



AGRICULTURE

BUSINESS

WEB OF THINGS

物联网

工程开发与应用实例

SERVICES

INDUSTRY

FINANCE

EVERYONE

EVERYTHING

马洪连 朱明◎主编

马艳华 丁男 宁兆龙 李凤岐◎编著



科学出版社

物联网 工程开发与应用实例

马洪连 朱明 主编
马艳华 丁男 宁兆龙 李凤岐 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

近几年,物联网从诞生到迅速发展,受到了产业界及学术界的广泛重视。本书从物联网工程实际应用的角度出发,针对国内大专院校物联网工程专业课程群实践教学的需要,结合作者多年的教学、科研方面的经验编写了这部物联网工程开发与应用实例教材。

本书以基于四核 Cortex-A9 微处理器为核心的物联网综合教学实验平台为物联网工程应用实例的硬件平台,该平台还配有以 CC2530 为核心部件的 14 种无线感知、识别、控制节点模块以及摄像头、条形码和指纹识别三种外设。针对物联网工程实验教学与培训体系不同层面的需要,本教材精心设计和开发了 36 项应用实例。

本书结构合理、应用实例内容丰富,具有很强的实用性。适用于高等院校相关专业的实践教学参考书,也可以作为从事物联网工程、嵌入式系统开发设计人员和物联网爱好者技术培训的参考技术指导书。

图书在版编目(CIP)数据

物联网工程开发与应用实例/马洪连,朱明主编. — 北京:科学出版社, 2016.8

ISBN 978-7-03-049373-6

I. 物… II. ①马… ②朱… III. ①互联网络—应用 ②智能技术—应用 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第160928号

责任编辑:孙力维 杨 凯 / 责任制作:魏 谨

责任印制:张 倩 / 封面设计:杨安安

北京东方科龙图文有限公司 制作

<http://www.okbook.com.cn>

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

天津市斯科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016年8月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2016年8月第一次印刷 印张:19 1/2

印数:1—3 000 字数:386 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前言

随着物联网技术的应用和普及,社会上对物联网设计、开发和技术应用人才的需求越来越多。本书作者立足于培养物联网工程应用人才,根据物联网工程专业课程群的实践教学需求,总结多年来在物联网和嵌入式系统设计方面的教学和科研经验,编写了这部物联网综合性实用教材。通过学习书中的实例,读者能够在物联网综合教学实验平台上完成“物联网感知识别”、“网络传输和管理服务”、“综合应用”三个层次相关技术的具体实现过程。以便使读者能够在较短的时间内,迅速掌握相关知识和技能,起到事半功倍的作用。

物联网作为一门交叉学科,要求物联网专业的实践教学平台建设与理论课程紧密配套。目前,国内针对物联网专业课程群方面的综合性实践教材较少。这次新编写的教材,力求充分体现科学性、先进性和工程性。书中的应用实例基本上涵盖了物联网专业课群多层次的实践教学需要。本书采用“物联网综合教学实验平台”作为硬件应用平台,其网关显示及控制核心部分采用了基于四核Cortex-A9的Exynos4412作为主处理器。另外,本书还配有具有感知、识别和控制功能的14个无线节点模块以及摄像头、条形码、指纹识别三种外设的应用。无线节点模块均采用了TI公司的CC2530作为核心部件,外配有相应感知、识别和控制等器件。

本书从工程应用的角度对物联网感知、识别、控制节点模块设计,节点接入、组网应用和网关平台搭建,网关界面设计与物联网工程综合应用等不同层面,精心设计了36项应用实例。另外,还提供了配套电子文档资料,包括实例源程序、实验环境及配置文档等相关资料。本书的具体内容由6章组成,简介如下。

第1章“概述”部分主要介绍物联网综合教学平台的硬件构成,以及软件配置情况。

第2章“无线节点模块的设计与应用实例”主要以PC机为主要教学载体,介绍了14项物联网综合教学实验平台无线感知、识别、控制节点模块的设计与应用实例。具体涉及无线节点的开发环境搭建,无线节点模块设计以及无线节点内信息参数的采集、数据处理及控制等方面。

