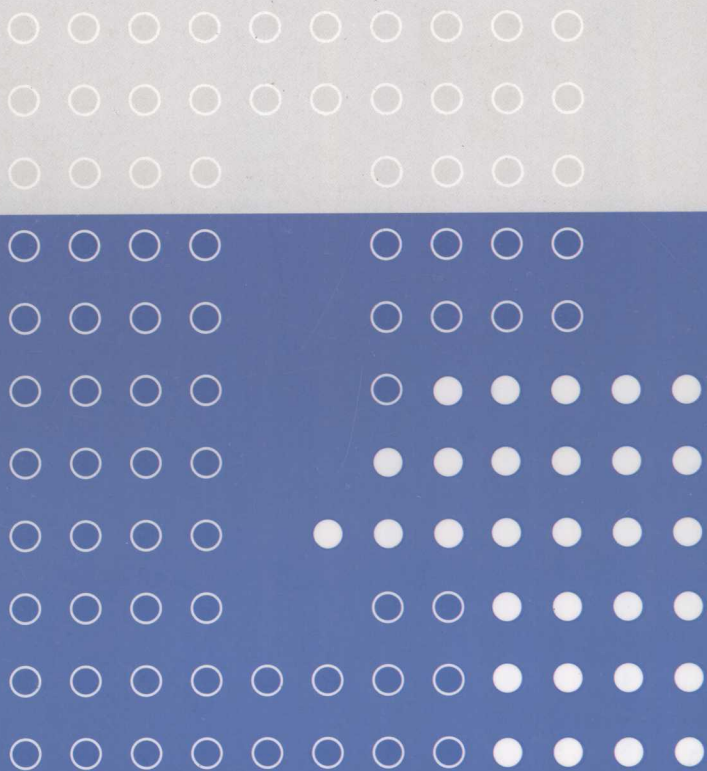




普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材

计算机组成与设计



李伯成 顾新 编著



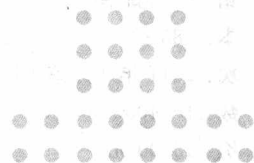
清华大学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材 计算机系列教材

李伯成 顾新 编著

计算机组成与设计



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书系统地介绍计算机系统的基本组成及基本的工作原理、计算机的运算原理及构成计算机的各组成部分的工作过程与设计。内容包括计算机中数据的表示,基本的运算方法与运算器的构成,处理器的指令系统、寻址方式及控制器的构成等基础知识,阐述构成计算机的各组成部件:处理器、总线、存储器、输入/输出技术与设备。书中还讲述了流水线技术,多处理机系统及如何设计计算机等内容。同时,本书的内容还涵盖了全国硕士研究生入学考试大纲要求的内容。

本书内容充实、简明扼要、重点突出。可作为高校理工科专业“计算机组成原理”或“计算机组成与系统结构”课程的教科书,也可作为从事计算机行业的一般工程技术人员提供参考。

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

计算机组成与设计/李伯成,顾新编著. —北京:清华大学出版社,2011.3

(计算机系列教材)

ISBN 978-7-302-24463-9

I. ①计… II. ①李… ②顾… III. ①计算机体系结构—高等学校—教材 IV. ①TP303

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第264692号

责任编辑:张民薛阳

责任校对:焦丽丽

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:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,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 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:31.25

字 数:761千字

版 次:2011年3月第1版

印 次:2011年3月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:45.00元

产品编号:039879-01

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

本书是根据教学大纲的要求,由此前的4门课“计算机组成原理”、“计算机系统结构”、“汇编语言程序设计”及“微机原理及接口技术”的内容整合而成。原因在于先前4门课的内容在许多地方是重复的,而新的教学计划中所分配的教学时间比较少,合成一门课更加适合教学要求。同时,本书的内容还涵盖了全国硕士研究生入学考试大纲要求的内容。

