

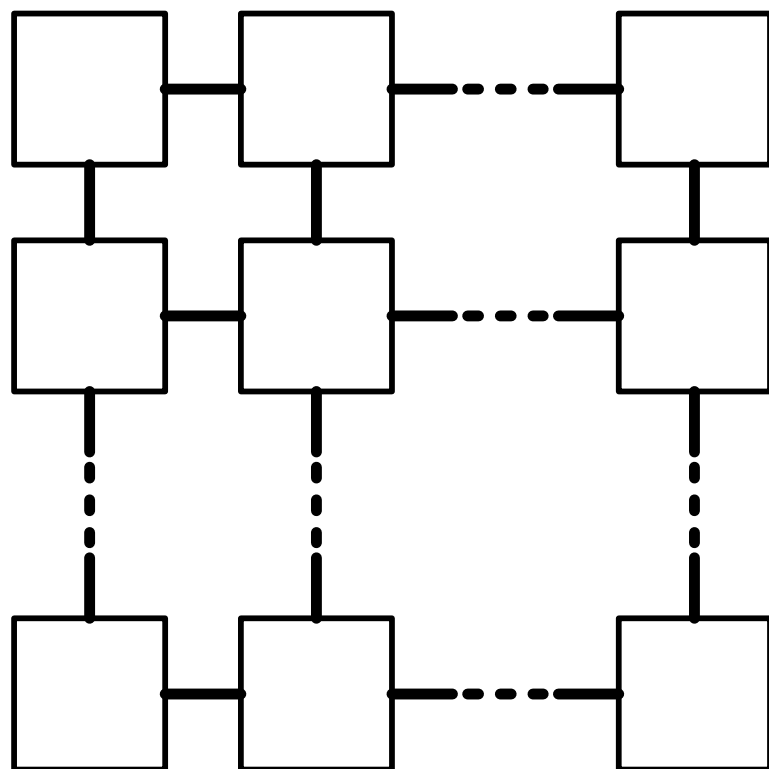
Ватутин Э.И.

Курский государственный технический университет

**Проблема оценки  
интенсивности межблочного  
взаимодействия в задаче  
нахождения субоптимальных  
разбиений параллельных  
управляющих алгоритмов**

Белгород, 2006

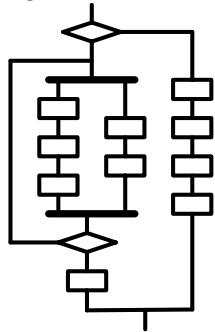
# Перспективы использования микроконтроллерных сетей



Реализуют параллельные управляющие алгоритмы для управления некоторым объектом (спецпроцессоры – сопроцессоры или акселераторы; производственные объекты – автоматизированные сборочные ячейки, станки)

# Объект управления и система логического управления

Параллельный алгоритм логического управления



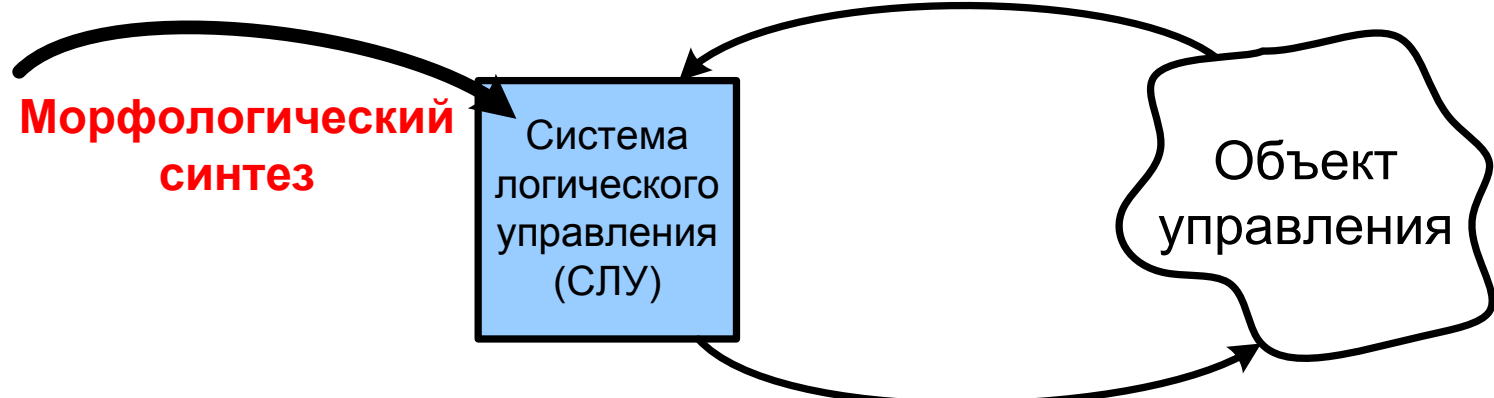
**Морфологический синтез**


Система логического управления (СЛУ)

