МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«**Вятский государственный университет**»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Отчет по лабораторной работе №5

по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные комплексы»

Вариант 6

Выполнил студент группы ИВТм-1301 /Иванов Н. С./

Проверил доцент кафедры ЭВМ /Мельцов В. Ю./

Киров 2022

**Задание №1.**

Команды: VMUL Aj,Bj,Cj

Число ступеней конвейера: n = 7

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 7 нс ti(VADD) = 10 нс tscalar (ADD) = 43 нс

t2 = 9 нс ti(VSUB) = 11 нс tscalar (SUB) = 44 нс

t3 = 7 нс ti(VMUL) = 12 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 6 нс ti(VDIV) = 13 нс tscalar (DIV) = 49 нс

t5 = 8 нс

t6 = 10 нс

t7 = 10 нс

Длина вектора: Li = 32 Lj = 32

Решение:

1. Определение пропускной способности конвейера R=1/tc

– время прохождения самой медленной стадии конвейера

1. Общая формула для расчета производительности конвейера

– время, необходимое для инициализации векторной команды

*–* количество ступеней в конвейерном устройстве

количество независимых операций

1. Рассчитайте производительность конвейера P
2. Формула для расчета коэффициента снижения пропускной способности

доля скалярных операций

отношение максимальной пропускной способности в векторном режиме к пропускной способности в скалярном

1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d
2. Формула для расчета эффективности конвейера E. Время старта конвейера = tstart.

время выполнения скалярных операций

время, затрачиваемое на запуск конвейера

1. Рассчитайте эффективность конвейера E

**Задание №2.**

Команды: VDIV Aj,Bj,Cj; VADD Di,2,Ei; VDIV Fi,Ei,Gi

Число ступеней конвейера: n = 5

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 12 нс ti(VADD) = 10 нс tscalar (ADD) = 43 нс

t2 = 10 нс ti(VSUB) = 11 нс tscalar (SUB) = 44 нс

t3 = 6 нс ti(VMUL) = 12 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 12 нс ti(VDIV) = 13 нс tscalar (DIV) = 49 нс

t5 = 6 нс

t6 = 0 нс

t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 32 Lj = 32

Решение:

1. Определение пропускной способности конвейера R=1/tc
2. Общая формула для расчета производительности конвейера
3. Рассчитайте производительность конвейера P
4. Формула для расчета коэффициента снижения пропускной способности
5. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d
6. Формула для расчета эффективности конвейера E. Время старта конвейера = tstart.
7. Рассчитайте эффективность конвейера E

**Задание №3.**

Команды: MUL R1,2,R2; VADD Ai,2,Bi

Число ступеней конвейера: n = 5

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 8 нс ti(VADD) = 10 нс tscalar (ADD) = 43 нс

t2 = 8 нс ti(VSUB) = 11 нс tscalar (SUB) = 44 нс

t3 = 8 нс ti(VMUL) = 12 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 9 нс ti(VDIV) = 13 нс tscalar (DIV) = 49 нс

t5 = 6 нс

t6 = 0 нс

t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 32 Lj = 32

Решение:

1. Определение пропускной способности конвейера R=1/tc
2. Формула для расчета коэффициента снижения пропускной способности
3. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d
4. Рассчитайте время решения задачи на векторном процессоре

время выполнения векторной команды на векторном процессе

время выполнения скалярной команды на векторном процессе

1. Рассчитайте время решения задачи на скалярном процессоре
2. Рассчитайте время решения задачи на ВКС

**Выводы:**

Для данной ВКС необходимо исследовать изменение ее основных характеристик: производительность конвейера P и эффективности конвейера E, путем изменения длины входных данных L и количества ступеней конвейера n.

|  |  |
| --- | --- |
| Производительность P зависит от следующих параметров: | Эффективность E зависит от следующих параметров: |
|  |  |
| * От длины входных данных L; * От времени выполнения самой медленной ступени ; * От количества ступеней n; * От времени инициализации конвейера ti; | * От длины входных данных L; * От времени выполнения самой медленной ступени ; * От времени инициализации конвейера ti; * От времени выполнения на скалярном процессоре; * От количества ступеней n; |

Исследование производительности конвейера P и эффективности конвейера E от длины входных данных L представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость Р и Е от длины вектора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| L | P | E |
| 32 | 81632653,06 | 3,836735 |
| 48 | 86956521,74 | 4,086957 |
| 64 | 89887640,45 | 4,224719 |
| 80 | 91743119,27 | 4,311927 |
| 96 | 93023255,81 | 4,372093 |

Исходя из таблицы можно сказать, что при увеличении вектора входных данных и при неизменном количестве ступеней и времени выполнения самой медленной ступени производительность и эффективность конвейера будет расти. Максимальная производительность конвейера достигается только при бесконечной длине вектора.

