

计算机组成原理

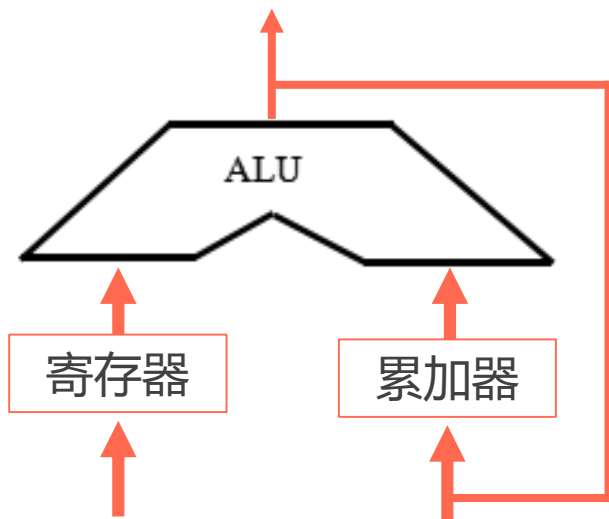
第一章 概述

1.2 计算机系统性能评价

1

非时间指标

1) 机器字长: 指机器一次能处理的二进制位数

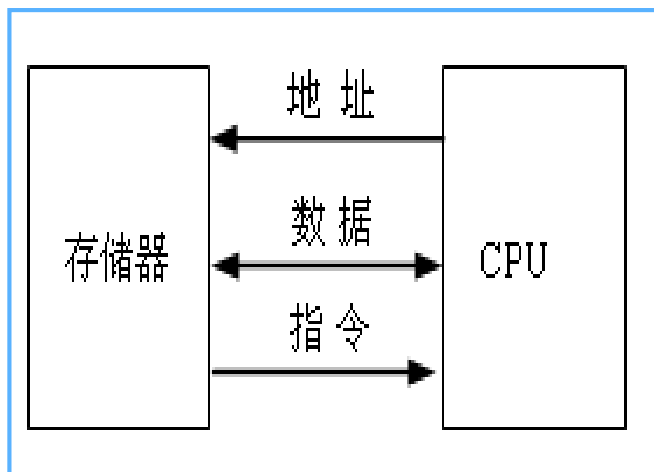


- ◆ 由加法器、寄存器的位数决定；
- ◆ 一般与内部寄存器的位数相等(字长)；
- ◆ 字长越长，表示数据的范围就越大，精确度越高；
- ◆ 目前常见的有32位和64位字长。

1

非时间指标

2)总线宽度：数据总线一次能并行传送的最大信息的位数



- ◆一般指运算器与存储器之间的数据总线位数。
- ◆有些计算机内部与外部数据总线宽度不一致：
- ◆8086、80286、80386内外数据总线等宽；
- ◆8088、80386SX 外部总线宽度8位内部总线宽度16位；
- ◆Pentium外总线64位，内总线32位（两条32位流水线）

1

非时间指标

3)主存容量与存储带宽

- ◆ **主存容量**：是指一台计算机主存所包含的存储单元总数。
- ◆ **存储带宽**：指单位时间内与主存交换的二进制信息量，常用单位B/s（字节/秒）。(影响存储带宽的指标包括数据位宽和数据传输速率)。

2

时间指标

1) 主频 f /时钟周期 T ，外频、倍频**主频 f**

指CPU内核工作的时钟频率，即CPU内数字脉冲信号振荡的速率，与CPU实际的运算能力之间不是唯一的、直接关系；

时钟周期 T

也称节拍周期，是计算机中最基本的、最小的时间单位。在一个时钟周期内，CPU仅完成一个最基本的动作；

 **f 与 T 的关系**

互为倒数， f 越高， T 就越小 ($f = 100\text{MHz}$ 时 $T = 10\text{ns}$ ， $f = 1\text{GHz}$ 时 $T = 1\text{ns}$)。

2

时间指标

◆ 主频 f /时钟周期 T ，外频、倍频

外频

指CPU(内存)与主板之间同步的时钟频率(系统总线的工作频率)；



倍频

CPU主频与外频之间的倍数；



◆ 主频 = 外频 \times 倍频

如：Pentium 4 2.4G CPU主频

2400M = 133M (外频) \times 18 (倍频)

如何超频？

CPU-Z

处理器 | 缓存 | 主板 | 内存 | SPD | 显卡 | 测试分数 | 关于

处理器

名字	AMD Phenom II X4 955				
代号	Deneb	TDP	124.9 W		
插槽	Socket AM3 (938)				
工艺	45 纳米	核心电压	1.088 V		
规格	AMD Phenom(tm) II X4 955 Processor				
系列	F	型号	4	步进	3
扩展系列	10	扩展型号	4	修订	RB-C3
指令集	MMX(+), 3DNow!(+), SSE, SSE2, SSE3, SSE4A, x86-64, AMD-V				

时钟 (核心 #0)		缓存	
核心速度	2624.58 MHz	一级 数据	4 x 64 KBytes 2-way
倍频	x 10.5 (4 - 16)	一级 指令	4 x 64 KBytes 2-way
总线速度	249.96 MHz	二级	4 x 512 KBytes 16-way
前段总线	1999.68 MHz	三级	6 MBytes 48-way

已选择 处理器 #1 核心数 4 线程数 4

CPU-Z Ver. 1.78.0.x64 工具 验证 确定

2

时间指标

2) CPI (Clock cycles Per Instruction)



