据平时收集到的交通信息，总结出一套适合于路口在不同时间段内的交通控制方案，将这些方案设置于控制系统内。在实时控制时，系统根据车辆检测器实时采集数据选择方案，在此基础上进行感应信号控制。如果车辆检测器发生故障，也可以根据平时积累的交通规律数据按预定的方案进行信号控制。

### 2. 2. 4 子区连接控制模式

当考虑区域交通控制系统时，在控制区域范围内可以根据区域内交通状况把许多路口划分为不同的周期子区。一个周期子区可以由两个以上路口组成，也可以由单一路口组成。在一个周期子区内必有一个关键路口，这些关键路口都安装车辆检测器。关键路口收集的交通数据决定了该子区的控制方案。同一周期子区内又划分为不同的相位差-绿信比子区。

## 2. 3 基于时间表的主干线控制模式

在本设计中，在选择交通信号基本控制方式、控制模式和控制方案时，由于采用无线通信方式作为交通信号控制系统的控制数据传输方式，如果选用区域控制方式的实时控制模式，则要求交通信号控制器将交通量数据实时地通过无线方式传送给服务器计算机，服务器计算机根据路网交通量的实时变化情况，按一定时间步距不断调整正在执行的配时方案，交通需求的变化以及交通网络的变化会使得已有的固定时间方案迅速失效，容易在与其他路口的交通信号控制配合上出现问题。而且无线通信方式不适合大规模数据量的传输。

因此，综合考虑以上各种特点，设计提出采用基于时间表的主干线控制模式作为

交通控制信号系统的控制方式。在信号控制器中存有各个时段的信号控制模式和信号控制方案，协调控制车辆在通过主干线路口时总是在绿灯开始时到达，实现绿波带控制，提高车辆行车速度和道路通行能力，保证主线的畅通，减少车辆在行驶过程中的延误。

一个信号化的路口，如何确定其相位信号模式和信号控制方案必须根据路口的交通状况制定，以适应路口的实际交通需求。

### 2. 3. 1 交通路口相位信号模式

确定相位信号模式指用交通信号轮流给各个方向的车流或行人分配通行权的顺序。相位方案是在一个信号周期内，安排了若干种控制状态，每一种控制状态对应某些方向的车辆或行人配给通行权，并合理安排这些控制状态的显示次序和显示时间。交通信号控制器按设定的相位信号模式，轮流开放不同的信号灯显示，轮流为各方向车辆和行人提供通行权。每一种控制状态对应显示一组不同的灯色组合，称为一个相位。

在本论文中，相位信号模式包括：白天模式、夜间模式、高峰模式和特殊模式。各种模式的四相位车流基本相位信号模式如表 2-1 所示。

表 2-1

	南北向信号灯								东西向信号灯							
	TR	TY	TG	SR	SY	SG	PR	PG	TR	TY	TG	SR	SY	SG	PR	PG
1	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	☆	✓	✗	✗	✓	✗
2	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗
3	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	☆	✗	✓
4	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓
5	✗	✗	☆	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗
6	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗
7	✓	✗	✗	✗	✗	☆	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗
8	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✓	✗

TR：转弯红灯； TY：转弯黄灯； TG：转弯绿灯；

SR：直行红灯； SY：直行黄灯； SG：直行绿灯；

PR：人行红灯； PG：人行绿灯；

✓：灯亮； ✗：灯灭； ☆：灯先亮后闪烁。

表 2-1：四相位车流的基本相位信号模式

### 2. 3. 2 交通路口相位信号方案

相位信号方案指在平日（星期一至星期五）、周六（周六）、假日（周日、节假日）三种日期类型情况下，分别在各时段设置对应的相位信号控制模式。在本设计中，三种日期类型对应的相位信号控制模式如表 2-2 所示。

表 2-2

平日		周六		假日	
开始时间	信号模式	开始时间	信号模式	开始时间	信号模式
7: 00	白天	8: 00	白天	8: 00	白天
16: 00	高峰	15: 00	高峰	10: 00	高峰
18: 00	白天	19: 00	白天	12: 00	白天
20: 00	夜间	21: 00	夜间	16: 00	高峰
/	/	/	/	18: 00	白天
/	/	/	/	20: 00	夜间

表 2-2：相位信号控制模式

### 2. 3. 3 交通信号基本参数

交通信号控制的基本参数包括周期时长、相位持续时间和相位差。其目的在于最佳地确定道路各路口在车流方向上的控制参数。

周期时长指信号灯的各种灯色轮流显示一次所需要的时间，即各种灯色显示时间总和。是决定交通效益的关键控制参数。适当的周期长度对路口交通流的疏散和减少车辆等待时间具有重要意义。

相位差是相邻路口同一相位绿灯起始时间之差。当在对干线车流进行控制时，相位差是一个重要的控制参数，通过调整各路口的相位差，可以使主干线上路口的信号灯形成绿波带，使车队通过这些路口时畅通。

绿信比包括相位绿信比和交通流绿信比。相位绿信比是一个相位信号有效绿灯时长与周期时长之比。交通流绿信比是一个交通流在一个周期时间内所获得的有效绿灯时长与周期时长之比。绿信比的大小对于疏散交通流和减少路口总等待时间有着举足轻重的作用。通过合理地分配各车流方向的绿灯时间，可使各方向停车次数、等待延误时间减至最小。

### 第三章 GPRS 通信传输技术及应用

目前交通信号控制系统都是采用有线的通信方式，通过空中架设或地下敷设电缆的方式实现。但在工程实施时，由于城市中有各种空中、地下设施，现场交通情况非常复杂，给工程施工带来了许多困难，工程成本高，工程实施难。

综合考虑上述情况，在设计城市交通信号控制系统的通信方式时，决定采用无线通信作为交通信号控制数据通信方式，通过无线通信进行城市交通信号控制数据的传输。它可较好地解决目前城市交通控制系统中有线通信布缆过程中工程成本高、实施难的问题。

在选定采用无线通信方式后，对几种常用的无线通信方式，如 GSM 短消息方式、GPRS 数据传输方式的特点进行比较。由于 GPRS 数据传输方式的优点，最后选用 GPRS 数据传输方式作为本设计的无线通信方式。采用 GPRS 拨号联网方式进行交通信号控制系统的无线组网，选用 CELLON 公司的 CMS91 GSM/GPRS 模块进行 GPRS 无线 MODEM 的硬件设计和实现。

#### 3.1 几种无线通信方式比较

##### 3.1.1 GSM 短消息方式

GSM 移动通信网络是目前应用最为广泛的第二代移动通信网络，和其他第二代通信网络一样，GSM 网络采用的是电路交换业务<sup>[27]</sup>。该网主要应用于语音业务，后来引入了传送长度有限的数据业务——短消息业务。

GSM 网络的主要优点：

- (1) 网络覆盖率高、用户资源丰富，从而开展相应的增值业务潜在用户群大。
- (2) 安全性能好，通过鉴权、加密以及数字通信系统固有的特性达到安全目的。
- (3) 容量大，同 TACS 系统相比系统容量增加了 3—5 倍。

在一些应用中，许多人提出了 GSM 短消息方案。该方案是基于现有通信网基础上构建的，具有实现成本低的优点。但是由于 GSM 网络状况，短消息中心容量及各款终端的兼容问题，短消息的发送经常发生丢包现象。采用短消息方式进行信息传输，缺乏一定的安全性。随着短消息用户的增多，有些地方的短消息中心由于没有扩容，造成短消息的实际传送时间有时候远远大于理论分析值，因此无法做到真正的实时传输。编码后单条短消息最大长度为 140 个字节，可以承载 70 个汉字，发送短消息的长度受到了限制，远远不能适应未来所需的数据传输速率和数据传输量。

### 3. 1. 2 GPRS 数据传输方式

GPRS (General Packet Radio Service) 通用分组无线业务是一种建立在 TCP/IP、UDP 协议基础上的开放式的网络系统结构，具有传输效率高、网络处理速度快、抗干扰能力强等特点<sup>[24]</sup>。GPRS 在现有的 GSM 网络基础上叠加了一个新的网络，同时在网络上增加一些硬件设备和软件升级，形成了一个新的网络逻辑实体，提供端到端的、广域的无线 IP 连接，向移动用户提供数据交换业务。

GPRS 主要优点：

- (1) “永远在线，永远连接”
- (2) GPRS 采用分组交换技术，高效传输高速或低速数据和信令，优化了对网络资源和无线资源的利用。
- (3) 支持中、高速率数据传输，可为每位用户提供 9.05—171.2Kbit/s 的数据传输速率。
- (4) 应用全球适用标准的 UDP、TCP 网络传输数据协议来传输数据，只要按这协议打包的数据都可通过网络传送到相关的终端，应用上有更广泛的全球化支持。
- (5) GPRS 支持基于标准数据通信协议的应用，可以和 IP 网、X.25 网互联互通。支持特定的点到点和点到多点服务，以实现一些特殊应用如远程信息处理。
- (6) GPRS 的核心网络层采用 IP 技术，底层还可使用多种传输技术，很方便地实现与高速发展的 IP 网无缝连接。
- (7) GPRS 可以实现基于数据流量、业务类型及服务质量等级的计费功能，计费方式更加合理，用户使用更加方便。

另外，GPRS 网络系统在无线数据传输安全性上具有较强的保密性和可靠性，它支持前向纠错、自动反馈重发、全程加密等功能，它在终端设备安全上可采用防伪登陆等方法，使 GPRS 无线数据传输的安全性和可靠性明显地提高。

### 3. 1. 3 CDMA 系统

CDMA 系统包括中国联通运营的 IS-95 系统以及基于 CDMA 技术的 WCDMA、CDMA2000 和 TD-SCDMA 等 3G 技术。

CDMA 系统的主要优点：

- (1) CDMA 技术在信号质量、安全性、功率损耗和可靠性方面都超过其他的数字和模拟技术。
- (2) CDMA 系统的设计容量高于现有的模拟/数字系统。

综合考虑以上各种无线传输方式,由于GPRS具有系统覆盖范围广、“永远在线”、易于Internet连接等特点,为了保证传输实时性、准确性、可靠性要求,设计采用GPRS数据传输方式作为本设计的无线通信方式。

### 3. 2 GPRS 系统简介

#### 3. 2. 1 GPRS 系统的基本原理

GPRS系统是在GSM系统基础上引入新的部件而构成的无线数据传输系统,它采用分组交换技术,能兼容GSM网络并在网络上更加有效地传输高速数据和信令<sup>[26]</sup>。系统原理图如图3-1所示。

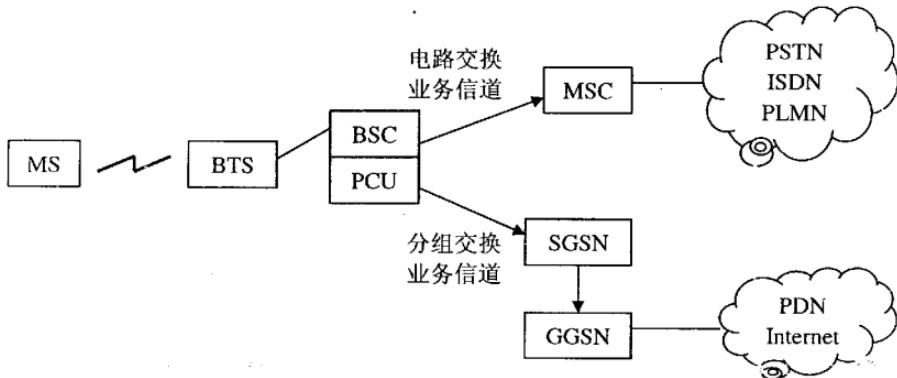


图3-1: GPRS系统原理图

图3-1中,SGSN为GPRS业务支持节点,GGSN为GPRS网关支持节点,PCU为分组控制单元,PDN为分组数据网。

#### 3. 2. 2 GPRS系统的网络结构

GPRS在原有GSM网络上改动少量的硬件和升级软件系统来实现。同GSM相比,GPRS增加了两个服务支持节点:GGSN和SGSN。其网络结构如图3-2所示。

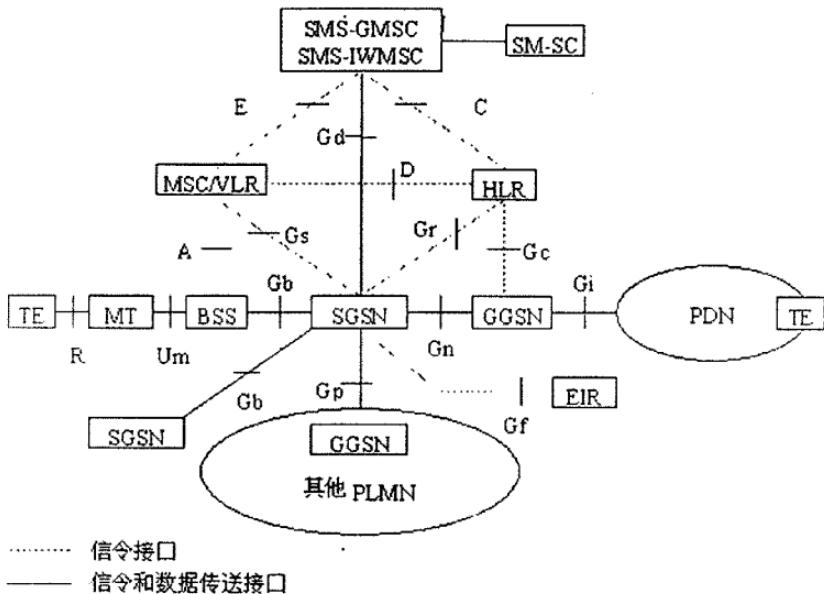


图 3-2: GPRS 网络的逻辑结构

SGSN (Serving GPRS Support Node) 是 GPRS 服务支持节点。SGSN 是 GSM 网络结构中的一个节点。SGSN 通过帧中继与 BTS (基站收发信机) 相连，是 GPRS 网络结构与移动台之间的接口。SGSN 的主要作用是记录移动台的当前位置信息，并且在移动台和 GGSN 之间完成移动分组数据的发送和接收。

GGSN (Gateway GPRS Support Node) 是 GPRS 网关支持节点。GGSN 通过基于 IP 协议的 GPRS 骨干网连接到 SGSN，是连接 GSM 网络和外部分组交换网（如因特网和局域网）的网关。GGSN 主要起网关作用，它可以把 GSM 网中的 GPRS 分组数据包进行协议转换，从而可以把这些分组数据包传送到远端的 TCP/IP 或 X.25 网络。

SGSN 和 GGSN 可以合在同一个物理节点也可以在不同的物理节点，都具有 IP 路由功能，并能与 IP 路由器相连。当 SGSN 与 GGSN 位于不同的 PLMN 时，通过 Gp 接口互联。Gp 接口提供了 Gn 接口提供的功能再加上移动通信网络之间通信的安全认证功能。这种安全认证功能是基于运营商之间的互通协议的。

图 3-2 中接口及参考点说明见表 3-1。

表 3-1

接口及参考点	说明
A	MSC/VLR 与 BSS 之间的接口
C	SMS-GMSC、SMS-IWMSC 与 HLR 之间的接口
D	MSC/VLR 与 HLR 之间的接口
E	SMS-GMSC、SMS-IWMSC 与 MSC/VLR 之间的接口
Ga	计费数据采集端口
Gb	SGSN 与 BSS 之间的接口
Gc	GGSN 与 HLR 之间的接口
Gd	SMS-GMSC、SMS-IWMSC 与 SGSN 之间的接口
Gf	SGSN 与 EIR 之间的接口
Gi	GPRS 网络与外部分组交换网之间的参考点
Gn	同一 GPRS 网络中两个 GSN 之间的接口
Gp	不同 GPRS 网络中两个 GSN 之间的接口
Gr	SGSN 与 HLR 之间的接口
Gs	SGSN 与 MSC/VLR 之间的接口
R	非 ISDN 终端与移动中断之间的参考点
Um	MS 与 GPRS 固定网部分之间的无线接口

表 3-1: GPRS 网络逻辑结构接口及参考点

### 3. 2. 3 GPRS 网络的传输平台

GPRS 网络的传输平台由一个分层协议结构组成, 如图 3-3 所示。用于用户信息传输以及与此相关的信息传输中的过程控制(如流量控制、检错、纠错和错误恢复等)。传输平台通过底层无线接口和网络子系统(NSS)平台连接, 这种独立性是通过保留Gb 接口来实现的。

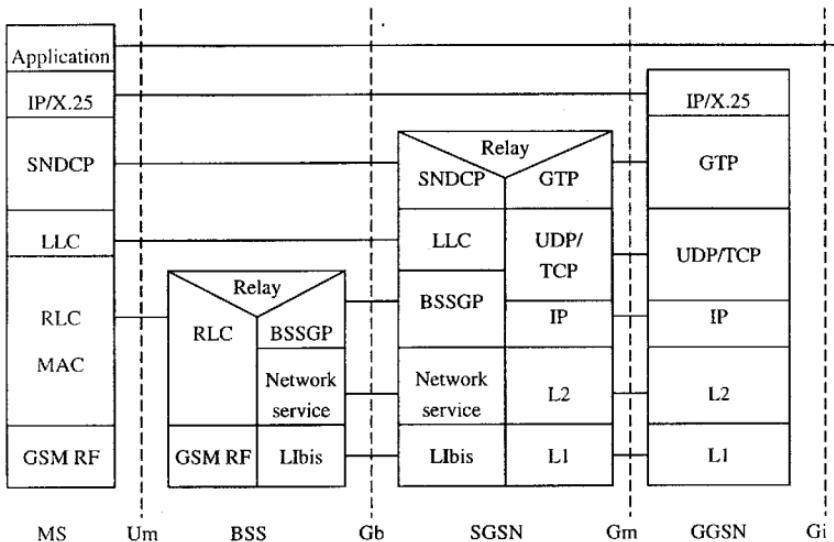


图 3-3: GPRS 网络的传输平台的分层协议结构

### (1) GPRS 隧道协议 (GTP)

GPRS 骨干网中 GSN 间的用户数据和信令利用 GTP 进行隧道传输。所有的点对点 PDP 协议数据单元 (PDU) 将由 GTP 协议进行封装。GTP 是 GPRS 骨干网中 GSN 节点之间的互联协议，为 Gn 接口和 Gp 接口定义的协议。

