Politecnico di Milano
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

prof.ssa Anna Antola — **prof. Giuseppe Pelagatti**
prof. Luca Breveglieri — **prof.ssa Donatella Sciuto**
prof. Roberto Negrini — **prof.ssa Cristina Silvano**

AXO – Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi

SECONDA PARTE di 24 luglio 2017

Cognome_____ **Nome** _____

Matricola_____ **Firma**_____

Istruzioni

- Si scriva solo negli spazi previsti nel testo della prova e non si separino i fogli.
- Per la minuta si utilizzino le pagine bianche inserite in fondo al fascicolo distribuito con il testo della prova. I fogli di minuta se staccati vanno consegnati intestandoli con nome e cognome.
- È vietato portare con sé libri, eserciziari e appunti, nonché cellulari e altri dispositivi mobili di calcolo o comunicazione. Chiunque fosse trovato in possesso di documentazione relativa al corso – anche se non strettamente attinente alle domande proposte – vedrà annullata la propria prova.
- Non è possibile lasciare l'aula conservando il tema della prova in corso.
- Tempo a disposizione 1 h : 30 m

Valore indicativo di domande ed esercizi, voti parziali e voto finale:

esercizio 1 (4 punti) _____

esercizio 2 (6 punti) _____

esercizio 3 (6 punti) _____

voto finale: (16 punti) _____

CON SOLUZIONI (in corsivo)

esercizio n. 1 – programmazione concorrente

Si consideri il programma C seguente (gli "`#include`" e le inizializzazioni dei mutex sono omessi):

```
pthread_mutex_t row
sem_t point, line
int global = 0
```

```
void * circle (void * arg) {
   pthread_mutex_lock (&row)
   sem_post (&point)                                  /* statement A */
   pthread_mutex_unlock (&row)
   pthread_mutex_lock (&row)
   sem_wait (&line)                                   /* statement B */
   pthread_mutex_unlock (&row)
   return 1
} /* end circle */
```

```
void * square (void * arg) {
   global = 2                                         /* statement C */
   pthread_mutex_lock (&row)
   sem_wait (&point)
   sem_post (&line)
   pthread_mutex_unlock (&row)
   return NULL
} /* end square */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&point, 0, 0)
   sem_init (&line, 0, 0)
   pthread_create (&th_1, NULL, circle, NULL)
   pthread_create (&th_2, NULL, square, NULL)
   pthread_join (th_1, &global)                       /* statement D */
   pthread_join (th_2, NULL)
   return
} /* end main */
```

Si completi la tabella qui sotto **indicando lo stato di esistenza del *thread*** nell'istante di tempo specificato da ciascuna condizione, così: se il *thread* **esiste**, si scriva ESISTE; se **non esiste**, si scriva NON ESISTE; e se può essere **esistente** o **inesistente**, si scriva PUÒ ESISTERE. Ogni casella della tabella va riempita in uno dei tre modi (non va lasciata vuota).

Si badi bene alla colonna "condizione": con "subito dopo statement X" si chiede lo stato che il *thread* assume tra lo statement X e lo statement immediatamente successivo del *thread* indicato.

condizione	***thread***	
	th_1 – `circle`	**th_2 – `square`**
subito dopo stat. **A**	*ESISTE*	*PUÒ ESISTERE*
subito dopo stat. **C**	*ESISTE*	*ESISTE*
subito dopo stat. **D**	*NON ESISTE*	*PUÒ ESISTERE*

Si completi la tabella qui sotto, **indicando i valori delle variabili globali** (sempre esistenti) nell'istante di tempo specificato da ciascuna condizione. Il **valore** della variabile va indicato così:

- intero, carattere, stringa, quando la variabile ha un valore definito; oppure X quando è indefinita
- se la variabile può avere due o più valori, li si riporti tutti quanti
- il semaforo può avere valore positivo o nullo (non valore negativo)
- una variabile mutex assume valore 0 per mutex libero e valore 1 per mutex occupato