Исследование производительности конвейера P и эффективности конвейера E от количества ступеней n и представлено в таблице 3.

При увеличении количества ступеней n будет уменьшаться или оставаться неизменным время выполнения самой медленной ступени . При увеличении количества ступеней n постараемся разбить операцию вычисления на самой медленной степени на две.

Таблица 3 – Зависимость Р и Е от количества ступеней и (при L = 32)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | n | tc, нс | P | E |
| 1 | 7 | 10 | 81632653,06 | 3,836735 |
| 2 | 8 | 9 | 88154269,97 | 4,143251 |
| 3 | 9 | 9 | 86021505,38 | 4,043011 |
| 4 | 10 | 8 | 94117647,06 | 4,423529 |
| 5 | 11 | 8 | 91954022,99 | 4,321839 |

Исходя из таблицы 3 (строк 1 и 2) можно сказать, что при разбиении самой медленной ступеней и неизменном векторе входных данных производительность Р и эффективность Е ВСК увеличивается, но если в ВСК присутствует несколько «самых медленный» ступеней (строки 2 и 3/4 и 5), то при разбиении одной или нескольких, но не всех самых медленных ступеней, производительность и эффективность ВКС будет уменьшаться.

Для построения эффективного и производительного конвейера необходимо оптимально подбирать количество ступеней время обработки на самой медленной ступени.

1. При обработке векторов на конвейере при помощи различных команд получим, что производительность P и эффективность E зависят от количества команд и численно равны среднему значению производительности и эффективности.

После анализа последовательности загрузки конвейера в исходных данных было установлено, что можно оптимизировать ее путем изменения порядка операции при условии, что не будет зависимости по данным.

Имеем исходную последовательность команд: VDIV Aj,Bj,Cj; VADD Di,2,Ei; VDIV Fi,Ei,Gi. Необходимо учитывать зависимость по данным между 2 и 3 командой, и присутствие двух одинаковых команд, которые для эффективной работы должны стоять вместе. Если одинаковые команды идут последовательно, то конвейер не требует инициализации для второй команды, следовательно, при расчете производительности и эффективности время инициализации второй команды не используется. Исходя из наших требований, получим две последовательности команд: (VADD Di,2,Ei; VDIV Aj,Bj,Cj; VDIV Fi,Ei,Gi.) и (VADD Di,2,Ei; VDIV Fi,Ei,Gi; VDIV Aj,Bj,Cj). Первая последовательность не подходит, потому что будет неэффективной со стороны использования операндов, т.к. Ei из команды, который был получен на предыдущем этапе нужно использовать для последней операции.

После оптимизации получим следующие значения производительности и эффективности конвейера, представленные в таблице 4

Таблица 4 - Сравнительная таблица исходной последовательности команд и полученной.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Последовательности команд | L | tc, нс | n | P | E |
| 1 | VDIV Aj,Bj,Cj; VADD Di,2,Ei; VDIV Fi,Ei,Gi. | 32;32;32 | 12 | 5 | 72072804,9 |  |
| 2 | VADD Di,2,Ei; VDIV Fi,Ei,Gi; VDIV Aj,Bj,Cj | 32;32;32 | 12 | 5 | 72794125,5 | 3,422116 |

Таким образом, из расчетов видно, что по производительности Р и эффективности Е вторая последовательность команд выигрывает в сравнении с первой. Отсюда так же можно сделать вывод, что одинаковые команды выгодно загружать на конвейер последовательно.

1. Если скалярную команду выполнять на векторном процессоре, то перед этим ее нужно инициализировать, после чего, ей нужно пройти по всем ступеням конвейера , что выходит дольше, чем скалярную команду выполнить на скалярном процессоре .
2. Если векторную команду выполнять на скалярном процессоре, то нужно для каждого элемента вектора выполнить эту команду на скалярном процессоре по отдельности , где - время выполнения команды на скалярном процессоре, т.е. следующий элемент поступает на расчет только тогда, когда посчитается предыдущий, чем запустить векторную команду на векторном процессоре

. .

1. Скалярные команды снижают пропускную способность конвейера, поэтому минимальное время решения задачи достигается в том случае, когда скалярные команды выполняются на скалярном процессоре, а векторные команды – на векторном.

Таблица 5 – Сравнительная таблица вариантов решения задачи.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | tmul, нс | tvadd, нс | T, нс | ВКС |
| Скалярный процессор | 47 | 1568 | 1779 | 421% |
| Векторный процессор | 57 | 337 | 438 | 103% |
| ВКС | 47 | 337 | 384 |  |

S – эффективность ВКС относительно скалярного и векторного процессора