

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



汇编语言编程实践 及上机指导

刘辉 王勇 徐建平 编著



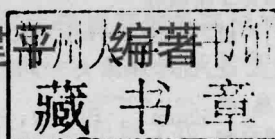
清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



汇编语言编程实践 及上机指导

刘辉 王勇 徐建



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书与清华大学出版社已经出版的《汇编语言程序设计》一书相配套。第1章介绍上机实验环境,详细地讲解上机操作步骤,结合具体的例题,学生可以按照操作步骤自己完成实验操作;第2章针对每一个知识点,通过上机实验详细介绍程序的调试过程,并提供对应的上机实验题目,学生可以根据实验中给出的调试过程,自己编写程序并上机调试;第3章给出了《汇编语言程序设计》一书课后习题的答案及详细的讲解。

本书适合作为高等院校计算机、软件工程及信息安全专业本科生、研究生的教材,也可为广大汇编爱好者及广大科技工作者和研究人员提供参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

汇编语言编程实践及上机指导/刘辉,王勇,徐建平编著. —北京:清华大学出版社,2018
(21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)
ISBN 978-7-302-48883-5

I. ①汇… II. ①刘… ②王… ③徐… III. ①汇编语言—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP313

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 287198 号

责任编辑:刘向威 张爱华

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:刘海龙

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京泽宇印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:9.5

字 数:203千字

版 次:2018年1月第1版

印 次:2018年1月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:30.00元

产品编号:076632-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改

革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合 21 世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

汇编语言作为最接近硬件的计算机编程语言,它既有对硬件直接编程的便利,又有接近于人类自然语言的指令,所以学习汇编语言需要一定的硬件基础知识、严密的思维逻辑和良好的编程习惯。学习汇编语言的难点,在于很多指令的执行需要事先设置默认的寄存器参数。在学习时,要注重各种指令的执行要求,明确默认的参数设置,正确使用各条指令。

为了深入、正确地理解各种汇编指令,编译器提供了各种调试指令。本书针对每一个知识点,通过上机实验详细介绍程序的调试过程,每一步都给出调试的目的,使初学者通过调试命令和调试结果,深切地理解汇编语言基本指令的执行流程,探索计算机内部指令的执行机制,从而深入理解计算机的编程原理,为整个计算机专业知识的学习打下坚实的基础。

本书是编者经过多年的教学总结,把汇编语言的基础教学内容基于学生能快速掌握的原则进行合理编排整理而成的。希望读者通过学习本书可以较快地掌握计算机编程的精髓。

本书的配套资源有课程课件、习题答案、例题的源程序和上机实验操作题目。使用中有任何建议和疑问,可与编者联系,E-mail: hlliuhui@sina.com。书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编 者

2017年10月

目 录

第 1 章 汇编语言上机操作基本指南	1
1.1 DOS 环境的启动	1
1.1.1 在 Windows 7 环境下启动	1
1.1.2 在 Windows 10 环境下启动	3
1.2 DOS 环境下常用的命令	3
1.3 masm 5 的上机操作步骤	6
1.4 调试程序	12
1.4.1 debug 程序的启动	12
1.4.2 常用的调试命令及功能	13
第 2 章 上机实验指导	20
上机实验 1 汇编语言上机基本操作	20
上机实验 2 常用指令的使用	26
上机实验 3 分支程序设计	35
上机实验 4 循环程序设计	42
上机实验 5 子程序设计	49
上机实验 6 高级子程序与宏的设计	56
上机实验 7 中断处理实验	63
上机实验 8 BIOS 中断实验	68
上机实验 9 文件的操作实验	74
上机实验 10 综合性实验	82
第 3 章 主教材课后习题答案	97
习题 1	97
习题 2	100
习题 3	101
习题 4	105
习题 5	115
习题 6	126
习题 7	138
参考文献	140

汇编语言上机操作基本指南

任何一门计算机编程语言,都是为了让计算机执行人类的指令,完成相关的操作。但是,计算机只认识 0 和 1,而人类日常交流使用的语言则有多种,例如,汉语、英语、德语、法语等。为了在两种不同的语言之间交流,可以找一个精通两门语言的翻译人员,让他担任两者之间的桥梁,完成不同语言的交流。人与计算机的交流也是如此。为了让这个特殊的“翻译人员”在人与计算机之间沟通,人类开发了各种编程语言,按照编程语言规定的格式书写的任务序列就构成了程序,然后,让“翻译人员”把程序翻译成机器代码,计算机就“认识”了这些代码,就可以执行这些代码了。

