

# 中文摘要

随着我国经济建设的发展,水文的预报和水资源的管理在国民经济中的地位越来越重要。水情采集系统为水利部门提供大量的水文数据,在洪水预报、防灾减灾中发挥了重要作用。由于传统的水情采集系统功耗高、接口单一,大多是将固定地点水情信息汇集到中心站所在的信息中心。水情信息采集必须在固定的采集区域进行,当在野外、现场等远离固定采集点时,就无法及时获得水情信息,限制了水情采集范围。

为了解决水情便携采集问题,在充分调研嵌入式计算机技术、移动通信技术及其相关行业领域的应用基础上,分析了水利行业对水情信息需求,设计了嵌入式水情采集系统。

本论文基于嵌入式技术,开发设计了嵌入式水情自动采集系统。论文对嵌入式水情自动采集系统进行了整体介绍,结合当前水情采集现状,以雨量、水位、流量、蒸发量为采集对象,确定了传感器选型,进行了采集器与传感器之间的通道设计、系统采集器的结构及通信电路设计,简单介绍了数据传输通道设计及软件支持。

在该系统中,创新性的将嵌入式技术和 Zigbee 协议相结合并引入水情自动采集系统中,系统具备统一的物理接口和应用接口,从而达到兼容、互换的目的,具备高精度、高稳定、易维护、低功耗、易扩展和实时远程监控等特点。

**关键词:** 水情自动采集 嵌入式技术 无线通道 Zigbee 协议

# ABSTRACT

Along with the economic development, the hydrologic information prediction and water resource manage has been increasingly important in our daily life. The hydrologic collection system provides a large quantity of hydrologic information for the water resource Ministry, and greatly contributes to the society, especially in flood prediction and disaster defense. Because of high power and simple interface ,the structure of traditional hydrologic collection is mainly to pool hydrologic information into the information center, and the hydrologic information can only be collected in the special location. This situation puts the workers at a disadvantage when they want to work anywhere or doing fieldwork.

In order to solve the problem of portable hydrologic information collecting, we made a survey about the demand of water conservancy, are search on embedded computer technology and mobile telecommunication technology, and the applications in the relative fields, and designed the hydrological information automatic collection system based on embedded technology

The paper gives an overall introduction on embedded automatic water condition collection system. Based on current water condition collection status, choosing precipitation rain fall, water level, runoff flow, evaporation volume as sampling objection, it determines the type of sensor, makes design of the bypass between collector and sensor, the structure of system collector and communication circuit. It simply makes introduction on design of data transferring channel and software support.

In this system, it makes innovation to combine embedded technology and Zigbee protocol and makes utilization in automatic water condition collection system. The system is set with physical interface and application interface and therefore fulfills the purpose of compatibility and interchange. This system has the characteristics of high precision, high stabilization, easy maintenance, low power consumption easy extension, on-time remote monitor and so on.

**Key words:** Hydrological information automatic collection , Embedded technology, Wireless channel, ZigBee protocol

## 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得 天津大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名：赵燕 签字日期：2009 年 9 月 1 日

## 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津大学 可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名：赵燕 导师签名：张

签字日期：2009 年 9 月 1 日 签字日期：2009 年 9 月 1 日

## 第一章 绪论

水情自动采集系统,是一种先进的水情信息实时收集处理系统,也是一项现代化的、非工程性的防洪措施。它应用通信、遥测和计算机技术,完成江河、水库、流域内降雨量、水位、流量等参数的实时收集和处理,以此满足防洪、抗旱、供水、水环境监测、控制地面沉降等水务工作需求,提高抵御风险灾害应急能力和水资源管理利用水平。

### 1.1 引言

天津素有九河下梢之称,市内河道纵横,市外水库、湖泊星罗棋布。近十几年来,天津水务部门在防灾减灾非工程措施建设方面作了大量的基础工作,全市已建设各类报讯站近 180 余处,各类水文报讯站的水文测验设施和测验技术得到了较大的改进,但与实现全面水文信息自动化还存在较大差距,雨量、水位、流量等数据采集仍然主要采用自记或人工作业的方式,生产效益低,水情信息的采集和传输总体水平仍处于比较落后的状态。本论文介绍的嵌入式水情自动采集系统可以通过水情自动遥测系统,实现无人监测,自动汇总。

水利工程分布在野外,存在大量的现场监察,管理等工作,如防汛抢险,抗旱等现场指挥及水情、工情等信息的现场查询。虽然有的水利部门已经建立了车载移动防汛指挥系统,备有笔记本电脑和无线网卡等移动终端,可以接入防汛指挥中心,但因笔记本电脑耗电量大、可靠性不高、携带不便,且价格昂贵,因而限制了其在野外或移动状态下的推广和普及使用。因此,研究开发性能可靠、价格合理、便携式的移动水情终端对提高水利工程现场管理的科学水平,进一步推进水利信息化的发展具有重要的意义。

水利信息化的迅速发展,主要表现在微电子、通信、计算机及网络等技术的广泛应用,它综合了水文、电子、电信、传感器和计算机等多学科的有关最新成果,提高了水情测报速度和洪水预报精度,改变了以往仅靠人工测量水情数据的落后状况,扩大了水情测报范围,在江河流域及水库安全、电厂运行以及水资源合理利用等方面都能发挥重大作用。在全国范围内已经建立许多水情遥测网络传输系统,测站利用电台将水情信息发送到与中心站相连接的接收电台上,将水情信息存入中心站数据库。在中心站建立 WEB 服务器及相适应的水情数据库,利用互联网及数据库技术,开发相应的软件(WEB 服务),从而实现水情数据的自动化监测、传输和维护。<sup>[2,3]</sup>

随着嵌入式技术的迅猛发展<sup>[4,5]</sup>,近几年水情远程测报系统有了较大的发展,

有基于传统电台的水情测报系统，有基于以太网的嵌入式水情测报系统，最近也出现了基于无线网络的水情测报系统。

## 1.2 水情自动采集系统的国内外现状

水情遥测系统是为满足防汛指挥系统建设的要求，综合运用水文、电子、通信、计算机技术，完成江河流域雨量、水位、流量、蒸发量等数据的实时采集、报送和处理的信息系统，也称水文自动测报系统。<sup>[6]</sup>水情遥测系统的建设是水文现代化建设的重要组成部分，水情遥测系统的发展对保护人民生命财产安全，充分发挥水利工程效益，保障社会稳定和国民经济可持续发展起着极其重要的作用。

美国和日本是世界上较早重视水情自动测报技术开发的国家。20世纪70年代后期，随着微型计算机和单片机芯片的出现和发展以及无线电通信电台质量的提高，使水情自动测报技术有了较快的发展。1976年美国SM公司与美国天气局合作研制成的一套水情自动测报设备是这个时期有代表性的产品。80年代以来，由于遥控设备、数据传输方式、微机技术和预报调度软件的进一步发展，水情遥测和防洪调度自动化技术在全世界得到广泛的运用。

90年代以后国际上多加公司推出了功能强、应用范围广的产品，在水利、水电、气象(包括气温、风向、湿度、水温、水位、雨量、降雪量)以及各类要求遥测水文等参数的专业领域都适时地得以应用。

我国水情自动测报技术的开发研制始于20世纪70年代中期，形成初期产品在国内一些水库实地应用。80年代中期以较高的起点，较快的速度确立了自己的技术基础，建成了很多自己的水情自动测报系统。1983年正式开发，1986年投入运行，由中国研制的黄龙滩水情遥测和洪水预报、防洪调度自动化系统作为国产化正规产品的起点，其后，国内先后建成了一些水情自动测报系统。90年代是我国这一专业技术发展最快的时期，一些较大的系统包括岩滩、天生桥及五强溪等水电厂都相继建成大型水情自动测报系统。特别是近几年，雨、水情遥测系统得到了较大的发展，无线通信技术、遥感遥测技术和计算机应用技术在防汛作中得到了广泛应用，极大地提高了防汛工作的主动性。

## 1.3 水情采集系统的必要性

水是基础性的自然资源和战略性的经济资源；也是人类生存和发展不可替代的自然资源。水旱灾害又是人类面临的主要自然灾害之一。随着我国国民经济的高速发展，人民生活水平得到不断提高，社会对水资源需求的数量与质量要求也越来越高。但由于我国地处东亚大陆，季风气候特征明显、降水时空分配不均、

下垫面条件复杂、人口众多，致使全国洪涝灾害、干旱缺水、水土流失和水污染十分严重，水务工作面临的问题和矛盾趋于复杂，尤其是有限的水资源和不断增长的需求之间矛盾越来越尖锐。洪涝灾害、干旱缺水、水土流失、水污染四大水问题对我国全面建设小康社会已经构成严重制约。因此必须采用科学的手段开发、利用和管理好水资源，完善水利设施，兴利避害，造福人类。

信息化是当今世界经济和社会发展的趋势，也是我国产业优化升级和实现工业化、现代化的关键环节。水利信息化就是指充分利用现代信息技术，深入开发和广泛利用水利信息资源，包括水利信息的采集、传输、存储、处理和服务，全面提升水利事业活动效率和效能的过程。水利信息化可以提高信息采集、传输的时效性和自动化水平，是水利现代化的基础和重要标志。

水雨情自动测报系统是指应用遥测、通信、计算机等技术，完成江河流域降水量、水位等数据的实时采集、报送和处理的信息系统。它能提高水情测报速度和洪水预报精度，改变以往仅靠人工测量水情数据的落后状况，扩大水情预报范围，对江河流域、水库安全渡汛和电厂经济运行以及水资源合理利用等方面都能发挥重大作用，是当前我国大力推进的水利信息化的重要组成部分。

### 1.4 本论文主要创新点和研究内容

本论文是基于嵌入式技术开发的水情自动采集系统，系统中采用当今成熟的、稳定的、先进的电子测量、数据传输和控制系统技术，做到高精度、高稳定、易维护、低功耗、易扩展和实时远程监控。

系统中的创新设计是通过多个采集器互联组网实现水情数据的自动采集，该系统具备统一的物理接口和应用接口，从而达到兼容、互换的目的。可以将各种水情要素传感器挂接到采集网络中，通过网络互联来实现不同观测任务，以满足防汛、抗旱、供水、水环境监测、控制地面沉降等不同的水情信息需求。

在已建的水情自动采集系统上扩展新的测量要素或增加传感器时，不需要对系统已有的传感器连接、布线作改动，只需要将新的分采集器或传感器加入到系统中，并进行简单的软件升级/配置，最大限度地实现功能扩展，方便维护和降低维护成本。

基于嵌入式技术开发的水情自动采集系统，能够实现对雨量、水位、流量、蒸发量、风速、风向、温度、湿度、气压等参数的自动测量。由于篇幅限制，本论文将以雨量、水位、流量、蒸发量这四项基本水情要素为例，介绍嵌入式水情自动采集系统设计、运行有关情况。本论文主要研究内容如下：

调研并收集有关资料，了解当前天津水情测量实际情况，存在的问题及下一步工作重点；

了解水情要素传感器产品情况，分析提出符合实际需要的传感器选择方案，熟悉采集原理，设计采集器传输通道；

调研嵌入式市场提供的嵌入式设备产品，选择采集器核心处理器，了解其基本性能和主要参数，研究其系统结构，设计其采集通道和数据传输通道。

研究 GPRS 通信技术、数据传输协议，对其理论进行分析和研究，点明嵌入式水情自动采集系统远程扩展接口及方式。

研究 Zigbee 协议及其应用，设计采集器互联组网通信接口。

设计系统终端计算机控制平台，开发系统应用软件，实现终端计算机与采集器之间的通信和响应，完成采集数据的分析处理。

通过以上内容的研究，设计开发嵌入式水情自动采集系统，实现对雨量、水位、流量、蒸发量等参数的自动测量，完成采集器之间的互联组网和采集器与管理中心的远程 GPRS 数据传输，并通过终端计算机交互式程序控制和应用软件处理，实现终端计算机与采集器之间的通信和响应，完成数据自动汇总和分析处理，形成适应各种需求的水情测报数据。信息采集技术和计算机网络技术已经相当成熟，影响整个系统可靠性的关键是信息传输子系统，因为它受外界因素影响最多，也最复杂。因此，本论文将以信息传输子系统为中心内容，分别就传感器与采集器之间的传输通道设计、采集器设计开发、采集器之间及与终端计算机的通信接口设计进行论述，其他系统相关内容则进行简要介绍。论文将按照以下结构形式进行组织。

论文第一章主要是介绍水情自动采集系统的国内外现状，论文研究背景和必要性，本论文的创新点和论文结构形式。

论文第二章主要是对嵌入式水情自动采集系统的整体介绍，包括硬件部分和软件部分，其中硬件部分主要从系统结构形式和系统优点进行概括说明；软件部分主要就需要实现的功能进行了简要介绍。<sup>[4,5]</sup>

论文第三章主要是介绍当前天津水情要素采集现状、存在的问题等有关情况。以当前水情采集的重要对象——雨量、水位、流量、蒸发量为例，介绍传感器选型，采集器与传感器之间的通道设计。

论文第四章主要介绍系统采集器的结构及通信电路设计等。

论文第五章主要介绍数据传输通道及软件支持，一是基于 ZigBee 协议的无线

通信接口设计和应用；二是基于 GPRS 的远程数据传输及相关软件支持。

论文第六章主要是对全文的总结,及在论文准备和研究过程中的感想和收获。

## 第二章 嵌入式水情自动采集系统的整体介绍

嵌入式水情自动采集系统是基于嵌入式系统技术和现代无线技术构建，自动采集雨量、水位、流量、蒸发量等所需参数，能够存储、处理并传输数据，通过终端处理设备实现实时查询、自动生成相应报表的现代化自动采集系统。系统主要包括硬件部分和软件部分，其中硬件部分主要包括各种传感器、采集器和终端计算机三部分；软件主要包括采集软件和应用软件等。

