

计算机类

面向21世纪高等院校计算机系列教材

# 数字逻辑与 数字系统实践技术

——学习指导 实验与课程设计

张兴忠 编著



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

面向 21 世纪高等院校计算机系列教材

# 数字逻辑与数字系统实践技术

——学习指导 实验与课程设计

张兴忠 编著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是《数字逻辑与数字系统》(张兴忠等编著,科学出版社)的配套教材,内容包括数字逻辑与数字系统学习指导、数字逻辑与数字系统实验、数字逻辑与数字系统课程设计、数字逻辑与数字系统计算机仿真软件及仿真实验、VHDL 编程软件及器件设计、主教材习题解答以及常用集成电路功能和管脚图等。全书内容新颖、注重实践,旨在帮助读者掌握主教材的基本理论、基本概念以应用所学知识解决实际问题。

本书可作为高等院校计算机、电子、通信工程类各专业该课程的学习指导、实验和课程设计用书,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

数字逻辑与数字系统实践技术:学习指导 实验与课程设计/张兴忠编著. —北京:科学出版社, 2005

(面向 21 世纪高等院校计算机系列教材)

ISBN 7-03-015574-2

I. 数… II. 张… III. ① 数字逻辑-高等学校-教材 ② 数字系统-高等学校-教材 IV. TP302.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 050828 号

责任编辑:陈晓萍 韩 洁 / 责任校对:都 岚

责任印制:吕春珉 / 封面设计:三函设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2005 年 6 月第 一 版 开本: B5(720×1000)

2005 年 6 月第一次印刷 印张: 11

印数: 1—3 000 字数: 320 000

定价: 22.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换<双青>)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62138978-8003 (H106)

面向 21 世纪高等院校计算机系列教材  
编委会

顾问委员：刘开瑛 刘 璟 李东福 施伯乐 谢克昌

主任委员：左孝凌

副主任委员：

陈立潮 陈俊杰 余雪丽 李焕珍

梁吉业 曾建潮

委 员：

马尚才 亢临生 左孝凌 刘晓融 陈立潮

陈俊杰 李东生 李济洪 李焕珍 余雪丽

张荣国 张继福 杨 威 贺利坚 段 富

陶世群 梁吉业 曾建潮 谢康林 韩 燮

缪淮扣

## 序

在高度信息化的 21 世纪,人们越来越认识到信息教育的重要性。人们都迫切希望信息教育能有较大发展。教育信息化也是摆在我们面前的重要任务。教育部明确要求高等教育实行信息化,要求在未来 5 年内实现信息化教育课程的数量达到 15%~30%。信息社会离不开计算机技术,知识经济需要大量的计算机高级人才。我国正在加强计算机的高等教育,正着眼于为新世纪培养高素质的计算机人才,以适应信息社会高速发展的需要。当前,全国各类高等院校都在各专业基础课程计划中增加计算机的课程内容,而作为与计算机科学密切相关的计算机、通信、信息等专业,更是在酝酿着教学的全面改革,以期规划出一整套面向 21 世纪的、具有中国高校计算机教育特色的课程计划和教材体系。

教育部《关于加强高等学校本科教育工作提高教育质量的若干意见》(教字【2001】4 号)文件也强调指出:“要大力提倡编写、引进和使用先进教材。教材的质量直接体现着高等教育和科学研究的发展水平,也直接影响本科教学的质量。高等学校要结合学科、专业的调整,加快教材的更新换代。”

为推动高校教学改革,提高教学质量,我们重点抓了 21 世纪高等教育教学改革项目,组织并支持了“面向 21 世纪计算机系列教材规划”研究课题。该课题组成员均由高校计算机系的专家教授组成。他们有多年的教学经验,也很强的科研能力。该课题的主要目标是密切结合国民经济的需要,优化计算机教材体系结构,力求将国际、国内计算机领域的新概念、新理论、新技术吸收到本系列教材中,编写出具有科学性、先进性、系统性、实用性、实践性很强的教材,经过推广使用,反复修改,不断提高。

