

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



汇编语言

王晓虹 毕于深 李 飒 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

王晓虹 毕于深 李 飒 编著

清华大学出版社
北京

内 容 摘 要

本书共 11 章, 以 Intel 8086/8088 系列计算机为背景, 前 8 章系统地介绍宏汇编语言程序设计的基础知识、语法规则和程序设计方法; 后 3 章主要介绍 8086、8088 计算机汇编语言的应用, 包括输入输出的概念及其程序设计方法, 中断的概念、方法及其开发应用技巧, 文件编程方法等内容。为方便自学, 在各章后面增加了理解与练习或课外阅读, 通过例题分析, 加强对汇编语言的理解与掌握。

本书可作为高校计算机本科专业的教材和自学考试的教材, 也可作为教师、非计算机专业的研究生及计算机应用技术人员参考书。

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/王晓红, 毕于深, 李飒编著. —北京: 清华大学出版社, 2011.4

(21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-24767-8

I. ①汇… II. ①王… ②毕… ③李… 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 (2011) 第 014617 号

责任编辑: 梁 颖 赵晓宁

责任校对: 李建庄

责任印制: 王秀菊

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 20.5 字 数: 510 千字

版 次: 2011 年 4 月第 1 版 印 次: 2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 32.00 元

产品编号: 037743-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学

周立柱 教授
覃 征 教授
王建民 教授
冯建华 教授
刘 强 副教授

北京大学

杨冬青 教授
陈 钟 教授
陈立军 副教授

北京航空航天大学

马殿富 教授
吴超英 副教授
姚淑珍 教授

中国人民大学

王 珊 教授
孟小峰 教授
陈 红 教授

北京师范大学

周明全 教授

北京交通大学

阮秋琦 教授

北京信息工程学院

赵 宏 教授

北京科技大学

孟庆昌 教授

石油大学

杨炳儒 教授

天津大学

陈 明 教授

复旦大学

艾德才 教授

吴立德 教授

吴百锋 教授

同济大学

杨卫东 副教授

苗夺谦 教授

华东理工大学

徐 安 教授

华东师范大学

邵志清 教授

杨宗源 教授

东华大学

应吉康 教授

乐嘉锦 教授

浙江大学

孙 莉 副教授

吴朝晖 教授

李善平 教授



扬州大学

南京大学

南京航空航天大学

南京理工大学

南京邮电学院

苏州大学

江苏大学

武汉大学

华中科技大学

中南财经政法大学

华中师范大学

江汉大学

国防科技大学

中南大学

湖南大学

西安交通大学

长安大学

哈尔滨工业大学

吉林大学

山东大学

中山大学

厦门大学

仰恩大学

云南大学

电子科技大学

成都理工大学

西南交通大学

李 云 教授

骆 斌 教授

黄 强 副教授

黄志球 教授

秦小麟 教授

张功萱 教授

朱秀昌 教授

王宜怀 教授

陈建明 副教授

鲍可进 教授

何炎祥 教授

刘乐善 教授

刘腾红 教授

叶俊民 教授

郑世珏 教授

陈 利 教授

颜 彬 教授

赵克佳 教授

邹北骥 教授

刘卫国 教授

林亚平 教授

沈钧毅 教授

齐 勇 教授

巨永锋 教授

郭茂祖 教授

徐一平 教授

毕 强 教授

孟祥旭 教授

郝兴伟 教授

潘小轰 教授

冯少荣 教授

张思民 教授

刘惟一 教授

刘乃琦 教授

罗 蕾 教授

蔡 淮 教授

于 春 讲师

曾华荣 教授

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·财经管理与计算机应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力，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

汇编语言程序设计是计算机及相关专业必修的一门主要专业基础课程。同其他高级语言相比,汇编语言是面向机器的低级语言。由于汇编语言可以直接对硬件资源进行编程,因此汇编语言具有更高的执行效率,更能充分发挥计算机硬件的功能和特点。

