

第一章：计算机系统概论

冯诺依曼体系结构

基本组成：运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备

ENIAC（埃尼阿克）— 第一台通用电子计算机 十进制

EDVAC-冯诺依曼计算机 二进制

微处理器发展

Intel 4004 诞生

Intel 8008 8位

Intel 8080 第一个通用微处理器

Intel 8086 16位

▼ 关键指标

- 机器字长：CPU一次能处理数据的位数
- 运算速度

1. 主频 f (MHz) (每秒有多少个时钟周期)

2. 时钟周期 $T = \frac{1}{f}$

3. CPI：执行一条指令所需时钟周期数（平均值）

$$CPI = \frac{\text{执行程序的总周期数}}{\text{总指令数}}$$

4. IPC：一个时钟周期可执行的指令数

5. MIPS：每秒执行多少百万条指令

$$MIPS = \frac{\text{指令数}}{\text{程序执行时间}} \times 10^{-6} = \frac{f}{CPI \times 10^6}$$

6. FLOPS：每秒浮点运算次数

$$FLOPS = \frac{\text{程序中浮点操作次数}}{\text{程序执行时间}}$$

7. MFLOPS：每秒百万次浮点运算次数

8. 程序执行时间 $T = \frac{\text{指令条数}}{MIPS \times 10^6} = \frac{\text{总周期数}}{\text{主频}} = \text{指令条数} \times CPI \times \text{时钟周期} T$

9. **吞吐量、带宽**：在某一段时间内处理的信息量，MB/s

- **容量**： $K = 2^{10}, M = 2^{20}, G = 2^{30}, T = 2^{40}$
- **频率**： $1Hz = 10^{-6}MHz = 10^{-9}GHz$
- **时间**： $1s = 10^6\mu s = 10^9ns$

▼ 例题

用一台50MHz处理机执行标准测试程序，包含混合指令情况与相应平均时钟周期如下表所示。

求CPI、MIPS、程序执行时间

指令类型	指令数目	平均时钟周期数
整数运算	45000	1
数据传送	32000	2
浮点运算	15000	2
控制传送	8000	2

解

$$CPI = \frac{N_C}{I_N} = \sum_{i=1}^n \left(CPI_i \times \frac{I_i}{I_N} \right) \quad I_i/I_N \text{ 表示 } i \text{ 指令在程序中所占比例}$$
$$= \frac{45000 \times 1 + 32000 \times 2 + 15000 \times 2 + 8000 \times 2}{45000 + 32000 + 15000 + 8000} = 1.55 (\text{周期 / 指令})$$
$$MIPS = \frac{f}{CPI \times 10^6} = \frac{50 \times 10^6}{1.55 \times 10^6} \approx 32.26 (\text{百万条指令 / 秒})$$
$$t_{CPU} = \frac{N_C}{f} = \frac{45000 \times 1 + 32000 \times 2 + 15000 \times 2 + 8000 \times 2}{50 \times 10^6} = 31 \times 10^{-4} (s)$$

某计算机主频为 1GHz，共有A、B、C三类指令，每类指令的CPI分别为1、2、3。

$$f = 10^9 \text{ Hz}$$

现使用两个不同的编译器分别生成一大段测试软件的二进制代码

1) 编译器1生成的代码含五百万条A类指令，一百万条B类指令和一百

万条C类指令；

2) 编译器2生成的代码还有10百万条A类指令，一百万条B类指令，一

百万条C类指令。

问：
(1) 根据MIPS计算，哪个编译器生成的代码执行速度更快？
(2) 根据执行时间计算，哪个编译器生成的代码执行速度快？

解题思路：根据题中所给的条件，分别求出两种编译器得到代码的MIPS和执行一条指令需要的平均时间进行比较。

$$(1) \text{CPI}_1 = \frac{5}{7} \times 1 + \frac{1}{7} \times 2 + \frac{1}{7} \times 3 = \frac{10}{7} \text{ (周期/指令)}$$

$$\text{MIPS}_1 = \frac{f}{\text{CPI}_1 \times 10^6} = \frac{10^9}{\frac{10}{7} \times 10^6} = 700$$

$$\text{CPI}_2 = \frac{10}{12} \times 1 + \frac{1}{12} \times 2 + \frac{1}{12} \times 3 = \frac{5}{4} \text{ (周期/指令)}$$

$$\text{MIPS}_2 = \frac{f}{\text{CPI}_2 \times 10^6} = \frac{10^9}{\frac{5}{4} \times 10^6} = 800$$

2 速度更快

$$(2) T_1 = \frac{(5 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3) \times 10^6}{10^9} = 0.015$$

$$T_2 = \frac{(10 \times 1 + 1 \times 2 + 1 \times 3) \times 10^6}{10^9} = 0.0155$$

1 快