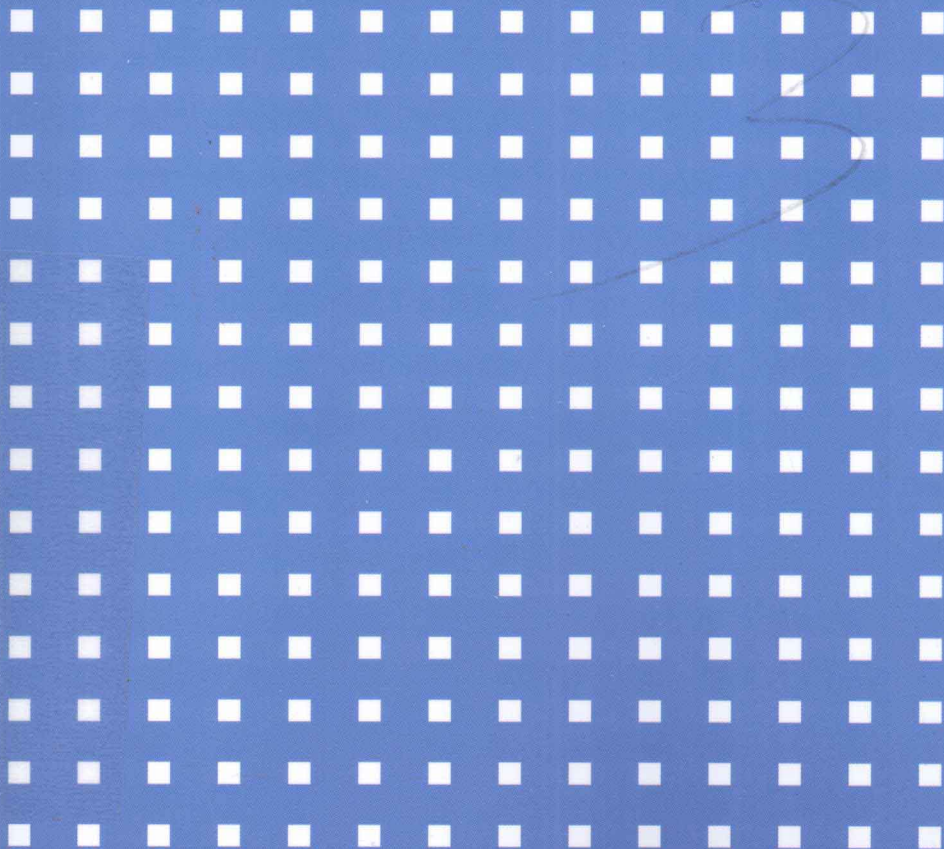


高等学校计算机专业教材精选·计算机原理

计算机组成原理

李伯成 编著



清华大学出版社

高等学校计算机专业教材精选·计算机原理

计算机组成原理

李伯成 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书的内容包括计算机中的数据表示、基本的运算方法与运算器的构成、中央处理器的指令系统、寻址方式及控制器、流水线等计算机基础知识。此外,本书还介绍了构成计算机的其他组成部件:总线、存储器、输入输出技术与设备。

本书内容充实、简明扼要、重点突出,涵盖了计算机组成原理的基本内容,具有较好的可读性。可作为大中专、高职高专理工科专业计算机组成原理课程的教材,也可供从事计算机行业的一般工程技术人员参考。

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

计算机组成原理/李伯成编著. —北京:清华大学出版社,2012.5

(高等学校计算机专业教材精选·计算机原理)

ISBN 978-7-302-27602-9

I. ①计… II. ①李… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 IV. TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第271302号

责任编辑:张 民 徐跃进

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

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

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:14.5

字 数:359千字

版 次:2012年5月第1版

印 次:2012年5月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00元

产品编号:044766-01

前 言

随着科学技术的发展,许多新的技术、新的器件不断地涌现出来,推动着计算机的发展。尤其是 IT 行业的发展和进步,更以计算机为必不可少的基础。本书将为读者介绍有关计算机组成的最基本的概念和最基本的解决问题的方法。认真学习并很好地掌握这些基本概念和基本方法,就能够为深入解决具体的工程问题打下良好的基础。因此,本书对有关计算机组成的基本概念和基本方法做了详细的介绍。

本书首先讲述在计算机中数值及非数值编码,介绍了定点及浮点数的算术运算法则及其相应的运算器的构成,阐述了计算机中常用的指令的构成、寻址方式指令系统等基础知识。在此基础上说明控制器的构成方法,结合前面的论述介绍了构成计算机系统所涉及的流水线技术、存储系统、总线及输入输出技术。

本书在重点介绍计算机组成中的基本原理、基本概念和基本方法的同时,特别强调对学生工程实践能力的培养。在采用本教材实施教学的过程中,建议课堂教学 50~60 学时,实验实训不少于 24 学时。

本书是专为大中专、高职高专编写的计算机课程教材,书中的内容简明扼要,适合高职高专学生阅读。

在本书的编写过程中,融入作者多年的教学体会与经验,但由于受作者水平及时间的限制,书中错误不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

在本书编写过程中,除了书后的参考资料外,还参考了网上的许多资料,在此对原作者一并感谢!

