

半导体照明技术技能人才培养系列丛书

· 高职 ·

LED驱动与智能控制

LED QUDONG YU ZHINENG KONGZHI

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心 指导编写
国家半导体照明工程研发及产业联盟 组织编写

孟治国 主编 王巍 副主编



化学工业出版社

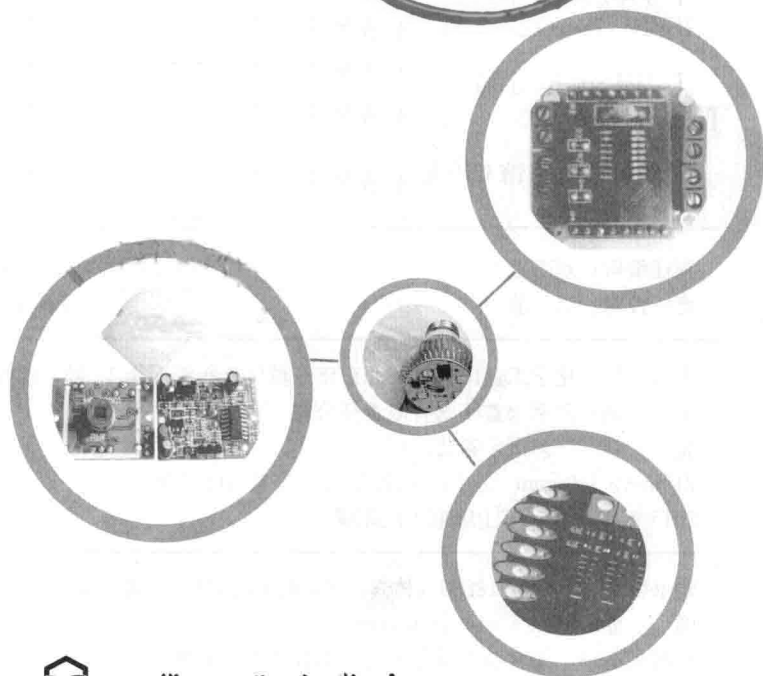
半导体照明技术技能人才培养系列丛书
· 高职 ·

LED驱动与智能控制

LED QUDONG YU ZHINENG KONGZHI

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心 指导编写
国家半导体照明工程研发及产业联盟 组织编写

孟治国 主编 王巍 副主编



化学工业出版社

为满足培养面向工程的应用型人才的需要,本书以LED照明控制为重点,结合LED驱动及智能设计方法,贴近LED照明产品的制造,给出完整的工程技术和应用案例。参照本书的示例、任务和实训指导,读者可以理论结合实际,动手进行智能控制、驱动电源系统的实践。

全书包括两个部分,第一部分:基础知识,分6个项目展开,为使读者明确每个项目的任务要点,提炼了主要内容、学习重点、学习难点。每个项目又分若干任务,以任务描述、任务分析、相关知识、技能拓展、思考与提高展开论述。第二部分:8个实训任务,在深入介绍驱动和控制系统的基礎上,将照明工程实际案例、LED驱动设计和控制技巧有机结合,任务具有广泛的适用性和代表性,力求使读者系统掌握相关技术。

本书可作为职业院校相关专业高年级学生的教材和参考书,也可作为专业技能人才学习、充电的参考书,还可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

LED驱动与智能控制 / 孟治国主编. —北京:
化学工业出版社, 2014.8
半导体照明技术技能人才培养系列丛书
ISBN 978-7-122-21547-5

I. ①L… II. ①孟… III. ①发光二极管-照明设计
IV. ①TN383

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第176585号

责任编辑:刘丽宏
责任校对:吴静

文字编辑:吴开亮
装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装 订:三河市宇新装订厂
710mm×1000mm 1/16 印张19¼ 字数344千字
2015年1月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址:<http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:59.00元

版权所有 违者必究

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

指导委员会

指导委员会主任：

艾一平

指导委员会委员：

吴 玲 江风益 李晋闽 范玉钵 方志烈 周太明 张国旗

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

编委会

编委会主任：

冯亚东 许 远

编 委：(按姓氏笔画排序)

