SISTEMAS OPERACIONAIS

Comunicação e Sincronização de Processos (3)
Problemas clássicos

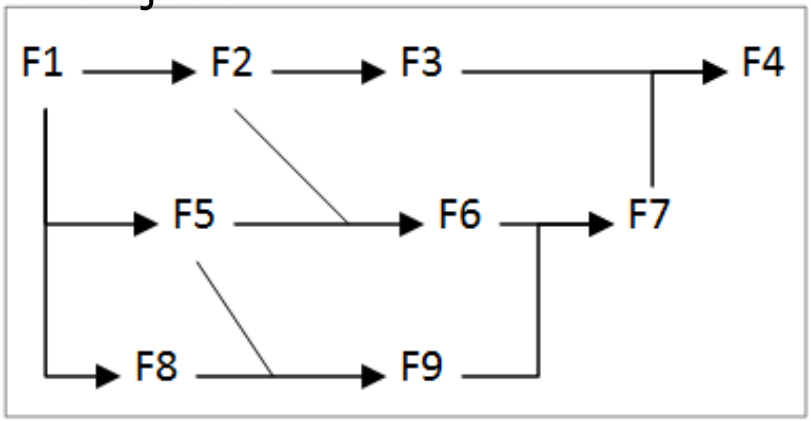
Uso dos Semáforos

- 1. Sincronização de execução
- 2. Acesso a recursos limitados
- 3. Exclusão mútua
  - Problema do pombo correio
  - Problema do jantar dos canibais
  - Problema do filme sobre a vida de Hoare
- Problemas clássicos
  - Leitores e escritores
  - Barbeiro dorminhoco
  - Jantar dos filósofos

Sincronização de Execução (1)

- **Problema 1**: Suponha que sejam criados 5 processos. Utilize semáforos para garantir que o processo 1 escreva os números de 1 até 200, o processo 2 escreva os números de 201 até 400, e assim por diante.
  - Dica: o processo i+1 só deve entrar em funcionamento quando processo i já tiver terminado a escrita dos seus números.

- **Problema 2**: Considere o seguinte grafo de precedência que será executado por três processos. Adicione semáforos a este programa (no máximo 6 semáforos), e as respectivas chamadas às suas operações, de modo que a precedência definida abaixo seja alcançada.



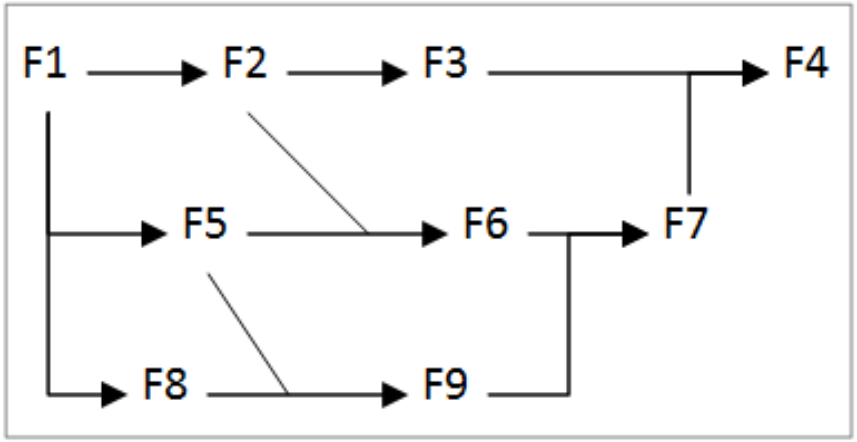

```
PROCESS A : begin F1 ; F2 ; F9 ; F4 ; end

PROCESS B : begin F3 ; F7 ; end

PROCESS C : begin F8 ; F5 ; F6 ; end
```

Sincronização de Execução (2)

- Solução do problema 1

Sincronização de Execução (3)

