

从基础
到实践

基础知识全面覆盖
实践操作循序渐进

从理论
到应用

理论讲解详尽具体
动手应用实操实练

从入门
到进阶

入门知识由浅入深
掌握技能进阶无忧



电子产品 设计与制作

刘洋 主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等职业教育课程改革项目研究成果系列教材
“互联网+”新形态教材

电子产品设计与制作

主 编 刘 洋
副主编 石开富 余振标

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书共5个模块,前2个模块是学习指南与电子产品开发过程概论;后3个模块内容按真实电子产品设计与制作的先后顺序编排,包括电路设计与测试实训,产品性能评估、测试与电路设计修改及设计变更设计案例。每个模块以实际的工业案例导入,从实际的电子产品从业人员的企业的要求、电子产品生命周期流程、电子产品开发流程介绍开始认知,到开发计划表的制定、产品规格书的编制、电路方框图的设计、电路图的设计、材料清单的制作及PCB设计资料输出,突出了真实电子企业产品设计的过程和部分重要设计文件的形成。其中第3个模块从全新的视角介绍了电动车尾灯闪烁器的设计思路与过程,第4个模块介绍了电动车尾灯闪烁器的产品性能评估、测试与电路设计修改,第5个模块介绍了派生机型的设计。每个模块都有单项练习,最后完成项目的设计与制作,实现从简单到复杂、教学做合一的教学和自主学习。

本书每个模块的单项练习、电路设计与测试、思考与提高等,可以作为平时课堂理论考核题。也配有电子课件,可以免费下载。

本书体系新颖,内容丰富,图文并茂,突出实训和项目制作,可作为高职院校、中高职衔接的高职阶段的电子信息、电气自动化、机电一体化等专业的教材和教学参考书,也可供相关领域的工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

电子产品设计与制作 / 刘洋主编. -- 北京:北京理工大学出版社, 2021.9(2022.1重印)

ISBN 978-7-5763-0398-8

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子产品-设计-高等职业教育-教材②电子产品-制作-高等职业教育-教材
IV. ①TN602②TN605

中国版本图书馆CIP数据核字(2021)第197009号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68944723 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 11

插 页 / 3

字 数 / 252千字

版 次 / 2021年9月第1版 2022年1月第2次印刷

定 价 / 38.00元

责任编辑 / 王艳丽

文案编辑 / 王艳丽

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 施胜娟

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

为了主动适应第四次工业革命，需要建设人工智能、物联网、大数据、智能制造等新兴交叉学科和国家紧缺领域的新工科系列教材。这些教材应遵循学生的认知规律，以学生为中心，以学习成果为导向，注重对学生综合素质的培养；应充分利用信息化教学手段，探索教与学的新范式，采用情景式、协作式、体验式、探究式等学习方式激发学生的创造力；注重培养学生的批判性思维、表达与思考能力、终身学习能力，使之既适应行业需要又适应社会快速发展需要。同时教师的角色由知识的传授者变为学习任务的设计者、教学过程的组织者、学习效果检查者。

传统的教材开发模式及展现形式已难以满足新工科人才培养的要求，为此，在新工科教材的开发上需要注重以下四点：一是教材要具有相当的开放性，能适应新知识、新技术和新工艺的随时融入；二是教材要方便移动学习、碎片化学习、线上与线下结合学习；三是教材要注重引进企业资源，加强校企“双元”教材合作开发力度，实训内容要真、要新、要充足，满足学生技能训练的需求；四是教材要突出情景教学、案例教学和任务驱动教学，强化“做中学、学中做”。这样高质量、创新型的教材是培养优秀新工科人才的基本保证。

本教材是基于国家职业标准（先进电子企业标准）、基于工作过程系统化的课程体系，与企业进行紧密合作共同完成编写。通过分析专业培养目标，确定职业技能描述的课程教学目标，开发出本教材的任务驱动教学模块，满足“做中学、学中做”教学新范式的要求。本书具备以下特点。

1. 理论结合实践，突出训练电子产品设计基本能力

本教材的编写采取“先思考后做”模式，即先给出学完本模块后所要完成的训练任务，然后详细叙述训练任务所需的知识点，将过去学过的电路基础、模拟电子技术、数字电子技术、电子CAD等知识融入其中，加以综合运用与提升，从而实现巩固所学知识、扎实基本设计能力、提高相关技能的目的。

