

应用型高等院校经管类系列实验教材·计算机

# 计算机组成原理实验

张虹 / 主编

*JiSuanji ZuCheng YuanLi ShiYan*



经济科学出版社  
Economic Science Press

应用型高等院校经管类系列实验教材·计算机

# 计算机组成原理实验

张虹 / 主编 蔡焕夫 王春梅 副主编

*Ji Suan Ji Zu Cheng Yuan Li Shi Yan*



经济科学出版社  
Economic Science Press

## 图书在版编目 (CIP) 数据

计算机组成原理实验 / 张虹主编. —北京: 经济科学出版社, 2010. 9

(应用型高等院校经管类系列实验教材·计算机)

ISBN 978 - 7 - 5058 - 9754 - 0

I. ①计… II. ①张… III. ①计算机体系结构 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 149470 号

责任编辑: 白留杰 白 炜

责任校对: 王凡娥

技术编辑: 李长建

## 计算机组成原理实验

张 虹 主编

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

教材编辑中心电话: 88191354 发行部电话: 88191540

网址: [www.esp.com.cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [bailiujie518@126.com](mailto:bailiujie518@126.com)

北京汉德鼎有限公司印刷

季峰装订厂装订

787 × 1092 16 开 10.75 印张 240000 字

2010 年 9 月第 1 版 2010 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5058 - 9754 - 0 定价: 19.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

(版权所有 翻印必究)

# 总 序

实践教学是高等教育本质的必然要求，是践行应用性人才培养的必经之路，是地方行业性教学型本科院校办学的重要特征。近几年来，各高校经济与管理类专业实验教学已经逐步开展，把实验教学作为教学改革的抓手、知识融合的平台以及联系社会的桥梁，然而如何进一步完善实验教学体系、提高实验实践教学水平与质量已经成为各高校亟待解决的问题。应用型高等院校经管类系列实验教材以提高高等院校经济与管理类专业实验教学的建设水平为目的，以实验教材建设为突破口，探讨高等院校经济与管理类实验教材的新方向、新思路、新内容、新模式。

本系列实验教材的编写紧紧围绕“知行合一，能力为尚，积淀特色，共享协作”的地方行业性教学型经济与管理类实验教学理念，贯彻以现代教育技术为基本手段，以实验资源共享与应用为条件，强化理论教学与实践教学互动与互补，“实践与理论相结合”和在“做中学”的指导思想，强调实验教材建设与实验课程建设、实验项目建设、实验教师队伍建设以及深化实验教学改革相结合，力图通过系列教材建设规范实验教学内容和实验项目，促进实验教学质量的提高。

(一) 本系列实验教材内容与教学方式符合实验教学规律和要求。具体表现在以下几个方面：

1. 实验教材以实验项目为章节，按如下体例编写：实验目的和实验要求；实验的基本原理；实验仪器、软件和材料或实验环境；实验方法和操作步骤；实验注意事项；数据处理和实验结果分析；实验报告。当然，对于不同的课程，根据其本身的学科特点，实验教材的编写体例并不完全一致。

2. 增加综合性、设计性、创新性实验项目的比例，并逐步将科研成果项目转化为教材的实验项目。

3. 与当前流行的实验平台软件或硬件及教材内容紧密结合，符合一般软件要求。

4. 充分体现以学生为主体，明确实验教学的内涵。实验教学过程体现以学生操作为主，教师辅导为辅，少量时间教师讲解，大部分时间学生操作的特点。

5. 按实验教学规律分配学时，并且有多余的实验项目供学生利用开放实验室自主学习。

6. 内容精练，主次分明，详略得当，文字通俗易懂，图表与正文密切配合。

(二) 本系列实验教材遵循实验教学规律，体现时代特色，总体来说，具有以下四个特点：

1. 与现代典型案例相结合。以培养应用型人才为原则，根据实验教学大纲，注重理论联系实际，教材具有较强的实践性、新颖性、启发性和适用性，有利于培养学生的实践能力和创新能力。

