

《汇编语言与接口技术》

实验指导

河南大学计算机与信息工程学院

2024. 9

汇编语言实验环境和要求

《汇编语言》是计算机及计算机类专业学生的专业基础课，是培养学生直接使用计算机硬件资源能力的一门课程。它不仅能帮助学生进一步理解计算机组成原理课程中的各种概念，而且还为其他课程：操作系统、接口与通信技术和计算机控制技术课程提供必要的预备知识。该课程在计算机学科设置中起着承上启下的作用。

一、实验环境

（一）DOSBOX 版

由于 64 位系统不支持直接的 DEBUG 调试，本课程采用 DOSBox 软件模拟 16 位环境完成汇编实验。实验环境设置过程如下：

（1）在某个盘符的根目录下创建源程序工作文件夹。

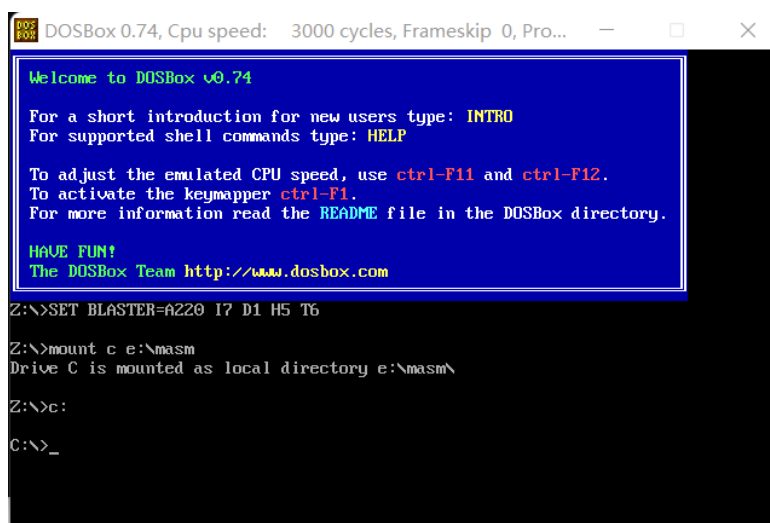
工作文件夹中需包含 5 个环境文件：汇编程序 MASM.EXE、连接程序 LINK.EXE、汇编连接程序 ML.EXE、汇编链接错误提示 ML.ERR、调试环境 DEBUG.EXE。

（2）安装 DOSBox 软件，启动并设置。

设置命令：mount <虚拟盘符> <实际工作目录路径>

若工作文件夹建立在 E 盘下 masm 文件名，则设置命令及界面显示如下：

```
mount c: e:\masm
```



（3）使用记事本等文本编辑器（建议使用 notepad++.exe）编辑汇编语言源文件，保存为.asm 文件，源文件需放置于汇编工作目录下。

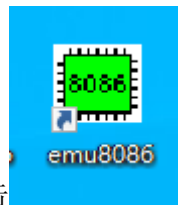
（4）在 DOSBox 命令行下进入虚拟盘符，对 asm 源文件进行汇编、连接，无

语法错误时，生成 exe 可执行文件。

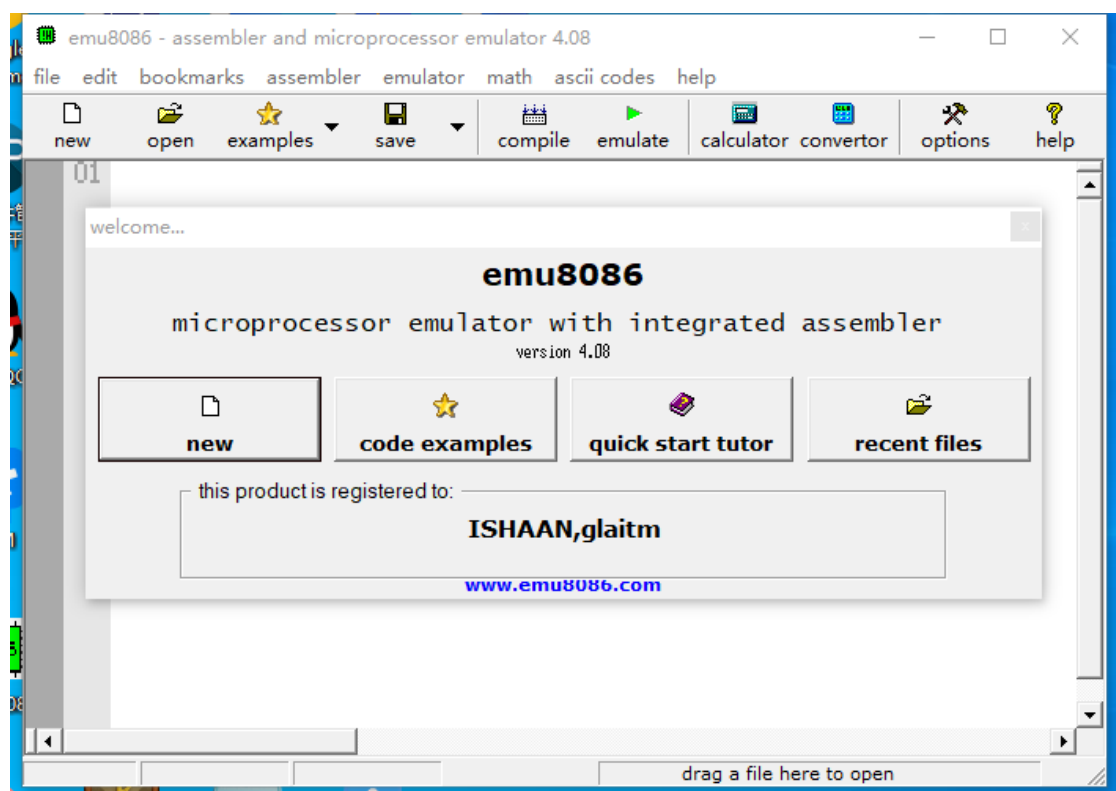
(5) 使用 DEBUG.EXE 调试汇编语言源程序。

(二) emu8086 版

emu8086 (8086 汇编模拟工具) 最新版是款编程人员经常使用的汇编模拟工具。EMU8086 是一种学习汇编的工具，它结合了一个原始编辑器、组译器、反组译器、具除错功能的软件模拟工具（虚拟 PC），还有一个循序渐进的指导工具。它会在模拟器中一步一步的编译程序码并执行，可视化的工作环境让它更加容易使用。你可以在程序执行当中检查寄存器、标志以及内存。模拟器会在虚拟 PC 中执行程序，这可以隔绝你的程序，避免它去存取实际硬件，像硬盘、内存，而在虚拟机上执行汇编程序，这可以让除错变得更加容易。该软件还提供了样例代码和简单的教程供参考。

