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

SECONDA PARTE – giovedì 1 luglio 2021

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 (4 punti) _____

esercizio 3 (6 punti) _____

esercizio 4 (2 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 funzioni di libreria NPTL):

```
pthread_mutex_t surface
sem_t flat, steep
int global = 0
```

```
void * walk (void * arg) {
   mutex_lock (&surface)
   sem_post (&flat)
   global = 1                                   /* statement A */
   mutex_unlock (&surface)
   global = 2
   sem_post (&steep)
   sem_wait(&flat)
   return (void *) 3
} /* end walk */
```

```
void * rest (void * arg) {
   mutex_lock (&surface)
   sem_wait (&steep)
   global = 4                                   /* statement B */
   mutex_unlock (&surface)
   sem_wait (&flat)
   global = 5                                   /* statement C */
   sem_post (&flat)
   return NULL
} /* end rest */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&flat, 0, 0)
   sem_init (&steep, 0, 0)
   create (&th_1, NULL, walk, NULL)
   create (&th_2, NULL, rest, 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 – *walk*	**th_2 – *rest***
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**			
	surface	*flat*	*steep*	*global*
subito dopo stat. **A**	*1*	*1*	*0*	*1*
subito dopo stat. **B**	*1*	*0 / 1*	*0*	*3 / 4*
subito dopo stat. **C**	*0*	*0*	*0*	*5*
subito dopo stat. **D**	*0 / 1*	*0*	*0 / 1*	*3 / 4*

Il sistema può andare in stallo (*deadlock*), con uno o più *thread* che si bloccano, in (almeno) **due 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 – *walk***	**th_2 – *rest***	*global*
1	`lock surface`	`wait steep`	*0*
2	-	`wait flat`	*3 / 4*
3			

Nota: quando walk termina, allora o rest ha già conclusa post flat, o rest non ha ancora conclusa wait flat (e non la concluderà mai perché andrà in deadlock); global = 2 non è mai osservabile nei punti specificati.

esercizio n. 2 – processi e nucleo

prima parte – gestione dei processi

```
// programma esercizio.c
int main ( ) {
   pid1 = fork ( )
   if (pid1 == 0) {            // codice eseguito solo da Q
      read (stdin, msg, 3)
      execl ("/acso/nuovo", "nuovo", NULL)
   } else {                    // codice eseguito solo da P
      pid1 = wait (&status)
      write (stdout, msg, 25)
   } /* if */
   exit (0)
} /* esercizio */
```

```
// programma nuovo.c
sem_t pass
mutex_t lock
int glob = 1
```

```
void * first (void * arg) {
   if (glob == 1) {
      mutex_lock (&lock)
      sem_post (&pass)
      mutex_unlock (&lock)
      sem_post (&pass)
   } /* if */
   return NULL
} /* first */
```

```
void * second (void * arg) {
   glob = 2
   sem_wait (&pass)
   mutex_lock (&lock)
   sem_wait (&pass)
   mutex_unlock (&lock)
   sem_wait (&pass)
   return NULL
} /* second */
```

