

广西大学

硕士学位论文

基于S3C44B0X的城市路灯控制器

姓名：刘雨楼

申请学位级别：硕士

专业：检测技术及自动化装置

指导教师：宋春宁

20070609

基于 S3C44B0X 的城市路灯控制器

摘要

随着城市现代化建设步伐不断加快，对城市道路照明及城市亮化工程要求越来越高。传统的路灯控制器只能实现简单的人工控制或定时开关，存在人力物力耗费大、难以集中管理、浪费电能、故障排除效率低等缺点。因此使用自动化程度高、运行可靠、高效节能、维护方便的城市路灯控制器成为了路灯控制和管理的发展趋势。本论文详细阐述了城市路灯控制器的设计与开发中的主要问题及其解决方案，具体研究内容有以下几点：

1. 研制基于 S3C44B0X 和 EPM7128S 的路灯控制器核心电路板，实现了用于路灯控制，电参数采集，数据总线扩展等的接口，同时还解决了 S3C44B0X 与外围扩展电路接口电平匹配问题。该核心电路板具有较强的灵活性，通过连接不同的外围扩展电路可实现不同的功能。

2. 研制用于路灯控制的扩展板电路，其中包括基于 ATT7022B 交流电参数采集电路，接触器控制电路，开关量输入电路。

3. 在软件方面，编制了实现总线扩展的 CPLD 程序，以解决 ARM 的 I/O 口资源不足的问题。编写了交流电参数采集、路灯开关控制、实时时钟等运行于 ARM 处理器的程序。

关键词：路灯控制器 嵌入式系统 交流电参数 可编程逻辑器件
S3C44B0X ATT7022B

DEVELOPMENT OF CITY LIGHTING CONTROLLER BASED ON S3C44B0X

ABSTRACT

With the high pace of city modernization, city lighting engineering is demanded increasingly higher. Traditional street lighting controller can only achieve simple manual control or timer switch, which has the disadvantages of high cost of manpower and resources, difficulty centralizing management, wasting electrical energy, as well as low efficiency in troubleshooting. Therefore the design of public lighting controller, which has the qualities of high degree of automation, function reliable, saving energy, high efficient performance and convenient to maintenance, has become a developing trend.

This paper focus on the research and design of city street lighting controller .The following items are discussed in the paper:

Development and design the controller's core-circuit which is based on the application of S3C44B0X and EPM7128S. Resolve the problem of mixed-voltage system. Implement lights switch controlling port, AC parameters acquisition port, data bus expansion port etc.

Design the peripheral circuit board for street lighting controller, which includes the function of acquisition of AC parameters, switch control and DC digital input parameter.

In the part of software, the CPLD program is designed for the purpose of increasing the amount of ARM I/O resource. The acquisition AC parameters program, RTC alarm program, as well as Delay control program etc. are designed in the paper.

Keywords: street lighting controller; embedded System; S3C44B0X; CPLD; ATT7022B

广西大学学位论文原创性声明和使用授权说明

原创性声明

本人声明：所呈交的学位论文是在导师指导下完成的，研究工作所取得的成果和相关知识产权属广西大学所有，本人保证不以其它单位为第一署名单位发表或使用本论文的研究内容。除已注明部分外，论文中不包含其他人已经发表过的研究成果，也不包含本人为获得其它学位而使用过的内容。对本文的研究工作提供过重要帮助的个人和集体，均已在论文中明确说明并致谢。

论文作者签名：刘雨棣

2007年6月29日

学位论文使用授权说明

本人完全了解广西大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，即：
按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；
学校有权保留学位论文的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务；
学校可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；
在不以赢利为目的的前提下，学校可以公布论文的部分或全部内容。

请选择发布时间：

即时发布

解密后发布

(保密论文需注明，并在解密后遵守此规定)

论文作者签名：刘雨棣 导师签名：宋春宁 2007年6月29日

第1章 概述

1.1 课题背景

随着时代的发展,城市现代化建设步伐不断加快,对城市道路照明及城市亮化工程需求也更大,城市路灯照明系统规模的增大,如何高效地管理城市路灯系统变得越来越重要。传统的路灯控制器只能实现简单的人工控制或定时开关,其存在以下的缺点^[1]:不能对用电情况实时监测致使浪费电能;不能远程集中控制使管理麻烦;无故障报警,发生的故障得不到及时排除;同时耗费大量人力和物力,城市路灯的管理效率也非常低下。因此,对城市路灯的管理与控制迫切需要一种科学、合理、高效的方法,对开关灯及时性与准确性、节约能源、亮灯率等指标提出了更高的要求。为了适应这一发展的需要,提高城市道路照明的管理水平,就必须加快城市道路照明的科技进步和现代化建设进程,用新型的路灯监控系统来替代原来较为落后、繁琐的路灯运行方式,将有限的人力节约下来,得以发挥其应有的作用,创造更好的社会效益和更多的经济效益。新型的城市路灯控制器是路灯监控系统的重要组成部分,它不仅要实现路灯的开关控制、路灯回路交流电参数采集和故障监测等工作,而且还要把现场的各种相关参数通过无线网络传递给监控中心,即要实现遥控、遥测、通讯、数据采集等功能^[2]。

1.2 城市路灯管理现状

城市路灯控制管理方式的发展可以划分为三个阶段^{[4][5]}:第一阶段是单纯的定时控制,在变电柜内安装定时器,根据标准的晨昏时间控制开关;第二个阶段是光控,感光模块根据光照度的强弱来控制开关;第三阶段就是智能控制,即采用远程监控系统的方式,通过监控中心集中监测,实现市内各道路的路灯的远程监控。早在 2005 年之前,上海、广州、深圳、南京等大城市相继开始采用路灯监控系统来对市内的路灯、景观灯进行集中控制管理。2005 年后,大多数大城市和一些中型城市如北京、沈阳、南宁、太原等也加快了其路灯控制系统的改造升级步伐,如北京计划在 2008 年前实现全市路灯集中远程监控,沈阳也将在 2007 年内实现百分之八十市内路灯共计 11.6 万盏实现集中监控、报警、

定位等功能。这些城市采用的监控系统主要有以下几家公司的产品，如：南京理工科技系统有限公司的理科 TM 城市路灯照明无线监控系统；珠海德莱仪表设备有限公司的 GPRS 城市路灯监控系统；北京嘉复欣科技有限公司的远程照明智能控制系统等等。他们主要特征就是，在通讯网络选择上一般采用无线方式如电台专网（VHF/UHF）或者公网（GPRS/CDMA），在终端控制器的设计上，主要采用单片机加 DSP 处理器相结合的方案以实现路灯控制和交流电参数的采集。

目前路灯监控系统在多数大城市得到了普及，但是很多中小城市仍然采用采用传统的时钟控制或光控开关控制、人工巡检的方式。这些控制方式由于没有远程数据采集和通讯功能，无法实现集中监控，所以运行、操作结果不能集中监视、记录和统计，因此存在许多难以克服的问题。

时钟开关随季节的变化需要经常调整，人工调整时钟控制时间工作量大，若不经常调整，会造成开关灯时间不准确、不统一。天不黑灯已亮、天不亮灯已灭的现象时有发生。遇到特殊天气(如阴雨天)需临时调整开关灯时间，用人工就更难做到，既影响路灯服务质量，又造成电能浪费。

光控开关虽然是按照亮度值控制路灯的开关，不用人工调整，但光控元件易受环境影响产生误动作，如晚上受外界散光照射、光敏元件受灰尘污染导致光控失灵等，另外，光控方式也不能实现半夜灯控制。

人工巡检路灯运行情况，盲目性大，费时费力，对路灯设施的运行状况无法进行实时监测，很难保证维护的及时性。

1.3 研究内容

本课题主要研究城市路灯控制器的设计与实现。城市路灯控制器主要包括核心电路控制板、外围扩展功能板、以及低压电气部分组成。其中，核心电路板采用 S3C44B0X 嵌入式处理器为核心，结合 CPLD(Complex Programmable Logic Device)技术和总线扩展技术组成。外围扩展功能板主要配合核心板执行现场交流电参数采集、继电器控制和开关量输入等功能。软件上，设计 CPLD 逻辑控制程序和 ARM 的路灯控制，交流电参数采集等程序。

1.4 课题意义

本课题将 32 位嵌入式技术、CPLD 技术、交流电参数采集等技术应用于路灯控制器中，以实现本地和远程路灯开关控制，现场路灯运行参数采集，故障报警等功能。目的是解决当前城市路灯管理中存在的不能对用电情况实时监测致使浪费电能；不能远程集中控制，耗费大量人力和物力，管理效率也非常低下；无故障报警，发生的故障得不到及时排除等等诸多缺点。随着国内经济持续快速发展，城市建设发展很快，道路扩宽，城区扩大，市政在路灯方面的投资也开始加大，因此路灯监控系统的研制具有很大的市场前景。

第2章 城市路灯控制器与远程监控系统

城市路灯控制器属于城市路灯远程监控系统的一个重要组成部分。路灯远程监控系统将嵌入式控制技术、计算机及网络通信技术应用于路灯的控制与管理, 以实现对整个城市各种公共灯光设备的遥测、遥信、遥控功能。

2.1 路灯监控系统的组成

路灯监控系统由监控中心、远程路灯控制器和通信网络组成, 其系统组成如图 2-1 所示。

(1) 监控中心

监控中心设在路灯管理所内, 是对远程路灯控制器发布命令和对全部系统数据加以集中处理的中心。监控中心的基本设备有: 主控机、后备机、显示设备、通信单元、打印设备、供电设备和计算机网络等。主控机中运行有专用的监控软件, 管理员只需在主控机上操作就可完成各种路灯系统的管理工作。在监控系统运行时, 主控机发出的控制命令通过 GPRS MODEM 传送到远程路灯控制器, 路灯控制器自动根据命令来对路灯开关控制和现场运行参数的上传。

(2) 通信网络

通信网络负责实现监控中心和路灯控制器的远程通信, 实现监控中心指令的下传和路灯控制器数据的上传。路灯监控一般采用以下几种通信技术: 全有线方式、无线专网、无线公网、电力载波等。近年来, 使用最多、成本相对较低、组网最容易的是无线公网。监控系统的路灯控制器数量多而且布局分散, 不利于采用有线通信的方式。无线 GPRS 通信具有如下主要特点^[7]: 技术成熟, 网络覆盖面广, 数据实现分组发送和接受, 按流量计费; 具有 56~115Kbps 的传输速度, 达到路灯控制的要求。因此本设计中, 采用 GPRS 网络组建监控系统的通信网络。

(3) 远程路灯控制器^[3]

远程路灯控制器分布于市内各路灯配电柜处, 在本设计中路灯控制器是以 S3C44B0X 为主处理器构成的小的独立系统, 主要包括核心电路板、交流接触器、GPRS 无线通信模块、交流电压、电流采样数据输入电路等。路灯控制器

是整个监控系统控制的前沿，对路灯进行实时在线控制。一方面它按照监控中心下发的指令定时开关灯；另一方面将各支路电流、电压的大小、各接触器的状态、各支路的开关时间、用电量等参数通过通信网络上报给监控中心。

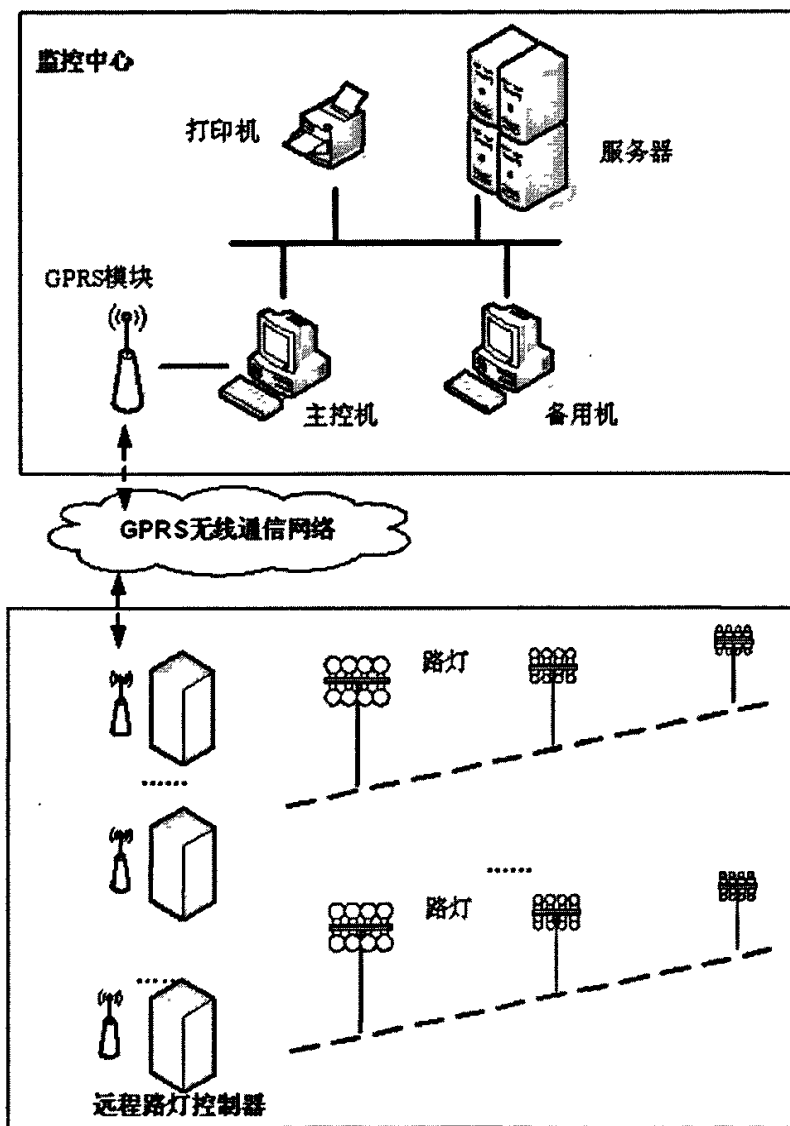


图 2-1 城市路灯监控系统系统组成图

Fig. 2-1 City Lights Monitoring System Structure Diagram

2.2 远程路灯控制器的主要功能

通常，路灯监控系统的基本功能有四遥：遥测、遥信、遥控和遥调，这些功能的实现主要依靠在控制现场的路灯控制器来完成的。本设计中路灯控制器的功能则主要包括前三遥^[2]，具体来说有以下几点：

