第四章
汇编语言程序设计

内容

- 4-0 概述
- 4-1 汇编语言程序格式
- 4-2 MSAM中的表达式
- 4-3 伪指令语句
- 4-4 DOS系统功能调用和BIOS中断调用
- 4-5 程序设计方法
- 4-6 宏汇编和条件汇编

4-0 概述

- 汇编语言是面向CPU指令系统的，用指令助记符、符号地址、标号等构成的程序设计语言。
- 用汇编语言编写的程序称为汇编语言（源）程序。汇编语言程序要比用机器指令编写的程序容易理解和维护，但CPU不能直接识别。
- 汇编语言程序的主要特点
  - 与机器相关，能够直接针对和根据系统硬件特性编写高质量的应用程序。
  - 程序目标代码占有内存少，执行速度快，效率高，适用于实时控制、实时数据处理和实时通信。
  - 程序编制和调试复杂，不易移植，无法跨平台。

- 汇编程序：能将汇编语言程序翻译成CPU能识别机器指令序列的翻译程序。

两者易混淆

- 汇编程序的主要作用和功能

①将源程序翻译成机器语言程序。

②按用户要求自动分配存储区域（如程序代码区、数据区等）。

③自动地把各种进制数 → 二进制数。

④把字符 → ASCII码。

⑤计算表达式的值。

⑥自动对源程序进行检查，指出语法错误（如非法格式、未定义的助记符、标号、漏掉操作数等）。

- 汇编程序种类

①基本汇编：**ASM**（也称为小汇编）

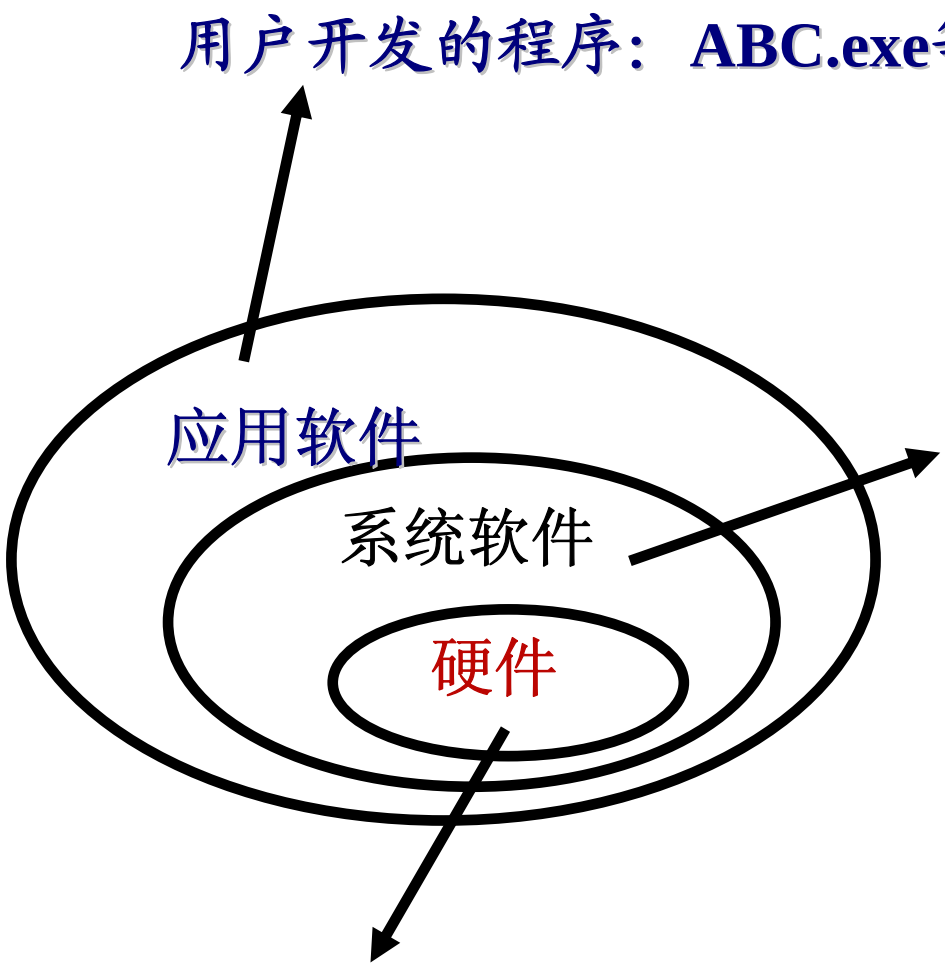
②宏汇编：**MASM**（有各种版本，还支持宏操作，条件汇编，协处理命令等）。

③**TASM：Turbo Assembler**，功能同**MASM**，汇编速度更快。

④**OPTASM：Optimizing Assembler**，一种优化的**MASM**。

- 调试工具
  - **DEBUG、 CV（CodeView）、TD（Turbo Debug）**等。

汇编语言程序编写环境（上机实验）



操作系统：DOS系统
编辑器：EDIT.exe
编译程序：MASM.exe
连接程序：LINK.exe
调试程序：DEBUG.exe

CPU、存储器(ROM、RAM)、I/O接口、输入、输出设备

汇编语言上机过程

D:>EDIT ABC.asm

D:>MASM ABC

有语法错，回EDIT下改程序

D:>LINK ABC

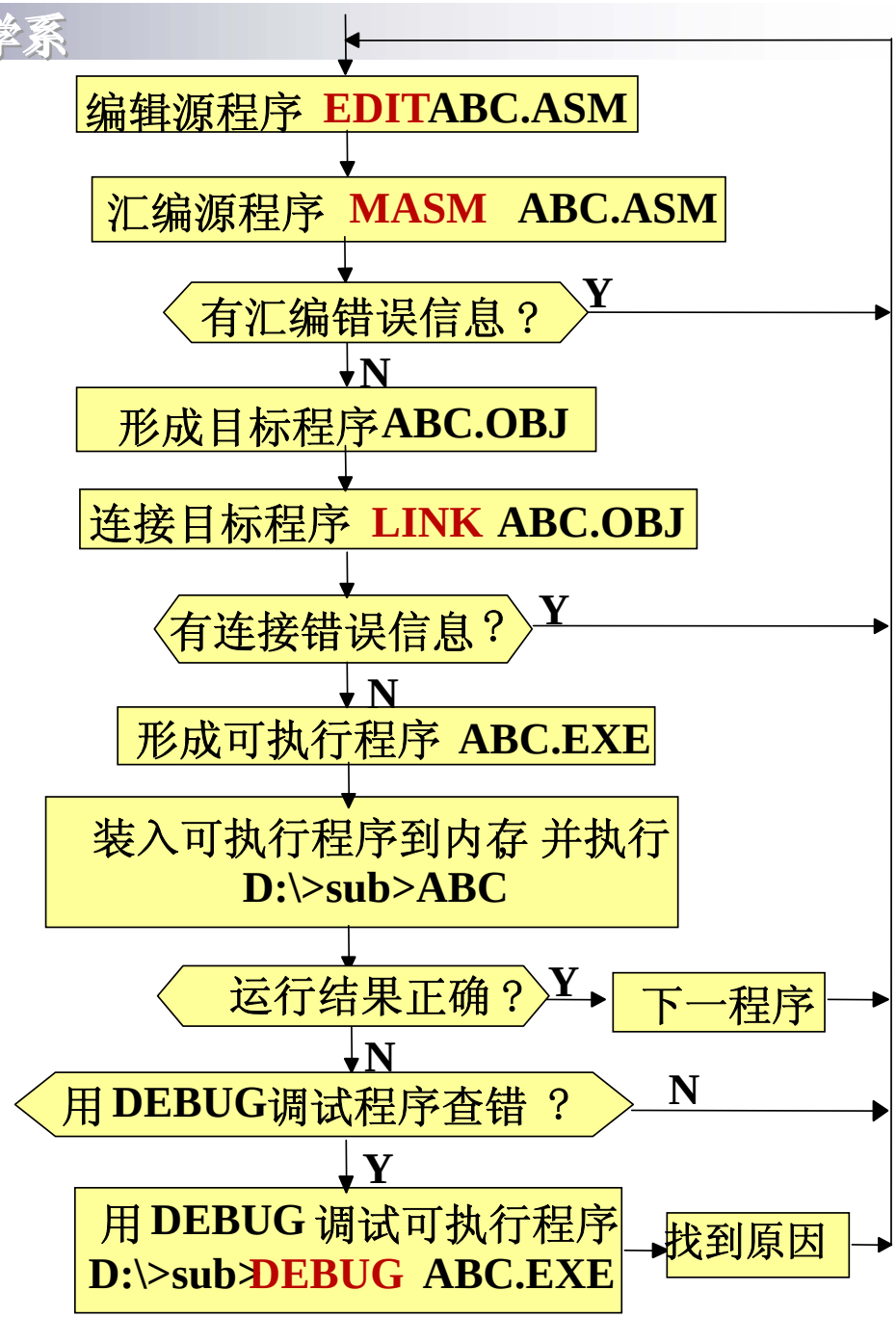
有错，回在EDIT下改程序

D:>ABC

运行结果错，回EDIT下改程序

或在DEBUG下调试，找原因。

D:>DEBUG ABC.exe



汇编语言程序示例

例：在屏幕上显示并打印字符串“This Is a sample pro...”

数据段

堆栈段

代码段

```
DATA    SEGMENT                          ；数据段
        DA1   DB  ‘ This Is a sample program’
              DB  0DH，0AH，‘$’
DATA    ENDS
STACK   SEGMENT PARA STACK               ；堆栈段
        ST1   DB  100 DUB(?)
STACK   ENDS
CODE    SEGMENT                          ；代码段
MAIN    PROC  FAR
        ASSUME CS:CODE，DS:DATA，SS:STACK
START:  MOV   AX，STACK                  ；送堆栈段地址
        MOV   SS，AX
        。 。 。
        RET
MAIN    ENDP
CODE    ENDS
        END   START
```

不能省略

汇编语言程序组成和特点

1. 源程序由若干个逻辑段组成，并按逻辑段组织源程序，包括：
   - ① 代码段——必不可少，源程序至少有一个代码段。
   - ② 堆栈段——建立一个堆栈区，以存放中断时的断点地址，子程序调用时断点地址及子程序间传递参数。
   - ③ 数据段和附加数据段——用来在内存中建立一个适当容量的工作区用以存放数据。
2. 每段由段定义伪指令**SEGMENT**开始，以**ENDS**，用段名区分不同的段。段定义语句的格式为：

```
;-----------------------------------------------
段名1       SEGMENT          ; 一个段的开始
            语句1
            语句2
            ……
段名1       ENDS             ; 一个段的结束
;-----------------------------------------------
段名2       SEGMENT          ; 另一个段的开始
            ……
段名2       ENDS             ; 另一个段的结束
;-----------------------------------------------
            ……               ; 其它段
;-----------------------------------------------
            END              ; 源代码结束
```

- 在代码段起始处，用**ASSUME**伪指令说明各个段**Reg**与逻辑段的关系，并在程序起始处设置段**Reg**的初值（代码段**CS**除外，其地址由计算机自动分配）。设置段**Reg**的具体语句是：

```
MOV   AX，STACK        ；获取堆栈段地址
MOV   SS，AX           ：堆栈段基址送SS
MOV   AX，DATA         ；获取数据段地址
MOV   DS，AX           ；数据段基址送DS
```

注：STACK和DATA是段定义伪指令的段名

- 每段由若干语句行组成，每行只有一条语句且不能超过**128**个字符，允许有后续行。
- 整个源程序以**END**结束，它通知汇编程序停止汇编。**END**后的**START**标号为程序运行时的起始地址。

内容

- 4-0 概述
- **4-1 汇编语言程序格式**
- 4-2 MSAM中的表达式
- 4-3 伪指令语句
- 4-4 DOS系统功能调用和BIOS中断调用
- 4-5 程序设计方法
- 4-6 宏汇编和条件汇编

- 汇编语言程序含三种指令语句：指令性语句、伪指令语句和宏指令语句。

（1）指令性语句：可执行语句，对应CPU指令系统规定的一条指令。汇编时产生一一对应的机器目标代码。

（2）伪指令语句：又称为指示性语句。汇编时给汇编程序提供与硬件有关的汇编信息，并指示汇编程序进行汇编操作，本身并不产生目标代码。

（3）宏指令语句：是一种特殊的伪指令，实际上是用一条伪指令代替多条指令，以简化书写。有关宏指令将在4-6介绍。

（1）指令性语句

- 一般格式：

[指令标号：] 指令助记符 [操作数1][，操作数2][；注释]

- 标号——为本条指令符号地址，表示该指令的目标代码在内存中的存放地址。标号可以省略，但是标号后面必须带冒号“:”。
- 指令助记符——关键字，不能省略
- 操作数——有些指令没有，有些指令有1个或多个。多个操作数之间用逗号“,”隔开。
- 注释——可以省略，前面用“;”标注，汇编不处理。

（2）伪指令语句

- 一般格式：

[名字] 伪指令指示符 [操作数[，…，操作数]][；注释]

- 名字——可为变量名、过程名、段名、常量名、宏名等。名字可省略，名字后面不能带冒号“:”。
- 伪指令指示符——汇编程序MASM规定的符号。常用的有变量定义语句、符号定义语句、…等等，伪指令将在4-3介绍。
- 操作数——根据伪指令要求，有些没有，有些有1个或多个，多个操作数之间用“,”隔开。操作数可以是常数、变量、字符串、表达式等。
- 注释——与指令性语句相同。

关于指令和伪指令语句中的操作数

- 操作数可以是常数、寄存器、存储器、变量、标号或表达式等。其中常数、变量和标号是三种基本数据项。

1）常数：无属性的确定的数据，可用多种进制表示，其中可打印的ASCII码必须用单引号’ ’括起来。

2）变量：常指存放在M中的数值，在程序运行过程中可被修改。变量有三个属性：

（1）段值（SEGMENT）；

（2）段偏移地址（OFFSET）；

（3）类型（TYPE）：即长度属性。有字节型变量（BYTE）、字变量（WORD）及双字变量（DWORD）等。

3）标号：指令语句的地址符号，可作为JMP指令和调用指令CALL的目标操作数，以确定程序转向的目标地址。标号有三个属性：

（1）段值（SEGMENT）：标号所在段的段基址。

（2）段内偏移地址（OFFSET）：偏移地址

（3）类型：指转移指令的可转移距离，即距离属性。其中：

- 近标号(NEAR)，指针长度2字节，只能段内调用或转移。NEAR可以省略不写。
- 远标号(FAR)，指针长度4字节，可作为其它代码段的目标地址，实现段间调用或转移。

