微型计算机原理及应用

主　编　蒋怀义
副主编　侯朝聘　吴进良
主　审　杨旭明

电子科技大学出版社

微型计算机原理及应用

主　编　蒋怀义

副主编　侯朝聘　吴迭良

主　审　杨旭明

编写人　高　扬　游　涌

电子科技大学出版社

· 1991 ·

内容提要

本书从应用角度出发，采用软硬件相结合的方法，以 Z80(8 位微处理器)和 Intel8086/8088(16 位微处理器)为例，系统的介绍了微型计算机的基本工作原理及应用基础。最后，为了帮助读者操作与使用微型计算机，还特别介绍了汉字操作系统 CCDOS 与字处理软件 CWORDSTAR。

全书共分十二章：第一、二章讲述计算机基础知识(包括进位制、逻辑代数、逻辑电路、基本逻辑部件和编码系统)；第三、四章讲述 Z80 微处理器、指令系统与汇编语言程序设计；第五章讲述半导体存储器；第六章讲述计算机的输入输出与中断；第七章讲述接口技术(包括 A/D、D/A 转换器)；第八章讲述单板计算机；第九、十章讲述 Intel8086/8088 微处理器、总线操作、中断系统、常用接口芯片和外围电路，以及 8086/8088 的指令系统、汇编语言程序设计与应用，最后两章讲述汉字操作系统 CCDOS 及字处理软件 CWORDSTAR。

本书选材具有代表性和系统性，讲解由浅入深，概念清楚，并从基础讲起。书末附有习题可供练习和参考。本书适合大专院校、职工大学非计算机专业作为《计算机原理》或《微机原理》课程的教材或教学参考书，也可适用于广大科技人员和管理人员作为培训教材和参考资料。

微型计算机原理及应用

主　编　蒋怀义

副主编　侯朝聘　吴进良

主　审　杨旭明

*

电子科技大学出版社出版

(中国成都建设北路二段四号)

蒲江县印刷厂胶印

四川省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16　印张 23.125　版面字数 577 千字

版次　1991 年 8 月第一版　印次　1991 年 8 月第一次印刷

印数：1—3000 册

中国标准书号 ISBN 7-81016-274-8/TP · 22

(15452 · 126)　　定价：8.20 元

前　言

自 1971 年世界上第一个微处理器问世以来，在短短的十余年时间里，由于大规模和超大规模集成电路技术的迅速进展，于是 8 位、16 位、32 位微机相继出现。目前高档微机已经赶上甚至超过了某些小型机的性能，由大量微处理器构成的阵列式超级计算机以及微机局部网络正在不断的发展，这就使微机进入了一个崭新的时代。微机因其价廉、功能强、能耗小，使用极为灵活方便，而被广泛地应用于生产中的过程控制、各种科学研究以及国民经济的管理之中。"微型计算机原理"课程已经成为各大专院校的必修课。本书以目前国内应用最广、资料最完整、系统性最强，最适合于教学需要的 Z-80 以及 Intel8086／8088 微处理器为主要对象，并采用软硬件相结合的方法，讲解电子计算机的基本工作原理和应用基础。为了帮助广大科技人员和管理人员操作与使用微型计算机，书的最后还特别介绍了汉字操作系统 CCDOS 和字处理软件 CWORDSTAR。

本书由电子科技大学杨旭明教授主审，并为本书提出许多宝贵的建设性意见；由西南财经大学信息系将怀义同志担任主编，并对全书进行统一修改定稿，由四川大学新星应用技术研究所侯朝聘同志、西南财经大学信息系吴进良同志担任副主编，参加编写工作的还有四川大学计算机科学系高扬同志、国营光明器材厂教育处游涌同志。另外还有刘德成、刘毅、邓宜阳、杨辉、廖强、徐受华同志为本书的出版作过许多有益的工作，有的还参加了部分章、节的编写，在此谨向他们表示由衷的感谢。

