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 mercoledì 22 febbraio 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) _____

esercizio n. 1 – programmazione concorrente

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

```
pthread_mutex_t zero
sem_t red, blue
int global = 0
```

```
void * less (void * arg) {
   sem_wait (&blue)
   pthread_mutex_lock (&zero)
   sem_wait (&blue)
   sem_post (&red)                                  /* statement A */
   pthread_mutex_unlock (&zero)
   return NULL
} /* end less */
```

```
void * equal (void * arg) {
   pthread_mutex_lock (&zero)
   sem_post (&blue)                                 /* statement B */
   pthread_mutex_unlock (&zero)
   return 1
} /* end equal */
```

```
void * more (void * arg) {
   global = 2                                       /* statement C */
   pthread_mutex_lock (&zero)
   sem_wait (&red)
   pthread_mutex_unlock (&zero)
   return NULL
} /* end more */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2, th_3
   sem_init (&red,  0, 0)
   sem_init (&blue, 0, 1)
   pthread_create (&th_3, NULL, more, NULL)
   pthread_create (&th_1, NULL, less, NULL)
   pthread_create (&th_2, NULL, equal, NULL)
   pthread_join (th_2, &global)                     /* statement D */
   pthread_join (th_1, NULL)
   pthread_join (th_3, 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 – less	**th_2 – equal**	**th_3 – more**
subito dopo stat. **A**	Esiste	Può esistere	Esiste
subito dopo stat. **B**	Esiste	Esiste	Esiste
subito dopo stat. **C**	Può esistere	Può esistere	Esiste
subito dopo stat. **D**	Può esistere	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)

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**	
	red	*blue*
subito dopo stat. **A**	1	0
subito dopo stat. **B**	0	2 / 1
subito dopo stat. **C**	0 / 1	2 / 0 / 1

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 e il valore (o i valori) della variabile *global*:

caso	**th_1 – less**	**th_2 – equal**	**th_3 – more**	*global*
1	pthread_mutex_lock(&zero)	Terminato o no	sem_wait(&red)	2 / 1
2	sem_wait(&blue) (A + 1)		pthread_mutex_lock(&zero)	2

pthread_mutex_lock(&zero)

esercizio n. 2 – gestione dei processi

prima parte – stati dei processi

```
// programma prova.c
main ( ) {
   pid1 = fork ( )
   if (pid1 == 0) {          // codice eseguito solo da Q
      fd = open ("/acso/esame", O_RDWR)
      read (fd, vett, 30)
      exit (1)
   } else {
      pid1 = waitpid (pid1, ...)
      fd = open ("/acso/bozza", O_RDWR)
      write (fd, vett, 5)
      exit (0)
   } /* if */
}  /* prova */
```

```
// programma prog_x.c
pthread_mutex_t GATE = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER
sem_t CHECK
```

void * SINGLE (void * arg) {		void * SEQUENCE (void * arg) {
(1) **sem_wait** (&CHECK)		**(5)** **pthread_mutex_lock** (&GATE)
(2) **pthread_mutex_lock** (&GATE)		**(6)** **sem_post** (&CHECK)
(3) **sem_wait** (&CHECK)		**(7)** **pthread_mutex_unlock** (&GATE)
(4) **pthread_mutex_unlock** (&GATE)		**(8)** **sem_post** (&CHECK)
return NULL		return NULL
} /* SINGLE */		} /* SEQUENCE */