感谢清华大学出版社及张民同志的关心与支持。

作 者

2011.8

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机的发展史	1
1.1.1 发展经历	1
1.1.2 摩尔定律	2
1.2 计算机的基本组成	3
1.2.1 硬件系统	3
1.2.2 软件系统	6
1.3 计算机的分类及性能描述	7
1.3.1 计算机的分类	7
1.3.2 计算机的性能描述	9
习题	13
第 2 章 计算机中的数据表示	15
2.1 数据编码	15
2.1.1 数值数据的定点表示	15
2.1.2 数值数据的浮点表示	21
2.1.3 BCD 码	25
2.2 非数值数据的编码	27
2.2.1 ASCII 码	27
2.2.2 汉字编码	29
2.3 检错与纠错编码	31
2.3.1 奇偶校验码	31
2.3.2 海明码	33
2.3.3 循环冗余校验码	35
习题	36
第 3 章 运算方法与运算器	40
3.1 定点数运算	40
3.1.1 加减运算	40
3.1.2 乘法运算	46
3.1.3 除法运算	53
3.2 算术逻辑单元	57
3.2.1 典型算术逻辑单元	57
3.2.2 74181 级联工作	58

3.2.3	运算器的结构	59
3.3	浮点运算	60
3.3.1	浮点加减运算	60
3.3.2	浮点乘除运算	63
	习题	66
第4章	指令系统	68
4.1	指令格式	68
4.1.1	概述	68
4.1.2	指令格式描述	69
4.1.3	指令设计	71
4.2	寻址方式	73
4.2.1	主存中数据存储方式	73
4.2.2	寻址方式	73
4.3	指令系统	80
4.3.1	传送指令	80
4.3.2	算术运算指令	81
4.3.3	逻辑运算指令	83
4.3.4	移位及循环移位指令	84
4.3.5	程序控制指令	85
4.3.6	处理器控制指令	86
4.4	精减指令集计算机	87
4.4.1	指令系统的从简到繁	87
4.4.2	精减指令集计算机的特点	87
	习题	88
第5章	中央处理器	91
5.1	CPU 的结构	91
5.1.1	CPU 的功能	91
5.1.2	构成 CPU 的主要部件	92
5.2	指令系统设计	94
5.2.1	设计 CPU 的寻址方式	94
5.2.2	指令的设计	95
5.3	CPU 执行指令的过程	99
5.3.1	指令时序	99
5.3.2	指令执行过程分析	101
5.4	CPU 的部件设计	107
5.4.1	组合逻辑控制器的结构	107
5.4.2	组合逻辑控制器的实现	112

5.4.3 微程序控制器设计	113
习题	122
第6章 流水线技术	126
6.1 概述	126
6.1.1 流水线的概念	126
6.1.2 流水线的分类	128
6.2 流水线的性能分析	131
6.2.1 吞吐率	131
6.2.2 加速比	134
6.2.3 效率	134
6.3 流水线中的相关	137
6.3.1 概述	137
6.3.2 结构相关	137
6.3.3 数据相关	139
6.3.4 控制相关	142
6.4 其他有关技术	144
6.4.1 超标量处理机	144
6.4.2 超流水线处理机	144
6.4.3 超标量超流水线处理机	146
6.4.4 超长指令字处理机	146
习题	147
第7章 存储系统	148
7.1 存储系统概述	148
7.1.1 存储系统的层次结构	148
7.1.2 存储器分类	148
7.1.3 存储器的性能指标	149
7.2 内部存储器(主存储器)	150
7.2.1 随机读写存储器	150
7.2.2 主存储器的组成及接口	153
7.2.3 只读存储器	159
7.2.4 动态读写存储器 DRAM	163
7.2.5 相联存储器	165
7.3 高速缓冲存储器	166
7.3.1 工作原理	166
7.3.2 替换算法	171
7.3.3 主存-cache 内容的一致性问题	173
7.3.4 cache 性能分析	173

