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 2 luglio 2018

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 a-anche il prefisso pthread delle primitive di libreria NPTL):

```
pthread_mutex_t open, close
sem_t pass
int global = 0
```

```
void * start (void * arg) {
   sem_wait (&pass)
   mutex_lock (&close)
   sem_wait (&pass)
   mutex_unlock (&close)                          /* statement A */
   global = 2
   mutex_lock (&open)
   global = 3
   mutex_unlock (&open)
   sem_post (&pass)                               /* statement B */
   return arg
} /* end start */
```

```
void * quit (void * arg) {
   mutex_lock (&open)
   sem_post (&pass)
   mutex_lock (&close)
   global = 4
   sem_post (&pass)
   mutex_unlock (&close)                          /* statement C */
   mutex_unlock (&open)
   sem_wait (&pass)
   return NULL
} /* end quit */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&pass, 0, 0)
   create (&th_1, NULL, start, (void * 1)
   create (&th_2, NULL, quit, NULL)
   join (th_1, &global)                           /* statement D */
   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 – start	**th_2 – quit**
subito dopo stat. **A**	*ESISTE*	*ESISTE*
subito dopo stat. **B**	*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)

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**	
	pass	*global*
subito dopo stat. **A**	*0*	*4*
subito dopo stat. **C**	*0 / 1 / 2*	*2 / 4*
subito dopo stat. **D**	*0 / 1*	*1*

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

QUANTI CASI DI DEADLOCK (indicare il numero) ? ***due casi*** *(uno con un solo thread)*

caso	**th_1 – start**	**th_2 – quit**	*global*
1	***2a wait***	***lock close***	***0***
2	***2a wait***	***terminato***	***4***

esercizio n. 2 – processi e nucleo

prima parte – gestione dei processi

```
// programma double_buffer.c
char buffer1[BUFFER_SIZE]
Char buffer2[BUFFER_SIZE]
fd input_file_fd
sem_t buffer1_ready, buffer1_empty
sem_t buffer2_ready, buffer2_empty
```

```
void * READER (void * arg) {
  sem_wait(&buffer1_empty)
  read(input_file_fd, &buffer1, 300)
  sem_post(&buffer1_ready)
  sem_wait(&buffer2_empty)
  read(input_file_fd, &buffer2, 300)
  sem_post(&buffer2_ready)
  return NULL
}  /* READER */
```

```
void * EXECUTER (void * arg) {
  sem_wait(&buffer1_ready)
  pid1 = fork()
  if (pid1 == 0) { // eseguito da Q
    execl("/acso/exec", "exec", buffer1)
    write(stdout, error_msg, 50)
  } else {
    sem_wait(&buffer2_ready)
    do_work(buffer2)
    sem_post(&buffer2_empty)
    pid1 = wait( &status )
    sem_post(&buffer1_empty)
  }
  return NULL
}  /* CONSUMER */
```

```
main ( ) {  // codice eseguito da P
    pthread_t TH_1, TH_2
    sem_init(&buffer1_ready, 0)
    sem_init(&buffer1_empty, 1)
    sem_init(&buffer2_ready, 0)
    sem_init(&buffer2_empty, 1)
    input_file_fd = open( "in.dat", O_RDONLY )
    pthread_create( &TH_1, NULL, EXECUTER, NULL )
    pthread_create( &TH_2, NULL, READER, NULL )
    pthread_join( TH_1, NULL )
    pthread_join( TH_2, NULL )
    exit (0)
}  /* main */
```

