

物联网在太阳能发电并网系统中的应用

摘 要

物联网的研究和应用日趋广泛，物联网的硬件研究、物联网软件研究和电子商务相关研究等众多方面也不断的深入。物联网的目标是形成一个开环的全球性的网络结构，其热点问题是如何在企业间搭建内部的物联网系统以及各个企业之间的物联网系统是如何交互的。而物联网系统中的传感网又是研究的重点。

通过对全球物联网权威研究组织颁发的一系列规范的深入研究和对物联网体系的充分理解，得出研究此领域的关键技术有感知技术、网络通信技术、数据融合与智能技术，以及云计算等。这些技术将对物联网的发展和应用乃至人类生活、工业发展、科技进步起到至关重要的促进作用。

本文针对太阳能并网发电系统中逆变器逆变数据进行监控的问题，根据物联网的内涵，深入学习感知、传输、控制及智能等多项技术，将物联网融入到电能质量的监控中，提高实际应用的效率。在整个设计中选用嵌入式 linux 系统为基本，S3C2440 芯片为核心，实现 linux 底层驱动的开发，并通过短信模块和有线网络传输，将数据显示在网页中。而在学习过程中，明白信息感知技术、网络通信技术、数据融合与智能技术、云计算等技术的研究与应用，将直接影响物联网的发展和应用，只有综合研究解决了这些关键技术问题，物联网才能得到快速推广，造福于人类社会，实现智慧地球的美好愿望。

关键词：物联网 感知技术 网络通信技术 控制及智能控制技术。

THE APPLICATION OF INTERNET OF THINGS IN SOLAR POWER GENERATION SYSTEM

ABSTRACT

With the increasingly widespread research and application of the Internet of things, more and more technology have been researched, which were used in the Internet of Things including the hardware research and software research, e-commerce research and many other aspects. The goal of the Internet of Things is to build an open-loop global nature of the network structure, one of the hot issue is how to build the structures of things between the system and enterprises, another one hot issue is how to interactive among enterprises of Things. The focus of the study on Internet of Things is the sensor network.

According to the study of the rules published by the global Internet of Things authoritative research organizations and fully understand the structure of the Internet of Things, I knew the key technology of the Internet of Things research are sensing technology, network communication technology, data integration and smart technology and so on. The development and application of these technologies will be the Internet of things, even human life, industrial development, technological and network play a crucial role.

According to the connotation of Things and after in-depth studying on perception, transmission technology, control and intelligence technology and so on, the quality of the inverter electricity solar power generation monitoring system which was based on the Internet of Things into power quality monitor was designed. The design selected the embedded Linux system, the core chip is S3C2440 chip, finished the linux driver development, and using the short message module and a wired network transmit the data, then displayed the data on the webpage. In the whole design, I have studied the application of technology, network communications technology, data fusion and intelligent technology, cloud computing technology of information perception, will directly affect the development and application of the Internet of Things, the only

comprehensive study of these key technical issues, Internet of Things can get a quick promotion, the benefit of human society to realize the wisdom of the good wishes of the Earth.

KEY WORDS: Internet of Things; Sensing technology; Network communication technology; Control and intelligent control technology

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 课题的研究背景	1
1.1.1 物联网发展现状	1
1.1.2 物联网发展趋势	5
1.2 物联网主要应用领域举例	7
1.3 研究内容	8
1.4 研究方法	8
1.5 本文结构	9
第 2 章 相关理论介绍	10
2.1 物联网介绍	10
2.1.1 物联网系统概述	10
2.1.2 物联网体系结构	10
2.1.3 物联网系统的基本组成	13
2.1.4 物联网关键技术	16
2.2 物联网规范简介	21
2.2.1 电子标签的规范	21
2.2.2 应用层事件规范	21
2.2.3 对象命名服务规范	22
2.2.4 EPC 信息服务规范	22
第 3 章 太阳能发电并网系统	23
3.1 太阳能发电并网技术	23
3.1.1 光伏发电并网系统的现状和研究意义	23
3.1.2 光伏并网发电系统的分类	24
3.1.3 太阳能电池和三相光伏并网发电系统的工作原理	25
3.1.4 光伏逆变器的工作原理	26
3.2 物联网在太阳能发电技术中的应用	30
3.2.1 太阳能发电并网技术与物联网的联系	31
3.2.2 面向太阳能发电并网技术的物联网体系结构	33

3.3 系统总体应用架构.....	34
3.3.1 系统硬件设计方案.....	35
3.3.2 系统软件设计方案.....	35
第4章 传感网的实现.....	37
4.1 嵌入式硬件结构介绍.....	37
4.2. 嵌入式操作系统.....	40
4.2.1 操作系统的结构和功能.....	40
4.2.2 嵌入式操作系统的特点.....	44
4.2.3linux 系统安装.....	45
4.2.4 建立 linux 开发环境.....	45
4.2.5 解压安装源代码及其他工具.....	46
4.3 设备驱动程序设计.....	48
4.3.1linux 设备驱动原理.....	49
4.3.2 DM9000 网卡驱动程序移植.....	55
4.4 传感节点的选取和设计.....	58
4.4.1 逆变器信号采集模块.....	58
4.4.2 数据采集的部分软硬件设计.....	62
4.4.3 人体红外感应模块设计及制作.....	64
4.4.4 温度光照度监测电路设计及制作.....	65
4.5 小结.....	66
第5章 核心承载网的设计与研究.....	67
5.1 网络通信方式（无线 or 有线）.....	67
5.1.1 方案一.....	67
5.1.2 方案二.....	70
5.2 网络编程接口选择.....	70
5.2.1 传输层协议分析与选择.....	70
5.2.2 QT 中的 UDP 套接口编程.....	74
第6章 信息服务系统的方案及设计.....	76
6.1 域名获取及网站建立.....	76

6.2 网页制作	78
6.2.1 数据库的建立	79
6.2.2 测试站点的建立	80
6.2.3 Dreamware 与数据库的连接	81
总结	83
参考文献	85
致谢	87
攻读学位期间发表的学术论文	88

第 1 章 绪论

1.1 课题的研究背景

1.1.1 物联网发展现状

当前世纪是一个以互联网络计算机为核心的信息时代。数字化、网络化与信息化、经济全球化是这个世纪的时代特征。随着信息技术的不断快速发展，经济全球化不断的加快。通过计算机技术、数据通讯和互联网技术而实现现代物流和电子商务已经成为大势所趋。而信息计算和存储方式的不断改进，仅仅是 IT 产业变革的前奏。信息传播成本的不断降低，必然会开启物联网占主导地位的时代。

物联网作为后 IP 时代的产物正在飞速发展，在未来的应用也将非常广泛，是实现智慧地球的一张宏伟蓝图。

随着现代世界电能需求不断增长，光伏发电技术越来越受到重视。作为并网发电系统中的重要环节，光伏并网逆变器实现了光伏阵列最大功率点跟踪问题，并通过一系列控制算法将电能送入电网，使经由逆变器向电网传送的功率与光伏阵列所发出的最大功率相平衡。然而由逆变器产生的逆变电能质量仍存在一些不足，例如：

A 逆变的电能质量并非一成不变。

B 鉴于很多无人值守的地方，太阳能设备，包含电池板，逆变器的安全成为主要问题等等。

这些不足之处使得并网逆变器在实际应用中出现很多管理和应用不便。故此，要将经过逆变的电能并入电网还需要很多工作，其中重中之重的是监控逆变的电能质量，物联网的引入为太阳能并网发电提供了很有效的解决方案，不但解决了电能质量的实时监控问题和其他的安全问题，还为管理决策提供更加准确有效的支持。

如今，物联网技术已经成为全球研究的热点问题，各国都把它的发展提到了国家级的战略高度。物联网的内涵起源于 RFID 对客观物体进行标识并且利用网络进行交换数据这一概念，并且不断的扩充、延展而逐步形成，而且还在不断的丰富、发展和完善之中。

（一）主要发达国家物联网发展现状

目前，物联网技术的研究和应用仍处于起步阶段，发达国家和地区已经抓住机遇，出台政策进行战略布局，希望在新一轮信息产业重新洗牌中抢占先机。日

韩两国已经开始实施了不同的和物联网相关的战略政策。譬如“U 社会”战略、“物联网行动计划”、“智能电网”、“智慧地球”等；澳大利亚、新加坡等国也在加紧部署物联网的发展战略，加快推进下一代网络基础设施的建设步伐。各个国家已经将物联网作为在“后危机”时代中用来提升自己国家的综合竞争能力的一个非常重要的手段。

A 物联网的基础架构和关键技术在美国的发展现状

美国在发展物联网产业上的优势正在加强并继续扩大。目前美国的创新能力的提升主要体现在国防部进行的“智能微尘”(SMART DUST)项目和国家科学基金会正在进行的“全球网络研究环境”(GENI)项目；而在RFID领域中EPCglobal标准的呼声是最高的，该标准是由美国主导；全球比较领先的通信芯片和通信模块的设计制造主要有以下企业：德州仪器(TI)、英特尔、高通、IBM和微软等等；同样的物联网技术也已经在很多领域投入应用，例如军事领域、工业领域、农业发展方向、环境监测方面、建筑行业、医疗卫生、空间应用和海洋探索等^[1]。

B 物联网技术在欧盟各国的发展情况

欧盟国家将信息通信技术(ICT)作为促进欧盟从工业社会向知识型社会转型的主要工具，致力于推动ICT在欧盟经济、社会、生活各领域的广泛应用，以便提升欧盟在全球的数字竞争力。欧盟各国在RFID技术和物联网技术方面已经有足够多的研究和应用，其在这两项技术的研发是基于FP6和FP7框架下的RFID技术和物联网技术的专项研究进行的，也开展了相关的应用试点，即通过采取竞争和创新ICT政策来支持项目的推动。在2009年9月15日，欧盟发布了《欧盟物联网战略研究路线图》^[2]，在该路线图中提出了欧盟各国在2010年、2015年和2020年三个阶段的物联网技术的主要的研发路线图，并且提出了物联网技术需要突破的几个主要应用领域和几个主要方面的关键技术，主要的应用领域包括航空航天应用方面、汽车产业、医药卫生行业、能源开发及应用等18个，主要方面包括识别问题、数据处理方面、物联网架构问题等共12个方面^[1]。如今，欧盟为了刺激经济发展，已经把物联网技术应用到了智能汽车行业和智能建筑产业中，并已经开始了大规模的技术研发。

C 日本国家战略推动物联网技术发展

日本是世界上第一个提出“泛在”(源于拉丁语的Ubiquitous，简称U网络，指无所不在的网络)战略的国家，日本在2004年提出“U-Japan”战略，该战略的提出基于提前完成了两期E-Japan的战略目标基础之上，这个新型的战略目标主要是实现ICT的社会，在这个社会中不分时间地点人物事件都可以得益。物联网属于泛在网概念的其中一个，并且它服务于U-Japan战略以及以后的网络信息化战略。日本通过上述战略，推广了物联网技术的应用，主要应用方面有：电网

监控、远程监测问题、智能家居行业、汽车联网产业和灾难应对问题等等各个方面^[1]。

D 韩国的物联网应用已经抢占先机

2004年，韩国提出了为期十年的U-Korea战略，目标是“在全球最优的泛在基础设施上，将韩国建设成全球第一个泛在社会”。2009年10月13日，韩国通信委员会（KCC）通过了《基于IP的泛在传感器网基础设施构建基本规划》，将传感器网确定为新增长的动力，据估算至2013年产业规模将达到50万亿韩元。KCC确立了到2012年“通过构建世界最先进的传感器网基础实施，打造未来广播通信融合领域超一流ICT强国”的目标。为实现这一目标，确定了构建基础设施、应用、技术研发和营造可扩散环境等四大领域的12项课题。

（二）我国物联网发展现状

A 支持政策：国家战略性新兴产业

中国在上世纪90年代开始研究无线传感技术，2004年开始在军民两个领域展开标准化的研究工作，2009年以来开始积极推进其产业化。2009年8月7日，国务院总理温家宝在视察中科院无锡微纳传感网工程技术研发中心时，指示要迅速在无锡建立一个中国的“感知中国”中心。3个月后，在“让科技引领中国持续发展”讲话中，温家宝再次明确，物联网成为五大重点扶持的新型科技领域之一。

时间	主要内容
2009.8.7	国务院总理温家宝在江苏无锡市考察时提出“感知中国”战略
2009.9.21	国务院总理温家宝召开新兴战略性新兴产业发展座谈会，传感网/物联网是其重要内容
2009.11.3	在《让科技引领中国可持续发展》的讲话中，温家宝再次提出“要着力突破传感网、物联网关键技术，及早部署后 ip 时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级，迈向信息社会的发动机”
2013.11.13	国务院批复同意《关于支持无锡建设国家传感网创新示范区情况的报告》

图 1-1 “感知中国”成为中国信息产业发展战略

Fig 1-1 "Experience China" has become China's information industry development strategy

现今，物联网已经被列入国家战略性新兴产业规划，无锡被列为国家重点扶持的物联网产业的研究与示范中心。同时，上海、北京、浙江、广东、福建、山东、四川、重庆、黑龙江等多个地区纷纷出台了物联网发展规划，三大运营商、广电、国家电网及其相关产业链的多家企业也已制定了物联网发展规划。

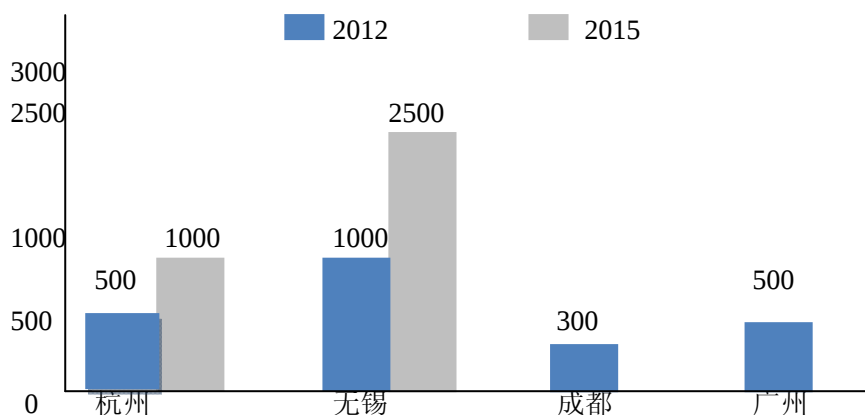


图 1-2 部分城市物联网产业发展目标

Fig 1-2 things industry development goals in some cities

B 市场规模：2010 年逾 2000 亿

由新华社发布的《2009—2010中国物联网年度发展报告》统计中，2009年中国物联网产业市场规模达到1700多亿元，物联网产业在公众业务领域、电力安全、智能交通、公共安全、平安家居、健康监测、重要区域防入侵、环保等多个行业的市场规模均超过百亿。预计到2010年中国物联网产业市场规模将超过2000亿元。

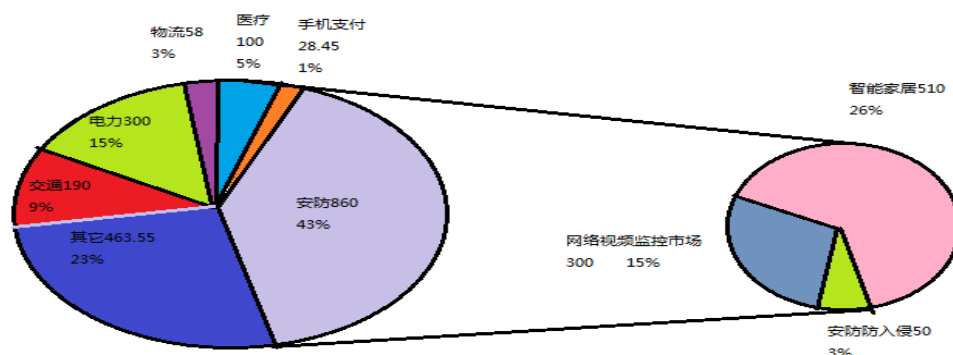


图 1-3 2010 年中国物联网主要行业应用市场规模及份额 (亿元)

Fig 1-3 Internet of Things industry application market size and share in China in 2010 (million)

根据中国物联网研究发展中心、江苏中科物联网科技发展有限公司、中国科学院物联网研究中心联合出版的《中国物联网产业发展年度蓝皮书（2010）》显示：2010年在国内物联网主要行业应用中，安防（安全防护、智能家居、防入侵）、交通、电力3大行业位居前列。安防行业的应用遥遥领先，占据了接近一半的市场份额（43%），规模接近900亿元。其中，智能家居的应用占26%，规模超过500亿元；网络视频监控市场也是一个重要的应用领域，占到15%的市场份额。而电力行业和交通行业是掌握国民经济命脉的重要行业，其物联网应用也获得了较快的发展，并且市场份额分别达到15%和9%左右，市场规模分别为大约300亿元和190

亿元。重要的应用行业还包括物流、手机支付、医疗等，并且逐渐渗透到其他各行业和经济领域。

1.1.2 物联网发展趋势

1.1.2.1 发展阶段

2005年11月，RSIID公司(RSI)研制的超级Gen2RFID标签面市，这个标签的数据格式和结构与Gen2标签相同。新的专利制作材料和加工工艺使标签有很高的灵敏度，并且发送的信号比较容易被读取器接收。

2006年9月，“首届国际RFID/EPC欧洲论坛暨产品展示会”在德国的杜塞尔多夫举行，该会议是由GSI欧洲主办、EPC global联合举办的。

到2006年9月1日，EPC global一共发展940家系统成员，而系统服务商414家，终端用户526家。

首个国际物联网大会于2008年3月召开，该次会议由波士顿MIT和瑞士ETHzurieh、St.Gallen大学Auto-ID实验室筹备。来自世界各地的专家研究人员和早期应用商一起分享各自的研究成果、应用和经验。

2008年8月，惠普推出一项新的服务，即：使用RFID技术使客户减少数据中心的财产损失，改进监管、进而提高安全性。HP Factory Express(“惠普工厂快车”)的RFID服务能够跟踪数据中心的重要资产，如惠普工厂生产的存贮设备、服务器和附件等，这样客户收到设备后，便可以对设备进行不断的监视。

2009年1月，IBM(国际商用机器公司)提出了新的IT战略方案——智慧的星球，它的核心理念是建立在RFID技术和物联网技术大规模应用的基础上。这个战略认为，IT产业下一个阶段的任务是把新一代IT技术充分的运用到各行各业，具体来说，就是把感应器装备和嵌入到铁路、电网、隧道、桥梁、建筑、公路、大坝、供水系统、油气管道等各种物体中，并且被普遍连接，形成所谓的“物联网”，然后将其与现有的互联网整合起来，以实现人类社会与物理系统的整合，在整合的网络中，有能力强大的中心计算机群，可以对整合网络内的机器、人员、基础设施和设备实施实时的监控，在这个基础上，人类可以以动态的方式更加精细的管理生产和生活，从而达到“智慧”状态，以便提高资源的利用率和生产力水平，进而改善人与自然之间的关系。

在2010年初，我国正式成立了传感网技术（物联网技术）联盟。与此同时，我国工信部也宣布将带头成立一个全国推进物联网技术的部际领导协调小组，以便加快物联网的产业化进程。2010年3月2日，上海物联网中心正式揭牌。而且重要的是，在《2010政府工作报告》中，温家宝总理明确的指出了：“今年要大力

培育战略性新兴产业；要大力发展新能源、新材料、节能环保、生物医药、信息网络和高端制造产业；积极推进新能源汽车、电信网、广电网和互联网的三网融合取得实质性进展，加快物联网的研发应用；加大对战略性新兴产业的投入和政策支持^[3]。”

1.1.2.2物联网发展规模预测：2020年市场超万亿元

物联网为二十一世纪的全球城市化进程、全球工业化提供了革命性的信息和智能技术，通过与传统产业的融合，成为了全球新一轮社会经济发展的主导力量之一。

美国权威咨询机构Forrester预测，2020年世界上物联网业务将会达到互联网业务的30倍，物联网将形成下一个万亿元级别的主要的通信业务。其中，在机场防入侵系统和智能电网方面的市场就有上千亿元。

由长城战略咨询和中关村物联网产业联盟联合发布的《物联网产业发展研究(2010)》报告预测，未来的10年，中国的物联网产业将会经历应用创新、技术创新、服务创新3个主要阶段，并且形成企业应用、公共管理和服务、个人和家庭应用三大主要细分市场；到2015年将会超过1万亿、2020年将会超过5万亿。

中国物联网研究发展中心、江苏中科物联网科技发展有限公司、中国科学院物联网研究中心联合出版的《中国物联网产业发展年度蓝皮书（2010）》中显示，2007年全球的物联网市场规模已经达到700亿美元，2008年达到了780亿美元，增长了10%以上。报告预测，在未来的5年全球物联网产业市场将会呈现快速增长的态势，预计在2012年全球市场规模将会超过1700亿美元，2015年更接近于3500亿美元，并且年平均增长率接近25%。

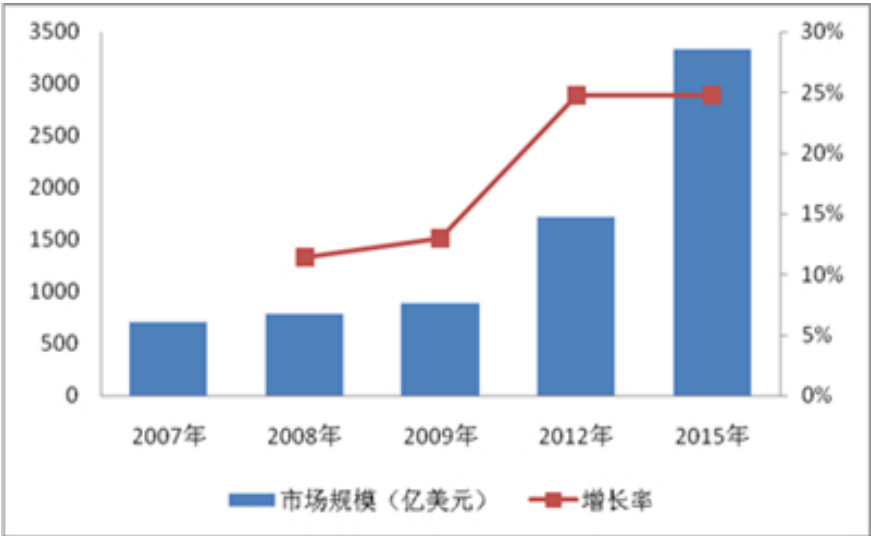


图 1-4 2007-2015 年全球物联网整体市场规模变化趋势（亿美元）

Fig 1-4 2007 to 2015 the global Internet of Things (100 million dollars of the overall size of the market trends)

1.2 物联网主要应用领域举例

A 零售行业

首先在零售领域运用物联网的沃尔玛，通过使用RFID标签技术，零售商可以实现对商品从生产、存储、货架、结帐到离开商场的全程监管，货物短缺或者货架上的产品脱销的概率得到了很大程度的降低，商品失窃情况也得到了遏制。RFID标签未来也将会允许消费者亲自进行结算，不再需要等待流水结帐。

B 物流行业

仓库将会实现完全自动化，包括商品自动化进出和将订单自动传输回商品供应商；物联网将很大程度提高运输的管理效率，商品从开始生产到最终消费，将会实现全程无人管理；对于生产商来说，能够获取市场需求的最直接的反馈。

C 医药行业

物联网在医药领域的应用主要体现在产品生产、零售与物流的应用上，而且在打击假药制造和提高药物的使用的效果上，物联网将会有很大的应用空间。RFID芯片在打击假药制造上已经得到了广泛的应用，未来RFID芯片在医药领域的全方位应用能够减少因为服用假药、服用相克药物或者过量服药而死亡的病例。

D 食品行业

欧洲各国非常重视RFID技术在食品领域的应用。RFID标签的应用，使消费者能够完全跟踪食品的生产源头，并且也能帮助欧洲各国保护农村的多样性与乡村生活。

E 智能建筑

新加坡规定智能大厦必须具备3个条件：一是要具有保安、环境控制与消防等先进的自动化控制系统，以及可以自动的调节大厦内的温度、灯光、湿度等参数的各种设施，以便创造更加舒适安全的环境；二是要具有完善的通信网络设施，使数据能够在大厦内流通；三是可以提供足够完善的对外通信设施及其能力。

F 智能电网

美国能源部将智能电网定义为一个可以完全自动化的电力传输的网络，可以监控每一个用户和电网的节点，以保证在从电厂到终端用户的整个输配电的过程当中所有的节点之间的信息和电能的双向流动，由数据采集、信息集成、数据传输、分析优化和信息展现五个方面构成。

G 智能家居

智能家居既可以定义为一个过程也可以定义为一个系统。其利用先进的计算机网络技术、综合布线技术、网络通讯技术将与家居生活相关联的各种子系统，

有机地机密结合在一起，通过统筹的管理，让家居生活更加的安全、舒适、有效。

H 智能医疗

纳米技术和芯片技术的完美结合，使高效的诊疗手段不再成为难题，通过在药物中嵌入微型的治疗设备，将能够非常有效监测和预防某些疾病的出现，并且将能够精确定位治疗人体内的患病部位。

I 智能交通

在物联网的时代，轿车中的电子元器件的数量将不断持续增加，因此轿车可以自动的收集周围的环境信息，不断的重新规划新的路线，可以提醒驾驶者与前车之间保持合适的安全的距离，甚至可以预防酒后驾车等危险的行为，在高速公路上实现完全自动驾驶，自动分析车况，甚至能够自动的决定怎样更新问题部件等等。

1.3 研究内容

本文主要针对太阳能并网发电系统中用到的并网逆变器中逆变的电能质量进行监控，融入物联网技术，随时查看并入电网中的电能质量，在网络中显示。

本设计将逆变器逆变后的电压电流通过信号采集电路，送到 arm9 开发板的 A/D, D/A 转换电路，通过 arm9 控制器处理，经由网络或手机短信模块送到互联网或用户手机中对电能质量进行实时监控。

主要工作分为两部分，第一是学习和研究物联网的具体含义，掌握物联网的主要结构和重要组成部分；第二是搭建物联网硬件平台，并在此平台上实现数据的采集、传输、处理和现实功能。本文具体研究内容主要包含以下几个方面：

(1) 底层平台的搭建：选用嵌入式开发板作为传感网的主要处理核心，通过无线和有线两种方式实现数据的传递。

(2) Linux 操作系统的学习和底层应用驱动程序的开发，主要包含 adc 驱动和网络驱动的开发。

(3) 建立临时网站，网页，将数据在网络平台显示。

1.4 研究方法

本文在以物联网规范为参考的基础上、以多个物联网具体应用的实际经验为背景，结合 J2EE 相关分布式实现技术，设计并实现了一套逆变电能的实时监测系统，并通过实验对其进行测试。

1.5 本文结构

本文依据物联网的相关规范，对物联网系统的主要特点和核心服务进行分析，最终给出分析结果和实现方案。本文主要分为以下几个部分：

摘要部分，对本文的主要内容和研究工作进行了概括性叙述。第一部分，概述，简要讨论了本文的研究背景、主要研究内容以及本文结构。第二部分，首先，作为本文的研究背景和理论基础，介绍了物联网的一些规范并且详细阐述了在课题研究当中需要用到的关键技术。第三部分介绍了部分太阳能发电并网系统的相关知识，并对此系统的现存问题进行学习和研究，针对太阳能发电并网系统的现有问题引入了物联网的解决方案。第四部分为本设计的核心部分，在这部分中主要研究传感网的控制核心及传感节点的选取和研究。第五部分为核心承载网和上层网络的实现。第六部分，介绍了数据在网页上显示需要做的工作及实现方法。第七部分为结论部分，首先对本文所作的主要工作进行了总结，然后对本文的后续工作进行了概括叙述。

第 2 章 相关理论介绍

2.1 物联网介绍

2.1.1 物联网系统概述

从“智慧地球”的理念到“感知中国”的提出，随着全球一体化、工业自动化和信息化进程的不断深入，物联网（Internet of Things, IOT）悄然来临。物联网被称为继计算机、互联网之后的，世界信息产业的第三次科技浪潮。从不同阶段或不同角度出发，对物联网的概念有了不同的理解和解释。到目前为止物联网的精确定义还没有统一，物联网（IOT）的比较准确一点的定义是：物联网是通过各种信息传感设备及系统（传感网、射频识别系统、红外感应器、激光扫描器等）、条码与二维码、全球定位系统，按照约定的通信协议，将物与物，人与物，人与人连接起来，通过各种接入网、互联网进行信息交换，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种信息网络。这个定义的核心是：物联网的主要特征为每个物件都可以寻址，每个物件都可以控制，每个物件都可以通信^[4]。

