



职业教育电子类专业“新课标”规划教材

# 数字电子技术应用

Application of Digital Electronic  
Technology

主 编 周自立

副主编 肖义军 罗洪杰

主 审 谭立新

工学结合 **新理念**

考核评价 **新模式**

技能抽查 **新指导**



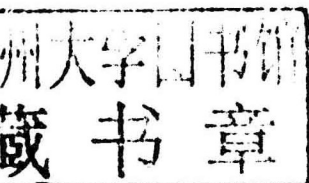
中南大学出版社  
www.csupress.com.cn

give as a present

赠送电子教案

# 数字电子技术应用

主 编 周自立  
副主编 肖义军 罗洪杰  
参 编 胡贵树 吕 志 曾祥红  
黄英豪 符 敏



中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

### 图书在版编目( CIP) 数据

数字电子技术应用 / 周自立主编. —长沙: 中南大学出版社, 2014. 5  
ISBN 978 - 7 - 5487 - 1054 - 7

I. 数... II. 周... III. 数字电路 - 电子技术 - 职业教育 - 教材  
IV. TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字( 2014) 第 053674 号

---

### 数字电子技术应用

周自立 主编

---

☐责任编辑 胡小锋

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址: 长沙市麓山南路

邮编: 410083

发行科电话: 0731-88876770

传真: 0731-88710482

☐印 装 长沙印通印刷有限公司

---

☐开 本 787 × 1092 1/16 ☐印张 12.5 ☐字数 323 千字 ☐插页 2

☐版 次 2014 年 7 月第 1 版 ☐2014 年 7 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978 - 7 - 5487 - 1054 - 7

☐定 价 26.00 元

---

图书出现印装问题, 请与经销商调换

## 职业教育电子类专业“新课标”规划教材编委会

主 任: 李正祥

副主任: 张希胜 游百春

委 员: (按姓名首字母音序排列)

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 陈文华 | 范国学 | 奉天生 | 高 兴 | 黄建国 |
| 贺建辉 | 李 波 | 李 春 | 雷春国 | 卢次之 |
| 李俊新 | 罗 凯 | 刘梦龙 | 李茂之 | 刘 鹏 |
| 罗伟光 | 刘益华 | 乔立新 | 彭新明 | 唐卫民 |
| 王昌波 | 肖启梁 | 杨 军 | 严建国 | 颜学勤 |
| 易 瑜 | 喻义东 | 钟端阳 | 周孝军 | 曾雄兵 |
| 周维官 |     |     |     |     |

# 出版说明

根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、国务院印发的《关于加快发展现代职业教育的决定》等文件提出的教材建设要求,和《中等职业学校专业教学标准(试行)》(2014)要求职业教育科学化、标准化、规范化等要求,以及习近平总书记专门对职业教育工作作出的重要指示,中南大学出版社组织全国近30余所学校的骨干教师及行业(企业)专家编写了这套“职业教育电子类专业‘新课标’规划教材”。

本套教材的编写紧紧围绕目标,以项目模块重新构建知识体系结构,书中内容都以典型产品为载体设计活动来进行的,围绕工作任务、工作现场来组织教学内容,在任务的引领下学习理论,实现理论教学与实践教学融通合一、能力培养与工作岗位对接合一、实习实训与顶岗工作学做合一。

本套教材力求以任务项目为引领,以就业为导向,以标准为尺度,以技能为核心,达到使学校教师、学生在使用本套教材时,感到实用、够用、好用。归纳起来,本套教材具有以下特色:

(1) 以任务为驱动,对接真实工作场景性强,教学目的性强,实用性强,教、学、做合一体性。

(2) 各项目及内容按照循序渐进、由易到难,所选案例、任务、项目贴近学生,注重知识的趣味性、实用性和可操作性。

(3) 把培养学生学习能力贯穿于整个教材中,尽量避免各套教材的实训项目内容重复,注意主次协调、合理搭配,提高教学效果。

(4) 考虑到各个学校实训条件,教材中许多项目还设计了仿真教学,兼顾各中等职业学校的实际教学要求,让学生能轻松学习知识和技能。

(5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、实训指导、习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更实用的教材。意见反馈及教学资源联系方式: 451899305@qq.com