2. 贴近行业规范，注重培养职业综合素质和能力

本教材内容与电子技术行业的职业要求相结合，将企业、行业中应知、应会的相关行业规范、职业素养和岗位技能等分别融入教材，例如介绍了电子产品生命周期流程、电子产品开发流程、开发计划表的制定、电子产品设计文件的基本内容、电子产品工艺文件的基本内容等。

3. 创新形式，叙述深入浅出

本教材内容叙述深入浅出、文字通俗易懂，版面编排图文并茂，版式灵活。教材用反映不同学习方式的图文，引导学生收集和处理信息；用图片形式引入学生的生活经验，激发学生学习兴趣。

4. 任务驱动，教学做一体化

全书均采用实际典型电路、企业行业规范文件为知识、技能训练的载体；以任务驱动、项目导向实施教学过程，课程内容结构充分体现了教学做一体化。将行业、职业标准有机整合，每个模块均从认知开始，到训练任务，再到完成项目的设计与制作，实现从简单到复杂、教学做合一的教学和自主学习。

“电子产品设计与制作”是在学生学习完“电路基础”“模拟电子技术”“数字电子技术”“电子CAD”等课程的基础上，为进一步强化对理论知识的理解及应用而开设的综合训练课程。本课程通过“电动车尾灯闪烁器”设计项目的训练，使学生了解电子企业电子产品实际设计流程；掌握常用仪器仪表的使用方法；掌握基本电路的设计、测量方法；初步具备电子产品的设计能力，分析问题、解决问题的能力，工程技术文件的编写能力。本课程为专业核心课，也是职业能力课。

本教材内容按照高职高专人才培养方案中培养目标、培养规格以及高职院校学生的认知特点等方面的要求来设置，遵循学生的认知规律，由浅入深、由简单到复杂，同时遵循职业技能成长规律。本教材设计以现代先进电子企业电子产品的生命周期为线索来展开，突出产品从构思、功能定义、到电路设计、检测的职业能力训练。通过对先进企业实际案例的讲解，结合具体的“电动车尾灯闪烁器”设计案例，采取边学边做、边做边学、演示、小组讨论等形式，充分开发学习资源，给学生提供丰富的实践机会。本教材理论与实践相结合，实现了专业性与职业性的统一，充分考虑了提高职业能力的训练，紧贴先进企业的研发、生产的实际状况。

本书由中山职业技术学院刘洋担任主编，广东超川电子科技有限公司石开富、中山职业技术学院余振标担任副主编。本书在编写过程中参考了大量的国内外著作及行业资料，在此对这些文献的作者表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中难免还存在一些错误和不足，殷切希望读者批评指正。

编者

本书知识与技能结构组成

模块	学习目标	学习与工作任务				课时	教学成果
		学习目标	学习与工作任务	教学载体	认知内容		
模块 1: 学习指南	①教学目标 ②从业人员的业要求 ③学习导图	①了解本课教学目标 ②了解电子产品从业人员的业要求 ③领会学习导图意义	企业 C 流程图(Check Point Flow)	电子产品是有生命的,是有始有终的		2	企业 C 流程图认知
	了解电子产品生命周期	认识电子产品生命周期		①产品开发的过程 关键步骤;可行性 样机、样机试制、样机 调试、样机定型 ②产品开发的团队 合作与分工;硬件部 分、软件部分、结构与 美工部分	制定“电 动车尾灯 闪烁器开 发流程”	2	项目报 告:电动 车尾灯 闪烁器 开发流 程
模块 2: 电子产品开发 过程概论(企业案例)	掌握电子产品开发流程	学习电子产品开发管理 及技术人员必须具备的 “电子产品开发流程”	企业电子产品 “开发流程 图”	①产品开发的时 效性 ②明确产品开发过 程中各项任务的责任 人	制定“电 动车尾灯 闪烁器开 发计划表”	2	项目报 告:电动 车尾灯 闪烁器开 发 计划表
	会制定产品开发计划表	熟悉并制定产品开发管 理人员及技术人员必须掌 握并能理解的“电子产品 开发计划表”(Product De- velopment Schedule, PDS)	一个实际普 箱系统的 PDS (企业的实际 PDS)	①产品必须具备的 安全性 ②电气特性(包括 额定工作条件及输入 输出特性等);结构及 外观特性(包括机械 尺寸、重量、颜色等)	制定“电 动车尾灯 闪烁器”的 产品规格 书	2	项目报 告:制定 “电动车 尾灯闪烁 器”的产 品规格 书