由于编著者水平有限，书中一定还有不少缺点和错误，敬请批评指正。

编著者

1991 年 8 月

序

1946年世界上第一台电子计算机问世以来，迄今45年了。随着科学技术的发展，计算机产品在不断的更新换代，作为计算机科学技术本身，无论在科学理论上，还是在实用技术上，也在不断的充实和完善。“计算机原理”或“微型计算机原理”之类的图书或教材，随着计算机产品的升级换代，不断的有新的版本应市。西南财经大学蒋怀义等同志编写的《微型计算机原理及应用》，即是在微型计算机再次在我国形成热潮的形势下，“以目前国内应用最广，资料最完整，系统性最强，最适合于教学需要的Z80以及Intel8086/8088微处理器为主要对象，并采用软硬件相结合的方法”而编写的一本既适用于理、工、管、文各科非计算机专业使用，又适用于初学者、自学者阅读和参考的，实用性，可读性极强的计算机图书。本书的显著特点是：理论和实际并重，基础知识为理论或应用技术作好了铺垫，新技术、新发展贯穿全书，落脚点在于让读者掌握实用技术。书末所附习题系统而完整，题类和题型精选了在科学管理、工程技术等方面的富于启发性的问题，可以有力地促进学生(或读者)对所学知识的巩固和提高。Intel8086/8088指令系统编码格式在给学生(或读者)编写程序时提供极大的方便。

为了振兴电子工业，发挥电子科学技术在国民经济中的先导作用，本书将在我国现代化的进程中起到应有的作用。

杨旭明

于电子科技大学

1991.8.28

目　录

第一章　电子计算机基础知识

电子计算机是一种能够高速地、自动地进行大量计算工作和信息处理的“数字电子系统”。由于它的工作方式和人脑思维有许多相似的地方，所以人们又把它叫做“电脑”。它的发明和发展是二十世纪最伟大的科学成就之一，也是现代科学技术发展水平的一个重要标志。

第一节　电子计算机发展简述

一、发展简史

从 1946 年第一台电子计算机“ENIAC”问世以来，它的发展经历了 4 个时期，大体划分如下:

第一代，从 1946 年到 1959 年。它的主要特点是：逻辑元件采用电子管，软件主要使用机器语言，汇编语言已经出现并开始使用，应用以科学计算为主。当时计算机的速度很低，一般为每秒“几千次”到“几万次”，而且体积十分庞大，耗电多、可靠性低、成本也很高。

第二代，从 1959 年到 1964 年。它的主要特点是：逻辑元件采用晶体管，以磁芯存储器作为主存储器，开始使用磁盘作为外存，高级语言和操作系统等软件也已开始使用，应用以数据处理为主，计算机已开始用于过程控制。与第一代比较，可靠性和速度都提高了一个数量级，体积缩小了，成本也降低了。

第三代，从 1964 年到六十年代末。其主要特点是：逻辑元件采用集成电路，主存储器主要还是磁芯存储器。计算机在存储容量、运算速度和可靠性方面，比第二代又提高了一个数量级。小型多功能计算机开始出现并得到迅速发展，外设种类齐全，大大促进了计算机应用的发展。此时，计算机已和通讯密切结合起来，并广泛用于工业控制，数据处理和科学计算的各个方面。

第四代，从 1971 年开始，全面使用大规模集成电路。1970 年研制成功并于 1971 年正式投产的 IBM370 系统机，首先使用大规模集成电路作为主存储器。由于大规模集成电路技术的发展能够把运算器和控制器集成在一块半导体芯片上，从而出现了微处理器以及由它为核心构成的微型计算机。

二、发展趋势

计算机目前的发展趋势是全面地向大规模和超大规模集成电路时代迈进，向巨型机、微型机、单片机、计算机网络和计算机智能模拟等方面发展。

巨型机是一种高速大容量的计算机，例如我国自行设计和制造的“银河”亿次向量计算机。巨型机的发展体现了计算机科学的研究水平，它可以推动计算机系统结构、硬件处理技术、软件理论与技术、计算数学与计算机应用等多学科分支的发展。

微型机是 1971 年出现的，由于大规模集成电路的发展，把计算机的中央处理单元集成在一片或几个芯片上，这就构成了微处理器，微处理器再加上其它部件，例如时钟脉冲发生器、