物联网的上述定义包含了以下三个主要含义：

（1）物联网是指对具有全面感知能力的物体及人的互联集合。两个或两个以上物体如果能交换信息即可称为物联。使物体具有感知能力需要在物品上安装不通类型的识别装置，如电子标签、条码与二维码等，或通过传感器、红外感应器等感知其存在。同时，这一概念也排除了网络系统的主从关系，能够自组织^[4]。

（2）物联网必须遵循约定的通信协议，并通过相应的软件、硬件实现。互联的物品要互相交换信息，就需要实现不同系统的实体的通信。为了成功的通信，他们必须遵守相关的通信协议，同时需要相应的软件、硬件来实现这些规则，并可以通过现有的各种接入网与互联网进行信息交换^[4]。

（3）物联网可以实现对各种物品（包括人）进行智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等功能。这也是组建物联网的目的^[7]。

换言之，物联网是通过各种接口与各种无线接入网相连接，进而与互联网相接，从而给物体赋予了智能，实现了人与物体的沟通和对话，同样的，也可以实现物与物之间的相互沟通和对话，也就是说物体具有了全面的感知能力，对数据具有可靠的传送和智能处理能力的连接物与物的信息网络体系。

2.1.2 物联网体系结构

物联网技术作为新兴的信息网络技术，将会对未来 IT 产业的发展起到巨大的推动作用。但是，物联网还处在起步阶段，还没有一个广泛的认同的物联网体系结构。而且在公开提出物联网的应用系统的同时，较多的研究人员和相关领域的专家也提出了若干物联网技术体系结构。比如说物品万维网（Web of Things, WOT）的体系结构，这个体系结构定义的物联网是面向应用的，系统中融合了万维网，再使用物联网技术的时候就可以选择万维网的服务形式。这个体系结构的主要应用对象是用户，其目的是把互联网中的万维网的结构体系（该体系目前是比较成功的并且是面向信息的获取的）移植到物联网系统中，以便发布、检索以及获取物联网的信息的。目前，欧美支持的 EPC Global 和日本的 Ubiquitous ID (UID) 都是比较有代表性的物联网体系架构。我国的物联网体系结构也在研究中，目前正在积极的制定能够符合我国社会发展的实际情况的标准和架构^{[3][5]}。

2.1.2.1 物联网的自主体系结构

为了满足异构物联网的无线通信环境的需要，Guy Pujolle 在 An autonomic-oriented architecture for the Internet of Things (IEEE John vicent Atanasoff 2006 International Symposium on Modern Computing) 中，提出了一种物联网自主体系结构，如图 2-1 所示，该自主体系结构中给出了自主通信的概念，该通信以自主件（Self Ware）为核心，自主件用来执行网络控制面中已知的或者是新任务，并且确保通信系统的可进化的特性^[6]。

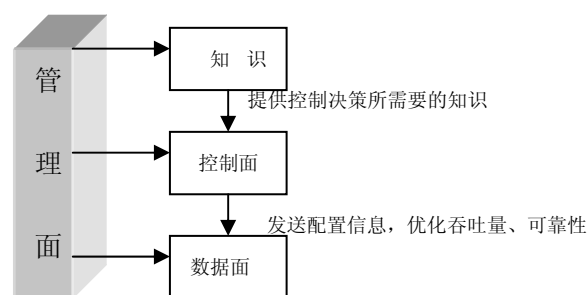


图 2-1 物联网的一种自主体系结构

Fig 2-1 Internet of Things, an independent architecture

由图 2-1 可以看出，数据面、控制面、知识面和管理面 4 个面共同组成了这种自主体系结构。数据的分组传送主要在数据面上实现；控制面通过向数据面发送配置信息，优化数据面的吞吐量，提高可靠性；知识面是最最重要的一个面，他提供整个网络信息的完整视图，并且提炼称为网络系统的知识，用于指导控制面的适应性控制；管理面用于协调数据面、控制面和知识面的交互，提供物联网的自主能力^[7]。

在图 2-1 所示的自主体系结构中，其自主特征主要是由智能层和 STP/SP 协议栈取代了传统的 TCP/IP 协议栈，如图 2-2 所示，其中 STP 表示智能传输协议（Smart Transport Protocol），SP 表示智能协议（Smart Protocol）。物联网节点的智能层主要用于协商交互节点之间 STP/IP 的选择，以此优化无线链路上的通信和数据传输，进而满足异构物联网设备之间的联网需求。

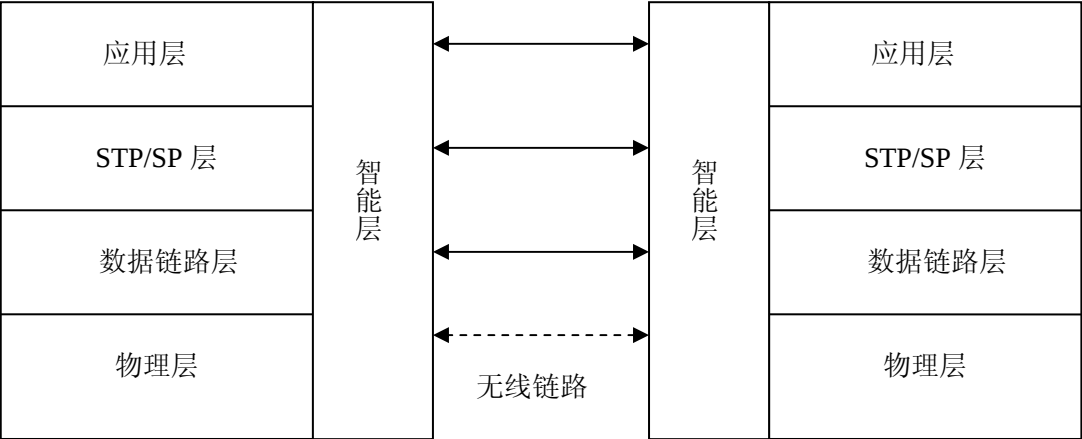


图 2-2 实现 STP/SP 协议栈的自主体系结构

Fig 2-2 Independent architecture of the STP / SP protocol stack in

这种面向物联网的自主体系结构所涉及的协议栈还是比较复杂的，只能用于计算资源比较充裕的物联网节点。

2.1.2.2 物联网的 EPC 体系结构

由于全球信息网络化和经济一体化进程的不断加快，为了满足对单个物品的标识和高效的识别，美国麻省理工大学的自动识别实验室（Auto-ID）在美国统一代码协会（UCC）的支持下，提出了要在计算机互联网的基础上，利用 RFID 技术、无线通信技术，构造一个覆盖全世界万物的系统；与此同时还提出了电子产品代码（Electronic Product Code, EPC）的概念，即每一个对象都将被赋予一个唯一的 EPC，并且由采用射频识别技术的信息系统管理，彼此之间相互联系，数据传输和数据存储均由 EPC 网络来处理。这之后，美国统一代码协会（UCC）和国际物品编码协会(EAN)在 2003 年 9 月联合成立了非盈利性的组织 EPC Global，并将 EPC 纳入到了全球统一的标识系统，从而实现了全球统一标识系统中的 GTIN 编码体系与 EPC 概念的完美的结合^[8]。

EPC Global 对物联网的描述为，一个物联网主要是由 EPC 编码体系、射频识别系统以及信息网络系统三个主要部分组成。EPC 物联网体系架构如图 2-3 所示：

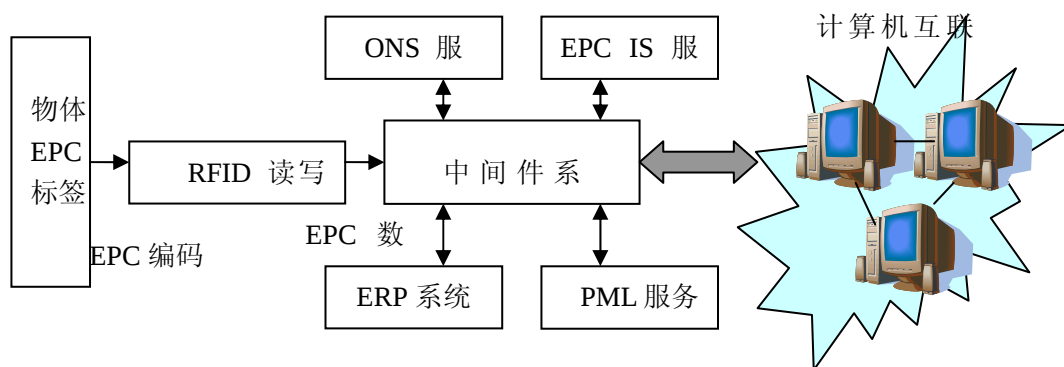


图 2-3 EPC 物联网体系架构示意图

Fig 2-3 EPC Internet of Things architecture diagram

2. 1. 2. 3 物联网的 UID 技术体系

20 世纪 80 年代中期，鉴于日本在电子标签方面的发展，提出了一个实时嵌入式系统（TRON），其中的 T-Engine 为体系的核心。在 T-Engine 论坛的领导下，在 2003 年 3 月成立了 UID 中心并将其设立在东京大学，并得到了日本政府和大型企业的支持，目前包括微软、三菱、富士通、索尼、日立、东芝、日电、伊藤忠、夏普、KDDI、NTT、DoCoMo、J-Phone、凸版印刷、大日本印刷、理光等诸多企业。设立 UID 中心是为了建立和普及自动识别“物品”所需要的基础性技术，以便实现“计算机无处不在”的理想环境。

UID 技术体系是一个开放性的技术体系，它由泛在通信器（UG），泛在识别码（UCODE），信息系统服务器和 UCODE 解析服务器等部分构成。UID 使用 UCODE 作为现实世界的物品和场所的标识，其从 UCODE 电子标签中读取 UCODE 来获取这些设施的状态，并且控制它们，类似于 PDA 终端。UID 可以广泛的应用到各种现有产业和行业，并且它能够将现实的世界用 UCODE 来标识物品、场所等各种实体与虚拟的世界中存储在信息服务器中的各种相关信息联系起来，实现物与物的互相联系。

2. 1. 3 物联网系统的基本组成

计算机互联网能够把世界上各个角落、不同国家的人们通过计算机紧密地联系在一起，采用感知识别技术的物联网也同样可以把世界上不同国家、地区的物品相互联系在一起，彼此之间可以互相的“交流”数据信息，从而形成了一个全球性的物与物相互联系的智能社会。

从不同的角度看物联网会有很多种类型，不同类型的物联网，它的软硬件平台的组成也会有所不同。从物联网系统的组成来看，可以将其划分为软件平台和

硬件平台两大系统。

2.1.3.1 物联网硬件平台组成

物联网是以数据为中心的面向应用的网络，主要完成信息的感知、数据的处理、数据的回传以及决策的支持等主要功能，其硬件平台可以由传感网、核心承载网络和信息服务系统三大部分组成。系统硬件平台组成示意图如图 2-4 所示。其中，传感网络包括了感知节点（数据的采集、控制）和末梢网络（汇聚节点、接入网关等）；核心承载网络是物联网业务的基础通信的网络；信息服务系统的硬件设施主要负责信息的处理和决策的支持。

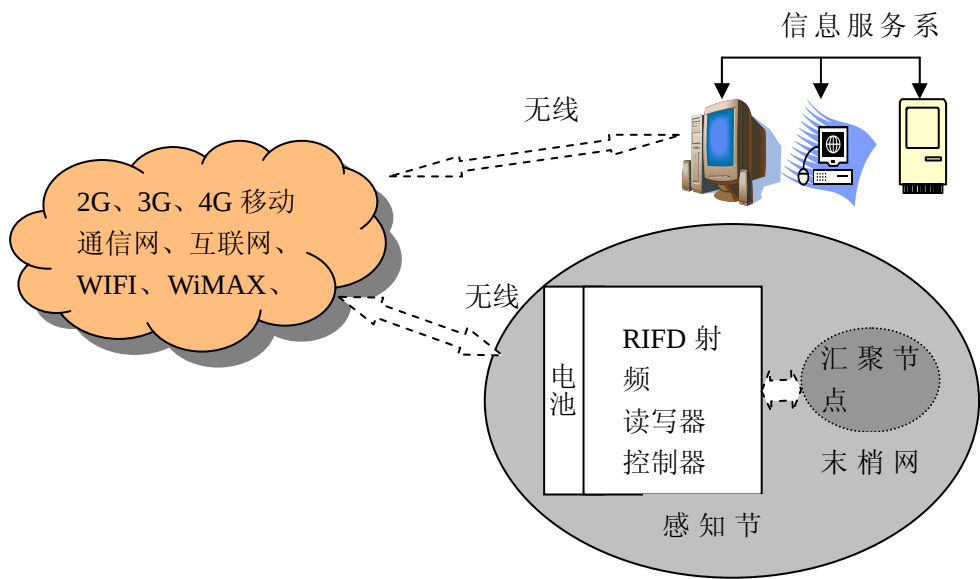


图 2-4 物联网硬件平台示意图

Fig 2-4 Internet of Things hardware platform diagram

2.1.3.2 物联网软件平台组成

构建一个信息网络的时候，硬件往往会被作为主要因素来考虑，软件在事后才会考虑。而现在人们已经不这么认为了。网络软件如今是高度的结构化和层次化的，故此物联网系统也是这样的，既包括硬件平台系统也包括软件平台系统，而软件平台是物联网的神经系统。不同的类型的物联网，其用途也是不相同的，因此软件系统平台也是不同的，但软件系统的实现技术却是与硬件平台密切相关的。相对硬件技术来说，软件平台的开发及实现更具有特色。一般来说，物联网的软件平台是建立在分层的通信协议之上的，其通常会包括数据感知系统软件、网络操作系统（包括嵌入式系统）、中间件系统软件以及物联网的管理和信息中心（包括机构物联网管理中心、国际物联网管理中心、国家物联网管理中心及其信息中心）的管理信息系统（Management Information System ,MIS)等。

a) 数据感知系统软件

数据感知系统软件主要是完成物品的识别和物品 EPC 码的采集处理，主要由企业生产的物品、传感器、物品电子标签、控制器、读写器、物品代码（EPC）等几大部分组成。电子标签内部存储了 EPC 码，其在通过读写器中的感应区域的时候，读写器可以自动的采集物品的 EPC 码，从而实现 EPC 信息的采集的自动化，上位机中配备的信息采集软件将读写器采集的数据进行相应的处理，例如信息的校对、过滤采集到的信息、检查信息的完整性等，经过处理的信息数据送到物联网中间件、应用管理系统中使用。而对于物品电子标签，国际上大多采用 EPC 标签，用 PML 语言来标记每一个实体和物品^[9]。

b) 物联网中间件系统软件

中间件是一种应用系统软件，位于数据感知设施（读写器）与在后台应用的软件之间。中间件具有两个关键性特征：一个是为系统应用提供了平台服务，这是一个基本的条件；另一个是需要连接网络操作系统，并且保持运行工作的状态。中间件为物联网的应用提供了一系列计算和数据处理的功能，其主要的任务是对感知系统采集的数据进行捕获、过滤、汇聚、计算，数据的校对、解调、数据的传送、数据的存储和任务管理，减少从感知系统向应用系统中心传送的数据量。并且中间件还可以提供与其他的 RFID 支撑软件系统进行互操作等功能。引入中间件使得原先的后台应用软件系统与读写器之间的非标准的、非开发的通信接口，转变为后台应用软件系统与中间件之间，读写器与中间件之间标准的、开发的通信接口。

物联网中间件系统包含有读写器接口、应用程序接口、事件管理器、目标信息服务和对象名解析服务等功能模块。

读写器接口。物联网的中间件系统必须优先的为各种形式的读写器提供集成的功能。协议处理器要确保中间件可以通过各种各样的网络通信方案连接到 RFID 读写器。RFID 读写器与其应用程序之间通过普通接口相互作用的标准，大多数是采用由 EPC-global 组织制定的标准。

事件管理器。事件管理器是用来对读写器接口的 RFID 数据进行过滤、汇聚和排序操作，并且通告数据与外部系统之间相关联的内容。

应用程序接口。应用程序接口是一种应用程序系统控制读写器的接口；除此之外，还需要中间件能够支持各种标准的协议（例如，支持 RFID 以及配套设备的信息的交互管理），同时还需要屏蔽前端的复杂性，尤其是前端硬件（如 RFID 读写器等）的复杂性。

目标信息服务。目标信息服务包含两部分：一部分是目标存储库，用于存储与标签物品相关的信息并且使其能够方便用于以后的查询；另一部分是拥有为提供信息接口的服务引擎，并且该接口由目标存储库管理。

对象名解析服务。对象名解析服务是一种目录服务，主要功能是将每个带标签物品所分配的唯一编码，与一个或者多个拥有关于物品的更多信息的目标信息服务的网络定位地址进行匹配。

c) 网络操作系统

物联网通过互联网来实现物理世界中的所有物品的互联，在任何地方、任何时间可以识别任何物品，使物品成为了附有动态信息的“智能产品”，并且使物品信息流和物流完全同步，从而为物品的信息共享提供一个比较高效、快捷的网络通信及云计算平台。

d) 物联网信息管理系统

物联网也是需要管理的，其类似于互联网上的网络管理。现今，物联网大多数是基于 SNMP 建设的管理系统，这与一般的网络管理相差无几，提供对象名解析服务是非常重要的。对象名解析服务类似于互联网上的 DNS，必须要有授权，并且有一定的组成架构。它可以把每一种物品的编码进行解析，并且再通过 URL 服务来获取相关物品的详细信息。

物联网管理机构（包括国际物联网信息管理中心、国家物联网信息管理中心以及企业物联网信息管理中心）的信息管理系统软件：企业物联网信息管理中心主要负责管理本地的物联网，它是最基本的物联网信息服务的管理中心，为本地用户单位提供管理、规划及解析服务。国家物联网信息管理中心主要负责制定和发布国家总体的标准，负责与国际物联网互联，并对现场的物联网管理中心进行相应的管理。国际物联网信息管理中心主要负责制定和发布国际框架性物联网标准，并负责与各个国家的物联网互联和对各个国家物联网信息管理中心进行相应的协调、指导、管理等相关工作。

2.1.4 物联网关键技术

2.1.4.1 感知技术

感知技术也可以被称为信息采集技术，是实现物联网的基础。现在，信息采集是主要是靠电子标签和传感器来完成的。

A 电子标签

读写器和二维码识读器主要完成数据信息的采集和相关设备的控制问题，而读写器采集的信息要求进行标准化标识，这一个工作的完成离不开电子标签。射频识别 (RFID) 技术是近程通信的一种，该自动识别技术是非接触式的，类似的有常见的蓝牙技术等。RFID 技术是通过射频信号进行识别目标对象并因此获取相关的数据，识别过程无人工干预，可工作于各种恶劣的环境。RFID 技术能够识别

高速运动的物体并可同时识别多个标签，操作简单高效。要想做到全球的物品跟踪和信息数据的共享可以将 RFID 技术融合互联网和通信等技术^[10]。

RFID 电子标签不仅仅是作为一种新产品存在的，同样也是物联网时代的一项非常关键的技术之一。所谓 RFID 电子标签就是一种把天线和 IC 一同封装到塑料基片上的新型的无源电子卡片，具有数据存储量大、小巧轻便、无线无源、防水、防磁、使用寿命长和安全防伪等特点^[11]。RFID 读写器(即 PCE 机)和电子标签(PICC 卡)之间的能量、时序和信息数据的无线传输是经由电磁场的感应进行的。对于多张 PICC 卡同时出现在 RFID 读写器可识别范围之内，怎样精确的识别每一张卡，是一个关键问题，这个问题的解决是由 A 型 PICC 卡防碰撞(也叫防冲突)技术决定的^[11]。

B 传感器

机器使用传感器来感知现今的物质世界，可以感知节点所处的环境；可以感知电、热、力、声、光、位移等等诸多信号，以此来为物联网系统的处理、传输、分析和反馈提供最原始的信息。由于电子技术的飞速发展，传统的传感器正在逐步的实现微型化、信息化、网络化、智能化；与此同时，我们也正在经历着一个从传统的传感器到智能传感器再到嵌入式 Web 传感器的不断发展的过程。如今，市场上已经有大量的门类齐全并且技术成熟的传感器产品可以供我们选择^[11]。

2.1.4.2 网络通信技术

在物联网的机器到机器、人到机器和机器到人的信息的传输过程中，有很多种通信技术可供我们选择，他们主要分为有线（如 DSL、PON）和无线（如 CDMA、IEEE 802.11a/b/g WLAN、GPRS 等）两大类技术，这些技术都已经相对成熟了。无线传感网技术在物联网的实现中是格外重要的。

(1) 无线传感网络的主要技术

无线传感网络(WSN)是集分布式信息采集、信息传输和信息处理技术于一体的网络信息系统，以其微型化、低成本、低功耗和灵活的组网方式、铺设方式以及适合移动的目标等特点受到广泛的重视。物联网通过遍布在每一个角落和物体上的不同的传感器以及由它们组成的无线传感网络，感知整个的物质世界^[12]。如今，面向物联网的传感网，主要涉及了以下几项技术：

A 测试及网络化测控技术。综合传感器技术、分布式信息处理技术和嵌入式计算机技术等，协作地进行实时监测、感知和采集不同环境或监测对象的信息，并对其进行相应的信息处理和传输。只有采用先进的分布式的测试技术与测量算法，才能满足不断提高了测试和测量需求^[8]。

B 智能化的传感网节点技术。传感网节点是一个微型化的嵌入式系统。在不断的感知不断变化的物质世界过程当中，要求检测的对象还是很多，例如温度、

应变、湿度、压力等，因此还需要无线传感网的基础层的支持平台而这些平台是由微型化并且低功耗的诸多传感网节点构成。这需要设计出符合物联网要求的微型传感器，而这需要 MEMS 加工技术的支持，使其可以识别和配接比较多的敏感元件，适用于主动和被动的多种检测方法；除此之外，传感网节点还应该具有比较强的抗干扰的能力，以便适应恶劣的现场环境。在此更重要的是，利用传感网节点具有的局域信号处理功能，在传感网节点附近局部完成一定的信号处理，使原来由中央处理器实现的串行处理、集中决策的系统，成为一种并行的分布式信息处理系统^{[11][8]}。

C 传感网组织结构及底层协议。网络体系结构是一个集合，该集合包含网络的协议分层以及网络协议，是对网络以及它的部件所应完成功能的一个定义和描述。对于传感网来说，它的网络体系结构和传统的计算机网络和通信网络不同。对于物联网的体系结构，已经提出了多种参考模型^[13]。一般的，传感网体系结构，也可以由分层的网络通信协议、传感网管理以及应用支撑技术三个主要部分组成。其中，分层的网络通信协议结构比较类似于 TCP/IP 协议体系结构；传感网管理技术主要是对传感器节点的管理以及用户对传感网的管理；网络管理技术与分层协议是传感网应用支撑技术的基础部分^[8]。

D 对传感网自身的检测与自组织。传感网络部分是整个物联网的底层和信息来源，网络自身的完整性、完好性和效率等性能至关重要，因此需要对传感网的运行状态及信号传输的通畅性进行良好监测，才能实现对网络的有效控制。在实际应用当中，传感网中存在着大量的传感器节点，密度较高，当某一传感网节点发生故障时，网络拓扑结构有可能会发生变化，因此，设计传感网时应考虑传感网的自组织能力、自动配置能力及可扩展能力^[11]。

E 传感网安全。传感网除了具有一般的无线网络所面临的信息泄露、重放攻击、信息篡改、拒绝服务等多种威胁之外，还面临传感网络节点容易被攻击者物理操纵，获取存储在传感网络节点中的信息，从而控制部分网络的安全威胁。这显然需要通过其他的网络安全技术来提高传感网的安全性能。如在通信前进行节点与节点的身份认证；设计新的密钥协商算法，使得即使有一小部分节点被恶意控制，攻击者也不能或很难从获取的节点信息推导出其他节点的密钥信息；对传输信息的加密解决窃听问题；保证网络中的传感信息只有可信的实体才可以访问；采用一些跳频和扩频的技术减轻网络堵塞等问题^{[11][8]}。

(2) 物联网的部分网络通信技术

根据目前物联网所涵盖的概念，其工作范围可以分成两大块：一块是存储容量小、体积小、能量低、运算能力弱的智能的小物体的互联，即传感网；另一块是没有上述的约束的智能终端的互联，如智能家电、视频监控等。对于智能小物

体网络层的网络通信技术目前有两项：一是基于 Zigbee 联盟开发的 Zigbee 协议进行的传感器节点或者其他智能物体的互联；另一技术是 IPSO 联盟所倡导的通过 IP 实现传感网节点或者其他智能物体的互联^[11]。

ZigBee 技术。ZigBee 技术是基于底层 IEEE 802.15.4 标准的，其用于短距离范围和低传输数据速率的各种电子设备之间的无线通信技术，它定义了网络/安全层和应用层。ZigBee 技术经过多年的发展，技术体系已相对成熟，并已形成了一定的产业规模。在标准方面，已发布 ZigBee 技术的第 3 个版本 V1.2；对于芯片，已能够规模生产基于 IEEE 802.15.4 的网络射频芯片和新一代的 ZigBee 射频芯片（将单片机和射频芯片整合在一起）；在应用方面，ZigBee 技术已广泛应用于家庭和楼宇自动化、工业、医学、精确农业、道路指示/安全行路、消费和家用自动化等众多领域^[11]。

与 IPv6 相关联的技术。若将物联网建立在数据分组交换技术基础之上，则将采用数据分组网即 IP 网作为其承载网。IPv6 作为下一代的 IP 网络协议，具有丰富的地址资源，能够支持动态路由机制，可以满足物联网对网络通信在地址、网络自组织以及扩展性等方面的要求。但是，由于 IPv6 协议栈过于庞大复杂，而不能直接应用到传感器设备中，需要对 IPv6 协议栈和路由机制作出相应的精简，才能满足低功耗、低存储容量和低传送速率的要求。目前有很多个标准组织进行了相关研究，IPSO 联盟于 2008 年 10 月，已发布了一种最小的 IPv6 协议栈 μ IPv6^[11]。

2.1.4.3 数据融合与智能技术

物联网是由大量的传感网节点构成的，在信息感知的过程中，只采用各个节点单独的传输数据到汇聚节点的方法是不可行的。因为网络存在大量冗余信息，会浪费大量的通信带宽和宝贵的能量资源。此外，还可能会降低信息的收集效率，并影响信息采集的及时性，所以还需要采用数据融合和智能技术来进行相应的处理^[11]。

(1) 分布式数据融合

所谓数据融合是指将多种数据或信息进行处理，组合出高效且符合用户需求的数据的过程^[14]。在传感网应用中，多数情况只关心监测结果，并不需要收集大量原始数据，数据融合是处理该类问题的有效的手段。例如，借助数据稀疏性理论在图像处理中的应用，可将其引入传感网中用于数据压缩，以便改善数据融合效果^{[11][10]}。

分布式数据融合技术需要人工智能理论的支撑，包括智能信息获取的形式化的方法、海量信息处理的理论和方法、在网络环境下信息的开发与利用方法，以及计算机的基础理论。同时，还需掌握智能信号处理技术，如信息特征的识别和

数据融合、物理信号的处理与识别等^{[10][15]}。

(2) 海量信息智能分析与控制

海量信息的智能分析与控制是指依托先进的软件工程技术，对物联网的各种信息进行海量存储和快速处理，并且将处理结果实时的反馈给物联网的各种“控制”部件^[15]。智能技术为了可以有效地实现某种预期的目的，利用知识分析之后所采用的各种各样的方法和手段。通过在物体内植入智能系统，可以使物体具备一定的智能性，能够主动或者被动的实现与用户的沟通，这也是物联网的关键技术之一。智能分析和控制技术主要包括人工智能理论、智能控制技术与系统、先进的人机交互技术等。物联网的实质是给物体赋予一定的智能，以此实现人与物体的交互对话，甚至实现物体与物体之间的交互对话。为了实现这样的智能性，譬如控制智能服务机器人完成既定的任务包括运动轨迹的控制、准确的定位及目标的跟踪等，需要智能化的控制技术与系统^[11]。

2.1.4.4 云计算

在信息与数据快速增长的互联网时代，大规模、海量的数据需要处理。当数据的计算量超出了自身 IT 架构的计算能力的时候，一般是通过加大系统的硬件投入来实现系统的可扩展性。另外，由于传统的并行编程模型应用的局限性，客观上还需要一种易于学习的、使用的、部署的并行编程框架处理海量数据。为了节省成本和实现系统的可扩展性，云计算的概念便由此应运而生^{[11][16][17]}。

