Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное агентство по образованию Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Вятский государственный университет»

Факультет автоматики и вычислительной техники

Кафедра электронных вычислительных машин

Лабораторная работа №5

по курсу «Высокопроизводительные вычислительные комплексы»

Вариант 7

Выполнил студент группы ИВТ-41\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/Птахова А.М/

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

Киров 2023

**1. Задание 1**

**Исходные данные:**

Команды: VSUB Ai,Bi,Ci

Число ступеней конвейера: n = 5

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 7 нс ti(VADD) = 13 нс tscalar (ADD) = 44 нс

t2 = 10 нс ti(VSUB) = 15 нс tscalar (SUB) = 46 нс

t3 = 9 нс ti(VMUL) = 17 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 9 нс ti(VDIV) = 18 нс tscalar (DIV) = 48 нс

t5 = 12 нс

t6 = 0 нс

t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 64

**Задания и расчеты:**

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

R=1/tc = 1/12\*10-9 = 83333333,333333

* 1. Рассчитайте производительность конвейера P.



P = 64/(12\*10-9 \*(64+5-1)+15\*10-9) = 77015644

1.3 Расcчитайте коэффициент снижения пропускной способности d



d = 0\*0+(1-0) = 1

1.4 Рассчитайте эффективность конвейера E.



E = 64\*46\*10-9/(5\*12\*10-9+15\*10-9+(64-1)\*12\*10-9) = 3,54272

**Изменение значений параметров**

Рассчитывая производительность и эффективность для нескольких различных значений одного параметра можно сделать выводы о влиянии этого параметра на производительность и эффективность конвейера.

1) Длина вектора

Зависимость P и E от длины вектора приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость P и E от длины вектора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| L | P | E |
| 32 | 71588367 | 3.293065 |
| 64 | 77015643 | 3.542720 |
| 96 | 79012345 | 3.634568 |
| 128 | 80050031 | 3.682301 |

2) Количество ступеней

2.1) Разбиение не самой медленной ступени

Для расчета производительности и эффективности в формулах в качестве tc используется время самой медленной ступени. Так как время работы самой медленной не изменилось, то производительность и эффективность также не изменятся.

2.2) Разбиение самой медленной ступени

Самая медленная ступень работает 12 нс. Следовательно, ее и надо разбивать, уменьшая время выполнения. Зависимость производительности и эффективности от увеличения числа ступеней приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость P и E от числа ступеней

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| n | tc (max) | P | E |
| 5 | 12 | 77015643 | 3.542720 |
| 6 | 11 | 82687338 | 3.803617 |

3) Время инициализация

Зависимость производительности и эффективности от времени инициализации представлено в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость P и E от времени инициализации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ti | P | E |
| 15 | 77015643 | 3.542720 |
| 10 | 84432717 | 3.883905 |

**Выводы:**

1) Увеличение длины вектора увеличивает производительность и эффективность самого конвейера;

2) Уменьшение времени инициализации увеличивает производительность и эффективность конвейера;

3) Увеличение числа ступеней приведет к увеличению производительности и эффективности конвейера только в том случае, если произошло разбиение самой медленной ступени на несколько с уменьшением времени выполнения. В противном случае, увеличение числа ступеней никак не скажется на производительности и эффективности конвейера.

**2. Задание 2**

**Исходные данные:**

Команды: VSUB Aj,Bj,Cj; VSUB Cj,5,Dj

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) = 13 нс tscalar (ADD) = 44 нс

t2 = 3 нс ti(VSUB) = 15 нс tscalar (SUB) = 46 нс

t3 = 6 нс ti(VMUL) = 17 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 8 нс ti(VDIV) = 18 нс tscalar (DIV) = 48 нс

t5 = 6 нс

t6 = 6 нс

t7 = 9 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 64

**Задания и расчеты**:

1.1 Определите пропускную способность конвейера R=1/tc

R=1/tc = 1/9\*10-9 = 111111111,11111

* 1. Рассчитайте производительность конвейера P.



P1 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+15\*10-9) = 99224806

P2 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)=101587301

P = P1+P2/2 = 100406054

1.3 Расcчитайте коэффициент снижения пропускной способности d



d = 0\*0+(1-0) = 1

1.4 Рассчитайте эффективность конвейера E.



