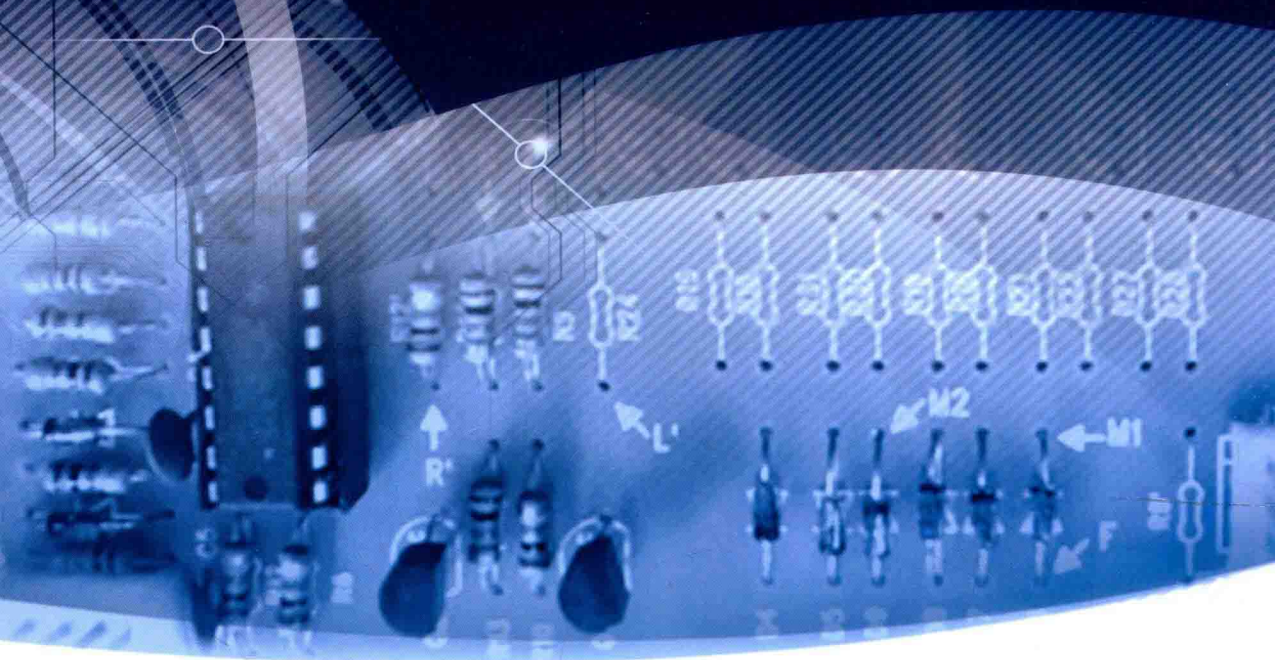




“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

中高职衔接电子技术专业系列教材



电子产品（高职）：

# 电子产品设计与制作

DIANZI CHANPIN ( GAOZHI ) :  
DIANZI CHANPIN SHEJI YU ZHIZUO

院校作者

刘 洋◎主 编

石开富 余振标◎副主编

企业作者

航空工业出版社



“十二五”职业教育国家规划教材  
经全国职业教育教材审定委员会审定

中高职衔接电子技术专业系列教材

# 电子产品（高职）： 电子产品设计与制作

刘 洋 主 编  
石开富 余振标 副主编

航空工业出版社

北 京

## 内 容 提 要

本书共5章,内容包括学习指南与电子产品开发过程概论,电路设计与测试实训,产品性能评估、测试与电路设计修改,设计变更设计案例。每个章节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,PCB设计资料输出,突出了真实电子产品设计的过程和部分重要设计文件的形成。每章都有单项练习,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。还配有电子课件,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、应用电子、电气自动化、机电一体化、电子组装技术与设备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。

### 图书在版编目(CIP)数据

电子产品:电子产品设计与制作:高职 / 刘洋主  
编. --北京:航空工业出版社,2015.1  
中高职衔接电子技术专业系列教材  
ISBN 978-7-5165-0390-4