- 遥控（智能化开关灯）：能够接受事先的设定，对全体、分区和单站实现年定时控制、日定时控制、预案定时控制、强制控制、光控时控结合等控制方式。
- 遥信（突发事件自动告警）：当出现过压、欠压、停电、接触器应合未合、接触器应断未断、跳闸、亮灯率过低、灯杆电缆断路、电缆被盗、柜门打开等故障时，路灯控制器能够主动及时将报警信息发送到监控中心，使故障能够得到及时处理。
- 遥测（实时电参数采集、自动巡检）：在监控中心能够手动或者自动对全部、部分或者单台远程路灯控制器的电压、电流、用电量、开关灯时间表、亮灯率、开关状态、输出电流、通信状态等参数进行采集。

2.3 远程路灯控制器功能组成

远程路灯控制器功能组成结构图如图 2-2 所示。

控制器内部主要分为两个部分：核心板和扩展板。核心板由主处理器最小系统和 CPLD 扩展电路组成，是路灯控制器的“总指挥中心”。扩展板由电参数采集、继电器控制和开关量输入等部分组成，是连接核心板与外围控制和检测目标的“中介”。其中交流电参数采集主要是采集三相电压、各支路的电流信号输入量，经过专用电参数处理芯片 ATT7022B 处理后通过 SPI 总线把结果送回核心板，最后通过 GPRS MODEM 把相关数据送回监控中心集中管理，并且还可以定时或者通过接收监控中心的指令用来控制继电器的通断，实现路灯的开关控制。

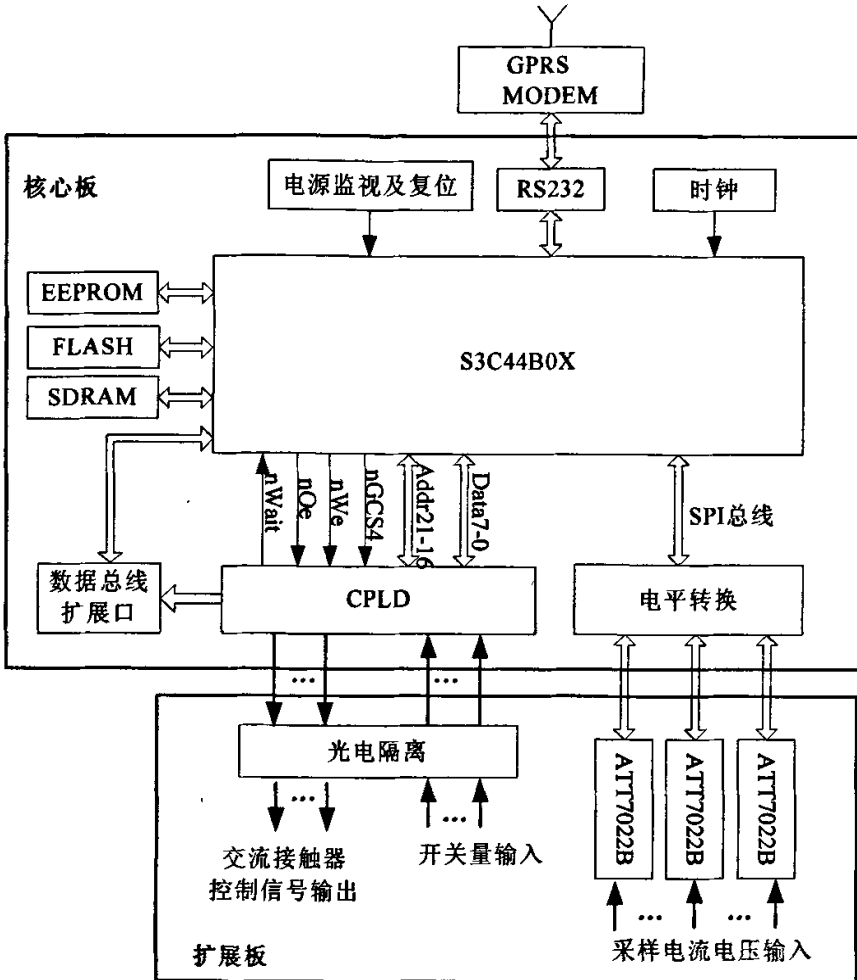


图 2-2 远程路灯控制器功能组成图

Fig. 2-2 Hardware Structure Diagram of Remote Terminal

第3章 远程路灯控制器硬件核心电路设计

远程路灯控制器是城市路灯监控系统中安置于控制现场的基础设备,是实现远程数据采集和监控的重要设备。路灯控制器工作于室外,并且周围有较强的电磁干扰,所以在器件选择上需要综合考虑运行性能及抗干扰等能力。

下面将针对该控制电路中所涉及到的各个单元的设计分别进行详细的阐述。

3.1 S3C44B0X 及其最小系统

城市灯光远程路灯控制器核心电路中由 S3C44B0X、存储器电路、晶振电路、JTAG 接口电路、电源及复位电路组成一个 ARM 处理器最小系统。

3.1.1 处理器与存储电路

远程路灯控制器内部处理器采用 SAMSUNG 公司的 16/32 位 RISC 处理器 S3C44B0X,它片内集成了 ARM7TDMI 核,采用 0.25 μm CMOS 工艺制造,为了降低成本,S3C44B0X 在 ARM7TDMI 基本功能的基础上提供了丰富的内置部件,包括:8KB cache,内部 SRAM, LCD 控制器,带自动握手的 2 通道 UART, 4 通道 DMA,外部存储控制器(片选逻辑,EDO/SDRAM 控制器),都有 PWM 功能的 5 通道定时器, I/O 端口, RTC, 8 通道 10 位 ADC, IIC 总线控制器, IIS 总线控制器,同步 SIO 接口和 PLL 倍频器等,这些集成功能方便了嵌入式应用系统设计^{[19][22]}。

S3C44B0X 自身不具有 ROM 和 RAM。需要外接存储器来构成嵌入式最小系统。本设计中存储器部分电路的设计包括 Flash 存储器接口电路和 SDRAM 存储器接口电路。

S3C44B0X 的存储器系统具有以下主要特点^{[26][27]}:

- 支持数据存储的大小端选择(通过外部引脚进行选择);
- 地址空间分为 0~7 共 8 个 bank, 每个 bank 地址空间为 32MB, 总共可达 256MB;
- 对所有 bank 都可以通过编程设置为 8 位、16 位、32 位访问方式;

- bank0 到 bank5 可用于 ROM, SRAM 等存储器; bank6 和 bank7 可用于 ROM, SRAM 和 EDO、SDRAM 等;
- 7 个 bank 起始地址固定, 一个 bank 的起始地址可变;
- 所有 bank 的访问周期都可以通过编程设置, 并且提供外部总线等待周期;
- 支持 DRAM/SDRAM 自动刷新; 支持地址对称或非地址对称的 DRAM。

Flash 存储器具有非易失性, 且可以进行电擦写。Flash 在系统中通常用于存放程序代码、常量表以及一些在系统掉电后要保存的用户数据等。在本设计中 Flash 存储器采用 SST39VF3201, 该芯片是 SST 公司推出的容量为 2M×16 位的 CMOS 多用途 Flash ROM, 其可靠性高, 可擦写 100,000 个周期(典型值), 数据可保存 100 年^[20]。其接口与 COMOS 电平 I/O 兼容, 具有 16 位数据宽度, 可以以 8 位(字节模式)或 16 位(字模式)数据宽度的方式工作, 符合 JEDEC 标准, 采用 Flash EEPROM 的标准引脚排布和指令集, 这些特性使其很容易应用到 S3C44B0X 系统中。

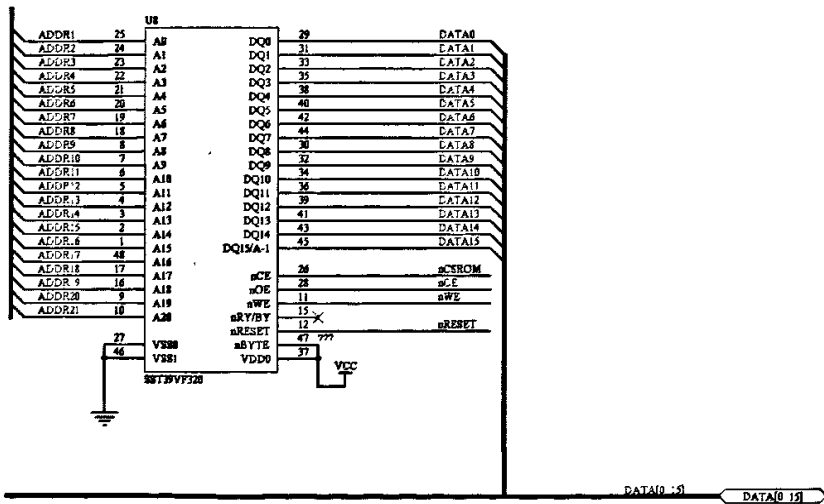


图 3-1 Flash 电路原理图

Fig. 3-1 Flash Circuit Schematic Diagram

Flash 与 S3C44B0X 的连接原理图如图 3-1 所示, SST39VF3201 的地址线 A0~A20 对应于 S3C44B0X 的 ADDR1~ADDR21, 使用的是 16 位(字模式)数

据宽度的连接方法，片选信号由 nGCS0 提供，因此 Flash 地址范围是从 0x0~0x01FFFF。其中 nReset 复位信号由 MAX811 的复位输出提供。另外由于 Flash 使用的是 16 位数据宽度工作方式，所以 S3C44B0X 的 OM[1:0]通过跳线设置成 01，使系统在复位之后就能正常读取 Flash 中的数据。

SDRAM(动态 RAM)属于易失性存储器，在掉电后数据即消失不能够保持，但与 Flash 不同的是，它的随机读写速度非常快，写入数据前也不需要擦除，因此，SDRAM 在系统中主要用作程序的运行空间，数据及堆栈区。

SDRAM 工作的时候，其存储单元在每次读取操作之后都要进行刷新，S3C44B0X 内部的存储器控制器部件提供了专门与 SDRAM 接口的控制信号线，因此，对 SDRAM 的读写都不需要再考虑行、列地址、刷新等操作。

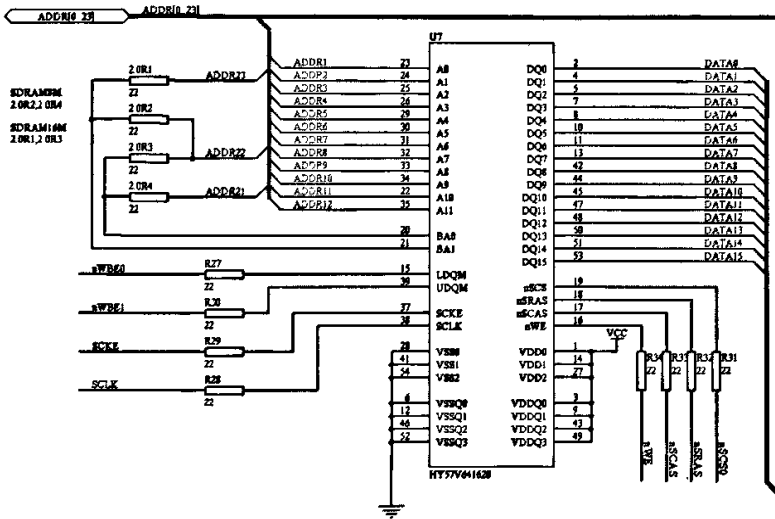


图 3-2 SDRAM 原理图

Fig. 3-2 SDRAM Circuit Schematic Diagram

当系统加电时，S3C44B0X 首先从复位地址 0x0(该地址指向 Flash 存储器)处读取启动代码，在完成系统的初始化之后，程序代码一般应调入 SDRAM 中运行，以提高系统的运行速度，同时，系统及用户堆栈、运行数据也都放在 SDRAM 中。

本设计中采用 HY57V281620 作为 SDRAM 存储器，它的存储容量为 4×16M 位(8M 字节)，工作电压为 3.3V，兼容 LVTTTL 接口，支持自动刷新(Auto-Refresh)和自刷新 (Self-Refresh)，16 位数据宽度。SDRAM 与 S3C44B0X 的连接原理