7.4	虚拟存储器	175
7.4.1	虚拟存储器的概念	175
7.4.2	虚拟存储器的管理	175
	习题	179
第8章	输入输出系统	182
8.1	总线	182
8.1.1	概述	182
8.1.2	典型总线介绍	184
8.2	外部设备	189
8.2.1	输入设备	189
8.2.2	输出设备	193
8.2.3	存储器设备	197
8.3	程序控制输入输出技术	209
8.3.1	外设接口的编址方式	209
8.3.2	外设接口的基本模型	209
8.3.3	程序控制输入输出	210
8.4	中断方式	212
8.4.1	中断的基本概念	212
8.4.2	中断优先级控制	215
8.5	直接存储器存取	216
8.5.1	DMA 概述	216
8.5.2	常用的方法	216
8.5.3	DMA 的一般过程	217
	习题	218
	参考文献	221

第 1 章 绪 论

本章主要介绍计算机的构成及性能,使读者在开始了解全书内容之前,首先对计算机有一概念上的认识。

1.1 计算机的发展史

电子计算机的发明,无疑是人类社会科学技术发展史上最伟大的发明之一。计算机的出现,深刻地影响了人类的精神文明和物质文明的发展。

电子计算机包括电子模拟计算机和电子数字计算机,前者是由模拟电子器件(如模拟加法器、减法器、乘法器、除法等)构成,它的应用已成为历史。因此,本书所描述的计算机就是电子数字计算。电子数字计算机,是指能对离散逻辑符号表示的数据或信息进行自动处理的电子装置。

1.1.1 发展经历

1. 第 0 代: 机械计算器

早在两千多年前,我们的祖先就发明了算盘,这是最简单实用的机械计算器。在漫长的历史中,算盘传遍了全世界,为人类社会做出了巨大贡献。

近代,人们又发明了计算尺及手摇机械计算器。在电子计算器(机)普及之后,它们也逐步退出历史舞台。

2. 第 1 代: 电子管计算机

第 1 代计算机(从 1946 年到 1954 年): 这一代计算机是由电子管、电磁继电器等器件构成,主要使用机器语言编程。典型机器有 ENIAC、IBM 701 等。

3. 第 2 代: 晶体管计算机

第 2 代计算机(从 1955 年到 1964 年): 这一代计算机采用晶体管、磁芯存储器等构成。软件上有了监控程序对计算机进行管理,并且开始使用高级语言。这个时期的计算机有很多种,如 IBM 7030、Univac LARC 等。

4. 第 3 代: 集成电路计算机

第 3 代计算机(从 1965 年到 1974 年): 这代计算机利用小规模及中规模集成电路芯片,多层印刷电路板及磁芯存储器等构成。在软件上,高级语言迅速发展并出现了分时操作系统。在这个时期,计算机的应用领域不断扩展,开始向国民经济各部门及军事领域渗透。典型机器如 IBM 360、370、DEC PDP-8 等。

5. 第 4 代: 超大规模集成电路计算机

从 1975 年到 1990 年出现的是第 4 代计算机,这些计算机是由大规模、超大规模集成电路构成,其主存利用超大规模集成电路构成的半导体存储器来实现。这一代计算机在结构上有了很大的发展,在性能上有了很大的提高。

同时,在这一时期由于微细加工技术的发展,超净环境的实现,超纯材料的研制成功,推动着超大规模集成技术的发展。于是,出现了依赖于这种技术的微型计算机、单片微型计算机、SOC等。

在硬件发展的同时,计算机的软件也飞速发展。出现了许多著名的操作系统,如DOS、Windows、UNIX等。

这一时期出现了一些典型的计算机,如IBM 3090,VAX 9000等。而这一时期应用最多,也是最广的还是个人微型计算机,诸如PC、苹果机等。

6. 第5代:高性能智能计算机

从1991年开始,进入了计算机发展的第5代,采用超大规模、超高速集成电路构成计算机。在结构上,构成计算机已从单处理器向多处理器发展。即使构成微型机也采用多核处理器,目前常见的是双核处理器,4核处理器及更多核的处理器。用这样的多核处理器构成计算机可获得很高的性能。此前,Intel公司已可以做出一块内含80个核的处理器芯片,用这样的一块80核处理器芯片构成的计算机,其速度已超过一万亿次。

可以想象,若用几百、几千,甚至上万块双核(或更多核)处理器芯片构成一台计算机,如集群系统。那么,该计算机系统的性能将是非常高的。例如,目前按这种思路做出来的计算机系统,其速度可达到10000万亿次。

第5代计算机不仅在速度等性能上不断提高,而且希望计算机更加人性化、智能化,包括能听、会看、会说、有感情等。

第5代计算机的发展必定对软件提出更高的要求,因此也必然会促使包括操作系统、应用软件等各种软件的快速发展。

1.1.2 摩尔定律

1. 摩尔定律的由来

1965年4月,《电子学》杂志刊登了戈登·摩尔(Gordon Moore)撰写的一篇文章。戈登·摩尔当时是飞兆半导体公司研发部门的主管。文章中讲述了他将50个晶体管集成在一块芯片中,并且预言,到1975年,就可能将6.5万只这样的元件密植在一块芯片上,制成高度复杂的集成电路。

