

第1章 计算机设计基础

1.1 引言

1.2 计算机的分类

1.3 计算机系统结构定义和计算机的设计任务

1.4 实现技术的趋势

1.5 集成电路功耗的趋势

1.6 成本的趋势

1.7 可靠性

1.8 测量、报告和总结计算机性能

1.9 计算机设计的量化原则

1.10 综合：性能和性价比

1.2 计算机分类

一、Flynn's 分类: 基于指令流和数据流数量的计算机结构分类

Single instruction stream, single data stream (SISD)

Single instruction stream, multiple data streams (SIMD)

Multimedia extensions

Graphics processor units

Multiple instruction streams, single data stream (MISD)

No commercial implementation

Multiple instruction streams, multiple data streams (MIMD)

SISD

❖ 串行计算机

❖ **Single instruction:** 在任一时钟周期只有单个指令流在CPU执行

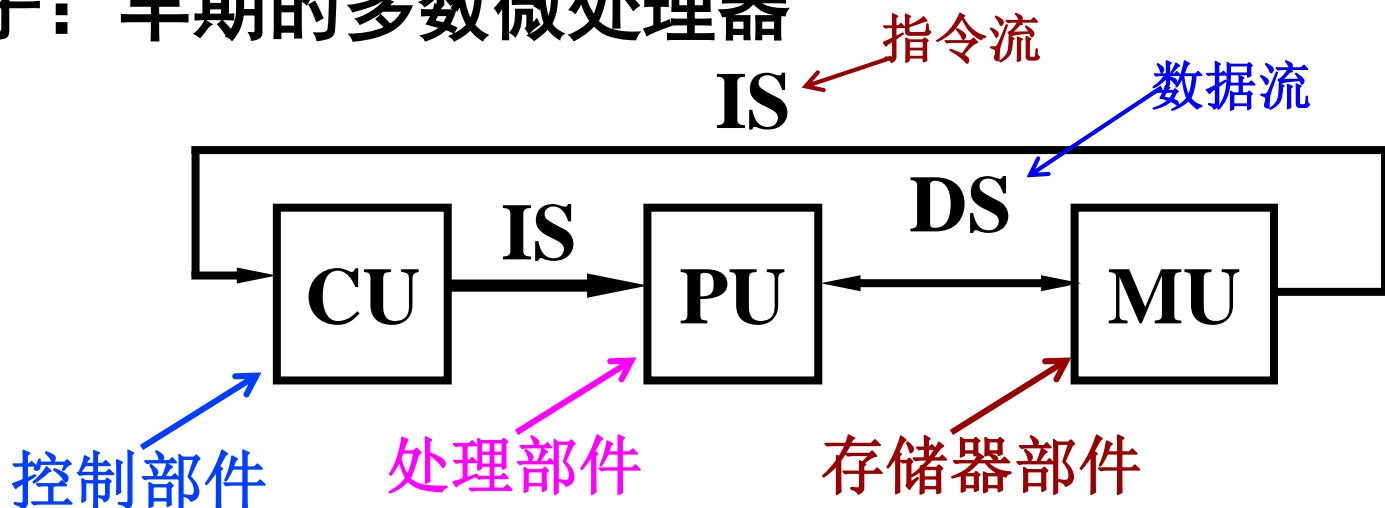
❖ **Single data:** 在任一时钟周期只有单个数据流用作输入

❖ 确定执行

（程序在给定的输入条件下多次运行，执行流程和结果是一致的。）

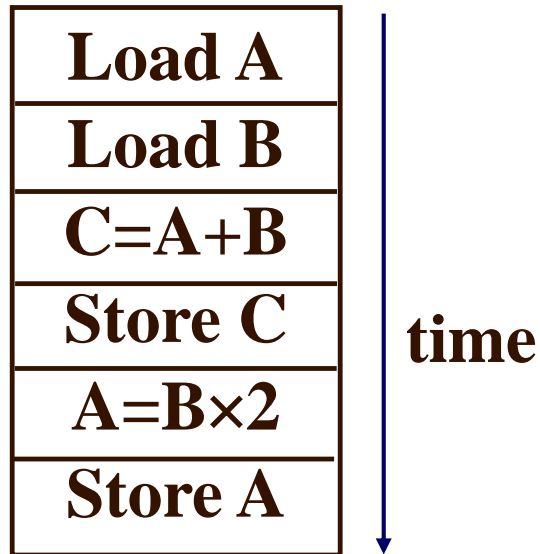
❖ 最老的的计算机类型

❖ 例子：早期的多数微处理器



SISD

Single instruction stream, single data stream



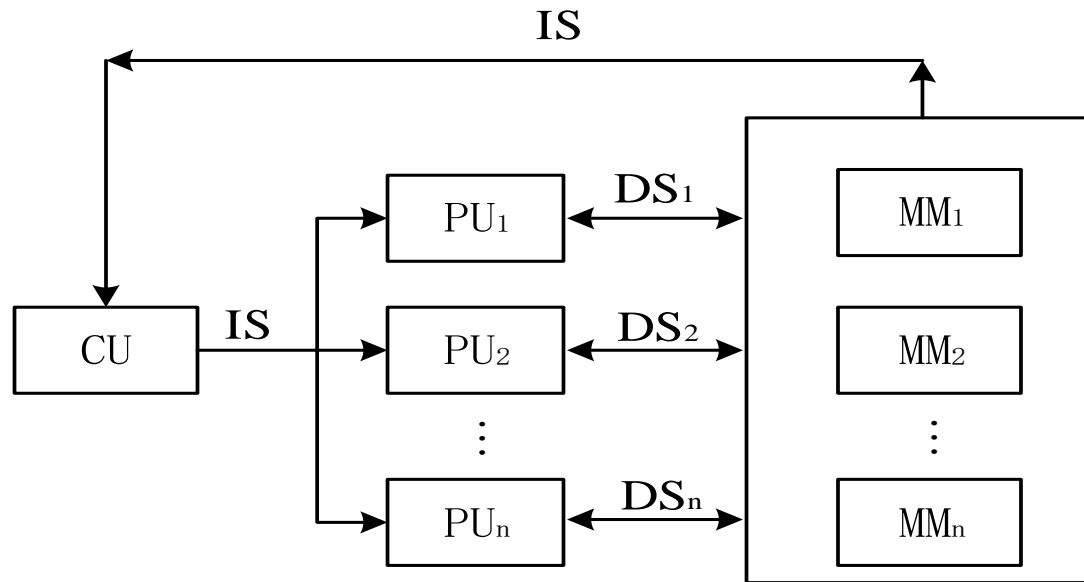
SISD结构

对SISD模型改良，采用指令级并行技术：