本部教材本着精讲多练和鼓励自主学习的原则,在保证知识的连续性、完整性的同时,对传统的教材内容进行了较大的改动,力求内容精炼、突出重点、注重应用。

本书共分为 11 章,第 1~第 8 章以 Intel 8086/8088 系列计算机为背景,系统地介绍汇编语言的基本概念、语法规则和程序设计方法。第 9~第 11 章介绍 8086、8088 汇编语言的应用,包括输入输出的概念及其程序设计方法,中断的概念、方法及其开发应用技巧,文件编程方法等内容。

为鼓励学生自主学习和增加对学习内容的选择性,在每章后面增加了理解与练习或课外阅读的内容。理解与练习是对重点、难点问题通过举例和例题分析,对知识点在概念上和应用技巧上进一步加深理解和掌握;课外阅读的内容不作为教学内容要求,作为拓展内容以扩大知识的深度和广度。

本书第 1~第 3 章由李飒编写,第 4~第 8 章由王晓虹编写,第 9~第 11 章由毕于深编写;全书内容由王晓虹、毕于深组织和审核。

由于编者的水平有限,本书中的错误和不妥之处敬请批评指正。

编 者

2011 年 1 月

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 计算机系统组成	1
1.1.1 计算机硬件基本结构	1
1.1.2 计算机软件系统	2
1.2 计算机语言	2
1.2.1 机器语言	2
1.2.2 汇编语言	3
1.2.3 通用语言（高级语言）	4
1.3 汇编语言的应用范围	4
习题 1	4
第 2 章 汇编语言预备知识	6
2.1 数据类型	6
2.1.1 数制及相互转换	6
2.1.2 计算机中数和字符的表示	7
2.1.3 数据类型	10
2.2 Intel 8086/8088 CPU 结构与可编程寄存器	12
2.2.1 8086/8088 CPU 功能结构	12
2.2.2 CPU 内部寄存器组	13
2.3 存储器	16
2.3.1 存储器的组成	16
2.3.2 存储器的段结构	16
2.3.3 逻辑地址与物理地址	17
2.3.4 堆栈	18
2.4 理解与练习	19
2.4.1 内存数据存取规则	19
2.4.2 计算机中的数据	19
2.4.3 溢出的概念	20
习题 2	21
第 3 章 寻址方式与指令系统	23
3.1 寻址方式	23

3.1.1	隐含操作数寻址方式（隐含寻址）	23
3.1.2	立即操作数寻址方式（立即寻址）	23
3.1.3	寄存器操作数的寻址方式（寄存器寻址）	24
3.1.4	存储器操作数的寻址方式	24
3.1.5	段基值的隐含约定	26
3.1.6	隐含段的改变	26
3.2	指令系统	27
3.2.1	指令系统概述	27
3.2.2	传送类指令	28
3.2.3	算术运算类指令	31
3.2.4	位操作指令	36
3.2.5	转移类指令	37
3.2.6	串操作指令	40
3.2.7	处理器控制类指令	42
3.3	理解与练习	43
3.3.1	关于十进制调整指令	43
3.3.2	比较指令的理解	46
3.3.3	乘除法指令的理解	47
3.3.4	逻辑运算与移位指令的应用	49
3.3.5	指令对标志位的影响	50
习题 3		52
第 4 章	汇编语言	54
4.1	汇编语言语句种类及格式	54
4.1.1	语句种类	54
4.1.2	语句格式	55
4.2	汇编语言的数据	56
4.2.1	常数	56
4.2.2	变量	57
4.2.3	标号	60
4.2.4	段名和过程名	61
4.3	汇编语言的符号	61
4.3.1	等值语句	61
4.3.2	等号语句	62
4.4	汇编语言运算符	62
4.4.1	算术运算符	62
4.4.2	逻辑运算符	64
4.4.3	关系运算符	64
4.4.4	属性值返回运算符	65

