

Sistemi Operativi e Reti di Calcolatori (SORECa)

Corso di Laurea in *Ingegneria Informatica e Automatica (BIAR)*
Terzo Anno | Primo Semestre
A.A. 2024/2025

Esercitazione [03] Shared Memory

Riccardo Lazzeretti lazzeretti@diag.uniroma1.it
Paolo Ottolino paolo.ottolino@uniroma1.it
Alessio Izzillo izzillo@diag.uniroma1.it

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INFORMATICA
AUTOMATICA E GESTIONALE ANTONIO RUBERTI



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

Sommario

- Obiettivi esercitazione
- Shared memory
- Esercizio 1: applicazione multiprocess con memoria condivisa
- Esercizio 2: produttore/consumatore (M/N) con memoria condivisa
- Esercizio3 : produttore/consumatore (1/1) con memoria condivisa e senza semafori

IPC: Usare la Shared Memory POSIX

→ Obiettivi dell'Esercitazione

Shared Memory

POSIX Shared Memory - presentazione

- Offre funzioni per allocare e deallocare una porzione di memoria in modo condiviso
- La memoria condivisa è mappata su un puntatore
- Lettura e scrittura vengono effettuate tramite normali operazioni che coinvolgono il puntatore

Shared Memory

POSIX Shared Memory - requisiti

```
#include <sys/mman.h>    /* memory management */
#include <sys/stat.h>     /* mode constants */
#include <sys/types.h>    /* type definition */
#include <fcntl.h>        /* O_* constants */
#include <unistd.h>       /* API of POSIX standard */
```

Link with `-lrt`. (Real-Time library), for memory management.

Shared Memory

Funzione `shm_open()` - caratteristiche

```
#include <sys/mman.h>    /* memory management */
#include <sys/stat.h>     /* mode constants */
#include <fcntl.h>        /* O_* constants */
```

```
int shm_open(const char *name, int oflag, mode_t mode);
```

- Crea e apre una shared memory, oppure apre una shared memory esistente
- Argomenti
 - `name`: specifica l'oggetto di memoria condivisa da creare o aprire. Per un uso portatile, un oggetto di memoria condivisa deve essere identificato da un nome del tipo `"/name"`; vale a dire una stringa (apparirà il file `/dev/shm/name`)
 - `oflag`: parametri
 - `O_CREAT` crea l'oggetto di memoria condivisa se non esiste. Il nuovo oggetto di memoria condivisa inizialmente ha una lunghezza pari a zero
 - `O_EXCL`: se è stato specificato anche `O_CREAT` e esiste già un oggetto di memoria condivisa con il nome specificato, restituisce un errore.
 - `O_RDONLY` apre l'oggetto per l'accesso in lettura.
 - `O_RDWR` apre l'oggetto per l'accesso in lettura / scrittura.
 - Per i nostri scopi:
 - Creazione: `O_CREAT | O_EXCL | O_RDWR`
 - Apertura: `O_RDWR` oppure `O_RDONLY` (secondo necessità)
 - `mode`: permessi utenti. Per i nostri scopi, `0666` oppure `0660`
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, il descrittore della shared memory
 - In caso di errore, `-1`, `errno` è settato

Shared Memory

Funzione `ftruncate()` - caratteristiche

```
#include <unistd.h>      /* API of POSIX standard */
#include <sys/types.h>    /* type definitions */
```

```
int ftruncate(int fd, off_t length);
```

- dimensiona la memoria condivisa a cui fa riferimento `fd` a una dimensione di `length`.
- Se la memoria condivisa in precedenza era più grande di `length`, i dati extra andrebbero persi. Se la memoria in precedenza era più corta, viene estesa e la parte estesa viene letta come byte null (`'\0'`).
- Argomenti
 - `fd`: descrittore della memoria condivisa ottenuto da `shm_open()`
 - `length`: dimensione della memoria condivisa
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, 0
 - In caso di errore, `-1`, `errno` è settato
- Curiosità: può essere applicato su un descrittore di file e la dimensione del file cambia di conseguenza

Shared Memory

Funzione `mmap()` - caratteristiche

```
#include <sys/mman.h> /* memory management */
```

```
void *mmap(void addr[.length], size_t length, int prot, int flags, int fd, off_t offset);
```