内容

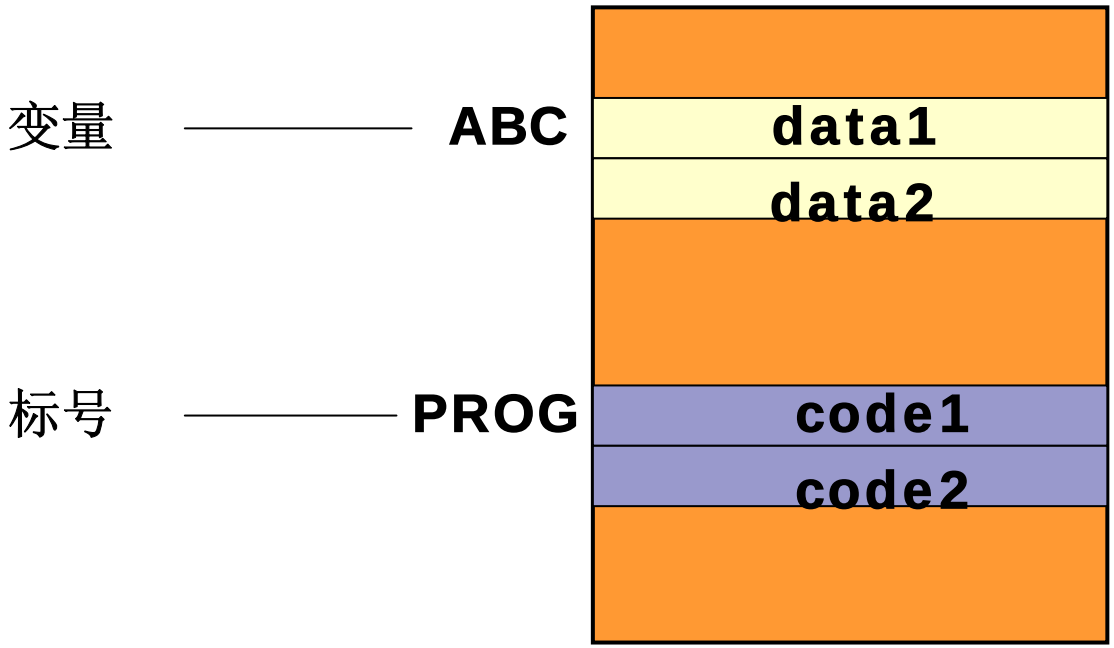
- 4-0 概述
- 4-1 汇编语言程序格式
- **4-2 MSAM中的表达式**
- 4-3 伪指令语句
- 4-4 DOS系统功能调用和BIOS中断调用
- 4-5 程序设计方法
- 4-6 宏汇编和条件汇编

表达式：由常数、变量或标号和运算符连接而成的式子

表达式 〈 运算对象 / 运算符 ⟶ 汇编运算 ⟶ 结果为语句中操作数

运算对象：常数、变量、标号

结果操作数：常数或地址（变量或标号）



- 宏汇编MASM中使用了六类运算符

（教材P129表4-1）

1. 算术运算符
2. 逻辑运算符
3. 关系运算符
4. 数值返回运算符
5. 修改属性运算符
6. 其它运算符

也称为分析运算符

也称为合成运算符

1. 算术运算符——

＋、－、×、/、MOD、SHL、SHR

例：MOV AX, 6×8 ；汇编后生成 MOV AX, 48

- 数值表达式中可使用所有算术运算符
- 地址表达式仅使用‘+、－’两种算术运算符

  地址表达式常用标号或变量±常量形式，

  运算结果仍为标号或变量，其3个属性中的类型及段基址属性不变，仅修改了偏移量属性。

例：PLACE＋2×3；若PLACE与某存贮单元地址相关，则PLACE+2×3仍与某存贮单元相关。

- 算术运算符不影响标志位

例：MOV AL，80H＋90H；结果AL＝10H，CF＝0

2. 逻辑运算符 —— AND、OR、XOR、NOT

- 实现操作数按位逻辑操作，只能对常数操作，得到结果也是常数。

例： **MOV AX, 80h OR 70h** ；汇编后 **MOV AX，0F0h**

- 注：逻辑运算符与逻辑指令助记符形同意不同。
  - 作为指令助记符时，是在程序运行时被执行，操作对象可以是寄存器或存储器操作数。
  - 作为运算符时，是在程序汇编时由汇编程序计算的，计算结果充当指令的某一个操作数或构成操作数的部分。（**P130例4-5**）

3. 关系运算符 ——

EQ、NE、LT、GT、LE、GE

- 在两个无符号操作数之间进行大小关系比较。
  - 两个操作数必须同是数值或同是一个段内的两个存储器地址。
  - 关系不成立（为假）则结果为“0”（假: 0）；
  - 若关系成立（为真）则结果为全“1”（真：0FFH或者0FFFFH）；
  - 结果值在汇编时获得。

4. 数值返回运算符——

OFFSET、SEG、 TYPE、LENGTH、SIZE

- 用于获取段基址、偏移量或类型、长度等属性；
- 说明（**OFFSET**和**SEG**略）：
  - **TYPE**用于取标号或变量的类型：标号类型返回值为**NEAR(－1)**或**FAR(－2)**；变量类型返回值为**1(**字节**)** 、**2(**字**)** 、**4(**双字**)**或**8(**四字**)**。
  - **LENGTH**：当变量中使用**DUP**时，**LENGTH**返回该变量所包含的基本单元数；其它变量返回**1**。
  - **SIZE**用于取分配给变量的字节个数。 显然有：

$$\text{SIZE} = \text{LENGTH} \times \text{TYPE}$$

5. 修改属性运算符—— 段Reg名：、PTR、THIS、HIGH、LOW、SHORT

- 用于修改变量和标号（即所谓存储器类型操作数）得属性（段属性、偏移地址属性和类型属性等）。
- 说明：
  - 段Reg名＋“:”——即段超越
  - PTR——“新类型 PTR 原操作数”
  - THIS——“变量/标号 EQU THIS 新类型”，详见P134。
  - HIGH、LOW通常只对字操作数（常数）有效，将一个字或地址表达式分离出高位字节和低位字节；
  - SHORT——“SHORT 标号”，限制转移范围在-128～+127之间。

临时修改，仅在当前所在的指令中有效。

6. 其它运算符——

（ ）、[ ]、 •、< >、MASK、WIDTH

- 说明：
  - （ ）改变运算优先级。建议：尽可能多地利用（ ）确定优先级。
  - [ ]——1）地址表达式；如：MOV CL [BX]；
    2）表示多重变量（数组）的下标值。
  - •、< >——在结构中专用，在4-3中介绍
  - **MASK、WIDTH**——在记录中专用，在4-3中介绍。

汇编运算符总结：

算术运算符 —— +、-、*、/、MOD、SHL、SHR

逻辑运算符 —— AND、OR、XOR、NOT

关系运算符 —— EQ、NE、LT、LE、 GT、GE

数值返回运算符 —— OFFSET、SEG、 TYPE、LENGTH、SIZE

修改属性运算符 —— 段Reg名：、PTR、THIS、HIGH、LOW、SHORT

其它运算符 —— ( )、[ ]、·、< >、MASK、WIDTH

7. 运算符和操作符的优先权等级 P136表4-3

优先级		运算符和操作符
高 ↓	1	LENGTH，SIZE，WIDTH，MASK，（），[ ]，〈〉
	2	PTR，OFFSET，SEG，TYPE，THIS，段寄存名: (加段前缀)
	3	HIGH，LOW (操作数高、低字节)
	4	＋，－（单目）
	5	*，/，MOD，SHL，SHR
	6	＋，－（双目）
	7	EQ，NE，LT，LE，GT，GE
	8	NOT
低	9	AND
	10	OR，XOR
	11	SHORT

汇编语言程序示例：多个连续字节单元的累加

段定义语句

```
DATA   SEGMENT                ;定义数据段
D1     DB  5 DUP（？ ）       ;定义连续的字节单元
CC     EQU  $－D1             ;伪指令 元计数，CC等于常量5
SUM    DW   0                 ;定义字变量SUM，保留结果
DATA   ENDS                   ;数据段定义结束
```

定义存储单元的数据

```
STACK SEGMENT  PARA  STACK ‘STACK’   ;定义堆栈段
       DB  100  DUP （？ ）          ;100字节的栈空间
STACK ENDS                          ;堆栈段定义结束
```

作堆栈用的存储单元

定义堆栈

```
CODE   SEGMENT                      ;定义代码段
       ASSUME  DS:DATA，SS:STACK，CS:CODE     ;对各段进行说明
BGN:   MOV  AX，DATA                ; DS初始化为DATA
       MOV  DS，AX                  指令
       LEA  SI，D1                  ;预置源数据的指针
```

```
        MOV  CX，CC                ；预置次数
        LODS  BYTE PTR [SI]        ；取一个数并修改指针
        MOV  AH，0                 ；清AX的高字节
        CLC                        ；清CF位
AGAN:   ADC  SUM，AX               ；累加
        LODS  BYTE PTR [SI]        ；再取数并修改指针
        LOOP  AGAN                 ；控制循环
        MOV  AH，4CH               ；完成，利用DOS中断
        INT  21H                   ；调用返回DOS
CODE  ENDS                         ；代码段结束
        END    BEGIN               ；整个程序结束
```

段定义

汇编程序结束

内容

伪指令语句类型

1. 数据定义语句
2. 表达式赋值语句
3. 段定义语句
4. 段分配语句
5. 过程定义语句
6. 程序开始和结束语句

基本常用语句

I. 群定义语句
II. 结构定义语句
III. 记录定义语句

复杂数组定义语句

一、数据定义语句

- 定义存储器单元的伪指令。为程序分配指定数目的存储单元，并根据情况进行初始化。
- 这类伪指令类似高级语言中的变量定义，因此指令中定义的标识符就是所谓的变量名。
- 格式1：变量名　助记符　操作数，操作数，…
- 格式2：变量名　助记符　**n DUP**（操作数，…）

助记符：

DB	定义字节	**DW**	定义字
DD	定义双字	**DQ**	定义四字
DT	定义十字节		

变量名— 符号表示, 可省略。可作为其后的第一个字节存储单元的符号地址。

操作数— 常数，字符串，变量，标号，表达式

n DUP( ) — n为整数，表示括号中操作数重复次数。

- 注意：

① 定义多字节字符串必须用**DB**，**DW**只允许包含两个字符。

② 在数据段预先定义足够的不确定值变量，为保存运算结果预留存储空间。

③ **DW**和**DD**可将变量或标号的逻辑地址存入存储器（教材**P-138～139**、例**4-25**）。

例1：

```
STT  DB  'How are you？'
M1   DW  10  DUP  （？）
M2   DB  4  DUP （1，3 DUP（0AH））；DUP嵌套
ADR1   DD  STT                          ；STT段址和偏移量→ADR1
MOV  AX，WORD  PTR  ADR1+2   ；高位地址是STT段址
MOV  DS，AX
MOV  SI，WORD PTR  ADR1          ；低位地址是STT偏移量
```

汇编后

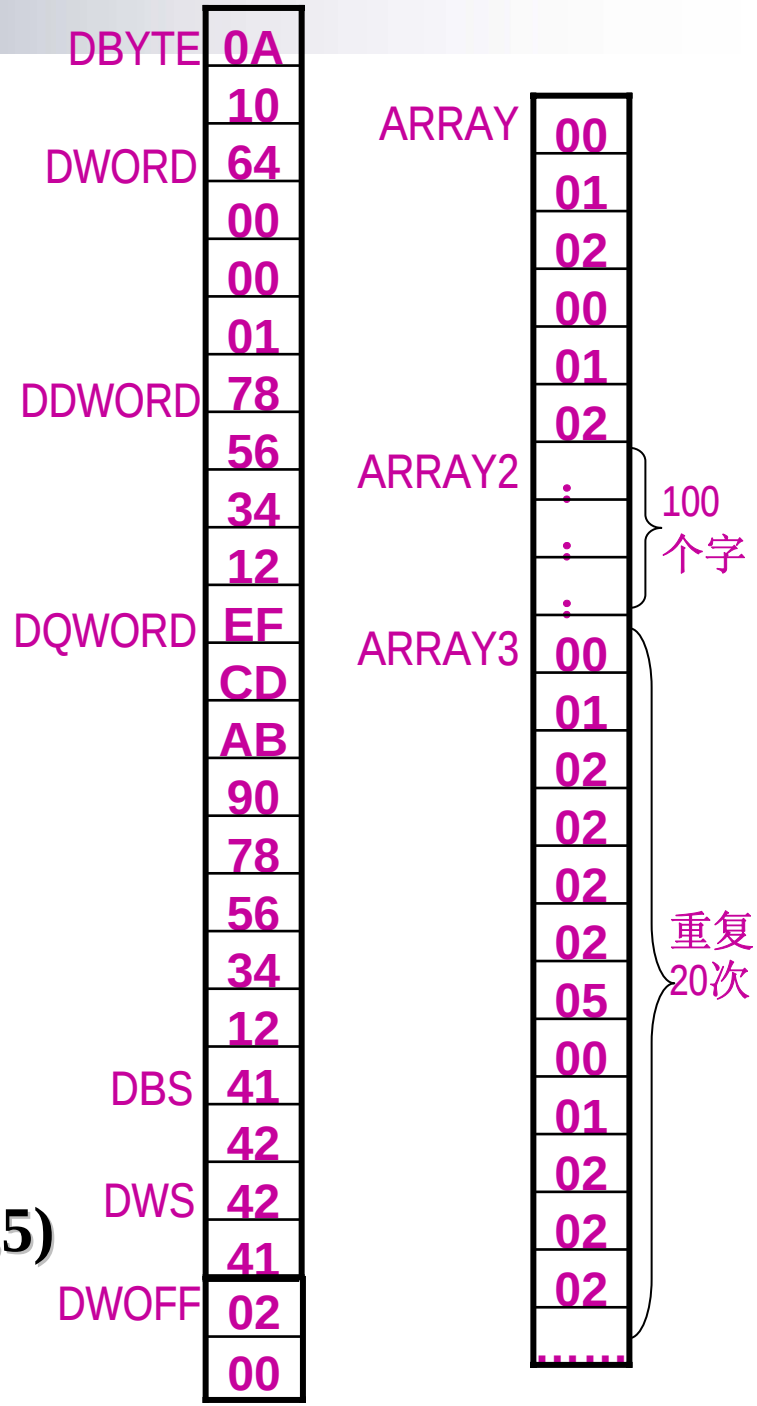
M1为20个字节的连续地址变量，M1为第一个字节的首地址。

M2为：1，0AH，0AH，0AH，1，0AH，0AH，0AH，
1，0AH，0AH，0AH，1，0AH，0AH，0AH

DS＝SEG STT　　SI=OFFSET STT

例2：设数据段的起始地址为02000H

```
DATA     SEGMENT
DBYTE    DB   10，10H
DWORD    DW   100，100H
DDWORD   DD   12345678H
DQWORD   DQ   1234567890ABCDEFH
DBS      DB   ‘AB’
DWS      DW   ‘AB’
DWOFF    DW   OFFSET DWORD
ARRAY    DB   2 DUP（0，1，2）
ARRAY2   DW   100 DUP（？）
ARRAY3   DB   20 DUP(0,1,4 DUP(2),5)
DATA     ENDS
```



```
DATA   SEGMENT                          ;设DS=1234H
       X1      DB      12H，0ABH
       X2      DB      ’12AB’           ;这里不能用DW
       X3      DW      12ABH
       X4      DW      ‘AB’             ;尽量少用
       X5      DD      X1               ;X1的段基址:偏移量
       X6      DW      X2               ;X2的偏移量
       X7      DD      12345678H
       CNT     EQU     $-X6             ;常量6，不占存储单元
       Y1      DB      CNT DUP (?,1,2 DUP (0FFH))
DATA   ENDS
```

X1	12H
	0ABH
X2	31H
	32H
	41H
	42H
X3	0ABH
	12H
X4	42H
	41H

X5	00H
	00H
	34H
	12H
X6	02H
	00H
X7	78H
	56H
	34H
	12H

Y1	?
	01H
	0FFH
	0FFH
	?
	01H
	0FFH
	0FFH
	?
	01H
	0FFH
	0FFH
	……
	?
	01H
	0FFH
	0FFH

共重复6次

二、表达式赋值语句

- 表达式赋值语句有以下两种，均不占内存。

1）赋值伪指令

格式：符号 EQU 表达式 ；

给右边的表达式定义一个符号名，一经定义在同一程序中不能再重新定义。

指令PURGE 符号可以解除对符号的赋值。

2）等号伪指令

格式：符号 = 表达式

与EQU功能相同，区别在于左边符号允许重新定义。

（教材P139～P140，例4-27、4-28）

三、段定义和段分配语句

1）段定义语句

格式：段名 SEGMENT 定位类型 组合 ‘分类名’

....

