Politecnico di Milano
Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

prof. Luca Breveglieri **prof.ssa Donatella Sciuto**
prof. Gerardo Pelosi **prof.ssa Cristina Silvano**

AXO – Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi

Prova di lunedì 31 gennaio 2022

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 **2 h : 00 m**

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

esercizio 1 (4 punti) _____

esercizio 2 (5 punti) _____

esercizio 3 (5 punti) _____

esercizio 4 (2 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, come anche il prefisso `pthread` delle funzioni di libreria NPTL):

```
pthread_mutex_t sense
sem_t see, hear
int global = 0
```

```
void * hand (void * arg) {
   mutex_lock (&sense)
   sem_post (&see)
   global = 1                                   /* statement A */
   mutex_unlock (&sense)
   global = 2
   sem_wait (&hear)
   mutex_lock (&sense)
   sem_wait (&hear)
   mutex_unlock (&sense)
   return NULL
} /* end hand */
```

```
void * foot (void * arg) {
   mutex_lock (&sense)
   sem_wait (&see)
   global = 3                                   /* statement B */
   mutex_unlock (&sense)
   sem_wait (&hear)
   global = 4                                   /* statement C */
   mutex_lock (&sense)
   sem_post (&hear)
   mutex_unlock (&sense)
   return (void *) 5
} /* end foot */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&see, 0, 0)
   sem_init (&hear, 0, 2)
   create (&th_1, NULL, hand, NULL)
   create (&th_2, NULL, foot, NULL)
   join (th_1, NULL)                            /* statement D */
   join (th_2, &global)
   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 – *hand*	**th_2 – *foot***
subito dopo stat. **A**	Esiste	Può esistere
subito dopo stat. **B**	Può esistere	Esiste
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)
- 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**			
	sense	*see*	*hear*	*global*
subito dopo stat. **A**	1	1	2	1
subito dopo stat. **B**	1	0	2 - 1 - 0	2 - 3
subito dopo stat. **C**	1 - 0	0	1 - 0	2 - 4
subito dopo stat. **D**	0 - 1	0 - 1	0	2 - 3 - 4

Il sistema può andare in stallo (*deadlock*), con uno o più *thread* che si bloccano, in (almeno) **tre casi diversi**. Si chiede di precisare il comportamento dei thread in **due casi**, indicando gli statement dove avvengono i blocchi e i possibili valori della variabile *global*:

caso	**th_1 – *hand***	**th_2 – *foot***	*global*
1	mutex_lock(&sense) (1°)	sem_wait(&see)	0
2	-	sem_wait(&hear)	2 - 3
3	sem_wait(&hear) (2°)	mutex_lock(&sense) (2°)	2 - 4

esercizio n. 2 – processi e nucleo

prima parte – gestione dei processi

```
// programma main.c
int main ( ) {                    // processo P
     pid_t pid = fork ( )
     if (pid == 0) {              // codice eseguito solo da Q
        execl ("/acso/nuovo", "nuovo", NULL)
        exit (-1)
     } // end if
     write (stdout, "Fin!", 4)
     wait (&status)
     exit (0)
} // end main.c
```

```
// programma nuovo.c
sem_t pass
mutex_t lock
char vet [2] = {1 ,2}
```

```
void * one( void * arg) {
  sem_wait (&pass)
  write (stdout, &vet[0], 1)
  sem_post (&pass)
  return NULL
} // end one
```

```
void * two (void * arg) {
  mutex_lock (&lock)
  read (stdin, &vet[1], 1)
  mutex_unlock (&lock)
  sem_post (&pass)
  return NULL
} // end two
```