- Solução do problema 2



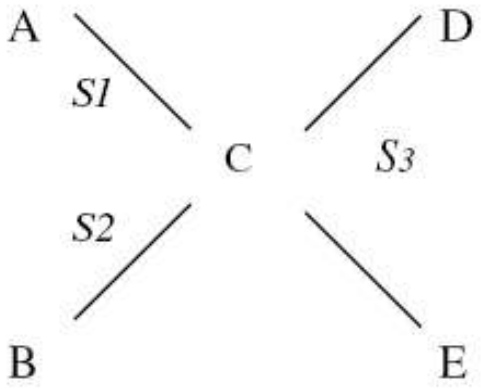

```
PROCESS A : begin F1 ; F2 ; F9 ; F4 ; end

PROCESS B : begin F3 ; F7 ; end

PROCESS C : begin F8 ; F5 ; F6 ; end
```

Solução não otimizada:

```
PROCESS A : begin F1 ; V(s1); F2 ; V(s2); V(s3); P(s4); F9 ; V(s3); P(s5); F4 ; end

PROCESS B : begin P(s2); F3 ; P(s3); P(s3); F7 ; V(s5); end

PROCESS C : begin P(s1); F8 ; F5 ; P(s3); V(s4); F6 ; V(s3); end
```

Sincronização de Execução (4)

- Problema 3: Adicione semáforos ao programa abaixo, e as respectivas chamadas às suas operações, de modo que a precedência definida pelo grafo seja alcançada




```
semaphore ...
...
Process k
        ...                          /* Comentário */
        do some work k
        ...                          /* Comentário */
end
```

Sincronização de Execução (5)

- Solução do Problema 3

```
semaphore S1=0
semaphore S2=0
semaphore S3=0

Process A
  //do some work
  V(S1)

Process B
  // do some work
  V (S2)
```

```
Process C
  P(S1)
  P(S2)
  //do some work
  V(S3)
  V(S3)

Process D
  P(S3)
  //do some work

Process E
  P(S3)
  //do some work
```

Problema do Pombo Correio (1)

- Problema do Pombo Correio
  - Um pombo correio leva mensagens entre os sites A e B, mas só quando o número de mensagens acumuladas chega a 20.
  - Inicialmente, o pombo fica em A, esperando que existam 20 mensagens para carregar, e dormindo enquanto não houver.
  - Quando as mensagens chegam a 20, o pombo deve levar exatamente (nenhuma a mais nem a menos) 20 mensagens de A para B, e em seguida voltar para A.
  - Caso existam outras 20 mensagens, ele parte imediatamente; caso contrário, ele dorme de novo até que existam as 20 mensagens.
  - As mensagens são escritas em um post-it pelos usuários; cada usuário, quando tem uma mensagem pronta, cola sua mensagem na mochila do pombo. Caso o pombo tenha partido, ele deve esperar o seu retorno p/ colar a mensagem na mochila.
  - O vigésimo usuário deve acordar o pombo caso ele esteja dormindo.
  - Cada usuário tem seu bloquinho inesgotável de post-it e continuamente prepara uma mensagem e a leva ao pombo.

- Usando semáforos e threads, modele o processo pombo e o processo usuário, lembrando que existem muitos usuários e apenas um pombo. Identifique regiões críticas na vida do usuário e do pombo.

Problema do Pombo Correio (2)

Carrinho da Montanha Russa (1)

- Considere a seguinte situação:
  - Existem n passageiros que, repetidamente, aguardam para entrar em um carrinho da montanha russa, fazem o passeio e voltam a aguardar. Vários passageiros podem entrar no carrinho ao mesmo tempo, pois este tem várias portas. A montanha russa tem somente um carrinho, onde cabem C passageiros (C < n). O carrinho só começa seu percurso se estiver lotado.”
- Resolva esse problema usando semáforos

Problema do Jantar dos Canibais (1)

- Suponha que um grupo de N canibais come jantares a partir de uma grande travessa que comporta M porções. Quando alguém quer comer, ele(ela) se serve da travessa, a menos que ela esteja vazia. Se a travessa está vazia, o canibal acorda o cozinheiro e espera até que o cozinheiro coloque mais M porções na travessa.

- Desenvolva o código para as ações dos canibais e do cozinheiro. A solução deve evitar deadlock e deve acordar o cozinheiro apenas quando a travessa estiver vazia. Suponha um longo jantar, onde cada canibal continuamente se serve e come, sem se preocupar com as demais coisas na vida de um canibal...