图如图 3-2 所示。

3.1.2 电源及复位电路

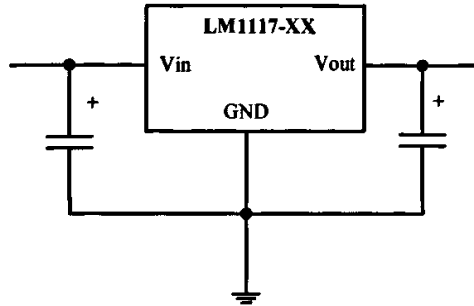


图 3-3 LM1117

Fig. 3-3 LM1117

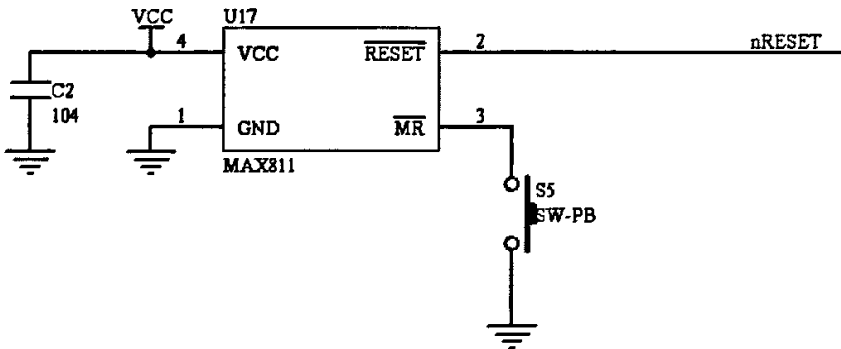


图 3-4 复位电路

Fig. 3-4 Reset Circuit Schematic Diagram

对于电子电路设计，设计一个稳定可靠的电源是极其重要的。路灯控制器核心电路需要用到 5V, 3.3V, 2.5V, 24V 四种不同电压值电源。考虑到性能、成本等因素，本设计采用一个能提供 5V、24V 直流输出的开关电源供电，而 3.3V, 2.5V 通过 5V 降压来实现，通常电路设计中降压方法有几种方法：1. 直接用二极管降压；2. 电阻分压；3. 用电源芯片。2.5V 和 3.3V 是专门用于 ARM 芯片的内部逻辑供电和 ARM 输入输出口供电的，对电源性能有较高要求，在这里采用 LM1117-3.3, LM1117-2.5 两种电源芯片来实现稳压供电。LM1117 属

于低压差的线性稳压器，当输出 800mA 电流时，输入输出的电压差典型值仅为 1.2V。LM1117 提供完善的过流保护和过热保护功能（LM1117 正常工作环境温度范围极宽，为 $-50^{\circ}\text{C}\sim 140^{\circ}\text{C}$ ），确保芯片和电源系统的稳定性。输出电压和参考源精度在 $\pm 1\%$ 的精度范围内。

电源的接入和切除以及由电网串入的干扰脉冲很容易造成 S3C44B0X 的误动作和数据的丢失。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，电源监测及复位电路在很大程度上决定着 S3C44B0X 系统运行的可靠性。传统的复位电路一般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，本设计选用带有电源监测及复位功能的芯片 MAX811 来设计复位电路。复位电路原理图如图 3-4 所示。

MAX811T 芯片特性：

- 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 140ms，为低电平。
- 复位按键按下时，将输出复位信号，对系统进行复位。

3.1.3 JTAG 接口电路

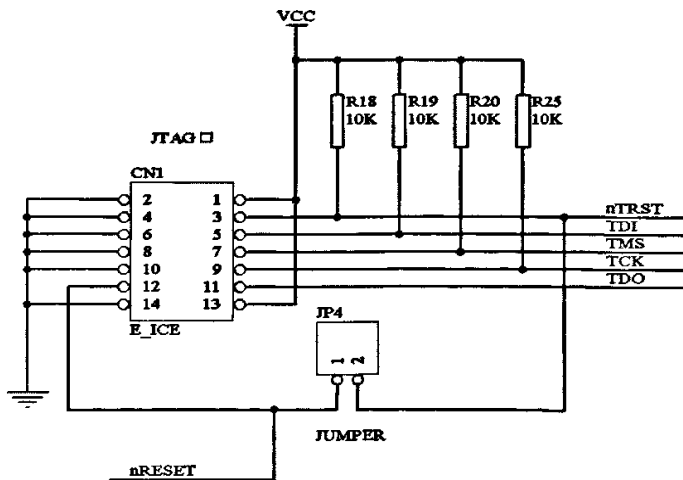


图 3-5 JTAG 接口电路原理图

Fig. 3-5 JTAG Interface Circuit Schematic Diagram

S3C44B0X 的程序调试、下载需要用到 JTAG 接口。JTAG (Joint Test Action

Group) 是一种国际标准测试协议, 主要用于芯片内部测试及对系统进行仿真、调试。目前大多数比较复杂的器件都支持 JTAG 协议^[25]。本设计采用 14 针的 JTAG, 其接口定义和接口电路分别如表 3-1 和图 3-5 所示。

表 3-1 14 针 JTAG 接口定义

Table 3-1 Interface Definition 14 Pin JTAG

引脚	名称	描述
1, 13	VCC	接电源
2, 4, 6, 8, 10,	GND	接地
3	nTRST	测试系统复位信号
5	TDI	测试数据串行输入
7	TMS	测试模式选择
8	TCK	测试时钟
11	TDO	测试数据串行输出
12	NC	未连接

3.2 实时时钟(RTC)模块

要实现路灯控制器定时路灯开关控制功能, 则需要设计一个实时时钟模块。本设计使用 S3C44B0X 内部实时时钟来实现该功能, 该实时时钟能够像钟表和日历一样保存并自动计算时间, 它还具有定时闹钟和产生节拍的功能^{[19][23]}。该时钟采用外部的 32.768kHz 晶振提供时钟源, RTC 可以通过备用电池供电, 因此, 即使系统电源关闭, 也可以继续工作。

如图 3-6 所示, 该部分电路设计主要包括给 S3C44B0X 提供一个 32.768kHz 晶振, 晶振的两个引脚分别连接到 S3C44B0X 的 XTAL1 和 EXTAL1。另外, 实时时钟有两个供电电源: 开关电源提供的系统电源 VCC(3.3V)供电和备用电池 (3V), 在系统电源关闭时, 在 S3C44B0X 内部, CPU 和 RTC 模块之间的接口被锁住, 使备用电池仅需驱动 RTC 的晶振电路和 BCD 计数器, 从而使功耗降到最低。

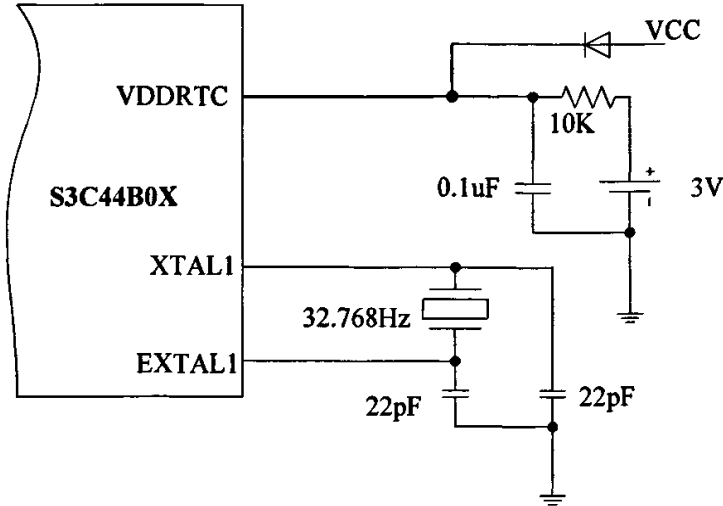


图 3-6 RTC 的晶振及供电

Fig. 3-6 Crystal and Power supply for RTC

3.3 通讯电路

城市灯光远程路灯控制器与外界的通信方式有两种，分别是串口通信和以太网通信。串口通信主要用于外接 GPRS 收发器，实现与监控中心无线通讯，另外，在 ARM 调试程序过程中，通常需要通过串口输出来查看运行结果。以太网通信由于其速率要比串口通信高很多，所以比较适合大通讯量（如嵌入式操作系统内核等大文件下载）时使用。

3.3.1 串口通讯接口电路

本设计中采用 GPRS 无线 MODEM 来实现路灯控制器的远程通信，在核心电路板上，需要设计一个 RS232 通讯接口让 S3C44B0X 和 GPRS 无线 MODEM 进行数据交换，通过该 MODEM 就可以让路灯控制器与路灯监控中心通信。

S3C44B0X 的 UART 单元提供两个独立的异步串行 I/O 端口^[19]，它们能够支持到最高波特率为 115.2kbps。但是 S3C44B0X 的接口是 3.3V 的 LVTTTL 电平，与 RS-232C 的电气特性（逻辑 1 的电平低于-3V，逻辑 0 的电平高于 3V）不一致，因此在本设计中，采用美国 MAXIM 公司的集成电路 MAX232 芯片实

现电平转换电路,其电路图如图 3-7 所示。S3C44B0X 的 TXD0、TXD1 和 RXD0、RXD1 分别连接 MAX232 的 T1IN、T2IN 和 R1OUT、R2OUT,在另一面,MAX232 的 T1OUT、T2OUT 和 R1IN、R2IN 连接到 DB9 串行接口。

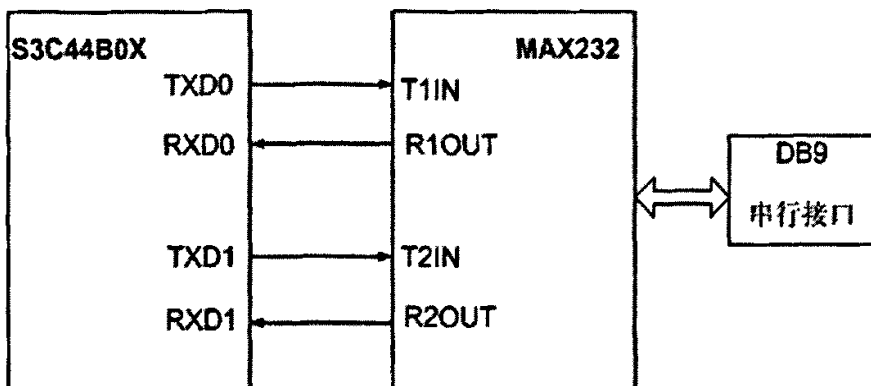


图 3-7 串口电路图

Fig. 3-7 Serial Port Schematic Diagram

3.3.2 以太网通讯电路

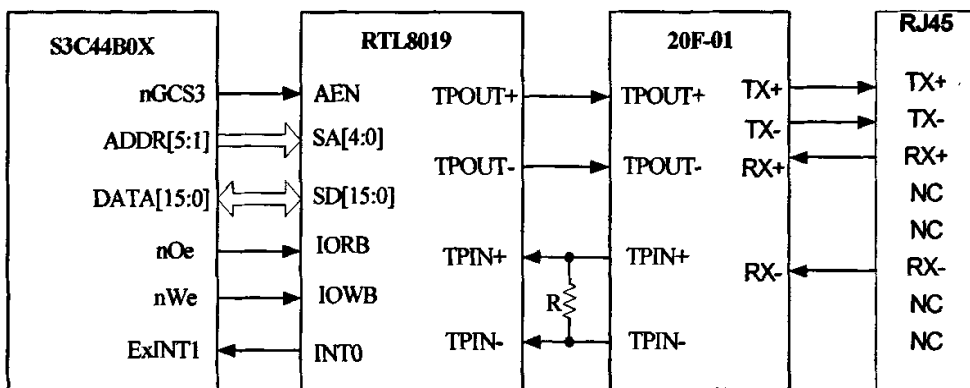


图 3-8 以太网接口电路

Fig. 3-8 Ethernet Interface Schematic Diagram

本设计中的以太网控制器选择 RTL8019,它属于高度集成的以太网控制器,为即插即用式 NE2000 兼容网络适配器提供了简易的解决方案。该控制器具有全双工和低功耗的特性。全双工的特性使得屏蔽双绞线上可以同时接收和发送

数据。RTL8019 支持跳线、即插即用、免跳线的工作方式^[21]。

本部分电路如图 3-8 所示，RTL8019 内部寄存器需要 32 个输入输出地址，由此虽然 RTL8019 一共有 16 条地址线，但是这些地址线只有在设计 ISA 接口时才需要，而与 S3C44B0X 连接时只需要其中的 SA[4:0] 共 5 根地址线即可对所有内部寄存器寻址。此处把 RTL8019 的片选脚连接到 S3C44B0X 的 nGCS3，由此网卡寄存器的起始地址为 0x06000000。RTL8019 的中断输出连接到 S3C44B0X 的外部中断 ExINT1。图中的 20F-01 是用于连接 RTL8019 和外部通讯电缆的网络耦合变压器，在 TPIN+和 TPIN-处并接一个 200 欧姆的电阻以阻抗匹配。

3.4 串行存储芯片 M24128

表 3-2 M24128 IIC 接口描述

Table 3-2 M24128 IIC Interface Pins Description

引脚	功能
WP	写保护输入
SDA	串行数据
SCL	串行时钟
VDD (VSS)	输入电压 (地线)
NC	未连接

在核心板电路中设计有一块 EEPROM 存储芯片 ST M24128，该存储芯片具有 128Kb 存储空间主要用于存放开关路灯时间表和其它一些在系统掉电时需要保存的数据。ST M24128 具有电可擦写的特性，允许擦写 1 百万次，数据保存至少 40 年时间，单电源供电，其供电范围为 2.5V-5.5V^[34]。