### (2) TCP

在 GPRS 骨干网中需要一个可靠的数据链路 (如 X.25) 进行 GTP PDU 的传输时，所用的传输协议是 TCP 协议。如果不要求一个可靠的数据链路 (如 IP)，就使用 UDP 协议来承载 GTP PDU。TCP 提供流量控制功能和防止 GTP PDU 丢失或破坏的功能。UDP 提供防护 GTP PDU 受到破坏的功能。

### (3) IP

IP 是 GPRS 骨干网络协议，用于用户数据和控制信令的选路。GPRS 骨干网最初是建立在 IPv4 协议基础上的，随着 IPv6 的广泛使用，GPRS 会最终采用 IPv6 协议。

### (4) 子网相关融合协议 SNDCP

SNDCP 的传输功能将网络级特性映射到底层网络特性中去。其主要作用是完成传送数据的分组、打包，确定 TCP/IP 地址和加密方式。在 SNDCP 层、移动台和 SGSN

之间传送的数据被分割为一个或多个 SNDC 数据包单元。SNDC 数据包单元生成后被放置到 LLC 帧内。

#### (5) 逻辑链路控制 (LLC)

LLC 是一种基于高速数据链路规程 HDLC 的无线链路协议，能够提供高可靠的加密逻辑链路。LLC 层负责从高层 SNDC 层的 SNDC 数据单元上形成 LLC 地址、帧字段，从而生成完整的 LLC 帧。另外，LLC 可以实现一点对多点的寻址和数据帧的重发控制。LLC 独立于底层无线接口协议，这是为了在引入其他可选择的 GPRS 无线解决方案时，对网络子系统 NSS 的改动程度最小。

#### (6) 中继转发 (Relay)

在 BSS 中，这项功能中继转发 Um 和 Gb 接口间的 LLC PDU，在 SGSNN 中，这项功能是转发 Gb 和 Gn 接口间的 PDP PDU。

#### (7) GPRS 基站系统协议 (BSSGP)

这个层用来传输在 BSS 和 SGSN 之间与选路服务质量有关的信息。BSSGP 没有纠错功能。

#### (8) 网络服务 (NS)

这个层传输 BSSGP PDU。NS 以 BSS 和 SGSN 之间的帧中继连接为基础，而且有多跳功能，并能横贯有帧中继交换节点的网络。

#### (9) 无线链路控制 (RLC) /介质访问控制 (MAC)

这个层具备两个功能：一是无线链路控制功能，提供一条独立于无线解决方案的可靠链路。二是介质访问控制功能，其主要作用是定义和分配空中接口的 GPRS 逻辑信道，使得这些信道能被不同的移动台共享。MAC 除了控制着信令传输所用无线信道外，还将 LLC 帧映射到 GSM 物理信道中去。

#### (10) GSM RF

Um 接口的物理层为射频接口部分，而逻辑链路层则负责提供空中接口的各种逻辑信道。GSM 空中接口的载频带宽为 200kHz，一个载频分为 8 个物理信道。如果 8 个物理信道都分配为传送 GPRS 数据，则原始数据速率可达 200kbit/s。考虑前向纠错码的开销，最终的数据速率可达 164kbit/s 左右。

### 3. 3 基于 GPRS 无线通信的交通信号控制系统组网方式

常用的基于 GPRS 无线通信的交通信号控制系统组网方式包括：专线联网方式、拨号联网方式、GPRS 内网联网方式。

### 3. 3. 1 专线联网方式

专线联网方式框图如图 3-4 所示。

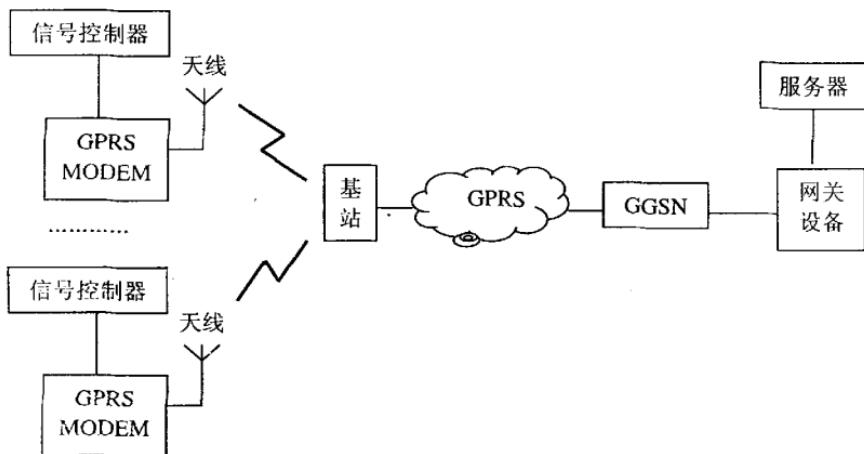


图 3-4：专线联网方式框图

信号控制器通过 GPRS MODEM、基站以无线方式登陆到 GPRS 无线网络，获得 IP 地址，然后与服务器建立 TCP 连接，数据由移动运营商的 GGSN 经数据专线连接至用户的数据中心。

采用专线联网方式，数据安全性好，通信速度快，通信质量稳定，但是系统初期建设成本高，适合安全性和实时性要求较高的应用场合。

### 3. 3. 2 拨号联网方式

拨号联网方式框图如图 3-5 所示。

服务器通过各种方式（拨号方式、ISDN、ADSL 等）与 Internet 网建立连接，获得动态的全局 IP 地址，把获得的 IP 地址在服务器内的 IP 地址服务中心进行注册。

信号控制器通过 GPRS MODEM 与 GPRS 网络建立连接，向服务器发送处理请求。信号控制器从 IP 地址服务中心获得服务器的 IP 地址，连接到服务器，请求服务器的处理。

拨号联网方式通信速度适中，通信质量稳定，网络建设工作量小，通信费用低。

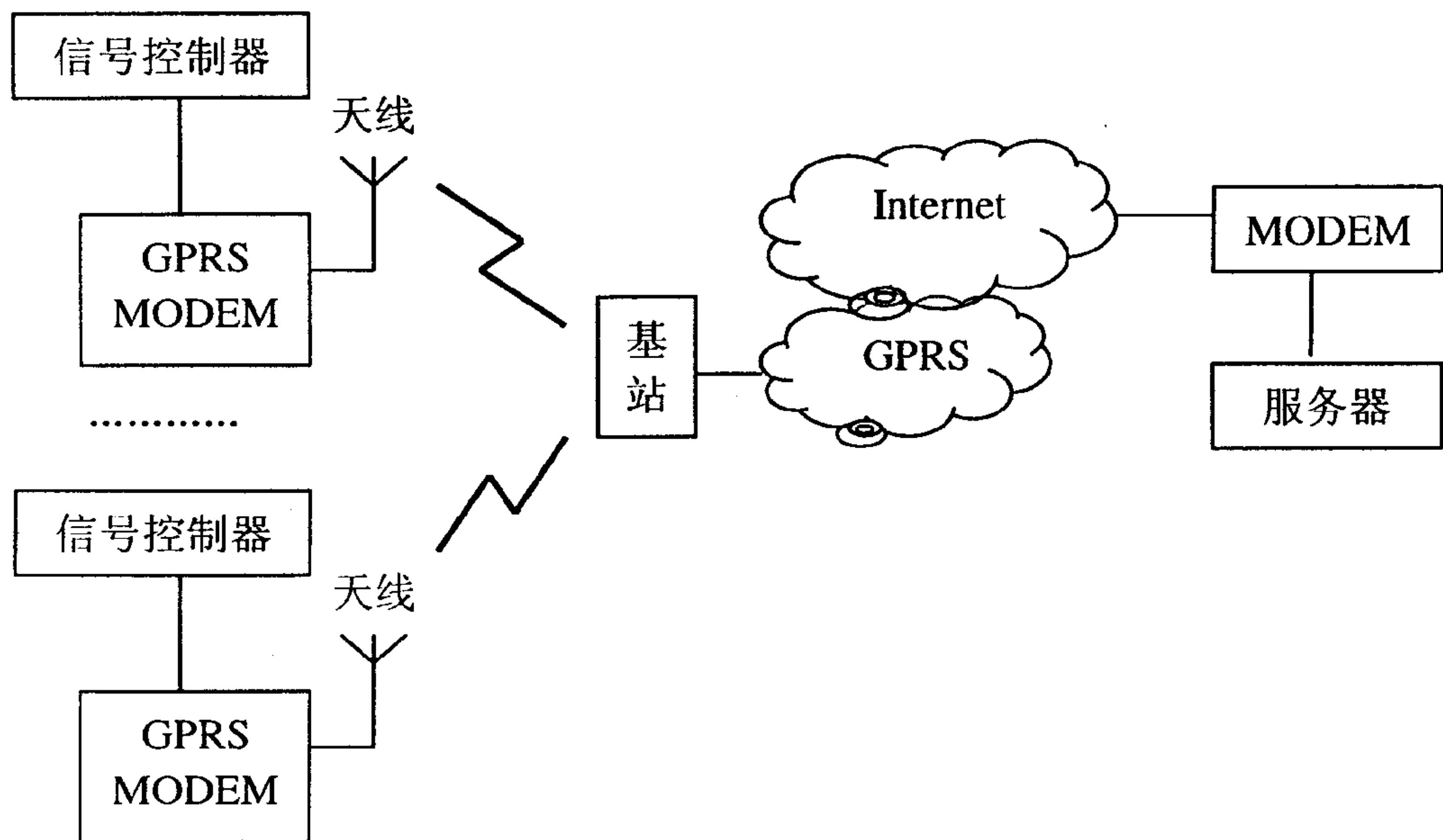


图 3-5：拨号联网方式框图

### 3. 3. 3 GPRS 内网联网方式

GPRS 内网联网方式框图如图 3-6 所示。

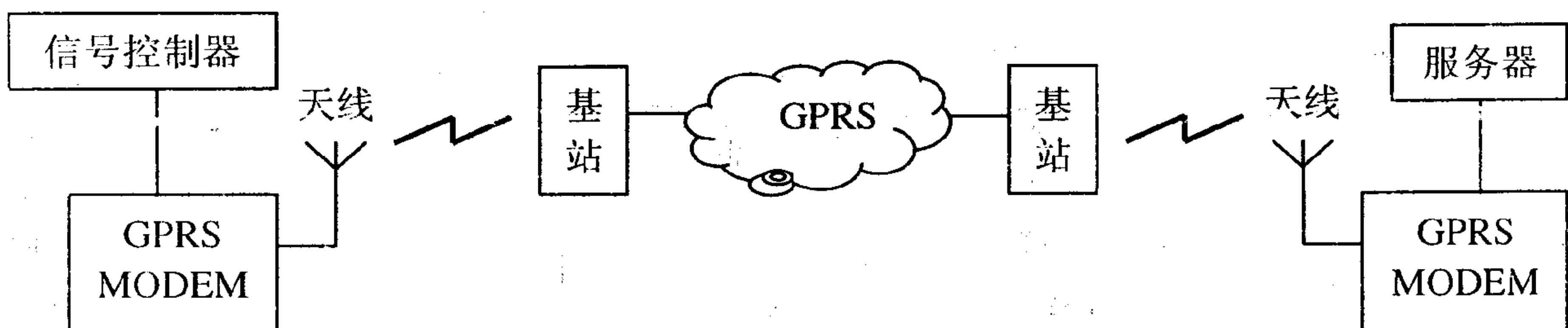


图 3-6：GPRS 内网联网方式框图

服务器通过 GPRS MODEM 登陆到 GPRS 网络，获得 GPRS 网络分配的动态全局 IP 地址。服务器通过短消息等方式告知信号控制器自己的 IP 地址。

信号控制器从 IP 地址服务中心获得服务器的 IP 地址，连接到服务器，请求服务器的处理。

GPRS 内网联网方式通信速度适中，通信质量稳定，组网费用低，系统组网简单，可以快速完成组网测试。

综合考虑以上三种 GPRS 无线组网方式的特点,以及三种无线组网方式在城市交通信号控制系统实际应用中的经济性和适用性,本系统选用拨号联网方式作为系统的无线组网方式。

### 3. 4 GPRS 无线 MODEM 硬件实现

本设计中采用的 GPRS 模块是 CELLON 公司的 CMS91-900/1800 GSM/GPRS 无线模块。

#### 3. 4. 1 CMS91 模块原理

CMS91-900/1800 GSM/GPRS 模块是 CELLON 公司的一款 GPRS 模块,该模块接收速率最高为 85.6Kbps,发送速率最高为 42.8Kbps<sup>[15]</sup>。

#### CMS91 主要特点

双频 E-GSM900 和 DCS 1800

GPRS 类型 10

通过 AT 命令操作

SIM 应用工具包

支持文本/PDU/MT/MO 模式的短消息

#### CMS91 主要应用领域

移动电话

无线 PDA

POS 终端

交通控制与导航系统

远端监测

远程仪表数据读取

CMS91 模块内部包括基带处理部分、语音电路、电源、SIM 卡接口、FLASH、RAM、天线接口等<sup>[13]</sup>。CMS91 无线模块内部结构图如图 3-7 所示。

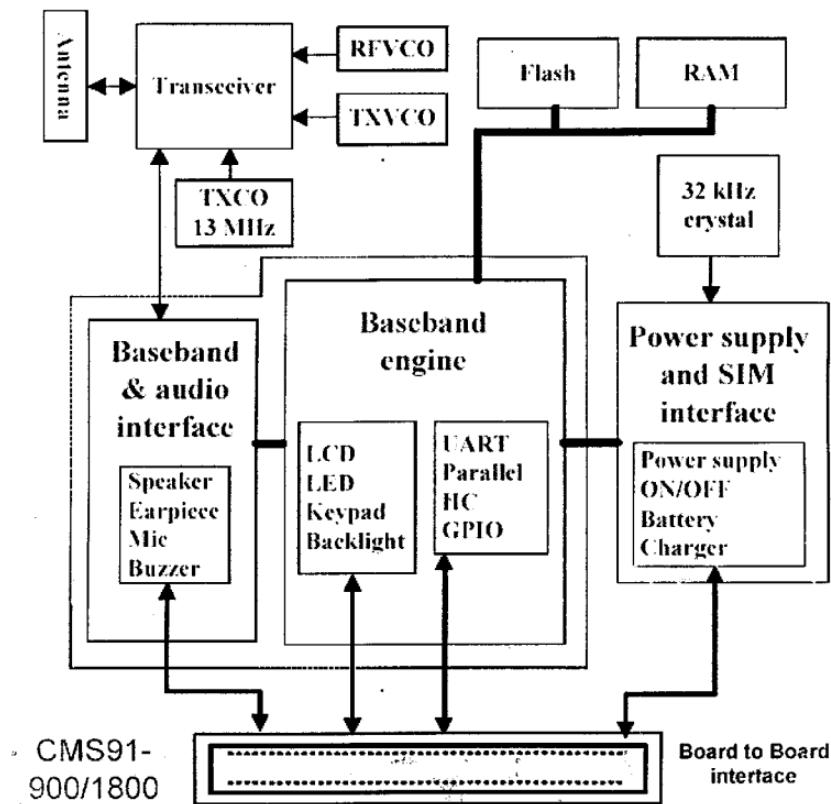


图 3-7: CMS91 GSM/GPRS 无线模块内部结构图

CMS91 GSM/GPRS 模块提供了一个和外部 CPU 的 80 芯接口，主要包括电源接口、3V/5VSIM 卡接口、语音接口、串口通信接口等<sup>[13]</sup>。该模块支持端到端 PPP 协议。模块 80 芯接口定义如表 3-2 所示。

表 3-2

Symbol	PIN	I/O	Description
VSAVE	1	Supply	Backup Power
VDD2	2	O	Power for LCD, JOG_KEY
RECO1	3	IN	Accessory recognize signal
RECO3	4	IN	Accessory recognize signal

Symbol	PIN	I/O	Description
RECO2	5	IN	Accessory recognize signal
NC	6	/	NC
GND	7	Supply	Ground
GND	8	Supply	Ground
ON/OFF	9	I	Power on/off
SCL	10	O	Clock line of I <sup>2</sup> C bus
SDA	11	O/I	Data line of I <sup>2</sup> C bus
GND	12	Supply	Ground
SIM-IO	13	O/I	I/O line to/from SIM card
SIM-CLK	14	O	Clock to SIM card
SIM-VCC	15	Supply	Supply voltage for SIM card (+3V)
SIM-RST	16	O	Reset for SIM card
GND	17	Supply	Ground
VIBVDD	18	O	Vibrator linear regulator output voltage
GND	19	Supply	Ground
GND	20	Supply	Ground
V-EXT	21	I	Charger supply (2.5v~6v)
GND	22	Supply	Ground
V-EXT	23	I	Charger supply (2.5v~6v)
BBMSW	24	I	Backlight brightness modulator switch
IV-CONTROL	25	O	Control charger speed mode
VERROR	26	I	Battery pack regulation loop control
GND	27	Supply	Ground
VBAT	28	Supply	
VBAT	29	Supply	
VBAT	30	Supply	
VBAT	31	Supply	
VBAT	32	Supply	
GND	33	Supply	Ground
TXD1	34	O	Trace & debug transmit data
RTS0	35	I	RS232 ready to send
CTS0	36	O	RS232 clear to send