Si badi bene alla colonna "condizione": con "subito dopo statement X" si chiede il valore (o i valori) che la variabile ha tra lo statement X e lo statement immediatamente successivo del *thread* indicato.

condizione	**variabili globali**		
	row	*point*	*global*
subito dopo stat. **A**	*1*	*1*	*0 / 2*
subito dopo stat. **B**	*1*	*0*	*2*
subito dopo stat. **C**	*0 / 1*	*0 / 1*	*2*

Il sistema può andare in stallo (*deadlock*), con uno o più *thread* che si bloccano, in **due casi diversi** (con *deadlock* si intende anche un blocco dovuto a un solo *thread* che non potrà mai proseguire). Si indichino gli statement dove avvengono i blocchi:

caso	**th_1 – `circle`**	**th_2 – `square`**
1	*`1a lock`*	*`wait`*
2	*`wait`*	*`lock`*

esercizio n. 2 – gestione dei processi

prima parte – stati dei processi

```
// programma prog_X.c
pthread_mutex_t GATE = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER
sem_t GO
void * A (void * arg) {                          void * B (void * arg) {
(1) pthread_mutex_lock (&GATE)                     (4) pthread_mutex_lock (&GATE)
(2) sem_wait (&GO)                                 (5) sem_post (&GO)
(3) pthread_mutex_unlock (&GATE)                   (6) pthread_mutex_unlock (&GATE)
    nanosleep (1)                                  (7) sem_wait (&GO)
    return NULL                                        return NULL
}  // thread A                                    }  // thread B
main ( ) {  // codice eseguito da P
    pthread_t TH_A, TH_B
    sem_init (&GO, 0, 1)
    pthread_create (&TH_B, NULL, B, NULL)
    pthread_create (&TH_A, NULL, A, NULL)
    write (stdout, vett, 1)
(8) pthread_join (&TH_A, NULL)
(9) sem_post (&GO)
(10) pthread_join (&TH_B, NULL)
    exit (1)
}  // main
```

```
// programma prog_Y.c
pthread_mutex_t DOOR= PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER
sem_t CHECK
void * UNO (void * arg) {                        void * DUE (void * arg) {
(11) sem_wait (&CHECK)                           if (num > 3) {
(12) pthread_mutex_lock (&DOOR)                     (15) sem_post (&CHECK) }
(13) sem_wait (&CHECK)                              } else {
(14) pthread_mutex_unlock (&DOOR)                    (16) pthread_mutex_lock (&DOOR)
     return NULL                                     (17) sem_post (&CHECK)
}  // UNO                                           (18) pthread_mutex_unlock (&DOOR) }
                                                 return NULL
                                                 }  // DUE
main ( ) {  // codice eseguito da S
     pthread_t TH_1, TH_2
     sem_init (&CHECK, 0, 1)
     pthread_create (&TH_1, NULL, UNO, (void *) 1)
     pthread_create (&TH_2, NULL, DUE, NULL)
(19) pthread_join (TH_2, NULL)
(20) pthread_join (TH_1, NULL)
     exit (1)
     }  // main
```

Un processo ***P*** esegue il programma ***prog_X*** creando i thread ***TH_A*** e ***TH_B***. Un processo ***S*** esegue il programma ***prog_Y*** creando i thread ***TH_1*** e ***TH_2***.

Si simuli l'esecuzione dei processi (fino a ***udt*** = **100**) così come risulta dal codice dato, dagli eventi indicati e facendo bene attenzione allo stato iniziale considerato per la simulazione. Oltre a quanto indicato nella prima riga della tabella, per lo stato iniziale di simulazione valgono le seguenti ipotesi:

- il thread TH_B è in esecuzione, ha già eseguito la *sem_post (&GO)* ma non ha ancora eseguito la *pthread_mutex_unlock (&GATE)*
- il thread TH_2 è in stato di pronto, ha già eseguito la *sem_post (&CHECK)* (n° d'ordine 17) ma non ha ancora eseguito la *pthread_mutex_unlock (&DOOR)*