编写程序的工具称为程序编辑器;把程序翻译成机器代码的工具称为编译器;书写程序的过程中容易出现错误,检查错误并给出错误提示信息的工具称为调试程序;这 3 个工具是任何一门计算机语言必不可少的组成部分。这是 3 个独立的可执行程序,可以单独使用,也可以把这些工具集成在一起构成一个集成化的开发环境。汇编语言最经典的编程工具是编辑器 edit、编译器 masm、连接器 link、调试工具 debug。它们是基于 DOS 操作系统的命令行开发工具,可以在 DOS 下直接运行,需要手工输入命令,所有的操作都是在键盘上完成,鼠标不可用。现在又出现了把 4 个工具集成在一起的 Visual ASM 等可视化的集成开发环境,这个环境是运行在 Windows 可视化操作系统下的,但其内核还是 DOS 下的 4 个软件:edit、masm、link 和 debug。本书介绍最经典的编程工具。

1.1 DOS 环境的启动

1.1.1 在 Windows 7 环境下启动

方法一:在 Windows 7 环境下,在“开始”菜单的搜索框中输入 cmd,按 Enter 键,即可调出 DOS 命令行窗口,如图 1-1 和图 1-2 所示。

方法二:在 Windows 7 环境下,选择“开始”→“所有程序”→“附件”→“命令提示符”命令,打开命令提示符界面,如图 1-3 和图 1-4 所示。



图 1-1 Windows 7 下用 cmd 命令进入 DOS 命令行窗口



图 1-2 DOS 命令行窗口

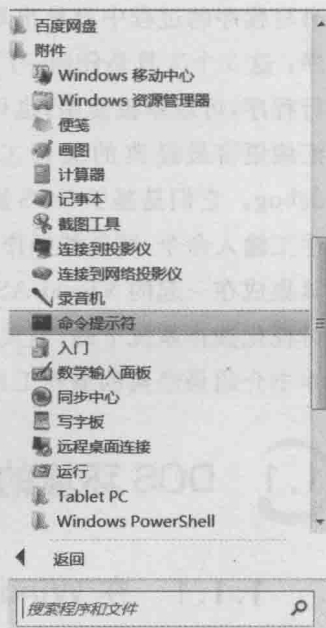


图 1-3 Windows 7 下通过“附件”进入 DOS 命令提示符界面



图 1-4 命令提示符界面

1.1.2 在 Windows 10 环境下启动

在 Windows 10 环境下的操作和 Windows 7 环境下的操作大同小异。

方法一：在 Windows 10 环境下，在任务栏的“在这里输入你要搜索的内容”文本框中输入 cmd，按 Enter 键，即可调出 DOS 命令行窗口。

方法二：在 Windows 10 环境下，选择“开始”→“Windows 系统”→“命令提示符”命令，打开命令提示符界面。

1.2 DOS 环境下常用的命令

本节只介绍进行汇编语言编程时常用的命令。

1. dir

含义：显示指定路径上所有文件或目录的信息。

格式：

dir [盘符:] [路径] [文件名] [参数]

2. cd

含义：进入指定目录

格式：

cd [路径]

cd 命令只能进入当前盘符中的目录，其中 cd 为进入到指定目录，cd. 为返回到上一层目录。

例如，进入 DOS 环境时默认进入的是 C:\Users\，现在需要编写汇编语言程序，所以要进入 D 盘存放有汇编编译器的目录 masm5，操作指令如图 1-5 所示。



图 1-5 进入汇编程序目录的操作指令

3. md

含义：建立目录。

格式：

md [盘符:][路径]

例如,md temp 表示在当前盘符下建立一个名为 temp 的目录。

4. rd

含义：删除目录。

格式：

rd [盘符:][路径]

例如,rd temp 表示删除当前路径下的 temp 目录。需要注意的是,此命令只能删除空目录。

5. copy

含义：复制文件。

格式：

copy [源目录或文件] [目的目录或文件]