云计算最基本的思想是通过网络系统将庞大的计算处理程序自动的分拆成无数个较小的子程序，再交由多部服务器组成的庞大的系统处理。网络服务提供者通过云计算技术可以在数秒之内，处理数以千万计甚至亿计的信息，并且可以提供与超级计算机同样强大效能的网络服务。云计算作为一种能够满足海量数据处理的需求的计算模型，将会成为物联网发展的基石。因为云计算具有超强的数据处理和存储的能力，并且物联网无处不在的信息采集活动，需要大范围的支撑平台来满足其大规模的需求，所以说云计算是物联网发展的基石^{[11][18]}。

虚拟化技术是实现云计算的关键技术。单个服务器通过虚拟化技术可以支持多个虚拟机运行多个操作系统，进而提高了服务器的利用率。Hypervisor(虚拟机监控程序)是虚拟机技术的核心。它在虚拟机和底层硬件之间建立了一个抽象层，可以拦截操作系统对硬件的调用，为驻留在其上的操作系统提供了虚拟的 CPU 和内存^[11]。

要想实现云计算系统，目前来说，还面临着诸多挑战，现有的云计算系统的部署相对分散，各自内部能够实现 VM 的自动分配、管理和容错等，云计算系统之间的交互暂时还没有统一的标准，并且关于云计算系统的标准化工作还存在着一系列的亟待解决的问题，需要更进一步的深入和研究。然而，云计算一经提

出后便受到了产业界和学术界的广泛关注。如今，国外已经有了多个云计算的科学研究项目，比较有名的是 Scientific Cloud 和 Open Nebula 项目，而且产业界也在投入巨资来部署各自的云计算系统，参与者主要有 Google、IBM、Microsoft、Amazon 等。国内关于云计算的研究也已经起步，并且在计算机系统的虚拟化基础理论与方法研究方面取得了阶段性的成果^[11]。

2.2 物联网规范简介

电子标签、RFID 识读者、ALE 中间件、ONS 对象名服务、EPC 信息服务等软硬件组件共同构成了物联网系统，该系统比较复杂，涉及到 RFID 技术、计算机软件、计算机网络等各个领域的技术，现在权威的 EPC 标准主要包括射频标签，射频识读者，EPC 信息服务，ONS 对象命名服务，ALE 应用层事件等几个技术领域。下面对各个领域核心规范进行相应的介绍。

2.2.1 电子标签的规范

在 EPC 标签数据技术指标 1.0 中给出了 EPC 标签数据的结构与格式。该规范包括了 EPC 的数字位数和数字格式。该规范也识别已经确定的头字段值，并且描述了每个头字段定义的位分区。

900MHz Class 0 无线射频识别标签协议规范草案分五部分，A 为实施的标准。B 提供了接口和定义指令集，其包含信号的波形，并扩展了具体的指令结构，描述如何操作。C 描述程序方面，并推荐成功的运算法则。D 将会提供测试的说明，它的内容和范围仍正在被定义。E 部分列出了一些尚未解决的问题。

2.2.2 应用层事件规范

应用层事件(Application Level Event)规范，简称为 ALE 规范，由 EPC global 组织于 2005 年 9 月，正式对外发布。它定义出了 RFID 中间件对上层应用系统提供的一组标准接口，以及 RFID 中间件最基本的功能：收集/过滤(Collect 或 filter)功能。ALE 规范给出的是一组不包含详细实现的接口定义。RFID 中间件的其中一个最基本的功能是在 EPC global 的规划中能够支持 ALE 规范，这样的话，统一标准之后，再统一应用层中的调用方式，便可以快速的部署应用系统。由此，ALE 规范是对应用系统采用何种方式访问 RFID 中间件标准的一种定义。

目前 ALE 规范的最新版本(V1.0) 是在 2005 年 9 月 15 日由 EPC Global 组织颁发的。

2.2.3 对象命名服务规范

对象名服务（ONS），是 EPC 网络的重要组成部分，它使用户可以查找与特定的 EPC 相关的数据并且请求访问这一数据的一套服务。本标准规范详细的说明了怎样基于 DNS (域名服务) 来发现给定的 EPC (产品电子码) 的权威原数据和服务。首先介绍了当前的背景，并且概要的描述了 EPC 网络的体系结构和其中的组件。最后由介绍互联网中的 DNS 引出 ONS 的概念、功能和地位，指出了 ONS 利用 DNS 的必要性和科学性，并且给出 ONS 的基础框架结构。本规范重点详细的说明和示例了利用 ONS 查询时怎样将 EPC 序列码转化成为符合 DNS 标准的查询格式的步骤，以及对 DNS 反馈结果格式的具体说明，对查询结果进行了详细的分析并给出了示例，例如怎样发现某个产品的 WSDL 文档、HTML 格式页面、授权 EPCIS 服务、通往 Web 服务的 XML-RPC 网关。规范最后列出了一些涉及到的相关标准规范和相关术语。

目前 ONS 规范的最新版本 (V1.01) 是在 2005 年 10 月 1 日由 EPC Global 组织颁发。

2.2.4 EPC 信息服务规范

该规范定义了版本 1.0 的 EPC 信息服务 (EPCIS)。EPCIS 的目标是使用不同的应用，利用电子产品码 (EPC) 的数据经由 EPC 相关数据共享，来实现内部和企业之间的信息交互的目的。规范最先论述了 EPCIS 的功能及其在物联网中的核心作用。接下来是对服务底层的数据定义进行详细分析。划分 EPCIS 内部的功能层次并详细介绍各个层次之间的相互关系，设计了大体的框架。再者规范介绍了 EPCIS 服务的宏观架构，并给出了服务框架的参考设计。规范的核心部分详细分析了一个 EPCIS 服务组件应该提供的服务种类，并且针对该服务应该提供的各种功能以及提供的相应方式给出定义，而且规范了服务的展现方式。在规范的最后部分给出了服务和具体技术的绑定建议。

目前，EPCIS 规范的最新版本 (V1.0) 是在 2007 年 9 月 12 日由 EPC Global 组织颁发的。

第3章 太阳能发电并网系统

3.1 太阳能发电并网技术

3.1.1 光伏发电并网系统的现状和研究意义

光伏发电的工作模式分为离网发电和并网发电两种^[19]。以往，因为太阳能电池的比较高的生产成本，只有比较偏远的无电地区才多数采用光伏发电，而且主要是户用和村庄用的中小型发电系统，这些都属于光伏发电的离网发电型用户。而最近几年来，光伏发电产业以及该产业的市场发生了很大的变化，由偏僻边远的农村地区慢慢的向城市太阳能并网发电和光伏建筑集成化的方向大步迈进，起初，太阳能被认为是全球性地“补充能源”，如今已经成为主要的“替代能源”。

通过最近几年不懈努力和研究，光伏并网逆变技术已经接近于成熟，在一些发达国家，例如电力电子技术先进的德国、美国、日本和加拿大等已经生产出相对成熟的产品，这些产品不仅技术先进而且性能优秀，从小功率到到高压大功率，从几十瓦到上百瓦的甚至上千瓦的高频光伏并网模块等等光伏并网逆变电源，种类多样化，功能也比较完善，可以多机并联，也可以多机进行组合群控，还可以独立后备与并网发电两用，防止孤岛效应、自动跟踪最大功率点、实现远程的调度管理等等。

我国在该方面的研究经过了“九五”和“十五”的国家科学技术攻关，在基本的理论和实际应用技术等诸多方面已经取得了可喜可贺成绩，在并网发电逆变的关键技术上已经有所突破，并且具有自主的知识产权，国内已经有部分相关企业有能力并且已经生产出了并网逆变的样机产品，但是在并网发电逆变技术的具体细节方面，与国外的该方面先进的技术相比较而言还是有很大的差距。譬如，并网发电逆变系统中的电磁兼容性和电磁噪声的问题，国内的相关方面的研究还并不是很多，但是这个问题对并网发电逆变系统的影响却是很大的，目前来说，在技术上很难更好的解决这个问题^[20]。同样的即便国内对最大功率跟踪的问题有不少的研究，给出的原理还不够深入并且能真正达到完善的性能指标实际样机尚未出世。从适应电网的安全角度来看，对如何控制并网功率和怎样来识别孤岛效应还缺乏详细的实验研究和标准的制定。而且光伏并网逆变器主要电路的研究也较单一，适应面还不是很宽。

太阳能光伏并网发电系统不只与太阳能电池技术与并网发电逆变技术相关，

还牵扯到系统的优化控制问题，太阳能发电系统的总发电效率与很多因素有关，不仅仅受太阳能电池效率、逆变器效率和功率控制方式等因素的影响，还受到当地的太阳能电池阵列的倾斜角度、当地的纬度、方位角、当地的气候和日照等等一些列因素的影响，因此如何提高太阳能光伏系统的全年的总体发电效率是一个非常复杂的系统工程，它涉及现代工程数学、仿真技术、现代控制理论、建模技术等很多学科领域，多学科之间相互交叉，国外在经过多年的大量的光伏系统应用研究和运行统计的基础上，建立了比较完善的全球各地区气象年平均日照和月平均的日照统计数据库，这为光伏发电系统的优化设计提供依据也为该系统的优化方案提供了更加有利的条件，并成功研制了有针对性的光伏发电系统的优化设计软件包，与此同时在风力资源的统计数据的基础之上，研发出了风力和光照互补发电的系统优化设计软件，为光伏发电系统的后续发展提供了有利的理论依据和较好的设计工具，譬如如何降低光伏发电系统的成本问题、该系统的推广应用问题、怎样提高光伏发电系统的运行可靠性、节省系统设备的投资以及如何保证系统的安全稳定供电的问题等等^[19]。

而我国在光伏发电系统的优化设计方面，很多院校正在做相关的研究，但因为大量相关问题的存在，例如针对大量电站运行的数据统计情况、部分气象数据的获取以及缺乏研制经费等等，使得系统优化设计软件的应用和推广还需要一定的时间，而且还需要实践的进一步验证和完善。相信伴随着光伏发电系统的普及和发展，人们将会愈来愈重视光伏发电系统的优化设计问题。针对以上的诸多问题和现状，光伏并网发电系统的研究更具有重要的理论和现实意义。

3.1.2 光伏并网发电系统的分类

现在比较常用的光伏并网发电系统主要分为两大类，一种为无蓄电池的“不可调度式光伏并网发电系统”；另一种为带有蓄电池组的“可调度式光伏并网发电系统”。在不可调度式光伏并网发电系统当中，并网逆变器可以将光伏阵列产生的直流电能转化为和电网电压同频、同相的交流电能，当主电网断电的时候，系统会自动的停止供电。白天的时候，当光伏发电系统产生的交流电能远远超过了本地负载需要和承受的电能时，超过的部分将会被馈送给电网；其它的时间，尤其是夜间，当本地负载产生的交流电能远远大于光伏系统所产生的电能的时候，电网将会自动的给本地负载补充电能。当电网出现故障或正在进行维修的时候，出于安全角度考虑，逆变器将会停止工作，而且逆变器、电网和负载这三者之间的电气必须严格要求断开，这样光伏发电并网系统将不会再向电网和本地负载供电^[19]。

可调度式光伏并网发电系统和不可调度式光伏并网发电系统相比,最大的区别是前者配有能源储备环节(一般情况下采用的是蓄电池组作为储能环节),蓄电池组容量的大小可以依据具体的需要进行配置。可调度式的光伏并网发电系统在其功能和性能方面相比较不可调度式而言有若干扩展和提高。同时也带来了若干严重的弱点,正是这些弱点使可调度式并网系统的应用规模当前还不能与不可调度式相互比较,这主要是因为蓄电池组的使用寿命比较短:目前在一般的好一点的工作环境下,市场上的免维护型的蓄电池的使用寿命一般为5年左右,而光伏阵列在稳定的工作环境下可以维持25-30年左右,因此只有很少的场合中才使用这种系统;而且目前市场上的蓄电池组的价格还是算比较昂贵的;蓄电池组相对比较笨重,需占用很大的空间,如果有漏液,便会有腐蚀性液体泄漏,除此之外寿命已尽的蓄电池还要有特定的后续处理,若不进行相应的处理将会造成严重的“铅污染”;不可调度式的光伏并网发电系统的集成度相对较高,它的安装和调试相对方便,可靠性也很高。

3.1.3 太阳能电池和三相光伏并网发电系统的工作原理

电池阵列既是光伏发电系统的重要部分,也决定着光伏系统的整个性能和工作质量。太阳能电池阵列是由若干个太阳能电池组件串、并联组成,下面将介绍太阳能电池的工作原理^[21]。

太阳能电池基本工作原理是半导体P-N结的光生伏打效应。而所谓的光生伏打效应,简单来说,就是当物体受到光照的时候,物体内的电荷分布状态会发生变化进而产生电动势和电流的一种效应。当半导体的P-N结受到太阳光或其它光的照射的时候,便会在P-N结的两端产生电压,被叫做光生电压。这种现象就是著名的光生伏打效应。将P-N结进行短路就会有电流产生^[19]。

众所周知,原子核和电子共同组成了原子。原子核自身带有正电,电子自身带有负电,就像是行星围绕着太阳进行不停的转动一样,电子也是按照一定的运行轨道围绕着原子核做高速的旋转运动。当受到太阳光的辐射的时候,电子便会脱离原子核的束缚转变成成为自由电子,并同一时间在它的起初所处的位置留出一个空位,也就是物理学中所说的“空穴”。因为电子本身带有负电,空穴也就对应的带上正电。当P-N结受到太阳光的照射的时候,半导体的内部就会有电子-空穴对产生,由于P-N结的势垒区存在着比较强的内建的静电场,因而在势垒区中会产生电子和空穴,并且是非平衡的,或者是在势垒区外产生然后扩散进势垒区,由于受到内建静电场的影响,带有负电的电子便会被驱向到N型区域,相对而言带有正电的空穴便会被驱向到P型区域。离开了势垒区之后,最终使P型区

的电势逐渐升高，N 型区的电势不断降低，P-N 结的两端也就形成了所谓的光生伏打电动势，这就是所谓的光生伏打效应。由于在光照的条件下产生的所有非平衡的载流子都是各自的向相反的方向漂移，在内部也就产生了光生电流，该电流由 N 区流向 P 区，当 P-N 结发生短路的时候将会出现短路电流。当 P-N 结处于开路的情况下的时候，在 P-N 结的两端便会自动的建立电动势，该电动势便被称为光生伏打电势差，这就是所谓的开路电压。如果把 P-N 结的两端与外部电路相接通的话，只要光照不停止，就会不断地有电流流过电路，P-N 结起到了电源的作用²²，这就是太阳能电池发电的基本工作原理。如果把几十个甚至数百个太阳能电池串联、并联起来，组成的太阳能电池组件，在太阳光的照射下，便可以得到相当可观功率的电能^[4]。

光伏并网的基本工作原理就是把太阳能电池组件所发出的直流电转换成为交流电，并且并入市电的电网，可以供正常的交流用电电器使用。现在主要并广泛应用于太阳能并网发电系统中的方案原理是：先将太阳光能转化为电能的形式，然后将电能调节成为满足 SPWM 全桥逆变器所需要的直流电压，最后经过 SPWM 全桥逆变器把产生的能量反馈给电网。在整个并网发电系统的最主要的环节（即逆变环节）当中，主要采用的是 SPWM 逆变技术。基于电力系统准周期并列的条件，再生能源回馈现有电网系统进行并网的时候应该同时满足 3 个条件：①逆变器输出端的电压要与市电的电压接近或者相等，一般的电压的压差值不能高于百分之十；②逆变输出的频率值应该接近市电的频率值，一般情况下频差值要低于 0.4Hz；③逆变输出端的电压要保证和市电的电压相位相同，一般情况下，这个相位差要低于 10 度。光伏发电并网的控制目标是：保证经过逆变后的交流电流必须是正弦波，并且该正弦波必须是稳定的高质量的和市电电网的电压同频同相的。

3.1.4 光伏逆变器的工作原理

逆变开关电路是逆变装置的核心，被简称为逆变电路。该电路通过电力电子开关的导通与关断，来完成逆变的功能。

图 3-2 为并网逆变器内部功能模块框图。光伏输入是在逆变器直流侧汇总，升压电路将输入的直流电压提高到逆变器所需要的目标值。MPP 跟踪器保证了光伏阵列产生的直流电能够最大程度地被逆变器使用。IGBT 全桥电路则将直流电转换为交流电压和电流。保护功能电路在逆变器运行的过程中监测其运行状况，在非正常工作条件下可以触发内部继电器从而保护逆变器内部元器件免受损坏。

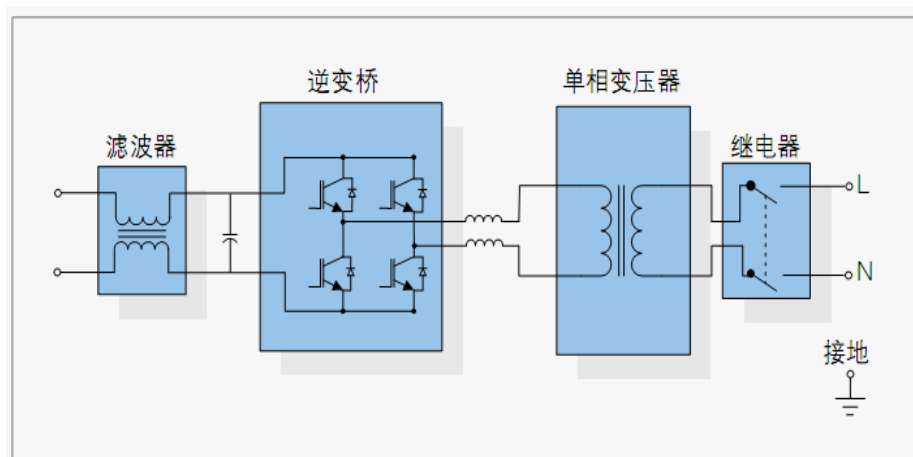


图 3-1 并网逆变器的电路结构

Fig 3-1 and grid-connected inverter circuit structure

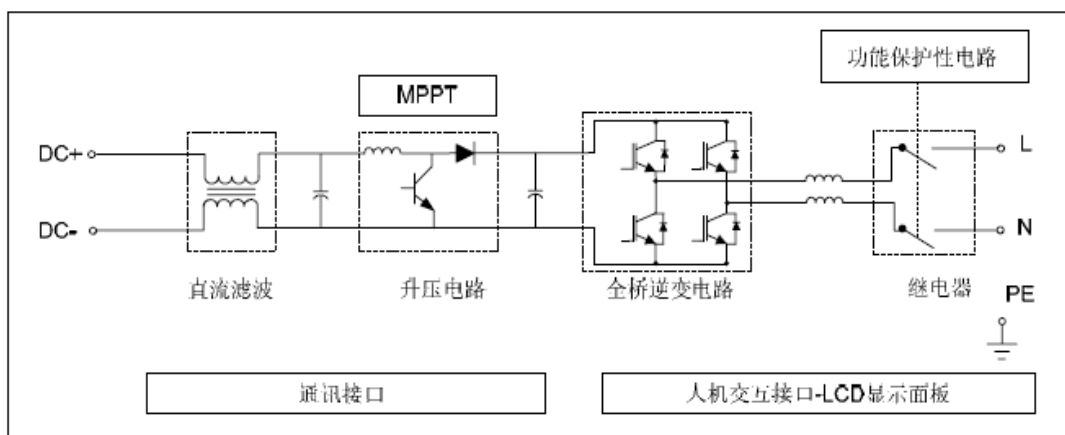


图 3-2 并网逆变器内部功能模块框图

Figure 3-2 Internal functional block diagram and the grid-connected inverter

对于光伏逆变器的分类只讨论按隔离方式来划分的两类光伏逆变器：

A 独立光伏系统逆变器

独立光伏系统逆变器包括了边远地区的村庄供电系统，通信信号电源，太阳能户用电源系统，阴极保护，太阳能路灯等带有蓄电池的独立的发电系统^[23]。

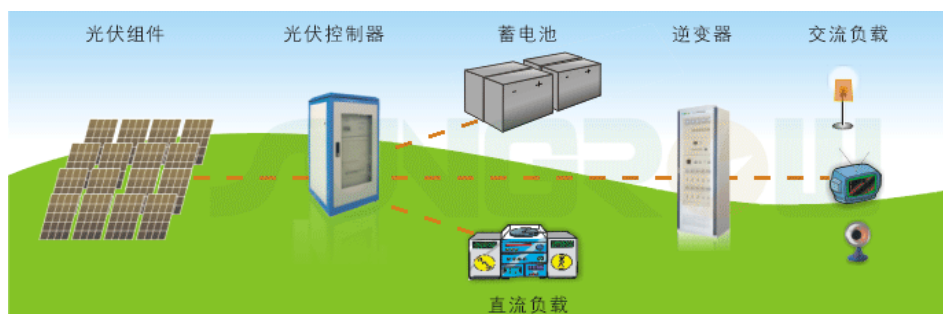


图 3-3 独立光伏逆变系统

Fig 3-3 stand-alone PV inverter system

B 并网光伏系统逆变器

并网发电系统是与电网相连的并向电网输送电力的光伏发电系统。通过光伏组件将接收来的太阳辐射能量经过高频的直流转换后转变成高压直流电，经过逆变器逆变转换后向电网输出与电网电压同频、同相的正弦交流电流。



图 3-4 并网光伏逆变系统

Fig 3-4 grid-connected photovoltaic inverter system

3.2.3.2 光伏逆变器的主要技术指标：

A 输出电压的稳定度

在光伏并网系统中，太阳能电池发出的电能一部分供负载使用（若有负载的情况下），多余部分送到蓄电池暂存，存到蓄电池的能量通过逆变器得到 220V 或者是 380V 的交流电。然而蓄电池送出的电压值受到自身性能（充放电）的影响，变化范围也就不稳定而且比较大，比如标称 12V 的蓄电池，它的实际电压值在 10.8V~14.4V 之间来回摆动(无故障情况下)。但是合格的逆变器，它的输入端的电压值若在这个范围内来回变化的情况下，稳态的输出电压的变化量必须低于额定电压值的 $\pm 5\%$ ，并且在负载变化瞬间，逆变器的输出电压的偏差必须低于额定电压值的 $\pm 10\%$ ^[24]。

B 输出电压的波形失真度

实际应用中，必须规定正弦波逆变器的最大允许波形失真度(或者说谐波含量)。最大波形失真度一般以输出电压的总波形的失真度来表示，它的值应该不能超过 5% (若单相输出则允许 10%)。因为逆变器的额外损耗（比如若负载为感性负载，逆变器的输出的高次谐波电流便会在负载上产生涡流），当逆变器波形的失真度远远大于正常值时，在负载上将会产生巨大热量，将严重威胁电气设备的安全，同时系统的运行效率也会跟着受到很大的影响^[24]。

C 额定输出频率

目前市场上很多包含电机之类用电设备，因为它们的电机的最佳工作频率是

50Hz，若频率远远超过或者远远低于正常工作频率值时都将会面临损坏设备的危险，并且会使系统的运行效率降低和缩短设备的使用寿命，因此逆变器的正常输出频率要相对稳定，其值通常取工频 50Hz，常态下其偏差值不能超出 $\pm 1\%$ ^[24]。

D 负载功率因数

逆变器的负载可以是感性负载也可以是容性负载，然而其带负载的能力是用负载功率因数的大小来衡量的。对于正弦波逆变器而言，它的负载功率因数一般在 0.7~0.9 之间，额定值通常是 0.9。对于特定功率的负载而言，功率因数与所需要的逆变器的容量成反比，当要求较大容量的逆变器时，不仅仅成本要增加，整个系统的交流回路中产生的的视在功率也会相应增大，一旦回路中的电流增大，系统中的损耗肯定增加，因此会降低系统的工作效率。

E 逆变器效率

在特定要求的工作条件下，逆变器的输出功率与其输入功率的比值（通常用百分数表示），被称为逆变器的效率。通常情况下，光伏系统逆变器的标称效率指的是纯电阻负载，80%负载情况下的效率值。基于光伏系统成本较高的现状，在尽可能的最大程度上提高光伏逆变器的工作效率成为首选，其次可以降低系统的部分成本，以此来提高整个系统的性价比。现今市场上占主流的逆变器的标称效率一般在 80%~95%之间，而对小功率的逆变器的要求是高于 85%。因此在实际的系统设计时，要做到逆变器高效率 and 合理配置系统，使整个光伏系统的负载可以再最佳效率点工作。

F 额定输出电流(额定输出容量)

在规定的负载功率因数范围之内逆变器的额定的输出电流称为额定输出电流。部分逆变器产品用的是额定输出容量这一概念，它的单位是 V A 或 k V A。在输出功率因数为 1（即纯电阻负载）的情况下逆变器的额定输出电压值乘以额定输出电流，得到的值作为额定输出容量的值。

G 保护措施

一款性能优良的逆变器，还应该具备完善的保护功能或者保护措施，以便应对在实际使用的过程中出现的各种异常的情况，使逆变器本身及系统其他部件避免受到损伤。

①输入欠压保护：当输入端电压低于额定电压的 85%的时候，逆变器应该有保护和显示。

②输入过压保护：当输入端电压高于额定电压的 130%的时候，逆变器应该有保护和显示。

③过电流保护：逆变器的过电流保护，应该能够保证在负载发生短路或者电流超过允许值的时候能够及时的动作，使其避免受到浪涌电流的损伤。当工作电

流超过额定的 150% 的时候，逆变器应该能够自动的保护。

④输出短路保护：逆变器短路保护的動作时间应该不超过 0.5s。

⑤输入反接保护：当输入端正、负极接反的时候，逆变器应该有防护功能和显示。

⑥防雷保护：逆变器应有防雷保护。

⑦过温保护等。

除此之外，对于没有电压稳定措施的逆变器，逆变器还应该有输出过电压防护的措施，以使负载避免受到过电压的损害。

H 起动特性

起动特性可以表征逆变器带负载起动的能力和动态工作时的性能。逆变器应改保证在额定负载下可靠的起动。

I 噪声

电力电子设备中的变压器、电磁开关、滤波电感及风扇等部件都会产生噪声。逆变器在正常运行时候，其噪声应该不能超过 80dB，小型逆变器的噪声应该不超过 65dB。

逆变器的主要特点如下：

①要求具有较高的效率

目前太阳能电池的价格比较高，为能够最大限度的利用太阳能电池，提高系统的效率，必须想办法提高逆变器的效率。

②要求具有较高的可靠性

目前的光伏电站系统主要被用于边远的地区，许多电站没有人值守和维护，这就必须要求逆变器要有合理的电路结构，严格的元器件的筛选，并要求逆变器自身具备各种保护功能，例如：输入直流极性接反的保护、交流输出短路的保护、过热、过载保护等等。

③要求输入电压有较宽的适应范围

由于太阳能电池的端电压随着负载和日照强度的变化而变化。特别是当蓄电池老化的时候其端电压的变化范围很大，例如 12V 的蓄电池，它的端电压能够在 10V 到 16V 之间进行变化，这就要求逆变器可以在较大的直流输入电压的范围内保证正常的工作^[19]。

3.2 物联网在太阳能发电技术中的应用

目前国内的发电企业对于新能源和可再生能源方面的开发主要是集中在风能、太阳能和水电开发方面，而风能和太阳能都有输变电本钱高、设备单体发电

量小、发电本钱高、发电量人工不可控、发电稳定性差、运营维护本钱高、无法储能及技术难度高等问题，新能源的使用同时还受到电网稳定性和经济性的限制，只会成为企业政治任务 and 抢先占领市场资源的负担，与节能减排的根本原则相悖。而物联网技术的发展及应用，将会对新能源的开发产生巨大的影响。而本设计是对太阳能发电系统的研究，风能发电和其相似，故只论述太阳能发电部分。

3.2.1 太阳能发电并网技术与物联网的联系

3.2.1.1 电厂建设中的物联网的应用

在太阳能电场的建设过程中，对于中心监控系统的设立一般是由监控计算机、通讯电缆、通讯接口、光电转换器、总线连接器、多膜光缆组成的。通过与机组的就地控制器（下位机）通讯获取数据，以此实现远程的集中监控的目的。它的组网方式为产业以太网的模式，需要进行大规模的通讯系统实施，但是太阳能电场拥有大数目的单机、分布广的地域，且通讯的本钱远远高于发电能力集中的火电、核电或水电，如果依据物联网技术而进行组网，不但可以大大的降低通讯设备的实施本钱，还能够为后续的设备扩容提供无穷的空间。然而 3G 通讯技术和高频射频技术的不断普及，也为无线通讯提供了技术基础。

更重要的是，由于无线通讯技术不受到空间和地域的限制，使海域、城市、偏远山区等复杂的地区的太阳能利用具有经济性。

3.2.1.2 维护运营中的物联网应用

对于太阳能发电系统，最重要的资产是发电机组，然而伴随着发电规模的不断扩大，发电设备的状态监控仅仅依靠设备提供的工控监控系统并不能够完全的满足需要。而随着机组数目的增多，设备的人工监测、维护和更换对维护运营团队来说难度也就越来越高。

