



国家示范性高职院校建设项目成果

高等职业教育教学改革系列规划教材 · 电子信息类

# 数字电子技术 应用基础

黄 洁 主 编

-  任务驱动
-  行动导向
-  工学结合
-  学生主体
-  过程考核

随书有配套的教学资源，获取多媒体电子课件可登录

[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn) 免费下载



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

# 数字电子技术应用基础

黄 洁 主 编

彭 芬 夏光蔚 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书通过 8 个工作任务的引领, 主要介绍数字电路逻辑控制表示、逻辑门电路、触发器、组合逻辑电路、时序逻辑电路、555 定时器及其应用、数模和模数转换器, 以及半导体存储器和可编程逻辑器件等内容。本书紧密结合高职高专特点, 注重技能训练, 采用工作任务引导教与学, 突出应用性、针对性。同时介绍了许多有关数字电子技术应用的小知识、小经验和小提示, 具有很强的实用性、可读性和趣味性。

本书可作为高等职业院校等相关专业的教学用书, 也可作为社会从业人员的业务参考书及培训用书。

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

数字电子技术应用基础 / 黄洁主编. —北京: 电子工业出版社, 2011.4

高等职业教育教学改革系列规划教材·电子信息类

ISBN 978-7-121-13061-8

I. ①数… II. ①黄… III. ①数字电路—电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TN79

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 038784 号

策划编辑: 田领红

责任编辑: 韩玲玲

印 刷:

装 订: 北京京师印务有限公司

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: 11 字数: 281.6 千字

印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 3000 册 定价: 22.00 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 [zlts@phei.com.cn](mailto:zlts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

服务热线: (010) 88258888。

# 前 言

数字电子技术课程的突出特点是理论与实际应用并重,要求理论联系实际,强调技术应用。针对这一特征,本教材的编写者从高职教育的目标入手,忠实贯彻高职院校“以学生为本位,以就业为导向”的指导思想,对数字电子技术课程的内容选材、教法、学法、实验实训建设和课堂教学方式做了深入细致的研究与论证。在教材编写上,将课程内容划分为8个模块,通过8个任务的引领,将知识点融入其中,由浅入深,层层展开,完成任务导向的教学目标。

本教材有如下特点。

(1) 教材结构“模块化”。一个模块一个知识点,重点突出,主题鲜明。

(2) 教材内容“任务式”。教材内容由若干个任务引出,以任务为支撑,引导学生进行相关的知识积累,寻求解决问题、完成任务的方法,注重“方法论”的教学思想。

(3) 合理控制教学成本。本教材在设置任务时,对每一个任务制作的成本都做出了估算,严格控制教学成本,以得到教学双方的认可,真正达到训练、培养学生技能的目的。

(4) 教材内容直观。本教材广泛使用图表归纳法,用简洁的图表归纳整理,以解决日益庞大的知识内容与学时偏少的矛盾。同时,该书图文并茂、直观清晰、便于自学,文字表达简洁明了、明快易懂。

(5) 练习题体现了理论对实践技能的指导。本教材对于每个模块的练习题,力求体现理论对实践技能的指导,引导学生去探索、实践、领悟和创新。

本教材以若干项目为支撑,实现相应的教学任务和目标,培养学生对应的实践技能,具体项目内容如下表所示。

| 项 目                     | 教 学 任 务           | 教 学 目 标                         | 实践能力(技能)              |
|-------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 裁判器判决电路                 | 逻辑代数基础及逻辑代数化简     | 掌握数字电路逻辑控制的表示方法                 | 用分立门电路实现实用电路          |
| 声音响度显示电路                | 逻辑门电路的应用          | 掌握集成门电路的基本原理及使用方法               | 集成门电路的使用及逻辑电平的测量      |
| “1”验出电路                 | 触发器的应用            | 掌握触发器应用电路的分析方法                  | 用触发器实现实用电路            |
| 水箱水位检测<br>无线发送电路        | 中规模组合逻辑集成电路的应用    | 熟悉各种常用中规模(MSI)组合逻辑电路的功能与使用方法    | 学会组装和调试各种MSI组合逻辑电路    |
| 可预制时间<br>的定时电路          | 中规模时序逻辑集成电路的应用    | 熟悉各种常用中规模(MSI)时序逻辑电路的功能与使用方法    | 学会组装和调试各种MSI时序逻辑电路    |
| 自动洗手控制电路                | 555 时基集成电路的应用     | 熟悉 555 时基集成电路的基本原理及使用方法         | 用 555 集成电路组成实用电路      |
| $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表电路 | 数模与模数转换器的应用       | 熟悉数模与模数转换器的基本原理及使用方法            | 数模与模数转换器的使用及参数的选择     |
| RAM 掉电保护电路              | 半导体存储器和可编程逻辑器件的应用 | 熟悉常用集成存储芯片的应用<br>了解可编程逻辑器件的使用方法 | 学会使用编程器对集成存储芯片进行数据的写入 |