存储器、接口电路等，便构成了微型计算机。微型计算机自出现以后，发展极为迅速，差不多每两年就有一次重大发展，并且已经历了若干代产品。1973 年以前为第一代产品，它以 Intel4004、8008 为代表；1973 年以后进入第二代，它以 8 位微处理器 Intel8080 以及 M6800 为代表；1976 年以后进入第三代，以 Intel8085、Z-80 为代表；1978 年以后又出现了 16 位微处理器，例如 Intel8086／8088、M68000、Z-8000 等。1981 年以后进入第四代，如 80386、80486 等 32 位微机开始出现，又如 Intel 公司的 iApx432 就是一种功能更强的微处理器，可直接寻址的地址空间达 2^{40}。并采用了微程序技术，以及应用高速缓存以提高系统的效率。目前正在向 64 位微机发展，Intel 公司在 1989 年国际固体电路会议上发表了最新一代微处理器 i860 或称 80860，该产品是世界上第一个 64 位超高集成度单片式 RISC 型高性能微处理器。它将整数运算，浮点运算和图形处理等各部件以及存储器管理部件、数据、命令用高速缓存部件等集成于同一芯片内。

微型机的发展向小型机提出了挑战，一方面加速了小型机微型化的发展，例如国外流行的 NOVA 和 PDP 系列的小型机均有相应的微型化产品；另一方面小型机本身也在向高性能方向发展，一个高档的小型机（超小型机）足以满足一个相当规模的科学实验单位的要求。

计算机网络就是把若干独立的计算机用通讯线路相互连接起来，资源可以共享、负担可以均分，常应用于经济管理、情报检索、气象预报以及学术交流等。

计算机智能模拟是指使用计算机来模仿人的思维与判断过程，进行图象和物体的识别以及定理的证明等工作，进而使计算机具有听觉、视觉、理解人的自然语言，具有像人一样说话的功能等，这些都是人们很想往的事情。

展望未来，计算机的发展必将有许多新的突破。可以预计，未来的计算机将是半导体技术、光学技术、超导技术以及电子仿生技术等相互渗透紧密结合的产物。

第二节 电子计算机的应用

目前电子计算机已经在工业、农业、财贸、经济、国防、科研以及社会生活等各个领域中得到了越来越广泛的应用。归纳起来可以分为以下几个方面：

一、科学计算

计算机作为一种高速度、高精度的自动化计算工具，在现代科学技术中得到了广泛的应用。例如每日的天气预报，因为计算工作量很大，若没有电子计算机，人工计算得用几个星期的时间才能完成，从而使天气预报无任何实际意义。如果使用电子计算机，只需一个小时，甚至几分钟就可以完成计算。又例如，在设计工作中，人们从若干个设计方案选出一个最好方案，就必须对每个方案进行具体计算、比较，如果没有计算机的帮助，也往往是无法解决的。

二、数据处理

所谓数据处理，是指用计算机对企业管理、会计、统计、实验结果分析等方面的大量数据进行加工、合并、分类、统计等项工作。其特点是信息量大，时间性强。例如银行帐目处理，要对当天的经营情况及时汇总、分类、结算、统计和制表，若用人工处理不但费时，而且容易出错。若用计算机则能及时、准确地对大量数据进行分析、加工、整理出各种报表和清单。

三、自动控制

利用电子计算机不仅可以进行大量复杂的科学计算和数据处理等，而且还可以实现对生产

过程的自动调整与实时控制。实时控制又称过程控制，它是一种能够及时搜集、检测数据，按最佳方法进行自动控制或自动调节控制对象的一种控制方式，它是实现生产过程自动化的重要手段。例如实时控制高炉的练铁过程，可以实现以称量控制为中心的投料、出铁、出渣、以及对原料和生铁成分的管理和控制。这样不仅可以降低燃料的消耗，而且可以大大提高产品的质量和数量，从而收到显著的经济效益。

四、人工智能

人工智能是指用计算机模拟人的高级思维活动，进行逻辑判断和推理，如计算机下棋、专家系统、诊断看病、自动翻译、模式识别、情报检索、密码分析、指纹鉴定、战术研究、机器人等。"机器人"就是计算机智能应用的代表。机器人能够识别控制对象和工作环境，能够领会人的口头命令，灵活地完成控制与信息处理任务。当然，机器人只不过是人类的一个能干的工具，归根结底，它的智能还是人所赋予并受人控制的。