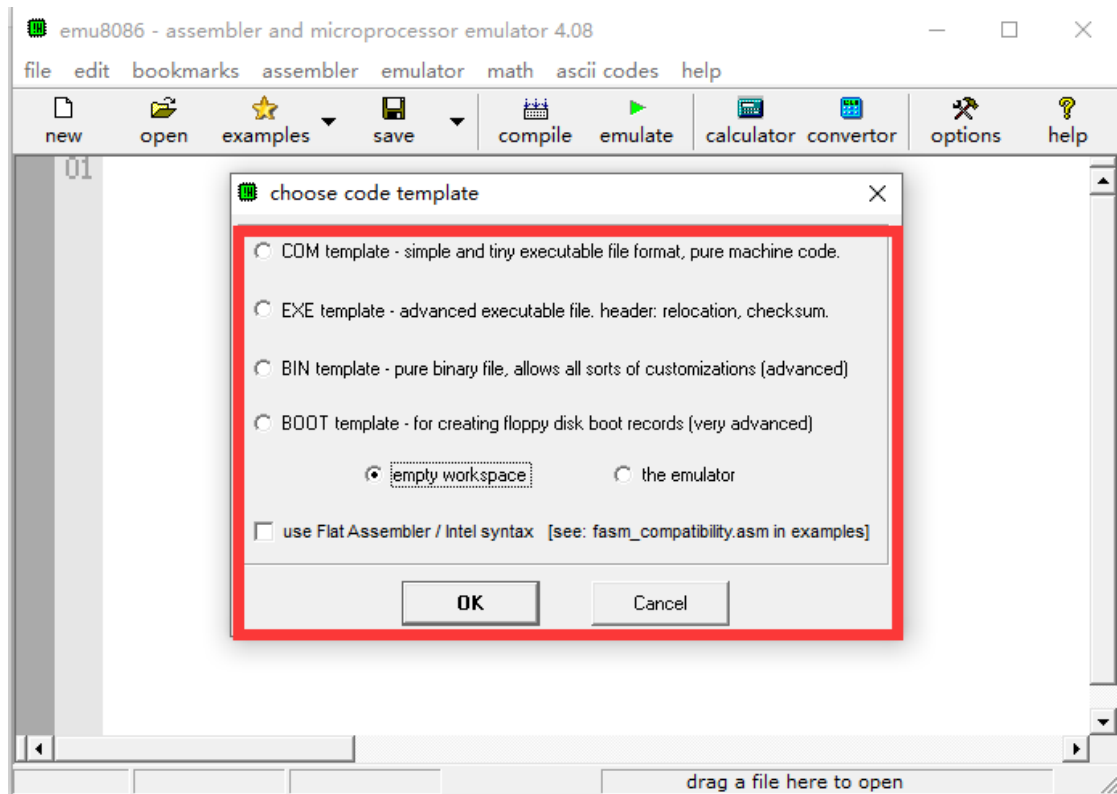


网络上下载安装包后，双击图标打开程序。



选择【new】用于创建新的汇编语言程序。在生成程序模板时，按照程序的运行特点选择 com、exe、bin、boot、空工作区或者模拟器等 6 种类型之一进行

后续工作。



后续的调试方法见程序的帮助文件【Using the emulator】。

二、PC 机 DEBUG 调试工具的使用

DEBUG. EXE 程序是专门为分析和开发汇编语言程序而设计的一种调试工具，具有跟踪程序执行、观察中间运行结果、显示和修改寄存器或存储单元内容等多种功能。是学习汇编语言必须掌握的调试工具。

（一）DEBUG 程序使用

在命令提示符下键入命令：

DEBUG [盘符:][路径][文件名. EXE][参数 1][参数 2]

这时屏幕上出现 DEBUG 的提示符“-”，表示系统在 DEBUG 状态下，此时可以用 DEBUG 命令进行程序调试。在 DEBUG 环境下，默认采用十六进制数制，所有数值不需要带数制后缀。

若进入 DEBUG 的命令中将所有的参数都省略，则仅进入 DEBUG 环境，内存中不包含特定的程序和数据。此时，可写入指令和数据进行验证调试，也可以使用 N 或者 L 命令从指定盘上装入要调试的程序。如果进入 DEBUG 的命令中包含文件名，则进入 DEBUG 环境的同时，将指定程序调入内存，当前程序的代码段作为

默认的 CS 段，从 0 单元保存。

（二）DEBUG 的常用命令

DEBUG 命令都是单字母命令，按照不同命令的格式其后可加上一个或多个参数，若包含多个命令参数，其间用空格作为分隔符。DEBUG 命令不区分大小写。

（1）汇编命令 A

格式：A[起始地址]

功能：以汇编指令的形式输入代码，系统自动将汇编指令翻译成机器指令代码，并从默认或指定地址单元开始存放。

若缺省起始地址，则从当前 CS: 100 地址开始存放。A 命令按行汇编，主要是用于小段程序的汇编或对目标程序的修改。

举例：

- 命令：A 含义：从默认地址输入汇编指令；
- 命令：A 1000:20 含义：从地址为 1000H:20H 的单元输入汇编指令；
- 命令：A CS:1000 含义：从 CS 段的 1000H 单元输入汇编指令；

（2）反汇编命令 U

格式 1：U[起始地址]

格式 2：U[起始地址][结束地址|字节数]

功能：格式 1 从指定起始地址处开始将 32 个字节的目标代码(非 32 条指令)转换成汇编指令形式，如果省略起始地址，则从当前 CS:IP 指向地址开始反汇编、或接着上次 U 命令继续反汇编。