### 2.1 系统介绍

#### 2.2.1 系统结构形式

嵌入式水情自动采集系统是基于嵌入式系统技术和现代无线技术构建，采用 IEEE802.15.4 国际标准，并遵循 ZigBee 无线协议进行设计，它由硬件和软件两大部分组成。硬件包括采集器、传感器和终端计算机三部分；软件主要包括采集软件和应用软件，其总体结构如图 2-1 所示。

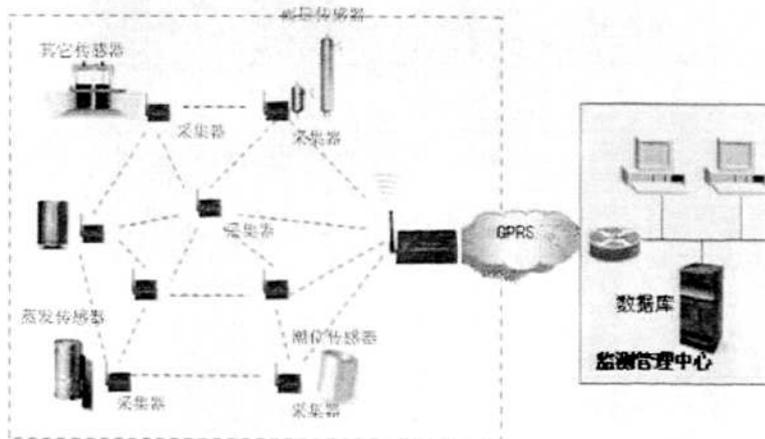


图 2-1 嵌入式水情自动采集系统结构图

每个采集器都设有多个模拟量、数字量通道和 RS232 接口，可灵活设置外接 1 种或多种水情传感器，多个采集器通过 ZigBee 协议实现近距离区域内无线互联，区域内水情信息由汇总点通过 GPRS 上传到控制中心，区域汇总点可通过采集器外接 GPRS 模块实现。区域内采集器可灵活组网，如图 2-2 所示，即可采用网状网络也可采用树状网络。

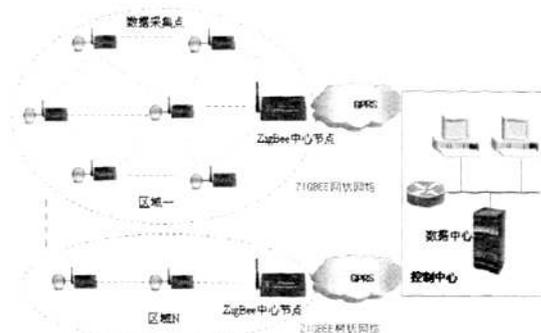


图 2-2 嵌入式水情自动采集系统结构图

### 2.2.2 系统工作原理

嵌入式水情自动采集系统是通过传感器来测量和采集数据，并将数据传送给采集器，水文测站内的多个采集器将采集到的数据进行简单分析处理后通过区域无线网络汇集到指定采集器上，该采集器通过 GPRS 实现数据的远程传输，发送的终端计算机或数据管理中心，计算机启用应用程序，直接生成需要的数据报表。同时，终端计算机也可以发出采集命令，通过无线及网络传输，直接获得所需数据。其工作原理如图 2-3 所示。

### 2.2.3 系统的优点

嵌入式水情自动采集系统采用统一的物理接口和应用接口，从而达到兼容、互换的目的。通过外接不同的采集器能够实现对雨量、水位、流量、蒸发量等水情参数的自动采集和测量。

为了实现嵌入式水情自动采集系统的最小配置，将基本水情要素传感器直接挂接在采集器上，可以对采集器部分进行不同的配置，以实现不同观测任务或满足不同水情要素测量的需要，以最大限度地方便维护和降低维护成本。在已建嵌入式水情自动采集系统扩展新的测量要素或增加传感器时，不需要对系统已有的传感器连接、布线作改动，只需要将新的采集器和/或传感器加入到系统中，并进行简单的软件升级/配置。

系统中用低功耗嵌入式 ARM 处理器，可利用太阳能板供电；通信方式可以采用无线和有线通信方式；系统利用 GPS 校时定位，可自动调整时间和安置经纬度，确保了系统自动采集和传输数据的性能和稳定性大幅提高。

系统传输水情信息的通信方式方面通常采用：有线通讯方式、GSM 短消息方式、超短波通信、卫星通信和 GPRS 通信方式等；在系统结构方面，目前普遍采用

测站—中心站的二级结构，由测站，通信设备，中心站计算机组成。在系统中测站通过传感器自动实时地进行雨量、水位等水情信息的采集，并通过通信设备向中心站计算机发送所采集的水情信息，中心站计算机存储接收到的水情信息，进行分析和处理。在此基础上，添加流量、流速、蒸发量、闸门开启度、泥沙含量、水质、风速、风向、温度、湿度、气压等外接传感器即可满足对多种水情采集要素的测量需求。

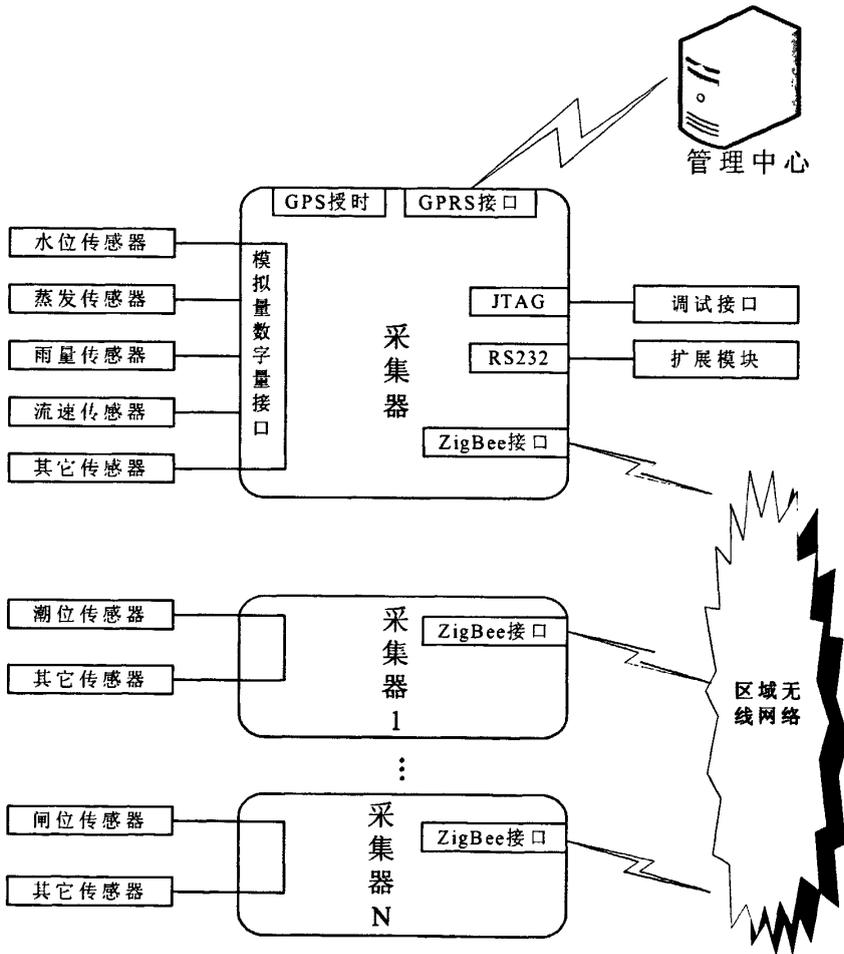


图 2-3 嵌入式水情自动采集系统工作原理图

本课题采用新一代 STM32F103 微控制器设计了一种新型水情采集器，并将 ZigBee 技术应用到该系统中，具有低功耗、低成本、高性能等优点，以期待对国产水情采集技术的推进起到积极作用。

## 2.2 硬件部分介绍

嵌入式水情自动采集系统硬件部分主要由采集器、传感器和终端计算机三部分组成。各部分功能简要介绍如下：

### 1. 采集器

采集器是自动水情自动采集系统的核心，其主要功能是完成基本水情要素传感器的采样和其他采集器的采样数据的收集，对采样数据进行计算处理、数据质量控制、数据记录存储，实现数据通信和传输，与终端微机或远程数据中心进行交互。

采集器由硬件和嵌入式软件组成。

### 2. 传感器

根据采集要素的要求，需要使用各种模拟量采集传感器，如雨量传感器、水位传感器、流量传感器和蒸发量传感器等。

传感器与采集器通过电缆连接。

### 3. 终端计算机

终端计算机需要使用高性能的计算机，能够实现数据查看、汇总、分析等功能。

上述组成部分中均采用标准接口和协议形式，在目前的市场上通过采购的方式可以直接获得，本论文主要介绍这些硬件设备的选型及要求指标。系统中需要结合水利实际情况进行开发和设计的主要是采集器，论文将在第四章着重介绍采集器的结构形式，设计原理及功能等情况。

## 2.3 软件部分

嵌入式水情自动采集系统软件主要由采集软件和应用软件两部分组成，其中采集软件主要用于主采集器和分采集器的软件支持，通过该软件系统能够实现数据的分析处理和命令及数据的传输、发布；应用软件主要是安装在终端计算机的软件支持，用于形成简便易操作的人机接口，实现与主采集器与终端计算机的通信传输，同时按照需求自动对采集到的数据进行分析处理，形成最终的数据报表。以下简要就软件情况进行介绍。

### 2.3.1 采集软件

采集软件为采集器提供软件支持，为嵌入式软件。嵌入式软件建立在实时多

任务操作系统的基础上,实现 ZigBee 协议、FAT 文件系统、数据质量控制、数据采集、数据处理、数据存储、数据传输、监测等功能。嵌入式操作系统选择实时性高、性价比好、稳定可靠的多任务实时操作系统 uC/OS-II。

采集器嵌入式软件具备以下功能

#### 1. 实现 CANopen 主站协议

主采集器要实现 CANopen 主站协议,包括 NMT 管理、心跳消息检测、同步信号发送、PDO 发送和接收、SDO 服务、TimeStamp 发送。

#### 2. 文件系统功能

主采集器要在内部存储器和外部存储卡上实现 FAT 文件系统,存储数据文件、参数文件、配置文件、日志文件等。

#### 3. GPS 对时功能

主采集器应具备 GPS 自动对时功能,保证时间误差不大于 1 秒,GPS 对时功能失效时应提供报警功能。

#### 4. 软件初始化

对主采集器进行自检,准备存储器、外围设备;

观测员可通过本地终端对主采集器设置,并修改所有保证水情自动采集系统正常运行所必需的业务参数[缺省值],包括观测点基本参数、传感器参数、通信参数、质量控制参数、水情报警阈值等;

与各分采集器建立通信联系,进行必要的设置;

建立和运行观测任务。

#### 5. 数据质量控制

主采集器应实现采样值、瞬时值的数据质量控制功能。

#### 6. 数据采集

对传感器按预定的采样频率进行扫描和将获得的电信号转换成微控制器可读信号,得到水情变量测量值序列;

对水情变量测量值进行转换,使传感器输出的电信号转换成水利单位量,得到采样瞬时值;

对采样瞬时值,根据规定的算法,计算出瞬时水情值,又称水情变量瞬时值;

在上述过程中应实现数据质量检查。

## 7. 数据处理

导出水情测量需要的其他水情变量瞬时值；这种导出通常是在数据采集获得的水情变量瞬时值的基础上进行的，也有通过更高频率的采样过程获得的，如瞬时风计算；

计算出水情观测需要的统计量；

如一个或多个时段内的极值数据、专门时段内的总量、不同时段内的平均值以及累计量等；

由主采集器生成采样瞬时值数据文件、瞬时水情值（分钟）数据文件、定时（小时）数据文件和监控数据文件等四种文件；

在上述过程中应实现数据质量检查。

## 8. 数据存储

主采集器内部存储器存储 1 小时的采样瞬时值、7 天的瞬时水情（分钟）值、一个月的正点水情要素值，以及相应的导出量和统计量等。采样瞬时值存储与相应要素的采样频率有关。

主采集器外接存储器应具备通过外扩存储器（卡）的方式扩大本地数据存储能力。

## 9. 数据传输

主采集器通过规定的通信协议将观测数据和报警数据发送到应用软件。

## 10. 监测

主采集器应能监测主采集器和分采集器的主板温度、工作电压、传感器状态，监控分采集器的运行状态。

系统指示灯功能：通过不同的闪烁频率反映电源和采集器状态。

## 11. 报警

主采集器具有下列报警功能，根据规定的通信协议发送报警信息：

超过水情阈值的报警，例如：暴雨、海潮报警等；

传感器、蓄电池电压、主板温度、GPS 对时、分采集器和主采集器等（局部）出现异常或故障时报警；

## 12. 嵌入式软件在线升级

在不更改任何硬件设备的前提下，可以通过本地终端对主采集器嵌入式软件

进行版本升级。

### 2.3.2 应用软件

应用软件可以根据单位实际需要进行编写开发,通常采用 SQL Server 语言进行编程。软件功能应该包括信息接收处理系统、汛情动态监视系统、信息查询系统和信息拟报上传系统等。

#### 1. 信息接收处理系统

信息接收处理系统能通过报讯通信网络,完成对区域的遥测水情数据的实时接收,包括报讯站的水位、雨量、人工置数等内容和其他工况数据。终端计算机实时接收、显示、存储接收到的数据,同时写入到遥测数据库,并按照 SL330—2005《水情信息编码标准》规定对信息进行水文报文编制和传送。信息接收处理系统主要完成数据接收、数据召测、数据监视、数据告警,同时该系统为运行分析系统和数据存储系统提供数据来源。

