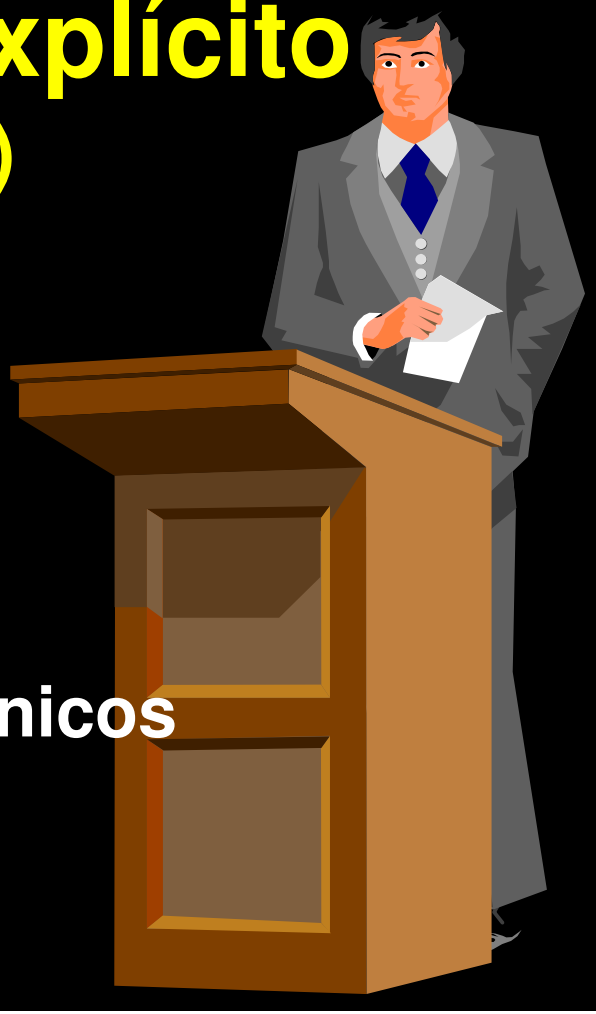
Primitivas de bloqueio explícito
(variáveis de condição)



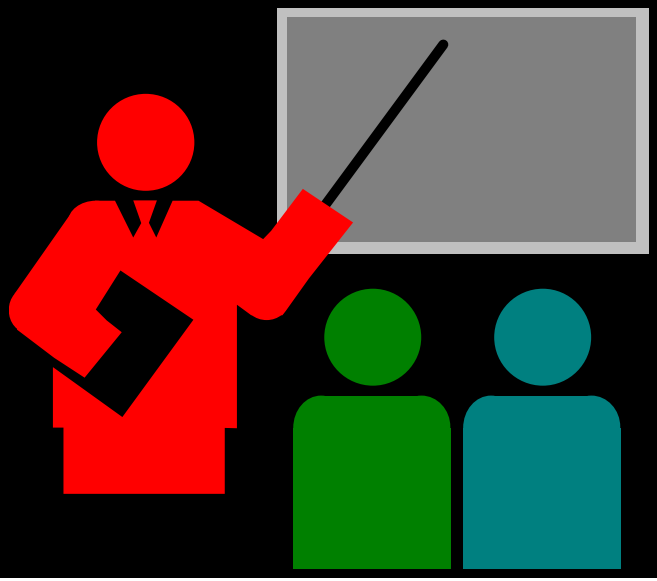
Volnys Borges Bernal
volnys.bernal@usp.br

Depto. de Eng. de Sistemas Eletrônicos
Escola Politécnica da USP

Sumário

- Primitivas de bloqueio explícito:
  - Primitivas Sleep & Wakeup
  - Primitivas Wait & Signal

Primitivas de bloqueio explícito



Primitivas de bloqueio explícito

- **Também denominadas de**
  - **Primitivas de sincronização por variáveis de condição**
- **Utilização:**
  - **Primitivas voltadas principalmente ao gerenciamento de recursos**
- **Duas classes principais:**
  - **Sleep & Wakeup**
    - Utilizadas em ambiente não preemptível
    - Método de sincronização geralmente utilizado em:
      - Núcleo do sistema operacional (ex: núcleo Unix)
      - Processos ou threads não preemptivos (ex: aplicações real time)
  - **Wait & Signal**
    - Utilizado geralmente em processos ou threads de usuário

