



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材



P ractice Guide for Intelligent Lighting Technology

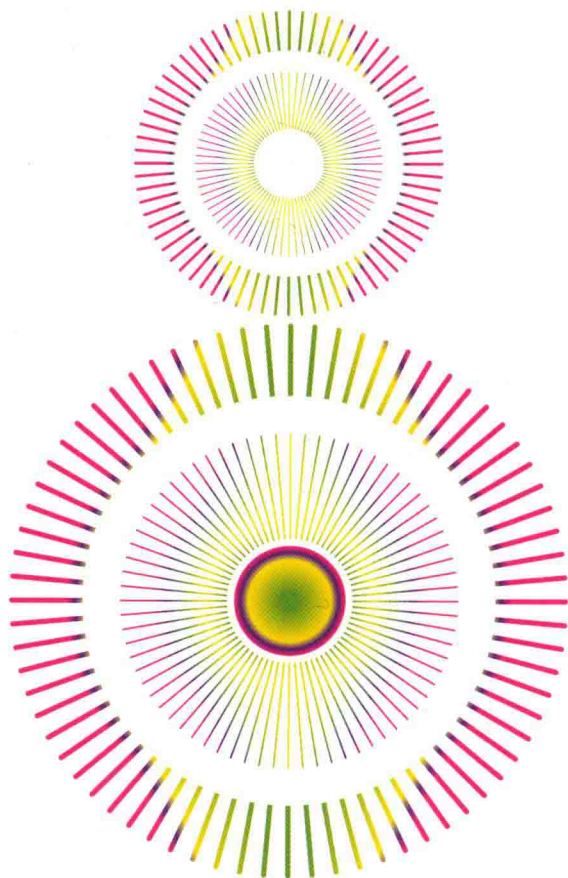
智能照明技术 实践教程

王敏 主编

Wang Min

王宁 王巍 陈云军 编著

Wang Ning Wang Wei Chen Yunjun



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材
高等学校电子信息类专业系列教材

Practice Guide for Intelligent Lighting Technology

智能照明技术 实践教程

王敏 主编

Wang Min

王宁 王巍 陈云军 编著

Wang Ning Wang Wei Chen Yunjun

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书依托智能照明技术开发平台对智能照明的系统开发、硬件开发、软件开发、调光调色实现方法、故障远程监测方法进行了详尽的分析与说明。本书从教研开发和培训教学入手,以实验过程和实验现象为主导,循序渐进、由浅入深地介绍智能照明平台的硬件模块的设计原理和实现方法、软件设计流程和实现方法,采用C语言作为控制器编程语言,讲解了各功能的设计方法,并给出了源代码。

本书共分4章,分别为智能照明技术开发平台概述、基础性实验、设计性实验和综合性实验,有具体的实验步骤讲解和实现功能的程序流程图和语句,可以直接用于相关产品的科研开发和培训教学。本书详细介绍了每一个实验的实验目的、实验内容、实验原理和实验步骤,每个实验后有思考题供读者练习,加深读者对实验内容的理解。

通过对本实验平台指导书的学习,读者可以掌握单片机在智能照明中的开发应用方法,理解并掌握智能照明的编程方法和思路,并对物联网的概念、组网方式有一定的理解,掌握基于物联网的智能照明实现的软硬件设计及实现的方法。

本书适用于光源与照明、物联网、电子类专业本科生作为智能照明、单片机开发、物联网等课程的实验教材使用,同时可以作为本科生和研究生参加相关专业设计大赛的参考资料。

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

智能照明技术实践教程/王敏主编. —北京:清华大学出版社,2017

(高等学校电子信息类专业系列教材)

ISBN 978-7-302-46398-6

I. ①智… II. ①王… III. ①照明—智能控制—控制系统—高等学校—教材 IV. ①TU113.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第023644号

责任编辑:梁颖 王冰飞

封面设计:李召霞

责任校对:李建庄

责任印制:何芊

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

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

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

印装者:三河市春园印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:11.5

字 数:281千字

版 次:2017年6月第1版

印 次:2017年6月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:35.00元

产品编号:073373-01

高等学校电子信息类专业系列教材

一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科学技术大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