第三节　电子计算机中数的表示方法

一、进位计数制

在日常生活中，客观事物总是存在着大小和多少的差别，所以数就是客观事物的量在人们头脑中的反映。在电子计算机没有发明的很早以前，人们常用十个指头作为计数器进行计数，从而创造了十进制计数法。

例如：设有一个十进制数为3264.58，可以看出，一个十进制数具有两个特点：第一，它的每一个数位上的数字只能取0、1、2、3、…8、9共计十个不同数字符号（数码）中的任意一个；第二，它的每一个数位上的数字大于9以后，便要向高位进位，即进位规则为"逢十进一"。并且可以用多项式表示成如下的形式：

$$N_{10}=3264.58=3\times10^3+2\times10^2+6\times10^1+4\times10^0+5\times10^{-1}+8\times10^{-2}=\sum_{i=-2}^{3}R_i10^i$$

一般地说，对于一个任意的J进制数N_J，它的多项式表示是：

$$N_J=\pm\left[K_nJ^n+k_{n-1}J^{n-1}+\cdots+K_1J^1+K_0J^0+K_{-1}J^{-1}+K_{-2}J^{-2}+\cdots+K_{-m}J^{-m}\right]$$

$$=\pm\sum_{i=-m}^{n}K_iJ^i$$

式中：J为进位制的基数

$K_i\in\{0,\ 1,\ \cdots,\ (J-1)\}$

m、n均为正整数。

令$J=2$，则$N_J=N_2$，于是可以得到二进制数N_2的多项式表示式：

$$N_2=\pm\left[B_n2^n+B_{n-1}2^{n-1}+\cdots+B_12^1+B_02^0+B_{-1}2^{-1}+B_{-2}2^{-2}+\cdots+B_{-m}2^{-m}\right]$$

$$=\pm\sum_{i=-m}^{n}B_i2^i\qquad 式中\ B_i\in\{0,\ 1\}$$

〔例1-1〕　$N_2=(100101)_2=1\times2^5+0\times2^4+0\times2^3+1\times2^2+0\times2^1+1\times2^0=(37)_{10}$

$N_2=(11011.101)_2$

$=1\times2^4+1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}+0\times2^{-2}+1\times2^{-3}=(27.625)$

令 $J=8$，则 $N_J=N_8$，于是可以得到八进制数 N_8 的多项式表示式：

$$N_8=\pm\sum_{i=-m}^{n}Q_i8^i \quad \text{式中 } Q_i\in\{0,1,2,3,4,5,6,7\}$$

〔例 1–2〕 $N^8=(67.64)_8=6\times8^1+7\times8^0+6\times8^{-1}+4\times8^{-2}=(55.8215)_{10}$

令 $J=16$，则 $N_J=N_{16}$，于是可以得到十六进制数 N_{16} 的多项式表示式：

$$N_{16}=\pm\sum_{i=-m}^{n}H_i16^i \quad \text{式中 } H_i\in\{0,1,2,\cdots8,9,A,B,C,D,E,F\}$$

(其中，A＝10、B＝11、C＝12、D＝13、E＝14、F＝15)

[例 1–3] $N_{16}=(16D\cdot4A)_{16}=1\times16^2+6\times16^1+13\times16^0+4\times16^{-1}+10\times16^{-2}$

综上所述几种进位制，可以把它们的共同特点概括如下：

(1) 任意一种进位制数都有一个固定的基数 J，它的每一数位上的 $Ki\in\{0,1,\cdots,(J-1)\}$，并且是逢 J 进位的。

(2) 任意一种进位制数都能写成 $N_J=\pm\sum_{i=-m}^{h}k_iJ^i$ 的多项式表示式，它的每一个数位上的 Ki 对应一个固定的值 J^i 称 K_i 的权（或称位权）。

(3) 任意一种进位制数中，每一数位上的 K_i 与该位权 J^i 的乘积 K_iJ^i 表示该位数的大小。

最后规定：在十进制数末尾跟一个字母 D 或不跟字母、在二进制数末尾跟一个字母 B、在八进制数末尾跟一个字母 Q、在十六进制数末尾跟一个字母 H，用以区别各种不同的进位制数。

例如，3264.58 或 3264.58D 被确认为是一个十进制数，而 11011.101B、67.64Q、16D.4AH 将分别将确认为是二进制、八进制和十六进制数。

