



国家示范性高职院校建设项目成果

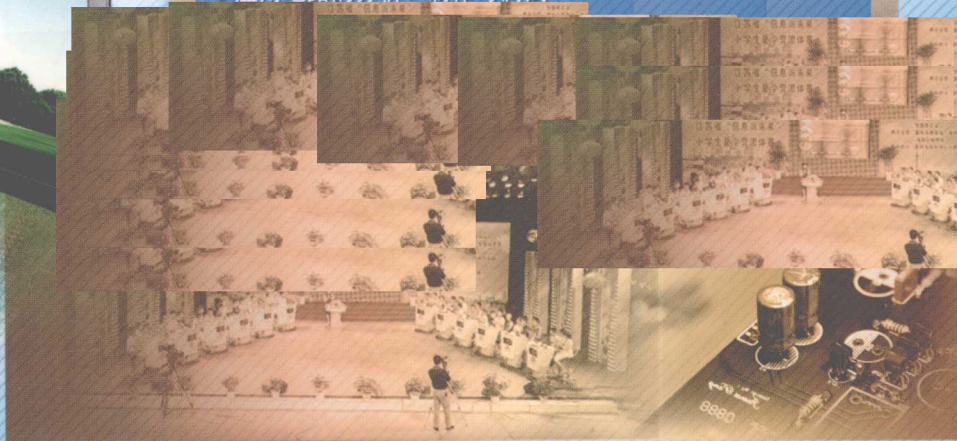
中国电子教育学会推荐教材

全国高职院校规划教材·精品与示范系列

# 电子电路分析制作 与调试

◎ 夏敏磊 主编 ◎ 王 燕 张 伟 副主编

- 电子电路基本概念 • 门电路 • 组合逻辑电路
- 触发器 • 寄存器 • 时序逻辑电路 • 计数器
- 二极管 • 整流滤波电路 • 稳压电路
- 三极管 • 放大电路 • 集成运算放大器
- 功率放大电路 • 集成功率放大电路 • 振荡电路
- 二极管驱动电路 • 传感器 • 滤波器 • D/A转换器
- A/D转换器 • 晶闸管 • 单相半控整流电路 • 触发电路
- 应用电路的分析、制作与调试



- ◆ 以重点培养学生的电路分析、电路设计能力为目标构建课程内容，突出职业岗位特色
- ◆ 提供了34个实践项目，有助于学生快速掌握操作技能，也方便教师根据教学实际进行选择
- ◆ 设有案例分析、图解剖析、小知识、问题思考等环节，提高学习的互动性与趣味性
- ◆ 配有免费的电子教学课件和习题参考答案，以方便教学



电子工业出版社

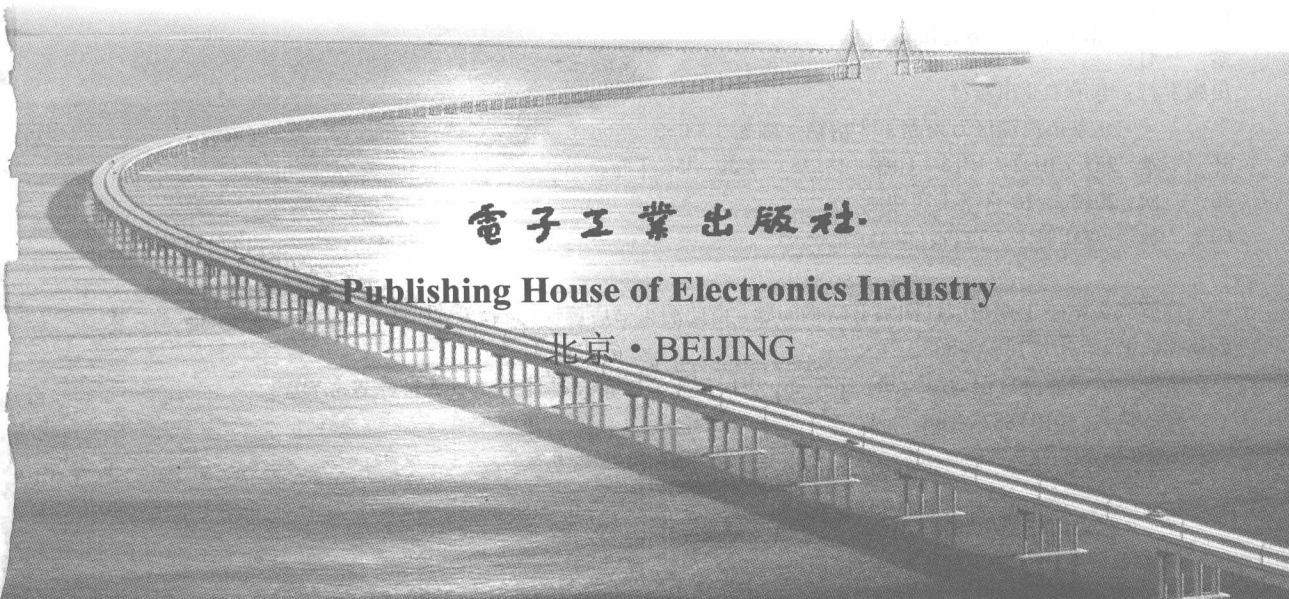
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

国家示范性高职院校建设项目成果  
中国电子教育学会推荐教材  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

# 电子电路分析制作与调试

夏敏磊 主编  
王 燕 张 伟 副主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



## 内 容 简 介

本书按照最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范院校建设项目成果及作者多年的校企合作经验编写而成。本书从应用电子电路分析入手,涵盖了数字电子技术和模拟电子技术的基本内容。主要内容包括三位简易抢答器电路的分析与调试、叫号显示电路的设计与调试、数字钟电路的设计与调试、直流稳压电源的设计与调试、电子秤压力信号放大电路的制作与调试、变速运动小车功率放大电路的分析与调试、可燃气体报警器的制作与调试、电子秤低通滤波电路的制作与调试、小车变速运动 D/A 转换电路的分析与测试、水温控制系统的分析与调试,以及小型电子产品的设计与调试等。