“面向 21 世纪计算机系列教材规划”课题以编写非计算机专业的计算机课程、计算机专业的计算机网络课程、计算机软件课程三个系列教材为主要内容,计划在三年内出版 13~16 种书,服务于本科生、专科生、研究生,以及网络学院和软件学院的学生。本课题把研究系列教材的重点放在影响和带动计算机学科发展的网络与软件,以及直接推动计算机普及和应用的非计算机专业三个方向上,目的是通过集中优势兵力,加强团队协作,能够在教材建设方面按系列有所突破。

相信本套教材的出版必将对教学改革和教材建设起到很大的推动和示范作用。

  
2002年六月04日

# 前 言

科学实验是科学理论的源泉,是自然科学的根本,也是工程技术的基础。数字逻辑与数字系统是一门实践性很强的课程,它的任务是使学生获得数字电子技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,培养学生分析问题和解决问题的能力。

本教材包括《数字逻辑与数字系统》(主教材)、《数字逻辑与数字系统实践技术——学习指导 实验与课程设计》(辅助教材)、“数字逻辑与数字系统多媒体 CAI 课件”三个部分。它们互相配合,协调完成该课程的教学任务。

主教材内容包括:逻辑代数基础和门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件、VHDL 语言及其应用、在系统编程(ISP)技术、模/数与数/模转换电路、数字系统的分析与设计等。

辅助教材内容包括:数字逻辑与数字系统学习指导、数字逻辑与数字系统实验、数字逻辑与数字系统课程设计、数字逻辑与数字系统计算机仿真软件及仿真实验、VHDL 编程软件及器件设计、主教材习题解答以及常用集成电路功能和管脚图等。

“数字逻辑与数字系统多媒体 CAI 课件”内容包括:授课子系统模块,其内容包括逻辑代数与门电路、组合逻辑电路、时序逻辑电路、可编程逻辑器件、VHDL 语言及其应用、在系统编程(ISP)技术、模/数与数/模转换电路、数字系统的分析与设计等,主要用于课堂教学;自测与练习模块,用于测试学习者的学习效果并能够有针对性地给出相关练习题以强化对薄弱环节知识点内容的记忆与理解;器件查阅模块,提供常用集成电路逻辑功能、逻辑符号、管脚图以及功能表等资料的查阅。

本书取材先进、内容精练、注重实践,是该课程学习、实验和设计的重要参考用书。它与《数字逻辑与数字系统》(主教材)、“数字逻辑与数字系统多媒体 CAI 课件”相配合,构成适应现代教育模式“理论、抽象、设计”三维体系的教学构架,它们互相配合,协调完成该课程的教学任务。