Сигналы логических условий  
 $X = x_1, x_2, \dots, x_N$

Объект управления

Микрооперации  
 $Y = y_1, y_2, \dots, y_M$





# Построение разбиений параллельных управляющих алгоритмов

Методы построения разбиений:

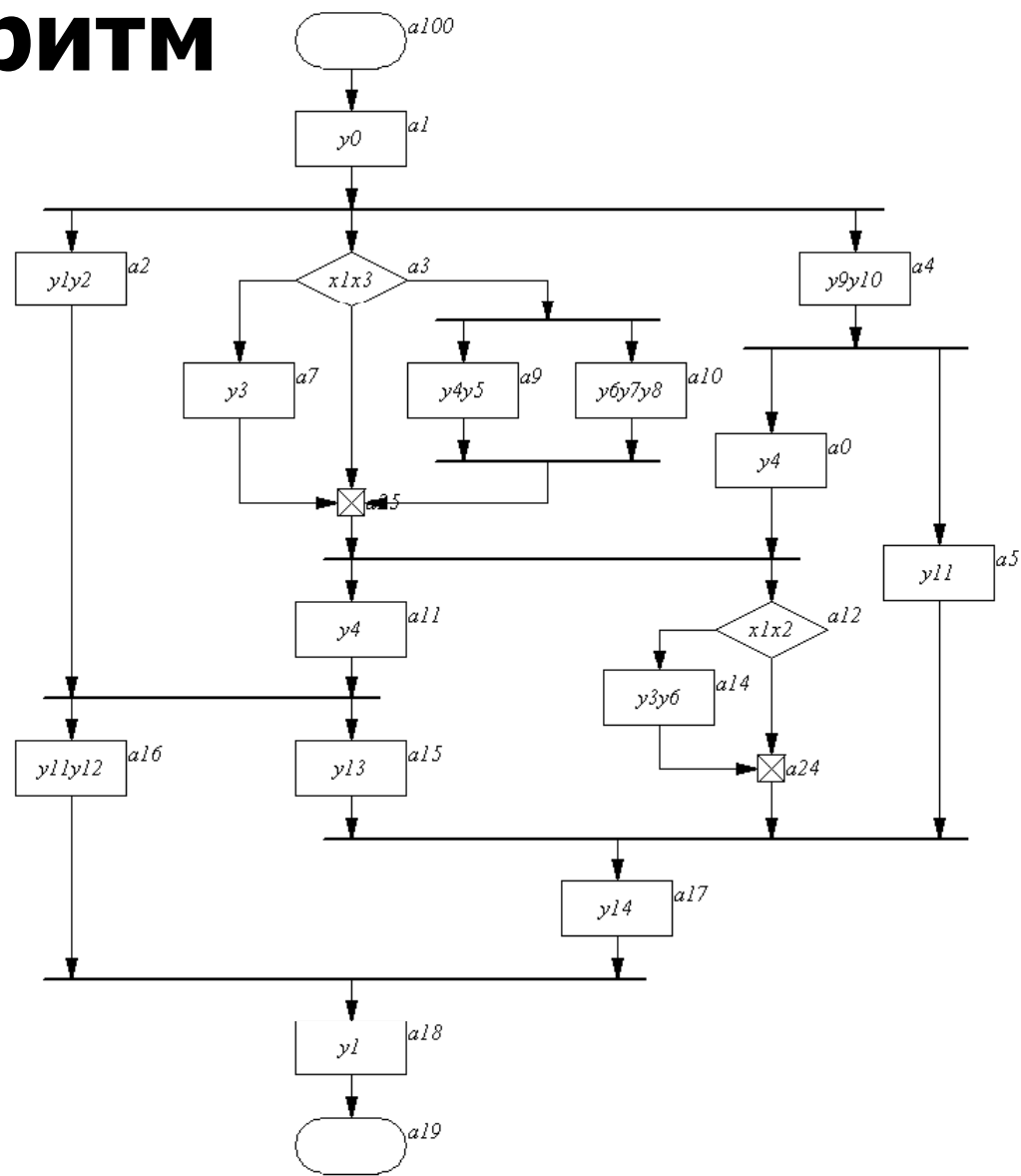
- **полного перебора** (NP-полнота задачи);
- **случайного перебора**;
- **метод С.И. Баранова**;
- **метод А.Д. Закревского**;
- **параллельно-последовательный метод (Зотова-Ватутина).**

Качество решений, временные и емкостные сложности рассматриваемых методов существенно различны.

