Операционные системы

Процессы и потоки. Взаимоблокировки. Планирование.

Взаимоблокировки

1. ЧТО?
2. ГДЕ?
3. КОГДА?

Ресурсы

1. Выгружаемые
2. Невыгружаемые

ХОРОШИЙ КОД

ПРОГРАММА 1

Lock(resource1)

Lock(resource2)

<ACTIONS1…>

UNLOCK(resource1)

UNLOCK(resource2)

ПРОГРАММА 2

Lock(resource1)

Lock(resource2)

<ACTIONS2…>

UNLOCK(resource1)

UNLOCK(resource2)

⚠ ОПАСНЫЙ КОД ⚠

ПРОГРАММА 1

Lock(resource1)

Lock(resource2)

<ACTIONS1…>

UNLOCK(resource1)

UNLOCK(resource2)

ПРОГРАММА 2

Lock(resource2)

Lock(resource1)

<ACTIONS2…>

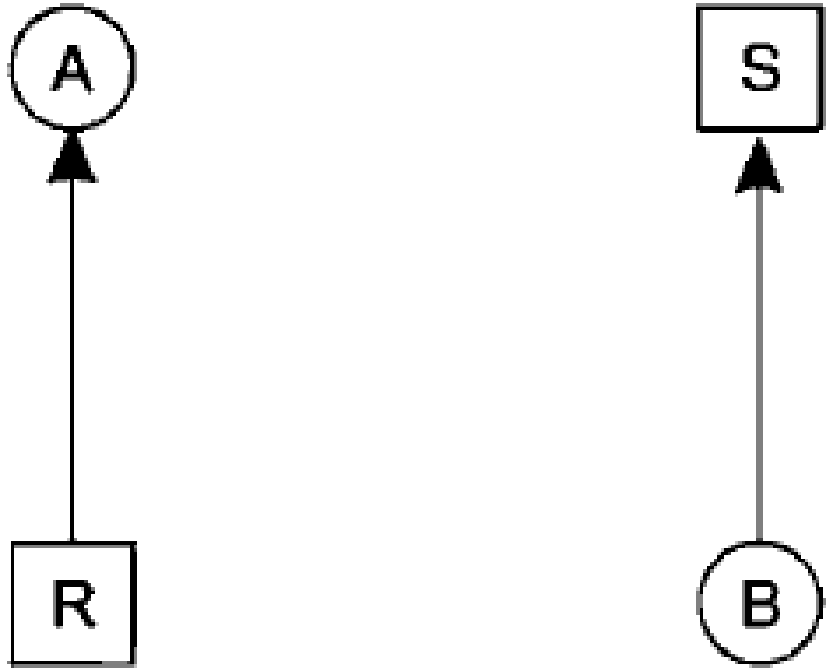
UNLOCK(resource1)

UNLOCK(resource2)

Условия возникновения взаимоблокировок

1. Условие взаимного исключения
2. Условие удержания и ожидания
3. Условие невыгружаемости
4. Условие циклического ожидания

Моделирование взаимоблокировок



2 процесса (нет взаимоблокировки)

Процесс P1

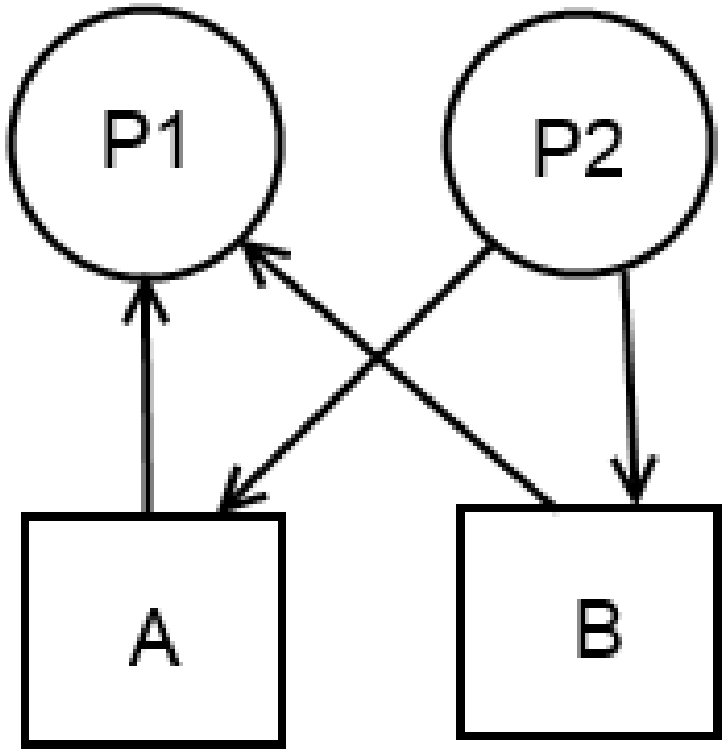
а) Запрошен ресурс A

б) Запрошен ресурс B

Процесс P2

а) Запрошен ресурс A

б) Запрошен ресурс B



2 процесса (взаимоблокировка!)

Процесс P1

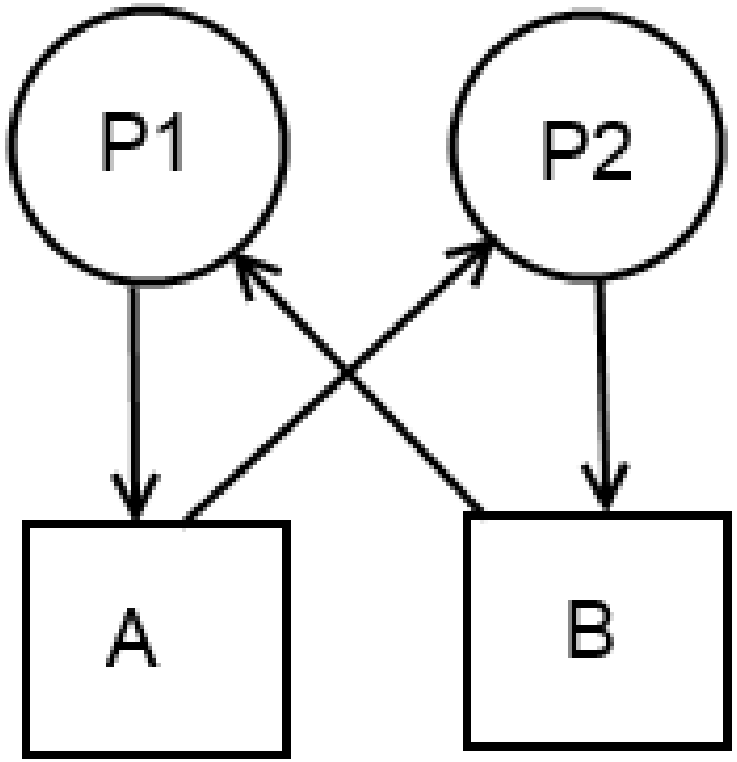
а) Запрошен ресурс B

б) Запрошен ресурс A

Процесс P2

а) Запрошен ресурс A

б) Запрошен ресурс B



Способы борьбы со взаимоблокировками

1. Игнорирование
2. Обнаружение и восстановление
3. Динамическое уклонение
4. Предотвращение за счет подавления условий взаимоблокировок