全书由张兴忠和刘双庆共同执笔,第 1~3 章由张兴忠编写,第 4~6 章和附录由刘双庆编写,全书由张兴忠统稿。

在本书的编写过程中得到了常晓明、陈俊杰、段富、余雪丽、彭新光、贾秀美、阎宏印、武淑红等的大力支持和帮助,在此表示衷心感谢。

由于作者水平所限,书中难免有不足与错误之处,敬请读者批评指正。

张兴忠

2005 年 5 月

• iii •

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 数字逻辑与数字系统学习指导 ..... | 1  |
| 1.1 教学大纲 .....            | 1  |
| 1.1.1 课程的性质与任务 .....      | 1  |
| 1.1.2 课程的教学要求 .....       | 1  |
| 1.2 学习方法指导 .....          | 3  |
| 1.2.1 数字电路的概念与特点 .....    | 3  |
| 1.2.2 数字电路的学习方法 .....     | 4  |
| 1.2.3 数字信号的特点与波形参数 .....  | 4  |
| 1.3 数字逻辑代数 .....          | 6  |
| 1.3.1 重点内容介绍 .....        | 6  |
| 1.3.2 典型例题分析 .....        | 7  |
| 1.4 逻辑门电路 .....           | 11 |
| 1.4.1 重点内容介绍 .....        | 11 |
| 1.4.2 典型例题分析 .....        | 15 |
| 1.5 组合逻辑电路 .....          | 19 |
| 1.5.1 重点内容介绍 .....        | 19 |
| 1.5.2 典型例题分析 .....        | 21 |
| 1.6 时序逻辑电路 .....          | 31 |
| 1.6.1 重点内容介绍 .....        | 31 |
| 1.6.2 典型例题分析 .....        | 34 |
| 1.7 编程逻辑电路 .....          | 46 |
| 1.7.1 重点内容介绍 .....        | 46 |
| 1.7.2 典型例题分析 .....        | 48 |
| 1.8 硬件描述语言 .....          | 55 |
| 1.8.1 重点内容介绍 .....        | 55 |
| 1.8.2 典型例题分析 .....        | 56 |
| 1.9 在系统编程技术 .....         | 58 |
| 1.10 模/数与数/模转换电路 .....    | 59 |
| 1.10.1 重点内容介绍 .....       | 59 |
| 1.10.2 典型例题分析 .....       | 60 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 1.11 数字系统的分析与设计 .....                  | 65  |
| <b>第2章 数字逻辑与数字系统实验</b> .....           | 67  |
| 2.1 实验教学目的与要求 .....                    | 67  |
| 2.1.1 实验教学目的 .....                     | 67  |
| 2.1.2 实验教学要求 .....                     | 67  |
| 2.1.3 实验教学方法 .....                     | 68  |
| 2.2 集成门电路逻辑功能及主要参数测试 .....             | 68  |
| 2.3 组合电路功能测试及其应用电路设计 .....             | 69  |
| 2.4 时序电路功能分析与应用电路设计 .....              | 70  |
| 2.5 编程逻辑电路实验 .....                     | 72  |
| 2.6 硬件描述语言 VHDL 实验 .....               | 72  |
| 2.7 在系统编程实验 .....                      | 73  |
| 2.8 模/数与数/模转换电路实验 .....                | 73  |
| <b>第3章 数字逻辑与数字系统课程设计</b> .....         | 75  |
| 3.1 课程设计教学大纲 .....                     | 75  |
| 3.1.1 课程设计目的和意义 .....                  | 75  |
| 3.1.2 课程设计基本要求 .....                   | 75  |
| 3.1.3 课程设计考核 .....                     | 76  |
| 3.2 数字电子钟设计 .....                      | 76  |
| 3.3 洗衣机控制器设计 .....                     | 78  |
| 3.4 四路彩灯显示系统设计 .....                   | 79  |
| 3.5 拔河游戏机控制器设计 .....                   | 80  |
| 3.6 汽车尾灯控制器设计 .....                    | 80  |
| 3.7 智能机器人行走控制器设计 .....                 | 81  |
| 3.8 十字路口交通信号灯控制器设计 .....               | 81  |
| 3.9 串行输入信息中“1”数检测器设计 .....             | 81  |
| <b>第4章 数字系统计算机仿真软件及仿真实例</b> .....      | 83  |
| 4.1 数字系统计算机仿真软件概述 .....                | 83  |
| 4.2 Multisim 2001 仿真软件的功能与使用 .....     | 83  |
| 4.2.1 Multisim 2001 基本界面 .....         | 84  |
| 4.2.2 虚拟仪器的使用 .....                    | 86  |
| 4.2.3 电路原理图的绘制 .....                   | 93  |
| 4.2.4 元件符号使用说明 .....                   | 93  |
| 4.3 数字电路仿真实例 .....                     | 95  |
| <b>第5章 硬件描述语言 VHDL 编程软件及器件设计</b> ..... | 101 |
| 5.1 由原理图源文件进行 ISP 器件设计 .....           | 101 |