二、进位制数间的相互转换

(一) 十进制数与二进制数之间的转换

1. 十进制整数转换成二进制整数：如果把一个十进制整数 N_{10} 写成 $N_{10}=\sum_{i=0}^{n}B_i2^i$ 则 B_i 便是十进制整数 N_{10} 所对应的二进制整数的各位数字，它可以用除 2 取余的方法获得。

[例 1–4] 把 $N_{10}=167D$ 转换成 N_2

$167\div2=83$	余 $1=B_0$	$10\div2=5$	余 $0=B_4$
$83\div2=41$	余 $1=B_1$	$5\div2=2$	余 $1=B_5$
$41\div2=20$	余 $1=B_2$	$2\div2=1$	余 $0=B_6$
$20\div2=10$	余 $0=B_3$	$1\div2=0$	余 $1=B_7$

于是可得：167D＝10100111B。

2. 十进制小数转换成二进制小数：如果把一个十进制小数 N_{10} 写成 $N_{10}=\sum_{i=-m}^{-1}B_i2^i$，则 B_i 便是十进制小数所对应的二进制小数的各位数字，它可以用乘 2 取整的方法获得。

[例 1–5] 把 $N_{10}=0.6875D$ 转换 N_2

$0.6875\times2=1.375$	整数部分 $1=B_{-1}$
$0.375\times2=0.75$	整数部分 $0=B_{-2}$

$$0.75 \times 2 = 1.5 \qquad \text{整数部分 } 1 = B_{-3}$$
$$0.50 \times 2 = 1.0 \qquad \text{整数部分 } 1 = B_{-4}$$

于是可得 0.6875D＝0.1011B。

必须说明，在上述转换过程中，不断用 2 去乘有时也不一定会使小数部分等于 0，过程可能会无休止的进行下去，这时必须根据精度要求，二进制小数取足够的位数就行了。

3. 二进制数转换成十进制数：将二进制数按位权展开（即写成 $N_2 = \pm \sum_{i=-m}^{n} B_i 2^i$ 的形式）然后求和，便可得到对应的十进制数。

[例 1−6] 把 $N_2 = 11001.1001B$ 转换成 N_{10}

$11001.1001B = 1\times2^4+1\times2^3+1\times2^0+1\times2^{-1}+1\times2^{-4} = 25.5625D$

（二）十进制数转换成八进制或十六进制数

若要把一个十进制数转换成八进制或十六进制数，可以用除 8 取余与乘 8 取整或者用除 16 取余与乘 16 取整的方法获得。

[例 1−7] 把 $N_{10} = 167D$ 转换成 N_8

$$167 \div 8 = 20 \qquad \text{余 } 7 = Q_0$$
$$20 \div 8 = 2 \qquad \text{余 } 4 = Q_1$$
$$2 \div 8 = 0 \qquad \text{余 } 2 = Q_2$$

于是可得 167D＝247Q。

[例 1−8] 把 $N_{10} = 1763D$ 转换成 N_{16}

$$1763 \div 16 = 110 \qquad \text{余 } 3 = H_0$$
$$110 \div 16 = 6 \qquad \text{余 } 14 = E = H_1$$
$$6 \div 16 = 0 \qquad \text{余 } 6 = H_2$$

于是可得 1763D＝6E3H。

（三）二进制与八进制间的转换

因为八进制的基数是二进制基数的 3 次幂，所以二进制数转换成八进制数的方法是，从小数点起，把二进制数每三位分组，不足三位的用 0 补齐，然后写出每一组的等值八进制数，按顺序排列起来，即可实现二进制数向八进制数的转换。

[例 1−9] 把 $N_2 = 1101001.0100111B$ 转换成 N_8

001,	101,	001	·	010	011	100
1	5	1	·	2	3	4

于是可得 1101001.0100111B＝151.234Q。

对于八进制数转换成二进制数，只要将每位八进制数用三位二进制数表示即可。

[例 1−10] 把 $N_8 = 634.503Q$ 转换成 N_2

6	3	4	·	5	0	3
110	011	100	·	101	000	011

于是可得 634.503Q＝110011100.101000011B.

