

# 《计算机组成原理》

## （第一讲习题答案）

厦门大学信息学院软件工程系 曾文华

2022年2月22日

# 第1章 计算机系统概述

- 1.1 计算机发展历程
- 1.2 计算机系统的组成
- 1.3 计算机系统的层次结构
- 1.4 计算机性能指标和评价
- 1.5 课程学习的建议

# 习题 (P17-18)

- 1.2
- 1.4
- 1.5
- 1.6

# 习题答案 (P17-18)

## • 1.1 解释下列名词:

- ① 摩尔定律: 当价格不变时, 集成电路上可容纳的晶体管数量大约18至24个月翻一番, 性能也将提升一倍。
- ② 汇编器: 汇编程序负责将汇编语言翻译成机器语言目标程序, 也称为汇编器。
- ③ 编译器: 编译程序负责将高级语言翻译成汇编代码代码, 也称为编译器。
- ④ 解释器: 解释程序用于将源程序中的语句按执行顺序逐条翻译成机器指令并执行, 且不生成目标程序, 也称为解释器。
- ⑤ 链接器: 链接器是一个程序, 将一个或多个由编译器或汇编器生成的目标文件外加库链接为一个可执行文件。
- ⑥ 时钟周期: 时钟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。
- ⑦ 机器字长: 字长指CPU一次处理的数据位数, 字长一般与计算机内部的寄存器、运算器、数据总线的位宽相等。
- ⑧ 主存容量: 主存容量是指主存能存储的最大信息量, 一般用M×N表示, M表示存储单元数, 也称字容量; N表示每个存储单元存储的二进制位数, 也称位容量。
- ⑨ CPI: CPI (Clock Cycles Per Instruction) 是指执行每条指令所需要的平均时钟周期数。
- ⑩ IPC: IPC (Instructions Per Cycle) 是指某个时钟周期CPU能执行的指令条数, 是CPI的倒数。
- ⑪ MIPS: MIPS (Million Instructions Per Second) 为每秒执行百万条指令。
- ⑫ MFLOPS: MFLOPS (Million Floating-point Operations per Second) 为每秒执行百万 (10<sup>6</sup>) 浮点运算次数。
- ⑬ CPU时间: 假设某段程序执行所需的时钟周期数为m, 时钟周期为T, 时钟频率为f, 则该段程序的CPU时间T<sub>CPU</sub>为:

$$T_{CPU} = m \times T = \frac{m}{f}$$

$$T_{CPU} = CPI \times IC \times T = \frac{CPI \times IC}{f}$$

## • 1.2 选择题

- ① D (三个原因都是对的)
- ② C (数据也可以不在指令中)
- ③ C (编译程序)
- ④ A (机器语言程序)
- ⑤ D (MFLOPS)
- ⑥ D (三个措施都是对的)
- ⑦ C ( $CPI = 50\% \times 2 + 20\% \times 3 + 10\% \times 4 + 20\% \times 5 = 3$ ,  $MIPS = (f/CPI) \times 10^{-6} = (1.2 \times 10^9 / 3) \times 10^{-6} = 400$ )
- ⑧ D (CPU速度提高50%，则CPU时间从90秒变为 $90/1.5 = 60$ 秒， $70 = 60 + 10$ )
- ⑨ D (编译优化前，执行时间 $= CPI \times IC \times T = 20$ 秒；编译优化后，执行时间 $= 1.2 \times CPI \times 70\% \times IC \times T = 0.84 \times 20 = 16.8$ 秒)
- ⑩ C (程序P在M1上的运行时间 $= CPI \times IC / f = (2/1.5) \times IC = 1.33 \times IC$ ，程序P在M2上的运行时间 $= CPI \times IC / f = (1/1.2) \times IC = 0.83 \times IC$ ,  $1.33/0.83 = 1.6$ )

- **1.3 冯·诺依曼结构计算机的基本思想是什么？按此思想设计的计算机硬件系统应由哪些部件组成？它们各有何作用？**

- **答：**

- 数学家冯·诺依曼提出了计算机制造的三个基本原则，即采用二进制逻辑、程序存储执行（存储程序和程序控制）以及计算机由五个部分组成（运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备），这套理论被称为冯·诺依曼体系结构。
- 计算机硬件系统应由运算器、控制器、存储器、输入设备、输出设备等组成。
- 运算器是一种用于信息加工处理的部件，它对数据进行算术运算和逻辑运算。运算器通常由算术逻辑单元（**ALU, Arithmetic and Logic Unit**）和一系列寄存器组成。通常将运算器一次运算能处理的二进制位数称为机器字长。现代计算机具有多个寄存器，称为寄存器组。
- 控制器是整个计算机的指挥中心，它可使计算机各部件协调工作。计算机中有两股信息在流动，一股是控制流信息，另一股是数据流信息。控制流信息的发源地是控制器，控制器产生控制流信息的依据来自3个方面：指令寄存器、状态寄存器和时序电路。
- 存储器的主要功能是存放程序和数据，目前计算机的主存储器都是半导体存储器。
- 输入设备就是将信息输入计算机的外部设备，它将人们熟悉的信息形式转换成计算机能接收并识别的信息形式。
- 输出设备就是将计算机运算结果转换成人们和其他设备能接收和识别的信息形式的设备，如字符、文字、图形、图像、声音等。