段名 ENDS

A）定位类型—表示对段起始边界的要求，即对段首地址定位。此参数缺省，则定位于节边界。

① PAGE--定位于页边界(n*256) （***00000000B）

② PARA—定位于节边界(n*16) （****0000B）

③ WORD--定位于字边界 （****0B）

④ BYTE--定位于存储器任何字节

B）组合类型：告诉连接程序本段与（其它模块的）其它段的关系。

(1) **NONE**—本段与其它段在逻辑上不发生关系。

(2) **PUBLIC**—连接程序把几个模块的同名段相邻地连接成一个逻辑段，次序由连接命令指定，地址由低到高同时满足定位要求。

(3) **COMMON**—该段在连接时与其它模块的同名段有相同的起始地址，在内存中以覆盖方式存放，连接长度为各分段的最大长度。**COMMON**段使得不同模块之间的数据可以共享。

(4) **AT**—以表达式的值为该段基址(代码段不允许使用)。

(5) STACK—指定堆栈段，在堆栈段不能省略(*)。

(6) Memory—作用类似与COMMON。

C）类别或分类名。长度小于40字符并以‘ ’括起来。汇编时将同类别的段集中组成段组。

- 段定义语句允许嵌套，但是各个逻辑段不得交叉。

（教材P140～141）

2）段分配语句

- 格式：

  ASSUME CS:段名, DS:段名 [, SS:段名] [, ES:段名]

- 功能和使用方法：
  - 定义4个逻辑段，指明段与段寄存器的关系。
  - 段名必须是**SEGMENT…ENDS**定义过的。
  - **ASSUME…NOTHING**取消前面**ASSUME**指定的段寄存器。
  - 四个段不一定全部定义，代码段和数据段必须定义。
  - **ASSUME**只是指定某段分配给何寄存器，并不能将段地址装入段寄存器。仅**CS**在分配时自动装入。

3）组定义语句GROUP

- 格式： 组名　GROUP　段名[，段名……]
- GROUP将程序中若干不同名的段集合成一个组，并赋予一个组名，使它们都装在一个64KB的物理段中。
- 这时组内不同类型的段运行时共用一个段寄存器，组内各段间的跳转都可以看作段内跳转。

汇编语言程序示例

例：在屏幕上显示并打印字符串“This Is a sample pro...”

数据段

堆栈段

代码段

```
DATA    SEGMENT                          ；数据段
        DA1   DB  ‘ This Is a sample program’
              DB  0DH，0AH，‘$’
DATA    ENDS
STACK   SEGMENT PARA STACK               ；堆栈段
        ST1   DB  100 DUB(?)
STACK   ENDS
CODE    SEGMENT                          ；代码段
MAIN    PROC  FAR
        ASSUME CS:CODE，DS:DATA，SS:STACK
START:  MOV   AX，STACK                  ；送堆栈段地址
        MOV   SS，AX
        。 。 。
        RET
MAIN    ENDP
CODE    ENDS
        END   START
```

不能省略

四、过程定义语句

- 格式：　过程名 **PROC** 属性

  ....

  RET　N

  过程名 **ENDP**

- 说明：
  - 过程名三属性：段基地址、偏移地址、距离。
  - **RET　N**返回后从栈顶开始再弹出**N**个字节丢弃。
  - 一个过程可能有多个**RET**，即过程有多个出口。
  - 过程允许嵌套和递归调用（被调用的过程在返回前又调用过程本身）。
  - 调用过程时注意保护，退出时注意恢复。

五、程序开始和结束语句

1） NAME伪指令

- 格式：NAME 程序名
- 功能和使用方法：
  - 为源程序汇编输出的目标模块赋名。
  - NAME为伪指令助记符，置于程序开始处，在输出源程序列表文件时，将在每页开头打出程序名。若省略汇编则将源文件名作为目标模块的名字。

2） TITLE伪指令

- 格式：TITLE 文本名；文本名赋予目标模块
- 功能和使用方法：同NAME

3）指定地址伪指令ORG

- 在汇编程序中，有一个软件计数器(LC)——地址计数器。在每个段定义开始处，它被复位为0。当汇编程序逐行扫描语句时，用LC保存当前指令的地址。
- 格式1：

  ORG 表达式 ；表达式值(0～65535)→ LC
- 格式2：

  ORG $+表达式；LC当前值$＋表达式值→ LC
- 功能：强行指定地址计数器LC的当前值，在段内改变它以后的代码或数据存放的偏移地址。
- ORG语句之后段内所有的代码或数据均以表达式（常量）的值为起始偏移量连续存放，除非遇到另一个ORG语句。

4）END语句

- 格式：END　标号名
- 功能和使用方法：
  - 指示源程序结束。
  - END放在程序最后一行。每个模块只有一个END，汇编程序碰到END停止编译，
  - 标号名是程序启动地址。

六、结构定义语句(*)

- 对于具有类似数据库表结构的复杂数组，汇编程序提供了结构定义伪指令以及记录定义伪指令。
- 结构定义和使用三个步骤：1）结构定义；2）副本预置；3）结构的使用。
- 与数据库的类比关系：

  结构——数据库中的某个表结构

  结构副本——表中的一条记录

  变量——某条记录中的一个字段

1) 结构定义

- 格式：

  结构名　**STRUC**

  （用**DB**、**DW**、**DD**等定义的结构中的数据变量）

  结构名　**ENDS**

- 功能：把不同类型的数据放在同一个数据结构中（类似于定义数据库表的各个字段）
- 结构中的变量类型
  - 简单变量：只有一个元素，被引用时可以修改。
  - 多重变量：包括多个元素，被引用时不能修改，保持结构定义时初值不变。

- 字符串变量：变量为字符串。被引用时可以用同样长度的字符串对其进行修改（置换）。
- 多重结构：变量本身又是另外一个结构。

例4-36：定义一个数据表格TAB的结构

```
TAB     STRUC
        T1    DB  'ABCD'          ；字符串
        T2    DW  ?               ；简单变量
        T3    DW  SEG L1          ；简单变量
        T4    DW  2 DUP（0）      ；多重变量
        T5    DW 1122H，3344H     ；多重变量
TAB     ENDS
```

2) 结构副本预置

- 结构定义后，汇编时不产生目标代码，也不分配存储空间。只有在预置结构副本之后，汇编才给每个副本分配空间，结构中的变量才与存储单元发生关联。
- 格式中允许修改的变量（简单变量和字符串变量）在不同的结构副本中可以被修改成不同的值。
- 预置结构副本语句格式有两种：
- 格式1：

副本名　结构名　<元素值，元素值，…>　　；注释

- 格式2：

副本名　结构名　N DUP（<元素值，元素值，…>）；注释

- < >是结构副本预置专用运算符，表示将结构中可以修改的变量改为< >中的数值。< >中无数据表示不修改。

例4-37：结构副本元素值的表示：

```
< >                ；副本对结构定义的所有变量不修改。
<20H>              ；第一个变量改为20H，后续不变。
<, 352AH>          ；第二个变量改为352AH，其余不变。
<‘OK’, , , 0DH>    ；修改第一和第四个变量，其余不变。
```

说明：只有简单变量和字符串变量才能被修改。

例4-38：对例4-36定义的TAB预置4个结构副本

```
ONE     TAB   < >              ；ONE—结构副本名
TWO     TAB   < ‘STOP’ >       ；TAB—结构名
THERE   TAB   < , 0FH, SEG L2>
FOUR    TAB   5 DUP（< ‘EFGH’, 55H >）
```

- 问题：多个结构副本中的不同变量如何表示？

  1）结构副本名·变量名。例如TWO · T1表示在TWO副本中的T1变量。

  2）在类似FOUR的结构副本，FOUR ·Tx[n]用于区别多个相同结构副本中的变量。其中：Tx是变量名；n为下标值，表示当前结构副本首地址与第一个相同的结构副本首地址（第一个字节）之间的字节距离。

- 预置后的结构副本中的变量的三属性：

  ① 段属性：副本中各变量与预置结构副本语句同在一段；

  ② 偏移量：副本起始字节偏移量＋本变量相对偏移量；

  ③ 类型：由结构定义时确定。

假设：**DS＝1000H**，结构副本**ONE**的偏移量为**2000H**。

4个预置的结构副本在存储器中的地址分配如图。

TWO TAB <‘STOP’ >

12010H	‘T’	‘S’	TWO·T1
	‘P’	‘O’	
	?	?	TWO·T2
	SEG L1		TWO·T3
	0	0	TWO·T4
	0	0	
	11	22	TWO·T5
	33	44	

ONE TAB < >

12000H	‘B’	‘A’	ONE·T1
	‘D’	‘C’	
	?	?	ONE·T2
	SEG L1		ONE·T3
	0	0	ONE·T4
	0	0	
	11	22	ONE·T5
	33	44	

THERE TAB <,0FH,SEG L2 >

12020H	‘B’	‘A’	THERE·T1
	‘D’	‘C’	
	00	0F	THERE·T2
	SEG L2		THERE·T3
	0	0	THERE·T4
	0	0	
	11	22	THERE·T5
	33	44	

FOUR TAB 5 DUP（< ‘EFGH’, 55H >）

12030H	‘F’	‘È’	FOUR·T1[0]
	‘H’	‘G’	
	00	55	FOUR·T2[0]
	SEG L1		FOUR·T3[0]
	0	0	FOUR·T4[0]
	0	0	
	11	22	FOUR·T5[0]
	33	44	
12040H	‘F’	‘È’	FOUR·T1[10H]
	‘H’	‘G’	
	00	55	FOUR·T2[10H]
	….		…
12070H	‘F’	‘È’	FOUR·T1[40H]
	‘H’	‘G’	
	00	55	FOUR·T2[40H]
	SEG L1		FOUR·T3[40H]
	0	0	FOUR·T4[40H]
	0	0	
	11	22	FOUR·T5[40H]
	33	44	

- 结构的使用
  - 在汇编语言源程序中，可以通过结构副本名、运算符“·”和下标[ ]对结构副本中的变量进行寻址和操作。

    例4-39：MOV　TWO·T2，AX

    例4-40：MOV　BX，FOUR·T5[0]
  - 汇编程序在对源程序进行编译时计算出变量的物理地址，生成CPU可识别的目标代码。

七、外部伪指令及对准指令

1) 外部伪指令

外部伪指令用于实现程序和数据在多个模块之间的共享。

① 格式：**PUBLIC 名字 [，名字，...]**；

- 说明：名字可以是标号、变量名、常数、过程名或由EQU（或＝）伪指令定义的符号名。
- 功能：由**PUBLIC**说明的名字是全局的，可以在其它模块中使用（共享）。

② 格式：EXTRN 名字:类型 [，名字:类型，...]

- 说明：

  名字：与**PUBLIC**的要求相同；

  类型：名字为变量则类型为**BYTE**、**WORD**等；名字为标号、过程，则类型为**NEAR**、**FAR**，名字为常数，则类型为**ABS**。

- 功能：表明本模块中使用的名字在别的模块中定义过，调用别的模块中使用**PUBLIC**定义过的名字。**EXTRN**和**PUBLIC**配对使用，并且类型一致。（**P151**例**4-42)**

2) 对准伪指令

- 格式： **EVEN** ；
- 功能：将下一条语句的地址调整在偶地址上。

例4-43

```
DATA    SEGMENT
        X1      DB  0DH
        EVEN
        X2      DW  100 DUP(?)
        DATA    ENDS
```

加EVEN后X2从偶数开始存放，可提高存储器访问速度。

- **$**——汇编程序表示**当前地址计数器的值**。

3) LABLE伪指令

- 格式：名称 LABEL 类型属性
- 功能：给下一语句中已定义的变量或标号另取一名字，并可重定义类型和属性。使同一变量或标号在不同地方被调用时可采用不同的名字，具有不同的属性。
- 说明：

  名称：下行语句中变量或标号的别名

  类型：与变量连用属性可修改BYTE，WORD等；与标号连用属性可修改FAR，NEAR。

- **LABEL**与变量连用示例：给下一个变量起一个别名，类型属性修改为**BYTE**、**WORD**等。

例**4-45**：

```
DATB    LABEL BYTE              ；DATB为DATW的
                                ；别名，类型为字节
DATW    DW  3031H，3233H        ；DATW类型为字
        MOV  AL，DATB[0]        ；31H→AL
        MOV  BX，DATW[1]        ；3330H→BX
        MOV  BX，DATW[2]        ；3233H→BX
```

例**4-46**：堆栈段中经常使用**LABEL**

```
STACK   SEGMENT  STACK  'STACK'
        DW  100 DUP（？）
        TOP LABEL  WORD         ；定义100个字的堆栈，栈底
STACK   ENDS                    ；名为TOP，类型为字。
```