ST M24128 通过 IIC 总线接口与 S3C44B0X 进行数据交换。IIC 是一种双向两线制的串行总线，其只需要两条线——串行数据线 SDA 和串行时钟线 SCL 即可实现总线控制器和外围设备之间的数据交换。速度较快，能以 10Kbps 的最大传输速率支持 40 个组件。IIC 总线的另一个优点是，它支持多主控 (multimastering)，其中任何能够进行发送和接收的设备都可以成为主总线。在本设计中，IIC 总线上只有一片 ST M24128 且该芯片只作为从器件，通过被动

接收 IIC 总线上的主器件 (S3C44B0X) 的命令来进行读写操作。

M24128 信号描述和原理图如表 3-2 和图 3-9 所示。在两个串行线上通过 10K 电阻上拉到 VCC，增强数据读写的可靠性。

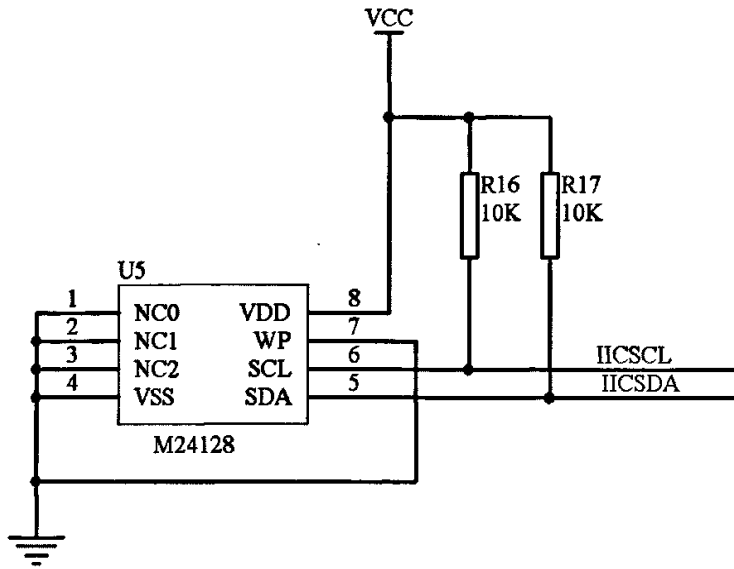


图 3-9 IIC 接口电路原理图

Fig. 3-9 IIC Interface Circuit Schematic Diagram

3.5 CPLD 扩展电路

在传统的硬件设计中，设计者总是根据系统的具体要求，选择市场上能买到的逻辑元器件，来构成所要求的逻辑电路，从而完成系统的硬件设计。尽管随着微处理器的出现，在由微处理器及其相应硬件构成的系统中，许多系统的硬件功能可以用软件功能来实现，从而在较大程度上简化了系统硬件电路的设计，但是，这种选择通用的元器件来构成系统硬件电路的方法并未改变。

CPLD (Complex Programmable Logic Device) 器件和 EDA 技术的出现改变了传统的设计思路，使人们可以通过设计芯片来实现不同的逻辑功能。新的设计方法能够由设计者自己定义器件的内部逻辑和管脚，将原来由电路板设计完成的大部分工作放在芯片的设计中进行。这样不仅可以通过芯片设计实现多

种逻辑功能，而且由于管脚定义的灵活性，减轻了原理图和印制板设计的工作量和难度，增加了设计的自由度和灵活性，提高了效率。同时基于芯片的设计还大大减少了所用芯片的种类和数量，缩小了体积，降低了功耗，提高了系统的整体性能。

在本设计采用 CPLD 芯片出于以下几点考虑：

- 扩展 S3C44B0 的 I/O 口，由于 S3C44B0 的 I/O 口资源有限，无法满足灯光终端的继电器控制、开关量输入的需要；
- ARM 芯片数据总线扩展，为了提高核心板的扩展灵活性，便于将来功能升级，需要预留扩展需要的数据总线接口，而 CPLD 的延时小、工作频率高等特点可以满足实现数据总线扩展需要；
- 兼容外围电路电平，由于 S3C44B0 采用的是 2.5V 核心电压，3.3V 的 I/O 口电压，而外围电路芯片通常是 5V 供电的，利用 CPLD 芯片 EPM7128S 的 MultiVolt I/O 特点以解决 S3C44B0 与外围芯片不同电平接口问题。

3.5.1 EPM7128S 简介及其外围电路设计

本设计采用的 EPM7128STC100-7 属于 Altera 公司推出的 MAX7000S 系列的 CPLD；采用 COMS E2PROM 工艺，传输延迟仅为 5ns；内部具有丰富的资源—128 个宏单元、2500 个用户可编程门；而且具有 84 个用户可编程的 IO 口，为系统定义输入、输出和双向口提供了极大的方便；EPM7128S 同时还提供了 JTAG 接口，可进行 ISP 编程。为了适合混合电压系统，EPM7128S 支持 MultiVolt I/O 接口特性，因此它可以与不同电压系统相连，EPM7128S 的 I/O 口可以通过设置来实现 3.3V 或 5.0V 的操作电压^[31]。其中，电源引脚 VCCINT 是内核逻辑与输入缓冲的供电，要求与 5.0V 电源相连，此时输入电压阈值为 5V TTL 电平，因此它能够兼容 3.3V/5V 输入。电源引脚 VCCIO 给输出驱动供电，输出口的逻辑电平范围为 0V~VCCIO，根据输出的电平要求选择接 3.3v 或者 5.0v。本设计采用 EMP7128S 作为逻辑电平转换接口，使输入配置为 5V，输出配置为 3.3V，对于一些输出驱动 5V COMS 器件的 IO 口，配置输出口为 OC 门，外接上拉电阻，拉到 5V 电压，只是编程中要注意输出口的逻辑反向。

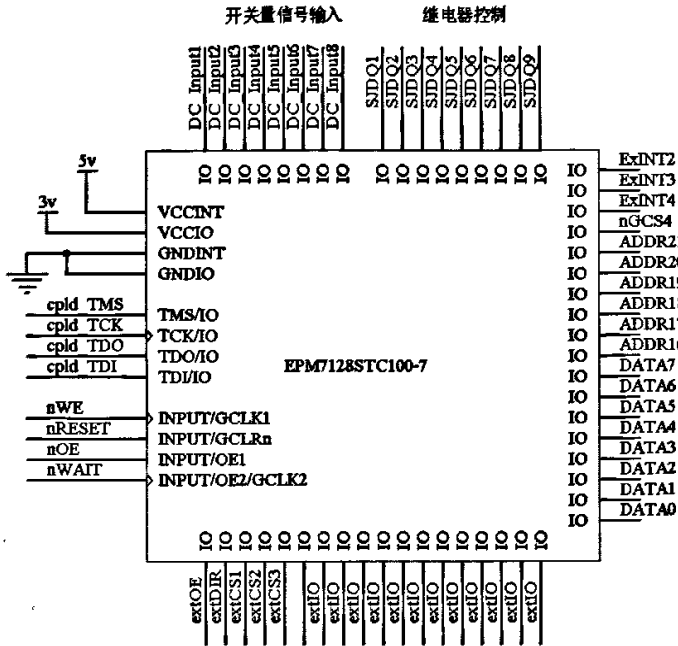


图 3-10 CPLD 电路图

Fig. 3-10 CPLD Circuit Schematic Diagram

CPLD 部分电路原理图如图 3-10 所示。

由于篇幅有限,上图省略了 EPM7128STC100 的部分 IO 引脚。图中, VCCIO 接 VCC=3.3v, VCCINT 接 VCC5.0=5.0v; DATA0~DATA7 为 S3C44B0X 的数据总线低 8 位; ADDR16~21 为 S3C44B0X 的地址总线中的 6 位; nGCS3,nGCS4 是 S3C44B0X 的地址空间分区选择信号线; ExINT2,ExINT3 是 S3C44B0X 的中断信号线; nWE, nRESET, nOE, nWAIT 是 S3C44B0X 的系统总线控制信号线; EPM7128STC100 的第 4,7,62,15 管脚为 JTAG 接口; 剩下的 IO 口可以根据需要对其进行编程实现 S3C44B0X 的 IO 扩展。在本设计中, CPLD 的输出用于继电器控制, 直流开关量信号输入, 以及提供系统数据总线扩展时需要的 DIR、OE 及片选控制信号。

3.5.2 JTAG 与 ByteBlasterII 下载线

EPM7128S 支持在系统编程(ISP, In System Program), 编写好的 HDL 程序编译后通过下载线下载到 EPM7128S 才能工作。EPM7128S 采用的是 JTAG 方式来下载数据, 其接口定义如表 3-3 所示:

表 3-3 CPLD 10 针 JTAG 口管脚定义

Table 3-3 Interface Definition of CPLD 10-pin JTAG

引脚	信号名	描述
1	TCK	时钟
2	GND	信号地
3	TDO	器件输出数据
4	VCC	电源
5	TMS	JTAG 状态机控制
6	—	NC
7	—	NC
8	—	NC
9	TDI	发送到器件的数据
10	GND	信号地

本设计采用的下载线是 Altera 新一代的并行口下载电缆——ByteBlasterII, 它一端接计算机并行口 25-pin 公头, 另一端连接到 PCB 板上的 CPLD JTAG 插座。

3.5.3 数据总线扩展电路

本设计通过总线收发器 SN74LVT16245B 来外扩一个数据总线接口, 如图 3-11 所示, SN74LVT16245B 的 A port 接 S3C44B0 的 Data0~ Data15, 使能 extOE 和方向控制 extDIR 信号由 CPLD 内部逻辑根据系统的 nWe, nOE 给出。另外扩展接口需要的地址片选信号由 CPLD 的 extCS1, extCS2 等提供, 根据外部扩展的需要可以由 CPLD 提供更多的片选信号。

SN74LVT16245B 是具有三态输出的 3.3V ABT 16 位总线收发器芯片, 属于 TI Widebus 系列产品。支持混合信号系统应用 (采用 3.3V 供电, 兼容 5V

输入输出), 虽然采用低电压 3.3V 供电, 但是其接口兼容 5V 的 TTL 电平^{[32][47]}。芯片上的 DIR 和 OE 脚分别控制信号传递方向和端口输出使能。它的 $V_{OH} > V_{CC}-0.2V$, $V_{OL}=0.2V$; $V_{IH} > 2V$, $V_{IL} < 0.8V$ 。

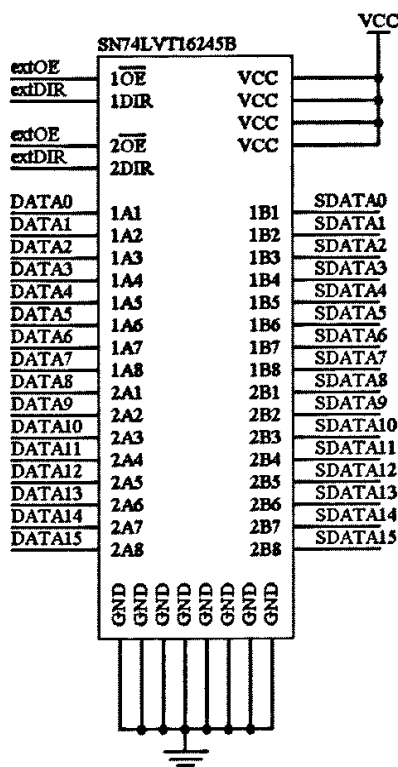


图 3-11 数据总线扩展接口

Fig. 3-11 Data Bus Expantion Interface

3.6 四层电路板设计

印制电路板 (PCB) 在电子产品中, 起到支撑电路元件和器件的作用, 它同时还提供电路元件和器件之间的电气连接。PCB 的设计, 远远不仅是排列、固定元器件、连通器件的引脚这么简单, PCB 设计的好坏对产品的抗干扰能力影响很大, 甚至对今后产品的性能起着决定性的作用。随着电子技术的发展, 元器件和产品的外型尺寸变得越来越小, 工作频率越来越高, 使得 PCB 上元器件的密度大幅提高, 对于这些复杂的设计, 通常采用 4 层及以上的 PCB 设计。

本路灯控制器核心电路板按四层电路板设计出于以下几点原因;

- S3C44B0 最高可工作于 66MHz 频率, 工作频率较高;
- 电路板中存在多种不同电压电源, 工作现场环境恶劣, 对稳定性要求高;
- 元件众多, 封装管脚密度大, 走线复杂。

