

实验三——矩阵乘法应用模拟与分析

一、 实验目的

- 1) 测试单周期处理器与顺序流水线处理器的性能差异
- 2) 查看随着 CPU 时钟频率的变化所测得的性能如何变化
- 3) 查看内存带宽和延迟对性能的影响

二、 实验步骤

步骤 I：更改 CPU 模型和时钟频率

请按照以下要求设置模拟配置参数：

- 1) 分别设置 CPU 模型为 HW1TimingSimpleCPU 和 HW1MinorCPU
- 2) 在 1GHz、2GHz 和 4GHz 之间更改时钟频率
- 3) 使用 HW1DDR3_1600_8x8 作为内存模型

步骤 II：更改 CPU 模型和内存模型

请按照以下要求设置模拟配置参数：

- 1) 在 HW1TimingSimpleCPU 和 HW1MinorCPU 之间更改 CPU 模型
- 2) 在 HW1DDR3_1600_8x8、HW1DDR3_2133_8x8 和 HW1LPDDR3_1600_1x32 之间更改内存模型
- 3) 使用 4GHz 作为时钟频率

三、 实验结果

(一) 模拟前的问题

- 1) 应该使用哪些指标来衡量计算机系统的性能？为什么？

- ①CPU 性能：CPU 性能是衡量计算机系统整体处理能力的重要指标之一。常用的 CPU 性能指标包括时钟频率、核心数量、缓存大小等；
- ②内存带宽和延迟：内存性能对于数据读写和计算任务至关重要。内存带宽指的是内存模块每秒可以传输的数据量，而内存延迟表示访问内存所需的时间。较高的内存带宽和较低的延迟通常意味着更好的内存性能；
- ③I/O 性能：输入/输出（I/O）性能是指计算机系统与外部设备或存储介质进行数据交换的能力。关注的指标包括磁盘读写速度、网络传输速率以及外部接口的数据传输能力等；
- ④响应时间：响应时间是指系统对于用户请求的快速响应能力，尤其在交互式应用和实时系统中非常重要。较低的响应时间意味着系统能够更快地处理用户请求并提供即时反馈；
- ⑤吞吐量：吞吐量是指系统在单位时间内能够处理的工作量。它反映了系统的处理能力和效率。常见的吞吐量指标包括每秒事务处理数（TPS）和每秒查询数（QPS）等。

2) 为什么不总是可以使用相同的性能指标来评估计算机系统？

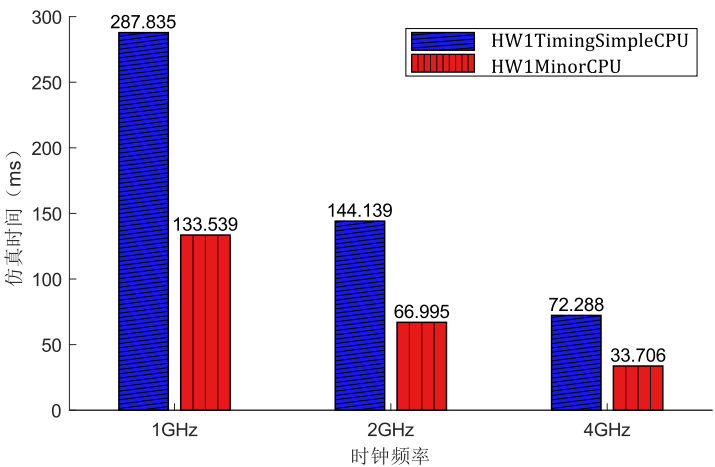
- ①应用需求不同：不同的应用对计算机系统的要求各不相同。例如，对于科学计算应用，CPU 的浮点运算性能可能是关键指标，而对于数据库应用，I/O 性能和并发性能可能更为重要；
- ②系统架构差异：不同的计算机系统可能采用不同的架构和组件设计。例如，对于多核处理器系统，核心数量和线程并发性能可能更重要；而对于分布式系统，网络通信和数据传输的性能可能更关