格式 2 将指定范围的内存单元中的目标代码转换成汇编指令。注意，这里的反汇编是以指令为单位进行显示。

举例：

- 命令：U 含义：查看默认地址的汇编指令，默认条数；
 - 命令：U 0 含义：从 0 地址查看汇编指令，默认 CS 段；
 - 命令：U 0 50 含义：查看地址 0 到 50H 的汇编指令，默认 CS 段；
- 地址范围要确认该范围中所有指令都是完整的。
- 命令：U DS:0 含义：将 DS:0 地址中的内容当作指令，查看默认条数；

界面说明：

-u0		
13C8:0000	CD20	INT 20
13C8:0002	FF9F009A	CALL FAR [BX+9A00]
13C8:0006	EE	OUT DX,AL
13C8:0007	FE1D	CALL FAR [DI]
13C8:0009	F0	LOCK
13C8:000A	4F	DEC DI
13C8:000B	032C	ADD BP,[SI]
13C8:000D	0E	PUSH CS
13C8:000E	8A03	MOV AL,[BP+DI]
13C8:0010	2C0E	SUB AL,0E
13C8:0012	17	POP SS
13C8:0013	032C	ADD BP,[SI]
13C8:0015	0E	PUSH CS
13C8:0016	250401	AND AX,0104
13C8:0019	0101	ADD [BX+DI],AX
13C8:001B	0002	ADD [BP+SI],AL
13C8:001D	FFFF	???
13C8:001F	FFFF	DI

- 界面左边：以逻辑地址形式显示每条汇编指令所在存储器的首单元地址；
- 界面中间：每条汇编指令对应的机器指令代码；
- 界面右边：处理了符号之后的汇编指令；

(3) 显示、修改寄存器命令 R

格式：R[寄存器名]

功能：如果给出寄存器名，则显示该寄存器的内容并可进行修改。如果不指定寄存器名，则显示所有寄存器的内容及当前值（不能修改）。

R 命令只能显示、修改 16 位寄存器，对于标志寄存器只能通过执行指令的方式修改。

界面说明：

```
-r
AX=0000 BX=0000 CX=0000 DX=0000 SP=FFEE BP=0000 SI=0000 DI=0000
DS=13C8 ES=13C8 SS=13C8 CS=13C8 IP=0100 NV UP EI PL NZ NA PO NC
13C8:0100 89D8 MOV AX,BX
```

- 界面中间两行：显示各寄存器内容；先显示 13 个寄存器的值；后面的 8 个符号分别表示 OF、DF、IF、SF、ZF、AF、PF、CF 标志位的状态，符号含义如下表：

标志位	OF	DF	IF	SF	ZF	AF	PF	CF
置位符号（1）	OV	DN	EI	NG	ZR	AC	PE	CY
复位符号（0）	NV	UP	DI	PL	NZ	NA	PO	NC

- 界面最后一行：显示下一条将要执行的指令；若指令中有存储单元寻址方式的操作数，则指令后显示该操作数的地址和**数值**；

举例：

- 命令：R 含义：查看所有寄存器内容；
- 命令：R ax 含义：查看寄存器 AX 中的内容，并可修改；

(4) 显示存储单元命令 D

格式 1: **D[起始地址]**

格式 2: **D[起始地址][结束地址|L 字节数]**

功能: 格式 1 从起始地址开始按十六进制显示 128 个单元的内容, 每行 16 个单元, 共 8 行。格式 2 显示指定范围内存储单元的内容, 其他显示方式与格式 1 一样。如果省略起始地址或地址范围, 则从当前的地址开始按格式 1 显示。

界面说明:

```
-d100
13C8:0100  30 31 32 33 34 35 36 37-38 39 00 00 00 00 00 00 00 0123456789.....
13C8:0110  41 42 43 44 45 46 47 48-49 50 00 00 00 00 00 00 00 ABCDEFGHIP.....
13C8:0120  61 62 63 64 65 66 67 68-69 70 00 00 00 00 00 00 00 abcdefghip.....
13C8:0130  00 00 00 00 00 00 00 00-00 00 00 00 00 00 00 00 .....
13C8:0140  00 00 00 00 00 00 00 00-00 00 00 00 00 00 00 00 .....
13C8:0150  00 00 00 00 00 00 00 00-00 00 00 00 00 00 00 00 .....
13C8:0160  00 00 00 00 00 00 00 00-00 00 00 00 00 00 00 00 .....
13C8:0170  00 00 00 00 00 00 00 00-00 00 00 00 00 00 00 00 .....
```

- 界面左边: 以逻辑地址形式显示指定的或默认的存储单元地址;
- 界面中间: 存储单元中的实际存放内容, 每一行显示 16 个单元, 每个单元存放一个字节数据;
- 界面右边: 存储单元中值的对应的 ASCII 码字符; 若存储单元中存放的是不可显示的 ASCII 码值, 则显示 “.”;

例如: `-D 200` ;表示从 DS:0200H 开始显示 128 个单元内容

`-D 100 120` ;表示显示 DS:0100-DS:0120 单元的内容

说明: 在 DEBUG 中, 地址表示方式有如下形式:

段寄存器名: 相对地址, 如: DS:100

段基值: 偏移地址 (相对地址), 如: 23A0:1500

举例:

- 命令: `D` 含义: 默认查看;
- 命令: `D 1000:0` 含义: 从指定单元查看数据, 默认长度;
- 命令: `D DS:0` 含义: 从指定单元查看 DS 段中的数据, 默认长度;
- 命令: `D 0 5` 含义: 查看 DS 段中 0~5 单元中的 6 个数据;
- 命令: `D 10 L 5` 含义: 查看 DS 段中从 10H 开始的连续 5 个单元内容;