Игнорирование

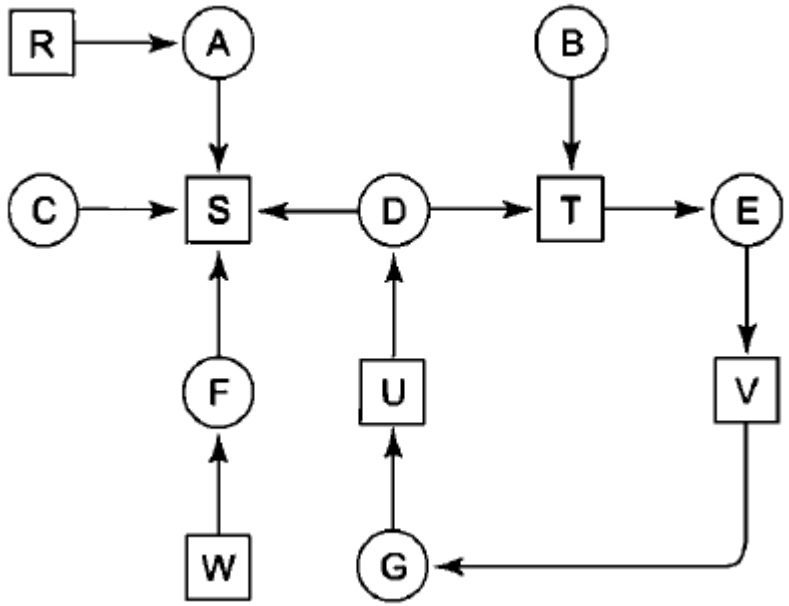
1. Самое простое
2. Может быть принято из статистических наблюдений
3. Не «математическое решение»

Обнаружить и восстановить!

1. Обнаружение
2. Восстановление работоспособности

Обнаружение при использование одного типа ресурса

1. Выбираем произвольную вершину графа
2. Производим обход в ширину
3. Если при обходе встретилась какая-то вершина дважды, то цикл есть



Обнаружение при использование ресурсов разных типов

A – вектор доступных ресурсов

E – вектор существующих ресурсов

C – матрица текущего распределения

R – матрица запросов

m – количество ресурсов

n – количество процессов

$$\sum_{i=1}^{n} C_{ij} + A_j = E_j$$

Накопители на магнитной ленте | Плоттеры | Сканеры | Компакт-диски

$E = (4 \quad 2 \quad 3 \quad 1)$

Накопители на магнитной ленте | Плоттеры | Сканеры | Компакт-диски

$A = (2 \quad 1 \quad 0 \quad 0)$

Матрица текущего распределения

$$C = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 \end{bmatrix}$$

Матрица запросов

$$R = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

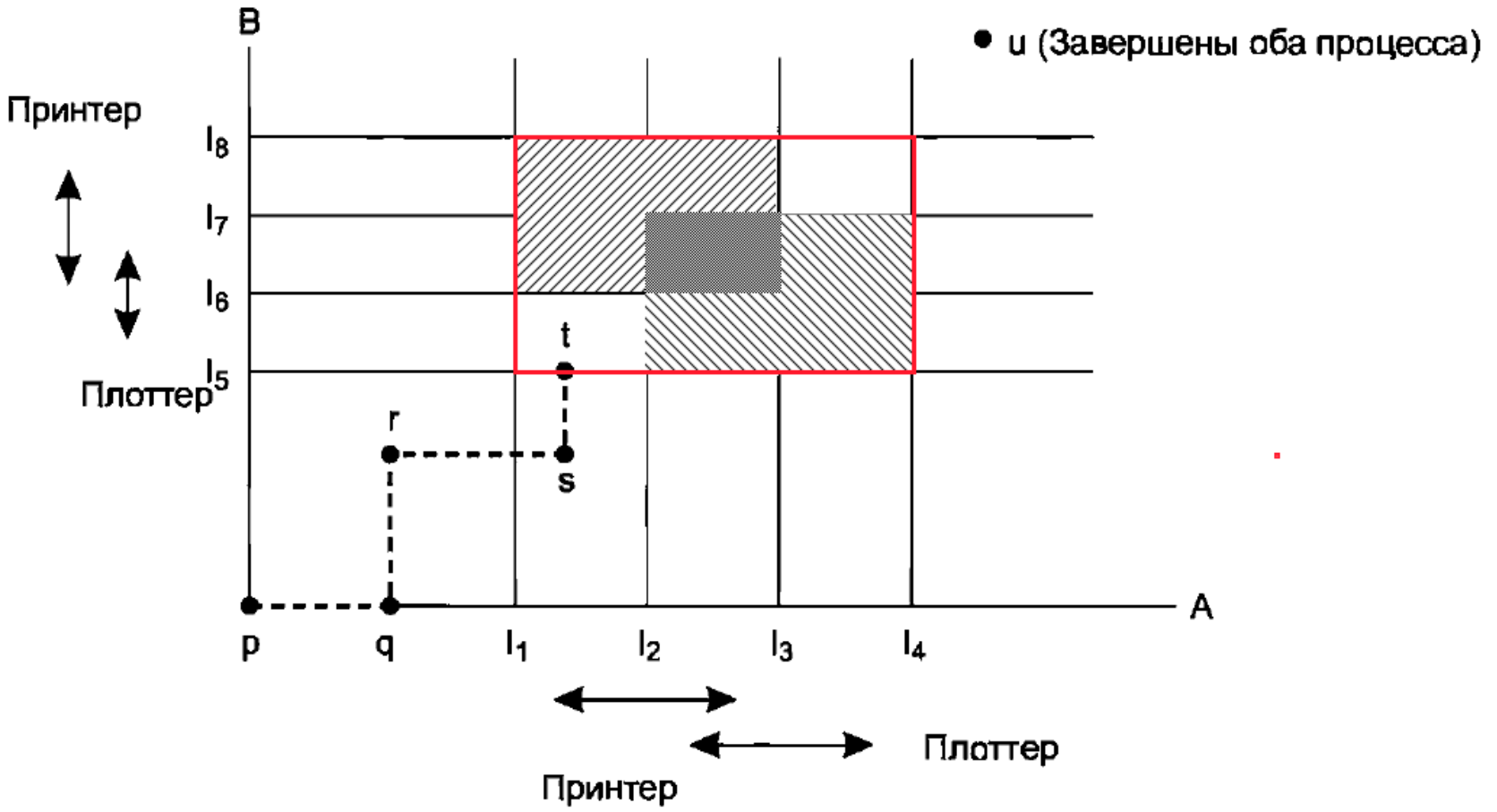
Восстановление

1. За счет приоритетного овладения ресурса
2. Rollback
3. Уничтожение процесса

Уклонение от взаимоблокировок

1. Траектория ресурса
2. Поддержание безопасного состояния

Траектория ресурса



Безопасное и небезопасное состояние (Алгоритм банкира)

