Sincronização entre processos

- Problema do Produtor-consumidor
- Soluções para exclusão mútua com bloqueio de processos
  - Sleep/wakeup
  - Semáforos
- Semáforos
- Problemas clássicos de sincronização

Problema do Produtor/Consumidor (1)

- Exemplo de utilização de mecanismos de exclusão mútua
- O problema do produtor/consumidor consiste em um processo (produtor) que produz dados para serem consumidos por outro processo (consumidor)
- Os dados, ou mensagens, são armazenados temporariamente em um **buffer** enquanto esperam para serem utilizados

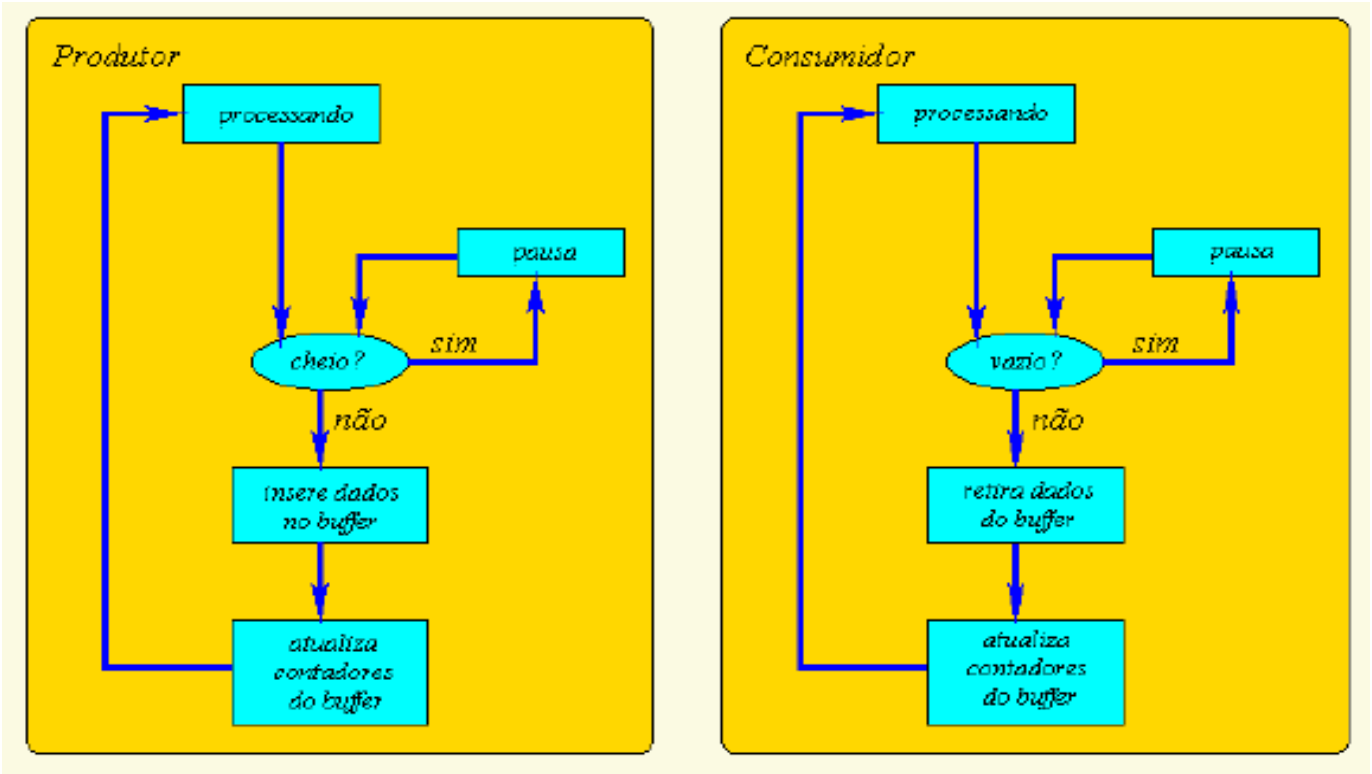
Problema do Produtor/Consumidor (2)

