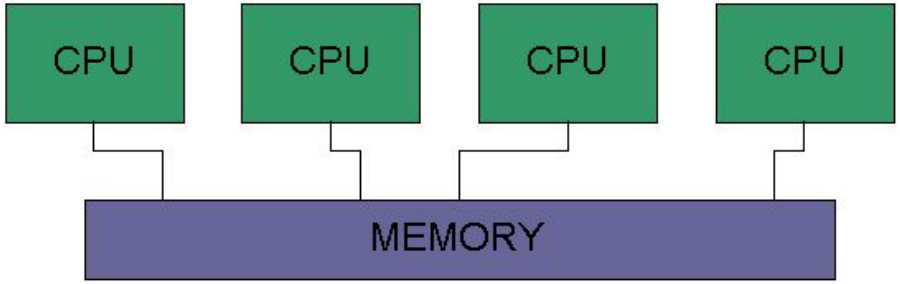
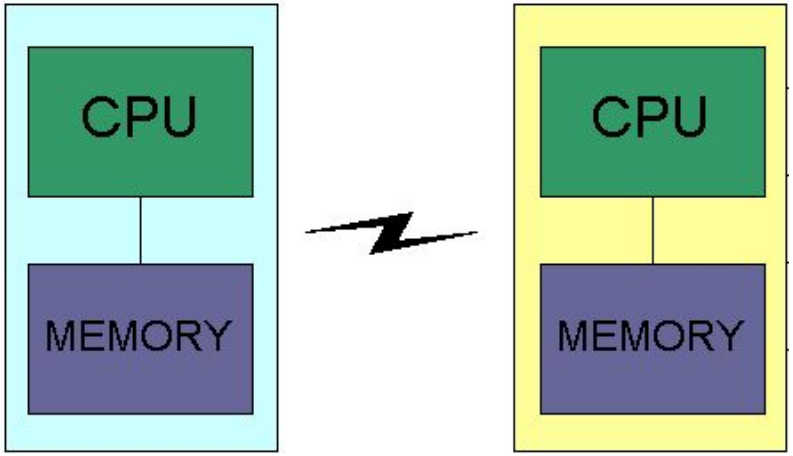
Многопоточное программирование

Виды параллелизма.