编委会主任 李正祥  
2014年6月

## 前 言

本书是基于“知行合一”理念的中等职业学校电子类专业创新教材，编写时遵循基于工作过程系统化的职业教育课程开发模式。教材紧紧围绕课程目标重构其知识体系结构，项目内容按照项目描述、学习目标、知识准备、任务实现、考核评价、拓展提高这六个环节来组织编写的。编写中坚持以工作为本位、以职业实践能力培养为主线、以项目为载体的总体要求。每个项目的学习都以典型电子产品为载体设计的活动来进行的，打破传统的学科体系，紧紧围绕工作任务来选择和组织课程内容，在任务的引领下学习理论知识，让学生在实践活动中掌握理论知识，实现理论与实践的一体化，提高岗位的职业能力。

本书的特点是：

1. 教材中各项目及项目内容按照循序渐进、由易到难、先感性再抽象的递进关系安排，所选案例、任务、项目既贴近学生学情，又注重了知识的趣味性、实用性和可操作性，遵循了中职学生的认知规律。

2. 教学内容浅显易懂，理论内容以“够用、实用”为原则，增强了实践性教学内容。实践性教学内容占总课时的 50% 左右，使学生既有一定的理论知识，又有更多的实践机会。

3. 全书共安排了六个项目任务，重点关注如何综合运用所获得的操作知识、理论知识来完成工作任务。通过“完整性活动”，学生可获得有工作意义的“产品”或者“作品”，这样，不仅可以增强学生对教学内容的直观感，而且有利于增强学生的工作热情和学习兴趣，达到让学生通过完成具体项目来构建相关理论知识，并发展职业能力的目的。

4. 教材中引进了电子仿真软件 Multisim 10，对数字电子技术的实验内容进行演示和仿真教学，加深学生对数字电子技术相应知识的理解与应用，进一步提高学生学习的兴趣。

建议本课程的教学课时数为 120 课时，各项目参考学时见下表。

| 内 容             | 课时  |
|-----------------|-----|
| 项目 1 声光控延时开关的制作 | 30  |
| 项目 2 数显逻辑笔的制作   | 18  |
| 项目 3 简易抢答器的制作   | 18  |
| 项目 4 声控式防盗报警器   | 18  |
| 项目 5 简易数字秒表     | 18  |
| 项目 6 AD 转换与显示电路 | 16  |
| 机 动             | 2   |
| 合 计             | 120 |

本书由长沙市电子工业学校周自立担任主编，同时编写了项目 4，宁乡县职业中专肖义军和桃源县职业中专罗洪杰担任副主编，分别编写了项目 5、项目 1，此外，参与编写的还有长沙市电子工业学校胡贵树，编写了项目 2，江华瑶族自治县职业中专吕志，编写了项目 3，黄冈市职业中专曾祥红、黄英豪，编写了项目 6，常德技师学院符敏提供了不少编写建议。

本书由湖南信息职业技术学院谭立新教授担任主审，主审对编写工作提供了宝贵的意见。湖南盛逸特有限公司张武明为本书的编写提供了宝贵的现场资料和建议。本书在编写过程中，得到了相关学校的领导、老师的大力支持。此外，编者还参考了有关文献。在此一并表示感谢。

为了方便教学，本书配有电子教学参考资料包，包括电子教案、习题答案、仿真软件 Multisim 10 和仿真电路实例，选用本书作为教材的学校可以通过 QQ 1103016345 联系索取。此外，本书所有项目的电子产品均可提供套件，如有需要，请与湖南盛逸特有限公司张武明联系购买。联系电话：0731 - 84154911。

