Laboratório de Pesquisa em Redes e Multimídia

IPC

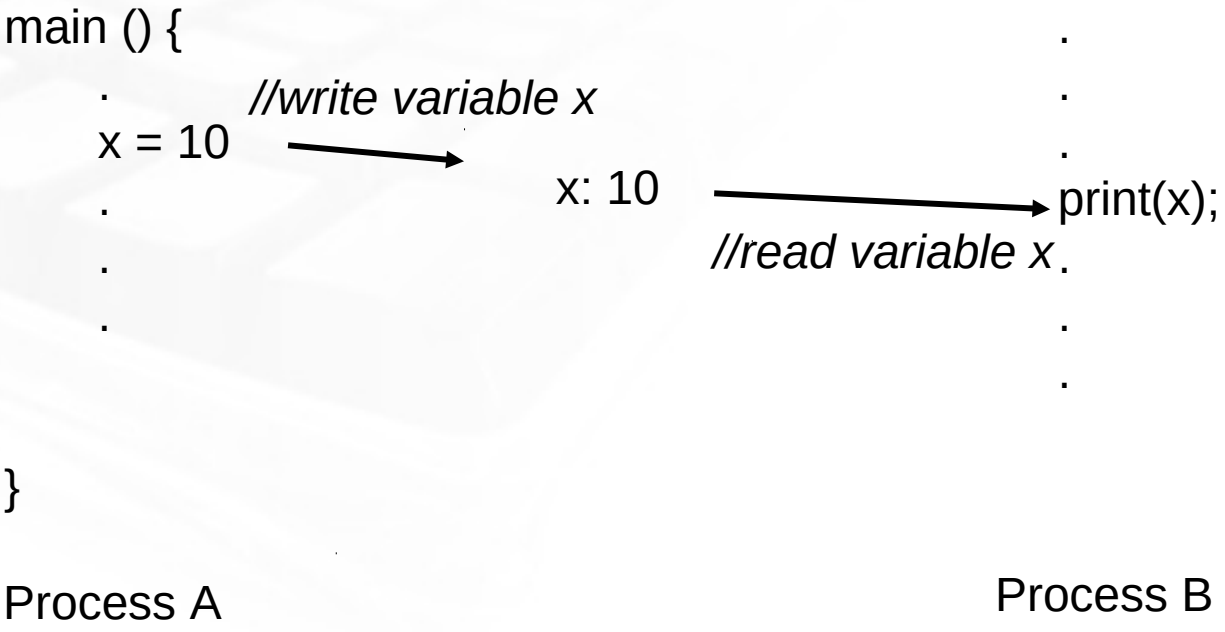
Shared Memory

Universidade Federal do Espírito Santo
Departamento de Informática

Memória Compartilhada (*Shared Memory*) (1)

- Mecanismo de IPC que cria uma região de memória que pode ser compartilhada por dois ou mais processos.
  - Após a criação, a região deve ser ligada ao processo. Ao ser ligada a um processo, a região de memória criada passa a fazer parte do seu espaço de endereçamento.
  - O processo pode então ler ou gravar no segmento, de acordo com as as permissões definidas na operação de “attachment”.
- O S.O. oferece chamadas para criar regiões de memória compartilhada, mas não se envolve diretamente na comunicação entre os processos.
  - As regiões e os processos que as utilizam são gerenciados pelo núcleo, mas o acesso ao conteúdo é feito diretamente pelos processos.

Memória Compartilhada (2)



Se um processo faz alguma modificação na região compartilhada, isso é visto por todos os outros processos que compartilham a região.

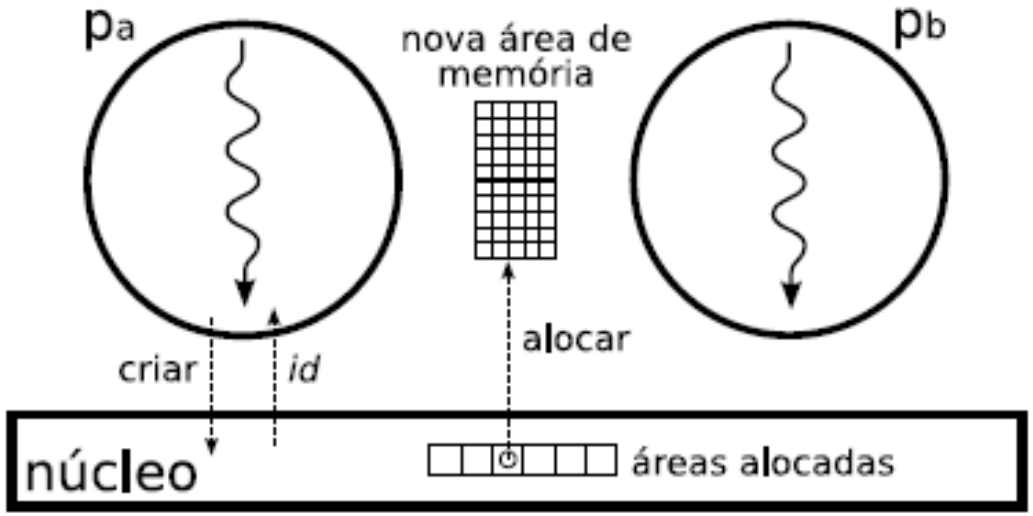
Memória Compartilhada (3)

