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

Отчет по лабораторной работе №5

по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные комплексы» Вариант 3

Выполнил студент группы ИВТ-42 /Жеребцов К. А./ Проверил преподаватель \_ \_/Мельцов В. Ю./

Киров 2023

## Задание 1

Команды: VSUB Ai,Bi,Ci

Число ступеней конвейера: n = 6

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд):

t1 = 6 нс ti(VADD) = 8 нс tscalar (ADD) = 46 нс

t2 = 10 нс ti(VSUB) = 10 нс tscalar (SUB) = 48 нс

t3 = 11 нс ti(VMUL) = 11 нс tscalar (MUL) = 49 нс

t4 = 9 нс ti(VDIV) = 13 нс tscalar (DIV) = 51 нс

t5 = 9 нс

t6 = 11 нс

t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 96

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

R = 1/tc

R = 1 / 11\*10-9 = 90909090.90909092

* 1. Рассчитайте производительность конвейера P.

P=L/(tc\*(L+n-1)+ti)

P = 64 / (11\*10-9 \* (64 + 5 - 1) + 10 \* 10-9) = 83224967 оп./сек.

* 1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной способности d.

d=f\*r+(1-f)

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

* 1. Рассчитайте эффективность конвейера E.

E=L\*tscalar/(tstart+(L-1)\*tc)

E = 64\*48-10-9/(10\*10-9+6\*11\*10-9+(64-1)\*11\*10-9)= 3.994798

## Вывод 1

Производительность векторного процессора напрямую зависит от:

* + - Длины вектора. С увеличением длины вектора повышается его производительность и эффективность. Зависимость P и E от длины вектора представлена в таблице 1.

Таблица 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| L | P | E |
| 32 | 76738609 | 3.683453 |
| 64 | 83224967 | 3.994798 |
| 96 | 85637823 | 4.110616 |
| 128 | 86897488 | 4.171079 |

* + - От времени инициализации векторного процессора. Чем оно меньше, тем выше производительность. Идеальным вариантом является последовательность из одинаковых векторных команд
    - От времени ступени, т.е. самой медленной ступени.

Зависимость P и E от количества ступеней и tc (при L = 64) представлена в таблице 2

Таблица 2

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| n | tc | P | E |
| 6 | 11 | 83224967 | 3.994798 |
| 7 | 10 | 90140845 | 4.171079 |
| 7 | 11 | 88362737 | 5.038626 |
| 8 | 10 | 99227372 | 6.735262 |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 10 | 10 | 94678282 | 6.583929 |
| 13 | 10 | 91254739 | 6.329284 |

Производительность и эффективность конвейера зависят от количества ступеней и от времени прохождения самой медленной ступени конвейера. При этом:

* + - Если с увеличением количества ступеней время tc уменьшается, то производительность и эффективность увеличиваются
    - Если с увеличением количества ступеней время tc не изменяется или увеличивается, то производительность и эффективность уменьшается

## Задание 2

Команды: VSUB Aj,Bj,Cj; VSUB Ci,5,Di;

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) = 10 нс tscalar (ADD) = 46 нс t2 = 9 нс ti(VSUB) = 12 нс tscalar (SUB) = 47 нс

t3 = 6 нс ti(VMUL) = 13 нс tscalar (MUL) = 50 нс t4 = 10 нс ti(VDIV) = 14 нс tscalar (DIV) = 53 нс t5 = 7 нс

t6 = 9 нс t7 = 5 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 64

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

R = 1/tc

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

* 1. Рассчитайте производительность конвейера P.

P=L/(tc\*(L+n-1)+ti)

P1 = 64 / (10\*10-9 \* (64 + 6) + 12\*10-9) = 96910828.02 оп./сек. P2 = 64 / (10\*10-9 \* (64 + 6) + 12\*10-9) = 85522388.05 оп./сек.

𝑃 = 𝑃1 + 𝑃2

# 2

96910828.02+ 85522388.05

# 𝑃 =

= 90658106

# 2

* 1. Расcчитайте коэффициент снижения пропускной споcобности d.

d=f\*r+(1-f)

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

* 1. Рассчитайте эффективность конвейера E.