由于时间仓促、编者水平有限以及编写体例仍属尝试，书中难免会出现疏漏与差错，我们恳请广大读者批评指正、提出宝贵的意见与建议，以便进一步完善教材。

编 者

2014 年 6 月

# 目 录

|                                    |       |
|------------------------------------|-------|
| 项目 1 声光控延时开关的制作 .....              | ( 1)  |
| 1.1 项目描述 .....                     | ( 1)  |
| 1.2 知识准备 .....                     | ( 2)  |
| 1.2.1 数字电路的特点及分类 .....             | ( 2)  |
| 1.2.2 数制与码制 .....                  | ( 3)  |
| 1.2.3 逻辑函数及其表示方法 .....             | ( 6)  |
| 1.2.4 仿真: 测试与、或、非门, 与非门的逻辑功能 ..... | ( 11) |
| 1.2.5 逻辑代数基本公式 .....               | ( 14) |
| 1.2.6 逻辑函数的化简 .....                | ( 16) |
| 1.2.7 仿真: 逻辑转换 .....               | ( 24) |
| 1.2.8 二极管、三极管的开关特性与三种基本门电路 .....   | ( 27) |
| 1.2.9 TTL 集成门电路 .....              | ( 30) |
| 1.2.10 CMOS 集成门电路 .....            | ( 31) |
| 1.3 任务实现 .....                     | ( 35) |
| 1.3.1 认识电路组成 .....                 | ( 35) |
| 1.3.2 认识工作过程 .....                 | ( 35) |
| 1.3.3 元器件的选用与检测 .....              | ( 37) |
| 1.3.4 电路安装 .....                   | ( 39) |
| 1.3.5 电路调试与检测 .....                | ( 41) |
| 1.4 考核评价 .....                     | ( 41) |
| 1.5 拓展提高 .....                     | ( 43) |
| 习题一 .....                          | ( 43) |
| 项目 2 数显逻辑笔的制作 .....                | ( 45) |
| 2.1 项目描述 .....                     | ( 45) |
| 2.2 知识准备 .....                     | ( 45) |
| 2.2.1 组合逻辑电路 .....                 | ( 46) |
| 2.2.2 加法器 .....                    | ( 48) |
| 2.2.3 仿真: 用逻辑转换仪测试全加器的逻辑功能 .....   | ( 50) |
| 2.2.4 编码器 .....                    | ( 51) |

|       |                     |       |
|-------|---------------------|-------|
| 2.2.5 | 仿真: 编码器逻辑功能测试       | ( 55) |
| 2.2.6 | 译码器                 | ( 56) |
| 2.2.7 | 仿真: 设计一个路灯控制逻辑电路    | ( 64) |
| 2.3   | 任务实现                | ( 65) |
| 2.3.1 | 认识电路组成              | ( 65) |
| 2.3.2 | 认识工作过程              | ( 65) |
| 2.3.3 | 元器件的选用与检测           | ( 66) |
| 2.3.4 | 电路安装                | ( 67) |
| 2.3.5 | 电路调试与检测             | ( 69) |
| 2.4   | 考核评价                | ( 70) |
| 2.5   | 拓展提高                | ( 71) |
|       | 习题二                 | ( 71) |
| 项目 3  | 简易抢答器的制作            | ( 73) |
| 3.1   | 项目描述                | ( 73) |
| 3.2   | 知识准备                | ( 74) |
| 3.2.1 | RS 触发器              | ( 74) |
| 3.2.2 | 仿真: 基本 RS 触发器仿真实验   | ( 77) |
| 3.2.3 | JK 触发器和 D 触发器       | ( 78) |
| 3.2.4 | 仿真: JK 触发器仿真实验      | ( 82) |
| 3.2.5 | T 触发器和 T' 触发器       | ( 83) |
| 3.2.6 | 集成触发器               | ( 84) |
| 3.2.7 | 仿真: 集成 D 触发器仿真实验    | ( 86) |
| 3.3   | 任务实现                | ( 87) |
| 3.3.1 | 认识电路组成              | ( 87) |
| 3.3.2 | 认识工作过程              | ( 88) |
| 3.3.3 | 元器件的选用与检测           | ( 89) |
| 3.3.4 | 电路安装                | ( 89) |
| 3.3.5 | 电路调试与检测             | ( 90) |
| 3.4   | 考核评价                | ( 91) |
| 3.5   | 拓展提高                | ( 92) |
|       | 习题三                 | ( 93) |
| 项目 4  | 声控式防盗报警器的制作         | ( 95) |
| 4.1   | 项目描述                | ( 95) |
| 4.2   | 知识准备                | ( 96) |
| 4.2.1 | 多谐振荡器               | ( 96) |
| 4.2.2 | 仿真: 门电路构成的多谐振荡器仿真实验 | ( 98) |
| 4.2.3 | 单稳态触发器              | ( 99) |

