

Учреждение образования  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

Кафедра интеллектуальных информационных технологий

**Отчет по практическому занятию №1  
по курсу «МРЗвИС» на тему: «Реализация модели решения  
задачи на конвейерной архитектуре»**

Выполнили  
студенты группы 821703:

Коктышев И.Д.  
Шкут Р.В.

Проверил:

Орлова А.С.

**МИНСК**  
2020

## Постановка задачи

Реализовать и исследовать модель решения на конвейерной архитектуре задачи вычисления попарного произведения двух векторов чисел.

## Описание модели

Для реализации поставленной задачи был использован алгоритм вычисления произведения пары 6-разрядных чисел умножением с младших разрядов со сдвигом частичной суммы вправо.

*Алгоритм подсчёта:*

1. Исходное значение частичных произведений принимается равным 0
2. Анализируется очередная цифра множителя
3. Если она равна единице, то множимое сдвигается на определённый разряд вправо и прибавляется к сумме частичных произведений. Если цифра множителя равна нулю, то он не прибавляется к сумме частичных произведений
4. Повторение пунктов 2 и 3 для всех множителей

*Исходные данные:*

1.  $t = 4$  (Время счёта на этапах сбалансированного конвейера)
2. Параметр  $n = 3$  (количество процессорных элементов в системе)
3. Параметр  $m$  (Количество пар чисел)
4. Ранг задачи  $r$
5.  $P = 6$  (Разрядность пар чисел)

*Результат:*

```

1 Decimal 51 51
2 Decimal 45 63
3 Decimal 41 40

I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
1 000000110011 011001100000 011001100000 0
1 000000110011 011001100000 100110010000 4
1 000000000000 000000000000 010011001000 8
1 000000000000 000000000000 001001100100 12
1 000000110011 011001100000 011110010010 16
1 000000110011 011001100000 101000101001 20
-----

I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
2 000000111111 011111100000 011111100000 4
2 000000000000 000000000000 001111110000 8
2 000000111111 011111100000 100111011000 12
2 000000111111 011111100000 110011001100 16
2 000000000000 000000000000 011001100110 20
2 000000111111 011111100000 101100010011 24
-----

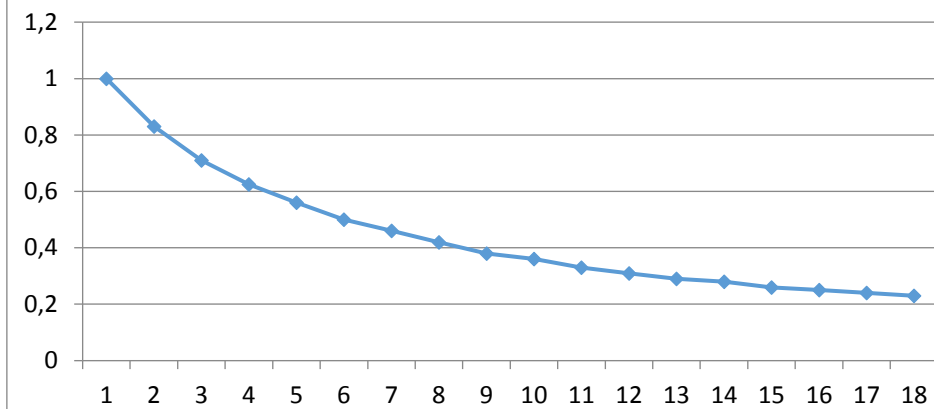
I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
3 000000101000 010100000000 010100000000 8
3 000000000000 000000000000 001010000000 12
3 000000000000 000000000000 000101000000 16
3 000000101000 010100000000 010110100000 20
3 000000000000 000000000000 001011010000 24
3 000000101000 010100000000 011001101000 28
-----

1 Decimal 2601
2 Decimal 2835
3 Decimal 1640

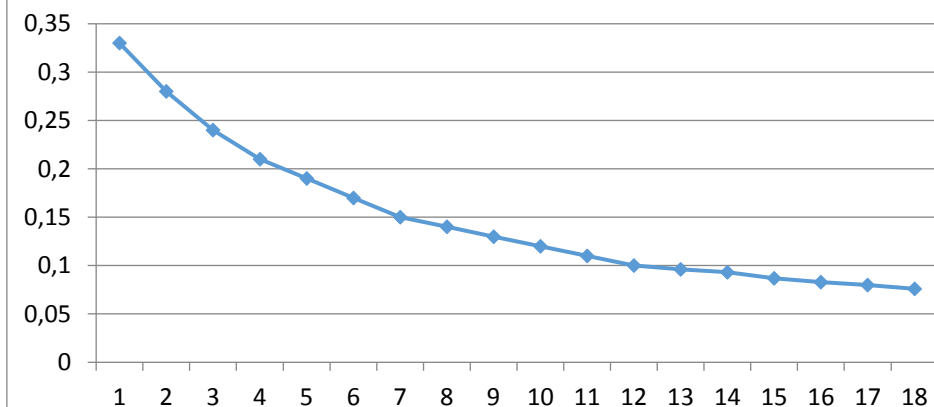
```