（四）二进制与十六进制间的转换

因为十六进制数的基数是二进制数基数的 4 次幂，所以二进制数转换成十六进制的方法与二进制数转换成八进制的方法类似。

[例 1−11] 把 N_2＝101101101.0100101B 转换成 N_{16}

0001	0110	1101	·	0100	1010
1	6	D	·	4	A

于是可得 101101101.0100101B＝16D.4AH.

当从十六进制数转换成二进制数时，只要把一位十六进制数用 4 位二进制数表示即可。

[例 1−12] 把 N_{10}＝1A7E.5BH 转换成 N_2

1	A	7	E	·	5	B
0001	1010	0111	1110	·	0101	1011

于是可得：1A7E.5BH＝1101001111110.01011011B。

第四节 逻辑代数与逻辑电路

逻辑代数又叫布尔代数，逻辑代数中的变量只有“1”和“0”两种可能的取值。这里的“1”和“0”不是数学中数量概念的 1 和 0，而是表示一种逻辑真或逻辑假的概念。

逻辑代数中最基本的运算有三种：它们是逻辑乘、逻辑加和逻辑非。每一种运算关系都有一种对应的逻辑电路。

一、逻辑乘和“与”门电路

两个变量 A 和 B 的逻辑乘的含义是：只有当变量 A 和 B 都是 1 时，变量 AB 才是 1，否则 AB 为 0，它们之间的关系如表 1−1 所示。这种表通常称为真值表。

有时逻辑乘 AB 可以写成 A · B 或 A∧B。逻辑乘的运算规则如下：

$A \cdot 0 = 0$

$A \cdot 1 = A$

$A \cdot A = A$

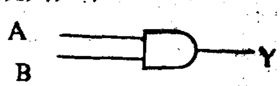

图 1−1 “与”门符号

表 1−1 “与”门真值表

输入		输出
A	B	AB
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

实现逻辑乘的电路称为“与”门，逻辑电路符号如图 1−1 所示。其中，A、B 为输入量，Y 为输出量。低电平代表 0，高电平代表 1，“与”门电路的功能是：只有当输入量 A 与 B 都为高电平时，输出量 Y 才为高电平。“与”门的逻辑式是：Y＝AB。

二、逻辑加和“或”门电路

两个变量 A 和 B 的逻辑加的含义是：只要变量 A 或者变量 B 其中任意一个是 1 时，变量 A+B 就是 1。它们之间的关系如表 1−2 所示。

有时逻辑加还可以写成 $A \vee B$。逻辑加的运算规则如下：

$A+0=A$

$A+1=1$

$A+A=A$

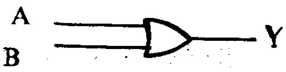

图 1–2 “或”门符号

表 1–2 “与”门真值表

输　入		输　出
A	B	A+B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

实现逻辑加的电路称为“或”门，“或”门的逻辑电路符号如图 1–2 所示。其中，A、B 为输入量，Y 为输出量。当 A 或 B 其中任意一个是高电平时，Y 就为高电平。“或”门的逻辑式是：$Y=A+B$。

三、逻辑非和“非”门电路

变量 A 的逻辑非用 $\overline{A}$ 表示，其含义是：当 $A=1$ 时，$\overline{A}=0$；当 $A=0$ 时，$\overline{A}=1$。真值表如表 1–3 所示。实现逻辑非的电路称为“非”门，“非”门的逻辑电路符号如图 1–3 所示。其中，A 为输入量，Y 为输出量。当 A 为高电平时，Y 便为低电平；反之，当 A 为低电平时，Y 便为高电平。“非门”的逻辑式是：$Y=\overline{A}$。

表 1–3 “非”门真值表

输　入	输　出
A	$\overline{A}$
0	1
1	0

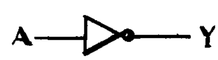

图 1–3 “非”门符号

四、逻辑代数的基本定律和常用公式

（一）基本定律

逻辑代数和普通代数一样，它也满足交换律、结合律和分配律。

交换律：　$A+B=B+A$，$AB=BA$

结合律：　$A+(B+C)=(A+B)+C$

　　　　　$A(BC)=(AB)C$

分配律：　$A(B+C)=AB+AC$（乘对加分配律）

　　　　　$A+BC=(A+B)(A+C)$（加对乘分配律）

上述加对乘的分配律，普通代数中没有。其次，由逻辑乘、逻辑加和逻辑非的含义还可以得到如下的逻辑关系：

0–1 律：　$0+A=A$　$0\cdot A=0$

　　　　　$1+A=1$　$1\cdot A=A$

互补律：　$A+\overline{A}=1$　$A\cdot\overline{A}=0$

重叠律：　$A\cdot A=A$　$A+A=A$

双重否定：　$\overline{\overline{A}}=A$

摩根定理：　$\overline{A+B}=\overline{A}\cdot\overline{B}$　$\overline{A\cdot B}=\overline{A}+\overline{B}$

