



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材  
教育部—微软精品课程配套教材

# 计算机组成原理 与汇编语言

易小琳 朱文军 鲁鹏程 等 编著

清华大学出版社

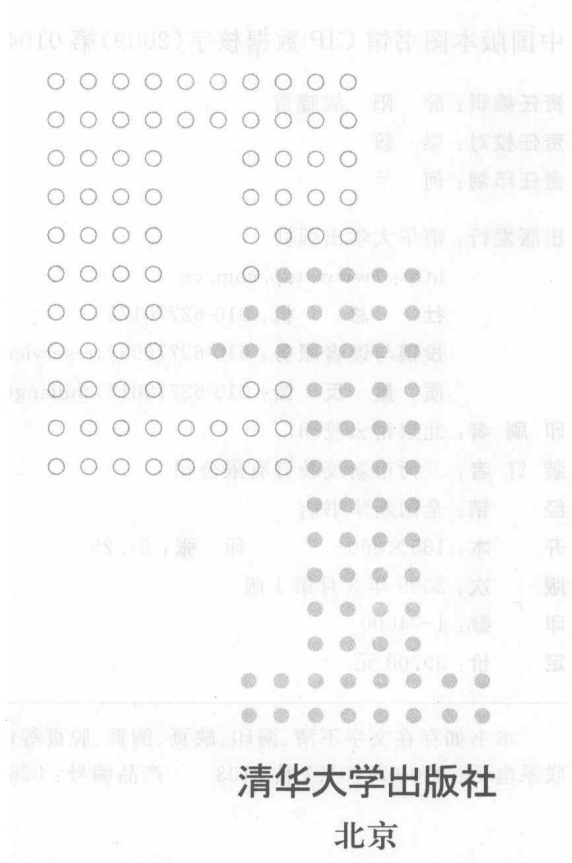




普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材  
教育部—微软精品课程配套教材

易小琳 朱文军 鲁鹏程 等 编著

# 计算机组成原理 与汇编语言



## 内 容 简 介

本书将计算机科学与技术学科的两门核心课程“计算机组成原理”与“汇编语言程序设计”的内容有机地组织起来,通过系统地阐述计算机组成原理及汇编语言程序设计方法,不仅使学习者建立清晰的整机概念,还可以围绕机器指令功能,将机器硬件微操作级与汇编语言级的设计紧密地结合起来。本书把软、硬件设计结合在一起进行介绍,使学习者在掌握计算机内部结构及工作原理的基础上,学会从机器指令系统开始进行计算机整机的设计,并学会使用汇编语言编写程序,进一步提高使用计算机解决实际问题的能力。

本书内容丰富,概念清晰,系统性强,每章均有适量例题和习题,可以作为计算机及相关专业本科生和研究生的教材,也可以作为科技人员的参考书。

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

计算机组成原理与汇编语言/易小琳等编著. —北京:清华大学出版社,2009.3  
(计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-19331-9

I. 计… II. 易… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 ②汇编语言—程序设计—高等学校—教材 IV. TP303 TP313

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第010418号

责任编辑:薛阳 战晓雷

责任校对:梁毅

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

地 址:北京清华大学学研大厦A座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印刷者:北京密云胶印厂

装订者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:27.25

字 数:676千字

版 次:2009年3月第1版

印 次:2009年3月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:39.00元

---

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。  
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:026949-01

**主 任：**周立柱

**副 主 任：**王志英 李晓明

**编委委员：**(按姓氏笔画为序)

汤志忠 孙吉贵 杨 波

岳丽华 钱德沛 谢长生

蒋宗礼 廖明宏 樊晓桢

**责任编辑：**马瑛珺

计算机技术的迅猛发展不但促进了信息产业的飞速发展,同时带动了整个社会的进步,其影响和应用价值巨大。计算机组成原理重点研究的基础理论和实践知识是计算机技术高速发展的前提,是计算机专业学生和工程技术人员必须掌握的理论知识,其主旨在于研究计算机各部件的结构原理,以及如何将这些硬件部件组成一个计算机系统。完整的计算机系统由硬件和软件两部分组成,而指令系统作为硬软件之间衔接的纽带,具有重要意义。因此,在介绍计算机各硬件功能部件原理的基础上,必须清楚解释指令系统的组成、功能以及设计方法,这自然会涉及机器语言方面的内容。而汇编语言作为与机器语言相对应的低级程序设计语言,对于初学者了解机器指令的格式与设计非常适用。

