

《传感网应用开发实训》指导书

课程类别：专业必修课

适用对象：物联网工程专业（4 年制）

授课单位：信息与通信学院

独立实践学时：54 学时

一、 实训内容及要求

(一) 综合实训内容

主要实训内容

- (1) 实训仿真系统基础知识
- (2) 空气质量监测系统的构建和仿真
- (3) 气象数据监测系统的构建和仿真
- (4) ZigBee 智能人体监测系统的构建与仿真
- (5) 基于 Proteus 进行 Arduino 嵌入式系统设计基础
- (6) 闪烁 LED 实例
- (7) 键控 LED 实例

(二) 综合实训要求

（实训过程中应完成的各类任务、应达到的标准以及安全意识和纪律要求等）。

实训过程中应完成的各类任务如下：

- (1) 掌握实训仿真系统的环境准备和软件安装
- (2) 完成空气质量监测系统的构建和仿真
- (3) 完成气象数据监测系统的构建和仿真
- (4) 完成 ZigBee 智能人体监测系统的构建与仿真
- (5) 能够基于仿真案例分析感知层数据的采集、有线传输及无线传输过程
- (6) 掌握从采集数据到实际环境数据的计算转换
- (7) 掌握基于 Proteus 进行 Arduino 嵌入式系统设计、仿真、调试的基本方法
- (8) 完成闪烁 LED 实例
- (9) 完成键控 LED 实例

项目达成标准如下：

等级	等级描述
优秀（100 分-90 分）	系统功能不仅满足需求，还有比较新颖的功能。算法非常高效，思路及代码清晰。各设计及需求文档符合格式规范。
良好(89—80 分)	系统功能满足需求，运行效率较高， 算法思路比较好。需求文档、详细设计文档符合格式规范
中等（79 — 70 分）	系统功能满足需求，运行效率可以。

及格(69—60 分)	系统功能基本达到功能需求。
不及格 (60 以下)	系统功能没有达到基本功能需求。

安全意识和纪律要求

- 1、根据实践环节内容特点和实践场所情况，采取地点、时间、人员三方面集中方式组织教学。在地点安排上，采取集中实践方式。在时间安排上，与企业进行的商业项目开发的内容时间节点一致，再根据学校实际所需学生完成的专业课程进行置换。学生实际实践学时须与培养方案规定的学时一致。
- 2、所有实践环节，学生必须完成全部实践任务、独立完成实践报告或设计报告，方可参加考核。考核方式应客观反映学生对实习教学内容的掌握程度和实践能力提升，应有利于激发学生实习兴趣和创新意识。集中进行的实践，成绩考核应在实习结束一周之内完成；成绩依据合作单位兼职指导教师评价进行综合考核。实践成绩按百分制记分。
- 3、学生在实践期间因故（含请假）缺少 1/5 及以上实践学时，不能取得该实践环节的考核资格。
- 4、实践教学团队在院（系）的统一安排下做好实践教学工作。
 - (1)制定实践教学实施方案。
 - (2)组织师生研习实践教学大纲，组织教师认真进行集体备课。
 - (3)执行实践教学大纲、实践教学规范，足额足时完成实践任务，检查实践效果，考核教师工作业绩，总结实践教学工作。
 - (4)负责实践期间的学生实践管理工作，组织学生学习实践守则

等各项规定；严格执行保密规定、安全规定。

(三) 需提交的资料

实训完成后，学生需要提交实操作业、实训报告等。

二、 实训过程

(一) 实训日程

物联网行业实训仿真系统及应用实例（第一周）		
星期一	本周项目介绍与安排 项目知识背景要求 实训仿真系统的环境准备 熟悉实训仿真系统的界面及基本操作	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期二	传感器的使用 传感器的组成 电压输出型传感器和电流输出型传感器 空气质量传感器 空气质量监测系统的搭建	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期三	传感器的使用（续） 空气质量监测系统仿真与数据流分析 传感器数据的转换 数据的有线传输 串行通信接口介绍 气象数据监测系统的构建 气象数据监测系统仿真与数据流分析	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期四	数据的无线传输 相关设备基础知识 智能人体监测系统的构建 智能人体监测系统仿真与数据流分析	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期五	数据的无线传输（续） 智能人体监测系统仿真与数据流分析	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00