Symbol	PIN	I/O	Description
TXD0	37	O	RS232 send data line
RXD0	38	I	RS232 receive data line
HFAVDD	39	Supply	Hands-free audio linear regulator output voltage
BUZ	40	O	Buzzer output
DD	41	O	DAI data downstream
AUDIO	42	O	Hands-free amplifier enable pin
DCL	43	O	DAI data clock
MIC-BIAS	44	I	MIC bias voltage
AVDD	45	Supply	linear regulator output voltage
AMP-P	46	I	Microphone differential positive input
DU	47	I	AI data upstream
AMP-N	48	I	Microphone differential negative input
FSC	49	O	DAI frame synchronization clock
MIC-N	50	I	Auxiliary microphone differential negative input
AUXSP	51	O	Auxiliary speaker output
MIC-P	52	I	Auxiliary microphone differential positive input
EARP1	53	O	Earphone differential positive output
NCSLCD	54	O	LCD chip select
EARP2	55	O	Earphone differential negative output
HD0	56	I/O	LCD data line
HD1	57	I/O	LCD data line
HD2	58	I/O	LCD data line
HD3	59	I/O	LCD data line
HD4	60	I/O	LCD data line
HD5	61	I/O	LCD data line
HD6	62	I/O	LCD data line
HD7	63	I/O	LCD data line
HWR-N	64	O	System controller write enable
HRD-N	65	O	System controller read enable
RSTNV-LCD	66	O	LCD reset signal
LCD-VDD	67	Supply	The power for LCD backlight
VDD3	68	Supply	DVDD3 linear regulator output voltage

Symbol	PIN	I/O	Description
VDD4	69	Supply	Power for backlight
DTR	70	I	RS232 data terminal ready
RIO	71	O	RS232 ring indicator
KBIO1	72	I/O	Keyboard matrix input/output 1
KBIO0	73	O	Keyboard matrix input/output 0
KBIO3	74	I/O	Keyboard matrix input/output 3
KBIO2	75	I/O	Keyboard matrix input/output 2
KBIO5	76	I/O	Keyboard matrix input/output 5
KBIO4	77	I/O	Keyboard matrix input/output 4
KBIO7	78	I/O	Keyboard matrix input/output 7
KBIO6	79	I/O	Keyboard matrix input/output 6
GND	80	Supply	Ground

表 3-2: CMS91 GSM/GPRS 模块 80 芯接口定义

CMS91 GSM/GPRS 模块原理图如图 3-8 所示。

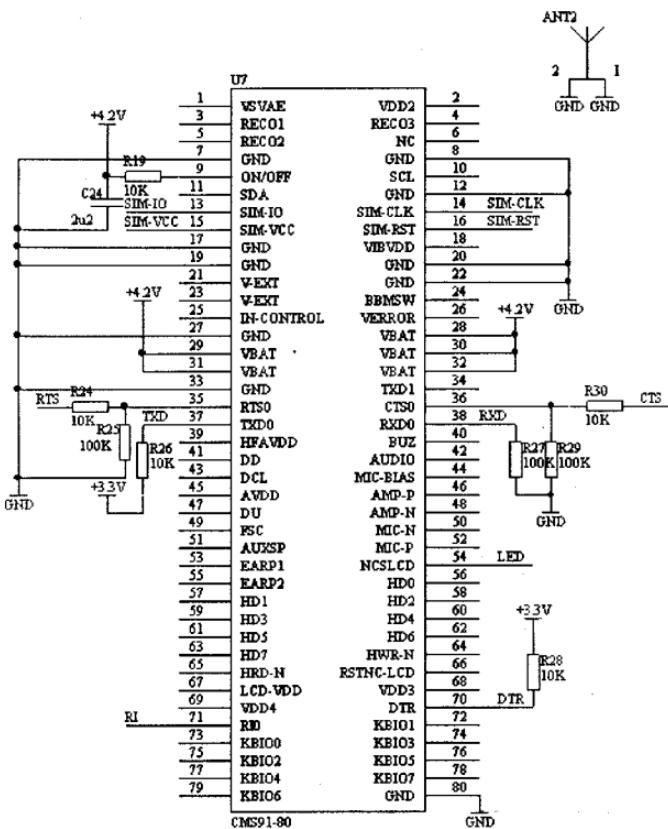


图 3-8: CMS91 GSM/GPRS 模块原理图

### 3. 4. 2 CMS91 模块外围电路

为了保证 GPRS 无线 MODEM 的正常工作,除 3.4.1 节介绍的 CMS91 GSM/GPRS 模块外,还应设计模块的外围电路: SIM 卡接口电路、电平转换电路、通信接口电路,保证 GPRS 模块正常功能,实现无线组网。

## SIM 卡接口电路

CMS91 GSM/GPRS 模块支持外部 SIM 卡，可直接与+3.0V SIM 卡或+5.0V SIM 卡连接。模块能自动监测和适应 SIM 卡类型。

SIM 卡电路原理图如图 3-9 所示。

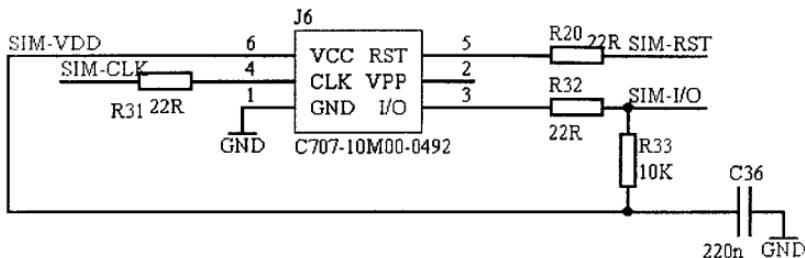


图 3-9：SIM 卡电路原理图

### 电平转换电路

CMS91 GPRS 模块可使用电池或其他外部直流电源供电，模块要求的电源电压范围为：+3.3V—+4.2V。为了保证模块的正常工作，电平转换电路提供+4.2V 供给 GPRS 模块。为了保证模块与外部数字接口的电平匹配，电平转换电路提供+3.3V 电压。电路原理图如图 3-10、图 3-11 所示。

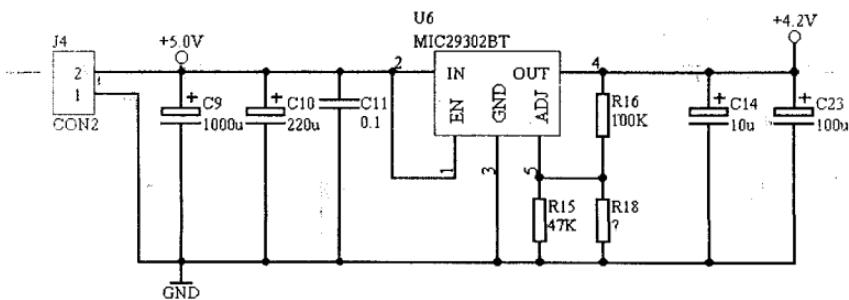


图 3-10：5V—4.2V 电平转换电路原理图

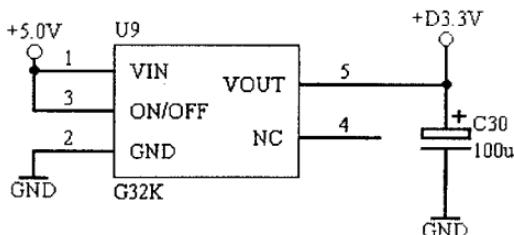


图 3-11: 5V—3.3V 电平转换电路原理图

### 通信接口电路

CMS91 GPRS 模块提供标准的 RS-232 串行接口，可通过 AT 命令完成对模块的操作。串行口支持 300—115200 Bits/s 的通信速率。

CMS91 GPRS 模块与交通信号控制器主控单片机的通信接口电路原理图如图 3-12 所示。

RXD：数据接收端；TXD：数据发送端；RTS：请求发送端；CTS：清除发送端；DTR：数据终端准备好；DCD：载波监测输出端；RI：振铃提示端。

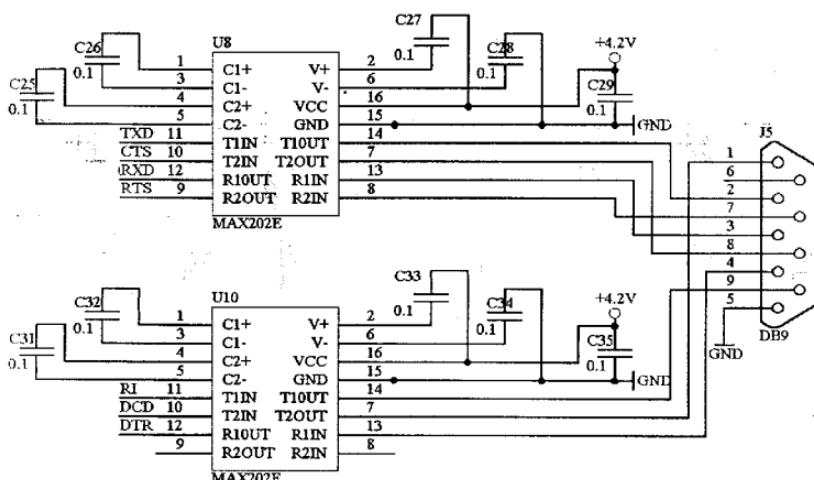


图 3-12: 通信接口电路原理图

TXD、RXD、RTS、CTS 等信号经过 MAX202 进行电平转换后输出，与信号控制器的通信接口进行连接，实现 GPRS 无线通信。

## 第四章 交通信号控制器的硬件设计与实现

由于中国的特殊国情，城市道路交通必须综合考虑机动车流、自行车流和人流等多种情况，但是许多交通信号控制系统只考虑了两相位的情况<sup>[22]</sup>。另外，由于本设计的交通信号控制系统采用 GPRS 无线通信方式作为数据传输方式，采用基于时间表的主干线控制方式，因此需要设计一种新型的交通信号控制器，完成以上要求，配合实现对主干线交通流的优化控制，提高路网利用效率。

结合中华人民共和国公共安全行业标准<sup>[16]</sup>所规定的基本功能，设计的交通信号控制器能根据不同路口交通流情况设置控制方案和模式，可靠地实现绿波带控制；并且通过无线 GPRS 数据传输方式进行交通控制信号和数据的传输，为实现城市主干线的畅通奠定基础。

本章将根据交通信号控制器需要实现的功能设计其系统框图和硬件实现。

### 4. 1 交通信号控制器的功能

为满足城市交通的信号控制要求和中国的实际情况，结合中华人民共和国公共安全行业标准<sup>[16]</sup>，交通信号控制器应具有基本功能、故障监控功能和控制功能，为基于时间表的主干线控制方式的实现做好准备。

#### 4. 1. 1 基本功能

##### 4. 1. 1. 1 一般功能

- (1) 所有信号持续时间的调节步长均为 1S；
- (2) 黄闪信号频率为 55 次/分—65 次/分，其中信号亮暗时间比为 1：1；
- (3) 绿闪信号频率、信号亮暗比同黄闪信号；
- (4) 所有的时间设定精度应在±3%范围内；
- (5) 在控制方式转换、配时方案变化时，信号控制器实现平滑过渡。

##### 4. 1. 1. 2 启动时序

当信号控制器通电开始运行时先进行自检，然后按如下时序启动：

- (1) 信号相位先进入黄闪信号，持续时间为 10S；
- (2) 黄闪信号结束后各信号相位进入全红信号，持续时间为 5S；
- (3) 启动时序结束后，信号控制器按设置的方式运行。

#### 4. 1. 1. 3 信号转换

(1) 信号基本转换序列如下：

机动车信号：红→绿→黄→红；

非机动车信号：红→绿→黄→红；

行人过街信号：红→绿→绿闪→红。

(2) 信号持续时间：

绿信号、红信号、行人绿闪信号的持续时间可根据路口实际情况设置；

黄信号持续时间可调，至少持续时间为 3S。

#### 4. 1. 1. 4 控制方式转换

(1) 信号机从自动控制方式转入手动控制方式时，手动开关作用应关闭，应保持原有相位的最小安全时间；

(2) 从手动控制方式转入自动控制方式时，信号状态不能突变，各相位信号应保持转换时刻的状态，并从当前信号状态开始以自动控制方式开始运行。

#### 4. 1. 1. 5 设置功能

信号控制器能通过操作面板进行控制方式的设置和信号参数的调整，并按设置的控制方案正常运行；还可以通过通信接口接收并执行控制中心的各项控制指令。

#### 4. 1. 1. 6 调光功能

信号控制器可根据环境亮度，自动或手动调节信号灯的显示亮度。

#### 4. 1. 2 故障监控功能

(1) 发生严重故障：绿冲突故障，某信号组所有红灯均熄灭故障时，信号控制器将立即进入黄闪或关灯状态；

(2) 信号控制器能对通信、检测电路等其他电路的工作状况进行监控，如果发生故障，在功能降级的情况下继续正常工作。

(3) 信号控制器对供电电源进行监控，当电压不正常时，切断电源。

#### 4. 1. 3 控制功能

(1) 具备黄闪、多时段控制、行人控制三种方式；

(2) 行人信号灯响应时间、放行时间可设定；

- (3) 能设置 6 个时段，6 种以上控制方案；
- (4) 能实现 4 相位控制；
- (5) 能根据不同日期类型对方案进行调整，信号控制器内存有日历；
- (6) 当信号控制器发生故障时，可实现降级控制：多时段定时控制→黄闪→关灯。

## 4. 2 交通信号控制器系统框图

根据本章 4.1 节介绍的交通信号控制器需要实现的功能，对交通信号控制器进行了系统总体设计和规划。交通信号控制器系统框图如图 4-1 所示。各部分电路实现如 4.3 节介绍。

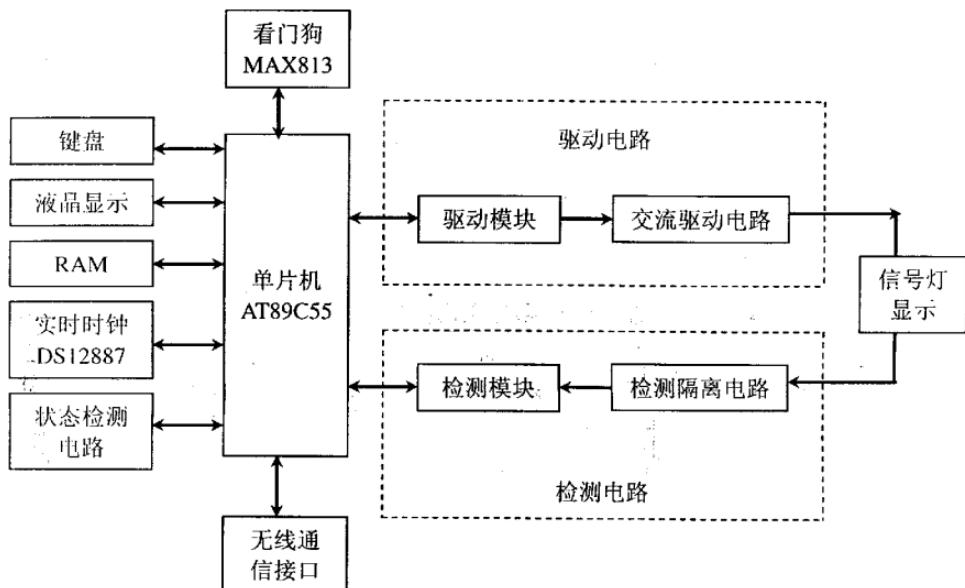


图 4-1：交通信号控制器系统框图

## 4. 3 交通信号控制器硬件实现

### 4. 3. 1 主控部分电路

众所周知，单片机技术广泛地应用于过程控制、智能仪表、智能接口等工程和高技术各个领域<sup>[30]</sup>。在交通信号控制器的设计过程中，为了降低成本，保证其可靠性，选用了 Atmel 公司生产的微处理芯片 AT89C55WD，构成交通信号控制器的核心控制部分。

#### 4. 3. 1. 1 单片机电路

单片机电路原理图如图 4-2 所示。

单片机资源分配：P0 口为 8 位数据/地址复用线；P2 口为高位地址 A8—A15；P1 口的 P1.0—P1.4 为液晶显示电路的控制端；P1.5 接驱动电路，输出信号灯亮度控制数据；P3.4 接驱动电路，输出亮度控制信号移位脉冲；P3.5 接看门狗 WDI 端。

DS1225Y-150 是 28 脚非易失性 64K 静态 RAM。本设计采用 DS1225Y-150 芯片，保证在掉电情况下，能自动保存信号机运行状态、模式等重要数据。

技术特性：

在没有外部电源供电情况下，数据至少保存 10 年；在掉电情况下，数据自动保存；可直接替代 2K×8 易失性静态 RAM 或 E<sup>2</sup>PROM；无限次可擦写；低电源 CMOS 电路。

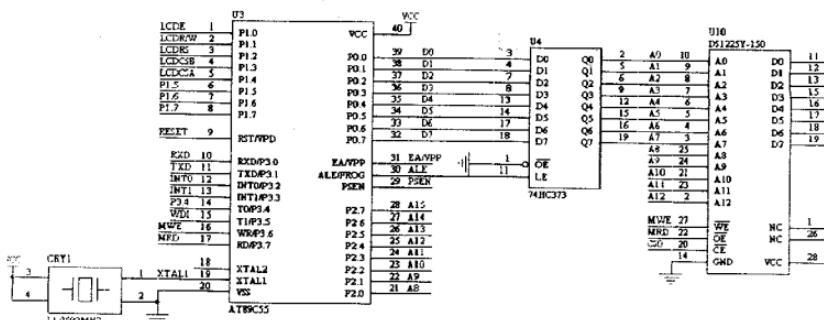


图 4-2：单片机电路原理图

#### 4. 3. 1. 2 看门狗电路

在微机系统中，电源的投入和切除以及由电网串入的干扰脉冲很容易造成 MCU 的误动作和数据的丢失。对于来自电网的干扰，通常人们采用低通电源滤波器、加强屏蔽、使用 UPS 电源等措施，有的甚至给微机配上了专用电源。但是采用这些措施仍不能有效的解决干扰问题<sup>[31]</sup>。以 UPS 为例，它可以保证在干扰期间，RAM 中的数据不丢失，但其反映时间跟不上微秒级的干扰脉冲，以至于 MCU 工作状态混乱，使数据出现差错。在干扰侵袭、电源降压或瞬间电源掉电时，系统能提供一个准确的复位信号或者提供一个防止对存储器误操作的封锁信号是解决上述问题的有力方法。从这个意义上来说，复位电路在很大程度上决定着单片机系统运行的可靠性。