Общая память



Распределенная память



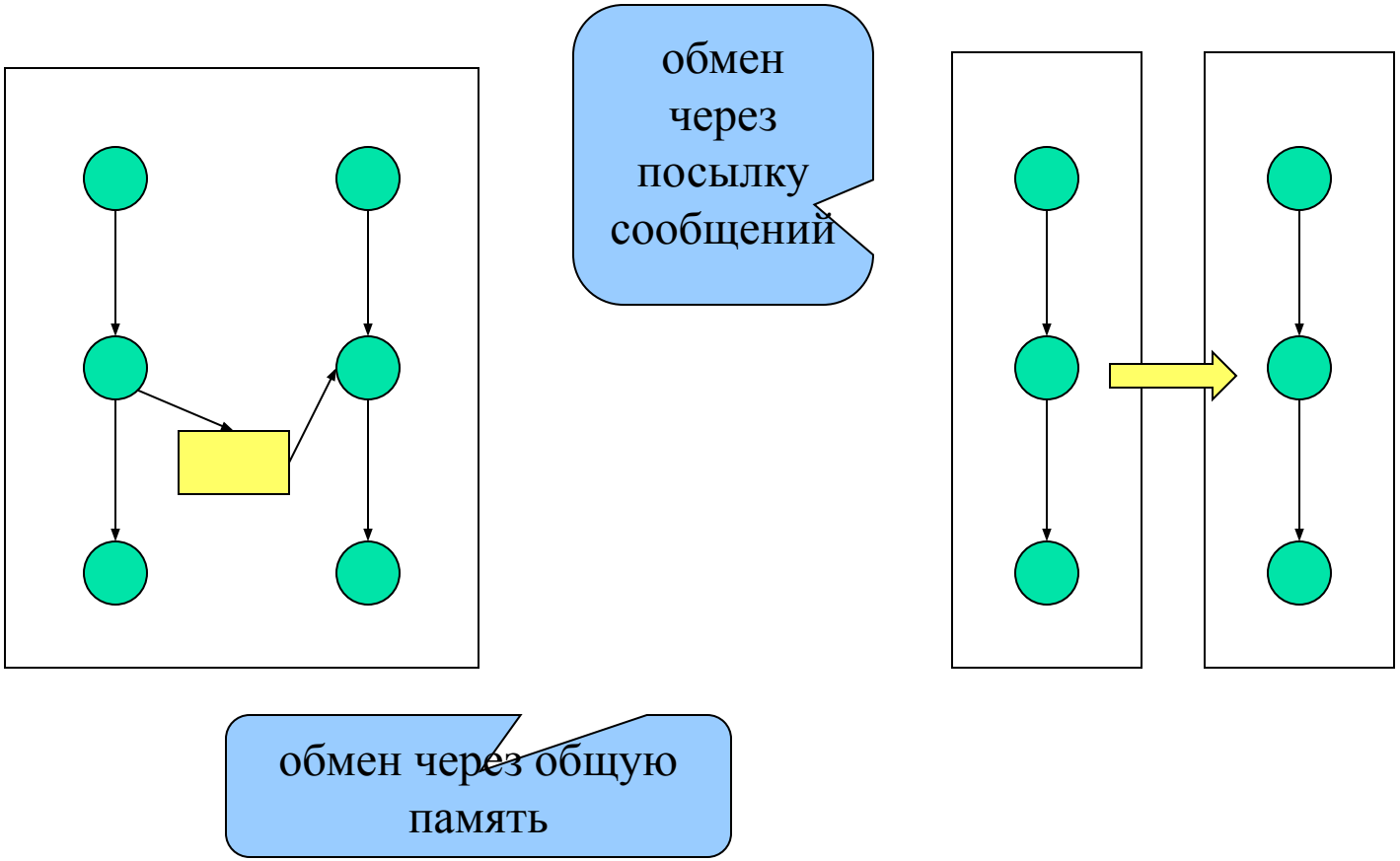
Средства параллельного программирования

	Общая память	Распределенная память
Системные средства	threads	sockets
Специальные библиотеки	OpenMP	MPI PVM

Треды

Тредами (*потоки, лекговесные процессы*) называются параллельно выполняющиеся потоки управления в адресном пространстве одного процесса.

Треды и процессы



Различие тредов и процессов

- Различные треды выполняются в одном адресном пространстве.
- Различные процессы выполняются в разных адресных пространствах.
- Треды имеют «собственный» стек и набор регистров. Глобальные данные являются общими.
- Как локальные, так и глобальные переменные процессов являются «собственными».

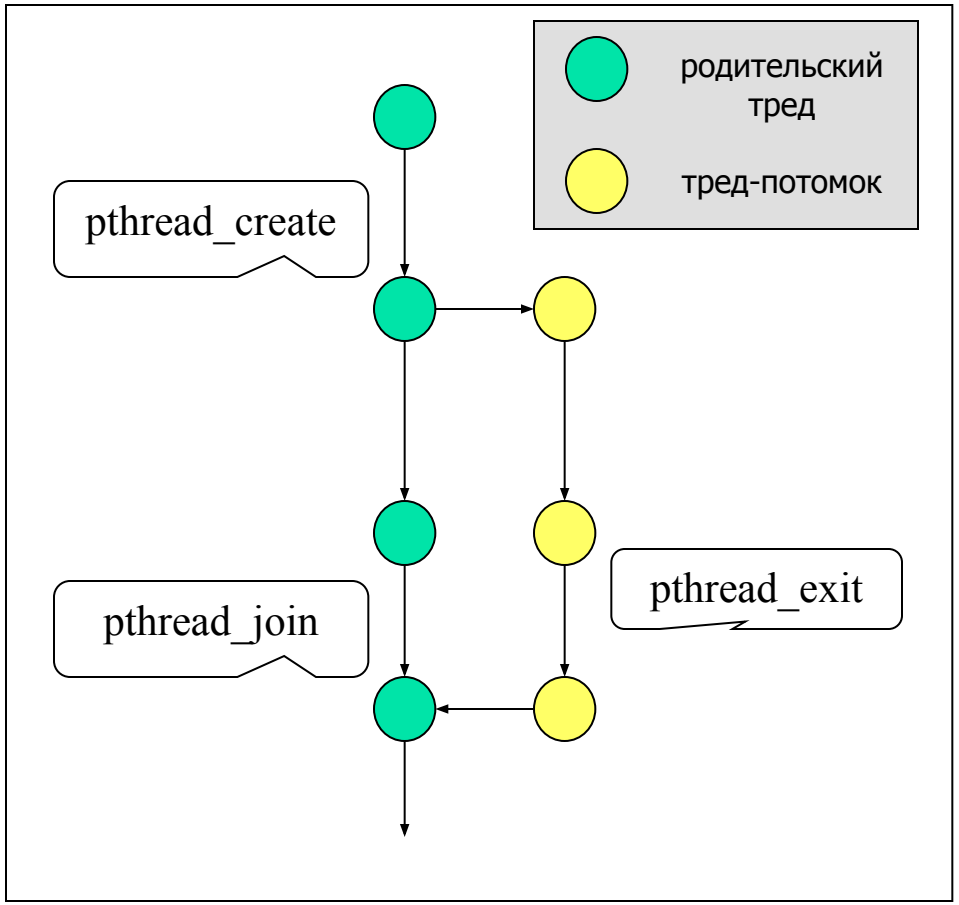
Средства многопоточного программирования