##### (1) 数据接收模块

该模块主要自动接收水位、雨量以及人工置数的数据,根据接收的数据自动判别数据类别,将数据自动写入数据库中相应的基本表中。并自动记录每次接收数据的日志和状态。

##### (2) 参数设置模块

该模块主要具有该系统的基本参数的功能设置和管理功能,可以对数据显示方式、数据刷新时间、系统的状态等参数进行调整。

##### (3) 异常数据报警模块

该模块主要对接收的数据根据边界值确定是否为异常数据,并进行自动报警,自动保存报警记录,同时也可以接收报讯站告警信息,存储记录,并立即输出报警,也可以记录误报或错报的次数及数据通信异常报警功能,也可以打印任意时段的报警记录。

##### (4) 数据修改模块

该模块主要对采集的数据进行整编,可以对错误或异常的数据进行人工修改和手动插补,自动记录每次人工修改的操作用户、操作时间、用户权限、修改内容,并形成日志文件,可以随时察看每次数据修改的日志。

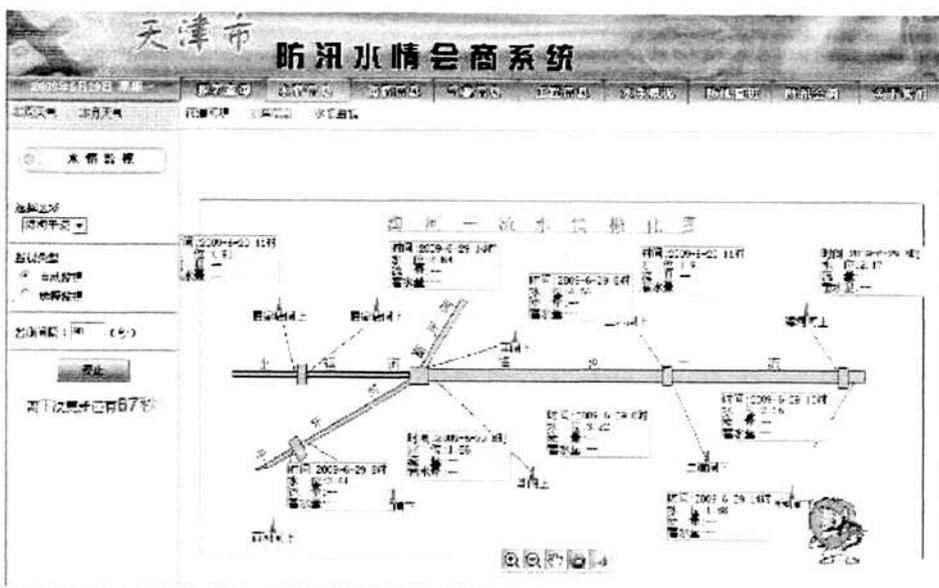
##### (5) 数据下载传输模块

该模块可以随时提取固态存储数据,可以对单站、多站进行提取,可以远端

成块下载数据,可以对任意时段数据进行提取,对提取的数据自动进行整理归类,数据校验,并写入数据库里。

### (6) 水情监视模块

该模块主要对报讯站工作状态和水情数据进行监视。可以为水情值班人员提供实时水雨情、工情等信息,提供动态、直观的报警功能汛情监视画面。主要的监视方式可分为用户查询式和系统自动提示两种方式,可以图形和表格的形式进行展示,如图 2-4 所示。



2-4 海河干流水情概化图

### (7) 报讯站管理

具有各报讯站管理功能,能方便进行报讯站扩充增站或删除减站,方便设置各报讯站的有关参数以使数据正确显示监视。

### (8) 系统用户管理模块

该模块主要对该系统的登陆安全和使用权限进行管理,可以对登录用户的基本个人资料进行管理,可以对系统的角色及角色权限进行管理,可以给每个用户分配相应的角色和权限,以便系统用户进行权限、安全级别的设置,提高系统的安全性、可靠性。

## 2. 实时测报报警系统

实时测报预警是对采集数据信息中水位、雨量等实时信息的超限报警。预警的方式有闪烁、着色、声音。通过实时测报预警可以给管理机构对水位、雨量分析、评价及决策提供最直接最基础的信息资料。主要包括专题图实时测报报警，列表测报，实时趋势测报，测报报警，

### 3. 水情查询分析系统

水情查询分析系统主要对遥测数据库和实时水雨情数据库的数据进行信息输出和信息展现功能，可以对一般的信息、水情信息、雨情信息、统计信息和分析信息进行数据表现，也可以直方图、过程线、等雨量线等图形进行表现，也可以电子地图方式显示水系、地形、流域边界、站点分布、行政区划等，具备在地图上实时动态显示雨水情信息、预报信息、站点信息的多途径多方式查询功能。如图 2-5 所示。

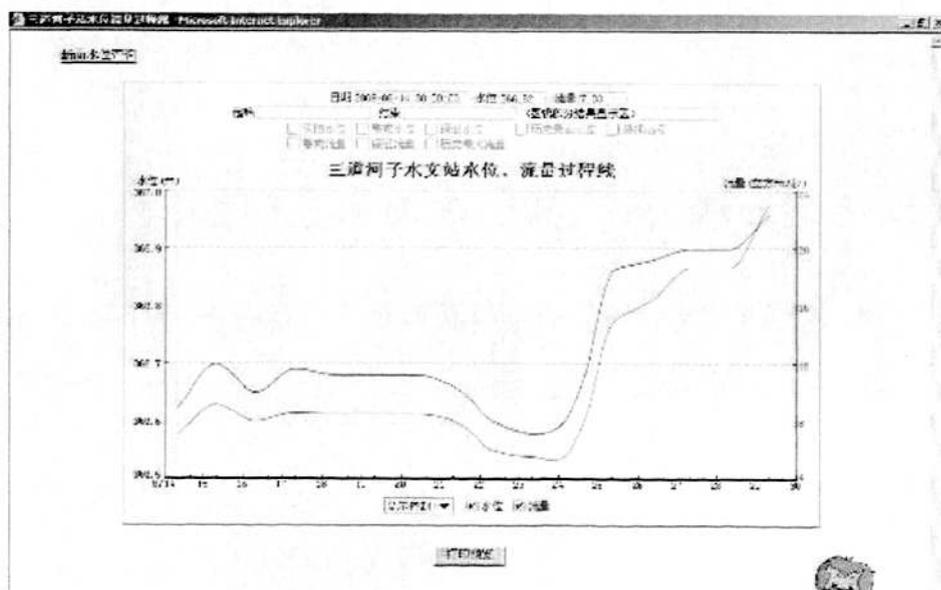


图 2-5 河道水位、流量查询图标显示

### 4. 中心站综合数据库系统

水情信息采集系统根据水情采集终端采集的各类数据，结合中心的应用软件的需求，建立一个综合数据库平台。该数据库由水雨情数据库和基础数据库组成。水雨情数据库用来存储各地报汛（水位、雨量、遥测等）站测报的实时水情雨信息（河道、水库的水位、流量、雨量等）；基础数据库包括基本信息类表，即与时间关系不密切的基本属性信息、工程信息、位置信息等，如图 2-6 所示。

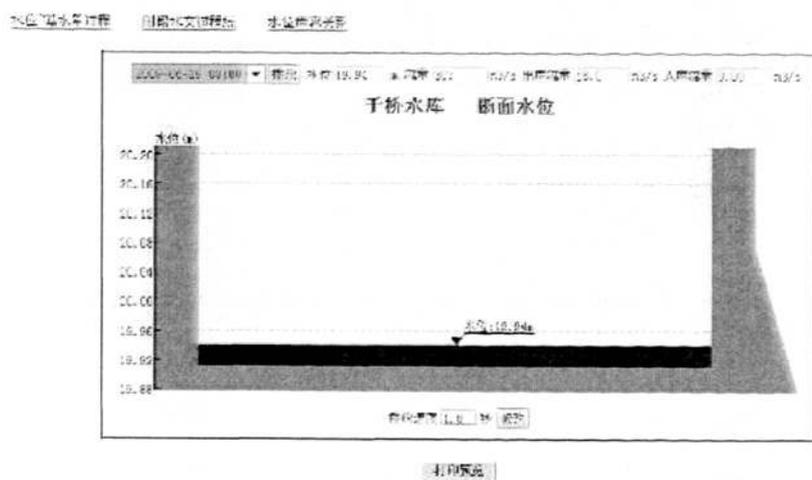


图 2-6 于桥水库断面水位图

## 第三章 水情采集要素及传感电路设计

水情信息：指江河、水库（湖泊）、地下水和其他水体的水文及有关要素过去、现时及未来的信息。水情信息分为降水量、蒸发量、河道水情、水库（湖泊）水情、闸坝水情、泵站水情、潮汐水情、沙情、冰情、土壤墒情、地下水情、特殊水情和水文预报等 13 类；当前天津水情方面的采集要素主要包括水位、流速、水深、降水量、蒸发量、地下水水位、潮水水位、泥沙含量、水温、冰情、水质（主要是对水源中铜锰等元素）等要素，及影响防洪、调度评价的重要相关要素如风速、风向、温度、湿度等气象要素。在天津目前上述测量要素仍然以驻测为主，站网密度不足，很难适应水网纵横，闸涵众多的水文特性。嵌入式水情自动采集系统的应用可以适应天津市水文现代化发展的需要。

本章主要介绍天津水情测量方面的基本情况，存在的问题及“十一五”发展规划，并结合水情测量要素介绍传感器的选型。根据以上基本情况，本章将以降水量、水位、流量、蒸发量等要素为例，分别介绍传感器与采集器之间进行数据传输的模拟通道和数据通道。

### 3.1 天津水情测量现状

#### 3.1.1 天津水情测量基本情况及存在问题

天津市地处海河流域九河下梢的河网区，水文特性复杂。我市共有国家基本水文站 25 处，其中中心管理 18 处、海委下游局管理 2 处、海河处管理 1 处、于桥处管理 2 处、黎河处管理 1 处、隧洞处管理 1 处。

中心管理的 18 处水文站分属 4 个分中心管理，各分中心管理的水文站如下。

九王庄分中心：九王庄站、罗庄子站、黄白桥站、张头窝站。

屈家店分中心：屈家店站、筐儿港站、东堤头站、耳闸站。

塘沽分中心：海河闸站、新防潮闸站、宁车沽站、金钟河闸站。

大港分中心：万家码头站、工农兵闸站、调节闸站、马圈闸站、九宣闸站、十一堡站。

海委下游局管理的是：杨柳青站、进洪闸站。

海河处管理的是：二道闸站。

于桥处管理的是：于桥水库站、龙门口站。

黎河处管理的是：前毛庄站。

隧洞处管理的是：引滦隧洞进口站。

我市共有 51 个国家基本雨量站，上述 25 个国家水文站中除了引滦隧洞进口站和十一堡站没有雨量观测任务外，其余 23 个站都有降水观测，另外 28 个雨量站为委托群众观测，分属 5 个部门管理，管理情况如下。

于桥处委托管理 2 处：盘山站、邦均站。

九王庄分中心委托管理 10 处：黑狼口站、大口屯站、大白庄站、黄崖关站、下营站、上仓站、宝坻站、林亭口站、板桥站、张彪庄站。

屈家店分中心委托管理 5 处：梅厂站、武清站、黄花店站、王庆坨站、大寺站。

塘沽分中心委托管理 4 处：蔡家堡站、表口站、芦台镇站、南山岭站。

大港分中心委托管理 7 处：东子牙站、坝台站、大庄子站、小站站、蔡公庄站、大丰堆站、静海站。

我市共有 8 个蒸发观测站，分别是：北里自沽站（黄白桥站）、于桥水库站、九王庄站、二道闸站、海河闸站、第六堡站（进洪闸站）、九宣闸站、万家码头站。

1983 年，建立了水环境监测中心，现有水资源质量站 28 个，供水水源地站 5 个，水污染监控站 20 个，近年来又开展了全市排污口的调查和监测工作，监测体系逐步完善。

水文建设存在三个主要问题：①境内的 25 处国家基本水文站由于以驻测为主，站网密度不足，很难适应水网纵横，闸涵众多的水文特性，在小型引水工程上缺乏控制，存在很多测验盲区、水帐不清的问题，使现有水文站网远远满足不了水资源分配调度、分析、开发、监控的需求，对水资源管理的社会要求形成制约，已不能满足经济与社会发展对水文水资源监测的需要。为克服这一弊端，必须对现有水文站网进行新的规划、调整。②目前天津市水文测站的基础测报设施和设备总体水平仍处于比较落后的状态，已不能跟上时代发展和现代化建设的需要。③天津市的站队结合、水文巡测工作仍处在试点阶段，巡测工作至今未能全面开展。

在自动测量方面，近年来天津市进行了永定河泛区水文自动测报系统（已建 6 处水位、降水量遥测设施）和天津市防汛指挥系统工程的建设（该系统建设中包括了一些水文站的水位设施改造，其中新增站点 9 处，包括 14 个水位遥测设施、

8个降水量遥测设施)。正在建设国家防汛抗旱指挥系统工程天津市水情分中心建设。已建和在建了一批测验手段全新,能够跟上时代发展和现代化建设需要的监测站,但与水情自动测量还有很大差距。

### 3.1.2 天津市“十一五”水文建设内容和目标

“十一五”期间水文建设主要内容:①拟增建国家基本水文站共4处,各类监测站94处,基本雨量站6处,筐儿港陆上水面蒸发场1处,墒情监测站14处;建设平原地区径流试验站、滨河河口水文试验站、水文水资源实验研究站各1处,建设30个水质自动监测站,建设水文站水文自动测报设施等。②组建九王庄、塘沽、屈家店、大港分中心水文水资源巡测队,建5个动态实验室,购置水文巡测基地水文自动测报设施。

