

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



# 计算机组成原理 知识解析与习题精练

谷赫 邹凤华 李念峰 编著

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算

---

# 计算机组成原理 知识解析与习题精练

谷赫 邹凤华 李念峰 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书根据全国研究生入学考试计算机科学与技术专业“计算机组成原理”课程的考试大纲要求,结合多年讲授本课程的教学经验,在分析大量相关资料的基础上,汇编经典习题,进行详尽解析。本书能准确地理清知识脉络与难点,从而加深学生对知识点的理解,并能有效地提高复习的效率和准确率。

本书的章节与大多数教材的章节安排保持一致,每章包含知识点梳理、习题解析、习题精练三大部分。其习题类型广泛,难易搭配合理,便于使用者掌握。

本书既可以作为在校本科生学习“计算机组成原理”课程的教学辅助参考书,也可作为计算机专业研究生入学考试的辅导用书。

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

计算机组成原理知识解析与习题精练/谷赫,邹凤华,李念峰编著.--北京:清华大学出版社,2015  
21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术  
ISBN 978-7-302-38910-1

I. ①计… II. ①谷… ②邹… ③李… III. ①计算机组成原理 IV. ①TP301

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 005349 号

责任编辑:郑寅堃 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:李建庄

责任印制:宋 林

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

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:185mm×260mm 印 张:18 字 数:446千字

版 次:2015年7月第1版 印 次:2015年7月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:36.00元

# 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

计算机组成原理是计算机专业的核心课程,自实行研究生入学考试全国统考制度以来,该课程一直被列入计算机专业硕士研究生入学统考科目之一,更加奠定了该课程的地位。计算机组成原理课程涉及的知识面广、内容繁杂、要掌握的概念多,在计算机专业教学中,是一门教师难教、学生难学的课程,尤其是对于一些考研的学生更是非常重要。所以在进行计算机组成原理课程的理论教学的前提下增加大量的习题训练是十分必要的,更是加深对计算机组成原理课程理解的重要手段。

本书是作者根据多年讲授计算机组成原理课程的经验编写而成的。依据计算机组成原理课程的内容进行整合、梳理,依照知识结构编排习题集,其目的是通过对知识点的提炼和对典型习题的分析与解答,使学生充分掌握计算机系统的设计思想,深化对基本概念的理解,提高学生分析与解决问题的能力。

本书内容共分为8章:第1章是计算机系统概论,第2章是运算方法和运算器,第3章是内存储器,第4章是指令系统,第5章是中央处理器,第6章是总线系统,第7章是外围设备,第8章是输入输出系统。每章先总结核心概念和基本原理,然后对相关知识点进行了详细、深入、透彻的分析,给出了清晰的解题思路和完整的求解过程。本书的习题分为选择、填空、计算、分析等类型,内容全面,讲解透彻,既有广度,又有深度,适合于学习计算机组成原理课程各类层次的学生。

由于时间和编者水平有限,而计算机的技术又日新月异,书中难免有错误和不足之处,敬请读者批评指正,在此表示由衷感谢。

编者

2015年5月

# 目 录

第 1 章 计算机系统概论	1
1.1 知识点梳理	1
1.1.1 计算机的分类	1
1.1.2 计算机的发展	1
1.1.3 计算机的应用	2
1.1.4 计算机的硬件系统	2
1.1.5 计算机的软件系统	4
1.1.6 计算机系统的层次结构	5
1.1.7 计算机的性能指标	5
1.2 习题解析	7
1.3 习题精练	9
1.3.1 选择题	9
1.3.2 填空题	11
1.3.3 判断题	11
1.3.4 简答题	12
1.4 参考答案	13
1.4.1 选择题	13
1.4.2 填空题	13
1.4.3 判断题	14
第 2 章 运算方法和运算器	15
2.1 知识点梳理	15
2.1.1 数据与文字的表达方式	15
2.1.2 数的机器码表示	17
2.1.3 定点运算	18
2.1.4 浮点数运算	20
2.1.5 运算器	21
2.2 习题解析	23
2.3 习题精练	26
2.3.1 选择题	26
2.3.2 填空题	34
2.3.3 判断题	36