|              |                                  |            |
|--------------|----------------------------------|------------|
| 5.2          | 使用 VHDL 输入进行 ISP 器件设计 .....      | 106        |
| 5.3          | 由 VHDL 与原理图混合输入进行 ISP 器件设计 ..... | 108        |
| <b>第 6 章</b> | <b>主教材习题解答 .....</b>             | <b>110</b> |
| 6.1          | 逻辑代数和门电路习题 1 解答 .....            | 110        |
| 6.2          | 组合逻辑电路习题 2 解答 .....              | 114        |
| 6.3          | 时序逻辑电路习题 3 解答 .....              | 119        |
| 6.4          | 可编程逻辑器件习题 4 解答 .....             | 133        |
| 6.5          | VHDL 语言及其应用习题 5 解答 .....         | 138        |
| 6.6          | 在系统编程技术习题 6 解答 .....             | 145        |
| 6.7          | 模/数与数/模转换电路习题 7 解答 .....         | 146        |
| 6.8          | 数字系统的分析与设计习题 8 解答 .....          | 147        |
| <b>附录</b>    | <b>常用集成电路型号与功能及引脚图 .....</b>     | <b>153</b> |
|              | <b>主要参考文献 .....</b>              | <b>161</b> |

# 第 1 章 数字逻辑与数字系统

## 学习指导

本课程作为数字逻辑电路设计的基础课程，介绍数字系统设计的基本方法，包括逻辑代数和门电路、组合电路的分析与设计、时序电路的分析与设计、逻辑门阵列电路、可编程超大规模集成电路、硬件描述语言等知识。本章将对各知识单元内容进行总结，对其单元内容典型例题进行分类讲解。

### 1.1 教学大纲

#### 1.1.1 课程的性质与任务

本课程是高等教育计算机、自动化、信息类各学科的一门专业基础课。本课程的目的是使学生理解常用数字电路的结构特点、工作原理，掌握常用数字部件的逻辑功能和使用方法，熟悉基本数字系统的组成与设计方法，为以后进行复杂数字系统的分析和设计打好基础。

#### 1.1.2 课程的教学要求

##### 1. 逻辑代数和门电路

1) 掌握进位计数制的基本概念、不同数制之间的转换，带符号数的编码，熟悉字符编码、可靠性编码。

2) 重点掌握基本逻辑运算和逻辑函数，熟练掌握一些常用公式，掌握逻辑函数的真值表、函数表达式、卡诺图、逻辑图的表示方法，掌握用公式、卡诺图化简逻辑函数的方法，掌握具有约束项的逻辑函数的化简方法。