	Имеет	Max
A	0	6
B	0	5
C	0	4
D	0	7

Свободно: 10

	Имеет	Max
A	1	6
B	1	5
C	2	4
D	4	7

Свободно: 2

	Имеет	Max
A	1	6
B	2	5
C	2	4
D	4	7

Свободно: 1

Алгоритм банкира (несколько типов ресурсов)

Процесс	Накопители на магнитных дисках	Плоттеры	Сканеры	Устройства для чтения компакт-дисков
A	3	0	1	1
B	0	1	0	0
C	1	1	1	0
D	1	1	0	1
E	0	0	0	0

Распределенные ресурсы

Процесс	Накопители на магнитных дисках	Плоттеры	Сканеры	Устройства для чтения компакт-дисков
A	1	1	0	0
B	0	1	1	2
C	3	1	0	0
D	0	0	1	0
E	2	1	1	0

Ресурсы, которые еще нужны

E = (6342)
P = (5322)
A = (1020)

Предотвращение взаимоблокировки

Нарушаем «абсолютность» одного из следующих условий:

1. Условие взаимного исключения
2. Условие удержания и ожидания
3. Условие невыгружаемости
4. Условие циклического ожидания

Блокировки

1. Оптимистические ☺
2. Пессимистические ☹
   Двухфазная блокировка
3. При обмене данными
4. Активные
5. Зависание (НЕ БЛОКИРОВКА!!!)

Планирование процессов

1. ЧТО?
2. ЗАЧЕМ?
3. КОГДА?

Виды процессов

1. Ограниченные скоростью вычислений
2. Ограниченные скоростью работы устройств ввода-вывода

Когда планировать

1. Когда процессор стартует
2. Когда процесс завершается
3. Когда процесс блокируется
4. Когда происходит прерывание ввода-вывода

Задачи при планировании процессов

1. Все системы
   - Равнодоступность
   - Баланс
2. Пакетные системы
   - Производительность
   - Оборотное время
   - Максимальное использование центрального процессора

Виды планирования процессов

3. Интерактивные системы
   - Время отклика
   - Пропорциональность
4. Системы реального времени
   - Соблюдение предельных сроков
   - Предсказуемость
5. Мультипроцессорные системы

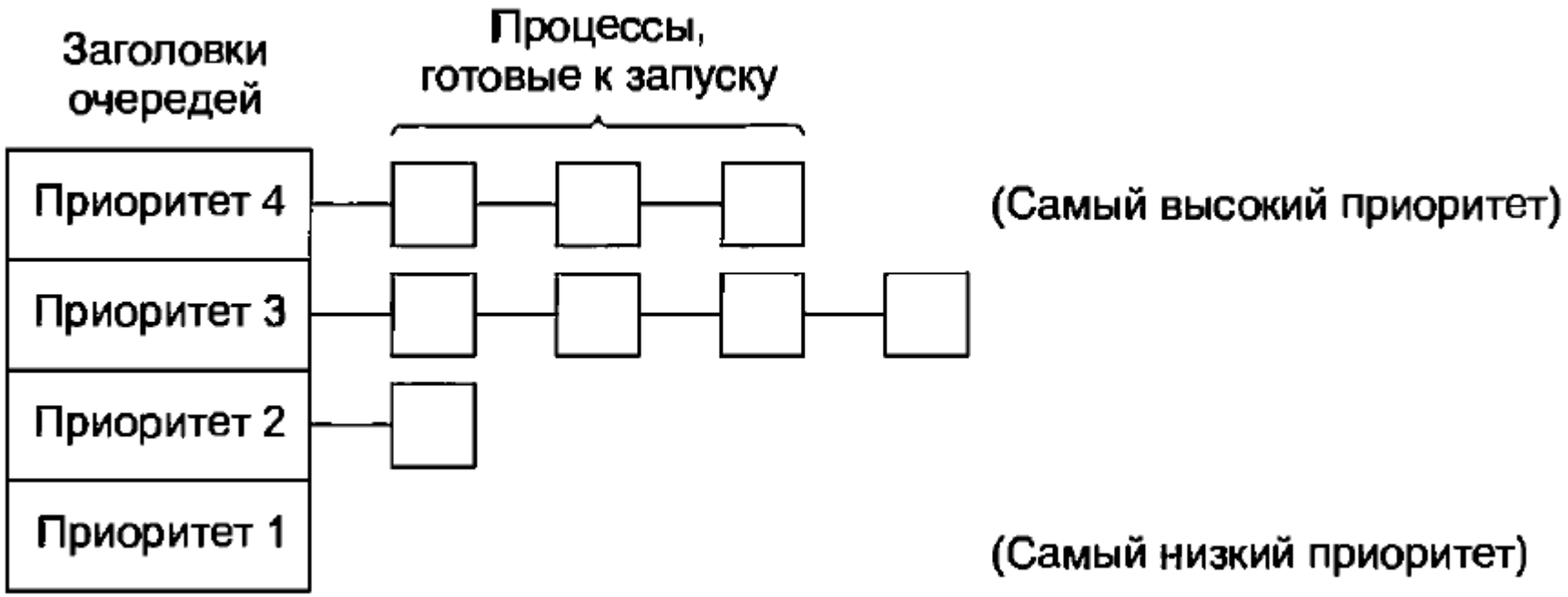
Планирование в пакетных системах

1. Первым пришел-первым вышел
2. Первое – самое короткое задание
3. Выполнение по приоритету наименьшего времени

Планирование в интерактивных системах

1. Циклическое планирование
2. Приоритетное планирование
3. Использование нескольких очередей
4. Выбор следующего самого короткого процесса
5. Гарантированное планирование
6. Лотерейное планирование
7. Справедливое планирование