Problema do Jantar dos Canibais (2)


```
semaphore cozinha = 0
semaphore comida = M+1
semaphore mutex = 1
semaphore enchendo = 0
int count = 0

canibal (){
  while (1) {
    P(comida)
    P(mutex)
    count++
    if (count > M) {
      V(cozinha)
      P(enchendo)
      count=1
    }
    V(mutex);
    come();
  }
}
```

```
cozinheiro () {
  while (1) {
    P(cozinha)
    enche_travessa()
    for (int i=1; i ≤ M; i++)
      V(comida)
    V(enchendo)
  }
}
```

Problema do Filme sobre a Vida de Hoare (1)

- Em um determinado stand de uma feira, um demonstrador apresenta um filme sobre a vida de Hoare. Quando 10 pessoas chegam, o demonstrador fecha o pequeno auditório que não comporta mais do que essa platéia. Novos candidatos a assistirem o filme devem esperar a próxima exibição.
- Esse filme faz muito sucesso com um grupo grande de fãs (de bem mais de 10 pessoas), que permanecem na feira só assistindo o filme seguidas vezes. Cada vez que um **desses fãs consegue assistir uma vez o filme por completo**, ele vai telefonar para casa para contar alguns detalhes novos para a sua mãe.
- Depois de telefonar ele volta mais uma vez ao stand para assistir o filme outra vez.
- Usando semáforos, modele o processo fã e o processo demonstrador, lembrando que existem muitos fãs e apenas um demonstrador. Como cada fã é muito ardoroso, uma vez que ele chega ao stand ele não sai dali até assistir o filme.
- Suponha que haja muitos telefones disponíveis na feira e, portanto, que a tarefa de telefonar para casa não impõe nenhuma necessidade de sincronização

Problema do Filme sobre a Vida de Hoare (2)

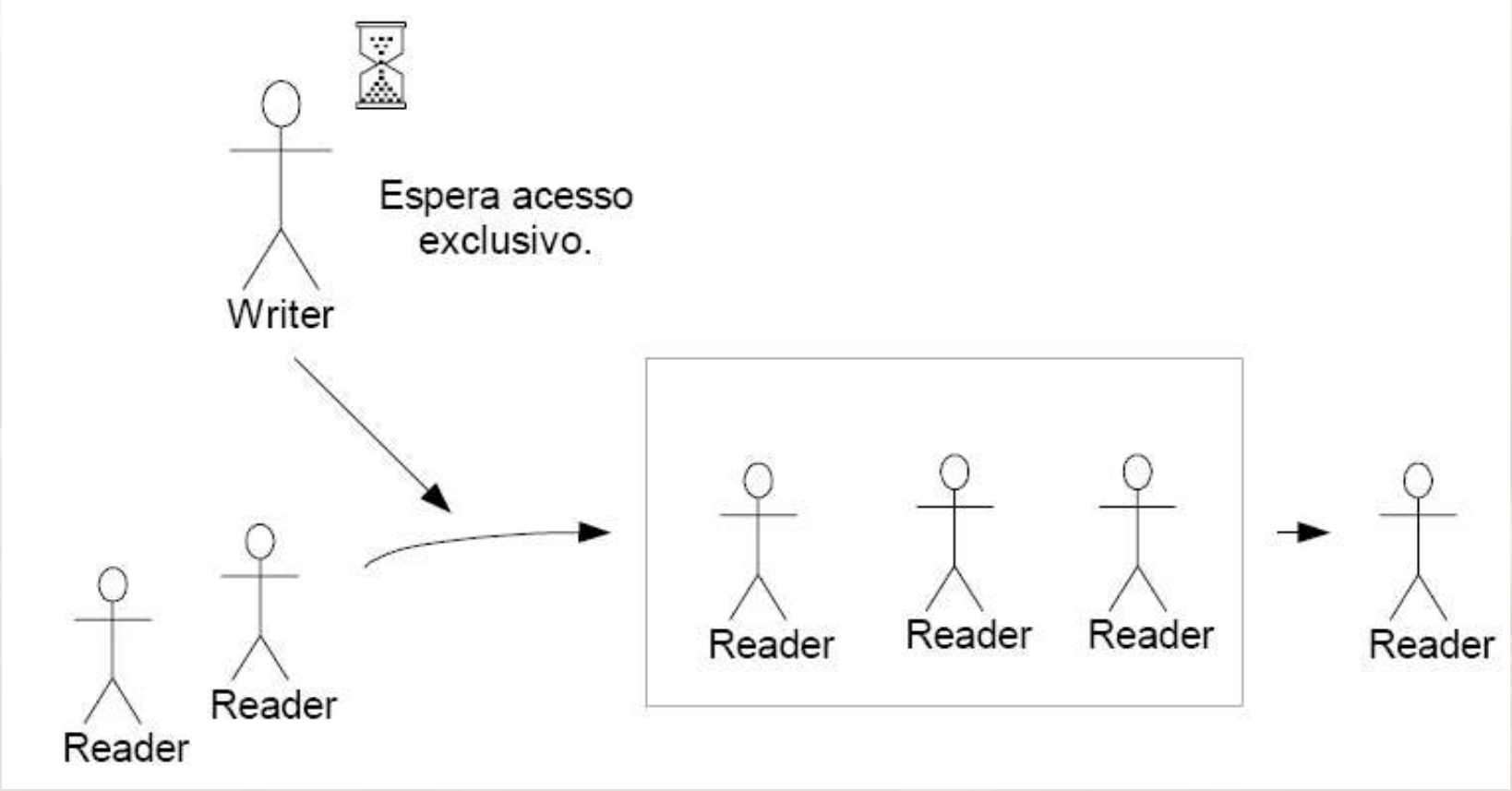

```
#define N 10
int nFans=0;
semaphore mutex = 1;
semaphore dem = 0; //usado p/ bloquear o dem.
semaphore fila = 0; // usado p/ bloquear as pessoas
```

```
fan (){
  while(true){
    P(mutex);
    nFans++;
    V(mutex);
    V(dem);
    P(fila);
    assisteFilme() ;
    telefona();
  }
}
```

```
demonstrador (){
  while(true){
    while (nFans<N)
      P(dem);
    P(mutex);
    nFans=nFans-N;
    V(mutex);
    for (i=0 ;i<N ; i++)
      V(fila);
    exibeFilme();
  }
}
```