- 2 processos compartilham um *buffer* de tamanho fixo
  - processo produtor coloca dados no *buffer*
  - processo consumidor retira dados do *buffer*

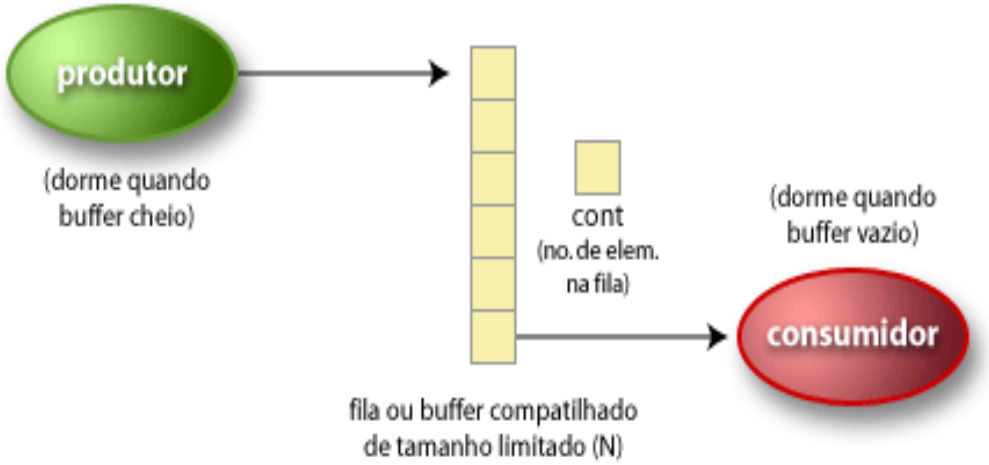
Problemas:

- Buffer está cheio e produtor quer colocar mais dados
- Buffer está vazio e consumidor quer retirar dados

Problema do Produtor/Consumidor (3)



Produtor/Consumidor: comportamento básico – sem controle de concorrência



Ver código: prod-cons-basico.c

Produtor/Consumidor sem controle de concorrência, mas com controle de bugs

Código: prod-cons-basico.c

- Problemas:
  - Produtor insere em posição que ainda não foi consumida
  - Consumidor remove de posição que já foi consumida

Ver código: prod-cons-basico-bug.c

Produtor/Consumidor com tentativa de controle de concorência baseada em espera ocupada

Ver código: prod-cons-basico-busy-wait.c

Código: prod-cons-basico-busy-wait.c

- Problema:
  - Espera ocupada !!!

Soluções para exclusão mútua

Espera Ocupada

Primitivas *Sleep/Wakeup*

Semáforos

Produtor/Consumidor com tentativa de controle de concorência baseada em sleep/wakeup (1)

```
# define N 5
int count = 0; //qtd itens

void producer(void){

 while (true) {
   produce_item();
   if (count == N) // cheio
  sleep();
   insert_item();
   count++;
   if (count == 1)
  wakeup(consumer);
   }
}
```

```
void consumer(void){

 while (true) {
   if (count == 0) //vazio
  sleep();
   remove_item();
   count--;
   if (count == N - 1)
  wakeup(producer);
   consume_item();
   }
}
```

Problema: (a seguir)

- Lost wakeup

Produtor/Consumidor com tentativa de controle de concorência baseada em sleep/wakeup (2)

- Exercício: testar condição de corrida
  - *Buffer* está vazio (cont = 0);
  - Consumidor testa o valor de *count*, que é zero, mas não tem tempo de executar *sleep*, pois o escalonador selecionou o produtor;
  - O Produtor produz um item, insere-o no *buffer* e incrementa *count*. Como *count* = 1, produtor chama *wakeup* para acordar consumidor;
  - Sinal *wakeup* não tem efeito (é perdido), pois o consumidor ainda não está dormindo;
  - Consumidor ganha a CPU, executa *sleep* e vai dormir;
  - Produtor ganha a CPU e, cedo ou tarde, encherá o *buffer*, indo também dormir;
  - Ambos dormirão eternamente.