```
int main ( ) {
   pthread_t TH_1, TH_2
   sem_init (&pass, 0, 0)
   pthread_create (&TH_2, NULL, second, NULL)
   sem_post (&pass)
   pthread_create (&TH_1, NULL, first, NULL)
   if (glob == 1) {
      pthread_join (TH_2, NULL)
      pthread_join (TH_1, NULL)
   } else exit (-1) /* if */
} /* nuovo */
```

Un processo **P** esegue il programma **`esercizio`** e crea un figlio **Q** che esegue una mutazione di codice (programma **`nuovo`**). La mutazione di codice va a buon fine e vengono creati i 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 riportando quanto segue:

- ⟨ 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

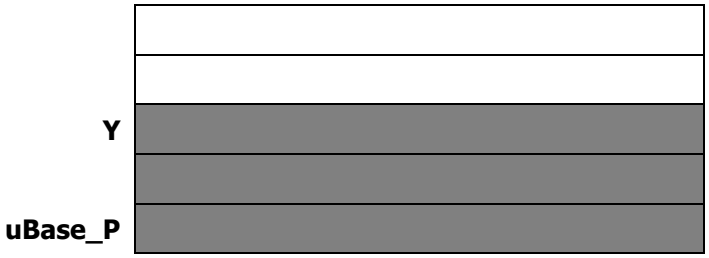
identificativo simbolico del processo		**IDLE**	**P**	**Q**	**TH_1**	**TH_2**
evento oppure processo-chiamata	**PID**	1	*2*	*3*	*5*	*4*
	TGID	1	*2*	*3*	*3*	*3*
P – pid = fork ( )	**0**	**pronto**	**esec**	**pronto**	**NE**	**NE**
P – wait	**1**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – read	**2**	*esec*	*A wait*	*A read*	*NE*	*NE*
interrupt da stdin tutti i caratteri trasferiti	**3**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – execl	**4**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – pthread_create TH2	**5**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*NE*	*pronto*
interrupt da RT_clock scadenza quanto di tempo	**6**	*pronto*	*A wait*	*pronto*	*NE*	*esec*
TH2 – sem_wait	**7**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*NE*	*A sem wait*