E1 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+15\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.618678

E2 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.673015

E = E1+E2/2 = 4.645846

**Изменение последовательности команд**

Для того, чтобы проанализировать, как последовательность выполнения команд влияет на производительность и эффективность конвейера, необходимо рассмотреть несколько вариантов различных последовательностей команд.

В задании дано 2 однотипные команды. Этого недостаточно для анализа, поэтому необходимо добавить еще одну команду, причем отличную от первых двух. Например, можно рассмотреть команду VDIV Xi, Yi, Zi

Первоначальная последовательность выполнения команд может быть следующей: VSUB Aj,Bj,Cj; VDIV Xi, Yi, Zi; VSUB Cj,5,Dj

Расчет производительности:

P1 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+15\*10-9) = 99224806

P2 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+18\*10-9) = 98765432

P3 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+15\*10-9) = 99224806

P = (P1+P2+P3) /3 = 99071681

Расчет эффективности:

E1 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+15\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.618678

E2 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+18\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.74074

E3 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+15\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.618678

E = (E1+E2+E3)/3 = 4.62314

Теперь последовательность команд будет изменена так, чтобы однотипные команды выполнялись друг за другом. Например, последовательность команд может быть такой: VSUB Aj,Bj,Cj; VSUB Cj,5,Dj; VDIV Xi, Yi, Zi.

Расчет производительности:

P1 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+15\*10-9) = 99224806

P2 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)) = 101587301

P3 = 64/(9\*10-9 \*(64+7-1)+18\*10-9) = 98765432

P = (P1+P2+P3)/3 = 99859179

Расчет эффективности:

E1 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+15\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.618678

E2 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.673015

E3 = 64\*46\*10-9/(7\*9\*10-9+18\*10-9+(64-1)\*9\*10-9) = 4.74074

E = (E1+E2+E3)/3 = 4.677478

**Выводы:**

Как можно заметить, выполнение однотипных операций последовательно приводит к увеличению производительности и эффективности конвейера. Это связано с тем, что при выполнении одинаковых операции время на инициализацию необходимо учитывать только один раз: в момент запуска первой из однотипных команд на выполнение.

3. Задание 3

Исходные данные:

Команды: ADD R1,R2,R3; VADD Aj,3,Bj

Число ступеней конвейера: n = 6

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 7 нс ti(VADD) = 13 нс tscalar (ADD) = 44 нс

t2 = 9 нс ti(VSUB) = 15 нс tscalar (SUB) = 46 нс

t3 = 8 нс ti(VMUL) = 17 нс tscalar (MUL) = 47 нс

t4 = 8 нс ti(VDIV) = 18 нс tscalar (DIV) = 48 нс

t5 = 9 нс

t6 = 10 нс

t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 64

**Задания и расчеты:**

3.1 Определите пропускную способность конвейера R=1/tc.

R=1/tc = 1/10\*10-9 = 100000000

3.2 Расcчитайте коэффициент снижения пропускной способности d



r = Rmax/Rscalar = (ti+n\*tc)/tscalar = 1.6591

d = 0.5\*1.6591 + 0.5 = 1.32954

3.3 Расcчитайте время решения задачи на векторном процессоре.

Tvec = ti+tc\*(L+n-1)+tscalar = 760 нс

3.4 Расcчитайте время решения задачи на скалярном процессоре

Tscalar = tscalar\*L+1 = 2860 нс

3.5 Расcчитайте время решения задачи на ВКС.

Tvks = ti+tc\*(L+n-1) = 703 нс

**Выводы:**

Медленнее всего задача решается на скалярном процессоре, потому что каждая из команд выполняется 47нс и таких команд 65 (64 – векторных и 1 скалярная). Более эффективной по сравнению со скалярной системой оказывается векторная, потому что в задаче есть вектор данных, который нужно обработать. И векторная система справляется с этим лучше. Самой эффективной оказалась ВКС. Это связано с тем, что она отдельно обрабатывает скалярную команду и векторную команду, а также наличие конвейера для выполнения векторной операции.

4. Задание 4

Рассчитайте минимальное время выполнения программы на ВКС

ADD R1, 7, R2

SUB R2, R3, R4

VDIV Ai, Bi, Ci

VMUL 5, Dj, Ej---->|

VDIV Fj, Ej, Gj <----|

ВКС представлено системой с 2мя векторными процессорами (конвейерами) и одним скалярным. Примем следующие значения параметров ВКС:

* для первого векторного процессора tc = 8 нс;
* для второго векторного процессора tc = 10 нс;
* число ступеней первого векторного процессора n = 7;
* число ступеней второго векторного процессора n = 6;
* Li = 64;
* Lj = 128.

