

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



# 物联网技术 实验教程

黄静 戴燕云 王友钊 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 物联网



# 物联网技术实验教程

黄静 戴燕云 王友钊 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书以实验为导向,从三个层次由浅入深介绍了物联网技术应用开发。第1章介绍了物联网技术应用的实践基础,包括传感器的认识和配置、网关的认识和数据接收、定位器的认识、电子标签的认识以及中继网关的认识和组网;第2章介绍了物联网技术的开发型实验,包括传感器的监测和数据传输、网关的数据通信和设计及电子标签的设计;第3章从项目的角度介绍了物联网技术应用的大型项目实验,包括资产的定位和实时盘点、人员的定位、农业大棚的环境监测和调控。

本书可作为高等院校电子信息、电气自动化、计算机等专业的本科生和硕士研究生教材,也可供工程技术人员和高校相关专业师生参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

物联网技术实验教程/黄静等编著. —北京:清华大学出版社,2017

(21世纪高等学校规划教材·物联网)

ISBN 978-7-302-45113-6

I. ①物… II. ①黄… III. ①互联网络—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(2016)第 227227 号

责任编辑:刘 星 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:7.25

字 数:169千字

版 次:2017年1月第1版

印 次:2017年1月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:22.00元

产品编号:066014-01

# 出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程(简称‘质量工程’)”,通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上;精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail:wei jj@tup.tsinghua.edu.cn

# 前言

撰写《物联网技术应用与实践》一书要从中央财政支持地方高校发展专项资金资助的计算机应用技术学科——无线传感网与智能信息处理实验室建设说起,当时走访了很多高校,调研了很多生产实验室设备的企业,一直就有三个想法:一是可不可以不把学生当木偶,让学生可以通过自己的兴趣选择实验的流程和深度;二是能不能复用实验设备,可以给多门课程提供实验服务;三是建设这样一个实验室,能不能给学生做科研提供指导,这就是我们从三个层次由浅入深介绍物联网技术应用开发的初衷。

希望本书的出版可以为无线通信网络技术、现代传感器技术和物联网技术的学习和水平提高做出一点微薄贡献。书中对于网关搭建、传感器选择和二次应用开发都有较深入的介绍,特别适合有志于现代信息技术学习的学生进行循序渐进的学习和验证,也渴望对书中提供示例有独到见解的人与本作者进行互动,教学相长,共同提高。

本书既是理论教学和实验经验的结晶,也是对科学认知的验证和校准,书的撰写过程得到了设备生产企业——杭州广岱科技有限公司的大力支持,他们验证了全部设计实验的整个流程的实现,并无私地提供了书中全部截图,在此深表感谢。还有浙江理工大学 305 实验室的研究生和浙江大学 308 实验室的研究生们对书籍的编撰和校稿倾注了大量心血,一并感谢。书的形成需要作者付出大量心血,也仰仗出版编辑人员的鼎力相助,这几年和清华大学出版社建立了出版教材的协作关系,无论是已交付的成稿,或正在审的稿件,抑或是拟出版的提纲都得到编辑们的帮助,在此致以深深的谢意!

作者

于西子湖畔

2016 年 10 月

# 目 录

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 第 1 章 有源 RFID 层次一——基础型实验 .....    | 1   |
| 实验 1.1 无线传感器的认识 .....             | 1   |
| 实验 1.2 无线传感器配置实验 .....            | 4   |
| 实验 1.3 物联网网关认识实验 .....            | 11  |
| 实验 1.4 物联网网关数据接收实验 .....          | 21  |
| 实验 1.5 激励定位器认识实验 .....            | 24  |
| 实验 1.6 电子标签认识实验 .....             | 34  |
| 实验 1.7 物联网中继网关组网实验 .....          | 39  |
| 第 2 章 有源 RFID 层次二——开发型实验 .....    | 46  |
| 实验 2.1 无线传感器监测数据采集实验 .....        | 46  |
| 实验 2.2 无线传感器数据通信实验 .....          | 54  |
| 实验 2.3 无线传感器设计实验 .....            | 56  |
| 实验 2.4 物联网网关数据通信实验 .....          | 60  |
| 实验 2.5 物联网网关设计实验(无线传感器数据接收) ..... | 69  |
| 实验 2.6 电子标签设计实验 .....             | 75  |
| 实验 2.7 物联网网关设计实验(电子标签数据接收) .....  | 80  |
| 实验 2.8 物联网中继网关设计实验 .....          | 86  |
| 第 3 章 有源 RFID 层次三——项目型实验 .....    | 89  |
| 实验 3.1 资产定位实验 .....               | 89  |
| 实验 3.2 资产实时盘点实验 .....             | 96  |
| 实验 3.3 人员定位实验 .....               | 98  |
| 实验 3.4 农业大棚监测实验 .....             | 100 |
| 实验 3.5 农业大棚环境调控实验 .....           | 101 |
| 参考文献 .....                        | 103 |