武汉职业技术学院黄洁担任本教材主编，对本书的编写思想与大纲进行了总体策划，指导全书的编写，对全书进行统稿，并编写了模块 4、模块 5 和模块 6，武汉职业技术学院彭芬、夏光蔚任副主编，其中彭芬编写了模块 1、模块 2 和模块 3，夏光蔚编写了模块 7 和模块 8。

由于时间紧迫和编者水平有限，书中的错误和不妥在所难免，敬请读者批评指正。

编 者  
2011.2

# 目 录

|                              |      |
|------------------------------|------|
| 模块 1 数字电路逻辑控制表示 .....        | (1)  |
| 任务 裁判器判决电路 .....             | (1)  |
| 1.1 什么是数字电路 .....            | (3)  |
| 1.1.1 几个基本概念 .....           | (3)  |
| 1.1.2 数制和二进制码 .....          | (3)  |
| 1.2 逻辑代数基础 .....             | (5)  |
| 1.2.1 基本逻辑函数及运算 .....        | (6)  |
| 1.2.2 逻辑函数及其表示法 .....        | (7)  |
| 1.3 逻辑代数的基本定律和规则 .....       | (9)  |
| 1.3.1 逻辑代数的基本定律 .....        | (9)  |
| 1.3.2 逻辑代数的基本规则 .....        | (10) |
| 1.4 逻辑函数化简 .....             | (10) |
| 阶段小结 .....                   | (15) |
| 习题 1 .....                   | (15) |
| 模块 2 逻辑门电路 .....             | (16) |
| 任务 声音响度显示电路 .....            | (16) |
| 2.1 基本逻辑门电路 .....            | (18) |
| 2.1.1 分立元件门电路 .....          | (19) |
| 2.1.2 复合逻辑门电路 .....          | (20) |
| 2.2 集成门电路 .....              | (20) |
| 2.2.1 TTL 集成逻辑门电路 .....      | (21) |
| 2.2.2 CMOS 集成逻辑门电路 .....     | (28) |
| 2.3 TTL 电路与 CMOS 电路的接口 ..... | (30) |
| 2.3.1 TTL 电路驱动 CMOS 电路 ..... | (31) |
| 2.3.2 CMOS 电路驱动 TTL 电路 ..... | (31) |
| 阶段小结 .....                   | (32) |
| 习题 2 .....                   | (32) |
| 模块 3 触发器 .....               | (34) |
| 任务 “1” 验出电路 .....            | (34) |
| 3.1 RS 触发器 .....             | (35) |
| 3.1.1 基本 RS 触发器 .....        | (35) |
| 3.1.2 同步 RS 触发器 .....        | (38) |
| 3.1.3 主从 RS 触发器 .....        | (39) |
| 3.2 其他触发器 .....              | (40) |