本书按照初学者的学习规律与特点,重点突出电路分析、电路设计能力的培养,在传统枯燥的电子技术理论知识中融入大量的案例分析、图解剖析、小知识学习、问题思考等环节,可以提高学生的学习兴趣,强化学生自主思考、自主设计的积极性,培养学生的创新能力。

本书内容新颖实用、易于教学,可作为高职高专院校各专业相应课程的教材,以及应用型本科、成人教育、函授学院、电视大学、中职学校的教材,同时也是电子工程技术人员的一本好参考书。

本书配有免费的电子教学课件和练习题参考答案,详见前言。

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

电子电路分析制作与调试/夏敏磊主编. —北京:电子工业出版社, 2010. 10

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-11970-5

I. ①电… II. ①夏… III. ①电子电路-电路分析-高等学校:技术学校-教材 ②电子电路-调制技术-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TN710

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 198361 号

策划编辑:陈健德

责任编辑:谭丽莎

印 刷: 北京京师印务有限公司

装 订:

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: 787×1092 1/16 印张: 18.25 字数: 456 千字

印 次: 2010 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 30.00 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。

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

服务热线:(010)88258888。

## 职业教育 继往开来(序)

自我国经济在新的世纪快速发展以来,各行各业都取得了前所未有的进步。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高,教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说,近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下,高职院校以服务为宗旨、以就业为导向,开展工学结合与校企合作,进行了较大范围的专业建设和课程改革,涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下,逐步加大校内生产性实训比例,引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下,教学以育人为目标,以掌握知识和技能为根本,克服了以学科体系进行教学的缺点和不足,为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

中国电子教育学会立足于电子行业企事业单位,为行业教育事业的改革和发展,为实施“科教兴国”战略做了许多工作。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社,具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验,有义务和能力与广大的高职院校密切合作,参与创新职业教育的新方法,出版反映最新教学改革成果的新教材。中国电子教育学会经常与电子工业出版社开展交流与合作,在职业教育新的教学模式下,将共同为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而提供优质服务。

近期由电子工业出版社组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”,具有以下几个突出特点,特向全国的职业教育院校进行推荐。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市区评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确,并且具有多年的职业教育教学经验及工学结合、校企合作经验,能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计,能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础,体现重点突出、实用为主、够用为度的原则,采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置,项目实例较多,应用范围较广,图片数量较大,还引入了一些经验性的公式、表格等,文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性,对全国许多职业教育院校具有较大的适用性,同时对企业技术人员具有可参考性。

(3) 根据职业教育的特点,本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容,有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程,也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点,为方便教学过程对教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育要不断进行改革,创新型教材建设是一项长期而艰巨的任务。为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务,我们殷切希望高职高专院校的各位职教专家和老师提出建议,共同努力,为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务!

中国电子教育学会



# 前 言



本书按照最新的职业教育教学改革要求,结合国家示范院校建设项目成果及作者多年的校企合作经验编写而成。本书以理论讲述与实践操作相结合的方式进行设计,经过大量的企业调研与论证,确立了本专业的工作任务与职业能力分析表,明确了课程实施的总体设计思路:以典型电子电路设计、制作的工作任务为中心,以多模块应用为切入点,引入对学生创新能力的培养,让学生在具体应用电路的设计制作过程中开发创新思维,完成相应工作任务,并构建相关理论知识,发展职业能力。本书设计了10个学习情境,围绕多个工作任务所对应的单元电路制作与调试过程,开发学生的创新性思维模式,并以满足产品的功能实现为基本任务进行电子电路的分析、设计与制作,最后给出学生完成综合实训的项目提示。书中各工作任务技术指标的确定是以电子产品典型单元电路为载体,以典型且具有明显不同特征的电子技术基础知识领域为划分点的。

本书在编写过程中,尽可能全面地介绍数字电路和模拟电路的经典电路,同时注重电路的分析过程和设计过程,力争使学生建立起对电子产品的立体感官效果。

本书的编写有以下特点。

1. 力求从实例中得出规律,以增强学生对概念的理解和记忆。
2. 兼顾高职学生的生源差异。对已经有一定专业基础的中职学生,在经过一系列逻辑代数基础的考核后,可直接进入电子电路分析过程;而对没有相应基础的普高毕业学生,可选择对附录中的“逻辑代数”等环节进行教学后再开始电子电路分析。
3. 关注初学者的学习规律与特点,力求从元器件、芯片应用的角度引导学生学习,减少对内部繁杂原理的分析,从而为学生学习创建轻松的环境。
4. 通过案例分析、图解剖析、小知识学习、问题思考等环节的连贯学习,让学生能够置身其中,主动思考问题,解决问题。
5. 面向企业需求,结合对各学习情境的学习,突出能力培养。
6. 以典型电子产品为载体实施教学,增强学生的学习兴趣。本书选择了竞赛抢答器、LED数字显示器、运动小车、数字钟、电子秤、水温控制器、报警器、稳压电源等常见的、学生易于接受的电子产品作为设计分析的对象,使学生很容易进入电路分析的氛围中,同时有利于学生形成个性化的设计方案。
7. 学习情境重点突出,能力培养有所侧重。学习情境的设置依托了数字电路和模拟电

路的各关键知识点,教学任务的安排不仅考虑到了本课程在专业课程体系中的位置,同时以电路分析、设计能力,电路接线、制板能力,技术指标分析编制能力为能力培养的主线,力求从浅入深、由易至难、循序渐进地培养学生的全面技能。

8. 在工作任务实施过程中,可促进学生的自主创新意识,并在相应的知识领域中引导学生进行自主性的电子产品单元电路设计、制作、调试。授课教师应把握学生设计思路的难易程度、理论范围,充分体现学生的创新思想,丰富学生制作的多样性,提升学生设计制作的兴趣和积极性,加强学生的制作技能、团队配合能力和个体表达能力等。