- **LABEL**与标号连用示例：给下一语句的标号起一个别名，距离类型属性修改为**NEAR**或**FAR**。

例**4-47**：

```
DISF     LABEL FAR
DISN：   MOV   AX，[SI]
```

标号**DISF**和**DISN**指向同一条指令，**DISF**是**DISN**的别名，但是距离属性改为**FAR**，可以使用段间远调用。

八、80286以后新增的伪指令

80286以后增加了一些伪指令，用于：

- 80X86指令系统选择
- 编程模式选择
- 汇编语言存储模型选择

（参见教材P153～156）

习题4－1

P206：

1

2

3

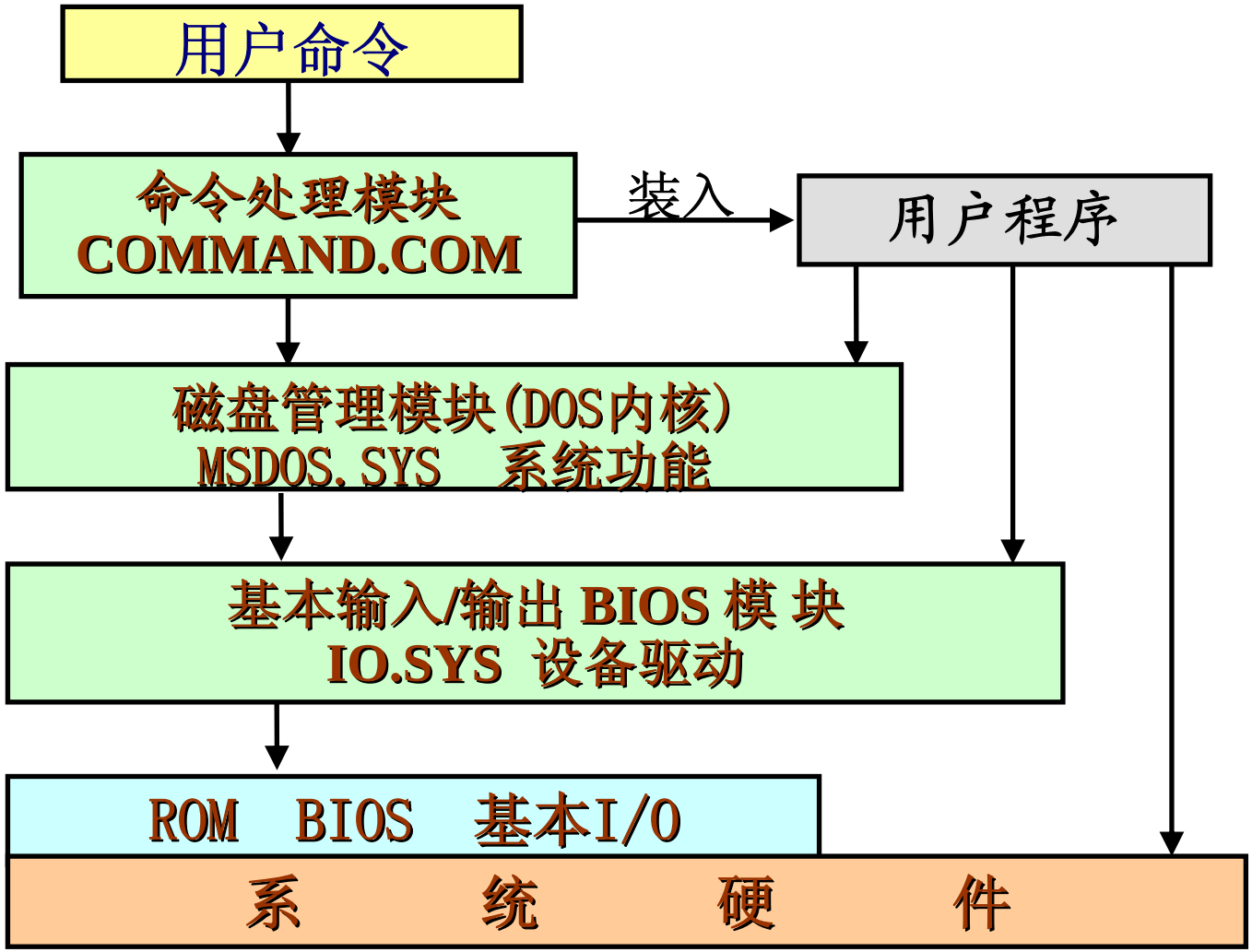
5

内容

DOS：Disk Operating System

- **DOS功能**
  - 文件管理：在磁盘上建立或者删除文件、文件读写和文件检索。
  - 设备管理：对显示器、键盘、打印机、磁盘及异步通信等**I/O**设备管理。
  - **ROM BIOS**：基本**I/O**系统（**FE000H—FFFFFH**），一部分固化于系统内存**ROM**中的部分管理软件。
- 用户可调用的子程序：**DOS 2.0—87**个，**DOS3.0—98**个，**DOS6.2—100**多个。
- 调用方式：软件中断调用—— **INT n**

DOS系统层次结构


用户命令
命令处理模块
COMMAND.COM
装入
用户程序
磁盘管理模块(DOS内核)
MSDOS.SYS 系统功能
基本输入/输出 BIOS 模 块
IO.SYS 设备驱动
ROM BIOS 基本I/O
系 统 硬 件

层次特点（自底向上）：

- **ROM BIOS中的中断子程序**

  使用IN/OUT指令直接控制外设，实现与外设之间的输入/输出操作，以软件形式向其上层提供服务。

- **IO.SYS中的中断子程序**

  （称基本输入/输出BIOS模块）调用ROM BIOS的基本I/O功能，向DOS.SYS提供设备驱动服务。

- **DOS.SYS中的中断子程序**

  （称DOS内核模块）调用IO.SYS，实现对外设的控制。与标准外设有两层隔离：IO.SYS和ROM BIOS。

  - 其中，21H类型的中断子程序提供了丰富的系统服务，称21类型的中断调用为DOS系统（功能）调用。

- 在汇编语言程序设计中，用户可通过使用BIOS和及基本DOS系统提供的这些功能模块子程序（中断子程序调用），来编制直接管理和控制计算机硬件设备的底层软件，主要是完成I/O操作。

- 用户编程原则

① 尽可能使用DOS的系统功能调用，提高程序可移植性。

② 在DOS功能不能实现情况下，考虑用BIOS功能调用。

③ 在DOS和BIOS的中断子程序都不能解决问题时，才使用IN/OUT指令直接控制硬件。

1）调用BIOS/DOS功能子程序的基本方法

BIOS/DOS的每个功能子程序都对应着一个子程序文件。使用时，直接用一条软中断指令INT n（n称为中断类型号）。BIOS中的n＝5～1FH ……；DOS软中断中的 n＝20H，21H，23H～2AH……

①常用DOS功能调用列表

类型号	中断功能	类型号	中断功能
20H	程序结束	21H	请求DOS功能调用
22H	结束地址	23H	中止(Ctrl-Break)处理
24H	关键性错误处理	25H	磁盘顺序读
26H	磁盘顺序写	27H	程序结束且驻留内存
28H	DOS内部使用	29~2EH	DOS内部保留
2FH	DOS内部使用	30~3FH	DOS内部保留

②常用BIOS功能调用列表

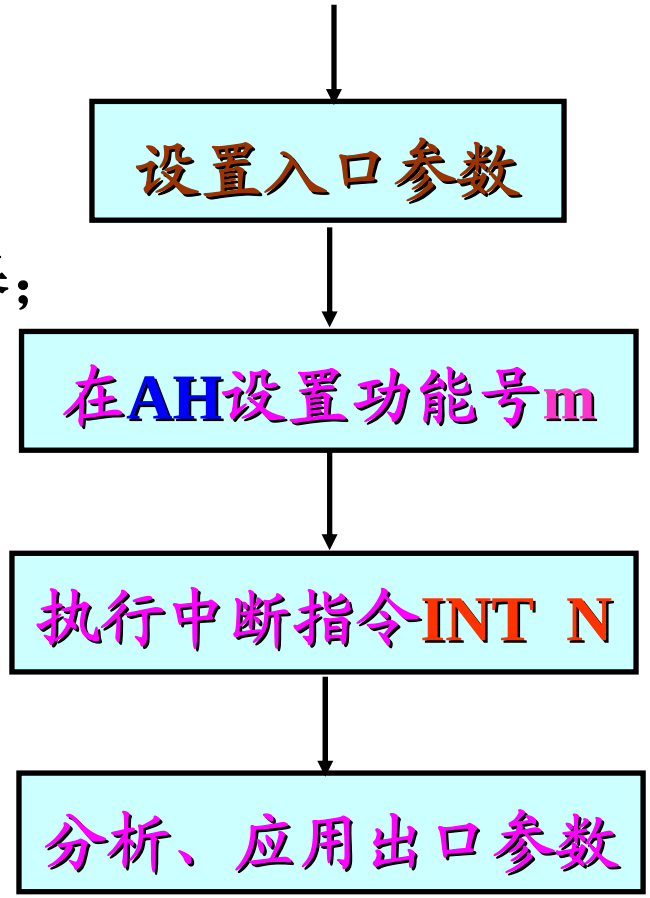
类型号	中断功能	类型号	中断功能
00 H	被零除	11 H	设备检测
01 H	单步	12 H	存储容量
02 H	不可屏蔽	13 H	磁盘I/O
03 H	断点	14 H	通信I/O
04 H	溢出	15 H	盒式磁带I/O
05 H	打印屏幕	16 H	键盘I/O
06 H	保留	17 H	打印机I/O
07 H	保留	18 H	ROM BASIC
08 H	日时钟	19 H	引导
09 H	键盘	1A H	日时钟
0A H	保留	1B H	Ctrl-Break
0B H	串口2	1C H	定时器报时
0C H	串口1	1D H	显示器参数
0D H	硬盘	1E H	软盘参数
0E H	软盘	1F H	图形字符扩展
0F H	打印机	40 H	保留给软盘
10 H	显示器	41 H	硬盘参数

2）使用步骤：

① 子程序入口参数送规定寄存器；

② 子程序编号(功能调用号)送AH寄存器；

③ 发软中断命令：INT n



3）使用时注意事项

① 有的软中断号 n 对应一个子程序，调用时无需以上②；

② 有的软中断号 n 对应若干个子程序，必须严格按以上顺序执行。

- 常用的有：INT 10H；INT 16H；INT 21H

例1：将一个ASCII字符显示于屏幕当前光标的位置。

使用**BIOS**的中断类型号**10H**、功能调用号**0EH**：

```
MOV     AL，‘？’    ；要显示的字符送入AL
MOV     AH，0EH     ；功能号送入AH
INT     10H         ；调用10H软中断
```

例**2**：有的子程序不需要入口参数，这时①可略去。

```
MOV     AH，4CH     ；没有入口参数，只有调用号
INT     21H         ；调用21H软中断对应的4CH
                    ；号子程序（带返回码返回
                    ；DOS，AL中是返回码）
```

- 在所有DOS功能调用中，将INT 2lH软中断命令来实现的所有子程序调用称为DOS系统功能调用，它体现了DOS的核心功能。
- INT 2lH对应100多个子程序（参见教材附录F）常用如下：

① 单字符输入 (01H、07H、08H功能)

② 显示单字符 (02H、05H功能)

③ 单字符输入或显示 (06H功能)

④ 字符串输入 (0AH功能)

⑤ 显示字符串 (09H功能)

⑥ 检测键盘状态 (0BH功能)

⑦ 保存中断向量 (35H功能)

⑧ 设置中断向量 (25H功能)

DOS系统功能调用与BIOS中断调用的区别

① 调用BIOS中断程序比调用DOS的复杂一些，但运行速度快，功能更强，操作更加“细腻”；

② DOS系统功能调用只适用于DOS环境，而BIOS功能调用不受任何操作系统的约束；

③ DOS系统功能调用在更高层次上提供了与BIOS类同的功能。

④ 但是某些功能只有BIOS才具有。

二、DOS系统功能（INT 21H）调用

要求掌握的DOS系统功能调用：

1) 键盘输入

- 单字符输入；
- 字符串输入：

2)显示器输出

- 单字符输出：
- 字符串输出：

3) DOS打印功能调用

4) 日期与时间的设置和读取

5) DOS返回：功能号－**4CH**

1. DOS键盘功能调用

通过DOS功能调用，读从键盘输入的键码到AL。有多个功能调用与键盘输入有关（P158表4-7）

1）单字符输入

调用号01H、06H、07H、08H都能够实现，区别如下：

- 01H：从键盘输入一字符并回显，检查cltr－Break
- 08H：从键盘输入一字符不回显，检查cltr－Break
- 07H：从键盘输入一字符不回显，不检查cltr－Break
- 06H：键盘输入/屏幕输出。
  - 当参数DL＝0FFH时，从键盘输入，若ZF＝0，AL为键码；若ZF＝1，无键按下，AL不是键码。
  - 当参数DL≠0FFH时，表示屏幕输出。

例4-51：交互式程序根据用户输入数字跳转

```
KEY:    MOV   AH, 1          ; 等待从键盘输入
        INT   21H            ; 读入键码→AL
        CMP   AL，‘1’        ; 键码＝’1’?
        JE    ONE
        CMP   AL，‘2’        ; 键码＝’2’?
        JE    TWO
        CMP   AL，‘3’        ; 键码＝’3’?
        JE    THERE
        …
ONE     …
        …
TWO     …
        …
```

例：用不带回显功能输入密码，以回车结束。

```
input:   MOV   AH, 07H     ; 7号功能调用
         INT    21H        ; 键码输入→AL
         MOV  [DI], AL     ; 存入缓冲区
         CMP  AL, 0DH      ; 是回车符?
         JE    check       ; 是，转检查密码
          INT   21H        ; 不是继续输入
         MOV  [DI+1], AL   ; 存入下一个缓冲区
         … …
check:   …
         …
```

2）字符串输入（0AH功能）

入口参数 **DS:DX**＝缓冲区的首地址

[DS:DX]＝设置输入字符串的最大长度

功能号 **AH = 0AH**

类型号 **21H**

出口参数 **[DS:DX+1]**＝实际键入字符数(不含回车符)，从**[DS:DX+2]**开始顺序存放键入的字符串，回车符**0DH**为串尾最后一字符。

- 功能：等待从键盘输入字符串，并存入设定的缓冲区内，同时回显字符串，光标随着移动，回车符使光标回到行首。
- 注意事项：应按要求先定义缓冲区，再调用。

例： 应用0AH功能输入字符串，最大串长为11。

```
buff    SEGMENT          ;定义缓冲区
max     DB  11           ;定义限制最多输入个数
Lenth   DB  ?            ;用于存放实际输入个数
stri    DB  11  DUP(?)   ;用于存放输入的字符串
buff    ENDS
code    SEGMENT
        ASSUME   CS:code, DS:buff
start:  MOV   AX , buff   ;置缓冲区地址于DS:DX
        MOV   DS , AX
        LEA   DX , max
        MOV   AH , 0AH
        INT    21H        ;调0AH输入功能，max后面
        MOV   CH , 0      ;的lenth是实际串长
        MOV   CL , lenth  ;取字符串长度放CX中
        LEA   BX , stri   ;取字符串首址于BX中
        MOV   AL , [BX]   ;应用输入字符
        ……
code    ENDS
```

对应的另外形式语句

- max DB 11
- DB ?
- DB 11 DUP(?)

