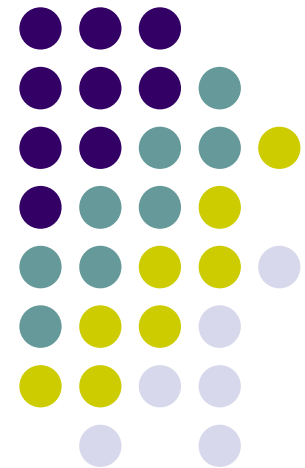
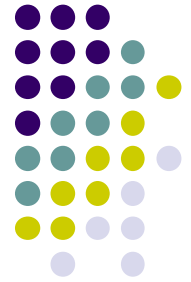


Sistemas de Computação

Semáforos

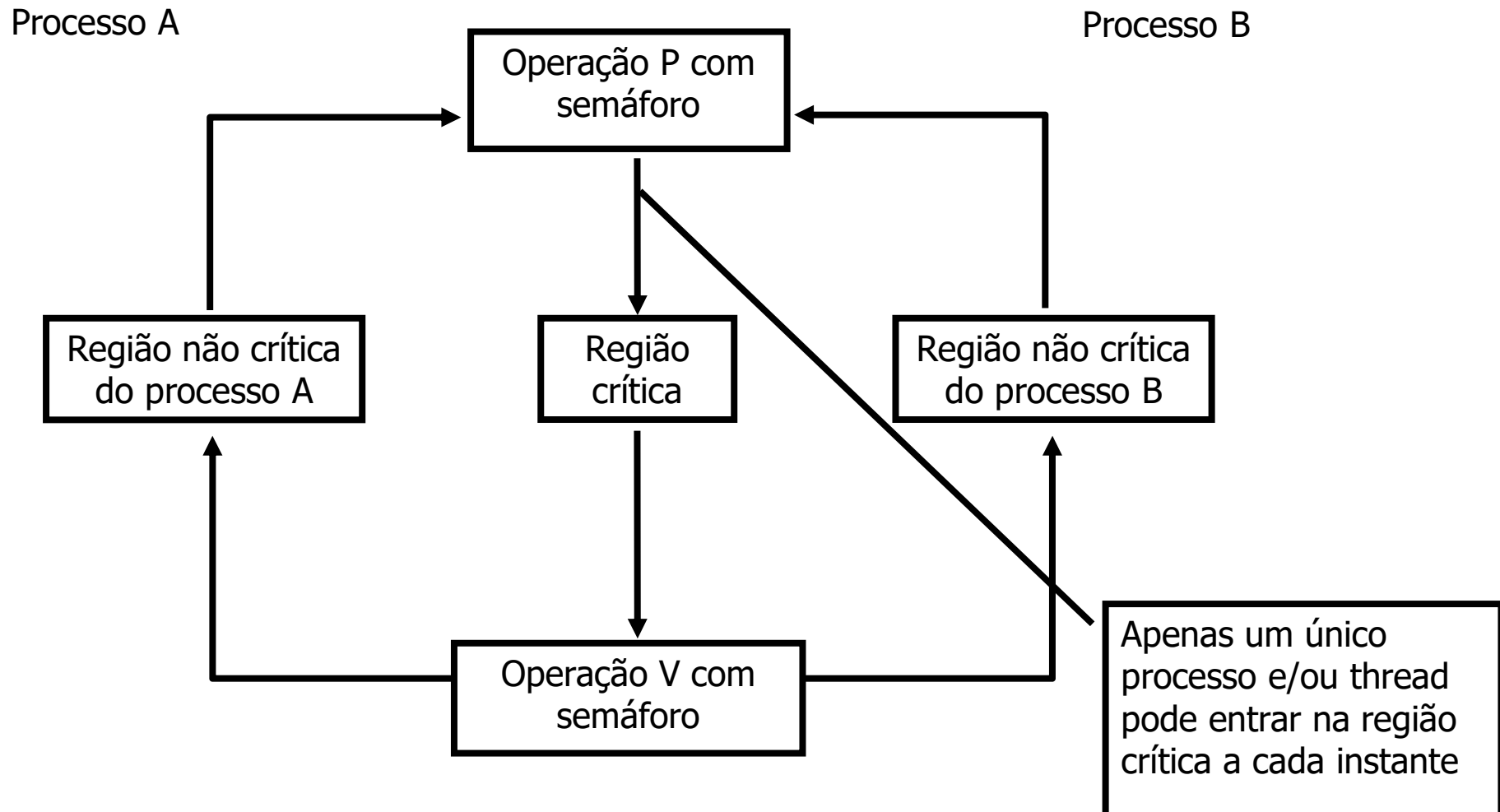


Semáforos



- Um semáforo simples é uma variável que pode assumir os valores 0 e 1 (semáforo binário). Esta é a forma mais comum
- Semáforos que podem assumir diversos valores são chamados de semáforos genéricos ou contadores
- Semáforos binários são utilizados para garantir que somente um processo (ou thread) tenha acesso a uma região crítica ou recurso a cada instante
- Semáforos contadores permitem limitar a quantidade de processos e/ou threads que utilizarão o recurso

Acesso a região crítica



Semáforos em Unix



- Todas as funções de semáforos operam sobre vetores (arrays) de semáforos contadores
- Múltiplos recursos podem ser alocados simultaneamente
- As funções de semáforo são:

```
#include <sys/sem.h>
```

```
int semget(key_t key, int num_sems, int sem_flags);
```

```
int semop(int sem_id, struct sembuf *sem_ops, size_t  
num_sem_ops);
```

```
int semctl(int sem_id, int sem_num, int command, ...);
```

Função semget()

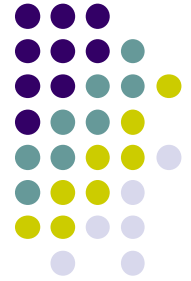


- A função `semget()` cria um novo semáforo ou obtém uma chave de um semáforo já existente
 - Definida em `<sys/sem.h>`

```
int semget(key_t key, int num_sems, int sem_flags);
```

- Onde:
 - `key` : um valor inteiro utilizado para permitir que processos não relacionados entre si acessem o mesmo semáforo
