



计 算 机 类 本 科 规 划 教 材

微机原理及应用

◆ 李 鹏 主 编

◆ 雷 鸣 白 凯 许 琼 方 陈 沅 涛 参 编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

计算机类本科规划教材

微机原理及应用

李 鹏 主编

雷 鸣 白 凯 许琼方 陈沅涛 参编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以16位和32位微机为基础,全面、系统地介绍了现代微型计算机的基本组成结构、工作原理、硬件配置和接口技术。主要内容包括:基本硬件逻辑知识、微型计算机系统组成、微处理器、指令系统与汇编语言程序设计、存储器技术、输入/输出接口技术及中断、定时/计数技术及其应用、串行接口和并行接口技术及其应用、模/数和数/模转换技术、总线技术等。重点讲述了存储器系统的知识,包括高速缓冲存储器技术、虚拟存储器技术、SRAM、DRAM,以及32位、64位存储器的组织等。本书每章都有适量的例题与习题,帮助读者巩固和应用学到的知识。

为便于教师组织教学与学生自学,本书配有电子教案,读者可以登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册下载。

本书内容精练,由浅入深,通俗易懂,紧密联系实际,实用性强,能反映现代微机的新知识、新技术。可以作为普通高等院校本、专科“微机原理与接口技术”、“微机原理及应用”和“计算机组成原理”等课程的用书,由于本书还介绍了数字逻辑及逻辑部件等预备知识,因此,还可以作为普通高校理工科专业“计算机硬件基础”课程教材。同时也可以作为计算机系统开发应用科研人员和希望深入学习微机应用技术的广大读者的参考书。

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

微机原理及应用/李鹏主编. —北京:电子工业出版社,2014.1

计算机类本科规划教材

ISBN 978-7-121-22073-9

I. ①微… II. ①李… III. ①微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第291533号

策划编辑:索蓉霞

责任编辑:索蓉霞

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:20.75 字数:532千字

印 次:2014年1月第1次印刷

定 价:39.80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 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

“微机原理及应用”是计算机、通信、自动化、测控仪器、机械制造及其自动化等专业一门十分重要的专业基础课程。编写本书的目的是让读者从理论和实践上掌握微型计算机的工作原理和汇编语言程序设计，掌握微机的组成结构和常用的接口技术，建立微型计算机系统的整体概念，了解当前微机的新技术与新理论，学会微机系统接口的设计方法及编程应用。培养学生初步具备微机硬、软件开发应用的能力，为相关后续课程的学习奠定良好的基础。

在当今，微机中的 CPU 一般已经由单核更换为双核或四核，但是，其 CPU 仍然遵循 IA-32 结构；虽然出现了 64 位 CPU，但是，微机中 32 位 CPU 仍然占主导地位。因此，本书以 32 位系列微处理器为主线，保留经典的微机技术，增加计算机的新知识。为解决微机原理及应用教材覆盖知识面宽、教与学难度大的困惑，作者在编写教材过程中，注意到了由浅入深和内容结构优化组合的问题。

全书共 11 章，主要内容包括：

第 1 章 介绍了数字逻辑、基本的逻辑部件和计算机运算基础，对于具有先导课程作基础的学生，教师在教学计划中可以根据情况省略。

第 2 章 微型计算机系统概述，介绍了微型计算机系统组成，包括 16 位微机结构、32 位微机结构，以及当前微机的分层结构、软件系统等，期望学生建立微型计算机的整体概念，明确下一步学习的要求。

第 3 章 微处理器，介绍了 16 位、32 位微处理器、多核处理器，IA-32 处理器的工作模式，Pentium 微处理器的功能结构、引脚信号、总线周期、超标量流水线技术等。

第 4 章 将指令系统与汇编语言程序设计合成一章，包括 16 位、32 位指令系统及汇编语言编程。本章配合大量程序例题，突出了重点，期望便于教学、让学生容易理解与掌握。