(5) 修改存储单元命令 E

格式 1: **E[起始地址] [内容表]**

格式 2: **E[地址]**

功能: 格式 1 按内容表的内容修改从起始地址开始的多个存储单元内容, 即用内容表指定的内容来代替存储单元当前内容。

例如：—E DS: 0100 'VAR' 12 34

表示从 DS:0100 为起始单元的连续五个字节单元内容依次被修改为 'V'、'A'、'R'、12H、34H。

格式 2 是逐个修改指定地址单元的当前内容。

例如：—E DS: 0010

156F: 0010 41.5F

其中 156F:0010 单元原来的值是 41H，5FH 为输入的修改值。若只修改一个单元的内容，这时按回车键即可；若还想继续修改下一个单元内容，此时应按空格键，就显示下一个单元的内容，需修改就键入新的内容，不修改再按空格跳过，如此重复直到修改完毕，按回车键返回 DEBUG “-” 提示符。如果在修改过程中，将空格键换成按“-”键，则表示可以修改前一个单元的内容。

举例：

➤ 命令：E 100

含义：查看 DS 段中 100H 单元起始的存储单元内容，并可随时修改；

➤ 命令：E ES:10 1 31 20

含义：将 ES 段地址为 10H~12H 的 3 个单元的值修改为 1、31H、20H；

➤ 命令：E 10 'ABCD'

含义：将 DS 段中地址 10H~13H 的连续 4 个单元内容修改为 41H~44H；

(6) 运行命令 G

格式：G[=起始地址][断点地址]

功能：CPU 从指定起始地址开始执行，在断点地址处停止，即断点地址中的指令不执行。若省略起始地址，则从当前 CS:IP 指示地址开始执行一条指令。

注意，断点地址必须是某一条指令的起始地址，否则查看到的程序有可能会出错。

举例：

➤ 命令：G 含义：从当前位置连续执行程序，到结束；

➤ 命令：G=0 含义：从 0 地址连续执行程序，到结束；

➤ 命令：G 14 含义：从当前位置执行程序到 14H，中断；

➤ 命令：G=3 20 含义：从地址 3 执行程序到地址 20H，中断；

(7) 跟踪命令 T

格式：T[=起始地址][指令条数]

功能：从指定地址开始执行指定条数的指令，若省略指令条数，则默认执行

一条指令，若省略起始地址，则从当前 CS:IP 指示地址开始执行。

举例：

- 命令：T 含义：从当前位置单步执行 1 条指令；
- 命令：T 3 含义：从当前位置单步执行 3 条指令；
- 命令：T=0 含义：从 0 地址单步执行 1 条指令；
- 命令：T=4 2 含义：从 4 地址单步执行 2 条指令；

(8) 退出命令 Q

格式：Q

功能：退出 DEBUG，返回到操作系统。

三、PC 机汇编语言程序设计实验步骤

汇编语言程序没有集成调试环境，在宏汇编条件下需要使用**汇编程序 MASM.EXE** 和**连接程序 LINK.EXE** 对汇编语言源程序（.asm 文件）进行汇编连接，生成目标程序（.obj 文件）和可执行文件（.exe），程序调试过程需将 .exe 文件调入系统 debug 环境中（**调试环境 DEBUG.EXE**）进行。



- ✧ 程序汇编：对源文件进行语法检查，语法无误时生成其 .obj 目标程序；
- ✧ 程序连接：实现多个目标文件及库文件的连接，完成浮动地址的重定位，生成 .exe 可执行程序；

在宏汇编条件下，以上汇编连接过程也可由汇编连接程序 ML.EXE 一步完成，同时生成目标程序和可执行程序。常用步骤如下：

(1) 编辑源程序文件

使用记事本、notepad++.exe 等编辑器编辑源文件，保存为 .ASM 文件。

(2) 汇编连接源程序文件

ML <源文件名.ASM>

如果源程序没有错误，则自动生成 .OBJ 文件和 .EXE 可执行文件。

注意：若源程序有语法错误时，会出现错误信息提示，需回到编辑状态下修改源程序后重新汇编。

(3) 运行程序

在 DOS 命令行下直接运行 .EXE 文件，可查看到有回显的结果。

(4) 调试程序：

使用 DEBUG 调试前面生成的可执行的 .EXE 文件。各种 DEBUG 命令如前所述。

四、实验报告书写要求

(1) 使用专用的实验报告文档，每个实验一份，版面工整，内容清晰，注意填写必要的信息（如：姓名、学号、班级、辅导教师、同实验者等）；

(2) 填写实验题目、实验目的等；实验步骤中要求列出当次实验的过程及各种数据输入输出的情况；汇编语言程序设计部分还要写出完整的源程序，以及上机调试过程中遇到的问题和解决方法。

预备实验一 DEBUG 命令练习

实验目的

- 1、熟悉汇编语言程序的编写、汇编、运行的一般过程；
- 2、掌握常用的 DEBUG 命令，并可应用于汇编语言程序调试过程中。

实验内容

- 1、使用给定程序练习汇编语言程序的编辑、汇编、执行、调试的过程；
- 2、在 DEBUG 状态下，练习常用的 DEBUG 命令调试给定程序。

实验学时

本实验内容共用 4 学时，分两次实验完成。

实验步骤

1、汇编语言程序的编辑、汇编、执行练习

(1) 建立汇编语言程序源文件

使用 DOS 或 Windows 下的任何文本编辑器来建立汇编语言程序源文件，建议使用记事本，文件后缀名应保存为 “.asm”（请注意不要隐藏已知后缀名）。

将如下程序代码保存为“test.asm”的源文件。

程序功能：

在屏幕上显示 CHAR 变量所定义的字符。

程序代码：

```
DATA SEGMENT
    CHAR DB 'F'
;请注意源代码中的标点符号均为英文状态
DATA ENDS
CODE SEGMENT
    ASSUME CS:CODE , DS:DATA
START: MOV AX , DATA
        MOV DS , AX
```

```
MOV DL , CHAR
```

```
MOV AH , 2
```

```
INT 21H
```

```
MOV AX , 4C00H
```

;请注意以上语句中, 4C00H 是十六进制数据, 而非字母

```
INT 21H
```

```
CODE ENDS
```

```
END START
```

(2) 汇编源程序, 生成可执行文件

在保证工作目录下存在 ml.exe 文件和 link.exe 文件时, 可直接对汇编语言源程序进行汇编连接, 使用的命令如下 (以 test.asm 文件名为例):

```
ml test.asm
```