2.3.4	计算题	37
2.4	参考答案	48
2.4.1	选择题	48
2.4.2	填空题	49
2.4.3	判断题	50
<b>第3章</b>	<b>内存储器</b>	<b>52</b>
3.1	知识点梳理	52
3.1.1	存储器概述	52
3.1.2	随机存取存储器	54
3.1.3	只读存储器	55
3.1.4	存储器与CPU的连接	56
3.1.5	并行存储器	57
3.1.6	高速缓冲存储器	58
3.2	习题解析	61
3.3	习题精练	63
3.3.1	选择题	63
3.3.2	填空题	72
3.3.3	判断题	74
3.3.4	综合题	75
3.4	参考答案	93
3.4.1	选择题	93
3.4.2	填空题	94
3.4.3	判断题	95
<b>第4章</b>	<b>指令系统</b>	<b>97</b>
4.1	知识点梳理	97
4.1.1	指令系统的性能要求	97
4.1.2	低级语言与硬件结构的关系	98
4.1.3	指令格式	98
4.1.4	指令和数据的寻址方式	99
4.1.5	典型指令	103
4.1.6	复杂指令系统与精简指令系统	105
4.2	习题解析	106
4.3	习题精练	110
4.3.1	选择题	110
4.3.2	填空题	116
4.3.3	判断题	118
4.3.4	综合题	119



4.4	参考答案 .....	135
4.4.1	选择题 .....	135
4.4.2	填空题 .....	135
4.4.3	判断题 .....	136
<b>第5章</b>	<b>中央处理机 .....</b>	<b>138</b>
5.1	知识点梳理 .....	138
5.1.1	CPU 的功能 .....	138
5.1.2	CPU 的基本组成 .....	138
5.1.3	CPU 时序 .....	139
5.1.4	控制方式 .....	140
5.1.5	微程序控制器 .....	141
5.1.6	微程序设计技术 .....	142
5.2	习题解析 .....	143
5.3	习题精练 .....	146
5.3.1	选择题 .....	146
5.3.2	填空题 .....	152
5.3.3	判断题 .....	154
5.3.4	综合题 .....	155
5.4	参考答案 .....	180
5.4.1	选择题 .....	180
5.4.2	填空题 .....	181
5.4.3	判断题 .....	182
<b>第6章</b>	<b>总线 .....</b>	<b>183</b>
6.1	知识点梳理 .....	183
6.1.1	总线概述 .....	183
6.1.2	总线仲裁 .....	184
6.1.3	总线操作和定时 .....	185
6.1.4	总线标准 .....	186
6.2	习题解析 .....	186
6.3	习题精练 .....	191
6.3.1	选择题 .....	191
6.3.2	填空题 .....	194
6.3.3	判断题 .....	195
6.3.4	综合题 .....	195
6.4	参考答案 .....	199
6.4.1	选择题 .....	199
6.4.2	填空题 .....	199

6.4.3 判断题	200
<b>第7章 外围设备</b>	<b>201</b>
7.1 知识点梳理	201
7.1.1 外围设备分类	201
7.1.2 磁表面存储器	202
7.1.3 光盘存储设备	203
7.1.4 显示设备	203
7.1.5 字符/图形显示器	204
7.1.6 输入设备和打印设备	205
7.2 习题解析	207
7.3 习题精练	210
7.3.1 选择题	210
7.3.2 填空题	212
7.3.3 判断题	214
7.3.4 综合题	215
7.4 参考答案	224
7.4.1 选择题	224
7.4.2 填空题	224
7.4.3 判断题	225
<b>第8章 输入输出系统</b>	<b>227</b>
8.1 知识点梳理	227
8.1.1 外围设备的速度分级与信息交换方式	227
8.1.2 信息交换方式	228
8.1.3 程序中断方式	229
8.1.4 DMA方式	230
8.1.5 通道方式	232
8.2 习题解析	234
8.3 习题精练	240
8.3.1 选择题	240
8.3.2 填空题	246
8.3.3 判断题	249
8.3.4 综合题	250
8.4 参考答案	272
8.4.1 选择题	272
8.4.2 填空题	273
8.4.3 判断题	274

# 第 1 章

## 计算机系统概论

### 1.1 知识点梳理

#### 1.1.1 计算机的分类

按照处理的数据类型,电子计算机可以分为“模拟计算机”和“数字计算机”,其主要区别如表 1.1 所示。

表 1.1 数字计算机与模拟计算机的主要区别

比较内容	数字计算机	模拟计算机
数据表示方式	数字 0 和 1	电压
计算方式	数字计算	电压组合和测量值
控制方式	程序控制	盘上连线
精度	高	低
数据存储量	大	小
逻辑判断能力	强	无

电子模拟计算机由于精度和解题能力都有限,所以应用范围较小。电子数字计算机是以近似于人类的“思维过程”来进行工作的,所以有人把它叫做电脑。它的发明和发展是 20 世纪人类最伟大的科学技术成就之一,也是现代科学技术发展水平的主要标志。习惯上所称的电子计算机,一般是指现在广泛应用的电子数字计算机。