第 5 章 存储器技术，包括主存储器、外存储器和虚拟存储器技术等。主存储器包括 SRAM、ROM、DRAM，16 位、32 位、64 位微机的内存组织，高速缓冲存储器（Cache 控制器 82385 和多核处理器的 Cache）。外存包含硬盘和光盘存储器。

第 6 章 输入/输出接口技术及中断，将外设接口基本技术、DMA 及中断系统整合成一章。内容丰富，包含 I/O 端口技术、16 位与 32 位机输入/输出端口的译码、输入/输出传送数据的方式，DMA 技术、可编程中断控制器 82C59A、实模式的中断技术、保护模式的中断技术等。

第 7 章 微机的并行接口技术及应用，重点介绍了可编程并行接口芯片 8255A 及综合应用举例、微机的并行打印机接口技术。

第 8 章 定时/计数技术，主要介绍了可编程时间间隔定时器芯片 82C54 及应用举例，简单介绍了定时器/计数器 8253。

第 9 章 微机的串行通信接口技术，介绍了可编程异步通信接口芯片 INS8250 及其编程、EIA RS-232-C 串行通信接口标准、通用串行总线 USB，还介绍了基于串行传输的键盘接口技术和鼠标接口技术。

第 10 章 模/数和数/模转换技术,重点介绍了 D/A 转换芯片 DAC0832 和 DAC1210、A/D 转换芯片 ADC0809 和 AD574,并阐述了各芯片与计算机的硬件连接及软件编程。

第 11 章 总线技术,介绍了总线的基本知识,重点阐述了外部总线 IDE、局部总线 PCI 和高速图形加速接口 AGP。

本书每章都有适量的例题与习题,帮助读者巩固和应用学到的知识。建议理论教学安排 48~54 学时,实践教学根据实际情况,可安排 10~18 学时。为便于教师组织教学与学生自学,本书配有电子教案,读者可以登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册下载。

本书由李鹏主编,负责大纲的制定与统稿,并编写第 1、4、6、8、10 章。雷鸣编写第 5 章,白凯编写第 7 章,陈沅涛(长沙理工大学)编写第 3、9 章,许琼方(衡阳师范学院)编写第 2、11 章。赵立辉、林华、魏登峰、张健、徐阳等老师参加了编程、调试与校对等工作。

武汉大学甘良才教授(博导)对本书的编写和审稿付出了辛勤的劳动。衡阳师范学院李浪教授对本书的大纲提出了宝贵建议,武汉大学禹立老师给予了许多具体的指导与帮助。索蓉霞编辑仔细审阅与修改了全部书稿。在此一并表示最真诚的感谢!

由于时间仓促与编者的学识水平有限,疏漏和不当之处在所难免,敬请读者不吝指正,以便在今后的修订中加以改进。

编者

2014 年 1 月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第 1 章 数字电路基础与计算机运算基础	1
1.1 逻辑代数的基本运算和逻辑门电路.....	1
1.1.1 逻辑代数的基本运算规则和基本公式.....	1
1.1.2 门电路.....	1
1.1.3 逻辑运算.....	4
1.1.4 加法电路.....	5
1.2 基本逻辑部件.....	6
1.2.1 触发器.....	6
1.2.2 寄存器.....	8
1.2.3 移位寄存器.....	9
1.2.4 计数器.....	9
1.2.5 三态输出门与缓冲器.....	11
1.2.6 二进制译码器.....	11
1.3 计算机运算基础.....	12
1.3.1 数的定点表示法和 32 位浮点数标准格式.....	12
1.3.2 原码、反码与补码.....	13
1.3.3 二进制制码与 ASCII 码.....	16
思考题与习题.....	19
第 2 章 微型计算机系统概述	20
2.1 微型计算机系统组成.....	20
2.1.1 微机的基本结构.....	20
2.1.2 16 位微机结构.....	22
2.1.3 32 位微机结构.....	23
2.1.4 微型计算机的主板.....	25
2.1.5 微型计算机的软件组成.....	29
2.1.6 微型计算机系统.....	31
2.2 微型计算机系统的主要性能指标.....	32
思考题与习题.....	32
第 3 章 微处理器	34
3.1 微处理器的基本功能和基本组成.....	34
3.1.1 微处理器的基本功能.....	34
3.1.2 微处理器的基本组成.....	34
3.2 微处理器内部的寄存器.....	36
3.2.1 8086 CPU 内部的寄存器.....	36