```
main ( ) {  // codice eseguito da S
    pthread_t TH_1, TH_2
    sem_init (&CHECK, 0, 0)
    pthread_create (&TH_1, NULL, SINGLE, (void *) 1)
    pthread_create (&TH_2, NULL, SEQUENCE, NULL)
    exit (1)
}  /* main */
```

Un processo ***P*** esegue il programma ***prova***. Un processo ***S*** esegue il programma ***prog_x***. Il processo ***P*** crea il processo ***Q*** . Il processo ***S*** crea i thread ***TH1*** e ***TH2***.

Si simuli l'esecuzione dei processi (fino a ***udt* = 90**) così come risulta dal codice dato, dagli eventi indicati e ipotizzando che il processo ***P*** non abbia ancora eseguito la *waitpid*. **Si completi** la tabella riportando quanto segue:

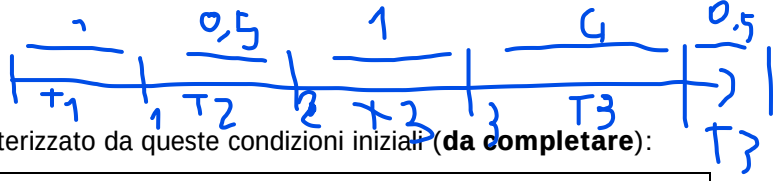
- ⟨ *PID*, *TGID* ⟩ di ciascun processo che viene creato
- ⟨ *identificativo del processo-chiamata di sistema / libreria* ⟩ nella prima colonna, dove necessario e in funzione del codice proposto
- in ciascuna riga lo stato dei processi **al termine del tempo indicato**; si noti che la prima riga della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

Nota bene: nella riga con udt = **40** lo stato raggiunto dai vari processi è già indicato e si deve individuare l'evento che li porta in tale stato.

TABELLA DA COMPILARE (numero di colonne non significativo)

identificativo simbolico del processo		***IDLE***	**P**	**S**	**Q**	TH1	TH2		
	PID	**1**	**2**	**3**	**4**	5	6		
evento processo-chiamata	*TGID*	**1**	**2**	**3**	**4**	3	3		
S –sem_init	**0**	**pronto**	**pronto**	**esec**	**A read**	NE	NE		
S - pthread_create(TH1) (sys_clone)	10	pronto	pronto	ESEC	A read	pronto	NE		
interrupt da *RT_clock* e scadenza quanto di tempo	20	pronto	ESEC	pronto	A read	pronto	NE		
interrupt da *DMA_in*, tutti i blocchi richiesti trasferiti	30	pronto	pronto	pronto	ESEC	pronto	NE		
interrupt da RT_clock e scadenza del quanto di tempo	40	pronto	pronto	pronto	pronto	esec	NE		
TH1 - sem_wait(CHECK) (sys_wait)	50	pronto	pronto	ESEC	pronto	A sem_wait	NE		
S - pthread_create(TH2) (sys_clone)	60	pronto	pronto	ESEC	pronto	A sem_wait	pronto		
S - exit (sys_exit)	70	pronto	ESEC	NE	pronto	NE	NE		
P - waitpid (sys_wait)	80	pronto	A waitpid	NE	ESEC	NE	NE		
Q - exit (sys_exit)	90	pronto	ESEC	NE	ESEC	NE	NE		

seconda parte – scheduling dei processi



Si consideri uno Scheduler CFS con **3 task** caratterizzato da queste condizioni iniziali (**da completare**):

CONDIZIONI INIZIALI (da completare)							
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	3	6	4	t1	100		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	t1	1	0.25	1.5	1	10	100,00
RB	t2	2	0.5	3	0.5	30	100,50
	t3	1	0.25	1.5	1	20	101,00

Durante l'esecuzione dei task si verificano i seguenti eventi:

```
Events of task t1:  WAIT at 1.0;  WAKEUP after 6.0;
Events of task t2:  WAIT at 0.5;  WAKEUP after 1.0;
```

Simulare l'evoluzione del sistema per **5 eventi** riempiendo le seguenti tabelle (per scrivere le eventuali condizioni di preemption, si usi lo spazio tra le tabelle degli eventi):

EVENTO	**TIME**	**TYPE**	**CONTEXT**	**RESCHED**	T1 -> VRT = 100 + 1 * 1 = 101
	1	wait	T1	TRUE	

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**
	2	6	3	T2	100.50

TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T2	2	2/3	4	0.5	30	100.50
RB	T3	1	1/3	2	1	20	101
WAITING	T1	1				11	101

EVENTO	**TIME**	**TYPE**	**CONTEXT**	**RESCHED**	T2 -> VRT = 100.50 + 0.5 * 0.5 = 100.75
	1.5	wait	T2	TRUE	

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**
	1	6	1	T3	100.75

TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T3	1	1	6	1	20	101
RB							
WAITING	T2	2				30.5	100.75
	T1	1				11	101

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED
		2.5	wake up	T3	TRUE
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**
	2	6	3	T2	102

T3 -> VRT = 101 + 1 * 1 = 102

T2 -> VRT = 100.75

TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T2	2	2/3	4	0.5	30.5	100.75
RB	T3	1	1/3	2	1	21	102
WAITING	T1	1				11	101

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED
		6.5	s QdT	T2	TRUE
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**
	2	6	3	T3	102

T2 -> VRT = 100.75 + 4 * 0.5 = 102.75

TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T3	1	1/3	2	1	21	102
RB	T2	2	2/3	4	0.5	34.5	102.75
WAITING	T1	1				11	101

RESCHED: 101 + 1 * 0.5 = 101.25 < 102.5 => TRUE

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED
		7	wake up	T3	TRUE
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**
	3	6	4	T1	102.5

T3 -> VRT = 102 + 0.5 * 1 = 102.5

T1 -> VRT = 101

TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T1	1	0.25	1.5	1	11	101
RB	T3	1	0.25	1.5	1	34.5	102.5
	T2	2	0.5	3	0.5	21.5	102.75
WAITING							

esercizio n. 3 – gestione della memoria

prima parte – gestione dello spazio virtuale

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

MAXFREE = 3 MINFREE = 2

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
PROCESSO: P  ************************************************************
    PT:  <c0 :1  R>   <s0 :s1 R>   <s1 :- ->    <d0 :s2 R>   <d1 :- ->
         <p0 :2  R>   <p1 :6  W>   <p2 :3  W>   <p3 :- ->

    process P - NPV of PC and SP:  c0, p2

PROCESSO: Q  ************************************************************
    PT:  <c0 :1  R>   <s0 :s1 R>   <s1 :- ->    <d0 :s2 R>   <d1 :- ->
         <p0 :2  R>   <p1 :s0 W>   <p2 :- ->

    process Q - NPV of PC and SP:  c0, p1

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________________
      00 : <ZP>                ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>   ||
      02 : Pp0 / Qp0           ||  03 : Pp2                 ||
      04 : ----                ||  05 : ----                ||
      06 : Pp1                 ||  07 : ----                ||

____STATO del TLB____________________________________________________________
      Pc0 : 01 -  0: 1:        ||  Pp0 : 02 -  1: 0:        ||
      Pp2 : 03 -  1: 1:        ||        -----              ||
      Pp1 : 06 -  1: 0:        ||        -----              ||

SWAP FILE: Qp1,  Ps0 / Qs0,  Pd0 / Qd0,  ----,  ----,  ----

LRU ACTIVE:    PC0

LRU INACTIVE:  pp2, pp1, pp0, qp0, qc0
```

