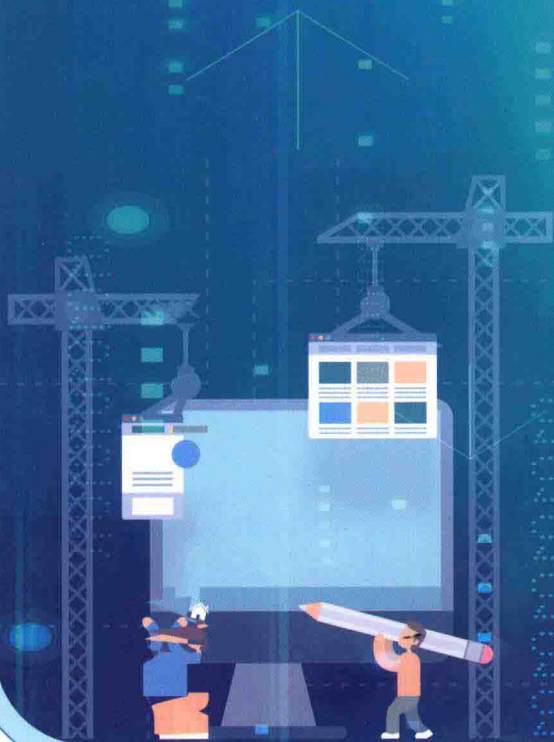


高等学校“十三五”规划教材

物联网工程

综合实验实训教程

主编 王松 李念 许先斌



SE 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

“三五”规划教材

物联网工程

综合实验实训教程

主编 王松 李念 许先斌



SE 东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS
· 南京 ·

内 容 提 要

本教程配套物联网工程专业课程体系,与综合实验平台配套使用,知识面宽且实践性强,是学习物联网工程专业课程的重要实践环节。

本教程共设计了 78 个实验,内容涵盖物联网工程导论实验、物联网通信技术实验、传感器原理及应用实验、RFID 原理及应用实验、物联网定位技术实验、传感器网络及应用实验、ARM 嵌入式系统开发实验、嵌入式 Linux 高级程序设计实验等方面,并在最后一章中通过智能农业、智能家居和智能小车 3 个应用系统,综合介绍物联网技术的应用。

本教程可作为高等院校物联网相关专业的教材。

图书在版编目(CIP)数据

物联网工程综合实验实训教程/王松,李念,许先斌主编. —南京:东南大学出版社,2018.10

高等学校“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5641-8069-0

I. ①物… II. ①王… ②李… ③许… III. ①互联网—应用—高等学校—教材 ②智能技术—应用—高等学校—教材 IV. ①TP393.4 ②TP18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 256197 号

物联网工程综合实验实训教程

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号,邮编 210096

出 版 人:江建中

印 刷:三河市鑫鑫科达彩色印刷包装有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:21.5

字 数:458 千

版 次:2018 年 10 月第 1 版

印 次:2018 年 10 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-8069-0

定 价:49.50 元

(凡因印装质量问题,请直接与营销中心调换,电话:025-83791830)

前言

《物联网工程综合实验实训教程》是物联网工程专业课程重要的知识内容,该教程知识面宽且实践性强,集物联网工程最新的知识、技术和应用于一体,是学习物联网工程专业课程的重要实践环节。

本教程配套物联网工程专业课程体系,与综合实验平台配套使用。综合实验平台分为物联网网关和物联网感知层两部分。物联网网关包括硬件和软件两部分,硬件部分包括微处理器、存储器、外设器件和 I/O 接口等;软件部分包括操作系统(OS)软件和应用程序,应用程序控制系统的运作和行为,而操作系统控制着应用程序与硬件的交互作用。物联网感知层由 3 部分组成:传感器单元(包括温湿度传感器、光敏传感器、烟雾传感器、红外传感器、霍尔传感器等),执行控制单元(包括 LED 灯控制单元、电动机控制单元、LED 调光灯控制单元等)及高频 RFID 读写单元。