计划到2010年,在水文方面建成“技术精良、精兵高效、巡测为主、站队结合”的水文水资源、水生态环境现代化测报体系;“高素质、高水平、高效率”的水文水资源技术、信息服务体系;初步实现水文水资源现代化。

做好水文水资源监测站网建设分析论证和站网调整工作;增设必要的水文监测站;完成站网管理信息系统建设,提高站网管理现代化水平。

加强水文测报基础设施建设。更新改造测验设施,配备先进、性能稳定、可靠的测验仪器设备;完善并推广应用固态存储设施的水位、雨量长期自记仪器和自动测报技术;加快加强水环境监测能力和水文附属设施建设,以满足现代化水文工作的要求,初步建成现代化水文基础测报设施体系。

修订天津市水文站队结合建设及巡测规划;完善和修订巡测规范和站队结合管理办法;配备适合水文巡测的仪器设备和交通工具;建设和完善站队结合基地,基本完成站队结合基地建设任务。

完成天津市1个水情分中心,31个报讯站相关采集项目的新建和改造,构建天津市水文自动测报系统。完成国家防汛指挥系统工程中有关水文信息采集、传输、预报等项目的建设;加强水文通信建设,全面提高自动测报能力,逐步扩大自动测报系统功能,增加水质、地下水等实时信息的采集和传输;建设各种专业数据库;加快完善网络建设,充分应用公用信息网络,补充完善防汛专用有线、无线、卫星传输网络,加快水文信息传输现代化建设。

### 3.2 水情基本要素的测量

根据上述天津水情测量基本现状,可以看到在当前测站中数量最多的仍是雨量观测站,能够实现遥测遥控的站点仍占少数,很难实现对全市雨水情况的实时

监测和汇总。结合当前天津水务管理工作实际需要及下一步水文建设重点内容，本论文将以雨量、流量、水位和蒸发量四项为基本采集要素，选用指定传感器进行测量。

### 3.2.1 雨量测量

采用天津气象仪器厂生产的 SL2 - 1 型单翻斗雨量传感器。

SL2 - 1 型单翻斗雨量传感器由外筒、集水器、计数翻斗、安装板、底盘和支架组成。口径面积为  $200\text{cm}^2$  的外筒汇集被测液态降水经长过滤网流入集水器，再经集水器上的短过滤网注入计数翻斗，宝石支撑点上对称的两个计数翻斗每承积到相当于  $0.1\text{mm}$  降水量的雨水就翻转一次，驱动干簧管瞬间闭合一次，输出一个闭合脉冲信号。通过对输出的脉冲闭合信号计数即可测得分辨率为  $0.1\text{mm}$  的降水量。

输出信号类型：闭合脉冲信号。

信号线形式：2 芯 RVVP 屏蔽电缆（线径  $0.15\text{mm}^2$  以上）。

接线方式：接入采集器计数通道。

### 3.2.2 流量测量

流量可以转化为对通过断面流速的测量，测得值与所处断面面积相乘可得。此设置可以通过采集器嵌入式软件来实现，直接输出流量所得值。

采用压阻式差压传感器。该传感器基于毕托管的工作原理来测量流速，能够测量流体中的总压与静压之差，如果将其与微处理机配套使用,还可以实现对测量对象流速、流量的集中监控。

输出信号类型：电流信号。

接线方式：接入采集器模拟通道。

### 3.2.3 水位测量

采用压阻式压力传感器测得水深，从而得到即时水位值。

压阻式压力传感器是利用半导体材料的压阻效应原理，采用集成工艺技术经过掺杂、扩散，沿单晶硅片上的特点晶向，制成应变电阻，构成惠斯登电桥，利用硅材料的弹性力学特性，在同一块硅材料上进行各向异性微加工，制成的集力敏与力电转换检测于一体的扩散硅传感器。

输出信号类型：电压信号。

接线方式：接入采集器模拟通道。

### 3.2.4 蒸发量测量

采用天津气象仪器厂生产的 AG 型超声波蒸发量测量传感器，该产品是利用超声波测距原理测量蒸发器内的水面高度变化，从而测得蒸发量。传感器带有温度补偿，保证在工作温度范围内的测量准确度。

输入信号类型：12V 直流电源。

输出信号类型：电流信号，信号范围：4~20mA。

接线方式：接入采集器模拟通道。

## 3.3 模拟采集通道设计

### 3.3.1 模拟通道接口设计

以上流量、水位、蒸发量采集结果均为模拟信号，接入采集器模拟通道。模拟通道采用统一的 4 线接口方式，1 脚为激励端，2、3 脚分别是传感器输出信号高低端，4 脚为公共端。如表 3-1 所示。

表 3-1 模拟传感器接线定义

序号	电缆引线功能	采集器端子标示	采集器端子
1	12V 电源	*	采集器 12V 电源输出
2	输出信号+	+	模拟量输入+
3	输出信号-	-	模拟量输入-
4	传感器地	R	采集器地

测量外部电流信号时，在电流信号的高低端之间外接恒温电阻，转化为电压信号。测量外部电压信号时 2、3 脚是传感器输出电压高低端，通过运算放大器调整后接到模数转换器即可测量。为了外接多种传感器，采用 2 片 16 选 2 的模拟开关（如图 3-1），实现通道扩展，满足一个采集器同时加挂多个传感器的测量要求。

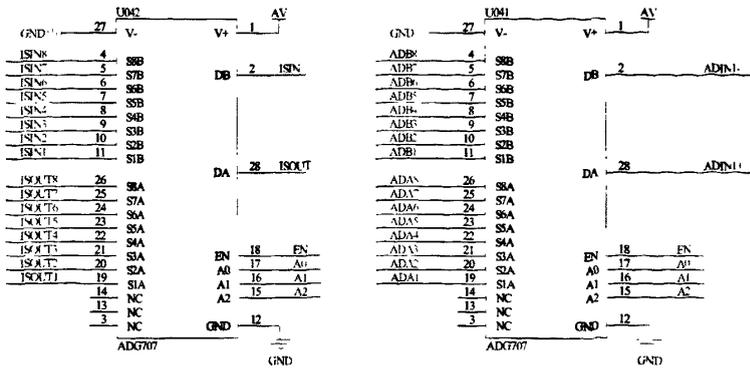


图 3-1 多通道模拟开关示意图

### 3.3.2 模数采集电路设计

为保证测量数据的精度，需要对测量信号进行增加放大，采集的数据对处理器的通信也需要隔离。考虑到这些问题，系统中采集器采用 AD 公司生产的 AD7792 作为数据采集芯片，内置可编程的仪表放大器，可以对不同的输入信号选择相对应的放大倍数，实现信号的匹配。内置 16 位  $\Sigma \Delta$  型 ADC，采用 SPI 串行接口，容易实现光耦隔离，简化了电路。此芯片具有低电源、低噪声的特点，有三路差分模拟输入，可以满足设计要求，如图 3-2 所示。

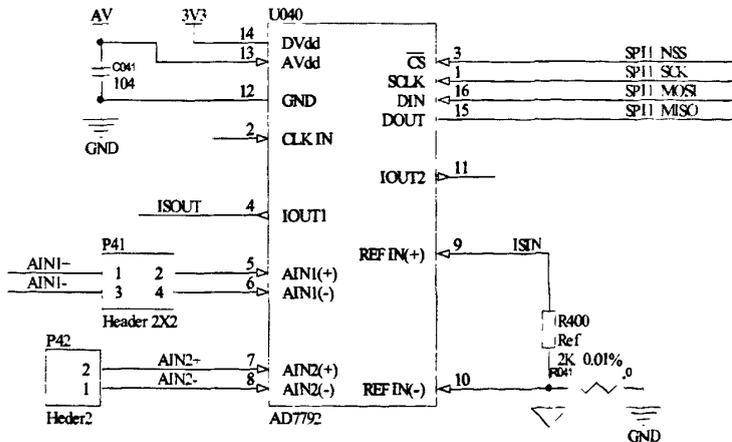


图 3-2 AD7792 连接示意图

AIN1(+)和 AIN1(-)之间的差值即为电压测量值,REFIN(+)与 REFIN(-)为 ADC 外部参考电压的两个差分输入端。对照测量原理图,多路开关经过切换测量 AIN1(+)和 AIN1(-)之间的信号,测量值通过放大器放大后经过 ADC 得到数字信号,

再通过 SPI 接口传送到单片机。同理测量 REFIN(+)和 REFIN(-)之间的信号。在计算中可发现此时热电阻与参考电阻成比例。AD7792 可以采用外部参考,也可以采用内部 1.17V 参考电压,内部拥有多路转换器可实现 3 通道切换。系统中采用通道 1 输入外部待测电阻,通道 3 外接万分之一的电阻,以提供精确参考电阻。ADC 通过 SPI 接口与微控制器相连。

### 3.4 数字采集通道设计

雨量采集结果为脉冲闭合信号,通过稳压整形电路后变为宽脉冲信号,该信号可以直接输入到计数模块。

计数模块采用 Altera 公司推出的 MAXII 低成本 CPLD 器件,该芯片采用全新的体系结构,具有较低的单位 I/O 成本和较低的功耗,面向一般的小容量逻辑应用。MAXII 器件基于成本优化的六层金属 0.18 $\mu\text{m}$  FLASH 工艺,功率只有以往 MAX 器件的十分之一,具有 240 至 2210 个逻辑单元 (LE),最多可达 272 个 I/O 管脚,支持 MultiVlot 核,能够分别在 1.8V、2.5V 或 3.3V 电源下工作。MAXII 系列 CPLD 芯片各接口可分别编程为 1.5V 到 5V 的不同接口类型,采用一片芯片可以完成 1.5V 到 5V 的各种混合逻辑接口的无缝连接,接口的输入输出方向由软件编程控制,电路简单、灵活,性能可靠,成本低。MAXII 输入输出端口主要有以下几方面特性:支持 LVTTTL 和 LVCOMS IO 标准;支持 3.3 V、32bit、66MHZ、PCI 接口;有独立控制的三态输出;有可编程上拉电阻;有可编程漏极输出;施密特输入;快速 IO 连接;可编程输入延迟。计数器通道电路设计如图 3-3 所示。计数结果通过串行方式发送到 STM32F103 微控制器。

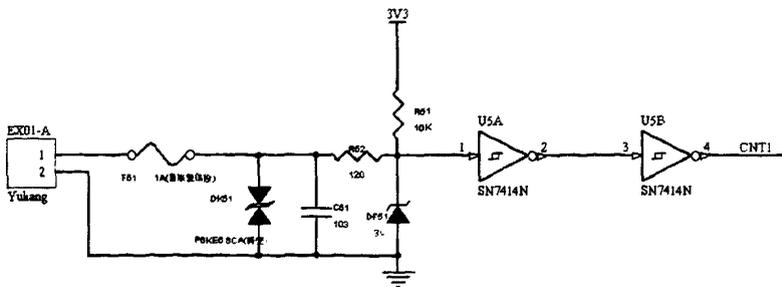


图 3-3 采集器计数通道电路设计

## 第四章 系统采集器设计

采集器可以实现的功能主要包括数据读取和数据通信的两个方面。其中数据读取是指采集器通过 SPI 串行总线接口读取模拟采集通道中的数据，通过 USART 串口读取数据采集通道中的数据。数据通信是指采集器实现点对点或点对计算机近距离或远程的数据汇集和传输。近距离的通信主要是通过 IEEE802.15.4 实现点对点的无线联接和通过 USART 串口实现与计算机的通信；远程通信主要是通过 USART 串口扩展 GPRS 模块可以在移动信号覆盖的范围内实现远程点对点或点对计算机的数据传输。

### 4.1 系统采集器结构

水情自动采集系统由采集终端和协调器组成，其中采集终端采集数据后，发送数据到协调器，协调器本身在采集数据的同时也可以接收分采数据，一级协调器汇总信息后满足条件时将数据传送到水情信息采集中心，实现信息的自动采集。采集终端和协调器可以组成星型和点对点型结构，如图 4-1 所示。

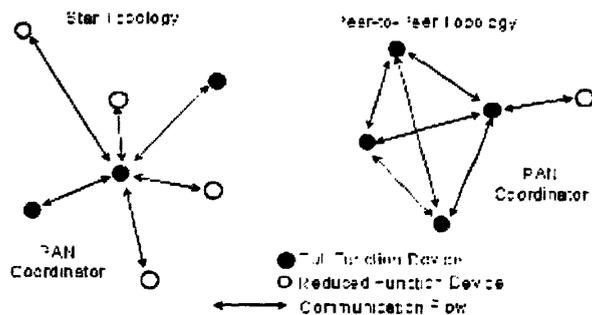


图 4-1 星形和点对点结构

采集终端为图中精简功能设备 (Reduced Function Device)，协调器为全功能设备 (Full Function Device)，每个区域内可以存有多个的采集终端和协调器，只能存在 1 个一级协调器。距离较远的采集终端通过协调器级联的方式传递数据，区域内的数据汇总到一级协调器。如图所示，通过层层级联，组建簇行网络，实现区域内信息采集，如图 4-2 所示。

### 4.2 STM32 最小系统设计

微处理器电路采用意法半导体之 ST 的 STM32F103RB 芯片\* (72MHz, 128KB Flash, 20KB SRAM, 2×SPI, 2×I2C, USB, CAN, PWM, 2×ADC, 3×USART, 3 个 16

位定时器—8 位/16 位单片机的终结者), STM32 系列产品得益于 Cortex-M3 在架构上进行的多项改进,包括提升性能的同时又提高了代码密度的 Thumb-2 指令集,