流水线、超标量、推测执行等

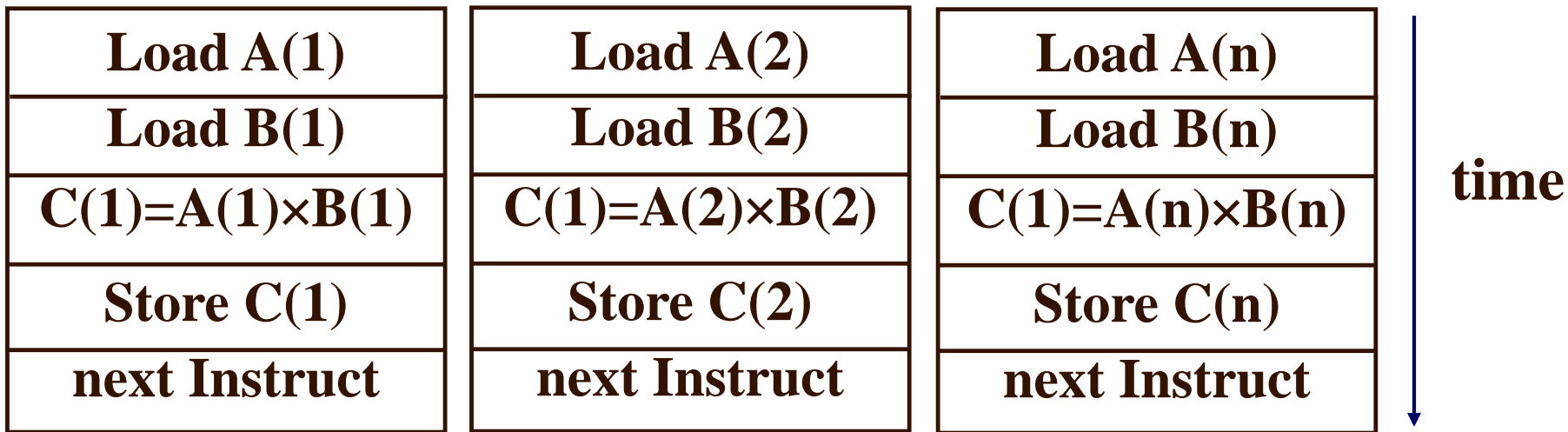
SIMD

- ❖ 一种并行计算机：处理数据级并行
- ❖ **Single instruction:** 在任一时钟周期，所有处理单元执行相同指令
- ❖ **Multiple data:** 每个处理单元能对不同数据元素进行操作



SIMD

Single instruction stream, multiple data streams



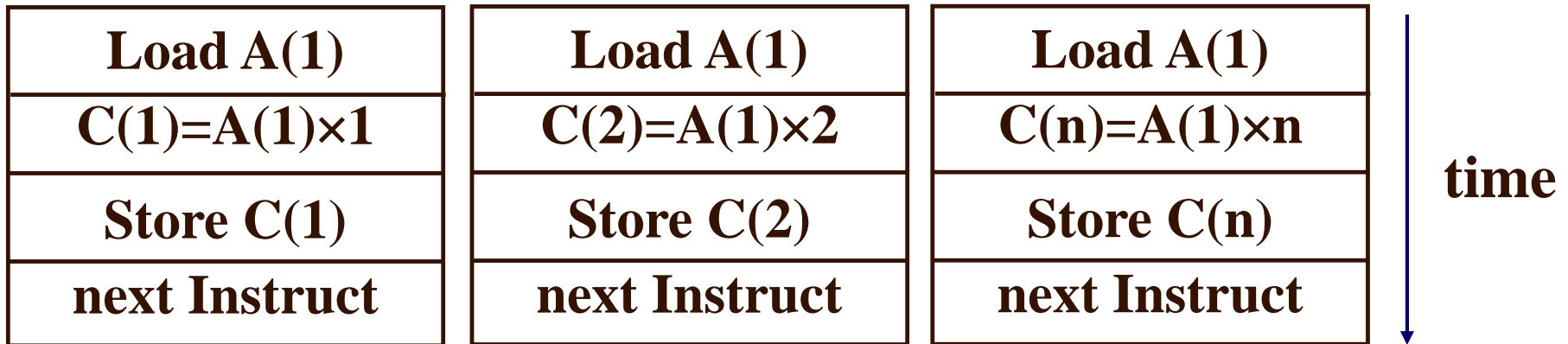
SIMD结构

SIMD

- ❖ 适用于处理高度规整操作的问题，如图像处理
- ❖ 同步和确定性执行
- ❖ 类型：
 - 处理器阵列（Processor Arrays）
 - 向量流水线（Vector Pipelines）
 - 标准指令集的多媒体扩展，1996始于Intel Pentium MMX
 - GPU