- MOV CH, 0
- MOV CL, max+1
- LEA BX, max+2

0AH功能执行过程

① 若[DS:DX]字节单元的值为0，则不等待从键盘输入，结束调用。

② 若[DS:DX]字节单元的内容大于0，则等待从键盘输入，并把输入键码顺序存放在DS:DX+2开始的单元，按回车键表示结束输入。当按下键的个数超过[DS:DX]中的值，发出警告声“嘟嘟”，不再接收输入的数据，直到输入回车键。

③ 输入结束后，实际输入的字符个数(不含回车键)→[DS:DX+1]，结束调用。

0AH功能注意事项

① 回车符0DH作为最后输入的字符存放串尾，但不计数。实际最多能输入的字符数＝设定的最大串长－1（回车符占1个）。

② 执行完0AH功能后，DS和DX的值不变，仍指向缓冲区的首地址。

③ 整个缓冲区的大小应为：设定的最大串长度＋2 。

3）检测键盘状态 (0BH功能)

入口参数：无； 功能号：AH = 0BH; 类型号：21H

出口参数：AL= 0FFH/0 , 表示有/无键按下。

- 功能：检测键盘状态（通过检测键盘缓冲区实现）
- 例：利用0BH功能实现按键退出循环。

```
        …
LOOP:   …
        …
        MOV  AH, 0BH      ; 检测是否有键按下
        INT  21H
        CMP  AL, 0FFH     ; 教材上为INC AL/JNZ LOOP
        JNZ  LOOP         ; 无键按下继续循环
        …
        MOV  AH, 4CH      ; 4CH号功能，返回DOS
        INT  21H
```

2. DOS显示功能调用

1）显示单字符（02H功能）

入口参数—DL＝要显示字符的ASCII 码

功能号——AH＝02H　　类型号—21H

出口参数—无

- 实现功能：在显示器上显示指定字符，光标随动；

例：显示字符A

```
MOV    DL, 'A'
MOV    AH, 02H
INT    21H
```

例：使光标回到下一行的行首。

```
MOV    DL , 0DH        ;显示回车符
MOV    AH , 02H
INT    21H
MOV    DL , 0AH        ;显示换行符
MOV    AH , 02H
INT    21H
```

2）显示字符串 (09H功能)

- 入口参数

  ① 定义要显示的字符串，字符串尾应为'$'，作为结束显示的标志。

  ② DS:DX＝字符串的首地址。

- 功能号—AH = 09H;　　类型号—21H

  出口参数—无

- 功能：显示字符串，遇 '$' 停止显示，光标随动。

例： 显示字符串’Welcome To USTC’后返回DOS

```
Data    SEGMENT                          ；定义显示的子符串
Stri    DB  ‘Welcome To USTC’, ‘$’
Data    ENDS
Code    SEGMENT
        ASSUME   CS:Code, DS:Data
start:  MOV   AX,  data                  ；置缓冲区地址于DS:DX
        MOV   DS,  AX
        LEA   DX,  stri
        MOV   AH,  09H                   ；调显示功能
        INT   21H
        MOV   AH,  4CH                   ；返回DOS
        INT   21H
Code    ENDS
        END   start
```

例：利用DOS系统功能调用实现人机对话。根据屏幕上显示的提示信息，从键盘输入字符串并存入内存缓冲区。

```
DATA    SEGMENT
BUF     DB   100                          ；定义输入缓冲区长度
        DB   ？                           ；保留为填入实际输入的字符个数
        DB   100  DUP（？）                ；准备接收键盘输入信息
MESG    DB   ‘WHAT IS YOUR NAME？$’；要显示的提示信息
DATA    ENDS
CODE    SEGMENT
        … …
START:  MOV   AX，DATA
        MOV   DS，AX
         …
        MOV   DX，OFFSET  MESG
        MOV   AH，9                      ；屏幕显示提示信息
        INT    21H
        MOV   DX，OFFSET  BUF
        MOV   AH，10                     ；即0AH功能，接收键盘输入
        INT    21H
         …
```

3. DOS打印功能调用

1）DOS打印功能（05H功能）

入口参数—DL＝要打印内容

（包括打印控制码）

功能号—AH＝05H

类型号—21H

出口参数—无

教材P162例4-56

2）特殊打印命令

控制打印格式

教材P162例4-57

字符码	功能
08H	空格
09H	水平制表TAB
0AH	换行
0BH	垂直制表TAB
0CH	换页
0DH	回车

字符码	功能
0FH	设置紧缩格式
0EH	设置扩展格式
12H	取消紧缩格式
14H	取消扩展格式
1BH 30H	设置每英寸8行
1BH 32H	设置每英寸6行
1BH 45H	设置加重打印
1BH 46H	取消加重打印

4. 日期和时间设置

1）设置日期（2BH功能）

入口参数：CX←年号，DH←月份，DL←日期(1～31)

功能号——AH＝2BH　　类型号——21H

功能：设置系统日期

出口参数：AL＝0　　;设置成功，日期有效

AL＝0FFH　　;无效日期，设置不成功

2）取得日期（2AH功能）

入口参数：无

功能号——AH＝2AH　　类型号——21H

功能：读取系统日期

出口参数：存放格式同设置日期格式，均为二进制数。

3）设置时间（2DH功能）

入口参数：CH←时(0~23)，CL←分(0~59)，

DH←秒(0~59)，DL←百分之一秒(0～99)

功能号——AH＝2DH　　类型号——21H

功能：设置系统时间

出口参数：AL＝0　　;设置成功，时间有效

AL＝0FFH　　;无效时间，设置不成功

4）取得时间（2CH功能）

入口参数：无

功能号——AH＝2CH　　类型号——21H

功能：读取系统时间

出口参数：存放格式同设置时间格式，均为二进制数。

三、BIOS中断调用

- BIOS
  - 驻留在ROM中，通过系统加电自检、引导装入IO设备的管理程序以及接口控制模块。
  - 提供多种中断调用服务，方便用户程序开发。
- 与DOS系统功能调用比较
  - 相同：用户可以直接通过指令预置参数，然后中断调用BIOS中的程序；
  - 不同：1) BIOS中断调用的功能更加“细腻”；

    2) BIOS中断调用与操作系统无关。

❖BIOS功能调用类型

类型号	中断功能	类型号	中断功能
00 H	被零除	11 H	设备检测
01 H	单步	12 H	存储容量
02 H	不可屏蔽	13 H	磁盘I/O
03 H	断点	14 H	通信I/O
04 H	溢出	15 H	盒式磁带I/O
05 H	打印屏幕	16 H	键盘I/O
06 H	保留	17 H	打印机I/O
07 H	保留	18 H	ROM BASIC
08 H	日时钟	19 H	引导
09 H	键盘	1A H	日时钟
0A H	保留	1B H	Ctrl-Break
0B H	串口2	1C H	定时器报时
0C H	串口1	1D H	显示器参数
0D H	硬盘	1E H	软盘参数
0E H	软盘	1F H	图形字符扩展
0F H	打印机	40 H	保留给软盘
10 H	显示器	41 H	硬盘参数

（一）键盘字段调用（INT 16H）

（教材P166表4-12）

AH	功能	返回参数
0	从键盘读一个字符	AL＝字符，AH＝扫描码
1	读键盘缓冲区字符	ZF＝0/1时，AL＝字符缓冲区 / 缓冲区为空
2	取特殊功能键状态（KBFLAG）	AL＝KBFLAG，KBFLAG(B7～B0)为1依次代表Ins、Caps、Num、Scroll、Alt、Ctrl、Left和Right键被按下（激活）。

（对比DOS调用：INT 21H的1、8、6、7号调用）

说明：扫描码是CPU从键盘接口读到的与键所在的行列位置有关的编码。而ASCII码则是接口程序根据扫描码通过查表方式进行翻译转换的结果。

（二）显示和屏幕设置中断调用（INT 10H）

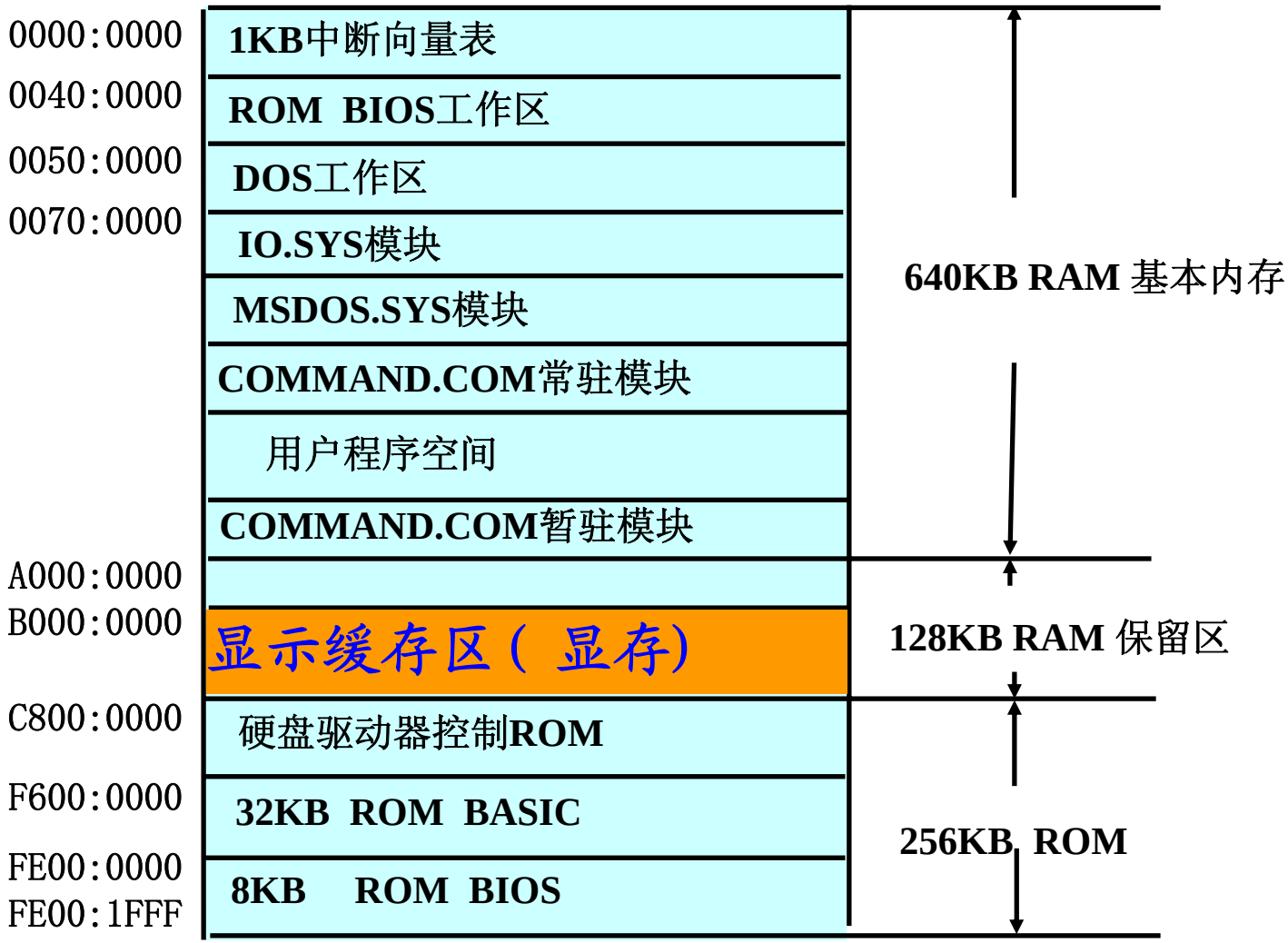
（教材P166表4-13）

AH	功能	入口参数	出口参数
0	初始化CRT	AL＝CRT工作方式	
1	置光标类型	CX＝光标开始、结束行	
…	…	…	…
8	读光标处字符属性	BH＝页号	AH＝属性，AL＝字符
…	…	…	…
0FH	读当前状态		AH＝字符列数