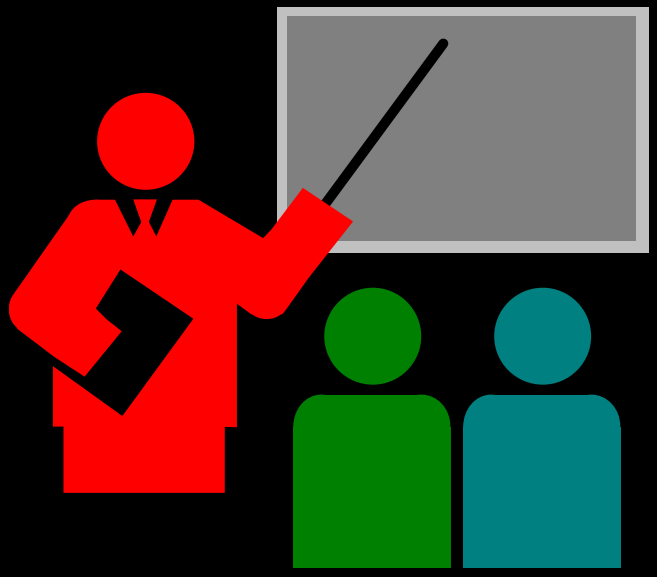
Primitivas de bloqueio explícito

- Resumo das primitivas

Primitiva	Pré-condição	Local típico de utilização
Sleep & Wakeup	Ambiente não preemptível	Núcleo do sistema operacional ou aplicações de tempo real
Wait & Signal	Ambiente preemptível	Aplicações (modo usuário)

- Observação: nos ambientes não preemptíveis mutiprocessadores existe a possibilidade de ocorrência de condição de disputa.

Sleep & Wakeup



Sleep & Wakeup

- **Solução de sincronização**
  - **Bloqueante**
  - **Voltada para sincronização por recursos**
  - **Necessita de uma variável de condição**
  - **Cuidado no uso em ambiente não preemptível e multiprocessador**
- **Primitivas**
  - **Sleep(evento)**
    - Bloqueia a entidade de processamento (processo ou *thread*) até a ocorrência do evento determinado
  - **Wakeup(evento)**
    - Desbloqueia todas as entidades de processamento que aguardam por um determinado evento. Neste momento, todas as entidades de processamento que aguardam por aquele evento são desbloqueadas.
    - Quando da ocorrência do wakeup não existirem entidades de processamento bloqueadas, o evento é perdido
- **Utilização clássica:**
  - **Utilizada no núcleo do sistema operacional UNIX tradicional**
- **Funcionamento**
  - **Bloqueio: sleep(evento)**
  - **Desbloqueio: wakeup(evento)**
  - **Nos ambientes não preemptíveis, a troca de contexto ocorrerá quando for executada a primitiva yield() ou quando ocorrer o bloqueio na chamada sleep()**

Sleep & Wakeup

- **Exemplo: Solução do problema produtor-consumidor**
  - **Ambiente não preemptívo e monoprocessador**
  - **Solução válida para somente 1 produtor e 1 consumidor**
  - **Duas variáveis de condição**
    - CondiçãoFilaCheia – Para bloquear o produtor no caso de fila cheia
    - CondiçãoFilaVazia – Para bloquear o consumidor no caso de fila vazia
  - **`Sleep()`**
    - Para bloquear o produtor no caso de fila cheia
    - Para bloquear o consumidor no caso de fila vazia
  - **`Wakeup()`**
    - Utilizada pelo consumidor para desbloquear o produtor quando a fila estiver cheia
    - Utilizada pelo produtor para desbloquear o consumidor quando a fila estiver vazia