I. ①电… II. ①刘… III. ①电子工业—产品—设计—  
—高等职业教育—教材②电子工业—产品—生产工艺—高  
等职业教育—教材 IV. ①TN602②TN605

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第300512号

电子产品(高职):电子产品设计与制作  
Dianzi Chanpin (Gaozhi): Dianzi Chanpin Sheji yu Zhizuo

航空工业出版社出版发行

(北京市朝阳区北苑2号院 100012)

发行部电话:010-84936597 010-84936343

北京地质印刷厂印刷

全国各地新华书店经售

2015年1月第1版

2015年1月第1次印刷

开本:787×1092 1/16

印张:9.75

字数:220千字

印数:1—3000

定价:25.00元

# 《中高职衔接电子技术专业系列教材》总编委会

## 主任委员：

刘洪国 中国电子科技集团公司人力资源部副主任

## 副主任委员：

周 明 工业和信息化部电子行业职业技能鉴定指导中心副主任、教育部工业和信息化行业职业教育教学指导委员会委员

滕 伟 工业和信息化部通信行业职业技能鉴定指导中心副主任、教育部工业和信息化行业职业教育教学指导委员会委员

刘 鑫 中航出版传媒有限责任公司总经理、总编辑

## 执行总主编：

李学锋 国家级教学名师、国家级示范院校成都航空职业技术学院高等教育研究所所长、电子专业课程与国家职业标准对接课题组执行组长

曲克敏 高职信息类专业国际合作组织秘书长、教育部工业和信息化行业职业教育教学指导委员会委员、电子专业课程与国家职业标准对接课题组长  
委员：（按姓氏笔画排序）

王乃国 苏州工业园区工业技术学校校长

王高军 四川省射洪县职业中专学校校长

卢 兵 南京工业职业技术学院副院长

史晋蕾 中航出版传媒有限责任公司图书副总编辑

刘 波 江苏省泗阳中等专业学校校长

刘建超 成都航空职业技术学院副院长

李苏楠 中航出版传媒有限责任公司编辑部主任

吴建新 中山职业技术学院院长

张秀玲 威海职业学院副院长

张学库 宁波职业技术学院原副院长

张惠仪 四川省宜宾市职业技术学校副校长

周尊登 四川省仁寿县职业教育中心校长

俞 宁 淮安信息职业技术学院副院长

姜义林 淄博职业学院副院长

徐 兵 苏州信息职业技术学院副院长

黄小平 成都纺织高等专科学校副校长

# 《中高职衔接电子技术专业系列教材》总编委会办公室

主任：

李苏楠

成员：（按姓氏笔画排序）

王程 冯士斌 任源博 刘希 安玉彦 李东南 李光耀 李志伟  
李金梅 吴敏 陈东晓 邵箭 姚丽瑞 郭倩旒 郭震震

# 序

构建现代职业教育体系是我国职业教育发展的重要战略，现代职业教育体系建设一个重要的基础性标志就是中、高等职业教育衔接。本套中职电子技术应用专业衔接高职应用电子技术专业系列教材（以下简称系列教材）的开发，以教育部《关于推进中等和高等职业教育协调发展的指导意见》为指导思想，致力于中等职业教育与高等职业教育在课程、教材衔接上的创新探索与实践。

一、系列教材总体设计与中高职课程衔接创新。系列教材围绕国家示范院校改革创新成果、中德比较职业教育课程建设案例分析、国家职业资格认证三大主线，以促进中高职院校主动服务电子行业创新发展为根本出发点，以提高教学质量为目的，以“横对接，竖衔接”中高职衔接的创新理念梳理和贯通课程衔接的脉络，注重中等职业技能操作与高等职业技能技术应用的内在衔接，基于工作过程系统化开发工学结合、能力本位、系统化的“3+3”中高职衔接人才培养方案。

二、系列教材资源整合创新。体现在行业和企业专家、德国职业教育专家以及来自高职示范院校和中职示范学校教师的高度集合；富有建设性地把反映国家职业标准、中职专业课程教学大纲和高职专业教学标准、行业和企业相应职业生产标准和国际职教课程五个方面的元素进行了成功的资源整合。系列教材开发采用先进的“TTAA”工学结合的课程建设模式，在实现中高职系列教材衔接的同时，保持了中等职业教育教材、高等职业教育教材的独立性，各院校可根据自己的需求灵活选用。