MISD

Multiple instruction streams, single data stream

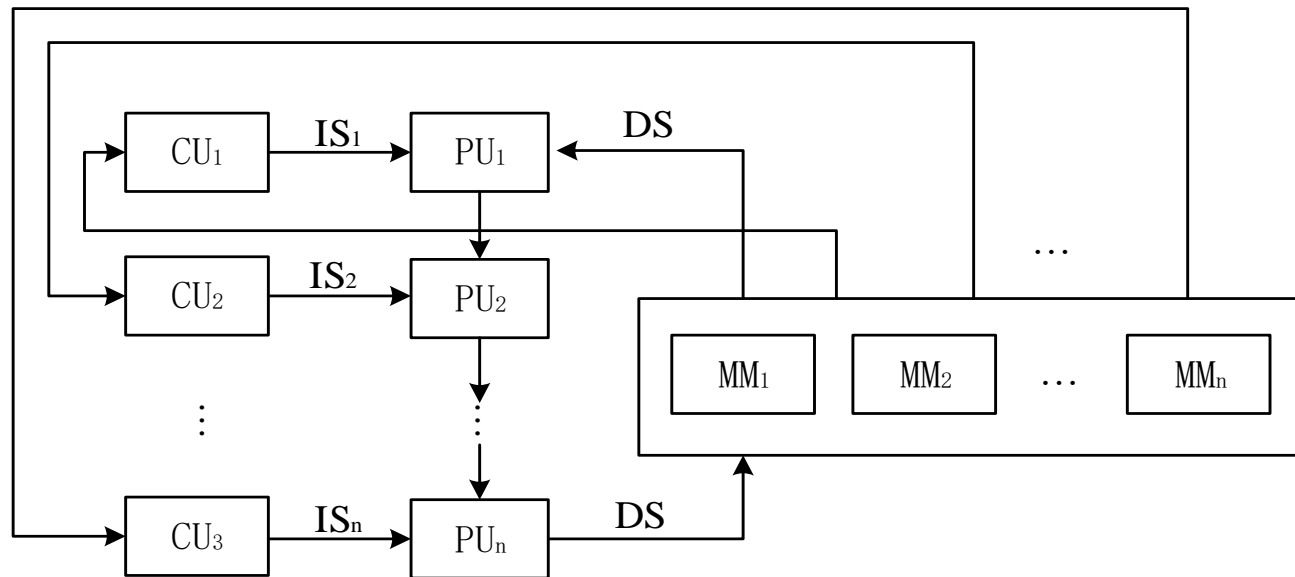


MISD结构

MISD

Multiple instruction streams, single data stream

- ❖ 单个数据流进入多个处理单元。
- ❖ 每个处理单元用单个指令流对数据进行**独立**操作。

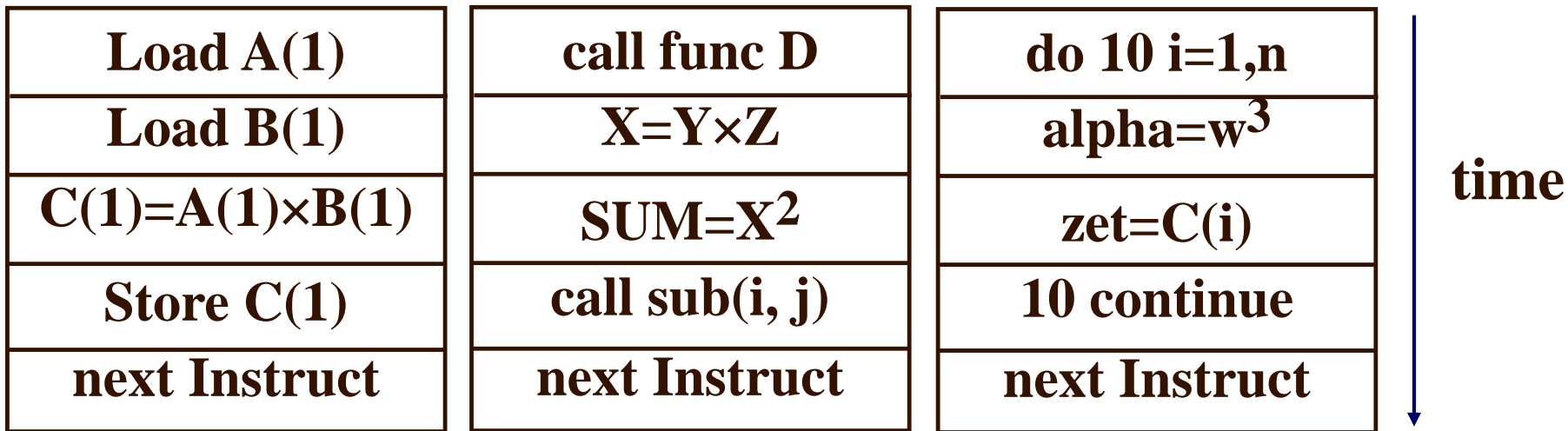


MISD

- ❖ 很少有这类计算机的商业实例。
- ❖ 某些可能想到的应用：
 - 多频滤波器对单信号流进行操作
 - 多重加密算法对单个编码信息进行加密

MIMD

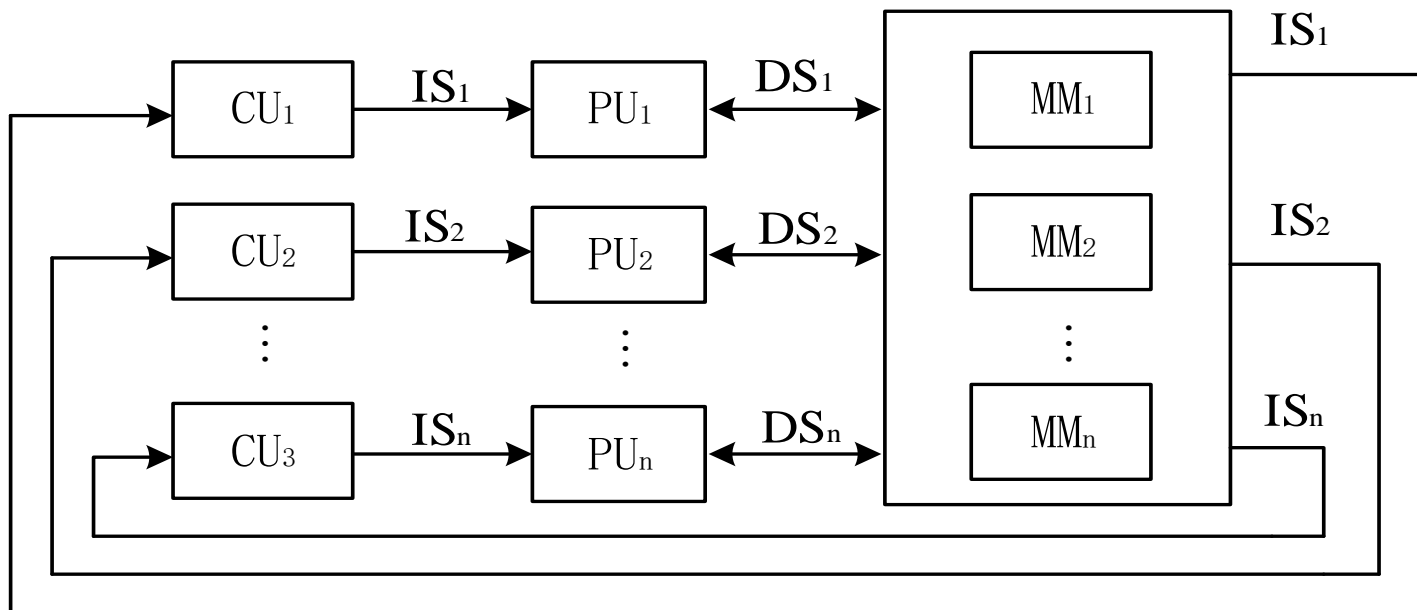
Multiple instruction streams, multiple data



MIMD结构

MIMD

- ❖ 并行计算机：线程级或任务级并行。
- ❖ **Multiple Instruction:** 每个处理器可以执行不同的指令流
- ❖ **Multiple Data:** 每个处理器可以对不同数据流进行操作



MIMD

- ❖ 各处理器执行可以是同步的或异步的，确定性的或非确定性的
- ❖ 比SIMD更灵活，适应性更强。很适合任务级并行；也可以开发数据级并行，开销比SIMD高。
- ❖ 例子：
 - * 多核芯片
 - * 多处理器构成的服务器

Flynn分类模型是抽象和粗略的：

现代的不少并行处理器是SISD、SIMD和MIMD的混合类型。

例如：IBM有一款多核芯片的Cell中，包括8个SIMD的处理单元和1个SISD的Power处理器。
整体看，Cell是一个MIMD处理器。

二、市场分类

5类计算机

特征	个人 移动设备	桌面 计算机	服务器	集群/ 仓库级计算机	嵌入式 计算机
系统的 价格	\$100- \$1000	\$300- \$25000	\$5000- \$10,000,000	\$100,000- \$200,000,000	\$10- \$100,000
微处理器 的价格	\$10-\$100 per proc.	\$50-\$500 per proc.	\$200 -\$2,000 per proc.	\$50 -\$250 per proc.	\$0.01 -\$100 per proc.
关键的 系统设计 问题	成本，功 耗，媒体 性能，响 应率	性价比， 图形性能， 能耗	可靠性， 吞吐量， 可扩展性	性价比， 吞吐量， 能耗，均衡性	价格， 功耗， 专门应用的性能

