

物联网技术应用与开发“十三五”规划丛书



電子工業出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

面向物联网的 CC2530与传感器应用开发

廖建尚 / 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京•BEIJING

内 容 简 介

本书主要介绍在嵌入式系统和物联网系统中常用的 CC2530 微处理器的接口开发技术, 以及常见传感器的应用开发技术。全书采用任务式开发的学习方法, 精选了 27 个贴近社会和生活的案例, 每个案例均有完整的开发过程, 分别是生动的开发场景、明确的开发目标、深入浅出的原理学习、详细的系统设计过程、详细的软/硬件设计和功能实现过程, 最后进行开发验证和总结拓展, 将理论学习和开发实践结合起来。每个案例均有完整的开发代码和配套 PPT 课件, 读者可以在源代码的基础上快速进行二次开发, 可应用于多个行业。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书, 也可供相关领域的工程技术人员查阅, 对于嵌入式开发、物联网系统开发爱好者, 本书也是一本深入浅出、贴近社会应用的技术读物。

本书提供详尽的源代码及配套 PPT 课件, 读者可登录华信教育资源网 (www.hxedu.com.cn) 免费注册后下载。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

面向物联网的 CC2530 与传感器应用开发/廖建尚编著. —北京: 电子工业出版社, 2018.8

(物联网技术应用与开发“十三五”规划丛书)

ISBN 978-7-121-34658-3

I. ①面… II. ①廖… III. ①无线电通信—传感器 IV. ①TP212

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 141702 号

责任编辑: 田宏峰

印 刷: 三河市君旺印务有限公司

装 订: 三河市君旺印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 25 字数: 640 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 88.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: tianhf@phei.com.cn。

前言

近年来,物联网、移动互联网、大数据和云计算的迅猛发展,慢慢地改变了社会的生产方式,极大地提高了生产效率和社会生产力。工业和信息化部《物联网发展规划(2016—2020年)》总结了“十二五”规划中物联网发展所取得的成就,并提出了“十三五”面临的形势,明确了物联网的发展思路和目标,提出了物联网发展的6大任务,分别是强化产业生态布局、完善技术创新体系、推动物联网规模应用、构建完善标准体系、完善公共服务体系、提升安全保障能力;提出了4大关键技术,分别是传感器技术、体系架构共性技术、操作系统,以及物联网与移动互联网、大数据融合关键技术;提出了6大重点领域应用示范工程,分别是智能制造、智慧农业、智能家居、智能交通和车联网、智慧医疗和健康养老,以及智慧节能环保;指出要健全多层次多类型的物联网人才培养和服务体系,支持高校、科研院所加强跨学科交叉整合,加强物联网学科建设,培养物联网复合型专业人才。该发展规划为物联网发展指出了一条鲜明的道路,同时也可以看出我国在推动物联网应用方面的坚定决心,相信物联网的规模会越来越大。本书基于CC2530微处理器,详细阐述了嵌入式系统和物联网的底层开发技术,采用案例式和任务式驱动的开发方法,旨在大力推动物联网人才的培养。

嵌入式系统和物联网涉及的技术很多,底层和感知层开发需要掌握微处理器外围接口的驱动开发技术,以及相应传感器的驱动开发技术。本书将详细分析基于CC2530和各种传感器的驱动方法,理论知识点清晰,实践案例丰富,带领读者掌握CC2530的接口开发技术。

全书采用任务式开发的学习方法,精选了27个贴近社会和生活的案例,由浅入深地介绍CC2530的接口技术和传感器应用开发技术,每个案例均有完整的开发过程,分别是生动的开发场景、明确的开发目标、深入浅出的原理学习、详细的系统设计过程、详细的软/硬件设计和功能实现过程,最后进行开发验证和总结拓展。每个案例均附有完整的开发代码,读者可在源代码的基础上快速进行二次开发,将其转化为各种比赛和创新创业的案例,不仅可为高等院校相关专业师生提供教学案例,也可以为工程技术开发人员和科研工作人员进行科研项目开发提供较好的参考资料。