|             |                            |      |
|-------------|----------------------------|------|
| 3.2.1       | 触发器的分类 .....               | (40) |
| 3.2.2       | $JK$ 触发器 .....             | (41) |
| 3.2.3       | $D$ 触发器和 $T(T')$ 触发器 ..... | (42) |
| 3.3         | 触发器应用举例 .....              | (43) |
| 3.3.1       | 触发器的时序参数 .....             | (43) |
| 3.3.2       | 触发器组成去抖开关 .....            | (44) |
| 3.3.3       | 触发器组成抢答器 .....             | (45) |
| 阶段小结        | .....                      | (45) |
| 习题 3        | .....                      | (46) |
| <b>模块 4</b> | <b>组合逻辑电路</b> .....        | (47) |
| 任务          | 水箱水位检测无线发送电路 .....         | (47) |
| 4.1         | 组合逻辑电路的分析与设计 .....         | (49) |
| 4.1.1       | 概述 .....                   | (49) |
| 4.1.2       | 组合逻辑电路的分析 .....            | (50) |
| 4.1.3       | 组合逻辑电路的设计 .....            | (53) |
| 4.1.4       | 组合逻辑电路的竞争与冒险 .....         | (56) |
| 4.2         | 编码器 .....                  | (57) |
| 4.2.1       | 二进制编码器 .....               | (58) |
| 4.2.2       | 二-十进制编码器 .....             | (58) |
| 4.2.3       | 优先编码器 .....                | (60) |
| 4.3         | 译码器 .....                  | (62) |
| 4.3.1       | 二进制译码器 .....               | (62) |
| 4.3.2       | 二-十进制译码器 .....             | (64) |
| 4.3.3       | 显示译码器 .....                | (65) |
| 4.3.4       | 译码器的应用 .....               | (67) |
| 4.4         | 数据选择器及数据分配器 .....          | (69) |
| 4.4.1       | 数据选择器 .....                | (69) |
| 4.4.2       | 数据分配器 .....                | (70) |
| 4.4.3       | 数据选择器的应用 .....             | (70) |
| 4.5         | 数值比较器 .....                | (73) |
| 4.5.1       | 1 位数值比较器 .....             | (73) |
| 4.5.2       | 4 位数值比较器 .....             | (74) |
| 4.6         | 加法器 .....                  | (76) |
| 4.6.1       | 半加器和全加器 .....              | (76) |
| 4.6.2       | 多位数加法器 .....               | (77) |
| 4.6.3       | 加法器的应用 .....               | (78) |
| 阶段小结        | .....                      | (79) |
| 习题 4        | .....                      | (79) |

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>模块 5 时序逻辑电路</b>         | (81)  |
| 任务 可预制时间的定时电路              | (81)  |
| 5.1 时序逻辑电路的分析              | (84)  |
| 5.1.1 概述                   | (84)  |
| 5.1.2 时序逻辑电路的分析            | (84)  |
| 5.2 计数器                    | (87)  |
| 5.2.1 二进制计数器               | (87)  |
| 5.2.2 十进制计数器               | (89)  |
| 5.2.3 $N$ 进制计数器            | (92)  |
| 5.2.4 计数器的应用               | (97)  |
| 5.3 寄存器                    | (99)  |
| 5.3.1 基本寄存器                | (99)  |
| 5.3.2 移位寄存器                | (100) |
| 5.3.3 寄存器的应用               | (102) |
| 阶段小结                       | (104) |
| 习题 5                       | (105) |
| <b>模块 6 555 定时器及其应用</b>    | (107) |
| 任务 自动洗手控制电路                | (107) |
| 6.1 555 定时器                | (109) |
| 6.1.1 概述                   | (109) |
| 6.1.2 555 定时器电路            | (110) |
| 6.2 555 定时器的应用             | (112) |
| 6.2.1 用 555 定时器组成单稳态触发器    | (112) |
| 6.2.2 用 555 定时器组成多谐振荡器     | (114) |
| 6.2.3 用 555 定时器组成施密特触发器    | (116) |
| 6.3 555 定时器的主要参数           | (118) |
| 6.3.1 555 定时器的主要参数         | (118) |
| 6.3.2 555 定时器的使用注意事项       | (120) |
| 阶段小结                       | (121) |
| 习题 6                       | (121) |
| <b>模块 7 数模和模数转换器</b>       | (123) |
| 任务 $3\frac{1}{2}$ 位数字电压表电路 | (123) |
| 7.1 概述                     | (129) |
| 7.2 D/A 转换器                | (129) |
| 7.2.1 倒 T 型电阻网络 D/A 转换器    | (130) |
| 7.2.2 D/A 转换器的主要技术指标       | (130) |
| 7.2.3 集成 D/A 转换器及其应用       | (131) |
| 7.3 A/D 转换器                | (134) |