一 编审委员会

主任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科学技术大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委员	王志华	清华大学	宋梅	北京邮电大学
	韩焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢泉	贵州大学	卞树檀	第二炮兵工程大学
	吴瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中科院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团
	蒋晓瑜	装甲兵工程学院	蔡毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	谢凯年	赛灵思公司
	刘铁根	天津大学	张伟刚	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	宋峰	南开大学
	苑立波	哈尔滨工程大学	靳伟	香港理工大学
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

序

FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统设备的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来电子信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高【2012】4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是为推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

前言

PREFACE

在能源和环境问题日益严重的今天,LED 作为新的照明光源,因其突出的低能耗、使用寿命长等特点受到越来越多的关注。本书以智能照明技术开发平台为研究对象,供读者学习和研究关于智能照明的控制和单片机开发的问题,同时可以掌握物联网组网、不同协议转化的网关概念及其软硬件设计与实现方法。本书从教研开发和培训教学入手,以实验过程和实验现象为主导,循序渐进、由浅入深地介绍智能照明技术开发平台的软件和硬件、使用 C 语言为单片机编程的方法和各种功能的实现,同时掌握物联网的概念、多种有线和无线通信协议,了解不同协议的组网方式、不同协议的软硬件设计方法与实现方法。

本书中的所有程序均以智能照明技术开发平台实现的功能和实验现象为根据,分析软硬件设计原理与实现方法,用 C 语言编写实验程序实现相应功能,帮助读者从实际操作和应用中理解和掌握该开发平台的软硬件资源,掌握智能照明的实现方法、理解物联网的概念和实现方法。本书中的大部分内容均来自作者科研及教学工作实践,内容涵盖作者多年来对该平台经验总结的精华。

本书内容组织

本书内容共分 4 章,分别为智能照明技术开发平台、基础性实验、设计性实验和综合性实验。

第 1 章是智能照明技术开发平台概述。首先介绍的是硬件,从开发平台的总体架构开始介绍,让读者对智能照明技术开发平台有一个总体的认识,又分别介绍了开发平台的各个模块,包括主控制器、中控制器和传感器,并配有开发平台实物图供读者参考学习;其中,中控制器完全符合智能终端硬件的概念,同时可以实现智能硬件的功能。智能照明技术开发平台选用的是瑞萨单片机,瑞萨电子新的 16 位单片机 RL78/I1A 专为照明设计,拥有单芯片实现 AC/DC 转换、PFC、LED 控制和通信的功能,最大程度实现系统集成性,降低整体成本并增加 LED 系统的附加价值等特点,本章对单片机 RL78/I1A 也做了简要介绍。本章还介绍了开发平台的软件资源,瑞萨官方提供的程序编译软件是 CubeSuite+,并利用 Renesas-E1 仿真器进行在线调试和程序下载,书中对 CubeSuite+ 和 Renesas-E1 仿真器的操作和应用做了详细介绍。

第 2 章是基础性实验,本章共分为 3 节,包括 RL78/I1A 入门实验、大功率 LED 控制实验和基于网络的 LED 单灯控制实验。目的是让读者通过这些实验熟悉和掌握开发平台的资源,对瑞萨单片机及外围接口的基本知识及基本原理有一个全面的了解和掌握,熟悉和掌握 CubeSuite+ 开发环境,熟悉和掌握相关传感器和智能照明常用协议,并对智能照明的开发流程有个初步的了解。

第3章是设计性实验。设计性实验是在读者对这门课程有了基础了解、做完基础性实验的前提下,为了对知识点有更深、更系统的掌握而开设的。本章共分为5节,主要内容是实现基于5种不同网络协议的LED群组控制。目的是让读者更加深入地了解 and 掌握照明控制网络的构建与数据传输过程,掌握多种通信协议的软硬件实现方法,理解物联网的概念。

第4章是综合性实验。在学习智能照明课程之后,利用所学的理论、技术和方法进行综合的设计,对多个理论、技术或方法进行验证。学生自行设计实验数据表格,自行对实验数据进行分析,通过对实验数据的分析验证课程所涉及的理论的正确性,理解物联网的架构。