Использование нескольких очередей



Выбор следующего самого короткого

1. Вопрос в метрике определения самого короткого
2. Можно использовать
   - (T1 + … + TN)/N
3. Можно использовать
   - T0
   - T0/2 + T1/2
   - T0/4 + T1/4 + T2/2
   - T0/8 + T1/8 + T2/4 + T3/2

Гарантированное планирование

1. Каждому дается K = X/N времени
   - X – суммарное время работы процессора
   - N – количество процессоров
2. Для каждого процесса высчитывается M = U/K
   - U – использованное время процессом
3. Когда наступает момент выбора следующего процесса, то выбирается тот, кто имеет минимальное M
4. Время работы процесса определяется пока его M не превысила M ближайшего конкурента

Лотерейное планирование

1. У i-го процесса есть K_i лотерейных билетов
2. Сумма всех лотерейных билетов $K = \sum_1^N K_i$
3. При выдаче кванта времени выбирается случайно один билет
4. Билеты процессы могут передавать между собой

Справедливое планирование

1. Если система становится многопользовательской
2. Комбинирование предыдущих методов планирования + разбиение на пользователей
3. Пусть есть 3 пользователя с соотношением выделенного времени 50%, 25%, 25% соответственно
   - Лотерейное планирование среди процессов пользователя 1
   - Лотерейное планирование среди процессов пользователя 2
   - Лотерейное планирование среди процессов пользователя 1
   - Лотерейное планирование среди процессов пользователя 3

Планирование в системах реального времени

1. Алгоритм планирования RMS
2. Алгоритм планирования EDF

Характеристики планирования в режиме реального времени

1. Гибкие/жесткие системы реального времени
2. Система называется планируемой, если:

$$\sum_{i=1}^{m} \frac{C_i}{P_i} \leq 1$$

3. C – время выполнения задания, P – период его выполнения

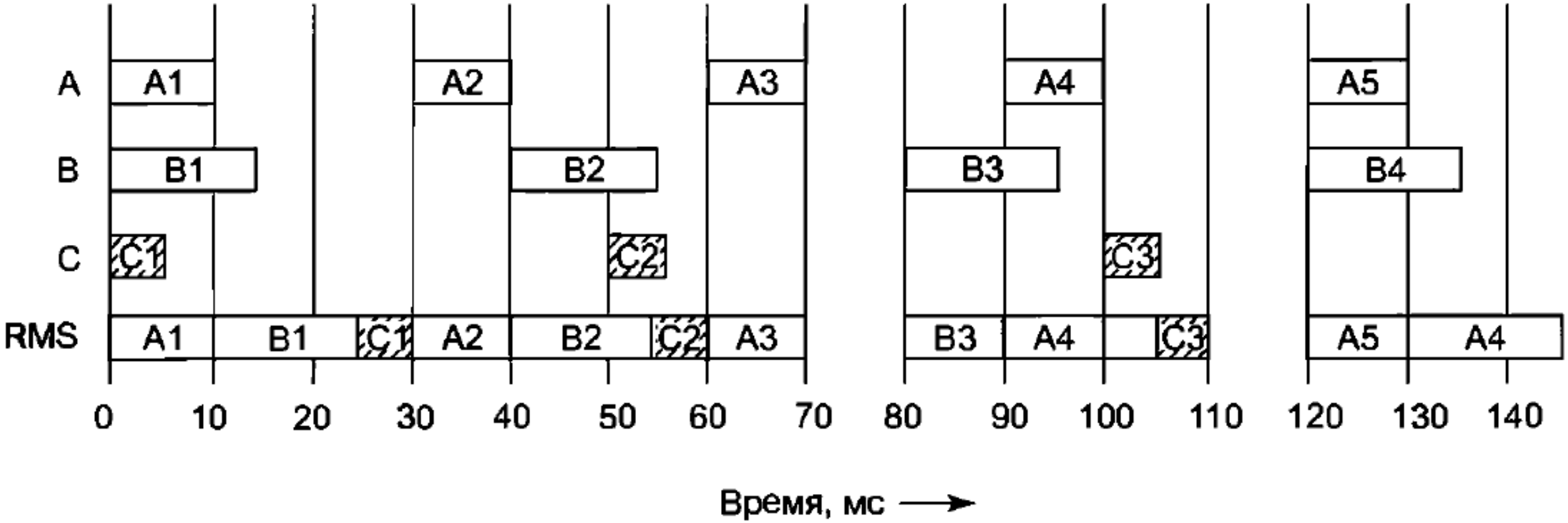
RMS – (Rate Monotonic Scheduling)

1. Статический алгоритм планирования
2. Приоритеты задаются в зависимости от частоты вызова задач
3. Рамки применимости
   - Каждый периодический процесс должен быть завершен в определенный срок
   - Процессы независимы друг от друга
   - Константное выполнение каждого процесса
   - У непериодических процессов нет крайних сроков
   - Вытеснение процесса происходит моментально

Принцип работы RMS

1. Для периодических процессов считаем частоты их выполнения
   - P = 25мс => Частота = 40
2. Частота и является приоритетом для процесса
3. Когда необходимо выполнить периодический процесс, то он прерывает все процессы с меньшим приоритетом

Пример RMS


A
B
C
RMS
A1
A2
A3
A4
A5
B1
B2
B3
B4
C1
C2
C3
A1
B1
C1
A2
B2
C2
A3
B3
A4
C3
A5
A4
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
Время, мс

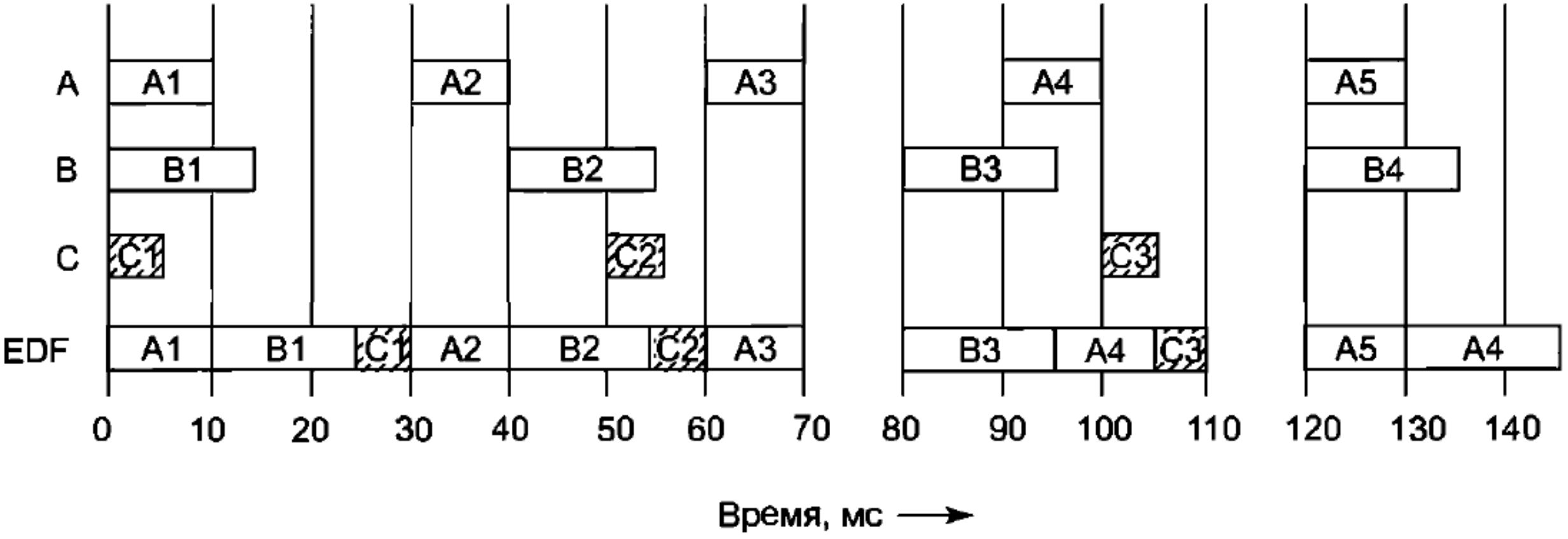
EDF (Earliest Deadline First)