# 第

# 1 章

## 有源RFID层次——基础型实验

### 实验 1.1 无线传感器的认识

#### 【实验目标】

(1) 认识无线温湿度传感器、无线土壤湿度传感器、无线土壤温度传感器、无线 CO<sub>2</sub> 传感器和无线照度传感器(室外型)。

(2) 了解传感器的结构,以及如何拆解和组装等简单操作。

(3) 了解电池装配、传感器如何开机、工作状态如何切换等基本操作。

#### 【实验设备】

具体的实验设备如表 1.1 所示。

表 1.1 实验所需设备

| 类别    | 名 称                           | 所需数量 |
|-------|-------------------------------|------|
| 物联网设备 | ZigBee 无线空气温湿度传感器             | 1 个  |
|       | ZigBee 无线 CO <sub>2</sub> 传感器 | 1 个  |
|       | ZigBee 无线土壤温度传感器              | 1 个  |
|       | ZigBee 无线土壤湿度传感器              | 1 个  |
|       | ZigBee 无线照度传感器(室外型)           | 1 个  |
| 其他    | 电池                            | 5 节  |
|       | 吸铁石(或带有磁力的螺丝刀)                | 1 块  |

#### 【实验要求】

(1) 实现功能: 传感器能正常工作, 电池有电。

(2) 实验现象: 切换传感器工作模式时, 指示灯正常显示。

#### 【实验原理】

传感器又称受换器、探测器或检测器, 是获取信息的工具。在国家标准《传感器通用术语》中, 传感器的定义为: 能感受(或响应)规定的被测量并按照一定规律转换成可用输出信号的器件或装置。

按照其用途传感器可分为空气温湿度传感器、土壤温度传感器、土壤湿度传感器、二氧化碳(CO<sub>2</sub>)传感器、照度传感器等。



### 1. 空气温湿度传感器

在自然界中,凡是有水和生物的地方,在其周围的大气里总是含有或多或少的水汽。空气温湿度传感器用来测量空气的温度和湿度。空气湿度传感器依据所用材料的不同,分为电解质型、陶瓷型、半导体型、高分子型等,它们各有特点。

图 1.1 为空气温湿度传感器。传感器包括一个电容性聚合体测湿敏感元件、一个用能隙材料制成的测温元件,并在同一芯片上,与 14 位的 A/D 转换器以及串行接口电路实现无缝连接。因此,该产品具有品质卓越、响应迅速、抗干扰能力强、性价比高等优点。

### 2. 土壤温度传感器

土壤温度(soil temperature)简称地温(ground temperature),是地表温度和地中温度的总称。土壤温度是农业生产中重要的环境因子。土壤温度的测量和研究是小气候观测和农业气象观测中的一项重要内容。土壤温度传感器的输出信号分为电阻信号、电压信号、电流信号。图 1.2 为土壤温度传感器。土壤温度传感器的输出为电压信号。



图 1.1 空气温湿度传感器



图 1.2 土壤温度传感器

### 3. 土壤湿度传感器

土壤湿度,即表示一定深度土层的土壤干湿度程度的物理量,又称土壤水分含量。土壤湿度传感器又名土壤水分传感器或土壤含水量传感器。土壤水分传感器由不锈钢探针和防水探头构成,可长期埋设于土壤和堤坝内使用,对表层和深层土壤进行墒情的定点监测和在线测量。与数据采集器配合使用,可作为水分定点监测或移动测量的工具测量土壤容积含水量,主要用于土壤墒情检测以及农业灌溉和林业防护。图 1.3 为土壤湿度传感器。

### 4. 光照传感器

光照传感器亦称光敏传感器,或称光电式传感器、光电探测器(如图 1.4 所示)。它是一种能量转换器件,是利用各种手段将光能量转换成相应的电信号的器件,即把入射的电磁辐射能量(或称光能)转换成电能,通过对电能的精密测量,了解到该入射辐射能量的大小和性质,探测辐射(或光)能量的存在和所携带的信息。(光)照度指物体被照亮的程度,用单位垂直面积所接受的光通量来表示,单位为勒克斯(lux, lx)。1lux 等于 1lm 的光通量均匀分布于  $1\text{m}^2$  面积上的光照度。