第1部分引导读者初步学习微处理器的发展概况,以及物联网和微处理器的关系,学习MCS-51的基本原理、功能,并进一步学习CC2530的原理、功能及片上资源,学习CC2530开发平台的构成及开发环境的搭建,初步探索IAR for 8051的开发环境和在线调试,掌握CC2530开发环境的搭建和调试。

第2部分介绍本书开发项目依托的CC2530的各种接口技术,如GPIO、外部中断、定时器、A/D转换器、电源管理、看门狗、串口和I2C总线,共8个任务,即任务4到任务11,从而实现了8个项目的设计,分别是:应用CC2530微处理器GPIO功能完成信号灯的设计与实现、应用外部中断功能完成键盘按键的设计与实现、应用定时器功能完成电子秒表的设计与实现、应用ADC功能完成万用表电压检测的设计与实现、应用电源管理的低功耗功能完成低功耗智能手环检测的设计与实现、应用看门狗功能完成监测站宕机复位重启的设计与实现、应用串口功能完成智能工厂的设备交互的设计与实现、应用I2C总线功能完成农业大棚温湿度信息采集系统的设计与实现。通过这8个任务的开发,读者可掌握CC2530的接口原理、

功能和开发技术，从而具备基本的开发能力。

第3部分学习各种传感器技术，分别是光照度传感器、气压海拔传感器、空气质量传感器、三轴加速度传感器、红外距离传感器、人体红外传感器、可燃气体传感器、振动传感器、霍尔传感器、光电传感器、火焰传感器、触摸传感器、继电器、轴流风机等，深入学习传感器的基本原理、功能和结构。结合传感器和CC2530开发平台，完成任务13到任务28（共16个任务）的设计，分别是：应用光照度传感器完成温室大棚光照度测量的设计与实现、应用气压海拔传感器完成户外气压海拔测量计的设计与实现、应用空气质量传感器完成室内空气质量检测系统的设计与实现、应用三轴加速度传感器完成电子计步器的设计与实现、应用红外距离传感器完成红外测距系统的设计与实现、应用人体红外传感器完成人体红外报警器的设计与实现、应用可燃气体传感器完成燃气报警器的设计与实现、应用振动传感器完成电动车报警器的设计与实现、应用霍尔传感器完成出租车计价器的设计与实现、应用光电传感器完成生产线计件器的设计与实现、应用火焰传感器完成火灾报警器的设计与实现、应用触摸传感器完成触摸开关的设计与实现、应用继电器完成定时开关插座的设计与实现、应用轴流风机完成笔记本电脑散热器的设计与实现、应用步进电机完成摄像机云台的设计与实现，以及应用RGB灯完成声光报警器的设计与实现。通过16个任务的设计与开发，读者可熟悉传感器的基本原理，并掌握CC2530驱动各种传感器的方法，为综合项目开发打下坚实的基础。

第4部分是综合项目，分别是任务29到任务31（共3个任务），任务29综合应用CC2530、温湿度传感器、继电器等完成农业大棚空气湿度调节系统的软/硬件设计，实现农业大棚湿度自动调节；任务30综合应用CC2530、人体红外传感器、语音合成传感器和LED完成智能语音门铃的软/硬件设计，实现人体识别和语音提示；任务31应用CC2530、按键、步进电机、轴流风机和LED完成多功能晾衣架的软/硬件设计，实现升降，以及风干风扇的开启和关闭。其中，每一个综合项目都遵循科学、系统的开发方法，用任务需求分析、任务实践和任务验证来组织系统的开发。

本书特色有：

- (1) 任务式开发。抛去传统的理论学习方法，通过生动的案例将理论与实践结合起来，通过理论学习和开发实践，快速入门，由浅入深地掌握CC2530和传感器应用开发技术。
- (2) 理论知识和案例实践相结合。将嵌入式系统的开发技术、CC2530接口开发技术、传感器应用技术和生活中的实际案例结合起来，边学习理论知识边开发，快速掌握嵌入式系统和物联网系统开发技术。
- (3) 提供综合项目开发方法。综合项目为读者提供软/硬件系统的开发方法，有需求分析、项目架构、软/硬件设计等，读者可在提供的案例的基础上快速进行二次开发，很方便地将其转化为各种比赛和创新创业的案例，也可以为工程技术开发人员和科研工作人员进行科研项目开发提供较好的参考资料。