数字计算机按其用途又可分为专用计算机和通用计算机。通用计算机又可分为巨型机、大型机、中型机、小型机、工作站和微型机 6 类,它们的区别在于体积、简易性、功率损耗、性能指标、数据存储容量、指令系统规模和机器价格。

#### 1.1.2 计算机的发展

计算机的发展经历了近七十年的历史,其代表人物是英国的科学家艾兰·图灵和美籍匈牙利科学家冯·诺依曼。

(1) 第一代计算机(1946—1958 年)——电子管时代。采用电子管作为运算和逻辑

元件,数据表示主要是定点数,用机器语言和汇编语言编写程序,主要用于科学和工程计算。

(2) 第二代计算机(1965—1964年)——晶体管时代。用晶体管代替电子管作为运算和逻辑元件,用磁芯作为主要存储器,磁带和磁盘用作外存储器;在软件方面出现了FORTRAN、ALGOL、COBOL等高级程序设计语言。

(3) 第三代计算机(1965—1970年)——中小规模集成电路时代。用集成电路代替了分立元件,用半导体存储器取代磁芯存储器;在软件方面,操作系统日益成熟,使得计算机在中心程序的控制协调下可以同时运行许多不同的程序。

(4) 第四代计算机(1971年至今)——超大规模集成电路时代。以大规模集成电路(LSI)和超大规模集成电路(VLSI)作为计算机的主要功能部件;软件方面发展了数据库系统、分布式系统、网络软件等。

### 1.1.3 计算机的应用

计算机的应用主要包括科学计算、自动控制、测量和测试、信息处理、教育卫生、家用电器、人工智能等。

### 1.1.4 计算机的硬件系统

计算机的硬件是指计算机中的电子线路和物理装置。它们是看得见、摸得着的实体,如集成电路芯片、印刷线路板、接插件、电子元件和导线等装配成的中央处理器、存储器及外部设备等,它们组成了计算机的硬件系统,是计算机的物质基础。

图 1.1 以框图的形式表示数字计算机的基本硬件组成,典型的数字计算机硬件由五大部分组成,即运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备。

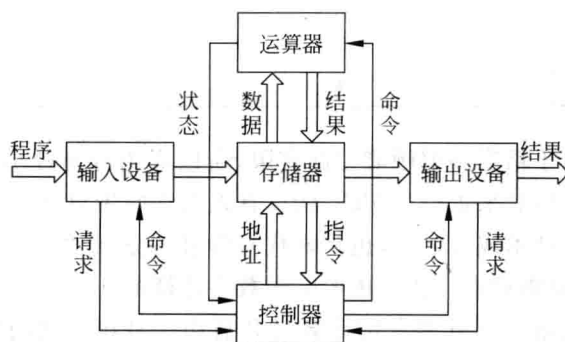


图 1.1 计算机基本结构图

#### 1. 运算器

运算器是一个用于信息加工的部件,又称执行部件,它对数据编码进行算术运算和逻辑运算。运算器通常由算术逻辑运算单元(ALU)和一系列寄存器组成,图 1.2 给出了基本运算器的逻辑示意图。

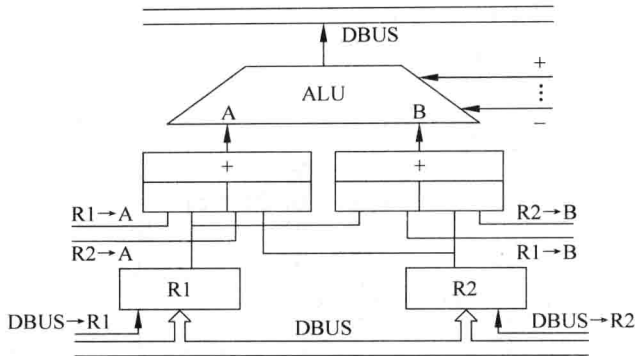


图 1.2 运算器示意图

ALU 是具体完成算术运算与逻辑运算的部件,寄存器用于存放运算操作数。现代计算机的运算器有多个寄存器,如 8 个、16 个或 32 个不等,称之为通用寄存器组,设置通用寄存器组可以减少访问存储器的次数,进而提高运算速度。

## 2. 存储器

存储器的主要功能是存放程序和数据。程序是计算机操作的依据,数据是计算机操作的对象,不管是程序还是数据,在存储器中都采用二进制的形式表示,统称为信息。存储器组成框图如图 1.3 所示。