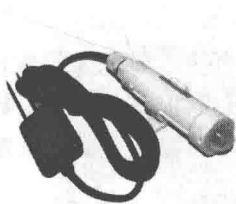


图 1.3 土壤湿度传感器



图 1.4 光照传感器

## 5. CO<sub>2</sub> 传感器

CO<sub>2</sub> 传感器属于气体传感器,是一种将气体中 CO<sub>2</sub> 成分检测出来,并将它转换成电信号的器件或装置,以便测量有关待测气体存在及浓度大小的信息。

图 1.5 为红外二氧化碳(CO<sub>2</sub>)传感器。窄带 NDIR 红外技术采用 LED 和与之相匹配的光电二极管,工作在 4.26 $\mu$ m 窄带区。LED 本身是稳定的长寿命的发光体,且不需要传统钨丝光源所需要的滤光过程。这些固态光学组件再加上参考光电二极管,确保了传感器的长期稳定性和精度。

传感器具体结构如图 1.6 所示。传感器由前盖、前盖内部的传感器、主体、后盖以及主体内部的电路板组成,以空气温湿度传感器为例。

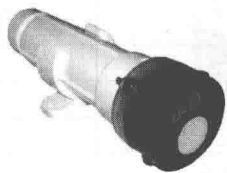
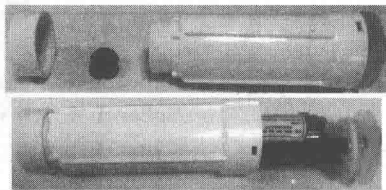
图 1.5 CO<sub>2</sub> 传感器

图 1.6 传感器的具体结构图

### 【实验步骤】

步骤一：观察各传感器外观。

步骤二：拆装传感器并进行电池装配操作,电池安装过程如下：

- (1) 逆时针旋转后盖,然后将其拔出；
- (2) 将里面的电路板拿出来,按照电路板上标注的电池正极,正确放入一节 3.6V 电池；
- (3) 按照缺口位置盖上后盖,并顺时针旋转,使其扣紧。

以下操作将减短电池使用寿命：

- (1) 频繁切换传感器工作状态；
- (2) 传感器工作在快速工作模式；
- (3) 传感器节点的发送周期设置过短。

步骤三：进行传感器开关及工作模式切换操作。

节点有四种工作模式,通过磁铁吸引来切换,如图 1.7 所示。

(1) 正常工作模式：在关机模式下,将磁铁靠近外壳上管状簧管位置 2 秒,待蓝灯开始闪烁,移开磁铁,节点进入正

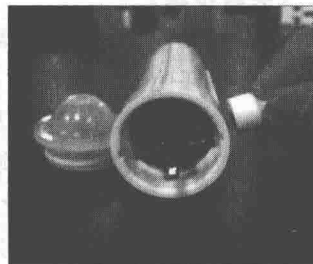


图 1.7 工作模式的切换

常工作模式(按设定的采样周期间歇性工作)。

(2) 参数配置工作模式: 在关机模式下, 将磁铁靠近外壳上管状干簧管位置 4 秒, 待红灯开始闪烁, 移开磁铁, 红、黄、蓝三个 LED 灯交替闪烁, 松开按钮, 节点进入参数配置工作模式。

(3) 快速工作模式: 在关机模式下, 将磁铁靠近外壳上管状干簧管位置 6 秒, 待蓝绿灯开始闪烁, 松开按钮后, 移开磁铁, 节点进入快速工作模式。

(4) 关机模式: 当节点处于正常工作状态、参数配置状态、快速工作状态 3 种状态时, 将磁铁靠近外壳上管状干簧管位置 2 秒, 绿灯开始闪烁后, 松开按钮, 节点进入关机模式。

## 实验 1.2 无线传感器配置实验

### 【实验目标】

- (1) 学习无线传感器配置软件和配套的 USB 驱动安装。
- (2) 学习用传感器配置软件进行无线传感器的参数配置。
- (3) 学习用传感器配置软件进行无线传感器的自检等操作。

### 【实验设备】

具体的实验设备如表 1.2 所示。

表 1.2 实验所需设备

| 类 别   | 名 称                           | 所需数量(每组) |
|-------|-------------------------------|----------|
| 物联网设备 | ZigBee 无线空气温湿度传感器             | 1 个      |
|       | ZigBee 无线 CO <sub>2</sub> 传感器 | 1 个      |
|       | ZigBee 无线土壤温度传感器              | 1 个      |
|       | ZigBee 无线土壤湿度传感器              | 1 个      |
|       | ZigBee 无线照度传感器(室外型)           | 1 个      |
| 其他    | 配置器                           | 1 个      |
|       | 电池                            | 5 节      |
|       | 吸铁石(或带有磁力的螺丝刀)                | 1 块      |