Si completi la tabella riportando quanto segue:

- ⟨ *PID*, *TGID* ⟩ di ciascun processo che viene creato
- ⟨ *identificativo del processo-chiamata di sistema / libreria* ⟩ nella prima colonna, dove necessario e in funzione del codice proposto
- in ciascuna riga lo stato dei processi **al termine del tempo indicato**; si noti che la prima riga della tabella **potrebbe essere solo parzialmente completata**

TABELLA DA COMPILARE (numero di colonne non significativo)

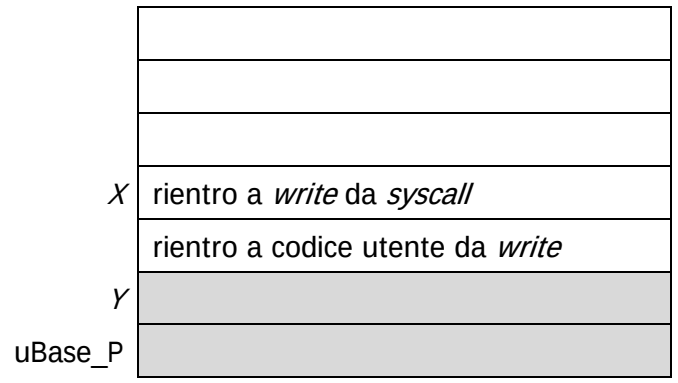
identificativo simbolico del processo		**IDLE**	**P**	**S**	**TH_B**	**TH_A**	**TH_1**	**TH_2**
	PID	**1**	2	3	2	2	3	3
evento/processo-chiamata	*TGID*	**1**	2	3	4	5	6	7
	0	pronto	attesa (write)	attesa (join TH_2)	ESEC v. ipotesi stato iniziale	attesa (lock gate)	attesa (lock door)	pronto v. ipotesi stato iniziale
Interrupt da RT_clock, scadenza quanto di tempo	10	*pronto*	*attesa (write)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*attesa (lock gate)*	*attesa (lock door)*	*ESEC*
TH_2 - unlock DOOR	20	*pronto*	*attesa (write)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*attesa (lock gate)*	*ESEC*	*pronto*
TH_1 - sem_wait CHECK	30	*pronto*	*attesa (write)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*attesa (lock gate)*	*ESEC*	*pronto*
Interrupt da std_out, write completata	40	pronto	ESEC	attesa (join TH_2)	pronto	attesa (lock gate)	pronto	pronto
P - join TH_A	50	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*attesa (join TH_2)*	*ESEC*	*attesa (lock gate)*	*pronto*	*pronto*
TH_B – unlock GATE	60	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*ESEC*	*pronto*	*pronto*
TH_A – wait GO	70	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*ESEC*	*pronto*	*pronto*
Interrupt da RT_clock, scadenza quanto di tempo	80	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*attesa (join TH_2)*	*pronto*	*pronto*	*pronto*	*ESEC*
TH_2 - return	90	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*ESEC*	*pronto*	*pronto*	*pronto*	*NE*
S – join TH_1	100	*pronto*	*attesa (join TH_A)*	*attesa (join TH_1)*	*pronto*	*pronto*	*ESEC*	*NE*

Domanda – Si consideri la simulazione effettuata e le chiamate di sistema riportate nella Tabella sopra, e numerate nel codice del programma. Con riferimento alla loro implementazione tramite *futex*, si indichino i numeri d'ordine di quelle eseguite:

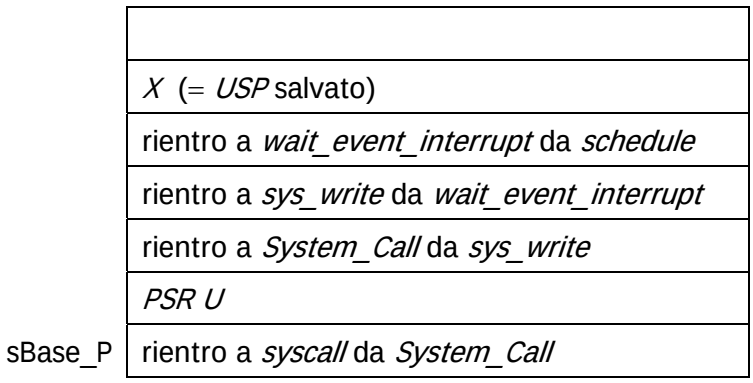
- senza invocare *System_Call*: *13, 2*
- con invocazione di *System_Call*: *18, 8, 6, 20*

seconda parte – struttura e moduli del nucleo

Si considerino i tre processi ***P***, ***TH_1*** e ***TH_2*** della prima parte. Lo stato iniziale delle pile di sistema e utente dei tre processi è riportato qui sotto.

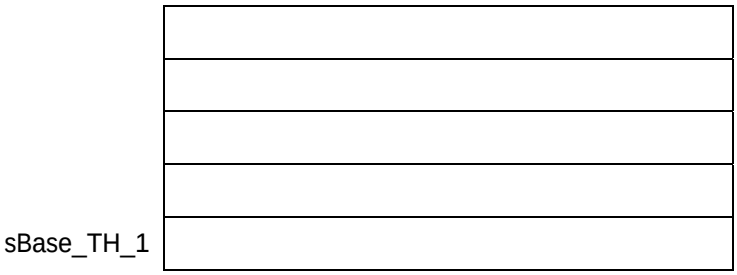


uStack_P – iniziale

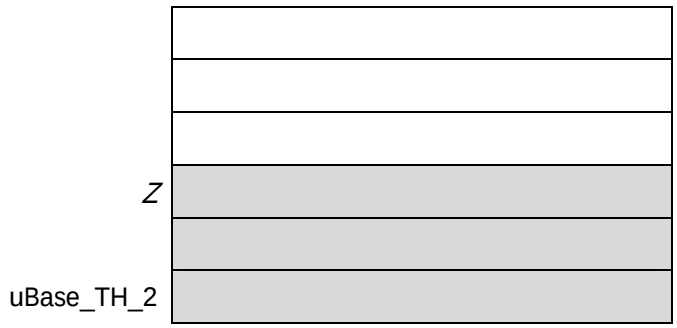


sStack_P – iniziale

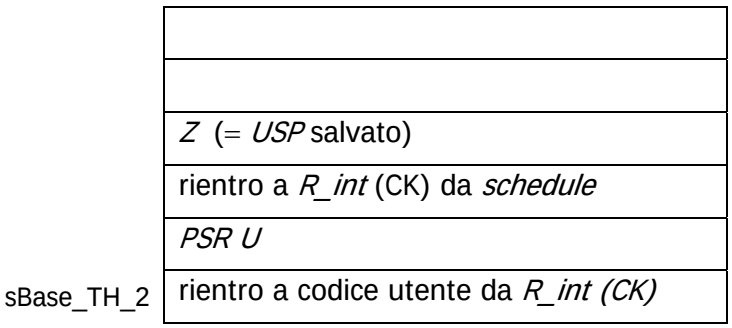
uStack_TH_1 – iniziale



sStack_TH_1 – iniziale



uStack_TH_2 – iniziale



sStack_TH_2 – iniziale

domanda 1 - Si indichi lo stato dei processi così come deducibile dallo stato iniziale delle pile specificando anche l'evento o la chiamata di sistema che ha portato il processo in tale stato:

P *n attesa da completamento di write (attesa interrupt da std_out)*

TH_1 *in esecuzione modo U*

TH_2 *in pronto per scadenza di quanto di tempo*

domanda 2 – A partire dallo stato iniziale descritto, si consideri l'evento sotto specificato. **Si mostrino** le invocazioni di tutti i **moduli** (e eventuali relativi ritorni) per la gestione dell'evento stesso (precisando processo e modo) e il **contenuto delle pile** utente e di sistema richieste.