传统的复位电路是由阻容器件搭接而成，但是电路可靠性差，容易受到干扰影响。因此，设计选用集复位、掉电检测、看门狗功能于一体的 MAX813 芯片。

芯片功能：

- (1) 系统上电、掉电以及供电电压降低时，产生复位输出 RESET，复位脉冲宽度的典型值为 200ms，为高电平。
- (2) 如果在 1.6s 内没有触发看门狗电路，将输出一个低电平信号，对系统进行复位。
- (3) 复位按键 J1 按下时，将输出复位信号，对系统进行复位。
- (4) 将 PFI 接到电源的分压器上，/PFO 接到检测电路的中断输入端 INT1；当电源故障输入端 PFI 的电压低于 1.25V 时，电源故障输出端/PFO 变为低电平，触发中断，将单片机内 RAM 数据输送到具有掉电存储功能的外部 RAM (DS1225Y-150) 中。

看门狗电路原理图如图 4-3 所示。

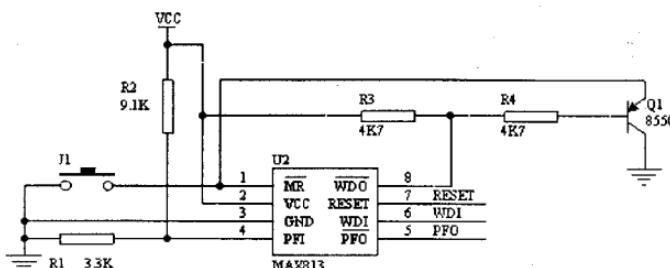


图 4-3：看门狗电路原理图

### 4. 3. 1. 3 实时时钟芯片电路

交通信号控制器采用基于时间表的控制方式，可根据当前的日期、星期、时、分等信息判别所需要采用的时间方案，因此选用的时钟芯片必须保证时钟的可靠性。本设计采用 DS12C887 时钟芯片。该芯片将晶体振荡器、振荡电路、充电电路和可充电锂电池等一起封装在芯片的上方，组成一个加厚的集成电路模块。因此，电路通电时其充电电路自动对可充电电池充电，充足一次电可供芯片时钟运行半年之久，正常工作时可保证时钟数据十年内不会丢失。

**技术特性：**

具有完备的时钟、闹钟、到 2100 年的日历功能，可选择 12 小时制或 24 小时制计时，有 AM 和 PM、星期、夏令时间操作，闰年自动补偿等功能。

具有可编程选择的周期性中断方式和多频率输出的方波发生器功能。

DS12C887 内部有 14 个时钟控制寄存器，包括 10 个时标寄存器，4 个状态寄存器和 114 字节做掉电保护用的低功耗 RAM。

由于该芯片具有多种周期中断速率的时钟中断功能，因此可以满足各种不同的待机要求，最长可达 24 小时，使用非常方便。

实时时钟芯片电路原理图如图 4-4 所示。

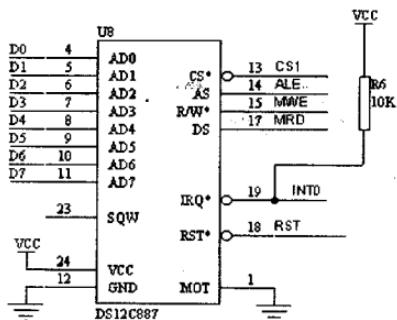


图 4-4：实时时钟芯片电路原理图

**管脚分配：**

AD0—AD7：8 位数据/地址复用线；CS：片选；AS：ALE；R/W 作为/WR；DS 作为/RD；RESET 是复位信号；IRQ 是中断请求输出；SQW 是方波输出；VCC 是+5 电源；GND 为电源地。

#### 4. 3. 1. 4 状态检测电路

根据本章 4.1.2 节, 信号控制器应具备故障监控功能, 因此系统应具备状态检测电路。状态检测电路可对电源电压、系统内部温度、环境亮度进行检测, 根据检测结果, 控制对应的状态指示灯进行状态显示。状态检测电路原理图如图 4-5 所示。

状态检测电路通过温度传感器对系统内部温度进行检测。当系统内部温度高于 $+55^{\circ}\text{C}$ 时, 启动风扇, 对系统内部降温。当系统内部温度低于 $+50^{\circ}\text{C}$ 时, 关闭风扇。状态指示灯 LED7 对应风扇开启状态。当 LED7 亮时, 表示风扇开启; 当 LED7 灭时, 表示风扇关闭。

状态检测电路可通过 Q2 光敏电阻采集环境亮度数据。当环境亮度升高时, 提高显示电路亮度; 当环境亮度降低时, 降低显示电路亮度。

状态检测电路通过电阻分压, 对电源电压进行检测。状态指示灯 LED1—LED4 对应电源电压状态。当 LED1—LED4 亮时, 表示电源电压正常。

状态指示灯 LED8 对应交流驱动电路开启状态。当 LED8 亮时, 表示交通驱动电路导通。

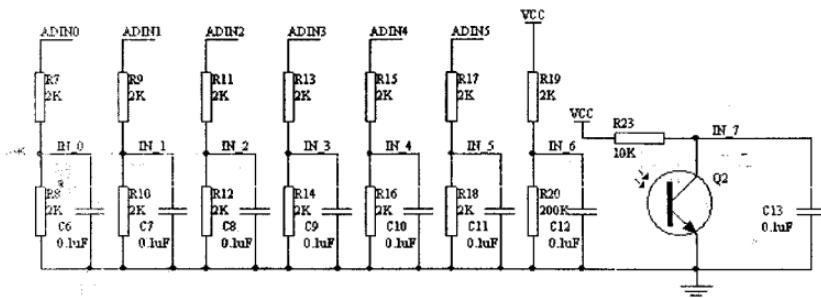


图 4-5: 状态检测电路原理图

本设计选用典型的 8 位 8 通道逐次逼近式 A/D 转换器 ADC0809。具有转换速度较快、精度较高的特点。A/D 转换电路原理图如图 4-6 所示。

管脚分配:

MSB2-1—LSB2-8: 数据输出线, 接单片机 P0 口。

IN0—IN7: 模拟量输入通道。由于 ADC0809 芯片要求输入模拟量信号为单极性, 电压范围 0—5V; 所以需要测量的信号均经过处理后接至 ADC0809 的 IN 端。IN0—IN5 为电源电压信号, IN6 为温度信号, IN7 为环境亮度信号。

ADD-A—ADD-C: 地址线, 分别接单片机地址端 A0—A2。其中, ADD-A 为低位地址, ADD-C 为高位地址。用于对模拟通道进行选择。

ALE：地址锁存允许信号。当 ALE 为上跳沿时，将地址状态送入地址锁存器中。ALE 信号由检测电路产生。

START: 转换启动信号。当 START 为上跳沿时，所有内部寄存器清 0；当 START 为下跳沿时，开始进行 A/D 转换。在 A/D 转换期间，START 应保持低电平。START 信号由检测电路产生。

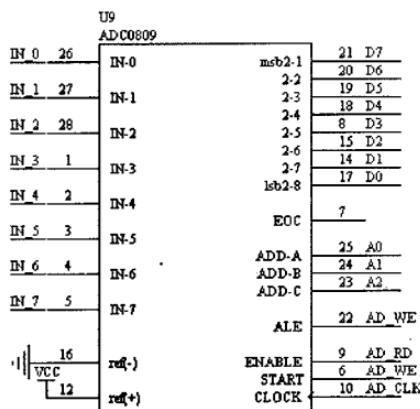


图 4-6: A/D 转换电路原理图

CLK: 时钟信号, 由检测电路产生。

ENABLE：输出允许信号端，用于控制三态输出锁存器向单片机输出转换得到的数据。当 OE 为 0 时，输出数据线呈高电阻；当 OE 为 1 时，输出转换得到的数据。ENABLE 信号由检测电路产生。

$V_{REF}$ : 参考电压端, 接+5V。参考电压用来与输入的模拟信号进行比较, 作为逐次逼近的基准。

#### 4. 3. 1. 5 液晶显示电路

设计选用液晶模块显示交通信号控制器的操作界面，画面直观，操作方便。液晶显示模块选用型号为 YEJHD19264A 的点阵式液晶显示模块，该模块显示点阵为 192 × 64 点<sup>[39]</sup>。液晶显示模块的内部电路图如图 4-7 所示。

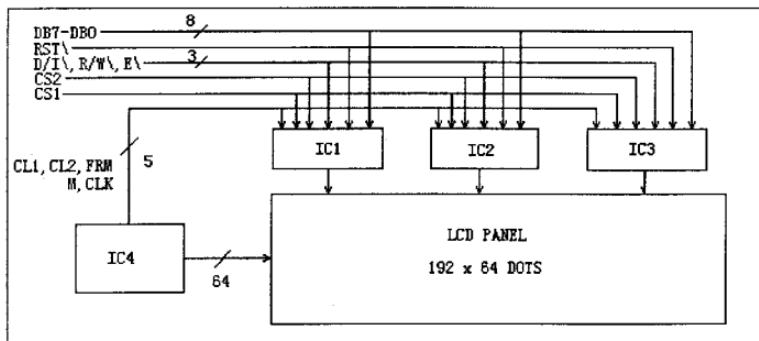


图 4-7：液晶显示模块内部电路图

液晶显示模块提供 20 芯引脚与外部电路连接，完成设定的显示功能。20 芯引脚定义如表 4-1 所示。

表 4-1

引脚	符号	电平	说明
1	DB7	H/L	数据位 7
2	DB6	H/L	数据位 6
3	DB5	H/L	数据位 5
4	DB4	H/L	数据位 4
5	DB3	H/L	数据位 3
6	DB2	H/L	数据位 2
7	DB1	H/L	数据位 1
8	DB0	H/L	数据位 0
9	E	H, H→L	片使能信号
10	R/W	H/L	H:读; L:写
11	RS	H/L	H:数据; L:指令
12	V <sub>o</sub>	可调	LCD 驱动电压, 对比度调节
13	V <sub>ee</sub>	5.0V	电源电压
14	V <sub>ss</sub>	0V	接地(GND)
15	CSB	H/L	片选信号, 00, 01, 10 分别对应一片 IC 的 SEG,
16	CSA	H/L	11 表示三片均不选中
17	V <sub>BE</sub>	-10.0V	LCD 驱动负电源

引脚	符号	电平	说明
18	RST	L	复位信号，低有效
19	LED+	/	背光正极
20	LED-	/	背光负极

表 4-1：液晶显示模块接口定义

液晶显示电路原理图如图 4-8 所示。

管脚分配：

E 接单片机 P1.0 端，当 E 为高电平或从高电平变为低电平时，液晶使能。

R/W 接单片机 P1.1 端，当 R/W 为高电平时，实现对液晶的读操作；当 R/W 为低电平时，实现对液晶的写操作。

RS 接单片机 P1.2 端，当 RS 为高电平时，表示进行的操作是读/写液晶数据；当 RS 为低电平时，进行的操作是读/写液晶指令。

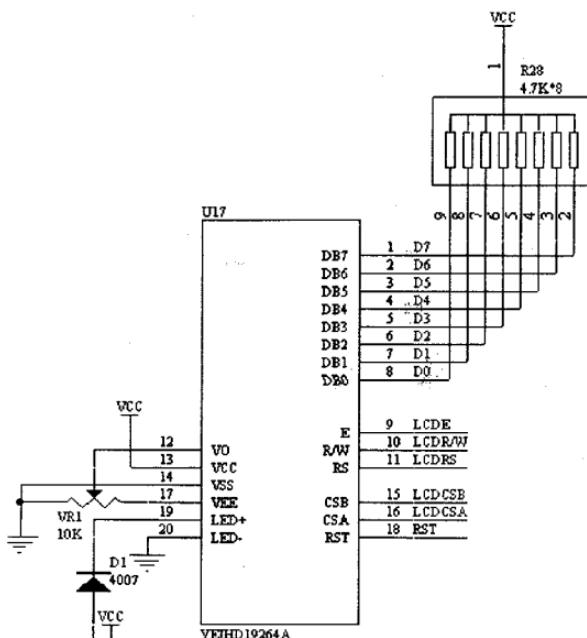


图 4-8：液晶显示电路原理图

CSB、CSA 接单片机 P1.3 端，当 CSB 为低电平，CSA 为低电平，对液晶的第一区进行操作；当 CSB 为低电平，CSA 为高电平，对液晶的第二区进行操作；当 CSB 为高电平，CSA 为低电平，对液晶的第三区进行操作。

RST 接 RST 复位信号，低电平有效。

为了不使液晶背光消耗电流过大而过热，设计通过二极管接到+5V 电平，使 LED+ 端输入电压降至+4.3V 左右。

对比度调节通过 10K 电位器 VR1 实现。

#### 4. 3. 1. 6 通信接口电路

在交通信号控制器与 GPRS 无线 MODEM 的通信接口电路部分，由于 RS-232C 电气特性要求规定：逻辑 1 的电平低于-3V，逻辑 0 的电平高于 3V，与 TTL 逻辑电平不一致<sup>[33]</sup>。因此在本设计中，采用美国 MAXIM 公司的集成电路 MAX232 电路实现电平转换电路，其电路图如图 4-9 所示。

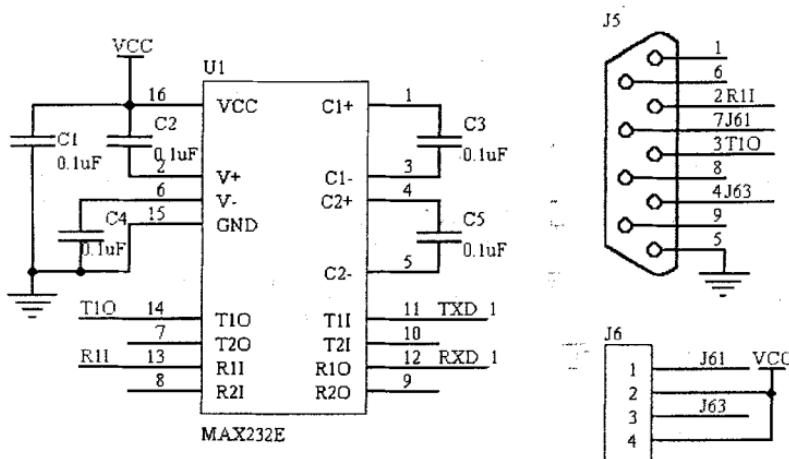


图 4-9：通信接口电路原理图

管脚分配：

TII 接单片机 TXD 数据发送端，T1O 接 DB9 插座 3 脚数据发送端；将单片机 TXD 端数据输出至 GPRS 无线模块。

RII 接 DB9 插座 2 脚数据接收端, R1O 接单片机 RXD 数据接收端; 将 GPRS 无线模块数据输入至单片机 RXD 端。

DB9 插座 4 脚为 DTR 数据终端准备端, 通过跳针接高电平+5V。

DB9 插座 7 脚为 RTS 请求发送端, 通过跳针接高电平+5V。

#### 4. 3. 1. 7 键盘电路

本设计可通过键盘对交通信号控制器的方案选择、时间显示、风扇控制、参数输入等功能进行操作。按键包括: 数字 0—9, 设置键, 确定键, 返回键, 上翻键和下翻键。

键盘电路原理图如图 4-10 所示。

本设计采用键盘阵列连接形式, KC0—KC3 为键盘行扫描; KR0—KR3 为键盘列扫描。键盘行、列扫描线与检测电路连接, 检测电路的按键及中断处理器输出键盘列扫描信号, 读入键盘行扫描数据, 判断是否有按键按下。

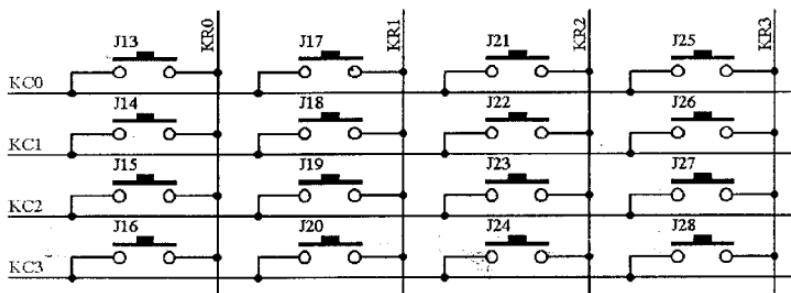


图 4-10: 键盘电路原理图

#### 4. 3. 2 驱动与检测部分电路

驱动与检测部分是交通信号控制器的重要组成部分, 主要功能是实现对信号灯、状态指示灯的显示驱动, 对是否发生绿冲突进行检测, 对信号灯的工作状态进行监控。当交通信号控制器的主控部分发生故障时, 驱动与检测部分电路能切断主控部分对信号灯显示的控制, 实现黄闪控制。

驱动和检测部分电路均采用 Lattice 公司生产的可编程逻辑器件 M4A5-128/64, 内有 128 个宏单元, 64 个 I/O 口, 可通过 JTAG 测试接口电路进行在线编程, 具有性能强、容量大、成本低、使用方便灵活的特点<sup>[36]</sup>。

#### 4. 3. 2. 1 驱动电路

驱动电路逻辑框图如图 4-11 所示。

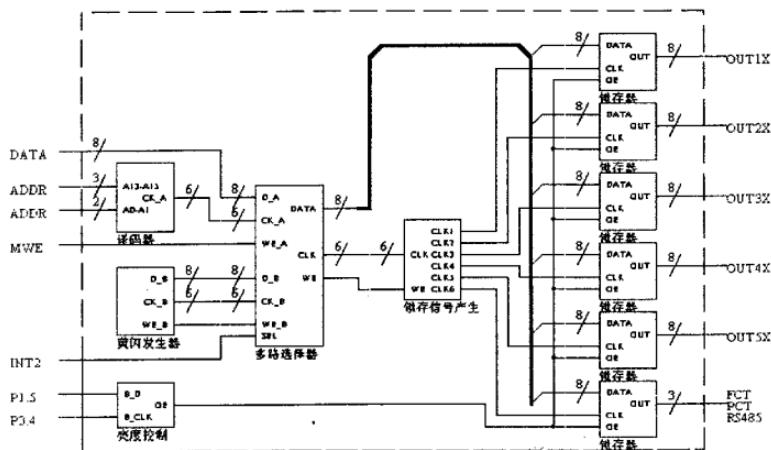


图 4-11：驱动电路逻辑框图

驱动电路功能：

- (1) ADDR 地址信号经过译码器、多路选择器、锁存信号产生器产生对 6 个锁存器进行操作的锁存信号；
- (2) 亮度控制数据与亮度控制数据移位脉冲经过亮度控制器、锁存器输出，对信号灯显示亮度进行控制；
- (3) 黄闪发生器产生黄灯闪烁信号数据。当单片机电路发生故障时，将黄闪发生器产生的黄灯闪烁信号输出至信号灯驱动输出电路；
- (4) 多路选择器选择将单片机输入的信号灯显示数据或黄闪发生器产生的显示数据进行输出，当单片机控制电路发生故障，无法对信号灯显示进行控制时，由多路选择器控制将黄闪发生器信号作为信号灯显示的输入信号；
- (5) 输出包括东、南、西、北四组信号灯 OUT1X、OUT2X、OUT3X、OUT4X 和一组工作状态显示灯 OUT5X，由多路选择器选择单片机输入数据输出至对应组；
- (6) 实现对风扇 FCT、电源 PCT 的开关控制。