4.4.5	属性修改运算符	68
4.4.6	运算符的优先级	69
4.5	程序中段的定义	70
4.5.1	段定义伪指令	70
4.5.2	段指定伪指令	73
4.6	常用伪指令	73
4.6.1	汇编地址计数器 (\$) 和定位伪指令 (ORG)	73
4.6.2	源程序结束伪指令 (END)	74
4.6.3	模块命名伪指令 (NAME 和 TITLE)	75
4.6.4	基数控制伪指令 (RADIX)	75
4.7	理解与练习	76
4.7.1	ASSUME 伪指令的理解	76
4.7.2	关于段寄存器的初始化	77
4.7.3	例题分析	78
习题 4		81
第 5 章	程序设计方法	85
5.1	概述	85
5.1.1	程序设计的步骤	85
5.1.2	程序的基本控制结构	87
5.1.3	程序设计方法	88
5.2	汇编语言源程序的基本格式和编程步骤	88
5.3	简单程序设计举例	91
5.4	DOS 系统功能调用	93
5.4.1	系统功能调用方法	93
5.4.2	常用系统功能调用	94
5.5	汇编语言程序的上机过程	97
5.6	理解与练习	98
5.6.1	输入输出数据处理	98
5.6.2	使用功能调用进行输出显示时屏幕格式的控制	99
5.6.3	程序的汇编、连接及调试	99
习题 5		109
第 6 章	分支与循环程序设计	112
6.1	分支程序设计	112
6.1.1	比较/测试分支结构程序设计	112
6.1.2	用跳转表形成多路分支的程序设计	116
6.2	循环程序设计	118
6.2.1	循环程序的结构	118



6.2.2	循环控制方法	118
6.2.3	单重循环程序设计	120
6.2.4	多重循环程序设计	123
习题 6		128
第 7 章	子程序与多模块编程	132
7.1	子程序概念	132
7.1.1	子程序的定义	132
7.1.2	子程序的调用和返回	133
7.2	子程序设计方法	136
7.2.1	现场的保护和恢复	136
7.2.2	主程序与子程序之间参数传递方法	137
7.2.3	子程序说明文件	142
7.2.4	子程序设计及其调用举例	143
7.3	嵌套与递归子程序	145
7.3.1	子程序嵌套	145
7.3.2	递归子程序	148
7.4	多模块编程	150
7.4.1	模块的划分	150
7.4.2	程序的连接	151
7.5	课外阅读	154
7.5.1	可重入子程序、浮动子程序和协同子程序	154
7.5.2	汇编语言与 C 语言的连接	155
习题 7		162
第 8 章	宏功能程序设计	165
8.1	宏的概念	165
8.2	宏定义和宏调用	166
8.2.1	宏定义	166
8.2.2	宏调用	167
8.3	参数的使用	168
8.3.1	宏定义与宏调用中参数的使用	168
8.3.2	宏操作符	172
8.3.3	宏中标号的处理	174
8.4	宏嵌套	175
8.4.1	宏定义中嵌套宏定义	175
8.4.2	宏定义中嵌套宏调用	176
8.5	重复汇编和条件汇编	178

8.5.1 重复汇编伪指令	178
8.5.2 条件汇编伪指令	180
8.6 宏库的使用	182
8.6.1 宏库的建立	182
8.6.2 宏库的使用	183
8.7 课外阅读	184
8.7.1 结构	184
8.7.2 记录	189
习题 8	192
第 9 章 输入输出程序设计	194
9.1 输入输出的概念	194
9.1.1 外部设备与接口电路	194
9.1.2 I/O 接口及编程结构	195
9.2 I/O 指令	196
9.2.1 输入指令 IN	196
9.2.2 输出指令 OUT	196
9.3 I/O 传送方式	197
9.4 I/O 程序举例	199
习题 9	201
第 10 章 中断	202
10.1 中断的概念	202
10.2 PC 中断系统	202
10.3 中断管理和运行机制	205
10.3.1 中断向量表	205
10.3.2 中断优先级	206
10.3.3 中断响应过程	207
10.3.4 中断指令	207
10.4 中断的开发与应用	208
10.4.1 开发用户自己的中断	208
10.4.2 修改或替换系统中断	210
10.4.3 在应用程序中调用系统中断	214
10.5 课外阅读	214
10.5.1 PC 时钟系统及时钟中断	214
10.5.2 DOS 用户中断	217
习题 10	218