Треды поддерживаются практически всеми современными операционными системами. Средства для многопоточного программирования встроены в язык Java.

Переносимая библиотека pthreads, разработанная Xavier Leroy, предоставляет средства для создания и управления тредами.

Создание и завершение тредов

```
int pthread_create (
  pthread_t * outHandle,
  pthread_attr_t *inAttribute,
  void *(*inFunction)(void *),
  void *inArg
);

void pthread_exit(void *inReturnValue)

int pthread_join(
    pthread_t inHandle,
    void **outReturnValue,
);
```



Создание треда

```
int pthread_create ( pthread_t * outHandle,  pthread_attr_t *inAttribute,
  void *(*inFunction)(void *),  void *inArg);
```

outHandle – используется для возвращение в тред-родитель идентификатора треда потомка;
inAttribute – атрибуты треда;
inFunction – указатель на функцию, содержащую код, выполняемый тредом;
inArg – указатель на аргумент, передаваемый в тред;

Завершение треда

void pthread_exit(void *inReturnValue)

Вызов этой функции приводит к завершению треда. Процесс-родитель получает указатель в качестве возвращаемых данных.

Обычное завершение функции и возврат указателя на void*, выполняемой тредом эквивалентно вызову функции pthread_exit, которая используется в случае, когда надо завершить тред из функций, вызванных этой функцией.

Обработка завершения треда на треде-родителе

int pthread_join(pthread_t inHandle, void **outReturnValue);

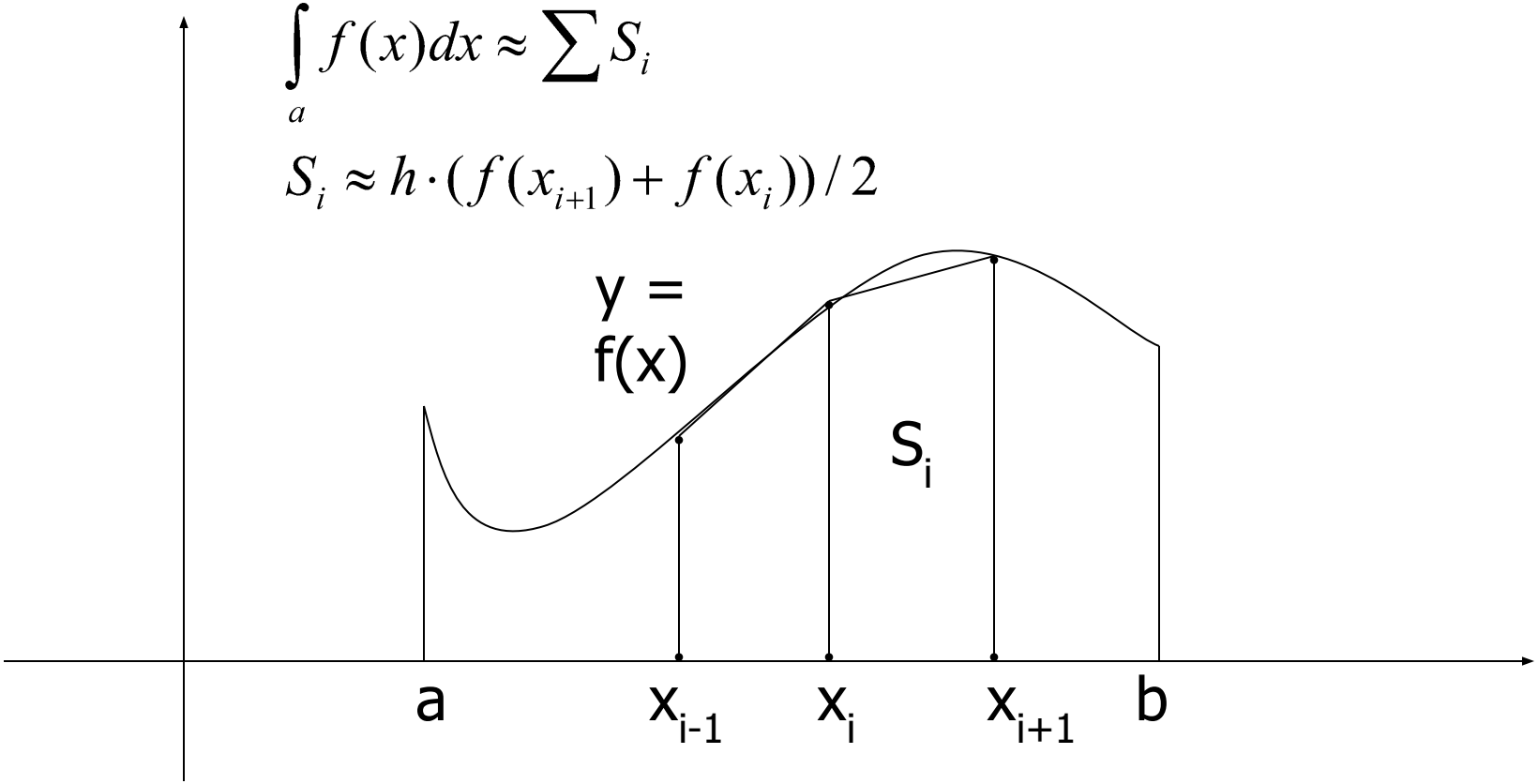
Вызов этой функции приводит к блокировке родительского треда до момента завершения треда-потомка, соответствующего индентификатору inHandle. В область, указанную параметром outReturnValue, записывается указатель, возвращенный завершившимся тредом.