E=L\*tscalar/(tstart+(L-1)\*tc)

# 64 ∗ 47 ∗ 10−9

𝐸1 =

# 16 ∗ 10−9

+ 5 ∗ 9 ∗ 10−9

−9 = 4.627

# + 63 ∗ 10 ∗ 10

𝐸2 =

# 64 ∗ 47 ∗ 10−9

−-9 −-9

−9 = 3.849

# 11 ∗ 10

+ 5 ∗ 9 ∗ 10

# + 63 ∗ 10 ∗ 10

𝐸 = 𝐸1 + 𝐸2 = 4.994 + 4.107 + 4.611 = 4.260931

# 2 2

## Вывод 2

Использовать ВКС при большом числе векторных операций выгоднее, чем скалярные машины (E = 4.261 > 1).

Для повышения производительности и эффективности работы конвейера необходимо, если это возможно, выполнять однотипные операции одним блоком, т. к. сокращается время на инициализацию конвейера.

## Задание 3

Команды: ADD R1,R2,R3; VADD Ai,3,Bi

Число ступеней конвейера: n = 6

Время прохождения ступеней конвейера, время инициализации команды на конвейере,

время выполнения команды на скалярном процессоре (секунд): t1 = 6 нс ti(VADD) = 10 нс tscalar (ADD) = 46 нс t2 = 9 нс ti(VSUB) = 12 нс tscalar (SUB) = 47 нс t3 = 5 нс ti(VMUL) = 13 нс tscalar (MUL) = 50 нс t4 = 11 нс ti(VDIV) = 14 нс tscalar (DIV) = 53 нс

t5 = 8 нс t6 = 5 нс t7 = 0 нс

Длина вектора: Li = 64 Lj = 64

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

R = 1/tc, где

tc – время самой долгой ступени конвейера

R = 1 / 11\*10-9 = 90909090.9090909

* 1. Рассчитайте коэффициент снижения пропускной споcобности d.

d=f\*r+(1-f), где

f – доля скалярных операций

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

Значение r может быть получено по формуле:

r = Rmax/Rscalar = (ti + n \* tc)/tc, где

Rmax – максимальная пропускная способность конвейера в векторном режиме

Rscalar – пропускная способность конвейера в «скалярном» режиме

d = 0.5 \* 4.181818 + 0.5 = 2.590909

* 1. Рассчитайте время решения задачи на векторном процессоре.

Tvec = tcom2 = ti + tc \* (L + n - 1) = 835 нс

* 1. Рассчитайте время решения задачи на скалярном процессоре.

Tscal = tcom1 = tscalar = 299 нс

* 1. Рассчитайте время решения задачи на ВКС.

Tвкс = max{Tvec; Tscal} = 769 нс

## Вывод 3

Время выполнения заданной программы на векторном процессоре занимает 835 нс, что гораздо быстрее чем на скалярном процессоре, который выполнил бы эту программу за 1823 нс. Эффективность векторного процессора в данной задаче достигается за счет достаточного большого вектора данных, которые необходимо обработать. Если бы в задаче было бы больше число скалярных команд, то векторный процессор был бы не эффективен. В данной задаче 1 векторная команда и 1 скалярная, соответственно коэффициент пропускной способности равен 1.

ВКС является одной из эффективных систем для решения задач, в которых есть как векторные команды, так и скалярные. В данной системе скалярные команды обрабатываются на скалярном процессоре, а векторные на векторном, причем оба этих процессора работают параллельно.

## Задание 4

Необходимо рассчитать минимальное время выполнения программы на ВКС. Представлен следующий код программы.

ADD R1, 7, R2 --------------------> | SUB R2, R3, R4 |

VDIV Ai, Bi, Ci ------>| |

VMUL 5, Dj, Ej | |

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

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

* для первого векторного процессора tc = 13 нс;
* для второго векторного процессора tc = 15 нс;
* число ступеней первого векторного процессора n = 5;
* число ступеней второго векторного процессора n = 4;
* Li = 64;
* Lj = 128.