2. 建设形式新颖。实验教材分为纸质实验教材和网络资源的形式；纸质教材实验报告

尝试做成活页形式，或做成可撕下的带切割线形式；在纸质教材出版，配套建有供学生实验前和实验后学习使用的网络资源。

3. 实验内容创新。对于实验教材编写内容上的创新，一是凸显应用型人才培养特色实验项目，提高了综合性、设计性、创新性实验项目的比例；二是将教师的科研成果转化为本科学生实验教学项目。

4. 编写程序严格。对实验教材的申请立项的实验教材经由学院领导及专家进行立项审查；实验教材初稿经由相关同行专家给出鉴定，最终审核后，送交出版社评审出版。

本系列教材得到各方面人士的指导、支持和帮助，尤其是得到中国经济信息学会实验经济学与经济管理实验室专业委员会的专家，广东金电集团等多家业界人士，以及各高校同行老师们的支持和帮助，我们在此表示由衷的感谢。本系列实验教材尚处于探索阶段，作为一种努力和尝试，存在诸多不足之处，竭诚希望得到广大同行及相关专家的批评指正。

**应用型高等院校经管类系列实验教材编委会**

2009年12月

# 前 言

《计算机组成原理实验》是与计算机组成原理课程配套的实验课教材，是计算机科学与技术专业、电子通信、网络、信息等专业的必修专业实验课程。

本书采用清华大学科教仪器厂生产的 TEC-6G 计算机组成原理实验系统，针对计算机组成原理课程本科教学需要，设计了计算机各组成部件的实验以及基于微程序控制器、硬布线控制器的整机测试等验证型和综合型实验。目的是使学生通过实验进一步掌握计算机各个组成部件的工作原理，并真正系统地掌握计算机中各组成部件是如何协调工作的。除此之外本书还根据不同专业、不同层次学生的需要设计了部分大型综合设计型实验。目的是更好地培养学生的动手能力、工程意识和创新能力。

本书可与科学出版社出版的《计算机组成原理》教材（白中英主编）配套使用，也适于选用其他教材、又要使用 TEC-6G 计算机组成原理实验系统完成教学实验的院校。

TEC-6G 计算机组成原理实验系统中由一台 8 位字长的模型计算机和辅助电路组成。在 TEC-6G 模型计算机的结构中，采用累加器和通用寄存器相结合的硬件体系结构，有一个 8 位累加器，三个 8 位通用寄存器。这种硬件体系结构在单片机中经常使用。TEC-6G 模型计算机中有微程序控制器和硬布线控制器两种控制器。可以通过一次全切换方式实现两种控制器产生的控制信号之间的转换。这种一次全切换方式省去了接、插线操作，可靠性高，不需要关掉电源，优点突出。该模型计算机能够执行加法、减法、逻辑与、逻辑或、数据传送、存数、取数、进位为 1 转移、结果为 0 转移和停机等指令。该模型计算机硬件结构简单，清晰易懂，使学生更容易理解和掌握计算机各部件及整机的工作原理。

在 TEC-6G 计算机组成原理实验系统上进行实验时，需要的接、插线少，操作简单。

本书共分三部分，其中第一、二部分和第三部分的实验一至实验七由张虹副教授编写；第二部分的实验八至实验十一由蔡焕夫教授编写；第二、三部分的电路图由王春梅讲师绘制。张虹对全书进行了统编与审查。作者都有多年从事有关计算机硬件和软件的教学、科研工作经历。

在教材的编写过程中，得到了清华大学科教仪器厂和广州市场中电子仪器有限公司的大力支持，在此表示诚挚的感谢。

由于编写时间仓促以及作者水平有限，本书可能有疏漏和不当之处，敬请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