王 巍 王建华 王海波 文尚胜 冯亚东 李小红 许 远

阮 军 杜志忠 杨兰芳 孟治国 林燕丹 周 详 周春生

郭伟玲 姚善良 耿 博 柴广跃 梁 伟 雷利宁

《LED 驱动与智能控制》

编委会

主 编：孟治国

副主编：王 巍

编 委：孟治国 王 巍 周党培 王 宁 周永明

序 一

半导体照明是目前已知最高光效的人工光源。它是用第三代宽禁带半导体材料制作的光源和显示器件,具有耗电少、寿命长、无汞污染、色彩丰富、可控性强等特点,不仅可以替代白炽灯、荧光灯在照明领域的应用,还可广泛应用于显示、指示、背光、交通、医疗、通讯、农业等领域。

国家半导体照明工程自 2003 年启动以来,经历了从无到有,从小、弱、散、乱到联合发展的历程。“十二五”期间半导体照明产业作为我国重点发展的战略性新兴产业重点领域之一,已经形成了较为完整的产业链,产业规模从 90 亿元跃升至 2576 亿元,年均增长接近 40%,企业超过 5000 家,从业人员 100 多万;我国目前拥有了自主知识产权的 Si 衬底 LED 外延芯片生产技术,掌握了具有国际领先水平的深紫外 LED 器件核心技术,在 LED 大规模应用方面走到了世界前列,目前我国已成为全球半导体照明产业发展中心之一。预计 2020 年半导体照明应用市场占有率将达到 70%,我国产业规模将达到 10000 亿元。

“国以才立,政以才治,业以才兴”。十八大强调,要造就规模宏大、素质优良的人才队伍,进入人才强国和人力资源强国行列。人才是产业发展的关键要素之一,半导体照明产业是一个学科跨度大、技术和应用更新快的行业。

“十三五”期间,我国半导体照明产业人力资源需求总量将随着产业的高速成长而大幅增加,能否形成以人才发展推动产业发展、以产业发展带动人才发展的良好格局将直接决定我国半导体照明产业的持续发展。依托国家重大人才培养计划,重大科研和重大工程项目、重点学科和重点科研基地培养具有创新精神的科技领军人才;加强培养科研生产一线高层次专业技术人才和高技能人才;构建半导体照明产业现代职业教育体系、培养半导体照明产业急需的技能型人才就显得尤为重要。

“工欲善其事,必先利其器”,高质量的教材是培养高质量人才的基本保证,也是构建产业现代职业教育体系的重要组成部分。国家半导体照明工程研发及产业联盟在半导体照明产业人力资源开发方面做了很多工作。我很欣喜的

看到联盟在现有工作基础上,立足产业需求,在人社部及教育部等部门的指导下,牵头组织半导体照明领域的专家、学者以及企业界的技术人才共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》,应该说《丛书》是适时代所需,顺时势所趋。《丛书》的出版发行,将为院校人才培养和企业在职人员培训提供有力的支撑。

在此感谢各位主编及编写团队为提升半导体照明产业人才培养工作倾力尽心的付出,相信通过我们共同的努力,半导体照明产业的明天会更美好。

曹健林

中华人民共和国科学技术部

序 二

近年来,在积极参与国际产业分工和国际竞争的背景下,我国半导体照明产业步入了一个大发展的新时期。作为战略性新兴产业,半导体照明产业的发展,对于我国转变经济发展方式、提升传统产业质量、促进节能减排、实现社会经济可持续和促进就业发展起着越来越重要的作用。

人才蔚起,国运方兴。党的十八大报告指出,要加快确立人才优先发展战略布局,造就规模宏大、素质优良的人才队伍,推动我国由人才大国迈向人才强国。作为新兴的职业领域,半导体照明产业技术创新驱动性强、国际化程度高、资本知识密集等特点决定了人才资源是产业发展的关键资源之一。

没有一流的人才,就没有一流的产品,也不会有一流的企业,更谈不上有一流的产业。半导体照明产业要想体现行业竞争优势,提升并保持产业、企业竞争力,就必须以人才工作为先导,积极做好人才开发工作。