pthread_join приводит к освобождению ресурсов, отведенных на тред (в частности сохранненого возращаемого значения). Необходимо выполнять также для синхронизации основного треда и тредов-потомков.

Пример: вычисление определенного интеграла

$$\int_a^b f(x)dx \approx \sum S_i$$

$$S_i \approx h \cdot (f(x_{i+1}) + f(x_i))/2$$



$$\pi = \int_0^1 \frac{4}{1+x^2} dx$$

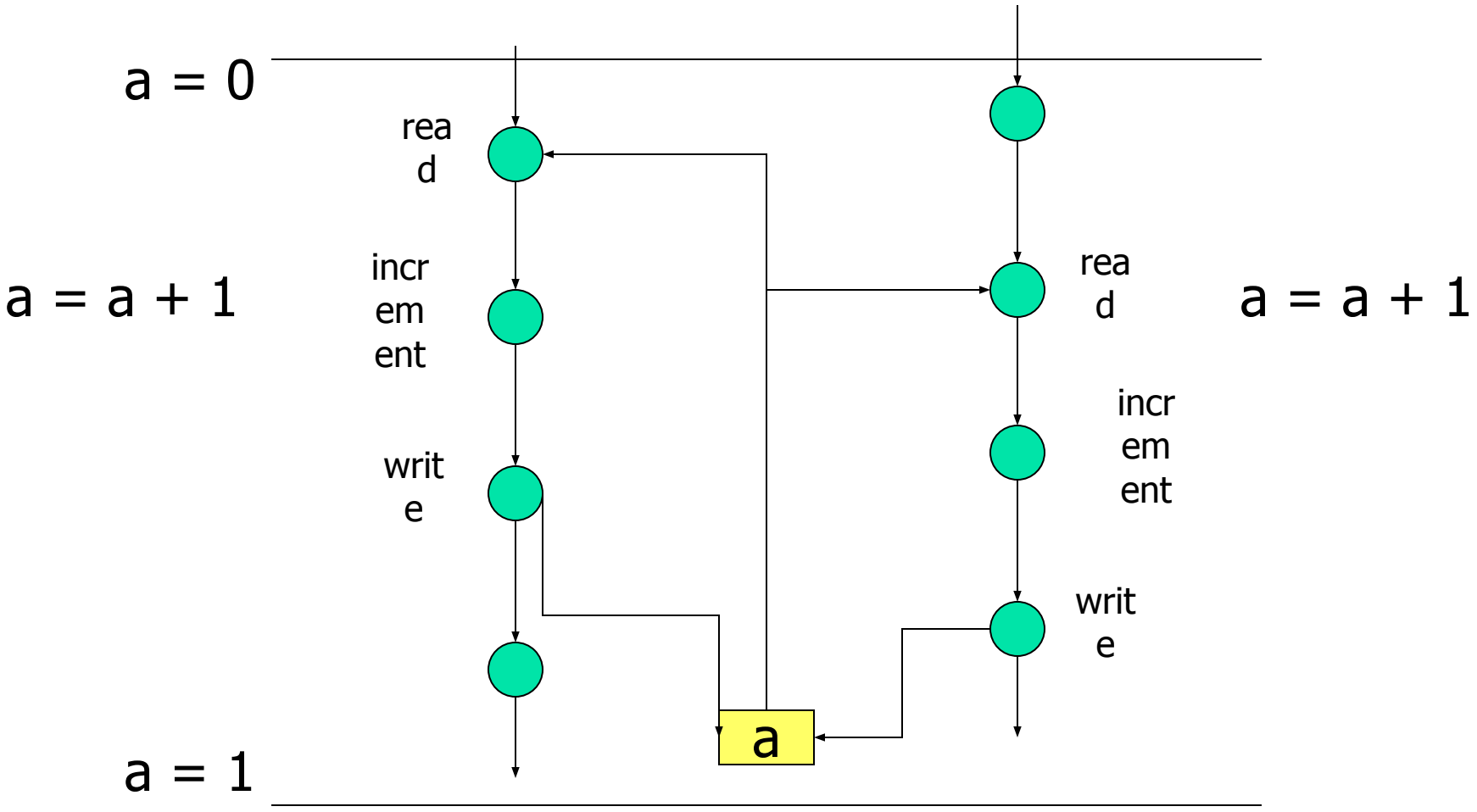
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>