## 第一部分 数字电路基础

第一章 基本逻辑关系和基本逻辑门电路 .....	( 1 )
第一节 基本逻辑关系和基本逻辑门电路概述 .....	( 1 )
第二节 复合逻辑门 .....	( 5 )
第三节 OC 门和三态输出门 .....	( 10 )
第二章 逻辑代数基础 .....	( 15 )
第一节 逻辑代数的基本关系和运算 .....	( 15 )
第二节 逻辑代数的基本定律 .....	( 16 )
第三节 逻辑代数的基本规则 .....	( 17 )
第四节 逻辑函数的表示形式 .....	( 19 )
第五节 几种逻辑函数表示法的转换 .....	( 21 )
第六节 逻辑函数和逻辑图的转换 .....	( 23 )
第三章 计算机中常用组合逻辑电路 .....	( 25 )
第一节 编码器 (ENC) .....	( 25 )
第二节 译码器 (DEC) .....	( 28 )
第三节 数据选择器 (MUX) .....	( 30 )
第四节 数据分配器 .....	( 32 )
第四章 基本时序逻辑电路 .....	( 33 )
第一节 R-S 触发器 .....	( 34 )
第二节 D 型触发器 .....	( 37 )
第三节 JK 触发器 .....	( 40 )
第五章 计算机中常用的时序逻辑电路 .....	( 44 )
第一节 锁存器 .....	( 44 )
第二节 寄存器 .....	( 46 )
第三节 计数器 .....	( 49 )

## 第二部分 TEC-6G 计算机组成原理实验系统概述

第六章 TEC-6G 计算机组成原理实验系统 .....	( 55 )
第一节 TEC-6G 计算机组成原理实验系统实验箱简介 .....	( 55 )
第二节 TEC-6G 计算机组成原理实验系统的硬件系统 .....	( 55 )
第三节 TEC-6G 模型计算机指令系统 .....	( 69 )
第七章 TEC-6G 模型计算机上的数字逻辑实验装置 .....	( 71 )
第一节 数码管及其驱动电路 .....	( 71 )
第二节 喇叭和交通灯 .....	( 71 )

## 第三部分 计算机组成原理实验

实验一 运算器 .....	( 74 )
实验二 存储器 .....	( 87 )
实验三 数据通路 .....	( 96 )
实验四 微程序控制器 .....	( 103 )
实验五 硬布线控制器 .....	( 116 )
实验六 微程序控制器模型计算机测试综合实验 .....	( 122 )
实验七 硬布线控制器模型计算机测试综合实验 .....	( 131 )
实验八 硬布线控制器设计 .....	( 139 )
实验九 简易电子音响设计 .....	( 146 )
实验十 简易频率计设计 .....	( 150 )
实验十一 简易交通灯设计 .....	( 158 )
参考文献 .....	( 163 )



# 第一部分

## 数字电路基础

### 第一章

## 基本逻辑关系和基本逻辑门电路

计算机硬件系统的每一个功能部件都是由基本的逻辑器件搭建而成。电子技术和数字逻辑设计的发展为计算机硬件设计的不断更新提供了必要的保障。本章将简要介绍逻辑代数基础、基本逻辑部件、组合逻辑电路部件、时序逻辑电路部件以及计算机硬件系统中常用逻辑芯片。

### 第一节 基本逻辑关系和基本逻辑门电路概述

在数字电路中，把电路的输入信号作为某种“原因”或“条件”，电路输出信号则是这种条件下的必然“结果”。即输出信号与输入信号之间存在一定的逻辑关系。数字电路就是实现这种逻辑关系的，因此，数字电路又称逻辑电路。

在数字逻辑电路中，只有两种相反的工作状态——高电平、低电平，分别用“1”和“0”表示。当用“1”表示高电平、“0”表示低电平时，称正逻辑关系，反之称为负逻辑关系。本课程采用正逻辑关系。

数字电路中，由开关元件组成的实现一定逻辑关系的电路称逻辑门电路。简称门电路。数字电路中的基本逻辑关系有三种：“与”、“或”、“非”。相应的，基本门电路有“与门”、“或门”、“非门”。

## 一、与逻辑和与门

1. 与逻辑和与门。与逻辑指的是：只有当决定某一事件的全部条件都具备之后，该事件才发生，否则就不发生的一种因果关系。在逻辑运算中，与逻辑称为逻辑乘。

与门是指能够实现与逻辑关系的门电路。与门具有两个或多个输入端，一个输出端。

与门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = A \cdot B = AB \tag{1-1}$$

