



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

Sistemi Operativi¹

Mattia Monga

Dip. di Informatica
Università degli Studi di Milano, Italia
mattia.monga@unimi.it

a.a. 2014/15

¹ © 2008–15 M. Monga. Creative Commons Attribuzione — Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it>. Immagini tratte da [2] e da Wikipedia.



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

Lezione XV: Concorrenza



- **Concorrenza:** *run together & compete*
- Un processo non è piú un programma in esecuzione che può essere considerato in isolamento
- Non determinismo: il sistema nel suo complesso ($P_1 + P_2 + \text{Scheduler}$) rimane deterministico, ma se si ignora lo scheduler le esecuzioni di P_1 e P_2 possono combinarsi in molto modi, con output del tutto differenti
- **Sincronizzazione:** si usano meccanismi (Peterson, TSL, semafori, monitor, message passing, ...) per imporre la combinazione voluta di P_1 e P_2

Processi (senza mem. condivisa)



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafoni

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1  int shared[2] = {0, 0};
2  /* int clone(int (*fn)(void *),
3   * void *child_stack,
4   * int flags,
5   * void *arg);
6   * crea una copia del chiamante (con le caratteristiche
7   * specificate da flags) e lo esegue partendo da fn */
8  if (clone(run, /* il nuovo
9             * processo esegue run(shared), vedi quarto
10            * parametro */
11          malloc(4096)+4096, /* lo stack del nuovo processo
12                             * (cresce verso il basso!) */
13          SIGCHLD, // in questo caso la clone è analoga alla fork
14          shared) < 0){
15      perror("Errore nella creazione");exit(1);
16  }
17  if (clone(run, malloc(4096)+4096, SIGCHLD, shared) < 0){
18      perror("Errore nella creazione");exit(1);
19  }
20
```

Processi (senza mem. condivisa)



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 int run(void* s)
2 {
3     int* shared = (int*)s; // alias per comodità
4     while (shared[0] < 10) {
5         sleep(1);
6         printf("Processo figlio (%d). s = %d\n",
7             getpid(), shared[0]);
8         if (!(shared[0] < 10)){
9             printf("Corsa critica!!!!\n");
10            abort();
11        }
12        shared[0] += 1;
13    }
14    return 0;
15 }
```



Thread (con mem. condivisa)

```
1  int shared[2] = {0, 0};
2  /* int clone(int (*fn)(void *),
3   * void *child_stack,
4   * int flags,
5   * void *arg);
6   * crea una copia del chiamante (con le caratteristiche
7   * specificate da flags) e lo esegue partendo da fn */
8  if (clone(run, /* il nuovo
9           * processo esegue run(shared), vedi quarto
10          * parametro */
11         malloc(4096)+4096, /* lo stack del nuovo processo
12          * (cresce verso il basso!) */
13         CLONE_VM | SIGCHLD, // (virtual) memory condivisa
14         shared) < 0){
15     perror("Errore nella creazione");exit(1);
16 }
17
18 if (clone(run, malloc(4096)+4096, CLONE_VM | SIGCHLD, shared) < 0){
19     perror("Errore nella creazione");exit(1);
20 }
```

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads



Thread (mutua esclusione con Peterson)

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1
2 void enter_section(int process, int* turn, int* interested)
3 {
4     int other = 1 - process;
5     interested[process] = 1;
6     *turn = process;
7     while (*turn == process && interested[other]){
8         printf("Busy waiting di %d\n", process);
9     }
10 }
11
12 void leave_section(int process, int* interested)
13 {
14     interested[process] = 0;
15 }
```

Thread (mutua esclusione con Peterson)



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 int run(const int p, void* s)
2 {
3     int* shared = (int*)s; // alias per comodità
4     while (enter_section(p, &shared[1], &shared[2]), shared[0] < 10) {
5         sleep(1);
6         printf("Processo figlio (%d). s = %d\n",
7             getpid(), shared[0]);
8         if (!(shared[0] < 10)){
9             printf("Corsa critica!!!!\n");
10            abort();
11        }
12        shared[0] += 1;
13        leave_section(p, &shared[2]);
14    }
15    leave_section(p, &shared[2]); // il test nel while è dopo enter_section
16
17    return 0;
18 }
```




```
1 $ time ./threads-peterson > /tmp/output
2 real 0m11.091s
3 user 0m0.000s
4 sys 0m0.089s
5 $ grep -c "Busy waiting" /tmp/output
6 92314477
```



Thread (mutua esclusione con TSL)

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1
2 void enter_section(int *s); /* in enter.asm */
3 void leave_section(int *s){ *s = 0; }
4
5 int run(const int p, void* s){
6     int* shared = (int*)s; // alias per comodità
7     while (enter_section(&shared[1]), shared[0] < 10) {
8         sleep(1);
9         printf("Processo figlio (%d). s = %d\n",
10             getpid(), shared[0]);
11        fflush(stdout);
12        if (!(shared[0] < 10)){
13            printf("Corsa critica!!!!\n");
14            abort();
15        }
16        shared[0] += 1;
17        leave_section(&shared[1]);
18        sched_yield();
19        usleep(50);
20    }
```



Thread (mutua esclusione con TSL)

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 section .text
2 global enter_section
3
4 enter_section:
5     enter 0, 0 ; 0 bytes of local stack space
6     mov ebx,[ebp+8] ; first parameter to function
7
8
9     ;; bts bitbase bitoffset
10    ;; selects the bitoffset bit in bitbase,
11    ;; stores the value in the CF flag, and sets the bit to 1
12 spin: lock bts dword [ebx], 0
13     jc spin
14
15     leave ; mov esp,ebp / pop ebp
16     ret
```