键；

③使用环境差异：计算机系统在不同的环境中使用，可能受到不同的限制和约束。例如，移动设备的性能评估可能更关注功耗和热管理；而云计算环境中的性能评估可能更关注资源利用率和可扩展性。

（二）步骤 I

1) 在相同的时钟频率下，单周期 CPU（HW1TimingSimpleCPU）和顺序流水线 CPU（HW1MinorCPU）间，哪个 CPU 将表现出更好的性能？为什么？



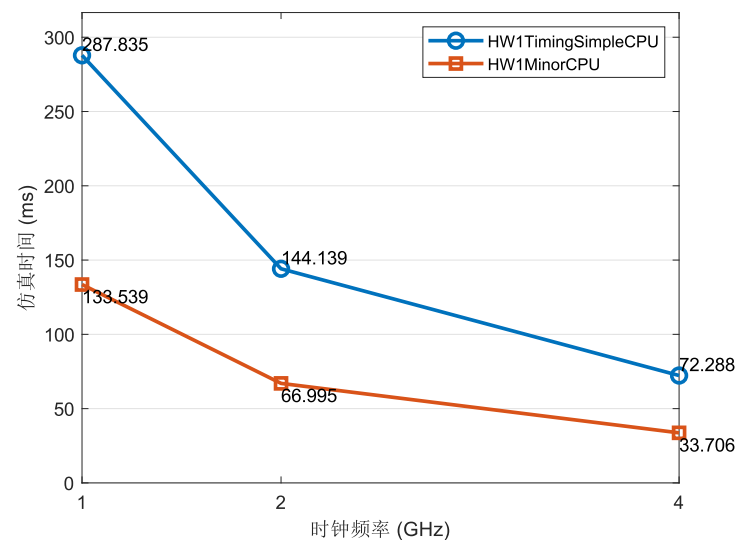
在相同的时钟频率下，顺序流水线 CPU（HW1MinorCPU）表现出更好的性能。原因如下：

①并行处理能力：顺序流水线 CPU 具有更好的并行处理能力。通过将指令执行过程划分为多个阶段（如取指、译码、执行、访存和写回），顺序流水线 CPU 可以同时处理多个指令的不同阶段。这样就可以实现指令级并行，提高了 CPU 的吞吐量和效率；

②减少指令延迟：顺序流水线 CPU 可以将多条指令同时处于不同的执行阶段，从而减少指令之间的延迟。即使某个指令需要多个时钟周期才能完成，其他指令仍然可以在不同阶段继续执行。这样可以提高整体的指令执行速度，减少程序的执行时间；

③资源利用率：顺序流水线 CPU 可以更好地利用计算资源。由于每个阶段的操作是独立的，可以在同一时钟周期内使用不同的资源执行不同的操作。相比之下，单周期 CPU 需要在一个时钟周期内完成所有操作，可能导致资源的浪费和低效利用。

2) 在单周期 CPU (HW1TimingSimpleCPU) 和顺序流水线 CPU (HW1MinorCPU) 之间，哪一个对于时钟频率的变化更为敏感？为什么？



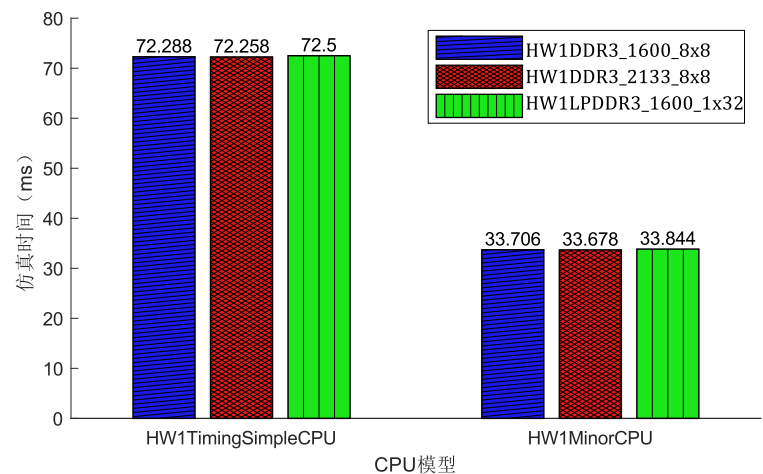
单周期 CPU 对时钟频率的变化更为敏感。

在单周期 CPU 中，每条指令的执行需要占用一个完整的时钟周期。因此，时钟频率的变化会直接影响每条指令的执行时间。当时钟频率增加时，每个时钟周期的时间变短，指令的执行时间也相应缩短，从而提高了 CPU 的性能。反之，当时钟频率减小时，每个时