（二）常用公式

公式 1.　$A+AB=A$

公式 2.　$A+\bar{A}B=A+B$

公式 3.　$A\ (A+B)\ =A$

公式 4.　$AB+\bar{A}C+BC=AB+\bar{A}C$

证明:　等式左边 $=AB+\bar{A}C+\ (A+\bar{A})\ BC=AB+\bar{A}C+ABC+\bar{A}BC$

$=AB\ (1+C)\ +\bar{A}C\ (1+B)\ =AB+\bar{A}C=$ 右边

以上 4 个公式就是吸收律的表达式。

公式 5.　$\overline{A\bar{B}+\bar{A}B}=\bar{A}\bar{B}+AB$

证明:　$\overline{A\bar{B}+\bar{A}B}=\overline{A\bar{B}}\,\overline{\bar{A}B}=\ (\bar{A}+B)\ (A+\bar{B})$

$=\bar{A}A+\bar{A}\bar{B}+BA+B\bar{B}\ =\bar{A}\bar{B}+AB$

上述基本定律和常用公式，有些是很明显的，它们的正确性一般都可以用真值表等加以证明。

五、逻辑表达式的化简

(一) 最小项和最小项表达式

1. 最小项

设有三个逻辑变量 A、B、C，用它们可以组成许多个逻辑乘积项，如 $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$、$\bar{A}\bar{B}C$、$\bar{A}B\bar{C}$、$\bar{A}BC$、……、ABC 以及 $ABB\bar{C}$、$A\bar{B}$、$\bar{A}(B+C)$、……等等。其中，如 $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$、$\bar{A}\bar{B}C$、$\bar{A}B\bar{C}$、$\bar{A}BC$、$A\bar{B}\bar{C}$、$A\bar{B}C$、$AB\bar{C}$、ABC 这些乘积项，A、B、C 三个变量都是它的因子，它必须且只须出现一次（有时以原变量形式出现，有时以反变量形式出现），这样的乘积项被称为最小项。

所以，三个变量的最小项有 $2^3=8$ 个，四变量的最小项有 16 个，n 变量的最小项有 2^n 个。

2. 最小项的主要性质

(1) 对于任意一个最小项，只有一组变量的取值使它的值为 1，例如:

A	B	C	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}B\bar{C}$	$\bar{A}BC$	$A\bar{B}\bar{C}$	$A\bar{B}C$	$AB\bar{C}$	ABC
0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

所以，最小项 $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ 与变量取值 000 对应，记作 m_0

最小项 $\bar{A}\bar{B}C$ 与变量取值 001 对应，记作 m_1

⋮

最小项 ABC 与变量取值 111 对应，记作 m_7

(2) 设 m_i 和 m_j 是变量 A、B、C、…的两个最小项

若 $i\neq j$，则 $m_im_j=0$。

例如，设 m_1 与 m_5 为三变量 A、B、C 的两个最小项：$m_1=\bar{A}\bar{B}C$, $m_5=A\bar{B}C$, 则有 $m_1m_5=(\bar{A}\bar{B}C)(A\bar{B}C)=(\bar{A}A)(\bar{B}\bar{B}CC)=0$

(3) n 个变量的所有最小项之和必等于 1

例如，设有三个变量 A、B、C 则有 $m_0+m_1+m_2+\cdots m_7=1$。

3. 逻辑函数的最小项表达式

对于一个任意的逻辑函数，总可以反复运用摩根定理剥去反号，再应用乘对加的分配律脱去括号，从而得到一种"与-或"表表式，然后再将这种"与-或"表达式变成最小项表达式。