- Vantagens:
  - Eficiência
  - É a maneira mais rápida para dois processos efetuarem uma troca de dados.
  - Os dados não precisam ser passados ao kernel para que este os repasse aos outros processos. O acesso à memória é direto.
  - Acesso randômico
  - Diferentemente dos *pipes*, é possível acessar uma parte específica de uma estrutura de dados que está sendo comunicada.
- Desvantagens:
  - Não existe um mecanismo automático (implícito) de **sincronização**, podendo exigir, por exemplo, o uso de semáforos para controlar ou inibir condições de corrida.

Criação e uso de uma área de memória compartilhada (1)

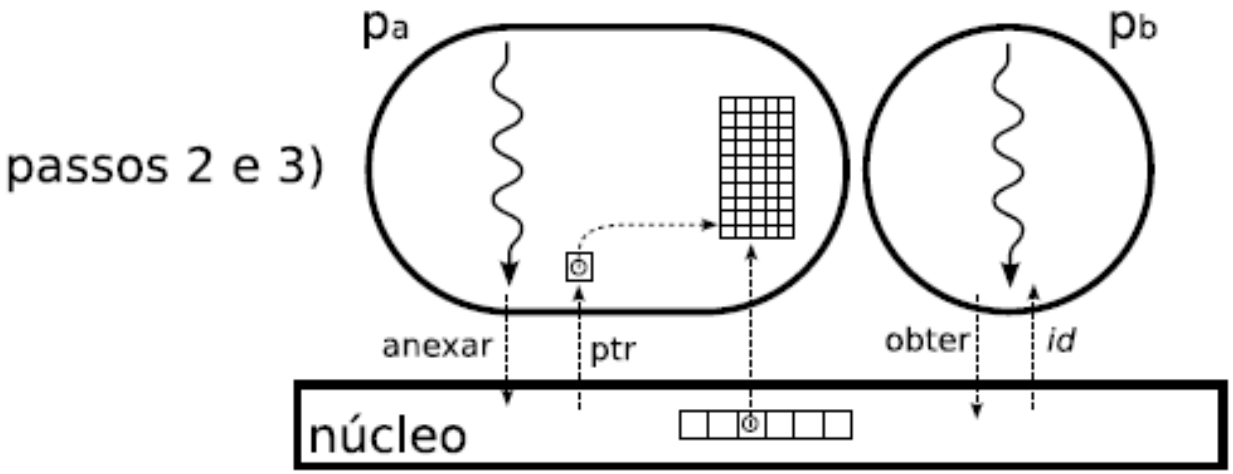
- Pode ser resumida na seguinte seqüência de passos
  1. O processo pa solicita ao núcleo a criação de uma área de memória compartilhada, informando o tamanho e as permissões de acesso; o retorno dessa operação é um identificador (id) da área criada.

passo 1)



Criação e uso de uma área de memória compartilhada (2)

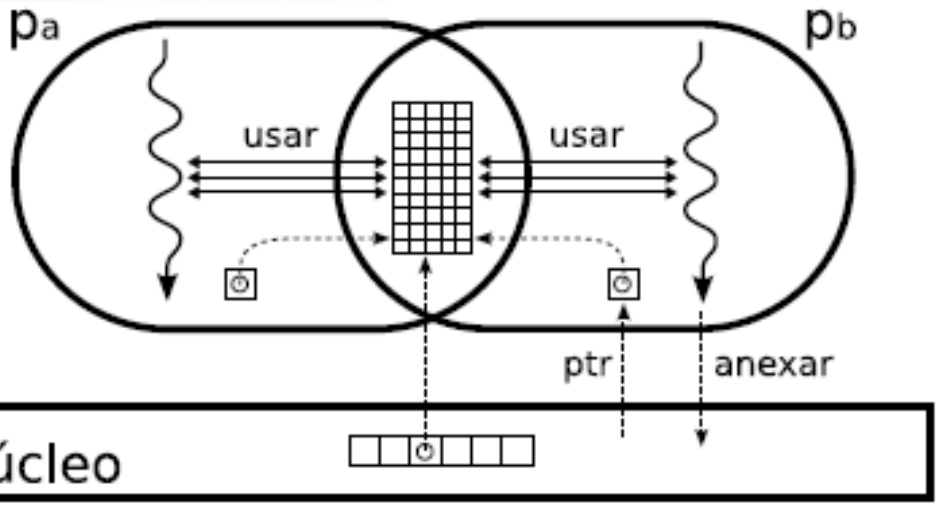
2. O processo pa solicita ao núcleo que a área recém-criada seja anexada ao seu espaço de endereçamento. Esta operação retorna um ponteiro para a nova área de memória, que pode então ser acessada pelo processo.
3. O processo pb obtém o identificador id da área de memória criada por pa.