信号灯显示输出信号 OUT1X、OUT2X、OUT3X、OUT4X 经过 UNL2003 进行驱动隔离后与信号灯驱动输出电路（图 4-12）的输入端相连，控制信号灯的显示。

状态指示灯显示信号 OUT5X 通过 74HC245 进行隔离，输出至状态指示灯显示电路，控制其显示。

信号灯驱动输出电路原理图如图 4-12 所示。

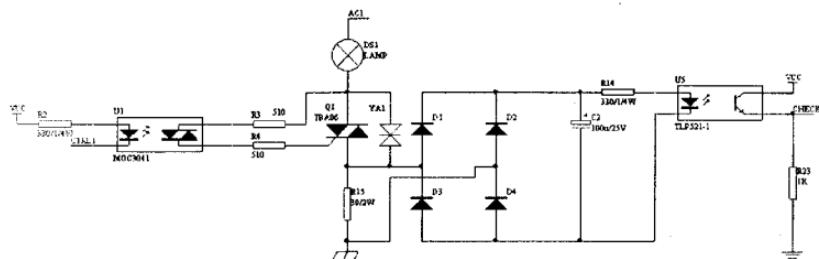


图 4-12：信号灯驱动输出电路原理图

信号灯显示输出信号 OUT1X、OUT2X、OUT3X、OUT4X 经过 UNL2003 进行驱动隔离，且信号反向。

当 CTRL\*输入端为低电平时，光控双向可控硅 MOC3041 导通，双向可控硅 TBA16 导通，信号灯亮；R15 有交流信号通过，两端产生交流电压；经过 D1—D4 组成的桥式整流电路将交流整为直流；经过 C2 进行滤波；直流光耦 TLP521 导通，输出信号 CHECK\*为高电平。

当 CTRL\*输入端为高电平时，光控双向可控硅 MOC3041 截止，双向可控硅 TBA16 截止，信号灯灭；R15 没有交流信号通过；直流光耦 TLP521 截止，输出信号 CHECK\*为低电平。

#### 4. 3. 2. 2 检测电路

检测电路逻辑框图如图 4-13 所示。

东、西、南、北四组信号灯 IN1X、IN2X、IN3X、IN4X 经过 74HC245 进行电路隔离，输入至检测电路，进行信号灯工作状态检测，判断信号灯显示是否正常，信号灯是否产生绿冲突。

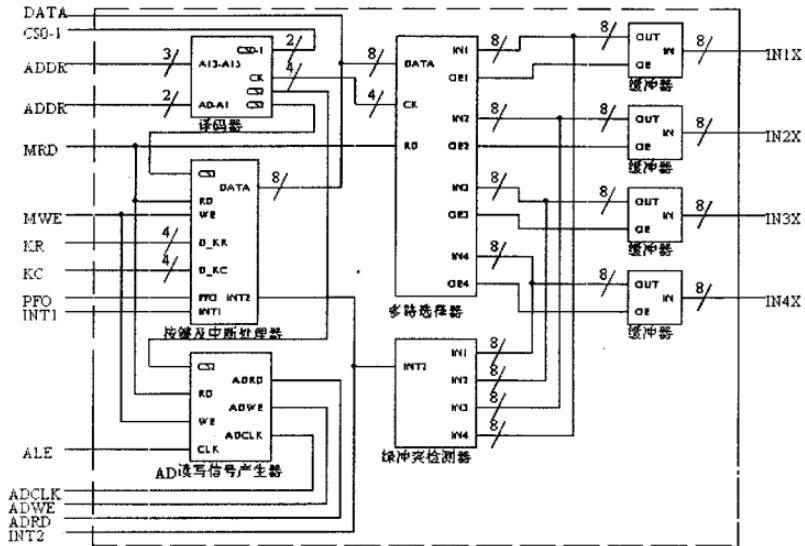


图 4-13：检测电路逻辑框图

### 检测电路功能：

- (1) ADDR 地址信号经过译码器产生片选信号，片选多路选择器，选择 IN1X、IN2X、IN3X、IN4X 中的某一路数据输入至单片机；片选按键及中断处理器；以及对外部时钟电路和外部非易失性 RAM 进行片选。
- (2) 多路选择器根据译码器产生的片选信号对东、西、南、北四组信号灯检测信号 IN1X、IN2X、IN3X、IN4X 输入数据进行四选一，输入到 AT89C55WD，以判断四组信号灯的工作状态。
- (3) AD 读写信号产生器综合单片机读、写、ALE 信号产生对 AD 转换的 8 路模拟通道实现切换控制的 ADCLK、ADWR、ADRD 信号；
- (4) 绿冲突检测器对东、西、南、北四组信号灯检测信号 IN1X、IN2X、IN3X、IN4X 的数据进行绿冲突判断，若发生绿冲突，送绿冲突中断信号给按键及中断处理器，并送信号给驱动电路，选择黄灯闪烁信号输出。
- (5) 按键及中断处理器输出键盘列扫描信号，读入键盘行扫描数据，判断是否有按键按下；根据电压过低中断、绿冲突中断、键盘中断组合产生中断信号输出至单片机。

## 第五章 交通信号控制器程序设计

根据第四章 4.1 节交通信号控制器功能要求和 4.3 节交通信号控制器的硬件设计原理，交通信号控制器的汇编语言程序应实现以下功能。交通信号控制器应实现第四章 4.1 节所述的交通信号控制器功能要求，实现其基本功能、故障监控功能和控制功能；实现基于时间表的主干线控制方式；实现对 CMS91 GPRS 模块的控制，可利用 AT 命令实现基于 TCP/IP 方式的数据传输。

交通信号控制器程序包括对无线 GPRS 模块传输数据的接收和处理程序，对信号控制器工作状态的检测和监控程序，对基于时间表的控制方式的选择程序，对信号灯显示进行控制，对键盘进行扫描和对液晶进行扫描显示的子程序。

本章将结合程序流程图分别介绍交通信号控制器程序设计中的三个重要部分。

### 5. 1 交通信号控制器主程序设计

在交通信号控制器主程序设计中，首先对系统中的所有可编程芯片进行初始化，并且循环检测信号控制器的运行状态，对不同的状态做出相应的动作。在初始化过程中，主程序首先向时钟电路 DS12C887、液晶模块、GPRS 无线 MODEM 写入控制参数，对芯片进行初始化。

初始化过后交通信号控制器将进入控制状态，循环检测控制器工作状态、GPRS 无线通信状态、信号灯工作状态、键盘、液晶等电路的情况，根据第四章 4.1 所述的交通信号控制器的功能要求，实现其基本功能，故障监控功能和控制功能。

交通信号控制器主程序流程图如图 5-1 所示。

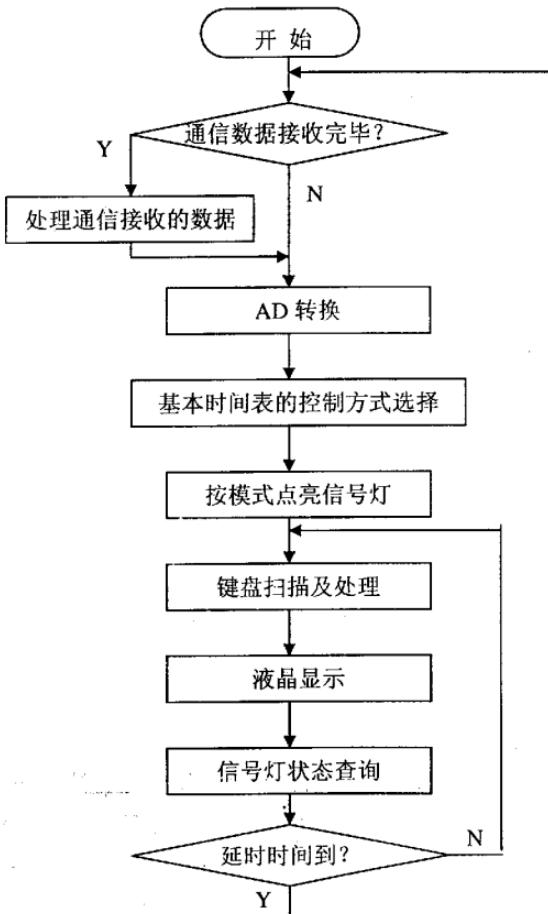


图 5-1：交通信号控制器主程序流程图

如流程图 5-1 所示，交通信号控制器如何实现对 CMS91 GPRS 模块的控制，如何实现基于时间表的控制方式是交通信号器程序实现中的重点和难点。

## 5. 2 交通信号控制器对 CMS91 GPRS 模块的控制程序设计

CMS91 模块采用的是 AT 命令集<sup>[12]</sup>，单片机利用 AT 指令对 CMS91 模块进行初始化、PDP 激活、数据传输等操作。

### 5.2.1 基于 PPP 协议的 GPRS 数据传输

单片机通过 GPRS 模块访问 Internet，因此必须遵循 Internet 协议。ISO/OSI 的网络模型一共分为七层，为了在 GPRS 上实现嵌入式的 Internet，应采用精简的网络协议栈，采用五层传输模型<sup>[32]</sup>，传输模型和网络协议栈如图 5-2 所示。

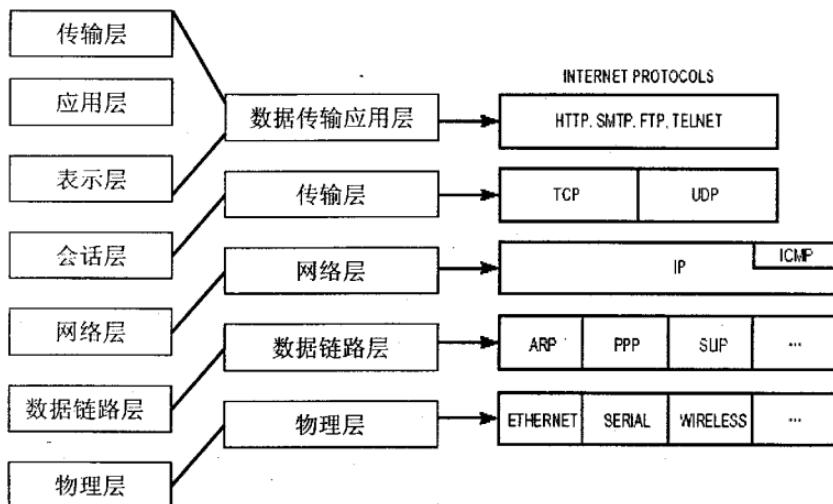


图 5-2：基于 GPRS 的 Internet 网络数据传输模型和网络协议栈

- (1) 物理层：负责建立与 GPRS 网络的物理连接，实现数据的物理层传输。本设计选用 CELLON 公司的 CMS91 GPRS 模块作为传输介质，GPRS 模块相当于一种无线 MODEM，接口简单，可通过 AT 指令进行控制。
- (2) 数据链路层：数据链路层采用的是 PPP 协议，需要在 GPRS MODEM 拨号后即建立物理连接后进行 PPP 协议的协商配置，以建立数据链路层的联接，之后在 PPP 基础上上传输 IP 数据包。
- (3) 网络层：网络层采用 IP 协议，提供的功能主要集中在 IP 数据报的封装，发送给 PPP 层，进行打包和 IP 数据报的接收。
- (4) 传输层：传输层采用 TCP 协议，提供相关的接口函数，用来构建高层应用程序。
- (5) 数据传输应用层：利用传输层提供的接口函数实现数据传输软件。应用层的实

现较为简单，主要依靠 TCP 层的可靠传输，与 Internet 上的服务器进行数据通信。

以发送为例，数据在网络传输中打包的顺序是：TCP 协议软件包将用户数据封装了 TCP 包格式传递给网络层，在网络层 IP 协议软件包将来自传输层的 TCP 包再封装成 IP 包传递到链路层，链路层封装成适当的格式通过物理层发送出去。

发送数据的传递及封装形式如图 5-3 所示。

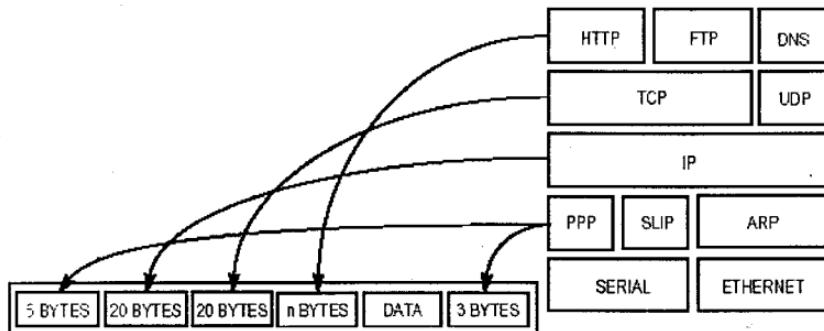


图 5-3：数据传递及封装形式

用户信息封装在 IP 包中传送。一个 IP 包包括 IP 包头和用户数据，IP 包头占用 20 个字节，包括 4 字节的源地址、4 字节的目的地址、2 字节头部校验和、2 字节包长度、2 字节标示以及版本号、数据类型等标识。典型 IP 包格式如图 5-4 所示。

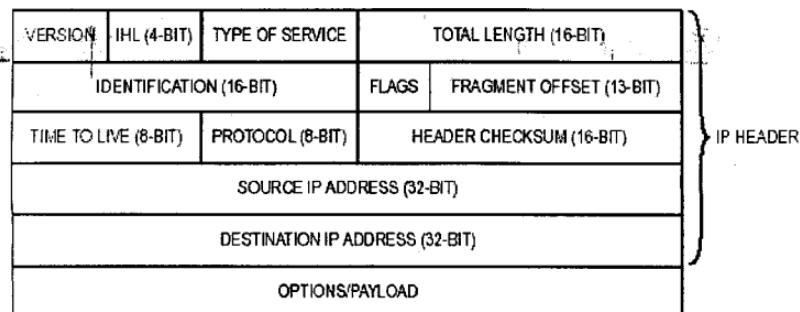


图 5-4：IP 包格式

由于 PPP 数据链路层不仅要完成 IP 包的发送任务，还要实现网络连接的功能，

因此如何实现 PPP 协议是重点。

PPP 包封装格式如表 5-1 所示。

表 5-1

Start Flag	Address	Control	Protocol	Code	ID	Length	Payload	Checksum	End Flag
0x7F	0xFF	0x03	2 字节	1 字节	1 字节	2 字节	(Variable)	2 字节	0x7F

表 5-1：PPP 包封装格式

PPP 包第一个字节以 0X7F 为标志位开始，以 0X7F 标志结束包。其中 Protocol 协议格式是比较重要的参数，占用两个字节。常用的协议格式如表 5-2 所示。

表 5-2

Protocol	Description
0xC021	Link control protocol(LCP)
0xC023	Password authentication protocol(PAP)
0xC223	Challenge handshake authentication protocol(CHAP)
0x8021	Internet protocol control protocol(IPCP)
0x0021	Internet protocol

表 5-2：PPP 包协议格式表

通过链路控制协议 LCP、密码验证协议 PAP、冲突握手验证协议 CHAP、网络协议控制协议 IPCP、网络控制消息协议 ICMP 等协议完成网络链路的建立，最后利用互联网协议 IP 实现用户信息的发送。

## 5. 2. 2 初始化过程

(1) 信号控制器连接到 GPRS 网络。

使用 AT+CGATT=1<CR>;

其中“1”代表连接到 GPRS 网络，若为“0”代表断开 GPRS 网络；<CR>是回车符。

此时没有传输数据，用户端没有进行数据传输的有效 IP 地址。

(2) 用户发起 PDP 上下文激活请求。

使用 AT+CGDCONT=1, “IP”, “CMNET” <CR>;

其中包括 PDP 类型，PDP 地址，APN。其中 APN 用于指示将要使用的 GGSN，这里指定 PDP 类型是 IP 地址；APN 是 CMNET，中国移动网络。

因此如何实现 PPP 协议是重点。

PPP 包封装格式如表 5-1 所示。

表 5-1

Start Flag	Address	Control	Protocol	Code	ID	Length	Payload (Variable)	Checksum	End Flag
0x7F	0xFF	0x03	2 字节	1 字节	1 字节	2 字节		2 字节	0x7F

表 5-1：PPP 包封装格式

PPP 包第一个字节以 0X7F 为标志位开始，以 0X7F 标志结束包。其中 Protocol 协议格式是比较重要的参数，占用两个字节。常用的协议格式如表 5-2 所示。

表 5-2

Protocol	Description
0xC021	Link control protocol(LCP)
0xC023	Password authentication protocol(PAP)
0xC223	Challenge handshake authentication protocol(CHAP)
0x8021	Internet protocol control protocol(IPCP)
0x0021	Internet protocol

表 5-2：PPP 包协议格式表

通过链路控制协议 LCP、密码验证协议 PAP、冲突握手验证协议 CHAP、网络协议控制协议 IPCP、网络控制消息协议 ICMP 等协议完成网络链路的建立，最后利用互联网协议 IP 实现用户信息的发送。

## 5. 2. 2 初始化过程

(1) 信号控制器连接到 GPRS 网络。

使用 AT+CGATT=1<CR>;