本书既可作为高等院校相关专业的教材或教学参考书、自学参考书，也可供相关领域的工程技术人员查阅之用，对于物联网开发的爱好者，本书也是一本深入浅出的读物。

在编写过程中，本书借鉴和参考了国内外专家、学者、技术人员的相关研究成果，我们尽可能按学术规范予以说明，但难免会有疏漏之处，在此谨向有关作者表示深深的敬意和谢意，如有疏漏，请及时通过出版社与作者联系。

本书得到了广东省自然科学基金项目（2018A030313195）、广东高校省级重大科研项目（2017GKTSCX021）、广东省科技计划项目（2017ZC0358）、广州市科技计划项目（201804010262）、广东交通职业技术学院重点科研项目（2017-1-001），以及广东省高等职业教育品牌专业建设项目（2016GZPP044）的资助。感谢中智讯（武汉）科技有限公司在本书编写的过程中提供的帮助，特别感谢电子工业出版社在本书出版过程中给予的大力支持。

由于本书涉及的知识面广，时间仓促，限于笔者的水平和经验，疏漏之处在所难免，恳请专家和读者批评指正。

作 者

2018年7月

目 录

第 1 部分 微处理器基本原理和开发知识

任务 1 微处理器	(2)
1.1 学习场景：微处理器有哪些应用	(2)
1.2 学习目标	(2)
1.3 原理学习：微处理器发展与应用	(3)
1.3.1 微处理器概述	(3)
1.3.2 微处理器的发展与应用	(6)
1.3.3 微处理器和物联网	(10)
1.4 任务小结	(15)
1.5 思考与拓展	(15)
任务 2 MCS-51 微处理器	(16)
2.1 学习场景：MCS-51 微处理器有哪些应用	(16)
2.2 学习目标	(17)
2.3 原理学习：MCS-51 微处理器和 CC2530 微处理器	(17)
2.3.1 MCS-51 微处理器	(17)
2.3.2 CC2530 微处理器	(20)
2.3.3 CC2530 开发平台	(26)
2.3.4 CC2530 开发环境	(29)
2.4 任务实践	(31)
2.5 任务小结	(33)
2.6 思考与拓展	(33)
任务 3 项目开发基本调试	(34)
3.1 开发场景：如何进行项目开发	(34)
3.2 开发目标	(34)
3.3 原理学习：软件开发环境	(35)
3.3.1 IAR for 8051 开发环境	(35)
3.3.2 IAR for 8051 程序调试	(37)
3.4 任务实践：实现一个工程项目	(46)
3.4.1 开发设计	(46)
3.4.2 功能实现	(46)
3.5 任务验证	(47)
3.6 任务小结	(47)
3.7 思考与拓展	(48)



第 2 部分 CC2530 微处理器接口开发技术

任务 4 信号灯的设计与实现	(50)
4.1 开发场景：如何控制信号灯	(50)
4.2 开发目标	(50)
4.3 原理学习：微处理器的 GPIO 功能与应用	(50)
4.3.1 微处理器 GPIO	(50)
4.3.2 CC2530 与 GPIO	(52)
4.3.3 GPIO 的位操作	(54)
4.4 任务实践：信号灯的软/硬件设计	(54)
4.4.1 开发设计	(54)
4.4.2 功能实现	(56)
4.5 任务验证	(58)
4.6 任务小结	(58)
4.7 思考与拓展	(58)
任务 5 键盘按键的设计与实现	(59)
5.1 开发场景：如何检测键盘按键	(59)
5.2 开发目标	(59)
5.3 原理学习：微处理器中断	(59)
5.3.1 中断基本概念与定义	(59)
5.3.2 CC2530 与外部中断	(63)
5.4 任务实践：键盘按键检测的软/硬件设计	(65)
5.4.1 开发设计	(65)
5.4.2 功能实现	(67)
5.5 任务验证	(69)
5.6 任务小结	(69)
5.7 思考与拓展	(69)
任务 6 电子秒表的设计与实现	(70)
6.1 开发场景：如何实现电子秒表	(70)
6.2 开发目标	(70)
6.3 原理学习：定时/计数器	(70)
6.3.1 定时/计数器	(70)
6.3.2 CC2530 与定时器	(72)
6.4 任务实践：电子秒表的软/硬件设计	(77)
6.4.1 开发设计	(77)
6.4.2 功能实现	(78)
6.5 任务验证	(80)
6.6 任务小结	(81)
6.7 思考与拓展	(81)