Problema:

- Lost wakeup

Soluções para exclusão mútua

Espera Ocupada

Primitivas *Sleep/Wakeup*

Semáforos

Semáforo

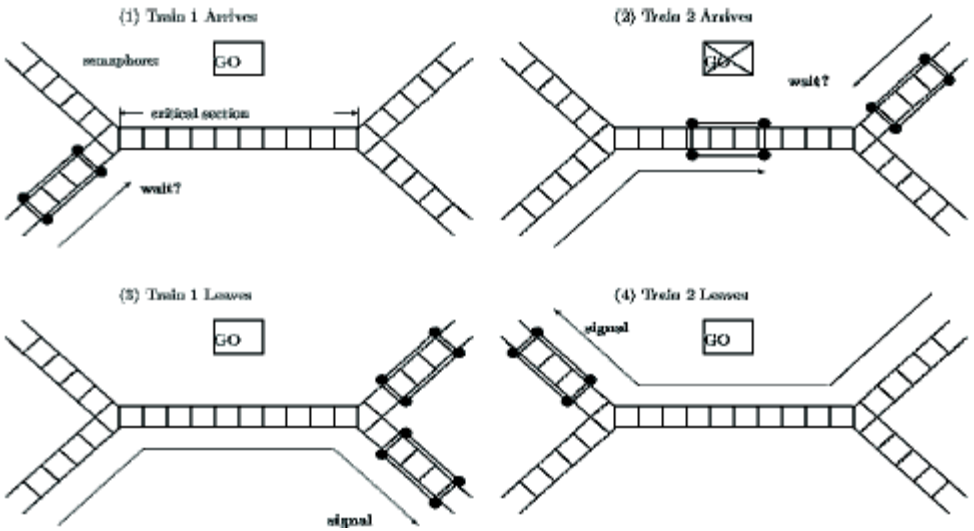
- Mecanismo para sincronização e sinalização entre processos
- Voltado ao compartilhamento de recursos e dependência entre processos
- Proposto por

Dijkstra (1965)

- Inspiração:

sinais de

trens



Semáforos: definição

- variável inteira não negativa que pode ser manipulada por duas operações P (down/wait) e V (up/signal)
- As modificações feitas no valor do semáforo usando Down e Up são **atômicas**
- Para exclusão mútua, as operações Down e Up funcionam como protocolos de entrada e saída de SCs
  - Down é executada quando o processo deseja entrar na SC - Decrementa o semáforo de 1
  - Up é executada quando o processo sai de sua SC – Incrementa o semáforo em 1

Semáforos: primitivas

Primitiva **P** (***down/wait***)

- solicita acesso à SC associada ao semáforo **s**
  - livre → processo continua sua execução
  - não livre → processo é suspenso e adicionado à fila do semáforo; contador do semáforo é decrementado

```
P(s): s.valor = s.valor – 1;
      se s.valor < 0 {
          Bloqueia processo (sleep);
          Insere processo em s.fila;
      }
```

Primitiva **V** (***up/signal***):

- libera a SC associada ao semáforo **s**
- contador associado ao semáforo é incrementado
  - se a fila do semáforo não está vazia → 1º processo da fila é acordado, sai da fila e volta à fila de prontos

```
V(s): s.valor = s.valor + 1
      se s.valor <=0 {
          Retira processo de s.fila;
          Acorda processo (wakeup);
      }
```

Semáforos: implementação

Semaphore Structure:

```
typedef struct {
    int value;
    struct process *list;
} semaphore;
```

Wait Operation:

```
wait(semaphore *S) {
        S->value--;
        if (S->value < 0) {
            add this process to S->list;
            block();
        }
}
```