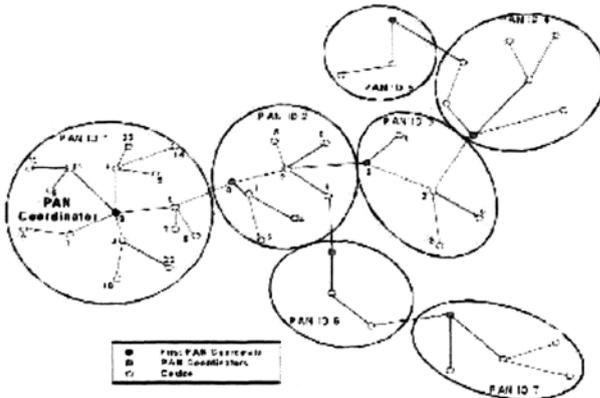


图 4-2 簇树网络

大幅度提高的中断响应,而且所有新功能都同时具有业界最优的功耗水平。具有片内 128KB 的程序存储器(Flash)、20KB 的数据存储器(SRAM)和 4KB 的 EEPROM,有 2 个 2ADC 通道、3 个 16 位硬件定时/计数器、看门狗定时器和片上振荡器、JTAG、UART、SPI、I2C 总线等接口,如图 4-3 所示。

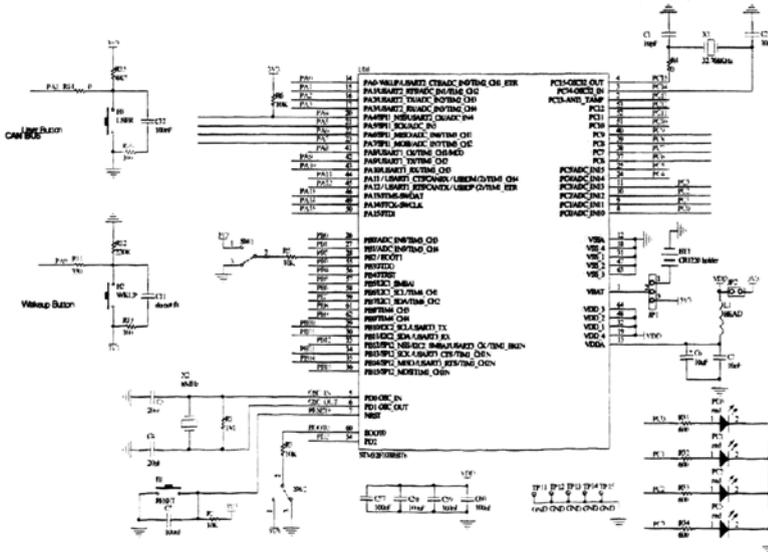


图 4-3 STM32F103 电路设计图

水情要素模拟量由 Ad7792 转换成数字量，通过 SPI1 口送入 STM32F103。风速和雨量经过 EMP570 处理后，通过 USART1 进入 STM32F103。

主要由微处理器电路、CC2420 收发模块、存储模块、系统电源、键盘显示模块、接口电路组成，如图 4-4 所示。

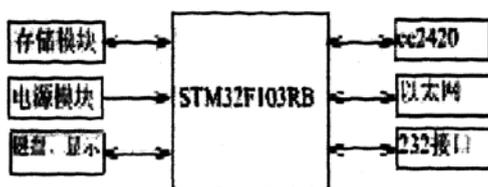


图 4-4 STM32F103 系统结构

### 4.3 通信电路设计

CC2420 是 Chipcon 公司推出的首款符合 2.4GHz IEEE802.15.4 标准的射频收发器，用于开发工业无线传感及家庭组网等 PAN 网络的 Zigbee 设备和产品。该器件包括众多额外功能，是第一款适用于 ZigBee 产品的 RF 器件。它基于 Chipcon 公司的 Smart RF03 技术，以 0.18 $\mu$ m CMOS 工艺制成，只需极少外部元器件，性能稳定且功耗极低。CC2420 的选择性和敏感性指数超过了 IEEE802.15.4 标准的要求，可确保短距离通信的有效性和可靠性。利用此芯片开发的无线通信设备支持数据传输率高达 250kbps，可以实现多点对多点的快速组网。

#### 4.3.1 芯片主要性能特点

CC2420 的主要性能参数如下：

1. 工作频带范围：2.400—2.4835GHz；
2. 采用 IEEE 802.15.4 规范要求的直接序列扩频方式；
3. 数据速率达 250kbps，码片速率达 2MChip/s；
4. 采用 O-QPSK 调制方式；
5. 超低电流消耗(RX:19.7mA, TX:17.4mA)，高接收灵敏度(-94dBm)；
6. 抗邻频道干扰能力强(39dB)；
7. 内部集成有 VCO、LNA、PA 以及电源整流器，采用低电压供电(2.1~3.6V)；
8. 输出功率编程可控；
9. IEEE 802.15.4 MAC 层硬件可支持自动帧格式生成、同步插入与检测、



芯片本振信号既可由外部有源晶体提供，也可由内部电路提供。由内部电路提供时需外加晶体振荡器和两个负载电容，电容的大小取决于晶体的频率及输入容抗等参数。例如当采用 16MHz 晶振时，其电容值约为 22pF。C16、C17 是外部晶体振荡器的负载电容。

#### 4. 电压调节器

片上电压调节器提供所有内部 1.8V 电源供应。C16 是电压调节器的负载电容，使得调节器稳定。

#### 5. 电源部分去耦和滤波

为得到最佳性能必须使用电源去耦，在应用中使用大小合适的去耦电容和功率滤波器是非常重要的。硬件设计中采用了芯片提供的参考设计。

CC2420 可以通过 4 线 SPI 总线 (SI, SO, SCLK, CSn) 设置芯片的工作模式，并实现读/写缓存数据，读/写状态寄存器等。通过控制 FIFO 和 FIFO 管脚接口的状态可设置发射/接收缓存器。注意：在 SPI 总线接口上进行的地址和数据传输大多是 MSB 优先的。CC2420 片内有 33 个 16 比特状态设置寄存器，在每个寄存器的读/写周期中，SI 总线上共有 24 比特数据，分别为：1 比特 RAM/寄存器选择位 (0:寄存器, 1:RAM)，1 比特读/写控制位 (0:写, 1:读)，6 比特地址选择位、16 比特数据位。在数据传输过程中 CSn 必须始终保持低电平。

另外，通过 CCA 管脚状态的设置可以控制清除通道估计，通过 SFD 管脚状态的设置可以控制时钟/定时信息的输入。这些接口必须与微处理器的相应管脚相连来实现系统射频功能的控制与管理。

### 4.3.3 配置 IEEE 802.15.4 工作模式

CC2420 的 IEEE 802.15.4 数字高频调制使用 2.4GHz 直接序列扩频(DSSS)技术。扩频调制功能如图 4-6 所示。

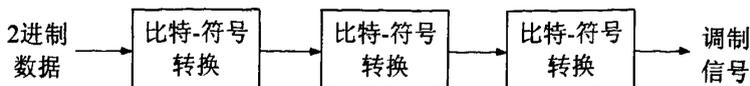


图 4-6 扩频调制功能

CC2420 先将要传输的数据流进行变换，每个字节被分组为两个符号，每个符号包括 4 个比特，LSB 优先传输。每个被分组的符号用 32 码片的伪随机序列表示，共有 16 个不同的 32 码片伪随机序列。经过 DSSS 扩频变换后，码片速率达到 2Mchips/s，此码片序列再经过 O-QPSK 调制，每个码片被调制为半个周期的

正弦波。码片流通过 I/Q 通道交替传输，两通道延时为半个码片周期。

CC2420 为 IEEE 802.15.4 的数据帧格式提供硬件支持。其 MAC 层的帧格式为：头帧+数据帧+校验帧；PHY 层的帧格式为：同步帧+PHY 头帧+MAC 帧，帧头序列的长度可以通过寄存器的设置来改变，可以采用 16 位 CRC 校验来提高数据传输的可靠性。发送或接收的数据帧被送入 RAM 中的 128 字节的缓存区进行相应的帧打包和拆包操作，其 RF 的状态控制图如图 4-7 所示。

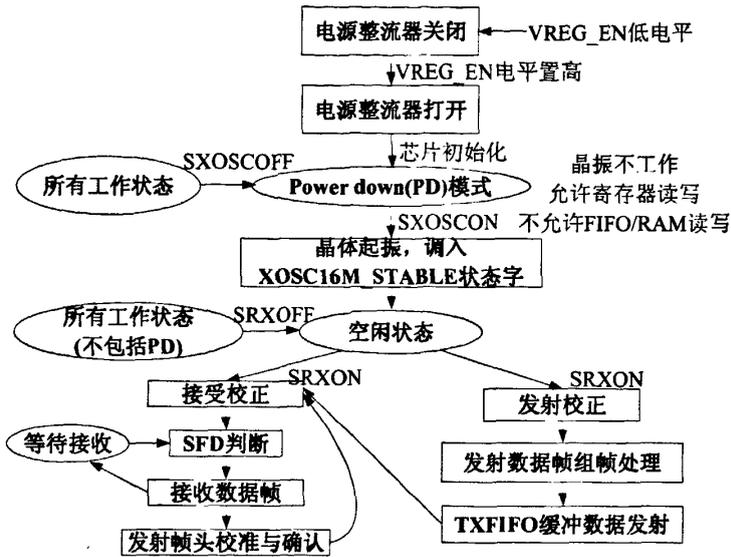


图 4-7 CC2420RF 状态控制图

## 第五章 通信接口设计及远程扩展模块

主要介绍数据传输通道及软件支持，一是基于 ZigBee 协议的通信接口设计和应用；二是基于 GPRS 的远程数据传输及相关软件支持。

采集器通过扩展 GPRS 模块，在移动通信覆盖的范围内实现远程通信的功能，更适合水库、河道等广阔测量范围内的实际应用。

### 5.1 系统通信综述

系统中多个采集器可以利用 Zigbee 技术实现无线互联组网，可以按照区域布置不同在其中的一台采集器上扩展 GPRS 模块，该采集器即为 Zigbee 网络的中心节点；远程管理中心通过 GPRS 等公共信道与 Zigbee 网络实现远程通信，获取采集到的信息，实现对现场的实时监控和数据管理。

Zigbee 网络可以采用星型或 MESH 网状网络拓扑结构形式。网络中任一节点均具备需求时唤醒 Zigbee 模块的通信方式，有效降低了每个 Zigbee 采集节点的功耗，减少了各节点向汇节点上报数据时相互碰撞的概率，并利用 GPRS 网络传输汇节点的数据，改变了传统无线传感器网络需要依托有线公共网络进行数据传输的限制，使网络具有非常显著的优点。

ZigBee 无线监测网络，这一无线网络主要由分布在监测区域的各个采集器，各节点都配备有低成本的 ZigBee 远端节点用于无线传送数据；各水情遥测节点可以根据防汛水文监测要求，安装在河流、水库的指定地点，以野外无人值守方式工作，配备一台数据采集单元、无线电台、和雨量、水位、流速、蒸发量等水情传感器，个采集器可保留六个月以上数据，通过 ZigBee 无线通讯可受上级或终端监测站的控制，任意设定测试时段，校准机时上下一致。采集器供电具有双电源系统和蓄电池以及太阳能电池，停电时太阳能电池自动供电，确保正常有效工作。对距离较远和偏僻的监测点，还有遥测中继站，能接受并转发信号，亦由太阳能电池供电，保持长期可靠运行。

本章主要介绍系统中采集器之间和采集器与终端计算机进行数据通讯的方式。

### 5.2 Zigbee 协议及其应用

ZigBee 协议底层是基于 IEEE802.15.4 无线通信协议。ZigBee 规范是由半导体厂商、技术供应商和其他公司组成的一家非营利工业协会，即 ZigBee 联盟。

联盟当前的成员已经超过 150 家。ZigBee 规范致力于利用 IEEE802.15.4 所提供的特性，ZigBee 适用于低速率、低功耗的应用环境。如图 5-1 所示。

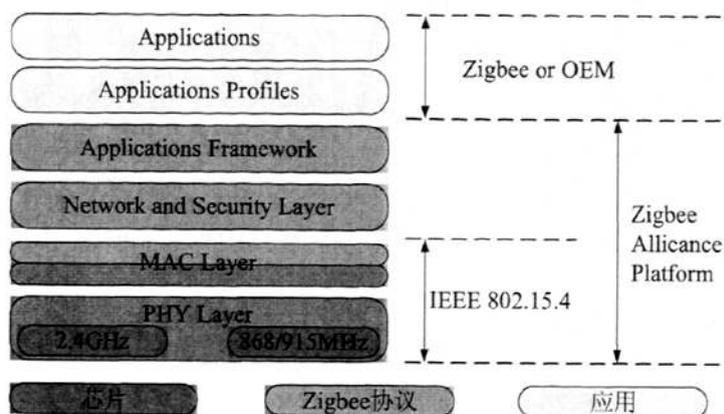


图 5-1 IEEE 802.15.4 与 Zigbee 协议栈概述图

### 5.2.1 IEEE 802.15.4 协议概述

IEEE 802.15.4 是 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineer, 电子电气工程师学会)确定的低速率无线个域网 (Low-Rate Personal Area Networks, WPANs) 标准。当前的 IEEE 802.15.4 标准是在 2006 年提出的并由 IEEE 所管理。这个标准与常见的无线传输标准 802.11 不同，它主要关注低速率、低功耗的应用。

Zigbee 体系结构如图 2.0.1 所示。IEEE 802.15.4 标准定义了下最下面两层：物理层(PHY)和介质接入控制子层(MAC)。而 Zigbee 直接使用了 IEEE 802.15.4 定义的这两个层作为 Zigbee 的物理层和介质接入控制层。