|                                  |                            |              |
|----------------------------------|----------------------------|--------------|
| 7.3.1                            | A/D 转换的一般工作过程 .....        | (134)        |
| 7.3.2                            | 并行比较型 A/D 转换器 .....        | (136)        |
| 7.3.3                            | 逐次逼近型 A/D 转换器 .....        | (138)        |
| 7.3.4                            | 双积分型 A/D 转换器 .....         | (141)        |
| 7.3.5                            | A/D 转换器的主要技术指标 .....       | (143)        |
| 7.3.6                            | 集成 A/D 转换器及其应用 .....       | (144)        |
| 阶段小结 .....                       |                            | (144)        |
| 习题 7 .....                       |                            | (145)        |
| <b>模块 8 半导体存储器和可编程逻辑器件 .....</b> |                            | <b>(147)</b> |
| 任务 RAM 掉电保护电路 .....              |                            | (147)        |
| 8.1                              | 只读存储器 (ROM) .....          | (149)        |
| 8.1.1                            | ROM 的电路结构 .....            | (149)        |
| 8.1.2                            | 固定 ROM 的工作原理 .....         | (150)        |
| 8.1.3                            | 可编程只读存储器 (PROM) .....      | (151)        |
| 8.1.4                            | 可擦除可编程只读存储器 (EPROM) .....  | (151)        |
| 8.2                              | 随机存取存储器 (RAM) .....        | (152)        |
| 8.2.1                            | RAM 的电路结构 .....            | (152)        |
| 8.2.2                            | RAM 中的存储单元 .....           | (152)        |
| 8.2.3                            | RAM 的扩展 .....              | (153)        |
| 8.3                              | 可编程逻辑器件 (PLD) .....        | (155)        |
| 8.3.1                            | PLD 的电路表示法 .....           | (155)        |
| 8.3.2                            | 可编程阵列逻辑器件 (PAL) 简介 .....   | (156)        |
| 8.3.3                            | 可编程通用阵列逻辑器件 (GAL) 简介 ..... | (158)        |
| 阶段小结 .....                       |                            | (162)        |
| 习题 8 .....                       |                            | (163)        |
| <b>附录 A 部分习题参考答案 .....</b>       |                            | <b>(164)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>                |                            | <b>(168)</b> |

# 模块 1 数字电路逻辑控制表示

本模块从制作裁判器判决电路入手，首先让读者对数字信号有一个感性的认识，然后介绍数字信号的基本概念、数字信号所用的数制、数字逻辑函数的表示方法及逻辑函数的化简方法。



## 教学导航

|   |           |                                                                             |
|---|-----------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 教 | 知识重点      | 1. 数字电路的概念<br>2. 逻辑函数的表示方法<br>3. 逻辑代数的基本定律和规则<br>4. 逻辑函数的化简                 |
|   | 知识难点      | 逻辑函数的卡诺图化简法                                                                 |
|   | 推荐教学方式    | 从工作任务入手，通过裁判器判决电路的制作，让学生直观、感性地了解数字信号，进而理解数字逻辑函数的表示与化简方法                     |
|   | 建议学时      | 6 学时                                                                        |
| 学 | 推荐学习方法    | 动手制作裁判器判决电路，对数字信号概念的理解和数字信号（0、1）的设置方法都很有帮助，有利于消除神秘感。对数字逻辑函数的表示与化简方法的学习以够用为度 |
|   | 必须掌握的理论知识 | 1. 数字电路的概念<br>2. 逻辑函数的表示方法<br>3. 逻辑函数的卡诺图化简法                                |
|   | 必须掌握的技能   | 简单数字电路的制作                                                                   |

## 任务 裁判器判决电路

### 1. 任务目的

通过简单的三人表决电路的设计与制作，理解数字逻辑函数的表示，掌握逻辑函数的化简方法，了解简单数字电路芯片，为以后的学习打下基础。

### 2. 任务要求

一名主裁判和两名副裁判对运动员的动作是否正确进行裁决，只有主裁判和至少一名副裁判认为动作正确时，才能确定运动员动作正确。用数字电路实现。



### 3. 任务实现

#### (1) 任务分析

根据任务要求,裁判的意见(即单个裁判认为动作是否正确)对整个电路来说是输入信号,可以用按键的状态来表示,三个裁判对应三个按键(A、B、C,其中A键代表主裁判的意见,B、C分别代表两名副裁判的意见),如不按下载键则表示该裁判认为动作不正确,按下按键表示该裁判认为动作正确;最终运动员动作是否正确对整个电路来说是输出信号,可以用一个指示灯(如发光二极管VD)来指示,如灯亮则说明运动员动作正确,不亮则说明动作不正确。