3.2.2	80386 CPU 内部的寄存器	41
3.3	微处理器对存储器的管理	44
3.3.1	IA-32 处理器的工作模式	44
3.3.2	实模式存储器地址空间的划分	45
3.3.3	实模式存储器的分段管理	45
3.3.4	实模式存储器的寻址	46
3.4	8086 系统中的存储器组织	48
3.5	32 位微处理器	49
3.5.1	80386 CPU 的功能结构	49
3.5.2	Pentium 微处理器的功能结构	51
3.5.3	Pentium 微处理器的引脚信号	53
3.5.4	Pentium 微处理器的总线周期	57
3.6	超标量流水线技术	61
3.6.1	U、V 流水线的基本原理	61
3.6.2	“按序发送”与“按序完成”的调度策略	62
3.7	多核处理器	63
3.7.1	多核处理器发展概况	64
3.7.2	多核处理器结构	65
	思考题与习题	67
第 4 章	指令系统与汇编语言程序设计	69
4.1	8086 CPU 的寻址方式	69
4.1.1	指令一般格式	69
4.1.2	8086 CPU 寻址方式	70
4.2	16 位微处理器指令系统	73
4.2.1	数据传送指令	74
4.2.2	算术运算指令	79
4.2.3	逻辑运算指令	84
4.2.4	移位指令	86
4.2.5	串操作指令	90
4.2.6	控制转移指令	95
4.2.7	子程序调用和返回指令	99
4.2.8	中断调用指令	102
4.2.9	符号扩展指令	105
4.2.10	处理机控制指令	105
4.3	汇编语言程序设计	107
4.3.1	机器语言与汇编语言	107
4.3.2	汇编语言中的常量、变量和标号	108
4.3.3	16 位完整段汇编语言程序设计	112
4.3.4	32 位寻址方式	115

4.3.5	32 位微处理器扩充与新增指令	119
4.3.6	简化段汇编语言程序设计	123
	思考题与习题	128
第 5 章	存储器技术	132
5.1	微型计算机存储器概述	132
5.1.1	微型计算机中存储器的类型	132
5.1.2	半导体存储器芯片的主要性能指标	133
5.2	半导体存储器芯片的结构与原理	134
5.2.1	存储器芯片中地址译码的两种方式	134
5.2.2	静态随机存取存储器	138
5.2.3	只读存储器	139
5.2.4	可在线读/写的非易失性存储器	140
5.2.5	动态随机存取存储器 (DRAM)	142
5.3	微型计算机中内部存储器的组织	145
5.3.1	8 位和 16 位微机的内存组织	145
5.3.2	32 位微机的内存组织	149
5.4	高速缓冲存储器	151
5.4.1	高速缓冲存储器 (Cache) 的基本原理	151
5.4.2	Cache 组织方式	152
5.4.3	Cache 控制器 82385	157
5.4.4	双核处理器的 Cache	158
5.5	外部存储器	159
5.5.1	硬盘存储器	159
5.5.2	光盘存储器	161
5.6	虚拟存储机制和段、页两级管理	164
5.6.1	虚拟存储器机制	164
5.6.2	段和页两级管理	165
	思考题与习题	168
第 6 章	输入/输出接口技术及中断	169
6.1	并行与串行输入/输出接口	169
6.1.1	常用的锁存器和缓冲器	169
6.1.2	基本的输入/输出接口电路	170
6.1.3	输入/输出接口电路的基本功能	171
6.2	I/O 端口技术	173
6.2.1	80x86 输入/输出端口的独立编址方式	173
6.2.2	输入/输出指令	173
6.2.3	输入/输出端口地址的分配	174
6.2.4	16 位机输入/输出端口地址的译码电路	176
6.2.5	32 位机输入/输出端口地址的译码电路	176