Qual o problema desta solução ???

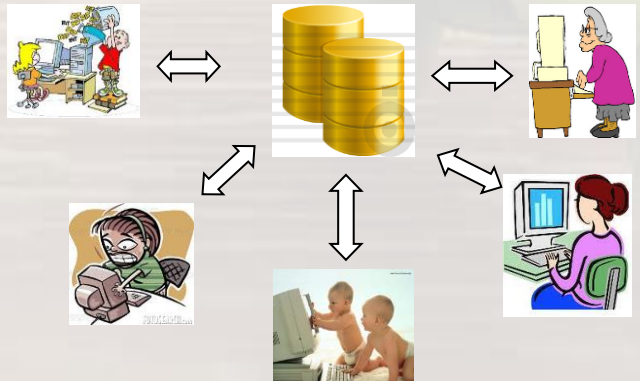
Leitores e Escritores (1)



Leitores e Escritores (2)

- Problema:
  - Suponha que existe um conjunto de processos que compartilham um determinado conjunto de dados (ex: um banco de dados).
  - Existem processos que leem os dados
  - Existem processos que escrevem (gravam) os dados

- Análise do problema:
  - Se dois ou mais leitores acessarem os dados simultaneamente não há problemas
  - E se um escritor escrever sobre os dados?
  - Podem outros processos estarem acessando simultaneamente os mesmos dados?



Leitores e Escritores (3)

```
int rc = 0           //numero de leitores ativos
semaphore mutex = 1 //protege o acesso a variavel rc
semaphore db = 1     //bloqueia escritor
```

```
escritor () {
  while (TRUE)
  down(db);
  ...
  //writing is
  //performed
  ...
  up(db);
  ...
}
```

```
leitor () {
  while (TRUE){
    down(mutex);
    rc++;
    if (rc == 1)
      down(db);
    up(mutex)
    ...
    //reading is performed
    ...
    down(mutex)
    rc--;
    if (rc == 0)
      up(db);
   up(mutex);
}
```