# Оптимизируемые критерии

Название метода	Критерии сравнения					
	Количество блоков (подалгоритмов)	Распределение микроопераций	Распределение логических условий	Сложность сети межблочных связей	Интенсивность межблочных взаимодействий	Время построения разбиения
<b>Параллельно-последовательный</b>	+	+	+	+	+	30 мс
С.И. Баранова	-	+	+	-	-	0,035 мс
А.Д. Закревского	+	-	-	-	-	7 мс
Случайного перебора	+	+	+	+	+	~
<b>Полного перебора</b>	+	+	+	+	+	$10^2 - 10^3$ с

# Пример построения разбиения: исходный алгоритм



# Пример построения разбиения: разбиение

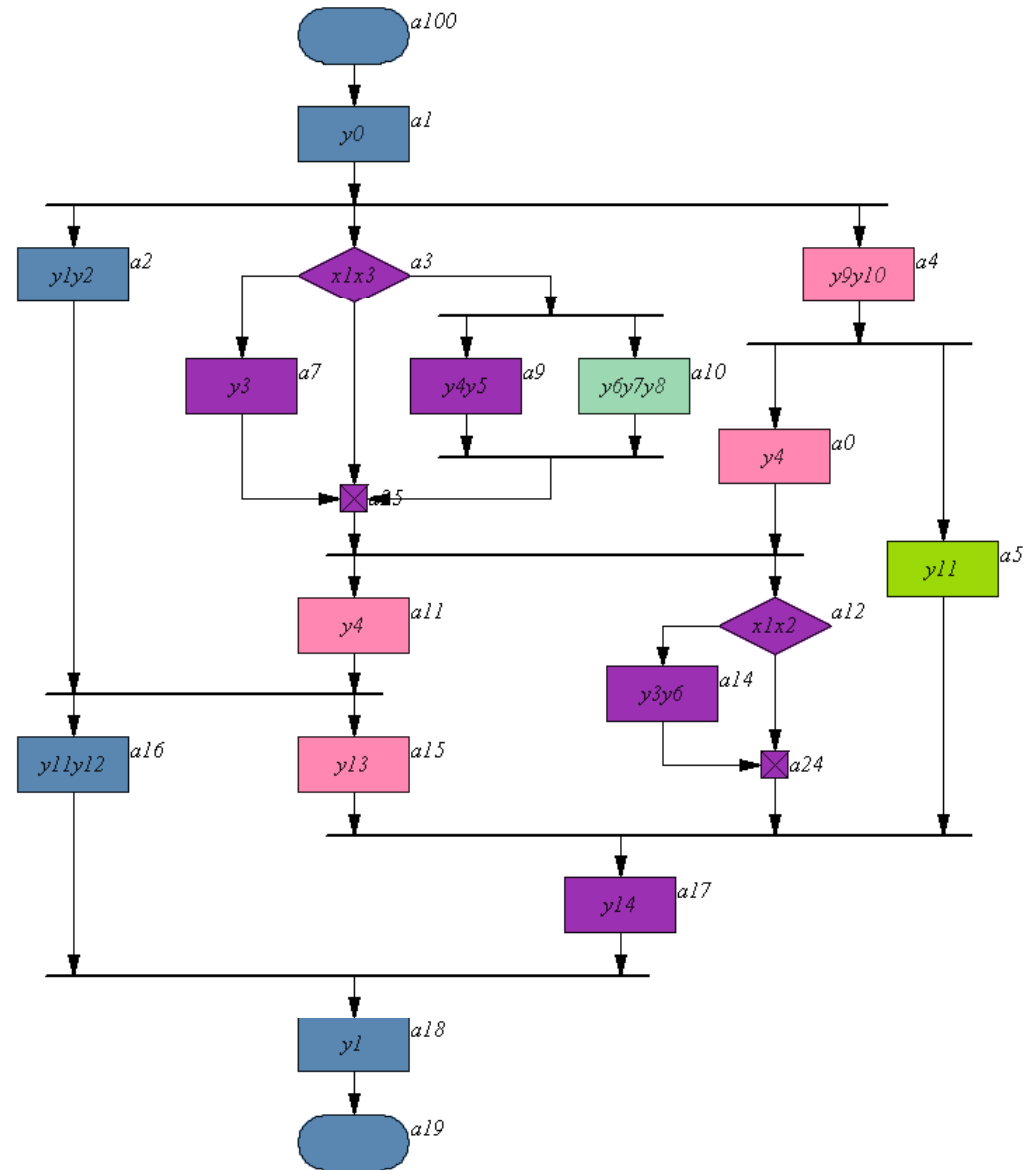
Параметры разбиения:  
 $N=5$   $X\_dbl=0$   $Y\_dbl=3$

$\alpha = 11$   $\delta = 16,8$

Просмотр разбиения - Параллельно-последовательный метод (PSM.dll)				
№	Состав	Микрооперации	Логические условия	Вес
1	{a0,a4,a11,a15}	{y4,y9,y10,y13}	{}	4
2	{a1,a2,a16,a18,a19,a100}	{y0,y1,y2,y11,y12}	{}	4
3	{a5}	{y11}	{}	1
4	{a3,a7,a9,a12,a14,a17,a24,a25}	{y3,y4,y5,y6,y14}	{x1,x2,x3}	6
5	{a10}	{y6,y7,y8}	{}	1

