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

Prova di mercoledì 8 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 : 45 m

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

esercizio 1 (4 punti) _____

esercizio 2 (4 punti) _____

esercizio 3 (2 punti) _____

esercizio 4 (4 punti) _____

esercizio 5 (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):

```
pthread_mutex_t line, circle
sem_t point
int global = 0
```

```
void * ruler (void * arg) {
   pthread_mutex_lock (&line)
   sem_post (&point)                                  /* statement A */
   pthread_mutex_unlock (&line)
   ...                                  /* statement non rilevanti */
   pthread_mutex_lock (&circle)
   global = 1                                         /* statement B */
   sem_wait (&point)
   pthread_mutex_unlock (&circle)
   return NULL
} /* end ruler */
```

```
void * compass (void * arg) {
   pthread_mutex_lock (&line)
   global = 2
   sem_wait (&point)
   pthread_mutex_lock (&circle)
   sem_post (&point)                                  /* statement C */
   global = 3
   pthread_mutex_unlock (&circle)
   pthread_mutex_unlock (&line)
   return NULL
} /* end compass */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&point, 0, 0)
   pthread_create (&th_2, NULL, compass, NULL)
   pthread_create (&th_1, NULL, ruler, NULL)
   pthread_join (th_2, NULL)                          /* statement D */
   pthread_join (th_1, 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 – `ruler`	**th_2 – `compass`**
subito dopo stat. **A**	Esiste	Esiste
subito dopo stat. **B**	Esiste	Può esistere
subito dopo stat. **C**	Può esistere	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**	
	point	*global*
subito dopo stat. **A**	1	0
subito dopo stat. **B**	1 - 0	1 - 2
subito dopo stat. **D**	1 - 0	1 - 3

Il sistema può andare in stallo (*deadlock*), con uno o più *thread* che si bloccano, in **tre 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:

caso	**th_1 – `ruler`**	**th_2 – `compass`**
1	mutex_lock(&line)	sem_wait(&point)
2	-	sem_wait(&point)
3	sem_wait(&point)	mutex_lock(&circle)

esercizio n. 2 – gestione dello stato dei processi