本书将计算机组成原理理论与汇编语言程序设计方法有机地结合在一起,全面阐述了计算机组成原理、指令系统、汇编语言及其程序设计的概念。在此基础上进一步介绍了计算机系统总体结构的设计原理和利用汇编语言进行程序设计的方法。同时,有选择性地介绍了当今先进的大、中、小型计算机的组成原理概念;并在此基础上,详细剖析微型计算机的组成原理、指令系统设计及汇编语言程序设计等技术,使读者在学习计算机组成原理理论知识的基础上,进一步掌握计算机系统的设计方法,并且掌握利用汇编语言进行程序设计的基本方法。

为方便不同高校选用教材,全书共分为两篇,第一篇重点介绍计算机组成原理的相关内容;第二篇详细阐述汇编语言及其程序设计的方法。因而,从课程内容而言,本书既可以作为“计算机组成原理与汇编语言程序设计”课程的教材,也可以作为单独开设的“计算机组成原理”课程或者“汇编语言程序设计”课程的教材。

第一篇共包含7章,在内容上涵盖了计算机组成原理的主要内容。第1章主要介绍计算机系统的基本组成、主要技术指标、计算机的应用及其发展。第2章主要介绍数值数据及非数值数据在计算机中的表示方法,其中包括带符号数、无符号数、定点数据与浮点数据的表示方法以及非数值数据在计算机中的表示方法。第3章主要介绍算术逻辑运算部件(ALU)、定点加减乘除运算及浮点加减乘除运算方法。第4章主要介绍机器指令格式、寻址技术、指令类型,以及体现CISC特点的Intel 80x86指令系统和体现RISC特征的MIPS指令系统的指令格式、寻址方式的设计;并详细阐述了Intel 8086指令系统的功能。第5章主要介绍中央处理器的总体结构、时序系统、指令流程、微操作控制信号的设计、组合逻辑控制部件与微程序控制部件的设计方法。并且以模型机指令系统及主机系统的设计为例,详细介绍了计算机主机系统的设计方法。第6章主要介绍存储器的分类、主要技术指标、工作原理、构成方式以及与其他部件的联系。同时面向存储系统的层次结构,阐述了高速缓冲存

存储器(Cache)及虚拟存储器的基本组成和工作原理,并详细描述了辅助存储器及一些高速存储器的基本工作机理,最后针对冗余磁盘阵列(RAID)的组成原理做出简要介绍。第7章主要介绍输入/输出系统的基本功能及组成,并对计算机主机与输入/输出设备间信息传输的控制方式给予详细分析;同时介绍了一些常用的输入/输出设备,并且针对计算机系统与外围设备间总线通信及外设接口方面的内容做出相关阐述。

第二篇共包含6章,在内容上涵盖了汇编语言程序设计的主要内容。第8章主要介绍汇编语言概念、Intel 8086汇编语言格式、汇编语言数据与运算符以及伪指令、宏指令的使用方法。第9章主要介绍分支程序结构、分支程序设计及利用跳转表方法实现多路分支程序设计的方法。第10章主要介绍循环程序结构、循环程序设计及多重循环程序设计方法。第11章主要介绍子程序设计方法、子程序的参数传递以及嵌套与递归。第12章主要介绍DOS功能子程序的调用、BIOS功能子程序的调用及输入/输出子程序设计方法。第13章主要介绍汇编语言程序的开发环境,介绍编辑、汇编、链接、调试与运行的方法。

本书不仅可以作为计算机科学与技术、信息安全及软件工程等专业本科生的基础必修教材,也可以作为相关专业选修课程的教材。另外,本书也可供相关企业技术人员及其他需要了解计算机组成原理、计算机硬件系统设计技术及汇编语言程序设计技术的人员进行选择性学习和参考。

本书由易小琳主编并负责全书统稿,同时编写第4、5章及附录;朱文军编写第6、7章;鲁鹏程编写第3、8~13章;方娟编写第2章;毛国君编写第1章。杨峰协助绘制了书中部分图表。