若源程序无语法和逻辑错误, 即可汇编连接成功, 同时生成目标文件 test.obj 和可执行文件 test.exe。当源程序中存在语法错误时, 汇编连接不会进行。若工作目录下存在 ml.err 文件, 则会显示包含错误存在行的提示信息, 程序员可以依次来判断错误所在。

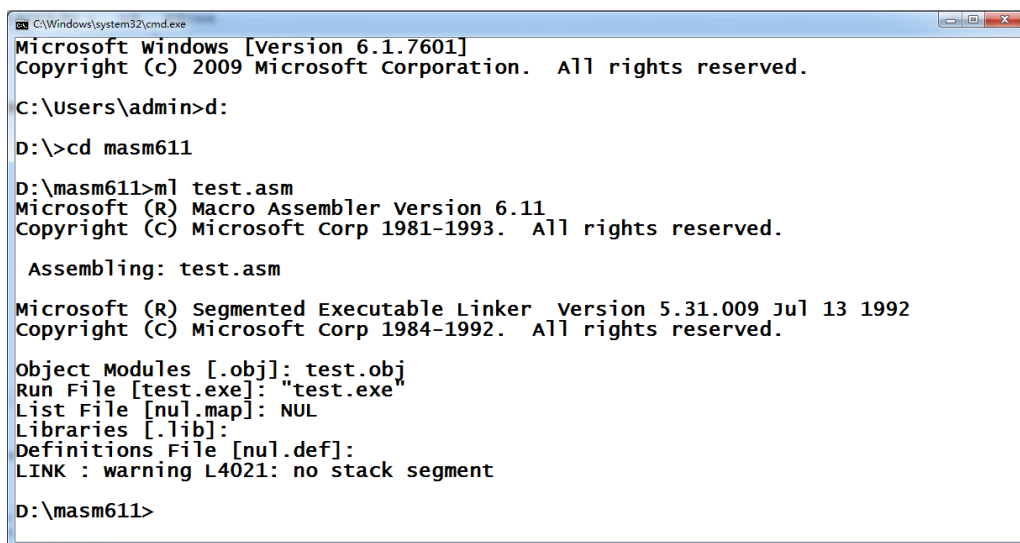


图1 test.asm文件的汇编过程

注意: 该命令中源文件的后缀名一定不可省去, 否则会提示无法找到源文件。

错误提示

若源程序中存在语法错误, 则汇编程序会停止对源程序的汇编过程, 并显示错误原因, 错误提示的格式为如下:

汇编语言程序文件名 (错误行号): 错误编号: 错误原因

图 2 为显示示例。

```
D:\masm611>ml test.asm
Microsoft (R) Macro Assembler Version 6.11
Copyright (C) Microsoft Corp 1981-1993. All rights reserved.

Assembling: test.asm
test.asm(2): error A2044: invalid character in file
test.asm(14): error A2048: nondigit in number
test.asm(10): error A2006: undefined symbol : CHAR
```

图2 错误信息

本程序中常出现的错误:

① 第 2 行出错: 源程序第 2 行中的“CHAR DB ‘F’”单引号改为英文状态, 如图 2 中的第一行错误“invalid character in file”; 该错误会导致第三行的错误“undefined symbol”, 即 CHAR 定义语句写错, 导致程序中使用 CHAR 变量时无法找到。

② 第 11 行出错: 源程序第 11 行中的“MOV AX, 4C00H”, 将数字“00”写成了字母“oo”; 该错误会导致如图 2 中的第二行错误“nondigit in number”, 即该使用数值中没有找到数字。

③ 找不到源文件: 源文件不在当前操作的目录下; 或者文件名用错了。

(3) 执行程序, 查看结果

在 DOS 命令行下, 运行生成的可执行文件, 命令为:

```
test.exe
```

该命令中, 文件的后缀名可省去。

若程序有输入输出内容, 则会在 DOS 命令行下看到结果。若程序没有输入输出内容, 则只能进入 DEBUG 状态下查看程序的运行结果。

2、DEBUG 命令练习

将生成的可执行文件 test.exe 文件调入 DEBUG 进行调试, 使用的命令是:

```
debug test.exe
```

注意, 这里调入的是可执行文件, 后缀名必须加。

进入 DEBUG 下, 命令提示符是“-”, 可以使用各种 DEBUG 命令调试。这里建议使用以下命令查看, **注意以下命令是进入 DEBUG 后连续执行的结果**, 单独使用可能无法得到预期效果。

(1) 反汇编命令 U

当调入程序文件后, 直接使用无参数的 U 命令可从第一条指令开始查看当前的程序代码。屏幕显示的内容是: 默认从第一行代码开始显示, 共反汇编 32 个单元的指令 (指令条数依据指令长度而不同, 以整条指令为单位)。

请注意查看 DEBUG 状态下的指令与源文件中的指令有何不同。

(2) 寄存器查看命令 R

直接使用无参的 R 命令可查看当前各寄存器状态，由于程序还未执行，可以看到寄存器的状态为初始的随机值。

请注意当前 CS:IP 寄存器的内容与上一步 U 命令看到的指令地址是一致的，但 DS、ES 等段寄存器则为初始的随机值。

(3) 查看存储单元命令 D

直接使用无参数的 D 命令，显示存储单元内容。

应注意区分的是：当前查看到的是从 DS:0 地址开始的连续 128 个单位的数据，并不是当前程序的数据段数据。

(4) 单步执行命令 T

从程序开始单步执行程序的前两条指令，使用的命令格式为：

T 2

执行完前两条指令即返回，显示当前的寄存器状态，请注意查看当前的 CS、IP 寄存器状态与执行指令前的差别，请试着解释这两个寄存器的含义。

注意：INT 指令不可单步执行，需使用 G 命令连续执行。

(5) 查看存储单元命令 D

使用带参数的 D 命令，显示从有效地址为 0 的存储单元开始的连续 128 个单元中的数据。在此查看存储单元地址、单元内容、以及对应的字符显示。命令为：

D 0

请注意该 D 命令显示的内容与上一个 D 命令显示的单元地址是否相同，为什么？

(6) 反汇编命令 U

直接使用反汇编命令 U，会接着上次 T 命令执行的位置 05 处开始反汇编显示指令。

(7) 断点/连续执行命令 G

使用断点执行的功能，从当前位置执行到显示指令结束，命令为：

G 0D

程序执行，可在屏幕上看到“F”字符的显示。

注意，该命令中的“0D”是断点地址，即指令“MOV AX, 4C00H”的保存位置，该命令会将该位置之前的所有指令执行完毕。断点地址必须是 U 命令可见的地址。

(8) 修改存储单元内容命令 E

使用 E 命令将 CHAR 变量中的字符修改为“M”，命令为：

E 0 'M'