（对比DOS调用：INT 21H的2、6、9号调用）

DOS环境下的显示器属性

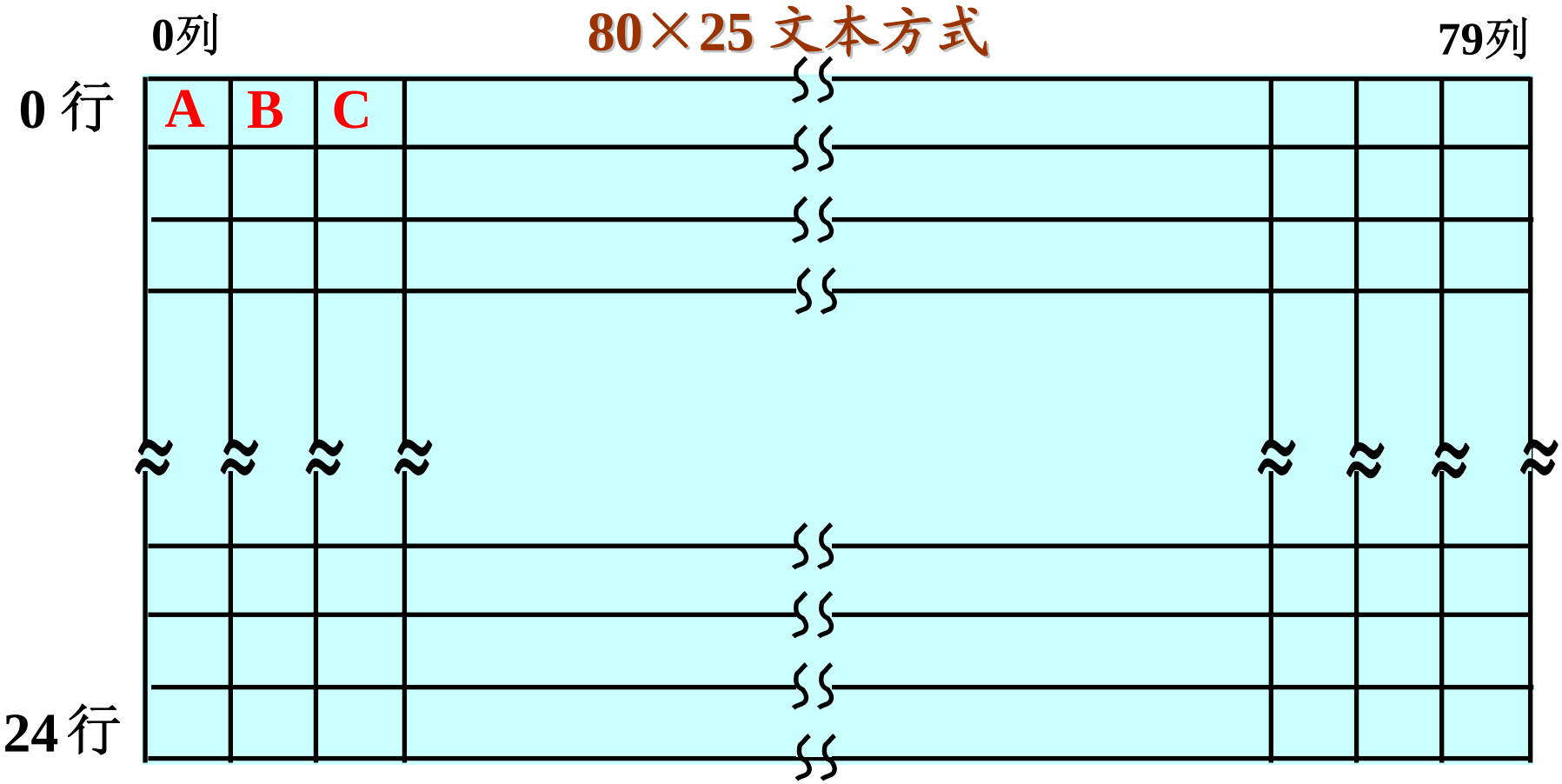
屏幕上各象素的显示信息，存放在显示缓冲区(显存)中



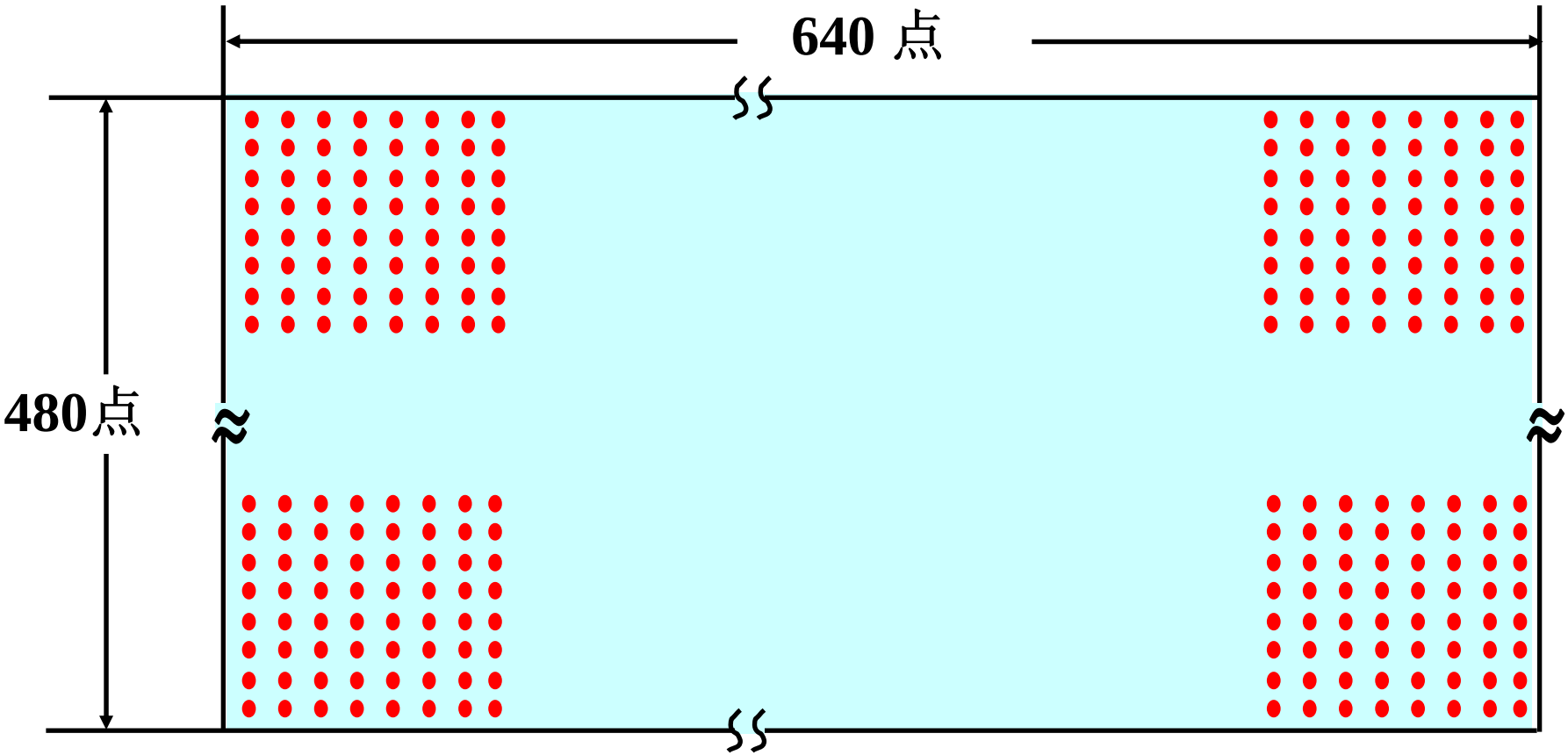
显示器有两种显示方式:

- 文本方式:
  - 将屏幕划分为若干行和列，在每个网格位置上显示象素，
  - 一个字符是一个象素。
- 图形方式:
  - 将屏幕划分为 m×n的点阵，在每个点的位置显示象素，
  - 一个点是一个象素。

- 文本方式
  - 将屏幕划分为 m列和n行 (m × n)，在每个网格位置上显示象素，一个字符是一个象素。

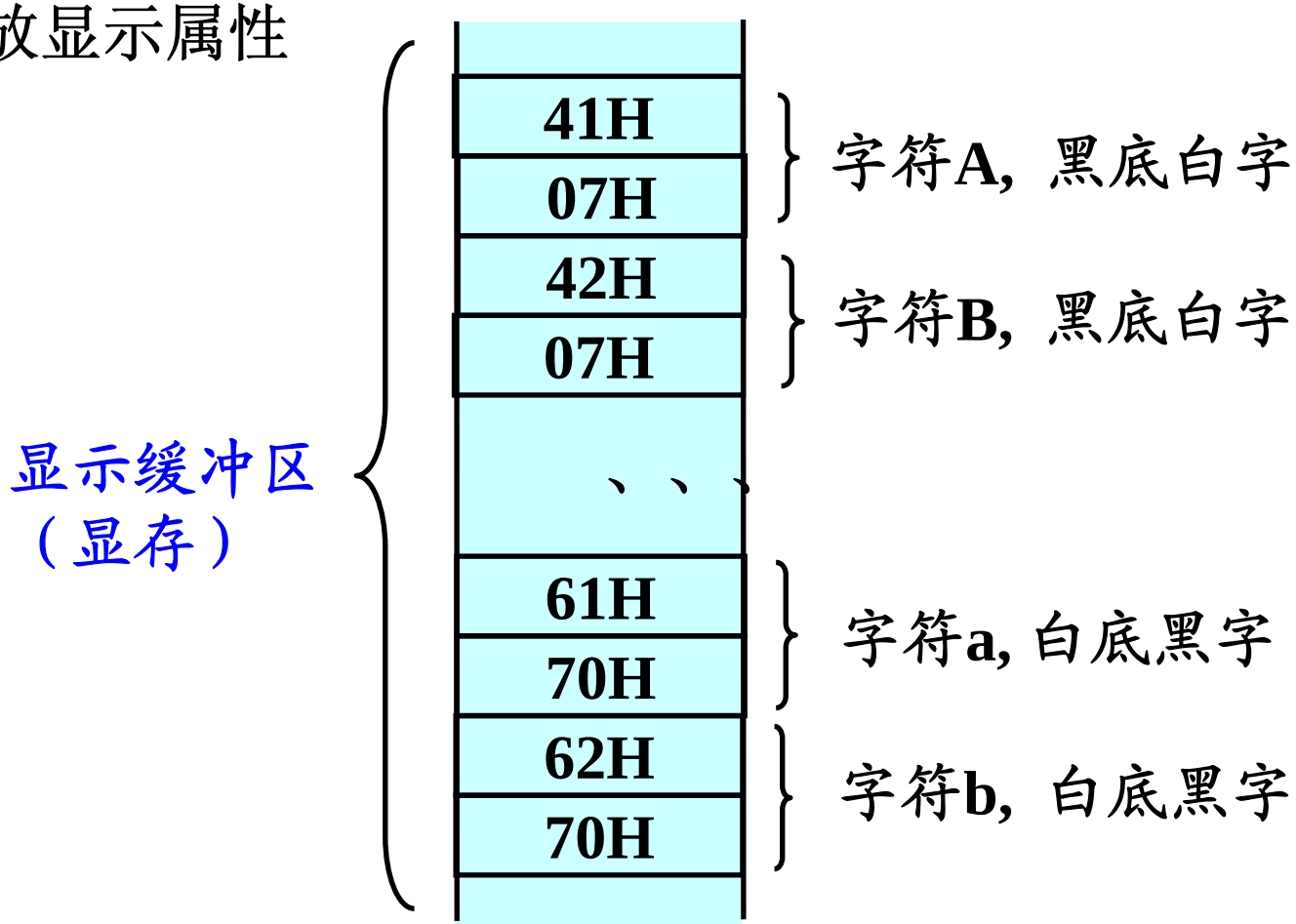


- 图形方式:
  - 将屏幕划分为 m×n的点阵，在每个点的位置显示象素，一个点是一个象素。

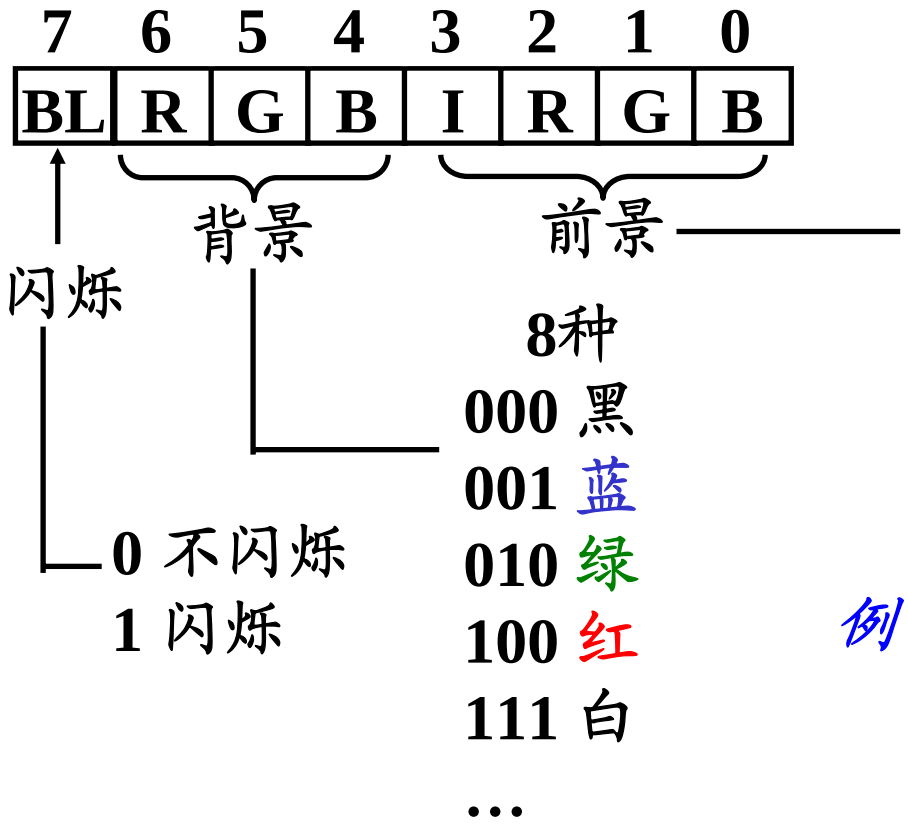


640 × 480 图形方式

- 在文本方式下，对应屏幕上的每个字符，在显示缓冲区中占用两个单元：
  - 一个存放ASCII码
  - 一个存放显示属性



属性字节的含义：



例 **10000111B 或 87H**

表示黑底白字，闪烁

01110000B 或70H

表示白底黑字，不闪烁

- 根据显存大小，可存储若干页的字符象素。
- 例：**16KB** 显存能存储
  - **80×25**方式，**4**页**(0 ~ 3)**，

    80×25×2×4 =16,000Byte

  - **40×25**方式，**8**页**(0 ~ 7)**，

    40×25×2×8 =16,000Byte

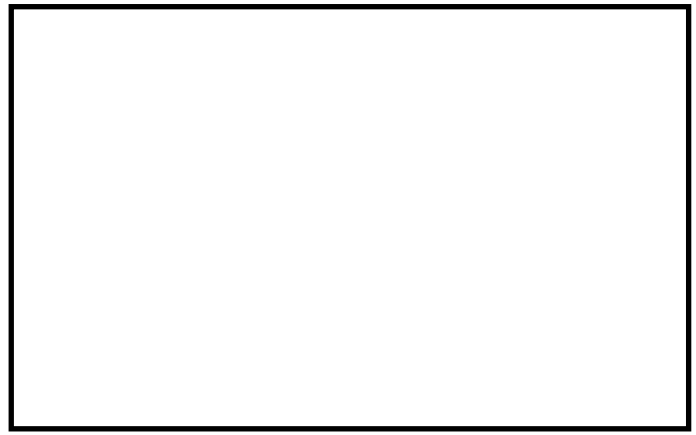
1. 设置显示方式

- 入口参数　**AL = 显示方式值**

00	**40×25**	黑白文本方式
01	**40×25**	彩色文本方式
02	**80×25**	黑白文本方式
03	**80×25**	彩色文本方式
04	**320×320**	彩色图形方式

- 功能号　**AH = 00H**
- 类型号　**10H**
- 出口参数　无
- 实现功能　将显示方式设置为指定形式

2. 清屏、清窗口功能



- 入口参数　**AL = 0**

  CH ＝ 窗口左上角行号

  CL ＝ 窗口左上角列号

  DH ＝ 窗口右下角行号

  DL ＝ 窗口右下角列号

  BH ＝ 窗口属性

- 功能号　**AH = 06H 或 AH = 07H**
- 类型号　**10H**
- 出口参数　无
- 实现功能　按给定属性清除指定的窗口内容

- 例1：将显示方式设置为 80×25 彩色文本方式

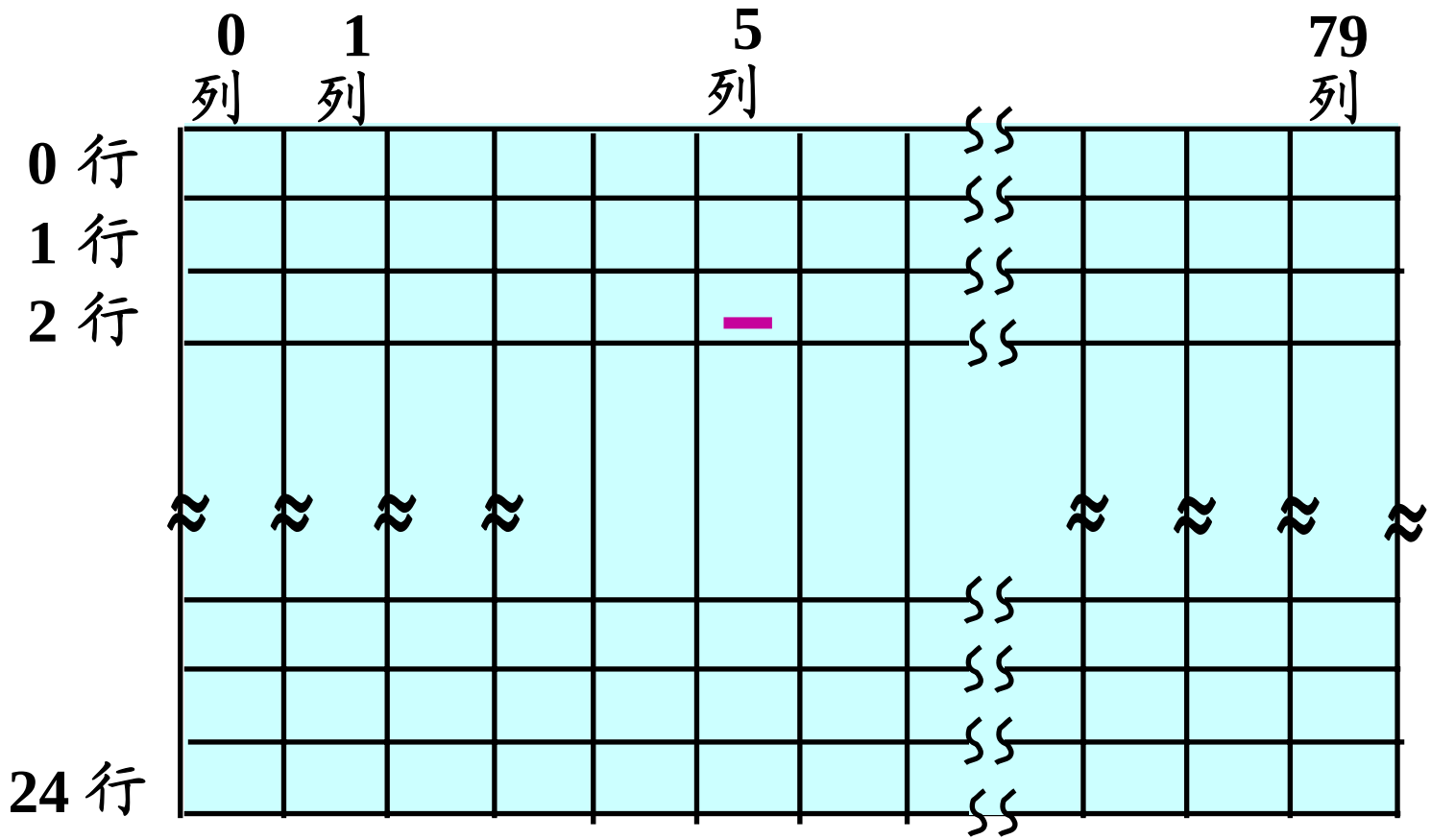
```
MOV    AL, 03H
MOV    AH, 00
INT    10H
```