```
// programma execution.c
main ( ) { // codice eseguito da Q
    elaborate_input_file( argv[1]);
    exit (0)
}
```

Un processo ***P*** esegue il programma ***double_buffer*** e crea i thread ***TH_1*** e ***TH_2***. Il thread ***TH_1*** crea il figlio ***Q***, che esegue una mutazione di codice (programma **execution**) che va a buon fine

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:

- ⟨ *PID*, *TGID* ⟩ di ciascun processo 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***	***TH_1***	***TH_2***	***Q***
evento oppure *processo-chiamata*	*PID*	1	*2*	*3*	*4*	*5*
	TGID	1	*2*	*2*	*2*	*5*
P –open	0	esec	A(open)	NE	NE	NE
interrupt da *DMA_in*, tutti i blocchi richiesti trasferiti	10	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*	*NE*
P – pthread_create TH1	20	*pronto*	*esec*	*pronto*	*NE*	*NE*
P – pthread_create TH2	30	*pronto*	*esec*	*pronto*	*pronto*	*NE*
P – pthread_join TH1	40	*pronto*	*A(TH1)*	*esec*	*pronto*	*NE*
TH_1 – sem_wait (buffer1_ready)	50	*pronto*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*esec*	*NE*
TH_2 – sem_wait (buffer1_empty)	60	*pronto*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*esec*	*NE*
TH_2 – read	70	*esec*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*A(read)*	*NE*
interrupt da DMA_in, tutti i blocchi richiesti trasferiti	80	pronto	A(TH1)	A(sem)	esec	NE
TH_2 – sem_post (buffer1_ready)	90	*pronto*	*A(TH1)*	*esec*	*pronto*	*NE*
TH_1 – fork	100	*pronto*	*A(TH1)*	*esec*	*pronto*	*pronto*
TH_1 – sem_wait (buffer2_ready)	110	*pronto*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*esec*	*pronto*
TH_2 – sem_wait (buffer2_empty)	120	*pronto*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*esec*	*pronto*
TH_2 – read	130	*pronto*	*A(TH1)*	*A(sem)*	*A(read)*	*esec*

seconda parte – scheduling

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	*4,00*	t1	100		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	t1	2	*0,5*	*3,0*	*0,50*	10	100
RB	t3	1	*0,25*	*1,5*	*1,00*	10	100
	t2	1	*0,25*	*1,5*	*1,00*	10	101

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

`Events of task t1:  WAIT at 1,5; WAKEUP after 1,0;`

Simulare l'evoluzione del sistema per **3 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**		
		1,5	*WAIT*	*t1*	*true*		
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	2	*6*	*2*	*t3*	*100*		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	*t3*	*1*	*0,5*	*3*	*1*	*10*	*100*
RB	*t2*	*1*	*0,5*	*3*	*1*	*10*	*101*
WAITING	*t1*	*2*				*11,5*	*100,75*

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		2,5	*W_UP*	*t3*	*false*		
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	3	*6*	*4*	*t3*	*101*		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	*t3*	*1*	*0,25*	*1,5*	*1*	*11*	*101*
RB	*t1*	*2*	*0,5*	*3*	*0,5*	*11,5*	*100,75*
	t2	*1*	*0,25*	*1,5*	*1*	*10*	*101*
WAITING							

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		3	*QSCADE*	*t3*	*true*		
RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	3	*6*	*4*	*t1*	*101*		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	*t1*	*2*	*0,5*	*3*	*0,5*	*11,5*	*100,75*
RB	*t2*	*1*	*0,25*	*1,5*	*1*	*10*	*101*
	t3	*1*	*0,25*	*1,5*	*1*	*11,5*	*101,5*
WAITING							

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

Tempo dell'evento considerato: _____ *2,5*

Calcolo: _____

*tw.vrt+WGR*tw.LC < curr.vrt?*
*100,75+1,0*0,5=101,25 < 101 ? → false*

esercizio n. 3 – memoria e file system

prima parte – memoria

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

MAXFREE = 3 **MINFREE = 2**

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
PROCESSO: P
**********************************************************
    VMA: ...

    PT: <c0 :1  R> <c1 :- -> <s0 :5  R> <s1 :- -> <d0 :7  R> <d1 :- ->
       <d2 :3  W> <d3 :- -> <p0 :6  W> <p1 :s2 R> <p2 :- ->


    process P - NPV of PC and SP:  c0, p0

PROCESSO: Q ...

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________
      00 : <ZP>               ||  01 : Pc0/Qc0/<X,0>       ||
      02 : Qp0 D              ||  03 : Pd2                 ||
      04 : ----               ||  05 : Ps0/Qs0/<X,2>       ||
      06 : Pp0                ||  07 : Pd0                 ||
      08 : ----               ||  09 : ----                ||


____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc0 : 01 -  0: 1:   ||   Pp0 : 06 -  1: 0:   ||
      Pd2 : 03 -  1: 0:   ||         -----         ||
      Ps0 : 05 -  0: 1:   ||   Pd0 : 07 -  0: 1:   ||
            -----         ||         -----         ||


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


LRU ACTIVE:   PD0, PS0, PC0,
LRU INACTIVE: pd2, pp0, qs0, qp0, qc0,
```