任务 7 万用表电压检测的设计与实现	(82)
7.1 开发场景：如何使用万用表检测电压	(82)
7.2 开发目标	(82)
7.3 原理学习：A/D 转换器	(83)
7.3.1 A/D 转换器	(83)
7.3.2 CC2530 与 A/D 转换器	(85)
7.4 任务实践：万用表电压检测的软/硬件设计	(88)
7.4.1 开发设计	(88)
7.4.2 功能实现	(90)
7.5 任务验证	(91)
7.6 任务小结	(91)
7.7 思考与拓展	(92)
任务 8 低功耗智能手环的设计与实现	(93)
8.1 开发场景：如何实现低功耗	(93)
8.2 开发目标	(93)
8.3 原理学习：嵌入式电源管理	(94)
8.3.1 电源管理	(94)
8.3.2 CC2530 的电源管理	(96)
8.4 任务实践：低功耗智能手环的软/硬件设计	(98)
8.4.1 开发设计	(98)
8.4.2 功能实现	(100)
8.5 任务验证	(104)
8.6 任务小结	(105)
8.7 思考与拓展	(105)
任务 9 监测站宕机复位重启的设计与实现	(106)
9.1 开发场景：如何实现监测站宕机复位重启	(106)
9.2 开发目标	(106)
9.3 原理学习：看门狗	(106)
9.4 任务实践：监测站宕机复位重启的软/硬件设计	(109)
9.4.1 开发设计	(109)
9.4.2 功能实现	(110)
9.5 任务验证	(113)
9.6 任务小结	(113)
9.7 思考与拓展	(114)
任务 10 智能工厂设备交互的设计与实现	(115)
10.1 开发场景：如何实现设备交互	(115)
10.2 开发目标	(116)
10.3 原理学习：CC2530 串口	(116)
10.3.1 串口	(116)



10.3.2	CC2530 串口	(119)
10.4	任务实践：智能工厂设备交互的软/硬件设计	(125)
10.4.1	开发设计	(125)
10.4.2	功能实现	(126)
10.5	任务验证	(129)
10.6	任务小结	(130)
10.7	思考与拓展	(130)
任务 11	农业大棚温湿度信息采集系统的设计与实现	(131)
11.1	开发场景：如何实现温湿度信息采集	(131)
11.2	开发目标	(131)
11.3	原理学习：I2C 总线和温湿度传感器	(132)
11.3.1	I2C 总线	(132)
11.3.2	温湿度传感器	(135)
11.4	任务实践：温湿度信息采集系统的软/硬件设计	(139)
11.4.1	开发设计	(139)
11.4.2	功能实现	(140)
11.5	任务验证	(147)
11.6	任务小结	(148)
11.7	思考与拓展	(148)
 第 3 部分 基于 CC2530 和常用传感器开发		
任务 12	传感器原理与应用技术	(150)
12.1	学习场景：日常生活中传感器的应用有哪些	(150)
12.2	学习目标	(150)
12.3	原理学习：传感器应用和发展趋势	(150)
12.3.1	传感器简述	(150)
12.3.2	传感器的应用	(157)
12.3.3	传感器技术的发展趋势	(161)
12.3.4	传感器与物联网应用	(164)
12.4	任务小结	(169)
12.5	思考与拓展	(169)
任务 13	温室大棚光照度测量的设计与实现	(170)
13.1	开发场景：如何实现光照度的测量	(170)
13.2	开发目标	(170)
13.3	原理学习：光敏传感器和 I2C 总线	(171)
13.3.1	光敏传感器	(171)
13.3.2	BH1750FVI-TR 光敏传感器	(172)
13.3.3	I2C 总线和光照传感器	(174)
13.3.4	CC2530 驱动 BH1750FVI-TR 光敏传感器	(175)