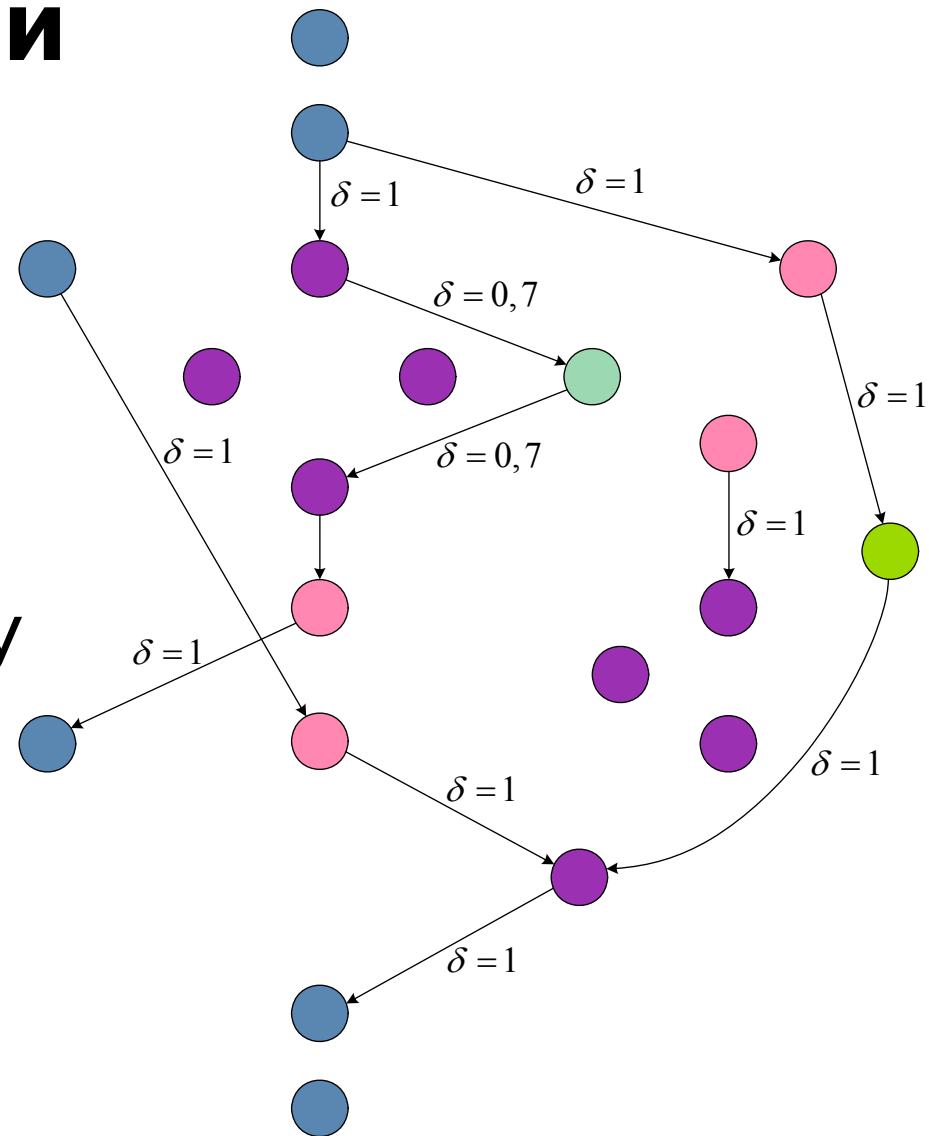
  

Корректность разбиения:	Корректно
Число блоков [подалгоритмов]:	5 / 5      1.000
Повторяющихся логических сигналов:	0 / 3      0.000
Повторяющихся микроопераций:	3 / 15      0.060
Разность алгоритмов по сложности:	5      0.025
Сложность сети межблочных связей:	11 / 20      0.330
Интенсивность межблочного взаимодействия:	16.800 / 31.900      0.316
Время построения разбиения:	111056707 тактов, 130.976 мс
Значение оценочной функции:	1.731



# Дуги передачи управления между модулями

Создают межмикроконтроллерный трафик передачи управления, что может быть одной из причин ограничения быстродействия СЛУ (СЛУ с шинной топологией). Необходимо минимизировать величину трафика!