本书内容新颖实用、易于教学,可作为高职高专院校各专业相应课程的教材,以及应用型本科、成人教育、函授学院、电视大学、中职学校的教材,同时也是电子工程技术人员的一本好参考书。

本教材由浙江机电职业技术学院夏敏磊任主编,浙江机电职业技术学院王燕和浙江求是科教仪器有限公司总工程师张伟任副主编。在编写过程中,许多企业专家提供了宝贵意见,同时本书还参考了大量的书刊资料,在此一并表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请广大读者批评指正。

为了方便教师教学及学生学习,本书配有免费的电子教学课件、习题参考答案,请有需要的教师及学生登录华信教育资源网([www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn))免费注册后再进行下载,有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系(E-mail: [gaozhi@phei.com.cn](mailto:gaozhi@phei.com.cn))。

编 者

2010年8月



# 目 录



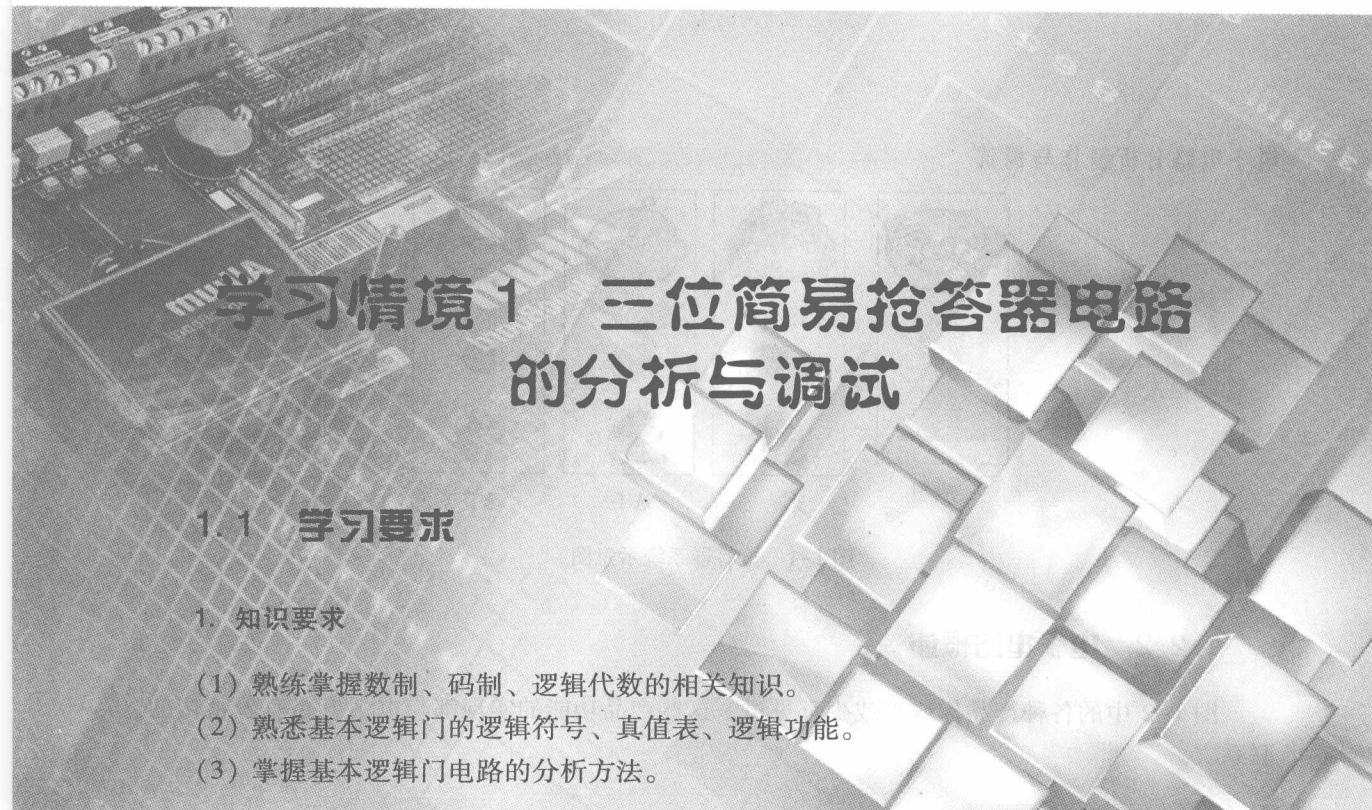
|                              |    |
|------------------------------|----|
| 学习情境 1 三位简易抢答器电路的分析与调试 ..... | 1  |
| 1.1 学习要求 .....               | 1  |
| 1.2 学习资讯 .....               | 1  |
| 1.2.1 项目分析 .....             | 1  |
| 1.2.2 电子电路概述 .....           | 2  |
| 1.2.3 基本逻辑门和复合逻辑门 .....      | 5  |
| 1.2.4 逻辑函数的几种表示方法 .....      | 10 |
| 1.3 实践 .....                 | 12 |
| 1.3.1 门电路逻辑功能的测试 .....       | 12 |
| 1.3.2 三位简易抢答器电路的分析与调试 .....  | 14 |
| 1.3.3 举重裁判电路的设计与调试 .....     | 15 |
| 思考与练习题 1 .....               | 16 |
| 课外阅读 1 .....                 | 20 |
| 资料检索 1 .....                 | 23 |
| 学习情境 2 叫号显示电路的设计与调试 .....    | 24 |
| 2.1 学习要求 .....               | 24 |
| 2.2 学习资讯 .....               | 24 |
| 2.2.1 项目分析 .....             | 24 |
| 2.2.2 组合逻辑电路分析 .....         | 25 |
| 2.2.3 组合逻辑电路的设计 .....        | 27 |
| 2.2.4 常见集成组合逻辑器件及其应用 .....   | 29 |
| 2.3 实践 .....                 | 42 |
| 2.3.1 血型匹配指示器电路的分析与调试 .....  | 42 |
| 2.3.2 三位加法器电路的设计与调试 .....    | 44 |
| 2.3.3 叫号显示器电路的设计、制作与调试 ..... | 46 |
| 思考与练习题 2 .....               | 47 |
| 课外阅读 2 .....                 | 52 |
| 资料检索 2 .....                 | 56 |
| 学习情境 3 数字钟电路的设计与调试 .....     | 57 |
| 3.1 学习要求 .....               | 57 |
| 3.2 学习资讯 .....               | 57 |
| 3.2.1 项目分析 .....             | 57 |
| 3.2.2 基本 RS 触发器的应用 .....     | 59 |
| 3.2.3 同步触发器功能的分析 .....       | 65 |