例如,将 D:\masm5 目录下的 ex403.asm 复制到新建的 source 目录中,操作指令如图 1-6 所示。

6. 重定向操作符

可以使用重定向操作符将命令输入和输出数据流从默认位置重定向到不同的位

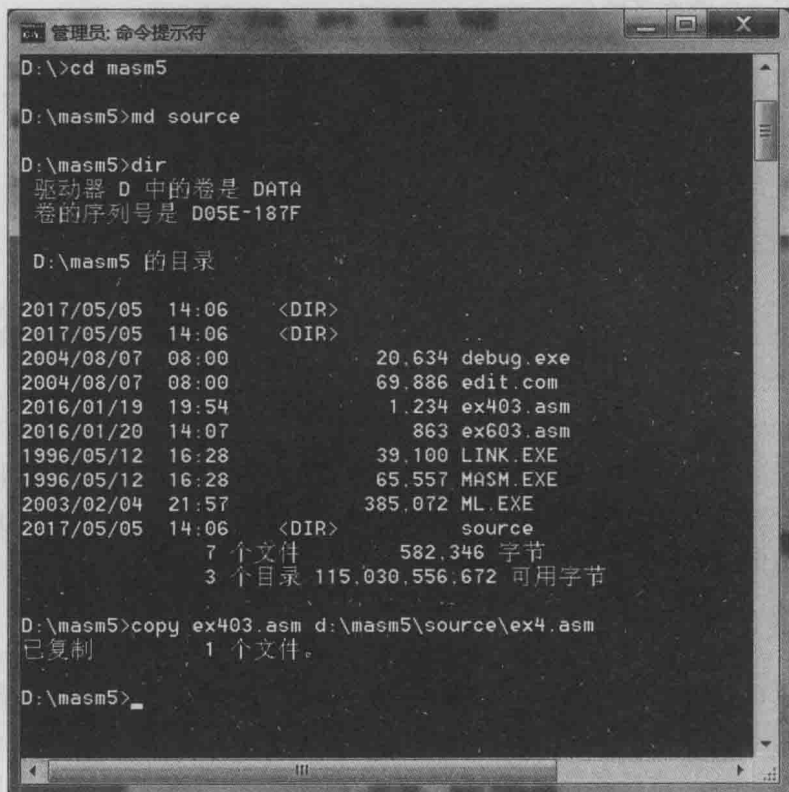


图 1-6 复制文件的操作指令

置。输入或输出数据流的位置即为句柄。

常用的重定向操作符如下。

>: 将命令输出写入到文件或设备(例如打印机)中,而不是写在命令提示符窗口中。

<: 从文件中而不是从键盘中读入命令输入。

>>: 将命令输出添加到文件末尾而不删除文件中的信息。

>&: 将一个句柄的输出写入到另一个句柄的输入中。

<&: 从一个句柄读取输入并将其写入到另一个句柄输出中。

|: 从一个命令中读取输出并将其写入另一个命令的输入中,也称管道。

例如,在汇编语言的调试过程中,需要把调试结果写在一个文件中,这时输入命令 debug ex403.exe more >> d:\masm5\degrest.txt,按 Enter 键,则在屏幕上看不到调试命令提示符,但在键盘上照样输入命令,按 Enter 键,调试指令继续执行,只是运行结果写入了文件 degrest.txt 中。可以打开 degrest.txt 文件查看调试过程。

7. 重复上一次的指令

要想重复上一次的指令,可以按 F5 键;如果想在已经运行多次的指令中选择,可

以使用上下方向键选择指令。

8. exit

含义: 退出 DOS 命令行窗口。

1.3 masm 5 的上机操作步骤

对于 16 位的汇编程序,使用经典的编译工具 masm 5 比较方便。这款编译程序是 DOS 界面的操作,但是使用简单,不需要安装。

先把 masm 5 的可执行文件复制到计算机中,在 Windows 自带的命令行窗口中,输入文件名即可。masm 5 共有 4 个可执行文件,分别为 edit、masm、link 和 debug,提供的功能分别为编辑源程序、编译源程序、连接生成可执行文件和调试程序。

上机操作步骤如下:

1. 确定源程序的存放目录

建议源程序存放的目录名为 masm5(或 asm),并放在 C 盘或 D 盘的根目录下。如果没有创建过此目录,请用如下方法创建。

通过 Windows 的资源管理器找到 D 盘的根目录,在 D 盘的根目录窗口中右击,在弹出的快捷菜单中选择“新建”→“文件夹”命令,并把新建的文件夹命名为 masm5。

把 masm.exe、link.exe、debug.exe 和 td.exe 都复制到此目录中。

2. 建立 asm 源程序

建立 asm 源程序可以使用 edit 或 notePad(记事本)文本编辑器。下面的例子说明了用 edit 文本编辑器来建立 asm 源程序的步骤(假定要建立的源程序名为 hello.asm),用 notePad(记事本)建立 asm 源程序的步骤与此类似。

在 Windows 7 中单击“开始”按钮,在弹出的窗口中输入 edit.com d:\masm5\hello.asm,按 Enter 键,屏幕上出现 edit 的编辑窗口,如图 1-7 所示。