```
int main ( ) { // codice eseguito da Q
   pthread_t TH_1, TH_2
   sem_init (&pass, 0, 1)
   pthread_create (&TH_2, NULL, two, NULL)
   pthread_create (&TH_1, NULL, one, NULL)
   pthread_join (TH_2, NULL)
   pthread_join (TH_1, NULL)
   exit (1)
} // fine nuovo.c
```

Un processo **P** esegue il programma **main.c** e crea un processo figlio **Q** che esegue una mutazione di codice (programma **nuovo.c**). La mutazione di codice va a buon fine e viene creata una coppia di thread **TH_1** e **TH_2**. Si simuli l'esecuzione dei vari 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 seguente riportando:

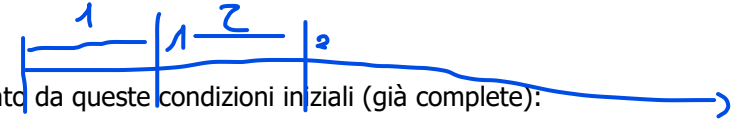
- ⟨ PID, TGID ⟩ di ciascun processo (normale o thread) che viene creato
- ⟨ evento oppure identificativo del processo-chiamata di sistema / libreria ⟩ nella prima colonna, dove necessario e in funzione del codice proposto (le istruzioni da considerare sono evidenziate in grassetto)
- in ciascuna riga 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

identificativo simbolico del processo		Idle	P	Q	TH_1	TH_2
evento oppure processo-chiamata	PID	1	2	3	5	4
	TGID	1	2	3	3	3
P – pid = fork ( )	0	pronto	esec	pronto	NE	NE
P – write	1	pronto	A write	ESEC	NE	NE
Q – execl	2	pronto	A write	ESEC	NE	NE
Q – pthread_create TH_2	3	pronto	A write	ESEC	NE	pronto
interrupt da RT_clock e scadenza quanto di tempo	4	pronto	A write	pronto	NE	ESEC
TH_2 – mutex_lock	5	pronto	A write	pronto	NE	ESEC
TH_2 – read	6	pronto	A write	ESEC	NE	A read
Q - pthread_create(TH1)	7	pronto	attesa (write)	esec	pronto	attesa (read)
Q – pthread_join TH_2	8	pronto	A write	A join	ESEC	A read
TH_1 – sem_wait	9	pronto	A write	A join	ESEC	A read
TH_1 – write	10	ESEC	A write	A join	A write	A read
Interrupt da STDIN, tutti i blocchi scritti (1)	11	pronto	A write	A join	A write	ESEC
TH_2 – mutex_unlock	12	pronto	A write	A join	A write	ESEC
TH_2 – sem_post	13	pronto	A write	A join	A write	ESEC
TH_2 – return	14	pronto	A write	ESEC	A write	NE
Interrupt da STDOUT, blocco 0 consegnato	15	pronto	A write	pronto	ESEC	NE
TH_1 – sem_post	16	pronto	A write	pronto	ESEC	NE
TH_1 – return	17	pronto	A write	ESEC	NE	NE
Q - pthread_join(TH2)	18	pronto	A write	ESEC	NE	NE
Q – exit	19	pronto	A write	NE	NE	NE

seconda parte – scheduling dei processi

Si consideri uno scheduler CFS con **tre task** caratterizzato da queste condizioni iniziali (già complete):



CONDIZIONI INIZIALI (già complete)							
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	2	6	3	T1	100		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T1	1	0,33	2	1	10	100
RB	T2	2	0,67	4	0,5	20	101

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

```
Events of task t1:   WAIT  at 1.0        WAKEUP after 3.5
Events of task t2:   CLONE at 2.0
```

Simulare l'evoluzione del sistema per **quattro eventi** riempiendo le seguenti tabelle (per indicare le condizioni di rescheduling e altri calcoli eventualmente richiesti, utilizzare le tabelle finali):

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

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	1	6	2	T2	101		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T2	2	1	6	0.5	20	101
RB							
WAITING	T1	1				11	101

EVENTO 2	**TIME**	**TYPE**	**CONTEXT**	**RESCHED**	T2 -> VRT = 101 + 2 * 0.5 = 102
	3.0	CLONE	T2	FALSE	

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	2	6	4	T2	102		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T2	2	0.5	3	0.5	22	102
RB	T3	2	0.5	3	0.5	0	103.5
WAITING	T1	1				11	101

T2 -> VRT = 102 + 1 * 0.5 = 102.5

EVENTO 3 (*)		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED	(*) E' stata considerata corretta anche la soluzione che prevede che T2 CURR non rientri subito nella lista RB e pertanto T3 diventa CURR	
		4.0	S.q.d.T	T2	TRUE		
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	2	6	4	T3	102.5		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T2	2	0.5	3	0.5	23	102.5
RB	T3	2	0.5	3	0.5	0	103.5
WAITING	T1	1				11	101

EVENTO 4		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED	T2 -> VRT = 102.5 + 0.5 * 0.5 = 102.75 T1 -> VRT = 101	
		4.5	WAKE UP	T2	TRUE		
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	3	6	5	T1	102.75		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T1	1	0.2	1.2	1	11	101
RB	T2	2	0.4	2.4	0.5	23.5	102.75
	T3	2	0.4	2.4	0.5	0	103.5
WAITING							

Calcolo del VRT iniziale del **task T3** creato dalla **CLONE**

102 + 3 * 0.5 = 103.5

Valutazione della cond. di rescheduling alla **CLONE**

103.5 + 1 * 0.5 = 104 > 102 => FALSE

Valutazione della cond. di rescheduling alla **WAKEUP**

101 + 1 * 0.2 = 101. 2 < 102.75 => TRUE

esercizio n. 3 – memoria e file system

prima parte – gestione dello spazio di memoria

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

MAXFREE = **3** **MINFREE** = **2**

situazione iniziale (esistono un processo P e un processo Q)