以某太阳能场为例，由于太阳能场占地广、维护职员少、发电机组数目多，对于单个机组的巡检仅能做到一个月一次，而对于例如光照情况、噪音、机组盘表数据等信息却是无法监测或者需要对机组上某一设备进行单独的监控、或者人工读取时效率低下，并且相关的监控无法达成连续性。而采用物联网技术，可以对相关的需要关注的设备进行系统识别，并通过传感感应装置自动的获取相关的数据。相关的信息可以通过无线方式直接传输到控制中心，也可以在机组四周设置识别区域，通过信息感知技术直接获取数据。未来，太阳能电场的工人将不需要爬上很高的控制间查看其工作状态和记录，而是驱车经过机组时由设备自动的感知相关的数据。

对于新能源设备的制造厂同样可以在生产相关产品的整个过程中起到至关重要的作用。通过嵌入式智能设备或者使用独特的标识符和数据载体（能够与智

能网络的基础设施和信息系统进行交互作用）将相关项目和信息技术进行相互联系，能够优化产品的生产过程和产品的整个生命周期，从生产过程到产品退出市场的全过程都可以得到监测。通过对产品和集装箱进行相应的标识，车间、场地位置和生产机器状况的全部相关数据会更加的透明。而微量信息可以被看作是完善生产计划和改善物流的输进数据。自我组织和智能生产的方法可以围绕识别的项目进行设计。

由于从产品的生产到其生命周期的结束，产品和附加的信息处理组件是密不可分的，因而产品的历史和它目前所处的状态都是可以得到连续的监控并且储存在标签或者信息系统中。这些数据反映了产品的使用历史，即包括关于产品的设计、市场营销、产品的相关服务设计以及产品的生命周期结束时的安全环保决策、循环利用或终极处理等方面的有价值的信息。

对于产品的生产和生命周期来说，物联网是条形码和 KKS 编码设备治理模式的延续和发展。融合芯片技术、通讯技术和控制技术，从物品的标识、物品信息的通讯传递到物的可控制，物联网将会赋予产品更多的智能，生产厂家对于设备的生命周期的把握将会变得更加完善和更加正确。

3.2.1.3 电力应用中的物联网应用

物联网最重要的应用方向之一是在智能电网中的应用，专门的论述比较多，其中包括节能、调度、计量等几个主要方向。而太阳能发电这一类新能源开发的重要应用是在于电网的互动，也是对电网垄断业务之外的可切进点。它的理论基础是由中国能源专家武建东提出的“互动电网”。“互动电网”被定义为：在开放和互联的信息模式基础上，通过加载系统数字设备和升级电网网络管理系统，实现发电、输电、供电、用电、客户售电、电网分级调度、综合服务等电力产业全流程的信息化、智能化、分级化互动管理，是集合了产业革命、技术革命和管理革命的综合性的效率变革^[25]。它将会再造电网的信息回路，并将构建用户新型的反馈方式，以此推动电网整体转型为节能的基础设施，提高能源的利用效率，降低客户的投资成本，减少温室气体的排放，创造出电网价值的最大化。

太阳能发电这一新能源并网的最大困难在于稳定性和经济性。随着技术的发展，目前太阳能发电的单位本钱也在逐年的下降，而由于化石能源的价格不断上升和环境保护的需要，使传统发电的本钱与新能源发电的本钱逐渐接近。但是在稳定性方面，由于太阳能的不稳定性（人力不可控）和不可储存（对比水电）的特点，目前建设的太阳能电厂并网一般需要新建对应的容量的火电厂保证并网的安全，由于太阳能电场建设的位置一般阔别人口密集区域，发电能力与用电能力的差距过大，造成电力传输难度很大，也是新能源电力无法完全利用的主要原因之一。然而通过物联网技术，可以很好的解决这些劣势带来的问题。针对太阳能

机组单机发电容量小的问题，在用电密集区域附加太阳能设备，例如在城市楼宇与道路等位置架设太阳能电池或发电模块，通过数目增加太阳能应用比例。针对太阳能电源不稳定的问题，在用电密集区域太阳能机组的并网难度远远低于在偏远地区的并网难度。针对电网输送问题，通过对电网的反馈式改造，将使终极用户成为发电企业的主要发电单元，将会极大程度的改变目前电力行业的运行模式。发电企业通过对城市的太阳能等新能源的改造，可以将整个城市变成企业控制的太阳能电场，通过物联网技术进行建造、治理整个区域的发电机组，故发电机组的第一应用为最近的用电单元，多余的电力反馈到市电电网，由电网再进行同一的分配（在电网智能改造之前，反馈并网是不能实现的，但是考虑到太阳能的发电能力与企业办公时间相一致，对于太阳能来说，基本上是可以保证满负荷并网或应用的）。由于发电区域与用电区域的重叠，可以节省一大部分的输变电的本钱。

现在的电力行业中，电网进行输变电已经成为了一个稳定的行业模式。通过物联网技术（平台需要云计算技术支持），使发电企业实现治理海量发电设备和终极用户成为了可能，发电企业、太阳能等新能源设备制造商可以通过物联网技术参与行业发展，进而衍生出智能太阳能等新能源设备运营及治理服务的行业，为节能减排做出大的贡献。

3.2.2 面向太阳能发电并网技术的物联网体系结构

为满足物联网的异构需求，物联网需要一个开放的、分层的、可扩展的网络架构。面向太阳能发电并网技术的物联网大致分为传感层，核心承载层和信息服务层。

传感层是物联网实现“物物相联，人物互动”的基础网络，一般分为感知控制子层和通信延伸子层。其中，感知控制子层可以实现对物理世界的智能感知和识别、信息采集和处理及自动控制；通信延伸子层则通过通信的终端模块或其延伸网络将物理实体联接到它的上面两层。

简单来说，感知控制子层主要是通过各种新型的 MEMS 传感器、基于嵌入式系统的智能传感器和智能采集设备等技术手段，实现对物质的属性、环境状态、行为态势等静态或动态的信息进行大规模的、分布式的信息获取。信息服务层主要是由应用基础设施和各种应用两大部分组成的。其中，应用基础设施为物联网的应用提供了信息处理、计算等通用基础服务设施、能力及资源调用接口，并且在此基础上实现了物联网的各种应用。

对于整个的太阳能发电系统而言，需要监控的环节和参数比较多，本设计只

选取人体红外感应模块，温度光照度传感模块两个模块和采集逆变值作为传感网的主要节点，具体分析这三部分作为节点时的物联网的应用。

核心承载层为上下两个层面的连接层，在本层中可以选用有线和无线两种方式，而在实际实验和测试中，因现有实验条件限制，主要选择手机短信模块和互联网为主要线路。而实际应用中，可用的无线传递方式很多，传输协议也有多个选择，例如无线 wifi，zigbee 协议等等。

对于上层应用来说，随着现代科技的发展，各种终端设备层出不穷，这也给物联网技术提供了更广阔的应用和更快的发展。故此，物联网在太阳能发电并网系统中的应用也变得更加有力和有效。

3.3 系统总体应用架构

上面提到了因太阳能发电并网系统过于庞大，并且其要监测和控制的地方太多，而现有实验条件的限制，无法做到面面俱全，但是，对于物联网技术的应用却是大同小异，本设计所选取的三个部分可以很好的代表其他方面的应用，然而本文研究的主要内容为实现逆变器逆变数据的采集及监控，其次为安防设计和光照度温湿度的监控。

由于过去所用的光伏逆变器受到技术条件的限制，要想显示采集的数据，通常选用数码管，即便后期技术有所提高，选用液晶显示，也无法做到集中控制和管理逆变器，这些情况，给工作人员和企业带来很多不便。为此，本文的研究重点是基于物联网技术太阳能发电并网系统，而选择的整个发电系统的逆变器作为一个研究节点。在此之前，需要掌握光伏逆变器的原理和构成。然后，依赖物联网结构，选取嵌入式系统为核心，设计出针对若干个逆变器进行集中监测的系统。

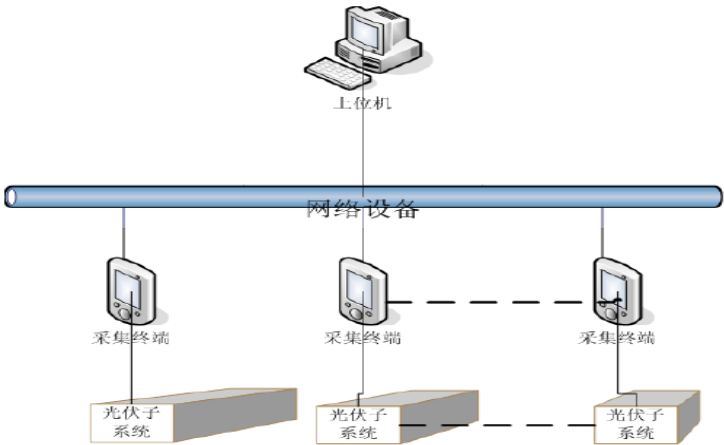


图 3-5 系统的总体架构

Fig 3-5 System architecture

如图 3-5 所示，利用基于 ARM 的采集终端每隔一定时间对光伏逆变器子系

统进行数据采集，同时，各个终端经由网络设备与上位机（总站）进行数据交互，总站对数据进行分析管理，即每个采集终端定时向上位机报告采集数据，其他子系统可以向上位机查询包括自身在内的所有光伏逆变器子系统的数据。

3.3.1 系统硬件设计方案

监测系统通过数据采集电路对输入电压、电流等若干参数量进行数据采集，传送的数据送往基于 Samsung S3C2440 的微处理器平台。Samsung S3C2440 是三星公司推出的一款 16/32 位 RISC 微处理器，由其及外围电路完成数据采集、存储、网络传输、触摸屏人机接口功能，作为子系统的采集终端。总控室内的监测系统利用一台 32 位 PC 机显示，每隔一定时间各个采集终端向上位机发送子系统上采集得到的数据。而各子系统又是相对独立的，并且可以在各自终端

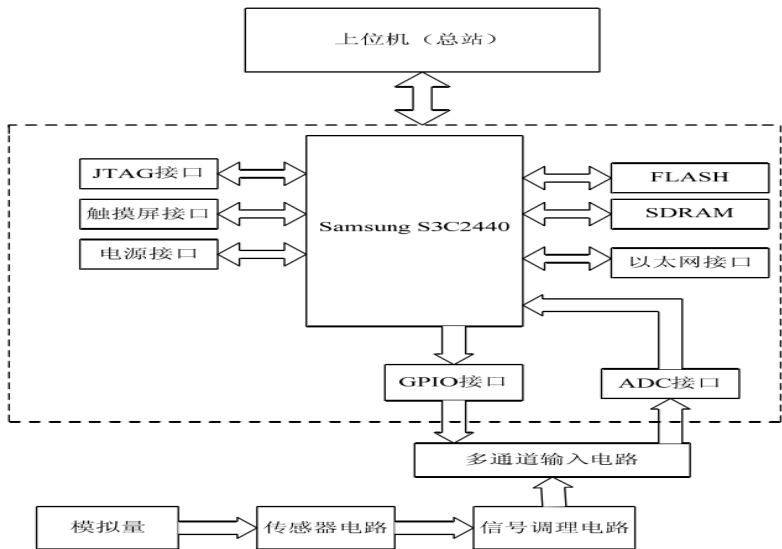


图 3-6 系统总体硬件结构框图

Fig 3-6 System hardware block diagram

处查询其他所有子系统的所有数据。同时，传送到上位机的数据存储在数据库上，可以方便管理人员随时查看和编辑，并且，采集数据的频率是可以设定的。系统硬件结构如图 3-6。

3.3.2 系统软件设计方案

系统在 Samsung S3C2440 上移植 Linux 操作系统，该操作系统源代码开放、可移植性强。其中，硬件设备驱动采用 C 语言编写，上层应用程序采用 Qt，Qt 是一个跨平台的 C++ 图形用户界面库。系统软件结构图如图 3-7 所示。

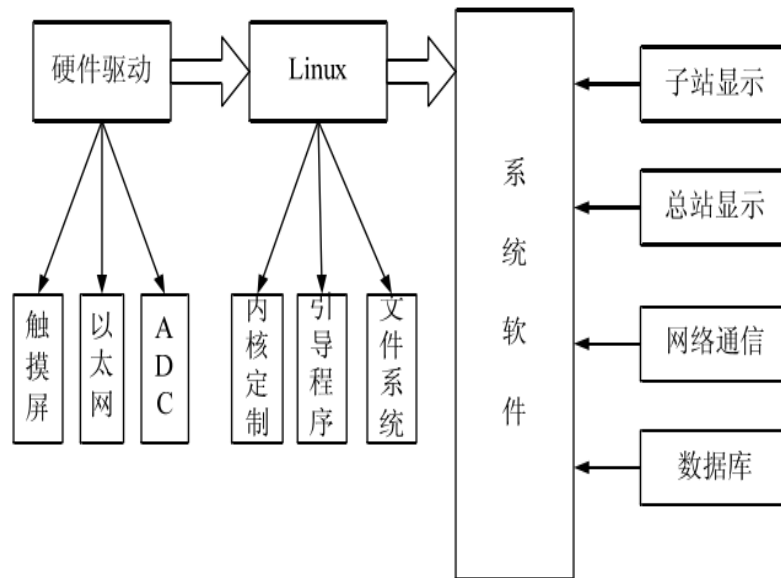


图 3-7 系统主要软件架构
Fig 3-7 Software architecture diagram

第 4 章 传感网的实现

作为物联网的重要组成部分之一的传感网，它自身是由感知节点和末梢网络组成的。

感知节点又是由各种类型的采集和控制模块组成的，例如 RFID 读写器、二维码识读者、温度传感器、振动传感器、声音传感器、压力传感器等，用来完成物联网的应用系统的数据采集和设备控制等各种功能。

感知节点的组成包含 4 个基本单元：传感单元（由传感器和模数转换模块组成，例如 RFID 射频识别设备、二维码识读者、温度传感模块）、处理单元（主要包含嵌入式系统，即带有 CPU 微型处理器、各种存储器以及相应的嵌入式操作系统等）、通信单元（由不同种类的无线数传通信模块组成，可以实现末梢节点之间以及它们与汇聚节点间的通信）和系统的电源/供电部分。感知节点将传感器技术、嵌入式微型计算机技术、智能组网技术及无线数传通信技术还有分布式的信息处理技术等进行相互融合，做到通过不同种类的集成化的微型传感器进行协作地实时监测、感知和采集各种环境或监测对象的信息，数据信息经过嵌入式系统的处理，再经由随机自组织的无线数传通信网络以多跳中继的方式将所感知的信息传送到接入层的基站节点和接入网关，最终到达信息应用服务系统。

末梢网络又被称为接入网络，其中包含汇聚节点和接入网关等，末梢网络可以实现应用末梢的感知节点的组网控制和汇聚所有的数据，或者用来完成将数据转发到感知节点。也就是在感知节点之间组网之后，如果感知节点需要上传数据，则将数据发送给汇聚节点（基站），汇聚节点收到数据后，通过接入网关完成和承载网络的连接；当用户应用系统需要下发控制信息是，接入网关接收到承载网络的数据后，由汇聚节点将数据发送给感知节点，完成感知节点与承载网络之间的数据转发和交互功能^[1]。

4.1 嵌入式硬件结构介绍

ARM9 的主频较高、速度较快、内存比较容易扩展，可以运行嵌入式 Linux 操作系统，为应用程序的设计提供了方便的条件，并且其开发板所用的处理器是 ARM9-S3C2410。

如图 4-1 是 Micro2410 核心板的布局图，其采用 6 层板设计，并且因布线等长做到了信号的完整性。主要的芯片被设计在顶层是为了更好的调试开发和维

修。核心板因为设计时选用“U”型的排列插针而被称为“U”型核心板-U2410，这样做的好处是可以将 CPU 信号脚充分的引出，而且利于插拔芯片。简单来说 Micro2440 是一个最小的系统板，它包含了一个系统最基本的部分：系统电源电路(5V 供电)、系统的复位电路、用于调试的标准 JTAG 调试口、一般用来标识的用户调试指示灯以及最核心的 CPU 处理器和基本的存储单元等。而且本系统的包含 NAND FLASH 和 NOR FLASH 两种类型的 FLASH 存储单元，可以通过跳线 J1 来选择整个系统是从 NAND 启动还是从 NOR 启动。通常情况下不常被改动的 BIOS 被放到 NOR FLASH 里面(本设计中选用的是 Super Vivit)，而在 NAND FLASH 里面是已经烧写好的完整的系统程序(例如 bootloader、内核、文件系统等)。

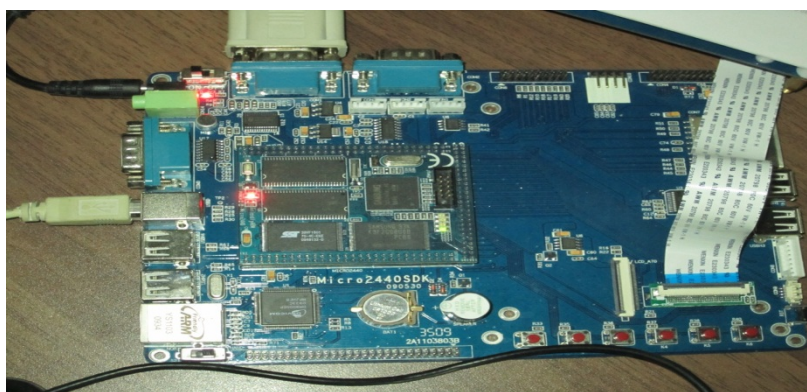


图 4-1 嵌入式开发板

Fig 4-1 embedded development board

Micro2440 的具体的硬件资源特性如下：

CPU 选用的是 Samsung 生产的 S3C2440A,主频达到 400MHz,最高可达 533Mhz。

SDRAM 选用的是 64M 的 SDRAM, 包含 32bit 的数据总线, 并且其时钟频率可以达到 100MHz。

Flash Memory 选用了两种, 一种是 256M 的 Nand Flash, 掉电时信息不易丢失, 也可以根据客户要求更改为 64M-1G, 另外一种 2M 的 Nor Flash, 同样的掉电非易失, 而且已经安装了 BIOS

接口和资源包含以下接口和部分: GPIO 接口 PA 、LCD & CMOS CAMERA 接口 PB、系统总线接口 PC 各一个, 每个接口都是 2.0mm 间距 PA 和 PC 口含 56 Pin, PB 口含 50Pin, 还包含复位电路和 10Pin 的 2.0mm 间距 JTAG 接口, 4 个用户调试灯。

系统时钟源是 12M 的无源晶振。

实时时钟为内部实时时钟 (该时钟需要另外接备份锂电池)。

系统选用+5V 供电。

尺寸是 63 x 52 mm。

主要硬件设备有：

a) SDRAM 存储系统

Micro2440 使用两片外接的 32M bytes 总共 64M bytes 的 SDRAM 芯片，通常称之为内存，它们并接在一起形成了 32-bit 的总线数据宽度，因此可以增加访问的速度；因为是并接，所以它们都选用 nGCS6 作为片选，因此决定了它们的物理起始地址为 0x30000000，SDRAM 部分原理图如图 4-2 所示。

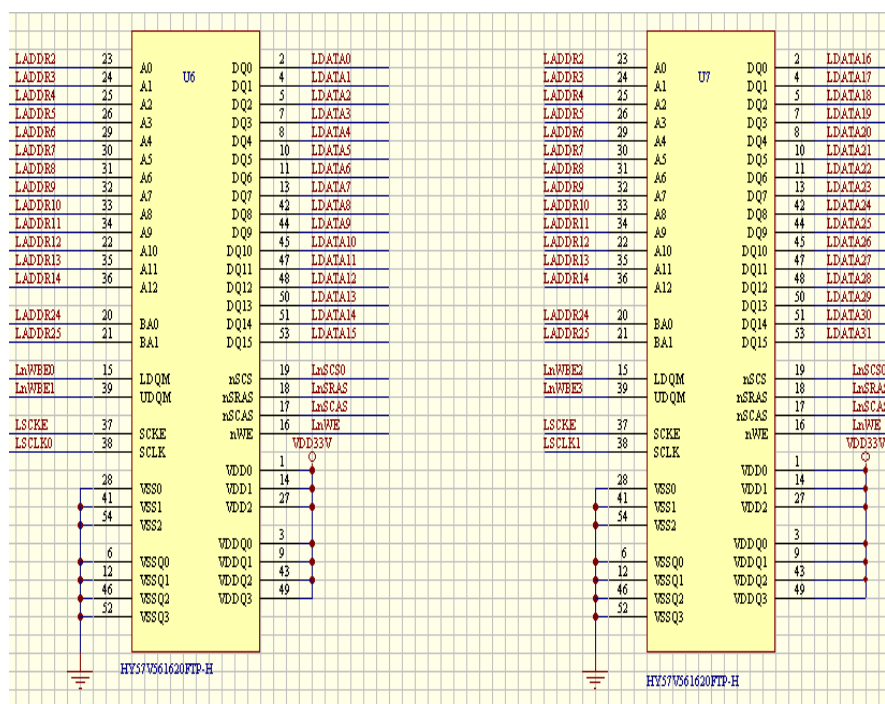


图 4-2 SDRAM 部分原理图

Fig 4-2 SDRAM part of the schematic

b) Flash 存储系统

Micro2440 包含两种 Flash，一种是 NOR Flash，型号为 SST39VF1601 (AMD29LV160DB 与此引脚兼容)，大小为 2Mbyte；另一种是 Nand Flash，型号为 K9F2G08，大小为 256M (可兼容最大 1G Nand Flash)。S3C2440 支持这两种 Flash 启动系统，可以通过拨码开关 S2，可以选择是从 NOR 还是从 NAND 启动系统。

Nand Flash 无地址线，有专门的控制接口与 CPU 相连，8-bit 的数据总线，但是 Nand Flash 的读写数据并不是慢。

在本设计所选用的开发板中，Nor Flash 采用 A1-A22 共 22 条地址总线和 16 条数据总线与 CPU 相连接，因地址是从 A1 开始的，这意味着它每次最小的读写单位是 2-byte，故该设计总共可以兼容支持最大 8Mbyte 的 Nor Flash，而实际上开发板只用了 A1-A20 条地址线，与 A21、A22 相连的 SST39V1601 的相应引脚是悬空的。

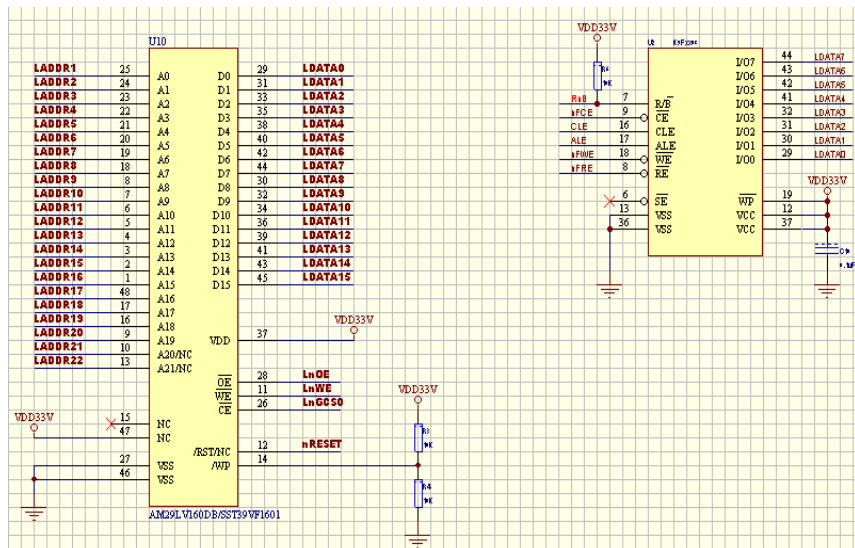


图 4-3 FLASH 引脚连线图

Fig 4-3 part of the schematic of SDRAM

c) 电源系统

开发板的电源系统比较的简单，直接使用了外接的 5V 电源，经由降压芯片产生整个系统所需要的三种电压：3.3V、1.8V、1.25V。

整个系统的电源通断是由底板的 S1 拨动开关来控制的，它并不能通过软件实现开关机。

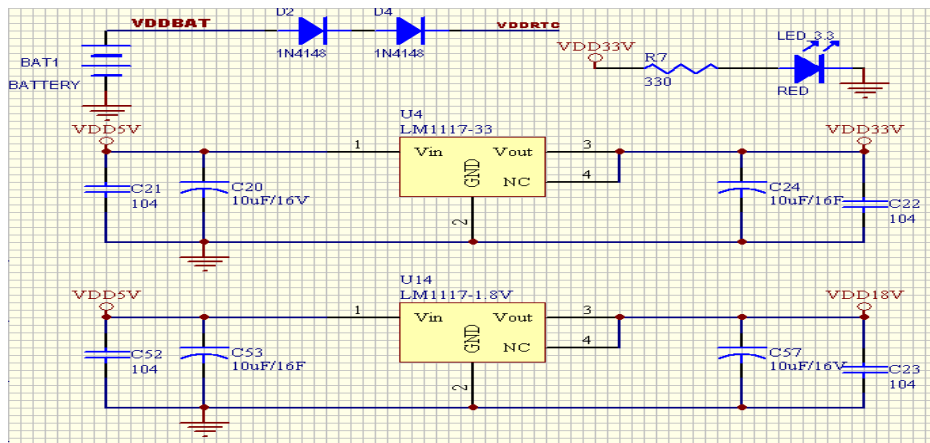


图 4-4 电源部分原理图

Fig 4-4 Power part of the schematic

4.2. 嵌入式操作系统

4.2.1 操作系统的结构和功能

操作系统 (Operating System, OS) 是特殊的系统软件, 它将底层硬件的细

节封装起来，为运行在其上的软件提供了一个抽象的编程接口，与此同时它又是系统资源的管理者，管理系统中的各种软硬件资源，以便可以保证系统能够可靠地高速运行。而嵌入式操作系统（Embedded Operating System, EOS）则是指使用在嵌入式系统中的操作系统。

嵌入式操作系统的快速发展使得嵌入式系统的复杂程度不断提高，更多的功能被集成到了一个小小的芯片当中。在 20 世纪 60 年代，嵌入式操作系统首次被引用到了军事领域，经过几十年的不断发展，目前在工业、能源、交通、医疗卫生、通信、消费电子、国防等领域都能见到嵌入式操作系统的身影。

不管是桌面操作系统，还是嵌入式操作系统，在实际的应用当中常常都是深藏在幕后的，默默的工作，人们一般都会忽略它的存在，而且它真实的作用也并不是人人都知道的，无形之中就多了几分神秘的色彩。

通常所说的操作系统是包含了一系列系统的软件集合，例如 Windows XP 操作系统就是包含了图形界面、资源管理器、网络浏览器等软件集合。但是在操作系统中，真正的决定操作系统功能的是他的核心（Kernel），当然只有核心还不足以使系统工作，还需要配合不同的系统程序和应用程序，它们一起构成了一套完整的操作系统。

一般来说，操作系统有三种结构：层次结构、微内核结构和单一内核结构。

层次结构是指依据操作系统各个模块的功能和相互之间依存的关系，把系统中的模块分为若干个层次，除底层模块之外，任何一个层次都是在它的下面一层的基础上建立的，每一层只使用其下层所提供的服务，一般来说，下层的程序某块往往会被称为操作系统的内核，层次结构图如图 4-5 所示。

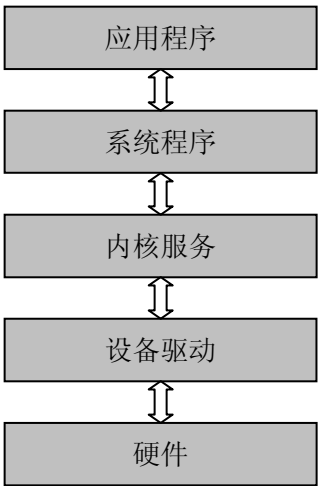


图 4-5 操作系统层次结构

Fig 4-5 operating system hierarchy

微内核结构的基本思想是把操作系统中的基本的功能模块组织成为微内核，

例如对进程、资源、终端服务例程（Interrupt service routine, ISR）、设备驱动程序、I/O 子系统以及网络子系统进行的管理的功能，除此之外的功能尽量放到核外，通过调用微内核来实现，如图 4-6 所示为微内核结构。微内核结构是对传统的内核的提炼，现在的 PC 上广泛使用的 Windows XP 系统采用的就是 Microsoft 的微内核。