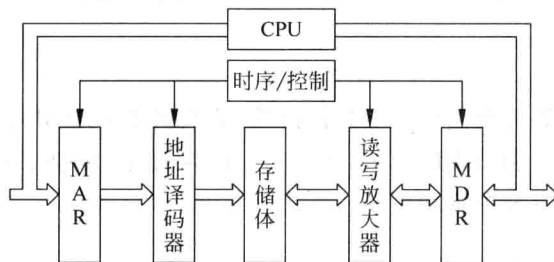


图 1.3 存储器组成框图

存储体由许多小单元组成,每个单元存放一个数据或一条指令。存储单元按某种顺序编号,每个存储单元对应一个编号,称为单元地址,用二进制编码表示,存储单元的地址与存储在其中的信息是一一对应的。

访问存储器的时候,先由地址译码器将送来的单元地址进行译码,找到相应的存储单元,再由读写控制电路确定访问存储器的方式,即取出(读)或存入(写),然后按规定的方式具体完成取出或存入的操作。

## 3. 控制器

控制器是全机的指挥中心,它使计算机各部件自动协调地工作,控制器工作的实质就是解释程序,它每次从存储器读取一条指令,经过分析译码,产生一串操作命令,发向各个控制器控制各部件工作,使整个机器连续、有条不紊地运行。控制器的简单结构如图 1.4 所示。

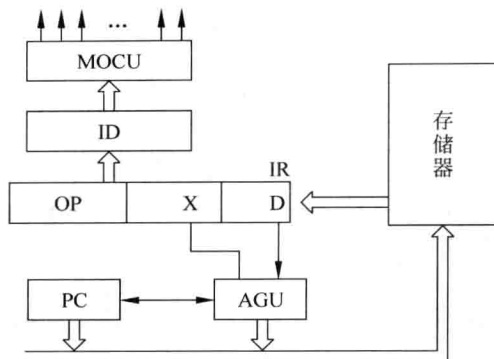


图 1.4 控制器结构简图

控制信息的发源地是控制器，机器运行时按照程序计数器(PC)的内容到存储器中对应的单元取出指令，将其存放在指令寄存器(IR)中，经指令译码器(ID)译码出对应的指令，经由操作控制部件(MOCU)产生所需的操作控制命令，完成计算所要求完成的操作。

#### 4. 输入设备

输入设备是变换输入形式的部件，它将人们熟悉的信息形式变换成计算机能接收并识别的信息形式。输入信息形式有数字、字母、文字、图形、图像、声音等多种形式。送入计算机只有一种形式，就是二进制形式。一般输入设备只用于原始数据和程序的输入。

#### 5. 输出设备

输出设备是变换计算机输出信息形式的部件，它将计算机运算结果的二进制信息转换成人类或其他设备能接收和识别的形式，如字符、文字、图形、图像、声音等。输出设备与输入设备一样需要通过接口与主机相联系。

### 1.1.5 计算机的软件系统

计算机的软件通常泛指各类程序和文件。一般把软件分为两大类：系统软件和应用软件。

#### 1. 系统软件

软件系统的最内层是系统软件，这是一组为保证计算机系统良好运行而设置的基础软件，通常作为系统资源即软件设备提供给用户使用。它负责系统的调度管理，向用户提供服务。从配置的角度看，它是用户所使用的计算机系统的一部分，由操作系统、实用程序、编译程序等组成。

#### 2. 应用软件

应用软件是用户可以使用各种程序设计语言，以及用各种程序设计语言编制的应用程序的集合，由于计算机的应用领域极其广泛，这类软件可以说不胜枚举，较常见的有字处

理软件、信息管理软件、辅助设计软件、实时控制软件等。

### 1.1.6 计算机系统的层次结构

计算机不能简单地认为是一种电子设备,而是一个十分复杂的软硬件结合而成的整体。它通常由五个以上不同的级组成,每一级都能进行程序设计,如图 1.5 所示。

第一级是微程序设计级或逻辑电路级。这是一个实在的硬件级,由硬件直接执行,如果某一个应用程序直接用微指令来编写,那么可以直接在这一级上运行应用程序。

第二级是一般机器级,也称为机器语言级,它由微程序解释机器指令系统。这一级也是硬件级。

第三级是操作系统级,它由操作系统程序实现。这些操作系统由机器指令和广义指令组成,广义指令是操作系统定义和解释的软件指令,所以这一级也称为混合级。

第四级是汇编语言级,它给程序人员提供一种符号形式语言,以减少程序编写的复杂性。这一级由汇编程序支持和执行。如果应用程序采用汇编语言编写,则机器必须要有这一级的功能;如果不采用汇编语言编写,则这一级可以不要。