#### (2) 任务实现

假设输入电路中,每个按键采用按下为高电平1、不按为低电平0的方案;输出电路采用输出高电平时灯亮、输出低电平时灯不亮的方案。

表 1.1 真值表

| 输 入 |   |   | 输 出 |
|-----|---|---|-----|
| A   | B | C | Y   |
| 0   | 0 | 0 | 0   |
| 0   | 0 | 1 | 0   |
| 0   | 1 | 0 | 0   |
| 0   | 1 | 1 | 0   |
| 1   | 0 | 0 | 0   |
| 1   | 0 | 1 | 1   |
| 1   | 1 | 0 | 1   |
| 1   | 1 | 1 | 1   |

这样就可得到:输入信号部分,单个裁判认为动作正确就输入高电平1,认为不正确就输入低电平0;输出信号部分,最终动作正确输出高电平1,动作不正确就输出低电平0。设A、B、C为输入,Y为输出,则可以得到符合任务要求的输入、输出关系表,即真值表如表1.1所示。

#### 小知识

1. 数字信号:数字信号在时间上和数量上是离散的,常用数字“0”和“1”来表示。这里的0和1表达两种不同的状态,如本任务中的按键按下还是不按下,灯亮或者不亮。

2. 数字逻辑函数的表示方法有真值表、逻辑函数表达式、逻辑图等。

由表1.1,可列出输出函数Y的表达式:  $Y = \overline{A}\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C} + A\overline{B}\overline{C}$ 。

经化简可得:  $Y = AB + AC = \overline{AB} \cdot \overline{AC}$ 。

由此可得到三人表决器(裁判器判决电路)的硬件电路如图1.1所示,电路包括由三个模拟开关按钮和三个电阻等所组成的数字信号输入电路、三个与非门组成的数字逻辑功能实现电路,以及由发光二极管和相应限流电阻组成的输出显示电路。

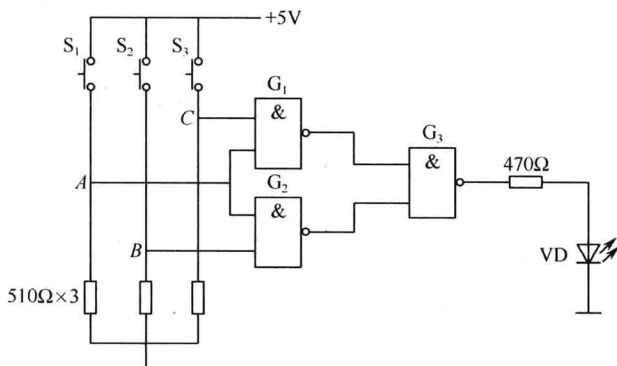


图 1.1 三人表决器的硬件电路

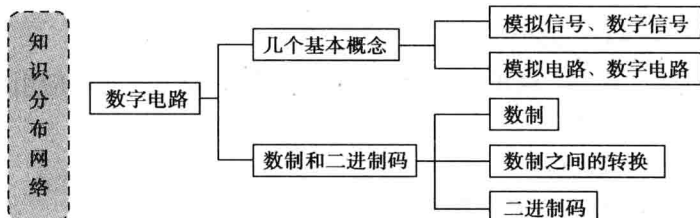
### 小经验

进行数字电路制作时,选择的芯片尽可能做到种类少、数量少,因为一片数字逻辑门芯片上通常有几个相同功能的门电路。如本次任务中没有选用两个与门加一个或门,而是全部选用与非门,就是因为只需一片 74LS00(四 2 输入与非门)芯片就可以实现,这样既可以节约成本,又可以使硬件电路简洁。

### 小提示

输入电路中所接电阻的阻值应小于所选用的 TTL 门的关门电阻  $R_{OFF}$  (一般取  $0.9k\Omega$ )。这是为什么呢?请同学们带着问题在后面的内容中寻找答案。当然现在获取知识的途径很多,也不妨自己想办法寻找答案。