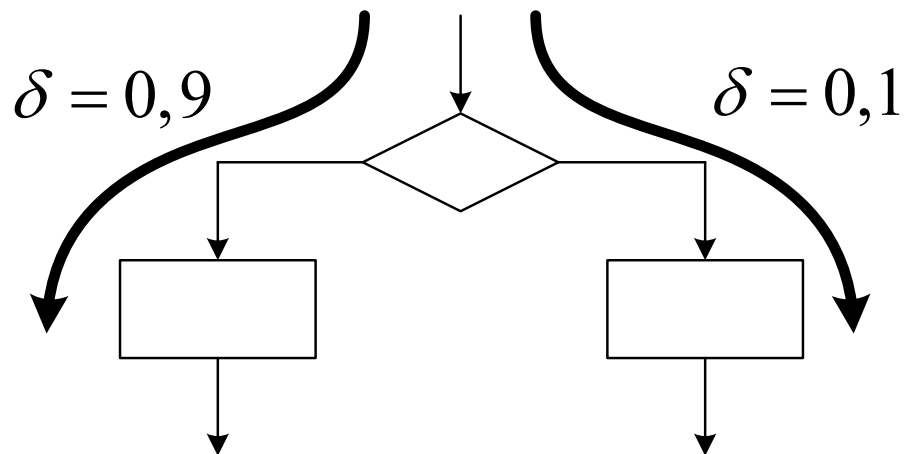




# Способы подсчета трафика: способ 1 – сумма интенсивностей

$$Z_2^* = \sum_{i=1}^{H-1} \sum_{j=i+1}^H \sum_{k=1}^{n_{ij}} \delta_k (A_i, A_j)$$

# Недостатки способа 1: завышенная оценка трафика



$$Z_2^* = 0,1 + 0,9 = 1$$

Завышенная оценка!

$$Z_2 = \max(0,1, 0,9) = 0,9$$

Правильно?

Необходимо введение понятия совместимости дуг...

## Способ 2: разделение дуг на 2 подмножества (совместимые и несовместимые)

$$D_{\text{совм}} \cup D_{\text{несовм}} = \tilde{V}$$

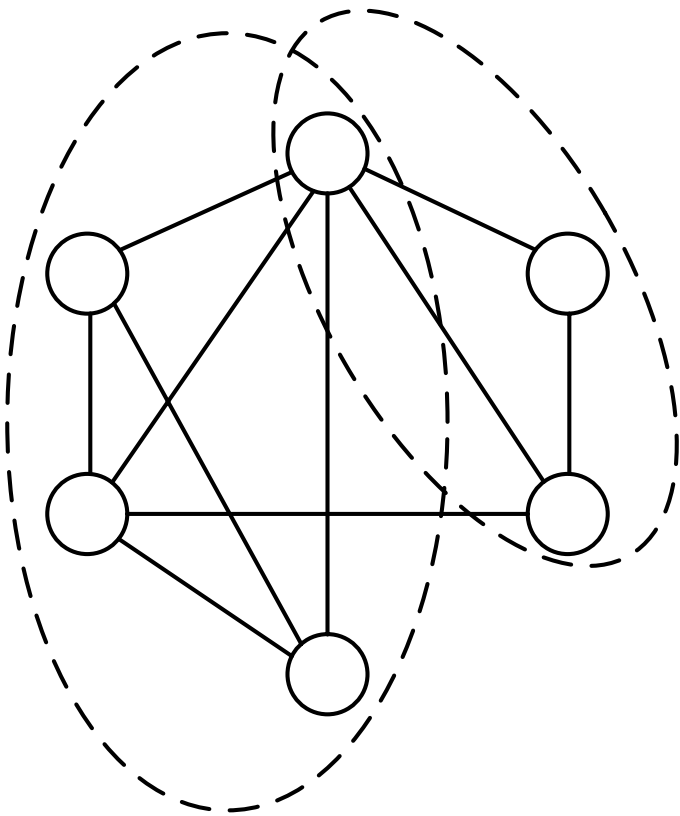
$$D_{\text{совм}} \cap D_{\text{несовм}} = \emptyset$$

$$Z_2^{**} = \sum_{v_i \in D_{\text{совм}}} \delta(v_i) + \max_{v_j \in D_{\text{несовм}}} \delta(v_j)$$

Однозначное разделение множества дуг на совместимые и несовместимые невозможно!

Необходимо выделение подмножеств совместимых дуг...

# Способ 3: выделение подмножеств совместимых дуг на отношении совместимости



$$\delta_k \left( D_{\text{COBM}}^k \right) = \sum_{v_i \in D_{\text{COBM}}^k} \delta(v_i)$$

$$Z_2^{***} = \max_{k=1, M} \delta_k \left( D_{\text{COBM}}^k \right)$$


## Недостатки способа 3

- задача выделения полносвязных подграфов (клик) относится к классу NP-полных (подмножество из 16 дуг обрабатывается ~40 секунд, при увеличении количества дуг наблюдается стремительный рост времени нахождения оценки);
- отражает пиковую, а не среднюю нагрузку на подсистему передачи управления. Вариант решения – использование взвешенной суммы:

$$Z_2 = \sum_{k=1}^M \delta_k \left( D_{\text{COBM}}^k \right) p_k \left( D_{\text{COBM}}^k \right)$$

Значения вероятностей появления подмножеств на практике априорно не определены...