Proteus 可视化设计及物联网应用实例（第二周）		
星期一	本周项目介绍与安排 项目知识背景要求 Proteus 软件基础及对 Arduino 的支持 Proteus 可视化设计及环境搭建 Proteus 可视化设计基本操作	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期二	闪烁的 LED 实例 原理图设计 可视化流程图设计 仿真验证	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期三	键控 LED 实例 原理图设计 可视化流程图设计 仿真验证	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期四	流水灯实例 原理图设计 可视化流程图设计 仿真验证	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00
星期五	任务提交及实训报告撰写	上午：9:00-12:00 下午：14:00-18:00

(二) 实训场地

地点	名称	校内	主要设备	备注
实训室	传感网应用开发实训	实验中心	物联网行业实训仿真系统 Proteus EDA 电子设计软件	

(三) 实训步骤

- (1) 物联网行业实训仿真系统安装
- (2) 物联网综合应用实例仿真
- (3) Proteus 8.15 基础操作
- (4) Arduino 开源电子原型平台及扩展板学习

(5) 基于 Proteus 的可视化设计、仿真与调试的学习

(四) 注意事项

(1) 实训仿真系统中的电源选型与连线

(2) 传感器设备的选型与使用

(3) 串行通信接口的规格特点与应用

(4) ZigBee 通信的组网特点

(5) Arduino 单片机可视化设计及仿真

三、 实训报告编写

要求学生实训报告填写实训名称、实训目的、实训要求、作品的设计思路，实训制作的具体步骤。实训报告要求内容详尽，阐述本人在实训过程中运用的方法和具体步骤，给出制作过程中出现的问题和状况以及相应的解决办法，报告要求书写认真，内容真实。

实训报告的评价如下：

1) 优秀（90 分及以上）：实训报告能对实训内容进行全面、系统的总结，并运用所学理论对某些问题进行有一定独立见解的分析； 内容详细，书写认真、效果良好。

2) 良好（80 分到 90 分）：实训报告能对实训内容进行全面、系统的总结，内容详细，书写认真。

3) 中等（70 分到 80 分）：实训报告能对实训内容进行较为全面的总结，内容较详细，书写较认真。

4) 及格（60 分到 70 分）：能完成实训报告，内容基本

正确。

5) 不及格(60 分以下): 未提交实训报告, 或者实训报告马虎潦草、内容有明显错误。

四、 实训学时分配

学时分配: 实训教学总学时数为 XX 学时, 其中讲授学时 XX, 实操 XX。

学时分配表

序号	实 训 内 容	学时	其 中		
			讲授	实操	其他
1	实训仿真系统基础	6	2	4	
2	空气质量检测系统实例	10	4	6	
3	气象数据监测系统实例	10	4	6	
4	ZigBee 智能人体监测系统实例	10	4	6	
5	Proteus 可视化设计基础	6	3	3	
6	闪烁 LED 实例和键控 LED 实例	12	3	9	
学 时 总 计		54	20	34	

五、 参考资料

(一) 实训仿真系统概述

物联网行业实训仿真系统(以下简称实训仿真系统)是一款能够体验物联网系统安装与维护的虚拟实训仿真平台软件。该实训仿真系统支持高真实度的硬件设备与实验过程, 能模拟与实际情况高度贴合的安装维护操作, 并覆盖现阶段物联网行业解决方案中常用的真实硬件设备。实训仿真系统所提供的实验环境可以实现物联网基础与应用的仿真实训教学, 帮助使用者通过基于行业应用案例的实际操作练习切实掌握物联网系统基础知识、硬件设备扩展知识, 熟悉各行业典型物联网应用及解决方案, 并初步锻炼创新的行业物联网系统设计、开发和运维能力。

如下图所示为 NLE 物联网行业实训平台的架构。这是一个软硬件结合的平台，包括 NLECloud 物联网云平台、实训仿真系统（软件）以及实训套件（硬件）三部分。在三者的协同配合下，可以实现物联网基础原理学习、物联网基础操作实训、行业物联网系统设计与仿真，还可以实现基于物联网云平台的案例开发和调试。