```
// programma prova.c
main ( ) {
   pid1 = fork ( )
   fd = open ("/acso/esame", O_RDWR)
   if (pid1 == 0) {          // codice eseguito solo da Q
      write (fd, vett, 50)
      exit (1)
   } else {
   pid2 = fork ( )
   if (pid2 == 0) {          // codice eseguito solo da R
      read (fd, vett, 5)
      exit (2)
   } else {
      nanosleep (1)
   } /* if */
   exit (0)
}  /* 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)	`for (num = 1; num <= 3; num ++) {`
(2) **pthread_mutex_lock** (&GATE)	**(5)** **pthread_mutex_lock** (&GATE)
(3) **sem_wait** (&CHECK)	**(6)** **sem_post** (&CHECK)
(4) **pthread_mutex_unlock** (&GATE)	**(7)** **pthread_mutex_unlock** (&GATE)
`return NULL`	`} /* end_for */`
`} /* SINGLE */`	`return NULL`
	`} /* 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)
(8) pthread_join (TH_2, NULL)
(9) pthread_join (TH_1, NULL)
    exit (1)
}  /* main */
```

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

Si simuli l'esecuzione dei processi (fino a ***udt*** = **150**) così come risulta dal codice dato, dagli eventi indicati e ipotizzando che il processo ***S*** non abbia ancora eseguito la prima *pthread_create*. **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**

TABELLA DA COMPILARE (numero di colonne non significativo)

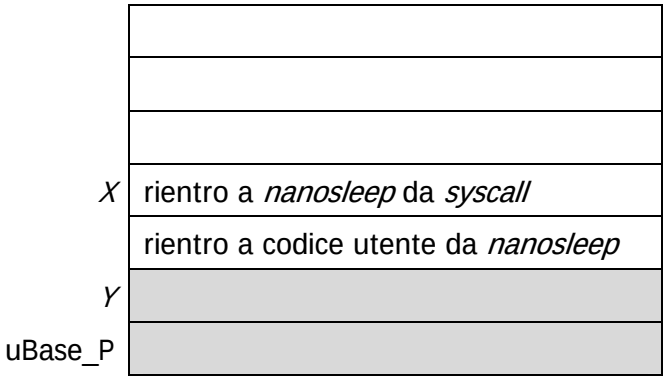
identificativo simbolico del processo		***IDLE***	***S***	***P***	Q	TH1	R	TH2	
	PID	**1**	**2**	**3**	4	5	6	7	
evento processo-chiamata	*TGID*	**1**	**2**	**3**	4	2	6	2	
P –pid1=fork	**0**	**pronto**	**pronto**	**esec**	pronto	NE	NE	NE	
P - open	10	pronto	ESEC	A open	pronto	NE	NE	NE	
S - pthread_create(TH1)	20	pronto	ESEC	A open	pronto	pronto	NE	NE	
interrupt da *DMA_in*, tutti i blocchi richiesti trasferiti	30	pronto	pronto	ESEC	pronto	pronto	NE	NE	
P - fork	40	pronto	pronto	ESEC	pronto	pronto	pronto	NE	
interrupt da *RT_clock* e scadenza quanto di tempo	50	pronto	pronto	pronto	ESEC	pronto	pronto	NE	
Q - open	60	pronto	pronto	pronto	A open	ESEC	pronto	NE	
TH1 - sem_wait(&CHECK)	70	pronto	ESEC	pronto	A open	A sem	pronto	NE	
S - pthread_create(TH2)	80	pronto	A join	pronto	A open	A sem	ESEC	pronto	
S - join(TH2)	90	pronto	A join	ESEC	A open	A sem	A join	pronto	
P - nanosleep	100	pronto	A join	A nano	A open	A sem	A join	ESEC	
R - read	110	pronto	A join	A nano	A open	A sem	A read	ESEC	
TH2 - mutex_lock(&GATE)	120	pronto	A join	A nano	A open	A sem	A read	ESEC	
TH2 - sem_post(&CHECK)	130	pronto	A join	A nano	A open	ESEC	A read	pronto	
TH1 - mutex_lock(&GATE)	140	pronto	A join	A nano	A open	A lock	A read	ESEC	
TH2 - mutex_unlock(&GATE)	150	pronto	A join	A nano	A open	ESEC	A read	pronto	