今年5月,国务院下发了《关于加快发展现代职业教育的决定》。《决定》指出,行业组织要履行好发布行业人才需求、推进校企合作、参与指导教育教学、开展质量评价等职责,建立行业人力资源需求预测和就业状况定期发布制度,对行业组织在人才培养中的地位和作用进行了明确。2012年以来,国家半导体照明工程研发及产业联盟充分发挥行业影响力和组织优势、专家优势,积极参加人力资源和社会保障部部级课题《我国技能储备机制的建立与运作研究》的研究工作,与人社部职业技能鉴定中心联合组成课题组对半导体照明产业的技能人才需求规模、需求规格做了详细的研究,提出了半导体照明研发设计类人才专业能力体系、半导体照明产品应用制造类人才职业技能体系,组织出版了《半导体照明产业技能人才开发指南》,为针对性开展半导体照明产业人才培养工作打下了坚实的基础。同时,联盟《半导体照明行业专项职业能力考核规范》的提出,为产业技能人才的培养评价提出了有先导性、针对性的实践框架,初步解决了当前行业技能人才能力评价标准缺乏的现实问题。

在上述工作基础上,国家半导体照明工程研发及产业联盟组织行业专家、学者以及龙头企业负责人共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》。

《丛书》以课题研究为理论支撑,贯彻产教融合、校企合作的要求,立足现实、兼顾发展,协调推进产业人力资源开发与技术进步,是专业设置与产业需求对接、课程内容与职业标准对接、教学过程与生产过程对接的有益尝试,可作为中职、高职、应用型本科专业教学教材,也可作为行业职业培训教材。

我相信《丛书》的出版发行,将有力促进我国半导体照明产业产、学、研的紧密互动,为院校人才培养和企业在职人员培训提供有力的支撑,进一步加快产业技能型人才培养步伐。同时,也为半导体照明产业人才发展与培养模式提供有益的探索。

中国就业培训技术指导中心

副主任

艾一平

人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心

副主任

丛书前言

半导体照明（LED）是全球公认和竞相发展的最具市场前景的战略性新兴产业之一，在照明领域已确立了主导地位，对我国推动节能减排、调整产业结构具有重大意义。半导体照明产业是一个学科跨度大、技术和应用更新快的行业。“十三五”期间，我国半导体照明产业人力资源需求总量将随着产业的高速增长而大幅增加。作为新兴产业，与其他发达国家相比，我国半导体照明产业在研发能力、生产管理水平和人才培养等方面仍存在较大差距。

十八大强调，要造就规模宏大、素质优良的人才队伍，进入人才大国和人力资源强国行列。人才是产业发展的第一推动力，人力资源的质量与水平是一个产业综合实力与竞争力的体现。院校是人才培养的源头，大力推行校企合作、工学结合、顶岗实习的人才培养模式，创新职业教育人才培养模式，根据产业需求优化专业结构，促进职业教育与产业的开放衔接，加强行业指导能力，发挥行业在行业人才规格标准建设等方面的指导作用，构建半导体照明产业现代职业教育体系是半导体照明产业人才培养的重中之重。

国家半导体照明工程研发及产业联盟成立以来一直在积极探索行业人力资源开发工作，以服务产业的发展。在人才培养方面，联盟承担了人社部 CET-TIC 职业培训项目（LED 系列）组织管理工作。在人才培养方面，联盟与相关院校、行业协会、企业共建人才培养基地，帮助院校构建半导体照明专业人才培养方案，在人社部的指导下出版了《半导体照明产业技能人才开发指南》；在人才输送方面，联盟组织半导体照明行业专场招聘会，积极推进校企合作“订单人才培养”项目；在人才评价、鉴定方面，联盟在人社部、科技部的指导下，组织开展半导体照明行业专业技术人员岗位能力认证工作，提升行业从业人员能力、素质。2013 年 7 月，联盟成立了人力资源服务工作委员会，委员会将整合行业、院校、专家资源，助力产业人才发展。