#### 1. 物理层 (PHY)

IEEE 802.15.4 定义了 2.4GHz 物理层和 868/915MHz 物理层两个物理层标准，它们都采用了 DSSS(Direct Sequence Spread Spectrum, 直接序列扩频)技术。2.4GHz 波段为全球统一的无需申请的 ISM 频段，有助于设备的推广和生产成本的降低。2.4GHz 物理层通过采用高阶调制技术能够提供 250kbps 的传输速率，有助于获得更高的吞吐量、更小的通信时延和更短的工作周期，从而更加省电。868/915MHz 物理层使用简单的 DSSS 方法，即二进制相移键控(BPSK)方式。868MHz 的传输速率为 20kbPs，915MHz 的传输速率为 40kbPs。这两个频段的引入避免了 2.4GHz 附近各种无线通信设备的相互干扰，且这两个频段上的无线信号传播损耗较小，因此可以降低对接收机灵敏度的要求，获得较远的有效通信

距离，从而可以用较少的设备覆盖给定的区域。物理层定义了物理无线信道和 MAC 子层之间的接口，提供物理层数据服务和物理层管理服务。物理层数据服务从无线物理信道上收发数据，物理层管理服务维护一个由物理层相关数据组成的数据库。

### (1) 工作频率范围

一个 Zigbee 设备可以在一个或多个频段上工作，使用的调制和传输方式如表 5-1。

表 5-1 IEEE 802.15.4 调制与传输方式

物理层 (MHz)	频带 (MHz)	传输参数		数据参数	
		码率 (kchip/s)	调制方式	比特率 (kb/s)	
868/915	868-868.6	300	BPSK	20	Binary
	902-928	600	BPSK	40	Binary
868/915 (可选)	868-868.6	400	ASK	250	20-bit PSSS
	902-928	1600	ASK	250	5-bit PSSS
868/915 (可选)	868-868.6	400	O-QPSK	100	16-ary Orthogonal
	902-928	1000	O-QPSK	250	16-ary Orthogonal
2450	2400-2483.5	2000	O-QPSK	250	16-ary Orthogonal

### (2) 信道组成与分布

具体无线信道组成和频率分布见表 5-2 和图 5-2 所示。

表 5-2 Zigbee 无线信道的组成

信道编号	中心频率/MHz	信道间隔 /MHz	频率上限 /MHz	频率下限 /MHz
k=0	868.3		868.6	868.0
k=1, 2, 3...,10	$906+2(k-1)$	2	928.0	902.0
k=11, 12, 13...,26	$2401+5(k-11)$	5	2483.5	2400.0

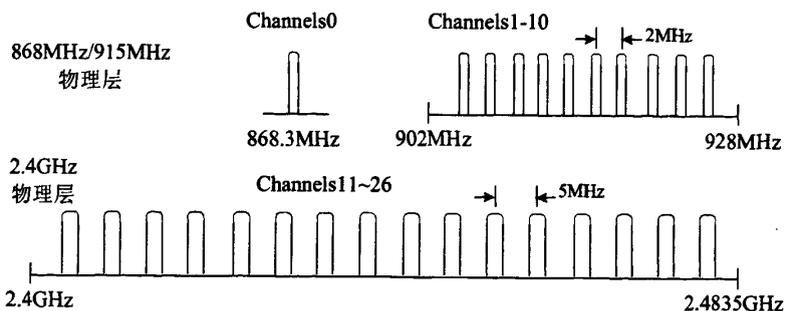


图 5-2 频率和信道分布

### (3) 物理层服务规范

物理层通过射频固件和射频硬件提供了一个从 MAC 层到物理层无线信道的接口，如图 5-3 所示。在物理层中存在有数据服务接入点和物理层管理实体服务接入点。通过这两个服务接入点提供如下服务：通过物理层数据服务接入点 (PD-SAP) 为物理层数据提供服务。通过物理层管理实体 (PLME) 服务的接入点 (PLME-SAP) 为物理层管理提供服务。

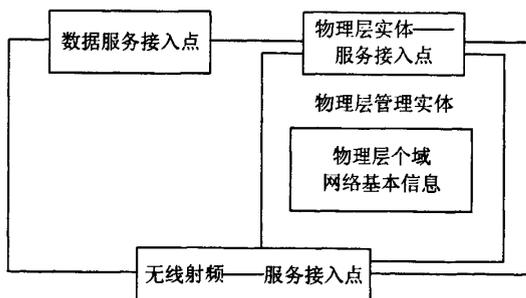


图 5-3 物理层结构模型

## 2. 数据链路层 (MAC)

IEEE 802 系列标准把数据链路层分成 LLC (Logic Link Control, 逻辑链路控制) 和 MAC (Media Access Control, 媒介接入控制) 两个子层。LLC 子层在 IEEE 802.6 标准中定义，为 802 标准系列共用；而 MAC 子层协议则依赖于各自的物理层。MAC 子层提供两种服务：MAC 层数据服务和 MAC 层管理服务。前者保证 MAC 协议数据单元在物理层数据服务中的正确收发，而后者从事 MAC 层的管理活动，并维护一个信息数据库。

数据链路层数据服务包括:

- (1) 为协调器设备产生信标帧;
- (2) 在各个信标帧之间同步;
- (3) 支持 PAN 的关联和取消关联的操作;
- (4) 支持设备无线通信信道安全;
- (5) 使用 CSMA-CA 机制访问信道;
- (6) 支持时槽保证(Guaranteed Time Slot, GTS)机制;
- (7) 支持 MAC 层实体之间可靠传输。

### 3. IEEE 802.15.4 设备分类

在 IEEE 802.15.4 标准中,定义了两种设备:半功能设备(Reduced Function Device, RFD)和全功能设备(Full Function Device, FFD)。这些设备的不同在于它们实现标准的程度,具体内容见表 5-3。

表 5-3 IEEE 802.15.4 设备类型

设备类型	服务提供	电源来源	接收机设置
全功能设备 (FFD)	绝大部分或全部	固定电源	一直开启
半功能设备 (RFD)	受限	电池	当空闲时关闭

## 5.2.2 Zigbee 协议标准

Zigbee 协议栈是在 IEEE 802.15.4 标准基础上建立的,而 IEEE 802.15.4 仅定义了协议的 MAC 层和 PHY 层,并不足以保证不同的设备之间可以对话。ZigBee 从 IEEE 802.15.4 标准着手,目前正在定义允许不同厂商制造的设备相互对话的应用纲要。Zigbee 在物理层方面沿用了 IEEE 802.15.4 规范 2.4GHz、915MHz 和 868MHz 这些免费频段,在个频道同样采用直接序列展频(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS)技术,即直接利用具有高码率的扩频码系列采用各种调制方式在发端与扩展信号的频谱,而在收端,用相同的扩频码序去进行解码,把扩展宽的扩频信号还原成原始的信息。DSSS 通讯的主要技术特点是:抗干扰性强、隐蔽性好、易于实现码分多址(CDMA)、抗多径干扰和直扩通信速率高等。

而在介质访问控制层(Media Access Control Layer, MAC)方面,主要是沿用 WLAN 中 802.11 系列标准的 CSMA/CA 机制,以提高系统相容性,所谓的

CSMA/CA 是指在传输之前, 会先检查通道上是否有资料传输, 若通道上无资料传输, 则开始进行资料传输动作, 若是产生碰撞, 则稍后重新再传。

IEEE 802.15.4 主要关注的是数据链路(Data Link), 而 ZigBee 则关注于网络层。

ZigBee 协议栈同开放式系统互联参考模型(OSIRM)一样采用分层模型, 具体分层情况见图 5-1。最低两层是由 IEEE802.15.4 标准所定义, 其他层则是有 ZigBee 联盟所定义:

1. 物理层(Physical Layer, PHY) 是 IEEE 802.15.4 标准中定义的最低一层。它包括两个物理子层, 分别工作在 868/915MHz 和 2.4GHz 不同的频率范围上。物理层的职责包括: ZigBee 的激活与钝化; 当前信道的能量检测; 接受链路服务质量信息; ZigBee 的信道接入方式; 信道频率选择以及数据传输和接收等。

2. 介质访问控制层(Media Access Control Layer, MAC)是由 IEEE 802.15.4 标准所定义。MAC 层的职责包括:网络协调器产生网络信标; 与信标同步; 支持个域网(PAN)链路的建立和断开; 为设备的安全性提供支持; 信道接入方式采用冲突检测多址接入(CSMA/CA)机制; 处理和维持保护时隙(GTS)机制; 在两个对等的 MAC 实体之间提供一个可靠的通信链路等。

3. 网络层(Net Work Layer, NWK) 是由 ZigBee 联盟所定义, 主要完成从应用层接受数据并向其发送数据。网络层的职责包括: 设备连接和断开网络时所采用的机制; 帧信息在传输过程中所采用的安全性机制; 设备之间的路由发现和路由维护和转交; 完成对一跳邻居设备的发现和相关节点信息的存储。网络层的主要功能是提供 IEEE 802.15.4-2003 MAC 子层的正确操作, 并通过 SAP(服务接入点)为应用层提供适当的服务接口。为了与应用层进行接口, 网络层从概念上包含有两种具备所需功能的服务实体:数据实体(NLDE)主要是通过其相应的 SAP(即 NLDE-SAP) 提供数据传输服务; 管理实体(NLME)则主要通过 NLME-SAP 来提供访问内部层参数、配置和管理数据的机制度。

4. 应用层(Application Layer, APL)是 ZigBee 协议栈的最高层。应用层主要负责把不同的应用映射到 ZigBee 网络上, 具体而言, 应用层包括以下几点功能: 用应用层维持器件的功能属性; 用应用层发现该器件工作空间中其他器件的工作; 应用层根据服务和需求来使多个器件之间进行通信; 应用层主要根据具体应用由用户开发。它包括应用支持层 (Application Support Layer, APS)、ZigBee 设备对象(ZigBee Device Object, ZDO)和应用对象 (Application Object)。

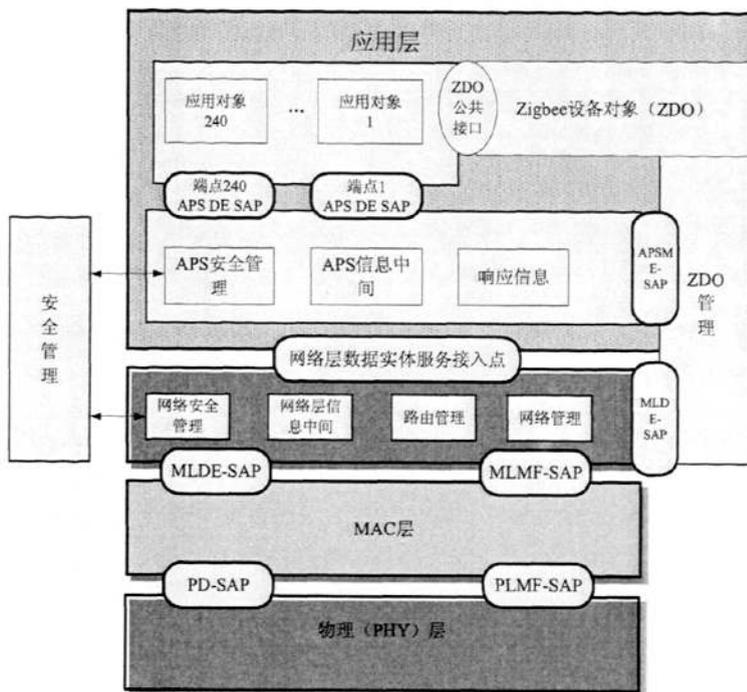


图 5-4 Zigbee 协议栈分层图

(1) 应用支持层 (Application Support Layer, APS) 提供两个接口: 应用支持层管理实体服务接入点 (APS Management Entity Service Access Point, APSME-SAP) 和应用支持层数据实体服务接入点 (ApSDataEntityServiceAccessPoint, APSDE-SAP)。前者用于实现安全性并通过协调器的 ZDO 来接受应用层的信息, 后者通过应用对象和 ZDO 来发送数据。

(2) ZigBee 设备对象 (ZigBee Device Object, ZDO) 为应用对象提供接口来发现其它设备和服务。另外, ZDO 还回复其它设备关于询问自身信息的请求。ZDO 使用 APSDE-SAP 和 NLME-SAP 来支持这些功能。

(3) 应用对象 (Application Object) 是实际在 Zigbee 协议栈上运行的厂商应用。

另外在上述分层结构中, 一个安全服务提供者是可选的并提供网路层和应用层所使用。基于 IEEE 802.15.4 对设备的分类, Zigbee 协议对设备也做了更细的分类, 具体分类见表 5-4。

表 5-4 Zigbee 协议设备类型

Zigbee 协议设备类型	IEEE 设备类型	功能
协调器 (Coordinator)	FFD	每个网络分配一个协调器, 用于组网, 分配网络地址, 存储绑定表。
路由器 (Router)	FFD	可选。用于扩展网络的物理范围。允许更多节点加入网络, 也可以提供监视和控制功能。
终端 (End)	FFD 或 RFD	执行监视和控制功能。

### 5.2.3 原语与 Zigbee 设备网络实现

#### 5.2.3.1 原语的概念

在 ZigBee 设备工作时, 各种不同的任务在不同层次上执行, 通过层的服务, 完成所要执行的任务。每一层的服务主要完成两种功能: 根据它的下层服务要求, 为上层提供相应的服务; 另一种是根据上层的服务要求, 对它的下层提供相应的服务。各项服务通过原语来实现, 如图 5-5 描述了一个具有 N 个用户的网络中, 两个对等用户以及它们与 M 层对等协议实体建立连接的服务原语。