本书提供每个实验的相关程序供读者参考学习,程序可在清华大学出版社网站(www.tup.com.cn)搜索下载。

本书适用于光源与照明、物联网、电子类专业本科生作为智能照明、单片机开发、物联网等课程的实验教材使用,同时可以作为本科生和研究生参加相关专业设计大赛的参考资料,例如各类电子设计大赛、光源与照明类设计大赛、智能家居类大赛、物联网大赛等。

本书由王敏担任主编,并负责全书的设计和编撰。本书在设计过程中得到了光源与照明专家牛萍娟的指点和帮助,在编写过程中,朱亚林工程师和徐珊珊同学提出了很多宝贵的意见和帮助,对此表示衷心的感谢。由于水平有限,书中难免存在不妥或失误之处,欢迎广大专家和读者批评指正。

编 者

2017年3月

目录

CONTENTS

第 1 章 智能照明技术开发平台概述	1
1.1 开发平台的硬件资源	1
1.1.1 开发平台的总体架构	1
1.1.2 RL78/I1A 单片机	3
1.2 开发平台的软件资源	8
1.2.1 CubeSuite+ 的安装	8
1.2.2 CubeSuite+ 的操作说明	12
1.3 开发平台的操作说明	19
第 2 章 基础性实验	20
2.1 RL78/I1A 入门实验	20
2.1.1 LED 流水灯实验	20
2.1.2 数码管显示实验	23
2.1.3 LED 点阵显示实验	27
2.1.4 单片机中断实验	32
2.1.5 A/D 转换实验	40
2.1.6 串口通信实验	45
2.2 大功率 LED 控制实验	50
2.2.1 大功率 LED 单色调光实验	50
2.2.2 大功率 LED 调色实验	57
2.2.3 基于传感器的照明控制实验	62
2.2.4 基于电压检测的 LED 故障报警实验	66
2.3 基于网络的 LED 单灯控制实验	71
2.3.1 基于 DALI 协议的 LED 单灯控制实验	71
2.3.2 基于 DMX512 协议的 LED 单灯控制实验	87
2.3.3 基于电力线载波的 LED 单灯控制实验	94
2.3.4 基于 RS485 协议的 LED 单灯控制实验	100
2.3.5 基于 Zigbee 网络的 LED 单灯控制实验	106
2.3.6 基于 WiFi 网络的 LED 单灯控制实验	112
第 3 章 设计性实验	119
3.1 基于 DALI 协议的 LED 群组控制实验	119
3.2 基于 DMX512 协议的 LED 群组控制实验	124
3.3 基于电力线载波的 LED 群组控制实验	128
3.4 基于 RS485 协议的 LED 群组控制实验	133

3.5 基于 Zigbee 协议的 LED 群组控制实验	137
第 4 章 综合性实验	143
4.1 多网络融合实验	143
4.2 网关设计实验	150
附录 A 主控制器使用说明	157
A.1 概述	157
A.2 硬件资源	157
A.3 注意事项	164
附录 B 中控制器使用说明	165
B.1 概述	165
B.2 硬件资源	166
B.3 实验操作说明	168
参考文献	174

1.1 开发平台的硬件资源

1.1.1 开发平台的总体架构

智能照明技术开发平台是以单片机为核心,由各种主控制器、中控制器和传感器组成,配套有详细的实验讲义和丰富的应用实例,可以直接用于相关产品的科研开发和培训教学。为了方便大家学习,并且能够循序渐进、由浅入深、全面地提高程序设计能力和彻底掌握单片机的开发,采用了模块独立设计思想,使其非常灵活,给学习者充分发挥想象的空间。各模块之间用杜邦线、排线等连接组合。