模块	学习目标	学习与工作任务	教学载体	认知内容	训练任务	制作项目	课时	教学成果
模块 2: 电子产品开发 过程概论(企业案例)	了解方框图作用,会设计方框图	①电子工程师:必须掌握方框图的设计方法 ②技术员:了解方框图的作用,掌握看方框图的方法	①一款 LCD TV 主板方框图 ②一款 LCD TV 的电源树	①方框图的主要作用 ②特殊方框图——电源树 ③方框图设计的六要素	设计“电动车尾灯闪烁器”电路方框图		2	项目报告:提交“电动车尾灯闪烁器”的电路方框图
	掌握电子企业材料清单(BOM)的架构	学习 BOM 的分层原则及方法,并根据企业的实际情况制作分层 BOM	一款 LCD TV 主板的材料清单(BOM)	①BOM 必须包含的栏目 ②实际企业使用 BOM 的分层作用 ③BOM 的分层原则及方法	制作“电动车尾灯闪烁器”方框图分层材料清单		2	项目报告:“电动车尾灯闪烁器”的分层材料清单
模块 3: 电路设计与测试实训	电子工程师: ①会 PCB 设计方法及要点 ②会 PCB 输出的设计文件	①学习 PCB 设计规则要点 ②进行 PCB 设计及输出文件	“电动车尾灯闪烁器”PCB	①简要的 PCB 设计规则 ②PCB 输出的设计资料(顶层丝印、底层丝印、顶层 COPPER、顶层焊盘、底层 COP- PER、底层焊盘、钻孔资料等)	分析“电动车尾灯闪烁器”的实际 PCB 资料		2	项目报告:“电动车尾灯闪烁器”PCB 输出文件资料
	能根据产品的规格要求确定电路的逻辑及信号	①电路逻辑功能表(真值表) ②逻辑表达式及化简 ③输出与各输入的逻辑关系 ④选择适合的信号	以“电动车尾灯闪烁器”规格要求为出发点的逻辑表(真值表)	①产品规格书 ②电路真值表 ③真值表的化简 ④信号最简逻辑表达式 ⑤信号选择	分析“电动车尾灯闪烁器”的各种规格要求	“电动车尾灯闪烁器”的设计第一阶段	2	项目报告:完成“电动车尾灯闪烁器”逻辑功能的最简表达式

续表

模块	学习目标	学习与工作任务	教学载体	认知内容	训练任务	制作项目	课时	教学成果
模块3： 电路设计与测试实训	任务1： 学会时钟信号(方波)电路的设计与测试	根据任务1的信号逻辑关系进行方框图设计、电路原理图设计、材料清单生成、PCB资料输出、电路装配、调试及信号测量	“电动车尾灯闪烁器”任务1的时钟信号电路模块	①将信号逻辑方框图画出 ②555设计多谐振荡器 ③低频信号的频率、周期、幅度、占空比 ④电容充电时间计算、放电时间计算	时钟信号(脉冲方波)电路的设计、组装	“电动车尾灯闪烁器”任务1的电路设计制作	6	项目报告及作品： 时钟信号生成电路的设计与制作
	任务2： 学会闪烁模式控制及电子模拟开关电路的设计与测试	根据任务2的信号逻辑关系进行方框图设计、电路原理图设计、材料清单(BOM)生成、PCB资料输出、电路装配、调试及信号测量	“电动车尾灯闪烁器”任务2的闪烁模式控制及电子模拟开关电路	①电子模拟开关器件特性的掌握及应用 ②转向开关及闪烁开关的设计	闪烁模式控制及电子模拟开关电路的设计与测试	“电动车尾灯闪烁器”任务2的电路设计制作	6	项目报告及作品： 闪烁模式控制及电子模拟开关电路设计与制作
	任务3： 学会逻辑变换电路的设计与测试	根据任务3的信号逻辑关系进行方框图设计、电路原理图设计、材料清单(BOM)生成、PCB资料输出、电路装配、调试及信号测量	“电动车尾灯闪烁器”任务3的逻辑变换电路	①二极管、NPN三极管 ②晶体管非门电路与二极管或门电路的应用设计 ③非门与或门的逻辑功能测量与判断方法	逻辑变换电路的设计与测试	①逻辑变换电路方框图设计 ②非门、或门逻辑电路的设计 ③电路原理图及PCB设计	①逻辑变换电路方框图设计 ②非门、或门逻辑电路的设计 ③电路原理图及PCB设计	6