```
PROCESSO: P  ********************************************************
    VMA : C  000000400,  2 , R  ,  P  ,  M  , <XX, 0>
          K  000000600,  1 , R  ,  P  ,  M  , <XX, 2>
          S  000000601,  1 , W  ,  P  ,  M  , <XX, 3>
          P  7FFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1, 0>

    PT: <c0 :- ->      <c1 :1  R>   <k0 :- ->   <s0 :- ->   <p0 :2  D R>
        <p1 :4  D W>   <p2 :- ->

process P - NPV of PC and SP:  c1, p1

PROCESSO: Q  ****SOLO LE INFORMAZIONI RILEVANTI PER L'ESERCIZIO ******
    VMA : C  000000400,  2 , R  ,  P  ,  M  , <XX, 0>
          K  000000600,  1 , R  ,  P  ,  M  , <XX, 2>
          S  000000601,  1 , W  ,  P  ,  M  , <XX, 3>
          M0 000010000,  4 , W  ,  S  ,  M  , <G,  0>
          P  7FFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1, 0>

process Q - NPV of PC and SP:  c1, p1

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________
      00 : <ZP>                ||  01 : Pc1 / Qc1 / <XX, 1> ||
      02 : Pp0 / Qp0  D        ||  03 : Qp1  D              ||
      04 : Pp1  D              ||  05 : Qm00 / <G, 0>  D    ||
      06 : Qm01 / <G, 1>  D    ||  07 : ----                ||
      08 : ----                ||  09 : ----                ||

____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc1 : 01 -  0: 1:        ||  Pp1 : 04 -  1: 1:        ||
            -----              ||        -----              ||
            -----              ||        -----              ||
            -----              ||        -----              ||

SWAP FILE:    ----, ----, ----, ----, ----, ----,
LRU ACTIVE:   QM01, QM00, QC1,
LRU INACTIVE: qp1,  qp0,  pp1,  pp0,  pc1,
```

evento 1: *read* (Pc1) – *write* (Pp2)

PT del processo: **P**				
p0: :2 D R	p1: :4 D W	p2: :7 W	p3: - -	

process P	NPV of **PC**: c1	NPV of **SP**: p2

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc1 / Qc1 / <XX, 1>
02: Pp0 / Qp0 (D)	03: Qp1 (D)
04: Pp1 (D)	05: Qm00 / <G, 0> (D)
06: Qm01 / <G, 1> (D)	07: Pp2
08:	09:

LRU ACTIVE: PP2, QM01, QM00, QC1

LRU INACTIVE: qp1, qp0, pp1, pp0, pc1

evento 2: *read* (Pc1, Pp0) – *write* (Pp3)

PT del processo: **P**				
p0: :s1 R	p1: :s0 W	p2: :7 W	p3: :2 W	p4: - -

process P	NPV of **PC**: c1	NPV of **SP**: p3

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc1 / Qc1 / <XX, 1>
02: Pp3	03: Qp1 (D)
04:	05: Qm00 / <G, 0> (D)
06: Qm01 / <G, 1> (D)	07: Pp2
08:	09:

SWAP FILE	
s0: Pp1	s1: Pp0 / Qp0
s2:	s3:
s4:	s5:

LRU ACTIVE: PP3, PP2, QM01, QM00, QC1

LRU INACTIVE: qp1, pc1

evento 3: *clone* (S, c0)

VMA del processo **P/S** (è da compilare solo la riga relativa alla VMA **T0**)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
T0	7FFF F77F E	2	W	P	A	-1	0

PT dei processi: **P/S**				
t00: :4 W	t01: :- -			

process P	NPV of **PC**:	c1	NPV of **SP**:	p3
process S	NPV of **PC**:	c1	NPV of **SP**:	t00

TLB							
NPV	NPF	D	A	NPV	NPF	D	A
PSc1	1	0	1	PSp3	2	1	1
PSt00	4	1	1	PSp2	7	1	1

LRU ACTIVE: PST00, PSP3, PSP2, QM01, QM00, QC1

LRU INACTIVE: qp1, pc1

spazio libero per appunti correzioni o continuazioni (se necessario)

seconda parte – file system

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

MAXFREE = **2** **MINFREE** = **1**

Si consideri la seguente **situazione iniziale.**

process P – NPV of PC and SP: c2, p0

```
____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 1)_____________________________
      00 : <ZP>                ||  01 : Pc2 / <X, 2>        ||
      02 : Pp0                 ||  03 : <G, 2>              ||
      04 : Pm00                ||  05 : <F, 0>  D           ||
      06 : <F, 1>  D           ||  07 : ----                ||