第 11 章 文件操作编程	220
11.1 文件操作的有关概念	220
11.1.1 文件名字串和文件句柄	220
11.1.2 文件指针与读写缓冲区	221
11.1.3 文件属性	221
11.2 常用的文件操作系统功能调用	221
11.2.1 建立并打开文件 (3CH, 5BH, 5AH)	222
11.2.2 打开文件 (3DH)	223
11.2.3 关闭文件 (3EH)	223
11.2.4 读文件或设备 (3FH)	223
11.2.5 写文件或设备 (40H)	223
11.2.6 改变文件指针 (42H)	223
11.3 文件操作编程	224
11.4 课外阅读	227
11.4.1 打开文件和关闭文件的作用	227
11.4.2 系统内部句柄的分配和管理	228
习题 11	229
附录 A 出错信息	230
附录 B 8086/8088 指令系统	234
附录 C BIOS 调用说明	245
附录 D DOS 功能调用说明	256
附录 E IBM PC 的键盘输入码和 CRT 显示码	265
附录 F 习题答案	267
参考文献	311

第1章

概论

汇编语言作为面向机器的语言，在计算机应用中拥有主要的地位。本章介绍汇编语言的定义、特点、应用范围及计算机系统的组成。

1.1 计算机系统组成

计算机系统包括硬件和软件两部分。

1.1.1 计算机硬件基本结构

典型的计算机系统硬件结构如图 1-1 所示。

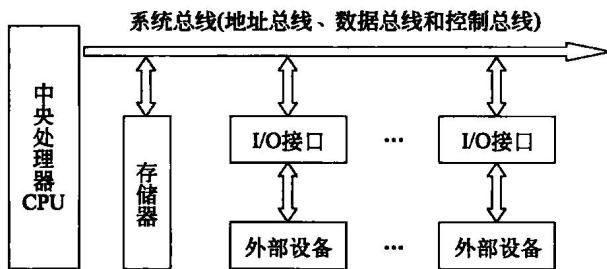


图 1-1 计算机系统硬件结构示意图

1. 中央处理器

中央处理器是一片集成电路。它是计算机系统的核心部件，其主要功能是分析、执行指令及总线控制等。

2. 存储器

存储器包括只读存储器 ROM 和随机读写存储器 RAM。ROM 中固化着基本输入输出设备驱动程序和计算机启动自检程序等，称为 BIOS 系统程序，是操作系统软件的组成部分。RAM 又称为内存储器（内存），由多片集成电路组成。RAM 用来存放程序和数据，任何要执行的程序和要处理的数据必须先装入 RAM 才能工作。

3. I/O 接口

I/O 接口是由多种集成电路芯片及其他电子器件组成的电路。它是主机与外设，外设

与外设之间的硬件接口，不同的外设，通过配套的接口电路实现数据缓冲、传送以及信号转换等。

4. 总线

总线(Bus)是一组公共数据线、地址线和控制信号线。它把系统中的各个设备及部件连接起来，构成计算机的硬件系统。总线在工作时，数据及各种信息传送等是分时操作的。

5. 外部设备

外部设备一般包括外部存储器(软盘、硬盘)及实现人与计算机交换信息的输入输出装置(如键盘、显示器、打印机等)。外部设备必须通过 I/O 接口才能与系统总线相连。

1.1.2 计算机软件系统

计算机软件系统分为系统软件 and 用户软件两个层次。

系统软件是由计算机生产厂家提供给用户的一组程序，可分为两类：一类是面向机器的系统程序(操作系统)，主要作用是对系统的硬、软件资源进行有效的管理，建立计算机的工作环境；另一类是面向用户的软件，对用户编制的程序进行编辑、编译、连接，加工成计算机能直接执行的目标程序。软件系统的构成如图 1-2 所示。