3.6.1 四层电路板的结构

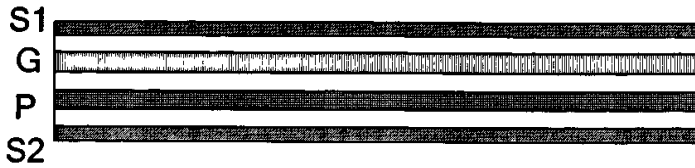


图 3-12 四层板构成图

Fig. 3-12 Construction of 4-Layer PCB

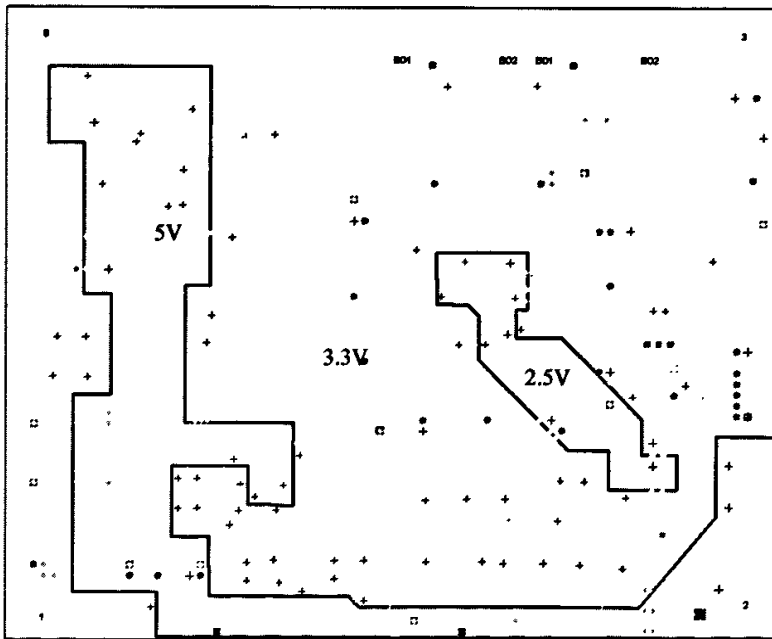


图 3-13 电源层分隔图

Fig. 3-13 Split of Power Plane

在核心电路板的 PCB 设计中,四个层分配^{[45][49]}如图 3-12 所示。上下 S1,S2 是信号层,中间的 G 为接地层, P 为电源层。其中,电源层 P 利用分隔分成三个部分,分别对应于 5V, 3.3V, 2.5V。由于 24V 只分布于很小范围内,所以在电源层 P 中没有划分出专门的 24V 区域。电源层内各分隔划分如图 3-13 所示。接地层 G 利用分隔分成两部分,一个是 GND,它对应于 5V, 3.3V, 2.5V 的地,另一个是 GA,对应于 24V 的地。

3.6.2 布线规则设置

一个好的 PCB 设计,在布局布线前完整合理的布线规则是非常重要的。表 3-4 是本设计中部分关键布线规则的设置:

表 3-4 布线规则
Table 3-4 Rule of Routing

规则名称	规则内容
Clearance Constraint	6mil - 8mil
Routing Corners	45 degrees
Routing Via Style	15mil/30mil - 20mil/40mil
Width Constraint	8mil - 100mil

另外,在布线过程中,在电源地线之间加上去耦电容,以提高电源回路的抗干扰能力。尽量减少过孔数量,减小寄生电容的产生^[45]。在微处理器的输入输出信号中,有相当一部分是相同类型的,例如数据线、地址线、信号线。对于这些相同类型的信号线应该成组、平行分布,并注意它们之间的长短差异不要太大,从而减少干扰,增加系统的稳定性,还可以使布线变得简单,印刷电路板的外观更加整齐美观。

第4章 远程路灯控制器扩展板电路

远程路灯控制器扩展板电路主要包括三个部分：三相电参数采集部分、开关量输入部分、继电器输出控制部分和其它扩展部分。

4.1 电源电路设计

扩展板是一个包含有数字模拟混合信号的电路，其中，继电器驱动电路是一个消耗大电流的电路，根据以上特点，扩展电路板的电源主要构成如表 4-1 所示。另外，因为在继电器动作的瞬间，线圈上的电流波动和干扰很大，所以在 PA 输入处并联一个 2200 μ F 电解电容和一个 0.1 μ F 电容。其中数字地 GND 和模拟地 AGND 最后在开关电源处短接。

表 4-1 扩展板电源设计

Table 4-1 Peripheral-board Power Design

代号	电压值	对应地	供电对象
PA	24V	GA	继电器、开关量输入
VCC	5V	GND	交流电参数处理电路的数字电源
AVCC	5V	AGND	交流电参数处理电路的模拟电源

4.2 电参数采样电路

本路灯控制器的交流电参数采样电路以珠海炬力的 ATT7022B 电能计量芯片和交流模拟量输入电路组成。

4.2.1 交流电参数测量原理

通常，测量交流电参数的方法如下。对电流、电压信号每个工频周期采样 N 个点，再根据数字信号处理理论，对采样值作傅里叶变换计算出电压/电流有效值、有功、无功、功率因数等各种所需量值^{[13][14][8][9]}。

设灯光回路电压、电流含有 L 次谐波且为以下形式

$$u(t) = \sum_{n=1}^L u_n(t) = \sum_{n=1}^L U_{nm} \sin(n\omega t + \alpha_n) \quad (4.1)$$

$$i(t) = \sum_{n=1}^L i_n(t) = \sum_{n=1}^L I_{nm} \sin(n\omega t + \beta_n) \quad (4.2)$$

对于测量到的 N 点电压序列 $\{u(n)\}$ 和电流序列 $\{i(n)\}$, 则可构造一个复序列为

$$x(n) = u(n) + ji(n) \quad (0 \leq n \leq N-1) \quad (4.3)$$

对 $x(n)$ 进行 DFT 变换, 有

$$X(k) = DFT[x(n)] = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} [x(n)e^{-j(2\pi/N)nk}] \quad (4.4)$$

可导出各次 ($0 \leq k \leq N/2-1$) 谐波电压和电流的有效值、功率如下^[11],

$$U_k = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{[XI(N-k) - XI(k)]^2 + [XR(k) + XR(N-k)]^2} \quad (4.5)$$

$$I_k = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{[XR(k) - XR(N-k)]^2 + [XR(N-k) + XR(k)]^2} \quad (4.6)$$

$$P_k = XR(k) \cdot XI(N-k) + XI(k) \cdot XR(N-k) \quad (4.7)$$

$$Q_k = \frac{1}{2} [XR^2(k) + XI^2(k) - XR^2(N-k) - XI^2(N-k)] \quad (4.8)$$

上式中 XR 、 XI 分别为 X 的实部和虚部。

根据以上结果, 可得电压和电流的有效值、有功功率、无功功率、功率因数为

$$U = \sqrt{\sum_{n=1}^L U_n^2} \quad (4.9)$$

$$I = \sqrt{\sum_{n=1}^L I_n^2} \quad (4.10)$$

$$P = \sum_{n=1}^L P_n \quad (4.11)$$

$$Q = \sum_{n=1}^L Q_n \quad (4.12)$$

$$\cos(\phi) = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \quad (4.13)$$

由上可见,要精确测量交流电参数,通常需要进行大量地 DFT 运算,精度要求越高,运算量越大,占用大量的处理器资源。此外,对采样硬件电路要求也非常高,通常要用 DSP 处理器才能达到现场工业控制的要求。因此,很多公司推出了专门用于解决交流电参数测量的芯片。

4.2.2 ATT7022B 的选择与使用

目前国外常用的电参数测量芯片种类比较多,比较有代表性的如 AD 公司的 ADE7758、ATMEL 公司的 AT73C500、SAMES 公司的 SA9904B 等^[12]。本设计采用的 ATT7022B 是珠海炬力公司电能专用计量芯片系列中的一员,由于其可靠性高、价格适中和易于编程使用等优点,目前在国内已经有 10K 的量产纪录^[10]。

ATT7022B 是一种精度高且功能强的多功能窃电经济基波谐波三相电能专用计量芯片,它集成了七路 16 位 ADC,其中三路用于三相电压采样,三路用于三相电流采样,还有一路可用于零线电流或其它窃电参数的采样,输出采样数据和有效值。电流通道有效值在 2mv 至 1v 的范围内线性误差小于 0.5%;电压通道有效值在 10mV 转 1V 的范围内线性误差小于 0.5%。

根据路灯控制现场的实际情况,每台路灯控制终端一般最多控制 9 条灯光支路,所以本设计使用 3 块 ATT7022B 总共可以测量 9 条灯光支路电参数。

4.2.3 模拟量输入电路

电参数采样电路的模拟量分电压电路两种。

电压信号输入电路如图 4-1 所示。用导线并联灯光回路引出电压信号,通过一个 110k 的电阻将电压转换成电流信号,通过电流互感器 PT01,再将电流转换成电压信号,由于采用了互感器,将芯片与电网进行了隔离,从而可以获得良好的抗干扰性能。类似的,通过两级互感器把灯光回路的电流信号引入

到电参数处理芯片，其电路示意图如图 4-2 所示。

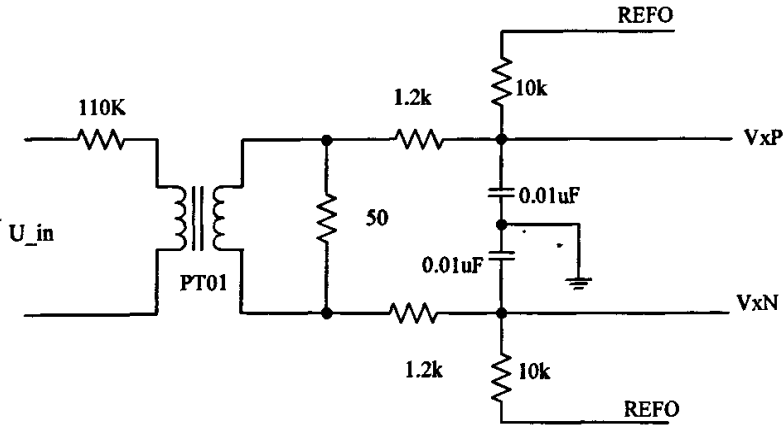


图 4-1 采样电压输入电路

Fig. 4-1 Voltage Signal Input Circuit

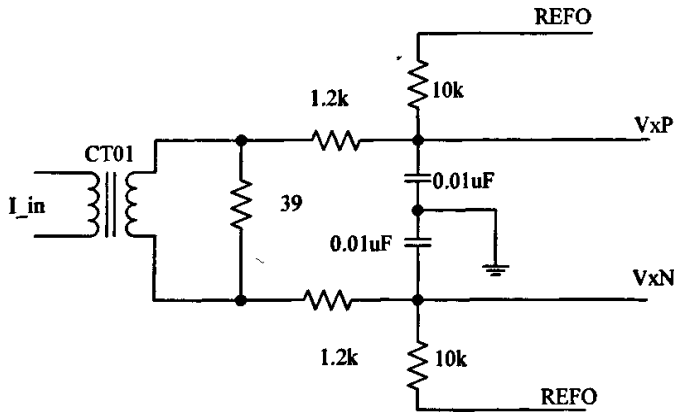


图 4-2 电流信号输入

Fig. 4-2 Current Signal Input Circuit

对于模拟量输入需要注意的地方是, ATT7022B 输入引脚的 VxP 和 VxN 的直流偏置电压为 2.45v 左右, 偏置电压由 ATT7022B 的第 11 脚 REFOUT 提供, 否则不能准确测量。另外, 被测电流、电压信号输入电路中, 电阻 1.2k 和电容 0.01uF 构成了抗混叠滤波器, 其结构和参数要讲究对称, 从而保证测量精确度。

4.2.4 与 S3C44B0X 的接口考虑

电能计量芯片 ATT7022B 对模拟输入通道送来的电压、电流信号进行 AD 转换及 DSP 处理后将结果保存在相应的内部寄存器中。这些处理结果都可以通过 ATT7022B 的 SPI 口输出给 ARM 处理器。ATT7022B 采用 5V 电源供电，其 SPI 口电平为 5V 电平。其要接口电平范围是： $V_{IH} > 2.5V$, $V_{IL} < 0.8V$; $V_{OH} > 2.5V$, $V_{OL} < 0.8V$ 。

在本设计中，利用 S3C44B0 的普通 I/O 引脚来实现 SPI 接口功能。考虑到 ARM 的 I/O 口电平为 3.3v 电平，而 ATT7022B 是 5V 电平，所以 S3C44B0 引出的 I/O 线先通过 SN74LVT16245B，再连到 ATT7022B，以解决电平匹配问题^{[32][33]}。