本开发平台包括主控制器、中控制器和传感器三大类模块。开发平台实物图如图 1-1 所示。

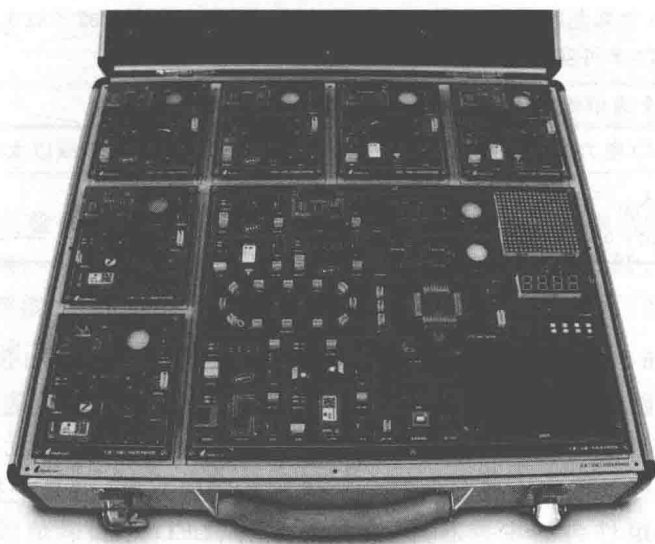


图 1-1 开发平台实物图

1. 主控制器

主控制器的角色为中央主控制器,可以单独对智能灯进行控制,同时还可以作为开发平台的主控单元通过网络对各中控制器进行控制;主要组件包括主控芯片、通信模块(与计算

机主机和各种中控制器通信)、LED 灯、数码管、点阵、串口扩展模块、触摸屏、拨码开关、电位器、按键和传感器插座(兼容本实验平台所有传感器)等资源,如图 1-2 所示。主控制器能够实现中控制器(使用不同通信协议的中控制器)之间的协议转换。主控制器硬件规格如表 1-1 所示。

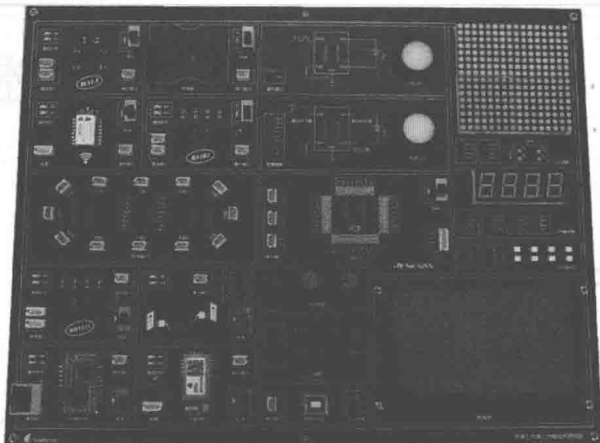


图 1-2 主控制器

表 1-1 主控制器硬件规格

项 目	描 述
LED	一个 1W 白光 LED, 一个 3W RGB LED
处理器	R5F107DE-GSP
外设	4.3 寸彩色触摸屏, 4 位数码管, 8 个 LED 灯, 8 个按键, 32×32 LED 点阵, 一个总线扩展, 3 个可变电阻
传感器	一个通用传感器插口, 任意插接某一个传感器模块
通信	PLC(电力线载波通信)、Zigbee、DMX512、DALI、WiFi、有线以太网、Bluetooth
电源	输入: 85~264VAC, 47~63Hz 输出: 5VDC/6A

2. 中控制器

中控制器共有 6 种, 分别是 PLC、Zigbee、DMX512、DALI、WiFi 和 RS485。中控制器是完美地体现了智能硬件的概念, 可配置多种传感器, 具有独立的运算能力和不同的网络接口。中控制器可独立工作, 也可组网使用。一般主控制器作为主控单元, 发起通信, 而中控制器作为服务器端可以接收主控单元的命令执行并回传数据, 但是中控制器不可以主动发起通信。其主要组件包括主控芯片、液晶显示屏、LED 灯和通信模块等, 如图 1-3 所示。每个中控制器均配置标准传感器接口, 可以兼容实验平台提供的所有传感器。中控制器可以独立完成本终端 LED 灯的手动和自动(通过传感器)控制, 也可以与主控制器及其他中控制器组网, 实现多种网络相关实验。每个中控制器都配置一个液晶显示屏和多个按键, 可以在实验中对控制参数进行配置, 实现人机交互。中控制器硬件规格如表 1-2 所示。