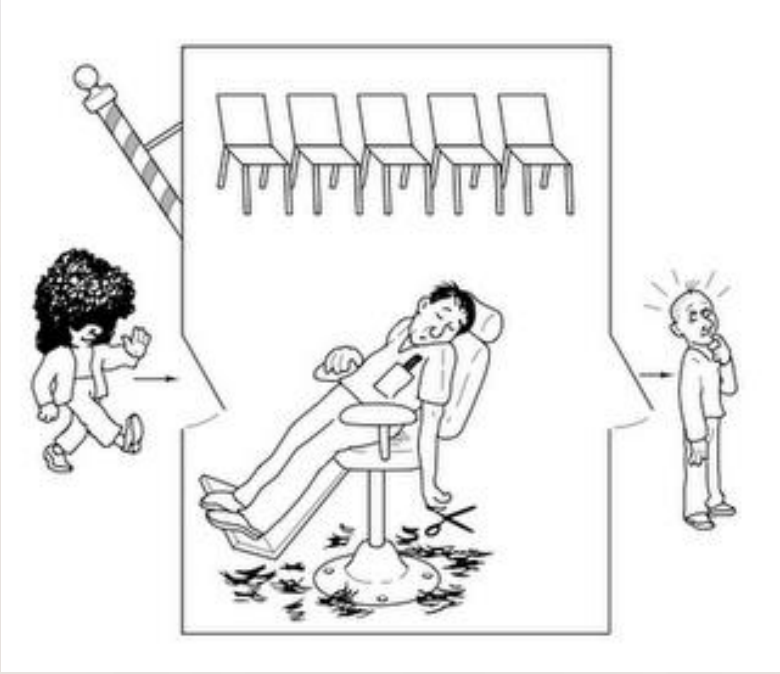
O Barbeiro Dorminhoco (1)

- Na barbearia há:
  - Um barbeiro,
  - Uma cadeira de barbeiro ,
  - n cadeiras para os clientes esperarem
- Quando não há clientes, o barbeiro senta-se na cadeira do barbeiro e dorme
- Quando um cliente chega, ele precisa acordar o barbeiro
- Se outros clientes chegarem enquanto o barbeiro estiver ocupado, eles ocupam um das cadeiras disponíveis, se houver. Se todas as cadeiras estiverem ocupadas, cliente vai embora.

O Barbeiro Dorminhoco (2)

- Deve ser controlado:
  - Quando número de clientes = 0 $\Rightarrow$ barbeiro dorme
  - Semáforo – customers
- Número de clientes esperando
  - Variável compartilhada entre cliente e barbeiro – waiting
  - Semáforo para acesso a variável waiting - m
- Barbeiro livre?
  - Semáforo barber

O Barbeiro Dorminhoco (3)