当时,集成电路问世才6年,摩尔的预测听起来不可思议,在后来的发展过程中被证明是正确的。现在人们将“摩尔定律”描述为:集成电路芯片的集成度每18个月翻一番。经过了四十多年,到今天摩尔定律依然有效,而且许多人确信该定律在未来很多年仍将成立。

摩尔的预言不仅对他本人,而且对整个社会而言都是意义深远的。后来摩尔与他人共同成立了英特尔公司,并通过他所开创的技术创造了无数的财富。

摩尔定律并不是一个物理定律,而是一种预言。但它鞭策了工业界不断地改进,并努力去实现它。从根本上来讲,摩尔定律是一种自我激励的机制,它让人们无法抗拒,并努力追赶。从人们认识摩尔定律开始,无论是英特尔公司、摩托罗拉公司还是其他半导体器件公司,无一不是在不断地去努力实现摩尔定律,促使各厂家不断地推出集成度更高的产品。在20世纪90年代中期,英特尔利用350nm技术制造出集成度达120万的80486。但很快线宽就实现了250nm、180nm、130nm、90nm、65nm、45nm。今天,已经可以用30nm的生产线制造处

理器、DRAM 等器件。今天的处理器的集成度已超过 10 亿。根据摩尔定律,芯片的集成度还会迅速提高。有人曾经说过,集成度提高 100 倍,则相对价格可以降低 100 倍、性能可提高 100 倍、可靠性也可以提高 100 倍。随着集成度的提高,性能及可靠性都会大大提高、价格会大大降低将是毋庸置疑的,摩尔定律使得计算机日新月异地发展。

归根结底,在四十多年的实践证明摩尔定律有利于工业的发展及人类的需求。直至今日,半导体工业还是按照 DRAM 每 18 个月、微处理器每 24 个月集成度翻倍的规律发展着。

如果按照旧有方式制造电路,即将晶体管、电阻器和电容器安装在电路板上构成电子设备,那么个人计算机、移动电话、计算机辅助设计等都是不可能问世的。

2. 摩尔定律的未来

2004 年以后,半导体工业无论从技术上或者是成本上的挑战都越来越激烈,各种关键问题综合在一起,而且几乎要同时得到解决。如硅片尺寸的继续扩大,新材料、新工艺和新电路结构的采用都使得工业制造难度显著提高。同时为了实现以上的要求,固定资产的投入必然加大,这就导致电路成本急剧增加且工业的风险程度明显上升。

在最近的处理器中,随着刻蚀线宽从 45nm 过渡到 32nm,晶体管的尺也越来越小,其漏电及功耗问题越来越严重,性能和功耗之间的平衡也越来越困难。这是过去近十年里摩尔定律遇到的最大的技术难题,这就引起了人们的疑虑,芯片的集成度还能继续增加吗?摩尔定律是否已走到了尽头?

为了顺利地实现处理器制程由现在的 65nm 向 45nm 再到 30nm 的转变,Intel 采用了新的基于铪的高-K 绝缘体材料,用来取代二氧化硅和多晶硅两种化合物,从而可以大大地减少电流的泄漏。由于 30nm 晶体管远小于上一代晶体管,因此,晶体管开关所需电量也大为减少,使晶体管功耗大约降低了 30%,栅漏电流减少至 1/10 以下。

同时,微细加工技术的线宽仍在不断地减小,目前生产线上所用的是 45nm 和 30nm。据报道当前实验室所能做到的最小线宽为 9nm。

最新发展的纳米技术使得制造性能更佳的计算机成为可能,而这已经突破了硅技术所能达到的极限。这项新技术通过以碳为成分的纳米管来制造元件,而纳米管的直径只有 10 个原子那么大,是现在的基于硅成分的晶体管体积的 1/500。该技术的出现向制造分子级电子设备的目标迈进了一大步。研究显示碳纳米管在性能上不会逊色于硅晶体管,还因为它们的体积要小得多,所以有很大希望成为将来纳米电子技术的基础。纳米技术的前景是非常广阔,这样的技术会使摩尔定律得以延续。

可以看到,新技术、新材料的出现,使芯片的集成度进一步提高成为可能。尽管集成度不可能无限地增加下去,但人们预计今后 10 年、20 年甚至 30 年,芯片的制造依旧会继续遵循摩尔定律。摩尔定律将会继续激励人向更高的高度攀登。