第3章“无线传感节点通信、节点接入和组网应用实例”介绍了7项涉及

Z-Stack 协议栈的配置和无线节点间的通信、节点接入、组网应用实例。

第4章“基于Linux网关平台的构建与应用实例”介绍了基于Linux操作系统的环境搭建、内核编译和移植及与PC机通信等内容。另外，还有在网关平台实现摄像头、条形码、指纹识别和音频播放等共7项应用实例。

第5章“基于Android网关平台的构建与应用实例”介绍了基于Android开发环境的搭建、网关界面设计和基于ZigBee通信网络的综合应用等6项实例。

第6章“物联网工程综合应用实例”结合智能家居、环境监测领域的应用背景，介绍了2项实用系统。

本书在规划的过程中体现了如下指导思想和特点：

（1）视角独特，兼具高度

物联网作为典型的交叉学科，所涉及的概念、原理、技术众多。本书以培养“会设计、能发展”，具有创新精神和实践能力的人才为目的，以提高学生及相关科研人员分析问题和解决实际问题的能力为出发点，全面、系统地介绍了物联网工程中相关的应用技术、设计方法和应用实例。

（2）体系清晰，内容全面

本书以物联网的体系结构为主线，清楚地描述了物联网三个组成层次所涉及的关键技术及其应用实例。作者总结了多年在物联网及嵌入式系统设计教学和科研方面积累的实践经验，精选内容，以便读者能够在较短的时间内迅速掌握相关技术。

（3）突出重点，注重能力培养

为了强化系统设计能力，加强对物联网整体实践内容 and 应用过程的融合和贯通。本教材不仅有针对性对于物联网各个层次结构专门的应用实例介绍，同时也选择了物联网综合设计应用实例，以加强读者对物联网系统的全面理解和设计能力。

对于该书的出版，首先感谢科学出版社的编辑，他们的大力支持使得本书能够很快地出版发行。在本书编写的过程中，得到了研究生王亚维、胡兴农等人的大力支持，在此对他们表示感谢。另外笔者还参考、借鉴了大量相关资料（见参考文献）及网络资源，并引用了其中的一些文字和代码，在此谨对这些资料的作者表示衷心的感谢。

由于物联网工程应用的发展非常迅速和普及，物联网应用的新技术、新成果不断涌现和更新，书中难免存在疏漏和不妥之处，还望广大读者能够多加谅解，并及时联系作者，以期在后续版本中进行完善。

编者

2016年1月

目 录

第 1 章 概 述

- 1.1 物联网综合教学实验平台硬件系统 3
- 1.2 实验平台系统软件配置与工作原理 6

第 2 章 无线节点模块的设计与应用实例

- 2.1 无线节点核心部件 CC2530 开发环境的搭建与安装 10
- 2.2 按键外部中断与定时器中断的应用 15
- 2.3 模拟 / 数字转换器 (ADC) 的应用 23
- 2.4 基于单线制通信的温湿度传感器节点的设计与应用 31
- 2.5 基于 I²C 通信的光照传感节点的设计与应用 37
- 2.6 基于 SPI 总线的外扩存储器节点的设计与应用 45
- 2.7 基于查询模式的烟雾感知节点的设计与应用 50
- 2.8 基于 UART 通信模式的 GPS 卫星定位节点的设计与应用 53
- 2.9 基于中断模式的声音感知节点的设计与应用 61
- 2.10 基于中断模式的人体红外感知节点的设计与应用 64
- 2.11 基于中断模式的超声波测距节点的设计与应用 66
- 2.12 继电器节点的设计与应用 70
- 2.13 直流电动机节点的设计与应用 73
- 2.14 射频识别节点的设计与应用 77

第 3 章 无线传感节点通信、节点接入与组网应用实例

- 3.1 Z-Stack 协议栈配置与安装 84
- 3.2 基于 Z-Stack 的单向无线节点通信应用 88
- 3.3 基于 Z-Stack 的无线节点双向通信应用 108