- Mappa la shared memory nella memoria riservata al processo
- Argomenti
 - `addr`: permette di suggerire al kernel dove posizionare la memoria condivisa. Se `NULL` o `0` (**nostra scelta: 0**) il kernel decide autonomamente
 - `length`: dimensione della memoria condivisa
 - `fd`: descrittore della memoria condivisa ottenuto da `shm_open()`
 - `offset`: permette di mappare la memoria condivisa da una posizione diversa da quella iniziale. `offset` deve essere un multiplo della page size. **Per noi 0**
 - `prot`: specifica le protezioni sulla modalità di accesso per il processo chiamante. Non deve essere in conflitto con i parametri settati in `shm_open()`
 - `PROT_READ` permesso di lettura
 - `PROT_WRITE` permesso di scrittura
 - `PROT_EXEC` permesso di esecuzione
 - `PROT_NONE` nessun permesso
 - Per i nostri scopi `PROT_READ` , `PROT_READ | PROT_WRITE` , `PROT_WRITE`
 - `flags`:
 - `MAP_SHARED` rende le modifiche effettuate nella memoria condivisa visibili agli altri processi
 - Altri flag esistono, ma non sono di nostro interesse
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, il puntatore all'area di memoria dove risiede la shared memory
 - In caso di errore `MAP_FAILED`, `errno` è settato

Curiosità: può essere applicato su un descrittore di file. Il file è mappato in memoria ed è possibile accedere al suo contenuto tramite il puntatore all'area della memoria, invece che tramite le normali operazioni su file. Utile quando il file contiene dati strutturati.



Shared Memory

Funzione `munmap()` - caratteristiche

```
#include <sys/mman.h>    /* memory management */  
  
int munmap(void * addr, size_t length);
```

- Cancella il mapping tra il processo e la memoria condivisa.
- Successivi tentativi di accesso tramite il puntatore falliranno
- Argomenti
 - `addr`: il puntatore alla memoria condivisa ottenuto da `mmap`
 - `length`: dimensione della memoria condivisa
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, 0
 - In caso di errore, -1, `errno` è settato

Shared Memory

Funzione `shm_unlink()` - caratteristiche

```
#include <sys/mman.h>    /* memory management */
#include <sys/stat.h>      /* mode constants */
#include <fcntl.h>         /* O_* constants */

int shm_unlink(const char *name);
```

- Rimuove una memoria condivisa
- Una volta che tutti i processi hanno fatto l'unmap della memoria, disalloca e distrugge il contenuto della regione di memoria associata.
- Successivi tentativi di aprire la memoria falliranno (a meno che non venga usata l'opzione `O_CREAT`)
- Argomenti
 - `name`: identificatore della memoria condivisa, stesso usato in `shm_open`
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, 0
 - In caso di errore, -1, `errno` è settato

Shared Memory

Funzione `close()` - caratteristiche

```
#include <unistd.h>          /* API of POSIX standard */
```

```
int close(int fd);
```

- Chiude il descrittore della memoria condivisa
- Dopo aver effettuato `mmap`, il descrittore può essere chiuso in ogni momento senza influenzare il mapping della memoria
- Argomenti
 - `fd`: descrittore della memoria condivisa, ottenuto da `shm_open`
- Valore di ritorno
 - In caso di successo, 0
 - In caso di errore, -1, `errno` è settato

Scrivere e Leggere in ShmMem

→ Esempio

Shared Memory

Scrivere: **write** some data in shared memory

```
int main() {  
    const int SIZE = 4096; /* size of the shared page */  
        /* name of the shared page */  
    const char * name = "MY_PAGE";  
    const char * msg = "Hello World!";  
    int shm_fd;  
    char * ptr;  
  
    shm_fd = shm_open(name, O_CREAT | O_RDWR, 0666);  
    ftruncate(shm_fd, SIZE);  
    ptr = (char *) mmap(0, SIZE, PROT_WRITE,  
        MAP_SHARED, shm_fd, 0);  
    munmap(ptr, SIZE);  
    sprintf(ptr, "%s", msg);  
    close(shm_fd);  
    return 0;  
}
```

Shared Memory

Leggere: **read** some data from shared memory

```
int main() {  
    const int SIZE = 4096; /* size of the shared page */  
    /* name of the shared page */  
    const char * name = "MY_PAGE";  
    int shm_fd;  
    char * ptr;  
  
    shm_fd = shm_open(name, O_RDONLY, 0666);  
    ptr = (char *) mmap(0, SIZE, PROT_READ,  
        MAP_SHARED, shm_fd, 0);  
    printf("%s\n", ptr);  
    munmap(ptr, SIZE);  
    close(shm_fd);  
    shm_unlink(name);  
    return 0;  
}
```

Applicazione Modulare

→ Lab03, Esercizio 1

Shared Memory

Lab03-es1: Applicazione Modulare

- L'applicazione è sviluppata in due componenti.
 - Il primo (requester) carica dati nella memoria condivisa
 - Il secondo (worker) li elabora
 - Il primo li stampa
- L'applicazione è composta da due processi generati tramite fork
- Completare il codice dell'applicazione request/worker
- Sorgenti
 - `makefile`
 - `req_wrk.c`
- Suggerimento: seguire i blocchi di commenti inseriti nel codice
- Suggerimento: inserire elementi per la sincronizzazione
- Test:
 - Lanciate l'applicazione, deve stampare alla fine i valori elaborati (il quadrato dei numeri interi da 0 a $\text{NUM}-1$)