Sleep & Wakeup

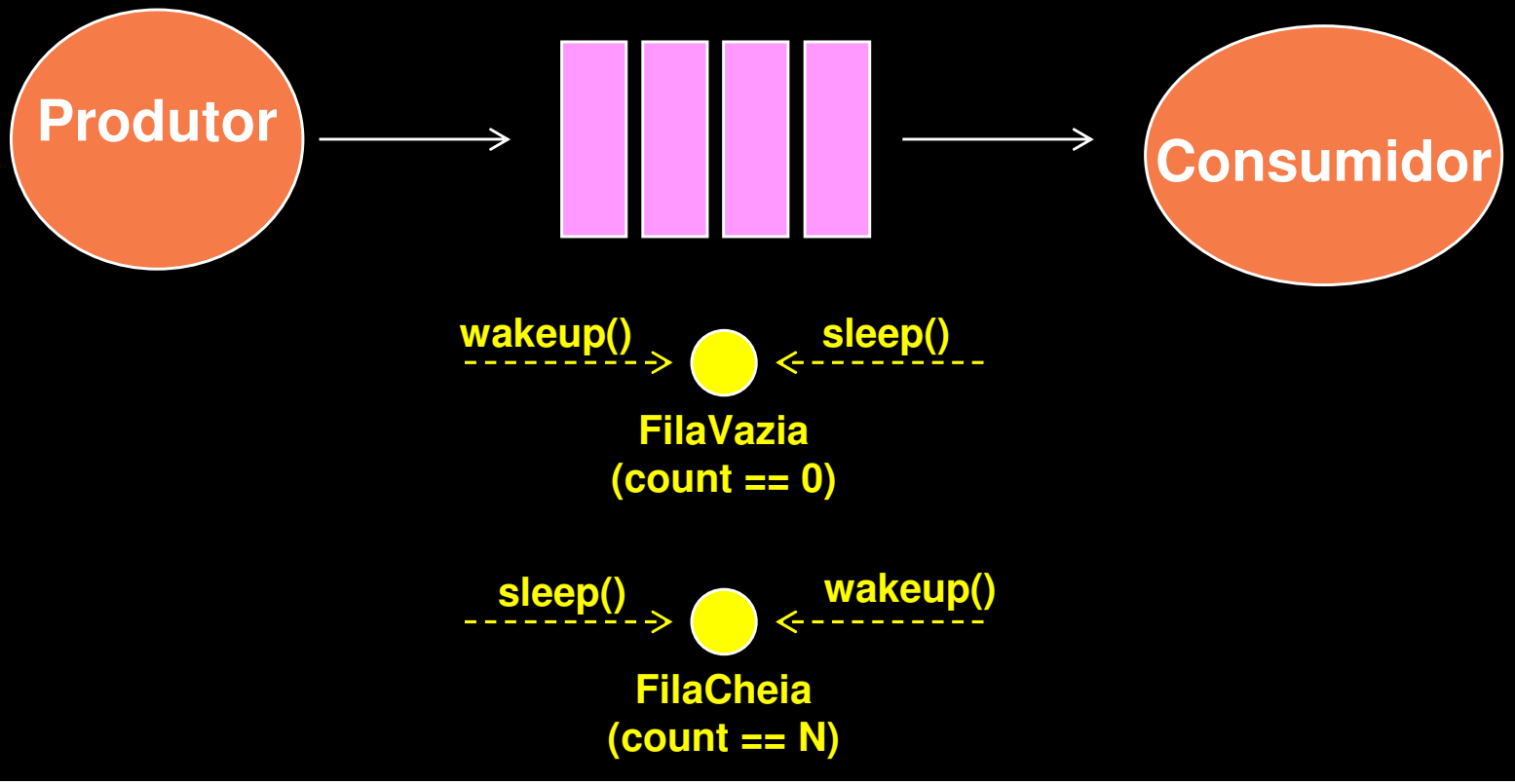
- Para ambiente não preemptívo e monoprocessador
- Solução válida para 1 produtor e 1 consumidor

```
#define N 100
int count = 0; //qde itens na fila

void producer(void)
    {
    int item;
    while (TRUE)
        {
        item = produce_item();
        if (count == N)
            sleep(filacheia);
        insert_item(item);
        count = count + 1;
        if (count == 1)
            wakeup(filavazia);
        yield();
        }
    }
```

```
void consumer(void)
    {
    int item;
    while (TRUE)
        {
        if (count == 0)
            sleep(filavazia);
        item = remove_item();
        count = count -1;
        if (count == N -1)
            wakeup(filacheia);
        consume_item(item);
        yield();
        }
    }
```