三、系列教材结构创新。对接国家职业标准，基于电子专业中高职毕业生就业岗位群的职业能力的衔接、工作任务的衔接，用工作过程的动态结构把技能与知识紧密结合起来；基于职业成长规律序化职业能力，基于认知规律和工作过程序化应用性知识，以完成任务的教学程序化知识体系，形成中职技能操作衔接高职技能技术应用的教学内容结构。

四、系列教材内容创新。对接电子信息产业，及时反映产业发展的新技术、新工艺以及新的管理模式；基于生产案例开发系列化的教学项目，开发具有关联性的、承载知识和技能的教学载体，实现了中高职课程内容的有机衔接；剖析和借鉴德国电气技术人员认证远程教育课程的教材体系，以其中合理部分作为拓展或引申性阅读材料。

五、系列教材形式创新。对接岗位职业能力，考虑学生实际情况，选择教学资源；将活动体验、生动形式与自主学习相结合，尝试以实训场景对话方式或借用游戏的形式等引导教学内容，减少文字堆砌，用新的构图形式引入学生的生活经验，调动自主

学习积极性;以可视化技术,再现实际工作情境,用行动导向的教学方法组织教学活动,并物化教学方法于教材中;采用讨论、活动、体验、小组工作等形式实现“学中做”和“做中学”,激发学生学习兴趣。

系列教材由中国电子科技集团、工业和信息化部电子行业职业技能鉴定指导中心、工业和信息化部通信行业职业技能鉴定指导中心、教育部工业和信息化职业教育教学指导委员会的专家以及职业教育专家联合组成中高职衔接电子技术专业系列教材总编委会,负责教材编写工作的全局性统领和审核。系列教材各分册主编为高职或中高职院校的教学专家,副主编是企业专家。

系列教材充分体现了职业教育新理念、新模式与新技术,能让学生更好地掌握知识、发展能力、发展智力和提高素质;也是教学过程令人耳目一新的剧本,可以引领教师更加主动地进行教学模式创新。相信这套历时三年,凝聚着众多编者心血的系列教材必定不会辜负“十二五”职业教育国家规划教材的殊荣,成为中、高职院校电子技术专业学生易学、想学、会学的得力帮手。

《中高职衔接电子技术专业系列教材》总编委会

2014年11月

《电子产品（高职）：电子产品设计与制作》知识与技能结构组成

|                                 | 学习目标                                           | 学习与工作任务                                                                                  |      |                                       |                                                                                            |                                | 课时 | 教学成果                                    |
|---------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----|-----------------------------------------|
|                                 |                                                | 学习                                                                                       | 工作任务 | 教学载体                                  | 认知内容                                                                                       | 训练任务                           |    |                                         |
| 第1章<br>学习指南                     | 1. 学习目标；<br>2. 从业人员的<br>企业要求；<br>3. 教学导图<br>意义 | 1. 了解本课教学目标；<br>2. 了解电子产品从业人员的<br>企业要求；<br>3. 领会教学导图意义                                   |      | 企业 C 流程<br>图（Check point<br>Flow）     | 电子产品是有生命的，是<br>有始有终的                                                                       |                                | 2  |                                         |
|                                 | 学习目标                                           | 学习                                                                                       | 工作任务 |                                       |                                                                                            |                                | 课时 | 教学成果                                    |
| 第2章<br>电子产品<br>开发过程概论<br>（企业案例） | 了解电子产品<br>生命周期流程                               | 认识电子产品生命周期<br>流程                                                                         |      | 企业 C 流程<br>图（Check point<br>Flow）     | 电子产品是有生命的，是<br>有始有终的                                                                       |                                | 2  | 企业 C 流<br>程图认知                          |
|                                 | 掌握电子产品<br>开发流程                                 | 学习电子产品开发管理及<br>技术人员必须具备的“电子<br>产品开发流程”                                                   |      | 企业电子产<br>品“开发流程<br>图”                 | 1. 产品开发的过程中关键<br>步骤；可行性样机、样机试<br>制、样机调试、样机定型；<br>2. 产品开发的团队合作<br>与分工；硬件部分、软件部<br>分、结构与美工部分 | 制定“电<br>动车尾灯闪<br>烁器开发流<br>程”   | 2  | 项目报告：<br>电动车尾灯闪<br>烁器开发流程               |
|                                 | 会制定产品开<br>发计划表                                 | 熟悉并制定产品开发管理<br>人员及技术人员必须掌握并<br>能理解“电子产品开发计划<br>表”（PDS；Product Develop-<br>ment Schedule） |      | 实际的一个<br>音箱系统的<br>PDS。（企业的<br>实际 PDS） | 1. 产品开发的时效性；<br>2. 明确产品开发过程中<br>各项任务的责任人                                                   | 制定“电<br>动车尾灯闪<br>烁器开发计<br>划表”  | 2  | 项目报告：<br>电动车尾灯闪<br>烁器开发计划<br>表          |
|                                 | 会确定及编制<br>电子《产品规格<br>书》                        | 学习电子《产品规格书》<br>的确定方法及编制方法                                                                |      | 一款便携式<br>吸尘器的实际<br>产品规格书              | 产品必须具备的安全性；<br>电气特性（包括：额定<br>工作条件及输入输出特性<br>等）；结构及外观特性（包<br>括机械尺寸、重量、颜色<br>等）              | 制定“电<br>动车尾灯闪<br>烁器”的产<br>品规格书 | 2  | 项目报告：<br>制定“电动<br>车尾灯闪烁<br>器”的产品<br>规格书 |