本教程设计了 78 个实验,能够满足物联网工程专业课程学习中的主要实践课程要求。

第一章:主要介绍物联网综合实验平台的功能及相应模块的使用方法,并介绍 IAR 集成开发环境下 C 语言程序编写的基本方法,为嵌入式环境下的程序设计奠定基础。

第二章:主要介绍蓝牙通信实验及基于 STM32W108 芯片的 ZigBee 模块在 EmberZNet ZigBee 协议栈规范下的通信实验。

第三章:主要完成传感器单元及相关控制单元的实验。本章通过各种传感器的数据采集实验,让学生学会传感器的使用方法。

第四章:通过 PC 端软件完成低频、高频及超高频 RFID 模块寻卡、读卡、写卡等操作,让学生了解 RFID 系统的组成和工作原理,掌握 RFID 系统的开发方法。

第五章:通过 MATLAB 仿真软件,让学生了解物联网定位的各种算法。

第六章:通过传感器网络,让学生进一步了解物联网的概念及相关程序的开发方法。

第七章:主要介绍嵌入式开发环境搭建的方法和过程,让学生熟悉嵌入式开发的流程。

第八章:主要介绍 Linux 基本编辑器,让学生掌握 Linux 环境下的编程方法。

第九章:主要介绍智能农业、智能家居和智能小车等综合应用系统,学生可结合所学的专业知识完成这3个综合应用系统 App 的设计。

由于作者水平有限,书中疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2018年8月

目录

物联网工程导论实验 1

实验一 熟悉综合实验平台物联网网关模块	2
实验二 熟悉综合实验平台传感器模块	5
实验三 熟悉综合实验平台 RFID 模块	10
实验四 IAR 集成开发环境下 C 语言程序的编写(一)	12
实验五 IAR 集成开发环境下 C 语言程序的编写(二)	19
实验六 嵌入式开发环境下 C 语言程序的编写	24

物联网通信技术实验 29

实验一 蓝牙实验	30
实验二 蓝牙多点组网实验	38
实验三 ZigBee 初始化任务实验	39
实验四 ZigBee 任务处理实验	41
实验五 ZigBee 发送函数实验	43
实验六 ZigBee 接收函数实验	45
实验七 ZigBee 收发数据实验	47
实验八 ZigBee 串口通信实验	50
实验九 ZigBee 点对点网络通信实验	52
实验十 ZigBee 多播和广播通信实验	54
实验十一 ZigBee 组网实验	56
实验十二 ZigBee 路由器、终端加入网络实验	58
实验十三 ZigBee 绑定和匹配实验	61
实验十四 ZigBee 路由器和终端退出网络实验	66
实验十五 ZigBee 架构实验	68

传感器原理及应用实验 77

实验一 LED 流水灯实验	78
实验二 电动机控制实验	85

实验三	LED 调光单元控制实验	88
实验四	光敏传感器模块实验	92
实验五	霍尔传感器模块实验	94
实验六	温湿度传感器模块实验	97
实验七	红外传感器模块实验	99
实验八	烟雾传感器模块实验	102
第四章 RFID 原理及应用实验		105
实验一	近距离 ID 卡读取实验	106
实验二	低频卡考勤系统综合实验(一)	111
实验三	低频卡考勤系统综合实验(二)	115
实验四	高频卡寻卡实验	117
实验五	高频卡写入及读取数据实验	121
实验六	高频卡电子钱包综合实验(一)	123
实验七	高频卡电子钱包综合实验(二)	126
实验八	高频卡公交卡综合实验(一)	129
实验九	高频卡公交卡综合实验(二)	131
实验十	超高频识别单个和多个标签实验	134
实验十一	超高频卡读写数据实验	143
实验十二	超高频卡密钥及数据保护实验	145
实验十三	超高频卡 ETC 系统应用实验(一)	146
实验十四	超高频卡 ETC 系统应用实验(二)	149
物联网定位技术实验		151
实验一	熟悉物联网定位实验环境	152
实验二	MATLAB 软件基本操作	159
实验三	MATLAB 顺序、选择结构程序设计	166
实验四	MATLAB 循环结构程序设计	171
实验五	MATLAB 图形绘制	175
实验六	方位测量定位法	182
实验七	圆周定位法	184
实验八	双曲线定位法	187
实验九	最近邻定位算法	189
实验十	三边定位法	192
实验十一	RSSI 建模仿真	196
实验十二	DV-Hop 仿真	198