 - `num_sems` : número de semáforos a serem criados, normalmente 1
 - `sem_flags` : modo de criação do semáforo
 - `IPC_PRIVATE` : somente o processo que criou o semáforo pode utilizá-lo
 - `IPC_CREAT` : cria o semáforo, se não existir
 - `IPC_EXCL` : gera erro se o semáforo já existir
- Retorna:
 - Em caso de sucesso, `ipc_id`, um identificador do semáforo
 - Em caso de falha, -1

Função semget()



- Todos os semáforos são acessados pelo programa através da identificação retornada por semget()
- A identificação somente pode ser gerada por semget()
- Todas as outras funções de semáforo utilizam a identificação retornada por semget()

Resumo das flags



- Com IPC_CREAT | IPC_EXCL
 - Cria um conjunto de semáforos (se este não existir);
 - Permite verificar se um dado conjunto existe ou não.
- Sem as flags IPC_CREAT e IPC_EXCL (sem ambas)
 - Obtém o conjunto de semáforos (se existir);
 - Se já existir o conjunto e o número de semáforos for inferior a *nsems*, retorna erro.
- Com IPC_CREAT e sem IPC_EXCL
 - Obtém o conjunto de semáforos (se existir), cria se não existir;
 - Se já existir o conjunto e o seu número de semáforos for inferior a *nsems*, retorna erro.
- Nota: Na operação de abertura de um conjunto de semáforos, devem ser respeitadas as permissões de acesso, isto é, as *flags* de permissão presentes no argumento *flags* (escritas na forma 0xxx) devem conter aquelas presentes no conjunto de semáforos quando da sua criação.

