



Politecnico di Milano

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

prof.ssa Anna Antola
prof. Luca Breveglieri
prof. Roberto Negrini

prof. Giuseppe Pelagatti
prof.ssa Donatella Sciuto
prof.ssa Cristina Silvano

AXO – Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi

SECONDA PARTE di giovedì 4 luglio 2019

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 (5 punti) _____

esercizio 3 (5.5 punti) _____

esercizio 4 (1.5 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, come anche il prefisso pthread delle primitive di libreria NPTL):

```
mutex_t mid
sem_t top, bot
int global = 0
```

```
void * alpha (void * arg) {
    mutex_lock (&mid)
    sem_wait (&top)
    sem_wait (&bot)
    mutex_unlock (&mid)
    global = 1
    sem_post (&bot)
    return (void * 2)
} /* end alpha */
```

```
void * omega (void * arg) {
    mutex_lock (&mid)
    global = 3
    sem_wait (&top)
    mutex_unlock (&mid)
    sem_post (&top)
    sem_post (&bot)
    sem_wait (&bot)
    return NULL
} /* end omega */
```

```
void main ( ) {
    pthread_t th_1, th_2
    sem_init (&top, 0, 1)
    sem_init (&bot, 0, 0)
    create (&th_2, NULL, omega, NULL)
    create (&th_1, NULL, alpha, NULL)
    join (th_1, &global)
    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	<i>thread</i>	
	th_1 – alpha	th_2 – omega
subito dopo stat. A	<i>ESISTE</i>	<i>ESISTE</i>
subito dopo stat. B	<i>ESISTE</i>	<i>PUÒ ESISTERE</i>
subito dopo stat. C	<i>PUÒ ESISTERE</i>	<i>ESISTE</i>
subito dopo stat. D	<i>NON ESISTE</i>	<i>PUÒ ESISTERE</i>

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 supponga che il mutex valga 1 se occupato, e valga 0 se libero

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		
	<i>mid</i>	<i>bot</i>	<i>global</i>
subito dopo stat. A	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>3</i>
subito dopo stat. B	<i>0</i>	<i>0 / 1</i>	<i>1</i>
subito dopo stat. C	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>3</i>
subito dopo stat. D	<i>0</i>	<i>0 / 1</i>	<i>2</i>

Il sistema può andare in stallo (*deadlock*), con uno o più *thread* che si bloccano, in (almeno) **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 i corrispondenti valori di *global*:

caso	th_1 – alpha	th_2 – omega	<i>global</i>
1	<i>wait bot</i>	<i>lock mid</i>	<i>0</i>
2	<i>wait bot</i>	—	<i>3</i>
3			

esercizio n. 2 – processi e nucleo

prima parte – gestione dei processi

// programma prova.c	
main () {	
pid1 = fork ()	
if (pid1 == 0) { // codice eseguito dal figlio Q	
execl ("/acso/prog_x", "prog_x", NULL)	
exit (-1)	
} else {	
pid1 = wait (&status)	
write (stdout, msg, 25)	
} /* if */	
exit (0)	
} /* prova */	

// programma prog_x.c	
pthread_mutex_t ZERO = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER	
sem_t RED, BLUE	
void * LESS (void * arg) {	void * EQUAL (void * arg) {
sem_wait (&BLUE)	pthread_mutex_lock (&ZERO)
pthread_mutex_lock (&ZERO)	pthread_mutex_unlock (&ZERO)
sem_wait (&BLUE)	sem_wait (&RED)
sem_post (&RED)	return NULL
pthread_mutex_unlock (&ZERO)	} /* EQUAL */
return NULL	
} /* LESS */	