本书从基础知识,基本原理,基本概念,构成计算机系统的各个部件到计算机系统都进行了仔细的描述。书中首先讲述在计算机中数值及非数值编码;描述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;阐述计算机中常用的指令的构成,寻址方式、指令系统及汇编语言的基础知识,并在此基础上说明控制器的构成方法;结合前面的论述,描述了一个样本处理器经典的设计思路。在介绍完这些基础内容之后,再介绍构成单处理机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、典型的输入/输出设备及接口电路的设计。最后,书中还介绍了多机系统及SOC(片上系统或系统芯片)设计的理念及方法。

本书着重说明计算机组成与系统结构中的基本原理、基本概念和基本方法,以便读者在学完本书之后,能够具有牢固的基础知识。同时,本书还注重描述构成计算机的各部分的设计与工程实现。本书的最后一章介绍了硬件芯片及CPU的设计思路,考虑到学生毕业后从设计CPU开始构成计算机的机会不是太多,因此只要使学生知道有这样的设计CPU的方法就够了。学生将来使用和设计SOC(片上系统或系统芯片)的可能性是很大的,因此这一部分内容应予以说明或让学生自己阅读。

本书由李伯成编写第1~3、8~10章,顾新编写第4~7章,并由李伯成负责全书统稿。

在本书的编写过程中,作者努力将基本概念及基本方法阐述清楚,使本书简明扼要、通俗易懂、重点突出。同时,融入作者多年教学中的体会与心得。尽管做了努力,由于水平及时间上的限制,错误或不当之处在所难免,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,在此一并感谢!

作者

2010年7月

F O R E W O R D

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 /4
 - 1.2.1 硬件系统 /4
 - 1.2.2 软件系统 /7
- 1.3 计算机的分类及性能描述 /8
 - 1.3.1 计算机的分类 /8
 - 1.3.2 计算机的性能描述 /10
- 习题 /18

第 2 章 计算机中的数据表示 /19

- 2.1 数据编码 /19
 - 2.1.1 数值数据的编码 /19
 - 2.1.2 数据的浮点表示 /26
 - 2.1.3 BCD 码 /32
- 2.2 非数值数据的编码 /34
 - 2.2.1 ASCII 码 /34
 - 2.2.2 汉字编码 /35
- 2.3 检错与纠错编码 /38
 - 2.3.1 奇偶校验码 /39
 - 2.3.2 海明码 /40
 - 2.3.3 循环冗余校验码(CRC 码) /43
- 习题 /45

第 3 章 运算方法与运算器 /49

- 3.1 定点数运算 /49
 - 3.1.1 加减运算 /49
 - 3.1.2 乘法运算 /57
 - 3.1.3 除法运算 /65
- 3.2 算术逻辑单元 /71

3.2.1	单元电路	/71
3.2.2	算术逻辑单元 ALU	/73
3.2.3	运算器的结构	/74
3.3	浮点运算	/76
3.3.1	加减运算	/76
3.3.2	浮点乘除运算	/79
3.3.3	浮点数运算的实现	/81
	习题	/82
第4章	指令系统与汇编语言	/86
4.1	指令格式	/86
4.1.1	概述	/86
4.1.2	指令格式的描述	/87
4.1.3	指令设计	/89
4.2	寻址方式	/92
4.2.1	8086 处理器中的内部寄存器	/92
4.2.2	8086 CPU 的寻址方式	/95
4.3	8086(88)的指令系统	/99
4.3.1	传送指令	/99
4.3.2	算术运算指令	/104
4.3.3	逻辑运算和移位循环指令	/109
4.3.4	串操作指令	/113
4.3.5	程序控制指令	/115
4.3.6	处理器控制指令	/118
4.3.7	输入/输出指令	/119
4.3.8	位操作指令	/120
4.3.9	其他指令	/121
4.4	汇编语言及其程序设计	/121
4.4.1	汇编语言的语句格式	/121
4.4.2	常数	/123
4.4.3	伪指令	/123
4.4.4	汇编语言的运算符	/128
4.4.5	汇编语言源程序的结构	/129