Criação e uso de uma área de memória compartilhada (3)

4. O processo pb solicita ao núcleo que a área de memória seja anexada ao seu espaço de endereçamento e recebe um ponteiro para o acesso à mesma.
5. Os processos pa e pb acessam a área de memória compartilhada através dos ponteiros informados pelo núcleo.

passos 4 e 5)



Acesso à Memória Compartilhada

- O acesso a memória partilhada é feito por funções com prefixo *shm*.

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

- Chamadas de sistema:
  - **shmget()**: cria zona de memória compartilhada.
  - **shmat()**: liga (“attach”) zona de memória compartilhada ao espaço de endereçamento do processo.
  - **shmdt()**: desliga (“detach”) zona de memória compartilhada do espaço de endereçamento do processo.
  - **shmctl()**: desaloca a memória compartilhada ou controla o acesso à zona de memória compartilhada.

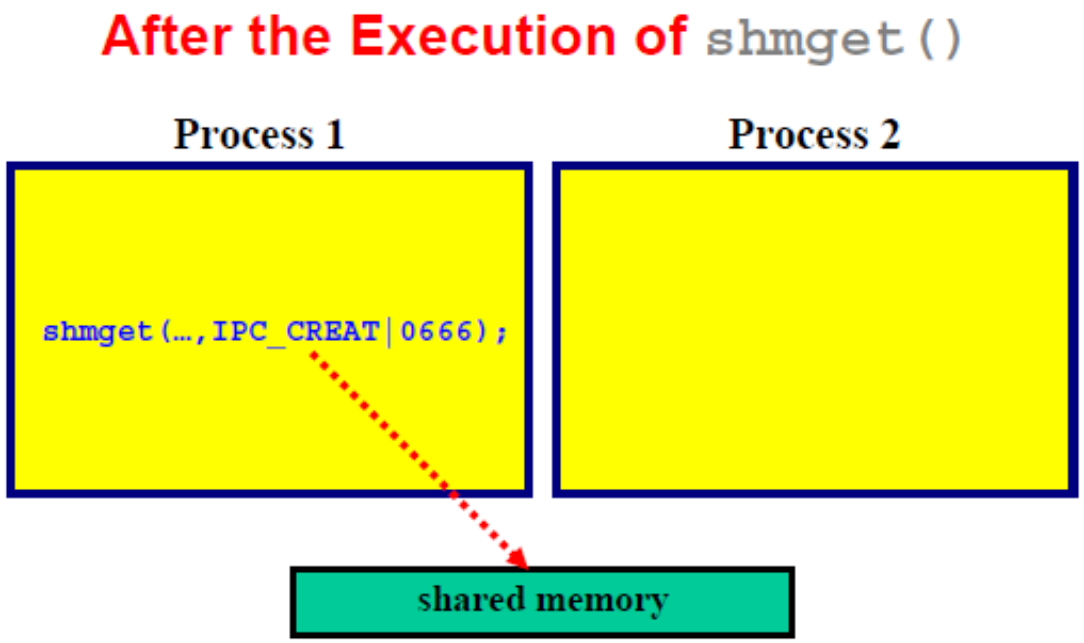
Criação de Memória Compartilhada : shmget() (1)

- `shmget()` é a função usada para criar uma área de memória compartilhada de tamanho `size`.

```
shmid = shmget( key_type key,     /* chave de identificação
                int size,          /* tamanho do segmento */
                int shmflag)       /* flags de permissão */
```

- A função é encarregada de buscar o elemento especificado pela chave de acesso *key*, caso esse elemento não exista, pode criar um novo segmento de memória compartilhada OU retornar erro (em função do campo shmflag).
- Em caso de sucesso, a função devolve o identificador do segmento de memória compartilhada, caso contrário retorna -1.