〔例 1-13〕 将 F（A，B，C）$=(AB+\bar{A}\bar{B}+\bar{C})\overline{AB}$ 展开成最小项表达式

第一步：　反复运用摩根定理剥去反号

$F=\overline{(AB+\bar{A}\bar{B}+\bar{C})\overline{AB}}=\overline{(AB+\bar{A}\bar{B}+\bar{C})}+AB$

$=\overline{AB}\,\overline{\bar{A}\bar{B}}C+AB=(\bar{A}+\bar{B})(A+B)C+AB$

第二步：　反复运用乘对加的分配律脱去括号

$F=(\bar{A}+\bar{B})(A+B)C+AB=\bar{A}AC+\bar{A}BC+\bar{B}AC+\bar{B}BC+AB$

$=\bar{A}BC+A\bar{B}C+AB$

第三步：将"与或"表达式化成最小项表达式

$F=\bar{A}BC+A\bar{B}C+AB=\bar{A}BC+A\bar{B}C+AB\ (C+\bar{C})$

$=\bar{A}BC+A\bar{B}C+ABC+AB\bar{C}$

第四步：　令 $F=\bar{A}BC+A\bar{B}C+ABC+AB\bar{C}=m_3+m_5+m_7m_6$

$=\sum 3, 5, 6, 7,$

(二) 逻辑表达式的图解化简法

1. 用卡诺图表示逻辑函数的方法

(1) 卡诺图的组成：

二变量、三变量和四变量的卡诺图如图 1-4 所示。图中小方格都是最小项。

A \ B	0	1
0	$\bar{A}\bar{B}$	$\bar{A}B$
1	$A\bar{B}$	AB

(a) 二变量卡诺图

A \ BC	00	01	11	10
0	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}$	$\bar{A}\bar{B}C$	$\bar{A}BC$	$\bar{A}B\bar{C}$
1	$A\bar{B}\bar{C}$	$A\bar{B}C$	ABC	$AB\bar{C}$

(b) 三变量卡诺图

AB \ CD	00	01	11	10
00	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}\bar{B}\bar{C}D$	$\bar{A}\bar{B}CD$	$\bar{A}\bar{B}C\bar{D}$
01	$\bar{A}B\bar{C}\bar{D}$	$\bar{A}B\bar{C}D$	$\bar{A}BCD$	$\bar{A}BC\bar{D}$
11	$AB\bar{C}\bar{D}$	$AB\bar{C}D$	$ABCD$	$ABC\bar{D}$
10	$A\bar{B}\bar{C}\bar{D}$	$A\bar{B}\bar{C}D$	$A\bar{B}CD$	$A\bar{B}C\bar{D}$

(c) 四变量卡诺图

图 1-4　卡诺图组成

(2) 用卡诺图表示逻辑函数的方法

a、由真值表直接读入 如图 1−5 所示，卡诺图是用小方格的形式来表示最小项的，凡是使逻辑函数取 1 值的最小项方格中将记为 1，否则记为 0。设有如下真值表，其中的逻辑函数 F 可用卡诺图表示如图 1−5 所示。

A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

(a) 用真值表表示 F

0	0	1	0
0	1	1	1

(b) 用卡诺图表示 F

图 1−5 用真值表和卡诺图表示逻辑函数 F

b. 由逻辑函数最小项表达式读入举例如下：

[例 1−14] 设 $F=\bar{A}\bar{B}\bar{C}+\bar{A}BC+A\bar{B}C$为最小项表达式。则对应的卡诺图表示如图 1−6 所示。

1	0	1	0
0	1	0	0

图 1−6 用卡诺图表示 F

2. 用卡诺图复合最小项的规律

(1) 两个相邻小方格同时为 1，可以复合。例如：

	1	1	
1			1

(a) $\sum 1, 3=\bar{A}C$

$\sum 4, 6=A\bar{C}$

1			1
			1

(b) $\sum 0, 2=\bar{A}\bar{B}\bar{D}$

$\sum 2, 10=\bar{B}C\bar{D}$

(2) 四个相临小方格同时为 1，可以组成一个 4 单元复合圈，可以消去两个“互反”变量。例如：

1	1		
1	1		

(a) $\sum 0, 1, 4, 5=\bar{B}$

1			1
1			1

(b) $\sum 0, 4, 2, 6=\bar{C}$