main () { // codice eseguito da Q	
pthread_t TH_1, TH_2	
sem_init (&BLUE, 0, 1)	
sem_init (&RED, 0, 0)	
pthread_create (&TH_1, NULL, LESS, NULL)	
pthread_create (&TH_2, NULL, EQUAL, NULL)	
sem_post (&BLUE)	
pthread_join (TH_2, NULL)	
pthread_join (TH_1, NULL)	
exit (1)	
} /* main */	

// programma esempio.c	
main () {	
fd = open ("/acso/dati", O_RDWR)	
read (fd, vett, 512)	
exit (1)	

Un processo **P** esegue il programma **prova** e crea un figlio **Q** che esegue una mutazione di codice (programma **prog_x**). La mutazione di codice va a buon fine e sono creati i thread **TH1** e **TH2**. Un processo **S** esegue il programma **esempio**.

Si simuli l'esecuzione dei processi completando tutte le righe presenti nella tabella così come risulta dal codice dato, dallo stato iniziale e dagli eventi indicati. Si completi la tabella riportando quanto segue:

- $\langle PID, TGID \rangle$ di ciascun processo che viene creato
- $\langle \text{identificativo del processo-chiamata di sistema} / \text{libreria} \rangle$ nella prima colonna, dove necessario e in funzione del codice proposto
- in ciascuna riga lo stato dei processi **al termine dell'evento o della chiamata associata alla riga stessa**; si noti che la prima riga della tabella **potrebbe essere solo parzialmente completata**

TABELLA DA COMPILARE (numero di colonne non significativo)

<i>identificativo simbolico del processo</i>		IDLE	S	P	<i>Q</i>	<i>TH1</i>	<i>TH_2</i>		
<i>evento oppure processo-chiamata</i>	<i>PID</i>	1	2	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>		
	<i>TGID</i>	1	2	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>4</i>	<i>4</i>		
P –pid1=fork	0	pronto	A read	esec	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	<i>NE</i>		
interrupt da RT_clock e scadenza quanto tempo	<i>1</i>	<i>pronto</i>	<i>A read</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>NE</i>	<i>NE</i>		
<i>Q – execl</i>	<i>2</i>	<i>pronto</i>	<i>A read</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>NE</i>	<i>NE</i>		
<i>interrupt da DMA_in, tutti i blocchi richiesti trasferiti</i>	<i>3</i>	pronto	esec	pronto	pronto	NE	NE		
interrupt da RT_clock e scadenza quanto tempo	<i>4</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	<i>NE</i>		
<i>P: pid1 = wait</i>	<i>5</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>A wait</i>	<i>esec</i>	<i>NE</i>	<i>NE</i>		
<i>Q – pthread_create TH1</i>	<i>6</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>A wait</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>		
<i>Q – pthread_create TH2</i>	<i>7</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>A wait</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>		
interrupt da RT_clock e scadenza quanto tempo	<i>8</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>A wait</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>		
<i>S – exit</i>	<i>9</i>	<i>pronto</i>	<i>non esiste</i>	<i>A wait</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>		
<i>TH1 – sem_wait (blue)</i>	<i>10</i>	<i>pronto</i>	<i>non esiste</i>	<i>A wait</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>		