3.4	无线温湿度采集节点接入及组网应用	110
3.5	无线光照感知节点接入及组网应用	117
3.6	无线超声波测距节点接入及组网应用	126
3.7	无线姿态识别节点接入及组网应用	132
 第4章 基于Linux网关平台的构建与应用实例		
4.1	Linux网关平台开发环境的搭建与安装	146
4.2	网关平台的设计与应用	155
4.3	网关平台与PC机通信的应用	170
4.4	基于Linux平台下摄像头的应用	181
4.5	基于Linux平台下条形码识别的应用	192
4.6	基于Linux平台下指纹识别的应用	196
4.7	基于Linux平台音频播放的应用	213
 第5章 基于Android网关平台的构建与应用实例		
5.1	Android网关平台环境的搭建与安装	216
5.2	Android系统用户界面的设计与应用	225
5.3	Android系统下网络通信的应用	230
5.4	基于ZigBee无线通信网络的综合应用1	244
5.5	基于ZigBee无线通信网络的综合应用2	249
5.6	基于ZigBee无线通信网络的综合应用3	253
 第6章 物联网工程综合应用实例		
6.1	智能家居系统	266
6.2	环境监测系统	290
 参考文献		305


```

#define uint unsigned int
#define uchar unsigned char
ucharmem[50];
uint i = 0, flag = 0;
void main()
{
    setSysClk();
    uart0_init();
    while(1)
    {
        ;
    }
}

void setSysClk()
{
    CLKCONCMD&=0XBF;
    Delayms(1);
    CLKCONCMD&=0XC0;
    Delayms(1);
}

void uart0_init()
{
    PERCFG = 0x00;
    P0SEL |= 0x0C;
    U0CSR |= 0xC0;
    U0UCR |= 0X00;
    U0GCR |= 8;
    U0BAUD = 59;
    UTX0IF = 0;
    URX0IE = 1;
    IEN0 |= 0x04;
    EA = 1;
}

#pragma vector=URX0_VECTOR
__interrupt void UART0_ISR(void)
{
    URX0IF = 0;
    num[i++] = U0DBUF;
    if(i==49)
    {
        i=0;
    }
}

```

第 1 章

概 述



物联网工程作为新兴的产业和专业,其技术涉及多个学科。编写本教材的目的就是从物联网工程专业的实验教学需求出发,在物联网综合教学实验平台上完成“物联网感知和识别”、“网络传输和管理服务”与“综合应用”三个结构层次所涉及的相关技术的具体实现过程。该平台适用于物联网课程群中“无线传感器网络”、“物联网与传感器技术”、“射频识别(RFID)技术”、“物联网控制技术”和“物联网课程设计”等专业课程的实践教学。学生们通过在该平台上的具体应用和操作,能够掌握贯穿物联网三个结构层次所涉及的知识 and 技能,提高自身在物联网工程应用方面的实践能力。

物联网综合教学实验平台是依据教育部物联网专业课程大纲要求,自主设计研发的集教学、科研为一体的物联网工程实验、实训平台。实验平台系统包括硬件设备、软件系统配置及实践教学文档资源三部分,物联网综合教学实验平台实物正面图如图 1.1 所示。