- 例2：清屏并将其属性置为反白(白底黑字)显示。

```
MOV   AL, 0          ;清屏功能
MOV   BH, 70H        ;白底黑字
MOV   CH, 0          ;左上角 行号
MOV   CL, 0          ;左上角 列号
MOV   DH, 24         ;右下角 行号
MOV   DL, 79         ;右下角 列号
MOV   AH, 6          ;功能号
INT    10H           ;中断调用
```

3. 置光标位置

- 光标控制开始显示的位置，
- 计算机有专门的硬件控制光标的显示大小、位置。
- 光标只在文本方式中出现，在图形方式下光标消失。



置光标位置

入口参数　DH = 行号
　　DL = 列号
　　BH = 页号

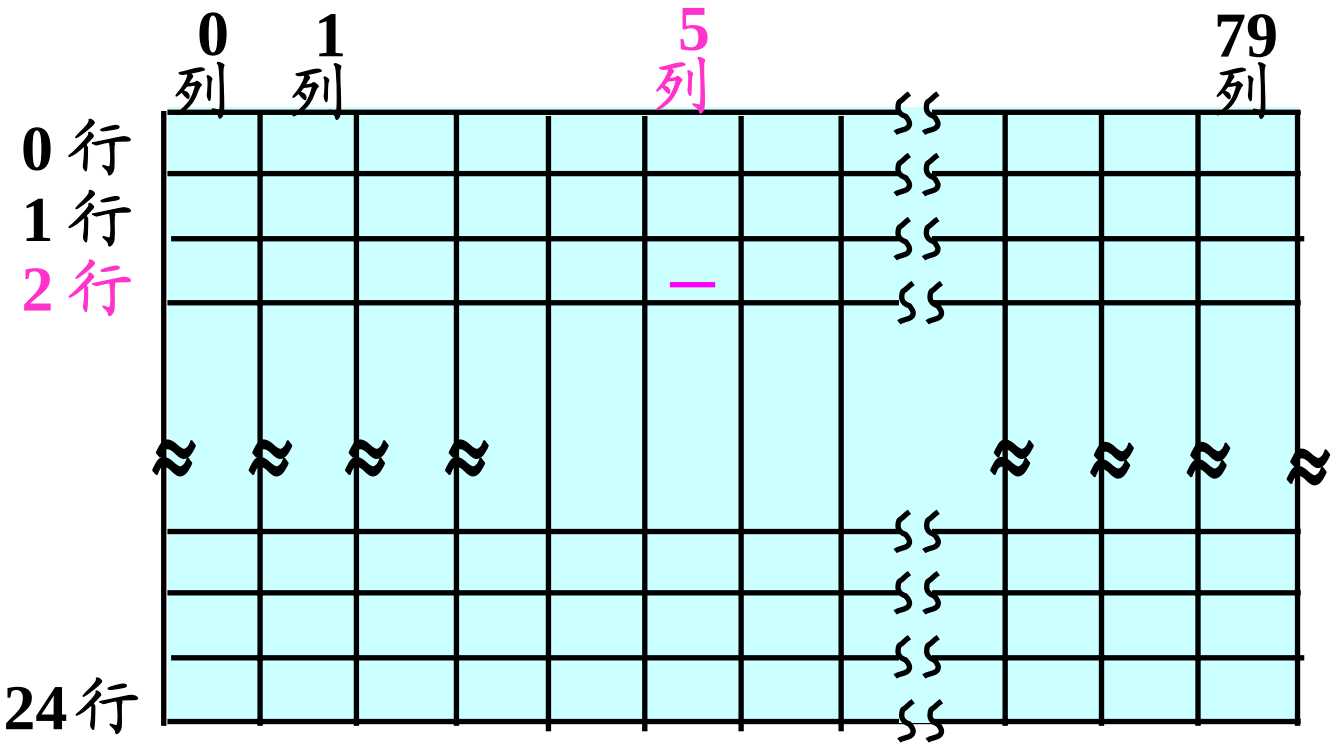
功能号　AH= 02H

类型号　10H

出口参数　无

例：将光标设置在2行5列位置

```
MOV   DH, 2
MOV   DL, 5
MOV   BH, 0
MOV   AH, 2
INT   10H
```



（三）打印中断调用（INT 17H）

（教材P167表4-14）

AH	功能	入口参数	出口参数
0	指定字符在指定打印机上打印	DX＝打印机号， AL＝待打印字符	AH＝打印机状态
1	初始化打印机	DX＝打印机号 *AL＝初始化命令*	AH＝打印机状态
2	读打印机状态	DX＝打印机号	AH＝打印机状态

（对比DOS调用：INT 21H的5号调用）

说明：1）DX最多指定三台打印机(三个并行口)，机号0～2。

2）AH返回的打印机状态字节（B7～B0）的含义见教材P168图4-8。

（四）时间设置与读取（INT 1AH）

（教材P168表4-15）

AH	功能	入口参数	出口参数
0	读取时间		CH:CL＝时:分
1	设置时间	CH:CL＝时:分 DH:DL＝秒:1/100秒	
2	读时钟 （AT机以后）	（BCD码）→	CH:CL＝时:分 DH:DL＝秒:1/100秒
6	置报警时间 （AT机以后）	CH:CL＝时:分 DH:DL＝秒:1/100秒	←（BCD码）
7	消除报警		

（对比DOS调用：INT 21H的2CH和2DH号调用）

（五）串行通信功能调用（INT 14H）

（教材P169表4-16）

AH	功能	入口参数	出口参数
0	初始化串口	AL＝初始化参数 DX＝通信口号 0－COM0，1－COM1	AH＝通信口状态 AL＝调制解调器状态
1	向串口写字符	AL＝所写字符 DX＝通信口号 0－COM0，1－COM1	AH7＝0，成功 AH7＝1，失败 AH6～0，通信口状态
2	从串口读字符	DX＝通信口号 0－COM0，1－COM1	AH7＝0，成功 AH7＝1，失败 AH6～0，通信口状态
6	取串口状态	DX＝通信口号 0－COM0，1－COM1	AH＝通信口状态 AL＝调制解调器状态

- 说明：
  - 1）AH＝0时对串口初始化，初始化参数AL的含义：

AL：

7	6	5	4	3	2	1	0
设置波特率			奇偶校验设置		Stop位长度	字长选择	

  - 2）返回参数：通信口状态字节AH中的各位含义（等同于INS8250串行接口芯片中的LSR）

AH：

7	6	5	4	3	2	1	0
0	TSRE	THRE	BI	FE	PE	OE	DR

调制解调器状态字节AL中的各位含义等同于INS8250串行接口芯片中的MSR（具体内容在第十章介绍）。

内容

- 4-0 概述
- 4-1 汇编语言程序格式
- 4-2 MSAM中的表达式
- 4-3 伪指令语句
- 4-4 DOS系统功能调用和BIOS中断调用
- **4-5 程序设计方法**
- 4-6 宏汇编和条件汇编

程序设计基本要求

- 实现基本功能，能够正确和正常运行；
- 结构模块化，简明、简捷、易读、易于调试、易于维护；
- 数据组织合理，充分发挥**CPU**、**Reg**和存贮器的作用，占用系统资源少；
- 代码量小、执行速度快。

程序设计的一般方法与步骤

- 模块化设计方法：“自顶向下，逐步细化”
- 汇编语言与高级语言的程序设计步骤基本相同

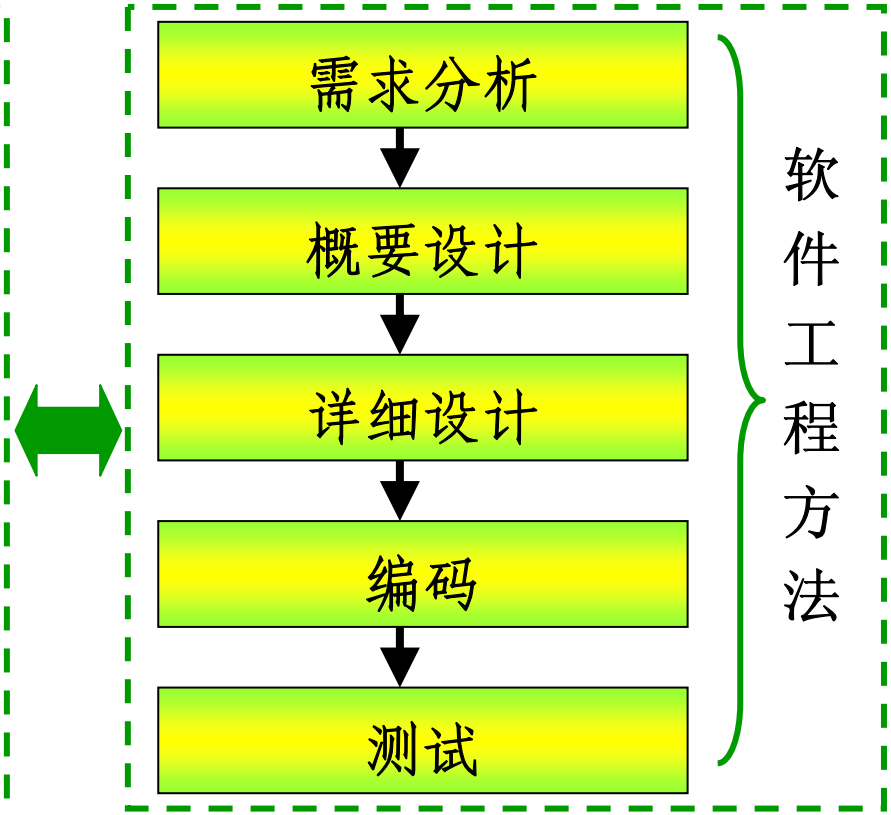
① 分析问题并抽象出数学模型。

② 确定最佳算法。

③ 画出程序结构框图和流程图。

④ 合理分配内存工作单元和寄存器，并了解I/O接口地址。

⑤ 编程并调试（有时需用注释行说明，便于阅读和维护）



程序结构

- 教材介绍四种结构：

1. 顺序结构
2. 分支结构
3. 循环结构
4. 子程序结构

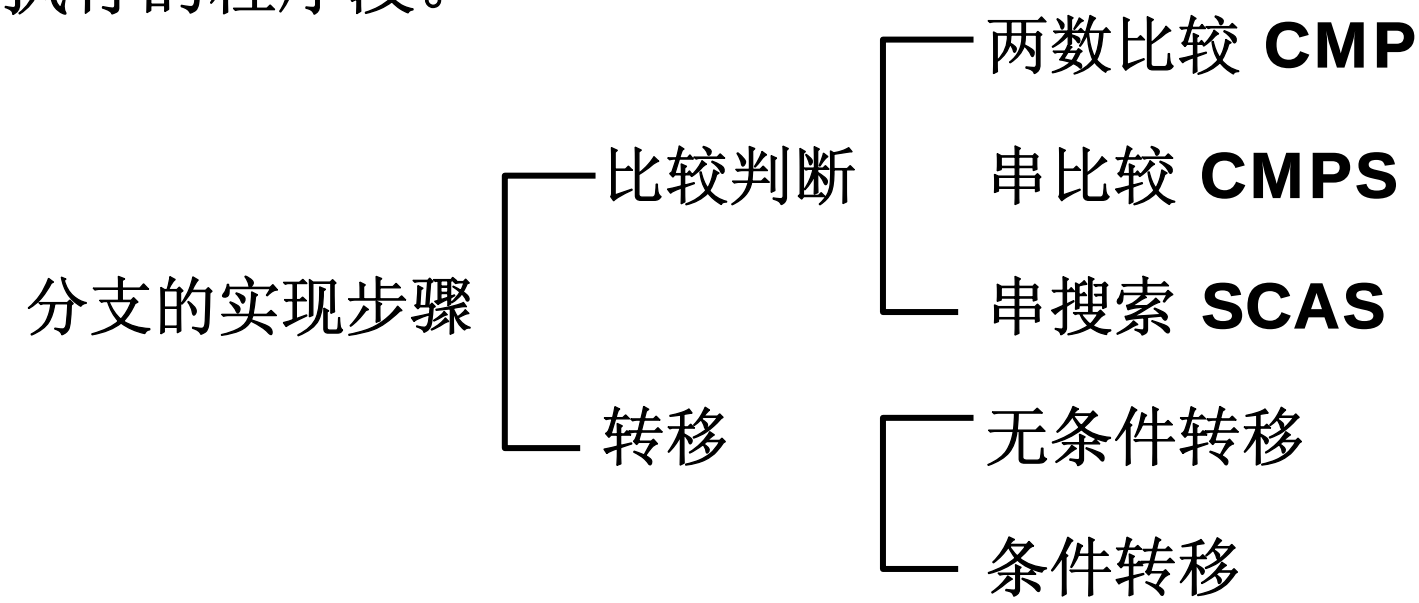
- 前三种是基本的程序结构，奠定了实现任何复杂程序的基础。

1）顺序结构

- 直线程序。按事件发展的先后，选择合适的指令有序地加以组合。

2）分支结构

- 程序在顺序执行过程中，根据不同的计算结果或者不用的条件，由计算机自动判断和选择下一步所要执行的程序段。



3）循环结构

- 循环程序是在满足某些条件时对一段程序的重复执行，一般由四部分组成:

① 初始化：设置循环记数值(次数)和变量初值；

② 循环体：循环核心部分，满足条件时需执行的程序段；

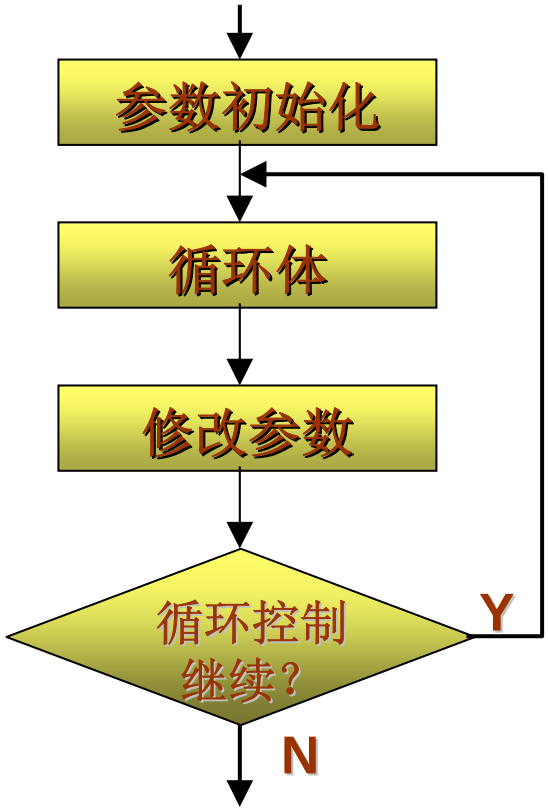
③ 修改参数：修改源和目的操作数地址；

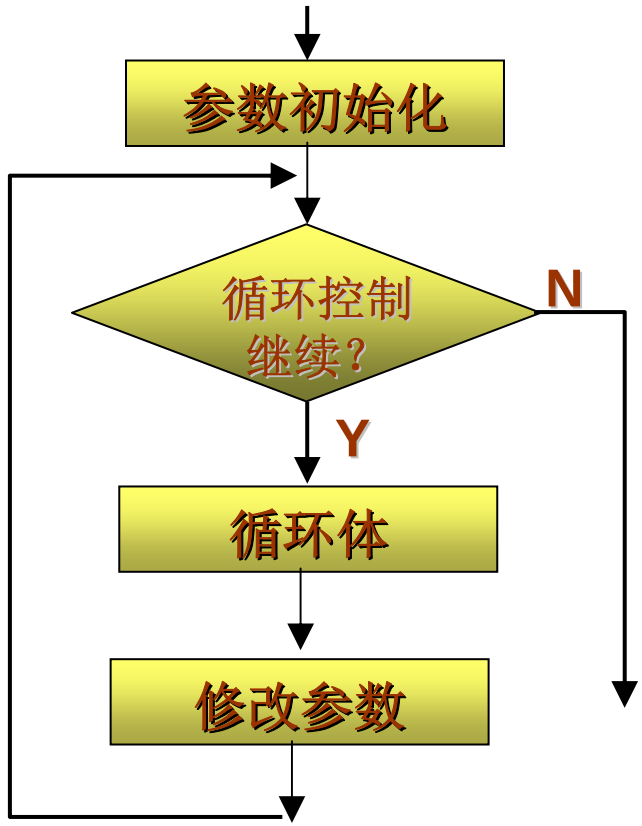
④ 循环控制：修改记数器值，判断控制条件，决定是否继续或者结束循环。

判断的两种形式：

（1）先执行后判断（do—while）：先执行循环体至少一次，再判断是否结束。适用于次数固定的循环。

（2）先判断后执行：先判断结束条件，再决定是否执行循环体。适用于次数不固定的循环。





- 教材P176例4-69：先执行，后判断。
  - 流程图P178图4-16
  - 注意：① BX中有4位十六进制数

    ② HEX数‘0’~’9’和 ‘A’ ～’F’的ASCII码不连续

    ③ 显示1位字符用功能2的DOS调用。

- 教材P176例4-70：先判断，后执行。

循环控制方法

- 每个循环程序必须选择一个循环控制条件，控制循环的运行和结束。常用控制条件（方法）有：

1) 计数控制——循环次数已知，每循环一次加/减1。

2) 条件控制——循环次数未知，须根据条件控制循环。

3) 状态控制——根据事先设置或实时检测的状态来控制循环。

4) 逻辑尺控制——多次循环过程中分别做不同的操作时，可设置位串（逻辑尺）控制循环。逻辑尺是自左至右对应执行次数的二进制位串。每次循环逻辑尺左移一位，再根据CF=1或0执行不同的操作。

4）子程序设计和调用技术

- 子程序不是一种基本的程序结构，但在程序设计时合理使用子程序是实现模块化程序设计的重要技巧。
- 有两种子程序：

① 重复使用的程序段或具有通用性、便于共享的程序段（键盘处理、代码转换）；

② 中断处理子程序：中断处理随机产生，对其处理只能采用子程序的形式。

与子程序有关的术语

- **子程序嵌套**：子程序中调用别的子程序称为嵌套，只要堆栈空间允许，嵌套层次不限。
- **子程序递归调用**：子程序调用该子程序本身称为递归调用。
- **可重入子程序**：能够被中断并可再次被中断程序调用的子程序。
- **可重定位子程序**：全部采用相对地址、可重定位在内存任意区域的子程序。

(1) 子程序必须用过程定义语句定义

一般采用**FAR**属性，同一代码段可用**NEAR**，调用时的属性应与过程的属性对应。

```
CALL  FAR PTR PROG
…
ENDP
```

(2) 使用**CALL**须注意：

①保护断点

②保护寄存器内容

③主程序和子程序之间参数传递

(3) 子程序必要的说明

① 功能描述：名称、功能及性能；

② 子程序用到的寄存器及存储器单元，以便在调用时进行保护；

③ 入口参数和出口参数；

④ 子程序调用其它子程序的名称。

- 主程序和子程序之间参数传递

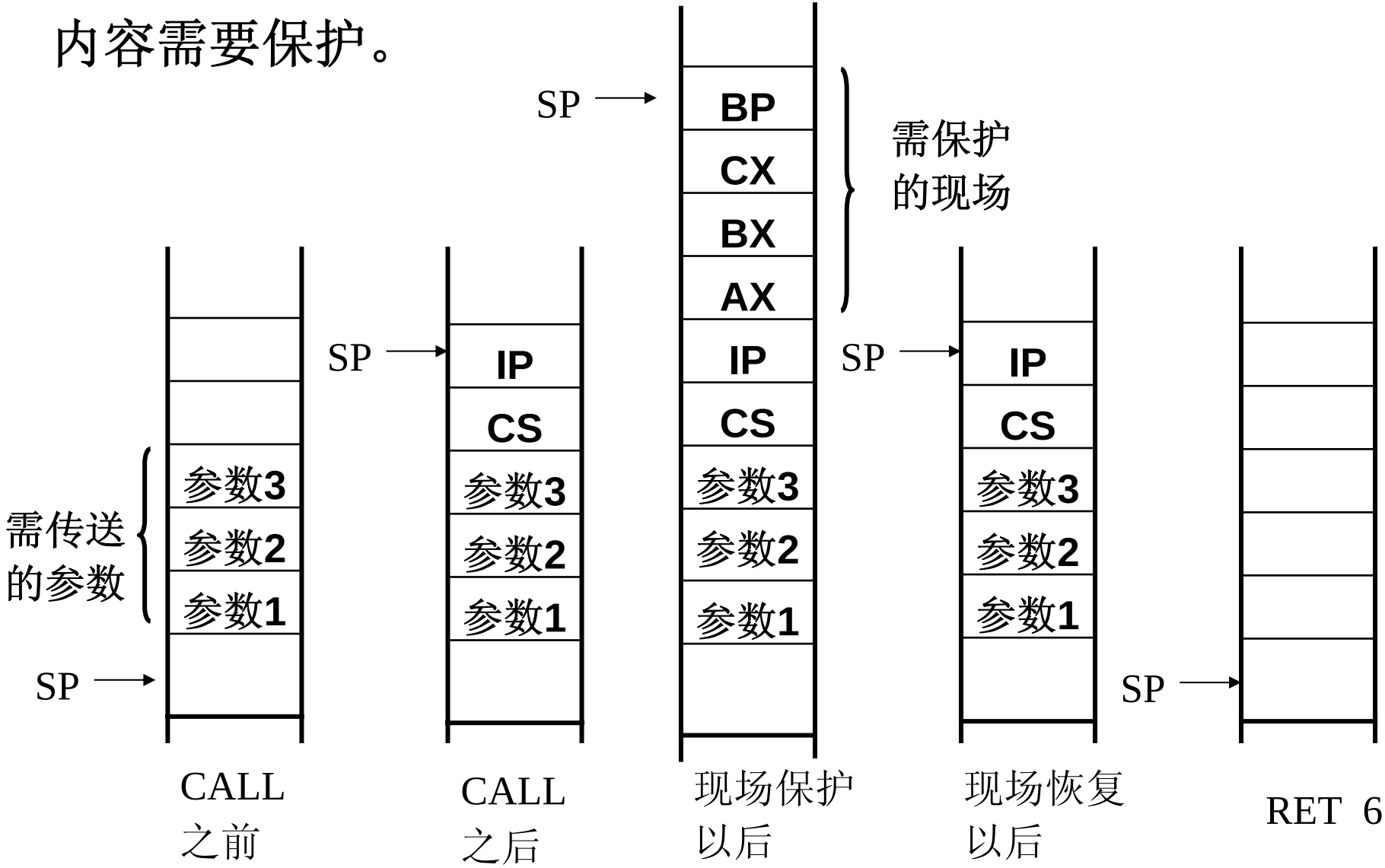
a. 寄存器传递。传递速度快，适合参数较少的场合。

b. 存储器传递。须建参数表，适合参数较多的场合

c. 堆栈传递。参数较多时可用，适合子程序嵌套和子程序递归调用。

利用堆栈传递参数以及保护现场的过程示意图

假设：段间调用，三个参数需要传送，四个16位寄存器的内容需要保护。



习题4－2

P206：

6、 7

9、 11

13、 15

18（递归调用，选作）

19

21 （只要求做前半题）

内容

- 4-0 概述
- 4-1 汇编语言程序格式
- 4-2 MSAM中的表达式
- 4-3 伪指令语句
- 4-4 DOS系统功能调用和BIOS中断调用
- 4-5 程序设计方法
- **4-6 宏汇编和条件汇编**

一、宏汇编

- **宏：** 源程序中一段独立的代码段（一连串的操作）。该段代码被定义为“宏(指令)”之后，即可用宏代替原来的代码，可以在程序中反复调用。
- 宏可以看作是汇编语言源程序的编写者自定义的组合指令
- 宏只存在汇编语言源程序中，在经过汇编后，宏就被展开。
- *学习要点：宏调用中的参数传递。*

1）宏定义：

- 格式：宏指令名　MACRO　形参[1,形参2…]

  宏体

  ENDM

- 说明：
  - 宏指令名：宏定义的名字，以字母开头，不可缺省。
  - MACRO…ENDM：宏定义伪指令助记符。ENDM前后不带宏指令名。
  - 宏体：一段具有独立功能的程序代码段
  - 形参：形式参数，又称为哑元，可缺省。多个形参之间必须用逗号隔开。

2）宏调用

- 格式：宏指令名　实参[1，实参2...]
- 说明：
  - 已定义的宏可被调用，调用时实参与形参必须对应。

3）宏展开

- 汇编程序在对汇编源程序进行汇编时，对每一个宏调用进行展开，即用宏体代替源程序中的宏指令名，用实参代替宏指令中的形参，每条插入的宏体指令前带上“＋”符号。
- **P198例4-83**

4）宏调用中的参数传递

- 调用时，用实参代替形参。实参可以是数字、寄存器或(部分)操作码。
- **P198例4-85：任意寄存器右移任意次（<256次）**

宏定义：

```
SHIFT MACRO  N，M
        MOV  CL，N
        SAR  M，CL
        ENDM
```

宏调用1：

```
        SHIFT  4，AL
```

宏调用2：

```
        SHIFT  6，DI
```

宏展开1：

```
  ＋MOV CL，4
  ＋SAR  AL，CL
```

宏展开2：

```
  ＋MOV CL，6
  ＋SAR  DI，CL
```

- 宏定义可用“部分操作码”作为参数，但在宏定义体中必须用‘&’作为分割符。
- **P199例4-86**

宏定义：

```
SHIFT MACRO  N，M，P
        MOV  CL，N
        SAR  M，CL
        S&P  M，CL
        ENDM
```

宏调用1：

```
        SHIFT  3，AX，HR
```

宏调用2：

```
        SHIFT  5，BH，AL
```

宏展开1：

```
  ＋MOV CL，4
  ＋SAR AX,CL
  ＋SHR  AX，CL
```

宏展开2：

```
  ＋MOV CL，5
  ＋SAR BH,CL
  ＋SAL  BH，CL
```

5）宏定义嵌套

- 宏定义中可以宏调用，但是必须先定义后调用。

例4－89，先定义宏DBF，然后在宏DBFS定义中调用DBF

```
DBF   MACRO  P，Q
      MOV  BX，P
      ADD  AX，Q
      ENDM
DBFS  MACRO X1，X2，X3
      PUSH  AX
      PUSH  BX
DBF   X1，X2
      MOV  X3，AX
      POP  BX
      POP  AX
      ENDM
```

宏调用：

```
DBFS 3AC0H，BX，[3AC4H]
```

宏展开：

```
＋PUSH  AX
＋PUSH  BX
＋DBF  X1，X2          ；不占内存
＋MOV  BX，3AC0H  ；DBF宏展开
＋ADD  AX，BX
＋MOV  [3AC4H]，AX
＋POP  BX
＋POP  AX  …… 
```

- 宏定义中允许嵌套，即宏定义体中又包括宏定义。
- 例4-90

```
DEFM  MACRO  MACN，OPER
MACN MACRO  A，B，C
        PUSH   AX
        MOV AX，A
        OPER AX，B
        MOV C，AX
        POP AX
        ENDM
        ENDM
```

MACN是内层宏定义名，也是外层宏定义的形参。

OPER是外层的形参，在调用时，实参可以使用不同的操作码，从而实现不同的功能

6）其它宏指令

① 取消宏指令

格式：**PURGE 宏指令名[1，宏指令名2，…]**

P.201 例4-91：宏指令名**SUB**与指令助记符重名，出现重名时宏指令优先，使得同名指令或伪指令失效。宏调用后使用**PURGE**取消宏定义。

② 重复执行宏指令语句

格式： **REPT** 表达式 ；表达式为重复次数

宏体

ENDM

P.202 例4-92

③ 带参数的重复执行宏指令

格式：　**IRP**　形参 <参数表>；参数表是每次重复时

　　宏体　　；的参数，重复执行时

　　ENDM　　；依次带入形参中。

P.202 例4-93。

④ 带字符串的重复执行宏指令

格式：　**IRPC**　形参 <字符串>；与上面类似，每次重

　　宏体　　；复执行时，依次将字

　　ENDM　　；符带入形参中。

P.203 例4-94。字符串也可以不用< >，直接用’’

7）宏指令与子程序的区别

① 完成操作的主体不同 （过程:CPU，宏:汇编程序）

② 执行速度不同 （过程:速度较慢，宏:快）

③ 占用存储空间不同 （过程:占用少，宏:占用多）

④ 灵活性不同 （过程:灵活性较低，宏:灵活性高）

——形参使得宏更有魅力

二、条件汇编

- 条件汇编
  - 汇编程序对给定条件进行测试，并根据结果决定是否对某段程序进行汇编处理。
- 格式：

```
IF      条件（表达式）
        指令体1          ；T汇编指令体1
ELSE    指令体2          ；F汇编指令体2
        ENDIF
```

- 条件汇编的几种形式（P204表）

语句	条件	说明
IF	表达式	表达式值不等于0时为T（条件满足）
IFE	表达式	表达式值等于0时为T （条件满足）
IFDEF	符号	符号已定义或被说明为外部符号为T
IFDEFE	符号	符号未定义或未说明为外部符号为T
IFB	参数	参数为空时为T
IFNB	参数	参数不为空时为T
IFIDN	字串1, 字串2	两个字符串相同时为T
IFDIF	字串1, 字串2	两个字符串不同时为T

程序设计题：

用8086汇编语言设计一ATM机存取款软件的用户界面。要求进系统后屏幕显示“欢迎使用本系统”，另起行显示“输入密码：”。

允许三次输入密码，出错后可重新输入，三次输入都出错则返回DOS。密码输入正确即进入本人帐号，并在屏幕上显示：

“1 返回DOS　2 查阅余额　3 存款　4 取款”

然后根据所按的1，2，3，4键选择所需工作方式。

以上各方式有如下功能：

1 返回DOS-- 退出小系统，返回DOS

2 查阅余额-- 显示本人帐号内余额（元）

3 存款-- 输入存款数目，即与余额相加

4 取款-- 输入取款数目，即与余额相减

按2，3，4键即进入相应方式，以ENTER键结束，结束后再显示：

“1 返回DOS　2 查阅余额　3 存款　4 取款”

说明：①屏幕显示可用英文，②帐号内要求存款额不小于十进制6位数。

习题4－3

P206：

23

24

25（选作题）