## 1.1 什么是数字电路



### 1.1.1 几个基本概念

#### 1. 模拟信号与数字信号

自然界中存在着许多物理量,其中有些物理量在时间上和数量上都具有连续变化的特点,如温度、湿度等。这种连续变化的物理量称为模拟量,表示模拟量的电信号则为模拟信号。

还有一些物理量在时间上和数量上是离散的,这一类物理量称为数字量,表示数字量的电信号则为数字信号。

#### 2. 模拟电路与数字电路

产生和处理模拟信号的电路称为模拟电路。

产生和处理数字信号的电路称为数字电路。数字电路中只有两种状态,如开与关、真与假、高与低等,这两种状态可分别用 0(低电平)和 1(高电平)来表示。现代数字电路一般为集成电路,集成电路具有体积小、质量轻、功耗低等优点。由集成电路组成的系统焊点少,从而使电路的可靠性得到很大的提高。

### 1.1.2 数制和二进制码

#### 1. 数制

按进位规则进行计数的体制称为进位计数制,简称数制。与数字电路应用有关的数制有十进制、二进制、八进制、十六进制等。

数制中采用数码的个数为该数制的基数,如十进制的基数为 10,所用数码为 0~9;二进



制的基数为 2，所用数码为 0、1；八进制的基数为 8，所用数码为 0~7；十六进制的基数为 16，所用数码为 0~9、A、B、C、D、E、F。

每一种数制的不同位有不同的位权，分别为该数制的基数的幂，如十进制第  $i$  位的位权为  $10^i$ ；二进制第  $i$  位的位权为  $2^i$ 。数码与权的乘积称为加权系数。

每一个数制的数都可以按位权展开法来表示，即为各位加权系数之和，例如：

$$(195)_{10} = 1 \times 10^2 + 9 \times 10^1 + 5 \times 10^0$$

$$(11101)_2 = 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0$$

$$(F9)_{16} = F \times 16^1 + 9 \times 16^0 = 15 \times 16^1 + 9 \times 16^0$$

不同数制的数除了可以按照上面的用下标表示  $n$  进制来区分以外，还可以在数码后面加 D 来表示十进制数、加 B 来表示二进制数、加 H 来表示十六进制数。如  $195D = (195)_{10}$ ； $11101B = (11101)_2$ ； $F9H = (F9)_{16}$ 。

## 2. 不同数制之间的相互转换

### (1) 十进制与二进制之间的转换

① 十进制转换为二进制。这里只讲整数部分的转换，因为在实际应用中一般只用到整数部分的计算。

方法：除以 2，取余数倒排。

【例 1.1】 将  $(35)_{10}$  转换为二进制数。

解：

|                    | 余数 |
|--------------------|----|
| 2 $\overline{)35}$ | 1  |
| 2 $\overline{)17}$ | 1  |
| 2 $\overline{)8}$  | 0  |
| 2 $\overline{)4}$  | 0  |
| 2 $\overline{)2}$  | 0  |
| 2 $\overline{)1}$  | 1  |
| 0                  |    |

则  $(35)_{10} = (100011)_2$ 。

#### 小提示

在将十进制数的整数部分转换为二进制数的过程中，除以 2 一定要除到商为 0 为止，取余数时要将所得余数从下往上排。

### ② 二进制转换为十进制。

方法：按照位权展开即可。

【例 1.2】 将二进制数  $11011010B$  转换为十进制数。

解： $11011010B = 1 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^0$

### (2) 二进制与八（十六）进制之间的转换

#### ① 二进制转换为八（十六）进制

方法：3（4）位二进制数码构成 1 位八（十六）进制数。

$$(10010110101)_2 = (2265)_8 = (4B5)_{16}$$

#### ② 八（十六）进制转换为二进制。



方法：1 位八（十六）进制数变成 3（4）位二进制数。

$$(527)_8 = (101010111)_2$$

$$A8H = 10101000B$$

### 3. 二进制码

二进制数码不仅可以表示数值的大小，还可以表示特定的信息。把十进制数码、字母、符号等信息采用一定的编码方法，用二进制数码来表示，称为二进制代码，即二进制码。常用的二进制码有 BCD 码和 ASCII 码。

#### (1) BCD 码

BCD 码是用 4 位二进制数来表示 1 位十进制数码（0~9）。BCD 码分有权码和无权码两大类，有权码的每一位都有固定权值，如 8421BCD 码各位权值由高到低分别为 8、4、2、1；无权码的每一位都没有固定权值，如格雷码，其特点是相邻两个码之间只有一个码元不同。常用的 BCD 码如表 1.2 所示。