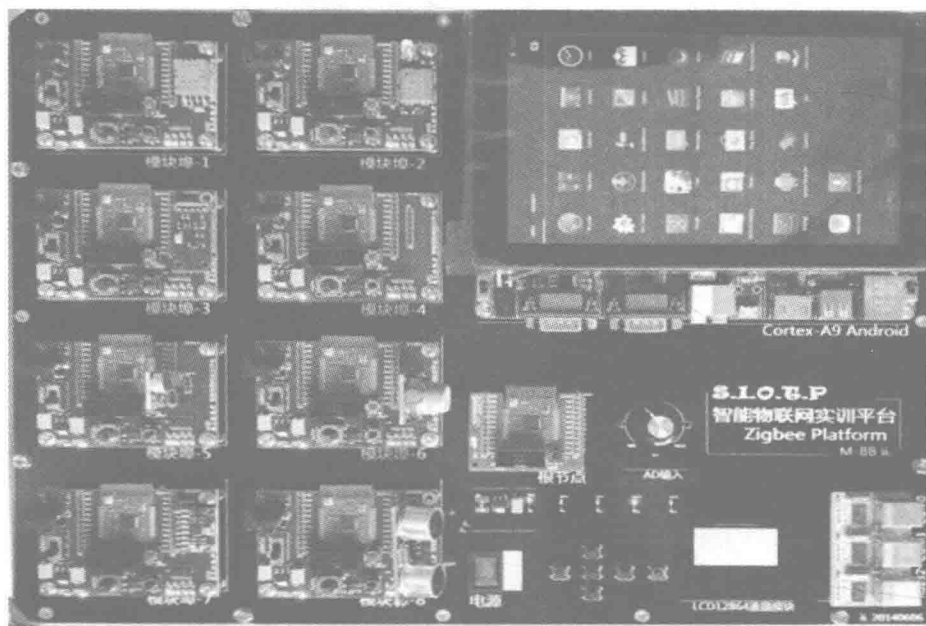


图 1.1 物联网综合教学实验平台

本书从物联网工程应用的角度,精心设计和开发了 36 项应用实例。具体包括物联网无线感知、识别和控制节点模块设计与应用 14 项;无线节点通信、节点接入和组网应用 7 项;基于 Linux 网关平台搭建与应用 7 项;基于 Android 环境下界面设计与应用 6 项和物联网工程综合应用 2 项。

1.1 物联网综合教学实验平台硬件系统

物联网作为一门交叉学科,要求物联网专业的实践教学平台建设应与理论课程紧密配套。因此,通过物联网工程课程群的实践教学将这些跨学科知识进行融合和贯通尤为重要。本综合教学实验平台可应用于物联网课程群的实践教学中,通过提供优质的实验平台和丰富的实践资源进行多层次、一体化的实践教学。以便使学生们掌握贯通物联网课程的知识,提高他们在物联网应用方面的实践能力和创新意识,为培养高素质应用型人才和复合型人才奠定坚实的基础。

物联网综合教学实验平台硬件部分主要由网关显示及控制平台、无线节点模块和系统平台底板三部分组成。

1. 网关显示及控制平台

网关显示及控制平台采用了广州友善之臂公司设计的 Tiny4412 系统开发板。该开发板采用基于四核 Cortex-A9 的三星 Exynos4412 作为主处理器,运行主频高达 1.5GHz。同时,板上标配有 1GB DDR3 内存、4GB 高性能 eMMC 闪存、分辨率为 1280×800 的 7 寸 LCD(HD700) 显示屏以及高精度电容式触摸屏。还配有高清晰度多媒体接口 HDMI 输出、USB Host、SD 卡、DB9 串口、RJ-45 以太网口和音频输入/输出等各种常见的标准接口。物联网综合教学实验平台网关显示及控制平台正面图如图 1.2 所示。

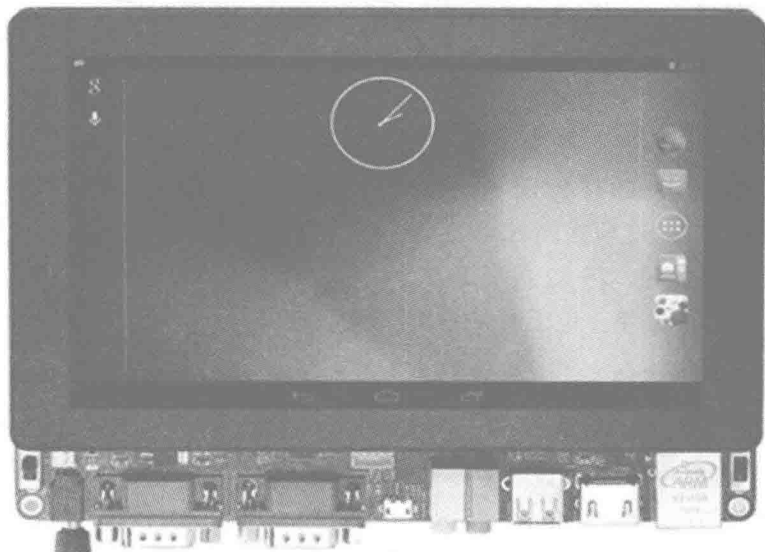


图 1.2 网关显示及控制平台实物图

在网关显示及控制平台的底部位置,从左至右各开关、接口的功能和作用如下:

(1) S1 拨动开关: S1 是供电开关,上关、下开。

(2) 外电源接入插件: DC-5V 电源输入端口(该端口不使用)。

(3) 两个 DB9 型插件接口: 基于 RS232 通信的 COM0 和 COM3 串行接口。

(4) 一路 microUSBSlave 2.0 接口: 主要用于 Android 系统下的 ADB 功能,用于软件安装和程序调试。

(5) 一路 3.5mm 立体声音频输出接口 / 一路在板麦克风音频输入接口: Exynos4412 支持 I2S/PCM/AC97 等音频接口。该开发板采用的是 I²S 接口,它外接了 WM8960 作为 CODEC 解码芯片,可支持 HDMI 音视频同步输出。WM8960 芯片在 Tiny4412 底板上,音频系统的输出为板上常用的 3.5mm 绿色孔径插座,不插入耳机时,实验平台内置音箱将工作发声,可用于播放音频。另外,板上还提供了蓝色插座的麦克风输入接口。

