

## Практическое занятие 3\_2022

### Тема: Организация функционирования конвейера

На занятии рассматриваются следующие вопросы:

1. Организация конвейера команд;
2. Анализ функционирования идеального конвейера при выполнении последовательности команд;
3. Определение типов конфликтов в конвейере;
4. Оптимизация последовательности команд с целью минимизации приостановок конвейера;
5. Определение времени выполнения действий в конвейере в условных машинных тактах;
6. Самостоятельное выполнение индивидуального задания.

### Теоретическое введение (общая схема выполнения задания)

Рассмотрим последовательность машинных команд для выполнения следующих вычислений:

...  
 $A = B + C$   
 $R = A + S$   
 $D = A * F$   
...

Пусть ступень EXE операции загрузки/записи занимает – 1 такт, аддитивных операций – 4 такта, мультипликативных – 6 тактов.

Последовательность машинных команд для реализации последовательности вычислений имеет вид:

...  
**LD R<sub>B</sub>, B**  
**LD R<sub>C</sub>, C**  
**ADD R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>**  
**LD R<sub>S</sub>, S**  
**ADD R<sub>R</sub>, R<sub>A</sub> R<sub>S</sub>**  
**SW R, R<sub>R</sub>**  
**LD R<sub>F</sub>, F** и т.д.  
...

Временная диаграмма работы конвейера для случая выполнения команд в указанном порядке:

N такта	<b>LD R<sub>B</sub>, B</b>	<b>LD R<sub>C</sub>, C</b>	<b>ADD R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub></b>	<b>LD R<sub>S</sub>, S</b>	<b>ADD R<sub>R</sub>, R<sub>A</sub>, R<sub>S</sub></b>	и т.д.
1	IF					
2	ID	IF	(конф.по данным)			
3	EX	ID	IF			
4	MEM	EX	ID	(струк.конф.)		
5	WB	MEM	STALL	STALL		
6		WB	EX	IF	(конф.по данным)	
7			EX	ID	IF	
8			EX	STALL	STALL	
9			EX	STALL	STALL	
10			MEM	EX	ID	
11			WB	MEM	STALL	

12		WB	EX
13			EX
14			EX
15			EX
16			MEM
17			WB
18			
19			
20		И т.д.	

Возникшие конфликты:

При выполнении последовательности команд в порядке их следования имеем конфликты:

1. **по данным**: запись после чтения (**RAW**) *указать для каких команд*
1. **структурные конфликты**, когда аппаратные средства не могут поддерживать все возможные комбинации команд в режиме одновременного выполнения с совмещением (в нашем случае, когда должна выполняться комбинация команд в режиме одновременного выполнения ступени EXE для различных команд *указать каких* в конвейере).

Определение  $CPI_1$  при выполнении последовательности команд:

$$CPI_1 = \dots / \dots$$

После оптимизации последовательности выполнения команд с целью минимизации приостановок конвейера временная диаграмма принимает вид:

N такта	LD R <sub>B</sub> , B	LD R <sub>C</sub> , C	LD R <sub>S</sub> , S	ADD R <sub>A</sub> , R <sub>B</sub> , R <sub>C</sub>	LD R <sub>F</sub> , F	ADD R <sub>R</sub> , R <sub>A</sub> , R <sub>S</sub>
1	IF					
2	ID	IF				
3	EX	ID	IF			
4	MEM	EX	ID	IF	(струк.)	
5	WB	MEM	EX	ID	IF	
6		WB	MEM	EX	ID	IF
7			WB	EX	STALL	STALL
8				EX	STALL	STALL
9				EX	STALL	STALL
10				MEM	EX	ID
11				WB	MEM	EX
12					WB	EX
13						EX
14						EX
15						MEM
16						WB
17						
18						И т.д.
19						
20						
21						

Определение  $CPI_2$  при выполнении оптимизированной последовательности:

$$CPI_2 = \dots / \dots$$

Сравнение  $CPI_1$  и  $CPI_2$ :

Вывод: За счет оптимизации последовательности команд выигрыш составил  $\dots$  такта (тактов).

### Индивидуальные задания для домашнего выполнения по вариантам:

1. Приведите последовательность машинных команд для выполнения следующих вычислений:

...

...

2. Проанализируйте процесс выполнения вычислений в конвейерном процессоре, при условии, что операции загрузки/записи занимают **один условный машинный такт**, аддитивные операции - **четыре условных машинных такта**, а мультипликативные - **шесть машинных такта**.