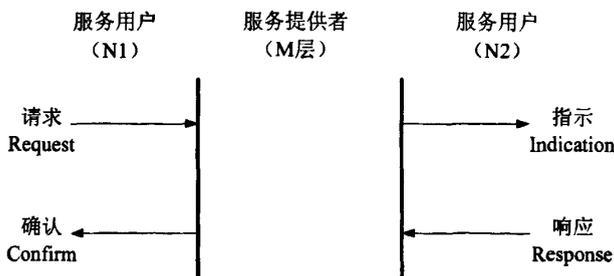


图 5-5 服务原语

原语通常分为以下 4 种类型:

1. **Request:** 请求原语是从第 N1 用户发送到它的第 M 层, 请求服务开始。
2. **Indication:** 指示原语是从第 N1 用户的第 M 层向第 N2 用户发送, 指示对于第 N2 用户有重要意义的内部 M 层的事件。
3. **Response:** 响应原语是从第 N2 用户向它的第 M 层发送, 用来表示对用户执行上一条原语调用过程的响应。

4. **Confirm**: 确认原语是从第 M 层向第 N1 用户发送, 用来传送一个或多个前面服务请求原语的执行结果。

#### 5.3.2.2 Zigbee 网络实现

Zigbee 设备实现网络的过程就是一个发送和接受原语的过程, 包括建立网络、允许设备于网络连接、连接网络、断开网络等。

下面以建立网络为例介绍 Zigbee 设备使用原语建立网络的过程。

首先协调器将会检测自己是否已经形成了网络。如果没有形成网络, 它就会启动建立一个新网络的流程。

协调器通过 NLME\_NETWORK\_FORMATION.request 原语来启动一个新网络的建立。

网络层首先请求 MAC 层对协议所规定的信道或者物理层所默认的有效信道进行能量检测扫描。为了实现这个过程, 网络层就会通过发送扫描类型参数设置为能力检测扫描的 MLME\_SCAN.request 原语到 MAC 层进行信道能量检测扫描, 扫描结果通过 MLME\_SCAN.co-nfirm 原语返回。

网络层管理实体当收到成功的能量检测扫描结果后, 建议递增的方式对所检测的能量值进行信道排序, 选择可允许能量的信道准备进一步的处理。此后, 网络层管理实体将通过发送 MLME\_SCAN.request 原语执行主动扫描。其中该院鱼的 ScanType 参数为主动扫描, ChannelList 参数设置为可允许信道的列表, 搜索其它的 Zigbee 设备。为了决定建立一个新网络的最佳通道, 网络管理实体检测 PAN 描述符, 并且检索查找到的第一个信道设置为网络的最小标号。

网络层管理实体如果没有找到合适的信道, 就会终止建网过程, 并通过参数状态为 STARTUP\_FAILUREDE 的 NLME\_NETWORK\_FORMATION.confirm 原语向应用层报告。

网络层管理实体如果找到合适的信道, 就见为这个新网络学着一个 PAN 标识符 PANId。选择 PANId 时, 网络层管理实体件检测在 NLME\_NETWORK\_FORMATION.request 原语中是否经过指认。如果选定的 PANId 值与存在的 PANId 值不冲突, 这个值就会成为新网络的 PANId。

网络层管理实体如果不能选择出唯一的 PANId, 就将终止程序, 并通过参数状态 START\_FAILURE 的 MLME\_NETWORK\_FORMATION.confirm 原语向应用层报告。

网络层管理实体如果完成了 PANId 的选择, 就为该 PAN 分配一个 16 位的网络地址, 并写入 MAC 层的 macShortAddressPIB 属性。

网络层管理实体在选定了 PAN 网络地址后, 就通过 MLME\_START.request 原语开始运行新的个域网。MAC 层将运行结果通过 MLME\_START.confirm 原语返回到网络层。

网络层管理实体在收到 MLME\_START.confirm 原语后就通过 NLME\_NETWORK\_FORMATIO-N\_confirm 原语向应用层报告。成功建立一个新网络的信息流程图如图 5-6 所示。

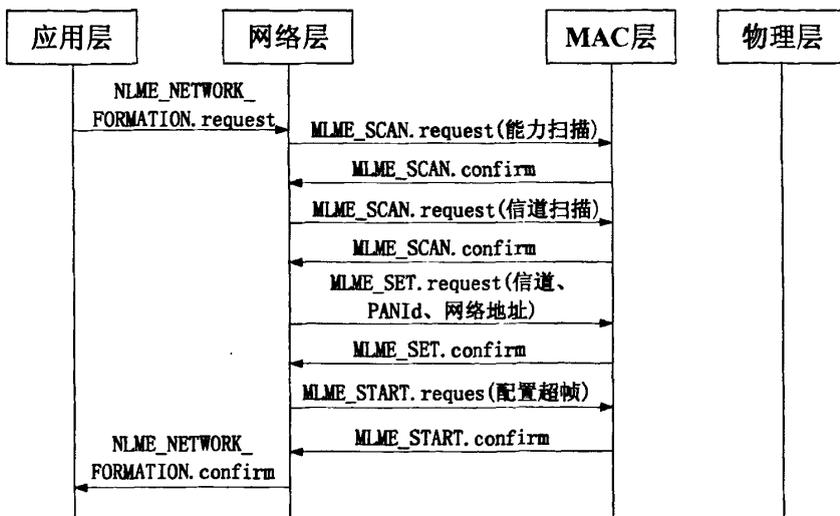


图 5-6 建立新网络流程图

## 5.2.4 网络拓扑

在 ZigBee 网络中的节点有三种不同的网络拓扑结构: 星型、树型和网状。其中最简单的是星型结构, 如图 5-7(a) 所示。它由一个协调器和多个终端节点构成, 协调器作为整个网络的中心, 终端节点分布在它的覆盖范围之内。星型网络构造简单, 如图 5-7(b), 一般用于设备数量较小、物理范围较小的场合。网状网络如图 5-7(c) 所示, 其中的每个节点都可以作为协调器或者是路由器, 具有很高的可靠性。而树型网络则集合了星型结构和网状结构的优点, 具有较高的可靠性和较低的功耗。

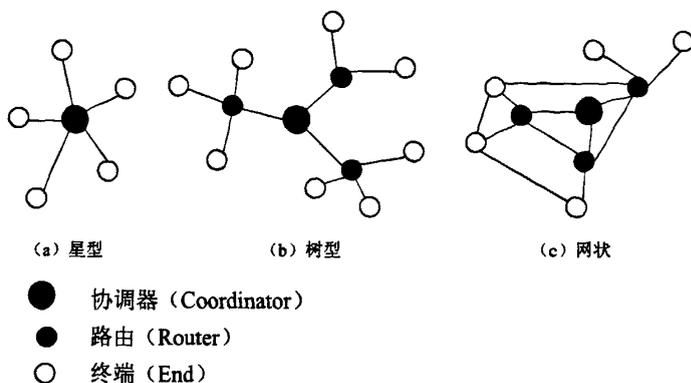


图 5-7 Zigbee 网络拓扑结构

### 5.2.5 ZigBee 应用领域

Zigbee 应用领域主要有工业控制、智能交通、汽车应用、精确农业、家庭及楼宇自动化、医学、军事等在工业领域，利用传感器和 Zigbee 网络，使得数据的自动采集、分析和处理变得更加容易，可以作为决策辅助系统的重要组成部分。例如危险化学成分的监测、火警的早期检测和预报、高速旋转机器的监测和维护。这些应用补血药很高的数据吞吐量和连续的状态更新，重点在低功耗，从而最大程度地延长电池的寿命，减少 ZigBee 网络的维护成本。

在汽车上，由于很多传感器只能在飞转的车轮里或发动机中，比如轮胎压力检测系统，这就要求内置的无线通信设备使用的电池有较长的寿命(大于或等于轮胎本身的寿命)，同时应该克服嘈杂的环境和金属结构对电磁波的屏蔽效应。

在精确农业上，传统农业主要使用孤立的、没有通信能力的机械设备，主要依靠人力监测作物的生长情况。采用了基于 ZigBee 技术的传感器网络后，农业可以逐步地转向以信息和软件为中心的生产模式，使得更多的自动化、网络化、智能化和远程控制的设备来工作。传感器可以收集包括土壤湿度、氮浓度、PH 值、降水量、温度、空气湿度和气压等信息。这些信息和采集信息的地理位置经由 ZigBee 网络传递到中控制设备供农民决策和参考，这样农民能够及早而准确地发现温度，从而有助于保持并提高作物的产量。

在家庭和楼宇自动化领域，家庭自动化系统作为电子技术的集成被得到迅

速地扩张。易于进入、简单明了和低廉的成本成了应用无线技术的主要动因。未来的家庭将会有数十个支持 ZigBee 的芯片被安装在电灯开发、烟火监测器、抄表系统、无线报警、安保系统、厨房器械中，为实现远程控制服务。

在医学领域，将借助于 ZigBee 网络，准确而实时地监测病人的血压、体温和心跳等信息，从而减轻医生的工作负担，有助于医生对患者的监护和治疗。

### 5.2.6 软件设计

在网络中，每个节点都有一个 16 位短地址和一个 64 位的长地址。短地址用于本地网络中的设备通信，而长地址则可以与本地网络之外的其他网络进行通信。数据传送采用从节点方式，网络协调器作为主节点，其他节点作为从节点(即终端节点)，从节点可以向主节点发送终端请求。下面解释协调器和终端节点的程序流程做大致描述。

图 5-8 是协调器端程序的大体流程图，从图中可以看出协调器加电后，首先进行初始化，包括看门狗、控制台、硬件和协议栈等的初始化。然后进入 NO\_PRIMITIV 原语状态，这个状态是整个程序的核心状态，程序一开始由这个状态出发，根据不同条件转向其他原语状态，经过一系列的判断和转向，最终又会回到 NO\_PRIMITIV 原语这个状态。由于是协调器，接着判断是否已经组成好了网络，如果已经组好，就可以发送查询命令并显示接受到的结果。如果没有组成网络，则进行组网并当网络组成后允许终端节点加入当前网络。

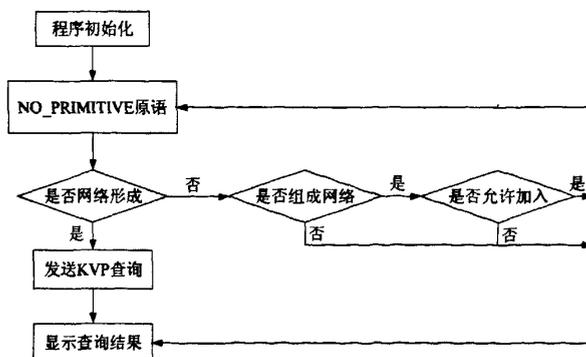


图 5-8 协调器端程序流程图

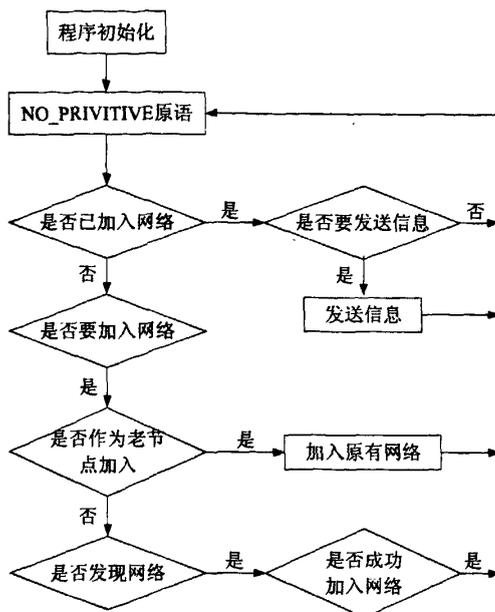


图 5-9 终端程序流程图

图 5-9 是终端程序的大体流程图，终端的初始化过程和协调器类似。首先判断节点是否已加入了一个网络，如果是，则可以发送所要采集的信息。如果没有加入网络，则判断是否作为老节点加入网络，如果作为老节点加入网络，则终端节点通过保留以前加入网络的地址来加入网络。如果是作为新节点加入网络，则需要扫描网络，然后加入其中最优的一个网络。

### 5.3 远程 GPRS 传输

#### 5.3.1 GPRS 传输特点

##### 1、GPRS 无线 DDN 技术

业界通常将移动通信分为三代。第一代是模拟的无线网络，第二代是数字通信包括 GSM、CDMA 等，第三代是分组型的移动业务，称为 3G。GPRS 是通用无线分组业务的缩写 (General Packet Radio Service)，是介于第二代和第三代之间的一种技术，通常称为 2.5G，目前通过升级 GSM 网络实现。称之为 2.5G 是比较恰当的，因为它是一个混合体，采用 TDMA 方式传输语音，采用分组的方式传输数据。

GPRS 是在目前 GSM 移动通信网络中增加 SGSN、GGSN 两个节点，在基站子系统中增加用于无线分组接入的分组控制单元来实现，从而发展起来的一种新型承载业务，它可以向移动用户以分组交换的形式提供数据业务。GPRS 采用

与 GSM 同样的无线调制标准、同样的频带、同样的突发结构、同样的跳频规则以及同样的 TDMA 帧结构，这种新的分组数据信道与当前的电路交换的话音业务信道极其相似。因此，现有的基站子系统(BSS)从一开始就可提供全面的 GPRS 覆盖。

GPRS 网络有四种编码方案和八个时隙，且每个时隙都可以为活动用户所共享，在理想环境下理论传输最大速率为 171.2kb/s，而目前实际应用带宽大约在 40—100Kbps，在此信道上提供 TCP/IP 连接，可以用于 INTERNET 连接、数据传输等应用。

