

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 821702:

Панин А.Д.  
Кандыба Е.С

Проверил:

Крачковский Д.Я

**МИНСК**  
2020

## Постановка задачи

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

**Вариант задания: 18**

## Описание модели

Для реализации поставленной задачи был использован алгоритм вычисления целочисленного частного пары 8-разрядных чисел делением без восстановления частичного остатка.

*Исходные данные:*

1.  $m$  - количество пар чисел (не является фиксированной величиной, в данном случае равно 3).
2.  $p = 8$  — разрядность чисел.
3.  $n = 4$  — количество процессорных элементов в системе.
4.  $r = 4$  — ранг задачи (количество объектов, которые в процессе решения задачи могли бы обрабатываться параллельно).
5.  $t = 2$  — время счёта на этапах сбалансированного конвейера.
6. 3 пары чисел:  $\langle 120, 70 \rangle$ ,  $\langle 101, 34 \rangle$ ,  $\langle 107, 27 \rangle$

*Этапы алгоритма:*

- 1) Нормализация делителя (сдвиг делителя до делимого).
- 2) Перевод делителя в дополнительный код.
- 3) Процесс деления и определение знака результата.
- 4) Обновление результата

### *Алгоритм подсчёта:*

1. Переведем числа в двоичную систему счисления (работать будем только с модулями чисел, знак результата получим из анализа знаков исходных чисел):
2. Предварительный сдвиг делителя. Сдвинем делитель В влево так, чтобы позиция старшей значащей единицы, в нем, совпала с позицией старшей значащей единицы в делимом А. Количество необходимых для этого сдвигов запомним в числе k
3. Так как в процессе деления множитель В придется не только прибавлять но и вычитать, то нам необходимо иметь число -В. Для этого представим В в дополнительном коде.
4. Процесс деления будет следующий:

Вычитаем из делимого А делитель В (т.е. прибавляем -В).

- 4.1) Анализируем знак полученного частичного остатка. В регистр результата записываем "0" если остаток отрицательный и единицу в противном случае.
  - 4.2) Сдвигаем частичный остаток на один разряд влево. При этом крайний правый (младший) разряд заполняется нулем, а знаковый разряд в процессе сдвига не участвует.
  - 4.3) Прибавляем к частичному остатку делитель В если остаток отрицательный либо вычитаем делитель в противном случае.
  - 4.4) Анализируем знак полученного частичного остатка. В регистр результата записываем "0" если остаток отрицательный и единицу в противном случае.
  - 4.5) Действия описанные в пунктах 4.2-4.4 выполняем k раз (если k=0, то ни разу не выполняем).
- 5) Определяем знак результата. Если знаки исходных операндов одинаковы, то результирующее частное положительно и наоборот. В нашем случае знаки совпадают, следовательно результирующее частное положительно.

### *Результат:*

```

vector 1, n - stop
128
161
167
n
vector 2
78
34
27
n
processingTime
2
Такт: 1
Пара 0 Превращена в двоичное
Число №1:000000001111000
Число №2:000000001000110

Такт: 2
Пара 0 Произошел сдвиг делитель до делимого
Число №1:000000001111000
Число №2:000000001000110
Пара 1 Превращена в двоичное
Число №1:000000001100101
Число №2:00000000100010

```

```

Такт: 3
Пара 0 Произошел перевод в дополнительный или обратный код
Число №1:000000001111000
Число №2:000000001000110
Пара 1 Произошел сдвиг делитель до делимого
Число №1:000000001100101
Число №2:000000001000100
Пара 2 Превращена в двоичное
Число №1:000000001101011
Число №2:000000001101100

Такт: 4
Пара 0 Произошло деление
Число №1:000000001111000
Число №2:000000001000110
Результат:1
Пара 1 Произошел перевод в дополнительный или обратный код
Число №1:000000001100101
Число №2:000000001000100
Пара 2 Произошел сдвиг делитель до делимого
Число №1:000000001101011
Число №2:000000001101100