6.2.6	输入/输出保护	177
6.3	输入/输出传送数据的几种方式	178
6.3.1	程序控制的输入/输出方式	178
6.3.2	直接存储器存取方式 (DMA)	181
6.3.3	中断方式输入/输出	183
6.4	可编程中断控制器 82C59A	184
6.4.1	82C59A 的内部结构	184
6.4.2	82C59A 的引脚	185
6.4.3	82C59A 的工作原理	187
6.4.4	82C59A 的命令字及编程	189
6.4.5	82C59A 在微机系统中的应用	194
6.5	实模式的中断技术	196
6.5.1	中断及中断系统	196
6.5.2	可屏蔽中断的中断响应与中断处理	197
6.5.3	实模式的中断系统	199
6.6	保护模式的中断技术	204
	思考题与习题	208
第 7 章	微机的并行接口技术及应用	210
7.1	可编程并行接口芯片 8255A	210
7.1.1	8255A 的内部结构	210
7.1.2	8255A 引脚信号及其功能	211
7.1.3	8255A 的两个控制字及编程	212
7.1.4	8255A 的三种工作方式及应用	214
7.2	微机的并行打印机接口	223
7.2.1	Centronics 并行打印机接口	223
7.2.2	并行打印机接口内部的寄存器	225
7.2.3	打印机接口编程	227
7.2.4	打印机的性能指标	228
	思考题与习题	228
第 8 章	定时/计数技术	230
8.1	82C54 的结构和外部引脚	230
8.1.1	82C54 的功能	230
8.1.2	82C54 的内部结构	230
8.1.3	82C54 的外部引脚	233
8.2	82C54 的控制字	234
8.2.1	82C54 的方式控制字	234
8.2.2	82C54 的锁存命令字	235
8.3	82C54 的工作方式及应用	237
8.3.1	6 种工作方式	237

8.3.2	82C54 应用举例	240
8.4	定时器/计数器 8253	243
8.4.1	82C54 与 8253 的比较	243
8.4.2	8253-5 的应用举例	244
10	思考题与习题	245
第 9 章	串行通信接口技术	247
9.1	串行通信基础	247
9.2	可编程异步通信接口芯片 8250	249
9.2.1	8250 的基本功能、内部结构和引脚功能	250
9.2.2	8250 编程	255
9.3	EIA RS-232-C 串行通信接口及应用	261
9.4	通用串行总线 USB	263
9.4.1	USB 总线的特点	263
9.4.2	USB 物理接口及 USB 的信号	264
9.4.3	USB 主控器/根集线器、集线器及连接	266
9.5	键盘接口技术	268
9.5.1	键盘的构成与分类	269
9.5.2	键盘的接口电路	271
9.5.3	键盘中断处理程序	274
9.6	鼠标接口技术	276
9.6.1	鼠标接口	276
9.6.2	鼠标驱动程序及其功能调用	278
	思考题与习题	279
第 10 章	模/数和数/模转换技术	281
10.1	模拟量输入与输出通道的组成	281
10.1.1	模拟量输入通道的组成	281
10.1.2	模拟量输出通道的组成	284
10.2	数/模 (D/A) 转换器	284
10.2.1	D/A 转换器的基本结构	284
10.2.2	D/A 转换器的主要技术指标	286
10.2.3	D/A 转换芯片 DAC0832	286
10.2.4	D/A 转换芯片 DAC1210	289
10.3	模/数 (A/D) 转换器	292
10.3.1	A/D 转换器的工作原理	292
10.3.2	A/D 转换器的主要技术指标	293
10.3.3	A/D 转换芯片 ADC0809	294
10.3.4	A/D 转换芯片 AD574	298
	思考题与习题	302