续表

| 学习目标                            | 学习工作任务                                                  | 教学载体                                     | 认知内容                                                                             | 训练任务                                | 制作项目                    | 课时 | 教学成果                            |
|---------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|----|---------------------------------|
| 第2章<br>电子产品开发<br>过程概论<br>(企业案例) | 了解方框图作用;<br>会设计方框图                                      | 1. 一款 LCD TV 主板方框图;<br>2. 一款 LCD TV 的电源树 | 1. 方框图的主要作用;<br>2. 特殊方框图—电源树;<br>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:<br>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                                      | 一款 LCD TV 主板的材料清单(BOM)                   | 1. BOM 必须包含的栏目;<br>2. 实际企业使用 BOM 的分层作用;<br>3. BOM 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:<br>“电动车尾灯闪烁器”的分层材料清单      |
|                                 | 电子工程师:<br>1. 会 PCB 设计方法及要点;<br>2. 会 CB 输出的设计文件          | “电动车尾灯闪烁器”PCB                            | 1. 简要的 PCB 设计规则;<br>2. PCB 输出的设计资料(顶层丝印、底层丝印、顶层 COPPER、顶层焊盘、底层 COPPER、底层焊盘、钻孔资料等 | “电动车尾灯闪烁器”的 PCB 资料的实际分析             |                         | 2  | 项目报告:<br>“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                                    | 以“电动车尾灯闪烁器”规格要求为出发点,列出电路的逻辑表(真值表)        | 产品规格书;<br>电路真值表;<br>真值表的化简;<br>信号最简逻辑表达式;<br>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:<br>完成“电动车尾灯闪烁器”逻辑功能的最简表达式 |
| 第3章<br>电路设计与测试实训                | 根据模块一的信号逻辑关系进行方框图设计、电原理图设计、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”模块一之时钟信号电路模块                   | 1. 将信号逻辑方框图;<br>2. 555 设计多谐振荡器;<br>3. 低频信号的频率、周期、幅度、占空比;<br>4. 电容充电时间计算、放电时间计算   | “电动车尾灯闪烁器”之模块一电路:时钟信号(脉冲方波)电路的设计、组装 | “电动车尾灯闪烁器”之模块一电路设计—电路制作 | 6  | 项目报告及作品:<br>时钟信号生成电路的设计与制作      |