Signal Operation:

```
signal(semaphore *S) {
        S->value++;
        if (S->value <= 0) {
            remove a process P from S->list;
            wakeup(P);
        }
}
```

Ver semáforo birita

Semáforos: considerações

- suspender processos que aguardam acesso à SC elimina espera ocupada
  - uso mais eficiente do processador
- fila associada ao semáforo
  - contém todos os processos suspensos
  - obedece política FIFO → justiça no acesso à SC
- valor associado ao semáforo → contador de recursos
  - positivo → nº de instâncias do recurso disponíveis
  - negativo → nº de processos aguardando pelo recurso
  - valor inicial → permite expressar diferentes situações de sincronização

Semáforos em C

- Biblioteca semaphore.h
- Declarações e uso:
  - sem_t semaphore
  - sem_init (&semaphore, 0, some_value);
  - sem_wait(&semaphore);
  - sem_post(&semaphore);

- Obs.: em Pthreads usa-se:
  - wait no lugar de down; post no lugar de up

Produtor/consumidor usando semáforos (1)

- Solução usa 3 semáforos:
  - *Full*: conta nº de posições ocupadas no buffer; inicializado c/ 0
  - *Empty*: conta nº de posições vazias no buffer; inicializado c/ nº total de posições do buffer (N)
  - *Mutex*: garante que produtor e consumidor não acessem o buffer ao mesmo tempo; inicializado c/ 1 (semáforo binário)

Produtor/consumidor usando semáforos (2)

```
# define N 5

typedef int semaphore;
semaphore mutex = 1;
semaphore empty = N;
semaphore full = 0;

void producer (){
  while (true){
    produce_item();
    down(empty);
    down(mutex);
    insert_item();
    up(mutex);
    up(full);
  }
}
```

```
void consumer (){
  while (true){
    down(full);
    down(mutex);
    remove_item();
    up(mutex);
    up(empty);
    consume_item();
  }
}
```

Produtor/consumidor usando semáforos (3)

Ver código: produtor-consumidor-semaforo.c

Semáforos: problemas

- programador deve definir os pontos de sincronização no programa
  - eficaz p/ programas pequenos e problemas de sincronização simples
  - inviável p/ sistemas mais complexos
  - Ex.:
    a) programador esquece de liberar um semáforo previamente alocado → programa pode entrar em *deadlock*
    b) programador esquece de requisitar um semáforo → exclusão mútua sobre um recurso pode ser violada

Problemas clássicos de sincronização

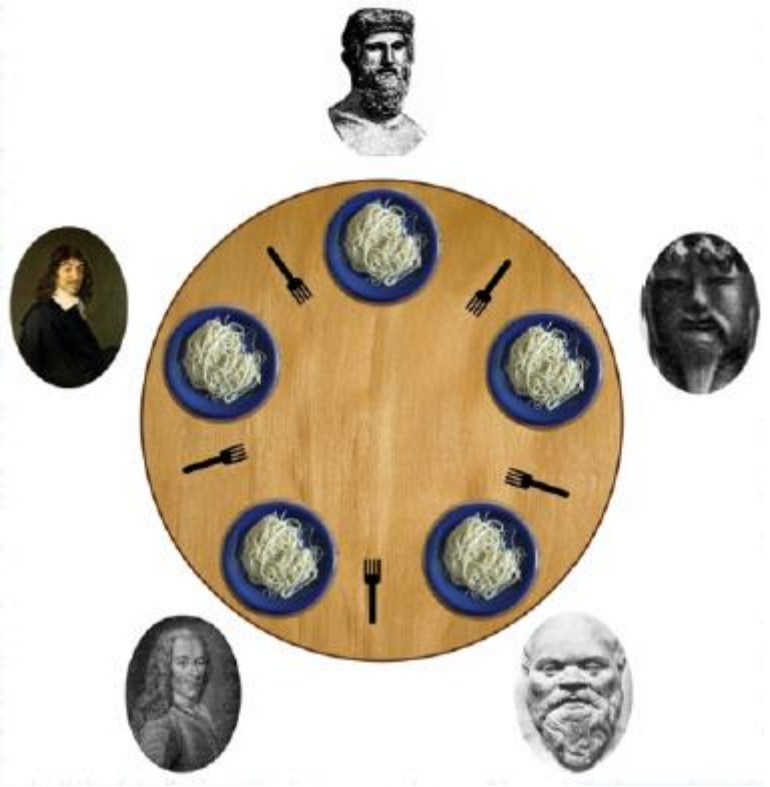
- Problema do Produtor/Consumidor
- Problema dos Filósofos Jantadores
- Problema dos Leitores/Escritores