钟周期的时间变长，指令的执行时间也相应增加，导致 CPU 性能下降。

相比之下，顺序流水线 CPU 的指令执行过程被划分为多个阶段，并在不同的时钟周期中执行。每个阶段的时钟周期可以根据需要进行调整，而不会直接影响整个指令的执行时间。因此，顺序流水线 CPU 对时钟频率的变化相对不太敏感。

（三）步骤 II



1) 如果在计算机系统中将内存性能提高一倍（加倍带宽并减半延迟），整体性能是否也会加倍？为什么？

在计算机系统中将内存性能提高一倍（加倍带宽并减半延迟）通常不会导致整体性能加倍。原因如下：

①CPU 和其他组件限制：计算机系统的性能受到多个组件的限制，包括 CPU、硬盘、网络等。即使内存性能得到改善，其他组件的性能限制仍然存在。因此，整体性能的提升受到其他组件的限制，并不是简单地和内存性能改进成正比；

②程序特性和数据访问模式：应用程序的特性和数据访问模式对整体性能也有影响。如果应用程序中存在大量的计算密集型任务，而内存访问并不是性能瓶颈，即使内存性能提高一倍，整体性能的改善可能并不明显；

2) 在改善内存性能方面，HW1TimingSimpleCPU 和 HW1MinorCPU 之间哪个 CPU 模型将更受益？为什么？

在改善内存性能方面，HW1MinorCPU 模型将更受益。

HW1MinorCPU 是一种顺序流水线 CPU，采用流水线技术将指令的执行过程划分为多个阶段。在执行过程中，HW1MinorCPU 需要频繁地从内存中读取指令和数据。因此，改善内存性能可以加快指令和数据的访问速度，从而提高 HW1MinorCPU 的整体性能。

与此相比，HW1TimingSimpleCPU 是一种单周期 CPU，每个指令在一个时钟周期内完成执行。它不具备流水线技术的并行处理能力，因此对于内存性能的改善影响相对较小。尽管内存性能的提高可以降低内存访问的延迟，但由于 HW1TimingSimpleCPU 无法同时处理多个指令，其整体性能的提升限制在单个指令的执行时间上。

（四）步骤III

1) 如果你使用不同的应用程序，你认为你的结论会改变吗？为什么？

如果使用不同的应用程序，上述问题的结论可能会有所改变。

不同的应用程序对计算机系统的需求和性能影响是不同的。某

些应用程序可能更加依赖内存性能，而另一些应用程序可能更加依赖于处理器的计算能力或其他组件的性能。

对于某些内存密集型应用程序，例如大规模数据处理、图像处理或数据库操作，改善内存性能可以带来显著的性能提升。这些应用程序的性能受到内存访问的频率和延迟的影响较大，因此提高内存性能对它们的整体性能会产生显著的正面影响。

然而，对于一些计算密集型应用程序，如数值计算、复杂算法或模拟程序，内存性能的改善可能对整体性能的提升影响较小。这些应用程序主要依赖于处理器的计算能力，而不是频繁的内存访问。在这种情况下，即使内存性能得到改善，整体性能的提升可能会受限于处理器的计算速度。

另外，应用程序的特定优化和算法实现也会对性能产生影响。即使某个应用程序对内存性能更敏感，但如果其算法实现或优化不充分，改善内存性能也可能无法实现预期的性能提升。

四、 实验心得体会

通过本次实验，我了解了单周期 CPU 与顺序流水线 CPU 各自的特点，同时也学习了衡量计算机系统性能的不同指标以及这些指标的不同使用场景。此外，我还了解了 CPU 时钟频率、内存带宽和延迟对计算机性能的影响。