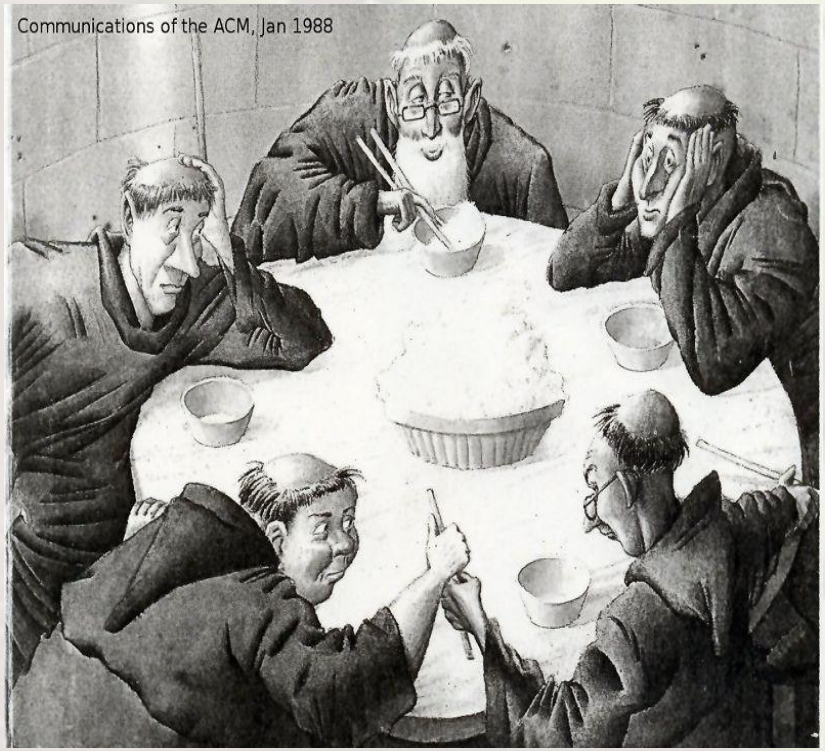


```
#define CHAIRS 5                /* # chairs for waiting customers */

typedef int semaphore;          /* use your imagination */

semaphore customers = 0;        /* # of customers waiting for service */
semaphore barbers = 0;          /* # of barbers waiting for customers */
semaphore mutex = 1;            /* for mutual exclusion */
int waiting = 0;                /* customers are waiting (not being cut) */

void barber(void)
{
    while (TRUE) {
        down(&customers);       /* go to sleep if # of customers is 0 */
        down(&mutex);           /* acquire access to 'waiting' */
        waiting = waiting – 1;  /* decrement count of waiting customers */
        up(&barbers);           /* one barber is now ready to cut hair */
        up(&mutex);             /* release 'waiting' */
        cut_hair( );            /* cut hair (outside critical region) */
    }
}


void customer(void)
{
    down(&mutex);               /* enter critical region */
    if (waiting < CHAIRS) {     /* if there are no free chairs, leave */
        waiting = waiting + 1;  /* increment count of waiting customers */
        up(&customers);         /* wake up barber if necessary */
        up(&mutex);             /* release access to 'waiting' */
        down(&barbers);         /* go to sleep if # of free barbers is 0 */
        get_haircut( );         /* be seated and be serviced */
    } else {
        up(&mutex);             /* shop is full; do not wait */
    }
}
```

Jantar dos Filósofos (1)

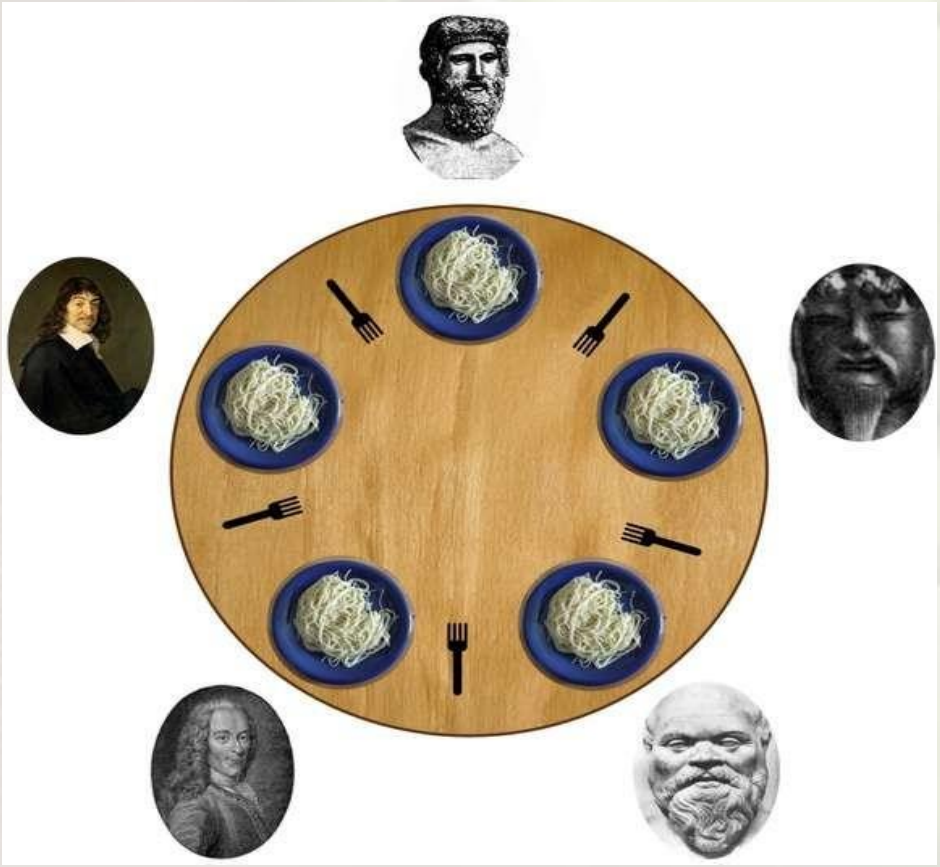
- Cinco filósofos desejam comer espaguete; No entanto, para poder comer, cada filósofo precisa utilizar dois garfo e não apenas um. Portanto, os filósofos precisam compartilhar o uso do garfo de forma sincronizada.