1.2 计算机的基本组成

1.2.1 硬件系统

1. 早期的冯·诺依曼计算机

计算机是由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统是指计算机中那些看得见摸

得着的物理实体。

1) 硬件组成

早期的计算机硬件结构如图 1.1 所示,图中所示的计算机结构最早是在 1946 年由冯·诺依曼提出的。同时,在此硬件结构的基础上,还提出了计算机是依据存储程序、程序控制的方式工作。这就是冯·诺依曼的计算机设计思想。

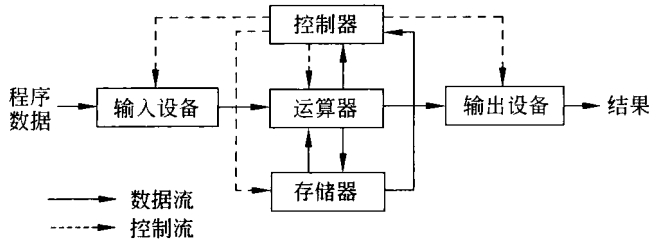


图 1.1 早期计算机(硬件)的组成

当时的计算机由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部分构成。

运算器用来实现算术运算和逻辑运算;控制器根据指令的功能产生相应的控制信号,控制其他部分的工作以便实现指令的功能;存储器用来存放数据和程序;输入设备可将外部的信息输入到计算机中;输出设备可将结果显示或记录下来。

2) 冯·诺依曼计算机的特点

冯·诺依曼计算机工作的基本思想,就是将计算机要处理的问题用指令编成程序,并将程序存放在存储器中。而后,在控制器的控制下,从存储器中逐条取出指令并执行。通过执行程序最终解决计算机所要处理的问题。尽管经历了几十年的发展,又出现了新的设计思想,但冯·诺依曼的这种思路直到今天仍然还在广泛地应用。

在冯·诺依曼计算机工作过程中,总是一条指令接一条指令地执行,执行指令会产生控制流,在控制流的驱动下完成指令的功能。在此过程中,数据(流)则是被动地调用。

冯·诺依曼计算机的另一特点就是进入计算机的指令、数据及其他信息均是用二进制编码来表示的。用二进制不仅电路简单、使用方便而且抗干扰性强。因此,二进制一直沿用至今。

2. PC 的结构

应当特别提及的就是个人计算机——PC。从 1981 年 PC 诞生以来,由于其规模小、结构简单,人们称其为微型计算机。在近三十年的时间里,PC 一代接一代地发展。现在,PC 已遍布全世界。尽管今天 PC 的功能已十分强大,但人们仍然称为微型计算机。目前读者所使用的、所看到的绝大多数是 PC。

早期的 PC 结构非常简单,其框图可以简化为图 1.2,该框图也是那个年代微型计算机的基本结构形式。

由图 1.2 可以看到,中央处理单元 CPU 是将图 1.1 中的运算器(算术逻辑单元 ALU)和控制器(还有一些寄存器)集成在一块集成电路芯片中。在执行指令的过程中,它可以产生地址信号、数据信号和一系列控制信号,从而形成系统总线信号。图 1.2 中的存储器也采用大规模集成的半导体存储器芯片构成。外设包括输入设备、输出设备及外部存储器均经过接口与系统总线相连接。因此,图 1.2 与图 1.1 已有很大的不同,它们是不同的时代的计算

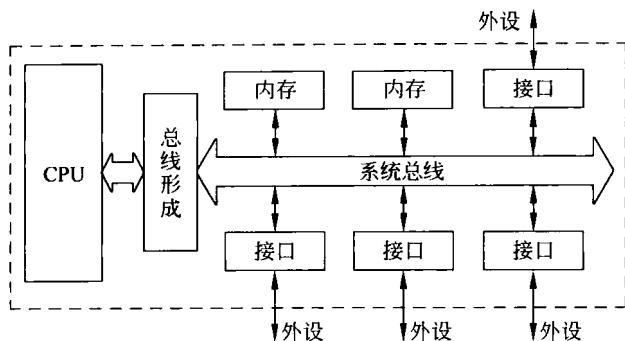


图 1.2 微型计算机结构框图

机。同时,处理器厂家将图 1.2 中用虚线框起的部分集成在一块芯片中,这就是单片微型计算机。

在摩尔定律的激励下,半导体集成电路,包括 CPU、半导体存储器、接口芯片以及外设所用到的芯片的集成度均以每 18~24 个月翻 1 倍的速度飞速发展。尤其值得说明的是 CPU,它也简称处理器。各处理器厂家不遗余力地、一代接一代、一种型号接一种型号地进行开发研制。在这里仅将英特尔(Intel)公司的 80x86 系列处理器的发展历程列于表 1.1 中。从表中可以看到处理器的更新速度,每年都会开发出多种芯片。