Q – sem_post	**8**	*pronto*	*A wait*	*pronto*	*NE*	*esec*
interrupt da RT_clock scadenza quanto di tempo	**9**	**pronto**	**A wait**	**esec**	**NE**	**pronto**
Q – pthread_create TH1	**10**	*pronto*	*A wait*	*esec*	*pronto*	*pronto*
Q – exit	**11**	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*	*NE*
P – write	**12**	*esec*	*A write*	*NE*	*NE*	*NE*
interrupt da stdout tutti i caratteri trasferiti	**13**	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*	*NE*
P – exit	**14**	*esec*	*NE*	*NE*	*NE*	*NE*

seconda parte – moduli del kernel

Sono dati due processi normali **P** e **Q**. Nel sistema c'è un altro processo **R**, sospeso su un **timer non ancora scaduto**. Nel sistema non ci sono altri processi oltre a **P**, **Q** e **R**. Lo stato iniziale delle pile di sistema e utente di **P** e **Q** è parzialmente riportato qui sotto, mentre le pile di sistema e utente di **R** non hanno rilevanza e qui non sono mostrate.

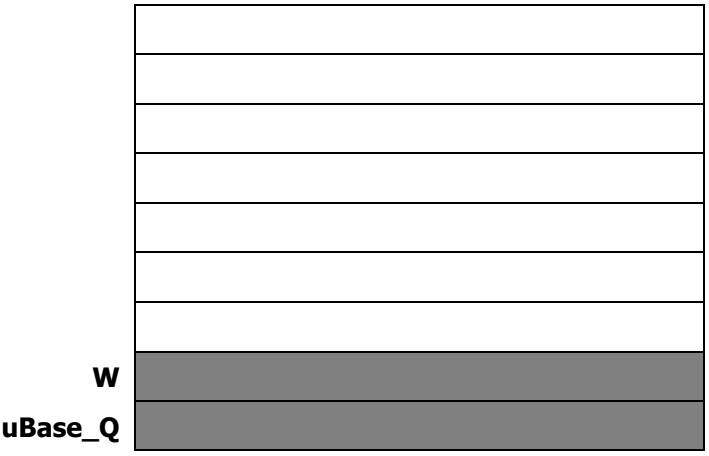
P è in esecuzione in modo U. **Q** è *sospeso per scadenza del suo quanto di tempo*.

1) Si completi la pila di sistema di Q:

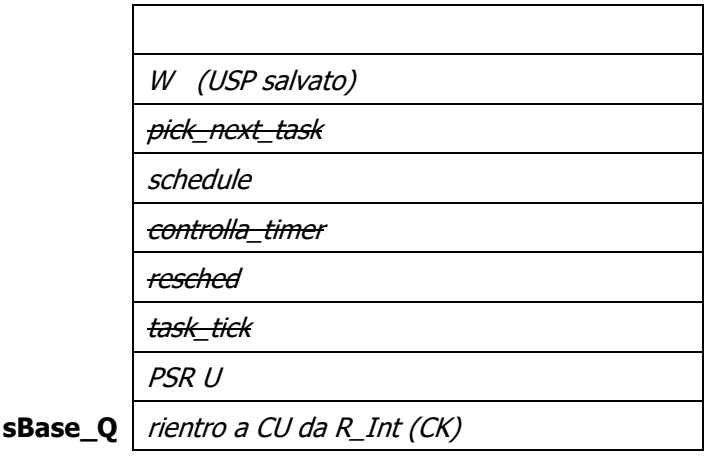


uStack_P – iniziale

sStack_P – iniziale



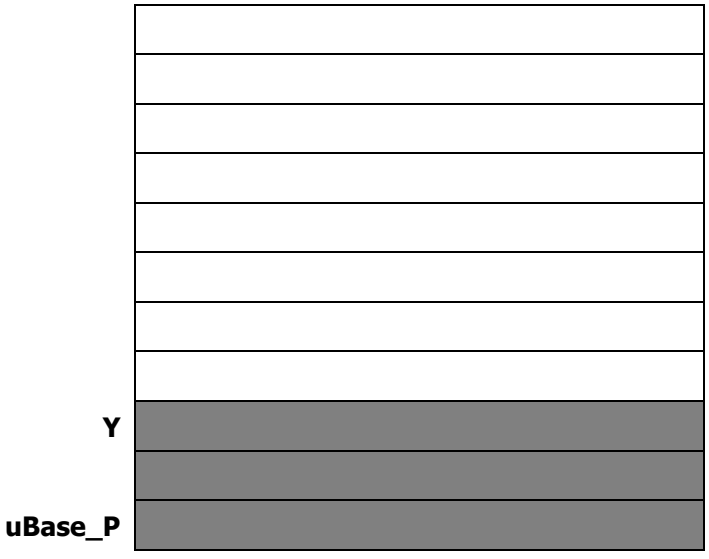
uStack_Q – iniziale



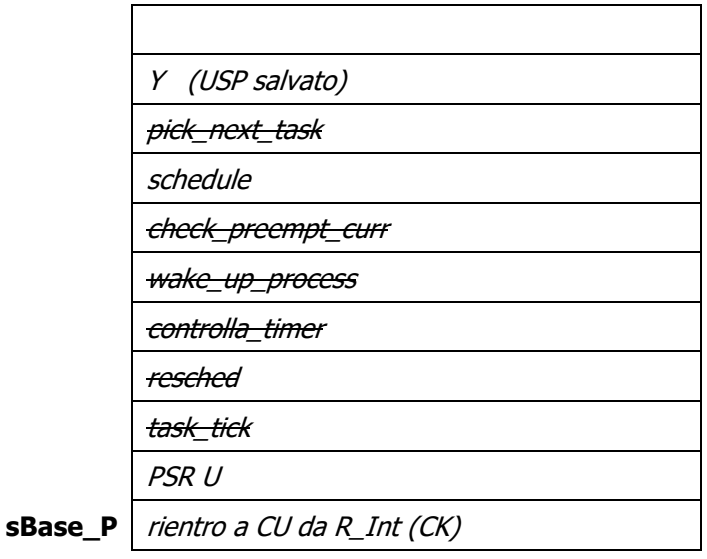
sStack_Q – iniziale (da completare)

Ora si consideri l'**evento** seguente: il *timer* di **R** scade, poi il *quanto di tempo* di **P** scade e **Q** torna in esecuzione riportandosi in modo U.