(6) HDMI 接口: 高清晰度多媒体接口 (High Definition Multimedia Interface, 简称 HDMI) 是一种数字化视频 / 音频接口技术,是适合影像传输的专用型数字化接口。HDMI 可同时传送音频和影音信号,最高数据传输速度为 5Gbps。

(7) USB Host(2.0) 接口: 可以接 USB 摄像头、USB 键盘、USB 鼠标、U 盘等 USB 外设。

(8) RJ45 有线网络接口: 有线网络电路中采用了 DM9621 网卡芯片,可以自适应 10/100 米网络。

(9) S2 启动方式选择开关: Tiny4412 支持 SD 卡和 eMMC 两种启动模式,通过 S2 开关进行切换。将 S2 拨至 NAND 标识(上侧)时,系统将从 eMMC 启动;将 S2 拨至 SDBOOT 标识(下侧)时,系统将从 SD 卡启动。网关平台电路板在日常使用时, S2 应拨向 NAND 侧。若需要向网关平台烧写系统程序或者要从 SD 卡启动系统时,将 S2 拨至下方。

(10) SD 卡插座: 位于网关平台右侧的电路板。

2. 无线节点模块

无线节点模块部分由 14 个无线节点模块组成,它们分别是 M01 按键与指示灯测试节点模块、M02 温湿度传感器节点模块、M03 光强度感应节点模块、M04 姿态识别节点模块、M05 超声波测距节点模块、M06 GPS 卫星定位节点模块、M07 烟雾感知节点模块、M08 声音感知节点模块、M10 直流电机模块、M12 人体红外感知节点模块、M14 RFID 识别模块、M16 继电器模块、M17 扩展存储器模块和根节点模块(即协调器节点,红色印制电路底板)。在这些无线节点模块

内部电路中均采用了 TI 公司的片上系统 CC2530 芯片作为核心部件，外部分别配有不同种类的感知、识别、控制等器件。

CC2530 芯片是一款通用性极强的芯片，广泛应用于智能设备、数字家庭、消费类电子及 RF4CE 远程控制、楼宇自动化、照明、工业控制与监控、保健与医疗等众多领域。CC2530 芯片的核心部件是一款完全兼容 8051 内核，同时集成有支持 2.4GHz IEEE802.15.4 协议的 RF 收发器的片上系统 (SoC)，其传送速率最高可达 250Kbps 有 16 个 2.4GHz 传输信道，可选频段传输距离在 0 ~ 100 米。本实验平台的无线节点模块 CC2530 的 Flash 容量为 256KB，并具有 8KB RAM 和 14 位的 ADC 等功能。典型无线传感器节点模块实物正面图如图 1.3 所示。