1. Динамический алгоритм планирования реального времени
2. Приоритет назначается в зависимости от оставшегося крайнего срока выполнения

Принцип работы EDF

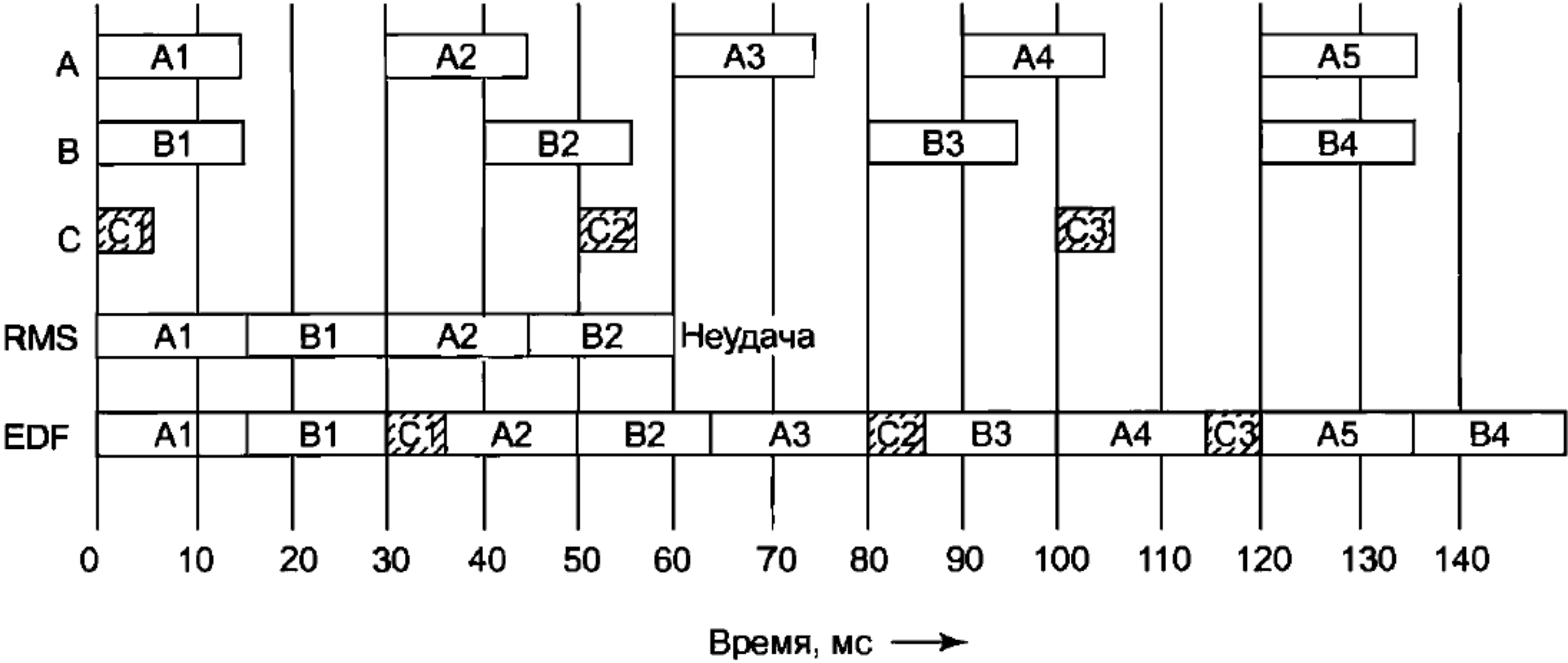
1. Планировщик ведет список готовых процессов, отсортированный по крайним срокам выполнения
2. В работу всегда берется процесс с самым близким крайним сроком выполнения
3. При поступлении нового процесса на выполнение происходит перепланировка