3) 掌握与、或、非三种基本门电路，熟悉 TTL 与非门的工作原理及主要参数。

##### 2. 组合逻辑电路

1) 熟悉组合逻辑电路的特点，掌握组合电路的分析方法与设计方法。

2) 了解编码器、译码器、比较器、全加器、多路选择器及数据选择器的电路

结构和工作原理,掌握其逻辑功能、用途及使用方法。

3) 掌握译码器和数据选择器的扩展方法及用它们实现组合逻辑电路(或逻辑函数)的方法。

4) 了解组合逻辑电路竞争—冒险的产生原因、判断方法和消除方法。

### 3. 时序逻辑电路

1) 了解 RS、JK、D、T 触发器的电路结构和工作原理,掌握 RS、JK、D、T 触发器的逻辑功能及动作特点,掌握上述几类触发器逻辑功能之间的相互转换。

2) 熟悉时序逻辑电路的结构特点,掌握时序电路逻辑功能的 4 种(方程式表示、状态表、状态图、时序图)表示方法。

3) 掌握时序电路的分析和设计方法,包括同步时序电路和异步时序电路的分析和设计方法。

4) 了解时序逻辑部件,如寄存器、计数器的电路结构和工作原理,掌握用中规模集成计数器构成任意进制计数器的 3 种(乘数法、置零法、置位法)方法。

5) 熟悉常用计数器芯片、寄存器芯片的功能、用途和使用方法。

### 4. 可编程逻辑器件

1) 了解程序逻辑电路的结构、特点和主要用途。

2) 了解半导体存储器的分类、结构、工作原理、特点以及其主要技术指标。

3) 掌握半导体存储器 ROM、RAM 的扩展方法。

4) 掌握用 ROM、PLA 设计组合逻辑电路的方法,熟悉用这些器件设计时序电路的方法。

### 5. VHDL 语言及其应用

1) 熟悉 VHDL 程序结构以及实体、结构体的特点及作用。

2) 熟悉 VHDL 的语法规则,掌握变量、信号、常量的定义格式及使用规则,熟记 VHDL 操作符。

3) 熟悉 VHDL 的顺序语句和并行语句,掌握用 VHDL 语句描述数字逻辑电路的方法。

4) 熟悉 VHDL 设计平台的使用方法和基本操作,了解 VHDL 的仿真和综合。

### 6. 在系统编程技术

1) 熟悉数字逻辑与数字系统的分析与设计在方法和手段上发生的重大变化。

2) 熟悉集成电路分类以及发展方向。

3) 熟悉在系统编程器件的工作原理。

4) 熟悉 ispLSI 器件的结构与组成以及各部分的功能特点。

- 5) 熟悉 ispLSI 器件的编程方法与编程步骤。
- 6) 熟悉 ispDesignExpert 软件的功能特点及使用方法。

#### 7. 模/数与数/模转换电路

- 1) 了解 D/A 转换器的结构、工作原理, 熟悉其主要技术指标。
- 2) 了解 A/D 转换器的结构、工作原理, 熟悉其主要技术指标。

#### 8. 数字系统的分析与设计

- 1) 了解数字系统与逻辑功能部件的异同。
- 2) 熟悉数字系统的传统设计方法与现代设计方法。
- 3) 了解数字系统的描述方法与描述工具。
- 4) 掌握简单数字系统的设计方法与设计步骤。

## 1.2 学习方法指导

### 1.2.1 数字电路的概念与特点

随着数字电子技术的发展, 数字集成电路特别是中、大规模和超大规模数字集成电路的发展, 传统的模拟系统已经被或逐渐被性能优越的数字系统所取代。和模拟电路相比, 数字电路主要有以下特点。

#### 1. 数字电路采用二进制

凡具有两个状态的电路都可用二进制的 0 和 1 两个数码来表示。如二极管、三极管的导通和截止, 电平的高低等。因此, 数字电路的基本单元电路结构简单, 对元器件精度要求不高, 允许电路参数有较大的离散性。这给数字电路的集成创造了条件。

#### 2. 数字电路标准产品多

数字集成电路产品系列多, 品种规格全, 成本低, 体积小。

#### 3. 通用性强

数字系统的设计通常采用各种标准数字逻辑部件, 因此, 系统工作可靠性高、稳定性好、精度高。

#### 4. 抗干扰能力强

由于数字信号是用 0 和 1 两个状态来表示的, 它不易受到外界信号的干扰。

### 5. 保密性好

数字信号很容易进行加密处理, 这使信息资源不易被窃取。

### 6. 能够完成运算功能

数字电路不仅能完成数值计算, 而且还能进行逻辑判断和运算, 因此数字电路又被称为数字逻辑电路。

## 1.2.2 数字电路的学习方法

数字电路和模拟电路有很大的差别, 学习数字电路时, 在学习方法上应做相应的调整, 这样才能取得良好的学习效果。

### 1. 抓住数字电路的特点

在数字电路中, 所有变量都归结为 0 和 1 两个对立状态。因此, 在分析数字电路工作原理时, 只需关心电平的高与低, 而无需关心电平所具有的数值。在学习数字集成电路时, 应把重点放在理解数字集成电路的外部特性、逻辑功能及其使用上, 而不需要把过多的注意力放在数字集成电路内部电路结构和工作过程的分析与计算上。