其中“1”代表连接到 GPRS 网络，若为“0”代表断开 GPRS 网络；<CR>是回车符。

此时没有传输数据，用户端没有进行数据传输的有效 IP 地址。

(2) 用户发起 PDP 上下文激活请求。

使用 AT+CGDCONT=1, “IP”, “CMNET” <CR>;

其中包括 PDP 类型，PDP 地址，APN。其中 APN 用于指示将要使用的 GGSN，这里指定 PDP 类型是 IP 地址；APN 是 CMNET，中国移动网络。

(3) 协商 Qos 服务质量。

使用 AT+CGQREG=1, 3, 4, 3, 0, 0<CR>;

其中“1”表示PDP类型为IP，“3”表示优先级别为低优先级，当网络异常时，最先被丢弃；“4”表示延迟级别，将使用运营商尽可能提供给用户的最小延迟级别；“0”表示峰值吞吐量级别，规定了一个PDP上下文通过网络传输数据的最大速度，共有8—2048Kbps9个级别。最后“0”表示平均吞吐量级别，规定了一个PDP上下文在整个激活期间通过网络传输数据的平均速度，协议中规定了0.22—111Kbps共18个级别。

(4) 当以上步骤结束后，进行PDP上下文激活。

使用 AT+CGACT=1, 1;

其中“1”表示激活，第二个“1”表示用于标示特定的PDP上下文，此参数只用于单片机与CMS91之间的标示。

(5) 进入数据传输模式。

使用 AT+CGDATA=PPP, 1;

其中“PPP”定义单片机与CMS91之间通信是使用PPP协议；“1”用于标示特定的PDP上下文。单片机可用PPP帧的格式与CMS91进行通信，CMS91相当于PPP服务器，如果得到的数据是IP包，则直接进行转播。

### 5.2.3 链路层 PPP 协议的单片机实现

当GPRS终端拨号连接到GPRS网络，GPRS服务器返回CONNECT之后，GPRS终端要发送一系列的LCP分组，与服务器协商一些必要的PPP参数。接着就进行网络层协议NCP的配置协商，即进行IPCP的参数协商，GPRS网络服务器给新接入的GPRS终端分配一个临时的IP地址。

数据传输完毕时，NCP(IPCP)要释放网络层的连接，服务器回收分配的IP地址，接着LCP释放数据链路层的连接。最后释放物理层的连接。

PPP阶段状态变化过程如图5-5所示。

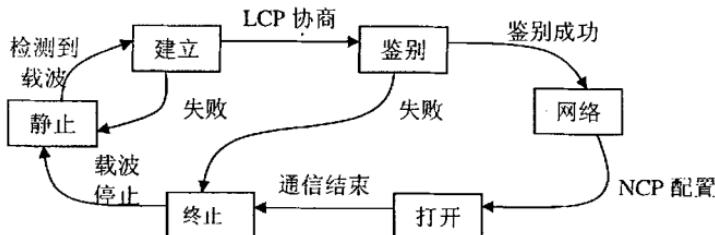


图5-5：PPP阶段状态变化图

### 5. 2. 4 数据传输软件流程

单片机实现数据传输的软件流程如图 5-6 所示。

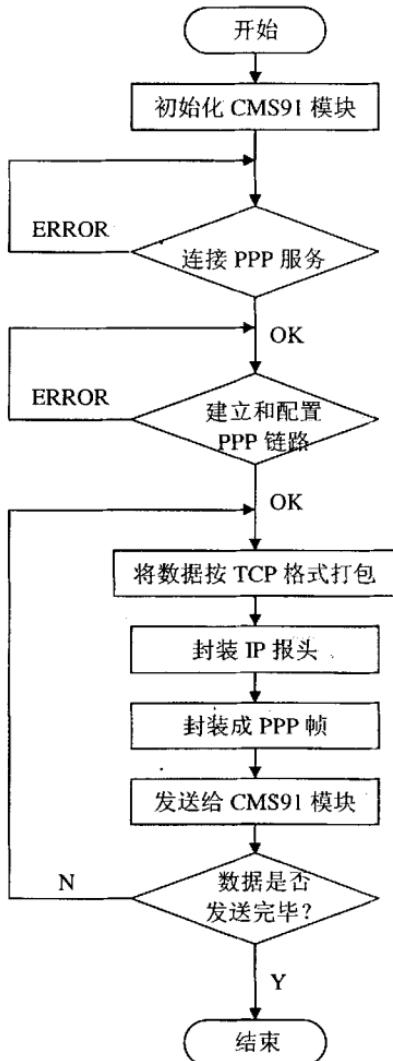


图 5-6：单片机数据传输软件流程图

### 5. 3 交通信号控制器基于时间表的主干线控制方式程序设计

交通信号控制器如何实现基于时间表的主干线控制方式是交通信号控制器软件设计中的又一重点。交通信号控制器可以设置三种日期类型：平日、周六和假日。平日指星期一到星期五，周六指星期六，假日指星期天、元旦、“五一”、“十一”等。

每种日期类型情况下，交通信号控制器对信号灯状态转换的控制均有四种模式：白天模式，夜间模式，高峰模式和特殊模式。各种控制模式的信号状态数和配时根据对路口车流量的优化控制设定。因此，三种日期类型和四种控制模式组合成十二种控制模式，分别是：平日白天模式，平日夜间模式，平日高峰模式，平日特殊模式，周六白天模式，周六夜间模式，周六高峰模式，周六特殊模式，假日白天模式，假日夜间模式，假日高峰模式，假日特殊模式。

每种控制模式由八种信号灯状态转换组成，见第二章表 2-1 所示，每种状态信息由 8 个字节构成，各字节定义如表 5-3 所示。

表 5-3

字节序号	第 1 字节	第 2 字节	第 3 字节	第 4 字节	第 5 字节	第 6 字节	第 7 字节	第 8 字节
定义	状态序号	延迟时间	闪烁时间	东西灯	南北灯	东西闪灯	南北闪灯	备用

表 5-3：状态信息字节定义

东西灯、南北灯字节定义如表 5-4 所示。

表 5-4

位	7	6	5	4	3	2	1	0
定义	人行绿	人行红	拐弯绿	拐弯黄	拐弯红	直行绿	直行黄	直行红

表 5-4：东西灯、南北灯字节定义

每种控制模式最长存储字节数是 64 字节。12 种模式共存储 768 字节。

在基于时间表的控制方式下，可以将一天 24 小时最多分为八个时段，为每个时段设置一个方案，交通信号控制器按时间顺序在不同的时段内执行所确定的方案。因此至少应为基于时间表的控制方式设置一个时段和控制方案。

八个时段的基于时间表控制方案信息字节顺序定义如表 5-5 所示。

表 5-5

日期类型	模式数						
时	分	秒	模式号	时	分	秒	模式号
时	分	秒	模式号	时	分	秒	模式号
时	分	秒	模式号	时	分	秒	模式号
时	分	秒	模式号	时	分	秒	模式号

表 5-5：基于时间表控制方案信息字节顺序定义

将实时时钟日期转换为日期类型，与基于时间表的控制方案的日期类型比较，将实时时钟的时分秒与基于时间表的控制方案的开始时间（时、分、秒）比较，取出对应的模式号，根据日期类型和模式号从模式存储空间选择信号灯控制模式，控制信号灯进行状态转换。

基于时间表的控制方式获取控制模式地址流程图如图 5-7 所示。

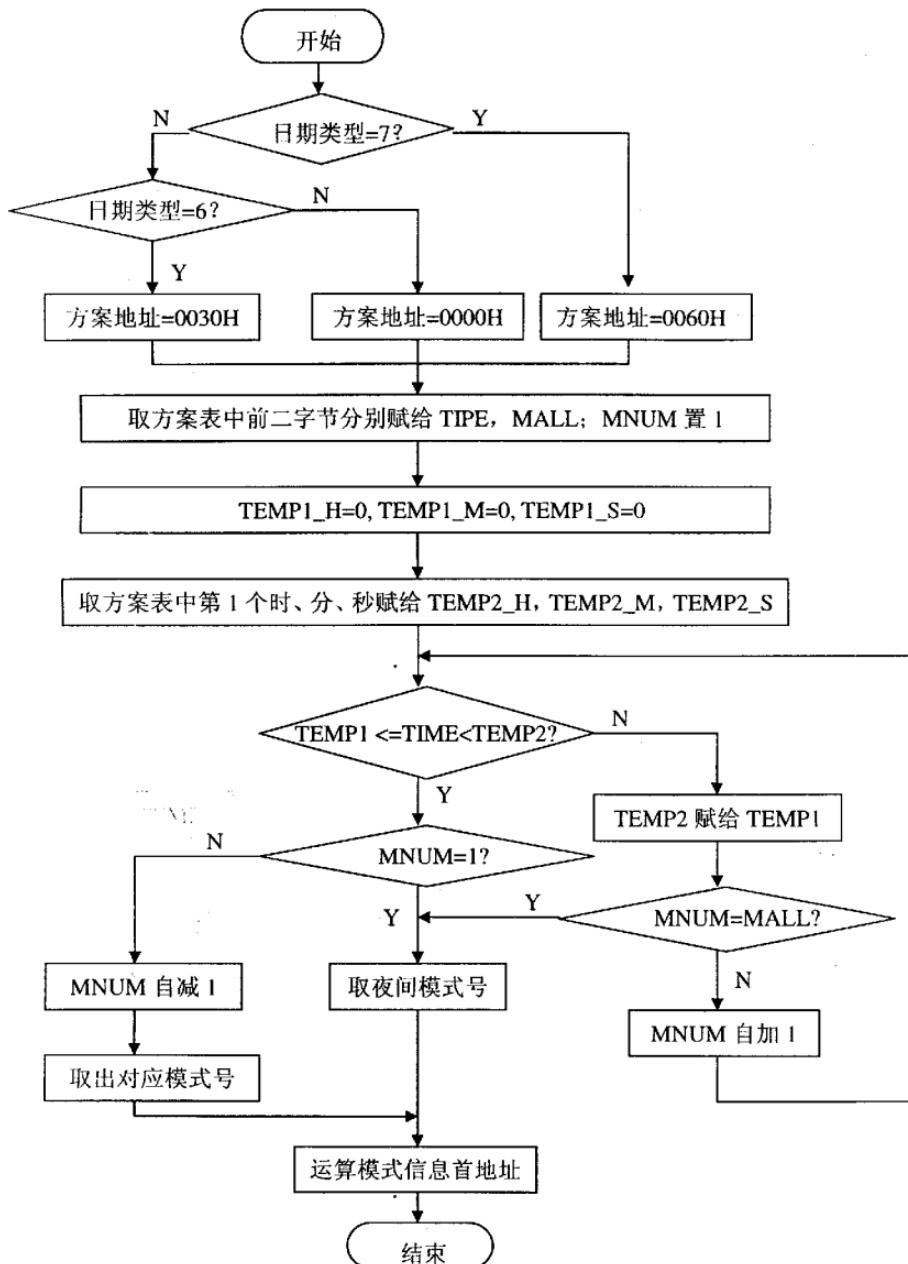


图 5-7：基于时间表的控制方式获取控制模式地址流程图

## 第六章 交通信号控制系统服务器软件设计

为了实现交通信号控制系统基于时间表的主干线控制功能和主干线绿波带实现，应将主干线的各路口交通信号控制器联成网络进行协调控制，通过服务器软件，通过基于 GPRS 拨号联网方式的无线组网（见第三章图 3-5 所示）对交通信号控制器进行操作和控制。

服务器软件可实现对交通信号控制器工作状态的监控，对基于时间表的控制方式和控制模式的选择，对模式数据库的信号灯显示模式和方案数据库的控制方案的更改，对信号灯的模拟显示等功能。服务器软件可通过 Internet 将交通信号控制数据和信息发送到位于各个路口的交通信号控制器。

在本设计中，城市交通信号控制系统的服务器软件采用微软 Visual Basic 6.0 进行程序设计。服务器软件界面如图 6-1 所示。

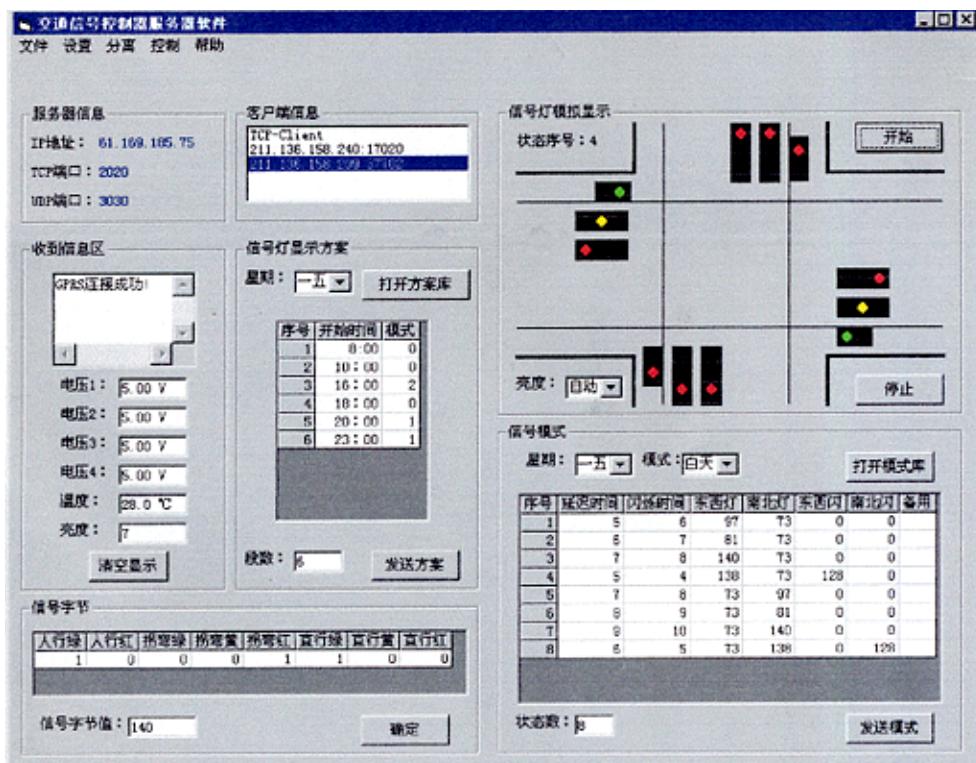


图 6-1：服务器软件界面

## 6. 1 服务器软件 Internet 连接实现

在服务器软件设计中, 如何使用 VB 语言实现 Internet 连接设计是重点。使用 VB 语言实现 Internet 连接要使用 VB Winsock 控件项, 添加控件 Microsoft Winsock Control 6.0 (SPS) 后可开始使用。

Winsock 控件的重要属性见表 6-1 所示。

表 6-1

属性	传回值	只读	说明
BytesReceived	Long	是	用 Getdata 方法传回接收缓冲区内等候处理的字节数。
LocalHostName	String	是	传回本地计算机的名字。
LocalIP	String	是	传回本地计算机采用“点”格式的 IP 地址。
LocalPort	Long	是	传回要使用的本地连接端口。若将端口设为 0, 表示系统需要随机性地挑选一个有用的端口。通常只能有一个客户端使用连接端口“0”。
Protocol	Long	是	为控件传回或设定协议, 控件支持 TCP 或 UDP 方式。需要设定的常数值包括 sckTCPProtocol 和 sckUCPPProtocol。
RemoteHost	String	否	传回或设定远端计算机的名字。既可使用字串形式的主机名, 也可使用采用“点”格式的字串表达形式。
RemoteHostIP	String	是	传回远端计算机的 IP 地址。对于 TCP 连接, 该栏会在成功建立连接后设定; 对于 UCP 连接, 该栏在产生了 DataArrival 事件后设定, 在设定之后, 会包含负责发送资料的机器的 IP 地址。
RemotePort	Long	否	传回或设定要连接的远端口。
SocketHandle	Long	是	传回与 Socket 控制码对应的一个值。
State	Integer	是	传回控件状态。

表 6-1: Winsock 控件的重要属性

对 Winsock 控件的操作方法如表 6-2 所示。

表 6-2

方法	参数	说明
Accept	RequestID	只能用于TCP连接，处理ConnectionRequest事件时，用此方法接受进入的连接请求。
Bind	LocalPort, localIP	将Sockets同指定的本地连接口和IP绑在一起。假如有安装多个网卡，要使用Bind。Bind必须在Listen之前呼叫。
Close	无	关闭连接。
Connect	RemoteHost, RemotePort	在指定的远端连接口上，建立与指定远端计算机的一个连接。
GetData	Data, Type, MaxLen	取回当前等待中的资料。Type和MaxLen参数均是可选的。 Type参数：指定要读入的数据的类型。 Maxlen参数：指定最多要取回多少二进制位数或字节数。对于除了二进制格式和字节格式以外的其他类型，GetData可忽略对MaxLen参数的设定。
Listen	无	建立一个Sockets，并将其键入监听模式。Listen只用于TCP连接。
PeekData	Data, Type, MaxLen	动作与GetData几乎完全一致，只是资料不会从系统缓冲区中删除。
SendData	Data	将资料传送给远端计算机。假如传送UNICODE字串，要先转换成ANSI字串。对于二进制数据，要使用二进制位格式。

表 6-2：对 Winsock 控件的操作方法

## 6. 2 服务器软件显示方案和显示模式选择功能

### 6. 2. 1 信号灯显示方案选择

在服务器软件中包括信号灯显示方案数据库，数据库分别对应平日（星期一到星期五），周六（星期六）和假日（星期日、节假日）三种日期类型的信号灯显示模式。显示模式包括：模式 0（白天模式），模式 1（夜间模式），模式 2（高峰模式）和模式 3（特殊模式）。

信号灯显示方案选择界面如图 6-2 所示。

表 6-2

方法	参数	说明
Accept	RequestID	只能用于TCP连接，处理ConnectionRequest事件时，用此方法接受进入的连接请求。
Bind	LocalPort, localIP	将Sockets同指定的本地连接口和IP绑在一起。假如有安装多个网卡，要使用Bind。Bind必须在Listen之前呼叫。
Close	无	关闭连接。
Connect	RemoteHost, RemotePort	在指定的远端连接口上，建立与指定远端计算机的一个连接。
GetData	Data, Type, MaxLen	收回当前等待中的资料。Type和MaxLen参数均是可选的。 Type参数：指定要读入的数据的类型。 Maxlen参数：指定最多要收回多少二进制位数或字节数。对于除了二进制格式和字节格式以外的其他类型，GetData可忽略对MaxLen参数的设定。
Listen	无	建立一个Sockets，并将其键入监听模式。Listen只用于TCP连接。
PeekData	Data, Type, MaxLen	动作与GetData几乎完全一致，只是资料不会从系统缓冲区中删除。
SendData	Data	将资料传送给远端计算机。假如传送UNICODE字串，要先转换成ANSI字串。对于二进制数据，要使用二进制位格式。