Criação de Memória Compartilhada: shmget (6)



Shared memory is allocated; but, is not part of the address space

Exemplo 1

```
/* test_shmget():  após executar, rode "ipcs -m"*/
#include <errno.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

#define ADDKEY 123
// OBS: SHM_R=0400 SHM_W=200 SHM_R AND SHM_W = 0600

int main() {
    int shmid ; /* identificador da memória comum */
    int size = 1024 ;
    char *path="./" ;
    if (( shmid = shmget(ftok(path,ADDKEY), size, IPC_CREAT|
                                IPC_EXCL|SHM_R|SHM_W)) == -1) {
        perror("Erro no shmget") ;
        exit(1) ;
    }
    printf("Identificador do segmento: %d \n",shmid) ;
    printf("Este segmento e associado a chave unica: %d\n",
    ftok(path,ADDKEY)) ;
    exit(0);
}
```

Exemplo 1 (cont.)

Lançando duas vezes a execução do programa, tem-se o seguinte resultado:

```
euler:~> test_shmget
Identificador do segmento: 36096
Este segmento e associado a chave unica: 2063804629
euler:~> ipcs -m

------ Shared Memory Segments --------
key        shmid      owner      perms      bytes      nattch     status
0x7b0328d5 36096      saibel     600        1024       0

euler:~> test_shmget
Erro no shmget: File exists
```

Criação de Memória Compartilhada: shmget() (2)

- ***key***: pode ser criado por meio da função `ftok()`
- ***size***: é o tamanho em bytes do segmento de memória partilhada
- ***shmflag***: especifica as permissões do segmento por meio de um OR bit-a-bit:
  - **IPC_CREAT**: caso se queira criar o segmento, caso ele já não exista
  - **IPC_EXCL**: caso se queira exclusivamente criar o segmento (se ele já existir a função retornará -1)
  - **0---**: flags de permissão acesso rwx para usuário-grupo-outros (ex:0664)
  - Pode-se usar constantes pré-definidas... ex: SHM_R (~0400); SHM_W (~0200)
- Ex: shmget(..., ..., IPC_CREAT|IPC_EXCL|0640)
- Se shmflg for 0 (zero), a função retorna o id do segmento já existente (deve ser usado qdo pretende-se fazer um “attachment” ao segmento).

Criação de Memória Compartilhada: shmget() (3)

- Chave de acesso “key”:
  - Define um identificador único no sistema para a área de memória que se quer criar ou à qual se quer ligar.
  - Todos os processos que quiserem se conectar a área de memória criada devem usar a mesma chave de acesso key.
  - É do tipo `long`, então qualquer número pode ser usado como chave.
- Existem três maneiras de se gerar a chave de acesso “key”:

  (1) Definindo um valor arbitrário
  - Problema: dois programas não relacionados podem definir o mesmo valor de chave embora cada um esteja querendo refenciar segmentos diferentes.
  - Ex: `key_t someKey = 1234;`

Criação de Memória Compartilhada: shmget() (4)

- (2) Usando a função `ftok(char *path, int ID)`
  - Uma chave nada mais é do que um valor inteiro longo. Ela é utilizada para identificar uma estrutura de dados que vai ser referenciada por um programa.
  - A função `ftok()` usa alguma informação sobre o arquivo referenciado no argumento `*path`
    - (p. ex: número do seu i-node e *device number* do sistema de arquivo que o contém)

    ... juntamente com o valor do campo ID (usualmente um “char” arbitrário qualquer, como “A” ou “x”).para gerar uma chave única (e pública)

    Ex: `someKey = ftok(“/home/somefile”, ‘b’)`
  - Programas que quiserem acessar a mesma área devem gerar a mesma chave. Para isso, eles devem passar os mesmos parâmetros para `ftok()`.
    - Ex: `shmget(ftok(path, id), ..., ...)`

Criação de Memória Compartilhada: shmget() (5)

- (3) Pedir ao sistema que gere uma chave privada.
- Usar a constante `IPC_PRIVATE` (ou `0`) no campo key
- Ex: `shmid = shmget (IPC_PRIVATE , … , …)`
- O kernel gerará uma chave e somente o processo proprietário terá acesso ao segmento de memória compartilhado.
- Se os outros processos não são descendentes diretos do processo criador, deve-se usar outra forma de IPC para transmitir a chave (por exemplo, salvar a chave em um arquivo).
- Processos não relacionados **geralmente** não usam `IPC_PRIVATE`.