或者使用命令

E 0

在提示下输入 M 的 ASCII 码 4DH。

(9) 查看存储单元内容命令 D

使用 D 命令查看所修改的内容，命令为：

D 0 L1

(10) 连续执行命令 G

从第一条指令开始重新执行程序，使用 G 命令：

G=0 10

指定程序执行的区间，在屏幕上可以看到“M”字符的显示。

(11) 汇编命令 A

在 DEBUG 下修改汇编语言程序，使用 A 命令：

A 5

在给定的单元中输入指令“MOV DL , 39”，两次回车，返回到 DEBUG 命令提示符下。

(12) 连续执行命令 G

重新执行程序，使用 G 命令：

G=0

指定程序执行的区间，在屏幕上可以看到“9”字符的显示，同时显示“Program terminated normally”的提示信息，表示程序执行结束。

(13) 退出命令 Q

执行 Q 命令，即可从 DEBUG 状态下退出，返回 DOS 系统。

思考问题

1. DEBUG 状态下如何观察源程序？和文本编辑方式下的源程序有哪些区别？
2. 试解释以上第 2 步中各 DEBUG 命令的含义。
3. 若要将程序中的第三条汇编指令换成“MOV DL , 61H”，则更换该指令的 DEBUG 命令应为什么？更换后程序的执行结果是什么？

实验报告要求

本次实验不写实验报告。

练习

尝试按上面的方法调试该程序。

程序功能：从键盘上输入一个字符串，保存于数据段中，分别显示该字符串的长度和字符串中第二个字符。

程序代码：

```
DATA SEGMENT
    INMESS DB 'PLEASE INPUT A STRING(LENGTH<9):$'
    LENMESS DB 10,13,'THE LENGTH OF THE STRING IS:$'
    CHARMESS DB 10,13,'THE SECOND CHAR OF THE STRING IS:$'
    INSTRING DB 10,?,10 DUP(?)
DATA ENDS

CODE SEGMENT
    ASSUME CS:CODE,DS:DATA
START: MOV AX , DATA
        MOV DS , AX
        LEA DX , INMESS ;① 显示提示信息
        MOV AH , 09H
        INT 21H
        LEA DX , INSTRING ;② 输入字符串，保存于 INSTRING
        MOV AH , 0AH
        INT 21H
        LEA DX , LENMESS ;③ 显示提示信息
        MOV AH , 09H
        INT 21H
        LEA BX , INSTRING ;④ 获取输入字符串的长度值，并显示
        INC BX
        MOV DL , [BX]
        ADD DL , 30H
        MOV AH , 02H
        INT 21H
        LEA DX , CHARMESS ;⑤ 显示提示信息
        MOV AH , 09H
        INT 21H
```

```

MOV DL , [BX+2]      ;⑥ 显示字符串中的第二个字符
MOV AH , 02H
INT 21H
MOV AX , 4C00H      ;⑦ 程序返回
INT 21H
CODE ENDS
END START

```

调试内容：

- (1) 将生成的可执行文件调入 DEBUG，观察各寄存器的内容；
- (2) 断点执行到指令①的位置，观察各寄存器的变化情况、数据段中定义
的各字符串 INMESS、LENMESS、CHARMESS、INSTRING 的位置；
- (3) 断点执行到指令②的位置，观察程序执行的结果；
- (4) 断点执行到指令③的位置，从键盘输入字符串，返回后观察输入字符
串的保存位置；
- (5) 断点执行到指令④的位置，观察程序执行的结果；
- (6) 分别单步执行指令④开始的 4 条指令，试观察每条指令执行的结果；
- (7) 断点执行到指令⑤的位置，观察程序执行的结果；
- (8) 断点执行到指令⑥的位置，观察程序执行的结果；
- (9) 断点执行到指令⑦的位置，观察程序执行的结果；

预备实验二 预备知识练习

实验目的

- 1、熟悉各种操作数的寻址方式，并能在 DEBUG 环境中查看各操作数；
- 2、熟悉 8086 指令系统中的各类指令的用法和功能，为以后的程序编写打下基础。

实验内容

- 1、使用给定程序练习汇编语言程序的编辑、汇编、执行、调试的过程；
- 2、在 DEBUG 状态下，练习常用的 DEBUG 命令调试给定程序。

实验学时

本实验内容共用 6 学时，分三次实验完成。

实验练习一：寻址方式练习

1、在 DEBUG 命令行下，按以下步骤完成操作。

- (1) 使用 e 命令修改存储地址以 150、200 为首的 6 个单元的内容：

```
-e150
****: 0150  **.00  **.01
-e200
****: 0200  **.10  **.20  **.30  **.40
```

注意：带下划线的部分是需要输入的内容。

- (2) 使用查看命令 d，查看上步所修改的存储单元的内容（注意对应的段地址）：

```
-d150  L2
-d200  L4
```

- (3) 使用汇编命令 a，输入以下指令序列：

```
-a100
****: 0100  mov  ax , cs
****: 0102  mov  ds , ax
****: 0104  mov  bx , 100
```

```

****: 0107  mov  ax , [150]
****: 010A  add  bx , ax
****: 010C  mov  al , [bx]
****: 010E  add  al , [bx+1]
****: 0111  mov  si , 2
****: 0114  add  al , [bx+si]
****: 0116  mov  ah , 0
****: 0118  mov  ch , 0
****: 011A  mov  cl , [bx+si+1]
****: 011D  add  ax , cx