Função semop()



- A função semop() é utilizada para modificar o valor de um semáforo:
 - Definida em <sys/sem.h>

```
int semop(int semid, struct sembuf *sops, size_t  
          nsops);
```

Onde:

- semid: identificador do semáforo retornado por semget()
- sops: ponteiro para o vetor de estruturas
- nsops: número de elementos do vetor de estruturas sembuf:

```
struct sembuf  
{  
    short sem_num;           // valor do semáforo  
    short sem_op;           // operação do semáforo  
    short sem_flg;          // flags da operação  
}
```

- Retorna:
 - Em caso de sucesso: 0 (zero)
 - Em caso de falha: -1

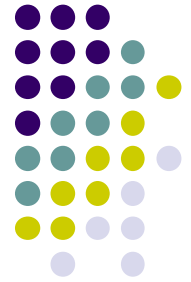
Estrutura sembuf



```
struct sembuf
{
    short sem_num; //valor do semáforo
    short sem_op;  //operação do semáforo
    short sem_flg; //flags da operação
}
```

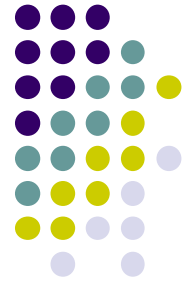
- Onde:
 - sem_num: valor do semáforo, normalmente 0 (zero)
 - sem_op: normalmente -1 para realizar P e +1 para realizar V
 - sem_flg: geralmente SEM_UNDO para que o sistema operacional verifique o estado do semáforo e mantenha o sistema funcionando mesmo se o processo terminar com o semáforo em lock

Função semop()



- Se semop() não retornar o valor 0 (zero), o processo ou a thread será suspensa
- O processo ou a thread sairá do estado de suspenso se:
 - O valor do semáforo passar a ser 0
 - O semáforo for removido do sistema

Função semctl()



- Opera diretamente o semáforo

```
int semctl(int semid, int semnum, int cmd, ...);
```

```
int semctl(int semid, int semnum, int cmd);
```

```
int semctl(int semid, int semnum, int cmd, union semun arg);
```

- Onde:

- semid: identificador do semáforo retornado por semget()
- semnum: valor do semáforo, normalmente 0
- cmd: ação a ser tomada
 - Existem vários valores possíveis para cmd, mas somente 2 são os mais comuns:
 - SETVAL: utilizado para inicializar o semáforo com um valor conhecido.

O valor é passado no membro val da união **semun**

- IPC_RMID: utilizado para remover um semáforo que não é mais necessário

- arg: (opcional) é a union semun

```
union semun
{
    int val;
    struct semid_ds *buf;
    unsigned short *array;
}
```

- Retorna:

- 0 : em caso de sucesso
- -1 : em caso de erro

Função `ftok()`



- Gera uma chave para IPC (InterProcess Communication)
 - Definida em `<sys/ipc.h>`

`key_t ftok(const char *path, int id);`

- Onde:
 - `path` : caminho para um arquivo existente. O processo deve ter permissão de acesso ao arquivo
 - `id` : identificação única da chave (somente os 8 bits menos significativos). O valor destes bits não deve ser 0
- Valor retornado:
 - No caso de sucesso, uma chave
 - Em caso de erro, -1

Exemplo de ftok()



- O exemplo a seguir obtém uma chave baseado no diretório /tmp (poderia ser outro diretório, arquivo, etc.)
- A chave pode ser utilizada em semget() ou shmget()

```
#include <sys/ipc.h>
```

```
...
```

```
key_t semkey;
```

```
if ((semkey = ftok("/tmp", 'a')) == (key_t) -1)
```

```
{
```

```
    perror("IPC error: ftok");
```

```
    exit(1);
```

```
}
```

```
/* Exemplo de uso de semáforo*/
```

```
#include <sys/sem.h>
#include <unistd.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
```

```
union semun
{
    int val;
    struct semid_ds *buf;
    ushort *array;
};
```

```
// inicializa o valor do semáforo
int setSemValue(int semId);
// remove o semáforo
void delSemValue(int semId);
// operação P
int semaforoP(int semId);
//operação V
int semaforoV(int semId);
```



```
int main (int argc, char * argv[])
{
    int i;
    char letra = 'o';
    int semId;

    if (argc > 1)
    {
        semId = semget (8752, 1, 0666 | IPC_CREAT);
        setSemValue(semId);
        letra = 'x';
        sleep (2);
    }
    else
    {
        while ((semId = semget (8752, 1, 0666)) < 0)
        {
            putchar ('. '); fflush(stdout);
            sleep (1);
        }
    }
}
```



```
for (i=0; i<10; i++)
{
    semaforoP(semId) ;
    putchar (toupper(letra)); fflush(stdout);
    sleep (rand() %3);
    putchar (letra); fflush(stdout);
    semaforoV(semId) ;
    sleep (rand() %2);
}

printf ("\nProcesso %d terminou\n", getpid());

if (argc > 1)
{
    sleep(10) ;
    delSemValue(semId) ;
}

return 0;
}
```




```
int setSemValue(int semId)
{
    union semun semUnion;
    semUnion.val = 1;
    return semctl(semId, 0, SETVAL, semUnion);
}

void delSemValue(int semId)
{
    union semun semUnion;
    semctl(semId, 0, IPC_RMID, semUnion);
}

int semaforoP(int semId)
{
    struct sembuf semB;
    semB.sem_num = 0;
    semB.sem_op = -1;
    semB.sem_flg = SEM_UNDO;
    semop(semId, &semB, 1);
    return 0;
}

int semaforoV(int semId)
{
    struct sembuf semB;
    semB.sem_num = 0;
    semB.sem_op = 1;
    semB.sem_flg = SEM_UNDO;
    semop(semId, &semB, 1);
    return 0;
}
```



