

# Управление процессами

## 3. Взаимодействие процессов: синхронизация, тупики

### 3.1. Разделение ресурсов

### 3.2. Взаимное исключение

#### 3.2.1. Проблемы реализации взаимного исключения

#### 3.2.2. Способы реализации взаимного исключения

##### 3.2.2.1. Семафоры Дейкстры

##### 3.2.2.2. Мониторы

##### 3.2.2.3. Обмен сообщениями

### 3.3. Примеры

# Параллельные процессы

**Параллельные процессы** — процессы, выполнение (обработка) которых хотя бы частично перекрывается по времени.

- **Независимые процессы** используют независимое множество ресурсов
- **Взаимодействующие процессы** используют ресурсы совместно, и выполнение одного процесса может оказать влияние на результат другого

# Разделение ресурсов

**Разделение ресурса** — совместное использование несколькими процессами ресурса ВС.

**Критические ресурсы** — разделяемые ресурсы, которые должны быть доступны в текущий момент времени только одному процессу.

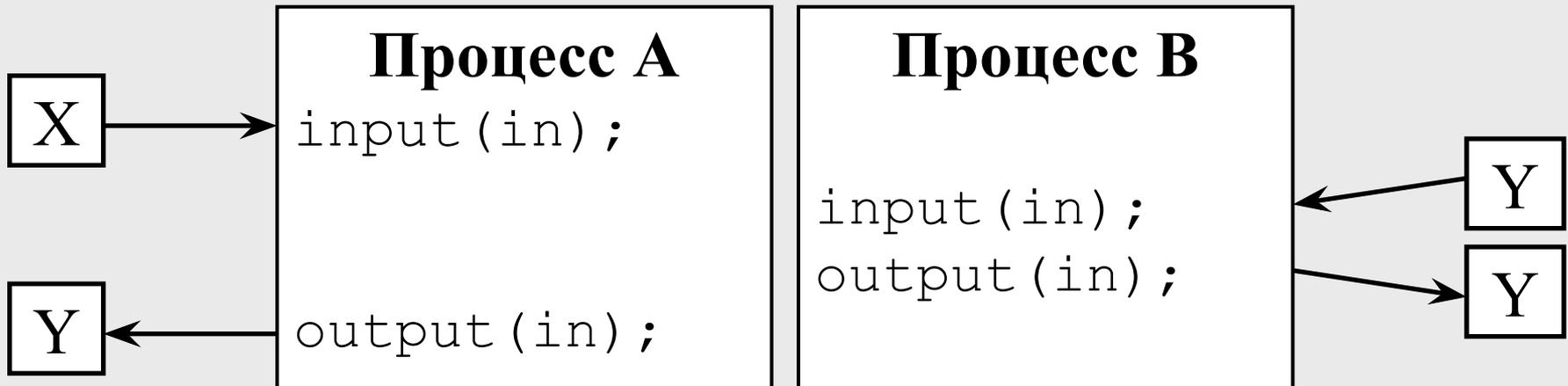
**Критическая секция** или **критический интервал** — часть программы (фактически набор операций), в которой осуществляется работа с критическим ресурсом.

# Требование мультипрограммирования

Результат выполнения процессов не должен зависеть от порядка переключения выполнения между процессами.

**Гонки (race conditions)** между процессами.

```
void echo ()  
{  
    char in;  
    input ( in ) ;  
    output ( in ) ;  
}
```