窗口标题行显示了 edit 程序的完整路径名。紧接着标题行下面的是菜单行,窗口最下面一行是提示行。菜单可以用 Alt 键激活,然后用方向键选择菜单项,也可以直接按 Alt+F 组合键打开 File 菜单,按 Alt+E 组合键打开 Edit 菜单等。

如果输入 edit 命令时已带上了源程序文件名(d:\masm5\hello.asm),在编辑窗口上部会显示该文件名。如果在输入 edit 命令时未给出源程序文件名,则编辑窗口上会显示 untitled1,表示文件还没有名字,在这种情况下,保存源程序文件时,edit 会提示输入要保存的源程序的文件名。

编辑窗口用于输入源程序。edit 是一个全屏幕编辑程序,故可以使用方向键把光

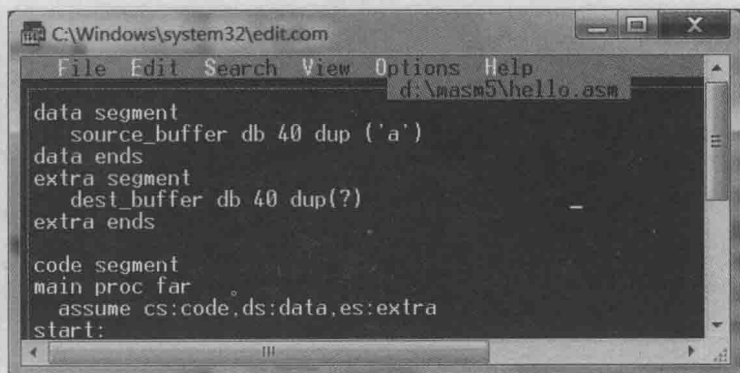


图 1-7 edit 的编辑窗口

标定位到编辑窗口中的任何一个位置上。edit 中的编辑键和功能键符合 Windows 的标准,这里不再赘述。

源程序输入完毕后,按 Alt+F 组合键打开 File 菜单,选择其中的 Save 命令将文件存盘。如果在输入 edit 命令时未给出源程序文件名,则这时会弹出一个 Save As 对话框,在这个对话框中输入要保存的源程序的路径和文件名(本例中为 d:\masm5\hello.asm)。

注意: 汇编语言源程序文件的扩展名最好为 .asm,这样能给后面的汇编和连接操作带来很大的方便。

3. 用 masm.exe 汇编源程序产生 .obj 目标文件

建立源文件 hello.asm 后,要使用汇编程序对源程序文件汇编,汇编后产生二进制的目标文件(.obj 文件)。具体操作如下:

1) 在 Windows 中操作(不稳定,容易自动退出)

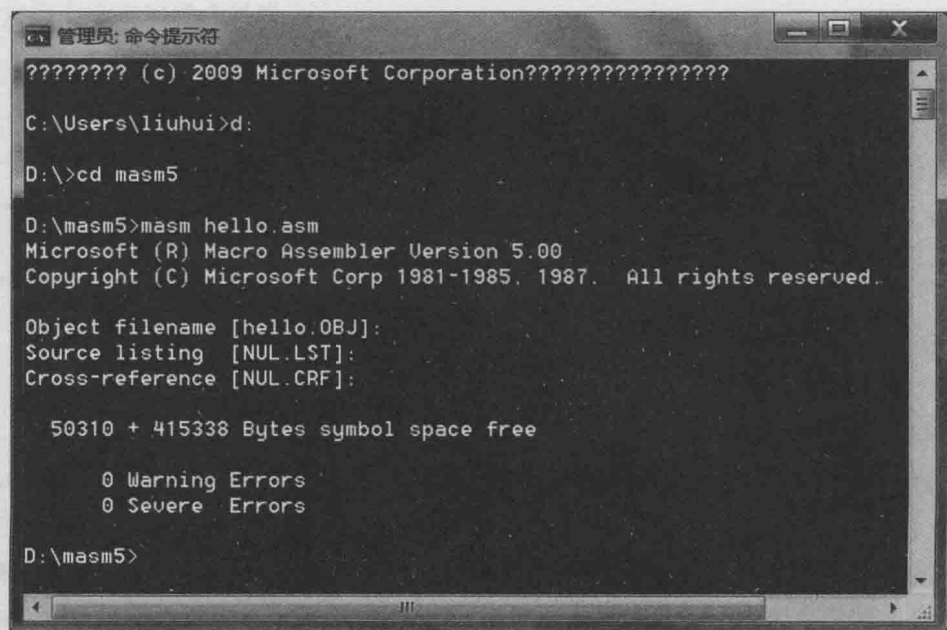
用资源管理器打开源程序目录 d:\masm5,把 hello.asm 拖到 masm.exe 程序图标上。