读作“*A* 与 *B*”。

两输入端与门的真值表如表 1-1 所示。

与门波形图如图 1-1 所示。

表 1-1 与门真值表

输入		输出
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

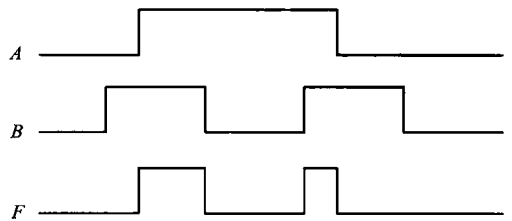


图 1-1 与门波形图

与门逻辑符号如图 1-2 所示。

2. 常用与门芯片。74LS08 是一种典型的与门芯片，是二输入四与门芯片。74LS08 引脚图如图 1-3 所示。

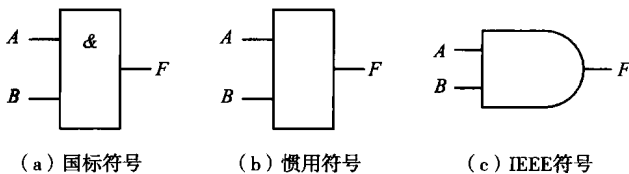


图 1-2 与门逻辑符号

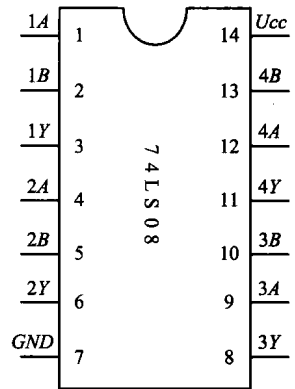


图 1-3 74LS08 引脚图

常用与门芯片有：

74LS08 二输入四与门；

- 74LS09 二输入四 OC 与门；
- 74LS11 三输入三与门；
- 74LS21 四输入双与门；
- 74LS134 十二输入三态输出与门。

## 二、或逻辑和或门

1. 或逻辑和或门。或逻辑指的是：在决定某事件的诸条件中，只要有一个或一个以上的条件具备，该事件就会发生；当所有条件都不具备时，该事件才不发生的一种因果关系。在逻辑运算中，或逻辑称为逻辑加。

或门是指能够实现或逻辑关系的门电路。或门具有两个或多个输入端，一个输出端。或门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = A + B \tag{1-2}$$

读作“*A* 或 *B*”。

两输入端或门的真值表如表 1-2 所示。

或门波形图如图 1-4 所示。

输入		输出
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>F</i>
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