图 1 NLE 物联网行业实训平台架构

如图 2 所示，实训仿真系统包括图形化组态应用和硬件数据源仿真两大模块，使其可以在脱离实训套件的情况下独立支撑实验及实训。其中，图形化组态应用模块为底层硬件开发者提供图形化界面的系统定制工具，无需编程、只需通过拖拉连接即可快速完成一个具体物联网应用系统的构建。硬件数据源仿真模块则为上层软件开发者提供虚拟的硬件数据，通过选择不同的硬件组件单元并合理设置数据属性，即可按照所设定的逻辑为上层应用提供仿真数据支撑。通过实训仿真系统，可以直观地观察和体会物联网系统底层的基础工作原理、数据传输流程等。

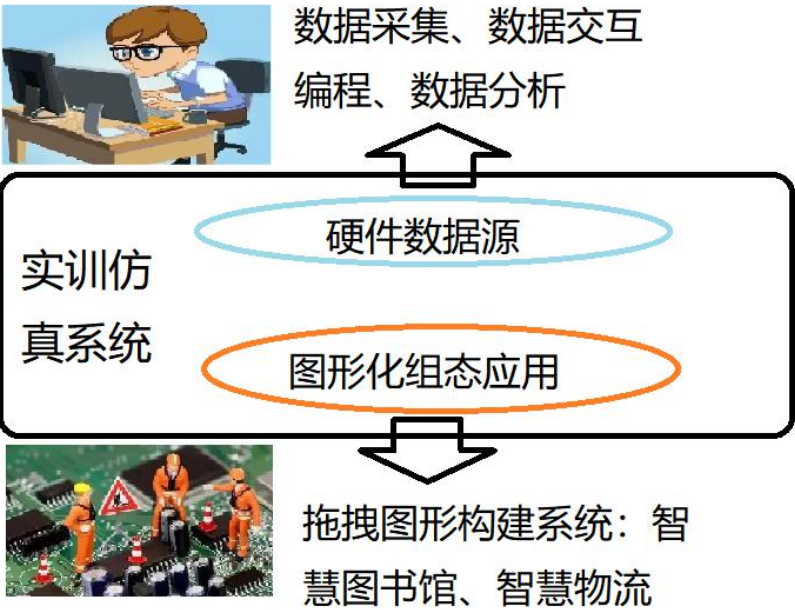


图 2 硬件数据源仿真与图形化组态应用

实训仿真系统也可以与实训套件配合使用,通过软硬件的配合实现真实物联网应用系统的设计、构建、流程运行和效果展示。

(二) 环境准备和软件安装

1. 物联网行业实训仿真系统的安装部署（第一周）

双击安装包“物联网行业实训仿真 v_3.0.2”，按照安装向导的指示完成实训仿真系统的安装，可以将其安装在计算机的系统盘或其他盘。安装完成后，桌面生成软件图标如图 3 所示。

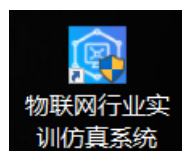


图 3 物联网行业实训仿真系统桌面图标

2. Proteus 8.15 的安装部署（第二周）

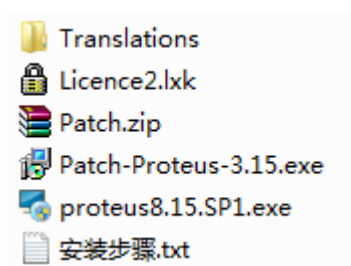



图 4 “Proteus8.15” 安装文件列表

打开文件夹“Proteus8.15”，看到文件夹内文件列表如上图 4。双击  proteus8.15.SP1.exe，按照“安装步骤.txt”的指示完成 Proteus 8.15 的安装。

(三) 预备知识

1. 传感器的使用（空气质量监测系统的构建与仿真）

我们通过一个空气质量监测系统的案例来理解感知层的传感数据采集过程。

1) 传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和转换电路三部分组成，如图 5 所示。

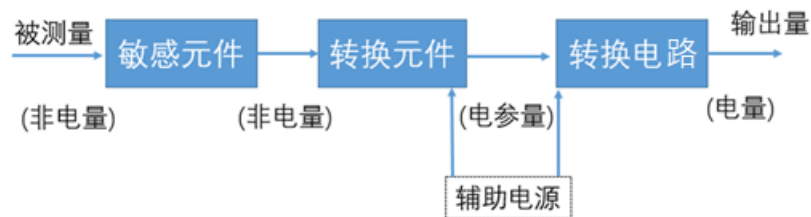


图 5 传感器的组成

(1) 敏感元件：敏感元件是传感器中能直接感受被测量的部分，并输出与被测量成确定关系的物理量。

(2) 转换元件：传感器的敏感元件输出的物理量是非电量（如位移），转换元件将该非电量转换为电信号，便于传输和测量。例如，应变式压力传感器中的电阻应变片可以将应变转换成电阻的变化。