表 6-2：对 Winsock 控件的操作方法

## 6. 2 服务器软件显示方案和显示模式选择功能

### 6. 2. 1 信号灯显示方案选择

在服务器软件中包括信号灯显示方案数据库，数据库分别对应平日（星期一到星期五），周六（星期六）和假日（星期日、节假日）三种日期类型的信号灯显示模式。显示模式包括：模式 0（白天模式），模式 1（夜间模式），模式 2（高峰模式）和模式 3（特殊模式）。

信号灯显示方案选择界面如图 6-2 所示。

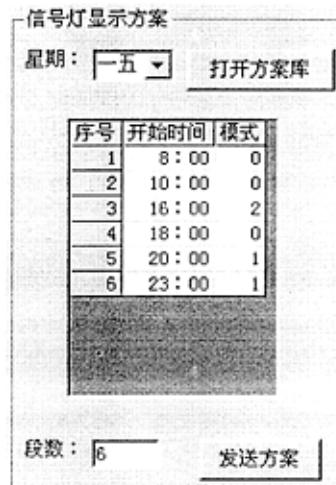


图 6-2：信号灯显示方案选择界面

选择需要修改的显示方案，“打开方案库”，可在界面上直接修改显示方案的开始时间和显示模式。修改完毕后，通过“发送方案”，将修改后的显示方案发送至信号控制器。

## 6. 2. 2 信号灯显示模式选择

信号灯显示模式选择界面如图 6-3 所示。

服务器软件模式数据库包括三种显示方案与四种显示模式的 12 种组合库。选择日期类型和显示模式，“打开模式库”，可直接在界面中修改东、西、南、北四个方向信号灯的状态数据、点亮时间和闪烁时间。

其中，序号 1—8 分别对应四相位路口信号灯一个显示周期内的 8 种状态变化。与第二章表 2-1 对应。延迟时间指东西灯和南北灯的点亮时间，闪烁时间指黄灯闪烁时间。东西灯与南北灯数据为十进制数据，代表东西向或南北向一组 8 个灯的明暗状态。

确定模式库中数据后，“发送模式”，将模式数据传送至信号控制器。

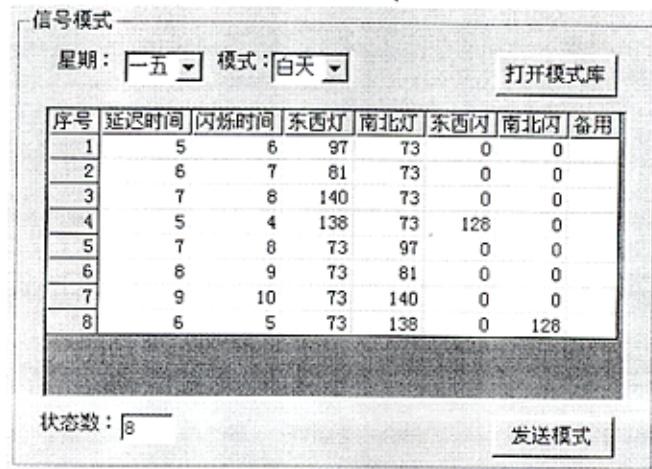


图 6-3：信号灯显示模式选择界面

### 6. 3 信号灯模拟显示功能

当确定信号灯显示方案和显示模式后，按“开始”可进行信号灯模拟显示。“停止”将关闭所有信号灯的模拟显示。

信号灯模拟显示界面如图 6-4 所示。

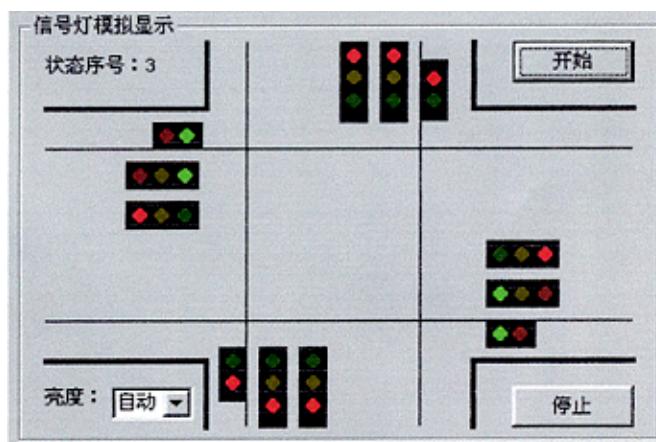


图 6-4：信号灯模拟显示界面

## 6. 4 服务器软件其他功能

### 工作状态查询功能

通过“控制”菜单“查状态”对信号控制器的工作状态、电源电压、工作温度、环境亮度等进行查询，通过 GPRS 无线传输方式将数据传送至服务器软件，在“收到信息区”进行显示。

### 亮度设置功能

通过“设置亮度”将设置的亮度等级通过无线方式传送至信号控制器，控制信号灯的显示亮度。亮度从 0—7 共分为 8 级，其中 0 对应最低亮度，7 对应最高亮度。也可利用感光器件根据环境光亮度自动进行信号灯显示亮度设置。

### 风扇与电源操作功能

通过“打开电源”和“关闭电源”对信号控制器 220V 信号灯电源进行操作，控制其打开或关闭。通过“打开风扇”和“关闭风扇”对风扇进行打开和关闭操作，调节信号控制器内部温度。

### 修改信号控制器时间功能

“修改时间”将服务器的系统时间（年、月、日、星期、时、分、秒）通过 GPRS 无线通信方式传送至信号控制器，修改信号控制器实时时钟芯片的时间。

## 第七章 试验与分析

在完成交通信号控制系统的 GPRS 无线 MODEM 硬件设计和样机实现，交通信号控制器的硬件设计和样机实现；完成交通信号控制器软件程序设计，服务器软件设计后，对各部分都进行了详细的试验，对试验中遇到的问题进行了详细的分析，最后进行了系统联调，得出结论。

### 7. 1 GPRS 无线 MODEM 样机实现与试验

#### 7. 1. 1 GPRS 无线 MODEM 样机实现

按第三章 3.4 节所述的 GPRS 无线 MODEM 电路原理图，用 PROTEL99 SE 印刷电路板绘图软件完成了 PCB 版图的设计<sup>[38]</sup>。在绘图时注意了设计优化，使连线最短，整块电路板的尺寸是：83mm X 81mm。

GPRS 无线 MODEM 的 80 芯连接件是此块 PCB 板焊接的难点，通过在放大镜下焊接操作，确保了焊接质量。PCB 的良好设计和可靠的电子器件组装，为后期的顺利调试提供了技术保障。GPRS 无线 MODEM 电路板安装在塑料盒中，通过两芯端子排与+5V 电源连接，通过 DB9 芯插座与信号灯控制器通信口连接。

GPRS 无线 MODEM 样机照片如图 7-1 所示。



图 7-1：GPRS 无线 MODEM 样机照片

## 7. 1. 2 基于 GPRS 无线通信的交通信号控制系统无线组网试验

为了调试 GPRS 无线 MODEM 的通信，用 VB6.0 设计了交通信号控制服务器软件，用 VC6.0 设计了通信软件<sup>[33]</sup>。使用三台计算机，一台计算机上安装交通信号控制服务器软件，并通过电话拨号方式与 Internet 网相连，这台计算机做服务器。另两台计算机（下位机）分别安装通信软件，并分别与 GPRS 无线 MODEM 相连。

### 7. 1. 2. 1 拨号联网方式无线组网通信试验

按照第三章 3.2.2 节所述拨号联网方式进行无线组网通信试验：将服务器拨号上网成功后，启动交通信号控制服务器软件。然后启动装有通信软件的计算机（下位机），根据服务器的 IP 地址，逐步操作与服务器进行连接，连接成功后在服务器的列表中将显示下位机的 IP 地址。此后可通过服务器向下位机发送控制信息，下位机通信软件将接收的信息显示在窗口中，以检测通信的情况。

### 7. 1. 2. 2 GPRS 内网联网方式无线组网通信试验

按照第三章 3.2.3 节所述 GPRS 内网联网方式进行无线组网通信试验：将一台装有通信软件的计算机定义为服务器（上位机），将另一台装有通信软件的计算机定义为信号控制器（下位机）。首先启动上位机，按 GPRS 服务中心的 IP 地址进行连接，连接成功后，获得无线网络分配的动态 IP 地址。启动下位机，根据上位机获得的动态 IP 地址与上位机连接。连接成功后，上位机可向下位机发送控制信息，下位机将接收的信息列示在窗口中，以检测通信的情况。

试验结果发现，两种组网方式通信速度适中，通信质量稳定。但是如果要求服务器能控制多台信号控制器，采用拨号联网方式网络建设简单，费用低。因此选用拨号联网方式作为信号控制系统的组网方式。

### 7. 1. 2. 3 基于拨号联网方式的交通信号机控制系统无线组网通信试验

按照本章 7.1.2.1 节所述拨号联网方式进行无线组网通信试验：将服务器拨号上网成功后，启动交通信号控制服务器软件。将交通信号控制器（交通信号控制器的实现与试验见本章 7.2 节）与 GPRS 无线 MODEM 相连，启动交通信号控制器。根据服务器的 IP 地址，逐步操作与服务器进行连接，连接成功后在服务器的列表中，将显示

该交通信号控制器的 IP 地址。然后可通过服务器向交通信号控制器发送控制信息，交通信号控制器将执行接收的指令。

开始试验时，控制器不能与服务器相连，怀疑无线 MODEM 天线放置不当导致信号强度弱。调整天线后仍不能相连，仔细分析原因，发现每条 AT 命令发出后应有适当的延时，调整延时后，连接成功。

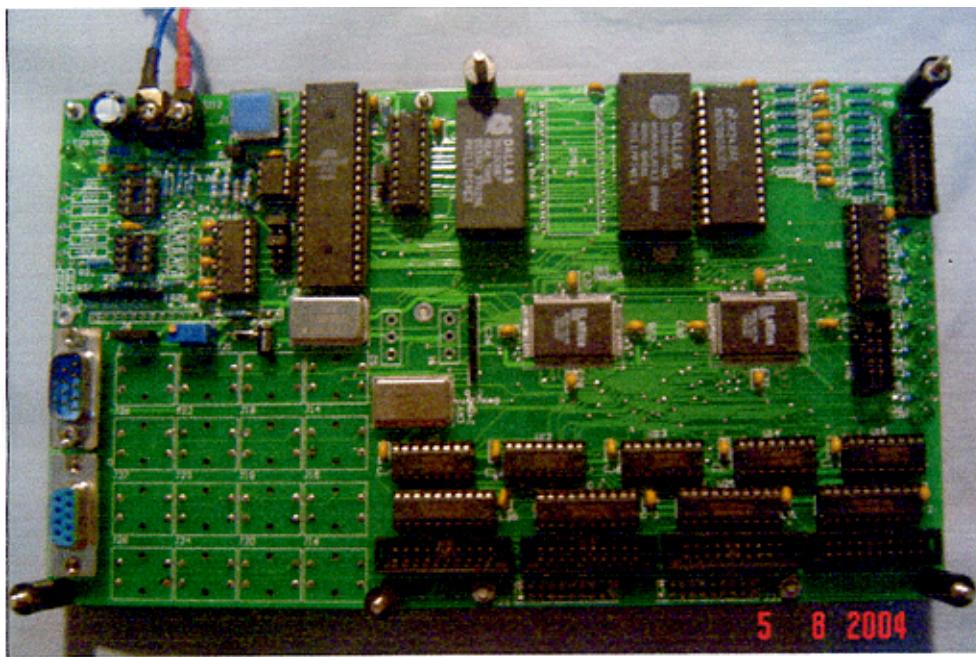
## 7. 2 交通信号控制器样机实现与试验

### 7. 2. 1 交通信号控制器主板样机实现

按第四章 4.3 节中所述的交通信号控制器的电路原理图，用 PROTEL99 SE 印刷电路板绘图软件完成了 PCB 版图的设计。设计时将十六个按键和液晶安装在 PCB 的反面，信号灯模拟显示按路口的形式分东、南、西、北四个方向布置，另制作一块 PCB，通过两个 IDC20 的连接插针与控制器主板相连，以获得直观的模拟显示效果。

大规模可编程逻辑器件 M4A5128/64 的表面贴装手工焊接是此块 PCB 焊接的难点。对该器件的 PCB 焊盘上锡后，将器件的引脚与 PCB 的焊盘对准定位后，用扁平烙铁头焊接，确保了焊接的可靠性。

信号控制器样机正面、背面的照片如图 7-2 所示。



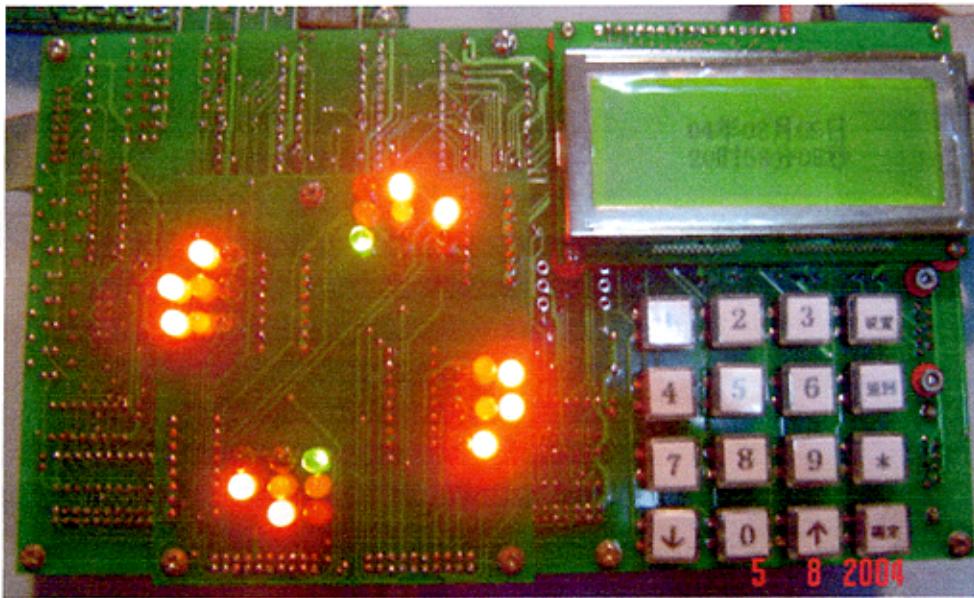


图 7-2：交通信号控制器主板样机

## 7. 2. 2 交通信号控制器主板调试与试验

### 7. 2. 2. 1 可编程逻辑程序调试

两片大规模可编程逻辑器件 M4A5128/64 的程序设计是信号控制器主板调试过程中首先要解决的问题。采用 ispDesignEXPERT 软件<sup>[11]</sup>按第四章 4.3.2 节所述的逻辑要求对所设计的信号驱动和检测部分进行程序设计、功能仿真和时序仿真<sup>[37]</sup>。在设计过程中通过对时序仿真波形图的分析，不断地修改、调整、完善，最后根据可编程逻辑器件资源情况进行适配，得到下载所需的 JED 文件，通过 JTAG 口采用菊花链在线下载至信号控制器。

### 7. 2. 2. 2 单片机汇编程序调试

信号控制器主板组装完成后，用万用表对电路进行短路开路检查，确定电路无问题后，采用伟福单片机仿真器（Wave E6000/L）对信号控制器主板进行设计、仿真、调试。由于该汇编程序较大，采用化整为零的方法，将各个功能子程序分别仿真、调试<sup>[29]</sup>。

根据预先设计的信号控制器资源情况和完成功能，将单片机汇编程序分为：液晶显示程序，按键处理程序，AD 转换程序，扫描驱动程序，串口通信程序，实时时钟程序，主程序等，逐个撰写后进行仿真调试。

#### (1) 液晶显示程序的调试

根据液晶界面显示内容的要求，对显示的汉字和西文字符进行统计整理，用 LCD CONVERT 液晶显示字符格式转换软件获得显示字符点阵，写入程序字符点阵表中。程序读取表中的字符点阵，组成所需的显示界面。

由于液晶显示模块的上电复位过程迟于AT89C55WD的复位时间，在程序上电执行液晶模块初始化程序之前应先运行一段延时程序，但开始调试时显示界面总是出现乱码，检查发现：AT89C55WD到液晶模块接口的连线过长，将连接的扁平电缆改为4厘米后得到清晰的显示界面。

#### (2) 按键处理程序的调试

按键处理在硬件设计时采用外部中断查询方式，按键的防抖动和按键的释放判断是程序判断中的两个重要环节，否则；一次按键将产生多次处理。

#### (3) AD 转换程序的调试

AT89C55WD 通过可编程器件片选 ADC0809，执行写命令使 START 端为高电平，由该信号启动 ADC0809 内部的 A/D 转换过程。芯片手册给出该器件的转换时间为 100us，但 100us 后读取 A/D 转换的值，发现数值有错。

调整延时时间，使转换时间大于 150us 后，获得正确的转换结果。

#### (4) 扫描驱动程序的调试

开始调试信号灯亮灭显示时，采用送出控制信号后延时的方式，结果发现有时信号灯显示会出现错误。

分析：由于在较长的延时过程中，外界干扰改变了控制信号的值。

修改程序，采用连续扫描驱动方式对信号灯的亮灭进行控制，不断刷新驱动信号，以防止外界干扰对信号灯显示的影响。信号灯的亮灭时间通过实时时钟的秒信号进行控制，以获得准确的延时。

程序修改后信号灯显示准确稳定，达到要求。

#### (5) 串口通信程序的调试

程序通过读取方案表和模式表中的数据对信号灯进行控制，在所有的中断服务程

序中都有现场保护，使用下列语句进行压栈、出栈处理：

```
PUSH ACC
PUSH DPH
PUSH DPL
PUSH PSW
SETB PSW. 3
SETB PSW. 4
```