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| 4.2.4 施密特触发器 .....               | ( 103)        |
| 4.2.5 555 定时器及应用 .....           | ( 107)        |
| 4.2.6 仿真: 555 多谐振荡器仿真实验 .....    | ( 111)        |
| 4.2.7 仿真: 555 单稳态触发器仿真实验 .....   | ( 113)        |
| 4.3 任务实现 .....                   | ( 114)        |
| 4.3.1 认识电路组成 .....               | ( 114)        |
| 4.3.2 认识工作过程 .....               | ( 114)        |
| 4.3.3 元器件的选用与检测 .....            | ( 115)        |
| 4.3.4 电路安装 .....                 | ( 116)        |
| 4.3.5 电路调试与检测 .....              | ( 116)        |
| 4.4 考核评价 .....                   | ( 117)        |
| 4.5 拓展提高 .....                   | ( 118)        |
| 习题四 .....                        | ( 119)        |
| <b>项目 5 简易数字秒表的制作 .....</b>      | <b>( 121)</b> |
| 5.1 项目描述 .....                   | ( 121)        |
| 5.2 知识准备 .....                   | ( 122)        |
| 5.2.1 时序逻辑电路的基本知识 .....          | ( 122)        |
| 5.2.2 寄存器 .....                  | ( 123)        |
| 5.2.3 仿真: 移位寄存器仿真实验 .....        | ( 127)        |
| 5.2.4 计数器 .....                  | ( 130)        |
| 5.2.5 仿真: 计数器仿真实验 .....          | ( 135)        |
| 5.3 任务实现 .....                   | ( 137)        |
| 5.3.1 认识电路组成 .....               | ( 137)        |
| 5.3.2 认识工作过程 .....               | ( 137)        |
| 5.3.3 元器件的选用与检测 .....            | ( 139)        |
| 5.3.4 电路安装 .....                 | ( 139)        |
| 5.3.5 电路调试与检测 .....              | ( 140)        |
| 5.4 考核评价 .....                   | ( 142)        |
| 5.5 拓展提高 .....                   | ( 143)        |
| 习题五 .....                        | ( 143)        |
| <b>项目 6 A/D 转换与显示电路的制作 .....</b> | <b>( 146)</b> |
| 6.1 项目描述 .....                   | ( 146)        |
| 6.2 知识准备 .....                   | ( 146)        |
| 6.2.1 D/A 转换器 .....              | ( 147)        |
| 6.2.2 仿真: 数-模转换器仿真实验 .....       | ( 150)        |
| 6.2.3 A/D 转换器 .....              | ( 151)        |
| 6.2.4 仿真: 模-数转换器仿真实验 .....       | ( 156)        |

---

|                            |        |
|----------------------------|--------|
| 6.3 任务实现 .....             | ( 158) |
| 6.3.1 认识电路组成 .....         | ( 158) |
| 6.3.2 认识工作过程 .....         | ( 158) |
| 6.3.3 元器件的选用与检测 .....      | ( 159) |
| 6.3.4 电路安装 .....           | ( 160) |
| 6.3.5 电路的调试与检测 .....       | ( 160) |
| 6.4 考评评价 .....             | ( 161) |
| 6.5 拓展提高 .....             | ( 162) |
| 习题六 .....                  | ( 162) |
| 附录1 Multisim 10 使用简介 ..... | ( 164) |
| 附录2 部分常用集成电路的外引线排列图 .....  | ( 185) |
| 参考文献 .....                 | ( 192) |