(3) 转换电路：转换电路将电量参数转换成便于测量的电压、电流、频率等电量信号。例如交直流电桥、放大器、振荡器和电荷放大器等。

2) 电压输出型传感器和电流输出型传感器

电压输出型传感器和电流输出型传感器都属于模拟传感器，能将所感知或采集的非电信号（如压力、温度、流量等）转换成单片机可以处理的电模拟信号，如压力传感器、温度传感器、流量传感器等。

电压输出型传感器能将测量信号转换为电压输出，这是模拟信号，再通过模数转换电路转换为数字信号，就能供单片机读取或用于控制单片机。电压输出型

传感器的使用限制有两个：其一，不太适合远距离信号传输的场合。输出的 0~5V 或 0~10V 的电压信号不能远传，远传后线路压降大，导致较大的线路损耗，精确度大大降低；其二，抗干扰能力极差，有时输出的直流电压上还会叠加交流成分，使单片机产生误判，控制出现错误，严重时甚至导致设备损毁。

和电压输出型传感器相比，电流输出型传感器的抗干扰能力更好，传播距离更远。

行业经验：早期的变送器多为电压输出型，由运算放大器直接输出 0~5V 或 0~10V 的电压信号。变送器从传感器发展而来，凡能输出标准信号的传感器就称为变送器。标准信号是物理量的形式和数值范围都符合国际标准的信号。例如，电压信号的范围为 1~5V、0~10V、-10~10V，首选为 1~5V、0~10V；电流信号的标准为 0~10mA、0~20mA、4~20mA，首选为 4~20mA。

电压输出型传感器和电流输出型传感器的工作原理如图 6 和图 7 所示。图中的传感头和变送器合称为传感器。和电压输出型传感器相比，电流输出型传感器在变送器内部多了电压-电流转换装置，在接收终端相应多了电流-电压转换装置（若接收终端直接采集电流，则不需要电流-电压转换装置）。有了电流-电压转换装置，就可以将电压传输改为电流传输，从而利用电流传输相对于电压传输的优点。



图 6 电压输出型传感器的工作原理

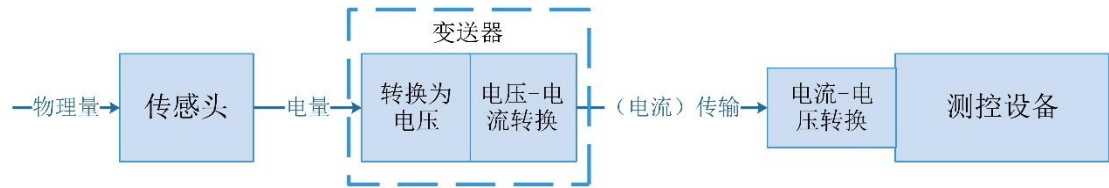


图 7 电流输出传感器的工作原理

3) 空气质量传感器

空气质量传感器可以监测空气中的酒精、香烟、氨气、硫化物等污染气体，具有较高的灵敏度，响应时间快，工作稳定。当所处环境中存在可检测气体时，空气质量传感器的电导率将随空气中污染气体浓度的增加而增大。空气质量传感器使用简单的电路将电导率的变化转换为与污染气体浓度相对应的输出信号。

以 MQ-135 型号空气质量传感器（见图 8）为例，这种传感器使用在清洁空气中电导率较低的二氧化锡（ SnO_2 ）作为气敏材料，灵敏度高，可检测多种有害气体，包括氨气、硫化物、苯系蒸汽、烟雾及其他有害气体，是一款适合多种应用的低成本传感器。MQ-135 可以用在空气质量监测报警、工业有害气体监测报警、空气清新装置、换气扇控制、脱臭器控制等场合。