13.4	任务实践：光照度测量的软/硬件设计	(175)
13.4.1	开发设计	(175)
13.4.2	功能实现	(176)
13.5	任务验证	(180)
13.6	任务小结	(181)
13.7	思考与拓展	(181)
任务 14	户外气压海拔测量计的设计与实现	(182)
14.1	开发场景：如何实现气压高度测量	(182)
14.2	开发目标	(182)
14.3	原理学习：气压海拔传感器原理与测量	(182)
14.3.1	气压海拔传感器	(182)
14.3.2	FBM320 气压海拔传感器	(184)
14.4	任务实践：户外气压海拔测量计的软/硬件设计	(186)
14.4.1	开发设计	(186)
14.4.2	功能实现	(188)
14.5	任务验证	(196)
14.6	任务小结	(196)
14.7	思考与拓展	(196)
任务 15	室内空气质量检测的设计与实现	(198)
15.1	开发场景：如何测量空气质量	(198)
15.2	开发目标	(198)
15.3	原理学习：半导体气体传感器和空气质量传感器	(199)
15.3.1	半导体气体传感器	(199)
15.3.2	MP503 型空气质量传感器	(200)
15.4	任务实践：空气质量检测系统软/硬件设计	(201)
15.4.1	开发设计	(201)
15.4.2	功能实现	(203)
15.5	任务验证	(205)
15.6	任务小结	(205)
15.7	思考与拓展	(205)
任务 16	电子计步器的设计与实现	(207)
16.1	开发场景：如何实现计步器	(207)
16.2	开发目标	(207)
16.3	原理学习：三轴加速度传感器与测量	(208)
16.3.1	人体运动模型	(208)
16.3.2	三轴加速度传感器	(208)
16.3.3	三轴加速度传感器的应用	(209)
16.3.4	LIS3DH 三轴加速度传感器	(210)
16.3.5	计步算法	(213)



16.3.6	获取传感器数据	(214)
16.4	任务实践：电子计步器的软/硬件设计	(216)
16.4.1	开发设计	(216)
16.4.2	功能实现	(218)
16.5	任务验证	(222)
16.6	任务小结	(223)
16.7	思考与拓展	(223)
任务 17	红外测距系统的设计与实现	(224)
17.1	开发场景：如何用红外距离传感器测量距离	(224)
17.2	开发目标	(224)
17.3	原理学习：距离传感器与测量	(225)
17.3.1	距离传感器	(225)
17.3.2	Sharp 红外距离传感器	(226)
17.4	任务实践：红外测距系统的软/硬件设计	(228)
17.4.1	开发设计	(228)
17.4.2	功能实现	(229)
17.5	任务验证	(231)
17.6	任务小结	(232)
17.7	思考与拓展	(232)
任务 18	人体红外报警器的设计与实现	(233)
18.1	开发场景：如何实现人体红外报警	(233)
18.2	开发目标	(233)
18.3	原理学习：人体红外传感器与测量	(234)
18.3.1	人体红外传感器	(234)
18.3.2	热释电红外传感器	(235)
18.3.3	AS312 型热释电红外传感器	(237)
18.4	任务实践：人体红外报警器的软/硬件设计	(237)
18.4.1	开发设计	(237)
18.4.2	功能实现	(239)
18.5	任务验证	(241)
18.6	任务小结	(242)
18.7	思考与拓展	(242)
任务 19	燃气报警器的设计与实现	(243)
19.1	开发场景：如何实现可燃气体传感器的报警	(243)
19.2	开发目标	(243)
19.3	原理学习：可燃气体传感器与测量	(244)
19.3.1	可燃气体传感器	(244)
19.3.2	MP-4 可燃气体传感器	(246)
19.4	任务实践：燃气报警器的软/硬件设计	(247)