*Графики:*

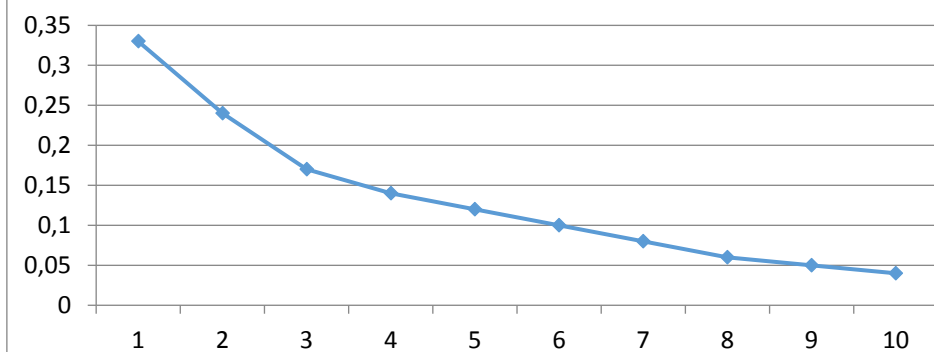
**Зависимость коэффициента  
ускорения  $K_u$  от ранга задачи  $r$**



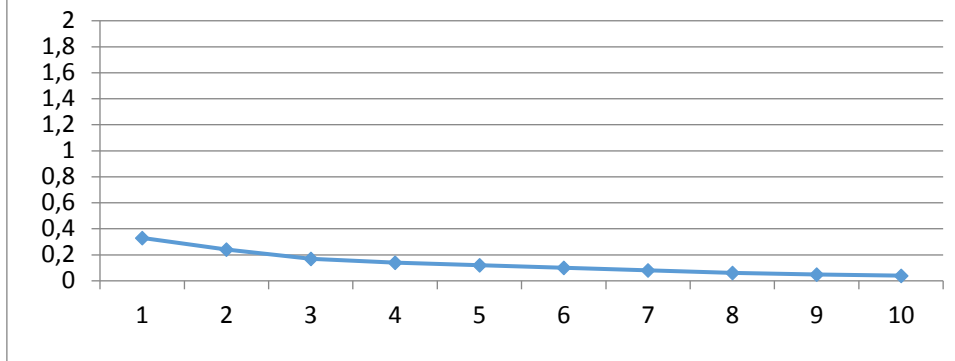
**Зависимость эффективности  $e$  от  
ранга задачи  $r$**



**График зависимости коэффициента  
ускорения  $K_u$  от количества  
процессорных элементов  $n$**



**График зависимости  
эффективности  $e$  от количества  
процессорных элементов  $n$**



## Вопросы

- 1. Проверить, что модель создана верно: программа работает правильно (на всех этапах конвейера).**

Имеются два исходных вектора шести разрядных чисел  $\langle 51, 45, 41 \rangle$  и  $\langle 51, 63, 40 \rangle$ . Первая пара умножения: 51 и 51, вторая пара: 45 и 63, третья пара; 41 и 40.