续表

| 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                                             |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|--------------------------------------------------|
| 模块二：<br>闪烁模式控制<br>及模拟电子开关<br>电路设计 | 根据模块二的信号逻辑关<br>系进行方框图设计、电原理<br>图设计、材料清单（BOM）<br>生成、PCB 资料输出、电路<br>装配、调试及信号量测 | “电动车尾<br>灯闪烁器”模<br>块二之闪烁模<br>式控制及电子<br>模拟开关电路 | 1. 电子模拟开关器件特<br>性的掌握及应用；<br>2. 转向开关及闪烁开关<br>的设计                                 | 模块二：<br>闪烁模式控<br>制及电子模<br>拟开关电路<br>的设计与测<br>试                           | “电动车<br>尾灯闪烁<br>器”之模块<br>二电路设计<br>制作                                                      | 6  | 项目报告及<br>作品：<br>闪烁模式控<br>制及电子模拟<br>开关电路设计<br>与制作 |
| 第 3 章<br>电路设计与<br>测试实训            | 根据模块三的信号逻辑关<br>系进行方框图设计、电原理<br>图设计、材料清单（BOM）<br>生成、PCB 资料输出、电路<br>装配、调试及信号量测 | “电动车尾<br>灯闪烁器”模<br>块三之逻辑变<br>换电路              | 1. 二极管、NPN 三极<br>管；<br>2. 晶体管非门电路与二<br>极管或门电路的应用设计；<br>3. 非门与或门的逻辑功<br>能测量与判断方法 | 模块三：<br>逻辑变换电<br>路的设计与<br>测试                                            | 1. 逻辑变<br>换电路的设<br>计任务确定<br>方框图设计；<br>2. 非门<br>或门逻辑电<br>路的设计；<br>3. 电原<br>理图及 PCB<br>设计   | 6  | 会使用双踪<br>存储示波器；<br>电子 CAD<br>定制的印刷线<br>路板 PCB    |
| 模块四 LED 显<br>示及驱动电路的<br>设计        | 根据模块四的信号逻辑关<br>系进行方框图设计、电原理<br>图设计、材料清单（BOM）<br>生成、PCB 资料输出、电路<br>装配、调试及信号量测 | “电动车尾<br>灯闪烁器”模<br>块四之 LED 显<br>示及驱动电路        | 1. 三极管驱动 LED 电路<br>的设计方法；<br>2. LED 工作电流的设<br>计；<br>3. 三极管饱和与截止状<br>态测量方法与判断方法  | 模块四：<br>LED 显示及<br>驱动电路的<br>设计及信号<br>量测；<br>三极管饱<br>和与截止状<br>态测量与判<br>断 | 显示驱动<br>电路的设计<br>任务确定、<br>方框图设计；<br>晶体管驱<br>动电路设计；<br>LED 显示<br>电路设计；<br>电原理图<br>及 PCB 设计 | 6  | 会万用表的<br>使用；<br>电子 CAD<br>定制的印刷线<br>路板 PCB       |

续表

| 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                                                      |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------------------------------------|
| 第4章<br>产品性能<br>评估、测试与<br>电路设计修改 | 1. 电子产品<br>整机测试及性能<br>评估;<br>2. 验证设计<br>输入;<br>3. 会电路设<br>计修改确认, 提<br>升实际问题解决<br>能力 | 制作完成的<br>“电动车闪烁<br>器”;<br>完成《样机<br>评估测试报<br>告》;<br>完成《产品<br>规格书》 | 整机测试内容及方法;<br>实际问题的分析能力;<br>品质工程师;<br>整机测试内容及方法;<br>电路设计修改方法及步骤 | 产品整机<br>性能评估、<br>测试;<br>设计验证;<br>电路设计修<br>改产品性能评<br>估、测试与电<br>路设计修改 | 了解《样<br>机评估报<br>告》;<br>样机问题<br>分析方法;<br>设计修改<br>后的重新测<br>试                                                      | 4  | 完成的<br>“电动车闪烁<br>器”(一);<br>《样机评<br>估测试报<br>告》;《产品<br>规格书》 |
| 第5章<br>设计变更<br>设计案例             | 能根据模块五<br>的信号逻辑关系<br>进行方框图设<br>计、电原理图设<br>计、材料清单生<br>成、PCB资料输<br>出、电路装配、<br>调试及信号量测 | 产品的派生<br>机型(设计变<br>更)设计案例                                        | 研发工程师;<br>派生机型设计流程;<br>派生机型的设计方法                                | 模块五:<br>根据派生<br>机型的设计<br>案例, 改变<br>显示方式的<br>“电动车尾灯<br>闪烁器”设<br>计    | 1. 派生<br>机型的设计<br>任务确定、<br>方框图设<br>计;<br>2. 派生<br>机型的电原<br>理图及 PCB<br>设计;<br>3. BOM<br>制作; 派生<br>机型的整机<br>制作与测试 | 8  | 电子 CAD;<br>定制的印刷线<br>路板 PCB;<br>“电动车尾<br>灯闪烁器<br>(二)”     |