|                                       |                                |            |
|---------------------------------------|--------------------------------|------------|
| 3.2.4                                 | 一位八进制计数器——边沿触发的 JK 触发器应用 ..... | 67         |
| 3.2.5                                 | T 触发器和 T' 触发器的制作 .....         | 70         |
| 3.2.6                                 | 寄存器和移位寄存器 .....                | 72         |
| 3.2.7                                 | 时序逻辑电路的分析 .....                | 77         |
| 3.2.8                                 | 计数器的分析与设计 .....                | 82         |
| 3.2.9                                 | 基准脉冲发生器的设计 .....               | 96         |
| 3.3                                   | 实践 .....                       | 102        |
| 3.3.1                                 | RS 触发器与同步 RS 触发器的功能验证 .....    | 102        |
| 3.3.2                                 | 八位抢答器电路的制作与调试 .....            | 103        |
| 3.3.3                                 | 基于触发器的异步四位二进制计数器电路的设计与调试 ..... | 105        |
| 3.3.4                                 | 基于集成计数器的任意进制计数器电路的制作与调试 .....  | 106        |
| 3.3.5                                 | 双音报警声响器电路的分析与测试 .....          | 107        |
| 3.3.6                                 | 秒脉冲发生器电路的设计与制作 .....           | 109        |
| 3.3.7                                 | 数字钟电路的制作与测试 .....              | 109        |
|                                       | 思考与练习题 3 .....                 | 110        |
|                                       | 课外阅读 3 .....                   | 117        |
|                                       | 资料检索 3 .....                   | 118        |
| <b>学习情境 4 直流稳压电源的设计与调试 .....</b>      |                                | <b>119</b> |
| 4.1                                   | 学习要求 .....                     | 119        |
| 4.2                                   | 学习资讯 .....                     | 119        |
| 4.2.1                                 | 项目分析 .....                     | 119        |
| 4.2.2                                 | 二极管的应用 .....                   | 120        |
| 4.2.3                                 | 二极管整流滤波电路的分析 .....             | 125        |
| 4.2.4                                 | 稳压电路的分析 .....                  | 132        |
| 4.3                                   | 实践 .....                       | 136        |
| 4.3.1                                 | 二极管特性的测试 .....                 | 136        |
| 4.3.2                                 | LED 照明灯电路的设计与制作 .....          | 138        |
| 4.3.3                                 | 二极管桥式整流集成稳压电源的设计与调试 .....      | 139        |
|                                       | 思考与练习题 4 .....                 | 141        |
|                                       | 课外阅读 4 .....                   | 145        |
|                                       | 资料检索 4 .....                   | 150        |
| <b>学习情境 5 电子秤压力信号放大电路的制作与调试 .....</b> |                                | <b>151</b> |
| 5.1                                   | 学习要求 .....                     | 151        |
| 5.2                                   | 学习资讯 .....                     | 151        |
| 5.2.1                                 | 项目分析 .....                     | 151        |
| 5.2.2                                 | 三极管的工作特性 .....                 | 152        |
| 5.2.3                                 | 单管放大电路的分析 .....                | 158        |
| 5.2.4                                 | 差动放大电路的分析 .....                | 169        |
| 5.2.5                                 | 集成运算放大器的线性应用 .....             | 171        |
| 5.3                                   | 实践 .....                       | 177        |
| 5.3.1                                 | 元器件的检测 .....                   | 177        |
| 5.3.2                                 | 单管放大电路的分析与测试 .....             | 179        |

|                                        |            |
|----------------------------------------|------------|
| 5.3.3 小车正、反转定速运动电路的设计、制作与调试 .....      | 180        |
| 5.3.4 用运放构成的比例放大器和加法器的设计与调试 .....      | 181        |
| 5.3.5 电子秤压力信号放大电路的分析与测试 .....          | 181        |
| 思考与练习题 5 .....                         | 182        |
| 课外阅读 5 .....                           | 189        |
| 资料检索 5 .....                           | 193        |
| <b>学习情境 6 变速运动小车功率放大电路的分析与调试 .....</b> | <b>194</b> |
| 6.1 学习要求 .....                         | 194        |
| 6.2 学习资讯 .....                         | 194        |
| 6.2.1 项目分析 .....                       | 194        |
| 6.2.2 功率放大电路的特殊性 .....                 | 195        |
| 6.2.3 分立元件功率放大电路的分析 .....              | 196        |
| 6.2.4 集成功率放大器的分析 .....                 | 200        |
| 6.3 实践 .....                           | 203        |
| 6.3.1 分立元件的功率放大电路分析与测试 .....           | 203        |
| 6.3.2 集成功率放大电路分析与测试 .....              | 204        |
| 思考与练习题 6 .....                         | 205        |
| 课外阅读 6 .....                           | 206        |
| 资料检索 6 .....                           | 208        |
| <b>学习情境 7 可燃气体报警器的制作与调试 .....</b>      | <b>209</b> |
| 7.1 学习要求 .....                         | 209        |
| 7.2 学习资讯 .....                         | 209        |
| 7.2.1 项目分析 .....                       | 209        |
| 7.2.2 运算放大器的非线性应用 .....                | 210        |
| 7.2.3 振荡电路的设计 .....                    | 216        |
| 7.2.4 发光二极管驱动电路 .....                  | 218        |
| 7.3 实践 .....                           | 219        |
| 7.3.1 传感器特性的测试 .....                   | 219        |
| 7.3.2 单值比较器和滞回比较器的设计与测试 .....          | 220        |
| 7.3.3 振荡电路的设计与测试 .....                 | 221        |
| 7.3.4 报警器的制作与调试 .....                  | 221        |
| 思考与练习题 7 .....                         | 224        |
| 课外阅读 7 .....                           | 225        |
| 资料检索 7 .....                           | 226        |
| <b>学习情境 8 电子秤低通滤波电路的制作与调试 .....</b>    | <b>227</b> |
| 8.1 学习要求 .....                         | 227        |
| 8.2 学习资讯 .....                         | 227        |
| 8.2.1 项目分析 .....                       | 227        |
| 8.2.2 滤波器的分类和主要特性 .....                | 228        |
| 8.2.3 有源滤波器的分析 .....                   | 229        |
| 8.3 实践 .....                           | 234        |