2) Si mostri lo stato delle pile del processo **P** fino al **momento** in cui il processo **Q** è tornato in esecuzione **in modo U**:



uStack_P – finale



sStack_P – finale

3) Si risponda alle seguenti domande:

a) Indicare il **modulo** di SO dove il processo **Q** era stato sospeso: *R_Int (CK)*

b) Indicare il **modulo** di SO dove il processo **Q** si trova nel **momento** preciso del suo ritorno in esecuzione: *schedule*

c) Indicare il **valore di USP** nel momento in cui **Q** è tornato in esecuzione: *W*

4) Si mostrino le invocazioni di **tutti i moduli** (ed eventuali relativi ritorni) fino al **momento** in cui il processo **Q** è tornato in esecuzione **in modo U** (numero di righe vuote non significativo):

tabella di invocazione dei moduli		
processo	**modo**	**modulo**
P	U	codice utente
P	*U – S*	*> R_Int (CK)*
P	*S*	*> task_tick*
P	*S*	*> resched (set TNR) <*
P	*S*	*> controlla_timer*
P	*S*	*> wake_up_process*
P	*S*	*> check_prrempt_curr <*
P	*S*	*> schedule*
P	*S*	*> pick_next_task <*
P – Q	*S*	*context_switch*
Q	*S*	*schedule <*
Q	*S – U*	*R_Int (CK) <*
Q	*U*	*codice utente*

esercizio n. 3 – memoria e file system

prima parte – memoria virtuale

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

MAXFREE = 3 **MINFREE = 1**

situazione iniziale: esistono due processi **P** (padre) e **Q** (figlio), e **Q** è in esecuzione