Пример выполнения EDF



Разница EDF, RMS

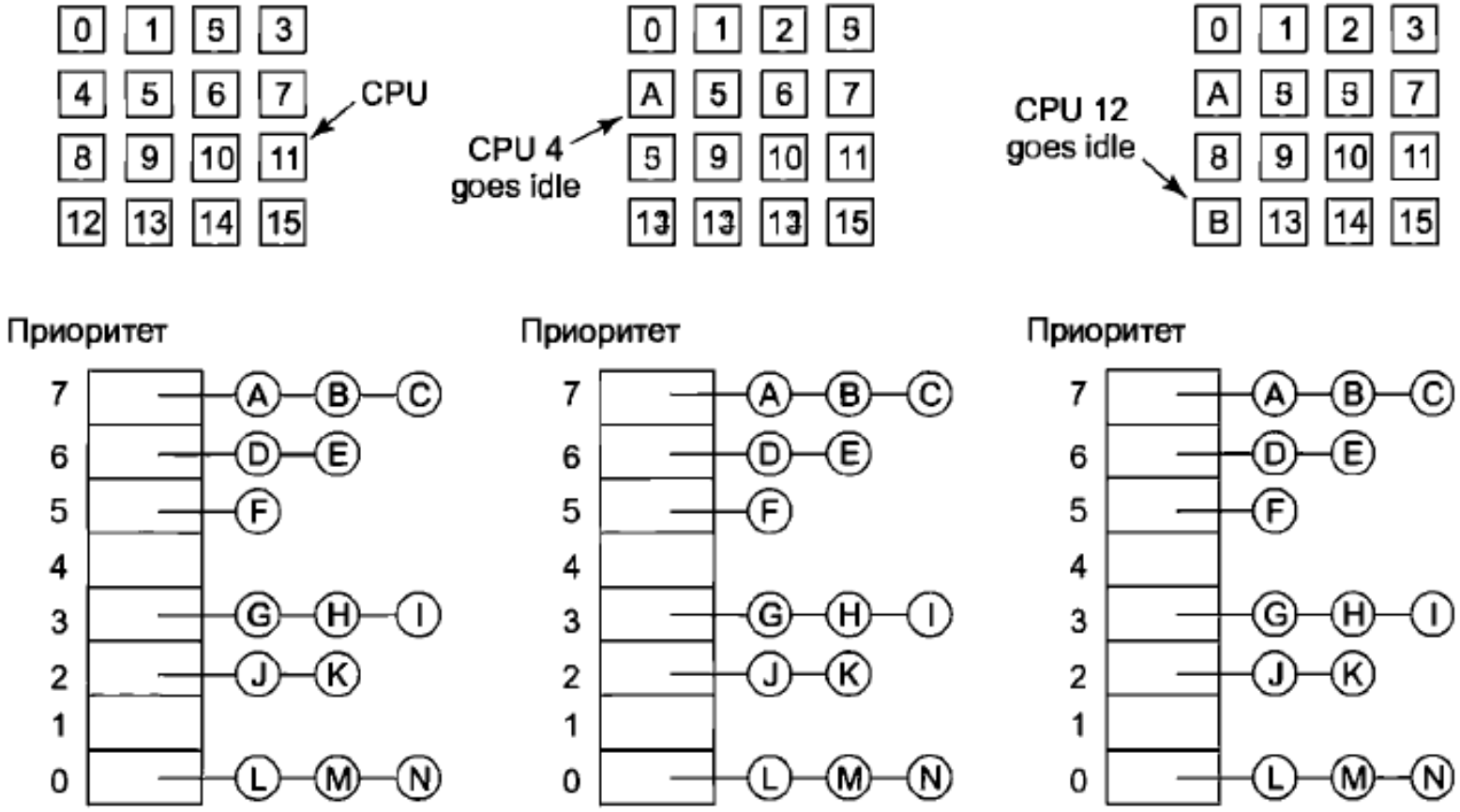
1. Для EDF требуются накладные расходы на динамическую приоритезацию
2. Для RMS есть рамки применимости:
   - $\sum_{i=1}^{m} \frac{C_i}{P_i} \leq m\left(2^{\frac{1}{m}} - 1\right)$


A
B
C
RMS
EDF
A1
A2
A3
A4
A5
B1
B2
B3
B4
C1
C2
C3
Неудача
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
120
130
140
Время, мс

Планирование в мультипроцессорных системах

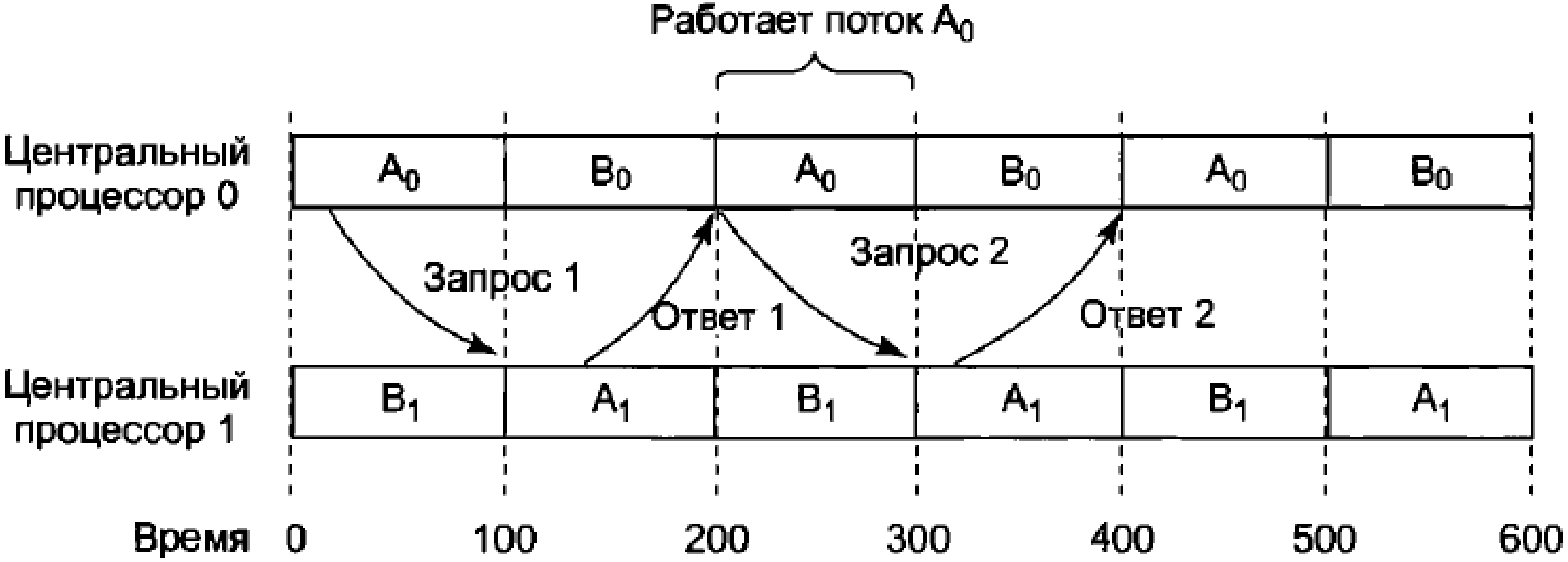
1. Потоки/процессы
2. Процессоры
3. Группы потоков

Разделение времени (независимые потоки)



Совместное использование пространства

Проблема взаимодействия потоков в мультипроцессорных системах



Бригадное планирование

1. Группа взаимосвязанных потоков планируется совместно
2. Все члены бригады запускаются одновременно, на разных центральных процессорах, работающих в режиме разделения времени
3. У всех членов бригады есть кванты времени начинающиеся и заканчивающиеся одновременно