执行一条指令(平均)需要的时钟周期数(即T周期的个数)

单条指令CPI、一段程序中所有指令的CPI、指令系统CPI 等



$$\begin{aligned}\text{CPI} &= \text{程序中所有指令的时钟周期数之和} / \text{程序指令总数} \\ &= \sum (\text{程序中各类指令的CPI} \times \text{程序中该类指令的比例})\end{aligned}$$

CPI 应用举例

例1 某计算机指令系统中各类指令所占比例及CPI如下表所示，求程序的CPI。

指令类型	CPI	指令比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

解： $CPI = 1 \times 60\% + 2 \times 18\% + 4 \times 12\% + 8 \times 10\% = 2.24$

IPC (Instruction per Clock)

每个时钟周期内执行的指令条数 (并行)

2

时间指标

实际上频率和IPC在真正影响CPU性能。

准确的CPU性能判断标准应该是：CPU性能=IPC(CPU每一时钟周期内所执行的指令多少)×频率(MHz时钟速度)--由英特尔提出并被业界广泛认可。

如果将英特尔用于[企业级服务器](#)的主频为800MHz的安腾处理器(英特尔的最高级系列CPU)与用于台式机的主频为1800MHz的[奔腾4处理器](#)进行对比，我们就会发现：主频仅为800MHz的安腾处理器在性能上竟然比主频高达1800MHz的奔腾4处理器还要强大。

3) MIPS (Million Instructions Per Second)

◆ 每秒钟CPU能执行的指令总条数 (单位：百万条/秒)

$$\begin{aligned} \text{MIPS} &= \frac{\text{指令条数}}{\text{执行时间} \times 10^6} \\ &= \frac{\text{指令条数}}{(\text{所有指令CPU时钟周期数之和} / f) \times 10^6} \\ &= \frac{f}{\text{CPI} \times 10^6} \quad (\text{全性能公式}) \end{aligned}$$

◆ MIPS 应用举例

例 某计算机主频为1GHZ，在其上运行的目标代码包含 2×10^5 条指令，分4类，各类指令所占比例和各自CPI如下表所示，求程序的MIPS。

指令类型	CPI	指令混合比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

解：根据CPU全性能公式：
$$\text{MIPS} = \frac{f}{\text{CPI} \times 10^6}$$

$$\text{CPI} = 1 \times 60\% + 2 \times 18\% + 4 \times 12\% + 8 \times 10\% = 2.24$$

$$\text{MIPS} = f / (\text{CPI} \times 10^6) = 1 \times 10^9 / (2.24 \times 10^6) = 446.4$$

4) CPU时间

- ◆ 执行一段程序所需的时间
(CPU时间+ I/O时间 + 存储访问时间+ 各类排队时延等)。
- ◆ **CPU时间** = 程序中所有指令的时钟周期数之和 $\times T$
= 程序中所有指令的时钟周期数之和 $/ f$
(回顾汇编语言课程中延时子程序的设计原理)

◆ CPU时间的计算方法

- 考虑CPI后的CPU时间：

$$\begin{aligned}\text{CPU时间} &= \text{总指令数} \times \sum_{i=1}^n (CPI_i \times \frac{IC_i}{\text{总指令数}}) \times \text{时钟周期时间} \\ &= \text{总指令数} \times \text{CPI} \times T\end{aligned}$$

- 考MIPS后的CPU时间:

$$\text{MIPS} = \frac{\text{指令数量}}{\text{执行指令的时间} \times 10^6}$$

$$\text{程序的执行时间 } t = \frac{\text{指令数量}}{\text{MIPS} \times 10^6}$$

2

时间指标

◆ CPU时间应用举例

例 某计算机主频为1GHZ，在其上运行的目标代码包含 2×10^5 条指令，分4类，各类指令所占比例和各自CPI如下表所示，求该段程序的CPU时间。

指令类型	CPI	指令混合比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

解 方法1：利用CPI

$$\begin{aligned}\text{CPU时间} &= 2 \times 10^5 \times \text{CPI} / f \\ &= (2 \times 10^5 \times 2.24 / 10^9) = 4.48 \times 10^{-4} \text{ (秒)}\end{aligned}$$

2

时间指标

◆ CPU时间应用举例

例 某计算机主频为1GHZ，在其上运行的目标代码包含 2×10^5 条指令，分4类，各类指令所占比例和各自CPI如下表所示，求该段程序的CPU时间。

指令类型	CPI	指令混合比例
算术和逻辑	1	60%
Load/Store	2	18%
转移	4	12%
Cache缺失访存	8	10%

解 方法2：利用MIPS

$$\text{CPU时间} = \frac{\text{指令数量}}{\text{MIPS} \times 10^6} = \frac{2 \times 10^5}{(10^3 / 2.24) \times 10^6} = 4.48 \times 10^{-4} \text{ (秒)}$$

3

时间指标的应用思考

◆ 如何利用时间指标评测计算机性能

f 、CPI、MIPS、CPU时间在评价计算机性能方面的特点和不足?



如何科学合理测试计算机系统的综合性能?有哪些常用测试工具?测试结果能否真实反映计算机的实际性能?



◆ 计算机性能指标是确定的吗？

硬件或软件指标	影响什么	如何影响
算法	CPI、MIPS、CPU时间	影响指令数量和指令类型
编程语言	CPI、MIPS、CPU时间	指令数量和指令类型
编译程序	CPI、MIPS、CPU时间	影响指令数量和指令类型
指令集体系结构	f/T CPI MIPS CPU时间	全面影响