<i>TH1 – mutex_lock (zero)</i>	<i>11</i>	<i>pronto</i>	<i>non esiste</i>	<i>A wait</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>		
<i>TH1 – sem_wait (blue)</i>	<i>12</i>	<i>pronto</i>	<i>non esiste</i>	<i>A wait</i>	<i>pronto</i>	<i>A s_wait</i>	<i>esec</i>		
<i>TH2 – mutex_lock (zero)</i>	<i>13</i>	<i>pronto</i>	<i>non esiste</i>	<i>A wait</i>	<i>esec</i>	<i>A s_wait</i>	<i>A lock</i>		

seconda parte – scheduler CFS

Si consideri uno Scheduler CFS con **2 task** caratterizzato da queste condizioni iniziali (**da completare**):

CONDIZIONI INIZIALI (da completare)							
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	2	6	2	t1	100		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t1	1	0.5	3	1	10	100.0
RB	t2	1	0.5	3	1	30	100.5

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

Events of task t1: WAIT at 0.5; WAKEUP after 2.5;

Events of task t2: CLONE at 0.5; EXIT at 1

Simulare l'evoluzione del sistema per **4 eventi** riempiendo le seguenti tabelle.

Indicare la valutazione delle condizioni di preemption per l'evento di WAKEUP nell'apposito spazio alla fine dell'esercizio.

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		0.5	WAIT	t1	true		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	1	6	1	t2	100.5		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t2	1	1	6	1	30	100.5
RB							
WAITING	t1	1				10.5	100.5

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		1	CLONE	t2	false		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	2	6	2	t2	101		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t2	1	0.5	3	1	30.5	101
RB	t3	1	0.5	3	1	0	104
WAITING	t1	1				10.5	100.5

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		<i>1.5</i>	<i>EXIT</i>	<i>t2</i>	<i>true</i>		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>t3</i>	<i>101.5</i>		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	<i>t3</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>6</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>104</i>
RB							
WAITING	<i>t1</i>	<i>1</i>				<i>10.5</i>	<i>100.5</i>

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		<i>3</i>	<i>WUP</i>	<i>t3</i>	<i>true</i>		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>t1</i>	<i>105.5</i>		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	<i>t1</i>	<i>1</i>	<i>0.5</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>10.5</i>	<i>102.5</i>
RB	<i>t3</i>	<i>1</i>	<i>0.5</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>1.5</i>	<i>105.5</i>
WAITING							

Valutazione della necessità di rescheduling per l'evento di WAKEUP:

Tempo dell'evento considerato: _____ *3*

Calcolo: _____

$tw.vrt + WGR * tw.LC < curr.vrt?$

$102.5 + 1 * 0.5 = 103 < 105.5 ? \rightarrow true$

$[tw.vrt = \max (100.5 , 105.5 - 3) = 102.5]$

esercizio n. 3 – memoria e file system

prima parte – memoria

È dato un sistema di memoria caratterizzato dai seguenti parametri generali (**ATTENZIONE a MAXFREE**) :

MAXFREE = 4

MINFREE = 2

Situazione iniziale (esistono due processi P e Q)

PROCESSO: P *****