图 8 MQ-135 型号空气质量传感器

2. 数据的有线传输（气象数据监测系统的构建与仿真）

有线通信是物联网系统中部分设备的常用传输方式，这涉及一些常用设备，包括 485 转 232 设备（485=232 转换器）、模拟量采集器 ADAM-4017+、PC 等。我们预备通过一个气象数据监测系统的案例来巩固实训仿真系统的操作，并理解物联网系统中的有线传输。

计算机之间或计算机与终端之间的数据传送可以采用串行通信和并行通信二种方式。其中，串行通信方式具有使用线路少、成本低等优势，特别是在远程传输时，能较好避免多条线路特性的不一致，因而被广泛采用。串行通信要求通信双方采用一个标准接口，使不同的设备可以方便地连接起来。RS-232、RS-422以及 RS-485 都是串行通信的标准接口，其中，RS-232 和 RS-485 是最常用的。

1) RS-232 接口

图 9 所示为 PC 主机及电视机背部常见到的 RS-232 接口。RS-232 接口应用于数据传输速率在 0~19200bit/s 范围内的通信，可以灵活适应包括 50 bit/s、75 bit/s、110 bit/s、150 bit/s、300 bit/s、600 bit/s、1200 bit/s、2400 bit/s、4800 bit/s、9600 bit/s 以及 19200 bit/s 在内的多种标准传送速率。对于慢速外设，可以选择较低的传送速率；反之，可以选择较高的传送速率。



图 9 生活中的 RS-232 接口

2) RS-422、RS-485 接口以及三种串口的特性对比

针对 RS-232 串口标准的局限性，人们又提出 RS-422 和 RS-485 接口标准。这三种串行通讯接口在工作方式、节点数、最大传输电缆长度、最大传输速率、连接方式以及电气特性等方面的比较见下表表 1。

表 1 RS-232、RS-422 和 RS-485 的比较

标准	RS-232	RS-422	RS-485
工作方式	单端（非平衡）	差分（平衡）	差分（平衡）
节点数	1 收 1 发（点对点）	1 发 10 收	1 发 32 收
最大传输电缆长	约 15	约 1219	约 1219

度/m				
最大传输速率 /(bit/s)		20k	10M	10M
连接方式		点对点（全双工）	一点对多点 （四线制，全双工）	多点对多点 （两线制，半 双工）
电气特性	逻辑 1	-15~-3V	两线间电压差+2~+6V	两线间电压差 +2~+6V
	逻辑 0	+3~+15V	两线间电压差-6~- 2V	两线间电压差 -6~-2V

3) 485=232 转换器

485=232 转换器兼容 RS-232 和 RS-485 标准，其主要功能是将非平衡单端的 RS-232 信号转换为平衡差分的 RS-485 信号，能将 RS-232 通信距离延长至 1.2km，支持 300bit/s~115.2kbit/s 的传输速率。现实中的 485=232 转换器如图 10 所示，由转换头和接线柱两部分组成。

485=232 转换器的特点包括：①双向传输，通信距离可达 1.2km；②无须外接电源，采用串口“电荷泵”驱动方案；③内部带有零延时自动首发转换功能；④I/O 电路自动控制数据流方向。



图 10 485=232 转换器

3. 数据的无线传输（智能人体监测系统的构建与仿真）

感知层的传感器采集到数据后，需要发送给网关等中继设备，仅依赖有线传输技术完成这样的数据传输过程，在空间部署、成本控制、铺设难度等方面都存在局限，无线传输技术的引入则在一定程度上解决了这些难题。我们预备通过一个智能人体监测系统的案例来继续学习实训仿真系统的操作，认识新的物联网设备，并理解物联网系统中的无线传输。