# 项目1 声光控延时开关的制作

## 1.1 项目描述

本项目介绍的声光控延时开关,是利用声音(脚步声和物体的振动声、撞击声等)和光线作为控制信号的开关,在夜晚无光照并有声音的条件下,灯泡点亮,延时后会自动熄灭;在白天有光照时,即使有声音信号,灯泡也不亮。本开关可用于公共场所的照明控制,达到节约用电的目的。通过本项目的学习与实践,可以让读者获得如下知识和技能:



图1-1 声光控延时开关

1. 了解数字电路的特点及分类,数制与编码的概念;
2. 掌握逻辑代数的基本运算法则、基本公式、基本定理和化简方法;
3. 能够熟练地运用真值表、逻辑表达式、波形图和逻辑图表示逻辑函数;
4. 了解门电路的使用常识,掌握常见集成逻辑门的逻辑功能;
5. 能够根据资料或网络查阅集成门电路的引脚功能,并能正确选用;
6. 学会利用仿真软件 Multisim 10 测试集成逻辑门及逻辑电路的逻辑功能;
7. 学会制作、调试声光控延时开关。

## 1.2 知识准备

要完成以上要求的声光控延时开关的制作,需要具备以下一些相关的知识和技能,下面进行阐述。

### 1.2.1 数字电路的特点及分类

用数字信号完成对数字量进行算术运算和逻辑运算的电路称为数字电路,或数字系统。数字电路处理的信号都是数字量,在采用二进制的数字电路中,信号只有 0 和 1 两种状态,这两种状态可利用半导体器件二极管、三极管、场效应管的导通和截止两种工作状态来表示。由于数字电路具有逻辑运算和逻辑处理功能,所以又称数字逻辑电路。

#### 1.2.1.1 数字信号与模拟信号

电子电路的工作信号可分为两种类型:模拟信号和数字信号。处理模拟信号的电路称为模拟电路,处理数字信号的电路称为数字电路。

模拟信号是指在时间上和数值上都是连续变化的电信号,如生产过程中由传感器检测到的由某种物理量(声音、温度或压力等)转化成的电信号,模拟电视的图像和伴音信号等。

数字信号是指在时间上和数值上都是断续变化的离散信号,如电子表的秒信号、自动生产线上记录产品或零件数量的信号等。

图 1-2(a)、(b) 所示分别为模拟电压信号和数字电压信号。

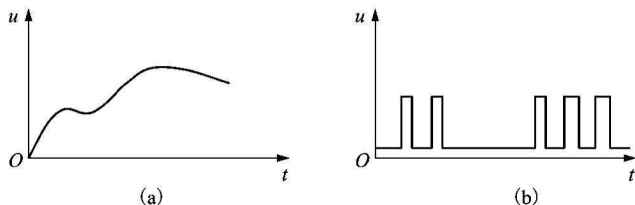


图 1-2 模拟电压信号和数字电压信号

(a) 模拟电压信号; (b) 数字电压信号

#### 1.2.1.2 数字电路的特点

数字电路的基本工作信号是二进制的数字信号,而二进制数只有“0”和“1”两个基本数字,对应在上电路只需要两种不同的工作状态,即低电平和高电平(或称低电位和高电位)。所以电路简单,易于集成化,数字电路通常多采用集成电路。

#### 1.2.1.3 数字逻辑电路的分类

(1) 数字电路按组成结构不同可分为分立元件电路和集成电路两大类,其中集成电路按集成度(在一块硅片上包含组件数量的多少)可分为小规模、中规模、大规模和超大规模集成电路。