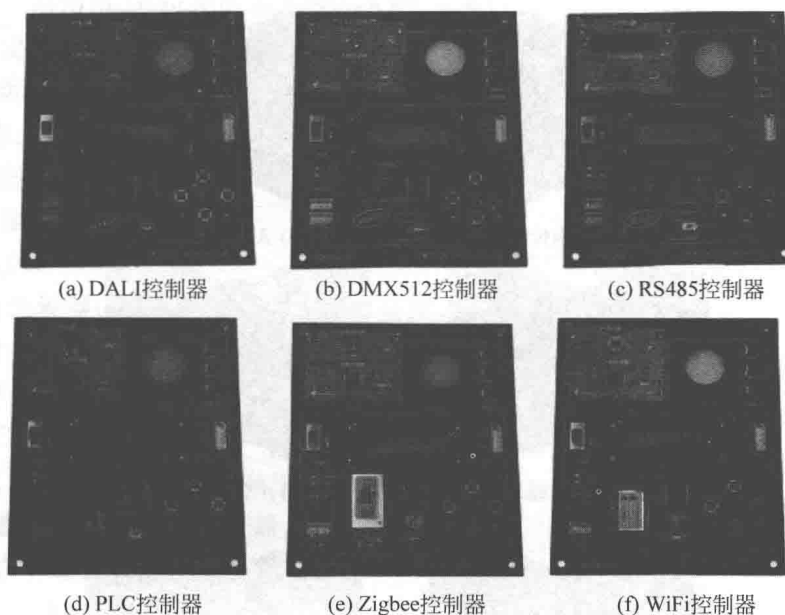


图 1-3 中控制器

表 1-2 中控制器硬件规格

项 目	描 述
LED	一个 3W RGB LED
处理器	R5F107AE-GSP
外设	两行 16 字符文本 LCD, 4 个按键
传感器	一个通用传感器插口, 任意插接某一个传感器模块
通信	PLC(电力线载波通信)、Zigbee、DMX512、DALI、WiFi、RS485
电源	输入: 5VDC/0.5A

3. 传感器

传感器模块是实验平台的信息采集组件,主控制器或中控制器根据传感器终端采集的数据对灯进行智能控制。每个传感器模块主要组件包括主控芯片、传感器、复位键和标准接口。本实验平台可支持照度、声音、人体热释电、色彩、温/湿度和距离传感器,如图 1-4 所示。

传感器硬件规格如表 1-3 所示。

表 1-3 传感器硬件规格

项 目	描 述
敏感源	光敏二极管、驻极体话筒、人体传感器、红外测距
处理器	R5F1076C-GSP
电源	输入: 5VDC/0.5A

1.1.2 RL78/I1A 单片机

瑞萨电子是全球首屈一指的微控制器供应商和高级半导体解决方案的首选供应商,产品包括微控制器、SoC 解决方案和各种模拟与功率器件。2010 年 4 月,NEC 电子公司和瑞

