实验四：流水线性能实验

1. **实验目的**

1) 学习如何使用 gem5 对程序进行性能分析

2) 评估不同流水线配置对系统整体性能的影响

3) 实际运用 Amdahl's 定律

1. **实验步骤**

步骤 I ：通过模拟结果支撑你的回答，以比较三类指令比例。

按照以下要求设置模拟配置参数：

1）CPU 模型为HW2TimingSimpleCPU

2）设置workload为HelloWorldWorkload 和DAXPY

步骤II：修改配置脚本更改发射延迟和浮点操作延迟

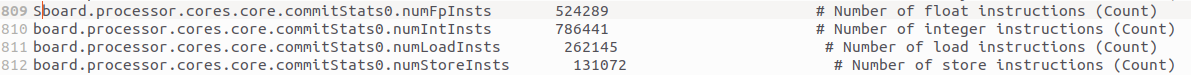
步骤III：修改配置脚本更改整数操作延迟和浮点操作延迟

1. **实验结果**
2. **在开始模拟之前，请在报告中回答以下问题。**
3. 如果将程序中的指令分为整数、浮点和内存指令三类，你认为每个类别在程序中所占比例是否相等？

在大多数情况下，指令的分布**不相等**的，整数、浮点和内存指令的比例往跟程序的性质和执行的任务。

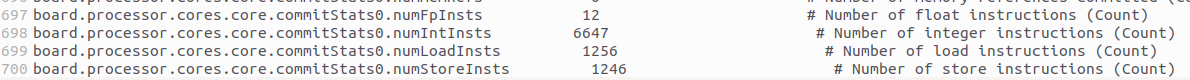
1. 你认为不同的程序是否会有不同的三类指令构成比例？为什么？**会，因为不同类型的程序性质和任务不同**，使它们对于不同指令的需求程度不同：对于如数据库系统这样的数据处理型程序，存在大量的读写操作所以对于内存指令较多；而对于数值分析程序因为存在大量的现实场景数值计算所以对于浮点指令要求较高。
2. **步骤 I**

**1）通过模拟结果支撑你的回答**

DAXPY模拟结果：

浮点操作：524289（30.76%） 整数操作： 786441(46.15%)

内存操作：读 262145(15.38%) 写 131072(7.69%) 总23.07%

Helloworld模拟结果：

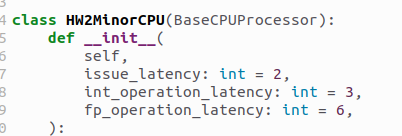
浮点操作：12（0.13%） 整数操作： 6647(72.56%)

内存操作：读 1256(17.31%) 写 1246(13.6%) 总30.91%

结论：**不同类型的程序，指令比例不同**；指令在**同一个程序占比不同**

1. **步骤I**

**初始参数：**

****

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **#** | **发射延迟** | **浮点操作延迟** | **运行时间（s）** |
| **1** | **3** | **2** | **0.002874** |
| **2** | **2** | **3** | **0.002460** |
| **3** | **6** | **1** | **0.002512** |

1. **在这 3 种参数配置组合中，哪一种是你发现的最佳设计组合**

第二组是最佳设计组合

1. **为什么你认为在问题 1) 中选择的设计能达到最佳性能？请解释为什么更倾向于优化其中一种延迟而不是另一种**

组合2**集中优化了发射延迟**，发射延迟直接影响CPU的指令吞吐量。减少发射延迟可以使得每个周期内发射更多的指令，优化发射延迟可以提高指令执行并行度，而优化浮点操作延迟则侧重于提升特定计算类型的性能。

1. **步骤III：**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **#** | **整数发射延迟** | **整数操作延迟** | **浮点发射延迟** | **浮点操作延迟** | **运行时间（s）** |
| **1** | **1** | **4** | **1** | **8** | **0.002575** |
| **2** | **1** | **2** | **1** | **8** | **0.002574** |
| **3** | **1** | **4** | **1** | **4** | **0.002459** |

1. **使用 Amdahl 定律和你从第一步收集的信息来预测每种改进情况相对于baseline的加速比。你会选择哪种设计？注意：你只能使用步骤Ⅰ收集到的数据来回答该问题。**

**Amdahl 定律：**

**其中：**

* **Speedup 表示加速比，**
* **p 是可并行执行部分的比例（0 ≤ p ≤ 1）。**
* **n 是并行处理单元的数量（如处理器核心数）。**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **#** | **整数发射延迟** | **整数操作延迟** | **浮点发射延迟** | **浮点操作延迟** | **理论加速比** |
| **1** | **1** | **4** | **1** | **8** | **1** |
| **2** | **1** | **2** | **1** | **8** | **1.15** |
| **3** | **1** | **4** | **1** | **4** | **1.23** |

**由于操作延迟减半，相当于操作的并行度变为2，所以 n=2**

***P=（某项操作延迟\*操作占比）/总时间（）***

1. **每种改进情况相对于baseline的加速比是多少？**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **#** | **整数发射延迟** | **整数操作延迟** | **浮点发射延迟** | **浮点操作延迟** | **加速比** |
| **1** | **1** | **4** | **1** | **8** | **1** |
| **2** | **1** | **2** | **1** | **8** | **1.0004** |
| **3** | **1** | **4** | **1** | **4** | **1.0467** |

1. **如果你对问题 1 和 2 的回答之间存在差异，你认为可能的原因是什么？**

发现实际加速比达不到理论加速比，原因在于理论计算比对于并行度直接当作2实际因为串行部分限制达不到2。并且各类操作比例计算不精确存在误差。

1. **实验心得体会（遇到的问题与解决方法、建议等）**

在本次实验中了解不同的计算机配置对于流水线性能的影响，了解如何运用Amdahl定律预测改进情况的加速比。