double a = 0.0, b = 1.0, h, *r;
int numt, n;

double f(double x)
{
  return 4 / (1 + x * x);
}
```

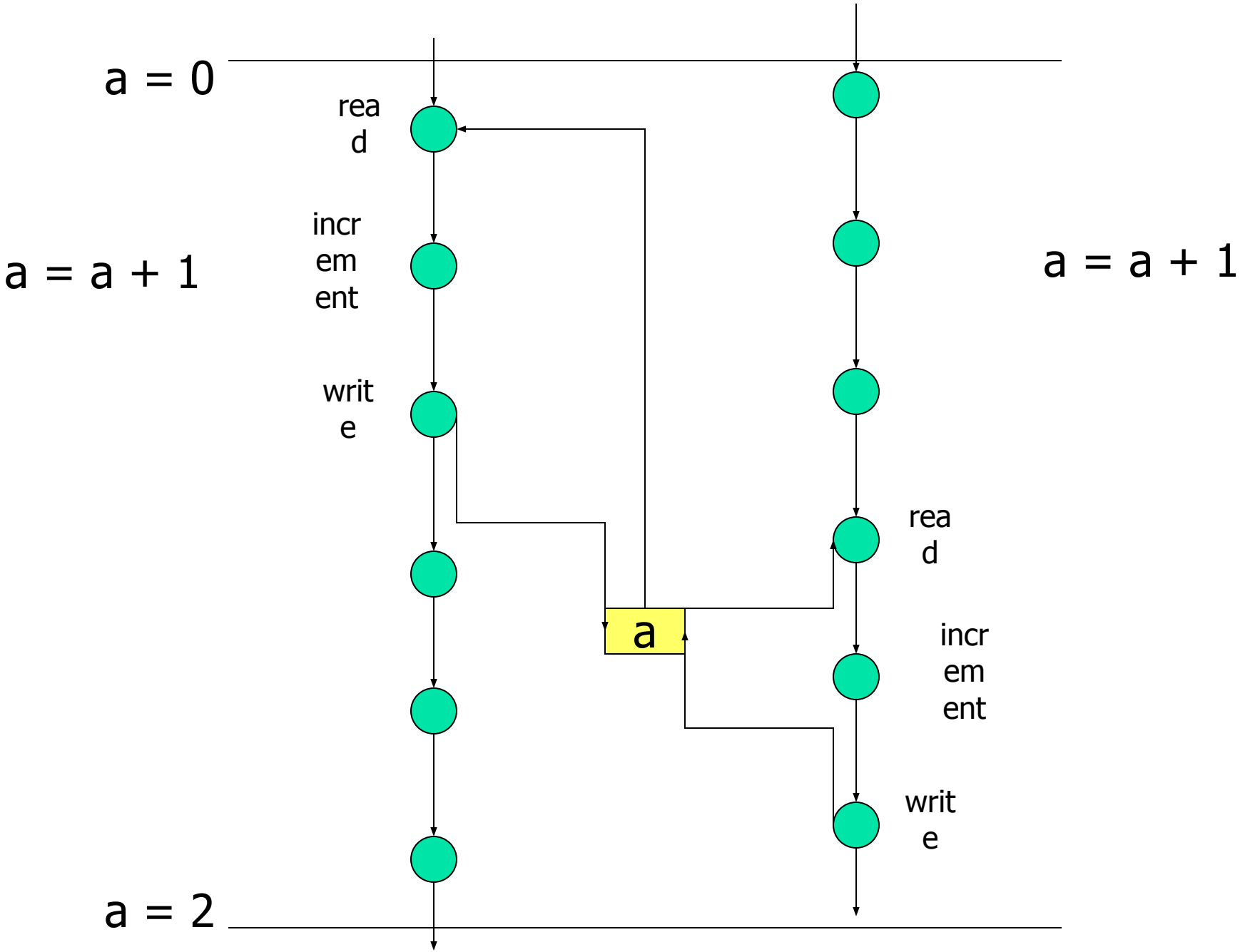
```
void* worker(void* addr)
{
  int my, i;
  double s, p;