### 【实验要求】

(1) 实现功能: 传感器能正常工作, 电池有电; 计算机能成功安装配置软件及配套驱动; 配置器能通过 USB 配置线与计算机相连。

(2) 实验现象: 通过自检功能能够显示各种传感器数据。

### 【实验步骤】

首先将无线 USB 配置器与计算机相连。通过配置软件将配置器的频率和通信速率与传感器进行匹配。计算机通过配置器向传感器发送配置指令, 实现对传感器的配置工作。

步骤一: 安装配置软件及配套驱动。

(1) 双击打开“CP210x 驱动”, 出现如图 1.8 所示界面。

(2) 单击“安装”按钮, 之后会自动运行至如图 1.9 所示界面。

(3) 单击 Next 按钮, 并选择 I accept the terms of the license agreement 选项, 如图 1.10 所示。

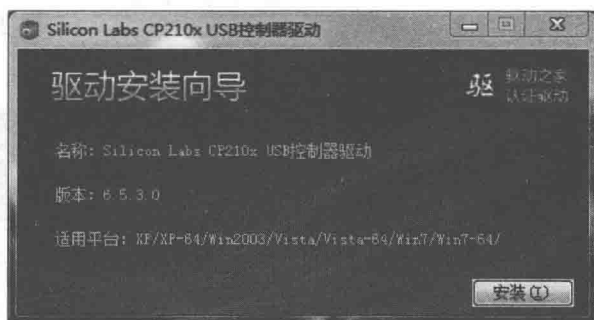


图 1.8 驱动安装界面 1

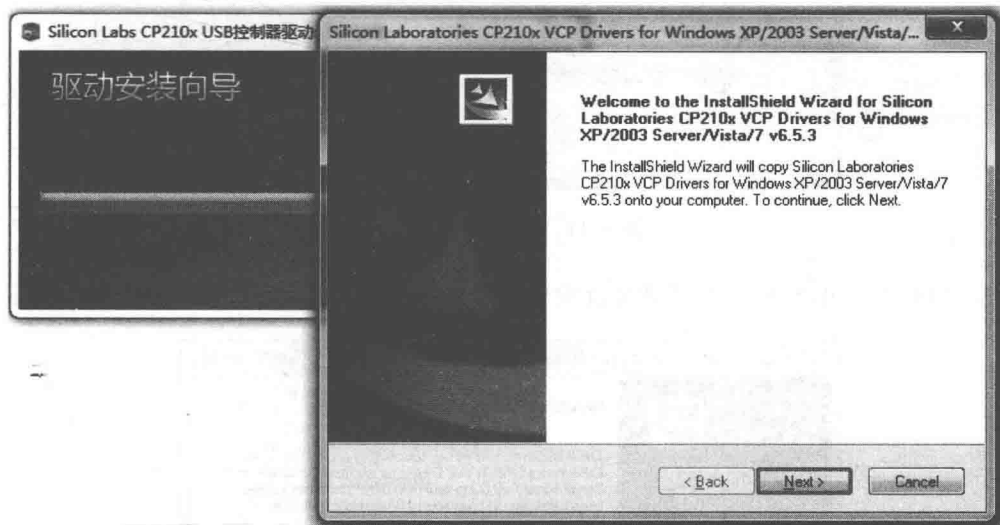


图 1.9 驱动安装界面 2

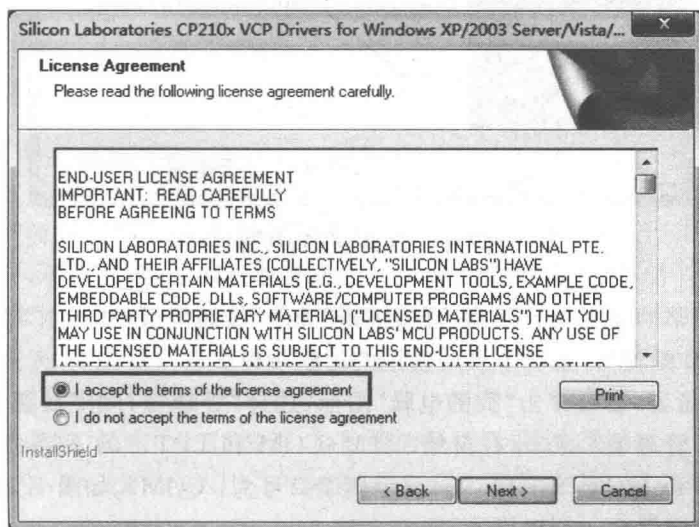


图 1.10 驱动安装界面 3

(4) 单击 Next 按钮, 会出现安装路径选项, 建议安装在默认位置, 并单击 Next 按钮, 如图 1.11 所示。

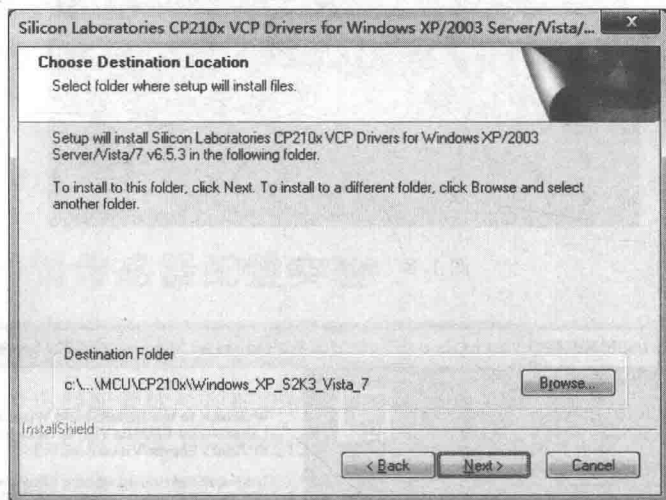


图 1.11 驱动安装界面 4

(5) 单击 Install 按钮, 之后等待驱动安装完成并单击 Finish 按钮即可, 如图 1.12 所示。

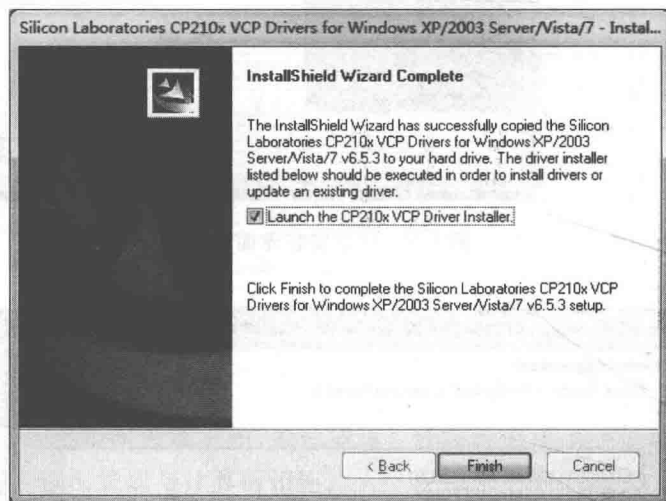


图 1.12 驱动安装完成界面

(6) 此时回到驱动安装向导界面, 直接单击“关闭”按钮即可, 如图 1.13 所示。

(7) 插入 USB 配置器, 查看节点所使用的通信端口。

插入 USB 配置器, 右键单击“我的电脑”图标, 选择“管理”, 打开“计算机管理”对话框, 单击左窗格“设备管理器”, 打开右窗格“端口 (COM 和 LPT)”的下层结构, 查看 Silicon Labs CP210xUSB to UART Bridge 端口, 示例端口号为: COM3, 如图 1.14 所示。