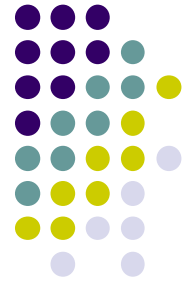
Exemplo (semaforo.c):



```
$ ./semaforo &  
.[1] 7503  
$ ./semaforo ...1..  
0o0oXx0oXx0oXx0oXx0oXx0oXx0oXx0o  
Processo 7503 terminou  
XxXxXx  
Processo 7504 terminou  
[1]+  Done                  ./semaforo  
$ █
```

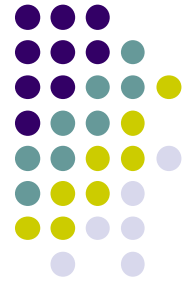
- `./semáforo &` `/* argc < 1*/`
executa em background;
imprime **O** ao entrar na região crítica e **o** ao sair.
- `./semaforo 1` `/* argc > 1 */`
executa em foreground;
cria o semáforo (ao fazer isso, dispara a execução do semáforo em background - que indicava erro pois o semáforo não tinha sido criado);
imprime **X** ao entrar na região crítica e **x** ao sair.

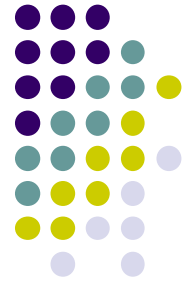
Exemplo (semaforo.c):



Execute o programa dado (exemplo de uso de semáforos) e verifique sua execução.

Perguntas?





Exercício:

1) Faça programas para alterar e exibir um valor de uma variável na memória compartilhada.

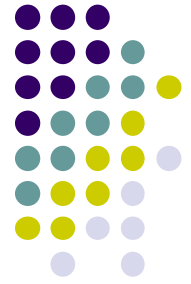
Um programa soma 1 à variável e o outro soma 5 à variável.

Execute o programa e verifique se houve problema de concorrência.

Agora utilize semáforos para possibilitar alterar a variável (região crítica).

Descreva o que ocorreu.

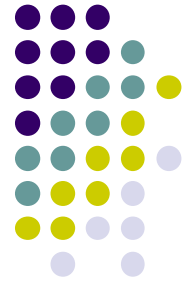
Exercício



2) Produtor-Consumidor

- Escreva um programa formado por dois processos concorrentes, produtor e consumidor, que compartilham uma área de trabalho (memória) executando um loop de tamanho 64. Para sincronizar as suas ações, eles fazem uso de semáforos.
- O processo leitor fica lendo caracteres da entrada padrão e colocando em um buffer de 16 posições, o processo consumidor deve imprimir os caracteres na saída padrão.
- Há concorrência entre os processos produtor e consumidor.

Exercício:



- 3) Faça programas que utilizam a memória compartilhada para trocar mensagens. Utilize semáforos para sincronizar a aplicação.