传感器网络及应用实验 203

- 实验一 LED 流水灯的状态采集实验 204
- 实验二 电动机的状态采集实验 207
- 实验三 LED 调光灯的亮度采集实验 211
- 实验四 光敏传感器数据采集实验 216
- 实验五 霍尔传感器数据采集实验 220
- 实验六 温湿度传感器数据采集实验 224
- 实验七 红外传感器数据采集实验 228
- 实验八 烟雾传感器数据采集实验 233

ARM 嵌入式系统开发实验 237

- 实验一 嵌入式开发环境的搭建 238
- 实验二 交叉编译环境的搭建 255
- 实验三 内核配置实验 258
- 实验四 根文件系统实验 261
- 实验五 Qt 环境搭建实验 269
- 实验六 GUI 图形界面编程实验 274

嵌入式 Linux 高级程序设计实验 279

- 实验一 Linux 基本编辑器实验 280
- 实验二 I/O 接口高级编程实验 285
- 实验三 进程高级编程实验 295
- 实验四 线程高级编程实验 312
- 实验五 Linux 网络编程实验 314
- 实验六 GUI 程序开发实验 319

综合应用系统实验 327

- 实验一 智能农业综合应用系统 328
- 实验二 智能家居综合应用系统 330
- 实验三 智能小车综合应用系统 333

第一章

物联网工程导论实验

本章主要介绍物联网工程综合实验平台的功能及相应模块的使用方法,并在此基础上介绍了 IAR 集成开发环境下 C 语言程序编写的基本方法,为嵌入式开发环境下的程序设计奠定基础。

实验一 熟悉综合实验平台物联网网关模块

实验目的

- (1)了解物联网网关的功能。
- (2)掌握在物联网网关模块中调试程序的方法。
- (3)了解物联网网关数据的采集方法。

实验设备

- (1)计算机一台。
- (2)物联网网关模块。
- (3)USB转串口线一条。

实验要求

- (1)熟悉物联网嵌入式开发环境。
- (2)在开发环境下编写、编译、调试相关例程。

实验原理

物联网网关模块包括:RS232、RS485、USB、HDMI、RJ-45、VGA、GPS、CAN 和音频等接口。它所能完成的实验内容有:通过物联网网关将协调器汇聚的信息上传到互联网,或者网关通过应用程序直接处理这些数据。用户可根据处理结果向协调器下达控制命令,再由协调器根据命令控制相应的传感器完成操作。物联网网关内部的硬件接口如图 1-1 所示。