Si considerino le chiamate in **prog_x** contrassegnate dai numeri d'ordine da **1** a **9**. Con riferimento alla loro implementazione tramite *futex* e alla simulazione effettuata, si indichino quelle eseguite:

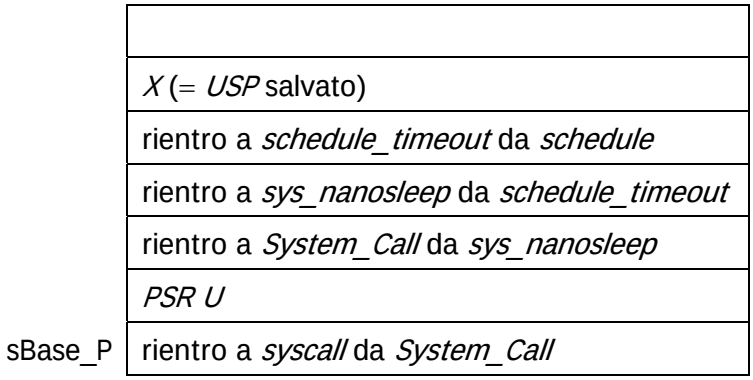
- senza invocare *System_Call*:
- con invocazione di *System_Call*:

esercizio n. 3 – struttura e moduli del nucleo

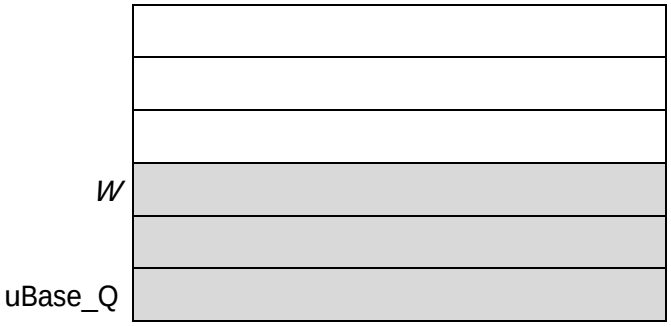
Sono dati due processi ***P*** e ***Q***. Lo stato iniziale delle pile di sistema e utente dei due processi è riportato qui sotto.



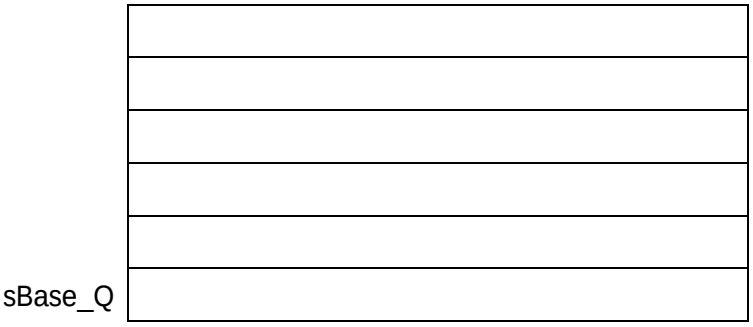
uStack_P – iniziale



sStack_P – iniziale



uStack_Q – iniziale



sStack_Q – iniziale

- **Si indichi** lo stato dei processi così come deducibile dallo stato iniziale delle pile:

  P ATTESA: nanosleep

  Q ESEC: modo utente

- Per l'evento indicato **si mostrino** le invocazioni di tutti i **moduli** (e eventuali relativi ritorni) per la gestione dell'evento stesso (precisando processo e modo) e – come specificato nella descrizione – il **contenuto delle pile** utente e di sistema.

  NOTAZIONE da usare per i moduli: > (invocazione), nome_modulo (esecuzione), < (ritorno)

Evento: *interrupt* da *real-time clock* e scadenza di ***timeout*** (il processo **P** ha maggiori diritti di esecuzione del processo **Q**).

Si mostri lo stato delle pile di ***Q*** al termine della gestione dell'evento.

invocazione moduli (num. di righe vuote non signif.)

processo	***modo***	***modulo***
Q	U	Codice utente di Q
Q	U -> S	> R_int_clock
Q	S	> task_tick <
Q	S	> Controlla_timer
Q	S	> wakeup_process
Q	S	> eneqeue_task <
Q	S	> check_preempt_curr
Q	S	> resched <
Q	S	check_preempt_curr <
Q	S	wakeup_process <
Q	S	Controlla_timer <
Q	S	> schedule
Q	S	> pick_next_task <
Q -> P	S	CONTEXT_SWITCH (schedule)
P	S	schedule <
P	S	schedule_timeout <
P	S	sys_nanosleep <
P	S -> U	SYSRET (system_call <)
P	U	syscall <
P	U	nanosleep <
P	U	Codice utente di P

contenuto della pila

Pop =>	I. rientro a check_preempt_curr da resched
Pop =>	I. rientro a wakeup_process da check_preempt_curr
Pop =>	I. rientro a wakeup_process da enqeue_task
Pop =>	I. rientro a R_int_clock da wakeup_process
Pop =>	I. rientro a R_int_clock da Controlla_timer
Pop =>	I. rientro a R_int_clock da task_tick
	PSR (U)
uBase_Q	I. di rientro a codice utente da R_int_clock

uStack_Q

(W)	- - - -
	- - - -
sBase_Q	- - - -

sStack_Q

USP (W)

Pop => I. rientro a schedule da pick_next_task

I. rientro a R_int_clock da schedule

esercizio n. 4 – gestione della memoria – 1

È dato un sistema di memoria caratterizzato dai seguenti parametri generali: **MAXFREE** = **3**, **MINFREE** = **2**. Si consideri la seguente **situazione iniziale** (raggiunta tramite la seguente sequenza di eventi partendo da memoria vuota: *exec* (2, 0, 1, 3, 1, "X"), *read* (Ps0, Pd0), *write* (Pp1, Pd1, Pd2)).