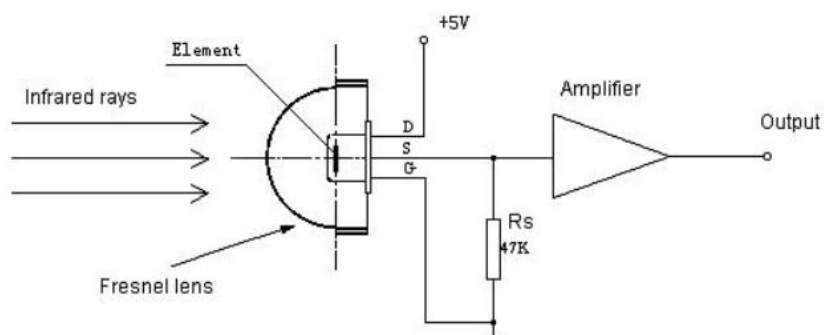
1) 人体红外感应模块（配合 ZigBee 使用）

人体红外感应模块是基于红外线技术的自动控制产品，在各类自动感应电气设备、尤其是以干电池供电的自动控制产品中，都有广泛的应用。图 11 是某人体红外感应模块的外观。



图 11 某人体红外感应模块外观

图 12 所示为人体红外感应模块的原理电路，容易理解，该模块有三根引脚：外接供电电源输入端（VCC 5V）、接地端（GND）以及输出端（Output）。



https://blog.csdn.net/qz_51712037

图 12 人体红外感应模块的原理电路

以人体红外感应模块 HC-SR501 为例，其具有高灵敏度、高可靠性、超低电压工作模式（节能）、性价比高等优势，支持全自动感应，当人进入其感应范围时，输出高电平，当人离开感应范围时，则自动延时关闭高电平，输出低电平。官方参考资料显示，该产品的特性包括：①光敏控制：可设置光敏控制，白天或光线强时不感应；②温度补偿：夏天当环境温度升高至30~32℃时，探测距离稍变短，可以温度补偿技术保证测量精度；③工作电压范围宽：默认工作电压为DC4.5~20V；④输出高电平信号：方便与各类电路实现对接。

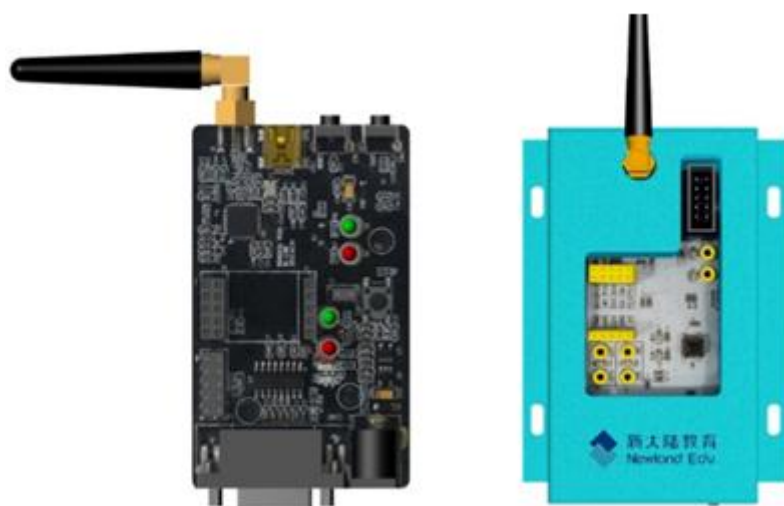
HC-SR501 也存在以下缺点：①容易受各种热源、光源干扰；②被动红外穿透力差，人体的红外辐射容易被遮挡，不易被探头接收；③容易受射频辐射的干扰；④环境温度和人体温度接近时，探测灵敏度明显下降，有时造成短时失灵。

工程师提示：在安装人体红外感应模块时，要注意安装细节，规避不必要的误报。理想的安装位置需要结合项目和物联网系统的具体情况斟酌确定，这里仅列举一些常规通用的注意事项：①尽量避免强光干扰，如太阳直射、正对玻璃门窗的强光反射。②尽量避免环境外部的常规干扰，如走动的人群、流动的车辆等。③尽量避免空气流动的干扰，如要避开冷暖空调出风口、易摆动的大型物体、空气对流区域等。④尽量避免温度变化的干扰，如要避开空调、火炉、暖气等会引起温

度较大变化的冷热源。⑤人体红外感应模块通常采用双元探头，A 元和 B 元探头分别位于较长方向的两端，安装时应使探头双元的方向与人体活动的普遍方向尽量平行。这是为了保证当人体经过时，可以先后被双元探头所感应，这样，红外光谱到达双元探头的时间及距离就有较大的差值，这个差值越大，感应就越灵敏。