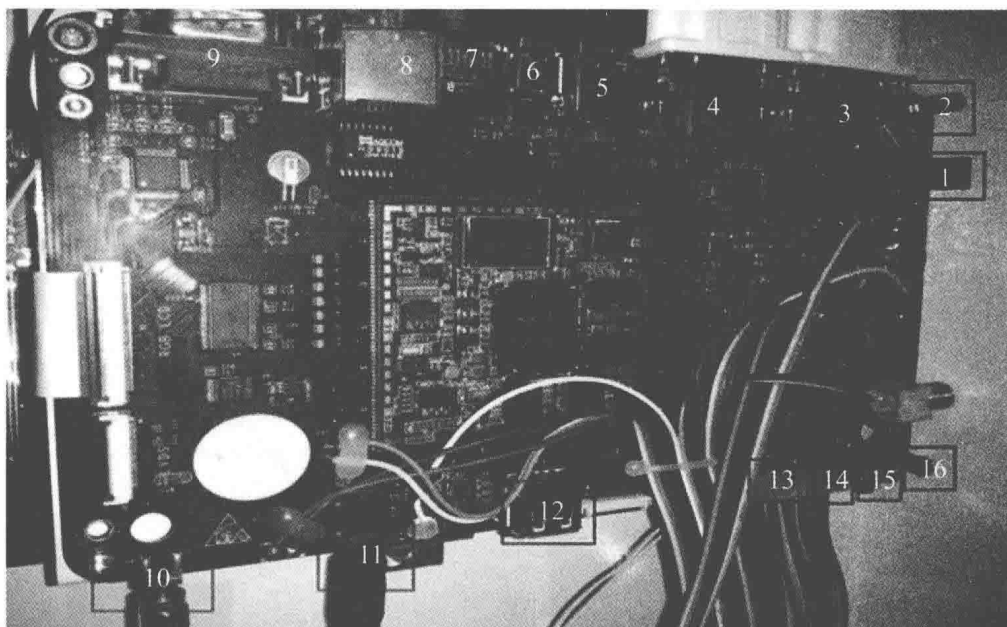


图 1-1 物联网网关内部的硬件接口

图 1-1 中各部件的说明如表 1-1 所示。

表 1-1 物联网网关内部各部件的说明

序号	部件名称	作用	序号	部件名称	作用
1	固定支架	起固定作用	9	VGA	用于 VGA 接口的显示屏
2	固定支架	起固定作用	10	GPS 天线	用于 GPS
3	UART2-RS232	串口 2 通信	11	音频接口	连接耳机
4	UART1-RS232	串口 1 通信	12	USB host	用于 USB host 设备
5	USB host	用于 USB host 设备	13	RS485	用于 RS485 通信
6	USB OTG	用于 USB OTG 设备	14	CAN	用于 CAN 总线通信
7	HDMI	用于 HDMI 接口的显示屏	15	电源开关	用于通电、断电
8	RJ-45	网线接口	16	固定支架	起固定作用

综合实验平台操作界面和显示界面分别如图 1-2 和图 1-3 所示。



图 1-2 综合实验平台操作界面



图 1-3 综合实验平台显示界面

1—GPS 天线；2—Wi-Fi 天线；3—3G 天线；
4—智能网关显示屏

实验步骤

1. 启动实验平台

(1) 保证网关烧有 Linux 系统，打开物联网网关电源，稍等片刻后会出现如图 1-4 所示的界面。

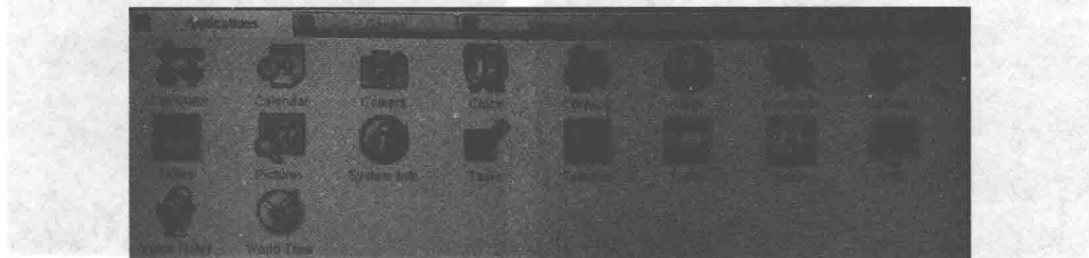


图 1-4 默认的 Linux 系统界面

(2) 单击 Top_ARM 选项卡，然后选择 Top_QT4 选项，则会出现如图 1-5 所示的界面。

(3) 单击“屏幕校准”按钮，校准屏幕的分辨率。

(4) 单击“测试程序”按钮，出现如图 1-6 所示的界面。

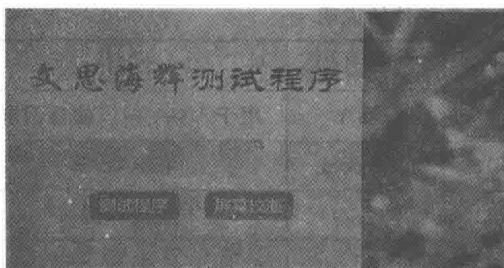


图 1-5 测试界面

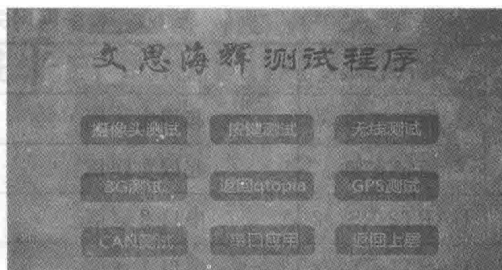


图 1-6 测试程序界面

2. 摄像头测试

(1) 单击“摄像头测试”按钮, 出现如图 1-7 所示的界面。其中, start 按钮表示开始摄影; capture 按钮表示拍照; stop 按钮表示停止; close 按钮表示返回。