- **1.4 计算机系统从功能上可划分为哪些层次？各层次在计算机系统中起什么作用？**

- **答：**

- 自上至下可分为高级语言层、汇编语言层、操作系统层、指令集架构层、微代码层、硬件逻辑层（逻辑门层）。
- 高级语言层，是面向用户的抽象层次。用户使用与机器无关的高级语言编程，编程过程中不需要知道机器的技术细节，只需掌握高级语言的语法规则、算法和数据结构等就可以编程。
- 汇编语言层，该层为用户提供基于助记符表示的汇编语言编程。汇编语言与机器结构直接相关，用户必须在了解机器内部的详细技术细节（如寄存器、寻址方式）后才能编程。
- 操作系统层，该层用于对计算机系统的硬件和软件资源进行统一管理和调度，提高计算机系统的使用效率，方便用户使用计算机。
- 指令集架构层，该层可通过机器语言编写程序实现对计算机硬件的控制，也称为传统机器层或ISA（**Instruction Set Architecture**，指令集体系结构）层，是计算机中软件系统和硬件系统之间的界面和纽带。
- 微代码层，该层是实际的机器层，该层的用户使用微指令编写微程序，用户所编写的微程序由硬件直接执行（只有采用微程序设计的计算机系统才有这一层）。
- 硬件逻辑层（逻辑门层），该层是计算机系统最底层的硬件系统，由逻辑门、触发器等逻辑电路组成，它是由逻辑设计者采用布尔代数设计的硬件内核。

- 1.5 假设某计算机1和计算机2以不同的方式实现了相同的指令集，该指令集中共有A、B、C、D等4类指令，它们所占的比例分别是40%、20%、15%、25%。计算机1和计算机2的时钟周期分别为600MHz和800MHz，各类指令在计算机上的CPI如表1.8所示。

表1.8 各类指令在两台计算机上的CPI

指令类型	A	B	C	D
CPI <sub>1</sub>	2	3	4	5
CPI <sub>2</sub>	2	2	3	4

- 求两计算机的MIPS各为多少？
- 答：
  - 计算机1的CPI<sub>1</sub>=40%×2+20%×3+15%×4+25%×5=3.25
  - 计算机2的CPI<sub>2</sub>=40%×2+20%×2+15%×3+25%×4=2.65

$$MIPS = \frac{f}{CPI}$$

- 计算机1的MIPS<sub>1</sub>=f<sub>1</sub>/CPI<sub>1</sub>=600MHz/3.25=184.62
- 计算机2的MIPS<sub>2</sub>=f<sub>2</sub>/CPI<sub>2</sub>=800MHz/2.65=301.88



- 1.6 若某程序编译后生成的目标代码由A、B、C、D等4类指令组成，它们在程序中所占比例分别为40%、20%、15%、25%。已经ABCD等4类指令的CPI分别为1、2、2、2，现需要对程序进行编译优化，优化后的程序中A类指令数量减少了一半，而其它指令数量未发生变化。假设运行该程序的计算机CPU主频为500MHz。回答以下问题：
  - (1) 优化前后程序的CPI各为多少？
  - (2) 优化前后程序的MIPS各为多少？
  - (3) 通过上面的计算结果，你能得出什么结论？

• 答：

— (1)

- 假设程序有100条指令，优化前A、B、C、D类指令的数量分别为40、20、15、25条。
- 优化前的CPI=40%x1+20%x2+15%x2+25%x2=1.6
- 优化后A、B、C、D类指令的数量分别为20、20、15、25条，共80条。
- 优化后的CPI=(20/80)x1+(20/80)x2+(15/80)x2+(25/80)x2=1.75

— (2)

$$MIPS = \frac{f}{CPI}$$

- 优化前的MIPS=f/CPI=500/1.6=312.5
- 优化后的MIPS=f/CPI=500/1.75=285.71

— (3)

- 结论：优化后CPI增加，MIPS减少，优化失败。原因是不能只是降低CPI值小的指令的比例，应尝试降低CPI值最大指令的比例。

**Thanks**