2) 在 DOS 命令提示符窗口中操作

选择“开始”→“所有程序”→“附件”→“命令提示符”命令,打开 DOS 命令提示符窗口;或者在“开始”菜单的“搜索程序和文件”文本框中输入 cmd,按 Enter 键,打开 DOS 命令提示符窗口。然后,在 DOS 窗口中,用 cd 命令转到源程序目录下,接着输入 masm 命令,操作时的 DOS 命令提示符窗口显示如图 1-8 所示。

不管用上述哪种方法,进入 masm 程序后,都会提示输入目标文件名(Object Filename),并在方括号中显示默认的目标文件名,建议输入目标文件的完整路径名,如 d:\masm5\hello.obj <回车>。后面的两个提示为可选项,直接按 Enter 键。

注意: 若打开 masm 程序时未给出源程序名,则 masm 程序会首先提示输入源程序文件名(Source Filename),此时输入源程序文件名 hello.asm 并按 Enter 键,然后



```
管理员: 命令提示符
???????? (c) 2009 Microsoft Corporation????????????????
C:\Users\liuhui>d:
D:\>cd masm5
D:\masm5>masm hello.asm
Microsoft (R) Macro Assembler Version 5.00
Copyright (C) Microsoft Corp 1981-1985, 1987. All rights reserved.

Object filename [hello.OBJ]:
Source listing [NUL.LST]:
Cross-reference [NUL.CRF]:

50310 + 415338 Bytes symbol space free

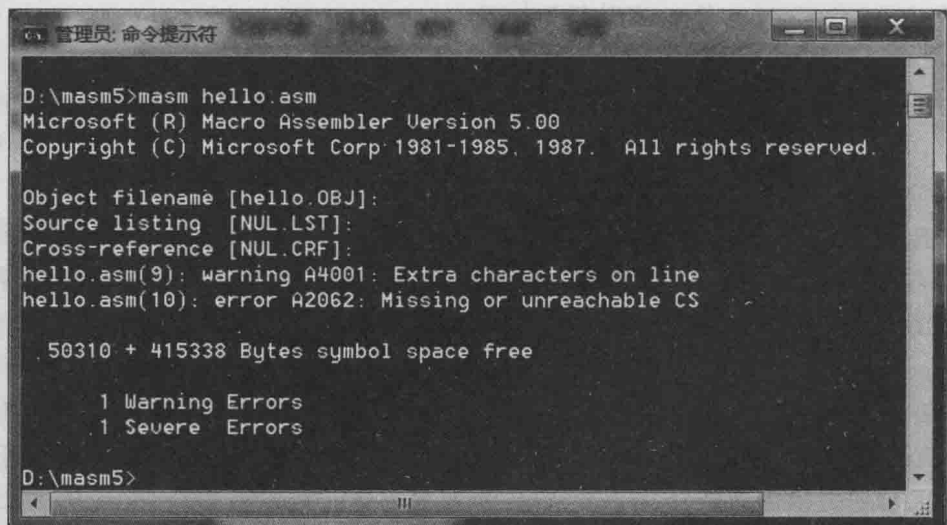
0 Warning Errors
0 Severe Errors

D:\masm5>
```

图 1-8 在 DOS 命令提示符窗口中进行汇编

进行的操作与上面完全相同。

如果没有错误,masm 就会在当前目录下建立一个 hello.obj 文件(名字与源文件名相同,只是扩展名不同)。如果源文件有错误,masm 会指出错误的行号和错误的原因。图 1-9 是有错误的汇编过程例子。在这个例子中,可以看到源程序的错误类型有两类:



```
管理员: 命令提示符
D:\masm5>masm hello.asm
Microsoft (R) Macro Assembler Version 5.00
Copyright (C) Microsoft Corp 1981-1985, 1987. All rights reserved.

Object filename [hello.OBJ]:
Source listing [NUL.LST]:
Cross-reference [NUL.CRF]:
hello.asm(9): warning A4001: Extra characters on line
hello.asm(10): error A2062: Missing or unreachable CS

50310 + 415338 Bytes symbol space free

1 Warning Errors
1 Severe Errors

D:\masm5>
```