```

```

Такт: 5
Пара 0 Обновить результат
Результат: 1
Пара 1 Произошло деление
Число №1:000000001100101
Число №2:000000001000100
Результат:2
Пара 2 Произошел перевод в дополнительный или обратный код
Число №1:000000001101011
Число №2:000000001101100

Такт: 6
Пара 0 Обновить результат
Результат: 1
Пара 1 Обновить результат
Результат: 2
Пара 2 Произошло деление
Число №1:000000001101011
Число №2:000000001101100
Результат:3

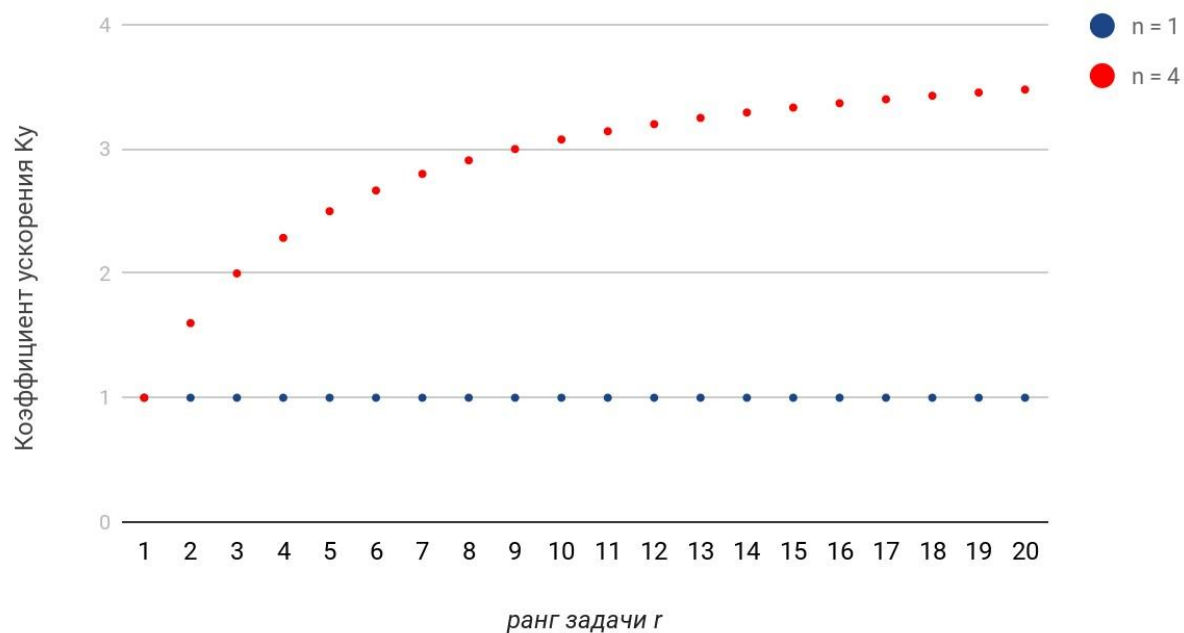
Пара 0 Результат 1 Время - 8
Пара 1 Результат 2 Время - 10
Пара 2 Результат 3 Время - 12

Process finished with exit code 0

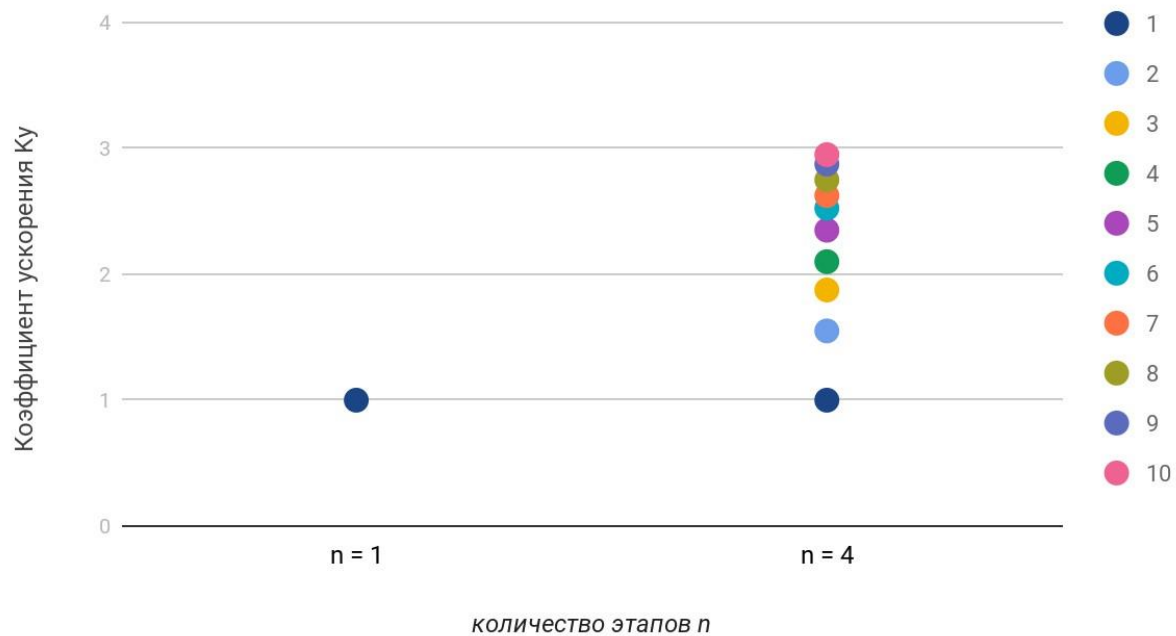
```