### 2. 掌握数字电路的分析方法和设计方法

掌握数字电路的分析方法和设计方法是贯穿本课程的主线, 逻辑代数是数字电路分析、设计的基础和工具。数字电路分析和设计的主要方法有逻辑表达式、逻辑图、真值表、功能表、状态表、状态图和时序图等。

### 3. 提高读图能力

学会阅读数字集成电路产品手册, 并根据手册正确选择和使用数字集成电路器件。

### 4. 重视实践提高动手能力

数字逻辑与数字系统是一门发展十分迅速而且实践性和应用性很强的技术基础课程。只有通过实践才能加深对课程内容的理解, 提高使用仪器(包括 EDA 软件)分析电路、设计电路以及测试电路、排除电路故障的能力。

## 1.2.3 数字信号的特点与波形参数

### 1. 数字信号的特点

在电子技术中, 被传送、加工和处理的信号有两类: 一类是模拟信号, 其特

点是它的电压或电流的幅度随时间连续变化,如图 1-1 所示。用于传送、加工和处理模拟信号的电路称为模拟电路。另一类是数字信号,其特点是它的电压或电流在幅度上和时间上都是离散的、突变的信号,即离散信号,如图 1-2 所示。用于传送、加工和处理数字信号的电路,称为数字电路。数字信号体现了电压或电流的有和无,它与半导体器件的截止和导通相对应。因此,数字信号可用 1 和 0 表示,它代表了两种完全不同的状态。



图 1-1 模拟信号波形



图 1-2 数字信号波形

## 2. 脉冲波形的参数

矩形脉冲在数字电路中应用广泛,它的特性主要用下述一些参数来描述。实际中,一个矩形脉冲波的波形如图 1-3 所示。

- 1) 脉冲幅度  $U_m$ : 脉冲电平变化的最大值,单位: V。
- 2) 脉冲上升时间  $t_r$ : 脉冲前沿从  $0.1U_m$  上升到  $0.9U_m$  所需时间。

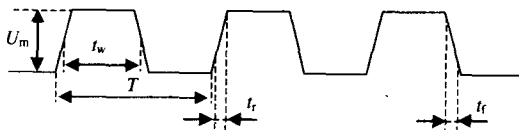


图 1-3 实际数字信号波形及参数

- 3) 脉冲下降时间  $t_f$ : 脉冲后沿从  $0.9U_m$  下降到  $0.1U_m$  所需时间。
- 4) 脉冲宽度  $t_w$ : 从脉冲前沿  $0.5U_m$  到脉冲后沿  $0.5U_m$  所需时间, 又称脉冲持续时间。
- 5) 脉冲周期  $T$ : 周期性相邻脉冲信号重复出现的时间间隔。
- 6) 脉冲频率  $f$ : 单位时间内脉冲重复的次数  $f=1/T$ 。
- 7) 占空比  $q$ : 脉冲宽度与周期的比值,  $q=t_w/T$ 。

在逻辑电路的分析或设计中,一般将数字信号看作理想的矩形脉冲信号,即  $t_r=t_f=0$  且  $t_w$ 、 $T$ 、 $U_m$  稳定不变。

在数字逻辑和数字系统中,经常用到各种频率、宽度和幅度的脉冲信号,这些脉冲信号作为系统的时钟信号,由它同步和协调着整个系统的工作。

## 1.3 数字逻辑代数

### 1.3.1 重点内容介绍

本知识单元介绍了数字逻辑与数字系统分析和设计的基本数学工具——逻辑代数的基本运算、基本公式、逻辑函数的表示与化简以及数制与编码等内容。

#### 1. 逻辑代数与逻辑函数表示

逻辑代数是研究由 0 和 1 构成的二值代数,其中 0 和 1 用来代表逻辑对象的两个状态,例如电平的高低,开关的打开与闭合,指示灯的亮与灭。它是由 19 世纪法国工程师布尔发明的,故也称为布尔代数,有时也称为开关代数。