Problema do Produtor/Consumidor

- Problema
  - não deixar o produtor inserir dados em um *buffer cheio*
  - não deixar o consumidor retirar dados de um *buffer vazio*
- Apresentadas 2 soluções:
  - Solução 1: sleep() e wakeup()
    - Condição de corrida
  - Solução 2: semáforos

Problema dos Filósofos Jantadores

- 5 filósofos desejam comer espaguete
- para comer, cada filósofo precisa de dois garfo
- logo, os filósofos precisam compartilhar o uso do garfo de forma sincronizada
- os filósofos alternam entre comer e pensar



Problema dos Filósofos Jantadores: solução com semáforos (1)

```
#define N           5                   /* número de filósofos */
#define PENSANDO    0                   /* filósofo pensando */
#define FAMINTO     1                   /* filósofo tentando pegar garfos */
#define COMENDO     2                   /* filósofo comendo */

#define ESQ         (i+1)%N
#define DIR         (i-1+N)%N

int estado[N];                  /* vetor (compartilhado) p/ controlar estados */
Semaforo mutex = 1;             /* exclusão mútua para região crítica */
Semaforo s[N];                  /* 1 semáforo por filósofo. Inicialmente, todos == 0 */


void filosofo(int i)
{
     while (true) {
          pensa();
          pega_garfos(i);
          come();
          devolve_garfos(i);
     }
}
```

Problema dos Filósofos Jantadores: solução com semáforos (2)

```
void pega_garfos(int i)
{
     down(mutex);              /* entra na região crítica */
     estado[i] = FAMINTO;      /* filósofo i está com fome */
     teste(i);                 /* tenta mudar de estado para comendo */
     up(mutex);                /* sai da região crítica */
     down(s[i]);               /* fica bloqueado se não conseguiu mudar de estado */
}

void devolve_garfos(int i)
{
     down(mutex);                 /* entra na região crítica */
     estado[i] = PENSANDO;        /* filósofo i terminou de comer */
     teste(DIR);                  /* verifica se vizinho da direita pode comer */
     teste(ESQ);                  /* verifica se vizinho da esquerda pode comer */
     up(mutex);                   /* sai da região crítica */
}

void teste(int i)
{
     if (estado[i] == FAMINTO && estado[ESQ] != COMENDO && estado[DIR] != COMENDO) {
          estado[i] = COMENDO;
          up(s[i]);
     }
}
```

Problema dos Filósofos Jantadores: solução com semáforos (3)

Problemas que devem ser evitados:

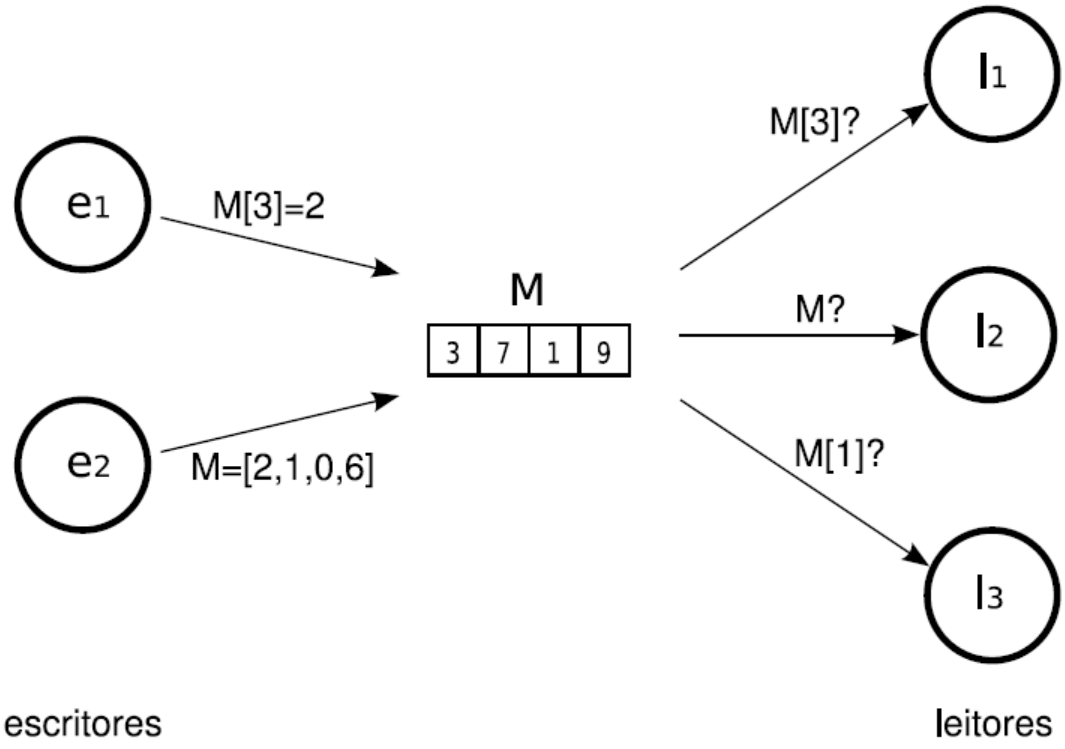
Deadlock – todos os filósofos pegam **um garfo** ao mesmo tempo

Starvation – os filósofos ficam indefinidamente pegando garfos simultaneamente

Ver código: filosofos.c

Problema dos Leitores/Escritores (1)

- processos leitores e escritores competem pelo acesso a uma base de dados
- vários leitores podem acessar a base ao mesmo tempo
- quando um escritor está na base de dados, nenhum outro processo pode acessá-la (nem mesmo um leitor)



Problema dos Leitores/Escritores (2)

```
typedef int semaphore;                  /* use sua imaginação */
semaphore mutex = 1;                    /* controla o acesso a 'rc' */
semaphore db = 1;                       /* controla o acesso a base de dados */
int rc = 0;                             /* número de processos lendo ou querendo ler */

void reader(void)
{
     while (TRUE) {                     /* repete para sempre */
          down(&mutex);                 /* obtém acesso exclusivo a 'rc' */
          rc = rc + 1;                  /* um leitor a mais agora */
          if (rc == 1) down(&db);       /* se este for o primeiro leitor ... */
          up(&mutex);                   /* libera o acesso exclusivo a 'rc' */
          read_data_base( );            /* acesso aos dados */
          down(&mutex);                 /* obtém acesso exclusivo a 'rc' */
          rc = rc – 1;                  /* um leitor a menos agora */
          if (rc == 0) up(&db);         /* se este for o último leitor ... */
          up(&mutex);                   /* libera o acesso exclusivo a 'rc' */
          use_data_read( );             /* região não crítica */
     }
}
```

Problema dos Leitores/Escritores (3)

```
void writer(void)
{
      while (TRUE) {                  /* repete para sempre */
            think_up_data( );         /* região não crítica */
            down(&db);                /* obtém acesso exclusivo */
            write_data_base( );       /* atualiza os dados */
            up(&db);                  /* libera o acesso exclusivo */
      }
}
```