第 11 章 总线技术	303
11.1 总线的概念	303
11.1.1 总线标准的 5 个特性	303
11.1.2 总线分类	304
11.1.3 总线传输操作过程	304
11.2 局部总线 ISA 和 EISA	306
11.2.1 局部总线 ISA	306
11.2.2 局部总线 EISA	308
11.3 局部总线 PCI	309
11.3.1 PCI 总线的特征	309
11.3.2 PCI “桥”	310
11.3.3 基于 PCI 总线的微处理器系统	311
11.3.4 PCI 总线信号	311
11.4 高速图形加速接口 AGP	315
11.5 外部总线 IDE	316
11.5.1 外部总线 IDE 简介	316
11.5.2 IDE 接口引脚定义	317
11.5.3 IDE 接口的三种传输模式	318
思考题与习题	320
参考文献	321

第 1 章 数字电路基础与计算机运算基础

1.1 逻辑代数的基本运算和逻辑门电路

1.1.1 逻辑代数的基本运算规则和基本公式

逻辑代数是常量 (0、1)、逻辑变量集及“与”、“或”、“非”等逻辑运算符所构成的代数系统。

逻辑变量集是指逻辑代数中所有可能变量的集合，可以用任何字母表示，每个变量的取值只能为 1 或 0，在逻辑运算中，1 代表“真”，0 代表“假”，在计算机系统中，往往用半导体器件的高电平和低电平（触发器的两个状态）表示。

1. 逻辑代数的基本运算规则

“与”运算（逻辑乘）：

$$0 \cdot 0 = 0, \quad 0 \cdot 1 = 0, \quad 1 \cdot 0 = 0, \quad 1 \cdot 1 = 1$$
$$A \cdot 0 = 0, \quad A \cdot 1 = A, \quad A \cdot A = A, \quad A \cdot \bar{A} = 0$$

“或”运算（逻辑加）：

$$0+0=0, \quad 0+1=1, \quad 1+0=1, \quad 1+1=1$$
$$A+0=A, \quad A+1=1, \quad A+A=A, \quad A+\bar{A}=1$$

“非”运算（逻辑非）：

$$\bar{1}=0, \quad \bar{0}=1, \quad \overline{\bar{A}}=A$$

2. 逻辑代数基本公式

交换律：

$$A+B=B+A, \quad A \cdot B=B \cdot A$$

结合律：

$$A+(B+C)=(A+B)+C, \quad (A \cdot B) \cdot C=A \cdot (B \cdot C)$$

分配律：

$$A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C, \quad A+B \cdot C=(A+B) \cdot (A+C)$$

吸收律：

$$A+A \cdot B=A, \quad A \cdot (A+B)=A$$

反演律：

$$\overline{ABC}=\bar{A}+\bar{B}+\bar{C}, \quad \overline{A+B+C}=\bar{A} \cdot \bar{B} \cdot \bar{C}$$

1.1.2 门电路

计算机所执行的逻辑运算、控制与传输等操作都是依据逻辑电路来完成的，逻辑电路包括组合逻辑电路和时序逻辑电路，它们都是由基本门电路组成的，基本门电路包括与门、或门、

非门和异或门。逻辑电路具有输入和输出的功能，输入端和输出端均具有两个状态，即高电平和低电平，例如，高电平 3.6V，低电平 0.3V，在正逻辑的情况下，分别表示逻辑 1 和逻辑 0。

1. “与门”电路

“与门”电路具有两个或两个以上输入端和一个输出端，输出端的逻辑状态取决于两个或两个以上输入端实现逻辑乘运算的结果。2 输入与门的真值表如表 1-1 所示，逻辑函数式是：

$Y = A \wedge B$ ，或 $Y = A \cdot B$ ，或简化为 $Y = AB$ ，“与门”逻辑符号如图 1-1(a)所示，“与”逻辑的实例见图 1-1(b)。在图 1-1(b)中，设开关 A、B 向下（接通）为 1，向上（断开）为 0，则只有当开关 A、B 均接通时，灯泡才点亮；灯泡点亮为 1，熄灭为 0。