由于计算机技术飞速发展,新的理论和技术层出不穷,教材难以囊括计算机技术的最新发展变化。书中可能会存在错误与不足之处,恳请同行及读者给予批评指正。

作 者

2008年12月于北京

P r e f a c e

## 第一篇 计算机组成原理

<b>第 1 章 绪论</b> .....	3
1.1 如何使用本书 .....	3
1.2 计算机系统的概念层次 .....	3
1.2.1 计算机硬件系统 .....	4
1.2.2 计算机软件系统 .....	6
1.2.3 计算机的虚拟化问题 .....	8
1.3 计算机系统的体系结构分析 .....	8
1.4 计算机的性能指标分析 .....	12
习题 .....	16
<b>第 2 章 数据信息表示</b> .....	17
2.1 数值数据的信息表示 .....	17
2.1.1 数制与进位计数法 .....	17
2.1.2 数制转换 .....	18
2.1.3 机器数表示方法 .....	20
2.1.4 定点数表示 .....	25
2.1.5 浮点数表示 .....	27
2.2 非数值数据的信息表示 .....	31
2.2.1 字符的表示 .....	31
2.2.2 字符串的存放 .....	34
2.2.3 汉字的表示 .....	35
2.2.4 校验码 .....	38
习题 .....	39
<b>第 3 章 数值运算及运算器</b> .....	40
3.1 基本算术运算的实现 .....	40
3.1.1 加法器 .....	40
3.1.2 进位的产生与传递 .....	41
3.1.3 并行加法器进位链 .....	42
3.2 定点运算 .....	46
3.2.1 加减运算 .....	46
3.2.2 移位运算 .....	50
3.2.3 乘法运算 .....	52

3.2.4	除法运算 .....	62
3.3	浮点运算 .....	69
3.3.1	浮点加减运算 .....	69
3.3.2	浮点乘法运算 .....	71
3.3.3	浮点除法运算 .....	72
3.4	运算器举例 .....	73
3.4.1	ALU 举例 .....	73
3.4.2	浮点运算器举例 .....	74
	习题 .....	77
<b>第 4 章</b>	<b>指令系统</b> .....	<b>79</b>
4.1	指令系统的基本概念 .....	79
4.1.1	指令系统及计算机语言 .....	79
4.1.2	计算机中指令的存储及执行 .....	80
4.2	指令格式 .....	80
4.2.1	指令格式及指令字长度 .....	80
4.2.2	操作码结构的设计 .....	81
4.2.3	地址码结构的设计 .....	83
4.2.4	指令助记符与机器指令代码 .....	86
4.2.5	指令格式举例 .....	87
4.3	寻址方式 .....	90
4.3.1	指令寻址方式 .....	90
4.3.2	操作数寻址方式 .....	91
4.3.3	8086 寻址方式示例 .....	97
4.3.4	MIPS 寻址方式简介 .....	112
4.4	指令的分类及指令系统 .....	113
4.4.1	指令类型 .....	113
4.4.2	8086 指令系统类型 .....	114
4.4.3	8086 指令系统详解 .....	118
4.4.4	MIPS 指令系统简介 .....	143
4.4.5	CISC 与 RISC 指令系统 .....	145
	习题 .....	145
<b>第 5 章</b>	<b>中央处理器</b> .....	<b>148</b>
5.1	CPU 的总体结构及设计 .....	148
5.1.1	CPU 的功能及基本组成 .....	148



5.1.2	模型机 CPU 的总体结构	148
5.2	指令周期与指令流程	154
5.2.1	指令周期的基本概念	154
5.2.2	时序系统	156
5.2.3	模型机指令系统、指令流程与 微操作控制信号	158
5.3	微程序控制部件的组成与设计	180
5.3.1	微程序控制部件的组成	180
5.3.2	微指令的设计	183
5.3.3	微程序设计	187
5.4	组合逻辑控制部件的组成与设计	194
5.4.1	组合逻辑控制部件的组成	194
5.4.2	微操作控制信号发生器的设计	194
5.5	CPU 的发展简介	198
	习题	201
<b>第 6 章</b>	<b>存储系统</b>	<b>203</b>
6.1	存储器概述	203
6.1.1	存储器分类	203
6.1.2	存储器的主要技术指标	205
6.1.3	存储系统的分层结构	206
6.2	随机存取存储器和只读存储器	207
6.2.1	SRAM 存储器	207
6.2.2	DRAM 存储器	209
6.2.3	主存容量的扩展	213
6.2.4	主存与 CPU 的连接	216
6.2.5	半导体只读存储器	219
6.2.6	新型存储器芯片	222
6.3	高速存储器	224
6.3.1	双端口存储器	225
6.3.2	多体并行交叉存储器	225
6.3.3	相联存储器	226
6.4	Cache 存储器	228
6.4.1	高速缓存工作原理	228

