МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Вятский государственный университет»

( «ВятГУ»)

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Векторно-конвейерные системы

Отчет по лабораторной работе №5 дисциплины

«Высокопроизводительные вычислительные комплексы»

Вариант №12

Выполнил студент группы ИВТ-41 \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Бухмиллер А.В./

Проверил доцент кафедры ЭВМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Мельцов В. Ю./

г. Киров 2017

**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 = 8 нс ti(VADD) = 12 нс tscalar (ADD) = 51 нс

t2 = 9 нс ti(VSUB) = 14 нс tscalar (SUB) = 53 нс

t3 = 4 нс **ti(VMUL) = 16 нс tscalar (MUL) = 54 нс**

t4 = 6 нс ti(VDIV) = 17 нс tscalar (DIV) = 55 нс

**t5 = 10 нс**

t6 = 6 нс

t7 = 4 нс

Длина вектора: Li = 96 **; Lj = 128**

**Решение:**

1. Определите пропускную способность конвейера R=1/tc.

где tc – время выполнения самой медленной ступени конвейера.

1. Введите общую формулу для расчета производительности конвейера.

,

где L – длина вектора;

ti – время инициализации векторной команды;

tc – время выполнения самой медленной ступени конвейера;

n – число ступеней конвейера.

1. Рассчитайте производительность конвейера P.



1. Введите формулу для расчета коэффициента снижения пропускной способности.

,

где f – доля скалярных операций.

1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d.



1. Введите формулу для расчета эффективности конвейера E.

,

где tscalar - время выполнения команды на скалярном процессоре;

tstart – стартовое время конвейера.

1. Рассчитайте эффективность конвейера E.



Выводы:

1. Пропускная способность R зависит обратно пропорционально от времени выполнения самой медленной ступени tc. Чем больше величина tc, тем меньше пропускная способность;
2. Производительность процессора P зависит от следующих параметров:
   1. От длины вектора (с увеличением длины вектора, повышается производительность конвейера);
   2. От времени выполнения самой медленной ступени tc (чем больше параметр tc, тем меньше производительность конвейера);
   3. От времени инициализации ti (с увеличением данного параметра производительность уменьшается);

Зависимости вышеперечисленных параметров представлены в таблицах 1-2.

Таблица 1 – Зависимость P от длины вектора L

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| L | tc | n | P оп/сек |
| 96 | 10 | 7 | 92664092 |
| 106 | 10 | 7 | 93309859 |
| 112 | 10 | 7 | 93645484 |
| 126 | 10 | 7 | 94311377 |

1. Эффективность конвейера E обратно пропорционально зависит от времени выполнения самой медленной ступени tc (при увеличении значения параметра tc эффективность конвейера E снижается). Данная зависимость представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость P и E от tc

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| L | tc | n | P оп/сек | E |
| 96 | 10 | 7 | 92664092 | 5.003861 |
| 96 | 12 | 7 | 77419354 | 4.180645 |
| 96 | 22 | 7 | 42477876 | 2.293805 |
| 96 | 31 | 7 | 30207677 | 1.631215 |

**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 = 14 нс** ti(VADD) = 12 нс tscalar (ADD) = 51 нс

t2 = 10 нс ti(VSUB) = 14 нс tscalar (SUB) = 53 нс

t3 = 9 нс ti(VMUL) = 16 нс tscalar (MUL) = 54 нс

t4 = 12 нс ti(VDIV) = 17 нс tscalar (DIV) = 55 нс

t5 = 12 нс

Длина вектора: Li = 96; Lj = 128

**Решение:**

В соответствии с заданием имеется две команды VDIV. Таким образом, для минимизации временных издержек на инициализацию команды (настройки конвейера) можно произвести перестановку команд.

Далее расчет будет производиться расчет для следующей последовательности команд:

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

1. Определите пропускную способность конвейера R=1/tc.

,

где tc – время выполнения самой медленной ступени конвейера.

1. Введите общую формулу для расчета производительности конвейера.