表 1.1 英特尔微处理器发展历程

年份	产 品	年份	产 品
1971 年	4004 微处理器	1999 年	Pentium III Xeon 处理器
1972 年	8008 微处理器	2000 年	Pentium 4 处理器
1974 年	8080 微处理器	2001 年	Xeon 处理器
1978 年	8086-8088 微处理器	2001 年	Itanium 处理器
1982 年	80286 微处理器	2002 年	Itanium 2 处理器
1985 年	80386 微处理器	2003 年	Pentium M 处理器
1989 年	80486 DX 微处理器	2005 年	Pentium D 处理器
1993 年	Pentium 处理器	2006 年	Core 2 Duo 处理器(酷睿)
1995 年	Pentium Pro 处理器	2007 年	Core 4 核处理器 Q6600
1997 年	Pentium II 处理器	2008 年	Core i7 4 核处理器
1998 年	Pentium Pro Xeon 处理器	2009 年	Core i7 6 核处理器
1999 年	Celeron 处理器	2010 年	Core i7、i5、i3 处理器
1999 年	Pentium III 处理器	2011 年	Core i9 6 核 12 线程处理器

Core i7 处理器的集成度已达到 6 核、8.2 亿晶体管、3.2GHz。拥有 8MB 三级缓存,支持三通道 DDR3 内存。处理器采用 LGA 1366 针脚设计,支持第二代超线程技术。

在处理器的开发过程中,过去用于大型计算机的许多技术,在摩尔定律的支持下不断地

运用到处理器的开发过程中。例如,超标量、超流水、多级 cache、虚拟技术、RISC、多机系统概念下的多核处理器等技术均已应用在近几年的处理器中。这些技术正是本书中所要讨论的重要内容。

随着处理器性能的不断提高,从 20 世纪 90 年代开始,PC 的结构发生了很大的变化。基本上是以主板芯片组为基础构成主板,而后插上相关的部件构成 PC。主板芯片组有 1~3 块芯片,经常采用 2 片,分别称为北桥和南桥。随着处理器的不断更新换代,芯片组也在不断地更新换代。一般是每开发出一种新的处理器,就会开发出与之相对应的芯片组。目前常见的 PC 主板结构框图如图 1.3 所示。

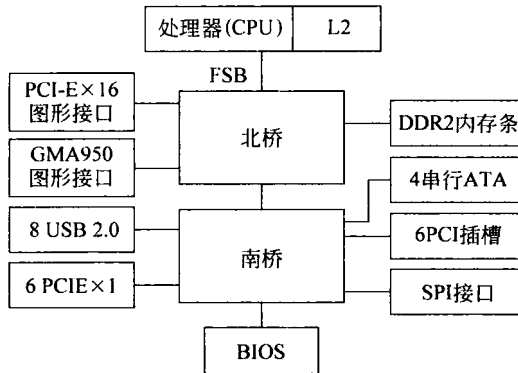


图 1.3 PC 主板结构框图

图 1.3 中,北桥芯片是主板芯片组中起主导作用的最重要的组成部分,也称为主桥。北桥芯片主要决定主板的规格、对硬件的支持以及系统的性能,它连接着 CPU、内存、AGP 总线。主板支持哪种处理器,支持何种显卡,支持什么频率的内存条,都是北桥芯片决定的。

南桥芯片主要决定主板的接口,该芯片所提供的各种接口(如串口、USB)、PCI 总线、串行 ATA(接硬盘、光驱)、PCI-E 总线(接声卡、RAID 卡、网卡等)都归南桥芯片控制。

南北桥间随时进行数据传递,需要一条通道,这条通道就是南北桥总线。南北桥总线越宽,数据传输越便捷。

目前的北桥都支持双核、四核甚至更多核性能更高的处理器。

随着技术的发展和摩尔定律的继续有效,PC 这种双桥结构形式可望在不久的将来就会消失。到那时,处理器、北桥、南桥以至于内存条会集成在一块集成芯片中,构成人们所谓的片上系统(SOC),也有人称为系统芯片。届时,PC 可能只需要一块 SOC,在此芯片上接上外设就可以构成。

1.2.2 软件系统

对计算机而言,只有上述提到的硬件系统,计算机是不能工作的。必须配上软件计算机才能工作。

计算机软件通常是指计算机所配置的各类程序和文件,由于它们是存放在内存或外存中的二进制编码信息,是不能直接触摸而且修改相对比较容易,故称为软件。在计算机系统中,各种软件相互配合,很好地支持计算机有条不紊地工作,这一系列软件就构成了计算机