____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc2 :  01 -  0: 1:       ||   Pp0 : 02 -  1: 1:       ||
      Pm00 : 04 -  1: 1:       ||         -----             ||
             -----             ||         -----             ||
```

processo/i	file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
P	F	6000	1	2	0

ATTENZIONE: **è presente la colonna "processo" dove va specificato il nome/i del/i processo/i a cui si riferiscono le informazioni "f_pos" e "f_count" (campi di struct file) relative al file indicato.**

Il processo **P** è in esecuzione. Il file **F** è stato aperto da **P** tramite chiamata **fd1 = *open* (F).**

ATTENZIONE: il numero di pagine lette o scritte di un file è cumulativo, ossia è la somma delle pagine lette o scritte su quel file da tutti gli eventi precedenti oltre a quello considerato. Si ricorda inoltre che la primitiva *close* scrive le pagine dirty di un file solo se *f_count* diventa = 0.

Per ciascuno degli eventi seguenti, compilare le tabelle richieste con i dati relativi al contenuto della memoria fisica, delle variabili del FS relative ai file aperti e al numero di accessi a disco effettuati in lettura e in scrittura.

eventi 1 e 2: *fork* **(Q)** *context switch* **(Q)**

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / Qc2 / <X, 2>
02: Qp0 (D)	03: Pp0 (D)
04: Pm00 / Qm00	05: - - - -
06: <F, 1> (D)	07:

processo/i	file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
P - Q	F	6000	2	2	1

evento 3: *read* **(fd1, 500)**

processo/i	file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
P - Q	F	6500	2	2	1

eventi 4, 5 e 6: **fd2 =** *open* **(F)** *read* **(fd2, 9000)** *close* **(fd1)**

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / Qc2 / <X, 2>
02: Qp0 (D)	03: Pp0 (D)
04: Pm00 / Qm00	05: <F, 2>
06: - - - -	07:

processo/i	file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
P	F	6500	1	4	2
Q	F	9000	1		

esercizio n. 4 – domande varie

prima domanda – moduli del SO

stato iniziale: CURR = T, Q = PRONTO

La runqueue contiene due task: il thread **T** e il processo normale **Q**; il sistema non contiene altri task.

Si consideri il seguente evento: il **thread T** è in esecuzione in **modo U** ed esegue l'istruzione di **return** della sua funzione **"fun"** per terminare la sua esecuzione.

Domanda:

- Mostrare le **invocazioni di tutti i moduli** (ed eventuali relativi **ritorni**) eseguiti nel contesto del thread **T** per gestire l'evento indicato.
- Mostrare (in modo simbolico) il l'eveluzione dello **stack di sistema** del thread **T** al termine della gestione dell'evento considerato.

invocazione moduli – numero di righe non significativo

processo	modo	modulo
T	U	fun< // return di fun
T	U	clone // si torna a clone

evoluzione sStack_T al termine dell'evento – numero di righe non significativo

seconda domanda – 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. la dimensione virtuale massima del processo in pagine, senza dover modificare la dimensione della TP
6. il rapporto relativo

VMA del processo **P**							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
C	0000 0040 0	3	R	P	M	X	0
K	0000 0060 0	1	R	P	M	X	3
S	0000 0060 1	4	W	P	M	X	4
D	0000 0060 5	2	W	P	A	-1	0
M0	0000 1000 0	2	W	S	M	G	2
M1	0000 3000 0	1	W	P	M	F	4
M2	0000 4000 0	1	W	P	A	-1	0
T1	7FFF F77F B	2	W	P	A	-1	0
T0	7FFF F77F E	2	W	P	A	-1	0
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 1	0	0	3	1
D	0000 0060 5	0	0	3	5
M0	0000 1000 0	0	0	128	0
M1	0000 3000 0	0	0	384	0
M2	0000 4000 0	0	1	0	0
T1	7FFF F77F B	255	511	443	507
T0	7FFF F77F E	255	511	443	510
P	7FFF FFFF C	255	511	511	508

0x 0000 4000 0 => 0000 0000 0000 0000 0100 0000 0000 0000 0000 => 0 0 1 0

0x 7FFF F77F E => 0111 1111 1111 1111 1111 0111 0111 1111 1110 => 255 511 443

2. Numero di pagine necessarie:

pag PGD: 1 # pag PUD: 2

pag PMD: 3 # pag PT: 7

pag totali: 13

3. Numero di pagine virtuali occupate dal processo: 21

4. Rapporto di occupazione: 61.90%

5. Dimensione massima del processo in pagine virtuali: 7 * 512 = 3854

6. Rapporto di occupazione con dimensione massima: 0.337%

0x 7FFF F77F B => 0111 1111 1111 1111 1111 0111 0111 1111 1011 => 255 511 443