,

где L – длина вектора;

ti – время инициализации векторной команды;

tc – время выполнения самой медленной ступени конвейера;

n – число ступеней конвейера.

1. Рассчитайте производительность конвейера P.



1. Введите формулу для расчета коэффициента снижения пропускной способности.

,

где f – доля скалярных операций;

1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d.



1. Введите формулу для расчета эффективности конвейера E.

,

где tscalar - время выполнения команды на скалярном процессоре;

tstart – стартовое время конвейера.

1. Рассчитайте эффективность конвейера E.

 



Выводы:

1. Пропускная способность R обратно пропорционально зависит от времени выполнения самой медленной ступени tc (чем больше время выполнения tc, тем меньше пропускная способность);
2. Помимо зависимостей, представленных в задании №1, в данном случае параметр P зависит от количества команд (для вычисления производительности конвейера берется среднее значение производительности);
3. Эффективность E и коэффициент снижения пропускной способности d конвейера имею зависимости, аналогичные заданию №1;
4. Перестановка команд позволяет повысить эффективность конвейера, за счет того, что при выполнении команд VDIV Fi,Ei,Gi, VDIV Aj,Bj,Cj инициализацию команды необходимо произвести лишь один раз перед выполнением первой команды . Эффективность конвейера без перестановки команд **E = (EVDIV1+ EVADD +EVDIV2)/3** = 3.65613, а с перестановкой – 3.667709. Таким образом, эффективность конвейера повысилась на 0.316%.

**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 = 12 нс **ti(VADD) = 12 нс** **tscalar (ADD) = 51 нс**

**t2 = 14 нс** ti(VSUB) = 14 нс tscalar (SUB) = 53 нс

t3 = 9 нс ti(VMUL) = 16 нс tscalar (MUL) = 54 нс

t4 = 11 нс ti(VDIV) = 17 нс tscalar (DIV) = 55 нс

t5 = 9 нс

Длина вектора**: Li = 96** ; Lj = 128

1. Определите пропускную способность конвейера R=1/tc.

,

где tc – время выполнения самой медленной ступени конвейера.

1. Введите формулу для расчета коэффициента снижения пропускной способности.

,

где f – доля скалярных операций;

1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d.



1. Рассчитайте время решения задачи на векторном процессоре



где – время выполнения векторных команд на конвейере,

- время выполнения скалярных команд на конвейере.

1. Рассчитайте время решения задачи на скалярном процессоре



1. Рассчитайте время решения задачи в ВКС



Выводы:

Время решения задачи на векторном процессоре составляет 1484 нс, в то время, как время решения на скалярном процессоре равно 4950 нс. При доле скалярных команд 0.5 коэффициент пропускной способности конвейера составляет 3.43, а при наличии одних векторных команд эта величина равна 1.

Таким образом, наличие скалярных команд снижают пропускную способность, поэтому скалярные команды следует выполнять на скалярном процессоре, а векторные – на векторном процессоре.

В ВКС векторный и скалярный процессоры работают одновременно, следовательно, время выполнения задачи равно  0,000001398с (время выполнения векторной команды больше, чем время выполнения скалярной). ВКС становится выгодной в том случае, когда длина векторов в векторных операциях достаточно велика, что позволяет обрабатывать скалярные команды на скалярном процессоре параллельно с векторными на векторном процессоре.

**Задание №4.**

Команды:

VSUB Aj,Bj,Cj ti(VADD) = 12 нс tscalar (ADD) = 51 нс

SUB R1, 2, R2 ti(VSUB) = 14 нс tscalar (SUB) = 53 нс

VDIV Di, 3, Ei ti(VMUL) = 16 нс tscalar (MUL) = 54 нс

MUL R2, R3, R4 ti(VDIV) = 17 нс tscalar (DIV) = 55 нс

VSUB 100, Ei, Fi

VADD Cj, Gj, Hj

Конвейер №1: Конвейер №2:

t1 = 8 нс **t1 = 11 нс** n1 = 7

t2 = 9 нс t2 = 10 нс n2 = 6

t3 = 4 нс t3 = 9 нс tc1 = 10

t4 = 6 нс t4 = 10 нс tc2 = 11

**t5 = 10 нс** t5 = 9 нс

t6 = 6 нс t6 = 6 нс

t7 = 4 нс

Длина вектора: Li = 96 ; Lj = 128

Так как скалярные команды не зависят от результата выполнения векторных команд, то будут выполняться на скалярном процессоре последовательно. Однако, поменять их местами нельзя, так как они имеют зависимость по данным. Между скалярными командами есть зависимость по данным, поэтому первой должна выполняться команда SUB R1, 2, R2, а после нее MUL R2, R3, R4. Векторные команды будут выполняться на векторном процессоре. Среди векторных команд зависимость по данным имеют команды VSUB Aj,Bj,**Cj** и VADD **Cj**, Gj, Hj, VDIV Di, 3, **Ei** и VSUB 100, **Ei**, Fi, которые так же должны выполняться последовательно друг за другом.

В данном наборе команд есть две команды VSUB, которые по данным не зависят. Таким образом, необходимо произвести перестановку команд, что позволит сократить временные затраты на инициализацию команды (в случае, если все команды будут выполняться на одном конвейере).

Дальнейшие расчеты будут производится для следующей последовательности команд:

SUB R1, 2, R2

VDIV Di, 3, Ei

MUL R2, R3, R4

VSUB Aj,Bj,Cj

VSUB 100, Ei, Fi

VADD Cj, Gj, Hj

4.1 Выполнить расчеты без сцепления

1. Определите пропускную способность конвейера R1 и R2

,

.

Примем = 11 нс

1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d



1. Рассчитайте время решения задачи в ВКС
2. 
3. 
4. 
5. 
6. 
7. 
8. 



1. 



Так как команды VDIV Di, 3, Ei и VSUB 100, Ei, Fi, а также команды VSUB Aj, Bj, Cj и VADD Cj, Gj, Hj имеют зависимость по данным и должны выполняться последовательно, то разделение их по разным конвейерам невозможно. Проанализировав результаты вычислений, можно сделать вывод, что команды VSUB Aj, Bj, Cj и VADD Cj, Gj, Hj лучше выполнять на первом конвейере. Причем, время выполнения команд VDIV Di, 3, Ei и VSUB 100, Ei, Fi меньше времени выполнения VSUB Aj, Bj, Cj и VADD Cj, Gj, Hj, поэтому VDIV Di, 3, Ei и VSUB 100, Ei, Fi можно выполнять на втором конвейере.

Распределение команд на процессорах представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Временная диаграмма



4.2 Выполнить расчеты со сцеплением

При использовании сцепления конвейеров необходимо, чтобы время такта *tC* у обоих конвейеров было одинаковым. Примем tc = 11 нс.

1. Пропускная способность R = 90909090.90909 сек-1;
2. Коэффициент снижения пропускной способности d = 2.275
3. Время решения задачи на ВКС
4. 
5. 





Проанализировав результаты, можно сделать вывод, что команд VDIV 100, Ei, Fi и VADD Cj, Gj, Hj лучше выполнять на первом конвейере, а остальные команды – на втором. Так как на втором конвейере выполняются две команда VSUB, временные затраты на инициализацию команд снижаются (Время выполнения VSUB 100, Ei, Fi составляет 1111 нс). Временная диаграммы приведена на рисунке 2.



Рисунок 2- Временная диаграмма



Выводы:

Время выполнения векторных команд со сцеплением конвейеров меньше (2610 нс), чем без его применения (2706 нс). Данное ускорение объясняется тем, что вторая команда получает необходимые данные из первой команды по мере их появления. Таким образом, сцепление векторов позволяет уменьшить зависимость по данным.

Использование метода сцепления может быть неэффективно в случае, когда в результате перестановки команд для организации сцепления более длинные вектора будут обрабатываться на менее производительном векторном процессоре.

Стоит отметить, что скалярные команды снижают производительность ВКС только тогда, когда выполнение задействован только скалярный процессор, а векторный простаивает.