Sleep & Wakeup

- Exemplo: Solução para o problema do produtor-consumidor



Sleep & Wakeup

- **No exemplo anterior observe que existem duas situações importantes:**
  - **Quando a fila está cheia:**
    - O produtor, quando possuir um item para armazenar, é bloqueado (sleep) pois não existe espaço para armazenamento de “itens”.
    - Assim, quando o consumidor retirar um item da fila e liberar espaço, desbloqueia (wakeup) o produtor
  - **Quando a fila está vazia:**
    - Se o consumidor for consumir um item ele é bloqueado (sleep) pois não existem itens disponíveis
    - Assim, quando o produtor produzir um item, desbloqueia (wakeup) o consumidor

Exercício

(9) Observe que a variável "count" é compartilhada!

a) **Em um ambiente monoprocessador, não existiria o problema de condição de disputa?**

b) **Em um ambiente multiprocessador, não existiria o problema de condição de disputa?**

Exercício

(9) Observe que a variável "count" é compartilhada!

a) **Em um ambiente monoprocessador, não existiria o problema de condição de disputa?**
   - **Resposta: Não, pois não ocorre a troca de contexto a qualquer momento. O ambiente é não preemptível. Assim, a troca de contexto ocorre somente em duas situações: quanto é ativada a primitiva yield() ou quando o *thread* é explicitamente bloqueado através da primitiva sleep().**

b) **Em um ambiente multiprocessador, não existiria o problema de condição de disputa?**
   - **Resposta: Sim.**