模块	学习目标	学习与工作任务	教学载体	认知内容	训练任务	制作项目	课时	教学成果
模块3: 电路设计与测试实训	任务4: 学会LED显示及驱动电路的设计与测试	根据任务4的信号逻辑关系进行方框图设计、电路原理图设计、材料清单(BOM)生成、PCB资料输出、电路装配、调试及信号测量	“电动车尾灯闪烁器”任务4的LED显示及驱动电路	①三极管驱动LED电路的设计方法 ②LED工作电流的设计 ③三极管饱和与截止状态测量方法与判断方法	LED显示及驱动电路的设计及信号测量;三极管饱和与截止状态测量与判断	①显示驱动电路的设计任务确定、方框图设计 ②晶体管驱动电路设计 ③LED显示电路设计 ④电路原理图及PCB设计	6	会万用表的使用;电子CAD定制的印制电路板PCB
模块4: 产品性能评估、测试与电路设计修改	①电子产品整机测试及性能评估 ②验证设计输入 ③会电路设计修改确认,提升实际问题解决能力	①电子产品整机测试及性能评估 ②验证设计输入 ③电路设计修改确认	制作完成的“电动车尾灯闪烁器”;《样机评估测试报告》;《产品规格书》	①整机测试内容及方法 ②实际问题的分析能力 ③品质工程师:整机测试内容及方法;电路设计修改方法及步骤	①产品性能评估、测试设计验证 ②电路设计产品性能评估、测试与电路设计修改	①了解《样机评估报告》样机问题分析方法 ②设计修改后的重新测试	4	完成的“电动车尾灯闪烁器”(一);《样机评估测试报告》;《产品规格书》

续表

模块	学习目标	学习与工作任务	教学载体	认知内容	训练任务	制作项目	课时	教学成果
模块 5: 设计变更设计案例	能根据信号逻辑关系进行方框图设计、电路原理图设计、材料清单生成、PCB 资料输出、电路装配、调试及信号测量	<ul style="list-style-type: none"> ①新设计任务确定 ②电路逻辑信号化简 ③方框图设计 ④原理图设计与分析 ⑤BOM 生成 ⑥PCB 设计 ⑦安装与测试 	产品的派生机型(设计变更)设计案例	研发工程师;派生机型设计流程;派生机型的设计方法	根据派生机型的设计案例,改变显示方式的“电动车尾灯闪烁器”设计	<ul style="list-style-type: none"> ①派生机型的设计任务确定、方框图设计 ②派生机型的电路原理图及 PCB 设计 ③BOM 制作 ④派生机型的整机制作与测试 	8	<ul style="list-style-type: none"> ① 电子 CAD 定制电路板的 PCB ② “电动车尾灯闪烁器(二)”

目录

模块 1 学习指南——电动车尾灯闪烁器的设计与制作	1
1.1 教学目标	1
1.2 电子产品从业人员的企业的要求	2
1.3 学习导图——电动车尾灯闪烁器的设计、制作及测试	3
模块 2 电子产品开发过程概论（企业案例）	5
2.1 电子产品生命周期介绍	5
2.1.1 产品生命周期概述	5
2.1.2 产品的起点——C0	10
2.1.3 谋划阶段与 C1 节点	10
2.1.4 设计验证阶段与 C2 节点	10
2.1.5 EVT 阶段与 C3 节点	11
2.1.6 DVT 阶段与 C4 节点	12
2.1.7 PVT 阶段与 C5 节点	13
2.1.8 MP 阶段与 C6 节点	14
2.2 电子产品开发流程介绍	15
2.3 开发计划表的制定	18
2.3.1 实际产品开发计划表的介绍	18
2.3.2 开发计划表的重要事项	18
2.3.3 制定“电动车尾灯闪烁器开发计划表”	19
2.4 电子产品《产品规格书》的确定及编制	20
2.4.1 《产品规格书》确定的一般原则	20
2.4.2 《产品规格书》一般包含的主要内容	21
2.4.3 电动车尾灯闪烁器的设计任务确定	21
2.5 电路方框图的设计与电路原理图设计	24
2.5.1 电路方框图的作用与设计	24
2.5.2 电路原理图设计	28