*Графики:*

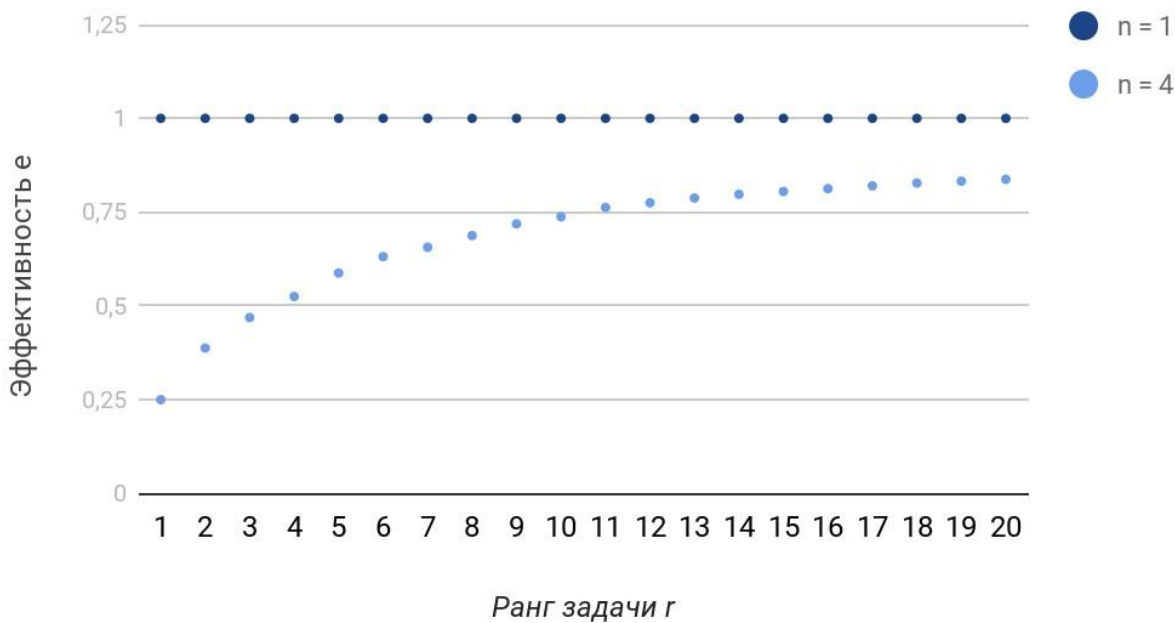
## Зависимость коэффициента ускорения $K_u$ от ранга задачи $r$