Моделирование процесса выполнения алгоритма?



# Моделирование процесса выполнения алгоритма сетью Петри

Сколько тактов занимает исполнение операторных и условных вершин?

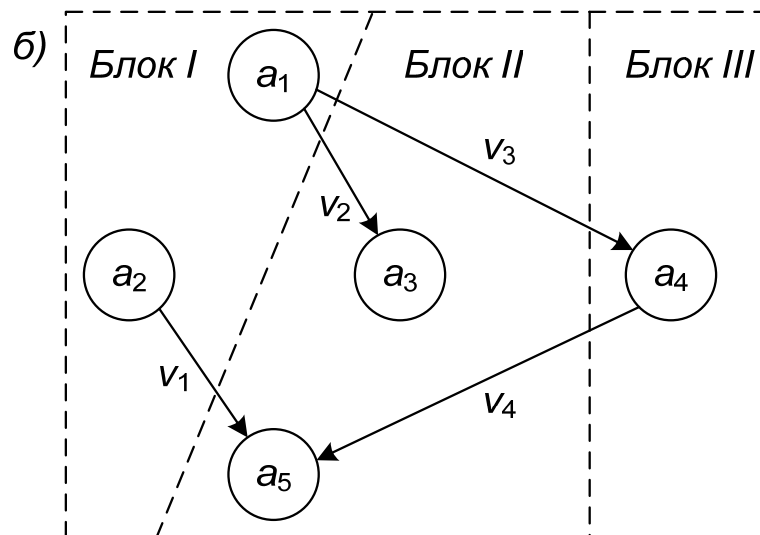
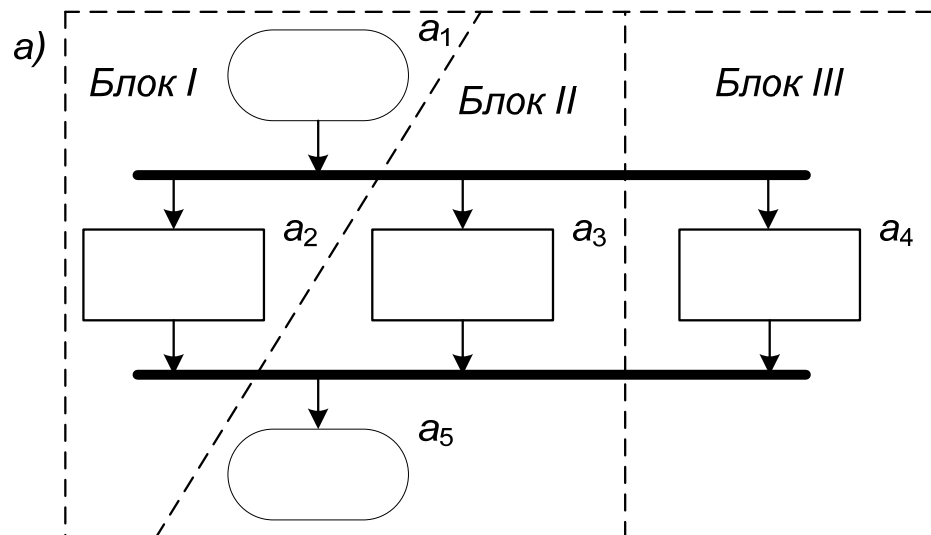
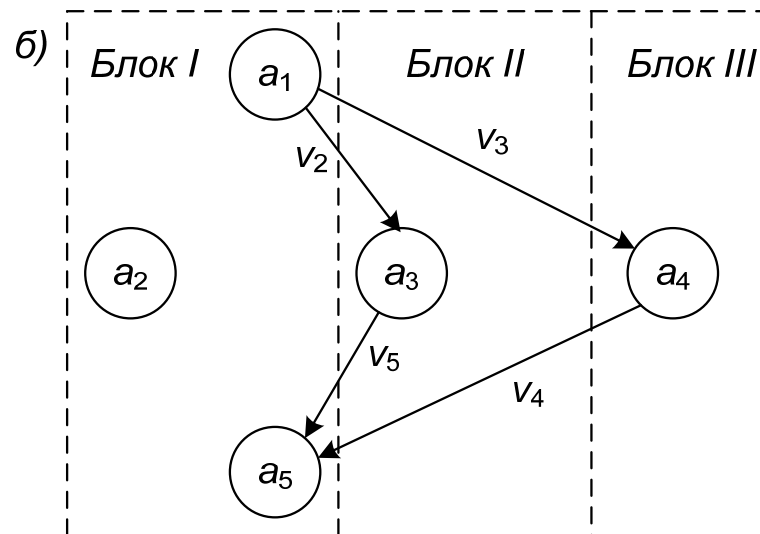
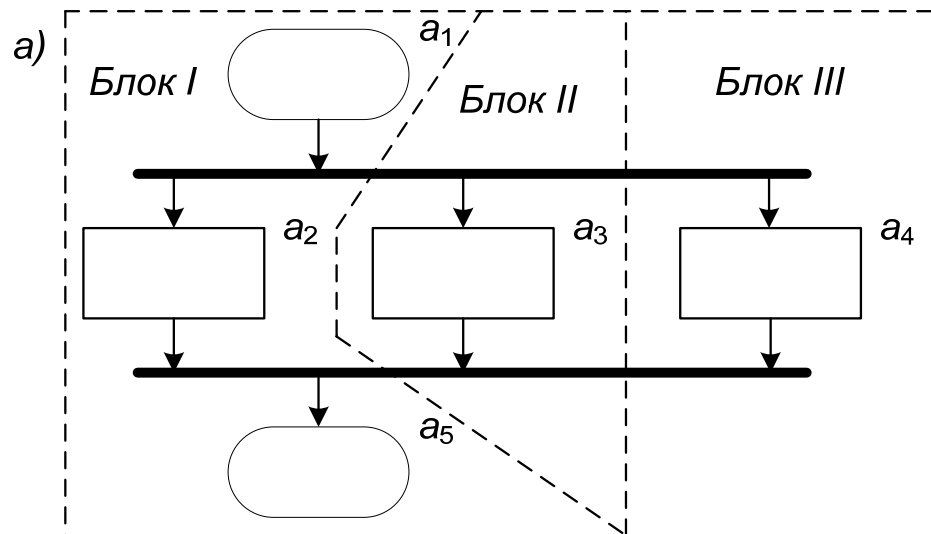
Как реализуются механизмы синхронизации?