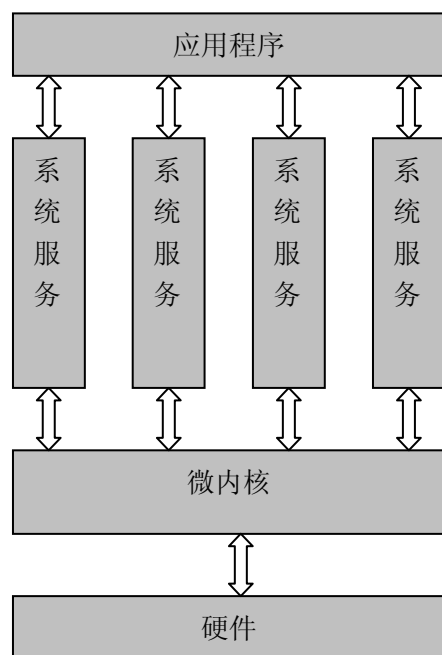


图 4-6 微内核结构

Fig 4-6 micro-kernel structure

单一内核结构指的是操作系统中的所有的系统相关功能都被封装在了内核当中，这种内核的性能好，系统各个模块之间相互调用的开销也比较小，而且容易实现全局性的优化，充分发挥其硬件的潜在性能。但是体积庞大、结构也比较复杂。单一内核结构如图 4-7 所示。

操作系统的功能是由操作系统的结构决定的，通常把进程管理、存储管理、文件管理和设备管理认为是操作系统需要实现的最基本的功能。

(1)进程管理

操作系统中一个非常重要的概念——进程，进程在层次结构的操作系统中，是系统分配系统资源的基本单位，也是在多任务的处理下，进行 CPU 调度的基本单位。对进程的管理是操作系统中重要的功能之一。若要给进程下一个定义，则可以将进程定义为：进程是程序在一个数据集上的运行过程，是系统进行资源的分配和调度的一个独立的单位。与进程类似的术语有程序和线程，它们之间有相互联系，也有区别。

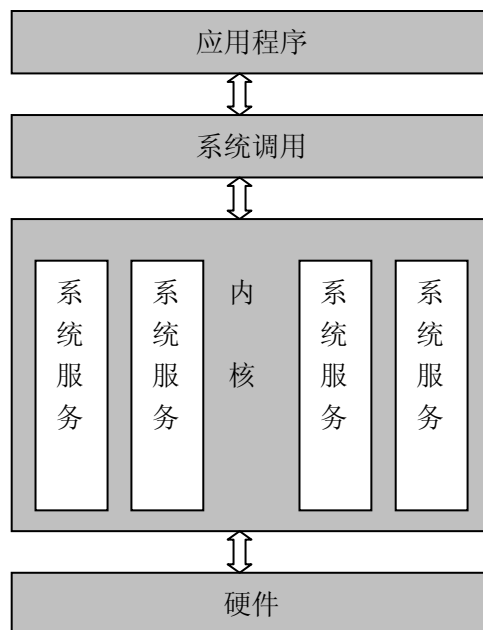


图 4-7 单一内核结构

Fig 4-7 single core structure

由定义，进程和程序是两个完全不同的概念，但却有着密切的联系。它们之间的主要区别有：

a) 程序是静止的概念，如可执行文件 word.exe 是程序，可以被长期的保存。而进程则是程序的一次执行的过程，是动态的概念；

b) 进程是作为资源的申请和调度的基本单位存在，而通常情况下程序却不能作为一个运行的单位申请资源和调度；

c) 程序和进程没有一一对应的关系。一个程序可以被多次执行，建立多个进程，而一个进程功能在它的活动中又可执行若干个程序。

在操作系统发展的初期，一直都是将进程作为资源的分配和独立运行的基本单位。伴随着处理器速度的不断提高，进程的调度对处理器资源的利用率也越来越差，为减少处理机的空转时间和在进行调度切换的时候保护现场信息所用的时间，人们引入了一个比进程更小、能独立运行的基本单位——线程（Threads）。在现代的操作系统中，如 Windows XP、Linux、Mac OS 等，都引入了线程的概念，提高了程序在多个处理器环境下的性能。通过下面对线程和进程的对比，可以更好的理解线程的基本概念。

①一个线程只属于一个进程，而一个进程可以有多个线程；

②进程是资源分配的基本单位，线程是处理机分配的基本单位。

(2)存储管理

存储器包括内存、硬盘、光盘和高速缓存等存储设备，随着技术的不断的进步，存储器的速度和容量得到了不断的提升，但是各种软件对存储器的消耗和性能要求也急剧的膨胀，因此，存储器依然是一种非常宝贵和稀缺的资源，对存储器的管理也要相应的成为操作系统中非常重要的管理功能。

磁盘、光盘等外存储器容量巨大、价格便宜，一般作为存储程序和数据的主要载体。而内存则相对价格昂贵，容量也有限，只有当执行程序 and 存取数据的时候，才将他们从外存储器中取出来，放入到内存当中。CPU 不能直接的存取外存储器上的数据，只能通过内存进行间接访问。程序也必须要载入到内存中才能执行。

高速缓存器是由硬件寄存器组成的，它的结构和 CPU 中的寄存器相同，因而存取速度非常的快，但是成本很高，一般在系统中只有容量很小的高速缓存器，用来存放频繁访问的指令和数据，以加快 CPU 的运算的速度和处理能力。

(3)文件管理

现代的操作系统中的文件管理系统已经比较完善，文件管理系统又被简称为文件系统，它只是一套管理机制，其任务是组织文件、管理文件和存取文件。在常用的桌面系统中，文件系统的首要任务是管理大批文件，给文件系统提供其 API 函数。比如 Windows 系统中的 FAT32 文件系统和 NTFS 文件系统，Linux 系统中的 EXT2 文件系统和 EXT3 文件系统等。通常情况下，该系统的主要对象包括文件、目录和存储空间。其基本负责文件及目录的管理、系统存储空间的管理、系统文件相关的服务和用户的接口等。

(4)设备管理

无论是嵌入式系统还是桌面系统中，都存在着各种各样不同类型的设备，操作系统的一个重要的功能就是把用户和系统的硬件特性进行隔离，对设备做抽象的处理。由于设备种类比较多，它们的物理特性和操作方式差别就会很大，最终使得设备管理成为操作系统中最繁杂并且与硬件关系最密切的部分。

4.2.2 嵌入式操作系统的特点

嵌入式操作系统在可以完成一般的操作系统所具备的功能（譬如系统进程的管理、系统存储的管理、文件管理和具体设备的管理等等）外还可以实现如下功能：完成相应硬件系统的底层驱动的开发、系统内核的开发、设备驱动接口功能的实现、通信协议、图形界面的显示和标准化的浏览器等。嵌入式操作系统像一般的操作系统一样，能够有效的管理越来越复杂的系统资源；能够把硬件虚拟化，使得开发人员从繁忙的驱动程序移植和维护中解脱出来；能够提供库函数、驱动

程序、工具集以及应用程序。与通用的操作系统相比较，嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件相关依赖性、软件固态以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点^[26]。

4.2.3 linux 系统安装

安装 Linux 系统主要有以下步骤：

(1)对 Nand Flash 进行分区：将串口线连接好之后，打开 pc 机上的超级终端，给开发板上电，启动开发板，系统自动进入 BIOS 功能菜单之后根据提示选择功能号[f]开始对 Nand Flash 进行分区。

(2)安装 bootloader：上述步骤完成后打开 DNW 程序，然后接上 USB 电缆线，检查 USB 是否连接成功，如果 USB 连接成功，则 DNW 标题栏会出现提示[USB: OK]，否则 USB 连接失败，查找原因，知道成功为止。这时根据提示选择功能号[v]，输入后准备开始下载 supervivi，然后点击“USB Port->Transmit/Restore”选项，并选择准备好的文件 supervivi，打开，开始下载。下载结束后，BIOS 将会自动把 supervivi 烧写到 Nand Flash 分区中，最后返回到主菜单界面。

(3)安装内核文件：完成上一步后在 BIOS 主菜单中根据提示选择功能号[k]，即开始下载 linux 的内核文件 zImage，同样点击“USB Port->Transmit”选项，然后选择相应的内核文件 zImage 并打开，准备开始下载。同第二步下载结束后，BIOS 也会自动将内核烧写到 Nand Flash 分区中，并且最终返回到主菜单。

(4)安装文件系统：前三步的安装完成，后续工作就简单了，在 BIOS 主菜单中根据提示选择功能号[y]，开始后续的下载工作，即下载 yaffs 根文件系统映象文件，同上面几步一样，也要点击“USB Port->Transmit/Restore”选项，选择相应的文件系统映象文件 root_qtopia.img 并打开，开始下载。下载完毕后，BIOS 将会自动的将其烧写到 Nand Flash 分区中，并且返回到主菜单，完毕。

4.2.4 建立 linux 开发环境

本设计基于 Fedora9 平台做开发，所有的配置和编译脚本也是基于此平台的，笔者在官网中下载了安装软件，安装完毕后进行了相应的设置^[27]。

在 Linux 平台下，要为开发板编译内核，图形界面 Qtopia，bootloader，还有其他一些应用程序，都需要用的交叉编译工具链。

本设计中选用的交叉编译器为 arm-linux-gcc-4.3.2，下面是它的安装设置步骤：

Step1: 将 arm-linux-gcc-4.3.2.tgz 压缩文件复制到某个目录下（本设计

复制到 tmp 目录下), 然后在该目录下解压缩:

```
#cd\tmp
```

```
#tar xvzf arm-linux-gcc-4.3.2.tgz -C /
```

执行上面的命令后, 将把 arm-linux-gcc 安装到/usr/local/arm/4.3.2 目录。

Step2: 在系统的环境变量中加入编译器的路径, 命令如下:

```
#gedit/root/.bashrc
```

编辑/root/.bashrc 文件, 在最后一行

```
export PATH=$PATH:/usr/local/arm/4.3.2/bin 保存退出[28]。
```

重新登录系统 (开始—>logout), 便可以使以上设置生效, 在命令行输入
arm-linux-gcc -v。

4.2.5 解压安装源代码及其他工具

解压安装源代码:

首先创建工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440。在命令行执行:

```
#mkdir -p /opt/FriendlyARM/mini2440
```

后面步骤的所有源代码都会解压安装到此目录中:

(1) 准备好 Linux 源代码包

在 Fedora9 系统中/tmp 目录中创建一个临时目录/tmp/linux, 执行命令:

```
#mkdir /tmp/linux
```

把光盘中 Linux 目录中所有文件都复制到/tmp/linux 目录中 (此处也可使用其他目录, 也可以直接从光盘解压安装)。

(2) 解压安装 linux 内核源代码

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/linux-2.6.32.2-mini2440-20100106.tar.gz
```

将创建生成 linux-2.6.32.2 目录, 里面包含了完整的 linux-2.6.32.2 内核源代码。

(3) 解压安装嵌入式图形系统 qtopia 源代码

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/lnux/x86-qtopia.tgz
```

```
#tar xvzf /tmp/linu/arm-qtopia.tgz
```

将创建 x86-qtopia 和 arm-qtopia 两个目录, 并内含相应的全部源代码。

(4) 解压安装 busybox 源代码

Busybox 是一个轻型的 linux 命令工具集,在此使用的是 busybox-1.13.3 版本。

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/busybox-1.13.3-mini2440.tgz
```

将创建 busybox-1.13.3 目录, 内含相应版本的全部源代码。

(5) 解压安装 Linux 示例程序

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/examples-20100108.tgz
```

将创建 examples 目录, 并包含初学 linux 编程代码示例。

(6) 解压安装 vboot 源代码

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/vboot-src-20100106.tar.gz
```

将创建 vboot 目录, 里面包含该 bootloader 的源代码和 Makefile 文件。

(7) 解压安装其他开源 bootloader 源代码

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/bootloader.tgz
```

将创建 bootloader 目录, 里面包含 vivi 和 u-boot 两种 bootloader 的源代码。

(8) 解压创建目标文件系统

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/root_qtopia-20100108.tgz
```

将创建 root_qtopia 目录, 该目录和目标板上使用的文件系统内容是完全一致的。

(9) 解压安装必要实用工具

目标文件系统映象制作工具 mkyaffs2image

在工作目录/opt/FriendlyARM/mini2440 中执行:

```
#cd /opt/FriendlyARM/mini2440
```

```
#tar xvzf /tmp/linux/mkyaffs2image.tgz -C /
```

4.3 设备驱动程序设计

Linux 的设备管理主要是用于控制设备使其完成相应的输入输出的操作，屏蔽不同的设备硬件之间复杂的物理特性的细节，提供一个接口，通过这个接口可以统一操作对各种各样的设备，所以又被称为输入输出子系统。设备在 Linux 系统中被当做特殊文件，系统要想管理控制各种设备就要使用被称作文件接口的虚拟文件系统 VFS^[26]。

Linux 系统中的设备包含三大类：字符设备、块设备和网络设备。

字符设备可以直接进行读写操作，而不需要经过缓冲区，该设备输入输出数据是以字符为单位进行操作的。如打印机和显示终端。

块设备则要经过缓冲区实现数据在设备和内存之间的传递，它的传输单位是某一大小的数据块。如磁盘、光盘等。

网络设备要传送数据要经过通信网络，通常情况下指的是与通信网络相互连接的网络适配器（即网卡）等。如以太网卡，linux 系统中对网络数据的访问是通过套接口以文件方式实现的。

设备驱动程序可以实现系统对设备的操控，该部分程序为应用程序屏蔽了硬件的细节，从在应用程序的角度看来，硬件设备仅仅相当于一个设备文件，所以应用程序便可以像操作普通的文件一样对相关的硬件设备进行相应的操作。

设备服务子程序与中断处理程序共同构成了设备驱动程序。设备服务子程序负责实现对设备进行各种操作，中断处理子程序则负责处理设备的中断。设备驱动程序的功能包含以下几个方面：

- 初始化相关设备；

- 启动和停止对应的设备；

- 将设备上的信息数据传送至系统内存；

- 将数据细心由内存送到设备中；

- 检测设备的状态；

- 其具有以下几个特点：

 - 不同的驱动程序是与具体的设备相关的；

 - 所有驱动程序的代码是由内核进行统一管理的；

 - 驱动程序只有在具有特权级内核态下运行的；

 - 设备驱动程序属于输入输出子系统；

驱动程序服务于某一个进程，驱动程序的执行过程是处于进程运行的过程当中的，简言之，驱动程序处在进程的上下文中。

如果驱动程序根据需要处于等待设备的某种状态，它会阻塞当前的进程，并把当前进程放入到这种设备的等待队列之中^[13]。

4.3.1 linux 设备驱动原理

4.3.1.1 字符设备驱动编写

Linux 下的设备驱动程序被组织为一组能够完成不同任务的函数的集合，通过这些函数使得 linux 的设备操作就像文件操作一样。硬件设备，在应用程序看来，只是一个设备文件，应用程序可以像操作普通文件一样对硬件设备进行相应的操作。大多数的驱动程序只是利用了其中的一部分 file-operation 结构体²⁹，对于字符设备，需要提供的主要入口函数有：open() 函数、write() 函数、read() 函数、close() 函数、ioctl() 函数、llseek() 函数、poll() 函数等^[30]。

①open () 函数

当对设备文件进行 open () 函数系统调用的时候，将会调用系统驱动程序的 open () 函数；

```
int (*open)(struct inode*, struct file *);
```

函数中的参数 inode 是指针，是设备文件的 inode（索引节点）结构的指针，参数 file 也是一个指针，这个指针指向的是该设备的文件结构。Open () 函数是用来确定硬件已经处在就绪的状态，而且验证次设备号是否合法（次设备号可以通过 MINOR (inode->i-rdev) 取得），再有就是控制使用的设备的具体进程数目和根据执行的情况向系统返回状态码（若返回 0 值表示成功，若返回负数则表示有错误）等^[31]。

②release () 函数

末尾打开设备的某个用户进程在执行 close () 函数系统调用的时候，内核将会调用该函数；

```
void (*release) (struct inode*, struct file *);
```

该函数用来清理还在进行中的输入输出操作，还可以用来释放资源和进行复位用户自定义的排他标志等^[31]。

③read () 函数

在对设备文件执行 read () 系统调用的时候，将调用该函数；

```
ssize_t (*read) (struct file *, char *, size_t, loff_t *);
```

read() 函数被用来从设备中读取数据。当这个函数指针被赋值为 NULL 时，将会导致 read 系统调用出错并且返回-EINVAL（“非法参数”），函数返回非负值表示成功读取的字节数（返回值为“signed size”数据类型，通常就是目标平

台上的固有的整数类型)。

④write () 函数

当设备文件进行 write () 系统调用的时候, 将会调用该函数:

```
ssize_t (*write) (struct file *, const char *, size_t, loff_t *);
```

write() 函数将被用来向设备发送数据, 如果没有这个函数, write 函数的系统调用将会返回给调用程序一个-ELNVAL。倘若这个返回值是非负的, 那么表示写入成功的字节数。

⑤ioctl () 函数

该函数是一个特殊的控制函数, 可以经由这个函数给设备传递相应的控制信息或者从设备中取得某些状态信息:

```
int (*ioctl) (struct inode *, struct file *, unsigned int , unsigned long);
```

参数 unsigned int 是设备的驱动程序所要执行的命令编码, 由用户根据需要自定义, 参数 unsigned long 可以为相应的命令提供参数, 它的类型可以是整形也可以是指针等等。假若设备没有提供 ioctl 的入口点, 那么对于任何一个内核中没有预先定义请求, ioctl 系统调用将会返回一个错误代码, 反之, 若返回一个非负值, 那么这个值表示调用成功, 并将会被返回给调用程序^[31]。

⑥llseek () 函数

llseek () 函数主要实现文件当前读写位置的修改工作, 并将新的位置作为 (正的) 返回值返回, 该函数的原型为:

```
loff_t (*llseek) (struct file *, loff_t, int);
```

⑦poll () 函数

poll 方法是 poll 和 select 两个系统调用的后端实现, 主要用来查询某个设备的可读性与可写性, 或是查询并判断该设备是否是处在某种特殊的状态下, 其原型为:

```
unsigned int (*poll) (struct file *, struct poll_table_struct *);
```

4.3.1.2 数据采集驱动软件实现

本设计采用字符型设备模型完成驱动的编写, 下面根据 Linux 设备驱动完成的几个主要步骤介绍驱动实现过程。

在上一章系统硬件中已经详细介绍了 A/D 转换接口的硬件连接, 已经对硬件的工作原理有了理解, 这为驱动程序的编写打下了基础[28]。软件设计的主要步骤如下:

首先编写模块初始化代码。其中, 包括申请设备号, 注册字符设备, 注册中断, 初始化设备, 物理地址映射等操作^[13]。

申请设备号有两种方法，一种是设备号已知的情况下，使用函数 `register_chrdev_region(dev_t first, unsigned int count, const char *name)`；`first` 是要分配的设备编号范围的起始值，`count` 是所请求的连续设备编号的个数，`name` 是和该编号范围关联的设备名称。如果设备号未知，内核将为我们分配所需要的设备号，用到函数是 `alloc_chrdev_region(dev_t *dev, unsigned int firstminor, unsigned int count, char *name)`；`dev` 是仅用于输出的参数，在成功完成调用后将保存已分配范围的第一个编号，`firstminor` 是要使用的被请求的第一个次设备号，通常是 0，`count` 和 `name` 和 `register_chrdev_region` 函数是一样的。本设计中，已知设备号，具体代码如下：

```
devno = MKDEV( MAJOR_NO, MINOR_NO );
ret = register_chrdev_region(devno, 1, DEVICE_NAME);
if( ret < 0 ){
    DPRINTK("register MAJOR_NO number failed with %d\n", ret);
    return ret;
}
```

`MAJOR_NO`，`MINOR_NO` 是两个宏，分别表示主设备号和次设备号。

内核内部使用 `struct cdev` 结构来表示字符设备，该结构里面包括我们所用到的 `inode`、`file` 和 `file_operations` 数据结构，我们需要在初始化函数里注册字符设备。

代码如下：

```
cdev_init(&multi_adc.cdev, &fops);
multi_adc.cdev.owner = THIS_MODULE;
ret = cdev_add(&multi_adc.cdev, devno, 1);
if(ret < 0){
    DPRINTK("register device failed with %d\n", ret);
    iounmap(multi_adc.regs);
    return ret;
}
```

`multi_adc` 是一个设备相关的结构体，包括我们需要的 `cdev`、私有数据和信号量等。

在 Linux 设备驱动中，使用中断的设备需要申请和释放对应的中断，在初始化函数中，需要实现中断的注册，在清除函数中，实现中断的释放。申请中断的函数是：

```
request_irq(unsigned int irq,
```

```

void (*handler)(int irq, void *dev_id, struct pt_regs *regs),
unsigned long irqflags,
const char *devname,
void *dev_id);

```

irq 是要申请的硬件中断号。handler 是向系统登记的中断处理函数，是一个回调函数，中断发生时，系统调用此函数，dev_id 参数将被传递给它。irqflags 是中断处理的属性。

request_irq() 返回 0 表示成功，返回-INVAL 表示中断号无效或者处理函数指针为 NULL，返回-EBUSY 表示中断已经被占用不能被共享。驱动设计中涉及到的注册中断的代码如下^[13]：

```

ret = request_irq(IRQ_ADC, adcdone_int_handler, IRQF_SHARED,
DEVICE_NAME, &multi_adc);
if (ret) {
return -EIO;
}

```

设备的初始化包括 GPIO 口的初始化和 A/D 转换器的初始化。GPIO 口用到的是 GPF4~GPF6，代码如下：

```

s3c2410_gpio_cfgpin(S3C2410_GPF4, S3C2410_GPF4_OUTP);
s3c2410_gpio_setpin(S3C2410_GPF4, 0);
s3c2410_gpio_cfgpin(S3C2410_GPF5, S3C2410_GPF5_OUTP);
s3c2410_gpio_setpin(S3C2410_GPF5, 0);
s3c2410_gpio_cfgpin(S3C2410_GPF6, S3C2410_GPF6_OUTP);
s3c2410_gpio_setpin(S3C2410_GPF6, 0);

```

把 GPF4~GPF6 初始化为输出口，输出初始值为 0。

A/D 转换器的初始化代码如下：

```

multi_adc.clk = clk_get(NULL, " multi_adc ");
if (IS_ERR(multi_adc.clk) || multi_adc.clk == NULL) {
DPRINTK("cannot get clock\n");
ret = -ENOENT;
}
clk_enable(multi_adc.clk);

```

在 Linux 编程中，任何读写指令所赋的地址必须都是虚拟地址，有两种选择：使用内核已定义好的地址，这些都是内核定义好的虚拟地址，可以查看源码。还有一种方法就是使用 ioremap 映射的虚拟地址。需要注意的是，绝对不能使用实

际的物理地址，否则会因为内核无法处理地址而出现 oops。

ADC 直接使用动态 IO 映射，用到 S3C2440 中的一个宏 S3C2410_PA_ADC^[13]。

代码如下：

```
multi_adc.regs=ioremap(S3C2410_PA_ADC, 0x20);
if (multi_adc.regs == NULL) {
DPRINTK("Failed to remap register block\n");
return -ENOMEM;
}
```

而 GPIO 则使用了内核已定义好的地址。

然后实现接口驱动中相应操作函数，即就是实现 file_operations 结构中的 open()、close()、write()、read() 等函数的操作，实现在 file_operations 中的注册。

下面主要讲涉及 A/D 转换的 read() 操作，截取其中代码片段分析如下：

```
int ret;
ret = down_interruptible(&multi_adc.lock);
if (ret < 0)
return ret;
```

这段代码是为了获得信号量。信号量是用于保护临界区的一种常用方法，只有得到信号量的进程才能执行临界区代码。在访问 A/D 转换的共享资源时，需要先获得这个信号量，访问完成后，随即释放这个信号量，实现设备的互斥访问。down_interruptible() 会导致睡眠，进入睡眠状态的进程可以被信号打断，信号也会导致该函数返回，返回值非 0^[13]。

```
con &= ~S3C2410_ADCCON_MUXMASK;
con |= S3C2410_ADCCON_SELMUX(multi_adc.channel);
con &= ~S3C2410_ADCCON_STDBM;
con |= S3C2410_ADCCON_PRSCVL(multi_adc.prscvl);
con |= S3C2410_ADCCON_PRSCEN;
con |= S3C2410_ADCCON_ENABLE_START;
```

这段代码是给 A/D 转换口的 ADCCON 控制寄存器赋值，开启 A/D 转换。

```
copy_to_user(buffer, (char *)&ret, sizeof(ret));
```

将内核空间的内容复制到用户空间中去。

```
up(&multi_adc.lock);
```

这句代码是用于释放信号量。

对于控制通道选择的 GPIO，使用了更加灵活的 ioctl 系统调用。ioctl 用于

向设备发控制和配置命令，有些命令也需要读写一些数据，但这些数据是不能用 read/write 读写的，称为 Out-of-band 数据。也就是说，read/write 读写的数据是 in-band 数据，是 I/O 操作的主体，而 ioctl 命令传送的是控制信息，其中的数据是辅助的数据^[32]。

Linux 系统建议以表 4-1 的方式定义 ioctl() 的命令码。

表 4-1 Ioctl 命令码
Table4-2 Command code of ioctl

设备类型(type)	序列号(number)	方向(direction)	数据尺寸(size)
8bit	8bit	2bit	13/14bit

命令码的设备类型字段为一个“幻数”，可以是 0-0xff 之间的值，内核中的 ioctl-number.txt 有一些已经被使用或者推荐使用的“幻数”，新设备驱动定义“幻数”，要避免与其冲突。

命令码的序列号宽也是 8 位。命令码的方向字段为 2 位，表示数据传送的方向，可能的值有 _IOC_NONE（无数据传输）、_IOC_READ（读）、_IOC_WRITE（写）、_IOC_READ|_IOC_WRITE（双向）。

命令码的数据长度字段表示涉及的用户数据的大小，其宽度依赖于体系结构，为 13 位或者 14 位。在用户空间中，ioctl 系统调用的原型为 int ioctl(int fd, unsigned long cmd, ...); 其中... 代表可变数目的参数表。fd 是某个设备的文件描述符，cmd 是 ioctl 的命令，可变参数取决于 cmd，通常是一个指向变量或结构体的指针。

为了可以利用 ioctl 系统调用访问 GPIO，需要在驱动程序中实现 ioctl 方法，驱动程序的 ioctl 方法原型和用户空间的版本不一样，其原型为：int (*ioctl)(struct inode *inode, struct file *filp, unsigned int cmd, unsigned long arg); inode 和 filp 两个指针的值对应于应用程序传递的文件描述符 fd，参数 cmd 由用户空间不经修改地传递给驱动程序，arg 参数可选，无论用户程序使用的是指针还是整数值，它都以 unsigned long 的形式传递给驱动程序^{[4][33]}。

驱动程序中的代码片段如下：

```
#define GPF4_ON 0x4800
#define GPF4_OFF 0x4801
#define GPF5_ON 0x4802
#define GPF5_OFF 0x4803
#define GPF6_ON 0x4804
#define GPF6_OFF 0x4805
```

以上是选择的“幻数”，将在整个驱动程序中使用。

对不同的 cmd 执行不同的操作，截取其中 GPF4 的代码段如下：

```
switch ( cmd ) {  
case GPF4_ON:  
{  
s3c2410_gpio_setpin(S3C2410_GPF4, 0);  
break;  
}case GPF4_OFF:  
{  
s3c2410_gpio_setpin(S3C2410_GPF4, 1);  
break; }  
}
```

最后编写 Makefile。在编写好 Linux 系统 A/D 驱动程序和测试程序后，在宿主主机上进行交叉编译，生成可加载的 .ko 文件，编译驱动采用的命令如下：