Una variabile intera **condivisa** controllata da system call che interagiscono con lo scheduler:

- down** decrementa, **bloccando** il chiamante se il valore corrente è 0; `sem_wait`
- up** incrementa, rendendo **ready** altri processi precedentemente bloccati se il valore corrente è maggiore di 0; `sem_post`



statement1

```
1 sem_init(&ss, 0, 0); // init a 0
```

```
1 statement1;  
2 up(&semaforo);
```

statement2

```
1 down(&semaforo);  
2 statement2;
```



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

1 deve eseguire prima di B, A deve eseguire prima di 2. Come fareste?

statement1 statement2

statementA statementB

Mutua esclusione con semafori



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 void down(sem_t *s){
2     if (sem_wait(s) < 0){
3         perror("Errore semaforo (down)");
4         exit(1);
5     }
6 }
```

```
1 void up(sem_t *s){
2     if (sem_post(s) < 0){
3         perror("Errore semaforo (up)");
4         exit(1);
5     }
6 }
```



Mutua esclusione con semafori

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 void down(sem_t *s){
2     if (sem_wait(s) < 0){
3         perror("Errore semaforo (down)");
4         exit(1);
5     }
6 }
```

```
1 void up(sem_t *s){
2     if (sem_post(s) < 0){
3         perror("Errore semaforo (up)");
4         exit(1);
5     }
6 }
```


Mutua esclusione con semafori



Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads

```
1 int shared = 0;
2 pthread_t p1, p2;
3 sem_t ss;
4
5 void* run(void* s){
6     while (down(&ss),
7           shared < 10) {
8         sleep(1);
9         printf("Processo thread (%p). s = %d\n",
10              pthread_self(), shared);
11         if (!(shared < 10)){
12             printf("Corsa critica!!!!\n");
13             abort();
14         }
15         shared += 1;
16         up(&ss);
17         pthread_yield();
18     }
19     up(&ss);
20     return NULL;
```



POSIX threads

Gli esempi visti finora usano clone per creare i thread, che però è una system call specifica di Linux. Lo standard POSIX specifica una serie di API per la programmazione concorrente chiamate **pthread** (su Linux saranno implementate tramite clone).

- “multiparadigma”: ci concentriamo sul modello a **monitor**, con mutex e condition variable. (Nota: i monitor sono costrutti specifici nel linguaggio, pthread usa il C, quindi p.es. l’incapsulamento dei dati va curato a mano)

- 1 pthread_create(thread,attr,start_routine,arg)
- 2 pthread_exit (status)
- 3 pthread_join (threadid,status)
- 4 pthread_mutex_init (mutex,attr)
- 5 pthread_mutex_lock (mutex)
- 6 pthread_mutex_unlock (mutex)
- 7 pthread_cond_init (condition,attr)
- 8 pthread_cond_wait (condition,mutex)
- 9 pthread_cond_signal (condition)
- 10 pthread_cond_broadcast (condition)



Tralasciando le inizializzazioni dei puntatori mutex e condition:

```
1 // T1
2 pthread_mutex_lock(mutex); // Acquisire il lock
3 while (!predicate) // fintantoché la condizione è falsa
4     pthread_cond_wait(condition, mutex); // block
5 pthread_mutex_unlock(mutex); // rilasciare il lock
6
7 // T2
8 // qualche thread rende vero il predicato così
9 pthread_mutex_lock(mutex); // Acquisire il lock
10 predicate = TRUE;
11 pthread_cond_signal(condition); // e lo segnala
12 pthread_mutex_unlock(mutex); // rilasciare il lock
```



Perché il mutex?

Il mutex è necessario per sincronizzare il controllo della condizione, altrimenti

```
1 // T1                1 // T2
2 pthread_mutex_lock(mutex);  2 //
3 while (!predicate)      3 //
4 //                    4 predicate = TRUE;
5 //                    5 pthread_cond_signal(condition);
6 pthread_cond_wait(condition, mutex);  6 //
7 pthread_mutex_unlock(mutex);  7 //
```

Sistemi
Operativi

Bruschi
Monga Re

Concorrenza
Semafori

Sincronizzazione
con monitor
pthreads



- Il produttore smette di produrre se il buffer è pieno e deve essere avvisato quando non lo è più (può ricominciare a produrre)
- Il consumatore smette di consumare se il buffer è vuoto e deve essere avvisato quando non lo è più (può ricominciare a consumare)
- 2 condition variable: buffer pieno e buffer vuoto (ne servono due perché pieno $\neq \neg$ vuoto)

- Ogni filosofo o mangia o pensa
- **Mutua esclusione:** per mangiare servono due forchette (forse sono chopsticks. . .)
- **No starvation:** Nessuno filosofo deve morire di fame (*to starve*)