# 目 录

|                                   |        |
|-----------------------------------|--------|
| 第1章 学习指南 .....                    | ( 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 教学导图——电动车尾灯闪烁器的设计、制作及测试 ..... | ( 3 )  |
| 第2章 电子产品开发过程概论(企业案例) .....        | ( 5 )  |
| 2.1 电子产品生命周期流程介绍 .....            | ( 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 .....           | ( 11 ) |
| 2.1.4 设计验证阶段与 C2 节点 .....         | ( 11 ) |
| 2.1.5 EVT 阶段与节点 .....             | ( 12 ) |
| 2.1.6 DVT 阶段与节点 .....             | ( 12 ) |
| 2.1.7 PVT 阶段与节点 .....             | ( 14 ) |
| 2.1.8 MP 阶段与节点 .....              | ( 14 ) |
| 2.2 电子产品开发流程介绍 .....              | ( 15 ) |
| 2.3 开发计划表的制定 .....                | ( 19 ) |
| 2.3.1 实际产品开发计划表的介绍 .....          | ( 19 ) |
| 2.3.2 开发计划表的重要事项 .....            | ( 19 ) |
| 2.3.3 制定“电动车尾灯闪烁器”开发计划表 .....     | ( 20 ) |
| 2.4 《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 电子产品的《产品规格书》的主要内容 .....     | ( 21 ) |
| 2.4.3 电动车尾灯闪烁器的设计任务确定 .....       | ( 22 ) |
| 2.5 电路方框图的设计与电原理图设计 .....         | ( 25 ) |
| 2.5.1 方框图的作用与设计 .....             | ( 25 ) |
| 2.5.2 电原理图设计 .....                | ( 29 ) |
| 2.6 材料清单(BOM)的架构及分层 .....         | ( 31 ) |
| 2.6.1 电子企业实际使用的材料清单 BOM 介绍 .....  | ( 31 ) |
| 2.6.2 电子企业 BOM 题头介绍 .....         | ( 32 ) |
| 2.6.3 企业 BOM 栏目介绍 .....           | ( 33 ) |

|       |                                       |        |
|-------|---------------------------------------|--------|
| 2.6.4 | 企业 BOM 分层介绍 .....                     | ( 34 ) |
| 2.6.5 | BOM 分层的作用: .....                      | ( 34 ) |
| 2.6.6 | 实际动手制作分层 BOM .....                    | ( 37 ) |
| 2.7   | PCB 设计资料输出 .....                      | ( 38 ) |
| 2.7.1 | PCB 设计资料输出之一:铜皮面布线资料 .....            | ( 40 ) |
| 2.7.2 | PCB 设计资料输出之二:铜皮面焊盘图片资料 .....          | ( 42 ) |
| 2.7.3 | PCB 设计资料输出之三:钻孔图资料 .....              | ( 42 ) |
| 2.7.4 | PCB 设计资料输出之四:元件面丝印资料 .....            | ( 44 ) |
| 2.7.5 | PCB 设计资料输出之五:底面丝印资料 .....             | ( 45 ) |
| 2.7.6 | PCB 设计资料输出之六:内层布线资料 .....             | ( 46 ) |
| 2.7.7 | “电动车尾灯闪烁器”PCB 介绍 .....                | ( 47 ) |
| 2.8   | 思考与练习 .....                           | ( 48 ) |
| 第 3 章 | 电路设计与测试实训 .....                       | ( 51 ) |
| 3.1   | 电路逻辑状态描述、化简与信号选择设计 .....              | ( 51 ) |
| 3.1.1 | 电路逻辑功能表或真值表 .....                     | ( 51 ) |
| 3.1.2 | 逻辑表达式及逻辑化简 .....                      | ( 53 ) |
| 3.1.3 | 控制信号选择与设计 .....                       | ( 54 ) |
| 3.2   | 模块一:时钟信号(方波)电路的设计与测试 .....            | ( 57 ) |
| 3.2.1 | 模块一之设计任务的确定 .....                     | ( 57 ) |
| 3.2.2 | 模块一之电路逻辑状态描述、化简与信号选择 .....            | ( 57 ) |
| 3.2.3 | 模块一之方框图的设计 .....                      | ( 57 ) |
| 3.2.4 | 电原理图设计及原理分析 .....                     | ( 58 ) |
| 3.2.5 | 模块一的 BOM 生成 .....                     | ( 62 ) |
| 3.2.6 | 在 PCB 上的装配位置 .....                    | ( 63 ) |
| 3.2.7 | 模块一的电路测试 .....                        | ( 63 ) |
| 3.2.8 | 模块一的学习总结 .....                        | ( 67 ) |
| 3.2.9 | 思考与练习 .....                           | ( 67 ) |
| 3.3   | 模块二:闪烁模式控制及电子模拟开关电路的设计与测试 .....       | ( 69 ) |
| 3.3.1 | 模块二之任务确定 .....                        | ( 69 ) |
| 3.3.2 | 模块二之电路逻辑、化简及信号选择 .....                | ( 69 ) |
| 3.3.3 | 模块二之方框图设计 .....                       | ( 70 ) |
| 3.3.4 | 模块二的电原理图设计及原理分析 .....                 | ( 71 ) |
| 3.3.5 | 模块二的 BOM 生成 .....                     | ( 75 ) |
| 3.3.6 | 模块二在 PCB 上的安装位置以及 L、R、F 信号测试点位置 ..... | ( 76 ) |
| 3.3.7 | 模块二的电路测试 .....                        | ( 77 ) |
| 3.3.8 | 思考与练习 .....                           | ( 77 ) |
| 3.4   | 模块三:逻辑变换电路的设计与测试 .....                | ( 79 ) |
| 3.4.1 | 模块三之设计任务确定 .....                      | ( 79 ) |