(2) 单击 start 按钮, 开始测试摄像头, 如图 1-8 所示。

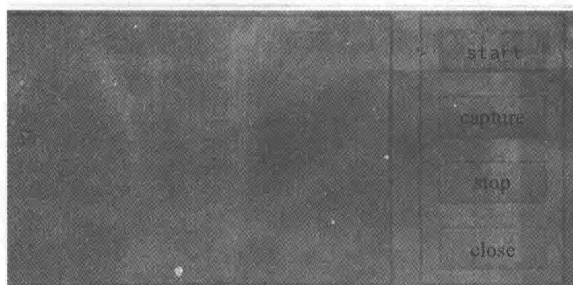


图 1-7 摄像头测试界面



图 1-8 测试摄像头

3. GPS 测试

(1) 在摄像头测试界面中单击 close 按钮, 返回测试程序界面, 单击“GPS 测试”按钮, 出现如图 1-9 所示的界面。其中, BOUND 表示波特率; COM 表示端口; start 按钮表示开始搜星; close 按钮表示返回。

(2) 将 BOUND 选项设置为 4 800, COM 选项设置为 ttySAC3, 单击 start 按钮, 出现如图 1-10 所示的界面。其中, DATA 表示日期; TIME 表示时间; Latitude 表示纬度; Longitude 表示经度。

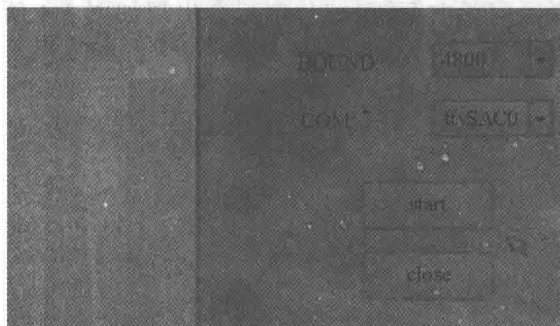


图 1-9 GPS 测试界面

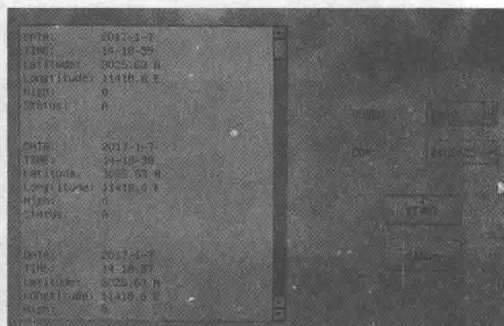


图 1-10 GPS 测试结果

4. 串口测试

(1) 在 GPS 测试界面中单击 close 按钮, 返回测试程序界面, 单击“串口应用”按钮, 出现如图 1-11 所示的界面。其中, dev 表示设备; bound rate 表示波特率; data bit 表示数据位; check bit 表示校验位; stop bit 表示停止位。

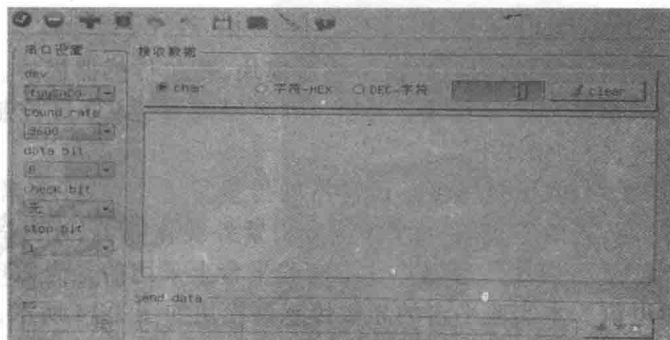


图 1-11 串口测试界面

(2)将 dev 选项设置为 ttySAC3, bound rate 选项设置为 9 600, data bit 选项设置为 8, check bit 选项设置为“无”, stop bit 选项设置为 1, 单击左上角的对号图标, 弹出如图 1-12 所示的对话框, 表示串口设置成功。单击 OK 按钮, 会看到 send data 文本框中的“Hello RealArm!”由灰色变成高亮显示。单击“发送”按钮, 会接收到如图 1-13 所示的信息。