- Os filósofos comem e pensam;

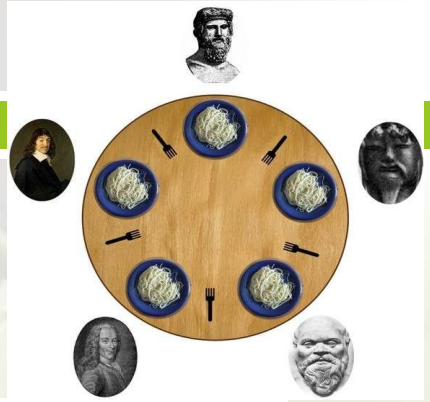


Problemas clássicos de comunicação entre processos

- Problemas que devem ser evitados:
  - *Deadlock* – um ou mais processos impedidos de continuar;
  - *Starvation* – processos executam mas não progridem;



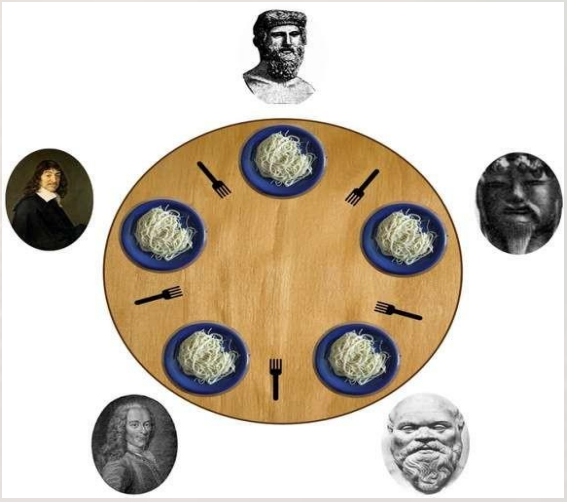
Solução 1 para Filósofos



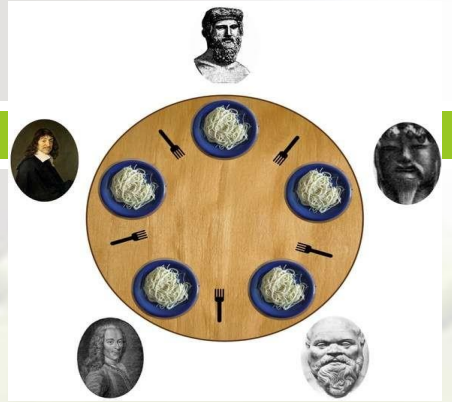
```
#define N 5                                 /* number of philosophers */

void philosopher(int i)                     /* i: philosopher number, from 0 to 4 */
{
    while (TRUE) {
        think( );                           /* philosopher is thinking */
        take_fork(i);                       /* take left fork */
        take_fork((i+1) % N);               /* take right fork; % is modulo operator */
        eat( );                             /* yum-yum, spaghetti */
        put_fork(i);                        /* put left fork back on the table */
        put_fork((i+1) % N);                /* put right fork back on the table */
    }
}
```

Solução 1 para Filósofos

- Problema da solução 1:
  - Execução do `take_fork(i)` → Se todos os filósofos pegarem o garfo da esquerda, nenhum pega o da direita → *Deadlock*;