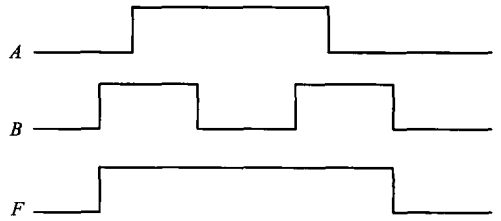


图 1-4 或门波形图

或门逻辑符号如图 1-5 所示。

2. 常用或门芯片。74LS32 是一种典型的或门芯片，是二输入四或门芯片。74LS32 芯片引脚图如图 1-6 所示。

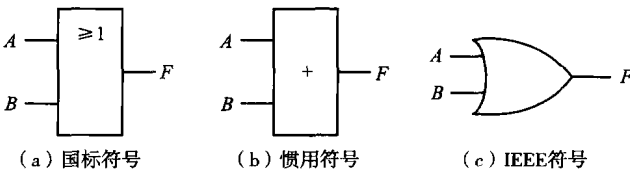


图 1-5 或门逻辑符号

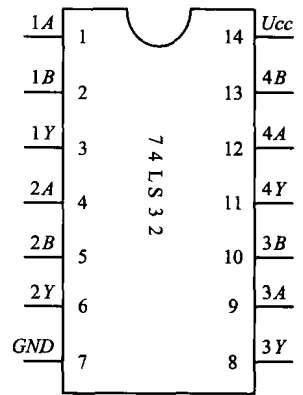


图 1-6 74LS32 引脚图

### 三、非逻辑和非门

1. 非逻辑和非门。非逻辑是指：决定某事件的唯一条件不满足时，该事件就发生；而条件满足时，该事件反而不发生的一种因果关系。在逻辑代数中，非逻辑称为“求反”。

非门是指能够实现非逻辑关系的门电路。非门只有一个输入端，一个输出端。

非门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

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

读作“A非”或“非A”。

非门的真值表如表1-3所示。

非门波形图如图1-7所示。

表 1-3 非门真值表

输入	输出
<i>A</i>	<i>F</i>
0	1
1	0

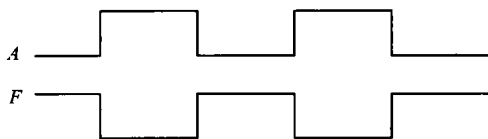


图 1-7 非门波形图

由此可见，非门的逻辑功能为，输出状态与输入状态相反，通常又称作反相器。

非门逻辑符号如图1-8所示。

2. 常用非门芯片。74LS04 是一种典型的非门芯片，是六输入、输出非门。74LS04 芯片引脚图如图1-9所示。

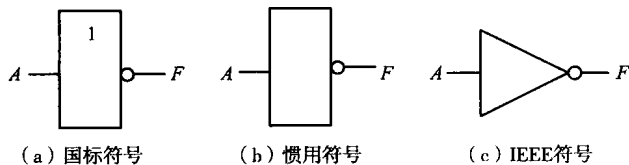


图 1-8 非逻辑符号

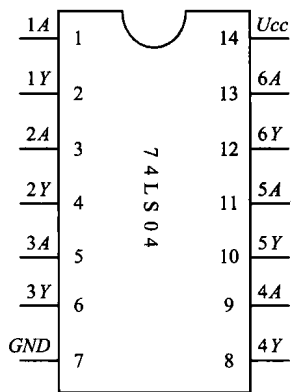


图 1-9 74LS04 引脚图

常用非门芯片有：

74LS04 六输入、输出非门；

74LS04 六输入、输出 OC 非门；

74LS19 六输入、输出施密特触发非门；

74LS240 八缓冲器、线驱动、线接收器三态非门。

## 第二节 复合逻辑门

由与门、或门和非门可以组合成其他逻辑门。把与门、或门、非门组成的逻辑门叫复合门。常用的复合门有与非门、或非门、异或门、与或非门等。

### 一、与非逻辑和与非门

1. 与非逻辑和与非门。与非逻辑指的是：“与”和“非”的复合逻辑运算，即先求“与”，再求“非”的逻辑运算。又称“与非”运算。

实现与非复合运算的电路称为与非门。与非门具有两个或多个输入端，一个输出端。

与非门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = \overline{A \cdot B} = \overline{AB} \quad (1-4)$$

读作“ $A$ 与 $B$ 的非”。

两输入端与非门真值表如表 1-4 所示。

与非门波形图如图 1-10 所示。

表 1-4 与非门真值表

输入		输出
$A$	$B$	$F$
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

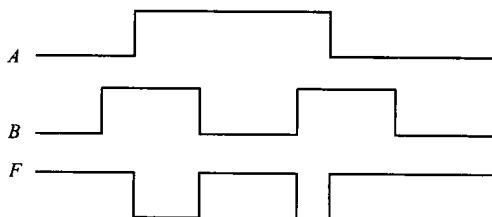


图 1-10 与非门波形图

与非门逻辑符号如图 1-11 所示。

2. 常用与非门芯片。74LS00 是一种典型的与非门芯片，是两输入四与非门。74LS00 芯片引脚图如图 1-12 所示。

常用与非门芯片有：

- 74LS00 两输入四与非门；
- 74LS01 两输入四 OC 与非门；
- 74LS03 两输入四 OC 与非门；
- 74LS10 三输入三与非门；
- 74LS12 三输入三 OC 与非门；
- 74LS13 四输入双与非门（施密特触发）；
- 74LS15 三输入三 OC 与非门；
- 74LS20 四输入双与非门；
- 74LS24 两输入四双与非（施密特触发）；