Estrutura de Dados da Shared Memory (1)

- Quando um novo segmento de memória é criado, é criada uma estrutura shmid_ds:

```
struct shmid_ds {
  struct ipc_perm shm_perm;   /* operation permissions */
  int shm_segsz;              /* size of segment (bytes) */
  time_t shm_atime;           /* last attach time */
  time_t shm_dtime;           /* last detach time */
  time_t shm_ctime;           /* last change time */
  unsigned short shm_cpid;    /* pid of creator */
  unsigned short shm_lpid;    /* pid of last operator */
  short shm_nattch;           /* no. of current attaches */
};
```

- Nela são mantidas as informações sobre o segmento (ex: permissões de acesso definidas pelo parâmetro *shmflg*)

Estrutura de Dados da Shared Memory (2)

- Os campos no membro `shm_perm` são os seguintes:

```
struct ipc_perm
{
    key_t key;
    ushort uid;         /* owner euid and egid */
    ushort gid;
    ushort cuid;        /* creator euid and egid */
    ushort cgid;
    ushort mode;        /* lower 9 bits of shmflg */
    ushort seq;         /* sequence number */
};
```

Examinando a Memória Compartilhada: shmctl() (1)

- A função `shmctl()` é utilizada para examinar e modificar as informações relativas ao segmento de memória compartilhada.
- Permite ao usuário receber informações relacionadas ao segmento, definir o proprietário ou grupo, especificar permissões de acesso e, adicionalmente, destruir o segmento.

```
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
int shmctl(
        int shmid,
        int cmd,
        struct shmid_ds *buf);
```

Exemplo 2

```
/* arquivo test_shmctl.c */
#include <errno.h>
#include <stdio.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
#define ADDKEY 123
struct shmid_ds buf ;
int main() {
  char path[] = "nome_de_arquivo_existente" ;
  int shmid ;
  int size = 1024 ;
/* recuperação do identificador do segmento associado à chave 123 */
  if (( shmid = shmget(ftok(path,ADDKEY),size,0)) == -1 ) {
        perror ("Erro shmget()") ;
        exit(1) ; }
/* recuperação das informações relativas ao segmento */
  if ( shmctl(shmid,IPC_STAT,&buf) == -1){ perror("Erro shmctl()") ;
       exit(1) ;}
  printf("ESTADO DO SEGMENTO DE MEMORIA COMPARTILHADA %d\n",shmid) ;
  printf("ID do usuario proprietario: %d\n",buf.shm_perm.uid) ;
  printf("ID do grupo do proprietario: %d\n",buf.shm_perm.gid) ;
  printf("ID do usuario criador: %d\n",buf.shm_perm.cuid) ;
  printf("ID do grupo criador: %d\n",buf.shm_perm.cgid) ;
  printf("Modo de acesso: %d\n",buf.shm_perm.mode) ;
  printf("Tamanho da zona de memoria: %d\n",buf.shm_segsz) ;
  printf("pid do criador: %d\n",buf.shm_cpid) ;
  printf("pid (ultima operacao): %d\n",buf.shm_lpid) ;
/* destruicao do segmento */
  if ((shmctl(shmid, IPC_RMID, NULL)) == -1){ perror("Erro shmctl()") ;
       exit(1) ; }
  exit(0);
}
```

Exemplo 2 (cont.)

Resultado da Execução

```
euler:~/> test_shmctl

ESTADO DO SEGMENTO DE MEMORIA COMPARTILHADA 35968
ID do usuario proprietario: 1145
ID do grupo do proprietario: 1000
ID do usuario criador: 1145
ID do grupo criador: 1000
Modo de acesso: 384
Tamanho da zona de memoria: 1024
pid do criador: 930
pid (ultima operacao): 0

euler:~> ipcs -m
------ Shared Memory Segments --------
key shmid owner perms bytes nattch status
```

Examinando a Memória Compartilhada: shmctl() (2)

- **cmd** pode conter:
  - **IPC_RMID**(0): O segmento de memória será destruído.
    - O usuário deve ser o proprietário, o criador, ou o super-usuário para realizar esta operação. Todas as outras operações em curso sobre esse segmento irão falhar.
  - **IPC_SET** (1): alterar informações sobre a memória compartilhada
    - Os novos valores são copiados da estrutura apontada por buf. A hora da modificação é também atualizada ;
  - **IPC STAT** (2): é usada para copiar a informação sobre a memória compartilhada
    - Copia para a estrutura apontada por buf;
  - O super usuário pode ainda evitar ou permitir o *swap* do segmento compartilhado usando os valores **SHM_LOCK** (3), para evitar o swap, e **SHM_UNLOCK** (4), para permitir o *swap*..

Desconectando/Excluindo Memória Compartilhada (2)

- Quando **`shmctl(shmid, IPC_RMID, NULL)`** é usado, o **segmento só é removido quando o último processo que está ligado a ele é finalmente desligado dele.**
- Cada segmento compartilhado deve ser explicitamente desalocado usando `shmctl` após o seu uso para evitar problemas de limite máximo no número de segmentos compartilhados.
  - **A invocação de `exit()` e `exec()` desconeta os segmentos de memória mas não os extingue.**

Ligação à Memória Compartilhada: shmat() (1)