2.6	材料清单的架构及分层	29
2.6.1	电子企业实际使用的 BOM 介绍	29
2.6.2	电子企业 BOM 题头介绍	29
2.6.3	企业 BOM 栏目介绍	30
2.6.4	企业 BOM 分层介绍	31
2.6.5	BOM 分层的作用	32
2.6.6	实际动手制作分层 BOM	34
2.7	PCB 设计资料输出	37
2.7.1	铜皮面布线（铜箔）资料	38
2.7.2	铜皮面焊盘图片（SOLEDER MASK）资料	39
2.7.3	钻孔图资料	40
2.7.4	元件面丝印资料	42
2.7.5	底面丝印资料	43
2.7.6	内层布线资料	44
2.7.7	“电动车尾灯闪烁器” PCB 介绍	45
2.8	思考与练习	46
模块3 电路设计与测试实训		49
3.1	电路逻辑状态描述、化简与信号选择设计	49
3.1.1	电路逻辑功能表或真值表	49
3.1.2	逻辑表达式及逻辑化简	51
3.1.3	控制信号选择与设计	53
3.2	任务1：时钟信号（方波）电路的设计与测试	55
3.2.1	设计任务的确定	55
3.2.2	电路逻辑状态描述、化简与信号选择	55
3.2.3	方框图的设计	55
3.2.4	电路原理图设计及原理分析	56
3.2.5	BOM 生成	60
3.2.6	在 PCB 上的装配位置	61
3.2.7	电路测试	61
3.2.8	学习总结	65
3.2.9	思考与练习	65
3.3	任务2：闪烁模式控制及电子模拟开关电路的设计与测试	66
3.3.1	任务确定	66
3.3.2	电路逻辑、化简及信号选择	66
3.3.3	方框图设计	67
3.3.4	电路原理图设计及原理分析	68
3.3.5	BOM 生成	72
3.3.6	在 PCB 上的安装位置以及 L、R、F 信号测试点位置	72

3.3.7	电路测试	75
3.3.8	思考与练习	75
3.4	任务3：逻辑变换电路的设计与测试	76
3.4.1	设计任务确定	76
3.4.2	电路逻辑、化简及信号选择	77
3.4.3	方框图设计	77
3.4.4	电路原理图设计与原理分析	77
3.4.5	BOM生成	78
3.4.6	元件装配位置图及相关测试点位置图	79
3.4.7	电路测试	80
3.4.8	思考与练习	82
3.5	任务4：LED显示及驱动电路的设计与测试	84
3.5.1	设计任务确定	84
3.5.2	电路逻辑、化简及信号选择	84
3.5.3	方框图设计	84
3.5.4	原理图设计及电路原理分析	85
3.5.5	BOM生成	89
3.5.6	元件装配及测试位置	89
3.5.7	电路测试	91
3.5.8	思考与练习	92
模块4	产品性能评估、测试与电路设计修改	95
4.1	电子产品整机测试及性能评估	95
4.1.1	评估测试内容	95
4.1.2	新样机评估报告实例	95
4.2	电路设计修改	99
4.2.1	新样机问题收集	100
4.2.2	电路设计修改	101
4.2.3	电路设计修改确认	107
模块5	设计变更（派生机型）设计案例	113
5.1	设计任务确定（全亮全暗的闪烁方式）	113
5.2	电路逻辑信号、化简（全亮全暗的闪烁方式）	116
5.3	方框图设计	117
5.3.1	时钟信号生成功能电路方框图	118
5.3.2	开关控制及信号选择功能电路方框图	118
5.3.3	逻辑转换电路功能方框图	118
5.3.4	LED驱动显示电路功能方框图	119
5.3.5	总方框图	119
5.4	电路原理图设计与原理分析	119



5.5	BOM 生成	121
5.6	PCB 设计	122
5.7	安装	122
5.8	电路测试	123
5.8.1	波形测试	123
5.8.2	电路功能测试	123
5.9	思考与练习	123
附录 1	电子企业常见英文缩写及意思	124
附录 2	PCB 设计规范 (仅供参考)	135
附录 3	部分习题参考答案	140
附录 4	器件规格书 (中文版本)	150

模块 1

学习指南 ——电动车尾灯闪烁器的设计与制作

1. 电动车尾灯闪烁器的功能

使用生活中常见的直流电源 12 V（交流适配器）或 12 V 的电瓶车蓄电池作电源，应用掌握的基础电路理论、电路分析知识及常用的电阻、电容、二极管、三极管等电子元器件，设计并制作一款具有实际使用价值的电动车尾灯闪烁器。