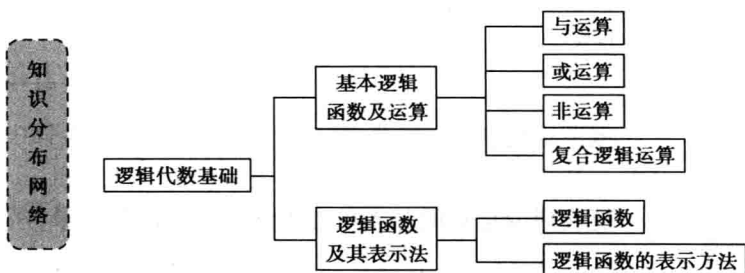
表 1.2 常用的 BCD 码

| 十进制数码 \ BCD 码 | 8421 码 | 格雷码  |
|---------------|--------|------|
| 0             | 0000   | 0000 |
| 1             | 0001   | 0001 |
| 2             | 0010   | 0011 |
| 3             | 0011   | 0010 |
| 4             | 0100   | 0110 |
| 5             | 0101   | 0111 |
| 6             | 0110   | 0101 |
| 7             | 0111   | 0100 |
| 8             | 1000   | 1100 |
| 9             | 1001   | 1101 |

#### (2) ASCII 码

ASCII 码（American Standard Cord for Information Interechange）是美国信息交换标准代码，采用 7 位二进制编码，可以用来表示  $2^7$ （即 128）个字符。

## 1.2 逻辑代数基础





## 1.2.1 基本逻辑函数及运算

### 1. 与运算

图 1.2 所示是一个具有与逻辑功能的电路，它是由  $A$ 、 $B$  两个开关，灯  $Z$  及电源组成的串联电路。分析电路可得，只有开关  $A$ 、 $B$  都闭合时，灯  $Z$  才会亮；否则，灯  $Z$  就不亮。如果用 1 表示开关  $A$ 、 $B$  闭合，用 0 表示开关  $A$ 、 $B$  断开；用 1 表示灯  $Z$  亮，用 0 表示灯  $Z$  灭。则开关（条件）和灯（结果）之间的逻辑关系可用表 1.3 来描述，即与逻辑真值表。

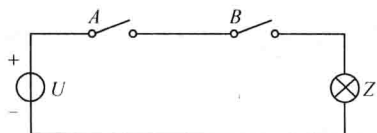


图 1.2 与逻辑电路

表 1.3 与逻辑真值表

| $A$ | $B$ | $Z$ |
|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   |
| 0   | 1   | 0   |
| 1   | 0   | 0   |
| 1   | 1   | 1   |

与逻辑的含义：当决定某一事件结果的所有条件都同时具备时，结果才会发生。这种条件与结果间的因果关系称为“与逻辑”。

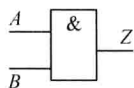


图 1.3 与门逻辑符号

能实现与运算的基本单元电路叫与门，其逻辑符号如图 1.3 所示。

逻辑函数  $Z$  与逻辑变量  $A$ 、 $B$  的与运算表达式（亦称逻辑函数表达式）为

$$Z = A \cdot B$$

式中，“ $\cdot$ ”为逻辑与运算符，又称逻辑乘，可以省略。

### 2. 或运算

图 1.4 所示是一个具有或逻辑功能的电路。分析电路可知，只要开关  $A$ 、 $B$  之一闭合时，灯  $Z$  就会亮；否则，灯  $Z$  就不亮。若  $A$ 、 $B$ 、 $Z$  的 0、1 定义同前述，则可得其真值表如表 1.4 所示。

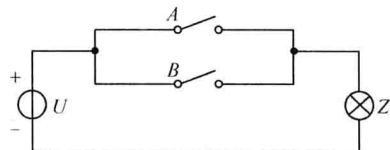


图 1.4 或逻辑电路

表 1.4 或逻辑真值表

| $A$ | $B$ | $Z$ |
|-----|-----|-----|
| 0   | 0   | 0   |
| 0   | 1   | 1   |
| 1   | 0   | 1   |
| 1   | 1   | 1   |

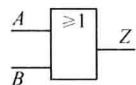


图 1.5 或门逻辑符号

或逻辑的含义：当决定某一事件结果的几个条件中只要有一个条件具备，结果就会发生。这种因果关系称为“或逻辑”。

能实现或运算的基本单元电路叫或门，其逻辑符号如图 1.5 所示。



逻辑函数  $Z$  与逻辑变量  $A$ 、 $B$  的或运算表达式为

$$Z=A+B$$

式中，“+”为逻辑或运算符，又称逻辑加。

### 3. 非运算

图 1.6 所示是一个具有非逻辑功能的电路，分析电路可知，开关  $A$  闭合时，灯  $Z$  灭；否则，灯  $Z$  就亮。若  $A$ 、 $Z$  的 0、1 含义如前述，则其真值表如表 1.5 所示。