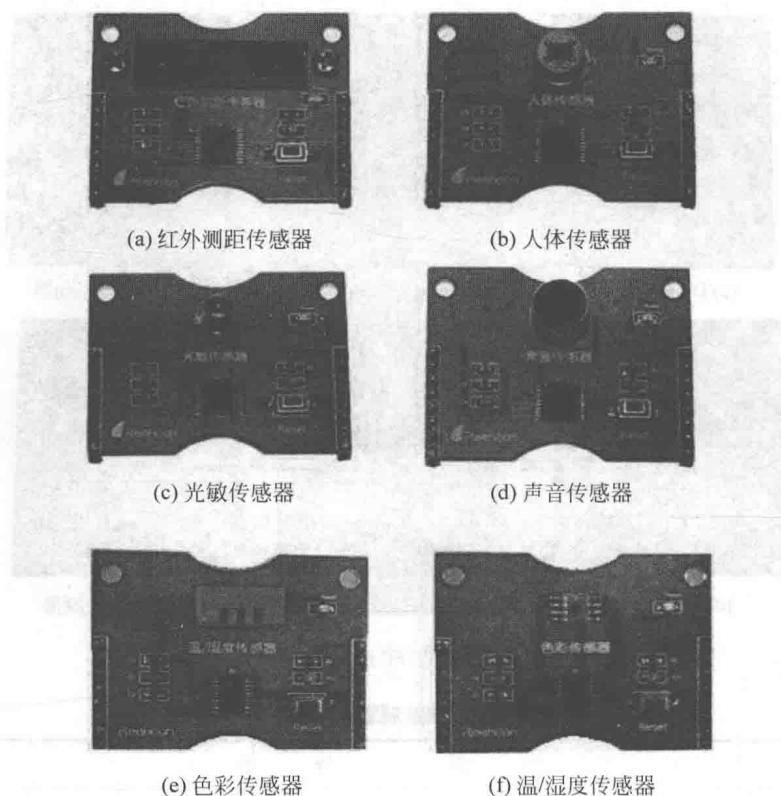


图 1-4 传感器

萨科技公司合并成立了瑞萨电子,公司业务覆盖了面向各种应用的研究、开发、设计与制造。瑞萨电子总部设在日本,在全球 20 多个国家均设有分公司。

在能源和环境问题日益严重的今日,LED 作为新型照明光源,因其突出的低能耗,使用寿命长等特点受到越来越多的关注。瑞萨电子新的 16 位单片机 RL78/I1A 专为照明设计,拥有单芯片实现 AC/DC 转换、PFC、LED 控制和通信的功能,最大程度实现系统集成性,降低整体成本并增加 LED 系统的附加价值等特点。

1. RL78/I1A 单片机的特点

(1) 操作时钟。

① 1~32MHz(当使用高速片上振荡器时钟时)。

② 32.768kHz(当使用副系统时钟时)。

(2) 通用寄存器: 8 位×32 个寄存器(8 位×8 个寄存器×4 组)。

(3) ROM 为 32/64KB, RAM 为 2/4KB, 数据闪存为 4KB, 如表 1-4 所示。

表 1-4 RL78/I1A 系列

Flash ROM	数据闪存	RAM	RL78/I1A		
			20 引脚	30 引脚	38 引脚
64KB	4KB	4KB	—	R5F107AE	R5F107DE
32KB	4KB	2KB	R5F1076C	—	—

(4) PWM 输出用 16 位定时器 KB0~KB2 及 KC0。

① 16 位定时器 KB0~KB2: 最大 6 输出(3 通道×2)。

② 软启动功能、抖动功能、强制输出停止功能(通过比较器或外部中断)和支持 PFC 控制的交织功能。

③ 平均分辨率 1ns 输出,64MHz(当使用 PLL)+抖动选项。

④ 16 位定时器 KC0(3 通道)。

⑤ 通过连锁 16 位定时器 KB0、KB1 和 KB2 的 PWM 输出门控功能。

(5) 内置比较器(4~6 通道)/可编程增益放大器(1 通道)。

(6) 内置单电源闪存(具有禁止块擦除/写入功能)。

(7) 支持自编程功能(具有引导交换功能/闪存屏蔽窗口功能)。

(8) On-Chip 调试功能。

(9) 上电复位(POR)电路和电压检测电路(LVD)。

(10) 内置乘除法器 and 乘加法器。

(11) 内置十进制调整(BCD)电路。

(12) 输入/输出端口: 13~29。

(13) 串行接口。

① CSI, UART, I²C(SM/PM 总线)。

② UART 支持照明通信用的 DALI 和 DMX512。

(14) 8/10 位分辨率 A/D 转换器(VDD=2.7~5.5V): 6~11 通道。

(15) 电源电压: VDD=2.7~5.5V。

(16) 运行环境温度: TA=-40~+105℃, TA=-40~+125℃(开发环境下)。

2. 引脚图及引脚名称

本开发平台的主控制器、中控制器和传感器终端的 MCU 均使用 RL78/I1A 系列单片机,其中主控制器采用 R5F107DE 芯片(图 1-5),中控制器采用 R5F107AE 芯片(图 1-6),传感器终端采用 R5F1076C 芯片(图 1-7),不同级别控制器采用同一系列单片机,既增强了系统的统一性,又使开发变得简单,减短了开发时间,节约了开发成本,同时有利于学生对单片机的学习与掌握。