```

(4) 使用反汇编命令 `u`，查看上步输入的汇编语言程序（注意对应的段地址）：

```
-u100
```

(5) 使用单步执行命令 `t` 执行该指令序列，查看每一步执行的结果，并记录。

2、使用适当的 **DEBUG** 命令，按以下步骤完成操作。

(1) 修改以下寄存器的值：

(DS)=1000H ， (ES)=2000H ， (SI)=1FEH

(2) 将从存储单元 1000H:01FEH 开始的连续四个单元内容修改为：11H、22H、33H、44H；将从存储单元 2000H:01FEH 开始的连续四个单元内容修改为：12H、34H、56H、78H；

(3) 输入汇编指令：

```

MOV  AX , DS
MOV  BX , [SI+2]
MOV  CX , [BX]
ES:
MOV  DX , [SI]

```

(4) 指出以上各指令中源操作数的寻址方式，逻辑地址，并使用相关的 **DEBUG** 查看源操作数的值。

3、在 **Debug** 命令行下，完成以下操作。

(1) 将字数据 2345H 存放到地址为 1200H:100H 单元中；

(2) 使用适当的 **DEBUG** 命令，采用三种不同的逻辑地址形式查看这个字数

据；

(3) 选择不同的寻址方式，使用 MOV 指令将这个字数据送入 AX 寄存器中；要求至少采用 3 种不同的寻址方式。

实验练习二：基本指令练习

1、数据传送指令的练习

在 DEBUG 命令行下，利用 A 命令输入以下指令序列，然后使用 T 命令单步跟踪执行，并使用相应的 DEBUG 命令查看每条指令的执行结果。

指令序列如下：

```
MOV  SP , B0
MOV  AX , 1234
MOV  BX , 5678
PUSH AX
PUSH BX
POP  CX
POP  DX
MOV  SI , 2000
LEA  BX , [SI]
MOV  WORD PTR [SI] , 5566
MOV  WORD PTR [BX+2] , 7788
LDS  AX , [SI]
MOV  DI , [SI]
```

2、算术运算指令的练习

在 DEBUG 命令行下，利用 A 命令输入以下指令序列，然后使用 T 命令单步跟踪执行，并使用相应的 DEBUG 命令查看每条指令的执行结果和标志位变化情况。

指令序列如下：

```
MOV  AX , 1234
MOV  BX , 5678
ADD  AX , BX
MOV  CX , 9ABC
SUB  CL , CH
MOV  BYTE PTR [2000] , 55
```

```
INC    BYTE PTR [2000]
MOV    AX , 20
MOV    BL , 8
DIV    BL
MOV    AL , 2
MOV    CL , 10
MUL    CL
MOV    AX , 1234
CBW
MOV    AX , 8765
CWD
```

3、逻辑运算指令的练习

在 DEBUG 命令行下，利用 A 命令输入以下指令序列，然后使用 T 命令单步跟踪执行，并使用相应的 DEBUG 命令查看每条指令的执行结果和标志位变化情况。

指令序列如下：

```
MOV    AX , FE
MOV    BX , 5678
AND    AX , BX
MOV    CX , 9ABC
MOV    DX , FF00
OR     DX , CX
MOV    AL , 55
XOR    AL , 0F
MOV    BL , 1
SHL    BL , 1
SHL    BL , 1
MOV    CL , 80
SAR    CL , 1
SHR    CL , 1
```


实验练习三：操作符与表达式练习

1、已知数据段定义如下，请验证以下各指令的正误，并指出错误原因，或给出指令执行结果。

```
DATA SEGMENT
    WordVar dw 2 dup(?)
    ByteVar db ?
DATA ENDS
```

验证指令：

- ① MOV byte ptr ES:WordVar[BX] , 100
- ② MOV AX , offset WordVar[SI]
- ③ LEA AX , WordVar[SI]
- ④ CMP WordVar , ByteVar
- ⑤ MOV AL , ByteVar + WordVar
- ⑥ ADD WordVar , AL
- ⑦ MOV ByteVar , ByteVar - WordVar

2、已知数据段定义如下，请画出数据段中各数据的存放形式，并指出下列指令的执行结果。

```
DSEG SEGMENT
    ORG 10H
    MyAddr DW $
    Bvar DB 1,2,3
           DB '123'
    Buf DB 5 DUP(?)
    EVEN
    Len1 = $-Bvar
    Wvar DW 1,2
    ALIGN 4
    Dvar DD 1,2,3
    Len2 EQU $-Dvar
    Len3 EQU Buf-Bvar
```

DSEG ENDS

指令如下：

- ① MOV AX , offset Dvar
- ② MOV AX , Len1
- ③ MOV AX , Len2
- ④ MOV AX , Len3
- ⑤ MOV AX , MyAddr
- ⑥ MOV AX , word ptr BVar + 2
- ⑦ MOV AX , lengthof WVar + lengthof BVar
- ⑧ MOV AX , type DVar + sizeof BVar
- ⑨ MOV AX , word ptr DVar + 1

3、已知数据段定义如下，试完成以下要求的操作。

DSEG SEGMENT

 ARRAY DW 34H , 56H , 12H , 78H

 OTHER DW ?

 DA1 DB 20H DUP(?)

 DA2 DW 10H

DSEG ENDS

- ① 试用 MOV 指令将数组 ARRAY 中的最后一个字数据传送到 BX 寄存器；
- ② 试用 MOV 指令将数组长度存入 CX 寄存器中；
- ③ 试使用一条指令将变量 DA1 中的数据个数送入 CX 寄存器中。

实验报告要求

本次实验不写实验报告。

实验一 基本编程方法练习

实验目的

- 1、通过编制简单的程序，练习汇编语言基本编程方法。
- 2、练习在 Debug 状态下调试程序的方法。

实验内容

根据以下题目要求，编写汇编语言源程序，并完成调试。

- 1、试编写程序，完成下面公式的计算。

$$A \leftarrow (X-Y+24) / Z \text{ 的商}, B \leftarrow (X-Y+24) / Z \text{ 的余数}$$

其中，变量 X 和 Y 是 32 位有符号数，变量 A、B、Z 是 16 位有符号数。

- 2、试将字节数据 B1 拆分成两个半字节数据，分别存放于其后两个单元 X 和 Y 中。

编程提示：

数据段定义应包含 B1、X、Y 三个变量，其中 B1 变量自定义具体的数值，X、Y 变量的数值由程序赋值，分别是 B1 的高低半个字节。该程序中需要使用逻辑操作完成半字节数据的拆分。