1、个人移动设备

多媒体用户界面的无线设备：手机、平板电脑

- ❖ 成本

- ❖ 功耗、尺寸（用闪存）

- ❖ 减少存储器容量，存储器优化，代码优化

2、桌面计算机

- ❖ 首个最大的计算机市场是--桌面计算机市场
- ❖ 需求：
 - 优化性价比—计算和图形性能，价格
- ❖ 首先应用最新、最高性能、低成本微处理器
- ❖ 性能评估：基准测试程序

桌面计算机，包括个人计算机和工作站

- ◆个人计算机主要为一个用户提供良好的计算性能和较低成本的工作环境。最早出现的个人计算机是1977年Apple公司的Apple II 微型计算机。

20世纪80年代IBM PC、IBM PC/XT、IBM PC/AT系列机的推出和迅速普及，带动了为其生产Intel 80x86微处理器芯片的Intel公司和Windows操作系统的Microsoft公司的巨大发展。

后来，由于IBM公司转为生产使用OS/2操作系统的个人机PS/2，因此其他厂商开始生产PC兼容机，继续采用Intel公司生产的80386、80486、Pentium、Pentium Pro、Pentium I /II/III/IV等一系列32位微处理器芯片或其他公司生产的兼容芯片。

◆工作站是指具有完整人机交互界面、图形处理性能和较高计算性能，可配置大容量的内存和硬盘，I/O和网络功能完善，使用多任务多用户操作系统的小型通用个人化计算机系统。1983年美国Apollo公司推出了首台适合计算机辅助设计（CAD）的工作站。

Apollo公司于1989年被HP公司兼并，工作站厂商主要有SUN（被Oracle收购）、HP、DELL、SGI等公司。工作站推出时采用32位结构，现在是64位结构，并普遍采用RISC处理器芯片，如SUN采用的是SPARC系列芯片，HP是PA-RICS，SGI是MIPS，IBM是Power PC。工作站主要采用UNIX操作系统，应用于多媒体设计和制作领域。

三、服务器

❖ 作用（取代大型机）：提供更大规模、更可靠文件、计算服务。 其特征：

- 可靠性（Dependability）
- 可扩展性（Scalability）
- 吞吐量（efficient throughput）

Figure 1.3

Application	Cost of downtime per hour	Annual losses with downtime of		
		1% (87.6 hrs/yr)	0.5% (43.8 hrs/yr)	0.1% (8.8 hrs/yr)
Brokerage operations	\$6,450,000	\$565,000,000	\$283,000,000	\$56,500,000
Credit card authorization	\$2,600,000	\$228,000,000	\$114,000,000	\$22,800,000
Package shipping services	\$150,000	\$13,000,000	\$6,600,000	\$1,300,000
Home shopping channel	\$113,000	\$9,900,000	\$4,900,000	\$1,000,000
Catalog sales center	\$90,000	\$7,900,000	\$3,900,000	\$800,000
Airline reservation center	\$89,000	\$7,900,000	\$3,900,000	\$800,000
Cellular service activation	\$41,000	\$3,600,000	\$1,800,000	\$400,000
Online network fees	\$25,000	\$2,200,000	\$1,100,000	\$200,000
ATM service fees	\$14,000	\$1,200,000	\$600,000	\$100,000

Figure 1.3 Costs rounded to nearest \$100,000 of an unavailable system are shown by analyzing the cost of downtime (in terms of immediately lost revenue), assuming three different levels of availability and that down-time is distributed uniformly. These data are from Kembel [2000] and were collected and analyzed by Contingency Planning Research.