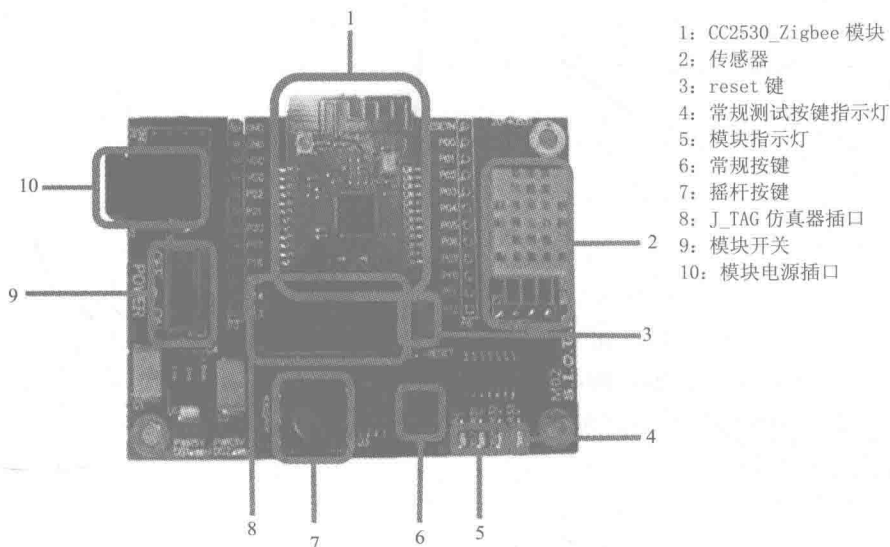


图 1.3 无线传感器节点模块实物图

典型无线节点模块板上相关部件的说明如下：

(1) 开关：S1 为无线节点复位按键；S2 为无线节点电源开关；S6 开关为常规按键；U2 摇杆开关只在本书第 3 章节点入网实例中作为节点确认开关，在其他实例中没有应用。在根节点模块板上只有 S1 节点复位开关，其他相应的开关与指示灯均放在实验平台底板上。

(2) 接口：P1 是内部直流 5V 电源接口，P2 是外接 5V 电源接口（正常情况下不使用），P3 和 P6 为 CC2530 核心板外扩接口，P5 是 10 针 J-TAG 接口，P7 是外扩传感器接口。

(3) 6 个固定 LED 指示灯：DS1 为 3.3V 电源指示灯，DS2 为 5V 电源指示灯，DS6、DS7 和 DS8 这三个 LED 灯由用户编程操作，DS9 为按键测试指示灯。

(4) 编号 U1、U3、U4 是三个专用集成芯片。

(5) U2 为摇杆开关,用于无线节点的接入与组网应答确认。

(6) 片上系统 CC2530 核心板。

3. 综合教学实验平台底板

综合教学实验平台的底板上配置有模块埠 1 ~ 模块埠 8 共 8 个固定式无线节点连接端口、7 个按键开关、4 个 LED 指示灯、3 个外扩专用的通信接口板和 1 个可调节 AD 模拟电压输出端。其功能和作用分别介绍如下:

(1) 模块埠 1 ~ 模块埠 8: 能够固定 8 个无线节点的连接端,并可以为其提供直流电源。这 8 个连接端可任意选择连接除根节点以外的 13 个无线节点模块中的 8 个无线模块。

(2) 根节点固定连接端: 该连接端连接根节点,该节点为红色印制电路底板,也称为协调器或汇聚节点,它是本平台的必备节点。

(3) S1 是标准 Z-Stack 协议栈中定义的 Shift 按键, S2 ~ S6 分别与根节点连接,相当于普通节点摇杆开关在 5 个方向的操作。

(4) DS9 为电源指示灯, DS10~DS13 为与 Z-Stack 协议栈相关的应用指示灯。

(5) 基于 USB 形式的 RS232、COM0、COM3 为外扩专用通信接口。

(6) R10 为 AD 模拟电压调节电位器,旋动可以改变模拟电压输出值。在电路设计上,电压调节器的输出与根节点模块 CC2530 中的 AD 输入端连接。

(7) P23 为 LCD12864 显示器接口,用户需要可进行自配。

综合教学实验平台匹配有一些相关附件,如 SmartRF04EB TI 标准调试器和 miniUSB 连接线、GPS 有源高精度定位天线、microUSB 连接线、D 型 USB 连接线、交叉串口线、网线、电源线。

1.2 实验平台系统软件配置与工作原理

实验平台软件系统包括网关系统软件、无线节点设计与网络通信软件。实验平台网关部分采用了 Tiny4412 核心板自带的内核系统,以及 Linux Kernel 3.5 和 Android 4.2.1 版本的操作系统。同时,还提供了丰富的源码安装包和系统工具。具体包括交叉编译器 arm-linux-gcc、linux-3.5 内核系统、集成 QT4 的 qtopia 文件系统、Android 4.2.1 版本操作系统和文件系统制作工具 make_ext4fs。同时也提供了相关配置文件,可以在 PC 机自动进行内核和文件系统的编译。另外,用户也可以使用这些源码和工具自行配置编译内核和文件系统。为了完成系统上应用的开发,qtopia 编译工具、QT4 和 QT4-extended 工具集成在虚拟机中可以被直接使用。另外,教学实验平台软件还提供了 uboot 启动源码和编译好的 Bootloader 文件供直接使用。按照其步骤制作 SD 卡启动项,烧写系统程序到网关平台中即可,