## 2、GPRS 的优点

### A: 资源利用率高

用户只在发送或接收数据期间才占用资源，多个用户可高效率地共享同一无线信道；

### B: 传输速率高

可以提供高达 115kb/s 的传输速率(理论值 171.2kb/s)；

### C: 接入时间短

能提供快速及时连接，几秒钟就可以注册接入了；

### D: 支持 IP 协议和 X.25 协议

### E、无线接入，方便快捷

### F、网络覆盖面广

GPRS 网络在全国大部分城市已经覆盖很理想了；

### G、收费合理，按量计费

## 3. GPRS 的网络安全性

GPRS 系统采用了基于 GSM Phase2 的安全措施，这些安全措施包括：用户的鉴权、用户身份的加密以及在 MS 和 SGSN 之间的业务数据加密。在 GPRS 系统中，用户的鉴权由 SGSN 进行。GPRS 采用了一种适合于分组交换的优化加密算法，它还可以在应用层对不同的应用实施特有的加密算法，网络间的数据安全性与一般数据网类似。

### 5.3.2 通信模块设计和实现

#### 5.3.2.1 硬件设计

通信功能使用 GPRS 模块，选用的是 SIM300 模块。SIM300 可以工作于 EGSM900/DCS1800/PCD1900 三个频段，支持电话、短信、数据和其他通信功能，它提供了丰富的外接接口，方便设计。本系统的设计的 GPRS 模块 60PIN 接口的原理图如图 5-10 所示。设计时使用了 SIM 卡端口、串口通信端口、音频端口、电源和地端口。

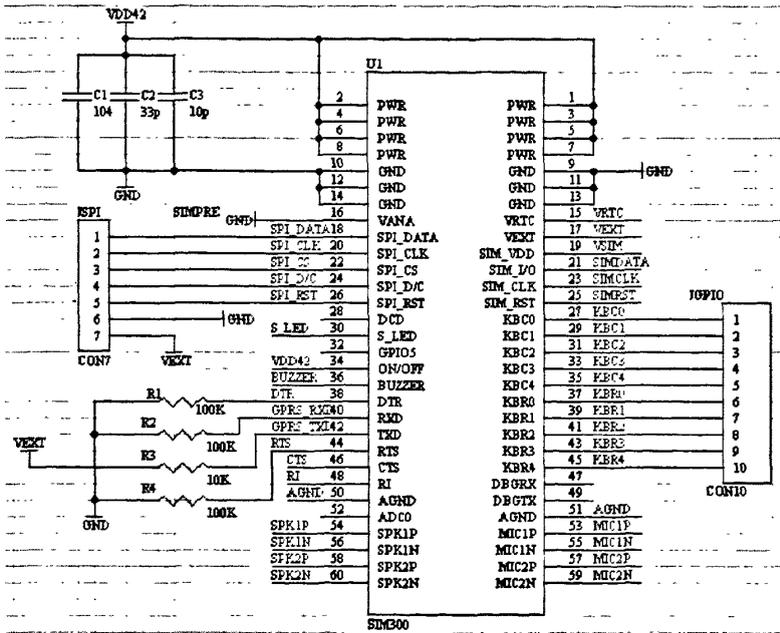


图 5-10 SIM300 插座原理图

音频部分包括耳机接口和喇叭接口，提供语音输入和语音输出的方式，如图 5-11 所示。

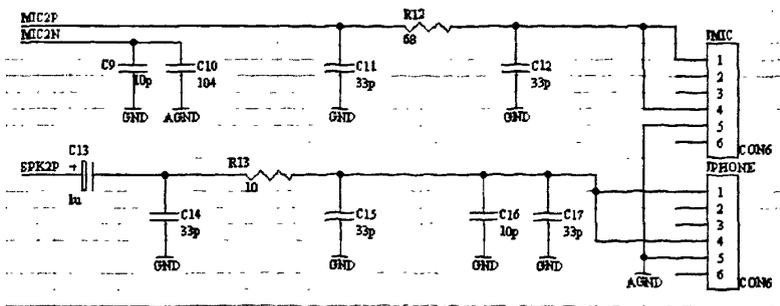


图 5-11 音频接口原理图

SIM 卡使用的是六个触点的 SIM 卡座，电路如图 5-12 所示。

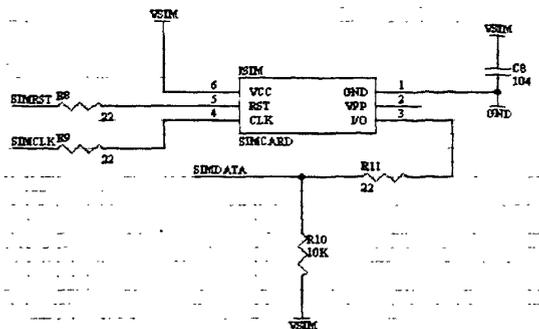


图 5-12 SIM 卡座原理图

### 5.3.2.2 软件设计

SIM300 使用标准的 AT 指令集，通过串口可以实现 AT 指令集的输入，使 SIM300 实现电话、短信和上网的功能。这里主要说明电话和短信功能的设计与实现。

#### (1) 电话功能

电话功能的使用需要有一组电话本信息，系统定义了一个临时结构体来存放电话本信息。拨打电话时，语音输出电话本内容，盲人可以语音输入拨打的用户名，完成拨打电话功能。拨打电话的 AT 程序是：

```
tty_write("atd", strlen("atd")); //发送拨打命令 ATD
tty_write(number, num);
tty_write(";\r", strlen(";\r"));
```

在有电话呼入时，系统提示有来电，盲人输入“接听”，则可以接听电话。接听电话的 AT 程序是：

```
tty_writecmd("at", strlen("at"));
tty_writecmd("ata", strlen("ata")); //发送接听命令 ATA
```

#### (2) 短信功能

发短信时，盲人先语音选择发送的用户名，系统自动调用盲文输入法输入

盲文，经输入法处理后返回汉字字符串，在发送给用户。发短信部分程序是：

```
char test[]=blind_ime(); //调用盲文输入法

tty_writecmd("at+cmgf=1",strlen("at+cmgf=1")); //发送修改字符集命令

tty_writecmd("at+cscs=\"UCS2\"",strlen("at+cscs=\"UCS2\"")); //设置 TE 字符格式 UCS2

tty_writecmd("at+csmf=17,167,0,24",strlen("at+csmf=17,167,0,24"));
//设置短信模式参数

tty_write("at+cmgs=",strlen("at+cmgs=")); //发送短信

tty_writecmd(number_end, strlen(number_end));

tty_write(text, strlen(text)); //发送到对应手机号码的短信内容

tty_write(ctl,1); //ctrl+z
```

发送读取短信的部分程序是

```
tty_writecmd("at",strlen("at"));

tty_writecmd("at",strlen("at"));

tty_writecmd("at+cmgf=1",strlen("at+cmgf=1"));

    tty_write("at+cmgl=",strlen("at+cmgl="));

tty_writecmd(read ,strlen(read));
```

## 第六章 结论

本论文基于嵌入式技术开发的水情自动采集系统,采用新一代 STM32F103 微控制器设计了一种新型水情采集器,并将 ZigBee 技术应用到该系统中,具有低功耗、低成本、高性能、易扩展等优点。系统以信息传输子系统为中心内容,重点就传感器与采集器之间的传输通道设计、采集器的设计开发、采集器之间及与终端计算机的通信接口设计进行了论述,以期待对国产水情采集技术的推进起到积极作用。

采用 STM32F103 微控制器,并应用 ZigBee 技术开发的气象采集器已经通过检测,能够在极端环境中完成对温度、气压、湿度、风向、风速、降水量、辐射、能见度、蒸发量、海水盐度、浊度、叶绿素浓度等 40 多种气象信息的自动检测和数据传输,并已经投入生产,相信在此基础上开发的嵌入式水情自动采集系统经过实际检测和完善能够成为性价比高,满足各种水情测量需求的应用系统。

通过该论文的研究,深刻感觉到:

一、目前应用在全国水利系统水情采集工作中的自动采集系统种类繁多,互不兼容,即使在同一地区,各单位使用的采集系统也各不相同,资源不能统一和共享,严重影响到观测数据的分析和利用,在一定程度上影响到了全国水利的协调和调度,影响到了水情的分析和预报等各项水利工作,同时也造成了很大的资源浪费。各地、各单位严格按照统一标准和协议形式进行开发,预留开放式接口非常必要,这也是未来水利自动测量,实现数据共享的必然要求。

二、水情自动采集系统是在有人看管、无人值守的条件下运行的系统,在暴风雪、雷电等恶劣天气下也必须正常运行。只有一个好的、完善的系统设计远远不够,还必须具有优质的信息采集设备、信息传输设备、计算机网络设备、功能强大的系统软件和良好的售后服务,这是确保系统正常运行的重要环节。同时基于现在特殊恶劣天气的多发,除正常的通信测量信道,还应该在设计系统中考虑加入备用和紧急状态下的保证措施,切实提高系统稳定性和使用性。

## 参考文献

- [1]张社荣, 水利项目设计资料信息集成系统开发, 微处理机, 2008 (01): 154~157
- [2] 刘翠杰, 张社荣, 李相臣等, 大隆水利枢纽工程水情自动测报系统及其作用, 水利水电技术, 2007, 38 (7): 7~9
- [3]钱俊, 嵌入式水情遥测系统的研究和实现 [硕士学位论文], 南京: 河海大学, 2007
- [4]范书瑞, 赵燕飞, 高铁成, ARM9 处理器及其 C 语言开发技术, 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007
- [5]于明, 范书瑞, 曾祥焯, ARM9 嵌入式系统设计与开发教程, 北京: 电子工业出版社, 2006
- [6]刘晓华, 水情自动测报系统研究与应用 [硕士学位论文], 西安: 西安电子科技大学, 2005
- [7]赵杰, 城市供水管网泻漏报警系统研究 [硕士学位论文], 天津: 天津大学, 2006
- [8]韩斌杰, GPRS 原理及其网络优化, 北京: 机械工业出版社, 2004
- [9] 邹积勇, 大型项目设计管理信息系统的研发: [硕士学位论文], 天津: 天津大学, 2004
- [10]李栋梁, 基于嵌入式的水库水情监测系统的设计与实现: [硕士学位论文], 大连: 大连理工大学
- [11]于宝军, 潘家口水库水情自动测报系统: [硕士学位论文], 南京: 河海大学, 2006
- [12]天津市水利局水利信息化发展规划领导小组, 天津市水利信息化“十一五”发展规划, 2005
- [13]朱琨, 基于 GPRS 的雨量监测系统设计与实现: [硕士学位论文], 上海: 复旦大学, 2008
- [14]卢晓敏, 金建东, 董宇红等, 压阻式流速传感器研究, 传感器技术, 2004 (05): 6~8
- [15]蓝标, 压阻传感器在水利中的应用, 水利水电自动化, 1998 (02): 38~40
- [16]姜波, 基于 CAN 总线的智能数据采集器的研究: [硕士学位论文], 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2006
- [17]蒋建文, 林勇, 韩江洪, CAN 总线通信协议的分析 and 实现, 计算机工程, 2002 (02): 219~248

- [18]曹春生,实时工业无线局域网介质访问控制协议的研究:[硕士学位论文],上海:上海交通大学,2006,10
- [19]陈会,压力式水深测量仪的研制:[硕士学位论文],青岛:中国海洋大学,2007
- [20]李本富,周翔,张盛宣,通用总线智能化水情遥测终端设计,微计算机信息,2008(11):33~36
- [21]王萍,詹彤,唐闰臣,基于 ARM 单片机的水情采集器设计,电子测量与仪器学报,2006(03):21~23
- [22]舒文武,水情自动化采集系统在灌区管理中的应用,长江大学学报理工卷,2008(05):43~45
- [23]杨晓云,天津市防洪决策支持系统的设计与实现:[硕士学位论文],天津:天津大学,2006
- [24]王克彬,水库分期汛限水位的风险与效益分析:[硕士学位论文],天津:天津大学,2007
- [25]刘伟,天津市农业水资源可持续利用研究:[硕士学位论文],天津:天津大学,2008
- [26]张颐,天津市水环境监测管理信息系统的研究:[硕士学位论文],天津:天津大学,2005
- [27]孙艳,基于 GSM 通信方式的水情遥测系统研究与应用[硕士学位论文],南京:河海大学,2004
- [28]钟章队,李红君,蒋文怡,GPRS 通用分组无线业务,北京:人民邮电出版社,2001

## 致谢

本论文是在导师张社荣教授的精心指导下和企业导师天津市水务局钟水清高级工程师的鼎力支持完成的。在论文的写作过程中，导师给作者提出了宝贵的意见和建议，对于论文的付梓倾注了大量的心血。导师们严谨的治学作风、渊博的理论知识、丰富的工程经验以及诲人不倦的教学精神，都令我崇敬备至。老师的精神是我在以后的工作和生活中的奋斗方向，令我毕生难忘。值此论文完成之际，作者谨向 2 位导师表示衷心的感谢，并致以崇高的敬意！

自入学以来，天津大学老师们认真的教学态度、孜孜不倦的敬业精神，不但给作者留下了深刻印象，还使作者学到了丰富的知识。在此，谨向各位老师致以衷心的感谢！

在两年的学习中，作者得到了天津大学建工学院水利工程工程硕士班各位同学的帮助、支持和鼓励。在此，谨向各位同学表示衷心的感谢！

在论文的写作过程中，作者得到单位领导和同事们的大力支持和帮助。感谢水利局办公室全体同志，在这样团结向上、和谐进取的团队中共同工作、共同进步是令人愉快的事情。

最后，感谢我的家人，使作者能够抽出时间完成学业。另外，还有许多帮助过我的人，在此一并表示感谢！