|       |                             |         |
|-------|-----------------------------|---------|
| 3.4.2 | 模块三之电路逻辑、化简及信号选择 .....      | ( 79 )  |
| 3.4.3 | 模块三之方框图设计 .....             | ( 79 )  |
| 3.4.4 | 模块三之电原理图设计与原理分析 .....       | ( 80 )  |
| 3.4.5 | 模块三之 BOM 生成 .....           | ( 80 )  |
| 3.4.6 | 模块三之元件装配位置图及相关测试点位置图 .....  | ( 81 )  |
| 3.4.7 | 模块三之电路测试 .....              | ( 83 )  |
| 3.4.8 | 思考与练习 .....                 | ( 85 )  |
| 3.5   | 模块四:LED 显示及驱动电路的设计与测试 ..... | ( 87 )  |
| 3.5.1 | 模块四之设计任务确定 .....            | ( 87 )  |
| 3.5.2 | 模块四之电路逻辑、化简及信号选择 .....      | ( 88 )  |
| 3.5.3 | 模块四之方框图设计 .....             | ( 88 )  |
| 3.5.4 | 模块四之原理图设计及电路原理分析 .....      | ( 88 )  |
| 3.5.5 | 模块四之 BOM 生成 .....           | ( 92 )  |
| 3.5.6 | 模块四之元件装配及测试位置 .....         | ( 93 )  |
| 3.5.7 | 模块四之电路测试 .....              | ( 94 )  |
| 3.5.8 | 思考与练习 .....                 | ( 96 )  |
| 第 4 章 | 产品性能评估、测试与电路设计修改 .....      | ( 99 )  |
| 4.1   | 电子产品整机测试及性能评估 .....         | ( 99 )  |
| 4.1.1 | 评估测试内容 .....                | ( 99 )  |
| 4.1.2 | 新样机评估报告实例 .....             | ( 99 )  |
| 4.2   | 电路设计修改 .....                | ( 103 ) |
| 4.2.1 | 新样机问题收集 .....               | ( 103 ) |
| 4.2.2 | 电路设计修改 .....                | ( 103 ) |
| 4.2.3 | 电路设计修改确认 .....              | ( 110 ) |
| 4.3   | 电子产品可靠性试验 .....             | ( 113 ) |
| 4.3.1 | 电子产品可靠性试验的目的 .....          | ( 113 ) |
| 4.3.2 | 可靠性试验的分类 .....              | ( 114 ) |
| 4.3.3 | 试验安排 .....                  | ( 116 ) |
| 4.3.4 | 试验评估 .....                  | ( 117 ) |
| 4.3.5 | 试验管理 .....                  | ( 117 ) |
| 第 5 章 | 设计变更(派生机型)设计案例 .....        | ( 119 ) |
| 5.1   | 设计任务确定(全亮全暗的闪烁方式) .....     | ( 120 ) |
| 5.2   | 电路逻辑信号、化简(全亮全暗的闪烁方式) .....  | ( 121 ) |
| 5.3   | 模块五之方框图设计 .....             | ( 123 ) |
| 5.3.1 | 时钟信号生成功能电路方框图 .....         | ( 123 ) |
| 5.3.2 | 开关控制及信号选择功能电路方框图 .....      | ( 123 ) |
| 5.3.3 | 逻辑转换电路功能方框图 .....           | ( 124 ) |
| 5.3.4 | LED 驱动显示电路功能方框图 .....       | ( 124 ) |