3. Изобразите **1-ую временную диаграмму** работы конвейера для случая выполнения команд в заданном порядке без наличия аппаратных возможностей реализации техники "обходов"; определите  $CPI_1$

4. Изобразите **2-ую временную диаграмму** работы конвейера с аппаратными средствами, поддерживающими технику "обходов"; покажите стрелками, где конкретно, между какими командами можно воспользоваться техникой **пересылки или продвижением данных**;

5. Укажите возможные структурные конфликты и конфликты по данным; определите  $CPI_2$

6. Оптимизируйте последовательность выполнения команд с целью минимизации приостановок конвейера и изобразите **3-ю временную диаграмму**; определите  $CPI_3$

7. Сравните  $CPI_1$ ,  $CPI_2$  и  $CPI_3$

#### Вариант 1

...

$$A = B + C$$

$$R = A * F$$

$$D = C - F$$

$$S = R - D$$

...

#### Вариант 2

...

$$A = B * C$$

$$R = A - S$$

$$D = R + F$$

$$Q = D * A$$

...

#### Вариант 3

...

$$A = B + C$$

$$D = E * B$$

$$Q = A + D$$

$$H = D - S$$

...

#### Вариант 4

...

$$A = B + C$$

$$R = A * S$$

$$D = R - F$$

$$S = A + D$$

...

#### Вариант 5

...

$$A = B + C$$

$$R = B * A$$

$$D = C - F$$

$$S = R - D$$

...

#### Вариант 6

...

$$A = B + C$$

$$R = A * B$$

$$D = R * F$$

$$S = R - D$$

...

**Вариант 7**

...  
 $A = B - C$   
 $R = A * S$   
 $D = C * C$   
 $S = R + D$   
...

**Вариант 8**

...  
 $A = B + C$   
 $R = A - S$   
 $D = C * R$   
 $E = A - D$   
...

**Вариант 9**

...  
 $A = B * C$   
 $R = A * A$   
 $D = C - F$   
 $S = R - D$   
...

**Вариант 10**

...  
 $A = B + C$   
 $R = B * B$   
 $D = C - A$   
 $S = R - D$   
...

**Вариант 11**

...  
 $A = A + C$   
 $R = B * A$   
 $D = R - A$   
 $S = R + D$   
...

**Вариант 12**

...  
 $A = B + B$   
 $R = A * A$   
 $D = C - F$   
 $S = R * D$   
...

**Вариант 13**

...  
 $A = B + C$   
 $R = A - S$   
 $D = A * F$   
 $S = R - A$   
...

**Вариант 14**

...  
 $A = B + A$   
 $F = A * A$   
 $D = C - A$   
 $S = F - D$   
...

**Вариант 15**

...  
 $A = B + C$   
 $R = A * B$   
 $D = C - A$   
 $S = R * D$   
...

**Вариант 16**

...  
 $A = B + C$   
 $S = A * S$   
 $D = C - A$   
 $E = S * D$   
...

**Вариант 17**

...  
 $A = B + C$   
 $D = A * S$   
 $E = A - F$   
 $S = D * D$   
...

**Вариант 18**

...  
 $A = B + C$   
 $R = A * A$   
 $D = R * F$   
 $S = R - D$   
...

**Вариант 19**

...  
 $A = B * C$   
 $S = B + S$   
 $D = C / A$   
 $E = S + A$   
...

**Вариант 20**

...  
 $A = B + C$   
 $D = A - S$   
 $E = A * C$   
 $S = D + D$   
...

**Вариант 21**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B * C \\ & R = A + A \\ & D = T * R \\ & S = R + D \end{aligned}$$

**Вариант 22**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = A + C \\ & D = F - S \\ & E = A * C \\ & S = A + D \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 23**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B + C \\ & D = A - S \\ & E = A * C \\ & S = D + D \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 24**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B * A \\ & D = B - S \\ & E = A * C \\ & S = A + E \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 25**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B - C \\ & D = A * S \\ & E = A - C \\ & S = D + A \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 26**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B + C \\ & D = C * S \\ & E = A + S \\ & S = D * D \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 27**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B / C \\ & R = A * A \\ & D = T + R \\ & S = R + D \end{aligned}$$

**Вариант 28**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = A / C \\ & D = F - S \\ & E = S + C \\ & S = A * D \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 29**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B + A \\ & F = A * A \\ & D = C / B \\ & S = F - D \\ & \dots \end{aligned}$$

**Вариант 30**

$$\begin{aligned} & \dots \\ & A = B / C \\ & S = B * S \\ & D = C - A \\ & E = S + D \\ & \dots \end{aligned}$$