高质量的教材是人才培养的重要保障。鉴于联盟现有的人才工作基础及目

前院校半导体照明专业人才培养滞后于产业发展的现状,在人社部及教育部等部门的指导下,2013年联盟牵头组织半导体照明领域的专家、学者以及企业界的技术人才共同编写了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》,旨在提升院校人才培养质量,提升行业从业人员及拟从事该行业人员的能力与素质,致力于推进我国半导体照明产业的发展。

《丛书》按照半导体照明知识结构体系,根据半导体照明技术工艺特点,采用项目式体例编写。《丛书》分为中职、高职两个系列,共9册。中职系列以半导体照明关键岗位工艺操作为主,高职系列侧重于半导体照明关键岗位技术知识与操作工艺,满足半导体照明相关中、高职院校人才培养及企业生产一线技术人员学习、充电的需要。

《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》

中职系列

《LED 封装与测试技术》	雷利宁 主编
《LED 应用技术》	杜志忠 主编
《LED 照明控制》	王 巍 主编
《LED 灯具设计与组装》	林燕丹 主编

高职系列

《LED 驱动与智能控制》	孟治国 主编
《LED 封装技术》	梁 伟 主编
《电气照明技术》	王海波 主编
《LED 测试技术》	姚善良 主编
《LED 照明设计》	林燕丹 主编

《丛书》中各分册分别由各主编统稿,由方志烈、周春生、李小红等专家进行了审稿。《丛书》的编写得到了人社部、教育部及行业专家等的指导,在此一并感谢。

国际半导体照明联盟	秘书长	吴玲
国家半导体照明工程研发及产业联盟	秘书长	

前言

LED驱动与智能控制
LED QUDONG YU ZHINENG KONGZHI

作为我国七大战略性新兴产业，半导体照明是一个学科跨度大、技术和应用更新快的行业，其优势是能提升传统产业、促进节能减排、转变经济发展方式。当前，行业人才需求量大，人才紧缺的问题日益凸显，现有工作人员还面临技术更新、掌握新工艺的压力。

人才是产业发展的第一要素，为提升行业人才素质及能力，支撑产业的健康可持续发展，国家半导体照明工程研发及产业联盟组织龙头企业、行业专家、职业教育和培训工作者进行了企业调查和任务分析，建立了半导体照明专业人员岗位能力素质模型，发布了针对专业工程师的《半导体照明工程师专业能力规范》和针对技能人才的《半导体照明行业专项职业能力考核规范》，并启动了《半导体照明技术技能人才培养系列丛书》的出版计划。

半导体照明控制在近年来LED产业发展中占有越来越重要的位置，LED的快速发展使智能控制技术进入实用化和工程化的阶段，智能控制技术已成为行业技术人员必须掌握的专业知识与技术手段。本书在充分调查行业需要、人才培养规格、结合产业发展趋势，总结近几年照明控制的研究成果，就LED驱动、控制的基本知识，工作原理，设计方法和实际应用案例等方面进行了详细阐述。

本书包括LED驱动与智能控制两个部分，分6个项目展开，并配合设计了8个实训任务。为使读者能明确每个项目的任务要点，提炼了主要内容、学习重点、学习难点。每个项目又分若干任务，以任务描述、任务分析、相关知识、技能拓展、思考与提高展开。在深入介绍驱动和控制系统的基礎上，将照明工程实际案例、LED驱动设计和控制技巧有机结合。

项目一由孟治国老师编著，概况地介绍了LED驱动与智能控制基础知识。其中解读了LED驱动电源电路的拓扑结构类型、工作原理、电路特点，LED控制技术、LED的技术参数以及各个参数之间的关联，LED元件的主要光电特性和LED调光技术，引入了驱动与调控一体化设计的理念。

项目二、项目三由周党培老师编著。项目二是基于分立元件的简易 LED 驱动电路,介绍了几种由分立元件构成的、简易的 LED 驱动电路,以及驱动电路的功能单元,如电阻限流、阻容降压、二极管恒流、三端稳压器恒流电路等。项目三是基于集成电路的 LED 驱动电路,从三个层次简单介绍基于集成电路的 LED 驱动电路,重点介绍 DC/DC 变换原理,限压和恒流的控制方式,提高电源效率的同步整流技术,PWM 调光控制等内容。