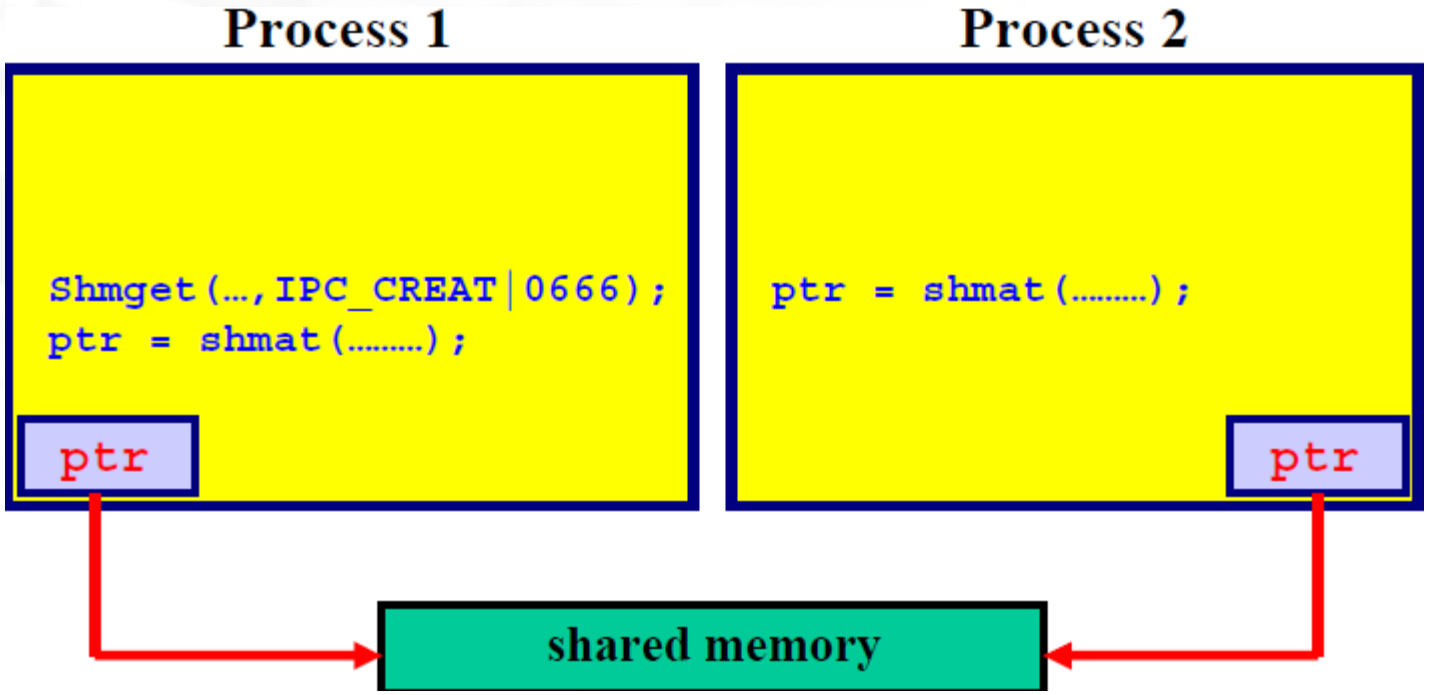
- Depois de criado, é necessário ligar o segmento de memória compartilhada ao espaço de endereçamento do processo.
- O processo usa a função `shmat()` para se ligar a um segmento de memória existente. A função retorna um ponteiro para a memória alocada e esta torna-se parte do espaço de endereçamento do processo.

```
void *shmat(int   shm_id,  /*ID do segmento obtido via shmget() */
            void *shm_ptr /* Endereço do acoplamento do segmento */
            int   flag);  /* Igual a SHM_RONLY, caso só leitura,
                                ou 0 (zero), caso contrário */
```

Ligação à Memória Compartilhada: shmat() (2)

- Segundo argumento (shm_ptr):
  - É um ponteiro que especifica aonde, no espaço de endereçamento do processo, se quer mapear (acoplar) a memória compartilhada.
  - Se for especificado 0 (NULL), o usual, o sistema escolhe ele mesmo um endereço disponível para acoplar o segmento no espaço de endereços do processo.
- Terceiro argumento (flags):
  - Se igual a SHM_RND: indica ao sistema que o endereço especificado no segundo argumento deve ser arredondado (p/ baixo) para um múltiplo do tamanho da página.
  - Se igual a SHM_RDONLY: indica que o segmento será *read only*.
  - Se igual a 0 (zero): indica leitura e escrita.