◆服务器是网络中的核心设备，其**可靠性**是关键。

例如：银行和证券公司的**服务器**，必须确保每周7天、每天24小时连续运转。如果出现故障，其后果比桌面机的故障损失更具灾难性。

服务器采用容错技术，如ECC（Error Checking and Correcting）内存、RAID（Redundant Array of Independent Disks）技术、热插拔技术、冗余电源、冗余风扇、机箱锁、口令保护等。

◆服务器应具有**可扩展性**：计算能力、存储系统、I / O带宽等。

例如：采用Intel处理器的服务器具备较多的PCI插槽、驱动器支架，及较大的内存扩展能力，采用RAID技术、高速智能网卡等。

◆服务器要将其数据和硬件提供给网络用户共享，其主要设计目标就是为了达到**高效的吞吐量**。

服务器的整体性能——以**每分钟处理的事务数**或**每秒所提供的页面数**来衡量。

因此，服务器都是**多处理器结构**，大大地提高了计算能力。

服务器按规模可分为：

- ◆大型服务器（企业级或计算中心级）
- ◆中型服务器（部门级）、
- ◆小型服务器（基层工作组级）、
- ◆入门级服务器等。

按服务器的外形与结构来分：

- ◆塔式服务器：外形类似于立式PC，机箱更大用于扩展硬盘和电源。价廉，用作入门、工作组服务器。
- ◆机柜式服务器：大、中型服务器。如银行、保险、证券、大型网站等使用。

按是否通用开放分：

❖ **通用开放系统：**采用Intel及兼容的处理器芯片的服务器，又称**IA32（Intel Architecture 32位总线结构）架构服务器**。性价比高。

IBM、HP、DELL、联想等公司都生产IA架构服务器。如，某联想服务器采用4核芯片Intel Core i7-6700HQ作为多处理器，操作系统主要采用Windows，也可以支持现在流行的Linux、SCO Unix、Solaris for X86等Unix操作系统。

❖ **非开放系统：**IBM、HP、SUN、Fujitsu等公司也生产采用**RISC处理器的服务器。**

* **处理器：**IBM服务器基于Power 系列处理器，SUN、Fujitsu等公司的服务器基于SPARC结构；HP公司的则是基于PA-RISC结构；Compaq公司是ALPHA结构。

* **I/O总线也不相同：**如Fujitsu是PCI，SUN是Sbus。这表明各公司服务器的插卡，如网卡、显示卡等可能也是专用的。

* **操作系统一般是基于Unix的，但版本却不同，**如SUN、Fujitsu是用SUN Solaris，HP是用HP-Unix，IBM是Aix。

所以**这类服务器的结构是封闭的。**然而，其**高可靠性、高速的计算能力**和采用**Unix操作系统的****安全性**，对金融保险等领域的用户仍有相当的吸引力，尽管价格是IA架构服务器的好几倍。

四、集群/仓库级计算机

❖ **集群计算机：**一组**桌面机**或**服务器**通过**局域网**连接，运行时像一个大型计算机系统。

应用于在线销售、社交网络、视频分享等。

关键问题：性价比、吞吐量、可靠性

❖ **仓库级计算机：**最大规模的集群。千~万台服务器。

应用于亚马逊、Google、淘宝等级别网站，可以提供云计算服务。

特殊问题：配电，制冷

例如：46000台服务器的仓库级计算机，8百万瓦，
1.67亿美元。月电费 47.5万，保安费8.5万

五、嵌入式计算机

在路由器、微波炉、汽车等中，计算机作为应用产品的核心控制部件，隐藏在各种装置、设备和系统中，这样的计算机称为**嵌入式计算机**。

嵌入式系统的**硬件部分**：嵌入式微处理器、存储器、I/O接口、外设部件等；

软件部分：操作系统软件（要求实时和多任务操作）、应用软件。

嵌入式计算机

- ❖ 8-bit 16-bit 32-bit 64-bit
- ❖ 实时性能
- ❖ 严格的资源限制
 - 有限的存储空间, 低功耗, ...
- ❖ 处理器核心与特定应用电路在一起使用
 - DSP, Digital TV

功耗与价格分布最广泛

- ❖ 8-bit, 16bit microprocessor / one dime (10美分)
- ❖ 32-bit 100M instructions per sec. / 5\$
- ❖ 32-bit, 1 billion instr. per sec. / 100\$

嵌入式与非嵌入式的区别

❖ 能否运行第三方软件。

例如：手机可以随时下载APP运行；
路由器只能运行已经固化的软件。

- ❖ 我们需要为这样的计算机市场设计什么样的计算机？
- ❖ 计算机系统结构设计者需要知道什么？