项目四由周永明老师编著,讲述典型照明控制系统。内容包括智能照明控制系统的基本类型,LonWorks 现场总线智能照明控制系统,EIB 总线的照明控制网络,C-Bus 智能照明控制系统。

项目五、项目六由王巍、王宁两位老师编著。项目五讲述 LED 照明控制系统设计,主要内容有红外传感器、光敏传感器的主要特性,相关控制工作原理及应用,单片机最小系统,讲述了几种照明专用单片机及微处理器的照明控制技术。项目六讲述照明控制系统的通信网络,主要内容有 DALI 通信协议及其在照明控制中的应用,DMX512 协议及其在灯光控制中的应用,TCP/IP 协议及其在照明中的应用,特别介绍了照明控制中的无线通信技术。

第 1 个和第 8 个实训任务由孟治国老师编写,第 2 至第 7 个实训任务由王巍、王宁两位老师编写。实训内容涉及安装智能调光 LED 灯,设计 LED 自适应调光系统、红外遥控 LED 灯和色温可调节的 LED 灯,涉及 DALI 组网实践、DMX512 控制台操作、ZigBee 无线网络调试及综合性的 LED 路灯照明控制系统。

本书将照明工程实际案例和 LED 驱动、控制技巧有机结合,力求使读者能够较快掌握和应用到驱动基础知识和初步的智能控制技术,具有广泛的适用性。本书可作为高等院校相关专业高年级学生的教材和参考书,作为专业技能人才培养的资料,也可供有关工程技术人员参考。

本书的出版得到了国家半导体照明工程研发及产业联盟的大力支持,中国 LED 网、中国半导体照明网、LED 之家网等半导体照明、电气控制相关网站的专业资讯激发了编者的创作灵感,在此一并致谢。

限于作者水平有限,难免有不妥和错误之处,恳请读者批评指正。本书配有电子课件,欢迎选用本书的读者索取。

编 者

目 录

LED驱动与智能控制
LED QUDONG YU ZHINENG KONGZHI

项目一	LED 驱动与智能控制基础知识	1
任务一	LED 等效电路的主要光电特性	1
任务二	LED 驱动技术	17
任务三	LED 控制技术	35
任务四	LED 驱动与调控一体化设计	45
项目二	基于分立元件的简易 LED 驱动电路	61
任务一	电阻限流电路	61
任务二	电容降压电路	67
任务三	三极管串联恒流电路	72
任务四	线性恒流电路	77
任务五	恒流二极管电路	80
项目三	基于集成电路的 LED 驱动电路	84
任务一	基于单片 DC/DC 变换器的 LED 驱动电路	85
任务二	基于单片开关电源的隔离型 LED 驱动电路设计	97
任务三	基于 LED 驱动专用芯片的 LED 驱动电路设计	120
任务四	不同驱动电路优缺点及应用领域比较	129
项目四	典型照明控制系统	138
任务一	LonWorks 现场总线智能照明控制系统	138
任务二	EIB 总线智能照明控制系统	155

任务三	C-Bus 总线智能照明控制系统	167
项目五	LED 照明控制系统设计	180
任务一	照明中的传感器技术	180
任务二	基于微处理器的照明控制技术	190
项目六	照明控制系统的通信网络	199
任务一	DALI 协议及其应用	199
任务二	DMX512 协议及设备	204
任务三	TCP/IP 协议及其应用	211
任务四	照明常用的无线控制方式	220
实训 1	安装可调光的 LED 灯	230
实训 2	LED 自适应调光系统设计	236
实训 3	红外遥控 LED 灯设计	243
实训 4	色温可调节的 LED 灯设计	249
实训 5	DALI 组网实践	254
实训 6	ZigBee 无线网络调试	263
实训 7	DMX512 控制台操作	270