19.4.1	开发设计	(247)
19.4.2	功能实现	(248)
19.5	任务验证	(250)
19.6	任务小结	(251)
19.7	思考与拓展	(251)
任务 20	电动车报警器的设计与实现	(252)
20.1	开发场景：如何实现电动车报警器	(252)
20.2	开发目标	(252)
20.3	原理学习：振动信号和振动传感器测量	(252)
20.3.1	振动信号	(252)
20.3.2	振动传感器	(253)
20.4	任务实践：电动车报警器的软/硬件设计	(255)
20.4.1	开发设计	(255)
20.4.2	功能实现	(256)
20.5	任务验证	(258)
20.6	任务小结	(259)
20.7	思考与拓展	(259)
任务 21	出租车计价器的设计与实现	(260)
21.1	开发场景：如何实现出租车计价器的设计	(260)
21.2	开发目标	(260)
21.3	原理学习：霍尔传感器与测量	(260)
21.3.1	霍尔传感器	(260)
21.3.2	AH3144 型霍尔传感器	(262)
21.4	任务实践：出租车计价器的软/硬件设计	(263)
21.4.1	开发设计	(263)
21.4.2	功能实现	(264)
21.5	任务验证	(266)
21.6	任务小结	(267)
21.7	思考与拓展	(267)
任务 22	生产线计件器的设计与实现	(268)
22.1	开发场景：如何实现生产线计件器	(268)
22.2	开发目标	(268)
22.3	原理学习：光电传感器与应用	(268)
22.3.1	光电传感器	(268)
22.3.2	光电开关的原理	(269)
22.3.3	光电传感器的应用	(270)
22.4	任务实践：生产线计件器的软/硬件设计	(271)
22.4.1	开发设计	(271)
22.4.2	功能实现	(273)



22.5	任务验证	(274)
22.6	任务小结	(275)
22.7	思考与拓展	(275)
任务 23	火灾报警器的设计与实现	(276)
23.1	开发场景：如何实现火焰探测	(276)
23.2	开发目标	(276)
23.3	原理学习：光电效应和火焰传感器	(276)
23.3.1	火焰传感器	(276)
23.3.2	火焰传感器分类	(277)
23.3.3	接收管和光电效应原理	(279)
23.4	任务实践：火灾报警器的软/硬件设计	(280)
23.4.1	开发设计	(280)
23.4.2	功能实现	(282)
23.5	任务验证	(284)
23.6	任务小结	(284)
23.7	思考与拓展	(284)
任务 24	触摸开关的设计与实现	(285)
24.1	开发场景：如何实现触摸开关	(285)
24.2	开发目标	(285)
24.3	原理学习：触摸开关和触摸传感器	(285)
24.3.1	触摸开关	(285)
24.3.2	触摸屏简介	(286)
24.3.3	电容式触摸开关	(289)
24.4	任务实践：触摸开关的软/硬件设计	(290)
24.4.1	开发设计	(290)
24.4.2	功能实现	(292)
24.5	任务验证	(294)
24.6	任务小结	(295)
24.7	思考与拓展	(295)
任务 25	定时开关插座的设计与实现	(296)
25.1	开发场景：如何实现定时开关插座	(296)
25.2	开发目标	(296)
25.3	原理学习：继电器的原理和应用	(296)
25.3.1	电磁继电器的原理	(297)
25.3.2	继电器的开关分类	(298)
25.3.3	继电器的作用	(298)
25.3.4	继电器的种类	(298)
25.4	任务实践：定时开关插座的软/硬件设计	(299)
25.4.1	开发设计	(299)