的软件系统。软件系统一般包括两大部分：系统软件和应用软件。

1. 系统软件

系统软件是一系列保障计算机很好地运行的程序的集合。它们的功能是对系统的各种资源(硬件和软件)进行管理和调度,使计算机有条不紊地工作,为用户提供有效的服务,充分发挥其效能。系统软件包括:

① 操作系统。操作系统是最重要的系统软件,它是管理计算机软硬件资源、控制程序运行、改善人机交互并为应用软件提供支持的一种软件。通常,操作系统包括五大功能:处理器管理、存储管理、文件管理、设备管理及作业管理。

② 语言处理程序。每一台计算机都会配置多种语言以利于用户使用。从各种高级语言到汇编语言均会涉及。当用户使用某种语言编写程序后,在该语言编译程序的支持下,可将用户的源程序转换为目的程序。

③ 通用程序。在操作系统下提供给用户使用的一些通用程序。最常见的如在 Windows 下的 Word、PSW、Excel 等。

④ 各种服务支持软件。这是一些帮助用户使用和维护计算机的软件。例如,各种调试程序、诊断程序、提示警告程序等。

2. 应用软件

应用软件是指用户在各自的应用中,为解决自己的有关问题而编写的程序。这是一类直接由用户的需求为目标的程序。由于用户的多样性(各行各业、各种部门)和用户需求的多样性,使得这类软件也具有相应的多样性。例如,用于科学计算、信息管理、过程控制、武器装备等方面的应用软件。

1.3 计算机的分类及性能描述

1.3.1 计算机的分类

了解计算机的分类,有助于理解计算机的结构及工作原理。不同的时期,不同的角度,产生不同的分类方法。

1. 早期的计算机分类方法

在 20 世纪 80 年代前,人们根据计算机的字长、规模、价格等指标,将计算机分为微型机、小型机、中型机、大型机、巨型机。随着计算机的发展,现在,它们的界限已十分模糊。那一时期的小型机、中型机、大型机已经见不到了,而且很少再有人提到这些机型。这种分类方法基本上已不再使用。今天,人们经常提到的是个人计算机(PC)、服务器或高性能计算机。尽管它们在性能上有差别,但并没有人做出严格的界定。而且,今天性能好的 PC 也许比前些年某些服务器性能还要好。

2. 以用途分类

1) 按照用途计算机可分为通用计算机和嵌入式计算机(专用计算机)

通用计算机的硬件系统及系统软件均由有关的计算机公司设计制造,其用途不是针对某一个或某一类用户的,而是可以满足许多用户的。例如,目前国内外广泛使用的台式 PC 或笔记本电脑,用户可直接由市场购买,在厂家提供的软件支持下可工作;或者配上少量的

软件或硬件,即可满足用户的需求。

对于各种服务器或高性能计算机,它们具有更高的性能,可以适用于许多领域或部门的需求。它们也可以看成是通用计算机。

嵌入式计算机系统的定义可表述如下:以应用为目标,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,适应对功能、实时性、可靠性、安全、体积、重量、成本、功耗、环境、安装方式等方面有严格要求的专用计算机系统。

可见,嵌入式计算机是一种专用计算机,它广泛应用于家电、通信、工业企业、军事装备的测量与控制。

2) 按照计算机的用途通用计算机还可分为个人计算机(PC)和服务器

现在,许多计算机都在联网工作,甚至有人提出网络才是计算机。在联网工作中经常有两种结构:客户机/服务器(C/S)结构和浏览器/服务器(B/S)结构。

网络中,用做客户机或浏览器的多是各种型号的个人计算机,通常它们性能要低一些,满足用户要求即可。

服务器是用于实现某种服务的。例如,目前常见的有 Web 服务器、FTP 服务器、MAIL 服务器、文件共享服务器、数据库应用服务器、域名服务器、网站的网关服务器、DNS 服务器、流媒体服务器等。一般而言,对服务器的性能要求是会很高的。但也要根据服务器服务对象的要求设计,目前高档的服务器是由多达千个处理器构成的集群系统来实现,其速度超过万亿次。也有使用性能好一些的 PC 来充当最简单的服务器。

3. 弗林 Flynn 分类法

Flynn 分类法是按照计算机在执行程序的过程中信息流的特征进行分类的。在程序执行过程中存在三种信息流:

指令流(IS)——机器执行的指令序列,它由存储器流入控制单元(CU);