该闪烁器采用普通的、价格低廉的显示器件——发光二极管（Light - Emitting Diode, LED），本电路中选用发光效率高的红色圆形（直径为 5 mm）LED。利用特别设计的位置排列和布局形成双箭头形状，通过电路控制在不同的时刻点亮不同的 LED，利用人眼的视觉暂留特性，造成有方向感的闪烁效果。

最终，电动车尾灯闪烁器应能具备以下功能。

- ① 闪烁警示显示。
- ② 左转方向显示。
- ③ 右转方向显示。

2. 电动车尾灯闪烁器的应用场合

该闪烁器可加装在电动车或电动自行车的车头或车尾，也可以同时在车头和车尾安装，利用其“闪烁警示显示”“左转方向显示”“右转方向显示”功能，在夜间行车或雨雾天行车时，提醒前后机动车或路人及时避让，增加行车出行安全系数。

1.1 教学目标

- (1) 了解工厂实际电子产品的设计流程。
- (2) 具有制定电子产品开发计划表（Product Development Schedule, PDS）的能力。
- (3) 掌握电路方框图的设计。
- (4) 掌握使用 555 器件组成振荡电路的原理，并理解振荡频率、信号幅度及占空比等概念。
- (5) 掌握使用模拟电子开关 IC（HC4052）作信号分配电路的原理。
- (6) 掌握用分立器件（二极管、三极管）实现数字逻辑非门、或门电路的功能。
- (7) 掌握使用 NPN 型晶体管驱动 LED 电路的原理。



- (8) 具备制作企业电子产品材料清单 (Bill of Material, BOM) 的能力。
- (9) 掌握低频信号 (1 ~ 50 Hz) 波形的测量方法。
- (10) 会测试逻辑非门电路、或门电路的逻辑电平值。
- (11) 通过测量, 会识别 NPN 晶体管的饱和状态和截止状态。
- (12) 具备一般控制信号电路、主信号分配电路、LED 显示电路的分析能力。
- (13) 具备一般逻辑电路、显示驱动电路、低频信号多谐振荡电路的测试能力。
- (14) 具备一般多谐振荡电路、主信号分配电路及晶体管驱动电路的设计能力。
- (15) 初步掌握整机电路设计技能。
- (16) 掌握电子产品整机电路性能指标测试、功能测试的内容及方法。
- (17) 具备设计修改能力。
- (18) 了解派生机型 (设计变更) 的设计方法。

1.2 电子产品从业人员的企业的要求

电子企业典型技术工作岗位的知识、技能要求见表 1-1。

表 1-1 电子企业典型技术工作岗位的知识、技能要求

知识及技能	电子企业典型技术工作岗位					
	生产型企业		研发型企业			
	PE 技术员	PE 工程师	测试工程师 (TE)	绘图技术员	研发助理工程师	电路研发工程师
工作流程及岗位责任	△	△	△	△	△	△
看懂材料清单 (BOM)	△	△	△	△	△	△
识读方框图	△	△	△	△	△	△
电路方框图的设计					△	△
电路原理图分析	△	△	△	△	△	△
电压、电流测量	△	△	△	△	△	△
信号波形测量		△	△		△	△
晶体管开关电路分析设计	△	△	△		△	△
逻辑非、或电路分析设计	△	△	△		△	△
逻辑分析与设计	△	△	△		△	△
电路原理图绘制				△	△	△
电路原理图设计				△	△	△

续表

知识及技能	电子企业典型技术工作岗位具备					
	生产型企业		研发型企业			
	PE 技术员	PE 工程师	测试工程师 (TE)	绘图技术员	研发助理工程师	电路研发工程师
PCB 设计				△	△	△
生产工艺流程设计	△	△				△
可靠性测试			△		△	△

注：PE (Product Engineer、Process Engineer) 意为产品工艺工程师。

TE (Testing Engineer) 意为产品测试工程师。

BOM (Bill of Materials) 意为材料清单。

通过本教材的学习，要求学生能达到电子企业研发助理工程师的水平，能够胜任 PE 技术员、PE 工程师、测试工程师 (TE)、研发助理工程师等技术岗位。

1.3 学习导图——电动车尾灯闪烁器的设计、制作及测试