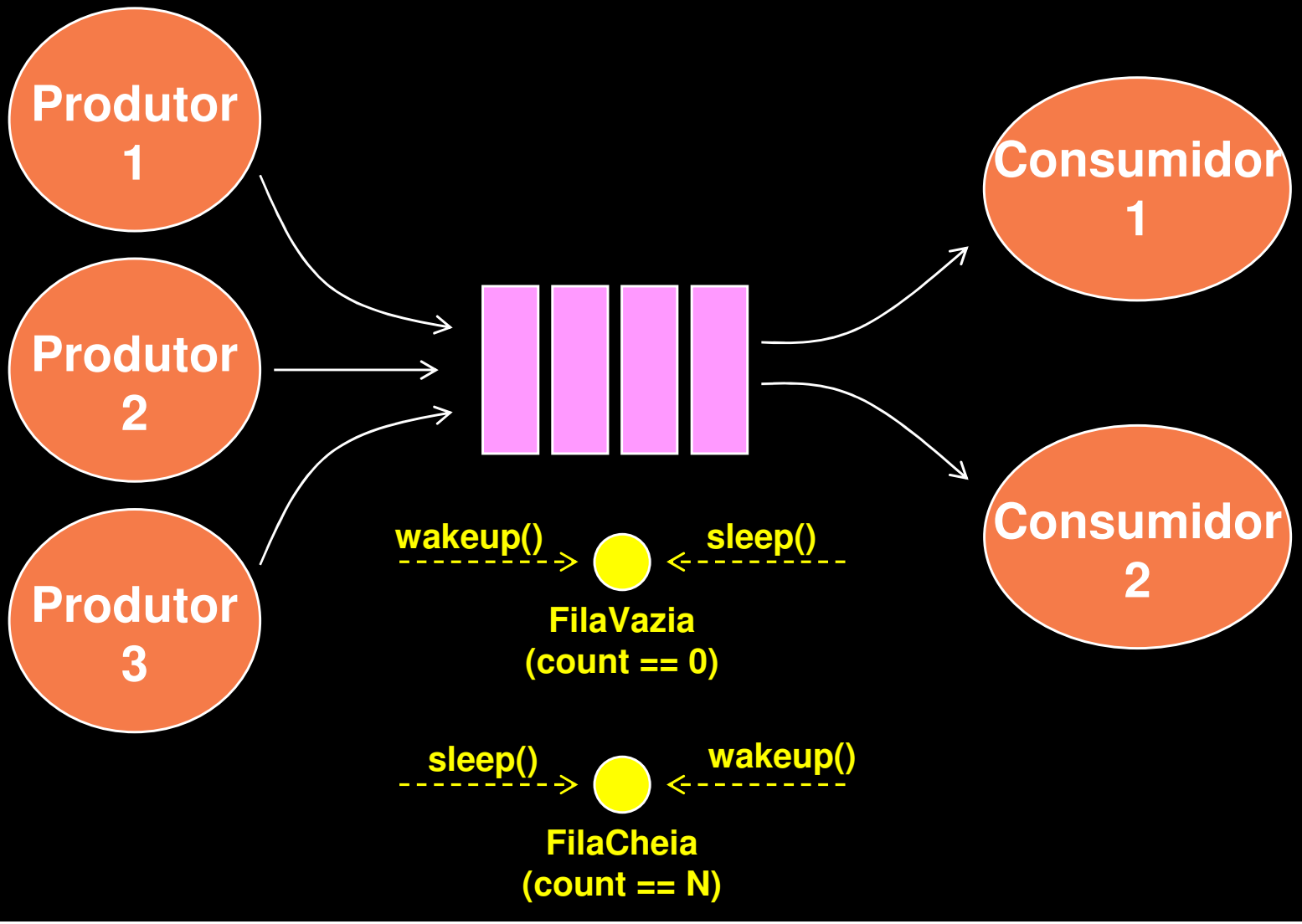
Exercício

(10) A solução apresentada anteriormente para o problema produdor-consumidor funciona somente para 1 produtor e 1 consumidor. Porque?

(11) Modifique o programa de forma a possibilitar o funcionamento com P produtores e C consumidores.

Sleep & Wakeup

- Exemplo: Solução para o problema do produtor-consumidor



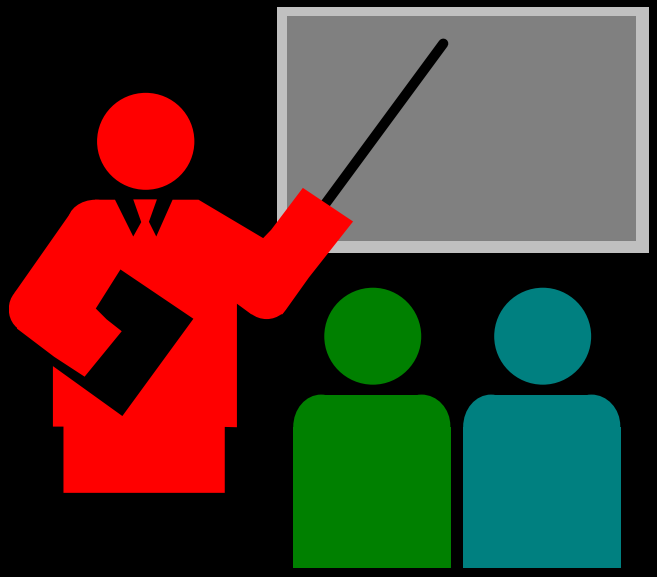
Sleep & Wakeup

- Ambiente não preemptívo e monoprocessador.
- Solução válida para N produtores e M consumidores

```
#define N 100
int count = 0; //qde itens na fila

void producer(void)
    {
    int item;
    while (TRUE)
        {
        item = produce_item();
        while (count == N)
            sleep(filacheia);
        insert_item(item);
        count = count + 1;
        if (count == 1)
            wakeup(filavazia);
        yield();
        }
    }
```

```
void consumer(void)
    {
    int item;
    while (TRUE)
        {
        while (count == 0)
            sleep(filavazia);
        item = remove_item();
        count = count -1;
        if (count == N -1)
            wakeup(filacheia);
        consume_item(item);
        yield();
        }
    }
```