6.4.2	主存与 Cache 的地址映像 .....	229
6.4.3	替换策略 .....	232
6.4.4	Cache 的写操作策略 .....	233
6.5	虚拟存储器 .....	234
6.5.1	虚拟存储器基本概念 .....	234
6.5.2	段式虚拟存储器 .....	235
6.5.3	页式虚拟存储器 .....	236
6.5.4	段页式虚拟存储器 .....	237
6.5.5	快表和慢表 .....	237
6.6	辅助存储器 .....	238
6.6.1	磁表面存储器原理 .....	238
6.6.2	磁带存储器 .....	242
6.6.3	磁盘存储器 .....	243
6.6.4	光盘存储器 .....	247
6.6.5	移动存储设备 .....	250
6.6.6	磁盘阵列 RAID .....	253
	习题 .....	256
<b>第 7 章</b>	<b>输入/输出系统及外围设备 .....</b>	<b>258</b>
7.1	输入/输出系统概述 .....	258
7.1.1	输入/输出系统的基本功能 .....	259
7.1.2	输入/输出系统的组成 .....	259
7.1.3	输入/输出设备的编址与 输入/输出指令 .....	261
7.1.4	主机与输入/输出设备间信息传输的 控制方式 .....	263
7.2	程序直接控制方式 .....	264
7.2.1	直接输入/输出方式 .....	264
7.2.2	程序查询输入/输出方式 .....	264
7.3	程序中断方式 .....	266
7.3.1	中断的基本概念 .....	267
7.3.2	中断源和中断类型 .....	267
7.3.3	中断处理过程 .....	269
7.3.4	程序中断方式的基本接口 .....	271

7.3.5	单级中断和多级中断 .....	272
7.4	直接存储器存取方式 .....	273
7.4.1	DMA 方式的基本概念 .....	273
7.4.2	DMA 传送方式及过程 .....	274
7.4.3	DMA 接口 .....	275
7.5	通道控制方式与输入/输出处理机 .....	277
7.5.1	通道的功能 .....	278
7.5.2	通道的分类 .....	278
7.5.3	通道的工作过程 .....	279
7.5.4	输入/输出处理机(IOP)与 外围处理机(PPU) .....	279
7.6	总线 .....	280
7.6.1	概述 .....	280
7.6.2	总线的控制方式 .....	282
7.6.3	总线的通信方式 .....	284
7.6.4	总线上信息的传送方式 .....	284
7.6.5	典型标准总线 .....	285
7.7	外围设备概述 .....	287
7.7.1	外围设备的作用 .....	287
7.7.2	外围设备的分类 .....	287
7.8	输入设备 .....	288
7.8.1	键盘 .....	288
7.8.2	图形图像输入设备 .....	290
7.8.3	其他输入设备 .....	293
7.9	显示输出设备 .....	294
7.9.1	常见显示卡标准 .....	295
7.9.2	CRT 显示器 .....	296
7.9.3	液晶显示器 .....	298
7.10	打印输出设备 .....	299
7.10.1	针式打印机 .....	300
7.10.2	激光打印机 .....	301
7.10.3	喷墨式打印机 .....	302
习题	.....	304

## 第二篇 汇编语言程序设计

第 8 章 汇编语言 .....	307
8.1 概述 .....	307
8.1.1 机器语言 .....	307
8.1.2 汇编语言 .....	307
8.1.3 汇编程序 .....	308
8.1.4 汇编语言的用途 .....	309
8.2 汇编语言格式 .....	310
8.2.1 标记符 .....	310
8.2.2 操作符 .....	312
8.2.3 操作数 .....	312
8.2.4 注释 .....	312
8.3 汇编语言数据与运算符 .....	312
8.3.1 常数 .....	312
8.3.2 变量 .....	313
8.3.3 运算符 .....	314
8.4 伪指令语句 .....	320
8.4.1 符号定义语句 .....	320
8.4.2 数据定义语句 .....	322
8.4.3 段结构伪指令 .....	326
8.4.4 其他伪指令 .....	330
8.5 宏汇编技术 .....	334
8.5.1 宏定义 .....	334
8.5.2 宏调用 .....	335
8.5.3 宏展开 .....	335
8.5.4 与宏有关的伪指令 .....	337
8.5.5 宏运算符 .....	339
8.5.6 宏嵌套 .....	341
8.5.7 宏与子程序的区别 .....	343
8.5.8 宏库的建立与使用 .....	344
8.6 重复汇编与条件汇编 .....	345
8.6.1 重复汇编 .....	345