实训 8

LED 路灯照明控制系统

281

参考文献

291

项目一

LED 驱动与智能控制基础知识



学习重点

- ◎ 学习 LED 等效电路的主要光电特性，了解相关单元电路、驱动设计和智能控制技术。
- ◎ 能根据 LED 灯具和系统要求，选择合适的驱动 IC 芯片，能分析驱动电路的拓扑结构。
- ◎ 能够根据给定的驱动电路设计方案，正确选择电路中常用的元器件型号和数值。
- ◎ 掌握 LED 驱动电源的设计要求，理解各功能电路的工作过程、电路间的接口。
- ◎ 掌握 LED 驱动与调控一体化设计，理解一体化设计的特性和优点。



学习难点

- ◎ 理解驱动电路拓扑结构，能分析驱动电路设计方案。
- ◎ 掌握 LED 恒流驱动的控制技术、实现恒流的方式。
- ◎ 基于 LED 驱动与调控一体化设计思路，理解设计的一般过程和要求。

任务一

LED 等效电路的主要光电特性



任务描述

- (一) 了解搭建 LED 等效电路的工作机理、驱动方法和典型应用，提炼等效电路、模拟光源工作的方法、原理和不足，了解其中需要解决的光电问题。
- (二) 理解等效电路的工作过程，理解哪些因素影响 LED 产品的电气性能和光性能等。
- (三) 掌握 LED 的连接结构，并能根据电源特征值计算 LED 连接结构中的相关



数据或根据光学要求计算电源特征值。

(四) 熟练掌握 LED 的电流特性及其与其他参数的关系, 理解恒流要求。

(五) 学会自己动手制作简单的测量仪器, 并验证相关理论知识。



任务分析

(一) 单个 LED 元件简化光源的等效电路测量

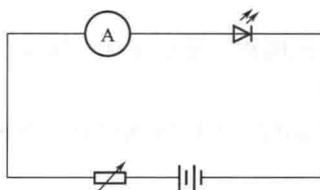


图 1-1 单个 LED 元件简化光源等效电路图

在万能板上搭建单个元件工作的等效电路 (图 1-1), 准备多种 LED 发光元件逐一比较, 通过调节电源电压或改变可变电阻获得不同的工作电流、反向特性, 检验 LED 的电特性。模拟点光源做光学测试, 理解电源、电阻、发光元件的不同作用, 测试 LED 等效电路的主要光电特性及参数, 绘制图线并简单分析。

1. 电学特性测试

LED 的本质是半导体, 目前主要是化合物半导体材料制成的二极管, 因此具有与硅、锗单晶体二极管类似的 PN 结工作过程, 电学特性的电流-电压特性曲线 (图 1-2)、光电特性的光通量与电流特性及热学特性都有一定的可比性。

为了解 LED 的工作, 选择 LED 直流电路上的正向电流、反向电压和反向电路中的漏电流等进行测试, 了解这些常见的、基本的电学参数, 认识 LED 工作的特点。

(1) 最大允许功耗 P_m : 类似一般的电子器件, LED 工作时, 需外加电压、电流促使载流子复合发光, 流过 LED 的电流和对应的电压有效值相乘, 就是 LED 消耗的功率。部分电功率将转化光, 还有一部分转化发热, 使结温升高。结温与电流关系密切, 散热设计也会影响器件的功率利用。正常的产品设计有一个标定的额定功率, 我们把 LED 两端允许的正向电压与正向电流的有效值相乘的最大值称为最大允许功耗 P_m 。超过此值, LED 芯片会被毁坏。

(2) 正向电流 I_F : LED 工作时的正向电流。正向电流 I_F 激发 LED 发光, 主要工作区间的光通量与工作电流近似成正比例关系。不同 LED 的 I_F 值不同, 不能混用, 一般小功率 LED 的 I_F 大概在 15~25mA 之间; 大功率 LED 的 I_F 多在 200~1000mA 的范围内。与其相关的极限值, 即 LED 两端所允许的最大正向电流, 称为最大正向电流 I_{Fm} , 一旦超过最大值, 就容易造成 LED 损坏。

(3) 正向导通电压 V_F : 即 LED 正向导通时加在 LED 正负两端的电压, 一般是在额定电流下测得。当通过 LED 的正向电流为确定值时, 两极间产生电压