  my = *(int*)addr;

  s = 0.0;
  for(p = a + my * h; p < b; p += numt * h)
    {
    s += h*(f(p) + f(p + h))/2.;
    }
  r[my] = s;
  return (void*)(r + my);
}
```

```
main(int arc, char* argv[])
{
  int i;
  double S;
  pthread_t *threads;

  numt = atoi(argv[1]);
  n = atoi(argv[2]);
  threads = malloc(numt * sizeof(pthread_t));
  r = malloc(numt * sizeof(double));
  h = (b - a) / n;

  for(i = 0; i < numt; i ++)
    pthread_create(threads + i, NULL, worker, (void*)&i);

  S = 0;
  for(i = 0; i < numt; i ++) {
    double* r;

    pthread_join(threads[i], (void**)&r);
    S += *r;
  }
  printf("pi = %lf\n", S);
}
```

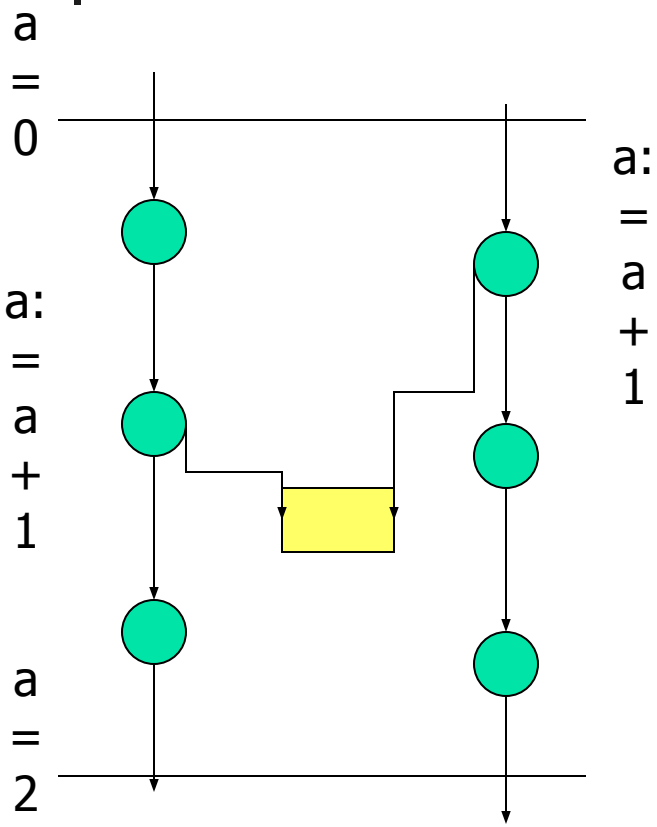
Проблема недетерминизма

Программа называется недетерминированной, если при одних и тех же входных данных она может демонстрировать различное наблюдаемое поведение


a = 0
a = a + 1
rea
d
incr
em
ent
writ
e
a
rea
d
incr
em
ent
writ
e
a = a + 1
a = 1


a = 0
a = a + 1
rea
d
incr
em
ent
writ
e
a
rea
d
incr
em
ent
writ
e
a = a + 1
a = 2

Неделимая операция



Неделимой называется операция, в момент выполнения которой состояние общих переменных не может «наблюдаться» другими тредами

Семафоры

Семафорами называются общие переменные, которые принимают неотрицательные значение целого типа для работы с которыми предусмотрены две **неделимые** операции:

1) увеличить значение семафора на 1;
2) дождаться пока значение семафора не станет положительным и уменьшить значение семафора на 1.

Поддержка семафоров в библиотеке pthreads

sem_t – тип семафора

sem_init(sem_t* semaphor, int flag, int value)

semaphor – семафор,