在逻辑电路中,采用二进制表示电路的状态与数值。对于一个具体的逻辑电路都有一定的信号输入与输出,当输入信号取值确定后,输出取值便随之确定,即输出与输入之间是一一对应的关系,这种函数关系称为逻辑函数,可以用真值表、逻辑函数表达式、卡诺图和逻辑图等方法表示。

##### (1) 真值表

真值表是逻辑电路最简单也是最直观的一种表示方法,它是将电路的输入与输出的所有可能性用一张二维表格表示,其表示形式是唯一的。

##### (2) 逻辑函数表达式

逻辑函数表达式是采用逻辑代数的方法来分析与设计数字逻辑电路的一种基本方法。由于逻辑函数表达式与其逻辑图是相对应的,因而逻辑函数的表达式越简单其对应的逻辑图就越简单,这有利于成本的降低和提高电路的可靠性。因此,如何将一个逻辑函数化简为最简单的表达式,是本章的重点。化简方法有两种:

一种是代数法化简,即根据逻辑代数基本公式将逻辑函数化简;另一种是卡诺图法化简,其基本思想是根据相邻关系采用画圈的方法,通过吸收定律  $AB + \bar{A}B = B$ ,将  $2^n$  个逻辑相邻项合并,以消去  $n$  个互为相反的变量因子 ( $n=0, 1, 2, \dots$ )。

##### (3) 卡诺图

卡诺图是美国工程师 Karnaugh 于 20 世纪 50 年代提出的,利用它可以表示和化简逻辑函数。一个逻辑函数卡诺图就是将此函数最小项表达式中的每个最小项填入相应的特定方格内,这样的方格图就称为卡诺图。卡诺图上每一方格表示一个最小项,逻辑相邻关系与几何相邻关系一一对应(包括对折重叠项),因而卡诺图可以完整地表示逻辑函数且利用逻辑相邻关系,可以进行逻辑函数的快速化简。

#### (4) 逻辑图

逻辑图是用规定的图形符号来表示逻辑函数运算关系的网络图形。在本书中图形符号采用国标逻辑非符号,在绘制大规模、超大规模集成电路内部结构时采用国外流行符号,全书符号采用正逻辑约定。信号名不采用反变量符号如 $\overline{CS}$ 表示,避免与反变量混淆。

### 2. 数字电路中的信息表示

在数字电路中,信息以二进制方式表示,二进制由0和1数码构成,逢2进1,这是机器唯一认识的数制。由于二进制书写不便,因此引入八进制、十进制、十六进制,各数制之间能够相互转换。将一组二进制代码按某种规律排列起来表示特定信息的过程称为编码,常用编码有原码、反码和补码等。在计算机中对字符的编码有ASCII码和汉字字符编码,其中包括汉字输入码、汉字机内码和汉字字形码。在数字系统中常用的十进制编码有8421码、余3码,常用的可靠性编码有循环码、校验码等。

### 3. 逻辑函数的化简

由于逻辑函数表达式的繁简与逻辑图的繁简直接相关,故在逻辑电路的分析与设计中逻辑函数表达式必须化简。常用的化简方法有公式法和卡诺图法。

#### (1) 公式法化简

公式法化简是利用逻辑代数提供的基本公式和常用公式对逻辑函数表达式进行化简。这种方法不受逻辑变量个数的限制,但要求熟练掌握逻辑代数的公式和规则,具有较强的化简技巧。

#### (2) 卡诺图法化简

卡诺图是根据最小项之间相邻关系画出的一种方格图,每个小方格代表逻辑函数的一个最小项,采用相邻项不断合并的方法就能对逻辑函数进行化简。卡诺图化简方法简单、直观、有规律可循。使用卡诺图进行化简逻辑函数应掌握卡诺图结构、逻辑相邻项合并规律及其画圈规则。