Wait & Signal



Wait & Signal

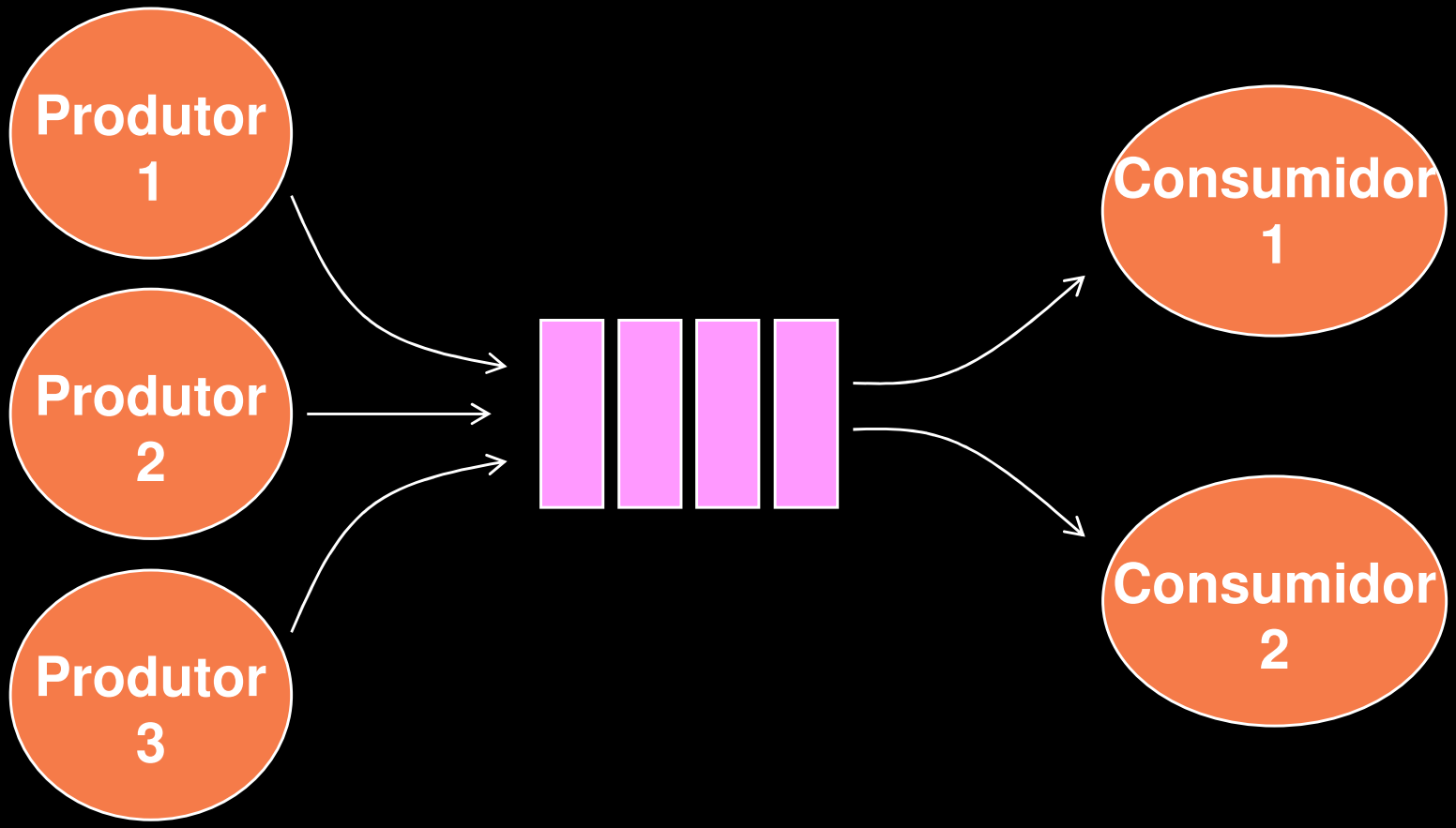
- **Solução de sincronização**
  - **Bloqueante**
  - **Voltada para sincronização por recursos**
  - **Necessita de uma variável de condição**
  - **Pressupõe um ambiente preemptível (quando existe troca de contexto por interrupção de relógio)**
- **Utilização típica**
  - **Em processos/threads executados em modo usuário**
- **Primitivas**
  - **Wait(evento)**
    - Bloqueia a entidade de processamento (processo ou thread) até a ocorrência de um determinado evento
  - **Signal(evento)**
    - Desbloqueia todas as entidades de processamento que aguardam por um determinado evento. Neste momento, todas as entidades de processamento que aguardam por aquele evento são desbloqueadas.