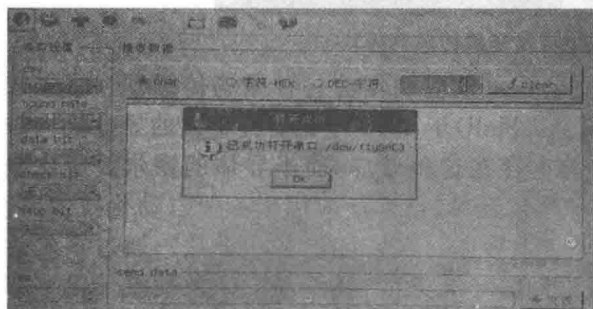


图 1-12 串口设置成功提示

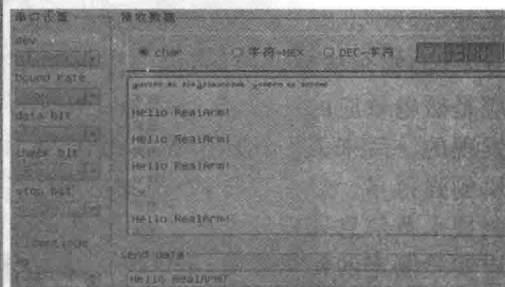


图 1-13 接收数据提示信息

实验二 熟悉综合实验平台传感器模块

实验目的

- (1)熟悉综合实验平台的各种传感器模块。
- (2)了解传感器模块的组网方式。

实验设备

- (1)计算机一台。
- (2)传感器模块。
- (3)USB 转串口线一条。

实验要求

了解各种传感器的原理。

实验原理

本实验平台的传感器模块包括:光敏传感器模块、霍尔传感器模块、温湿度传感器模块、红外传感器模块、烟雾传感器模块、ZigBee 协调器模块、LED 灯控制模块、电动机控制模块和 LED 调光灯控制模块等。

(1)光敏传感器模块:光敏传感器是最常见的传感器之一,其种类繁多,主要有光管、光电倍增管、光敏电阻、光敏三极管、太阳能电池、紫外线传感器、光纤式光电传感器、色彩传感器、CCD 和 CMOS 图像传感器等。本实验平台上采用的是光敏电阻,当光子冲击接合处时就会产生电流。本实验平台的光敏传感器模块如图 1-14 所示。

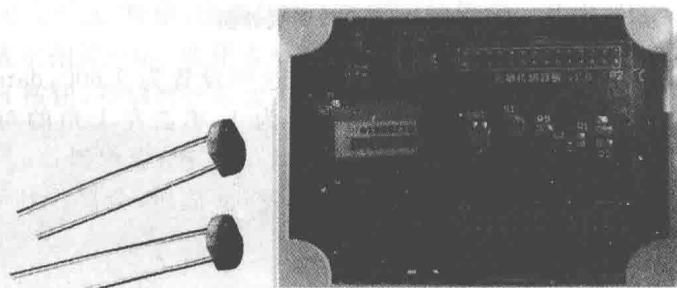


图 1-14 光敏二极管及光敏传感器模块

(2)霍尔传感器模块:霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器。霍尔效应是磁电效应的一种,这一现象是霍尔(A. H. Hall)于 1879 年在研究金属的导电机构时发现的。后来人们发现半导体、导电流体等也存在这种效应,而半导体的霍尔效应比金属的强得多。目前,利用该现象制成的各种霍尔元件,已广泛应用于工业自动化技术、检测技术及信息处理等方面。霍尔效应是研究半导体材料性能的基本方法。通过霍尔效应实验测定的霍尔系数,能够判断半导体材料的导电类型、载流子浓度及载流子迁移率等重要参数。本实验平台的霍尔传感器模块如图 1-15 所示。