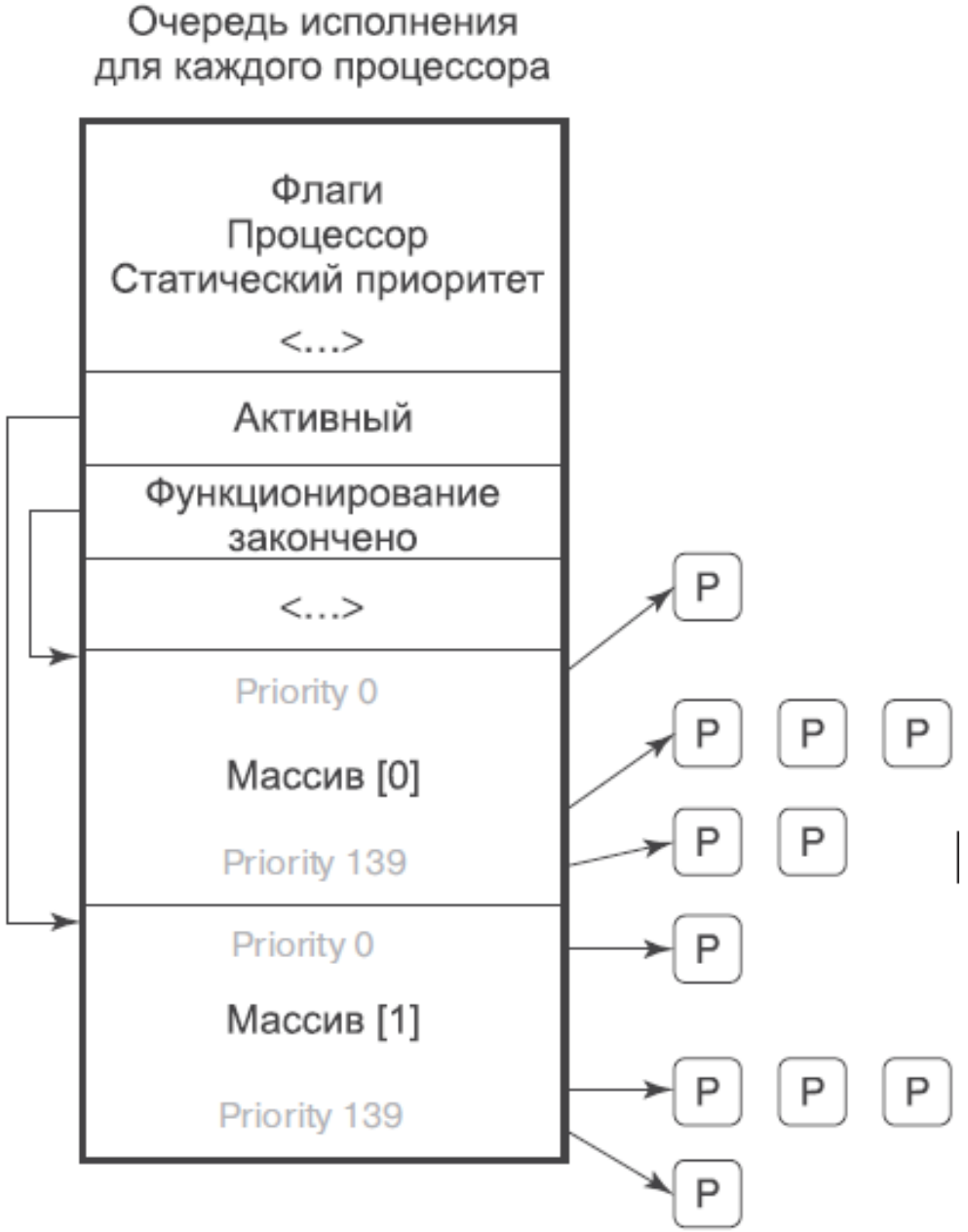
Бригадное планирование

Временной интервал	Центральный процессор 0	1	2	3	4	5
0	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
1	B_0	B_1	B_2	C_0	C_1	C_2
2	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	E_0
3	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6
4	A_0	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
5	B_0	B_1	B_2	C_0	C_1	C_2
6	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	E_0
7	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6

Классы приоритетов Linux

1. Потоки реального времени, обслуживание по алгоритму FIFO
2. Потоки реального времени обслуживание в порядке циклической очереди
3. Потоки разделения времени

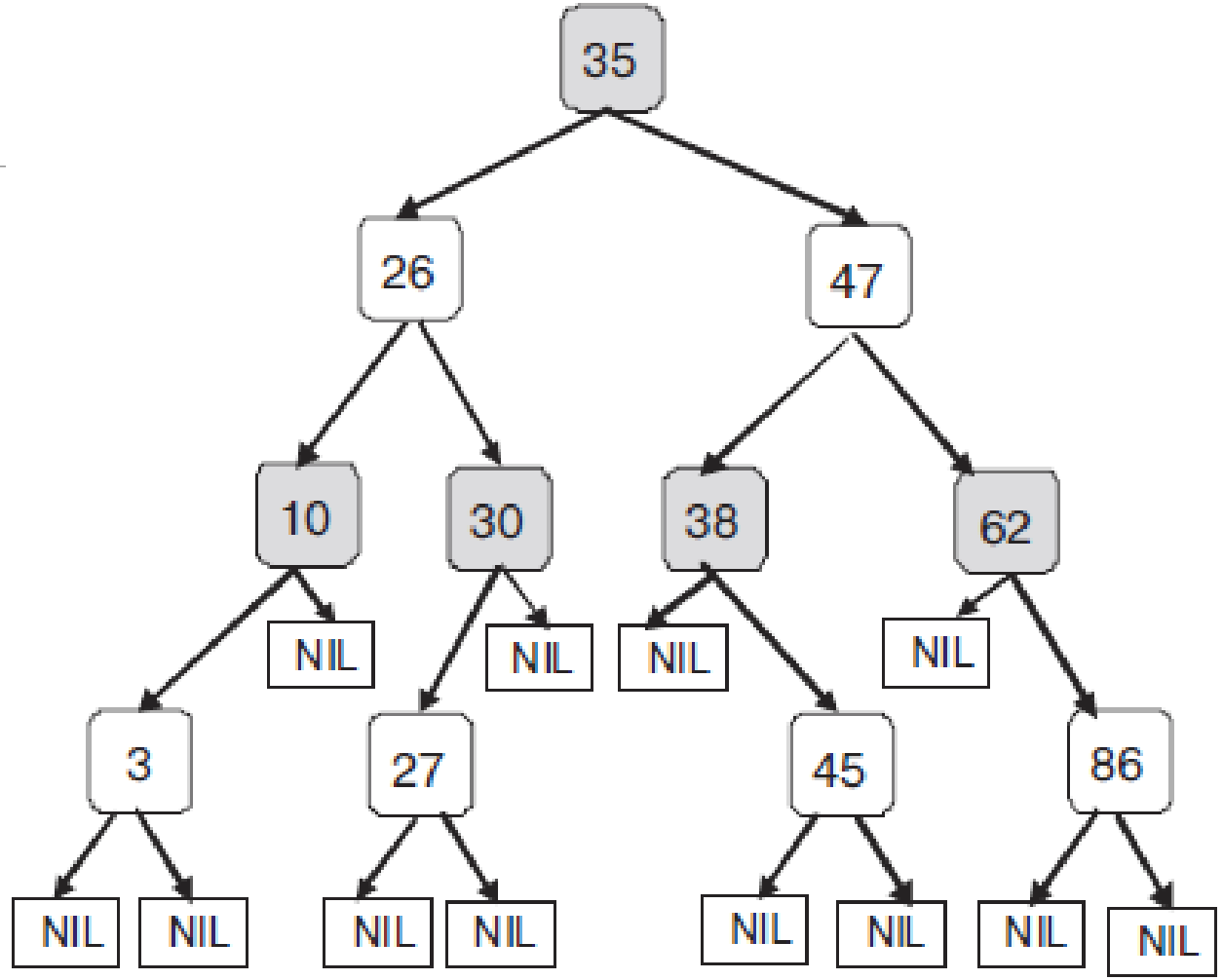
Очередь исполнения O(1)