Wait & Signal

- **Integração com mutex**
  - **É comum o uso de primitivas wait & signal em conjunto com mutex.**
  - **Quando tais primitivas são usadas em conjunto, existe a possibilidade da entidade ser bloqueada no wait() estando dominando uma região crítica.**
  - **Esta situação pode causar deadlock. Para evitar este problema, existem implementações que permite a liberação de um mutex no momento caso a entidade seja bloqueada pela ativação da primitiva wait()**
  - **Primitiva: wait(evento, mutex)**
    - Bloqueia a entidade de processamento (processo ou thread) até a ocorrência de um determinado evento.
    - Libera o mutex caso esteja dominando. Quando for desbloqueada, aguarda para obter novamente o mutex..

Wait & Signal

- Exemplo: Solução para o problema do produtor-consumidor



Wait & Signal

- Problema do produtor-consumidor

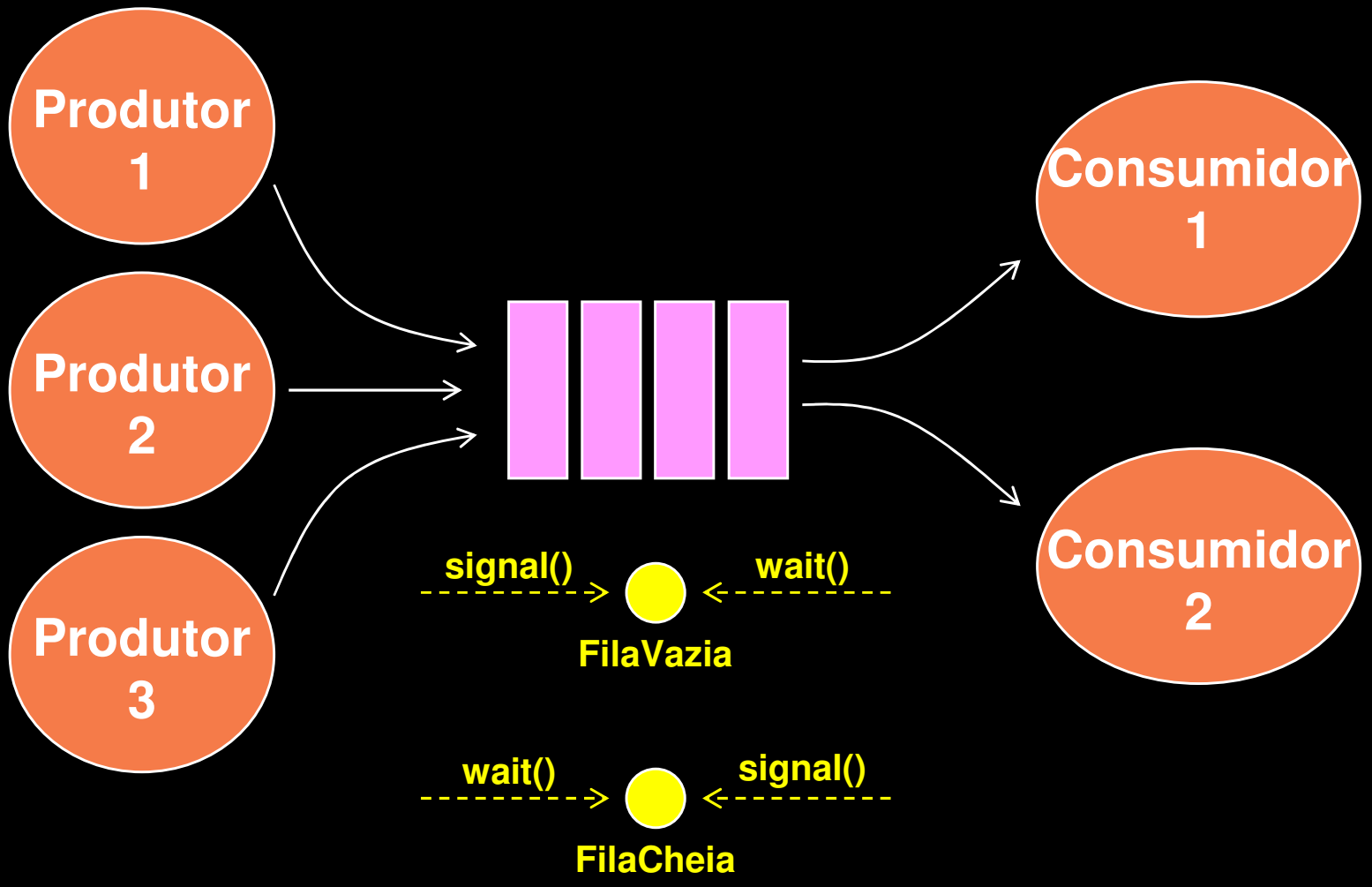
Ambiente preemptível !

```
Produtor()
  {
  repetir
    {
    produzir(E);

    // Inserir na fila
    lock(mutex);
    enquanto FilaCheia(F)
      wait(CondFilaCheia,mutex);
    inserirFila(F,E);
    signal(CondFilaVazia);
    unlock(mutex);
    }
  }
```

```
Consumidor()
  {
  repetir
    {
    // Retirar da fila
    lock(mutex);
    enquanto FilaVazia(F)
      wait(CondFilaVazia,mutex);
    E = RetirarFila(F);
    signal(CondFilaCheia);
    unlock(mutex);

    Processar(E);
    }
  }
```