4.4.6 汇编语言程序设计 /130

4.5 精减指令集计算机(RISC) /136

4.5.1 指令系统的从简到繁 /136

4.5.2 精减指令集计算机的特点 /137

习题 /138

第5章 处理器(CPU)设计 /141

5.1 CPU 的结构 /141

5.1.1 CPU 的功能 /141

5.1.2 构成 CPU 的主要部件 /142

5.2 指令系统设计 /144

5.2.1 设计寻址方式 /144

5.2.2 指令的设计 /145

5.3 CPU 执行指令的过程 /149

5.3.1 指令时序 /149

5.3.2 指令执行过程分析 /152

5.4 CPU 的部件设计 /158

5.4.1 熟悉部件的回顾 /158

5.4.2 指令执行的详细说明 /160

5.4.3 组合逻辑控制器设计 /164

5.4.4 微程序控制器设计 /166

习题 /178

第6章 流水线技术 /182

6.1 概述 /182

6.1.1 流水线概述 /182

6.1.2 流水线的分类 /184

6.2 流水线的性能分析 /187

6.2.1 吞吐率 /187

6.2.2 加速比 /190

6.2.3 效率 /191

6.3 流水线中的相关 /193

6.3.1 概述 /193

- 6.3.2 结构相关 /194
- 6.3.3 数据相关 /196
- 6.3.4 控制相关 /198
- 6.3.5 流水线的中断处理 /203
- 6.3.6 带成功开销的流水线性能 /206
- 6.4 指令级并行 /206
 - 6.4.1 指令级并行概述 /206
 - 6.4.2 提高指令级并行的方法 /208
- 6.5 其他有关技术 /217
 - 6.5.1 超标量处理机 /217
 - 6.5.2 超流水线处理机 /218
 - 6.5.3 超标量超流水线处理机 /219
 - 6.5.4 超长指令字处理机 /220
- 习题 /221

第7章 存储系统 /222

- 7.1 存储系统概述 /222
 - 7.1.1 存储系统的层次结构 /222
 - 7.1.2 存储器分类 /222
 - 7.1.3 存储器的性能指标 /223
- 7.2 内部存储器(主存储器) /225
 - 7.2.1 随机读写存储器 RAM /225
 - 7.2.2 只读存储器 ROM /235
 - 7.2.3 动态读写存储器 DRAM /239
 - 7.2.4 其他存储器 /241
- 7.3 高速缓冲存储器 /245
 - 7.3.1 工作原理 /245
 - 7.3.2 替换算法 /251
 - 7.3.3 主存——cache 内容的一致性问题 /252
 - 7.3.4 cache 性能分析 /253
- 7.4 虚拟存储器 /255
 - 7.4.1 虚拟存储器的概念 /255
 - 7.4.2 虚拟存储器的管理 /255