表 1-1 “与门”真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

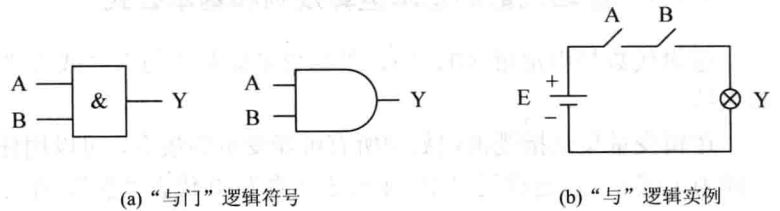


图 1-1 “与门”逻辑符号和逻辑实例

由以上分析可以看出，逻辑函数式、真值表及逻辑符号（或逻辑电路图）分别都是表示逻辑关系的一种形式，即对于同一个命题（某一个逻辑关系），可以用其逻辑函数式表示，也可以用其真值表表示，还可以用其逻辑电路图表示，每一种表示都有其特定的功能。值得注意的是真值表，所谓真值表是根据命题（或逻辑关系式）中各变量的各种可能组合状态及对应的运算结果，用穷举法综合成的一个表，从表中可以看出输出函数与输入变量之间的逻辑关系，也可以利用它来求出逻辑表达式，并进行化简。

2. “或门”电路

“或门”电路具有两个或两个以上输入端和一个输出端，输出端的逻辑状态取决于两个或两个以上输入端实现逻辑或运算的结果。2 输入或门的真值表如表 1-2 所示，逻辑函数式是：

$$Y = A \vee B, \text{ 或 } Y = A + B$$

“或门”逻辑符号如图 1-2(a)所示，或逻辑的实例见图 1-2(b)。在图 1-2(b)中，设开关 A、B 接通为 1，断开为 0，则当开关 A、B 任意一个接通时，灯泡就点亮；灯泡点亮为 1，熄灭为 0。

表 1-2 “或门”真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

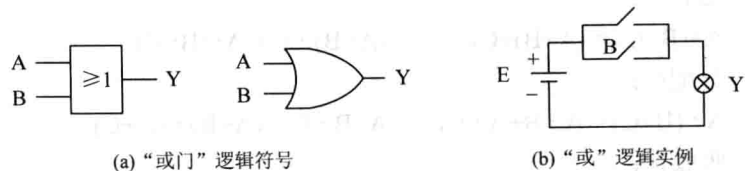


图 1-2 “或门”逻辑符号和逻辑实例

3. “非门”电路

“非门”电路具有一个输入端和一个输出端，输出端的逻辑状态是输入端逻辑状态的相反状态。“非门”的真值表如表 1-3 所示，逻辑函数式是：

$$Y = \bar{A}$$

“非门”逻辑符号如图 1-3(a)所示，非逻辑的实例见图 1-3(b)。在图 1-3(b)中，设开关 A 接通为 1，断开为 0，则当开关 A 断开时，灯泡就点亮，当开关 A 接通时，灯泡就熄灭；灯泡点亮为 1，熄灭为 0。