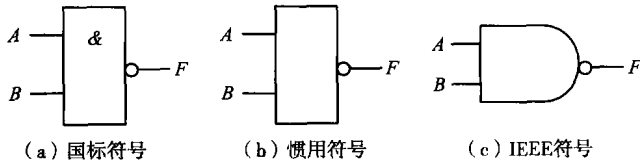


图 1-11 与非门逻辑符号

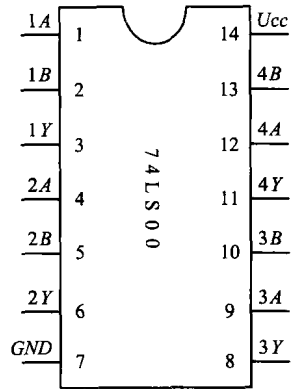


图 1-12 74LS00 引脚图

- 74LS30 八输入与非门；
- 74LS39 四输入双 OC 与非门；
- 74LS132 两输入四与非（施密特触发）；
- 74LS133 十三输入与非门；
- 74LS133 双四输入与非线驱动器。

## 二、或非逻辑和或非门

1. 或非逻辑和或非门。或非逻辑指的是：“或”和“非”的复合逻辑运算，即先求“或”，再求“非”的逻辑运算。又称“或非”运算。

实现或非复合运算的电路称为或非门。或非门具有两个或多个输入端，一个输出端。或非门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = \overline{A + B} \quad (1-5)$$

读作“A 或 B 的非”。

两输入端或非门真值表如表 1-5 所示。

或非门波形图如图 1-13 所示。

输入		输出
A	B	F
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

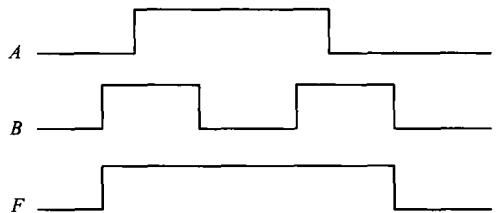


图 1-13 或非门波形图

或非门逻辑符号如图 1-14 所示。

2. 常用或非门芯片。74LS02 是一种典型的或非门芯片，是两输入四或非门。

74LS02 芯片引脚图如图 1-15 所示。

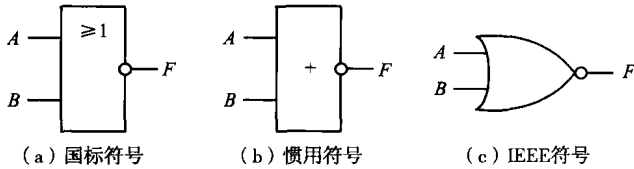


图 1-14 或非门逻辑符号

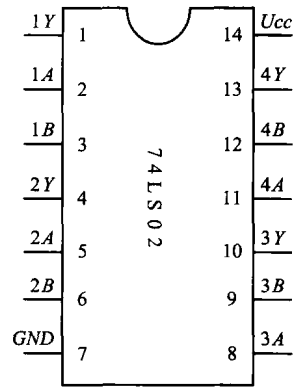


图 1-15 74LS02 引脚图

常用或非门芯片有：

- 74LS02 两输入四或非门；
- 74LS27 三输入端三或非门；
- 74LS28 两输入端四或非门缓冲器；
- 74LS260 五输入端双或非门。

### 三、异或逻辑和异或门

1. 异或逻辑和异或门。异或逻辑指的是：当两个输入变量的取值相同时，输出变量取值为 0；当两个输入变量的取值相异时，输出变量取值为 1。又称“异或”运算。

能够实现异或逻辑关系的逻辑门叫异或门。异或门只有两个输入端和一个输出端。

异或门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = A \oplus B = \bar{A}B + A\bar{B} \quad (1-6)$$