7.4.3 几点说明 /259

习题 /260

第8章 输入/输出系统 /264

8.1 总线 /264

8.1.1 概述 /264

8.1.2 总线的信息传送 /266

8.1.3 典型总线介绍 /270

8.2 输入/输出基本原理 /278

8.2.1 外部设备 /278

8.2.2 程序控制输入/输出技术 /299

8.3 中断方式 /303

8.3.1 中断的基本概念 /304

8.3.2 中断优先级控制 /306

8.3.3 8086(88)的中断系统 /308

8.3.4 中断控制器 8259 /312

8.4 直接存储器存取(DMA) /323

8.4.1 DMA 概述 /323

8.4.2 常用的方法 /324

8.4.3 DMA 的一般过程 /325

8.5 通道方式 /326

8.5.1 通道方式的特点 /326

8.5.2 通道的类型 /327

8.5.3 通道的发展 /328

8.6 几种常见的接口芯片 /328

8.6.1 可编程并行接口 8255 /328

8.6.2 可编程定时器 8253 /337

8.6.3 可编程串行接口 8250 /344

习题 /355

第9章 多机系统 /358

9.1 概述 /358

9.1.1 并行处理 /358

9.1.2	并行计算机分类	/359
9.2	多机互连网络	/363
9.2.1	互连函数	/363
9.2.2	静态互连网络	/367
9.2.3	动态互连网络	/370
9.3	对称多处理机系统	/383
9.3.1	对称多处理机(SMP)构成	/383
9.3.2	多机系统的性能分析	/385
9.3.3	对称多处理机系统 cache 一致性	/388
9.3.4	多处理机系统的调度与负载平衡	/394
9.4	分布式共享存储器多机系统	/400
9.4.1	分布式共享存储器多机系统结构	/400
9.4.2	CC-NUMA 系统	/401
9.5	多机系统其他结构形式	/403
9.5.1	大规模并行处理(MPP)系统	/403
9.5.2	集群(Cluster)系统	/405
9.5.3	向量处理机	/407
9.5.4	高性能计算机的发展	/410
	习题	/413

第 10 章 基于 EDA 的计算机设计 /415

10.1	概述	/415
10.1.1	数字系统设计的发展	/415
10.1.2	数字系统的设计方法	/416
10.2	设计语言与工具	/417
10.2.1	EDA 工具软件分类	/417
10.2.2	硬件描述语言 HDL	/418
10.2.3	System C	/428
10.2.4	QUARTUS II	/430
10.3	基于 VHDL 的 CPU 设计	/431
10.3.1	单元电路的设计	/431
10.3.2	CPU 设计概要	/443
10.4	SOC 设计	/455

10.4.1	概述	/455
10.4.2	SOC 片内总线	/460
10.4.3	IP 核设计与复用	/468
10.4.4	SOC 设计举例	/474
10.5	基于可配置处理器的 SOC 设计	/477
10.5.1	问题的由来	/477
10.5.2	Tensilica Xtensa 可配置处理器	/478
	习题	/485
	参考文献	/486

第 1 章 绪 论

在本章中,主要描述计算机的构成及性能,使读者在开始了解全书的内容之前,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,深刻地影响着人类的精神文明和物质文明的发展。

在 20 世纪 70 年代前,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,现已完成了它的历史使命,再无人提及。因此,本书中所描述的就是电子数字计算机,并简称为计算机。电子数字计算机,是指能对由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。在这漫长的历史中,算盘传遍了全世界,为人类社会做出了巨大的贡献。

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,它们也逐步退出了历史的舞台。

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。软件主要使用机器语言进行编程。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。这一代计算机由晶体管、磁芯存储器等器件构成。软件上有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

这一代计算机从 1965 年到 1974 年。这一代计算机由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器件构成。在软件上,高级语言迅速发展并出现了分时操作系统。在这个时期里,计算机的应用领域不断扩展,开始向国民经济的各部门及军事领域

渗透。典型机器如 IBM 360、IBM 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,这些计算机是利用大规模、超大规模集成电路构成,其主存也是由超大规模集成电路构成的半导体存储器来实现的。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,都推动了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、单片微型计算机等。

硬件发展的同时,这一代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、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、超高速集成电路来构成计算机。在结构上,计算机的构成已从单处理器向多处理器发展。即使微型机的构成也采用多核处理器,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来构成计算机可获得更高的性能。此前,Intel 公司已可以做出一块芯片,内含 80 个核的处理器,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 10 000 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,目前用这种思路做出来的计算机系统,其速度可达到 2000 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、有感情等功能。

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。并且他预言,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。但那篇文章的核心思想——即预测集成电路芯片内可集成的元件数量差不多每年可增加一倍。在后来的技术发展过程中证明了这一预测是正确的。现在人们根据几十年走过的技术历程将摩尔定律描述为: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内仍将成立。

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。但它鞭策着工业界不断地改进,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的半导体器件公司,无一不在不断地努力实现摩尔定律,并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 和 65nm。今天,已经可以用 45nm 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。当然,也许不一定是 100 倍,但是,随着集成度的提高,性能及可靠性都会大大提高,而价格会大大降低将是毋庸置疑的。正是摩尔定律使得计算机日新月异发展。

归根结底,40 多年的实践证明了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,那么个人电脑、移动电话、计算机辅助设计等都不可能问世。

2. 摩尔定律的未来

2004 年以后,半导体工业无论从技术上还是成本上的挑战都越来越激烈,各种关键问题都综合在一起,而且几乎要同时解决。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也明显上升。