详见本书第 4、第 5 章中的应用实例。

网关显示及控制平台可以分别基于 Linux 和 Android 两种操作系统来实现应用环境,可以应用 Z-Stack 协议栈来完成 CC2530 基于 ZigBee 协议的接入和组网工作。实现了基于 Linux 操作系统下的网关服务器、网站搭建及应用和基于 Android 操作系统在网关上的界面设计及相关的应用实例。另外,网关平台还外配有摄像头、条形码识别和指纹识别等外设并编写了配套的应用实例。

在综合教学实验平台上,根节点(或称为调节节点或汇聚节点)通过 Z-Stack 传输协议来获取各终端节点的信息数据。同时,也可以对指示灯、继电器、直流电机节点模块等执行部件进行控制。

根节点接收来自分布传感器节点的数据信息,然后通过串口方式将该信息转发给网关平台。在网关平台上移植有 Linux 或 Android 操作系统及图形界面库,并编写了相应的应用程序。在应用程序中,嵌入了模式查询匹配算法。可以根据根节点发送的特定数据格式判别发送数据的传感器类型,然后截取无线传感器节点数值,并在相应的用户界面 UI 部分更新显示。根节点向网关发送的数据信息格式是以 \$ 开始,以 # 结束,在 \$ 和 # 之间,就是一条完整的数据。当系统网关接收到根节点传来的数据后,需要通过软件形式解析并显示在网关平台的 LCD 显示屏上。由于网关平台采用 Linux 内核,可采用 Android App 应用或 Linux 下服务器-网站的方式实现采集数据显示。

物联网综合教学实验平台提供了如下三种演示方式:

(1) 第一种采用基于 Android APP 应用的方式,在网关平台上直接显示。通过在网关平台上烧写 Linux 内核和 Android 文件系统完成基础环境的搭建,然后开发出相应的 APP 应用。由于该方式只是在综合教学实验平台上显示,所以只需实时更新传感器的数据即可,不需要使用数据库技术。通过在 Android 应用中实时监测串口并读取数据完成数据的采集,采用内部匹配算法来完成数据的解析,最后实时更新到网关平台显示主界面上。显示主界面如图 1.4 所示。

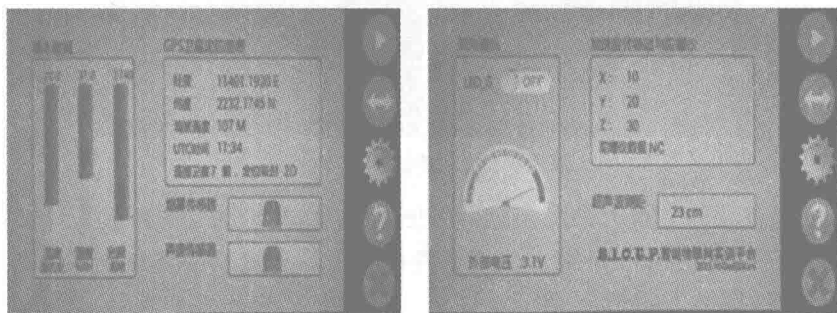


图 1.4 Android 应用界面

(2) 第二种采用 Linux QT 应用的方式,在网关平台上直接显示。其工作

原理与 Android APP 相似，只不过网关平台软件烧写的是 Linux 文件系统。在 Ubuntu 下完成 QT 应用的交叉编译，通过更改配置文件来修改网关平台上 Linux 的默认启动程序。然后也是通过实时监测串口并读取数据完成数据的采集，采用内部匹配算法来完成数据的解析，并实时更新到网关平台显示主界面上。QT 应用界面在网关平台上的显示如图 1.5 所示。



图 1.5 QT 应用界面

(3) 第三种是在 QT 应用的基础上，利用网关平台通过网站方式进行显示。主要的实现过程是在 QT 应用中完成数据的存储，传感器数据采用统一的格式(包括数据的名称、数值等)存储在本地文件中。然后在网关平台上搭建好服务器以及相应的网站，通过后台程序来读取相关的数据并返回给客户端，这样客户端就可以访问传感器信息。采用网站方式显示的部分传感器信息界面如图 1.6 所示。