(2) 按电路所使用的器件不同可分为双极型电路(如 DTL、TTL 等)和单极型电路(如 NMOS、PMOS、CMOS 等)。

(3) 按电路的逻辑功能不同可分为组合逻辑电路和时序逻辑电路两大类。组合逻辑电

路是由最基本的逻辑门电路组合而成的,特点是输出值唯一地由当时的输入值决定,电路没有记忆功能。时序逻辑电路则是由最基本的逻辑门电路加上反馈逻辑回路(输出到输入)或器件组合而成的电路,与组合逻辑电路最本质的区别在于时序逻辑电路具有记忆功能,特点是输出不仅取决于当时的输入值,而且还与电路过去的状态有关。

## 1.2.2 数制与码制

### 1.2.2.1 数制

数制,就是数的进位制。按照进位方法的不同,就有不同的计数体制。例如,有“逢十进一”的十进制计数,有“逢八进一”的八进制计数,还有“逢十六进一”的十六进制计数和“逢二进一”的二进制计数等。

#### 1. 十进制计数

十进制数(Decimal number)是人们在日常生活中最常用的一种数制,它采用0、1、2、3、4、5、6、7、8、9十个基本数码,计数规则是“逢十进一”或“借一当十”,即 $9+1=10$ 。

在十进制数里,同一数码在不同位置上所表示的数值是不同的。例如,“888”虽然三个数码都是“8”,但左边的是百位数,它表示800,即 $8 \times 10^2$ ;中间的一位是十位数,它表示80,即 $8 \times 10^1$ ;右边的一位是个位数,它表示8,即 $8 \times 10^0$ ,用数学式可表示为

$$888 = 8 \times 10^2 + 8 \times 10^1 + 8 \times 10^0$$

对于十进制数的任一 $n$ 位数正整数 $M$ ,可以写成以10为底的幂求和的展开形式,即

$$M = a_{n-1} \times 10^{n-1} + a_{n-2} \times 10^{n-2} + \cdots + a_1 \times 10^1 + a_0 \times 10^0$$

式中, $n$ 是十进制数的位数( $n=1、2、3、4、\cdots$ ), $10^{n-1}$ 、 $10^{n-2}$ 、 $\cdots$ 、 $10^1$ 、 $10^0$ 是各位数的“位权”, $a_{n-1}$ 、 $a_{n-2}$ 、 $\cdots$ 、 $a_1$ 、 $a_0$ 是各位数的数码,由具体数字来决定。

由上可见,十进制数是由数码的值和位权来表示的。需要指出的是,十进制数及运算是大家熟悉的,但在数字电路中,采用十进制计数很不方便。因为在数字电路中,是通过电路的不同状态来表示数码的,而要使电路具有十个严格区分的状态来表示0、1、2、 $\cdots$ 、9十个数码,这在技术上是困难的。在电路中,最容易实现的是两种状态。如电路的“通”与“断”、电平的“高”与“低”、脉冲的“有”与“无”,在这种条件下采用只有两个数码0和1的二进制将是很方便的,因此,在数字电路中,广泛采用二进制数。

#### 2. 二进制计数

##### (1) 二进制数的特点

二进制数(Binary number)只有0、1两个数码,基数为2,计数规则是“逢二进一”或借“一当二”,即 $(1+1)_2 = (10)_2$ 。

任何一个二进制数 $P$ ,转换成十进制,可以写成

$$P = a_{n-1} \times 2^{n-1} + a_{n-2} \times 2^{n-2} + \cdots + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0$$

式中, $n$ 是二进制数的位数, $2^{n-1}$ 、 $2^{n-2}$ 、 $\cdots$ 、 $2^1$ 、 $2^0$ 是各位数的“位权”, $a_{n-1}$ 、 $a_{n-2}$ 、 $\cdots$ 、 $a_1$ 、 $a_0$ 是各位数的数码。例如,二进制数 $(11010)_2$ 的展开式可写成

$$\begin{aligned} P &= a_4 \times 2^4 + a_3 \times 2^3 + a_2 \times 2^2 + a_1 \times 2^1 + a_0 \times 2^0 \\ &= 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0 \end{aligned}$$