```
$(MAKE) -C $(KERNELDIR) M=$(PWD) modules
```

MAKE 表示编译器，KERNELDIR 表示内核源码路径，M 选项表示 Makefile 所在目录。然后通过挂载 NFS 网络文件系统进行调试，然后将驱动程序编译加载到内核中，或者用 insmod 命令加载模块。

至此，系统的数据采集驱动模块基本设计实现，并调试成功。

4.3.2 DM9000 网卡驱动程序移植

DM9000 是一款高度集成并且成本较低的以太网 MAC 控制器，含有带有通用处理器接口、10M/100M 物理层和 16kB 的 SRAM^[34]。

DM9000 的特点如下：

支持的处理器接口类型：以字节/字/双字的 I/O 指令访问 DM9000 内部数据。

高度集成的 10M/100M 的收发器。

能够支持 MII/RMII 接口。

支持半双工的背压流量控制模式。

具有 IEEE802.3x 全双工的流量控制模式。

具有远端唤醒功能和连接状态的变化。

集成了 4KB 的双字 SRAM。

支持从 EEPROM 中自动获取厂商的 ID 信息 (vendor ID) 和产品的 ID 信息 (product ID)。

4 个 GPIO 管脚。

能够选用 EEPROM 来配置（可选）。

具备低功耗模式。

I/O 管脚可以做到 3.3v 和 5v 兼容。

100-pin 的 CMOS 工艺封装为 LQFP。

DM9000 在实验板上的连线如图所示。

由图 4-8 知：DM9000 的访问基址为 0x20000000（BANK4 的基址），这是物理地址。

DM9000 只用到一条地址线：ADDR2。主要原因在于该芯片的地址总线和数据总线为复用总线，一般通过 CMD 引脚的高低电平区分二者（当传送地址信号时将 CMD 引脚置低电平，相反若想要传送数据信号时将 CMD 引脚置为高电平号）。当要访问 DM9000 内部寄存器的时候，需要先把 CMD 引脚设置置为低电平，便于发送

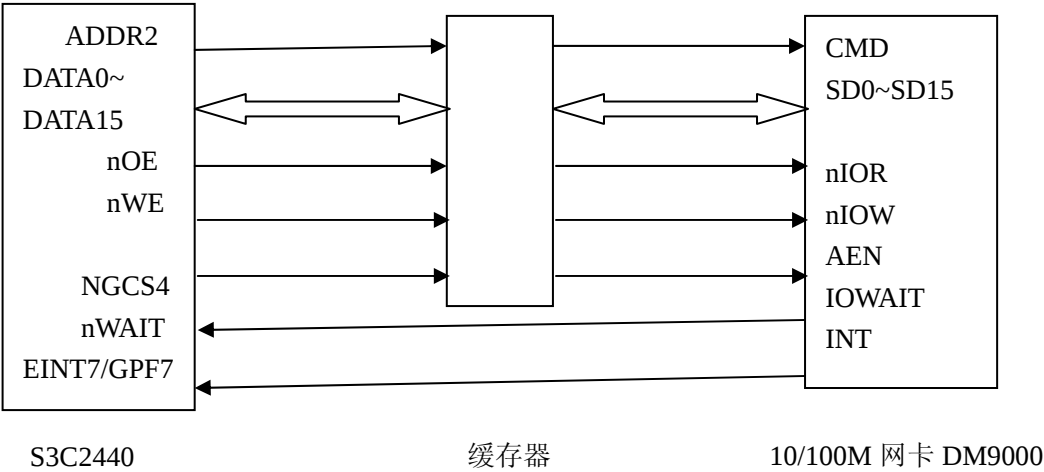


图 4-8 DM9000 网卡连线图

Fig 4-8 DM9000 network card connection diagram

地址信号；再将 CMD 引脚设置置为高电平，进而读写数据。该芯片的总线为 16 位，工作中会使用 nWAIT 信号。EINT7 为其中断引脚。Linux 系统内核中已经有 DM9000 的网卡驱动程序，该程序既可以被编译进内核，同样也可以被编译为一个模块^[35]。其入口函数始终是 dm9000_init, 详细代码如下：

```
static int _init
dm9000_init(void)
{
    printk(KERN_INFO "%s Ethernet Driver\n", CARDNAME);
    return platform_driver_register(&dm9000_driver);    /* search
board and register */
}
```

注释行向内核注册平台驱动 dm9000_driver。Dm9000_driver 结构的名称为 “dm9000”，如果内核中有相同名称的平台设备，则调用 dm9000_probe 函数，dm9000_driver 结构如下定义：

```
static struct platform_driver dm9000_driver={
    .driver = {
        .name = “dm9000” ,
        .owner = THIS_MODULE,
    },
    .probe = dm9000_probe,
    .remove = dm9000_drv_remove,
    .suspend = dm9000_drv_suspend,
    .resume = dm9000_drv_resume,
};
```

所以，首先要为 DM9000 定义一个平台设备的数据结构，然后修改源文件 drivers/net/dm9000.c，增加一些实验板相关的代码。

DM9000 网卡的使用步骤为：

在内核根目录下执行 “make menuconfig” 之后，如下配置将 DM9000 编入内核（也可以配置为模块。）

Device Drivers --->

Network device support --->

[*] Network device support

Ethernet (10 or 100Mbit) --->

<*>DM9000 support

另外增加对 NFS 的支持，如下配置：

File systems --->

Network File Systems --->

<*> NFS file system support

[*] Provide NFSv3 client support

[*] Provide client support for the NFSv3 ACL protocol extension

[*] Provide NFSv4 client support (EXPERIMENTAL)

[*] Root file system on NFS

然后编译内核：执行 “make uImage” 命令即可生成 arch/arm/boot/uImage。

新内核具备了网络功能，这时可以通过 NFS 启动系统，或者从 NAND Flash 上启动系统后挂接 NFS 文件系统，可以 telnet 登录到实验板上调试程序。

按 U-Boot 的使用说明烧写新内核，在 linux 主机上启动 NFS 服务，现在就可以在 U-Boot 控制界面修改命令行参数通过 NFS 启动系统了。

设置如下命令行参数启动内核：

```
Set bootargs nointrd root =/dev/nfs console =ttySAC0 nfsroot
=192.168.1.102:/ work/my_root_fs ip=192.168.1.100: 192.168.1.102:
192.168.1.1:255.255.255.0::eth1:off
```

其中 192.168.1.102 为在实习单位时所用主机 IP，NFS 目录为：
/work/my_root_fs。

上面“ip=...”的格式如下：

```
ip=<client-ip>:<server-ip>:<gw-ip>:<netmask>:<hostname>:<device>:
<autoconf>
```

当系统启动后，在控制台使用如下命令挂接 NFS 文件系统：

```
#ifconfig eth1 192.168.1.100
#mount -t nfs -o nolock 192.168.1.102:/work/nfs_root/fs_mini_mdev
/mnt
```

4.4 传感节点的选取和设计

在上一章节中论述过本设计中选取的传感节点，其中温湿度和光照度传感模块选用简易自制模块。

4.4.1 逆变器信号采集模块

文中要将从光伏逆变器传输来的模拟量送入 S3C2440 的 A/D 转换口，进行 A/D 转换。首先，需要将模拟量接入传感器和信号调理电路，由于采集的模拟量比较多，而处理器芯片总共只有 8 路 A/D 转换口，而且其中四路需要用于与触摸屏连接，显然，其 A/D 转换口是不够用的，因此，还需要在 A/D 转换前接一个通道扩展的电路，这样可以使得 4 路 A/D 转换口扩展为多路 A/D 转换口。

4.4.1.1 数据采集系统概述

将外部世界存在的温度、压力、流量、位移以及角度等模拟量(Analog Signal)转换为数字信号(Digital Signal)，再收集到计算机并进一步予以显示、处理、传递与记录这一过程，即称为“数据采集”。

一个完整的数据采集系统大致由四部分组成：

(1)数据采集器：该部分包含多路开关(MUX)、测量放大器(IA)、采样保持放大器(SHA)和模数转换器(ADC)等，该部分主要负责采集现场的模拟信号并

将其转换为相应的数字信号送至处理器进行下一步处理。

(2)微机接口电路：该部分电路主要实现的动作时数据的传送，即将数据、状态数据信息和控制信号以满足数据采集系统所需。

(3)数模转换器：即简单的数字信号和模拟信号之间的转换，达到数据显示、数据记录以及系统控制的目的。一般情况下人们也会认为包含有数模转换器（DAC）的数据采集系统也属于模拟输入与输出系统(Analog input output system)。

(4)应用软件

在许多实际应用的场合，在多路开关（MUX）前面或者是后面部分配置信号调理电路，例如滤波前放等^[36]。

4.4.1.2 电压、电流监测电路

电压电流检测电路将模拟信号采集过来，并且对信号做一定的处理，使信号可以满足 A/D 转换接口的需要。本文中先利用霍尔传感器采集电压、电流模拟量，再经过分压电路，将传感器输出电压衰减至满足真有效值转换器芯片 AD736 输入的电压，然后，将转换器输出的电压进行放大，使电压满足 A/D 转换的量程范围。具体可见框图 4-9：

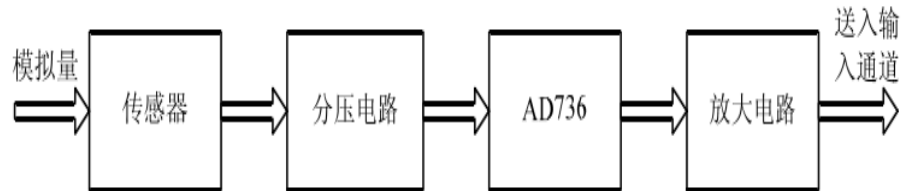


图 4-9 电压、电流检测框图

Fig 4-9 Detection diagram of voltage and current

霍尔传感器是一种磁场平衡式的传感器，这种传感器可以测量直流电压或电流、交流电压或电流和脉冲电压或电流，其优点较多，例如较宽的测量范围，较高的精度，线性度比较好，较高的灵敏度，反应所用时间少，动态性能较好，自身带有过载保护功能，原边电路和副边电路完全的绝缘，比较强的抗干扰能力等等^[37]。

本设计中的电压检测电路选用的是霍尔电压传感器，其型号为 TBV10/25A，该种传感器可以被用来完成直流电压、交流电压和脉冲电压的测量。因为 TBV10/25A 是以电流的形式输出的，要获得输出电压则需要外加一个输出电阻；当传感器的原边输入 10mA 的额定电流时，次级将输出 25mA 的电流，此时的测量精度较为理想。电路具体参数选取如下：

原边输入电压为 220V AC, 峰值电压为 380V, 选取 $R_{21} = \frac{380V}{10mA} = 38k\Omega/6W$; 选取 $R_{22} = \frac{5V}{23mA} = 200\Omega/1/4W$, 这样可以再输出端得到峰值为 5V 的交流电压。

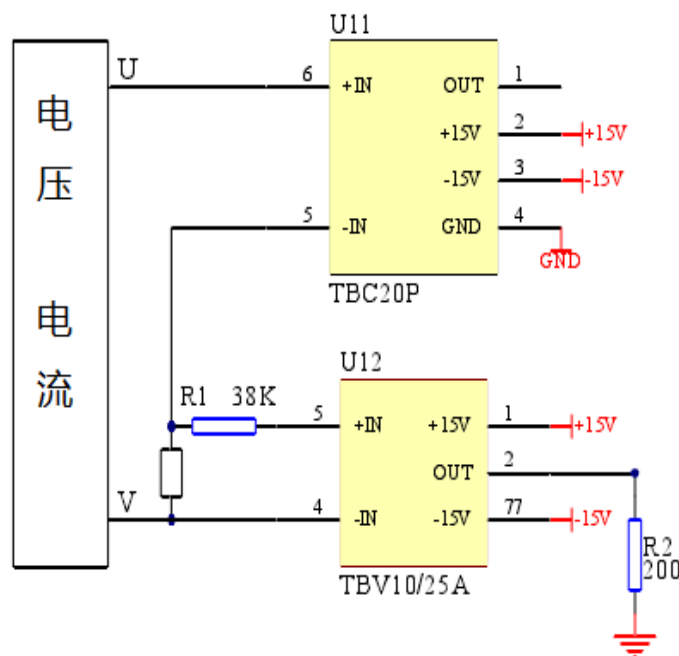


图 4-10 传感器电路

Fig 4-10 Sensor circuit

本设计中的电流检测电路选用的是 TBC20P 霍尔传感器, 如图 4-10 所示该传感器的额定输入电流是 20A, 能够测量的电流范围是 40A, 足可以达到系统中所要求的电流测量的需要, 该传感器的额定输出电压是 $\pm 4V$ 。

传感器的交流电压输出以后, 因为系统要接入真有效值转换器芯片 AD736, 它的满量程输入值只有 200mV, 在此之前, 要进行电阻分压以此来降低电压的输入, 由此可以使输入电压能够降低到量程范围以内^[38]。

将衰减之后的电压值接入到 AD736 芯片(真有效值交直流转换器)中。AD736 作为单片精密真有效值交直流转换器, 它是经过激光修正的。AD736 的准确度很高并且灵敏性比较好(满量程是 200mVRMS), 除此之外, 它还有较快的测量速率、较好的频率特性(其工作频率范围一般可达 0~460kHz)、较高的输入阻抗、较低的输出阻抗、较宽的电源范围并且电源功耗低, 其最大的电源工作电流可以达到 200 μA 。用该芯片测量正弦波电压的综合误差不会超过 $\pm 3\%$ 。其内部框图如图 4-11 所示。

AD736 包含以下几个主要部分: 输入放大器、全波整流器、有效值单元(又

称有效值芯片 (RMSCORE)、偏置电路、输出放大器等组成。芯片的 2 号脚为被测信号 V_{IN} 输入端，工作时，在输入放大器的同相输入端加被测信号的电压，经过全波整流后的电压值被送到 RMS 单元，并被转换为直流电压，该直流电压代表真有效值，最后经过放大器输出。芯片内部各部分电路所需要的偏置电压有偏置电路提供^{[36][25]}。AD736 外围电路如图 4-12 所示。

AD736 输出电压需要驱动模数 A/D 转换器，而其本身输出电压仅有 $0\sim 200\text{mV}$ ，

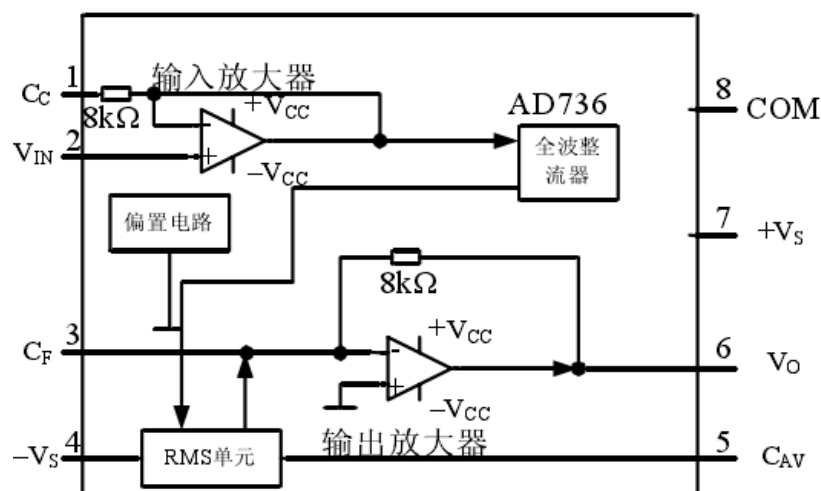


图 4-11 AD736 内部框图

Fig 4-11 Inside block diagram of AD736

而 S3C2440 的 A/D 转换需要 $0\sim 3.3\text{V}$ 的电压，因此，过小的电压会使得电压基准不好取，因此，必须在 AD736 的输出后再接入一个放大电路，将其输出电压放大到可保证模数 A/D 分辨率、精度的输入范围内，可以采取简单的运放构成放大电路来实现。

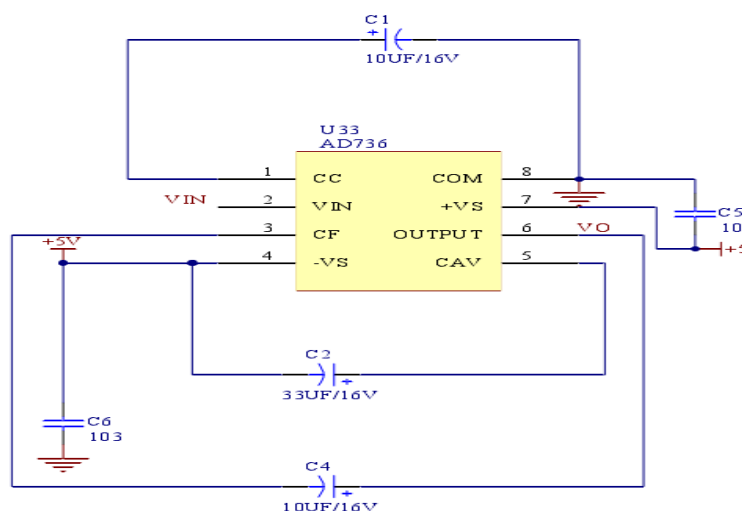


图 4-12 AD736 外围电路

Fig 4-12 Peripheral circuit of AD736

4.4.2 数据采集的部分软硬件设计

开发板 S3C2440 的硬件资源比较丰富, 提供了 40 个引脚的外部扩展接口, 通过这些接口, 可以更加方便的扩展信号采集等外围的电路。信号采集电路主要包括信号调理电路和 A/D 转换电路。

4.4.2.1 信号调理电路

模拟信号输入的前端电路, 利用了电流互感器 (CT) 和电压互感器 (PT), 对被采样电流和电压进行隔离和电平转换。一次互感先将电力电网的大电流、高压转换成标准的交流 5A 和 100V, 经过抗混叠滤波器送到 ARM9-S3C2440 开发板。

抗混叠滤波器的主要作用, 是把输入信号中的高频分量滤除, 防止被测的信号的高频干扰与有用的低频信号发生混叠, 影响测量的精度。抗混叠滤波选用的是压控电压源二阶低通滤波器^[39]。

4.4.2.2 A/D 转换控制器和触摸屏的使用

(1)AD 转化简单介绍

A/D 转换的任务是把一个未知的连续的模拟输入信号 (通常为电压) 转换成数字信号, 也就是处理器能够接受的二进制数据, 以便用于进一步的处理、显示、记录和传输。该多位数是二进制分数, 代表了这个未知的输入电压与 ADC 的满刻度电压的比值。ADC 是微机数据采集系统的最关键部件, 它的性能往往会直接影响到整个系统的技术指标。

本设计中采用的 ARM9-S3C2440 内部带有 A/DC。S3C2440 的 CMOS 模数转换器 (ADC, Analog to Digital Converter) 可以接收 8 个通道的模拟信号的输入, 并将它们转换成 10 位的二进制数据。在 2.5MHz 的 A/D 转换时钟下可以达到 500KSPS (SPS: samples per second, 每秒采样的次数)。AD 转换器支持片上采样和保持功能及掉电模式。当 GCLK 频率值为 50MHz 和预分频器 (预定标器) 的值为 49, 总共 10 位的转换时间计算如下:

$$\text{AD 转换器频率} = 50\text{MHz} / (49 + 1) = 1\text{MHz}$$

$$\text{转换时间} = 1 / (1\text{MHz} / 5\text{cycles}) = 1 / 200\text{KHz} = 5\mu\text{s}$$

由于能够用于外部 A/D 转换的接口只剩下 4 路, 然而我们所采集的模拟量是远远大于 4 个的, 故在将模拟量送入其 A/D 转换器之前, 需要先扩展输入通道, 以满足系统的要求, 还可以方便于系统以后的扩展。本文中的输入通道的设计是利用多路开关连接到 S3C2440 的 A/D 转换口, 选用器件 74HC4051, 由此, 每路 A/D 转换口可以扩展成 8 路。

74HC4051 是一款比较高速的 CMOS 器件, 是 8 通道的模拟多路选择器/多路分配器, 自身带有 3 个数字选择端 (A、B、C), 1 个低有效使能端 (E), 8 个独立

输入/输出端（X0 至 X7）和 1 个公共输入/输出端（X）。当 E 为低的时候，8 个开关的其中一个将会被 A、B、C 选中（也就是变为低阻态）。E 为高时，所有开关都进入到高阻态，直接忽略掉 A、B、C。VCC 和 GND 是数字控制端（A、B、C，E）的供电引脚，作为一个数字多路选择器/多路分配器，VEE 将被连接到 GND 上（一般是接地）。控制信号与连接之间的关系如表 4-2 所示：

表 4-2 74HC4051 控制信号及其连接

Table4-2 Control signal and connection of 74HC4051

E	C	B	A	连接通道
H	X	X	X	None
L	L	L	L	X0
L	L	L	H	X1
L	L	H	L	X2
L	L	H	H	X3
L	H	L	L	X4
L	H	L	H	X5
L	H	H	L	X6
L	H	H	H	X7

74HC4051 模拟信号的电压范围为-6V 到+6V，其允许的数字控制信号标准与 TTL 电平相互兼容，其中高电平的最低门限值规定为 2.0V，低电平的最高门限值规定为 0.8V。由此可见 74HC4051 和 S3C2440 的 GPIO 输出信号的电平标准相同，所以可以采用 S3C2440 的 GPIO 来控制 74HC4051 转换模拟信号传输通道。

电路的连接以其中一路输入 AIN0 的电路为例，如图所示：

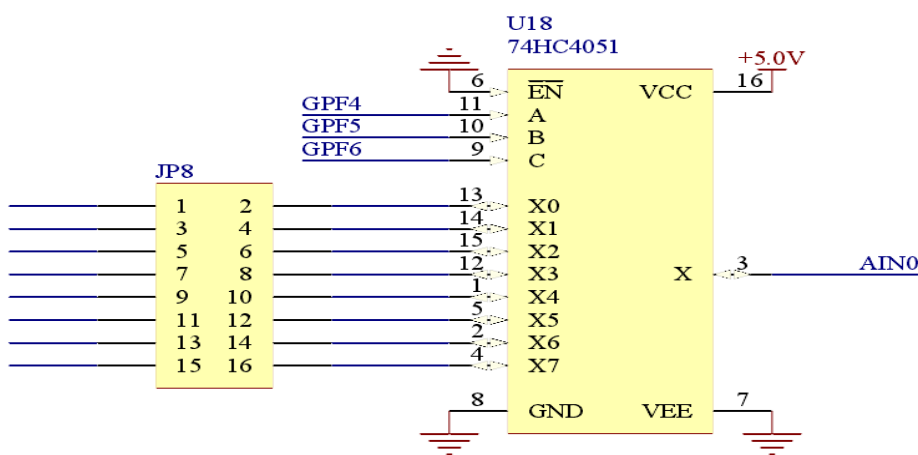


图 4-13 通道选择电路

Fig 4-13 Channel selection circuit

把 S3C2440 的 GPIO 口连接到 74HC4051 的 A、B、C，74HC4051 的 X0-X7 与外部送入的模拟信号相连，公共端 X 和 S3C2440 的 A/D 转换接口相连，这样，通过控制 S3C2440 的 GPIO 口，来控制 8 路模拟信号的输出，依次把 8 路的模拟信号送到 A/D 转换口，进行相应的 A/D 转换。本设计中的 AIN4-AIN7 已被触摸屏所占

用，剩下的 AIN0-AIN3 便可以根据自身需要进行扩展。

S3C2440 总共有 130 个 GPIO 口，被划分为九组：GPA-GPJ，除 GPA 的 GPIO 口只能够被设置为输出以外，其余的都可以通过寄存器设置为 I/O 口。用来控制 S3C2440 的寄存器共有 3 种：GPXCON、GPXDAT 和 GPXUP。

GPXCON 是控制寄存器，能够由此设置 GPIO 口的输入输出方式和功能。GPA 组的 GPIO 口只能够被设置为输出，GPACON 的每一位对应一个引脚，某一位设置为 0 时作为输出，否则作为复用。GPB-GPJ 的寄存器设置方法相同，GPBCON-GPJCON 的每两位控制一个引脚，00 时为输入，01 时为输出，10 时作为复用，11 时作为保留。

GPXDAT 用于读写引脚的状态，也就是端口的数据。当引脚被设置为输入的时候，那么输入信号的状态便是它的端口数据。当引脚被设置为输出的时候，GPXDAT 的某位为 1，则对应的引脚输出为 1，某位为 0，则对应的输出为 0。

GPXUP 寄存器可以用于设置引脚是否使用上拉电阻，某位为 0 的时候对应的引脚使用上拉电阻，某位为 1 的时候对应的引脚不使用上拉电阻。GPA 组没有上拉电阻，是没有 GPxUP 寄存器的。

在本文中，使用了 GPF 的三个 GPIO 口 GPF4-GPF6 与 74HC4051 的 A、B、C 相连，在软件中实现把三个 GPIO 口设置为输出的方式，并且设置输出信号，依次将 8 路信号送到 A/D 转换口中。

(2)A/D 转换应用程序

在本文中分别介绍了 A/D 转换的硬件的设计和底层 A/D 转换的驱动程序的设计，A/D 转换的应用程序的关键代码如下：