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 – *read* (Ps1), write(Pd0)

read carica Ps1 in pagina 4, write libera una posizione nello swap file

PT del processo: **P**				
c0: *1 R*	s0: *5 R*	s1: *4 R*	p0: *6 W*	p2: - -

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:
s4:	s5:

Active: _____ *PS1, PD0, PP0, PC0*

Inactive: _____ *pd2, pp0, qs0, qp0, qc0*

evento 2 – *write* (Ps0)

richiede una pagina per COW -> causa PFRA -> libera Qp0 e Pp0 che vanno in swap file

PT del processo: **P**				
c0: *1 R*	s0: *2 W*	s1: *4 R*	p0: *s3 W*	p2: - -

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

SWAP FILE	
s0: *Qp0*	s1: *Qd0*
s2: *Pp1/Qp1*	s3: *Pp0*
s4:	s5:

Inactive: _____ *pd2, qs0, qc0,*

seconda parte – memoria e file system

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

MAXFREE = **3** **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 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 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, 8000)

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

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

eventi 3 e 4 – fork(R), *lseek* (fd, –5000) , *write* (fd, 10)

MEMORIA FISICA	
00: *<ZP>*	01: *Pc0 / <X,0>*
02: *Rp0 D*	03: *<F,0> D*
04: *<F,1>*	05: *Pp0*
06: *----*	07: *----*

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*3010*	*2*	*2*	*0*

eventi 5-8 – fd1 = *open* (G), write(fd1, 4000), close(fd), close(fd1)

MEMORIA FISICA	
00: *<ZP>*	01: *Pc0 / <X,0>*
02: *Rp0 D*	03: *<G,0>*
04: *----*	05: *Pp0*
06: *----*	07: *----*

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*3010*	*1*	*2*	*1*
file G	*---*	*0*	*1*	*1*

eventi 9 e 10 - context switch(R), write(fd, 100)