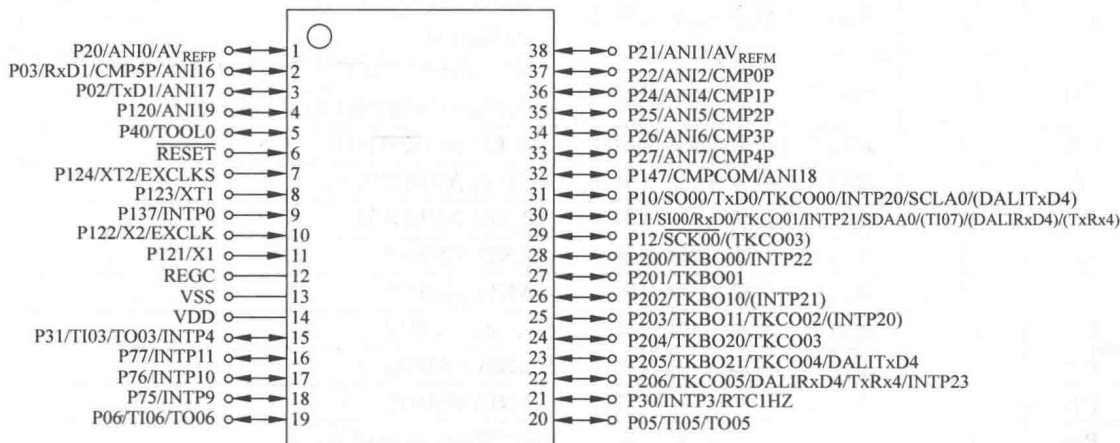


图 1-5 R5F107DE 芯片引脚图

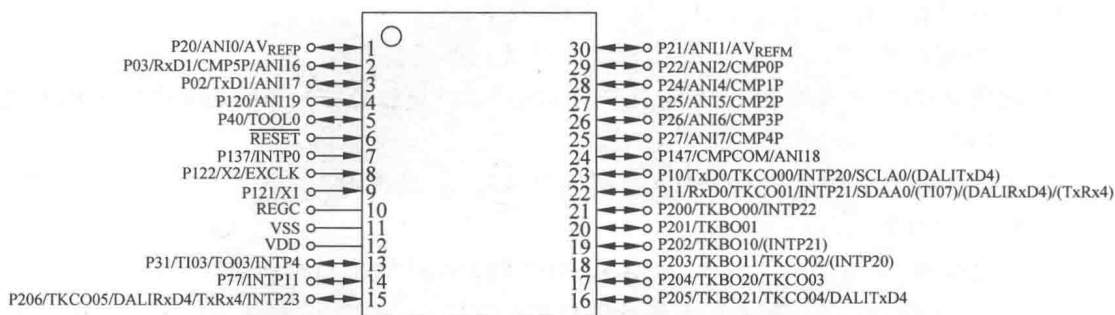


图 1-6 R5F107AE 芯片引脚图

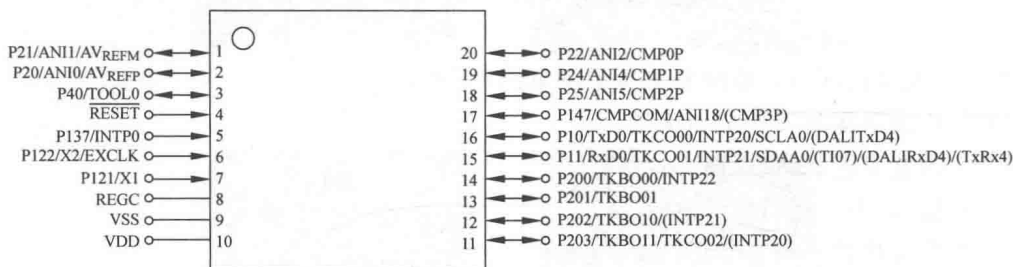


图 1-7 R5F1076C 芯片引脚图

3. 引脚功能

主控制器控制芯片、中控制器控制芯片、传感器控制芯片的引脚功能分别如表 1-5~表 1-7 所示。

表 1-5 主控制器控制芯片 38pin 产品

名称	编号	引脚功能	复用功能
P02	3	端口 0,4 位输入/输出端口	TxD1/ANI17
P03	2	端口 0,4 位输入/输出端口	RxD1/CMP5P/ANI16
P05	20	端口 0,4 位输入/输出端口	TI05/TO05
P06	19	端口 0,4 位输入/输出端口	TI06/TO06
P10	31	端口 1,3 位输入/输出端口	SO00/TxD0/TKCO00/INTP20/SCLA0/ (DALITxD4)
P11	30	端口 1,3 位输入/输出端口	SI00/RxD0/TKCO01/INTP21/SDAA0/ (TI07)/(DALIRxD4)/(TxRx4)
P12	29	端口 1,3 位输入/输出端口	SCK00/(TKCO03)
P20	1	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI0/AVREFP
P21	38	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI1/AVREFM
P22	37	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI2/CMP0P
P24	36	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI4/CMP1P
P25	35	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI5/CMP2P
P26	34	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI6/CMP3P
P27	33	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI7/CMP4P
P30	21	端口 3,2 位输入/输出端口	INTP3/RTC1HZ

续表

名称	编号	引脚功能	复用功能
P31	15	端口 3,2 位输入/输出端口	TI03/TO03/INTP4
P40	5	端口 4,1 位输入/输出端口	TOOL0
P75	18	端口 7,3 位输入/输出端口	INTP9
P76	17	端口 7,3 位输入/输出端口	INTP10
P77	16	端口 7,3 位输入/输出端口	INTP11
P120	4	端口 12,1 位输入/输出端口	ANI19
P121	11	端口 12,4 位输入端口	X1
P122	10	端口 12,4 位输入端口	X2/EXCLK
P123	8	端口 12,4 位输入端口	XT1
P124	7	端口 12,4 位输入端口	XT2/EXCLKS
P137	9	端口 13,1 位输入专用端口	INTP0