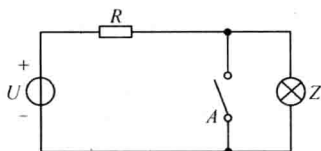


图 1.6 非逻辑电路

表 1.5 非逻辑真值表

| A | Z |
|---|---|
| 0 | 1 |
| 1 | 0 |

非逻辑的含义：当决定某一事件结果的条件不具备时，结果才会发生。这种条件与结果间的因果关系称为“非逻辑”。

能实现非运算的基本单元电路叫非门，其逻辑符号如图 1.7 所示。

逻辑函数  $Z$  与逻辑变量  $A$  的非运算表达式（亦称逻辑函数表达式）为

$$Z = \bar{A}$$

式中，字母  $A$  上方的“-”为逻辑非运算符。

### 4. 复合逻辑运算

复合逻辑函数是由两种或两种以上的基本逻辑函数组合而成的函数。如与非逻辑函数是由与逻辑和非逻辑这两种基本逻辑函数组合而成的， $Z = \overline{AB}$ ，如图 1.8 所示。

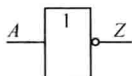


图 1.7 非门逻辑符号

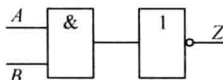


图 1.8 由与逻辑和非逻辑组合而成的与非逻辑

## 1.2.2 逻辑函数及其表示法

### 1. 逻辑函数

决定事件结果的因素为逻辑自变量，而事件的结果为逻辑因变量，表达逻辑因变量与逻辑自变量之间的函数关系称为逻辑函数。

### 2. 逻辑函数的表示方法

逻辑函数通常可用逻辑函数表达式、真值表、逻辑图和卡诺图四种方式来表示。它们之间存在对应关系，可以相互转换。

#### (1) 逻辑函数表达式

逻辑函数表达式是由逻辑变量和逻辑运算符连接起来所构成的式子，它是实际逻辑



问题的一种抽象表达。例如,  $Z = AB + \overline{AC} + BC$ 。

## (2) 真值表

真值表是描述逻辑函数各个输入变量(逻辑自变量)的取值组合与输出逻辑函数取值之间对应关系的表格。将某个逻辑函数输入变量的全部取值组合和对应的输出函数值一一对应列成表,就可得到该逻辑函数的真值表。

用真值表表示逻辑函数的方法很直观,能直接看出逻辑函数值与变量取值之间的关系。

### 小提示

列真值表时,一般输入变量取值组合按  $n$  位二进制数递增的方式依次顺序列出。

**【例 1.3】** 列出函数  $Z(A, B, C) = AB + \overline{AC} + BC$  的真值表。

**解:** 函数  $Z$  有  $A, B, C$  三个输入变量,有  $2^3=8$  种输入组合,分别将这 8 种输入组合代入函数表达式,可求得相应的函数值。其真值表如表 1.6 所示。

表 1.6 函数  $Z(A, B, C) = AB + \overline{AC} + BC$  的真值表

| A | B | C | Z |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 1 |

## (3) 逻辑图

逻辑图是用基本逻辑门和复合逻辑门的逻辑符号组成的对应于某一逻辑功能的电路图。

例如,逻辑函数  $Z(A, B, C) = AB + \overline{AC} + BC$  的逻辑图如图 1.9 所示。

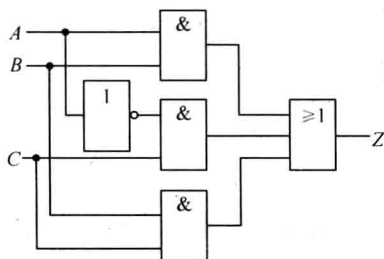


图 1.9 逻辑函数  $Z$  的逻辑图

卡诺图将在后面的章节中讲解。逻辑函数的四种表示方法之间可以相互转换,它们是从不同的方面来表示逻辑函数。具体应用时可灵活选择适当的方法。