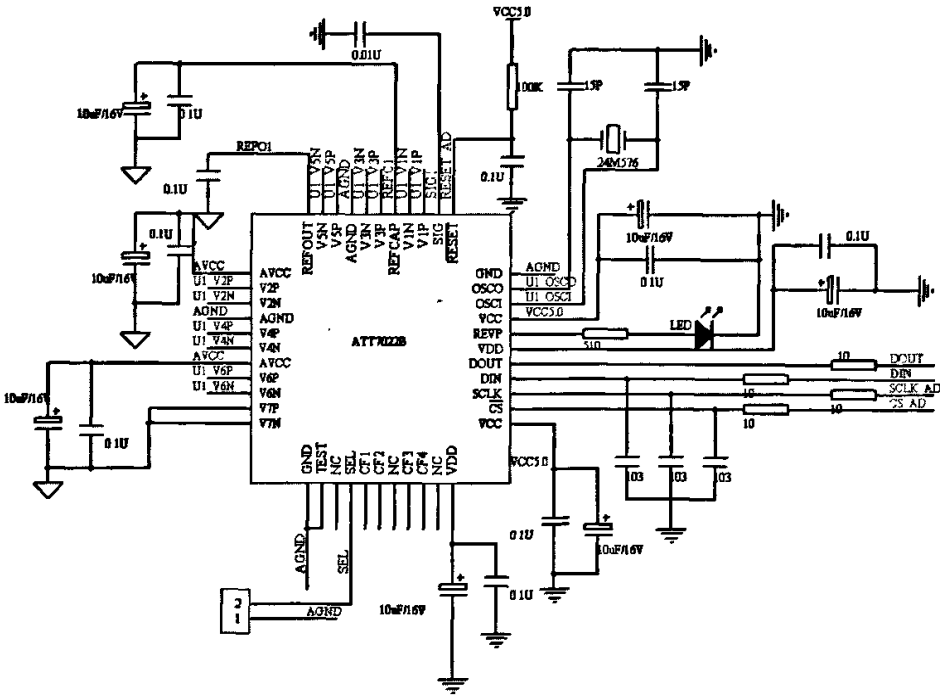


图 4-3 ATT7022B 外围电路图

Fig. 4-3 ATT7022B Schematic Diagram

4.2.5 抗干扰设计

由于交流电参数采集电路具有强弱电混合，数模电混合等特性，所以在电

路原理设计及 PCB 布线需要做以下几点处理：

1. 在模拟量输入端，使用互感器将芯片与电网进行了隔离，从而可以获得良好的抗干扰性能。

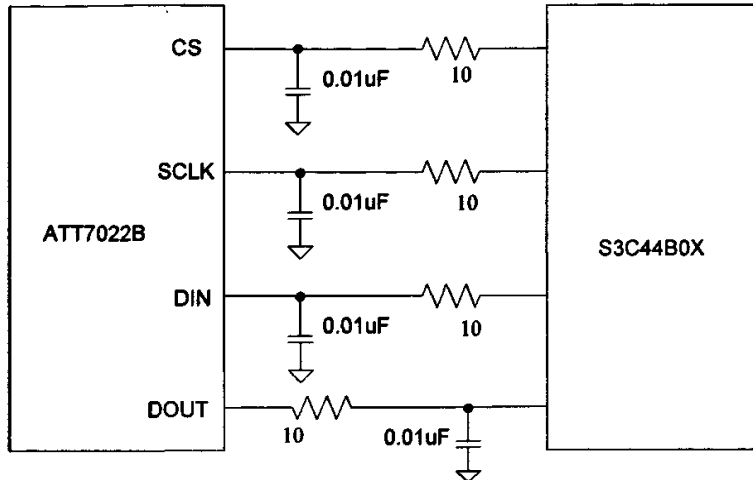


图 4-4 SPI 接口滤波电路

Fig. 4-4 Filter for SPI Interface

2. SPI 通讯连续尽量短，并且在 SPI 信号线上串联一个 10Ω 电阻，并在信号输入端加一个去耦电容，它们构成一个低通滤波器，从而消除接受信号的高频干扰。其图示如图 4-4。

3. 元器件布局上强弱电信号分开。

4. 电源滤波电容要靠近芯片管脚，使信号先接滤波电容再接芯片电源引脚，且不要过细。

5. 根据本芯片的说明要求，在布 PCB 时，ATT7022B 的模拟地和数字地就近连接，不要区分，尽可能减少地线上的电子、电感及分布电容。

6. 晶振是高频器件，在它的信号线附近布大面积地，不用其它信号从中穿过。

4.3 继电器控制接口电路

路灯控制中，使用交流接触器来进行路灯支路的供电，而 ARM 是通过继电器的控制来实现对交流接触器的控制的。本设计中继电器的控制电路如图

4-5 所示:

本路灯控制终端需要通过控制一个工作线圈为 24V 的继电器来间接控制主回路中的交流接触器。CPLD 的 I/O 口输出经过光耦隔离连接到 MC1413 的输入端, MC1413 是常用的继电器驱动芯片, 其输出直接驱动继电器。在这里光耦的两边分别是 3.3v 和 24v 供电, 两端的的地线也隔开, 防止外部干扰信号串入核心板。二极管 D 用于继电器的泄流。

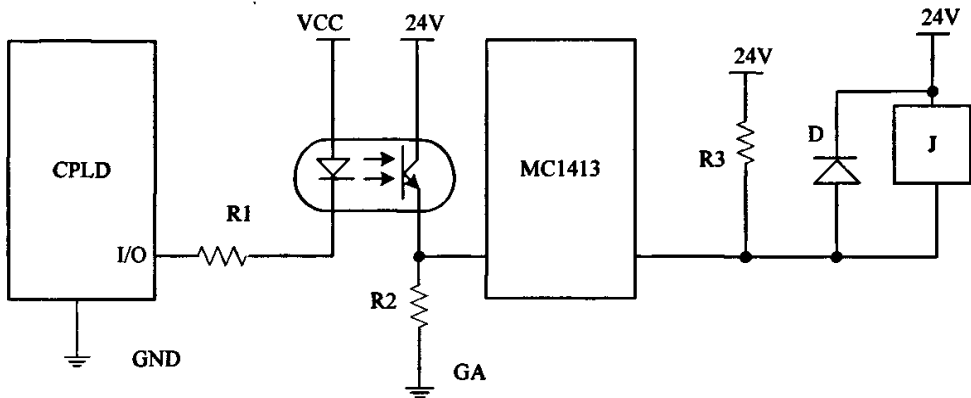


图 4-5 继电器控制电路

Fig. 4-5 Relay Control Circuit

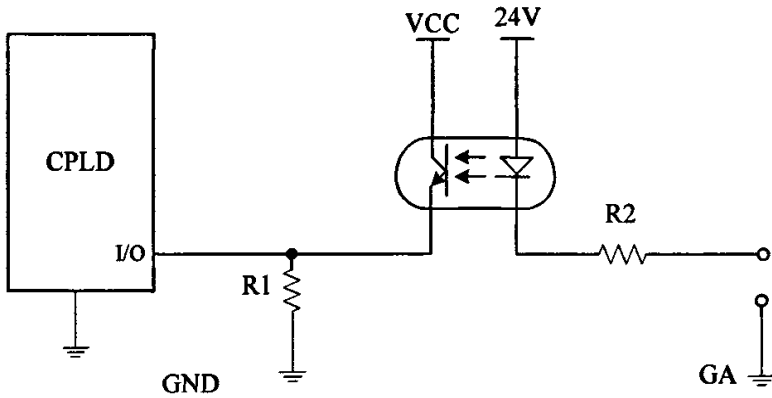


图 4-6 开关量输入电路

Fig. 4-6 Digital Parameter Input Circuit

4.4 开关量输入电路

路灯控制器内扩展板设计有 10 路开关量输入,可以用来监视交流接触器的吸合状况。该部分电路如图 4-6 所示,其主要运用 CPLD 来获取外部开关量状态,另外使用光耦隔离增强抗干扰能力以及实现电平转换。

第5章 城市路灯控制器软件设计

城市路灯控制器软件包括两大部分，第一部分是 CPLD 的 Verilog HDL 编程，实现系统总线扩展，ARM 的 IO 口扩展等功能；另一部分就是需要运行于 ARM 的路灯控制程序，需要完成与上位机通讯，控制现场路灯开关，采集现场数据等功能。

5.1 CPLD 编程

5.1.1 硬件编程语言 Verilog HDL 简介

Verilog HDL 是硬件描述语言的一种，用于数字电子系统设计。它允许设计者进行各种级别的逻辑设计，也可以进行数字逻辑系统的仿真验证、时序分析、逻辑综合操作，是目前应用最广泛的硬件描述语言之一^[37]。据有关文献报道，目前美国使用 Verilog HDL 进行设计的工程师大约有 10 万多人，全美国有 200 多所大学教授使用 Verilog HDL 进行教学^[42]。

Verilog 不但适合系统级 (System Level)、算法级 (Alogrithem Level)、寄存器传输 (Register Transfer Level, RTL)、逻辑级 (Logic Level)、门级 (Gate Level)、开关级设计 (Switch Level)，也适合特大型 (千万门以上) 的系统级设计。

5.1.2 Quartus II 简介

Quartus II 是 Altera 公司的新一功能更强的集成 EDA 开发软件，使用 Quartus II 可以完成从设计输入、综合适配、仿真到下载的整个设计过程，而且 QuartusII 也可以直接调用 ModelSim 等第三方 EAD 工具来完成设计任务的综合和仿真。它具有如下特点^{[36][40]}：

- 支持多时钟分析、LogicLock™ 基于块的设计、SOPC (单芯片可编程系统)；
- 易于管脚分配和时序约束；
- 对于 Fmax 的设计具有很好的效果；

- 强大的 HDL 综合能力；
- 方便地与第三方工具如综合、仿真等配合一起工作；
- 支持的器件种类众多。

下面是 QuartusII 设计流程的示意图：

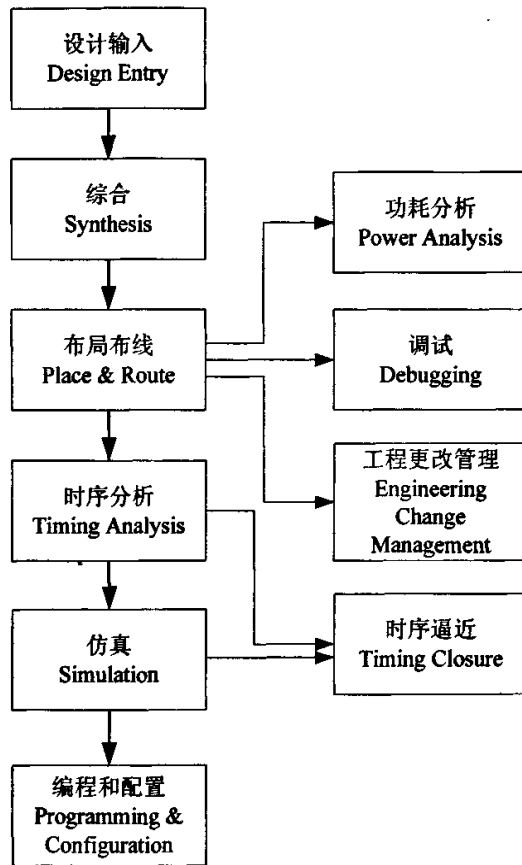


图 5-1 Quartus II 设计流程

Fig. 5-1 Design Flow Chart of Quartus II

5.1.3 CPLD 程序设计

本设计中，CPLD 要实现以下几个功能：

- 继电器控制；
- 开关量输入；

- 数据总线扩展口的 OE, WE, DIR 信号的实现;

把 nGCS4 和 ADDR21~16 作为 CPLD 的地址输入,从而可得出 CPLD 的地址范围是: 0x0800xxxx ~ 0x083ffxxxx。再根据 nWe, nOe 以及数据总线 Data0-7 可以对继电器控制、开关量输入等编程实现。另外,由电路板上的复位芯片 MAX811 给 CPLD 提供复位信号 nReset,该信号上电之后保持 140ms 的低电平,然后上跳到高电平;同时还用电阻电容提供一个上电之后下从高电平变成低电平的信号 Reset2。以上两个信号用于 CPLD 的初始化。

(1) 常量定义

```
//该处地址的格式: nGCS4+MCU_addr[5:0] 一共 7 位
`define JDQaddr 7'b001_0000 //继电器控制地址 1
`define JDQ2addr 7'b001_0001 //继电器控制地址 2
`define U22port1addr 7'b001_0100 //开关量输入口 1
`define U22port2addr 7'b001_0101 //开关量输入口 2
`define ExtendDatabusaddr1 7'b001_0110 //数据总线扩展接口 1
`define ExtendDatabusaddr2 7'b001_0111 //数据总线扩展接口 2
//定义总线状态标志
`define no_rw 3'h0
`define JDQ_rw 3'h1 //继电器控制口 1
`define JDQ2_rw 3'h6 //继电器控制口 2
`define U22port1_rw 3'h2 //开关量输入
`define U22port2_rw 3'h3
`define ExtendDatabus1_rw 3'h4 //扩展口
`define ExtendDatabus2_rw 3'h5
```

(2) 模块定义

```
module IOextend1(nGCS4,MCU_data,MCU_addr,
                exint2,exint3,exint4,
                nWe,nOe,nWait,nReset,Reset2
```

```

JDQPORT,JDQPORT2,
extenddata_cs1,extenddata_cs2,
extenddata_oe, extenddata_dir,
U22port1,U22port2 );

```

(3) 确定访问地址的进程，在该进程中，每当系统地址总线变化的时候，该进程被触发，主要确定 S3C44B0X 访问的外部地址范围，然后给相应的总线状态标志置位。

```

always @(nGCS4 or MCU_addr)
begin
MCUaddr_reg={nGCS4,MCU_addr};
if(MCUaddr_reg==`JDQaddr) addr_sel=`JDQ_rw;
else if(MCUaddr_reg==`JDQ2addr)
    addr_sel=`JDQ2_rw;
else if(MCUaddr_reg==`U22port1addr)
    addr_sel=`U22port1_rw;
else if (MCUaddr_reg==`U22port2addr)
    addr_sel=`U22port2_rw;
else if (MCUaddr_reg==`ExtendDatabusaddr1)
    addr_sel=`ExtendDatabus1_rw;
else if (MCUaddr_reg==`ExtendDatabusaddr2)
    addr_sel=`ExtendDatabus2_rw;
else addr_sel=`no_rw;
end