2) ZigBee 智能节点盒

本实训用到的 ZigBee 节点有两种，如图 13 所示。其中，图 13 (a) 所示的黑色底板的 ZigBee 节点需要外接 5V 电源工作，图 13 (b) 所示的白色底板的 ZigBee 节点则被置于内置有电池电源的蓝色铝合金外壳中。



(a) 黑色底板

(b) 白色底板

图 13 ZigBee 智能节点

图 13(b) 所示的内置了白色底板的蓝色盒子常承担 ZigBee 网络中 ZED (ZigBee 终端) 的角色，负责采集传感器数据，其被称为 ZigBee 智能节点盒 (注意要与后面介绍的 ZigBee 协调器进行区分)。例如，人体红外感应模块可以与内置电源的蓝色 ZigBee 智能节点盒共同构成人体红外传感 ZigBee 节点。该智能节点盒可直接通过背面的磁铁吸附在工位上。

ZigBee 智能节点盒利用 ZigBee 网络为用户提供无线数据传输功能，支持提供多路输入/输出，其中，2 路为数字量输入/数字量输出，2 路为模拟量输入/数

字量输出，可以广泛应用于家庭/建筑物自动化、工业控制测量和监视、低功耗无线传感器网络等物联网场景的无线数据传输。其无线通信模块采用 TI 的 CC2530 芯片，这是利用 Zigbee 技术组建无线传感器网络时经常会用到的芯片，能以极低的成本建立强大的无线网络节点。ZigBee 智能节点盒提供标准 RS-485 接口，可通过 USB 线连接 PC 进行数据通讯。它可外接电源供电，也可用自带电池供电，适应不同环境的供电方式。

图 14 中，左边为 RS-485 接口（两线，485+和 485-），中间为 USB 接口（Type-B），右边为开关按钮。在外部电源供电模式下，可以通过 USB 接口连接 5V/2.1A 的电源适配器，以通用 220V 电源供电。在未接外部连接线时，将开关按钮拨到“ON”位置，即由内部电池供电。当使用 USB 口连接 PC 端时，如果开关按钮拨到“OFF”位置，则此时绿色灯亮，为通信模式，可进行 ZigBee 设置等；如果开关按钮拨到“ON”位置，则此时红色灯亮，为充电模式，可为内部电池充电。



图 14 ZigBee 智能节点盒背部

3) ZigBee 协调器

图 13(a)所示的黑色底板的 ZigBee 节点需要外接 5V 电源，承担 ZC（ZigBee 协调器）或 ZR（ZigBee 路由器）的角色，用于汇聚来自多个传感器的数据。黑色底板上还配有 RS-232 串口，相比蓝色的 ZigBee 智能节点盒，能更灵活的对接有线设备，以更方便多样的方式传输数据，从而支持其作为 ZigBee 协调器（见图 15）的功能。



图 15 ZigBee 协调器

接通 ZigBee 协调器的电源适配器，可以通过观察 ZigBee 协调器上贴片 LED 的发光情况，来判断协调器功能是否正常。在 ZigBee 协调器正常工作的情况下，电源指示灯 D9 应为常亮，D3、D4 指示灯闪烁表示正在组网，说明 ZigBee 协调器能正常工作。

*企业经验：*使用实训仿真系统时，若需要一个终端传感器用于传输数据，则蓝色的 ZigBee 智能节点盒和黑色底板的 ZigBee 节点均可以选用；若需要能够汇聚多个传感器数据的协调器，则应选用黑色底板的 ZigBee 节点。在软硬件结合的实训中，理论上也可以通过对白色底板的 ZigBee 节点写入协调器代码而将其作为 ZigBee 协调器来使用，但是在实际实验中我们通常将黑色底板的 ZigBee 节点用作协调器。

4) 单联继电器

单联继电器（见图 16）的主要作用是控制继电器所连接的负载（如用于控制灯泡和风扇的启停）。在黑色底板的 ZigBee 节点的配合下，单联继电器可以实现无线控制，如图 17 所示。在单联继电器的背面，IN 代表输入端，连接电源正极；

NO 代表输出端，连接负载正极；COM 连接电源负极和负载负极。这样即可将单联继电器与黑色底板的 ZigBee 节点组装在一起。



图 16 单联继电器



图 17 单联继电器借助 ZigBee 模块实现无线控制