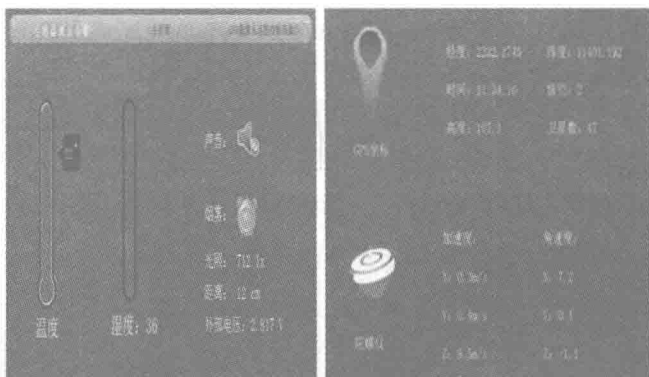


图 1.6 网站传感器采集页面

通过以上三种方式，开发人员可以更大程度地学习相关的知识，包括 Linux 环境应用开发或者 Android 环境应用开发和服务器配置及网站开发，进一步完善物联网相关知识体系的学习。

综合教学实验平台还配有实践教学文档资源，以及相关实验环境及配置文档等相关资料。

第2章

无线节点模块的设计与应用实例



```
#define uint unsignedint
#define uchar unsignedchar
uchar num[50];
uint i=0, flag=0;
void main()
{
    setSysClk();
    uart0_init();
    while(1)
    {
    }
}

void setSysClk()
{
    CLKCONCMD0=0xBF;
    Delayms(1);
    CLKCONCMD0=0xC0;
    Delayms(1);
}

void uart0_init()
{
    PERCFG =0x00;
    P0SEL|=0x0C;
    U0GSR|=0xC0;
    U0UCR|=0x09;
    U0GCR|=8;
    U0BAUD =59;
    UTX0IF =0;
    URX0IE =1;
    IEN0 |=0x04;
    EA = 1;
}

#pragma vector=URX0_VECTOR
__interrupt void UART0_ISR(void)
{
    URX0IF =0;
    num[i++] = U0DBUF;
    if(i==49)
    {
        i=0;
    }
}
```

本章主要介绍采用PC机对物联网综合教学实验平台上所配置的无线节点进行模块设计、编程的应用实例。

本章首先介绍IAR软件开发环境在PC机上的搭建与安装,以及对应用程序的编辑、编译和调试过程。然后,介绍以片上系统CC2530为核心部件组成的常用无线传感、感知和控制节点模块的设计与编程应用实例。

2.1 无线节点核心部件CC2530开发环境的搭建与安装

2.1.1 实例内容及相关设备

本实例内容是在PC机上安装后续实例所需要的软件集成开发环境“IAR Embedded Workbench IDE for 8051”(以下简称IAR)。用户通过掌握IAR的基本操作,如建立工程、打开工程、向工程中添加文件、移除工程文件、工程的属性设置、工程的编译、调试、下载等功能的操作,熟悉物联网应用开发平台的软件集成开发环境。

本实例所应用的操作设备如下:

- (1) 安装有Microsoft Windows XP或更高版本的操作系统,同时具备USB2.0或以上端口和不低于Intel Core2Duo 2GHz、2GB RAM的PC机。
- (2) PC机具备安装有IAR集成开发环境的相应软件。

2.1.2 实例原理与相关知识

1. 片上系统CC2530简介

在物联网综合教学实验平台上,所配置的无线节点模块核心部件以TI公司的片上系统CC2530芯片为核心。CC2530内部具有先进的RF收发器、业界标准的增强型8051 CPU、系统内可编程闪存、RAM和许多其他功能。CC2530有4种不同的闪存版本,即CC2530F32/64/128/256,分别具有32/64/128/256KB的闪存。CC2530具有不同的运行模式,使得它尤其适应超低功耗要求的系统。

CC2530具有21个可编程I/O引脚、5个独立的DMA通道和4个定时器,还支持8位~14位可定义的AD转换器、IEEE 802.15.4标准的低功耗个域网协议、4个可选定时器间隔的看门狗。另外,还有两个串行通信接口、USB控制器和RF内核控制模拟无线接收/发送模块。

CC2530适用于IAR 51集成开发环境的工程仿真调试,通过Z-Stack协议栈支持路由中继功能、网络节点自动修复功能。因此,在物联网综合教学实验平台可选择配接除根节点之外的13种无线节点模块。例如,M01按键与指示灯测试模块、M02温湿度模块、M03光照感知模块、M04姿态识别模块、M05超声波