```
PROCESSO: Q  ************************************************
    VMA : C  000000400,  2 , R  ,  P  ,  M  , <X, 0>
          S  000000600,  2 , W  ,  P  ,  M  , <X, 2>
          P  7FFFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>

    PT: <c0 :1 R>  <c1 :-  ->  <s0 :- ->  <s1 :- ->  <p0 :2 D W>
        <p1 :- ->  <p2 :-  ->

    processo Q - NPV di PC e SP:  c0, p0


____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 4)_____________________________
      00 : <ZP>                ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X, 0>  ||
      02 : Qp0   D             ||  03 : Pp0   D             ||
      04 : ----                ||  05 : ----                ||
      06 : ----                ||  07 : ----                ||


SWAP FILE:     ----, ----, ----, ----,
LRU ACTIVE:    QP0, QC0, PP0, PC0
LRU INACTIVE:
```

evento 1: *read* **(Qc0) –** *write* **(Qp0, Qp1) – 4** *kswapd*

alloca pagina 4 per Qp1, inserisce Qp1 in lista attiva con referenza, e Pp0 e Pc0 vanno in lista inattiva senza referenza

PT del processo: **Q**				
c0: *1 R*	c1: - -	s0: - -	s1: - -	p0: *2 D W*
p1: *4 W*	p2: - -			

process Q	NPV of **PC**: *c0*	NPV of **SP**: *p1*

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

LRU ACTIVE: *QP1, QP0, QC0* _____

LRU INACTIVE: *pp0, pc0* _____

evento 2: *sbrk* **(8192)** // argomento in numero di byte

alloca due pagine virtuali Qd0 e Qd1 per area D (scrivibile, privata, anonima)

VMA del processo **Q** (è da compilare solo la riga relativa alla VMA **D**)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset

D	*0000 0060 2*	*2*	*W*	*P*	*A*	*-1*	*0*

evento 3: *read* (Qc0, Qd0) – *write* (Qp1, Qd1) – 4 *kswapd*

COW per Qd1 che viene allocata in pagina 5 (Qd0 resta mappata su ZP e predisposta per COW); PFRA riporta a tre pagine libere - Required:0, Free:2, To Reclaim:1; libera pagina 3 (Pp0 è in coda a inactive) e scarica Pp0 in swap; aggiorna liste

PT del processo: **Q**				
c0: *1 R*	c1: - -	s0: - -	s1: - -	d0: *0 R*
d1: *5 W*	p0: *2 D W*	p1: *4 W*	p2: - -	

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> */ Qd0*	01: *Pc0 / Qc0 <X, 0>*
02: *Qp0 D*	03: *----*
04: *Qp1*	05: *Qd1*
06: *----*	07: *----*

SWAP FILE	
s0: *Pp0*	s1:

LRU ACTIVE: *QD1, QD0, QP1, QC0* _____

LRU INACTIVE: *qp0, pc0* _____

evento 4: *context switch* (P)

carica Pp0 (testa pila di P) da swap in pagina 3; Pp0 rimossa da swap (non è condivisa); Pp0 inserita in active

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> */ Qd0*	01: *Pc0 / Qc0 <X, 0>*
02: *Qp0 D*	03: *Pp0*
04: *Qp1 D*	05: *Qd1 D*
06: *----*	07: *----*

SWAP FILE	
s0:	s1:

LRU ACTIVE: *PP0, QD1, QD0, QP1, QC0* _____

LRU INACTIVE: *qp0, pc0* _____

evento 5: *read* (Pc0, Pp0) – 4 *kswapd*

PFRA riporta a tre pagine libere - Required:0, Free:2, To Reclaim:1; libera pagina 2 e scarica Qp0 in swap; aggiorna liste

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> */ Qd0*	01: *Pc0 / Qc0 <X, 0>*
02: *----*	03: *Pp0*
04: *Qp1 D*	05: *Qd1 D*
06: *----*	07: *----*

SWAP FILE

s0: *Qp0*	s1:

LRU ACTIVE: *PP0, PC0* _____

LRU INACTIVE: *qd1, qd0, qp1, qc0* _____

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**:

```
____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 2)_____________________________
      00 : <ZP>                  ||  01 : Pc0 / <Y, 0>          ||
      02 : Pp0                   ||  03 : Pp1                   ||
      04 : ----                  ||  05 : <F, 1>                ||
      06 : <F, 2>                ||  07 : ----                  ||