25.4.2 功能实现	(301)
25.5 任务验证	(302)
25.6 任务小结	(303)
25.7 思考与拓展	(303)
任务 26 笔记本电脑散热器的设计与实现	(304)
26.1 开发场景：如何实现笔记本电脑散热器	(304)
26.2 开发目标	(304)
26.3 原理学习：轴流风机和应用	(305)
26.3.1 轴流风机	(305)
26.3.2 GM0501PFB3 型轴流风机	(308)
26.4 任务实践：笔记本电脑散热器的软/硬件设计	(308)
26.4.1 开发设计	(308)
26.4.2 功能实现	(310)
26.5 任务验证	(312)
26.6 任务小结	(313)
26.7 思考与拓展	(313)
任务 27 摄像机云台的设计与实现	(314)
27.1 开发场景：如何实现摄像机云台	(314)
27.2 开发目标	(314)
27.3 原理学习：步进电机原理与应用	(315)
27.3.1 步进电机基本概念	(315)
27.3.2 步进电机工作原理	(316)
27.3.3 步进电机控制方法	(318)
27.3.4 四相五线步进电机	(319)
27.4 任务实践：摄像机云台的软/硬件设计	(319)
27.4.1 开发设计	(319)
27.4.2 功能实现	(321)
27.5 任务验证	(324)
27.6 任务小结	(324)
27.7 思考与拓展	(324)
任务 28 声光报警器的设计与实现	(325)
28.1 开发场景：如何实现声光报警器	(325)
28.2 开发目标	(325)
28.3 原理学习：声光报警器和 RGB 灯	(325)
28.3.1 声光报警器	(325)
28.3.2 RGB 灯原理	(326)
28.4 任务实践：声光报警器的软/硬件设计	(326)
28.4.1 开发设计	(326)
28.4.2 功能实现	(328)



28.5 任务验证	(330)
28.6 任务小结	(331)
28.7 思考与拓展	(331)

第 4 部分 综合应用项目开发

任务 29 农业大棚空气湿度调节系统的设计与实现	(334)
---------------------------------------	-------

29.1 开发场景：如何实现空气湿度调节	(334)
29.2 开发目标	(334)
29.3 任务需求分析	(335)
29.3.1 项目解读	(335)
29.3.2 项目功能分解	(336)
29.3.3 项目技术化	(337)
29.4 任务实践：空气湿度调节系统的软/硬件设计	(337)
29.4.1 项目架构	(338)
29.4.2 硬件设计	(338)
29.4.3 软件设计	(340)
29.5 任务验证	(347)
29.5.1 项目测试	(347)
29.5.2 项目功能验证	(347)
29.5.3 验证效果	(348)
29.6 任务小结	(350)
29.7 思考与拓展	(350)

任务 30 智能语音门铃的设计与实现	(351)
---------------------------------	-------

30.1 开发场景：如何实现智能语音门铃	(351)
30.2 开发目标	(351)
30.3 任务需求分析	(352)
30.3.1 项目解读	(352)
30.3.2 项目功能分解	(352)
30.3.3 项目技术化	(353)
30.4 任务实践：智能语音门铃的软/硬件设计	(353)
30.4.1 项目架构	(354)
30.4.2 硬件设计	(354)
30.4.3 软件设计	(358)
30.5 任务验证	(362)
30.5.1 项目测试	(362)
30.5.2 项目功能验证	(362)
30.5.3 验证效果	(363)
30.6 任务小结	(363)
30.7 思考与拓展	(363)



任务 31 多功能晾衣架的设计与实现	(364)
31.1 开发场景：如何实现多功能晾衣架	(364)
31.2 开发目标	(364)
31.3 任务需求分析	(364)
31.3.1 项目解读	(365)
31.3.2 项目功能分解	(365)
31.3.3 项目技术化	(365)
31.4 任务实践：多功能晾衣架的软/硬件设计	(366)
31.4.1 项目架构	(366)
31.4.2 硬件设计	(367)
31.4.3 软件设计	(370)
31.5 任务验证	(375)
31.5.1 项目测试	(375)
31.5.2 项目功能验证	(375)
31.5.3 验证效果	(375)
31.6 任务小结	(376)
31.7 思考与拓展	(376)
参考文献	(377)