Wait & Signal

- Exemplo: Solução para o problema do produtor-consumidor



Wait & Signal

- Exemplo: Programa worker

```
#define TCOUNT 10
#define COUNT_LIMIT 12

int       count = 0;
mutex_t   mutex;
cond_t    threshold;

void worker()
  {
  int i;
  for (i=0; i < TCOUNT; i++)
      {
      worker_processing();
      lock(mutex);
      count++;
      if (count == COUNT_LIMIT)
          signal(threshold);
      unlock(mutex);
      }
    }
```

```
void extra_worker()
    {
    lock(mutex);
    if (count < COUNT_LIMIT)
         wait(threshold,mutex);
    unlock(mutex);
    extra_processing();
    }


int main()
   {
   mutex_init(mutex);
   cond_init(threshold);
   create_thread(worker);
   create_thread(worker);
   create_thread(worker);
   create_thread(extra_worker);
   join_threads();
   }
```

Wait & Signal

- Pthreads

Primitiva	Descrição
`pthread_cond_init`	Iniciação da variável de condição
`pthread_cond_wait`	Bloqueia o thread na condição
`pthread_cond_signal`	Caso existam threads bloqueados pela condição, desbloqueia 1 destes threads
`pthread_cond_broadcast`	Caso existam threads bloqueados pela condição, desbloqueia todos os estes threads
`Pthread_cond_destroy`	Destrói uma variável de condição

Tipo	Descrição
`pthread_cond_t`	Representa o tipo de uma variável de condição. Para cada condição que possa levar a bloqueio deve ser criada uma variável de condição

Wait & Signal

- Pthreads - sintaxe

```
// Declaração da variável de condição "mycondv"
pthread_cond_t    mycondv;


// Declaração da variável de condição "mycondv" pré inicializada
pthread_cond_t   mycondv  =  PTHREAD_COND_INITIALIZER;


// Primitivas
int  pthread_cond_init       (pthread_cond_t *cond, pthread_condattr_t *attr)
int  pthread_cond_wait       (pthread_cond_t *cond, pthread_mutex_t *mutex)
int  pthread_cond_signal     (pthread_cond_t *cond)
int  pthread_cond_broadcast  (pthread_cond_t *cond)
int  pthread_cond_destroy    (pthread_cond_t *cond)
```