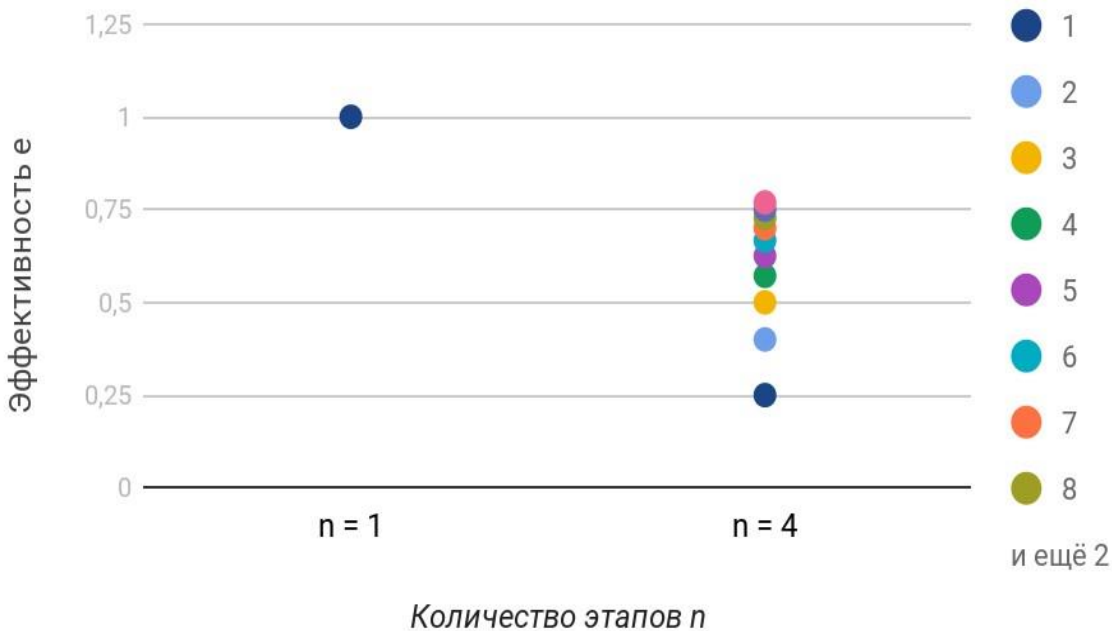
## Зависимость коэффициента ускорения $K_u$ от количества этапов $n$



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



# Зависимость эффективности $e$ от количества этапов $n$



## Вопросы

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

Имеются два исходных вектора шести разрядных чисел  $\langle 120, 101, 107 \rangle$  и  $\langle 70, 34, 27 \rangle$ . Первая пара деления: 120 и 70, вторая пара: 101 и 34, третья пара; 107 и 27.

Результат работы программы (Скриншоты представлены выше):

- a.  $120 / 70 = 1$  (остаток 50)
- b.  $101 / 34 = 2$  (остаток 33)
- c.  $107 / 27 = 3$  (остаток 26) Вывод:

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, вырастет коэффициент ускорения и эффективность, что видно из вышеприведенных графиков. При увеличении количества процессорных элементов, коэффициент ускорения увеличится, но упадет эффективность.

**4. Каково соотношение между параметрами  $n$ ,  $g$ ,  $m$ ,  $p$  модели сбалансированного конвейера?**

$m$  – задаётся пользователем

$$p = 8$$

$$n = 4 \cdot g$$

$$= n$$

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

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

b.  $n1 > n2$

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

Ответ:

$$\frac{r2}{r1} = \frac{n2 - 1}{n1 - 1} \rightarrow r1 > r2$$

**6. Дано:**

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

b.  $e_0$  – некоторое фиксированное значение эффективности.