```
PROCESSO: P *****
VMA : C 000000400, 2, R, P, M, <X, 0>
      S 000000600, 2, W, P, M, <X, 2>
      D 000000602, 4, W, P, A, <-1,0>
      P 7FFFFFFFC, 3, W, P, A, <-1,0>
PT: <c0 :1 R> <c1 :- -> <s0 :5 R> <s1 :- -> <d0 :s0 W> <d1 :- ->
    <d2 :3 W> <d3 :- -> <p0 :6 W> <p1 :s2 R> <p2 :- ->
process P - NPV of PC and SP: c0, p0
```

PROCESSO: Q ***** (non interessa) *****

MEMORIA FISICA (pagine libere: 4)

00 : <ZP>	01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>
02 : Qp0 D	03 : Pd2
04 : ----	05 : Ps0 / Qs0 / <X,2>
06 : Pp0	07 : ----
08 : ----	09 : ----

STATO del TLB

Pc0 : 01 - 0: 1:	Pp0 : 06 - 1: 0:
Pd2 : 03 - 1: 0:	----
Ps0 : 05 - 0: 0:	----
----	----

SWAP FILE: Pd0, Qd0, Pp1 / Qp1, ----, ----, ----

LRU ACTIVE: PC0

LRU INACTIVE: pd2, ps0, pp0, qs0, qp0, qc0

evento 1: *read* (Ps1), *write* (Pd0)

la pagina Ps1 viene caricata, SwapIn di Pd0 e scrittura, quindi eliminazione da Swap file

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Qp0 D	03: Pd2
04: Ps1/ <X, 3>	05: Ps0 / Qs0/ <X, 2>
06: Pp0	07: Pd0
08:	09:

SWAP FILE	
s0: ----	s1: Qd0
s2: Pp1 / Qp1	s3:

LRU active: _____ PD0, PS1, PC0

LRU inactive: _____ pd2, ps0, pp0, qs0, qp0, qc0

evento 2: *write* (Pp1)

PFRA – 3 pagine da liberare: Qp0, Pp0, Ps0 / Qs0 – carica Qp1 / Pp1 da swap, poi COW di Pp1

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Qp1	03: Pd2
04: Ps1/ <X, 3>	05: Pp1
06:	07: Pd0
08:	09:

SWAP FILE	
s0: Qp0	s1: Qd0
s2: Qp1	s3: Pp0

LRU active: _____ PP1, PD0, PS1, PC0

LRU inactive: _____ pd2, qc0, qp1

evento 3: *read* (Pc0) – 2 kswapd

kswapd invoca PFRA e libera 1 pagina: qp1

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02:	03: Pd2
04: Ps1/ <X, 3>	05: Pp1
06:	07: Pd0
08:	09:

LRU active: _____ PC0, pp1, pd0, ps1

LRU inactive: _____ pd2, qc0

seconda parte – file system

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

$$\text{MAXFREE} = 3 \quad \text{MINFREE} = 2$$

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

MEMORIA FISICA (pagine libere: 5)			
00 : <ZP>		01 : Pc0 / <X, 0>	
02 : Pp0		03 : ----	
04 : ----		05 : ----	
06 : ----		07 : ----	

Per ciascuno 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 in esecuzione il processo **P**. La pagina in cima alla pila è **Pp0**.

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), read (fd, 12000)*

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / <X, 0>
02: Pp0	03: <F, 0>
04: <F, 1>	05: <F, 2>
06: ----	07: ----

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	12000	1	3	0

eventi 3-5: *fork (Q), lseek (fd, -10000), write (fd, 10)*

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

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	2010	2	4	0

eventi 6-9: *fd1 = open (G), write (fd1, 7000), close (fd), close (fd1)*

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

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	2010	1	4	1
file G	---	0	2	2

eventi 10 e 11: *context switch (Q), write (fd, 100)*

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	2110	1	5	1

esercizio n. 4 – tabella delle pagine

Date le VMA di un processo P sotto riportate, definire

1. la decomposizione degli indirizzi virtuali dell'NPV iniziale di ogni area secondo la notazione **PGD:PUD:PMD:PT**
2. il numero di pagine necessarie in ogni livello della gerarchia e il numero totale di pagine necessarie a rappresentare la Tabella delle Pagine (TP) del processo
3. il numero di pagine virtuali occupate dal processo
4. il rapporto tra l'occupazione della TP e la dimensione virtuale del processo in pagine
5. il numero di pagine di cui può crescere la VMA D, senza dovere modificare la dimensione della TP

VMA del processo P							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
C	0000 0040 0	8	R	P	M	X	0
K	0000 0060 0	4	R	P	M	X	8
S	0000 0060 4	256	W	P	M	X	12
D	0000 0070 4	2	W	P	A	-1	0
M0	0000 2000 0	2	W	S	M	G	2
P	7FFF FFFF C	3	W	P	A	-1	0

1. Decomposizione degli indirizzi virtuali

		PGD :	PUD :	PMD :	PT
C	0000 0040 0	0	0	2	0
K	0000 0060 0	0	0	3	0
S	0000 0060 4	0	0	3	4
D	0000 0070 4	0	0	3	260
M0	0000 2000 0	0	0	256	0
P	7FFF FFFF C	255	511	511	508

2. Numero pagine necessarie

pag PGD: 1

pag PUD: 2

pag PMD: 2

pag PT: 4

pag totali: 9

3. Numero pagine virtuali occupate dal processo: 275

4. Rapporto di occupazione: $9 / 275 = 0,033$

5. Numero pagine di crescita della VMA D, senza modifica della dimensione di TP:

Con la stessa dimensione di TP la VMA D può crescere di ulteriori 250 pagine virtuali