|                                     |                         |     |
|-------------------------------------|-------------------------|-----|
| 8.3.1                               | 二阶低通滤波器的制作与测试           | 234 |
| 8.3.2                               | 二阶高通滤波器的制作与测试           | 234 |
| 8.3.3                               | 电子秤低通滤波电路的调试            | 235 |
|                                     | 思考与练习题 8                | 236 |
|                                     | 资料检索 8                  | 237 |
| <b>学习情境 9 小车变速运动 D/A 转换电路的分析与测试</b> |                         | 238 |
| 9.1                                 | 学习要求                    | 238 |
| 9.2                                 | 学习资讯                    | 238 |
| 9.2.1                               | 项目分析                    | 238 |
| 9.2.2                               | D/A 转换器的分类和主要技术指标       | 238 |
| 9.2.3                               | 集成 D/A 转换芯片 AD7520 的应用  | 240 |
| 9.2.4                               | A/D 转换器的分类和主要技术指标       | 243 |
| 9.2.5                               | 集成 A/D 转换芯片 ADC0809     | 245 |
| 9.3                                 | 实践                      | 247 |
| 9.3.1                               | ADC0804 芯片的测试           | 247 |
| 9.3.2                               | DAC0808 芯片的测试           | 249 |
|                                     | 思考与练习题 9                | 251 |
|                                     | 资料检索 9                  | 252 |
| <b>学习情境 10 水温控制系统的分析与调试</b>         |                         | 253 |
| 10.1                                | 学习要求                    | 253 |
| 10.2                                | 学习资讯                    | 253 |
| 10.2.1                              | 项目分析                    | 253 |
| 10.2.2                              | 晶闸管特性的分析                | 253 |
| 10.2.3                              | 单相半控电阻性负载可控整流电路——晶闸管的应用 | 257 |
| 10.2.4                              | 触发电路——晶闸管工作的基础          | 258 |
| 10.3                                | 实践                      | 260 |
| 10.3.1                              | 晶闸管触发电路移相范围的测试          | 260 |
| 10.3.2                              | 水温控制系统的分析与调试            | 261 |
|                                     | 思考与练习题 10               | 263 |
|                                     | 课外阅读 8                  | 264 |
|                                     | 资料检索 10                 | 265 |
| <b>综合实训项目 小型电子产品的设计与调试</b>          |                         | 266 |
| <b>附录 A 数制和码制</b>                   |                         | 267 |
| <b>附录 B 逻辑代数</b>                    |                         | 273 |
| <b>附录 C 示波器的使用</b>                  |                         | 279 |
| <b>参考文献</b>                         |                         | 282 |



# 学习情境 1 三位简易抢答器电路的分析与调试

## 1.1 学习要求

### 1. 知识要求

- (1) 熟练掌握数制、码制、逻辑代数的相关知识。
- (2) 熟悉基本逻辑门的逻辑符号、真值表、逻辑功能。
- (3) 掌握基本逻辑门电路的分析方法。

### 2. 技能要求

- (1) 能进行基本逻辑电路的读图。
- (2) 能分析基本逻辑门电路的逻辑功能。
- (3) 能正确使用常见逻辑门芯片。
- (4) 能使用万用表进行电路参数的测量。
- (5) 能按照基本逻辑电路图进行电路的搭建、测试。

## 1.2 学习资讯

### 1.2.1 项目分析

我们经常在电视上看到一些电视问答、知识竞赛节目中，每个选手通过按动面前的按键进行抢答，这可比主持人用话筒喊：“我说‘开始’后请大家举手，谁先举手，就由谁来回答问题。”公平多了。

你有没有想过自己做一个抢答器，用在小型的知识竞赛上呢？下面来分析一下抢答器的制作需要考虑哪些问题。抢答的基本目标是当主持人宣布“开始”并合上抢答开关，且选手按下面前的按键后，指示灯应指出最先按下按键的选手。抢答器系统示意图如图 1-1 所示。

呈现在观众面前的只有裁判开关、选手按键和选手答题指示灯，但抢答器功能的实现完全取决于后台运行的抢答器电路。连接按键和指示灯的抢答器电路，需要反映出裁判的主控作用和选手的“抢先”效果，以及对其他选手的按键信号的封锁作用。如何实现这些功能？下面先从逻辑电路的分析开始吧！