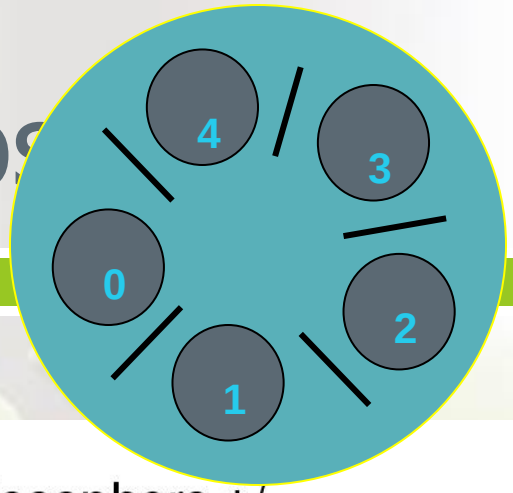


Solução 1 para Filósofos



- Se modificar a solução:
  - Pegar o garfo da esquerda
  - Verificar se o garfo da direita está disponível. Se não está, devolve o da esquerda e começa novamente
  - Se tempo para tentativa for fixo → *Starvation (Inanição);*
  - Se tempo for aleatório (abordagem utilizada pela rede Ethernet) – resolve o problema
    - Serve para sistemas não-críticos;

Solução 1 para Filósofos



- Mais uma opção possível...

```
#define N 5                                   /* number of philosophers */

semaphore mutex = 1;
void philosopher(int i)                       /* i: philosopher number, from 0 to 4 */
{
    while (TRUE) {
        think( );                             /* philosopher is thinking */
        take_fork(i);                         /* take left fork */
        take_fork((i+1) % N);                 /* take right fork; % is modulo operator */
        eat( );                               /* yum-yum, spaghetti */
        put_fork(i);                          /* put left fork back on the table */
        put_fork((i+1) % N);                  /* put right fork back on the table */
    }
}
```

down(&mutex);

up(&mutex);

Somente um filósofo come!

Solução 2 para Filósofos usando Semáforos

- Permite o máximo de “paralelismo”;
- Não apresenta:
  - Deadlocks;
  - Starvation;

Solução 2 para Filósofos usando Semáforos (2/3)

```
#define N                   5                   /* number of philosophers */
#define LEFT                (i+N−1)%N           /* number of i's left neighbor */
#define RIGHT               (i+1)%N             /* number of i's right neighbor */
#define THINKING            0                   /* philosopher is thinking */
#define HUNGRY              1                   /* philosopher is trying to get forks */
#define EATING              2                   /* philosopher is eating */
typedef int semaphore;                          /* semaphores are a special kind of int */
int state[N];                                   /* array to keep track of everyone's state */
semaphore mutex = 1;                            /* mutual exclusion for critical regions */
semaphore s[N];                                 /* one semaphore per philosopher */

void philosopher(int i)                         /* i: philosopher number, from 0 to N−1 */
{
    while (TRUE) {                              /* repeat forever */
        think( );                               /* philosopher is thinking */
        take_forks(i);                          /* acquire two forks or block */
        eat( );                                 /* yum-yum, spaghetti */
        put_forks(i);                           /* put both forks back on table */
    }
}
```

Solução 2 para Filósofos usando Semáforos (3/3)

```
void take_forks(int i)                  /* i: philosopher number, from 0 to N–1 */
{
      down(&mutex);                     /* enter critical region */
      state[i] = HUNGRY;                /* record fact that philosopher i is hungry */
      test(i);                          /* try to acquire 2 forks */
      up(&mutex);                       /* exit critical region */
      down(&s[i]);                      /* block if forks were not acquired */
}

void put_forks(i)                       /* i: philosopher number, from 0 to N–1 */
{
      down(&mutex);                     /* enter critical region */
      state[i] = THINKING;              /* philosopher has finished eating */
      test(LEFT);                       /* see if left neighbor can now eat */
      test(RIGHT);                      /* see if right neighbor can now eat */
      up(&mutex);                       /* exit critical region */
}

void test(i)                            /* i: philosopher number, from 0 to N–1 */
{
      if (state[i] == HUNGRY && state[LEFT] != EATING && state[RIGHT] != EATING) {
            state[i] = EATING;
            up(&s[i]);
      }
}
```

Referências

- A. S. Tanenbaum, "Sistemas Operacionais Modernos", 3a. Edição, Editora Prentice-Hall, 2010.
  - Seção 2.3
- Silberschatz A. G.; Galvin P. B.; Gagne G.; "Fundamentos de Sistemas Operacionais", 8a. Edição, Editora LTC, 2010.
  - Seções 6.5 e 6.6
- Deitel H. M.; Deitel P. J.; Choffnes D. R.; “Sistemas Operacionais”, 3ª. Edição, Editora Prentice-Hall, 2005
  - Seção 5.6