##### (2) 二进制数的四则运算

###### ①加法运算

运算法则 “逢二进一”。

例 1-1 求  $(10101)_2 + (1101)_2 = ?$

解

$$\begin{array}{r} 10101 \\ + 1101 \\ \hline 100010 \end{array} \quad (10101)_2 + (1101)_2 = (100010)_2$$

②减法运算

减法是加法的逆运算，运算法则 “借一当二”。

例 1-2 求  $(1101)_2 - (110)_2 = ?$

解

$$\begin{array}{r} 1101 \\ + 110 \\ \hline 111 \end{array} \quad (1101)_2 - (110)_2 = (111)_2$$

③乘法运算

运算法则：各数相乘再作加法运算。

例 1-3 求  $(1011)_2 \times (101)_2 = ?$

解

$$\begin{array}{r} 1011 \\ \times 101 \\ \hline 1011 \\ 0000 \\ 1011 \\ \hline 110111 \end{array} \quad (1011)_2 \times (101)_2 = (110111)_2$$

④除法运算

运算法则：各数相除后，再作减法运算。

例 1-4 求  $(11001)_2 \div (101)_2 = ?$

解

$$\begin{array}{r} 101 \\ 101 \overline{) 11001} \\ \underline{101} \phantom{00} \\ 101 \phantom{00} \\ \underline{101} \phantom{00} \\ 0 \phantom{00} \end{array} \quad (11001)_2 \div (101)_2 = (101)_2$$

### 3. 二进制数和十进制数的相互转化

(1) 二进制数化为十进制数

把二进制数按权展开，然后把所有各项的数值按十进制相加即可得到等值的十进制数，即“乘权相加法”。

例 1-5 将二进制数  $(1010)_2$  化为十进制数。

解

$$\begin{aligned} (1010)_2 &= (1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0)_{10} \\ &= (2^3 + 0 + 2^1 + 0)_{10} \\ &= (10)_{10} \end{aligned}$$

## (2) 十进制数化为二进制数

方法是把十进制数逐次地用2除,并依次记下余数,一直除到商数为零。然后把全部余数,按相反的次序排列起来,就是等值的二进制数。即“除2取余倒记法”。

例1-6 将十进制数 $(14)_{10}$ 化为二进制数。

解

$$\begin{array}{rcl} 2 & \overline{) 14} & \cdots \cdots \text{余 } 0 \rightarrow a_0 \\ 2 & \overline{) 7} & \cdots \cdots \text{余 } 1 \rightarrow a_1 \\ 2 & \overline{) 3} & \cdots \cdots \text{余 } 1 \rightarrow a_2 \\ & 1 & \cdots \cdots \text{余 } 1 \rightarrow a_3 \end{array}$$

$$(14)_{10} = (1110)_2$$

## 1.2.2.2 码制

在数字系统中,由0和1组成的二进制数码不仅可以表示数值的大小,而且还可以表示数值的信息。这种具有特定含义的数码称为二进制代码。编码是给二进制数组定义特定含义的过程,例如用二进制数来描述电梯动作,可以用二进制数 $D = D_1 D_0$ 来表示, $D = 00$ 表示停止, $D = 01$ 表示上升, $D = 10$ 表示下降。这些关系的定义可以有多种方法,一旦定义后, $D$ 的不同值就代表了不同的含义。在日常生活中编码的种类很多,如运动员的编号、学生的学号、住房门牌号等。

由于十进制数码(0~9)不能在数字电路中运行,所以需要转换为二进制数。常用4位二进制数进行编码来表示1位十进制数。这种用二进制代码表示十进制数的方法称为二-十进制编码,简称BCD码(Binary Coded Decimal system)。

由于4位二进制代码可以有16种不同的组合形式,用来表示0~9十个数字,只用到其中10种组合,因而编码的方式很多。其中8421码属于有权码,每一位的权是固定的,和二进制数各位的权一样,从高到低依次为8、4、2、1,每个代码的各位数值之和就是它所表示的十进制数,由于其便于记忆,因而应用较广。其他编码如5421码、2421码、余3码、格雷码等,限于篇幅,不再介绍。常用的BCD编码见表1-1。