```
QFile file( "/dev/multi_adc" );
file.open(I0_ReadWrite);
创建一个 QFile 的对象，打开设备。
int fd;
fd=file.handle();
得到文件描述符，便于在应用程序中用系统调用函数 ioctl();
ioctl(fd, GPF4_ON, 0);
ioctl(fd, GPF5_ON, 0);
ioctl(fd, GPF6_ON, 0);
GPF4~GPF6 设置为 000，74HC4051 通道 X0 的数据输入给 A/D 转换口。
```

4.4.3 人体红外感应模块设计及制作

红外发射电路如图，由电阻、三极管、电阻与红外发射二极管构成，接收电路由红外接收管和放大电路组成，接收头接收到红外信号后，经过三极管进行第一级放大，放大后的信号送入后续三极管进行第二级放大，通过 Rx 就可以得到放大后的红外接收信号。为了降低干扰, Tx 一般采用调制方式，这里采用 38KHz 的调制波^[40]。

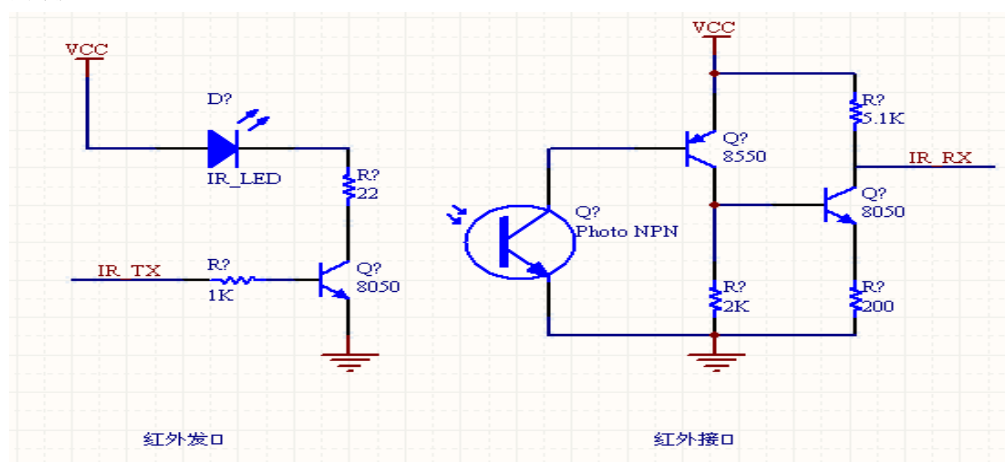


图 4-14 红外收发电路

Fig.4-14 Infrared sending and receiving circuit

红外接收头的电路主要部分是 HS0038B3V 红外接收头。HS0038B3V 的工作电压是 3-6V，所以很方便配合 SPCE061A 单片机使用。图 3 为 HS0038B3V 的典型应用电路，HS0038B3V 可接收来自任何 38KHz 调制遥控器的信号，并把调制信号解调，通过 RS 输入单片机^[40]。

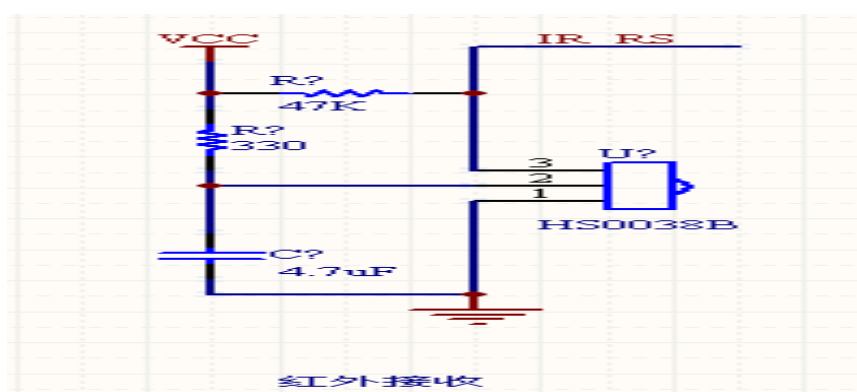


图 4-15 红外接收头电路

Fig 4-15 Infrared sensor circuit

4. 4. 4 温度光照度监测电路设计及制作

光照度检测电路选用光敏电阻，通过 ILL1 引出光敏电阻的分压值，通过 TMP1

得到 DS18B20 的测试结果，把 SPCE061A 的 A/D 的任一通道与之相接，最后可得相应的光照度和温度值^[40]。如图 4-16 所示。

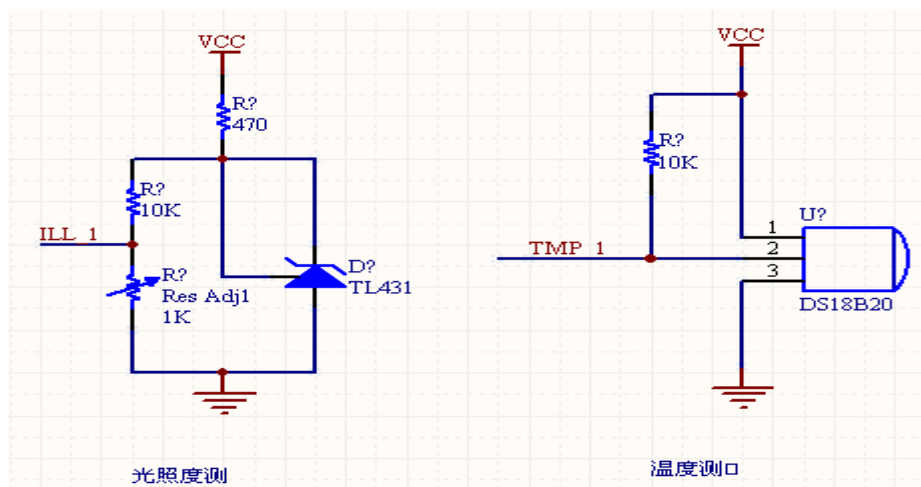


图 4-16 光照度温度检测电路
Fig 4-16 Light temperature detection circuit

4.5 小结

本章主要是整个系统的硬件设计部分，详细阐述了各个部分电路的工作原理和设计，并对部分重要芯片作了介绍。

第 5 章 核心承载网的设计与研究

核心承载网可以有很多种，主要承担接入网与信息服务系统之间的数据通信任务。根据具体应用需要，承载网可以使公共通信网，如 2G、3G、4G 移动通信网，WiFi，WiMAX，互联网，以及企业专用网，甚至是新建的专用于物联网的通信网。

5.1 网络通信方式（无线 or 有线）

5.1.1 方案一

控制中心将数据通过短信模块发送手机终端，以短信的形式通知工作人员。

GSM 是 Global System for Mobile Communications 的缩写，意为全球移动通信系统，是世界上主要的蜂窝系统之一。短信作为一种使用方便，价格低廉的即时通信方式，脱颖而出，越来越广泛的被应用于各行各业做无线数据通信。

基于系统性能稳定可靠，使用方便灵活，符合各种工商业级短信应用要求，本设计中采用北京捷麦通信器材有限公司生产的短信模块 G100，该公司生产的该款产品针对短信工业应用设计，通过串口与应用设备进行连接，实现设备的报警及数据通信，被广泛的应用于电力、石油、铁路、水文、区域报警等领域。产品实物如图所示：



图 5-1 短信模块外观图

Fig 5-1 SMS Module Appearance

基本功能及特点：

A 不必关心 AT 指令集，所有与 AT 有关的操作均有模块内部完成。

- B 具有格式和透明传输两种数据传输方式。
- C 完全独立开发，在使用或客户二次开发的过程中能提供良好的技术支持。
- D 支持总线式的被动传输数据方式。
- E 具有省电和正常两种工作方式。
- F 具有四字节密码，可使上位机免收广告、通知等数据干扰。

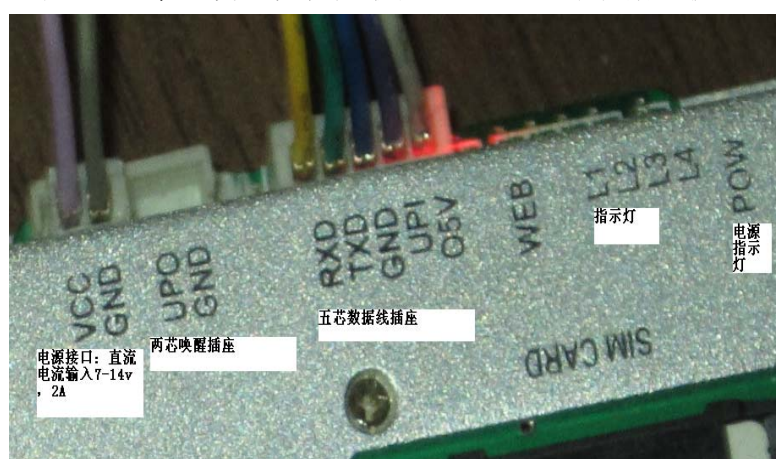


图 5-2 短信模块接口

Fig 5-2 SMS module interface

在上图中：

两芯唤醒插座指的是 UPO 和 GND 两个标注所对应的插针：

UPO：省电模式时使用，唤醒其他设备输出，高电平为唤醒。

GND：地线（与电源地相连）

指示灯：本机四个单绿灯和两个单红色指示灯，分别对应外壳印字上的 L1、L2、L3、L4、POW、WEB。其中 L1-L4 是模块的信号指示灯，指示灯亮的越多，表明信号强度越强。POW 指示灯是内置模块的状态指示灯，当开始通电时，1 秒闪烁一次，当模块登陆上 GSM 网络后，每隔 3 秒其闪烁一次。WEB 指示模块是否可以通信，当红灯亮时表示可以通信，以后每次发送短信或接收短信时此指示灯均闪动。

五芯数据线插座：

RXD：模块的串口接收引线，与上位机的 TXD 相连

TXD：模块的串口发送引线，与上位机的 RXD 相连

GND：地线（与电源的地相连）

UPI：上位机的唤醒模块输入端，本端子只能在省电模式下使用，并且高电平时有效。

05V：电源输出为 5V，以便电平转换连接线使用。

由于模块的五芯口的电平是 TTL，如果上位机的接口电平不是 TTL，要在模

块与上位机之间用电平转换线连接以便转换接口电平以适应上位机的接口电平。本设计采用上位机为 RS232 电平，故其上位机与模块的连接图如图 5-3 所示：

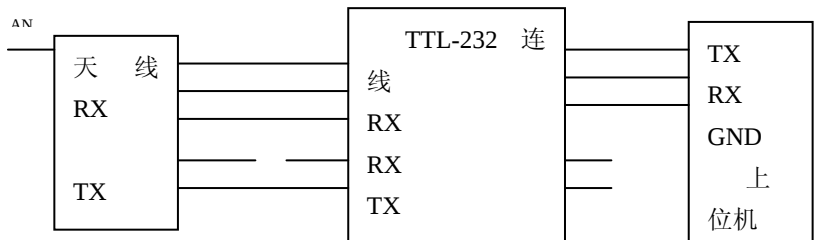


图 5-3 短信模块电平线连接方式

Fig 5-3 SMS module level wire connection

图 5-4 中的 TTL-232 连线是 G100 的一个附件，其作用是将 TTL 电平转换成上位机所需的电平。连接时不同定义的线用不同的颜色表示。TTL 端接模块，另

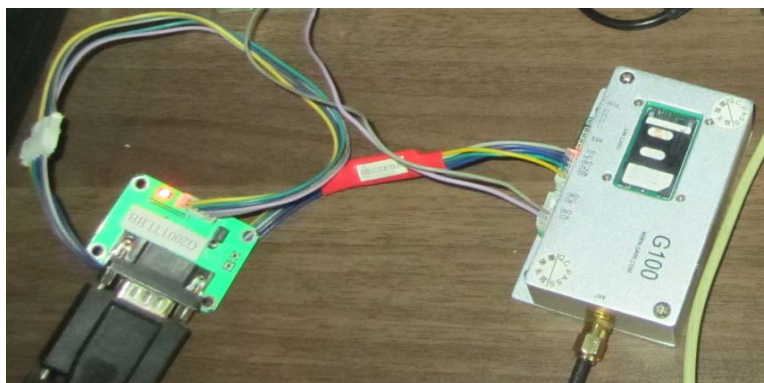


图 5-4 短信模块与转接板的连接图

Figure 5-4 SMS module and adapter board connection diagram



图 5-5 短信模块自带的转接板 G200TTLBB

Fig 5-5 SMS Module comes with adapter plate G200TTLBB

一端接上位机。外观图见图 5-5。模块与上位机连接好后即可向使用串口那样使用短信模块。

图中，连线的中间为红色标志 TTL-232，TTL 所对应的部分直接连接短信模块。

5.1.2 方案二

通过互联网实现，即建立服务器，申请域名，建立网页，将采集到的数据处理后送到服务器中，通过网络实现数据的读取与控制。

由于采用方案二时，核心承载网和信息服务系统没有明显的分界线，故服务器及域名的建立在第四章中进行归纳总结。在这一部分重点总结本设计中用到的网络协议。

5.2 网络编程接口选择

5.2.1 传输层协议分析与选择

通信协议是用于协调不同的网络设备之间的信息交换，它们建立了设备之间的互相识别的信息机制。目前在通信界有许多可采用的协议，如 NetBios、IPX/SPX、TCP/IP 等。这些协议具有处理各种不同数据通信类型的几种基本结构。

许多年来人们一直采用 TCP/IP 协议，而且 TCP/IP 协议越来越成熟，大多数类型的计算机环境都有 TCP/IP 产品，它提供了文件传输、电子邮件、终端仿真、传输服务和网络管理等多种功能。

OSI 协议的参考模型被分为七个层次，分别为：引用层、表示层、会话层、传输层、网络层、数据链路层和物理层。这个模型虽然规定得非常的细致，但是在实际应用中显得过于复杂。而 TCP/IP 协议则将 OSI 的 7 层模型简化为了 4 个层次，从而更有利于实现和使用。如图为这两个模型的对应关系。

a) 网络接口层：在该层中，二进制流被转换成数据帧，并完成发送和接收数据的任务。数据帧是网络信息传输的基本单元。

b) 网络层：数据帧被封装成 IP 数据报是在该层中完成的，除此之外本层中还要负责选择数据报的路径，即路由。

c) 传输层：在端到端之间建立和连接通信会话。传输协议的选择根据数据传输方式而定。

d) 应用层：该层负责应用程序的网络访问，这里通过端口号来识别各个不同的进程。

TCP/IP 协议实际上是一个协议族，为网际数据通信提供了不同层次的通路。可以将 TCP/IP 协议族分为三个部分。

第一部分又被称为网络层。主要包含 Internet 协议（IP）、网际控制报文协议（ICMP）和地址识别协议（ARP）。

Intetnet 协议（IP）：该协议作为互联分组交换通信网，形成了一个网际通

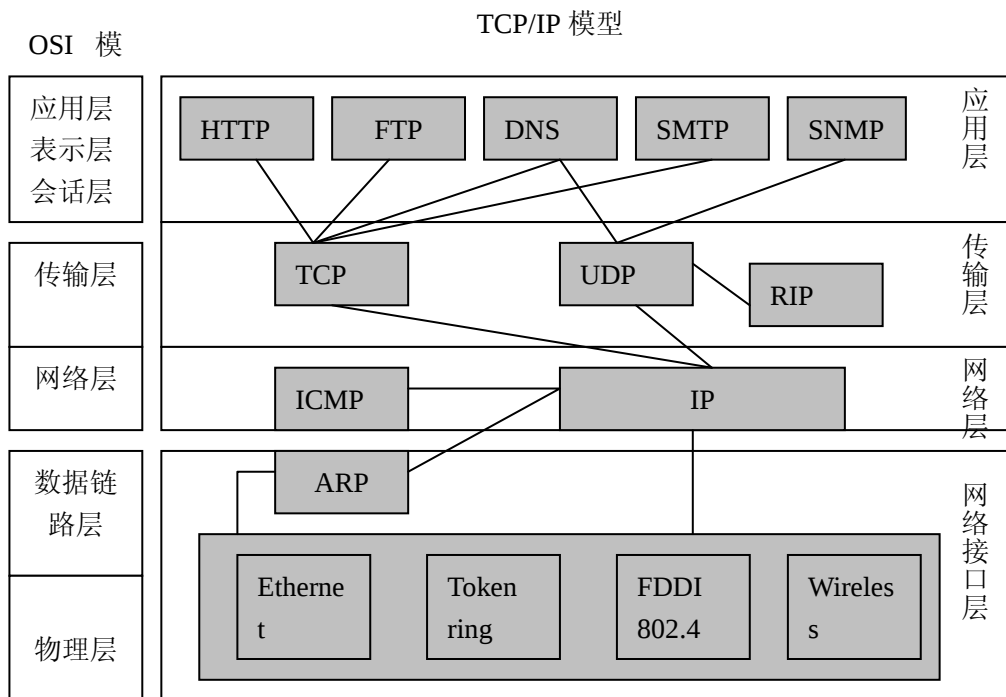


图 5-6 OSI 模型和 TCP/IP 模型对应关系

Figure 5-6 OSI model and TCP / IP model corresponds to the relationship

信环境。该协议实现数据块在源主机和目标主机之间的，被传输的数据块来自较高层软件，并且是作为数据报文来存在的，它所提供的传递服务是非连接型的。

网际控制报文协议（ICMP）：实际上该协议不属于 IP 层，是直接同 IP 层一起工作的，主要负责报告网络上的某些出错的情况。允许网际路由器传输差错信息或是测试报文。

地址识别协议（ARP）：ARP 实际上也不是网络层的一部分，它处在 IP 层和数据链路层之间，该协议是在 32 位的 IP 地址与 48 位的局域网地址之间实现翻译的协议。

第二部分为传输层协议。有两种协议组成：传输控制协议与用户数据报文协议，具体含义如下：

传输控制协议（TCP）：因为 IP 提供了非连接型的传递服务，所以 TCP 应该为应用程序存取网络数据信息创造条件，是面向连接的使用可靠的传输层服务。该协议负责建立网际上用户进程之间的对话。此外，还确保了两个以上进程之间的通信可靠。该协议的功能包含如下几个方面：监听输入对话建立请求、向另一网络站点发出对话请求、能够可靠的发送与接收数据以及适度的关闭某些对话。

用户数据报文协议（UDP）：UDP 提供的传输层服务是不可靠的非连接型的，其允许在源和目的地站点之间进行传送数据，可以不用在传送数据之前建立对话。除此之外，UDP 协议并不使用 TCP 所使用的端对端的差错校验。在使用 UDP

的时候，传输层的功能全部都可以实现，但是开销很低。它的应用对象是非连接型的并且不要求 TCP 协议的应用程序。比如，名字服务与网络管理。

第三部分是应用程序部分。这部分包括 Telnet，文件传送协议(FTP 和 TFTP)，简单的文件传送协议 (SMTP) 和域名服务 (DNS) 等协议^[13]。

下面从网络编程的角度理解传输层的协议，TCP、UDP 和 SCTP(Stream Control Transmission Protocol)，绝大多数客户/服务器网络应用 TCP 或 UDP。

UDP 即为用户数据报协议 (User Datagram Protocol)，它是一种无连接协议。UDP 的套接口是数据报套接口 (datagram socket) 的一种。UDP 既可以使用 IPv4，也可以使用 IPv6。应用进程向一个 UDP 套接口写入一个消息，该消息被封装进一个 UDP 数据报，该 UDP 数据报又接着被封装成一个 IP 数据报，然后发送到目的地。UDP 并不保证 UDP 数据报到达其最终的目的地和各个数据报先后顺序跨网络保持不变，同时也不保证每个数据报只到达一次。如果要保证一个数据报到达它的目的地，必须在应用程序里面添加一些来自对端的确认、本端的超时与重传等。

TCP 即为传输控制协议 (Transmission Control Protocol)，它是一种面向连接的协议。它可以给用户进程提供可靠的全双工的字节流。TCP 的套接口是流套接口 (stream socket) 的一种。TCP 与 UDP 一样，既可以使用 IPv4，也可以使用 IPv6。首先，TCP 提供了客户与服务器的连接，一个 TCP 客户建立于一个给定的服务器的连接，并跨这个连接与之前服务器进行交换数据，然后再终止连接。其次，TCP 可靠性相对较高，TCP 向另一端发送数据的时候，则要求对端返回给本端一个确认，如果没有收到该确认，TCP 将会自动重新传送该数据并且等待较长的一个时间段，在多次重复传送仍然失败后才会放弃。数据重传总时间一般大概有 4 分钟到 10 分钟。与此同时，TCP 通过给所发送的数据每一个字节关联一个序列号进行排序。最后，TCP 还会提供流量控制 (flow control)，告诉对端它可以接收多少字节的数据。下面是一个完整的 TCP 连接中的分组交换过程^[41]。

图中，如果连接的整个目的仅仅是发送一个单一分节的请求和接收一个单一分节的应答，那么使用 TCP 有 8 个分节的额外开销。如果改用 UDP，那么只需要交换两个分组：请求和应答。然而从 TCP 切换到 UDP 将丧失 TCP 提供给应用进程的全部可靠性，迫使可靠服务的一大堆细节从传输层(TCP)转移到 UDP 应用进程。TCP 提供的另一个重要特性即拥塞控制也由 UDP 应用进程处理。尽管如此，许多网络应用还是使用 UDP，因为它们需要交换的数据量较少，而 UDP 避免了 TCP 建立连接和终止的额外开销^[41]。

SCTP 即为流控制传输协议(Stream Control Transmission Protocol)，是一个面向连接的提供可靠全双工关联 (association) 的协议。SCTP 是一个较新

的协议，最初设计用于跨因特网传输电话信令。SCTP 与 TCP 一样是一种可靠的传输协议，不过它还提供消息边界、传输级别多宿（multihoming）支持以及将头端阻塞（head-of-line blocking）减少到最小的一种方法。与 TCP 和 UDP 一样，SCTP 既可以使用 IPv4，也可以使用 IPv6，而且能够在同一个关联中同时使用它们^[41]。

SCTP 主要用于多宿的情况，因此不适用于本系统设计。

TCP 虽然是一个面向连接的可靠的字节流协议，但如果发的数据量比较少少的情况下，用 TCP 协议是比较浪费的。而 UDP 没有建立连接和拆除，UDP 只需要两个分组就能交换一个请求和应答（假设两者长度都小于两个端系统之间的最小 MTU）。TCP 却需要大约 20 个分组，这里假设为每次请求和应答交换建立一个新

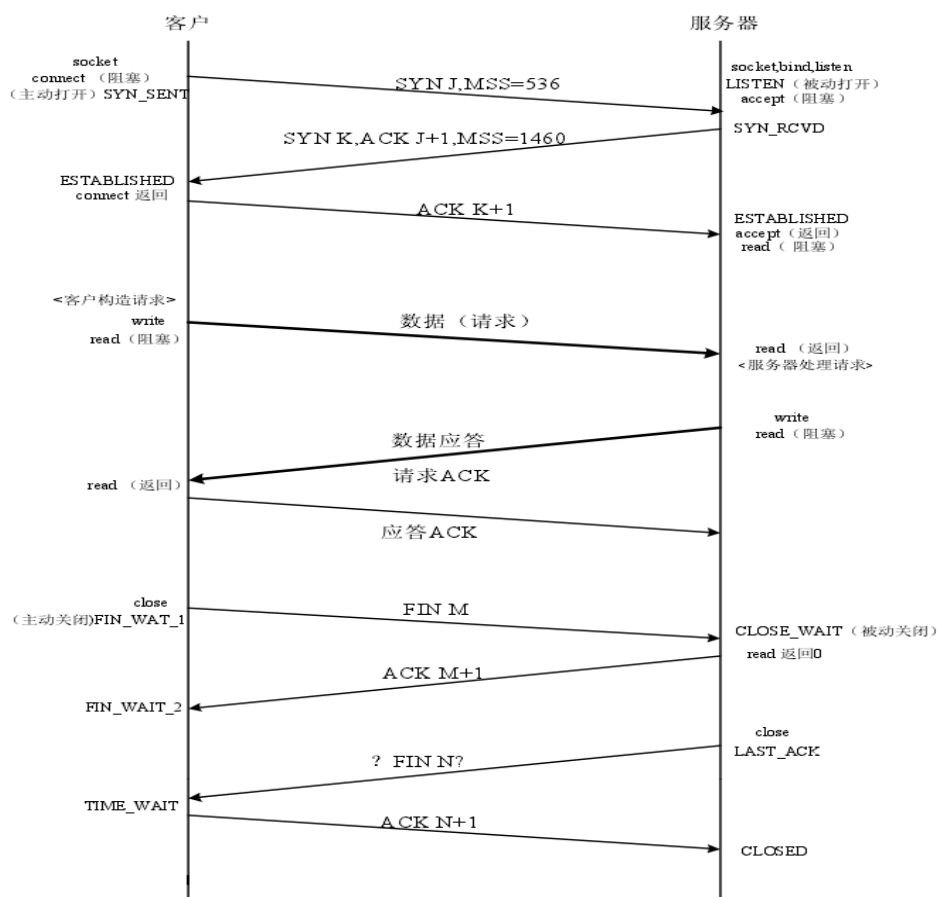


图 5-7 TCP 连接中的分组交换

Fig 5-7 Packet switching of TCP

的 TCP 连接。就单个 UDP 请求和应答交换而言，最小事务处理时间(transaction time)为 $RTT + SPT$ ， RTT 代表客户与服务器之间的往返时间户请求的服务器处理时间；对于 TCP 而言，如果同样的请求和应答交换用到一个新的 TCP 连接，最小事务处理时间为 $2 \times RTT + SPT$ ，比 UDP 整整多一个 RTT 。在一个数据包连接一个数据

包的基础上，UDP 要求的网络带宽比 TCP 更小^[41]。而且，不是所有的应用系统都是需要 TCP 的所有特性的。因此，对于简单的请求和应答应用程序完全可以应用 UDP 协议，只是需要在应用程序内部加上一些错误检测功能。而且在本设计中，主站和分站处于同一个局域网中，网络情况可以说是很乐观的，传输的数据量不大，属于简单请求和应答应用程序，运用 UDP 可以避免 TCP 建立连接和终止的额外开销。因此，本设计中，采用 UDP 协议。

5.2.2 QT 中的 UDP 套接口编程

常用的 socket 类型有两种：流式 socket (SOCK_STREAM) 和数据报式 socket (SOCK_DGRAM)。流式 socket 是一种面向连接的 socket，针对于面向连接的 TCP 服务应用；数据报式 socket 是一种无连接的 socket，对应于无连接的 UDP 服务应用。

下面给出一个典型的 UDP 客户/服务器程序的框图, 由图，客户端和服务端是不连接的。服务器的工作流程：首先调用 socket() 创建一个 socket，然后调用 bind() 将其与本机地址以及一个本地端口号绑定，接收到一个客户端的请求时，服务器显示该客户端的 IP 地址，并将数据报返回给客户端^[41]。客户端的工作流程：首先调用 socket() 创建一个 socket，填写服务器地址及端口号，将数据报传送给服务器端，并接收服务器端返回的数据报，最后关闭该 socket。

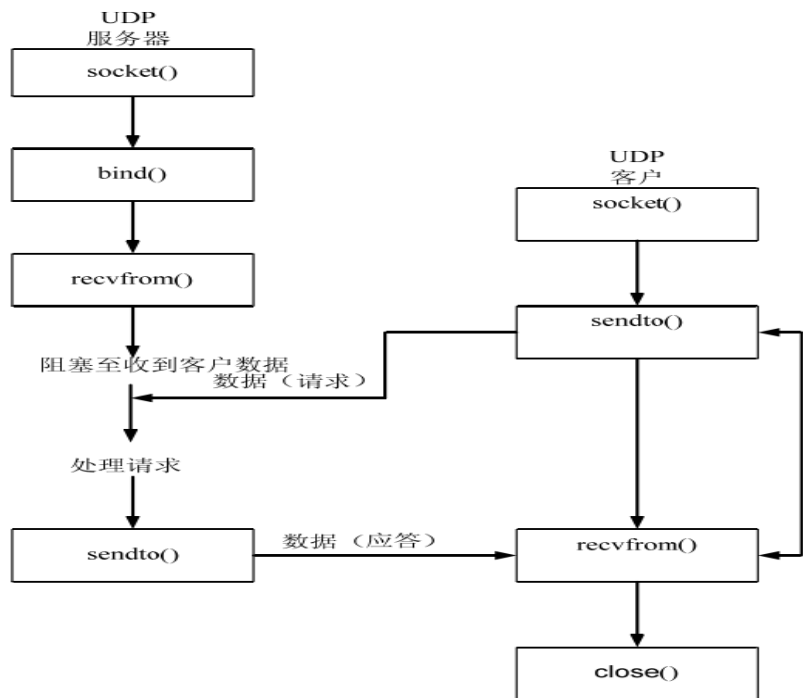


图 5-8 UDP 客户/服务器程序套接口函数框图
Fig 5-8 Block diagram of customer/sever socket of UDP

Qt 通过 `QIODevice` 类为输入输出提供了极佳的支持，`QIODevice` 类是输入输出设备的抽象超类。在 Qt/Embedded 2.3.7 中，它是 `QBuffer`、`QFile`、`QSocket` 和 `QSocketDevice` 等子类的父类。

`QSocket` 类提供了一个有缓冲的 TCP 连接，它提供一个完全非阻塞的 `QIODevice`，使用套接字特征代码来修改和扩展了 `QIODevice` 的应用编程接口。`QSocket` 继承了 `QIODevice` 并且重新实现了一些函数。通常可以把它作为 `QIODevice` 来写，并且绝大多数情况也可以作为 `QIODevice` 来读。但匹配的不够完美，因为 `QIODevice` 应用编程接口是为同一个机器可以控制的设备而设计的，而异步的端对端网络连接和这个不太一样。

`QSocketDevice` 类为低级的 socket API 提供了一个独立的平台，它能够达到 `QSocket` 所不能提供的一些功能，它是独立于任意一个平台封装的类。

第 6 章 信息服务系统的方案及设计

物联网信息服务系统硬件设施由各种应用服务器（包括数据库服务器）组成，还包括用户设备（如 pc，手机）、客户端等，主要用于对采集数据的融合/汇聚、转换、分析，以及对用户呈现的适配和事件的触发等。对于信息采集网，由于从感知节点获取的是大量的原始数据，这些原始数据对于用户来说只有通过转换、筛选、分析处理后才有实际价值。对这些有实际价值的信息，由服务器根据用户端设备进行信息呈现的适配，并根据用户的设置触发相应的通知信息；当需要对末端节点进行控制时，信息服务系统硬件设施生成控制指令并发送，以进行控制、针对不同的应用将设置不同的应用服务器。

6.1 域名获取及网站建立

在本设计中要实现将传感网的数据在网络上的显示，需要建立一个相应的网站，本设计针对通过 windows xp IIS 组件配合花生壳动态域名解析软件向互联网提供 web 服务。选用花生壳实现动态免费域名的申请和使用。本设计选用的花生壳版本为 phDDNS_6.0.5.13990, PeanutHull ddns ; Shanghai Best Oray Information technology。版权为 Copyright (C) 2010 Oray. All Rights Reserve。

IIS (Internet Information Services) 工具主要用来为动态网络的应用程序创建比较强大的通信平台。大部分组织不管规模大小一般都选用 IIS 工具主控和管理 FTP 站点和 Internet 及其上的网页、使用网络新闻的传输协议 (NNTP) 以及简单的邮件传输协议 (SMTP) 路由新闻或是邮件。IIS 工具较常用的版本有 IIS3 (Winnt)、IIS4 (Winnt+sp4)、IIS5 (win2000) 及最新的 IIS6 (Win2003、win xp 专业版)。

第一步安装组件：

Windows 2003 Enterprise Edition、Windows XP Professional、Windows 2000 Server、Windows 2000 Advanced Server 以及 Windows 2000 Professional 的默认安装都带有 IIS。在系统的安装过程中 IIS 是默认不安装的，在系统安装完毕后可以通过添加删除程序加装 IIS。IIS 是微软推出的架设 WEB、FTP、SMTP 服务器的一套整合系统组建，捆绑在上列 NT 核心的服务器系统中。在控制面板的添加/删除程序——Windows 组件向导——应用程序服务器——选中“Internet 信息服务 (IIS)”后点击右下角的详细信息，勾选所有的子组件，

