



南开大学
Nankai University

南 开 大 学

计 算 机 学 院

计算机系统设计实验报告

PA1 - 开天辟地的篇章：最简单的计算机——回答问题
报告

邵琦

年级：2020 级

专业：计算机科学与技术

指导教师：卢冶

2023 年 3 月 21 日

目录

一、 问题一	1
二、 问题二	1
三、 问题三	2
四、 问题四	3
五、 问题五	3

一、 问题一

用户 CPU 时间与系统响应时间哪个更长？

南开大学 Nankai University

计算机的性能测量

- **比较计算机的性能时，用执行时间来衡量**
 - 完成同样工作量所需时间最短的那台计算机就是性能最好的
 - 处理器时间往往被多个程序共享使用，因此，用户感觉到的程序执行时间并不是程序真正的执行时间（从hello程序执行过程可知）
 - 通常把用户感觉到的响应时间分成以下两个时间：
 - **CPU时间**：指CPU真正花在程序执行上的时间。又包括两部分：
 - 用户CPU时间：用来运行用户代码的时间
 - 系统CPU时间：为了执行用户程序而需要运行操作系统程序的时间
 - **其他时间**：指等待I/O操作完成或CPU花在其他用户程序的时间
 - **系统性能和CPU性能不等价，有一定的区别**
 - **系统性能(System performance)**：系统响应时间，与CPU外的其他部分也都有关系
 - **CPU性能(CPU performance)**：用户CPU时间
 - **主要讨论CPU性能，即：CPU真正用在用户程序执行上的时间**

用户CPU时间与系统响应时间哪个更长？

南开大学智能计算系统研究室 <http://ics.nankai.edu.cn>


图 1: 问题一

系统响应时间更长，系统响应时间除了包含用户 CPU 时间外，还包含 CPU 外的其他部分的时间，例如等待 I/O、操作系统时间等。

二、 问题二


指令的 CPI、机器的 CPI、程序的 CPI 各能反映哪方面的性能？

单靠 CPI 能不能反映 CPU 性能，为什么？



南开大学
Nankai University

如何计算CPI



对于某一条特定的指令而言，其CPI是一个确定的值。但是，对于某一个程序或一台机器而言，其CPI是一个平均值，表示该程序或该机器指令集中每条指令执行时平均需要多少时钟周期。

假定 CPI_i 和 C_i 分别为第 i 类指令的CPI和指令条数，则程序的总时钟数为：

$$\text{总时钟数} = \sum_{i=1}^n CPI_i \times C_i \quad \text{所以，CPU时间} = \text{时钟周期} \times \sum_{i=1}^n CPI_i \times C_i$$

假定 CPI_i 、 F_i 是各指令CPI和在程序中的出现频率，则程序综合CPI为：

$$CPI = \sum_{i=1}^n CPI_i \times F_i \quad \text{where } F_i = \frac{C_i}{\text{Instruction_Count}}$$

已知CPU时间、时钟频率、总时钟数、指令条数，则程序综合CPI为：

$$CPI = (\text{CPU 时间} \times \text{时钟频率}) / \text{指令条数} = \text{总时钟周期数} / \text{指令条数}$$

问题：指令的CPI、机器的CPI、程序的CPI各能反映哪方面的性能？

单靠CPI不能反映CPU性能！为什么？

例如，单周期处理器CPI=1，但性能差！

南开大学智能计算系统研究室 <http://ics.nankai.edu.cn>

图 2: 问题二

指令的 CPI 反映了 CPU 执行一条指令所需的平均时钟周期数。它是衡量处理器指令执行效率的指标，可以反映出处理器硬件设计和实现的性能优化程度。指令 CPI 的大小与 CPU 的性能密切，相关较低的指令的 CPI 通常意味着更高的指令执行效率，意味着 CPU 的性能更好。指令 CPI 主要反映了 CPU 架构和指令集的性能。

机器的 CPI 反映了执行整个程序所需的平均时钟周期数，同时考虑了内存访问的时间。它是衡量计算机系统整体运行效率的指标，包括指令执行、存储器访问、I/O 等等。机器 CPI 的大小不仅受到 CPU 的性能和程序的优化因素的影响，还受到内存系统性能的影响，如缓存的命中率、内存带宽等。机器 CPI 主要反映了 CPU 和内存系统的协同能力。较低的机器的 CPI 通常意味着计算机系统整体的运行效率更高。


程序 CPI 反映了执行整个程序所需的平均时钟周期数。程序 CPI 的大小受到 CPU 的指令级并行性和流水线效率等因素的影响，也受到程序本身的因素的影响。它是衡量程序执行效率的指标，反映了程序在计算机系统中的作用。程序 CPI 主要反映了编译器和程序的优化能力，以及程序结构和算法的优化。较低的程序的 CPI 通常意味着程序的执行效率更高。

单靠 CPI 无法完全反映 CPU 性能，因为 CPI 只是指执行一条指令所需要的时钟周期数，而现代 CPU 中常常存在多级流水线、超标量执行、乱序执行等复杂的执行机制，这些机制可以使得多条指令同时在 CPU 内部被执行，从而提高了 CPU 的性能，但是这些机制也会导致某些指令需要更多的时钟周期才能执行完毕，从而增加了 CPI。

因此，单靠 CPI 无法完全反映 CPU 性能，还需要考虑其他因素，例如时钟频率、缓存大小和带宽、指令集架构等等。一个高 CPI 的 CPU 可能在其他方面表现良好，例如具有更高的时钟频率或更大的缓存，这些因素可以弥补高 CPI 所带来的性能损失。因此，评估 CPU 性能时需要综合考虑多个因素。


三、 问题三

1.57 是如何算出来的？



南开大学
Nankai University

Example: MIPS 数不可靠!