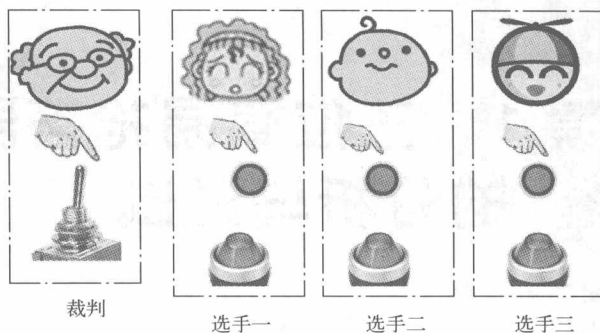


图 1-1 抢答器系统示意图

## 1.2.2 电子电路概述

图 1-2 中的各种产品你或多或少都见过，这些产品功能的实现都与电子电路有着密切的联系。



图 1-2 各种与电子电路有关的产品

电源适配器插头引入的是 220V、50Hz 的交流电，但其输出接口送出的却是小电压直流信号，其间经过了变压、整流、滤波、稳压的信号处理过程。调光台灯是利用调压电路来实现灯光亮度调节的，适应了看书、看电视等不同场合的需要。洗衣机经历了机械控制、电子线路板控制到电脑板智能控制的发展过程，电子电路对洗衣机智能化水平的提高有着不可磨灭的贡献。手机、计算机、智能电饭煲、飞机、船舶，乃至已飞入外太空的飞行器中，到处都存在着电子电路。可以说，电子技术是高新技术发展的基石。

### 1. 我们要学些什么？

自从英国物理学家麦克斯韦 (J. C. Maxwell) 于 1865 年发表了第一篇关于电磁场的论文和德国物理学家赫兹 (H. R. Hertz) 于 1887 年用实验验证了电磁波的存在以后，一门新兴的学科——无线电电子学 (简称电子学) 就诞生了。在随之而来的一个多世纪里，研究和应用



## 学习情境1 三位简易抢答器电路的分析与调试

电子学的电子技术得到了突飞猛进的发展,我们的生活和工作已经离不开电子技术。

任何一种电子产品的设计并不只基于单一的专业知识。当爱迪生发明了灯泡后,家家户户开始用电线给灯泡供电,电灯使得人们远离了煤油灯、蜡烛。在当时那个年代有一盏能够照亮的灯,已经很让人心满意足了。而如今的灯具,不仅具有各种不同的功能,还有满足不同人群需求的外形,可以装饰我们的多彩的生活,这不仅要求进行电路的改革,同时还需要具备外观设计能力的专业人士进行包装。打开计算机的机箱盖,可以看到各种电路的集合,而按下计算机的电源开关,呈现在我们面前的则是丰富的虚拟世界。可以这么说,我们周围已经充满了各种设计成熟的电子产品,设计一个全新功能的产品并不是目前急需解决的问题,我们首先要做的是了解它们的性能,通过使用、分析逐渐掌握它们的特性,在需要时再进行改造和调整,并在经验和能力增长到一定程度时创造出一种新的产品。

因此,通过本书的学习,希望学生了解一些典型的电子电路,掌握基本的分析方法,能够进行电路的调试和参数测试,为进一步掌握高新电子技术打好坚实的基础。

### 2. 数字电路和模拟电路

在电子电路中,产生、传递、加工和处理的信号可以被分为模拟信号和数字信号两大类。

模拟量是指在时间和数值上都连续的一类物理量,我们把表示模拟量的信号称为模拟信号,如房间温度、管道压力等。用以传递、加工和处理模拟信号的电子电路称为模拟电路。

图1-3中的几种家电产品大家一定见过或用过,其中音量的调节功能较好地诠释了“连续”这个概念。我们可以通过旋钮把音量调整到不同场合需要的大小,而不必担心开关一打开,如轰雷般的声音瞬间传出。这里对声音信号进行处理调节的电路就是模拟电路。



图1-3 常用家电产品

在时间和数值上均离散的物理量称为数字量,用来表示数字量的信号称为数字信号。用以传送、加工和处理数字信号的电子电路称为数字电路。

如图1-4所示为常见的蓄水箱的水位控制系统,该系统利用进水阀控制进水,利用出水阀控制出水,a、b两电极用于提供水位高低的信号。进水阀和出水阀只有“开阀”和“关阀”两种状态,电极利用水的导电性指示“水位比电极高”或“水位比电极低”两种状态,因此,该系统中需要处理的信号均为数字信号。同样,在前面分析的抢答器电路中,由于按键和信号灯之间就是一种判断信号是否具备的逻辑关系,所以该电路也属于对数字信号进行处理的数字电路。

下面先来分析数字电路。

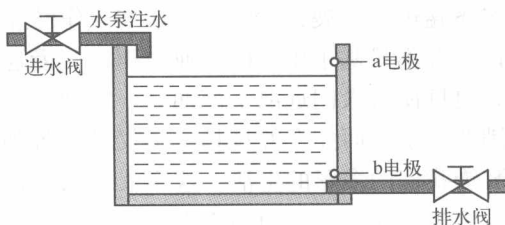


图 1-4 常见的水箱的水位控制系统

### 3. 数字电路的二值逻辑

数字电路中传送的各类数据和信息均可利用二值逻辑来表示，即由逻辑 1 和逻辑 0 的组合表现出来。在电路中，“0”和“1”仅是两种状态的表示符号，电路工作时只要能可靠区分“0”和“1”两种状态就可以了。因此，实际电路利用电平的高低来表示逻辑 1 和逻辑 0。一般都采用高电平表示逻辑 1，采用低电平表示逻辑 0，这种表示方法被称为正逻辑，反之则称为负逻辑，如图 1-5 所示。

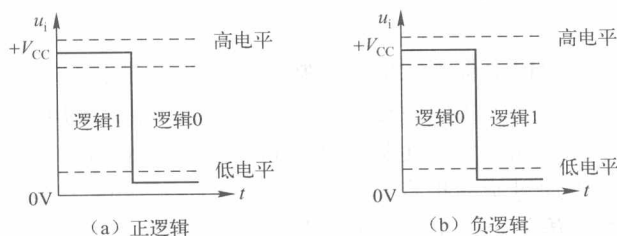


图 1-5 高、低电平的逻辑赋值

在数字电路中，无论是输入信号还是输出信号，往往在瞬间都表现为某一电压数值，因此我们需要为其建立逻辑状态和逻辑关系的概念，也就是观察信号在一定时间段内的变化效果，以从中探究其逻辑规律。如图 1-6 所示为常见的数字信号变化波形图。