Особенности

1. Увеличение и уменьшение приоритета [-5;+5]
2. Поощрение интерактивных процессов
3. Наказание «пожирателей» ресурсов
4. В зависимости от приоритета разная длина квантов времени

Completely Fair Scheduler



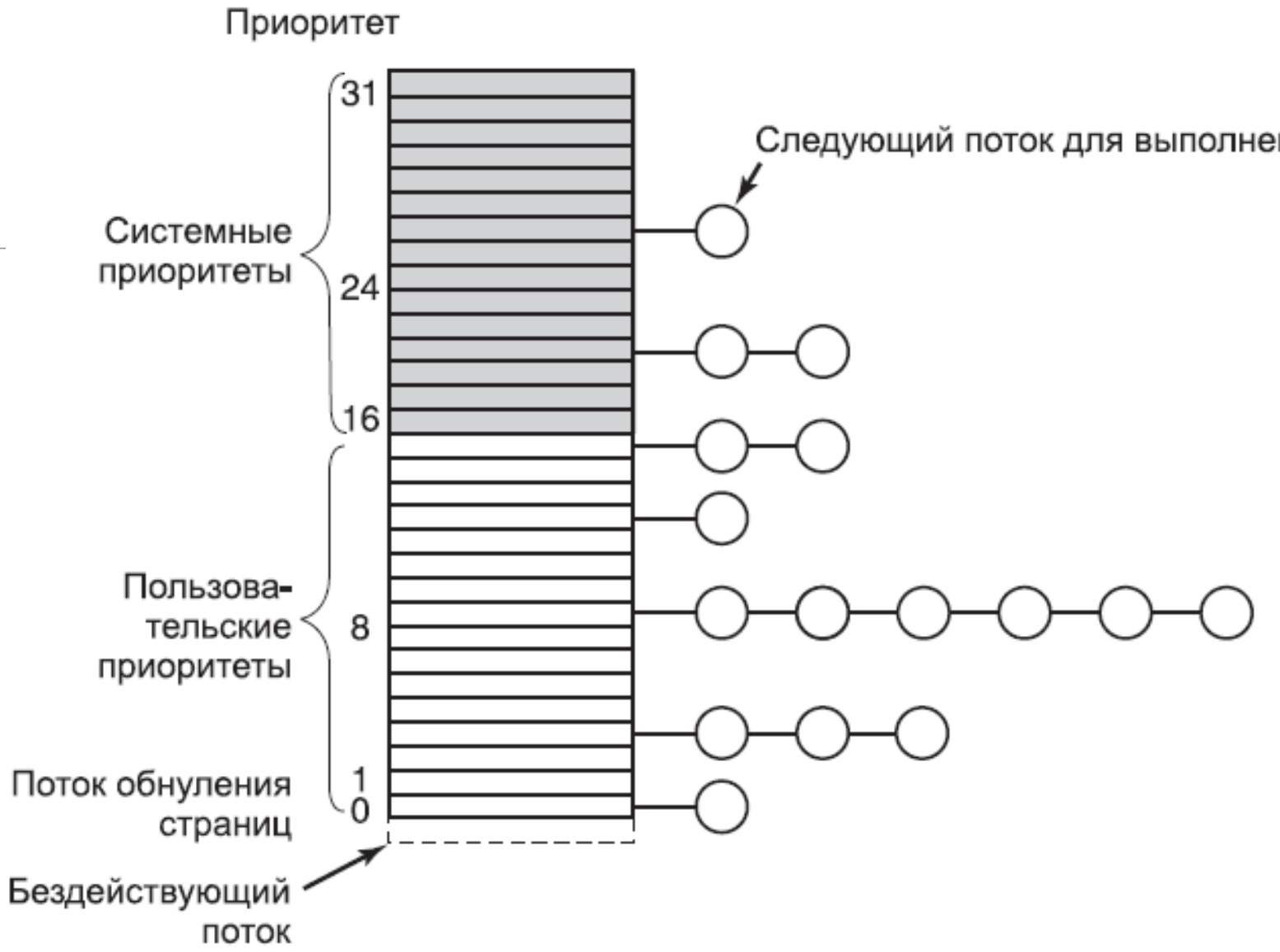
События, инициализирующие планирование в Windows

1. Истек квант времени
2. Поток блокируется на мьютексе, семафоре и тд
3. Поток сигнализирует о освобождение мьютекса, семафора и тд
4. Завершается операция ввода-вывода
5. Истекает время ожидания

Классы приоритетов Windows

Приоритеты потоков Win32	Классы приоритетов процессов Win32					
	Real-time	High	Above Normal	Normal	Below Normal	Idle
Time critical	31	15	15	15	15	15
Highest	26	15	12	10	8	6
Above normal	25	14	11	9	7	5
Normal	24	13	10	8	6	4
Below normal	23	12	9	7	5	3
Lowest	22	11	8	6	4	2
Idle	16	1	1	1	1	1

Очередь исполнения



Особенности

1. Приоритет увеличивается при завершение ввода-вывода
   диск – 1, клавиатура- 6, звуковая карта – 8
2. Повышение приоритета при освобождение мьютекса
3. При использование кванта времени поток падает на 1 уровень (и так до базового)
4. Если долго не выполнялся какой-то поток, то ему дают приоритет 15 на время 2-х квантов / autoboost (инверсия приоритетов)
5. Потоки, относящиеся к новому окну переднего плана получают удлиненный квант
6. Квант фиксирован (от 20 до 180 мс)
7. DFSS – dynamic fair-share scheduling

Проблема инверсии приоритетов