Сколько тактов уходит на передачу управления между модулями?

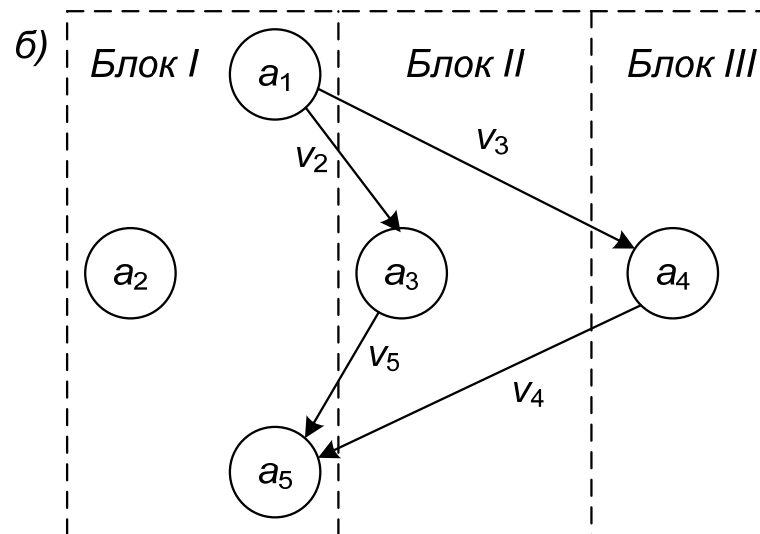
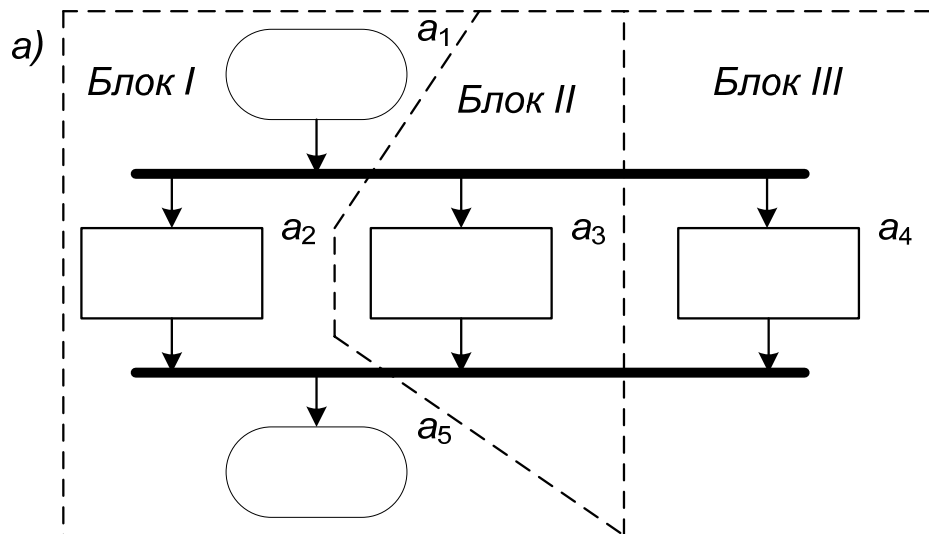
Как реализуется подобная передача?