Assume we build an **optimizing compiler** for the load/store machine. The compiler discards 50% of the ALU instructions.

1) What is the CPI ? 仅在软件上优化，没涉及到任何硬件措施。

2) Assuming a 20 ns clock cycle time (50 MHz clock rate). What is the MIPS rating for optimized code versus unoptimized code? Does the MIPS rating agree with the rating of execution time?

Op	Freq	Cycle	Optimizing compiler	New Freq
ALU	43%	1	$21.5 / (21.5 + 21 + 12 + 24) = 27\%$	27%
Load	21%	2	$21 / (21.5 + 21 + 12 + 24) = 27\%$	27%
Store	12%	2	$12 / (21.5 + 21 + 12 + 24) = 15\%$	15%
Branch	24%	2	$24 / (21.5 + 21 + 12 + 24) = 31\%$	31%

1.57 是如何算出来的?

CPI	1.57	$50M / 1.57 = 31.8MIPS$	1.73
MIPS	31.8	$50M / 1.73 = 28.9MIPS$	28.9

结果：因为优化后减少了ALU指令（其他指令数没变），所以程序执行时间一定减少了，但优化后的MIPS数反而降低了。

南开大学智能计算系统研究室 <http://ics.nankai.edu.cn>

图 3: 问题三

根据左侧表格，对每一种操作的占比和所占周期数进行加权求和。

$$CPI = 0.43 \times 1 + 0.21 \times 2 + 0.12 \times 2 + 0.24 \times 2 = 1.57$$

四、 问题四

西文字符有无编码?

西文字符有编码。最常用的编码是 ASCII 码，它包含 128 个字符，包括英文字母、数字、标点符号和一些控制字符。ASCII 编码是一种 7 位编码，每个字符由 7 位二进制数字表示。

现代计算机和互联网使用的主要编码方案是 Unicode，它包含了世界上几乎所有语言的字符，包括西文字符。Unicode 使用 32 位编码，称为 Unicode 代码点。每个 Unicode 代码点都对应一个字符，包括西文字符。此外，Unicode 还提供了许多不同的编码方案，如 UTF-8、UTF-16 和 UTF-32 等。UTF-8 是最常用的编码方案之一，它使用 8 位编码，可以表示所有 Unicode 字符，包括西文字符。

五、 问题五

为什么同一个实数赋值给 float 变量和 double 变量，输出结果不同?

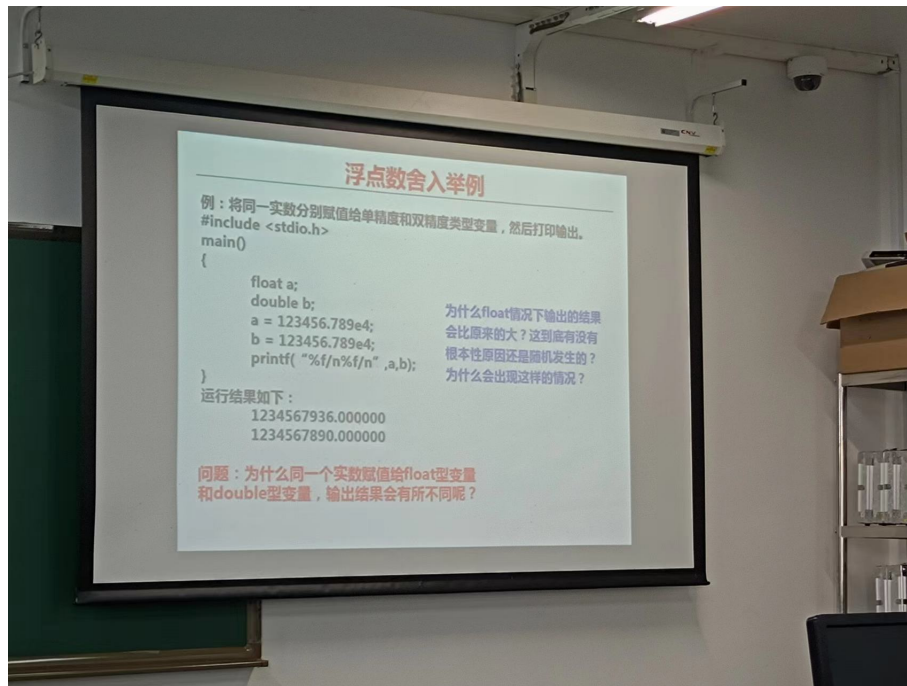


图 4: 问题五

在 float 类型的变量中，只有 7 位有效数字可以被表示，而在 double 类型的变量中，可以表示 15 到 16 位有效数字。因此，当给定的实数具有超过 7 位有效数字时，将其赋值给 float 类型的变量可能会导致精度损失，从而导致输出结果不同于将其赋值给 double 类型的变量。