NOTAZIONE da usare per i moduli: > (invocazione), nome_modulo (esecuzione), < (ritorno)

EVENTO: *interrupt* da *standard_output* e completamento di ***write*** (a seguito dell'evento il processo **P** ha maggiori diritti di esecuzione di tutti gli altri in ***runqueue***).

Si mostri lo stato delle pile di ***TH_1*** al termine della gestione dell'evento.

invocazione moduli (num. di righe vuote non signif.)

processo	***modo***	***modulo***
TH_1	*U – S*	*> R_int (std_out)*
TH_1	*S*	*> wake_up*
TH_1	*S*	*> check_preemt_curr*
TH_1	*S*	*> resched (TNR = 1) <*
TH_1	*S*	*check_preemt_curr <*
TH_1	*S*	*wake_up <*
TH_1	*S*	*> schedule*
TH_1	*S*	*> pick_next_task <*
TH_1 – P	*S*	*context_switch*
P	*S*	*schedule <*
P	*S*	*wait_event_interruptible <*
P	*S*	*sys_write <*
P	*S*	*System_Call <* : *SYSRET*
P	*U*	*syscall <*
P	*U*	*write <*
P	*U*	*codice utente*

contenuto della pila

uStack_TH_1

W	*piena*
uBase_TH_1	*piena*

sStack_TH_1

	W (= *USP salvato)*
	rientro a R_int (std_out) da schedule
	PSR U
sBase_TH_1	*rientro a codice utente da R_int (std_out)*

domanda 3 – A seguito dell'evento le **pile** di ***P*** e di ***TH_2*** si sono modificate? Come risultano rispetto allo stato iniziale?

P: *P in esecuzione, pila di sistema vuota, pila utente a Y*

TH_2: *TH_2 rimane in stato di pronto, quindi le sue pile sono identiche allo stato iniziale*

esercizio n. 3 – gestione della memoria

prima parte – gestione dello spazio virtuale

È dato un sistema di memoria caratterizzato dai seguenti parametri generali:

MAXFREE = 1 **MINFREE = 1**

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
PROCESSO: P
*********************************************************
    VMA : C  000000400,  2 , R  ,  P  ,  M  , <XX,0>
          P  7FFFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>

    PT:  <c0 :- ->  <c1 :1  R>  <p0 :2  W>  <p1 :- ->  <p2 :- ->

    process P - NPV of PC and SP:  c1, p0

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 5)_____________________________
      00 : <ZP>                ||  01 : Pc1 / <XX,1>        ||
      02 : Pp0                 ||  03 : ----                ||
      04 : ----                ||  05 : ----                ||
      06 : ----                ||  07 : ----                ||