.....

```
POP PSW
POP DPL
POP DPH
POP ACC
RETI
```

但在调试过程中发现串行通信中断后，信号灯显示有时出错。

分析：对方案表和模式表中的数据写入必须在读取表中数据前进行，如果在读取表中数据时进行写入，可能会将没有整体联系的数据读出执行。

修改程序，设置了接收数据缓冲存储区，将每次接收的数据先写入数据缓冲区，一批数据接收完后，设置标志，主程序根据此标志在合适的时候作出相应处理。

#### (6) 主程序的调试

主程序按第五章 5.2 节流程图设计，由于信号灯状态的延时是以秒计，因此将按键扫描判断、液晶显示处理子程序等放在延时循环中反复执行可保证操作实时、反应快速。

### 7. 2. 3 交通信号控制器驱动板样机实现

按第四章 4.3.2 节中所述的交通信号控制器驱动电路原理图，用 PROTEL99 SE 印刷电路板绘图软件完成了 PCB 版图的设计。设计时以光耦为界将 5V 直流和 220V 交流在 PCB 板上进行分区隔离，考虑到双向可控硅工作时的耗散功率，每个双向可控硅都加装了散热片。

信号控制器驱动板照片如图 7-3 所示。

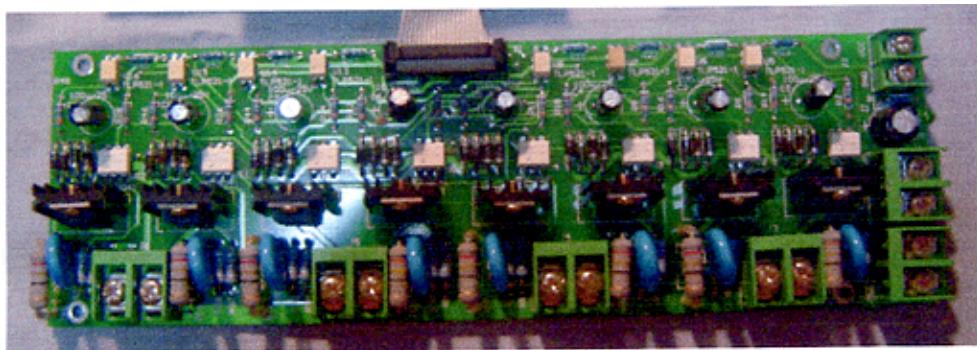


图 7-3：信号控制器驱动板照片

## 7. 3 交通信号控制系统实现与试验

### 7. 3. 1 单个信号控制器联网控制实验

将驱动板与主板连接之前，用万用表仔细对驱动板检查，主要检查是否有短路的情况。检查无误后，按图 7-4 所示，取两块驱动板带负载与主板连接组成交通信号控制系统进行试验。

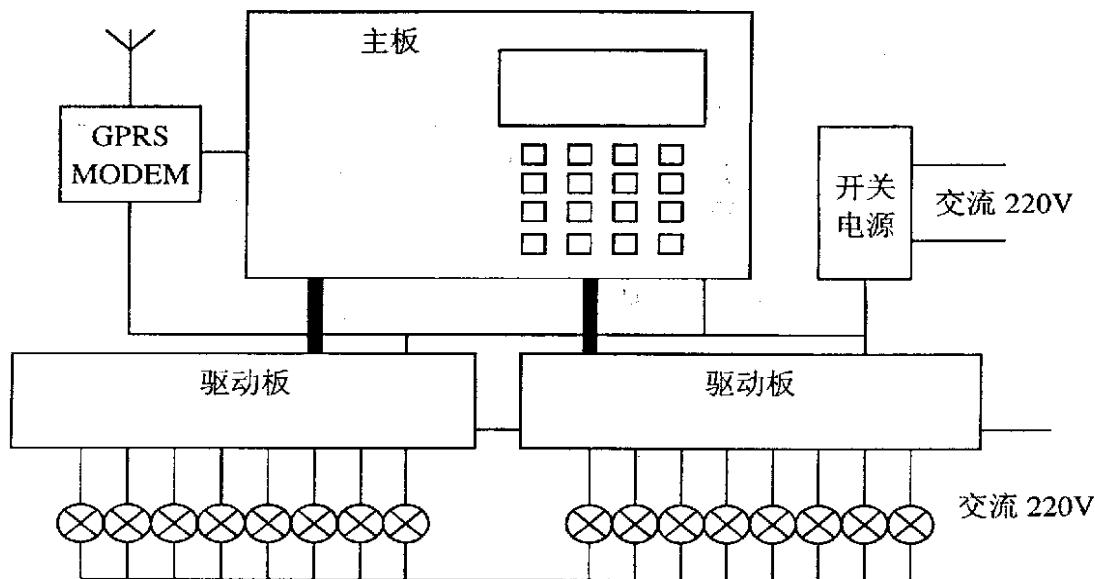


图 7-4：交通信号控制系统连接图

驱动板连接了两组灯，一组为东西方向信号灯，另一组为南北方向信号灯。

再一次检查确定无短路后，先接通开关电源的交流 220V 电源，再接通驱动板上的交流 220V 电源。各信号灯按方案表和模式表的内容与主板上的模拟灯同步进行显示。

切断电源，同时接通开关电源和驱动板的交流 220V 电源，各信号灯依然按方案表和模式表的内容与主板上的模拟灯同步进行显示。

再按 7.1.2.3 节中所阐述的无线组网方式进行试验，通过服务器下达控制命令，交通信号控制器准确按命令要求执行。

### 7. 3. 2 两个交通信号控制器联网控制试验

两个信号控制器分别与 GPRS 无线 MODEM、信号驱动板连接，形成交通信号控制系统联网控制两台交通信号控制器。试验照片如图 7-5 所示。

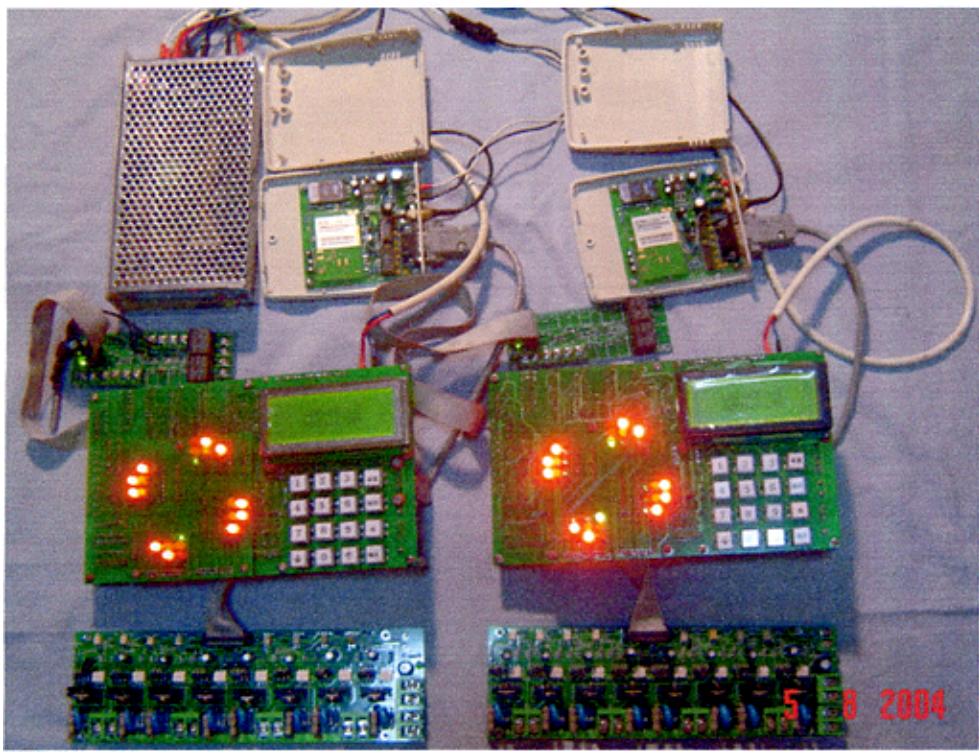


图 7-5：两个交通信号控制器联网控制试验照片

如图 6-1 所示，当两个交通信号控制器与 GPRS 网络连接后，在收到信息区出现“GPRS 连接成功！”，在服务器软件的“客户端信息”列表中出现两组 GPRS 连接信息。选择对应的交通信号控制器，设置信号灯显示方案、信号模式，“发送模式”，将相关信息发送至交通信号控制器。

## 7. 4 调试结果

论文完成了交通信号控制器调试试验，在该试验中，将交通信号控制器和电源正确连接。交通信号控制器按照设计要求和功能正确运行，按键输入正常，液晶显示正确，成功实现对交通信号灯的显示控制。

论文完成了交通信号控制器驱动板调试实验，在该试验中，将试验成功的交通信号控制器和控制器驱动板、信号灯正确连接，控制器驱动板根据交通信号控制器要求正确驱动信号灯进行显示。

论文完成了基于 GPRS 无线通信的交通信号控制系统无线组网试验，在该试验中，交通信号控制器与 GPRS 无线 MODEM 相连，启动交通信号控制系统服务器软件，启动交通信号控制器。交通信号控制器与服务器连接成功，并在服务器软件的“客户端信息”列表中显示了该交通信号控制器的 IP 地址。在服务器软件上修改、发送交通信号控制信息，交通信号控制器成功接收服务器的指令，按照服务器发送指令要求正确运行。

论文完成两个交通信号控制器联网实验，在该试验中，两个交通信号控制器分别与 GPRS 无线 MODEM 相连，启动交通信号控制系统服务器软件，启动交通信号控制器。两个交通信号控制器均与服务器连接成功，并在服务器软件的“客户端信息”列表中显示了两个交通信号控制器的 IP 地址。在服务器软件上修改交通信号控制信息，指定接收的交通信号控制器，该交通信号控制器成功接收服务器的指令，按照服务器发送指令要求正确运行。

经过反复实验和调试，本文成功利用 GPRS 无线传输方式实现了城市交通控制信号的传输和控制，实现了基于时间表的主干线绿波控制，完成了交通信号控制系统服务器软件设计，达到了预期的研究目的。

## 结束语

本论文提出了一种新型的基于无线通信方式的城市交通信号控制系统，具体完成工作包括：

- (1) 对现有的城市交通信号控制系统的交通信号控制方式和控制模式进行了研究，提出了基于时间表的主干线控制方式。
- (2) 对三种基于 GPRS 的无线组网方式进行了探讨，对拨号联网方式和 GPRS 内网联网方式进行了试验，实现了基于拨号联网方式的交通信号机控制系统无线组网。
- (3) 研制了一款新型的基于无线通信方式的交通信号控制器，完成了其硬件设计和软件设计。
- (4) 研制了一款 GPRS 无线 MODEM，完成其硬件设计。
- (5) 设计了交通信号控制系统服务器软件。

经过反复调试，成功利用 GPRS 传输方式完成了城市交通控制信号的传输，实现了基于时间表的主干线绿波控制，达到了预期的目的。

本城市交通信号控制系统和现有的同类交通信号系统相比，其主要特点是：

- (1) 本交通信号控制系统采用无线通信方式作为交通信号控制数据的传输方式，可以减少现在有线通信方式中布缆工程成本高，工程实施难的问题。
- (2) 本交通信号控制系统采用 GPRS 拨号联网的无线组网方式，保证对多台交通信号控制器的联网控制。
- (3) 本交通信号控制器采用基于时间表的主干线控制方式，保证主线的绿波控制。
- (4) 本交通信号控制器具有工作状态监控和故障检测功能，能实现绿冲突检测和绿切保护功能。
- (5) 在交通信号控制器的驱动和检测部分采用了大规模可编程逻辑器件，提高了系统的可靠性和灵活性。

随着整个系统的不断完善，进一步需要完成的工作是将整个系统应用到实际路口中，如何在实际应用中增强其抗干扰性能，如何与现有城市交通管理系统衔接，如何与城市交通数据采集处理系统融合是需要考虑的问题。随着 GPRS 用户的增多，GPRS 实时性会受到影响，如何保证实时性是另一需要考虑的问题。

## 致 谢

衷心感谢我的导师曾连荪教授，引导我打开科学的大门。在整个研究生阶段，曾老师都给予我无微不至的关怀。他朴素的工作作风，严谨的科研精神，渊博的科学知识都给了我深深的影响，让我终身受益。在论文开展阶段，导师从论文的选题、研究内容、样机实现及论文的撰写都给予我严格要求和关键性指导。

感谢师兄潘扣林、李相银，同级研究生杨林平、陈汉卿、芦霞和创新实验室的所有师弟师妹。在论文开展阶段的资料搜集、关键技术探讨上都给予我很大启发和帮助。

在我的整个求学生涯中，父母对我思想上严格要求，学习上耐心指导，生活上悉心关怀，人格上精心塑造，付出了无数的汗水和心血，我对他们的感激之情是无法用语言来表达的。

在此感谢一切给予我支持和帮助的长辈、老师和同学！

附：本人在攻读硕士学位期间，跟随导师完成了以下项目的软、硬件设计：

- 1、数字航向显示器，主要研制者，国营四五五厂项目，2003年3月—2003年6月
- 2、HN-6（红缨6）信息电路测试台，中国航天科技集团第八〇三研究所项目，2003年7月—2004年1月

本人在攻读硕士学位期间，以第一作者发表的论文：

《数字航向显示器的设计》发表在《电子技术》2004年第4期

## 参考文献

- [1] U.S.DOT. Intelligent Transportation Systems (ITS) Projects. FHWA, 1995
- [2] Hunt PB. The Effect of an Incident in a SCOOT system-in Simulation and on Street. Traffic Control, 1984(1)
- [3] Luk J.Y.K., Sims A.G., Lowrie P. R. SCATS-application and Field Comparison with a TRANSYT Optimized Fixed Tim System. In: IEE International Conference on Road Traffic Signalling, 1982
- [4] Hong K Lo. A novel traffic signal control formulation. Transpn. Res. Part -A, 1999, 33: 433~448
- [5] DRIVE. Traffic Engineering and Control. 1989.3
- [6] Silcock J.P. Design Signal-controlled Junctions for Group-based Operation. Transpn. Res. -A, 1997, 31 (2): 157~173
- [7] Michael G.H.Bell. Future Direction in Traffic Signal Control. Transpn. Res. -A, 1992, 26A (4): 303~313
- [8] Nathan H.Gartner. Demand-responsive Traffic Control Research. Transpn. Res. -A, 1985, 19a (5—6): 369~373
- [9] Richardson B, Rodriguez D. ITS in Developing Countries: Strategic Opportunities[J]. In: ITS Quarterly, 1997, 5 (3): 7~15
- [10] Chris Hendrickson. Research in Transportation System Characteristics and Operations. Transpn. Res. -A, 1985, Vol. 19A, No. 5/6: 367~369
- [11] ISPTM Synario Starter Software & ISP Encyclopedia. Lattice Semiconductor Corp, 1997
- [12] CMS91 Module AT Command Set. CELLON Company, 2003
- [13] CMS91 Module Hardware Specification. CELLON Company, 2003
- [14] CMS91 Module Evaluation Application User Guide. CELLON Company, 2003
- [15] CMS91 Functional Specification. CELLON Company, 2003
- [16] 中华人民共和国公安部. GA 47-2002. 道路交通信号控制机. 北京: 中国标准出版社, 2002.8
- [17] 王炜, 邓卫, 杨琪等. 公路网络规划建设与管理方法. 第一版. 北京: 科学出版社, 2001
- [18] 荆便顺. 道路交通控制工程. 第一版. 北京: 人民交通出版社, 1995

- [19]杨兆升. 交通运输系统规划. 第一版. 北京: 人民交通出版社, 1998
- [20]刘武元. 城市公共交通管理. 第一版. 2001 年陕西交通发展战略研讨会论文集, 2001
- [21]张锦等. 中国城市道路交通控制系统发展研究. 西安交通大学学报, 1997 (1), 32—33
- [22]赵凯. 城市智能交通信号控制系统. 西北工业大学硕士学位论文, 2001
- [23]韩锡令著. MCS-51 单片机控制多时段定时交通信号. 西安公路学院学报, Vol.11, No.4, Dec.1991
- [24]吴伟陵. 移动通信中的关键技术. 第一版. 北京: 北京邮电大学出版社, 2000.11
- [25]孙孺石, 丁怀元, 穆万里等编著. 无线数字移动通信工程. 第一版. 北京: 人民邮电出版社, 1996.2
- [26]钟章庆等. GPRS 通用分组无线业务. 第一版. 北京: 人民邮电出版社, 2001
- [27]Xacier Lagrange 等. GSM 网络与 GPRS. 第一版. 北京: 电子工业出版社, 2002
- [28]John Ray. TCP/IP 开发使用手册. 第一版. 北京: 机械工业出版社, 1999
- [29]何立民. 单片机应用系统设计. 第一版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1993.6
- [30]李广弟. 单片机基础. 第一版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2001.6
- [31]王幸之, 王雷, 瞿成, 王闪等. 单片机应用系统抗干扰技术. 第一版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.2
- [32]天津市计算机学会单片机分会主编. 2003 年全国单片机及嵌入式系统学会年会论文集 (上、下册). 第一版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2003.10
- [33]李朝青. PC 机及单片机数据通信技术. 第一版. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2000.12
- [34]步行者工作室. Visual Basic 6.0 高手速成. 第一版. 北京: 兵器工业出版社, 1999.5
- [35]卢毅著. Visual Basic 6 数据库设计实例与导航. 第一版. 北京: 科学出版社, 2002
- [36]薛宏熙, 刘素洁, 刘宝琴等编译. MACH 可编程逻辑器件及其开发工具. 第二版. 北京: 清华大学出版社, 1998.12
- [37]刘笃仁, 杨万海编著. 在系统可编程技术及其器件原理与应用. 第一版. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999.5
- [38]清源计算机工作室. Protel 99 原理图与 PCB 设计. 第一版. 北京: 机械工业出版社, 2000
- [39]YEJHD19264A 系列使用指南. 众金电子