Processo P - NPV di PC e SP:  c0, p1
File Aperto F in proc P   f_pos: 12000 -- f_count: 1
Accessi a pagine del DISCO per file F: Lettura 3, Scrittura 0
LRU ACTIVE: PC0
LRU INACTIVE: pp1, pp0,
```

Il processo **P** ha aperto il file **F** con descrittore *fd*, ha letto il file **F** ed è in esecuzione.

Per ciascuno dei seguenti eventi compilare le tabelle richieste con i dati relativi al contenuto della memoria fisica, relativi al valore delle variabili del FS per il file **F**, e relativi al numero di accessi a disco effettuati in lettura e in scrittura.

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

evento 1: *write* (fd, 4000)

scrive in pagina 6, carica la pagina file F3 in pagina 4 e scrive in pagina 4

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / <Y, 0>
02: Pp0	03: Pp1
04: *<F, 3> D*	05: *<F, 2>*
06: *<F, 2> D*	07: *----*

nome file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
F	*16000*	*1*	*4*	*0*

eventi 2 e 3: *lseek* (fd, −16000), *write* (fd, 4000) // offset lseek negativo

riposiziona file F; PFRA - Required:1, Free:1, To Reclaim:2; libera le pagine 4 e 5, scarica la pagina 4 (dirty) su disco in pagina file F3; carica la pagina file F0 in pagina 4, scrive la pagina 4

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / <Y, 0>
02: Pp0	03: Pp1
04: *<F, 0> D*	05: *----*
06: *<F, 2> D*	07: *----*

nome file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
F	*4000*	*1*	*5*	*1*

eventi 4 e 5: *fork* (Q), *context switch* (Q)

crea processo figlio Q e assegna a Q la pagina pila Qp1 (testa pila) in pagina 3, alloca e copia la pagina pila Pp1 del processo padre P in pagina 5 in memoria

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: *Pc0 / Qc0 / <Y, 0>*
02: *Pp0 / Qp0 D*	03: *Qp1 D*
04: *<F, 0> D*	05: *Pp1 D*
06: *<F, 2> D*	07: *----*

nome file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
F	*4000*	*2*	*5*	*1*

evento 6: *write* (Qp2, Qp3)

PFRA - Required:1, Free:1, To Reclaim:2; libera le pagine 4 e 6 (sono dirty) e le scarica su disco nelle pagine file F0 e F2; alloca e scrive le pagine di pila Qp2 e Qp3 in pagine 4 e 6; nelle liste fork ha duplicate le pagine di P (padre) per Q (figlio; le pagine Qp2 e Qp3 vengono inserite in active con referenza

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: *Pc0 / Qc0 / <Y, 0>*
02: *Pp0 / Qp0 D*	03: *Qp1 D*
04: *Qp2*	05: *Pp1 D*
06: *Qp3*	07: *----*

nome file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
F	*4000*	*2*	*5*	*3*

LRU ACTIVE: *QP3, QP2, QC0, PC0* _____

LRU INACTIVE: *qp1, qp0, pp1, pp0,* _____

evento 7: *read* (fd, 4000)

PFRA - Required:1, Free:1, To Reclaim:2; libera le pagine 5 (Pp1 in coda inactive) e 2 (Pp0 / Qp0 in coda inactive), e le scarica in swap; carica le pagine file F0 e F1 da disco in pagine 2 e 5

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: *Pc0 / Qc0 / <Y, 0>*
02: *<F, 0>*	03: *Qp1 D*
04: *Qp2*	05: *<F, 1>*
06: *Qp3*	07: *----*

nome file	f_pos	f_count	numero pag. lette	numero pag. scritte
F	*8000*	*2*	*7*	*3*

SWAP FILE	
s0: *Pp1*	s1: *Pp0 / Qp0*

esercizio n. 4 – domande su argomenti vari

tabella delle pagine

Date le VMA di un processo riportate sotto, **si definisca**:

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 ciascun livello della gerarchia e il numero totale di pagine necessarie per 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 dovere modificare la dimensione della TP
6. il rapporto relativo

VMA del processo **P**							
AREA	NPV iniziale	dimensione	Read/ Write	Private/ Shared	Mapped/ Anonymous	nome file	offset (pagine)
C	0000 0040 0	4	R	P	M	X	0
K	0000 0060 0	2	R	P	M	X	6
S	0000 0060 2	2	R	P	M	X	8
D	0000 0060 4	2	W	P	A	–1	0
M0	0000 CC00 B	513	W	S	M	F	4
T1	7FFF F6FF E	5	W	P	A	–1	0
P	7FFF FFFF E	5	W	P	A	–1	0

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 2	*0*	*0*	*3*	*2*
D	0000 0060 4	*0*	*0*	*3*	*4*
M0	0000 CC00 B	*0*	*2*	*96*	*11*
T1	7FFF F6FF D	*255*	*511*	*439*	*509*
P	7FFF FFFF E	*255*	*511*	*511*	*510*

Numero di pagine necessarie:

#pag. PGD	*1*
#pag. PUD	*2*
#pag. PMD	*3*
#pag. PT	*5+1(ci sono 2 PT per M0 che ha dimensione 513 pagine)*
#pag. totali	*12*

Numero di pagine virtuali del processo:	*533*
Rapporto di occupazione:	*12 / 533 = 0,022 → 2,2 %*
Dimensione massima del processo in pagine virtuali:	*con lo stesso numero di pagine PT, il processo arriva a 6 × 512 = 3072 pagine*
Rapporto di occupazione con dimensione massima:	*12 / 3072 = 0,0039 → 0,39 %*

spazio libero per brutta copia o continuazione