```
PROCESSO: P **************************************************
    VMA:  C  000000400,  2 , R  ,  P  ,  M  , <X,0>
          S  000000600,  1 , W  ,  P  ,  M  , <X,2>
          D  000000601,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>
          P  7FFFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>
    PT:  <c0 :- ->   <c1 :1  R>
         <s0 :3  R>
         <d0 :0  R>  <d1 :5  W>  <d2 :6  W>
         <p0 :2  W>  <p1 :4  W>  <p2 :- ->
    processo P - NPV di PC e SP:  c1, p1
____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 5)_____________________________
      00 : Pd0 / <ZP>          ||  01 : Pc1 / <X,1>          ||
      02 : Pp0                 ||  03 : Ps0 / <X,2>          ||
      04 : Pp1                 ||  05 : Pd1                  ||
      06 : Pd2                 ||  07 : ----                 ||
      08 : ----                ||  09 : ----                 ||
      10 : ----                ||  11 : ----                 ||
```

Si rappresenti l'effetto dei seguenti quattro 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: nella rappresentazioni delle TP, le PTE di una stessa VMA sono scritte su una riga; le PTE di VMA diverse sono scritte su righe diverse, come esemplificato nello stato iniziale.

evento 1: *fork* (Q)

PT del processo: **P**				
<c0 :- ->	<c1 :1 R>			
<s0 :3 R>				
<d0 :0 R>	<d1 :5 W>	<d2 :6 W>		
<p0 :2 W>	<p1 :7 W>	<p2 :- ->		
PT del processo: **Q** (indicare solo le PTE relative alle VMA D e P)				
<d1 :5 R>	<d2 :6 R>			
<p0 :2 R>				

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> / Pd0 / Qd0	01: Pc1 / Qc1 / <X, 1>
02: Pp0 / Qp0	03: Ps0 / Qs0 / <X, 2>
04: Qp1 (D)	05: Pd1 / Qd1
06: Pd2 / Qd2	07: Pp1
08:	09:
10:	11:

evento 2: *write* (Ps0)

PT del processo: **P**				
<c0 :- ->	<c1 :1 R>			
<s0 :8 W>				
<d0 :0 R>	<d1 :5 W>	<d2 :6 W>		
<p0 :2 W>	<p1 :7 W>	<p2 :- ->		

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> / Pd0 / Qd0	01: Pc1 / Qc1 / <X, 1>
02: Pp0 / Qp0	03: Qs0 / <X, 2>
04: Qp1 (D)	05: Pd1 / Qd1
06: Pd2 / Qd2	07: Pp1
08: Ps0	09:
10:	11:

evento 3: *mmap* (0x 000030000000, 2, W, P, M, “F”, 2), *read* (Pm00)

VMA del processo **P** (compilare solo la riga relativa alla nuova VMA creata)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
M0	0x 0000 3000 0	2	W	P	M	F	2

PT del processo: **P** (compilare solo la riga relativa alla nuova VMA creata)				
<m00 :9 R>	<m01 :- ->			

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> / Pd0 / Qd0	01: Pc1 / Qc1 / <X, 1>
02: Pp0 / Qp0	03: Qs0 / <X, 2>
04: Qp1 (D)	05: Pd1 / Qd1
06: Pd2 / Qd2	07: Pp1
08: Ps0	09: Pm00 / <F, 2>
10:	11:

evento 4: *exec* (4, 0, 3, 1 , 3, “Y”)

VMA del processo **P**							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
C	0x 0000 0040 0	4	R	P	M	Y	3
S	0x 0000 0060 0	3	W	P	M	Y	7
D	0x 0000 0060 3	1	W	P	A	-1	0
P	0x 7FFF FFFF C	3	W	P	A	-1	0

PT del processo **P**				
<c0 :- ->	<c1 :- ->	<c2 :- ->	<c3 :7 R>	
<s0 :- ->	<s1 :- ->	<s2 :- ->		
<d0 :- ->				
<p0 :8 W>	<p1 :- ->	<p2 :- ->		

processo **P** – **NPV** di **PC** e **SP**: c3, p0

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> / Qd0	01: Qc1 / <X, 1>
02: Qp0	03: Qs0 / <X, 2>
04: Qp1 (D)	05: Qd1
06: Qd2	07: Pc3 / <F, 3>
08: Pp0	09: <F, 2>
10:	11:

spazio libero per brutta copia o continuazione

esercizio n. 5 – gestione della memoria – 2

È dato un sistema di memoria caratterizzato dai seguenti parametri generali: **MAXFREE** = **3**, **MINFREE** = **1**. **ATTENZIONE: MINFREE è diverso rispetto all'esercizio precedente**.

Si consideri la seguente **situazione iniziale**:

```
PROCESSO: P  ****************************************************
    PT: <c0 :1  R>
        <s0 :4  R>  <s1 :- ->
        <d0 :5  R>  <d1 :- ->
        <p0 :2  R>  <p1 :7  W>  <p2 :3  W>  <p3 :8  W>  <p4 :- ->
    process P - NPV of PC and SP:  c0, p3

PROCESSO: Q  ****************************************************
    PT: <c0 :1  R>
        <s0 :4  R>  <s1 :- ->
        <d0 :5  R>  <d1 :- ->
        <p0 :2  R>  <p1 :6  D W>  <p2 :- ->
    process Q - NPV of PC and SP:  c0, p1

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 1)_____________________________
      00 : <ZP>                 ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>   ||
      02 : Pp0 / Qp0            ||  03 : Pp2                 ||
      04 : Ps0 / Qs0            ||  05 : Pd0 / Qd0           ||
      06 : Qp1 D                ||  07 : Pp1                 ||
      08 : Pp3                  ||  09 : ----                ||

____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc0 : 01 -  0: 1:   ||   Pp0 : 02 -  1: 0:   ||
      Ps0 : 04 -  1: 0:   ||   Pd0 : 05 -  1: 0:   ||
      Pp1 : 07 -  1: 1:   ||   Pp2 : 03 -  1: 1:   ||
      Pp3 : 08 -  1: 1:   ||         -----         ||

SWAP FILE:    ----, ----, ----, ----, ----, ----

LRU ACTIVE:   PP3, PP2, PC0, PP1

LRU INACTIVE: pp0, pd0, ps0, qp1, qd0, qs0, qp0, qc0
```

Si rappresenti l'effetto del seguente evento 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: nella rappresentazioni delle TP, le PTE di una stessa VMA sono scritte su una riga (andando a capo se necessario); le PTE di VMA diverse sono scritte su righe diverse, come esemplificato nello stato iniziale.

evento: *write* (Pp4)

VMA del processo **P** (compilare solo la riga relativa alla VMA della pila)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
P	0x 7FFF FFFF 9	6	W	P	A	-1	0

PT del processo **P**				
<c0 :1 R>				
<s0 :s1 R>	<s1 :- ->			
<d0 :s2 R>	<d1 :- ->			
<p0 :2 R>	<p1 :7 W>	<p2 :3 W>	<p3 :8 W>	<p4 :4 W>
<p5 :- ->				

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

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 2>
02: Pp0 / Qp0	03: Pp2
04: Pp4	05: - - - -
06: - - - -	07: Pp1
08: Pp3	09:

TLB							
NPV	NPF	D	A	NPV	NPF	D	A
Pc0	1	0	1	Pp0	2	1	0
Pp2	3	1	1	Pp4	4	1	1
Pp1	7	1	1	Pp3	8	1	1

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Ps0 / Qs0
s2: Pd0 / Qd0	s3:
s4:	s5:

LRU ACTIVE: PP4, PP3, PP2, PC0, PP1

LRU INACTIVE: pp0, qp0, qc0

spazio libero per brutta copia o continuazione