____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc1 : 01 -  0: 1:   ||   Pp0 : 02 -  1: 1:   ||
            -----         ||         -----         ||
```

Si rappresenti l'effetto dei seguenti eventi consecutivi sulle strutture dati della memoria compilando esclusivamente le tabelle fornite per ciascun evento (l'assenza di una tabella significa che non è richiesta la compilazione della corrispondente struttura dati).

ATTENZIONE: **le Tabelle sono PARZIALI – riempire solamente le celle indicate**

Evento 1: sono state create tre nuove VMA (M0, M1 e M2):

1. **mmap (0x10000000, 1, W, S, M, "G", 2)**
2. **mmap (0x30000000, 3, W, P, M, "F", 2)**
3. **mmap (0x40000000, 2, W, P, A, -1 , 0)**

VMA del processo **P** (compilare solo le righe relative alle nuove VMA create)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
M0	*0000 1000 0*	*1*	*W*	*S*	*M*	*G*	*2*
M1	*0000 3000 0*	*3*	*W*	*P*	*M*	*F*	*2*
M2	*0000 4000 0*	*2*	*W*	*P*	*A*	*-1*	*0*

Evento 2: Read (pm20, pm21, pm11) Write (pm00, pm10)

PT del processo: **P (completare con pagine di VMA)**				
C0: - -	C1: 1 R	P0: 2 W	P1: - -	P2: - -
M00: 04 W	*M10: 06 W*	*M11: 03 R*	*M12: - -*	*M20: 00 R*
M21: 00 R				

MEMORIA FISICA	
00: Pm20 / Pm21 / <ZP>	01: Pc1 / <XX,1>
02: Pp0	03: Pm11 / <F,3>
04: Pm00 / <G,2>	05: <F,2>
06: Pm10	07:

Evento 3: write (pm11)

PFRA - Required: 1 Free: 1 To Reclaim: 1
viene liberata da page cache la pagina fisica 5

MEMORIA FISICA	
00: Pm20 / Pm21 / <ZP>	01: Pc1 / <XX,1>
02: Pp0	03: <F,3>
04: Pm00 / <G,2>	05: Pm11
06: Pm10	07:

Indicare la decomposizione dell'indirizzo della prima pagina della VMA M2 nella TP:

PGD	**PUD**	**PMD**	**PT**
0	*1*	*0*	*0*

L'indirizzo della pagina è 000040000 in esadecimale, quindi i 36 bit sono:

0000 0000 0000 0000 0100 0000 0000 0000 0000

la suddivisione dei 36 bit in gruppi di 9 bit fornisce il risultato:

0000 0000 0|000 0000 01|00 0000 000|0 0000 0000

seconda parte – gestione del file system

È dato un sistema di memoria caratterizzato dai seguenti parametri generali:

MAXFREE = 3 MINFREE = 1

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
___MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________
      00 : <ZP>                 ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>   ||
      02 : Qp0 D                ||  03 : Pp0                 ||
      04 : Pp1                  ||  05 : ----                ||
      06 : ----                 ||  07 : ----                ||
LRU ACTIVE:    PP1
LRU INACTIVE:  pp0, pc0, qp0, qc0
```

Per ognuno dei seguenti eventi compilare le Tabelle richieste con i dati relativi al contenuto della memoria fisica, delle variabili del FS relative al file F e al numero di accessi a disco effettuati in lettura e in scrittura.

È sempre in esecuzione il processo **P**.

ATTENZIONE: il numero di pagine lette o scritte di un file è cumulativo, quindi è la somma delle pagine lette o scritte su quel file da tutti gli eventi precedenti oltre a quello considerato.

eventi 1 e 2 – fd = *open* (F) fd1 = *open* (G)

	f_pos	**f_count**	**numero pagine lette**	**numero pagine scritte**
file F	*0*	*1*		
file G	*0*	*1*		

evento 3 – *read* (fd, 8000)

MEMORIA FISICA	
00: *<ZP>*	01: *Pc0 / Qc0 / <X,0>*
02: *Qp0 D*	03: *Pp0*
04: *Pp1*	05: *<F,0>*
06: *<F,1>*	07: *----*

	f_pos	**f_count**	**numero pagine lette**	**numero pagine scritte**
file F	*8000*	*1*	*2*	*0*
swap file			*0*	*0*

evento 4 – *write* (fd1, 4000)

PFRA - Required: 1 Free: 1 To Reclaim: 3

liberate da page cache pagine 5 e 6, liberata da inactive Qp0

MEMORIA FISICA	
00: *<ZP>*	01: *Pc0 / Qc0 / <X,0>*
02: <G,0> D	03: *Pp0*
04: *Pp1*	05:
06:	07: *----*

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*8000*	*1*	*2*	*0*
file G	*4000*	*1*	*1*	*0*
swap file			*0*	*1*

eventi 5 e 6 – *lseek* (fd, –4000) *write* (fd, 100)

MEMORIA FISICA	
00: *<ZP>*	01: *Pc0 / Qc0 / <X,0>*
02: <G,0> D	03: *Pp0*
04: *Pp1*	05: *<F,0> D*
06: *<F,1> D*	07: *----*

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*4100*	*1*	*4*	*0*

eventi 7 e 8 – *close* (fd) close (fd1)

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*---*	*0*	*4*	*2*
file G	*---*	*0*	*1*	*1*

spazio libero per brutta copia o continuazione