然后他就会自动把“Internet 信息服务(IIS)”的相关服务也装上。如下图:



图 6-1 IIS 组件安装步骤图

Fig 6-1 Step diagram of the IIS components are installed

在选定需要安装的服务后安装向导会提示需要插入 Windows xp 安装光盘，这时插入安装盘按照提示进行安装，IIS 中的 WEB 很快便自动安装完成。

第二步：建立网络通讯部分，为所建立的 WEB 服务设置动态域名解析服务配置

先下载花生壳动态域名解析软件并安装。客户端下载完毕后运行，鼠标左键点击控件“注册 Oray 护照”，根据窗口提示注册。Oray 护照注册完毕后，使用所注册成功的护照名称与密码登录。申请一个免费域名作为互联网访问 WEB 服务的“网址”。根据提示需要激活之前申请的免费域名花生壳动态 DNS 服务。这时候，花生壳软件已在线，刚刚申请的免费域名便被绑定到了当前的公网 IP 地址，现在可以通过申请的免费域名直接访问当前主机。

第三步：建立 WEB 站点

打开 Internet 信息服务(IIS)管理器，可以在 开始 - 运行 - 输入 “Inetmgr” 打开，也可以通过 控制面板 - 管理工具 进行打开。开始添加站点，在 < 网站 > 上点击鼠标右键 < 新建 > -- < 网站 > 点击 < 下一步 > 以后，输入站点描述，只是在 IIS 里面的一个识别而已，不过为了自己方便识别，在这里我就输入网站访问的域名 songpingqust.vicp.net(此域名为本设计中用的域名)，防止以后随着站点的增加而造成管理困难。确认以后点击 < 下一步 >。网站 IP 地址：一般没有特殊要求的，选择“全部未分配”就可以了。端口：一般使用默认值 80，那么别人访问我的网站的时候就不需要在后面加端口号，如果换成了其他端口，别人访问我的网站的时候就需要在域名后加上端口，如把端口换成 8080 则在浏览器里需要输入 http://songpingqust.vicp.net:8080 进行访问。(同时，前面的 HTTP 不能缺省。) 主机头：在这里填入我的域名，确定输入

资料正确以后点击 < 下一步 >。选择网站文件存放的路径，然后点击 < 下一步 >。在这里把 < 运行脚本（如 ASP）> 也选中，然后点击 < 下一步 >。配置完毕。

第四步：配置 WEB 站点

打开 IE 浏览器----工具----Internet 选项----安全----Internet 后点击出来下级菜单后将前五项选为启用。

Internet 选项----安全----受信任的站点-----点击下方的站点-----进入设置页面，在“将该网站添加到区域中”输入 `http://songpingqust.vicp.cc`，点击添加即可。

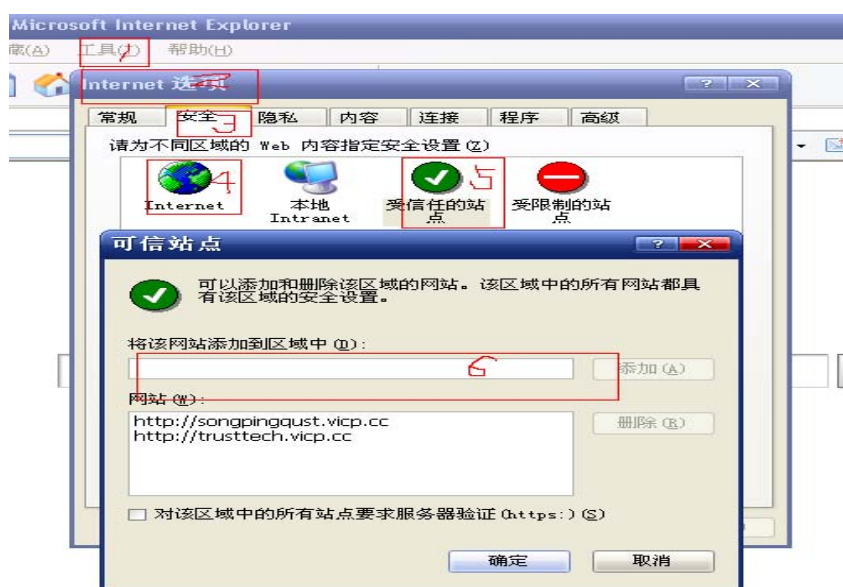


图 6-2 WEB 站点配置过程图

Fig 6-2 Web site configuration process map

由于实习所在单位使用华为的路由器即 EchoLife HG527-c 家庭网关，所以需要设置端口映射方可连通广域网，也可通过广域网访问本地服务器。

6.2 网页制作

本设计中，传感网的数据需要在互联网上动态显示，即：管理者可以随时随地通过网络查看终端实时数据，对此，可以通过设置动态网页，将传感网采集的数据送到数据库中，再由数据库送到动态网页中显示。

网页上可以实现的基本功能有：数据读取，报警提示，管理权限等。鉴于各种功能的实现和显示可以做多个页面，本设计中将针对上述功能做在一个画面中，便于测试。下面论述为实验过程中的网页和数据库的建立与连接问题，因本文重点在传感网部分，故网页和数据库的建立与链接问题选了一个很简单的方法。

法。

6.2.1 数据库的建立

本设计动态网站中的内容源自小型的 Access 数据库，因为 Access 数据库比较容易上手，而且实用一点，所以制作的监控系统是基于 Access 数据库的。用 Access2010 创建一个数据库文件，并且建立两个表格分别命名为并命名为“test”和“login”。如图所示：

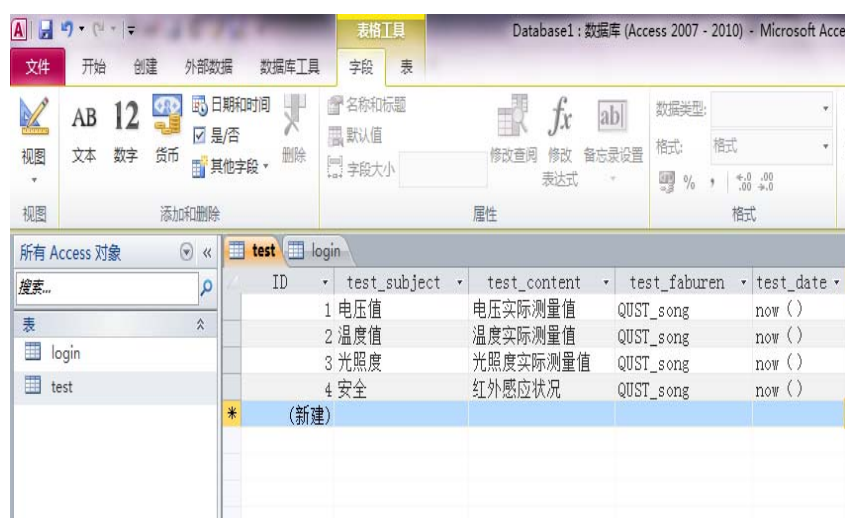


图 6-3 test 表格制作

Fig 6-3 the test table making

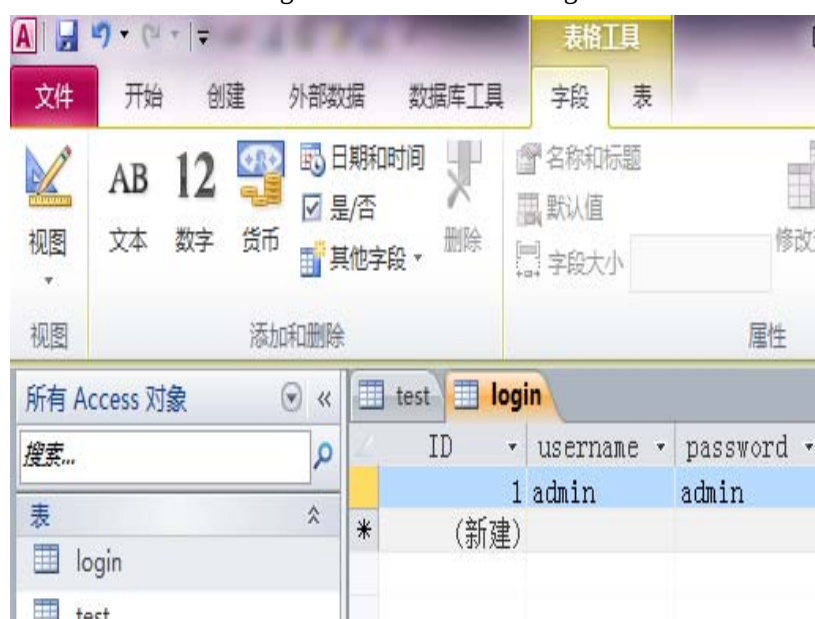


图 6-4 login 表格制作

Figure 6-4 the login table making

6.2.2 测试站点的建立

接下来，打开 Dreamweaver, 选择“站点”-->“管理站点”-->“新建...”-->“站点”在弹出的对话框中先设置“基本”选项卡，设置如下图所示：

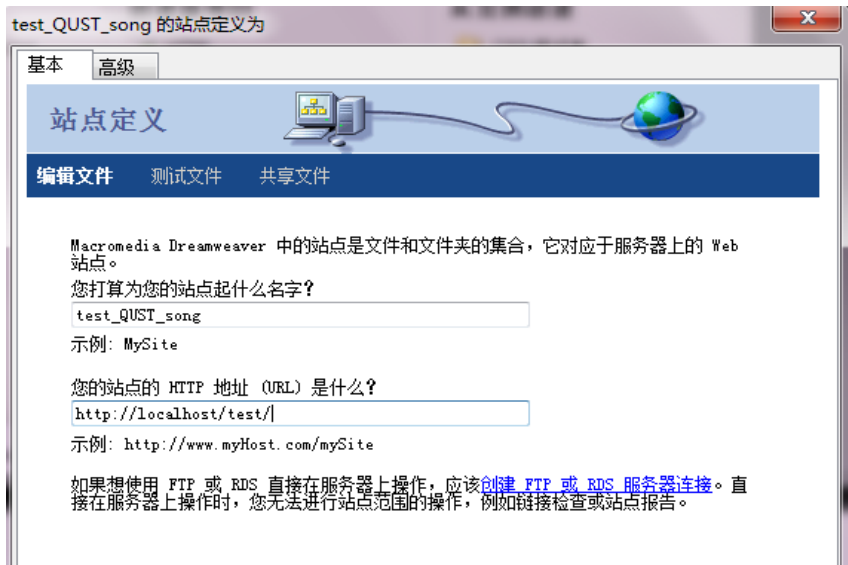


图 6-5 站点定义

Fig 6-5 the site definition

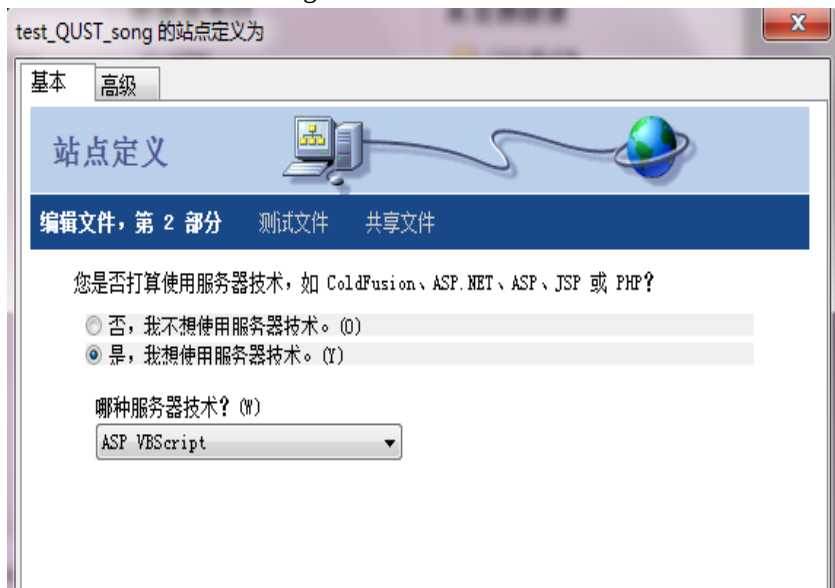


图 6-6 站点编辑

Fig 6-6 the site editor

当“基本”选项卡的这几个地方设置完成后，还要对高级选项卡的几处进行修改：在“本地信息”里面的“本地根文件夹”和“默认图象文件夹”都设置相同的路径。如图所示：

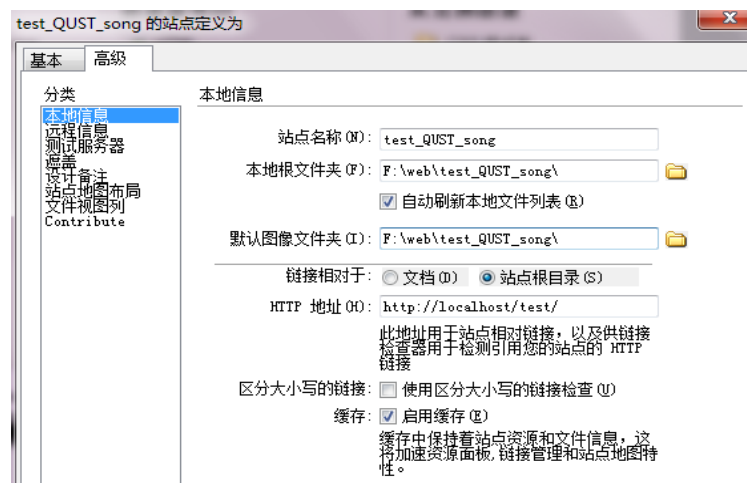


图 6-7 站点本地信息设置

Fig 6-7site local information set

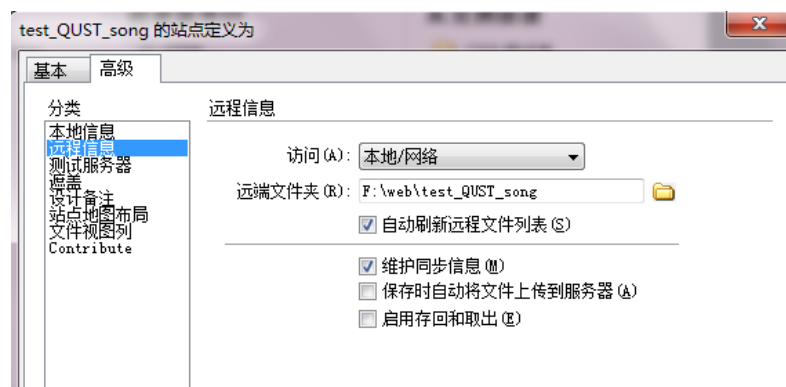


图 6-8 站点远程信息设置

Fig 6-8site remote information set

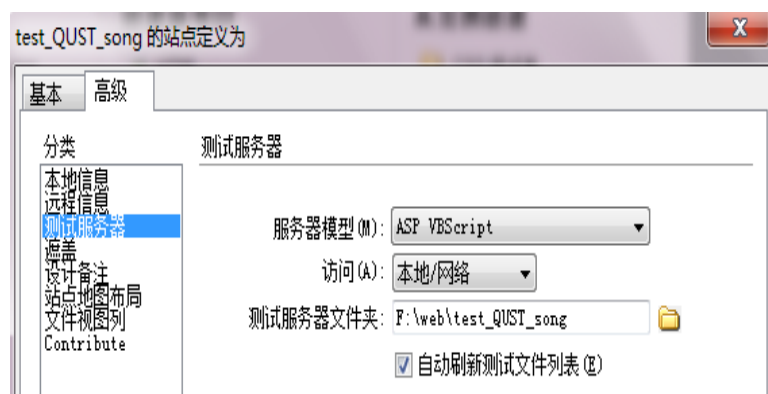


图 6-9 站点测试服务器

Fig 6-9 the site test server

6.2.3 Dreamware 与数据库的连接

要制作动态网页，首先必须要把数据库（Access）和网页联系起来，使用户

在网页上很容易调用数据库中的内容，并显示在网页上。这在 Dreamweaver 中就很容易实现的。而且方法有多种，本设计选用了一种很实用的数据库连接的方法，“字符串连接法”，这是一般支持 asp 的个人主页空见所用的数据库连接方法。

启动 Dreamweaver 软件，打开在上面新建的“test_QUST_song”站点，并在站点内创建第一个 asp 网页文件，并打开。

创建并打开了 test_list.asp 文件后，就可以进行数据库的连接了。

选择“窗口菜单”单击-->“数据库”，在打开的数据库面板中，勾选“自定义连接字符串”然后会弹出“自定义连接字符串”对话框，在对话框的连接名称空白框中输入“test”，在下面一行的连接字符串空白框中输入以下字符串““Driver={Microsoft Access Driver (*.mdb)};DBQ="&Server.MapPath("/test_QUST_song/test.mdb")"”。其中"/test_QUST_song/test.mdb"是测试用数据库在站点中的路径。在下面的“Dreamweaver 应连接”的选项中选择选项“使用测试服务器上的驱动程序”。

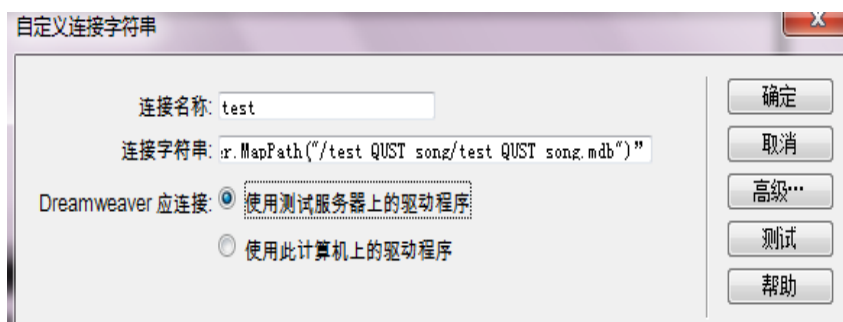


图 6-10 自定义连接字符串

Fig 6-10 custom connection string

其他条目依次制作完成后保存。

总结与展望

在能源紧缺问题日益严重的今天，利用太阳能进行光伏发电越来越受到各国关注。中国同样面临严重的能源问题和环境污染问题，这两个问题严重限制了中国目前经济建设的速度和质量。好好利用中国的日照资源，不但可以提高当地人民的生活质量，并且也为中国经济的发展作出相应的贡献。因此，太阳能的各方面的研究都很有前景和希望。光伏逆变器作为光伏逆变系统的重要部分，其监测技术也受到广泛重视。因此，将基于物联网的光伏逆变器的监测系统作为本文的研究主题。

本文主要是对物联网的传感网部分做了重点研究，其次是核心承载网和信息服务系统的研究，通过选用三星 S3C2440 核心芯片为处理中心，监测逆变器逆变电能质量实现了一个物联网体系。该体系遵循物联网规范，结合实际应用，满足通用性、易用性和易扩展性的要求，对物联网应用系统进行了一系列的研究。

本文有以下几个重点：

(1)搭建系统软件环境，在充分了解掌握系统硬件基础上，进行数据采集驱动程序设计，编写了模块初始化代码，实现接口驱动中相应操作函数，编写了 Makefile，然后通过挂载 NFS 网络文件系统进行调试，然后将驱动程序编译加载到内核中，或者用 insmod 命令加载模块。

(2)实现了底层驱动的开发（主要是 adc 和 dm9000 网卡的驱动开发，其次是 lcd 屏的驱动开发）。

(3)实现了网络测试，选用花生壳为工具申请了临时网站，通过网页数据的显示对所传数据的测试。

(4)设计了系统的通信模型，在 Linux 上移植了 Qt /Embedded，进行监测系统上层应用程序的编写。分析比较传输层协议，选择适合的网络编程接口，利用 Qt 中 UDP 套接口编程，实现了总站和子站网络编程。并且在总站中利用开源的 MySQL 软件，实现了大量数据存储。

本文是针对多个光伏逆变器的监测系统的研究设计，基于 SamsungS3C2440，在其上移植 Linux 操作系统，通过以太网实现数据通信。在课题中，对整个监测系统作了多方面的研究，但是只是阶段性工作，仍有不足，可改进的地方如下：

(1)增加一些总站对子站的控制功能以及故障类型判断功能^[42]。

(2)本文完成了基于物联网的光伏逆变器监测系统的设计，但距离真正的产品还有很大的距离，对于电路设计的可靠性、安全性、生产工艺、成本控制等多方

面因素考虑的还不够，软件方面也可以继续优化，还需进一步改进。

本文的物联网应用系统遵循目前物联网规范，对物联网未来的发展做了深入研究，所以该系统可以满足目前和未来一段时间内的应用开发需求。随着国内外物联网研究的不断推进，以后肯定会有更多新的物联网规范和标准出现。为了满足新的物联网的规范，以后对本设计进行扩充是非常必要的。

随着物联网的发展和普及，信息安全显得越来越重要，而就本文来讲，对此方面的研究比较有限，就“安全可信物联网”相关领域，笔者将进行后续的研究工作。

物联网技术面临的技术挑战有：

虽然物联网技术与智能电网技术的结合有着众多的优点，得到各界的大力宣传与研究，但由于其研究还处于起步阶段，各方面研究还并不深入，因而它也面临着众多的挑战。

(1) 标准化体系的缺失。物联网技术在我国的发展还刚刚起步，即使在全世界范围内，也没有形成一个统一的标准体系。标准的缺失将大大限制相关技术的正常发展和产品规模化应用的步伐。因此，标准化体系的建立，已然成为物联网产业发展的首要先决条件，也是制约物联网产业发展的最大瓶颈^[43]。

(2) 拥有自主知识产权的核心技术亟待突破。拥有自主知识产权的核心技术是物联网产业得以可持续发展的根本驱动力，如果没有掌握关键的核心技术，产业就不具备有核心竞争力，因而在未来的国际竞争中也会处处受制于人。因此，迅速建立起国家级和区域物联网研究中心，研究并掌握拥有自主知识产权的核心技术，是物联网产业发展的关键^[44]。

(3) 国家安全和个人隐私保护需要得到保障。由于电力是关系国际民生的基础性行业，是国民经济的基础，因此维持电力安全是所有事业的根本前提，而从目前物联网技术的发展水平来讲，其中的一系列安全问题还没有得到解决，也没有形成较为成熟的物联网安全解决方案。所以从某种程度上讲，物联网的安全性是物联网发展的一个很大阻碍，加强对物联网安全性的研究，也关乎物联网技术应用的成败^[44]。

参考文献

- [1] 王琳琳, 新兴产业风暴来袭[J], 石油石化物资采购, 2010.
- [2] 张浩, 物联网环境下智能交通系统模型设计及架构研究[D], 北京: 北京交通大学, 2011.
- [3] 彭德林, 物联网技术的研究与探讨[J], 科技创新导报, 2011.
- [4] International Telecommunication Union UIT.ITU Internet Reports 2005:The Internet of Things[EB/OL].[2010-04-02].<http://www.itu.int/publ/S-POL-IR.IT-2005/e>.
- [5] PUJOLLE G.An autonomic oriented architecture for the Internet of Things[C]//IEEE john Vincent Atanasoff 2006 International Symposium on Modern Computing.2006:163-168.
- [6] 刘化君, 物联网体系结构研究[J], 中国新通信, 2010.
- [7] 刘化君, 刘传清, 物联网技术[M], 电子工业出版社, 2010 年.
- [8] ARMEN IO F,BARTHEL H,D IETR ICH P,et al. The EPC global Architecture Framework [EB/OL].(2009-03-19).
- [9] 谢勇, 基于物联网的自动入库管理系统及其应用研究[J], 物流技术, 2007.
- [10] YAN Bo,HUANG Guangwen.Supply chain information transmission based on RFID and internet Of things [C]//ISECS International Colloquium on Computing, Communication,Control and Management.2009(4):166-169.
- [11] 刘化君, 物联网关键技术研究[J], 计算机时代, 2010(8)
- [12] 于宏毅, 等. 无线传感器网络理论、技术与实现[M], 北京: 国防工业出版社, 2008.
- [13] 杨宗德, 邓玉春. Linux 高级程序设计 (第二版) [M], 人民邮电出版社, 2010 年
- [14] Lawrence A Klein, 著. 多传感器数据融合理论及应用[M], 戴亚平, 等, 译. 北京理工大学出版社, 2004.
- [15] 刘超慧, 基于偏爱度的多步 Markov 网页预测模型[J], 计算机时代, 2010 年
- [16] 王鹏. 走进云计算[M], 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [17] Michael Miller, 著. 云计算[M], 姜进磊, 等, 译; 史美林, 审校, 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [18] Wikipedia.Cloud computing[EB/OL].[2010-04-08].
- [19] 郭亚男, 太阳能发电并网系统的研究[D], 甘肃: 兰州理工大学, 2008.
- [20] 张传宗, 光伏并网逆变器的研究和设计[D], 江南大学, 2009.
- [21] 曲学基, 曲敬铠, 于明扬, 逆变技术基础与应用[M], 北京: 电子工业出版社. 2007.
- [22] 杨浩, 太阳能发电并网系统研究综述[J], 中国新技术新产品, 2009 年
- [23] 冯朵生, 赵慧等, 太阳能发电技术与应用[M], 人民邮电出版社
- [24] 侯国青, 独立光伏系统逆变器的应用及选型[J], 太阳能, 2009.
- [25] 郭小勇, “低碳经济”下电力市场的发展[J], 中国高新技术企业, 2010 年.
- [26] 杨水清, 张剑, 施云飞等, ARM 嵌入式 Linux 系统开发技术详解[M]. 电子工业出版社.
- [27] 韦东山, 嵌入式 linux 应用开发完全手册, 人民邮电出版社.
- [28] Sun Yanpeng,Peng Peng,Zhang Yuan.Linux Transplantation Based on the Processor S3C2440[J].The Ninth International Conference on Electronic Measurement & Instruments.2009(08).
- [29] 宋宝华, Linux 设备驱动开发详解[M], 北京: 人民邮电出版社. 2008(02): 3-4.

- [30] 徐盛, 基于 ARM 的 Linux 系统移植及设备驱动开发[D], 扬州大学, 2009.
- [31] 曹颖鹏, 基于嵌入式 Linux 驱动程序的研究与设[D], 西安电子科技大学, 2010.
- [32] Jonathan Corber, Alessandro Rubini, Greg Kroah-Hartman.Linux 设备驱动程序[M], 北京: 中国电力出版社. 2006: 138-139.
- [33] Jonathan Corber,Alessandro Rubini,Greg Kroah-Hartaman.Linux 设备驱动程序[M], 北京: 中国电力出版社. 2006:138-139.
- [34] 张策, DM9000 的网卡接口设计与实现[J], 微计算机信息. 2008 (05).
- [35] 李剑雄, 张策, 杨军, 基于 ARM 和 DM9000 的网卡接口设计与实现[J], 微计算机信息. 2008 (05) .
- [36] 沈兰荪, 数据采集技术[M] , 合肥: 中科大出版社. 1990: 2-3.
- [37] 杨振江, 孙占彪, 王曙梅. 智能仪器与数据采集系统中的新器件及应用[M], 西安: 电子科技大学出版社. 2001.
- [38] 杨志远, 谢秋华. 一种电压有效值的低温漂、高精度测量方案[J]. 电测与仪表[J] . 2008 (9) .
- [39] 陆悦, 基于嵌入式的光伏逆变器监测系统研究[D], 上海: 上海交通大学, 2010.
- [40] 黄智伟, 全国大学生电子设计竞赛训练教材[M], 北京: 电子工业出版社, 2005:170-204.
- [41] Stevens, W.R., Fenner, B., Rudoff, A.M. .Unix 网络编程[M], 北京: 清华大学出版社. 2005 (10): 27-37, 203-204.
- [42] Yuan Tian, Guoqiang Ren, Qingzhang Wu. Implementation of Real-time Network Extension on Embedded Linux[J]. 2009 International Conference on Communication Software and Networks.2009 (07).
- [43] 饶威, 物联网技术在智能电网中的应用[J], 华中电力, 2011 年.
- [44] 范运年, 电网物联: 挑战还是神话[J], 中国电力教育, 2010, (1 1): 70-71

致 谢

时光荏苒，我的研究生生涯即将画上句号。入校仿佛是昨天的事情，记得刚到学校来的时候，和同学一起上课，去图书馆，去实验室，如今，我已经是一名即将踏入社会走上工作岗位的研三学生了。

回顾三年研究生的生活，感慨良多。首先，我想到的是赋予我生命养育我长大的父母，给我提供了充足的物质条件还有就是精神的支持。在我遇到不顺和失意的时候，做我坚强的后盾，他们是我前进的最大动力。

我要感谢我的导师，她是我学习上的导师，给予我学术上的指导，在我遇到问题的时候，她总能给我以新的想法和思路去解决问题。她是一个很好的领路人。在生活上，她也以长辈或者益友的身份关心着我，让我十分感动。同时，我还要感谢曾经给我上过课的每一位老师。

在研究生阶段，我不能忘记的还有我的同学们，你们给予我学习上很多的帮助，我们共同走过这难忘的三年。

最后，我要感谢培养我的青岛科技大学，我三年的研究生涯在你的怀抱里度过。我会谨记您的教导，无论身在何处，都以“饮水思源，爱国荣校”激励自己，我不会让您失望！

2011 年 4 月

攻读学位期间发表的学术论文

[1]变速变桨风力机的性能控制. 青岛科技大学学报. 2011, 32:111-114.

[2].基于物联网的太阳能发电无线监测系统设计. 青岛科技大学学报. 2011, 32:122-125.



Qingdao University of Science & Technology