Produttore/Consumatore

→ Lab03, Esercizio 2

Shared Memory

Lab03-es2: Produttore/Consumatore

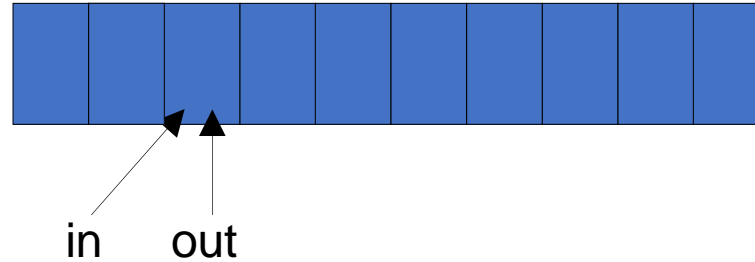
- L'applicazione è sviluppata in due moduli separati.
- Si tiene conto della configurazione con `NUM_CONSUMERS` consumatori e `NUM_PRODUCERS` produttori
- Il buffer e le posizioni di in e out sono posizionati in memoria condivisa
- Completare il codice dell'applicazione produttore/consumatore
- Sorgenti
 - `makefile`
 - `producer.c`
 - `consumer.c`
- Suggerimento: seguire i blocchi di commenti inseriti nel codice
- Informazione: gli elementi per la sincronizzazione (vedi esercitazione 3 in lab) sono già inseriti
- Test:
 - Lanciate prima `producer` (crea semafori e memoria condivisa) e poi `consumer`



Shared Memory

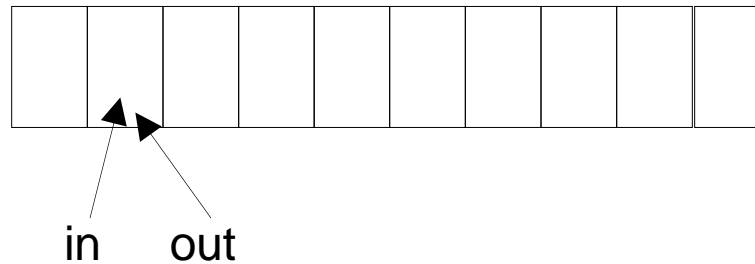
Lab03-es2: Buffer State in Shared Memory

Buffer Full



`in == out; sem_empty.val == 0; sem_filled.val == BUFFER_SIZE`

Buffer Empty



`in == out; sem_empty.val == BUFFER_SIZE; sem_filled.val == 0`

Producer/Consumer senza semafori

→ Lab03, Esercizio 3

Shared Memory

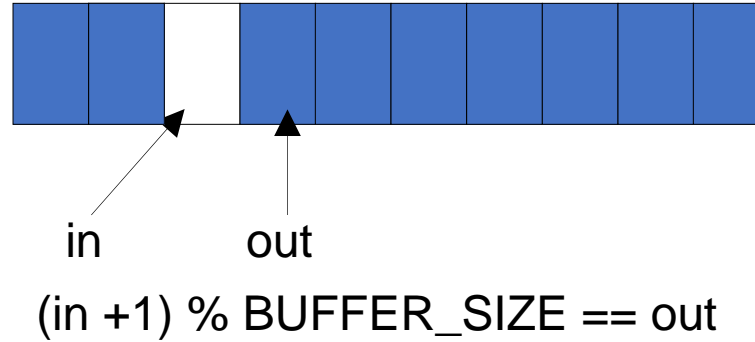
Lab03-es3: Producer/Consumer senza semafori

- L'applicazione è sviluppata in due moduli separati.
- Si tiene conto della configurazione con 1 consumatore e 1 produttore
- Il buffer e le posizioni di in e out sono posizionati in memoria condivisa
- Completare il codice dell'applicazione produttore/consumatore
- Sorgenti
 - `makefile`
 - `producer.c`
 - `consumer.c`
- Suggerimento: seguire i blocchi di commenti inseriti nel codice
- Informazione: presenta il vantaggio di non ricorrere a chiamate al kernel per la sincronizzazione, ma sacrifica una posizione del buffer e introduce busy waiting
- Test:
 - Lanciate prima `producer` (memoria condivisa) e poi `consumer`

Shared Memory

Lab03-es3: Buffer State in Shared Memory (senza semafori)

Buffer Full



Buffer Empty