表 1-3 “非门”真值表

输入	输出
A	Y
0	1
1	0

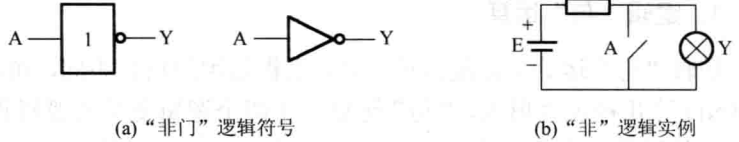


图 1-3 “非门”逻辑符号和逻辑实例

4. “异或门”电路

“异或门”电路具有两个输入端和一个输出端，输出端的逻辑状态取决于两个输入端实现逻辑异或运算的结果。异或门的真值表如表 1-4 所示，逻辑函数式是：

$$Y = A \oplus B$$

“异或门”逻辑符号如图 1-4(a)所示，异或逻辑的实例见图 1-4(b)。

表 1-4 “异或门”真值表

输入		输出
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

在图 1-4(b)中，设开关 A、B 向上为 1，向下为 0，只有当开关 A、B 一个向上一个朝下时，灯泡就点亮；灯泡点亮为 1，熄灭为 0。

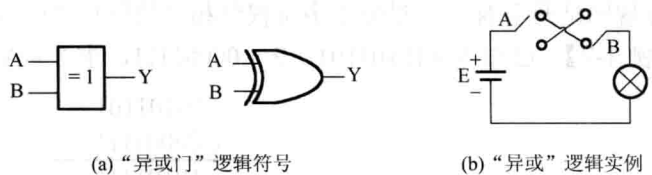


图 1-4 “异或门”逻辑符号和逻辑实例

5. 其他逻辑符号

在数字逻辑电路中，为了便于描述与识图，常采用图 1-5 所示的逻辑符号，图中描述了 8 种逻辑符号及其对应的逻辑表达式。

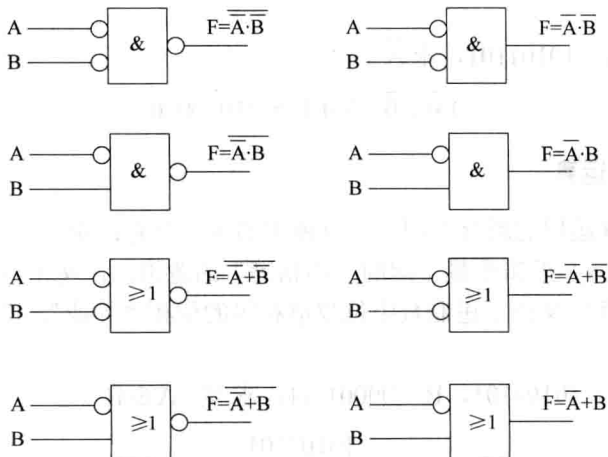


图 1-5 其他逻辑符号及其逻辑表达式

1.1.3 逻辑运算

根据逻辑运算的规则,应用逻辑器件可以设计计算机中的逻辑运算部件,逻辑运算部件可以实现两个 N 位二进制数的运算,例如,逻辑“与”、逻辑“或”、逻辑“异或”等运算。

1. 逻辑“与”运算

逻辑“与”运算又称逻辑乘运算,根据运用的场合不同,可以使用的运算符有: \times 、 \cdot 、 \wedge 及 AND 等几种表达形式,“与”运算产生两个逻辑变量的逻辑积,两个 N 位二进制数实现逻辑与,其运算规则是两个 N 位二进制数中位权值相等的位相“与”,产生 N 位二进制数的逻辑积。

【例 1-1】 已知 $A = 10101101$, $B = 00001111$, 求 $Y = A \cdot B$ 。

$$\begin{array}{r} 10101101 \\ \wedge 00001111 \\ \hline 00001101 \end{array}$$

2. 逻辑“或”运算

逻辑“或”运算又称逻辑加运算,根据运用的场合不同,可以使用的运算符有: $+$ 、 \vee 及 OR 等几种表达形式,“或”运算产生两个逻辑变量的逻辑或,两个 N 位二进制数实现逻辑或,其运算规则是两个 N 位二进制数中位权值相等的位相“或”,产生 N 位二进制数的逻辑或。

【例 1-2】 已知 $A = 10101101$, $B = 00001111$, 求 $Y = A + B$ 。

$$\begin{array}{r} 10101101 \\ \vee 00001111 \\ \hline 10101111 \end{array}$$

3. 逻辑“非”运算

逻辑“非”运算对单一的逻辑变量进行求反运算,为逻辑否定,逻辑 1 取反为逻辑 0,逻辑 0 取反为逻辑 1,如果对变量 A 取反,其运算符是在变量上边画一横线,用表达式表示为: $Y = \bar{A}$ 。对 N 位二进制数求反,是将 N 位二进制数中各位逐位取反,其结果就是原二进制数的反。