Время инициализации и время скалярного выполнения представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Время инициализации и время скалярного выполнения команд

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| ti(VADD) | 10 нс | tscalar(ADD) | 46 нс |
| ti(VSUB) | 12 нс | tscalar(SUB) | 47 нс |
| ti(VMUL) | 13 нс | tscalar(MUL) | 50 нс |
| ti(VDIV) | 14 нс | tscalar(DIV) | 53 нс |

Рассчитаем различные значения времени выполнения на ВКС для случая без сцепления конвейеров и со сцеплением. Для минимизации времени выполнения необходимо оптимально распределить команды между процессорами. Команда [VDIV Ai, Bi, Ci] зависима по данным от [VMUL 5, Dj, Ej], формирующей необходимый для выполнения результат, что необходимо учесть для системы без сцепления.

Рассчитаем остальные параметры системы: R1 = 76923076.9231

R2 = 66666666.6667

f = 0,4

tc1 = 13\*10-9 tc2 = 15\*10-9

d1 = 0,4 \* ((15\*10-9 + 5 \* 13\*10-9) / 13\*10-9 + (15\*10-9 + 5 \* 13\*10-9) / 13\*10-9) / 2 + (1 - 0,4) = 3,06

d2 = 0,4 \* ((15\*10-9 + 4 \* 15\*10-9) / 15\*10-9 + (15\*10-9 + 4 \* 15\*10-9) / 15\*10-9) / 2 + (1 - 0,4) = 2,6

Таблица 1 - время выполнения команд на различных процессорах

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| N | 1-й векторный | 2-й векторный | Скалярный |
| 1) ADD R1, 7, R2 | 65 нс | 60 нс | 46 нс |
| 2) SUB R2, R3, R4 | 67 нс | 62 нс | 48 нс |
| 3) VDIV Ai, Bi, Ci | 631 нс | 500 нс | 2752 нс |
| 4) VMUL 5, Dj, Ej | 774 нс | 611 нс | 3360 нс |
| 5) VDIV Fj, Ej, Gj | 775 нс | 612 нс | 3440 нс |
| Σ | 2312 нс | 1845 нс | 9646 нс |

В первом варианте время работы процессоров будет следующим:

Tvp1 = 774 нс;

Tvp2 = 500+612-10 = 1102 нс

Tsc = 67+65 = 132 нс

Общее время работы равно Tvks = max{max{774,500}+612-10, 67+65} = 1376 нс

Во втором варианте время работы процессоров будет следующим:

Tvp1 = 631 нс;

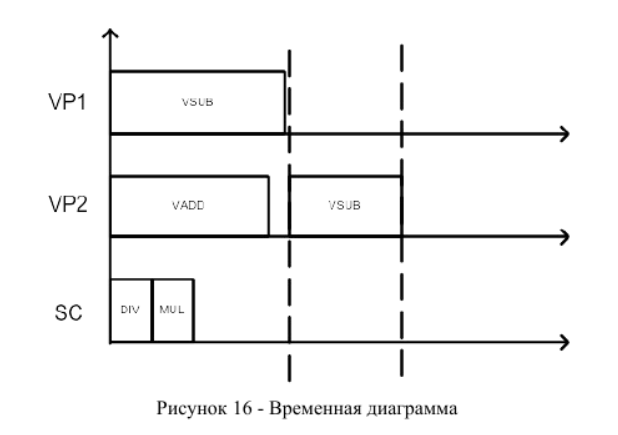
Tvp2 = 611+612-10 = 1102 нс

Tsc = 67+65 = 132 нс

Общее время работы равно Tvks = max{max{631,611}+612, 67+65} = 1243 нс

Таким образом, второй вариант оказался эффективнее, на первом векторном процессоре следует выполнять 3) команду, на втором векторном процессоре следует выполнять 4) и 5) команды, а на скалярном процессоре - команды 2) и 4).

Временная диаграмма представлена на рисунке 16.



ADD

SUB

VMUL

VDIV

VDIV