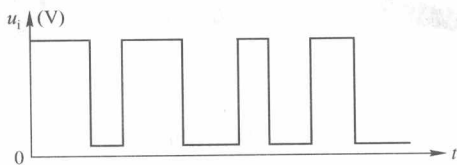


图 1-6 常见的数字信号变化波形图

数字电路的二值逻辑，表现在数值运算上为二进制的运算方式。然而，生活中最熟悉、应用最广泛的计数方法为十进制，因此，在进行数字电路的分析之前，需要掌握二进制、十进制等常用数制和 BCD 码等常用码制。

**测试：**以下问题如果不能顺利解决，请完成“附录 A 数制与码制”的教学。

- (1) 十进制转二进制： $(38)_{10} = ( )_2$
- (2) 二进制转十进制： $(10110)_2 = ( )_{10}$
- (3) 二进制转十六进制： $(10110001)_2 = ( )_{16}$



(4) 十六进制转二进制:  $(507)_{16} = ( )_2$

(5) 8421BCD 码转二进制:  $(38)_{8421\text{码}} = ( )_2$

(6) 二进制转 8421BCD 码:  $(10010001)_2 = ( )_{8421\text{码}}$

### 1.2.3 基本逻辑门和复合逻辑门

通常称事物间存在的因果关系为逻辑关系。在数字电路中,门电路是最基本的逻辑元件,它是实现输入信号与输出信号之间逻辑关系的电路。最基本的逻辑关系只有与、或、非三种,其他任何复杂的逻辑关系都可以用这三种逻辑关系来表示。

#### 1. 与门

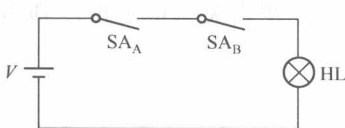
图 1-7 (a) 是表示了一个简单与逻辑的电路图。当开关  $SA_A$  和  $SA_B$  串联时,必须同时合上开关  $SA_A$  和  $SA_B$ ,电源  $V$  才能向灯泡 HL 供电;若开关  $SA_A$  和  $SA_B$  有一个不接通或二者均不接通时,灯泡 HL 不可能亮,其逻辑状态表如图 1-7 (b) 所示。

若把灯泡 HL 亮视为逻辑事件  $Y$ ,把开关  $SA_A$  和  $SA_B$  分别视为使事件成立的逻辑条件  $A$  和  $B$ ,则图 1-7 (a) 的逻辑关系可描述为:只有当事件  $Y$  的两个逻辑条件  $A$ 、 $B$  均成立时,逻辑事件才能成立,这种关系就叫做与逻辑关系。其逻辑表达式描述为

$$Y = A \cdot B \quad (1-1)$$

式中,小圆点“ $\cdot$ ”表示  $A$ 、 $B$  的与运算,又称逻辑乘。在不致引起混淆的前提下,乘号“ $\cdot$ ”可被省略。与逻辑关系可以推广到多个逻辑变量的情况,因此有  $Y = ABCD \cdots$

将逻辑关系采用图 1-7 (b) 的状态表形式描述,当逻辑变量增多时就显得非常麻烦了,因此,我们采用真值表的形式,把事件成立 (HL 亮) 和条件具备 (开关闭合) 用“1”表示,把事件不成立 (HL 不亮) 和条件不具备 (开关断开) 用“0”表示,代入状态表,由此便可得到如图 1-7 (c) 所示的真值表。



(a) 电路图

| $SA_A$ | $SA_B$ | HL |
|--------|--------|----|
| 不通     | 不通     | 不亮 |
| 不通     | 通      | 不亮 |
| 通      | 不通     | 不亮 |
| 通      | 通      | 亮  |

(b) 与逻辑状态表

| $A$ | $B$ | $Y=A \cdot B$ |
|-----|-----|---------------|
| 0   | 0   | 0             |
| 0   | 1   | 0             |
| 1   | 0   | 0             |
| 1   | 1   | 1             |

(c) 用 0、1 表示的真值表

图 1-7 与逻辑运算



**真值表的绘制原则:**真值表的左侧应列出所有逻辑条件的全部取值组合,取值组合的数量取决于逻辑条件的数量,对于  $n$  个变量,应该有  $2^n$  种取值组合;右侧应列出逻辑输出变量的逻辑结果。

两输入与门逻辑符号如图 1-8 (a) 所示,在绘制逻辑原理图时,两输入与门的逻辑符

注<sup>1</sup>:此图标表示后续内容必须认真阅读。



号表述了  $A$ 、 $B$  两条件与逻辑结果  $Y$  之间的基本逻辑关系。如果想把逻辑关系表述到电路中并观察效果,就需要关注与门对应的芯片了。如图 1-8 (b) 所示为常见的集成<sup>2</sup> 两输入与门芯片 74LS08 的引脚图,可以看到,在 74LS08 芯片上,共有四个两输入与门,在正确连接芯片 7 脚的接地“GND”和 14 脚的电源“ $V_{CC}$ ”后,四个与门可独立工作。

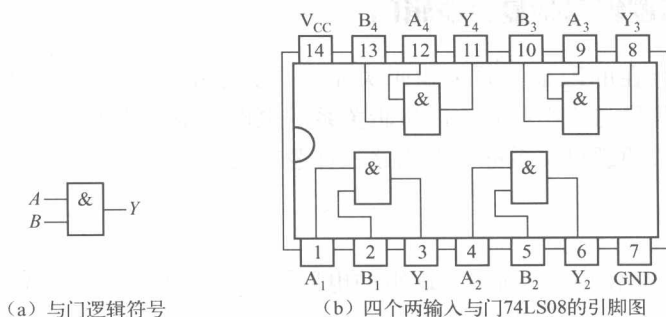


图 1-8 与门逻辑符号和芯片引脚图

可以从元器件手册中查到:如果需要三输入与门,可选择 74LS11 或 74HC11;若有四个逻辑条件,可选择 74LS21 或 74HC21。实际应用时,应根据不同的逻辑要求进行选择。