Ligação à Memória Compartilhada: shmat() (3)



Ligação à Memória Compartilhada: shmat() (4)

- Exemplos:

```
p = (int *)shmat(shmid, NULL, 0)

key_t key;
int shmid;
char *data;
key = ftok("/home/beej/somefile3",'R');
shmid = shmget(key, 1024, 0644 | IPC_CREAT);
data = shmat(shmid, (void *)0, 0);  /* Deste modo, consegue-se
                                       ter um ponteiro para todo
        o segmento de memória */
```

Exemplo 3

```
/* test_shmat.c */
/* exemplo de utilizacao de shmat()
* escrita num segmento de memoria compartilhada */
#include <errno.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
#include <stdio.h>
#define ADDKEY 123
#define MSG "Mensagem escrita na memoria comum"
int main() {
  int shmid ; /* identificador da memoria comum */
  int size = 1024 ;
  char *path="nome_de_arquivo_existente" ;
  char *mem ;
  int flag = 0;
/* recuperacao do shmid */
  if ((shmid = shmget(ftok(path,ADDKEY), size,0)) == -1) {
        perror("Erro no shmget") ;
        exit(1) ; }
  printf("Sou o processo com pid: %d \n",getpid()) ;
  printf("Identificador do segmento recuperado: %d \n",shmid) ;
  printf("Este segmento e associado a chave unica: %d\n",ftok(path,ADDKEY)) ;
/* acoplamento do processo a zona de memoria */
  if ((mem = shmat (shmid, 0, flag)) == (char*)-1){
       perror("acoplamento impossivel") ;
       exit (1) ; }
/* escrita na zona de memoria compartilhada */
  strcpy(mem,MSG);
  exit(0);
}
```

Suponha que um segmento de memória compartilhada tenha sido criado anteriormente através do programa **test_shmget.**

Este programa **test_shmat** vai reacoplar um processo ao segmento e escrever na memória comum uma cadeia de caracteres.

O programa **test_shmat2** (a seguir) irá então se acoplar à mesma área de memória e ler seu conteúdo.

Exemplo 3 (cont.)

```
/* test_shmat2.c */
/* programa para ler o conteudo de um segmento de memoria
* compartilhada que foi preenchido anteriormente por outro processo
*/
#include <errno.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/ipc.h>
#include <sys/shm.h>
#include <stdio.h>
#define ADDKEY 123
int main() {
  int shmid ; /* identificador da memória comum */
  int size = 1024 ;
  char *path="nome_de_arquivo_existente" ;
  char *mem ;
  int flag = 0 ;
/* recuperação do shmid */
  if (( shmid = shmget(ftok(path,ADDKEY), size,0)) == -1) {
        perror("Erro no shmget") ;
        exit(1) ; }
  printf("Sou o processo com pid: %d \n",getpid()) ;
  printf("Identificador do segmento recuperado: %d \n",shmid) ;
  printf("Este segmento e associado a chave unica: %d\n",
  ftok(path,ADDKEY)) ;
/* acoplamento do processo à zona de memória */
  if ((mem = shmat (shmid, 0, flag)) == (char*)-1){
       perror("acoplamento impossivel") ;
       exit (1) ;}
/* tratamento do conteúdo do segmento */
  printf("leitura do segmento de memória compartilhada:\n");
  printf("\t==>%s\n",mem) ;
  exit(0);
}
```

Exemplo

(cont.)

Resultado da Execução

```
euler:~/> test_shmget
Identificador do segmento: 41600
Este segmento e associado a chave unica: 2063804629
euler:~/> test_shmat
Sou o processo com pid: 1250
Identificador do segmento recuperado: 41600
Este segmento e associado a chave unica: 2063804629
euler:~/> test_shmat2
Sou o processo com pid: 1251
Identificador do segmento recuperado: 41600
Este segmento e associado a chave unica: 2063804629
leitura do segmento de memoria compartilhada:
        ==>Mensagem escrita na memoria comum
euler:~/> test_shmctl
ESTADO DO SEGMENTO DE MEMORIA COMPARTILHADA 41600
ID do usuario proprietario: 1145
ID do grupo do proprietario: 1000
ID do usuario criador: 1145
ID do grupo criador: 1000
Modo de acesso: 384
Tamanho da zona de memoria: 1024
pid do criador: 1249
pid  (ultima operacao): 1251
```

Note que após o lançamento em seqüência dos programas, o processo com `pid` = 1249, correspondente à execução de `test_shmget` cria o segmento de memória. Depois, esse segmento será acessado por dois processos, sendo que o último é aquele com `pid` = 1251, correspondente à execução de `test_shmat2`.