Определить значение  $r_0$ , при котором выполняется  $e(n, r_0) > e_0$ ?  
(Получить формулу, затем подставить в неё значения параметров.)

$$e = \frac{Ky}{n} = \frac{T_{\#}}{T_{\$} * n}; n \in N;$$

\$

$$T_{\$} = 1 \quad t_{\%} + (r - 1)t'_{\%};$$

$$T_{\#} =$$

$$r - 1 \quad t_{\%}$$

$$\frac{n(\sum_{\% \& \#} r \sum_{\$ \% \& \#} t_{\%})}{n(\sum_{\% \& \#} r \sum_{\$ \% \& \#} t_{\%} + \& \# (r - t_{\%} - 1)t'_{\%})} > e^*$$

$$e(n, r) = \quad \$ \quad t_{\%} + (r - 1)t'_{\%}) \quad n(\sum_{\% \& \#}$$

\$

\$

$$r - 1 \quad t_{\%} > e^* n (1 \quad t_{\%} + (r - 1)t'_{\%})$$

\$

\$

$$r - 1 \quad t_{\%} > e^* n (1 \quad t_{\%} + e^* n r t'_{\%} - e^* n t'_{\%})$$

\$

\$

$$r - 1 \quad t_{\%} - e^* n r t'_{\%} > e^* n (1 \quad t_{\%} - e^* n t'_{\%})$$



$$r^* 1 \quad t_0 - e^{nr^* t_0} > e^{n 1} \quad t_0 - e^{n t_0}$$

$$r^* 81 \quad t_0 - e^{n t_0} > e^{n(1 \quad t_0 - t_0)}$$

Необходимо определить знак выражения:

$$1 \quad t_0 - t_0$$

$$\text{Если } \sum_{+ \& \#}^{\$} \quad t_0 - t_0 \geq 0, \text{ то } r^* > ,$$

$$\frac{! \$ (\sum_{\#}^{\$} \% \quad +\&/ \quad +_0 \quad )}{\sum_{\#}^{\$} \% \quad +\&/ \quad , ! \$ +_0}$$

$$\text{Если } \sum_{+ \& \#}^{\$} \quad t_0 - t_0 < 0, \text{ то } r^* < ! \sum_{\#}^{\$} \% + \&/ , ! \$ +_0$$

Значит, чтобы значение  $e$  было больше  $e_0$ , величина  $r$  должна находиться в интервале  $r \in (0; r_0)$ .

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

Ответ:

$$\text{Так как } e(n, r) = \frac{2 \sum_{\& \%}^{\$} + \&}{\frac{\$ (\sum_{\& \%}^{\$} + \&^3 (2 / \#) +_0 \quad )}{2 \sum_{\& \%}^{\$} + \&}} = \sum_{\& \% +_0 \quad + \&}^{\$ (\sum_{\& \%}^{\$} + \&^3 (2 / \#) +_0 \quad )}$$

8. Дан несбалансированный конвейер (использовать исходные данные предыдущего вопроса). Каким образом можно перестроить данный конвейер, чтобы для заданного  $r_0$  выполнялось  $e(n, r_0) > e_0$ ?

Ответ:

Изменить структуру конвейера так, чтобы число  $r$  принадлежало интервалу  $r \in (0; r_0)$ .

**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  $Ky(n,r)$ ,  $e(n,r)$ ?**

**Ответ:**

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

$N$  –Количество этапов.

**Вывод:**

В результате выполнения лабораторной работы была реализована модель сбалансированного конвейера для вычисления целочисленного частного пары 8-разрядных чисел делением без восстановления частичного остатка. Реализованная модель была проверена на работоспособность и правильность получаемых результатов. Данная модель позволяет ускорить процесс вычисления результата. 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.