步骤二: 将传感器进入配置模式。

将节点调整到“参数配置”工作模式 (磁铁吸引 4 秒), 红、黄、蓝三个 LED 灯交替闪烁。

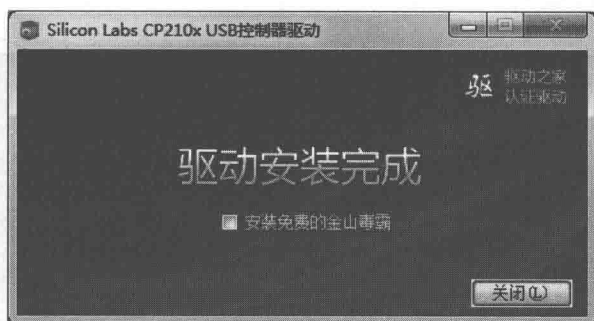


图 1.13 安装退出界面

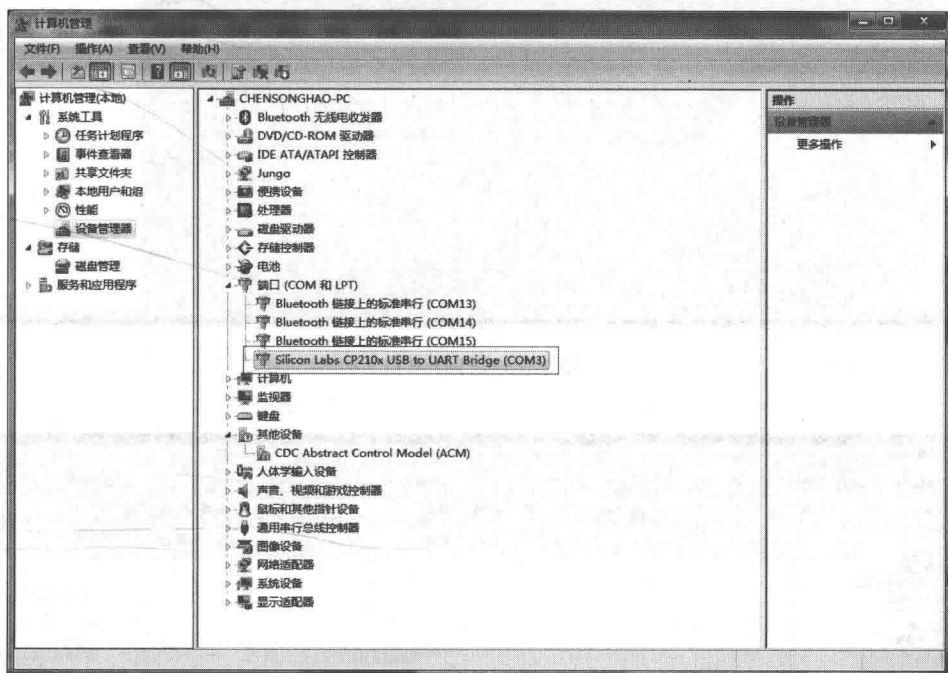


图 1.14 查看端口号

步骤三：通过配置软件对传感器进行配置。

双击配置软件 SCT\_All.exe, 打开配置界面窗口。选择“串口端口”, 单击“打开串口”。如果“串口端口”没有已打开端口, 通过单击“刷新”按钮, 刷新, 如图 1.15 和图 1.16 所示。