读作“A 异或 B”。式中，符号  $\oplus$  表示异或逻辑。

两输入端异或门真值表如表 1-6 所示。

异或门波形图如图 1-16 所示。

表 1-6 异或门真值表

输入		输出
A	B	F
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

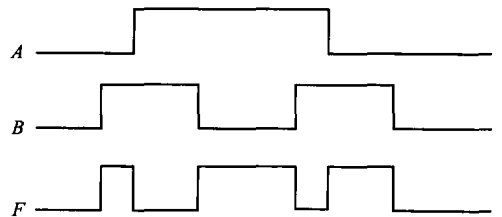


图 1-16 异或门波形图

异或门逻辑符号如图 1-17 所示。

2. 常用异或门芯片。74LS86 是一种典型的异或门芯片，是两输入四异或门。74LS86 芯片引脚图如图 1-18 所示。

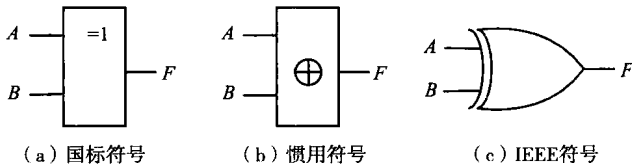


图 1-17 异或门逻辑符号

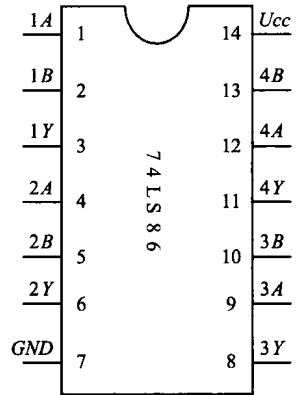


图 1-18 74LS86 引脚图

常用异或门芯片有：

74LS86 两输入四异或门；

74LS135 四异或门/异或非门；

74LS386 两输入四异或门。

## 四、与或非逻辑和与或非门

1. 与或非逻辑和与或非门。与或非逻辑指的是：当任一组与门输入端全为高电平或所有输入端全为高电平时，输出为低电平；当任一组与门输入端有低平或所有输入端全为低电平时，输出为高电平。又称“与或非”运算。

把两个与门、一个或门和一个非门联结起来，就构成了与或非门。它有多组输入端、一个输出端。

与或非门的输出和输入之间的逻辑关系用逻辑表达式表示为：

$$F = \overline{AB + CD} \quad (1-7)$$

读作“A 与 B 的非”。

两输入端与或非门真值表如表 1-7 所示。

表 1-7 与或非门真值表

输 入				输 出
A	B	C	D	F
0	0	0	0	1
0	0	0	1	1
0	0	1	0	1



输 入				输 出
A	B	C	D	F
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	1	1
1	0	0	0	0
1	0	0	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

与或非门波形图如图 1-19 所示。

与或非门逻辑符号如图 1-20 所示。

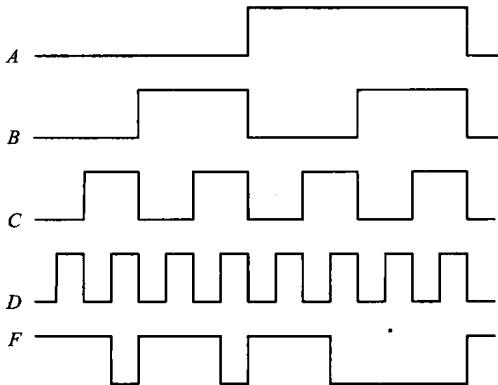


图 1-19 与或非门波形图

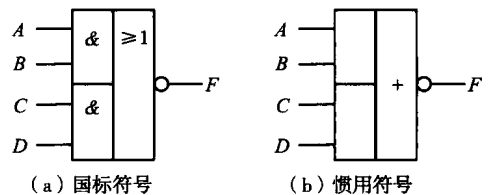


图 1-20 与或非门逻辑符号

2. 常用与或非芯片。74LS51 是一种典型的与或非芯片，有双二路 2-2 输入与或非门和二路 3-3 输入，2-2 输入与或非门。

二路 3-3 输入，2-2 输入与或非门芯片 74LS51 引脚图如图 1-21 所示。

74LS51 逻辑图如图 1-22 所示。

常用与或非芯片有：

74LS50 双二路 2-2 输入与或非门（一门可扩展）；

74LS51 双二路 2-2 输入与或非门；

74LS51 二路 3-3 输入，2-2 输入与或非门；