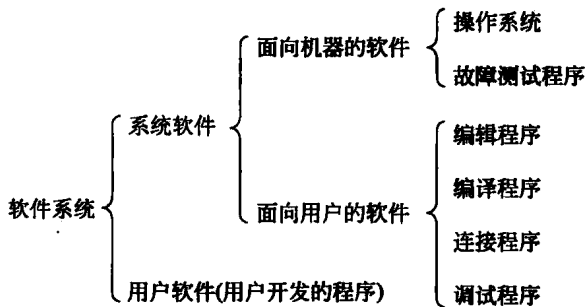


图 1-2 计算机软件系统组成

1.2 计算机语言

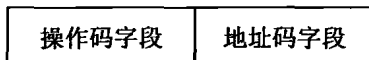
当人们使用计算机完成某些任务时，必须告诉计算机怎样具体地处理这些任务。同计算机进行这种交流的工具是什么呢？就是计算机语言。人们利用计算机语言告诉计算机某个问题应如何处理，先做什么，后做什么，即人们用计算机语言安排好处理步骤，每一步都是用计算机语言描述的，这种用计算机语言描述的处理步骤，称为程序。计算机执行程序时，按处理步骤，完成人所规定的任务。

计算机语言可分为三类：机器语言、汇编语言和通用语言，前两类是面向机器的，一般称为低级语言；后一类是面向程序设计人员的，一般称为高级语言。

1.2.1 机器语言

虽然可以使用各种语言编写程序，但计算机却只能识别在设计机器时事先规定的机器指令。

机器指令即指挥计算机完成某一基本操作的命令。它们均由 0 和 1 二进制代码串组成。机器指令的一般格式为：



操作码字段指出该指令执行何种操作，地址码字段指出被操作的数据（操作数）和操作结果的存放位置。

例如，将地址为 0000 0100B 的字节存储单元中的内容加 3，若用 Intel 8086/8088 机器指令完成该操作，则相应的机器指令为：

```
10000011
00000110
00000100
00000011
```

这条指令共 4 字节，其中前 2 个字节的二进制代码是操作码，表示要进行“加”操作，并指明了以何种方式取得两个加数；第三个字节二进制代码指出了第一个加数存放在偏移地址为 00000100B 的内存单元，最后一个字节二进制代码指出第二个加数是 3。

机器指令也常被称为硬指令，它是面向机器的，即不同的计算机规定了自己所特有的、一定数量的基本指令（指令系统）。用机器指令进行描述的语言叫做机器语言，用机器语言编写的程序称为机器语言程序或目标程序。目标程序中的二进制机器指令代码称为目标代码。

使用任何语言编写的程序最终都要转换成机器语言程序，才能被计算机识别、理解并执行。

1.2.2 汇编语言

由于机器指令是用二进制表示的，编写、阅读和调试程序都相当困难。于是，人们想出用助记符表示机器指令的操作码，用变量代替操作数的存放地址，还可以在指令前冠以标号，用来代表该指令的存放地址等。这种用符号书写的、与机器指令一一对应的、并遵循一定语法规则的符号语言就是汇编语言。用汇编语言编写的程序称为汇编语言源程序。例如，对前面的例子，用汇编语言编写如下：

```
MOV SI,0004H
ADD BYTE PTR [SI],3
```

由于汇编语言是为了方便使用而设计的一种符号语言，因此，用它编写的源程序并不能直接被计算机识别，必须将它翻译成机器语言程序，即目标程序才能被计算机执行。这个翻译工作是由系统软件提供的一个语言加工程序完成的。这个把汇编语言源程序翻译成目标程序的程序称为汇编程序，汇编程序进行翻译的过程称为汇编。这里，汇编程序相当于一个翻译器，它加工的对象是汇编语言源程序，加工的结果是目标程序，如图 1-3 所示。

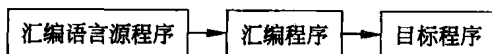


图 1-3 汇编语言源程序翻译成目标程序