【例 1-3】 已知 $A = 10101101$, 求 \bar{A} 。

$$\bar{10101101} = 01010010$$

4. 逻辑“异或”运算

逻辑“异或”根据运用的场合不同,可以使用的运算符有: \oplus 、 ∇ 及 XOR 等几种表达形式,“异或”运算产生两个逻辑变量之间的“不相等”的逻辑加,两个 N 位二进制数实现逻辑异或,其运算规则是两个 N 位二进制数中位权值相等的位相“异或”,产生 N 位二进制数的逻辑异或。

【例 1-4】 已知 $A = 10101101$, $B = 00001111$, 求 $Y = A \oplus B$

$$\begin{array}{r} 10101101 \\ \oplus 00001111 \\ \hline 10100010 \end{array}$$

1.1.4 加法电路

1. 一位全加器

一位全加器的逻辑电路如图 1-6(a)所示, 图 1-6(b)是一位全加器的逻辑符号。从图 1-6(a)中可以看出, A_i 是被加数, B_i 是加数, C_i 是低一位相加后, 向本位产生的进位, S_i 是本位和, C_{i+1} 是本位相加后, 向高位产生的进位信号。

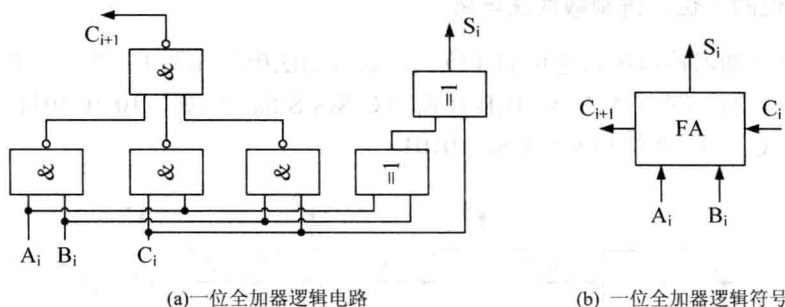


图 1-6 一位全加器逻辑符号和逻辑电路

一位全加器的真值表如表 1-5 所示, 从表中可以看出, 真值表可以由 1 到多个输入变量和 1 到多个输出函数组成, 一位全加器有 3 个输入变量和两个输出函数。

表 1-5 一位全加器的真值表

输入变量			输出函数	
A_i	B_i	C_i	C_{i+1}	S_i
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

依据真值表中的内容, 通过写最小项的方法, 可以找出一位全加器的逻辑函数表达式, 并且运用逻辑代数的基本运算规则和基本公式进行化简:

$$\begin{aligned}
 S_i &= \overline{A_i} \overline{B_i} C_i + \overline{A_i} B_i \overline{C_i} + A_i \overline{B_i} \overline{C_i} + A_i B_i C_i \\
 &= \overline{A_i} (\overline{B_i} C_i + B_i \overline{C_i}) + A_i (\overline{B_i} \overline{C_i} + B_i C_i) \\
 &= \overline{A_i} (B_i \oplus C_i) + A_i (\overline{B_i} \oplus \overline{C_i}) \\
 &= A_i \oplus B_i \oplus C_i
 \end{aligned} \tag{1-1}$$

$$\begin{aligned}
 C_{i+1} &= \overline{A_i} B_i C_i + A_i \overline{B_i} C_i + A_i B_i \overline{C_i} + A_i B_i C_i \\
 &= \overline{A_i} B_i C_i + A_i \overline{B_i} C_i + A_i B_i \overline{C_i} + A_i B_i C_i + A_i B_i C_i + A_i B_i C_i \\
 &= \overline{A_i} B_i C_i + A_i \overline{B_i} C_i + A_i B_i \overline{C_i} + A_i B_i C_i + A_i B_i \overline{C_i} + A_i B_i C_i
 \end{aligned}$$