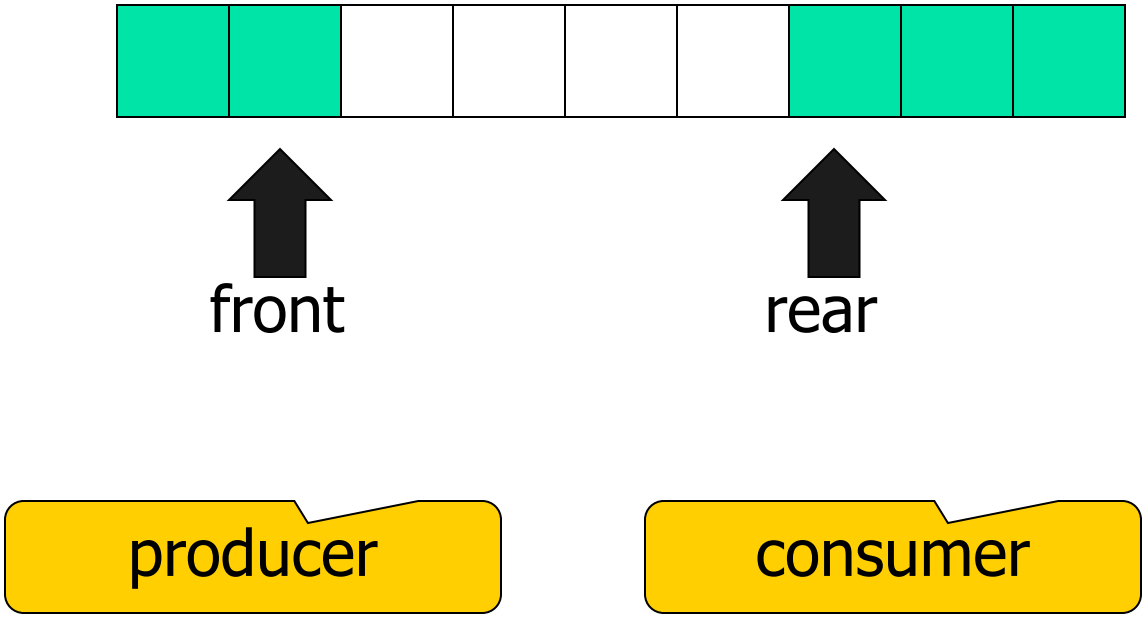
flag – флаг (0 – внутри процесса, 1 – между процессами)

value – начальное значение

sem_post(sem_t* semaphor) – увеличение семафора

sem_wait(sem_t* semaphor) – уменьшение семафора

Кольцевой буфер



```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>
#include <semaphore.h>
#include <unistd.h>

#define N 3

static int buf[N];

static int rear;
static int front;
static sem_t empty;
static sem_t full;


void
init ()
{
  front = 0;
  rear = 0;
  sem_init (&empty, 0, N);
  sem_init (&full, 0, 0);
}
```

```
void process(int number)
{
  sleep(number);
}

void *
consumer (void *arg)
{
  int i = 0;

  while (i != -1)
    {
      sem_wait (&full);
      i = buf[rear];
      process(i);
      printf ("consumed: %d\n", i);
      rear = (rear + 1) % N;
      sem_post (&empty);
    }
}
```

```
void *
producer (void *arg)
{
  int i;

  i = 0;
  while (i != -1)
    {
      sem_wait (&empty);
      printf ("Enter number:");
      scanf ("%d", &i);
      buf[front] = i;
      front = (front + 1) % N;
      sem_post (&full);
    }
}
```

```
main (int argc, char *argv[])
{
  pthread_t pt;
  pthread_t ct;

  init ();
  pthread_create (&pt, NULL, producer, NULL);
  pthread_create (&ct, NULL, consumer, NULL);
  pthread_join (ct, NULL);
  pthread_join (pt, NULL);
}
```

Критические секции

Критической секцией называется фрагмент кода программы, который может одновременно выполнятся только одним тредом.

Пример: создание неделимой опреации

1-й тред:

a = a + 1

2-й тред:

a = a + 1

Как сделать операцию a = a + 1 неделимой?

1-й тред:

```
while(true) {
  while(in2);
  in1 = true;
  a = a + 1;
  in1 = false;
}
```

2-й тред:

```
while(true) {
  while(in1);
  in2= true
  a = a + 1;
  in2 = false;
}
```

Поддержка критических секций в pthreads

«Мютекс» - mutex – mutual exclusion (взаимное исключение);

Объявление и инициализация:

pthread_mutex_t – тип для взаимного исключения;

pthread_mutex_init(pthread_mutex_t* mutex, void* attribute);

pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t* mutex);

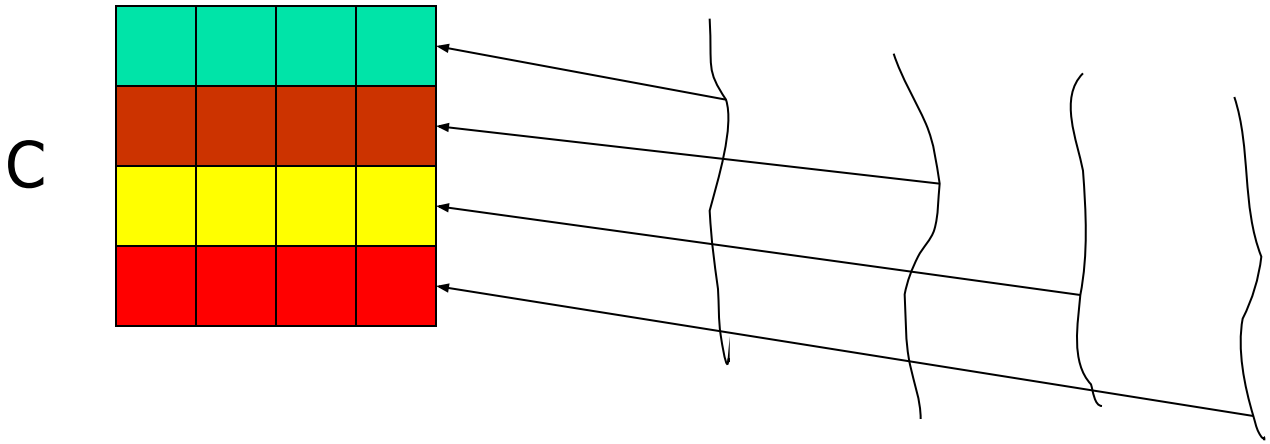
Захват и освобождение мютекса:

pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t* mutex);

pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t* lock);

Освобождение мютекса может быть осуществлено только тем тредом, который производил его захват.

Пример: умножение матриц



C = A * B

каждый тред вычисляет свою строку матрицы

Умножение матриц: код программы

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>


pthread_mutex_t mut;
static int N, nrow;
static double *A, *B, *C;
```

```
void
setup_matrices ()
{
  int i, j;

  A = malloc (N * N * sizeof (double));
  B = malloc (N * N * sizeof (double));
  C = malloc (N * N * sizeof (double));

  for (i = 0; i < N; i++)
    for (j = 0; j < N; j++)
      {
       A[i * N + j] = 1;
       B[i * N + j] = 2;
      }
}

void
print_result ()
{
…
}
```

```
void *
worker (void *arg)
{
  int i, j;
  while (nrow < N)
    {
      int oldrow;

      pthread_mutex_lock (&mut);
      oldrow = nrow;
      nrow++;
      pthread_mutex_unlock (&mut);
```

```
      for (i = 0; i < N; i++)
      {
        int j;
        double t = 0.0;

        for (j = 0; j < N; j++)
          t += A[oldrow * N + j] * B[j * N + i];

        C[oldrow * N + i] = t;
      }
    }
  return NULL;
}
```

```
main (int argc, char *argv[])
{
  int i, nthreads;
  pthread_t *threads;

  pthread_mutex_init(&mut, NULL);

  nthreads = atoi (argv[1]);
  threads = malloc (nthreads * sizeof (pthread_t));

  N = atoi (argv[2]);
  setup_matrices ();
```

```
  for (i = 0; i < nthreads; i++)
    pthread_create (threads + i, NULL, worker, NULL);

  for (i = 0; i < nthreads; i++)
    pthread_join (threads[i], NULL);

  if (argc > 3)
    print_result ();

  pthread_mutex_destory(&mut);

}
```