表1-1 常用的BCD编码

| BCD码<br>十进制数码 | 8421码 | 5421码 | 2421码 | 余3码<br>(无权码) | 格雷码<br>(无权码) |
|---------------|-------|-------|-------|--------------|--------------|
| 0             | 0     | 0     | 0     | 11           | 0            |
| 1             | 0001  | 1     | 1     | 100          | 1            |
| 2             | 10    | 10    | 10    | 101          | 11           |
| 3             | 11    | 11    | 11    | 110          | 10           |
| 4             | 100   | 100   | 100   | 111          | 110          |
| 5             | 101   | 1000  | 1011  | 1000         | 111          |
| 6             | 110   | 1001  | 1100  | 1001         | 101          |
| 7             | 111   | 1010  | 1101  | 1010         | 100          |
| 8             | 1000  | 1011  | 1110  | 1011         | 1100         |
| 9             | 1001  | 1100  | 1111  | 1100         | 1000         |

### 1.2.3 逻辑函数及其表示方法

#### 1.2.3.1 逻辑代数

逻辑是指事物的因果关系，或者说条件和结果的关系。在数字电路中，利用输入信号反映条件，用输出信号反映结果，这些因果关系可以用逻辑运算来表示，也就是用逻辑代数来描述。

逻辑代数又称布尔代数，是研究逻辑电路的数学工具。逻辑代数的变量称为逻辑变量，用大写字母表示，取值只有两个：1 和 0。这里的 1 和 0 不表示数量的大小，而是表示两种对立的逻辑状态。

逻辑代数有两种逻辑体制：若规定以高电平表示逻辑 1，低电平表示逻辑 0，这种规定称正逻辑。反之，若规定用低电平来表示逻辑 1，高电平表示逻辑 0，这种规定称负逻辑。对于同一电路，可以采用正逻辑，也可以采用负逻辑，但应事先规定。即使同一电路，由于选择的体制不同，功能也不相同。若无特殊说明，一般采用正逻辑。

#### 1.2.3.2 基本逻辑运算

用逻辑变量表示输入，逻辑函数表示输出，结果与条件之间的关系称为逻辑关系。基本的逻辑关系有 3 种：与、或、非。与之相应，逻辑代数中有 3 种基本运算：与、或、非运算。

##### 1. 与逻辑(与运算)

当决定一件事情的所有条件全部具备之后，这件事才会发生，这种因果关系称为与逻辑。

例如在图 1-3 所示的电路中，只有开关  $A$  与  $B$  全部闭合时，灯  $Y$  才会亮。显然对灯亮来说，开关  $A$  与开关  $B$  闭合是“灯亮”的全部条件。所以， $Y$  与  $A$  和  $B$  的关系就是与逻辑的关系。

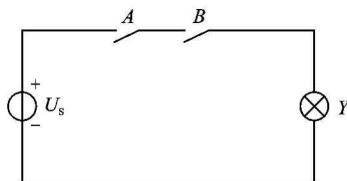


图 1-3 与逻辑电路实例

功能表( Function table)：把开关  $A$ 、开关  $B$  和灯  $Y$  的状态对应关系列在一起，所得到的就是反映电路基本逻辑关系的功能表，如表 1-2 所示。

表 1-2 与逻辑功能表

| 开关 $A$ | 开关 $B$ | 灯 $Y$ |
|--------|--------|-------|
| 断      | 断      | 灭     |
| 断      | 合      | 灭     |
| 合      | 断      | 灭     |
| 合      | 合      | 亮     |

真值表( Truth table)：用逻辑 1 和逻辑 0 分别表示开关和电灯有关状态的过程，称为状态赋值。通常把结果发生和条件具备用逻辑 1 表示，结果不发生和条件不具备用逻辑 0 表