图 1-9 有错误的汇编过程例子

(1) 警告错误(Warning Errors): 警告错误不影响程序的运行,但可能会得出错误的结果。此例中有一个警告错误。

(2) 严重错误(Severe Errors): 对于严重错误,masm 将无法生成 .obj 文件。此例中有一个严重错误。

在错误信息中,括号里的数字为有错误的行号(在此例中,错误出现在第 9、10 行),后面给出了错误类型及具体错误原因。如果出现了严重错误,必须重新进入 edit 编辑器,根据错误的行号和错误原因改正源程序中的错误,保存所做修改,继续汇编,直到编译器不再报错为止。

注意: 汇编程序只能指出程序的语法错误,无法指出程序逻辑的错误。

4. 用 link.exe 产生 .exe 可执行文件

在上一步骤中,汇编程序产生的是二进制目标文件(.obj 文件),并不是可执行文件,要想使编写的程序能够运行,还必须用连接程序(link.exe)把 .obj 文件转换为可执行的 .exe 文件。具体操作如下:

1) 在 Windows 中操作

用资源管理器打开源程序目录的 d:\masm5,把 hello.obj 拖到 link.exe 程序图标上。

2) 在 DOS 命令提示符窗口中操作

选择“开始”→“所有程序”→“附件”→“命令提示符”命令,或者在“开始”菜单的“搜索程序和文件”文本框中输入 cmd,打开 DOS 命令提示符窗口。然后,在 DOS 命令提示符窗口中,用 cd 命令转到源程序目录下,接着输入 link 命令:

```
d:\masm5>link hello.obj<回车>
```

操作时的屏幕显示如图 1-10 所示。

不管用以上两个方法中的哪个方法,进入 link 程序后,都会提示输入可执行文件名(Run File),并在方括号中显示默认的可执行文件名,建议输入可执行文件的完整路径名,如 d:\masm5\hello.exe<回车>。后面的两个提示为可选项,直接按 Enter 键。

注意: 若打开 link 程序时未给出 .obj 文件名,则 link 程序会首先提示输入 .obj 文件名,此时输入 .obj 文件名 hello.obj 并按 Enter 键,然后进行的操作与上面完全相同。

如果没有错误,link 就会建立一个 hello.exe 文件。如果 .obj 文件有错误,link 会指出错误的原因。对于无堆栈警告(Warning: no stack segment)信息,可以不予理睬,它不影响程序的执行。如连接时有其他错误,须检查且修改源程序,重新汇编、连接,直到正确。

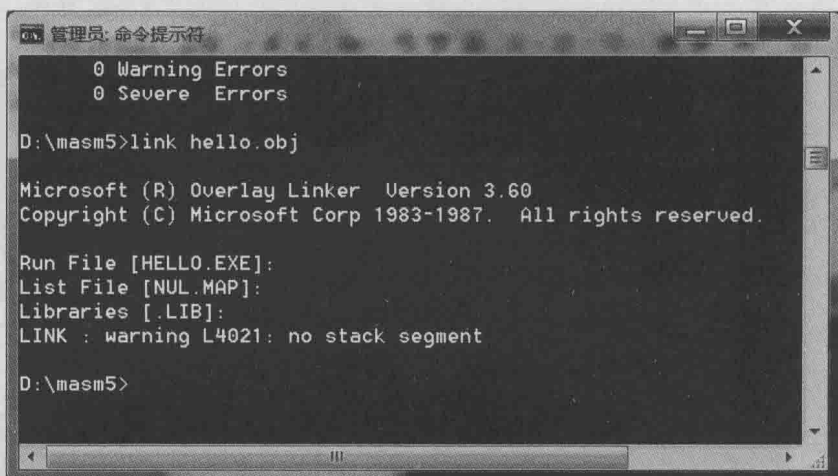


图 1-10 把 .obj 文件连接成可执行文件的屏幕显示

5. 运行程序

建立了 hello.exe 文件后,就可以直接在 DOS 下运行此可执行文件,如图 1-11 所示。

d: \masm5 > hello.exe <回车>



图 1-11 运行可执行文件

程序运行结束后,返回 DOS 命令提示符窗口。如果运行结果正确,那么程序运行结束时结果会直接显示在屏幕上。如果程序不显示结果,如何知道程序是否正确呢?例如,这里的 hello.exe 程序并未显示出结果,所以不知道程序执行的结果是否正确。这时,就要使用 td.exe 或 debug.exe 调试工具来查看运行结果。此外,大部分程序必须经过调试阶段才能纠正程序执行中的错误。