```

(4)对输入输出寄存器读写进程，该进程用边沿触发的方式。S3C44B0X 系统总线上的读写信号线的下降沿，或者是阻容复位的输入脚 Reset2 的下降沿时，都会触发该进程。系统输出口的初始化工作也是在该进程中完成。

```
always @(   negedge nWe  or negedge nOe  or  negedge  Reset2)
```

```
begin
```

```
  if(!Reset2)
```

```
    begin
```

```
      if(!nReset)
```

```
        begin
```

```
          ..... //输出口的初始化, 此处省略
```

```
        end
```

```
      end
```

//在总线写周期, 此时 nWe 为低电平, 在这里通过地址选择标志 addr_sel 来选择对相应输出寄存器的赋值。在这里主要是继电器的输出赋值。

```
      if(!nWe)
```

```
        begin
```

```
          case(addr_sel)
```

```
            `JDQ_rw: //写继电器口
```

```
              begin
```

```
                JDQPORT_reg<=MCU_data;
```

```
              end
```

```
            ..... .....
```

```
          endcase
```

```
        end
```

//在总线读周期, 此时 nOe 为低电平, 在这里通过地址选择标志 addr_sel 来选择对相应输入寄存器的赋值。在这里主要是读取开关量的输入。

```
      if(!nOe)
```

```
        begin
```

```
          case(addr_sel)
```



```

//开关量输入
`U22port1_rw:   MCU_data_reg<=U22port1;
`U22port2_rw:   MCU_data_reg<=U22port2;
.....
default:
endcase
end
end
end

```

(5) 给各输出赋值, 在这里比较特殊的就是数据总线 MCU_data[7:0]的赋值, 由于它是一个输入输出双向口, 所以要根据当前的读写状态确定其状态。

```

assign MCU_data=((nOe==1'b0)&&
((addr_sel==`U22port1_rw)||((addr_sel==`U22port2_rw)))? MCU_data_reg:8'hz;

```

5.1.4 仿真

在 Quartus II 6.0 综合后用其内 RTL 查看器查看综合结果^[38], 另外可以在仿真器仿真如图 5-2 示, 图中 JDQPORT 是继电器控制量输出 (这里只列出其中 8 位输出), extenddata_oe, extenddata_dir, extenddata_cs1, extenddata_cs2 是数据总线外接扩展口的控制线的的信号输出。

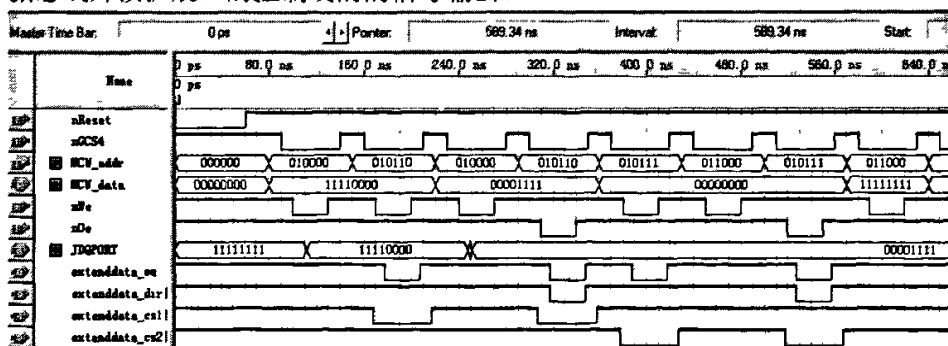


图 5-2 CPLD 仿真时序图
Fig. 5-2 CPLD Simulation Timing

5.2 路灯控制程序

路灯控制程序是运行于 S3C44B0 的程序,主要完成路灯控制器的路灯控制和与上位机通讯等主要功能。

5.2.1 程序流程

路灯控制程序包括以下几个功能部分:系统初始化、串口通讯程序、电参数采集处理程序、实时时钟程序、继电器控制程序、报警程序等。其流程如图 5-3 所示。

5.2.2 电参数采集

电参数采集部分的程序包括:SPI 读、SPI 写、ATT7022B 校表程序等。

ATT7022B 的 SPI 通讯格式为 8 位地址,24 位数据,MSB 在前,LSB 在后对每个寄存器的读写 CS 信号需动作一次^[10],也就是说,通讯开始时 SCLK 为低电平,CS 由高到低,经过 32 个时钟脉冲 SCLK,CS 由低到高,完成一个寄存器的读或写操作。ATT7022B 在时钟的下降沿从 DIN 线上取 ARM 送出的数据,在上升沿从 DOUT 线上向 ARM 送出数据。

1. SPI 读操作

如图 5-4 所示为 ATT7022B 通过 SPI 读电参数测量结果操作流程,下面是 SPI 读函数的函数原型:

```
unsigned int ATT7022BReadSpi(U8 iSpiCom, U8 iSpiChannel)
```

其中, iSpiCom 为寄存器地址, iSpiChannel 为片选值, 该函数返回值为读出的结果。

2. SPI 写操作

SPI 写操作和读操作类似,区别在于 S3C44B0X 发送一个字节命令结束后,接着就从 DIN 口发送 24 位的数据。以下是该函数的原型:

```
void ATT7022BWriteSpi(U8 iSpiCom, U32 piSpiData, U8 iSpiChannel)
```

其中, iSpiCom 为寄存器地址, piSpiData 为待写入的数据, iSpiChannel 片选值。

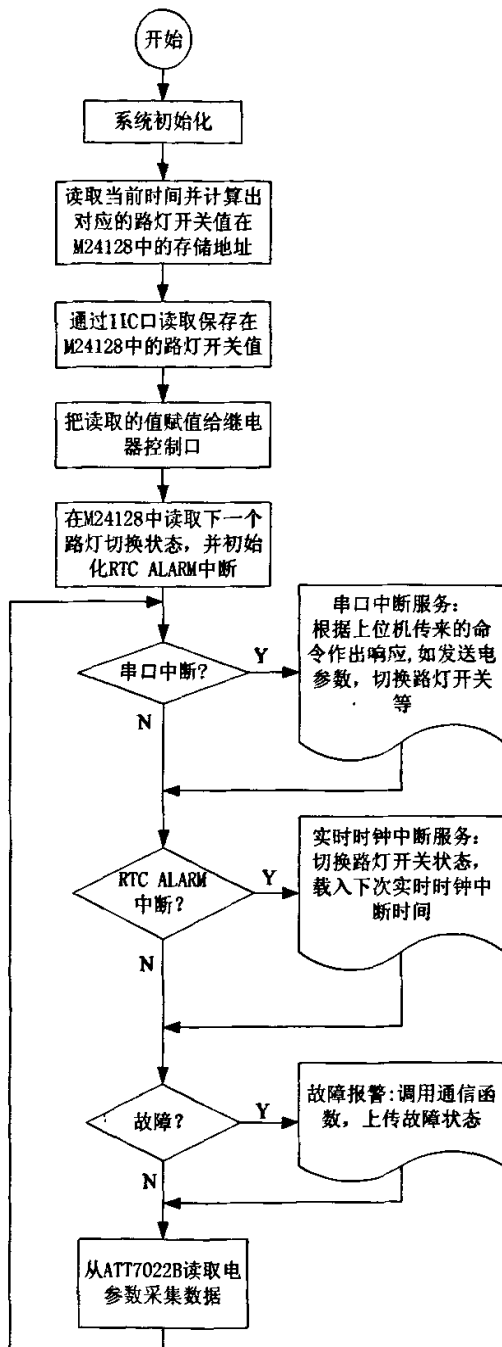


图 5-3 路灯控制程序流程总图

Fig. 5-3 Street Lights Control Program Flow Chart

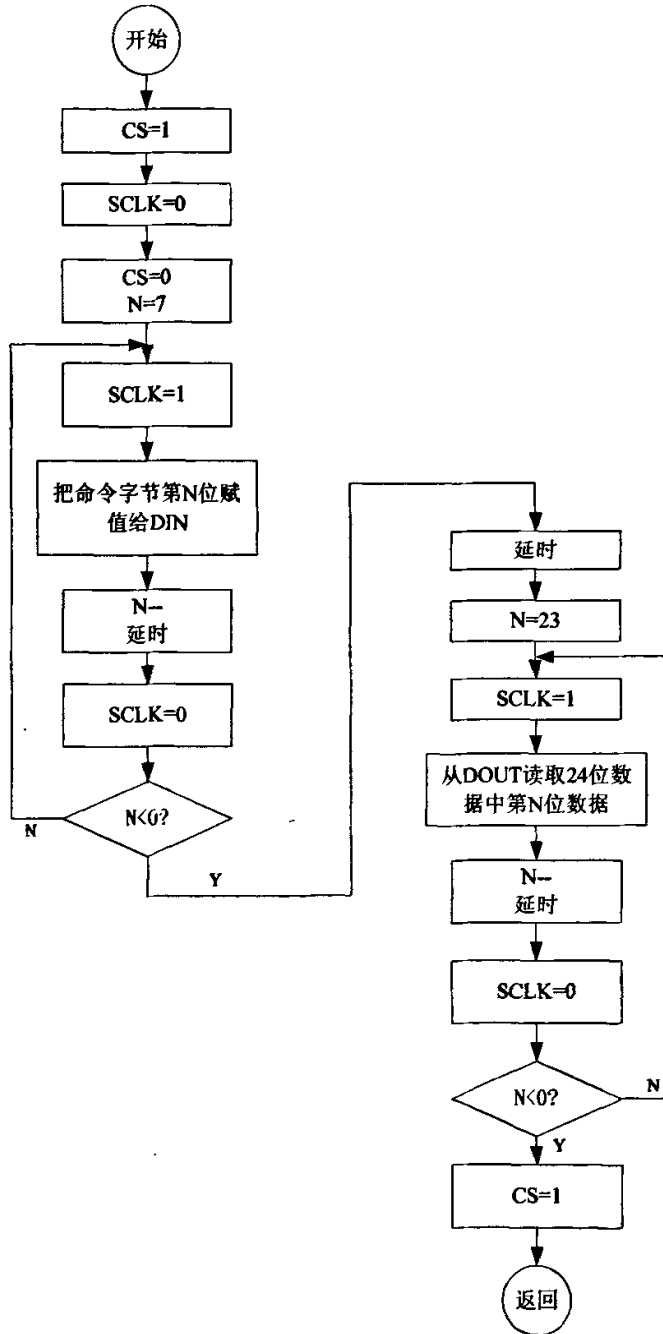


图 5-4 SPI 读操作流程

Fig. 5-4 SPI Read Process Flow Chart

3. ATT7022B 软件校表

ATT7022B 上电复位后, 校表寄存器的初始数据为默认值, 在此时读出的计量参数值和实际参数值不符, 因而需要对校表寄存器进行设置, 以将测量值减小到误差范围之内。校表主要项目包括: 电压校正、电流校正、功率增益校正、相位校正等。下面主要介绍电压校正的过程。

电压校正寄存器为 U_{gainA} , U_{gainB} , U_{gainC} , 在 ATT7022B 复位时, 这些寄存器的值为 0, 所以可以在采样通道输入处输入一个电压值, 通过标准表读出有效值为 U_r , 调用 SPI 读函数读取电压有效值寄存器 r_URmsa , r_URmsb , r_URmsc 得到电压有效值 $DataU$ 。此时, 根据 ATT7022B 的说明手册^[10]可知测量值对应的实际结果为: $U_{rms} = DataU \times 2^{10} / 2^{23}$, 那么有 $U_{gam1} = (U_r / U_{rms}) - 1$, 最后可算出校正值:

$$U_{gam} = \begin{cases} INT[U_{gam1} \times 2^{23}] & (U_{gam1} \geq 0) \\ INT[2^{24} + U_{gam1} \times 2^{23}] & (U_{gam1} < 0) \end{cases} \quad (5-1)$$

式中 INT 表示取整运算。把上式计算结果 U_{gam} 写入 U_{gainA} , U_{gainB} , U_{gainC} 即完成电压有效值的校正。类似地可以进行其它项目的校正。

5.2.3 继电器控制与开关量输入

继电器的控制引脚都是连接到 CPLD 的 IO 口上的, 所以对继电器开断控制就相当于给 CPLD 的 IO 口设置输出值。在本设计中, 与 S3C44B0 与 CPLD 相连的是 8 位数据线, 所以一次可以发送 8 位数据。由于本路灯控制器最多控制 9 路灯光支路, 所以需要分成 8 部分来传送。在这里地址安排如表 5-1 所示。

在程序中对端口进行如下代码所示的定义之后就可以像普通 IO 口一样在程序中使用他们。

```
#define JDQport (*(volatile unsigned char*)0x8100000)
#define JDQport2 (*(volatile unsigned char*)0x8110000)
#define U22port1 (*(volatile unsigned char*)0x8140000)
#define U22port2 (*(volatile unsigned char*)0x8150000)
```

```

//改变继电器状态:
JDQport=NextTime.JDQ1;
JDQport2=NextTime.JDQ2;
//读取开关量输入的值
JDQstate1= U22port1;
JDQstate2= U22port2;

```

表 5-1 CPLD 输入输出地址分配表
Table 5-1 CPLD I/O Address Assignment

名称	变量名	地址
继电器控制端口 1	JDQPort1	0x8100000
继电器控制端口 2	JDQPort2	0x8110000
开关量输入端口 1	U22Port1	0x8140000
开关量输入端口 2	U22Port2	0x8150000