P147	32	端口 14,1 位输入/输出端口	CMPCOM/ANI18
P200	28	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO00/INTP22
P201	27	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO01
P202	26	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO10/(INTP21)
P203	25	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO11/TKCO02/(INTP20)
P204	24	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO20/TKCO03
P205	23	端口 20,7 位输入/输出端口	TKBO21/TKCO04/DALITxD4
P206	22	端口 20,7 位输入/输出端口	TKCO05/DALIRxD4/TxRx4/INTP23

注：(1) 引脚输入/输出的缓冲器电源由 VDD 提供。各个端口中设置的输入/输出、缓冲器、上拉电阻，在兼用功能中也有效。

(2) 通过设置 A/D 端口配置寄存器 (ADPC) 来指定各个引脚为数字或模拟功能。

(3) 当引脚配置为输入功能时，在端口模式控制寄存器 x (PMC x) 中指定为数字输入或模拟输入 (该寄存器以 1 位为单位指定)。

表 1-6 中控制器控制芯片 30pin 产品

名称	编号	引脚功能	复用功能
P02	3	端口 0,2 位输入/输出端口	TxD1/ANI17
P03	2	端口 0,2 位输入/输出端口	RxD1/CMP5P/ANI16
P10	23	端口 1,2 位输入/输出端口	TxD0/TKCO00/INTP20/SCLA0/(DALITxD4)
P11	22	端口 1,2 位输入/输出端口	RxD0/TKCO01/INTP21/SDAA0/ (TI07)/(DALIRxD4)/(TxRx4)
P20	1	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI0/AVREFP
P21	30	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI1/AVREFM
P22	29	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI2/CMP0P
P24	28	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI4/CMP1P
P25	27	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI5/CMP2P
P26	26	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI6/CMP3P
P27	25	端口 2,7 位输入/输出端口	ANI7/CMP4P
P31	13	端口 3,1 位输入/输出端口	TI03/TO03/INTP4
P40	5	端口 4,1 位输入/输出端口	TOOL0
P77	14	端口 7,1 位输入/输出端口	INTP11