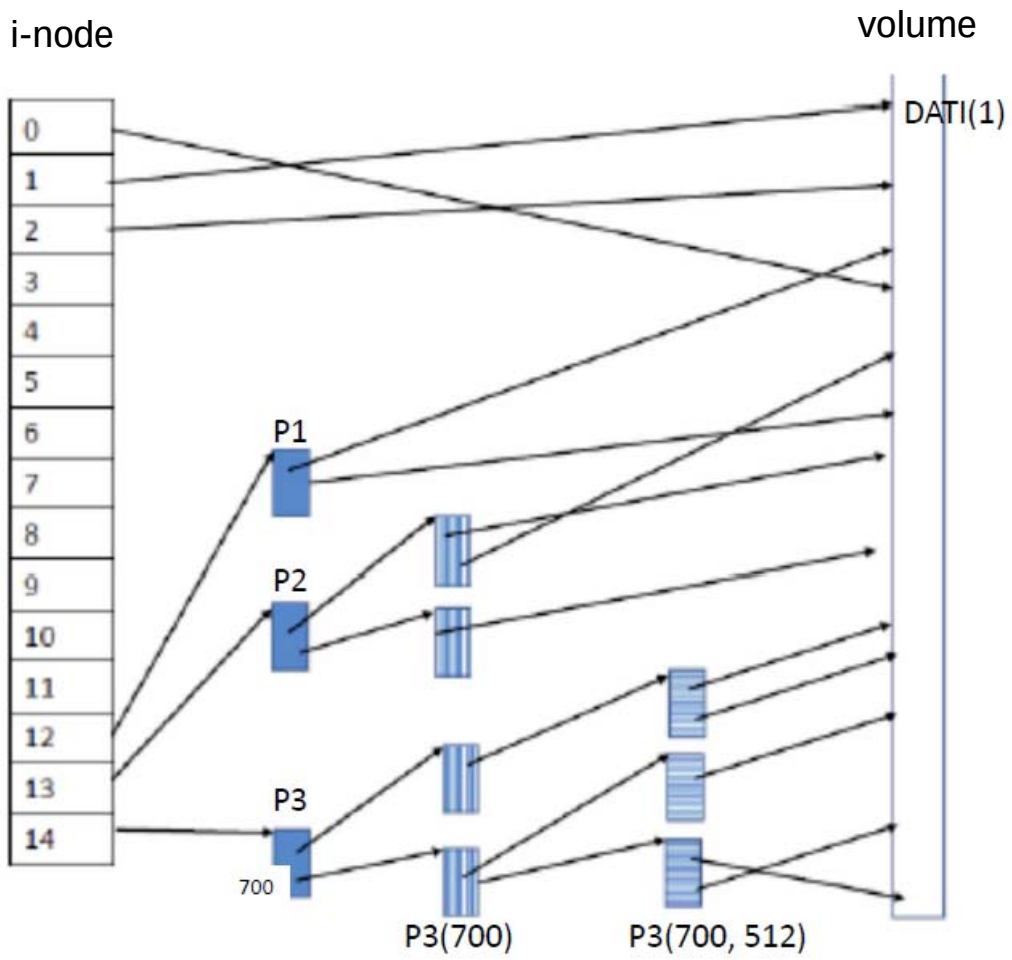
	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	*3110*	*1*	*3*	*1*
file G	*---*	*0*	*1*	*1*

esercizio n. 4 – Domanda

Si consideri il FS ext2 con dimensione di blocco = dim. pagina = 4Kbyte.
Ogni puntatore occupa 4 byte.

Con riferimento alla figura seguente si consideri la seguente notazione:

- DATI(N) indica la pagina dati in posizione N; DATI(0) è la prima pagina dati del file
- P1, P2 e P3 sono i 3 blocchi contenenti puntatori di indirezione semplice
- Pi(j) indica un blocco di puntatori al secondo livello di indirezione raggiunto dal puntatore numero j del blocco i di indirezione semplice (esempio in figura: P3(700) è il blocco puntato dal puntatore in posizione 700 (il 701-esimo, perché i puntatori sono numerati da 0) del blocco P3
- Pi(j,k) estende la stessa notazione ai blocchi di terzo livello – tripla indirezione – come P3(700,512) in figura, puntato dal puntatore in posizione 512 del blocco P3(700).



Si supponga che un programma esegua in sequenza le seguenti operazioni su un file F:

1. open (la open non legge il file, ma solo l'i-node),
2. lseek(FP) – si posiziona all'inizio della **pagina** di numero FP, cioè DATI(FP)
3. read(NUM) – NUM è il numero di **pagine** lette

Si considerino i quattro casi riportati nella tabella sottostante (ciascun caso è indipendente dagli altri). Riportare, per ogni caso richiesto, i blocchi dati e i blocchi puntatore a cui si deve accedere, e indicare il numero totale di blocchi dati e di blocchi puntatore trasferiti dal disco in memoria. Il primo caso è già compilato come esempio.

FP=11, NUM=2	**FP=1035, NUM=3**	**FP=2059, NUM=2**	**FP=2058, NUM=3**
DATI(11)	*P1*	*P2*	*P2*
P1	*DATI(1035)*	*P2(0)*	*P2(0)*
DATI(12)	*P2*	*DATI(2059)*	*DATI(2058)*
	P2(0)	*P2(1)*	*DATI(2059)*
	DATI(1036)	*DATI(2060)*	*P2(1)*
	DATI(1037)		*DATI(2060)*
Numero Totale di trasferimenti da disco nei diversi casi			
3	*6*	*5*	*6*