端口打开后, 单击右侧的“节点配置模式”, 选择左侧列表中“传感器节点配置”, 再单击主窗口右下方的“获取”按钮, 获取当前传感器数据, 如图 1.17 所示。

点开左侧列表“传感器节点配置”, 选择“传感器基本配置”, 再单击右下角的“获取”按钮, 获取当前传感器参数, 如图 1.18 所示。

修改各项参数后, 单击“设置”按钮, 参数变为绿色后, 配置成功。

注意: ID、PINID、PREPANID 可自行随意配置。周期建议配置为 5 秒, 采样间隔建议保持 1 秒不变。

“传感器高级配置”不建议进行参数修改。

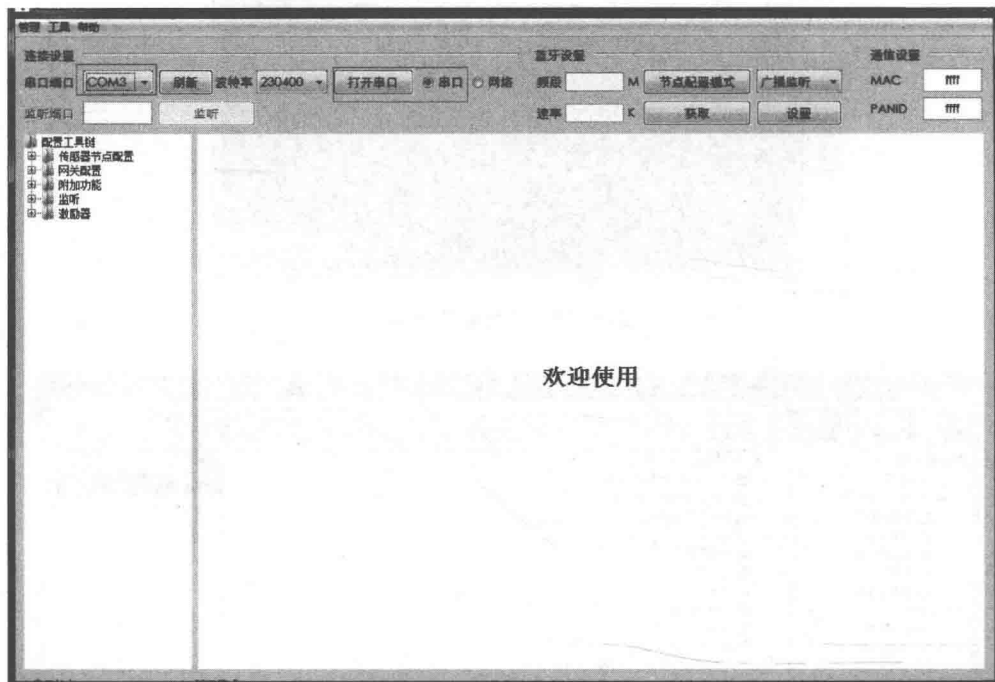


图 1.15 打开串口

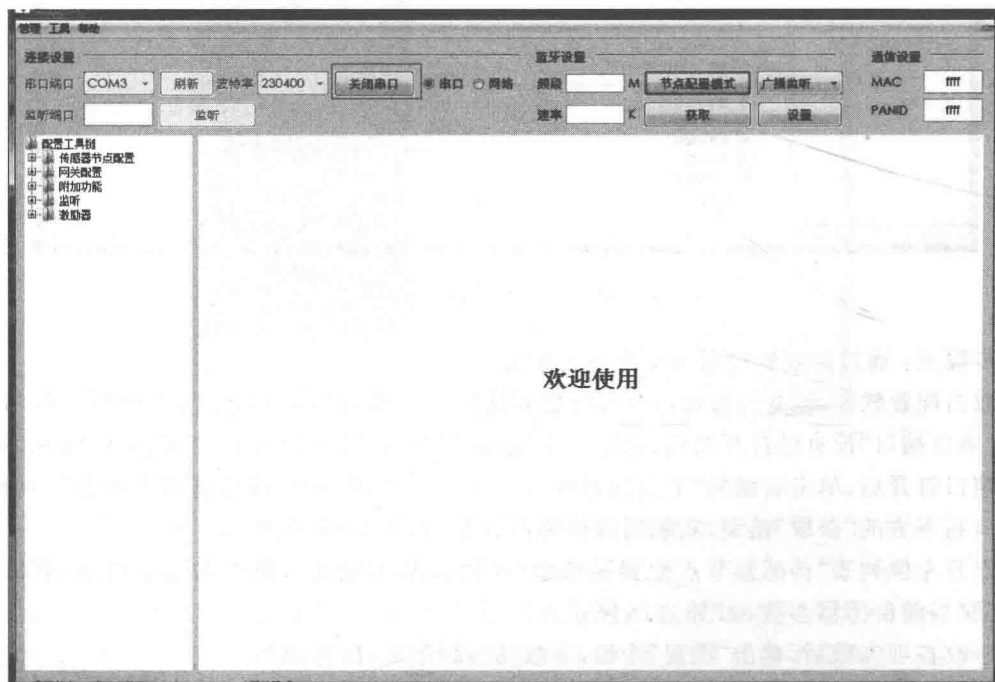


图 1.16 关闭串口

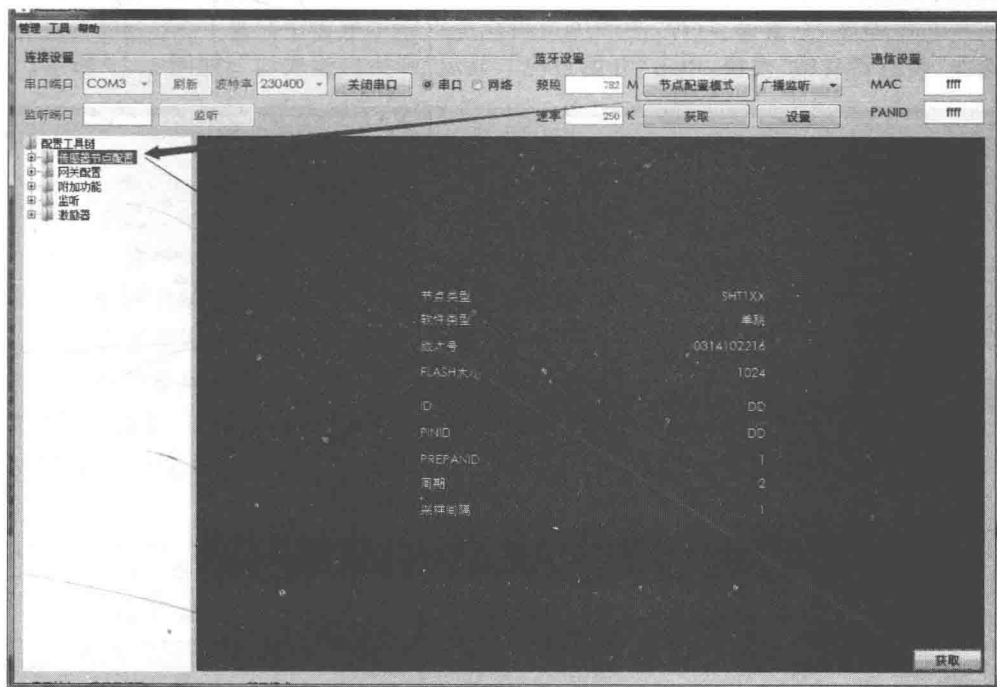


图 1.17 传感器数据

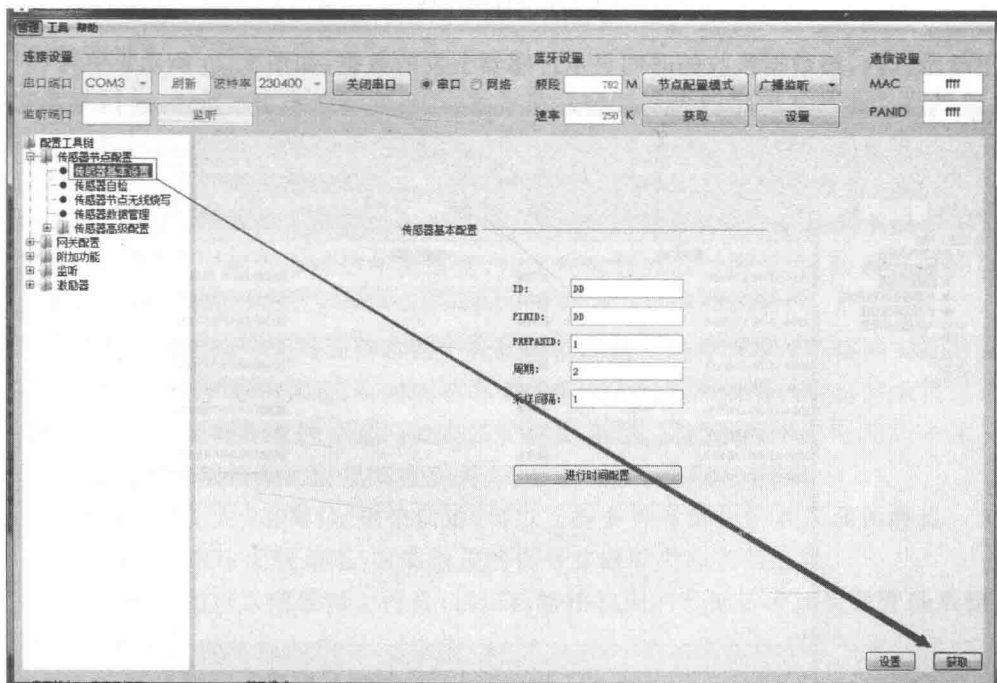