晶体管是处理数字信号的微电子开关。栅极介质是用来将栅极从电流通道隔离出来的绝缘体底层。过去数十年来,芯片厂商一直采用二氧化硅来做栅极的介质,采用多晶硅做栅电极。但是,使用现有的材料,晶体管的尺寸缩小几乎已达到极限,如 Intel 在其 65nm 制程技术中,已经成功地将二氧化硅栅介质的厚度缩小至 1.2nm(相当于 5 个原子的厚度),但是栅介质的漏电流也随之迅速增加,这就导致功耗和发热等问题日益严重,这让芯片厂商头痛不已。

在现在的处理器中,随着刻蚀线宽从 45nm 过渡到 32nm,晶体管的尺寸也愈来愈小,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 32nm 的转变,Intel 采用了新的基于铪的高-K 绝缘体材料,用以取代二氧化硅和多晶硅两种化合物,从而可以最大程度地减少电流的泄漏。Intel 认为,新材料和新技术的使用可以提升处理器芯片的性能,并能达到降低功耗、减小噪声和降低成本的要求。由于 32nm 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以上。随着晶体管新材料的改进,既可以通过大幅提升CPU主频来实现更高性能,也可以通过降低主频来提升能源效率。

同时,微细加工技术的线宽仍在不断的减小,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个原子直径那么大,其体积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,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的,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们向更高的高度攀登。

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

计算机是由两大部分:硬件系统和软件系统组成。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1-1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。

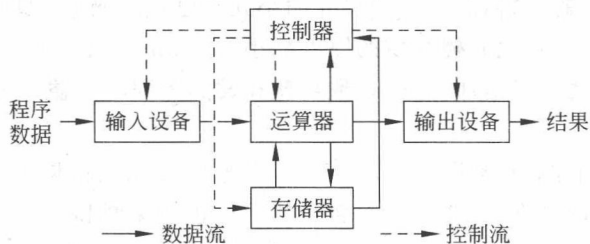


图 1-1 早期计算机(硬件)的组成

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5大部分构成。运算器用以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,从存储器中取出逐条指令并执行指令。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,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·诺依曼计算机工作的过程中,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。用二进制不仅使电路简单、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

计算机的发展已走过了六十多年,尤其是最近三十年,其发展更是日新月异。

本书的后面将会介绍一系列的计算机结构形式。从中可以看到,在过去的年代里计算机从最简单的冯·诺依曼计算机到现在都有哪些发展与改变,这些发展和改变是由什么原因引起的,是如何实现这些发展的,实现的依据又是怎样的。这些问题及其答案正是本书要呈现给读者的内容。

另外,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。在二十多年的时间里,PC一代接一代地发展。现在,PC已遍布全世界。尽管今天的PC的功能已十分强大,但人们仍然称之为微型计算机。目前读者所使用的、所看到的绝大多数都是PC。

早期的PC结构非常简单,其框图可以简化为如图1-2所示。该框图也是那个年代微型计算机的基本结构形式。

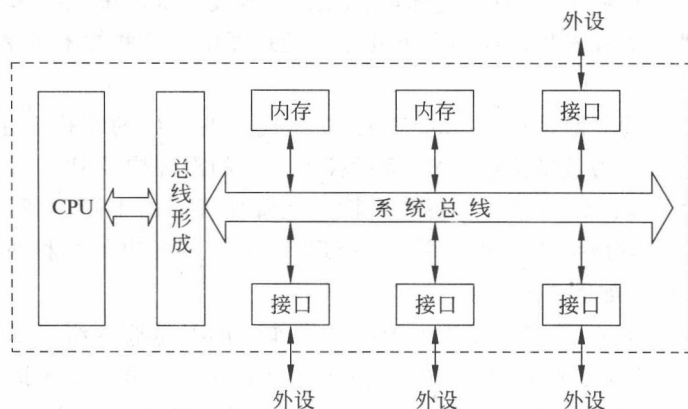


图 1-2 微型计算机结构框图

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