## 2. 或门

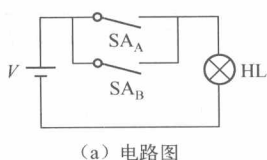
如果把图 1-7 (a) 的电路图中两个开关的连接方式由串联改为并联,如图 1-9 (a) 所示,则只要合上开关  $SA_A$  和  $SA_B$  中的任一个,电源  $V$  与灯泡 HL 之间的电流回路就连通了,此时灯泡与开关之间的逻辑状态表如图 1-9 (b) 所示。

同样把灯泡 HL 亮视为逻辑事件  $Y$ ,把开关  $SA_A$  和  $SA_B$  分别视为使事件成立的逻辑条件  $A$  和  $B$ ,则图 1-9 (a) 的逻辑关系可描述为:只要事件  $Y$  的两个逻辑条件  $A$ 、 $B$  中的任一个条件成立,逻辑事件就成立,这种关系称为或逻辑关系。其逻辑表达式描述为

$$Y = A + B \quad (1-2)$$

式中,符号“+”表示  $A$ 、 $B$  的或运算,又称逻辑加。同样,或逻辑关系也可推广到多个逻辑变量,即  $Y = A + B + C + D \dots$

或逻辑的真值表如图 1-9 (c) 所示。



(a) 电路图

| $SA_A$ | $SA_B$ | HL |
|--------|--------|----|
| 不通     | 不通     | 不亮 |
| 不通     | 通      | 亮  |
| 通      | 不通     | 亮  |
| 通      | 通      | 亮  |

(b) 或逻辑的状态表

| $A$ | $B$ | $Y=A+B$ |
|-----|-----|---------|
| 0   | 0   | 0       |
| 0   | 1   | 1       |
| 1   | 0   | 1       |
| 1   | 1   | 1       |

(c) 或逻辑的真值表

图 1-9 或逻辑运算

或门逻辑符号如图 1-10 (a) 所示,常用的两输入或门芯片 74LS32 的引脚图如图 1-10 (b) 所示。同样,在 74LS32 芯片中,带有四个独立的两输入或门。

注<sup>2</sup>: 考虑到开关元件特性尚未介绍,这里仅对集成芯片应用进行教学。





## 学习情境1 三位简易抢答器电路的分析与调试

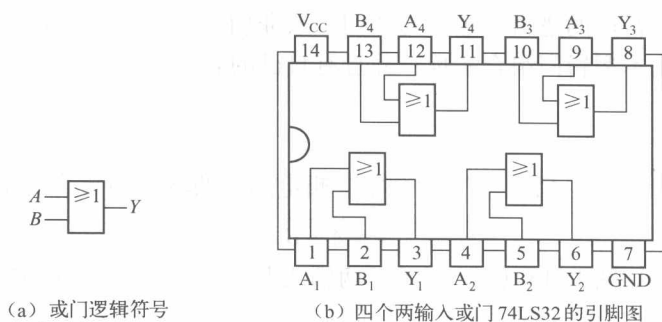


图 1-10 或门逻辑符号和芯片引脚图

### 3. 非门

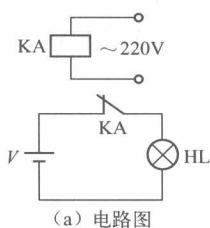
在很多场合下，都会出现完全对立的两种逻辑状态。如图 1-11 (a) 所示，电源  $V$  通过继电器 KA 的常闭触点向灯泡 HL 供电，当继电器线圈回路通电后，其常闭触点断开，随即会断开灯泡 HL 的电流回路，则灯灭。其逻辑状态表如图 1-11 (b) 所示。

若把灯泡 HL 亮视为逻辑事件  $Y$ ，把继电器 KA 得电视为逻辑条件  $A$ ，则图 1-11 (b) 的逻辑关系描述为：当逻辑条件具备时，事件不成立；反之事件成立。这种关系称为非逻辑关系。其逻辑表达式描述为

$$Y = \bar{A} \quad (1-3)$$

式中，字母  $A$  上方的短横线“ $-$ ”表示非运算。

非逻辑的真值表如图 1-11 (c) 所示。



| 继电器KA | 灯HL |
|-------|-----|
| 不通电   | 亮   |
| 通电    | 不亮  |

(b) 非逻辑状态表

| $A$ | $\bar{Y} = \bar{A}$ |
|-----|---------------------|
| 0   | 1                   |
| 1   | 0                   |

(c) 真值表

图 1-11 非逻辑运算

非门逻辑符号如图 1-12 (a) 所示，常用的非门芯片 74LS04 的引脚图如图 1-12 (b) 所示。

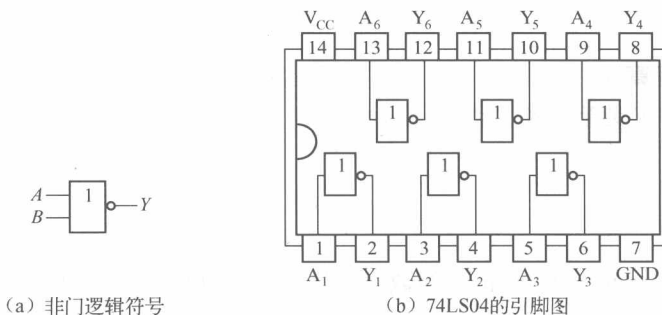


图 1-12 非门逻辑符号和芯片引脚图