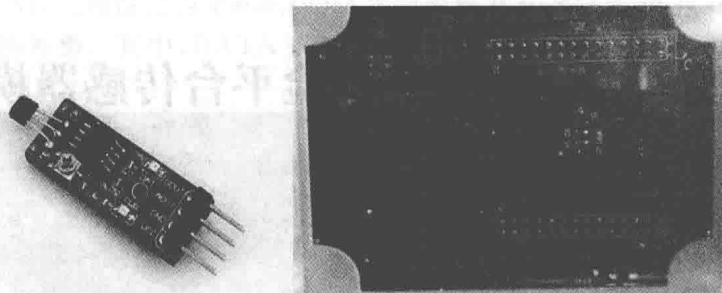


图 1-15 霍尔传感器及霍尔传感器模块

(3)温湿度传感器模块:它采用的是 DHT11 数字温湿度传感器,如图 1-16 所示。该传感器是一款含有已校准数字信号输出的温湿度复合传感器。该传感器包括一个电阻式感湿元件和一个 NTC 测温元件,并与一个高性能的 8 位单片机相连接。因此该产品具有品质高、响应速度快、抗干扰能力强、性价比高等优点。其应用领域包括暖通空调、测试及检测设备、数据记录器、消费品、自动控制、气象站、家电、湿度调节器、医疗器械等。

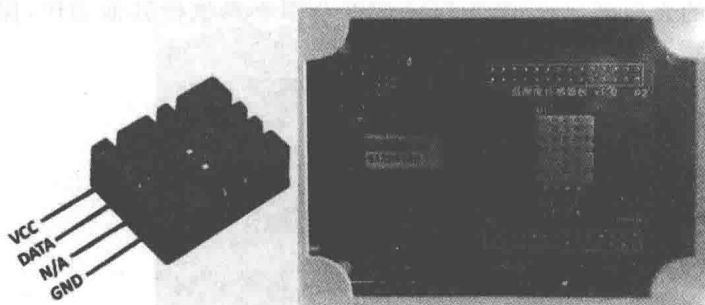


图 1-16 温湿度传感器及温湿度传感器模块

(4) 红外传感器模块: 红外传感系统是以红外线为介质的测量系统, 按功能可分成五类: ①辐射计, 用于辐射和光谱测量; ②搜索和跟踪系统, 用于搜索和跟踪红外目标, 确定其空间位置并对它的运动进行跟踪; ③热成像系统, 可产生整个目标红外辐射的分布图像; ④红外测距和通信系统; ⑤混合系统, 是指以上各类系统中两个或多个系统的组合。按探测原理, 它可分为光子探测器和热探测器。红外传感技术已经在现代科技、国防和工农业等领域获得了广泛的应用。本实验平台的红外传感器模块如图 1-17 所示。

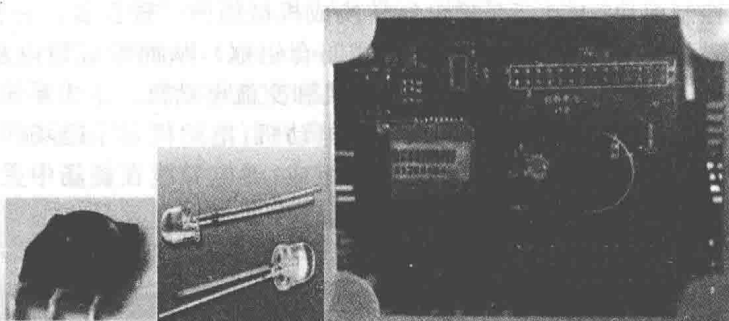


图 1-17 红外交收头、红外二极管及红外传感器模块

(5) 烟雾传感器模块: 通过监测烟雾的浓度来实现火灾防范, 烟雾报警器内部采用离子式烟雾传感器。离子式烟雾传感器是一种技术先进、工作稳定可靠的传感器, 被广泛运用到各种消防报警系统中, 性能远优于气敏电阻类的火灾报警器。本实验平台的烟雾传感器模块如图 1-18 所示。