第五级是高级语言级,它是面向用户的,为方便用户编写应用程序而设置的。这一级由各种高级语言编译程序支持和执行。

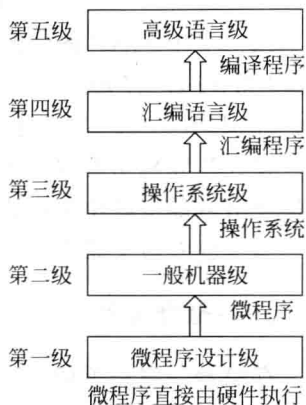


图 1.5 计算机系统层次结构图

### 1.1.7 计算机的性能指标

全面衡量一台计算机的性能要考虑多种指标,而不同用途的计算机其侧重点也有所不同,计算机性能指标包括机器字长、吞吐量、总线宽度、存储容量等。

#### 1. 机器字长

机器字长是指 CPU 一次能处理二进制数据的位数,常用的计算机字长有 8 位、16 位、32 位及 64 位。寄存器、累加器及存储单元的长度应与 ALU 的字长相等或是它的整数倍。通常称处理字长为 8 位数据的 CPU 为 8 位 CPU,32 位 CPU 就是在同一时间内处理字长为 32 位的二进制数据,它标志着机器的计算精度。位数越多,精度越高,但硬件成本也越高,它决定着寄存器、运算部件、数据总线的位数。

#### 2. 吞吐量

吞吐量表征一台计算机在某一时间间隔内能够处理的信息量。

#### 3. 总线宽度

总线宽度一般指 CPU 中运算器与存储器之间进行互连的内部总线所对应的二进制位数。

#### 4. 存储器容量

存储器的容量应该包括主存容量和辅存容量。主存容量是指主存中存放二进制代码的总位数,即

$$\text{存储容量} = \text{存储单元个数} \times \text{存储字长}$$

图 1.3 中 MAR 的位数反映了存储单元的个数,MDR 的位数反映了存储字长。例如:MAR 为 16 位,译码后  $2^{16} = 65\,536$ ,表明此存储体内有 65 536 个存储单元,即 64 千个存储字;而 MDR 为 32 位,表示存储容量为  $2^{16} \times 32 = 2^{21} = 2\text{Mb}$ 。

现代计算机中常以字节数来描述存储容量的大小,一个字节被定义为 8 位二进制代码,故用字节数能反映出主存容量。如上述存储容量 2Mb 可以表示成  $2^{18}\text{B}$  或 256KB。

常见的对应关系为:  $2^{10}\text{B} = 1\text{KB}$ ,  $2^{20}\text{B} = 1\text{MB}$ ,  $2^{30}\text{B} = 1\text{GB}$ ,  $2^{40}\text{B} = 1\text{TB}$ 。

#### 5. 存储器带宽

存储器带宽是单位时间内从存储器读出的二进制数信息量,一般用 B/s(字节数/秒)表示。

#### 6. 主频/时钟周期

CPU 的工作节拍受主时钟控制,主时钟不断产生固定频率的时钟,主时钟的频率( $f$ )叫 CPU 的主频。量度单位是 MHz(兆赫)、GHz(吉赫)。主频的倒数称为 CPU 的时钟周期( $T$ ),  $T = 1/f$ ,量度单位是  $\mu\text{s}$ (微秒)、 $\text{ns}$ (纳秒)。

#### 7. CPU 执行时间

CPU 执行时间表示 CPU 执行一段程序所占用的 CPU 时间,可用下式计算:

$$\text{CPU 执行时间} = \text{CPU 时钟周期数} \times \text{CPU 时钟周期}$$

#### 8. 指令执行周期

指令执行周期(Cycle Per Instruction,CPI)表示每条指令周期数,即执行一条指令所需的平均时钟周期数,用下式计算:

$$\text{CPI} = \text{执行某段程序所需的 CPU 时钟周期数} \div \text{程序包含的指令条数}$$

#### 9. 每秒百万指令数

每秒百万指令数(Million Instructions Per Second,MIPS)即单位时间(每秒)内处理的百万级机器指令数,用下式计算:

$$\text{MIPS} = \text{指令数} \div (\text{程序执行时间} \times 10^6)$$

#### 10. 每秒百万次浮点操作次数

每秒百万次浮点操作次数(Million Floating-point Operations Per Second,MFLOPS)用来衡量机器浮点操作的性能,用下式计算:

$$\text{MFLOPS} = \text{程序中的浮点操作次数} \div (\text{程序执行时间} \times 10^6)$$