图 1.18 传感器参数



步骤四：传感器自检。

配置完传感器后,通过“自检”来测试传感器是否能正常工作。

选择“传感器自检”模块,单击“开始自检”,显示“开始自检成功”,如图 1.19 所示。

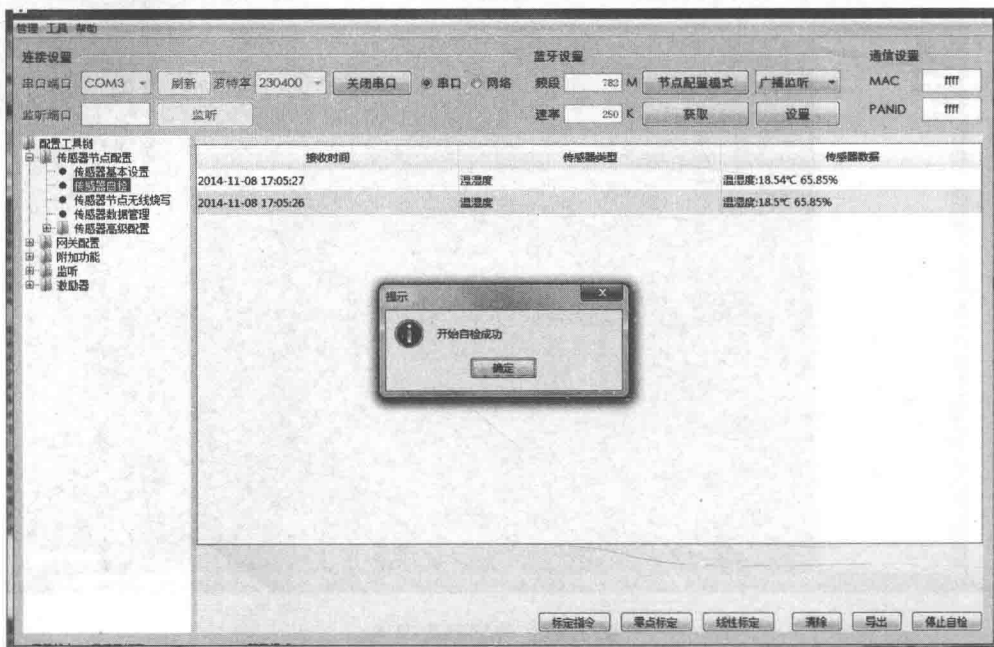


图 1.19 传感器自检

主显示框内,按数据接收的时间显示传感器上发的数据,如图 1.20 所示。



图 1.20 传感器发送的数据