|                           |       |
|---------------------------|-------|
| 5.3.5 模块五之总方框图 .....      | (125) |
| 5.4 模块五之电原理图设计与原理分析 ..... | (125) |
| 5.5 模块五之 BOM 生成 .....     | (126) |
| 5.6 模块五之 PCB 设计 .....     | (127) |
| 5.7 模块五之安装 .....          | (127) |
| 5.8 模块五之电路测试 .....        | (127) |
| 5.8.1 波形测试 .....          | (127) |
| 5.8.2 电路功能测试 .....        | (127) |
| 5.9 思考与练习 .....           | (127) |
| 附录一 电子企业常见英文缩写及意思 .....   | (130) |
| 附录二 PCB 设计规范(仅供参考) .....  | (138) |

## ——电动车尾灯闪烁器的设计与制作

电动车尾灯闪烁器的功能:

使用生活中常见的 12V 直流电源 (交流适配器 AC adaptor) 或 12V 电瓶车蓄电池作为电源, 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 5mm) 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具备以下功能:

闪烁警示显示;

左转方向显示;

右转方向显示。

电动车闪烁器的应用场合:

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, 为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, 提高行车出行的安全系数。

## 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) 作为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、或门电路的原理;

- 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的材料清单（Bill Of Material，BOM）的能力；
- ⑨掌握低频信号（1 ~ 50Hz）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能力；
- ⑯掌握电子产品整机电性能指标测试、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

表 1-1 知识、技能与电子企业典型技术工作岗位要求

| 知识及技能                                                                                                                                 | 电子企业典型技术工作岗位具备的技能 |                     |                |           |             |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------|----------------|-----------|-------------|-------------|
|                                                                                                                                       | 生产型企业             |                     | 研发型企业          |           |             |             |
|                                                                                                                                       | 产品工艺<br>技术员       | 产品工艺<br>工程师<br>(PE) | 测试工<br>程师 (TE) | 绘图<br>技术员 | 研发助理<br>工程师 | 电路研发<br>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                                                                                                                              | —                 | —                   | —              | —         | △           | △           |
| 电原理图分析                                                                                                                                | △                 | △                   | △              | △         | △           | △           |
| 电压、电流量测                                                                                                                               | △                 | △                   | △              | △         | △           | △           |
| 信号波形量测                                                                                                                                | —                 | △                   | △              | —         | △           | △           |
| 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                                                                                                                               | △                 | △                   | △              | —         | △           | △           |
| 电原理图绘制                                                                                                                                | —                 | —                   | —              | △         | △           | △           |
| 电原理图设计                                                                                                                                | —                 | —                   | —              | △         | △           | △           |
| PCB 设计                                                                                                                                | —                 | —                   | —              | △         | △           | △           |
| 生产工艺流程设计                                                                                                                              | △                 | △                   | —              | —         | —           | △           |
| 可靠性测试                                                                                                                                 | —                 | —                   | △              | —         | △           | △           |
| 注：PE 为 Product Engineer、Process Engineer 的简称，意为产品工艺工程师；<br>TE 为 Testing Engineer 的简称，意为产品测试工程师；<br>BOM 为 Bill Of Materials 简称，意为材料清单。 |                   |                     |                |           |             |             |