Результат работы программы:

```

1 Decimal 51 51
2 Decimal 45 63
3 Decimal 41 40

I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
1 000000110011 011001100000 011001100000 0
1 000000110011 011001100000 100110010000 4
1 000000000000 000000000000 010011001000 8
1 000000000000 000000000000 001001100100 12
1 000000110011 011001100000 011110010010 16
1 000000110011 011001100000 101000101001 20
-----

I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
2 000000111111 011111100000 011111100000 4
2 000000000000 000000000000 001111100000 8
2 000000111111 011111100000 100111011000 12
2 000000111111 011111100000 110011001100 16
2 000000000000 000000000000 011001100110 20
2 000000111111 011111100000 101100010011 24
-----

I|Before shift|After shift | temp. sum |Time
-----
3 000000101000 010100000000 010100000000 8
3 000000000000 000000000000 001010000000 12
3 000000000000 000000000000 000101000000 16
3 000000101000 010100000000 010110100000 20
3 000000000000 000000000000 001011010000 24
3 000000101000 010100000000 011001101000 28
-----

1 Decimal 2601
2 Decimal 2835
3 Decimal 1640

```

Программа работает верно.

## 2. Объяснить на графиках точки перегиба и асимптоты

Рост производительности системы ограничен и обусловлен ростом количества объектов, которые могли бы обрабатываться параллельно, на что и указывают асимптоты графиков.

## 3. Спрогнозировать, как измениться вид графиков при изменении параметров модели

При увеличении ранга задачи, то упадёт коэффициент ускорения и эффективность. При увеличении количества процессорных элементов, то коэффициент ускорения увеличится, но упадёт эффективность.

## 4. Каково соотношение между параметрами $n$ , $r$ , $m$ , $r$ модели сбалансированного конвейера?

$m$  – задаётся пользователем

$$p = 4$$

$$n = p$$

$$r = m$$

5. Допустим: имеется некоторая характеристика  $h$  (эффективность  $e$  или ускорение  $Ky$ ) и для неё выполняется:

i.  $h(n1, r1) = h(n2, r2)$

ii.  $n1 > n2$

Каким будет соотношение между  $r1$  и  $r2$ ?

$$e(n1, r1) = e(n2, r2); e = \frac{Ky}{n} = \frac{T_1}{T_n * n}; n \in N;$$

$$\frac{r_1 * n_1}{(n_1 + r_1 - 1) * n_1} = \frac{r_2 * n_2}{(n_2 + r_2 - 1) * n_2};$$

$$r_1 n_2 + r_1 r_2 - r_1 = r_2 n_1 + r_1 r_2 - r_2;$$

$$r_1(n_2 - 1) = r_2(n_1 - 1);$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \frac{n_2 - 1}{n_1 - 1} \rightarrow r_1 > r_2$$

6. Дано:

i. несбалансированный конвейер (заданы конкретные значения:  $n, \{t_i\}$  – времена выполнения обработки на этапах конвейера);

ii.  $e0$  – некоторое фиксированное значение эффективности.

Определить значение  $r0$ , при котором выполняется  $e(n, r0) > e0$ ? (Получить формулу, затем подставить в неё значения параметров.)

$$e = \frac{Ky}{n} = \frac{T_1}{T_n * n}; n \in N;$$

$$T_n = \sum_{i=1}^n t_i + (r - 1)t_{max};$$

$$T_1 = r \sum_{i=1}^n t_i$$

$$e(n, r) = \frac{r \sum_{i=1}^n t_i}{n(\sum_{i=1}^n t_i + (r-1)t_{max})} \rightarrow \frac{r \sum_{i=1}^n t_i}{n(\sum_{i=1}^n t_i + (r-1)t_{max})} > e_0$$

$$r_0 \sum_{i=1}^n t_i > e_0 n (\sum_{i=1}^n t_i + (r-1)t_{max})$$

$$r_0 \sum_{i=1}^n t_i > e_0 n \sum_{i=1}^n t_i + e_0 n r_0 t_{max} - e_0 n t_{max}$$