Время инициализации и время скалярного выполнения представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Время инициализации и время скалярного выполнения команд

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ti(VADD) | 9 нс | tscalar(ADD) | 49 нс |
| ti(VSUB) | 10 нс | tscalar(SUB) | 51 нс |
| ti(VMUL) | 10 нс | tscalar(MUL) | 53 нс |
| ti(VDIV) | 12 нс | tscalar(DIV) | 54 нс |

Рассчитаем различные значения времени выполнения на ВКС для случая без сцепления конвейеров и со сцеплением.

**Расчет параметров системы:**

R1 = 124999999.999999

R2 = 100000000.0

f = 0.4

tc1 = 8\*10-9

tc2 = 10\*10-9

Расчет времени выполнения векторных команд на процессорах без сцепления конвейеров:

T1(VDIV Ai, Bi, Ci) = 8\*10-9 \* (64+7-1) = 0,56\*10-6

T2(VDIV Ai, Bi, Ci) = 10\*10-9 \* (64+6-1) = 0,690\*10-6

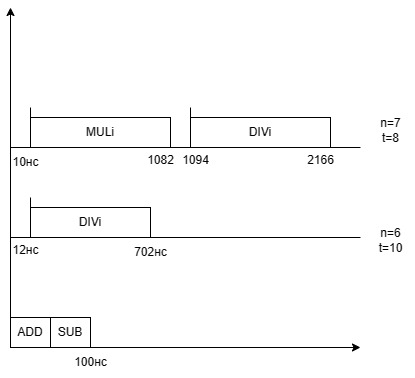
T1(VMUL 5, Dj, Ej) = 8\*10-9 \* (128+7-1) = 1,072\*10-6

T2(VMUL 5, Dj, Ej) = 10\*10-9 \* (128+6-1) = 1,33\*10-6

T1(VDIV Fj, Ej, Gj) = 8\*10-9 \* (128+7-1) = 1,072\*10-6

T2(VDIV Fj, Ej, Gj) = 10\*10-9 \* (128+6-1) = 1,33\*10-6

Временная диаграмма, с учетом зависимости по данным представлена на рисунке 1.

  
Рисунок 1 – Временная диаграмма без сцепления

Tvks = max{100, 702, 2166} = 2166нс

Расчет времени выполнения векторных команд на процессорах с сцеплением конвейеров:

T1(VDIV Ai, Bi, Ci) = 10\*10-9 \* (64+7-1) = 0,7\*10-6

T2(VDIV Ai, Bi, Ci) = 10\*10-9 \* (64+6-1) = 0,690\*10-6

T1(VMUL 5, Dj, Ej) = 10\*10-9 \* (128+7-1) = 1,34\*10-6

T2(VMUL 5, Dj, Ej) = 10\*10-9 \* (128+6-1) = 1,33\*10-6

T1(VDIV Fj, Ej, Gj) = 10\*10-9 \* (128+7-1) = 1,34\*10-6

T2(VDIV Fj, Ej, Gj) = 10\*10-9 \* (128+6-1) = 1,33\*10-6

Временная диаграмма с сцеплением и учетом зависимости по данным представлена на рисунке 2.

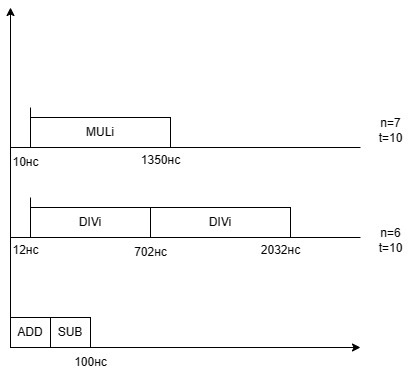


Рисунок 2 – Временная диаграмма с сцеплением

Tvks = max{100, 2302, 1350} = 2032нс

**Выводы:**

Время решения задачи на ВКС со сцеплением оказалось меньше, чем без сцепления. Это обусловлено тем, что данные с одного конвейера могут поступать на другой по мере их появления, что позволяет не дожидаться полного завершения предыдущей команды