8.6.2 条件汇编 .....	348
习题 .....	350
<b>第 9 章 分支程序设计 .....</b>	<b>352</b>
9.1 汇编语言程序设计概述 .....	352
9.1.1 程序设计的步骤 .....	352
9.1.2 程序流程图的画法 .....	352
9.2 分支程序的结构 .....	354
9.3 分支程序的设计方法 .....	355
9.3.1 两分支程序设计方法 .....	355
9.3.2 多分支程序设计方法 .....	358
习题 .....	362
<b>第 10 章 循环程序设计 .....</b>	<b>363</b>
10.1 循环程序基本结构 .....	363
10.2 循环程序控制方法 .....	364
10.2.1 计数控制法 .....	364
10.2.2 条件控制法 .....	367
10.3 多重循环程序设计 .....	369
习题 .....	372
<b>第 11 章 子程序设计 .....</b>	<b>373</b>
11.1 子程序设计方法 .....	373
11.2 子程序的参数传递 .....	376
11.2.1 寄存器传递参数法 .....	376
11.2.2 存储器传递参数法 .....	377
11.2.3 地址表传递参数法 .....	378
11.2.4 堆栈传递参数法 .....	380
11.3 子程序的嵌套与递归 .....	381
11.3.1 子程序的嵌套 .....	381
11.3.2 子程序的递归 .....	382
习题 .....	384
<b>第 12 章 系统功能调用 .....</b>	<b>385</b>
12.1 DOS 功能调用 .....	385
12.1.1 DOS 功能调用概述 .....	385
12.1.2 常见 DOS 功能调用 .....	385

12.2 BIOS 功能调用 .....	390
12.2.1 BIOS 功能调用概述 .....	390
12.2.2 常见 BIOS 功能调用 .....	390
习题 .....	397
<b>第 13 章 汇编语言程序的开发与调试 .....</b>	<b>398</b>
13.1 汇编语言程序的开发 .....	398
13.2 汇编语言程序的调试 .....	402
习题 .....	409
<b>附录 8086 指令系统简表 .....</b>	<b>410</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>417</b>

# 第一篇

## 计算机组成原理





# 第 1 章 绪 论

## 1.1 如何使用本书

“计算机组成原理”是国内外大学普遍开设的计算机科学与技术专业的骨干课程之一，具有技术名词集中、内容繁杂、学习难度大等显著特点。从本质上说，“计算机组成原理”课程是计算机硬件系列的核心课程。它的必要前驱课程是“数字逻辑”等课程，即通过这些前驱课程的学习，学生已经具有基本的数字逻辑表示及其简单数字电路设计的概念和原理。在此基础上，“计算机组成原理”课程需要解决计算机系统级的概念和关键部件(CPU、主存等)的设计技术，它为后继课程，如“计算机接口”、“计算机体系结构”以及“嵌入式系统”等相关课程，提供必要的基础。因此，“计算机组成原理”课程是计算机硬件系列课程体系的中心，具有承上启下的作用。这种地位和作用使得该课程内容的可扩展性很大。毋庸讳言，国内外许多教材为了保证教材内容的完整性，包含的内容很繁杂。这本身没有什么错误，因为作为一书籍可能不仅作为教材使用，还可能被其他的读者使用。即使是作为教材，不同的学校在课程内容的安排上也可能存在差异。然而，过分追求内容的全面性可能使教材的内容太宽泛，给教师和学生的使用带来不便。例如，就它和“数字逻辑”、“计算机接口”、“计算机体系结构”等课程的内容如何划分和衔接问题而言，许多高校在处理上是存在差异的。因此，作为教材的编写者和使用者，要处理好这种关系。编写者应该有一个针对性的目标，便于使用者选用和进行教学内容裁剪；而使用者应该了解编写的目标，并进行选择性的学习和教学。

本书编写的主要思想是：以“计算机整机”为中心，力求为读者建立一个计算机系统的完整概念；以“计算机主机”设计为重点，加大 CPU 和主存(也可称为内存)等关键部件的设计原理与技术的阐述；将汇编语言融入计算机组成原理内容中，使抽象的计算机指令系统设计原理“具体化”；适当地考虑内容的完整性，对数制、码制、计算机体系结构以及输入/输出系统等经典内容进行选择和有效组织。因此，在学习或者作为教材使用时，读者或者教师要考虑这些因素，以充分利用本书来完成既定的任务。

本书共分两篇。第一篇将全面地论述计算机(单处理机系统)的组成和工作原理，使读者建立起计算机系统的整机概念。在本篇中主要介绍计算机中数据的表示方法及其典型的运算方法、指令系统的设计方法及 Intel 8086 指令系统的设计范例，剖析主要部件的设计原理以及模型机的设计方法等。第二篇将全面地论述 Intel 8086 汇编语言的语法结构和程序设计技术。

## 1.2 计算机系统的概念层次

众所周知，一个计算机系统是由硬件和软件组成的。图 1-1 给出了目前普遍用来刻画计算机系统的一个层次概念图。