5.2.4 路灯开关切换时间表的设计

使用路灯监控系统来管理路灯的一个优点就是能根据时段合理地组合街道路灯的开关数，比如在傍晚时分，只开一部分灯，这部分灯称“全夜灯”，到了晚上天全黑时，则把所有的路灯都点亮，后开的那部分灯称“半夜灯”。到了深夜 12 点凌晨 5 点左右，路上行人很少，可以把“半夜灯”关闭，只留下全夜灯，直到天全亮时，再把“全夜灯”关闭。所以在整整一天 24 小时中，通常需要对路灯进行 4 次开关切换。这些切换时间表就保存在串口 EEPROM 存储芯片 M24128 中。处理器 S3C44B0X 通过 IIC 口读写 M24128。S3C44B0X 内有专用的 IIC 接口寄存器用于访问 M24128，因此，关键在于怎样有效而准确地管理时间表在 M24128 的存储。

首先声明一个结构类型来管理每一个切换时间，该结构包含有 6 字节时间信息和该时间对应的 2 字节路灯开关状态。

```
typedef struct
```

```

{
    unsigned char yearx;
    unsigned char monthx;
    unsigned char dayx;
    unsigned char hourx;
    unsigned char minx;
    unsigned char secx;
    unsigned char JDQ1;
    unsigned char JDQ2;
}TIMELIST;
    
```

表 5-2 M24128 内部空间分配表

Table 5-2 Storage Assignment in M24128

月/日	1	2	n	31
1	0x0000	0x0000+20	0x0000+ 20*(n-1)	0x0000+ 20*30
2	0x028A	0x028A+20	0x028A+ 20*(n-1)	
.....
12	0x1BEE	0x1BEE+20	0x1BEE+ 20*(n-1)	0x1BEE+20*30

由于每天需要保存 4 组开关灯时间及路灯开关值，本设计把一年的路灯开关时间表按如表 5-2 所示的格局存储在 M24128 中（该地址不是 S3C44B0X 的系统地址空间，而是 M24128 内部的地址空间）。每一组时间只需保存时，分，秒信息和开关灯值 JDQ1, JDQ2 一共 5 个字节数据，那么每天所需要的存储空间为 5*4 一共 20 字节。每个月的时间表在 M24128 中的起始存储地址是固定的，该月中任何一天的开关时间在 M24128 中的存储地址可以通过偏移量来计算得出，例如 12 月 3 号那天路灯开关时间表存储地址为： $0x1BEE+20*(n-1)=0x1BEE+40$ 。因此，在程序中只需访问 0X1BEE+40 地址就可以得到所需的开关灯时间。

5.2.5 实时时钟

路灯控制器根据预设的时间来确定各支路路灯的开关组合，所以内部需要有实时时钟模块。本设计使用 S3C44B0X 内部实时时钟来实现该功能。S3C44B0X 的实时时钟可以指示年，月，日，时，分，秒，它们每一个值都用一个字节以 BCB 码的方式保存^{[19][23]}。这部分的工作包括读取 RTC 时间函数、修改 RTC 时间函数、RTC Alarm(RTC 闹钟)初始化函数、RTC Alarm (RTC 闹钟) 中断函数等。该实时时钟还有 RTC ALARM 闹钟功能，该功能允许指定在未来的某个时间发生 RTC ALARM 中断。利用该特性我们可以在每次路灯开关切换完成后接着就可以把下一个路灯开关切换时间值设置到 RTC ALARM 相关的寄存器中，那么只要发生 RTC ALARM 中断时，我们就可以在该中断函数中切换路灯的开关状态，从而也就实现了根据预设的时间表定时切换路灯开关状态的目的。下面是 RTC Alarm 初始化函数：

```
void Set_Rtc_Alarm(void)
{
    rRTCCON = 0x01; // R/W enable, 1/32768, Normal(merge), No reset
    //设置报警时间
    rALMYEAR= NextTime.yearx;
    rALMMON = NextTime.monthx;
    rALMDAY = NextTime.dayx;
    rALMHOUR= NextTime.hourx;
    rALMMIN = NextTime.minx;
    rALMSEC= NextTime.secx
    isRtcInt=0;
    //指定中断服务函数
    pISR_RTC=(unsigned int)Rtc_Alarm_Int;
    rRTCALM=0x7f;
    rINTMSK=~(BIT_GLOBAL|BIT_RTC); //使能中断
}
```

其中，NextTime 是一个 TIMELIST 类型的全局结构变量，其值为下一次路灯开关切换的时间和继电器开关控制量。该结构的定义可在见第 5.2.4 节。

另外,需要在 RTC Alarm 的中断服务函数中切换路灯的开关状态,该函数如下:

```
void Rtc_Alarm_Int(void)
{
    //清除中断挂起标志
    rI_ISPC=BIT_RTC;
    JDQport=NextTime.JDQ1;
    JDQport2=NextTime.JDQ2;
    RdEEPROM(); //读取下一个时间的路灯开关值,在其内部更改全局变量 NextTime 的值
    Set_Rtc_Alarm();
    //.....
}
```

其中,NextTime 是一个 TIMELIST 类型的全局结构变量,其值为下一次路灯开关切换的时间和继电器开关控制量。该结构的定义可在见第 5.2.4 节。

第6章 结束语

本文主要研究了城市路灯控制器的总体结构以及其部分关键技术。研究成果主要如下：

- 研制了基于 S3C44B0X 的核心电路板。32 位嵌入式处理器 S3C44B0X 具有处理能力强，工作速度快等优点，增强了路灯控制器的工作负荷能力和扩展性能。
- 利用 EPM7128S 实现了 S3C44B0X 的 I/O 扩展，以满足路灯控制器同时对多个路灯支路进行控制和监视的需要，进一步提高了核心电路板的可扩展性和通用性。
- 由于路灯控制器运行场所电磁干扰强，运行环境比较恶劣，为了提高控制器的稳定性，增强电路板的抗干扰能力，核心电路板采用四层 PCB 设计，加强电源电路设计的合理性。同时还解决了多电源混合系统中不同电压器件之间的接口问题。
- 采用 ATT7022B 电能计量芯片设计并实现了路灯的交流电参数采集电路，该电路可以采集电流、电压有效值，有功功率和无功功率以及计算总用电量等。
- 实现了 CPLD 用于实现 IO 控制和数据总线扩展的 Verilog HDL 程序，设计了实时时钟程序、串口 EEPROM 程序、电参数采集的接口程序以及继电器开关控制程序等。

本文在实验室的条件下调试了路灯控制器的电路，为路灯控制器的研制铺垫下良好的技术基础，但是距实际应用还需要进行如下工作：采用国际标准的通信协议，如 MODBUS 协议等，以便与上位机通信同时提高数据传输的可靠性；增加光控功能，提高路灯控制的灵活性；增加节能模块，提高节能率。

参考文献

- [1] 高永胜.对城市照明设计的几点体会. 机械管理开发, 2003 年 03 期
- [2] 唐桂忠,张广明. 城市路灯饰灯远程智能监控系统的设计与实现. 测控技术, 2004 年 08 期
- [3] 李国辉,尹岗,刘阳.基于 GPRS 的路灯无线智能监测终端. 测控技术, 2005, 24(4): 89-90
- [4] 吴家洲,姚远,徐华中. 公共路灯远程监控系统研究.微计算机应用, 2002,2 .
- [5] 汪广丰. 南京市路灯的现状与改进措施.城市道桥与防洪,2001,1 .
- [6] Crow,E.Sherrell. Street light demonstration project guarantees public participation. Public Workds,V126,n4,Apr,1995
- [7] 韩斌杰.GPRS 原理及其网络优化.西安: 机械工业出版社,2004,2
- [8] 于海生,潘松峰,吴贺荣. CAN 总线电参数网络化监测原理及其实现. 电工技术杂志,2001 年 12 期
- [9] Filipsk P. The Measurement of Distortion Current and Distortion Power. IEEE Trans. Instrum.Meas, 1984(1)
- [10] 珠海炬力. ATT7022B 用户手册.2005.03.28. Rev:1.04
- [11] 于海生,潘松峰,吴贺荣. 基于复序列 FFT 和锁相原理的电参数测量. 电网技术, 2000 年 03 期
- [12] 郭松林,林海军,张礼勇.电子式电能表专用芯片分类及原理.电测与仪表,2002 年 10 期
- [13] 李川香,王宝珍.基于 80C196KC 的多功能电参数测试仪.电测与仪表, 2001 年 06 期
- [14] 王兴贵,房伟. 一种基于 16 位单片机的三相电参数测量技术及实现. 测控技术, 2005 年 05 期
- [15] 史延龄,邹来智,闫志强.交流电压真有效值的测量. 电工技术杂志, 2003 年 05 期
- [16] 程佩青.数字信号处理教程. 北京: 清华大学出版社, 2001
- [17] 陈怀琛.数字信号处理教程: MATLAB 释义与实现. 电子工业出版社,2004
- [18] UK:ARM Limited . ARM7TDMI technical reference manual (rev4).2001
- [19] Korea: Samsung Electronics. S3C44B0X RISC microprocessor.

- [20] Silicon Storage Technology, Inc. Multi-Purpose Flash Plus SST39VF3201. 2003
- [21] Taiwan: Realtek Semi-conductor Co.,LTD . RTL8019AS specification.
- [22] 田泽. 嵌入式系统开发与应用. 北京:北京航空航天大学出版社出版发行,2005
- [23] 胥静. 嵌入式系统设计与开发实例详解—基于 ARM 的应用. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005
- [24] 吴明辉.基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用.人民邮电出版社,2004, 6
- [25] 孙秋野,孙凯,冯健. ARM 嵌入式系统开发典型模块.北京:人民邮电出版社, 2007.1
- [26] 马忠梅,马广云等. ARM 嵌入式处理器结构与应用基础.北京: 北京航空航天大学出版社,2002
- [27] 李驹光,江泽明等. ARM 应用系统开发详解. 北京: 清华大学出版社,2003
- [28] 孙俊香,于连庆.如何构造嵌入式实时应用系统.计算机应用, 2004, 24(4): 13-15
- [29] 张嵩.32 位嵌入式系统硬件设计与调试.机械工业出版社, 2005, 7
- [30] Bonnie Baker. A Baker's Dozen:Real Analog Solutions for Digital Designers:Elsevier Pte Ltd.2006
- [31] Altera Corporation. MAX 7000 Programmable Logic Device Family Data Sheet. June 2003.ver.6.6
- [32] Texas Instruments. SN74LVT16245B Datasheet. Nov. 01 , 2006 .
- [33] Texas Instruments. Application Report. SCEA035A (Selecting Right Level Translation Solution). June 2004
- [34] Silicon Storage Technology, Inc.M24128 128Kbit IIC bus EEPROM,2007
- [35] 罗国新.COMS 集成电路应用设计.福州: 福建科学技术出版社,2004.10
- [36] 王诚,吴继华等. Altera FPGA/CPLD 设计(高级篇).北京: 人民邮电出版社,2005.7
- [37] D Thoms, P Moorby. The Verilog Hardware Description Language. Fouth Edition.Kluwer Academic Publishers,1998
- [38] L Bening, H Foster.Principles of Verificable RTL Design.Second Edition. Klumer Academic Publishers,2001
- [39] 冯建平.CPLD/FPGA 应用系统设计与产品开发.北京: 人民邮电出版社, 2005.7
- [40] 王诚,吴继华等. Altera FPGA/CPLD 设计(基础篇).北京: 人民邮电出版社,2005.7
- [41] 姜宇柏,黄志强等.通信收发信机的 Verilog 实现与仿真.北京: 机械工业出版社, 2006.10

- [42] 夏宇闻.数字系统设计—Verilog 实现.北京: 高等教育出版社,2006.1
- [43] 周立功.单片机与 CPLD 综合应用技术.北京: 北京航空航天大学出版社,2003.8
- [44] 王金明.Verilog HDL 程序设计教程.北京: 人民邮电出版社, 2004.1
- [45] (日)久保寺忠著;冯杰等译.高速数字电路设计与安装技巧.北京: 科学出版社,2006
- [46] 赵星寒.ARM 开发工具 ADS 原理与应用.北京: 北京航空航天大学出版社,2006.7
- [47] 汤平波.单片机系统的电平转换技术.计算技术与自动化.1996.4
- [48] 门刚.精通 Protel DXP——模块范例篇.北京: 中国青年出版社, 2005
- [49] 周润景.Cadence PCB 设计与制板.北京: 电子工业出版社, 2005.4

致 谢

本论文是在宋春宁老师的悉心指导下完成的。在本文完成过程中，宋老师扎实的专业知识、严谨的治学态度、踏实的工作作风、敏锐的洞察力，给我留下了深刻的印象，为我树立了学习的榜样。在此，特向老师表示诚挚的谢意。

宋绍剑老师和林小峰老师对本论文一直非常关心，并为工作的开展给予了很大帮助与大力支持，特向两位老师表示感谢。

在论文完成期间，还得到了本实验室各位同学的无私帮助，在此一并表示衷心的感谢。

声 明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名：_____日 期：_____

攻读学位期间发表的学术论文目录

- [1] 刘雨楼, 宋春宁, 宋绍剑. 基于 S3C44B0X 的城市路灯控制器设计 工业控制计算机. 2007 年 9 期