# Взаимное исключение

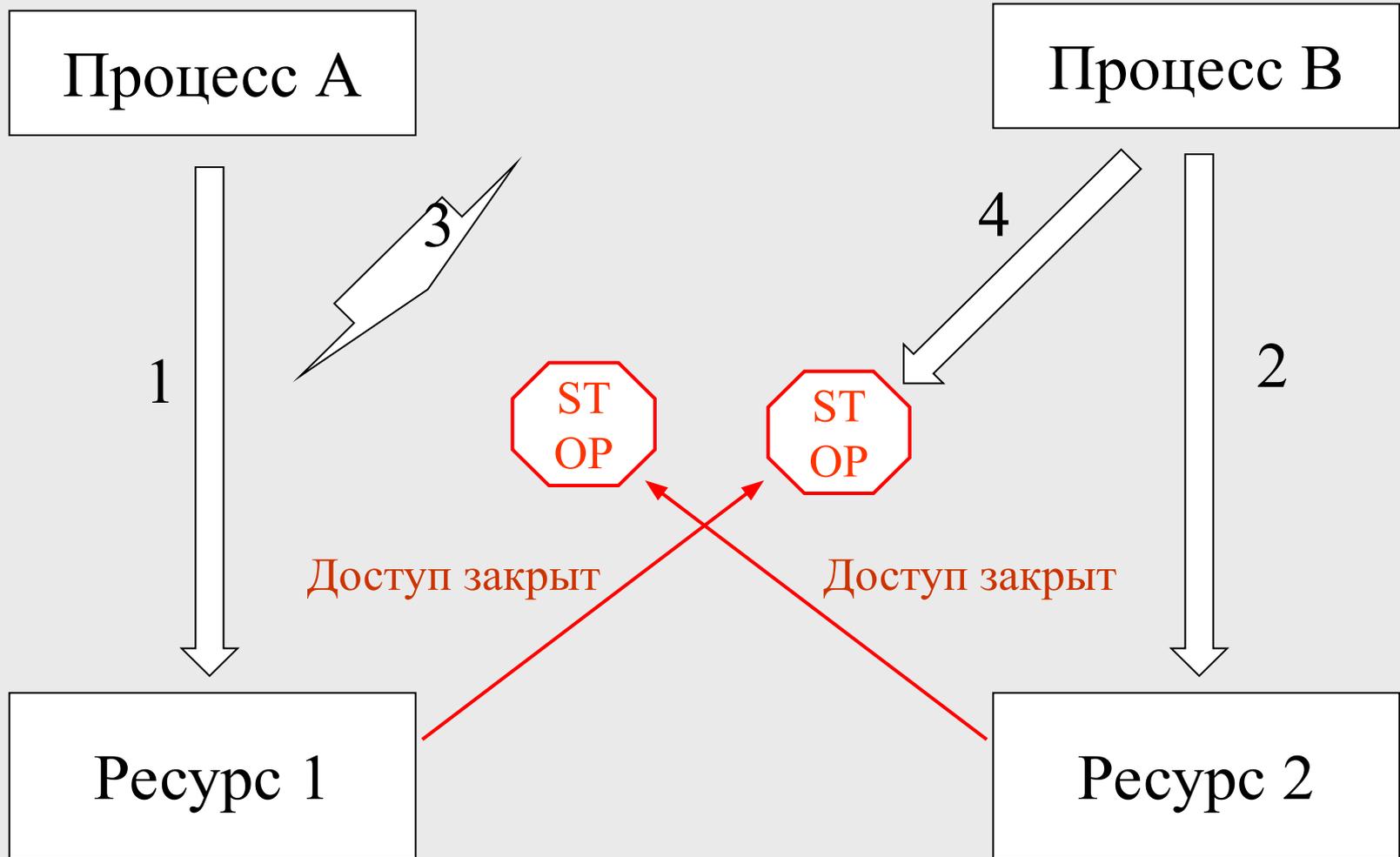
**Взаимное исключение** — способ работы с разделяемым ресурсом, при котором в тот момент, когда один из процессов работает с разделяемым ресурсом, все остальные процессы не могут иметь к нему доступ.

- **Тупики (deadlocks)**
- **Блокирование (дискриминация)**

**Тупик** — ситуация, при которой из-за некорректной организации доступа и разделения ресурсов происходит взаимоблокировка.

**Блокирование** — доступ одного из процессов к разделяемому ресурсу не обеспечивается из-за активности других, более приоритетных процессов.

# Тупики (Deadlocks)



# Способы реализации взаимного ИСКЛЮЧЕНИЯ

Способы, которые позволяют работать с разделяемыми ресурсами. Существуют как аппаратные, так и алгоритмические модели.

- Запрещение прерываний и специальные инструкции
- Алгоритм Петерсона
- Активное ожидание
- **Семафоры Дейкстры**
- **Мониторы Хоара**
- **Обмен сообщениями**

# Семафоры Дейкстры

**Семафоры Дейкстры** — формальная модель синхронизации, предложенная голландским учёным Эдсгером В. Дейкстрой

## **Операции, определённые над семафорами**

- $\text{Down} ( S )$  или  $\text{P} ( S )$  – **P**roberen (проверить)
- $\text{Up} ( S )$  или  $\text{V} ( S )$  – **V**erhogen (увеличить)

# Использование двоичного семафора для организации взаимного исключения

**Двоичный семафор** — семафор, максимальное значение которого равно 1.

*процесс 1*

```
int semaphore;  
...  
down ( semaphore ) ;  
/*критическая секция  
процесса 1*/  
...  
up ( semaphore ) ;  
...
```

*процесс 2*

```
int semaphore;  
...  
down ( semaphore ) ;  
/*критическая секция  
процесса 2*/  
...  
up ( semaphore ) ;  
...
```

# Мониторы Хоара

**Монитор Хоара** — совокупность процедур и структур данных, объединенных в программный модуль специального типа.

- Структуры данных монитора доступны только для процедур, входящих в этот монитор
- Процесс «входит» в монитор по вызову одной из его процедур
- В любой момент времени внутри монитора может находиться не более одного процесса

# Обмен сообщениями

Синхронизация и передача данных:

- для однопроцессорных систем и систем с общей памятью
- для распределенных систем (когда каждый процессор имеет доступ только к своей памяти)

Функции:

- `send ( destination, message )`
- `receive ( source, message )`

# Обмен сообщениями

- Синхронизация

- `send/receive` блокирующие
- `send/receive` неблокирующими

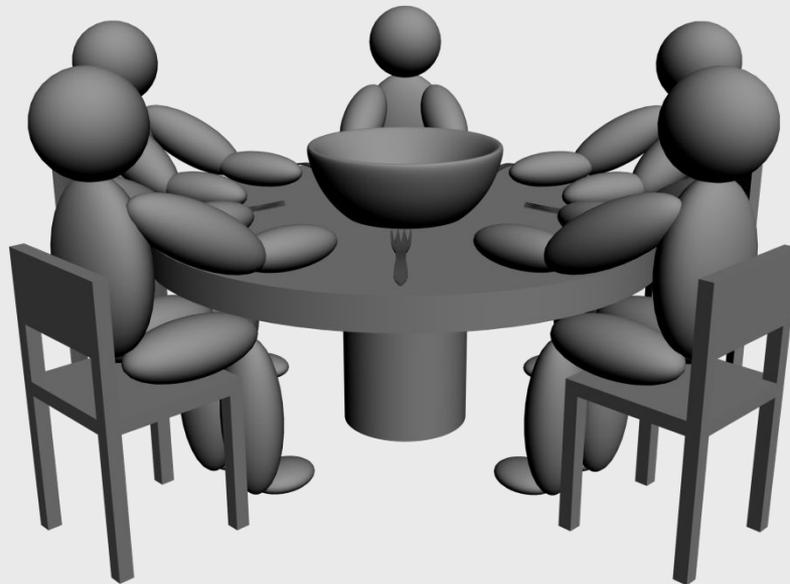
- Адресация

- Прямая (ID процесса)
- Косвенная (почтовый ящик, или очередь сообщений)

# Классические задачи синхронизации процессов

1. Обедающие философы
2. Задача о читателях и писателях
3. Задача о спящем парикмахере

# «Обедающие философы» (доступ равноправных процессов к разделяемому ресурсу)



# «Обедающие философы»

## Простейшее решение

```
#define N 5
```

```
void philosopher ( int i )  
{  
    while (TRUE)  
    {  
        think () ;  
        take_fork ( i ) ;  
        take_fork ( ( i + 1 ) % N ) ;  
        eat () ;  
        put_fork ( i ) ;  
        put_fork ( ( i + 1 ) % N ) ;  
    }  
    return ;  
}
```

# «Обедающие философы»

## Правильное решение с использованием семафоров

```
# define N 5
# define LEFT ( i - 1 ) % N
# define RIGHT ( i + 1 ) % N
# define THINKING 0
# define HUNGRY 1
# define EATING 2
```

```
typedef int semaphore ;
int state [ N ] ;
semaphore mutex = 1 ;
semaphore s [ N ] ;
```

# «Обедающие философы»

## Правильное решение с использованием семафоров

```
void philosopher ( int i )
{ while ( TRUE )
  {
  think () ;
  take_forks ( i ) ;
  eat () ;
  put_forks ( i ) ;
  }
}
```

```
void put_forks ( int i )
{
  down ( & mutex ) ;
  state[i] = THINKING ;
  test ( LEFT ) ;
  test ( RIGHT ) ;
  up ( & mutex ) ;
}
```

```
void take_forks ( int i )
{
  down ( & mutex ) ;
  state [ i ] = HUNGRY ;
  test ( i ) ;
  up ( & mutex ) ;
  down ( & s [ i ] ) ;
}
```

```
void test ( int i )
{
  if ( ( state [ i ] == HUNGRY )
    && ( state [ LEFT ] != EATING )
    && ( state [ RIGHT ] != EATING ) )
  {
    state [ i ] = EATING ;
    up ( & s [ i ] ) ;
  }
}
```

**«Читатели и писатели»  
(задача резервирования ресурса)**

```

        typedef int semaphore ;
        int rc = 0 ;
        semaphore mutex = 1 ;
        semaphore db = 1 ;

void reader ( void )
{
    while ( TRUE )
    {
        down ( & mutex ) ;
        rc++ ;
        if ( rc == 1 ) down ( & db )
;
        up ( & mutex ) ;
        read_data_base ( ) ;
        down ( & mutex ) ;
        rc-- ;
        if ( rc ==0 ) up ( & db ) ;
        up ( & mutex ) ;
        use_data_read ( ) ;
    }
}

void writer ( void )
{
    while ( TRUE )
    {
        think_up_data ( ) ;
        down ( & db ) ;
        write_data_base ( )
;
        up ( & db ) ;
    }
}

```

**«Спящий парикмахер»  
(клиент-сервер с ограничением на  
длину очереди)**

```
#define CHAIRS 5
typedef int semaphore ;
semaphore customers = 0 ;
```

```
void barber ( void )
{
    while ( TRUE )
    {
        down ( & customers ) ;
        down ( & mutex ) ;
        waiting = waiting - 1 ;
        up ( & barbers ) ;
        up ( & mutex ) ;
        cut_hair () ;
    }
}
```

```
semaphore barbers = 0 ;
semaphore mutex = 1 ;
int waiting = 0 ;
```

```
void customer ( void )
{
    down ( & mutex ) ;
    if ( waiting < CHAIRS )
    {
        waiting = waiting + 1
        ;
        up ( & customers ) ;
        up ( & mutex ) ;
        down ( barbers ) ;
        get_haircut () ;
    }
    else
    {
        up ( & mutex ) ;
    }
}
```