- необходимо неоднократное моделирование процесса выполнения алгоритма - значительные временные затраты (особенно при наличии в алгоритме вложенных циклов);
- задача моделирования процесса выполнения алгоритма может оказаться сложнее исходной задачи по нахождению разбиения как в вычислительном плане, так и в плане трудоемкости реализации.

# Пример: 2 разбиения



# Оценка интенсивности разбиения 1



$$\delta(v_i) = 1$$

$$Z_2^* = 4$$

$$\{v_2, v_3\}$$

$$\{v_2, v_4\}$$

$$\{v_5, v_3\}$$

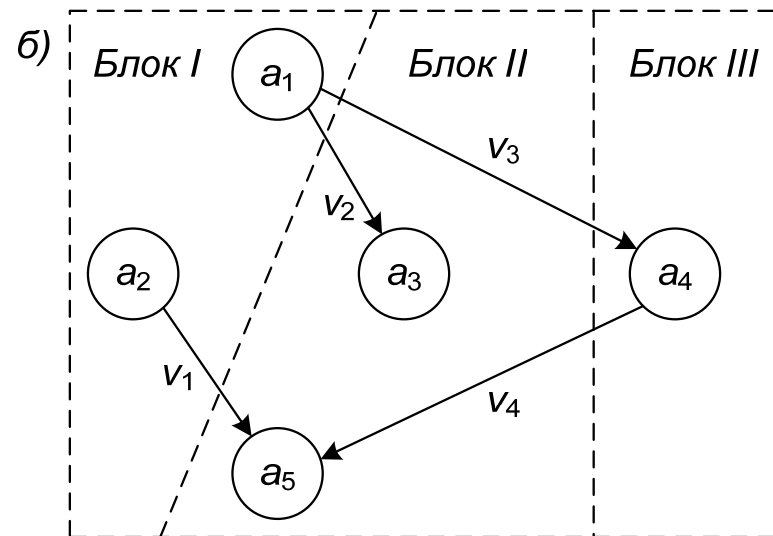
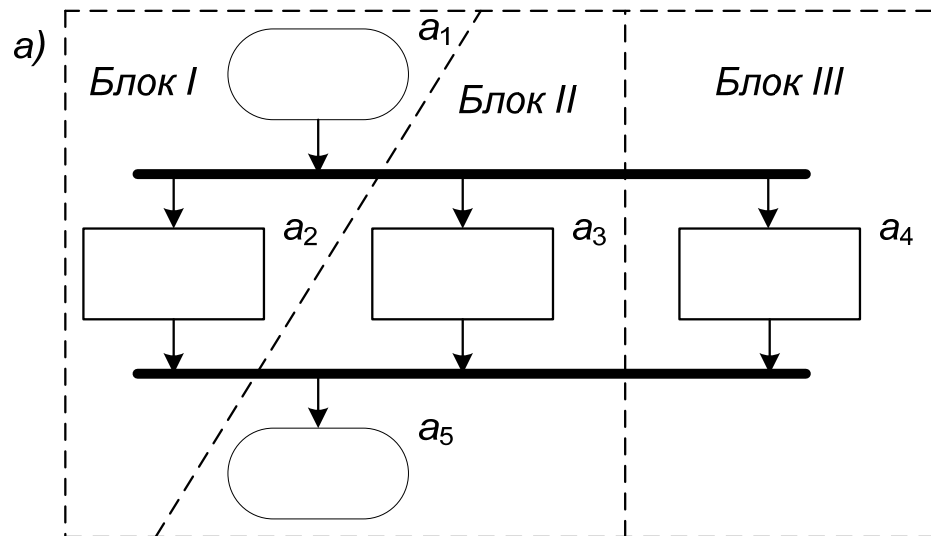
$$\{v_5, v_4\}$$

$$Z_2^{***} = \max(2, 2, 2, 2) = 2$$



# Оценка интенсивности разбиения 2

$$\delta(v_i) = 1 \quad Z_2^* = 4 \quad \begin{matrix} \{v_1, v_2, v_3\} \\ \{v_1, v_2, v_4\} \end{matrix} \quad Z_2^{***} = \max(3, 3) = 3$$





# Выводы

Получение точной аналитической оценки интенсивности межблочного взаимодействия, в должной мере отражающей поведение реальной системы управления, невозможно для реальных алгоритмов управления размерностью более 10–15 вершин.

Для алгоритмов большей размерности остается возможность использовать способ 1, дающий завышенную оценку...



**Доклад окончен.  
Спасибо за внимание**