Exemplo 4

```
1  #include <stdio.h>
   #include <unistd.h>
   #include <stdlib.h>
   #include <sys/types.h>
   #include <sys/ipc.h>
6  #include <sys/shm.h>

int main (int argc, char *argv[])
{
   key_t key; /* chave que identifica a area no sistema */
11 int shmid, value, *ptr;

   /* cria uma chave unica */
   key = ftok ("/tmp/reference", 'S');
16 /* abre a area de memoria (se nao existir , cria a area) */
   shmid = shmget (key, sizeof(int), IPC_CREAT | 0660) ;
   if (shmid == -1) {
      perror ("shmget");
      exit (1) ;
21 }

   /* associa a area ao espaco de enderecamento do processo */
   ptr = shmat (shmid, 0, 0) ;
   if ( (int) ptr == -1) {
26    perror ("shmat");
      exit (1);
   }

   while (1) {
31    /* escreve um valor aleatorio na area compartilhada */
      value = random () % 1000 ;
      (*ptr) = value ;
      printf ("Wrote value %i\n", value) ;
      sleep (1);
36
      /* le e imprime o conteudo da area compartilhada */
      value = (*ptr) ;
      printf("Read value %i\n", value);
      sleep (1) ;
41 }
}
```

Desconectando/Excluindo Memória Compartilhada

```
/*Detach the shared memory segment*/
   shmdt (shared_memory);
```

- Para remover um segmento, passa-se `IPC_RMID` como segundo parâmetro e `NULL` como terceiro parâmetro. O segmento só é removido quando o último processo que está ligado a ele é finalmente desligado dele.
- Cada segmento compartilhado deve ser explicitamente desalocado usando `shmctl` após o seu uso para evitar problemas de limite máximo no número de segmentos compartilhados. A invocação de `exit()` e `exec()` desconeta os segmentos de memória mas não os extingue

Exemplo 5

(test_shmaddr.c)

```
int main ()
{
    int segment_id;
    char* shared_memory;
    struct shmid_ds shmbuffer;
    int segment_size;
    const int shared_segment_size = 0x6400;
    char *path="./test_shmaddr.c" ;

    /* Allocate a shared memory segment. */
    segment_id = shmget (IPC_PRIVATE,shared_segment_size, IPC_CREAT|IPC_EXCL|S_IRUSR|
S_IWUSR);

    /* Attach the shared memory segment. */
    shared_memory = (char*) shmat (segment_id, 0, 0);
    printf ("shared memory attached at address %p\n", shared_memory);

    /* Show the segment's size. */
    shmctl (segment_id, IPC_STAT, &shmbuffer);
    segment_size  =  shmbuffer.shm_segsz;
    printf ("segment size: %d\n", segment_size);
```

Exemplo 5 (cont.)

```
/*Write a string to the shared memory segment*/
  sprintf (shared_memory, "Hello, world.");

/*Detach the shared memory segment*/
  shmdt (shared_memory);

/*Reattach the shared memory at a different address*/
  shared_memory = (char*) shmat (segment_id, (void*) 0x5000000, 0);
  printf ("shared memory reattached at address %p\n", shared_memory);

/*Print out the string from shared memory.*/
  printf ("%s\n", shared_memory);

/*Detach the shared memory segment*/
  shmdt (shared_memory);

/*Deallocate the shared memory segment*/
  shmctl (segment_id, IPC_RMID, 0);
  return 0; }
```

Exemplo 6: Comunicação com o Filho

```
void main(int argc, char *argv[])
{
  int   ShmID, *ShmPTR, status;
  pid_t pid;

  ShmID = shmget(IPC_PRIVATE,4*sizeof(int),IPC_CREAT|0666);
  ShmPTR = (int *) shmat(ShmID, NULL, 0);
  ShmPTR[0] = atoi(argv[0]);  ShmPTR[1] = atoi(argv[1]);
  ShmPTR[2] = atoi(argv[2]);  ShmPTR[2] = atoi(argv[3]);
  if ((pid = fork()) == 0) {
     Child(ShmPTR);
     exit(0);
  }
  wait(&status);
  shmdt((void *) ShmPTR);  shmctl(ShmID, IPC_RMID, NULL);
  exit(0);
}
```

15

Exemplo 6: Comunicação com o Filho
(cont.)

```
void Child(int  SharedMem[])
{
   printf("%d %d %d %d\n",  SharedMem[0],
       SharedMem[1], SharedMem[2], SharedMem[3]);
}
```

Por que *shmget()* e *shmat()* não são necessárias no processo filho??

Os Comandos ipcs e ipcrm

- O comando `ipcs` provê informação sobre IPC, incluindo os segmentos compartilhados. Usa-se o flag `–m` para obter informações sobre memória compartilhada.
- O exemplo abaixo ilustra que o segmento de 1627649 está em uso:

```
% ipcs -m
------ Shared Memory Segments -------
key        shmid      owner      perms      bytes      nattch     status
0x00000000 1627649    user       640        25600      0
```

- Se este segmento tiver sido esquecido por um programa, ele pode ser removido usando o comando `ipcrm`, como mostrado abaixo:

```
% ipcrm shm 1627649
```