数据流(DS)——由指令流所使用的数据,包括输入数据、中间数据和结果。数据在处理单元(PU)中进行处理。

控制流(CS)——指令流进入 CU,由 CU 产生一系列的控制流(信号),在控制流的控制下完成指令的功能。

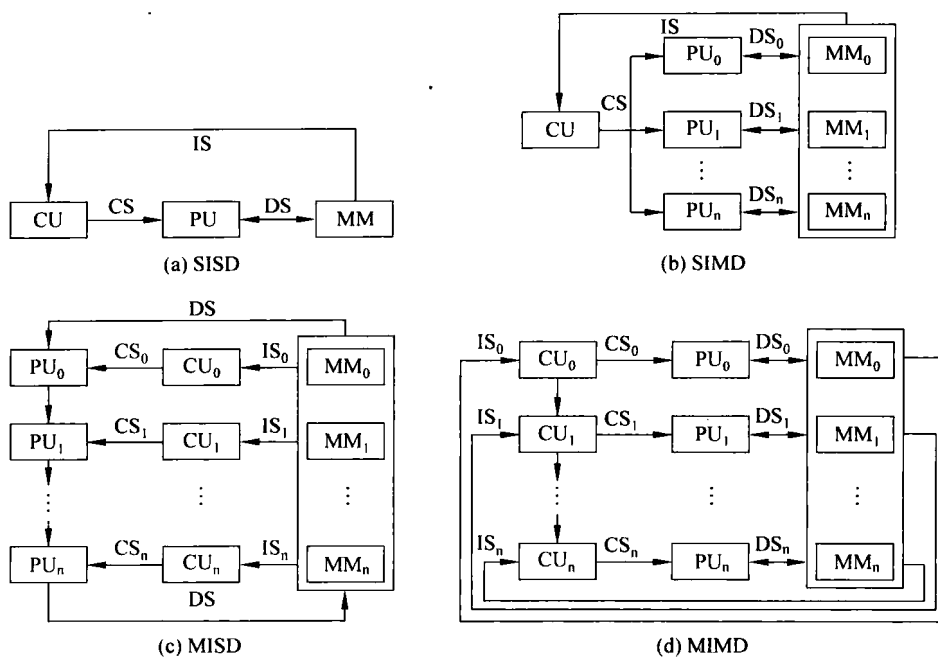
Flynn 将计算机分为四类,如图 1.4 所示。

1) 单指令流单数据流(SISD)计算机

图 1.4(a)所示的就是单指令流单数据流计算机的示意图。该计算机是由单一控制单元、单一处理单元和单一主存储器组成。每次从存储器取一条指令到控制器,由控制器对指令译码产生控制信号,控制处理单元完成指令规定的功能。这是最简单的一类计算机,本书后面的章节将予以说明。

2) 单指令流多数据流(SIMD)计算机

单指令流多数据流(SIMD)计算机的结构示意图如图 1.4(b)所示。它是由一个控制单元、多个处理单元和多个存储器模块组成。每次从存储器取一条指令到控制器,由控制器对指令译码产生多种相同控制信号,并将相同的控制命令分别下到多个处理单元上,控制多个处理单元执行相同的操作,完成这条指令对多个数据的处理。最终实现一条指令所规定的功能。由于该计算机是能够通过执行一条指令实现对多个数据的处理,这就是单指令流多数据流的由来。



CU: 控制单元 PU: 处理单元 MM: 主存储器 IS: 指令流 CS: 控制流

图 1.4 Flynn 分类示意图

3) 多指令流单数据流(MISD)计算机

这种计算机的含义是由多个控制单元同时执行多条指令对同一数据进行处理,其结构示意图如图 1.4(c)所示。但这种方式尚无实际的实例。

4. 多指令流多数据流(MIMD)计算机

多指令流多数据流计算机的结构示意图如图 1.4(d)所示。它是由多个控制单元、多个处理单元和多个存储模块构成,实际上是由多个处理机以某种方式连在一起构成的计算机系统,通常称为多处理机系统。这类计算机是各个处理机分别执行多条指令、处理多个数据,并行工作而实现某种功能。目前性能好的多核处理器、多计算机的集群系统都属于这一类计算机。

计算机的分类方法还有诸如以并行度为准则的冯氏分类法,以并行度和流水线为准则的 Handler 分类法等,本书不再说明。

1.3.2 计算机的性能描述

每一处理器都有自己的性能指标,例如,某处理器是 32 位或 64 位处理器,时钟频率为多少 GHz,一级 cache 和二级 cache 各为多少,是否采用超流水、超标量技术,引出脚为多少,封装形式,集成度为多少亿个晶体管,工作电压及功耗,制造工艺多少 nm 等。利用这些性能参数,人们可以大致了解这种处理器的性能。

由处理器(CPU)构成的计算机系统的性能,与所采用的处理器有很大关系。但是,并不完全由处理器来决定。计算机系统的性能还与构成计算机的系统总线、主存容量、外存容量、接口总线、外设以及系统软件的配置有密切关系。因此,计算机性能应取决于该系统的