### 1.3.2 典型例题分析

与该知识单元内容相关的例题主要包括数字电路中的信息表示和逻辑电路的函数表示与化简等。

#### 1. 数字电路中信息的表示

**例 1-1** 将 $(135.6)_8$ ,  $(1101.0101)_2$ ,  $(62DB)_{16}$ 转换为十进制数。

解:  $(135.6)_8 = 1 \times 8^2 + 3 \times 8^1 + 5 \times 8^0 + 6 \times 8^{-1} = (93.75)_{10}$

$(1101.0101)_2 = 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 + 0 \times 2^{-1} + 1 \times 2^{-2} + 0 \times 2^{-3} + 1 \times 2^{-4}$



$$=(13.3125)_{10}$$

$$(62DB)_{16}=6 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + 13 \times 16^1 + 11 \times 16^0 = (25307)_{10}$$

例 1-2 将 $(93.75)_{10}$ 转换成二进制、八进制、十六进制数。

解：对整数部分采用“除基取余法”，小数部分采用“乘基取整法”进行转换。

| 整数部分                                           | 小数部分                                              |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2 $\overline{93}$                              |                                                   |
| 2 $\overline{46}$ ..... 1 最低位                  | $0.75 \times 2 = 1.5$ ..... 1 最高位                 |
| 2 $\overline{23}$ ..... 0                      | $0.50 \times 2 = 1.0$ ..... 1 最低位                 |
| 2 $\overline{11}$ ..... 1                      |                                                   |
| 2 $\overline{5}$ ..... 1                       |                                                   |
| 2 $\overline{2}$ ..... 1                       |                                                   |
| 2 $\overline{1}$ ..... 0                       |                                                   |
| 0 ..... 1 最高位                                  |                                                   |
| 8 $\overline{93}$                              |                                                   |
| 8 $\overline{11}$ ..... 5 最低位                  | $0.75 \times 8 = 6.00$ ..... 6                    |
| 8 $\overline{1}$ ..... 3                       |                                                   |
| 0 ..... 1 最高位                                  |                                                   |
| 16 $\overline{93}$                             |                                                   |
| 16 $\overline{5}$ ..... 13 $\rightarrow D$ 最低位 | $0.75 \times 16 = 12.00$ ..... 12 $\rightarrow C$ |
| 0 ..... 5 $\rightarrow 5$ 最高位                  |                                                   |

所以

$$(93.75)_{10} = (1011101.11)_2 = (135.6)_8 = (5D.C)_{16}$$

例 1-3 写出 $(10)_{10}$ 的8421码、余3码表示形式。

解： $(10)_{10} = (0001\ 0000)_{8421}$ 码  $= (0100\ 0011)_{\text{余}3}$ 码

例 1-4 已知 $A = +1010$ ， $B = +0011$ ，求 $Y = A - B$ 。

解：1) 按原码表示运算。

$$[A]_{\text{原}} = 01010 \quad [B]_{\text{原}} = 00011$$

$$\begin{array}{r} 0\ 1\ 0\ 1\ 0 \\ -\ 0\ 0\ 0\ 1\ 1 \\ \hline 0\ 0\ 1\ 1\ 1 \end{array}$$

所以， $[Y]_{\text{原}} = [A]_{\text{原}} - [B]_{\text{原}} = 00111$ ，其真值为 $Y = +0111$ 。

2) 按反码表示运算。

$$[A]_{\text{反}} = [+1010]_{\text{反}} = 01010 \quad [-B]_{\text{反}} = [-0011]_{\text{反}} = 11100$$

$$[Y]_{\text{反}} = [A]_{\text{反}} - [B]_{\text{反}} = [A]_{\text{反}} + [-B]_{\text{反}}$$