$$r_0 \sum_{t=1}^n t_i - e_0 n r_0 t_{max} > e_0 n \sum_{t=1}^n t_i - e_0 n t_{max}$$

$$r_0 \sum_{t=1}^n t_i - e_0 n r_0 t_{max} > e_0 n \sum_{t=1}^n t_i - e_0 n t_{max}$$

$$r_0 \left( \sum_{t=1}^n t_i - e_0 n t_{max} \right) > e_0 n \left( \sum_{t=1}^n t_i - t_{max} \right)$$

Необходимо определить знак выражения:

$$\sum_{t=1}^n t_i - t_{max}$$

$$\text{Если } \sum_{t=1}^n t_i - t_{max} \geq 0, \text{ то } r_0 > \frac{e_0 n (\sum_{t=1}^n t_i - t_{max})}{\sum_{t=1}^n t_i - e_0 n t_{max}}$$

$$\text{Если } \sum_{t=1}^n t_i - t_{max} < 0, \text{ то } r_0 < \frac{e_0 n (\sum_{t=1}^n t_i - t_{max})}{\sum_{t=1}^n t_i - e_0 n t_{max}}$$

7. Для несбалансированного конвейера (использовать исходные данные предыдущего вопроса) определить:  $\lim(e(n, r))$  при  $r \rightarrow \infty$ .

$$\text{Так как } e(n, r) = \frac{r \sum_{i=1}^n t_i}{n(\sum_{i=1}^n t_i + (r-1)t_{max})},$$

$$\text{то } \lim_{r \rightarrow \infty} e(n, r) = \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{r \sum_{i=1}^n t_i}{n(\sum_{i=1}^n t_i + (r-1)t_{max})} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n t_{max}}$$

8. Дан несбалансированный конвейер (использовать исходные данные предыдущего вопроса). Каким образом можно перестроить



данный конвейер, чтобы для заданного  $r\theta$  выполнялось  $e(n, r\theta) > e\theta$ ?

$\frac{r_0 \sum_{i=1}^n t_i}{n(\sum_{i=1}^n t_i + (r_0 - 1)t_{max})} > e_0 \rightarrow n < \frac{r \sum_{i=1}^n t_i}{e_0(\sum_{i=1}^n t_i + (r_0 - 1)t_{max})}$ , значит необходимо объединить этапы конвейера таким образом, чтобы выполнялось неравенство  $1 \leq n \leq \frac{r_0 \sum_{i=1}^n t_i}{e_0(\sum_{i=1}^n t_i + (r_0 - 1)t_{max})}$

**9. Дан несбалансированный конвейер (использовать исходные данные предыдущего вопроса) и значение минимального кванта времени  $t_0$  (условной временной единицы).**

**Каким образом нужно перестроить данный конвейер, чтобы получить максимально быстрый конвейер? Получить для него формулы  $K_y(n, r)$ ,  $e(n, r)$ ?**

Для того, чтобы получить максимально быстрый конвейер, необходимо разделить его на столько этапов, чтобы время каждого этапа было равно  $t_0$ .

$N$  – Количество этапов.

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0}$$

$$K_y(N, r) = \frac{T_1}{T_n} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} r t_0}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{(t_0 + (r-1))t_0}} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} r}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} + r - 1}$$

$$e(N, r) = \frac{K_y}{N} = \frac{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} r}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0 + r - 1} \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0}} = \frac{r}{\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_0} + r - 1}$$

### Вывод:

В результате выполнения лабораторной работы была реализована модель сбалансированного конвейера для вычисления произведения 6-разрядных чисел с младших разрядов со сдвигом частичной суммы вправо. Можно заметить, что с увеличением ранга задачи, эффективность работы данной модели уменьшается, тоже происходит и с увеличением числа процессорных элементов. Также можно заметить, что наиболее эффективно модель решает задачи маленького ранга с небольшим количеством процессорных элементов.