ATTENZIONE: lo swap file NON è vuoto.

Si rappresenti l'effetto dei seguenti eventi 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).

evento 1: *read* (Ps0, Pd0)

PT del processo: **P**				
<c0 :1 R>				
<s0 :04 R>	<s1 :- ->			
<d0 :02 R>	<d1 :- ->			
<p0 :s3 R>	<p1 :s4 W>	<p2 :03 W>	<p3 :- ->	
PT del processo: **Q**				
<c0 :01 R>				
<s0 :04 R>	<s1 :- ->			
<d0 :02 R>	<d1 :- ->			
<p0 :s3 R>	<p1 :s0 W>	<p2 :- ->		

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pd0 / Qd0	03: Pp2
04: Ps0 / Qs0	05: - - - -
06: - - - -	07: - - - -

TLB							
NPV	NPF	D	A	NPV	NPF	D	A
Pc0	01	0	1	Pp2	03	1	1
Ps0	04	0	1	Pd0	02	0	1

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Ps0 / Qs0
s2: Pd0 / Qd0	s3: Pp0 / Qp0
s4: Pp1	s5: - - - -

LRU ACTIVE: PD0, PS0, PC0

LRU INACTIVE: pp2, qc0, qs0, qd0

evento 2: *write* (Ps0, Pp1)

PT del processo: **P**				
<c0 :1 R>				
<s0 :5 W>	<s1 :- ->			
<d0 :2 R>	<d1 :- ->			
<p0 :s3 R>	<p1 :3 W>	<p2 :s5 W>	<p3 :- ->	
PT del processo: **Q**				
<c0 :1 R>				
<s0 :s1 R>	<s1 :- ->			
<d0 :2 R>	<d1 :- .>			
<p0 :s3 R>	<p1 :s0 W>	<p3 :- ->		

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pd0 / Qd0	03: Pp1
04: - - - -	05: Ps0
06: - - - -	07: - - - -

TLB							
NPV	NPF	D	A	NPV	NPF	D	A
Pc0	01	0	1	Pd0	02	0	1
Pp1	03	1	1	Ps0	04	1	1

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Qs0
s2: Pd0 / Qd0	s3: Pp0 / Qp0
s4: - - - -	s5: Pp2

LRU ACTIVE: PP1, PS0, PD0, PC0

LRU INACTIVE: qc0, qd0

spazio libero per brutta copia o continuazione

seconda parte – gestione del file system

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

MAXFREE = 2 **MINFREE = 1**

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________
      00 : <ZP>                  ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>    ||
      02 : Pp0 / Qp0             ||  03 : Qp1 D                ||
      04 : Pp1                   ||  05 : ----                 ||
      06 : ----                  ||  07 : ----                 ||
```

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 è cumulativo, quindi è la somma delle pagine lette o scritte da tutti gli eventi precedenti oltre a quello considerato.

evento 1 – fd = *open* (F)

f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
0	1		

evento 2 – *read* (fd, 3500)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp0 / Qp0	03: Qp1 (D)
04: Pp1	05: <F, 0>
06:	07:

f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
3500	1	1	0

0 ---- 4096 ---- 8192 ---- 12288 ---- 16384 ---- 20480
0 1 2 3 4

evento 3 – *write* (fd, 4500) 4500 + 3500 = 8000

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp0 / Qp0	03: Qp1 (D)
04: Pp1	05: <F, 0> (D)
06: <F, 1> (D)	07:

f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
8000	1	2	0

evento 4 – *write* (fd, 4500) 8000 + 4500 = 12500

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp0 / Qp0	03: Qp1 (D)
04: Pp1	05: <F, 2> (D)
06: <F, 3> (D)	07:

f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
12500	1	4	2

evento 5 – *close* (fd)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp0 / Qp0	03: Qp1 (D)
04: Pp1	05: <F, 2>
06: <F, 3>	07:

f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
		4	4

spazio libero per brutta copia o continuazione