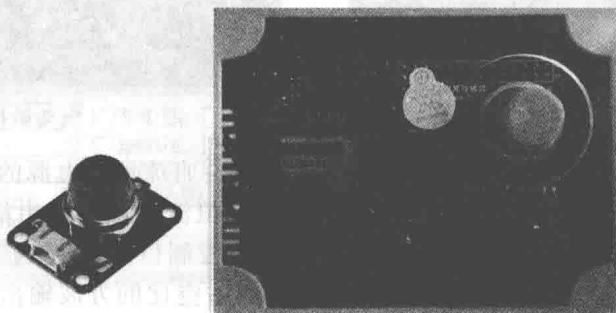


图 1-18 烟雾传感器及烟雾传感器模块

(6) ZigBee 协调器模块: 每个 ZigBee 网络只允许有一个 ZigBee 协调器, ZigBee 协调器首先选择一个信道和网络标识(PAN ID), 然后开始组织这个 ZigBee 网络。ZigBee 协调器是整个网络的开始, 它具有网络的最高权限, 是整个网络的维护者。此外, 它还可以

保持间接寻址用的表格绑定,同时可以设计安全中心和执行其他动作,保持网络其他设备的通信。本实验平台的 ZigBee 协调器模块如图 1-19 所示。

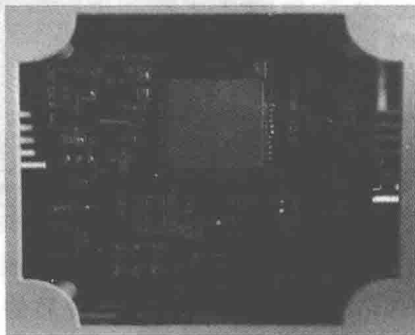


图 1-19 ZigBee 协调器模块

(7) LED 灯控制模块:LED(发光二极管)是镓(Ga)、砷(As)和磷(P)的化合物制成的二极管,当电子与空穴复合时能辐射出可见光,因而可以用来制成发光二极管,在电路及仪器中作为指示灯,或者组成文字、数字显示。本实验平台使用 4 个 LED 灯作为 LED 灯控制模块的指示灯,如图 1-20 所示。

(8)电动机控制模块:电动机是把电能转换成机械能的一种设备。它利用定子(通电线圈)产生旋转磁场并作用于转子(如鼠笼式闭合铝框),从而形成磁电力旋转扭矩。电动机按使用电源的不同,可以分为直流电动机和交流电动机。电力系统中的电动机大部分是交流电动机,可以是同步电动机或异步电动机(电动机定子磁场转速与转子旋转转速不保持同步)。电动机主要由定子与转子组成,通电导线在磁场中受力运动的方向与电流方向和磁感线方向(磁场方向)有关。电动机的工作原理是磁场对电流受力的作用,使电动机转动。本实验平台的电动机控制模块如图 1-21 所示。



图 1-20 LED 灯控制模块



图 1-21 电动机控制模块

(9)LED 调光灯控制模块:该控制模块一般是在直流恒压电源的基础上,再加一级能实现快速电流控制的恒流 DC/DC 转换器(或者在恒流电源的输出端加一级 PWM 斩波开关),以通常为几百赫兹到一千赫兹的斩波频率控制恒流 DC/DC 转换器(或 PWM 斩波开关)在单位周期内的工作时间,从而得到不同占空比的方波输出电流,调节方波输出电流的占空比也就是调节输出电流的平均值,从而改变 LED 灯的亮度。采用 PWM 模式调光,当斩波频率为几百赫兹时,人眼感觉不到闪烁或抖动。本实验平台的 LED 调光灯控制模块如图 1-22 所示。



图 1-22 LED 调光灯控制模块

实验步骤

本实验介绍如何通过温湿度传感器读取温度、湿度数据,实验流程如下。

(1) 打开 IAR EWARM, 选择 Project > Add Existing Project 命令, 在弹出的对话框中双击“实验实训教程\第一章\温湿度传感器\app\sensor\ewb\sensor.ewp”文件。

(2) 将温湿度传感器模块和计算机通过 J-Link 连接。

(3) 在项目名上右击, 选择 Rebuild All 命令, 然后进行编译。

(4) 如果没有错误, 则单击 Download and Debug 按钮下载。

(5) 用 USB 转串口线将温湿度传感器模块和计算机相连, 单击 GO 按钮。

(6) 打开串口调试助手, 观察接收窗口, 如图 1-23 所示。其中, Humidity 表示湿度; Temperature 表示温度。



图 1-23 调试结果