- 3、从键盘接收两个不大于 5 的十进制数字，并以十进制数据形式显示其和。

编程提示：

该程序要求的为一位数据输入输出，暂时不考虑多位数据，请输入 0~5 之间的数据，显示的结果为 0~9。请不要输入两个 5，以免出现不能直接输出的情况。

- 4、从键盘接收一个字符串（假定输入字符串长度大于 3），试换行输出该字符串中第二个字符开始的连续 2 个字符。

编程提示：

该程序应先使用 DOS 功能调用接收一个字符串。

显示其中的子串，要求从第二个字符开始，连续显示 2 个字符，该功能可使用字符串显示的 DOS 功能调用，也可以使用单字符显示的 DOS 功能调用，重复显示两次。

实验学时

本实验内容共用 4 学时，分两次实验完成。

实验报告要求

本次实验报告中要求写实验内容 3 的编写、调试过程，其中包括程序设计思路、程序流程图、程序代码、和调试过程中遇到的典型问题以及解决方法。

实验二 分支循环结构程序练习

实验目的

- (1) 通过编制包含分支、循环结构的程序，练习汇编语言综合编程方法。
- (2) 练习在 Debug 状态下调试程序的方法。

实验内容

1、试编写程序，完成以下功能。

(1) 程序执行时，显示提示信息“Please input a string(length<9):”，由用户输入一个长度小于 9 的字符串；

(2) 然后显示提示信息“Please input the index of the char to display:”，请用户指定该串中的某个字符的位置号，程序控制用户输入的位置号必须是合法的，例如实际输入字符串长度为 5 个字符，位置号只能是 0-4 之间的数值；若位置号不合法，则程序退出。

(3) 程序将用户指定位置的字符显示出来。

程序输出样例 1:

```
Please input a string(length<9): ABCDEFG
```

```
Please input the index of the char to display: 2
```

```
The char is: C
```

程序输出样例 2:

```
Please input a string(length<9): ABCD
```

```
Please input the index of the char to display: 4
```

```
The index is invalid!
```

2、试使用分支结构和循环结构程序完善上面的程序功能。

(1) 采用 **01 号 DOS 功能调用**，接收用户输入的字符串，并在程序中对字符串进行长度检查，若长度大于 9，则要求用户重新输入；

(2) 用户在指定位置号时，进行判断，若输入非法（位置号大于实际字符串长度），则提示用户重新输入；若输入位置号合法，则显示字符串中该位置号对应的字符。

(3) 统计用户输入的字符串中特定字符的数目并显示。可先指定特定字符进行统计，然后再由用户指定字符进行统计。

程序输出样例 1:

Please input a string(length<9): ABCD

Please input the index of the char to display: 1

The char is: B

Please input a char: A

The count of 'A' is : 1

程序输出样例 2:

Please input a string(length<9): ABCDEFGHIJ

The string is too long!

Please input a string(length<9):ABCDEF

Please input the index of the char to display: 9

The index is invalid!

Please input the index of the char to display: 3

The char is: D

Please input a char: 1

The count of '1' is : 0

实验学时

本实验内容共用 6 学时，分三次实验完成。

实验报告要求

本次实验报告中,可只写分支结构和循环结构的程序段,报告中要包含分支、循环结构程序段的设计思路、程序流程图、程序代码、和调试过程中遇到的典型问题以及解决方法。

实验三 综合程序练习

实验目的

- 1、练习编写包含分支、循环、子程序结构的程序。
- 2、练习在 Debug 状态下跟踪调试程序的方法。

实验内容

根据以下题目要求，编写汇编语言源程序，并完成调试。

1、已知无符号数组 LIST 的第一个字数据为其元素个数，其后数据按大小关系排序保存。试将某无符号字数据 X 插入数组 LIST 的正确位置，并修改元素个数。

编程提示：

该程序中要将 X 插入递增数组，需要和数组中每一个数据值进行大小比较，直至找到大于 X 的元素。

数据比较的方式：

- (1) 从前向后比较：找到合适位置后，再移动其后元素；
- (2) 从后向前比较：比较到不合适，直接移动该元素，直到找到合适位置，刚好腾出 X 的保存空间；

2、试用子程序实现以下要求。

题目：从键盘接收若干个一位十进制数值（0~9），并以十进制数据形式显示其和。

要求：

- (1) 用子程序实现一位十进制数值的输入；
- (2) 当用户未输入数值，直接回车时，结束输入；
- (3) 输出的数据为多位十进制数据，而机器内部计算的和是十六进制形式，需要进行数制转换，然后以字符串的形式输出结果；
- (4) 程序中要求有必要的提示信息。

例如：用户在提示信息下输入三个数值：

Please input a number: 5

Please input a number: 3

Please input a number: 4

程序显示运算结果

The sum is: 12

3、试用子程序改进以上题目。

题目：从键盘接收若干个 N 位的十进制数值(0~65535)，并以二进制、十进制、十六进制三种数制形式显示其和。

要求：

(1) 用子程序实现一个 N 位十进制数值的输入，在主程序的循环结构中调用该子程序；

(2) 当用户未输入数值，直接回车时，结束输入；

(3) 输出的数据为多位十进制数据，而机器内部计算的和是十六进制形式，需要进行数制转换，然后以十进制字符串的形式输出结果；

(4) 程序中要求有必要的提示信息。

例如：用户在提示信息下输入三个数值：

Please input a number: 15

Please input a number: 30

Please input a number: 45

程序显示运算结果

The sum is: 0101 1010B

90D

5AH

实验学时

本实验内容共用 6 学时，分三次实验完成。

实验报告要求

本次实验报告中要求写实验内容 1 的编写、调试过程，其中包括程序设计思路、程序流程图、程序代码、和调试过程中遇到的典型问题以及解决方法。