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 7 febbraio 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 anche il prefisso pthread delle primitive di libreria NPTL):

```
pthread_mutex_t zone
sem_t stay, leave
int global = 0
```

```
void * sign (void * arg) {
   sem_wait (&leave)
   mutex_lock (&zone)
   sem_wait (&stay)
   mutex_unlock (&zone)                          /* statement A */
   mutex_lock (&zone)
   sem_post (&leave)
   global = 1                                    /* statement B */
   mutex_unlock (&zone)
   return (void * 2)
} /* end sign */
```

```
void * tag (void * arg) {
   mutex_lock (&zone)
   global = 3
   sem_post (&stay)
   mutex_unlock (&zone)                          /* statement C */
   mutex_lock (&zone)
   global = 4
   sem_wait (&leave)
   mutex_unlock (&zone)
   return NULL
} /* end tag */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&stay, 0, 0)
   sem_init (&leave, 0, 1)
   create (&th_1, NULL, sign, NULL)
   create (&th_2, NULL, tag, 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 – sign	**th_2 – tag**
subito dopo stat. **A**	*ESISTE*	*ESISTE*
subito dopo stat. **B**	*ESISTE*	*ESISTE*
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**	
	leave	*global*
subito dopo stat. **A**	*0*	*3 / 4*
subito dopo stat. **B**	*1*	*1*
subito dopo stat. **C**	*0 / 1*	*1 / 2 / 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 – sign**	**th_2 – tag**
1	***wait stay***	***1a lock zone***
2	***2a lock zone***	***wait leave***
3	***wait leave***	**–**

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/check_randomness", "check_randomness", "/dev/random", NULL)
      write (stdout, error_msg, 50)
   } else {
      pid1 = wait (&status)
      write (stdout, msg, 25)
   } /* if */
   exit (0)
} /* prova */
```

```
// programma check_randomness.c
uint8_t file_data[200]
fd file_fd
uint8_t buffer
sem_t produced, consumed
```

```
void * PRODUCER (void * arg) {
  for (int i = 0; i < 200; ++i) {
    sem_wait (&consumed)
    read (file_fd, &buffer, 1)
    sem_post (&produced)
  } /* for */
  return NULL
} /* PRODUCER */
```

```
void * CONSUMER (void * arg) {
  for (int i = 0; i < 200; ++i) {
    sem_wait (&produced)
    file_data[i] = buffer
    sem_post (&consumed)
  } /* for */
  return NULL
} /* CONSUMER */
```

```
main ( ) {  // codice eseguito da Q
    pthread_t TH_1, TH_2
    sem_init (&consumed, 0, 1)
    sem_init (&produced, 0, 0)
    file_fd = open (argv [1], O_RDONLY)
    pthread_create (&TH_2, NULL, CONSUMER, NULL)
    pthread_create (&TH_1, NULL, PRODUCER, NULL)
    pthread_join (TH_2, NULL)
    pthread_join (TH_1, NULL)
    float average = compute_average (file_data)
    float standard_deviation = compute_stdev (file_data, average)
    int randomness = (int) (average / standard_deviation) * 100
    exit (randomness > 10)
} /* main */
```

Un processo ***P*** esegue il programma ***prova*** e crea un figlio ***Q*** che esegue una mutazione di codice (programma ***check_randomness***). La mutazione di codice va a buon fine e sono creati i thread ***TH_1*** e ***TH_2***.

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:

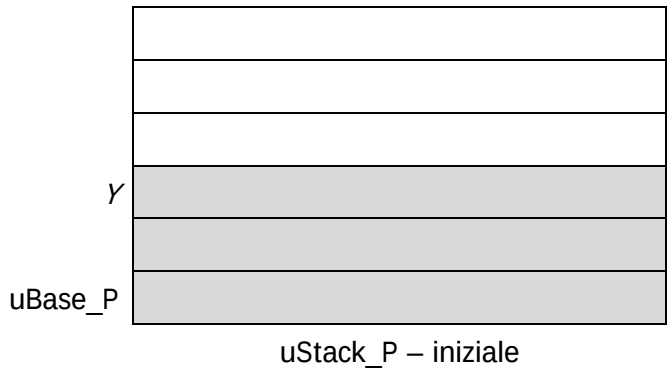
- ⟨ *PID*, *TGID* ⟩ di ciascun processo che viene creato
- ⟨ *evento* oppure *identificativo del processo-chiamata di sistema / libreria* ⟩ nella prima colonna, dove necessario e in funzione del codice proposto (le istruzioni da considerare sono evidenziate in grassetto)
- in ciascuna riga lo stato dei 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***	***Q***	***TH_2***	***TH_1***
evento oppure *processo-chiamata*	*PID*	1	*2*	*3*	*4*	*5*
	TGID	1	*2*	*3*	*3*	*3*
P –pid1=fork	0	pronto	esec	pronto	NE	NE
interrupt da RT_clock e scadenza quanto di tempo	1	*pronto*	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – execl	2	*pronto*	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – open	3	*pronto*	*esec*	*A open*	*NE*	*NE*
interrupt da *DMA_in*, tutti i blocchi richiesti trasferiti	4	*pronto*	*pronto*	*esec*	*NE*	*NE*
Q – pthread_create TH2	5	*pronto*	*pronto*	*esec*	*pronto*	*NE*
Q – pthread_create TH1	6	*pronto*	*pronto*	*esec*	*pronto*	*pronto*
Q – pthread_join TH2	7	*pronto*	*esec*	*A join TH2*	*pronto*	*pronto*
P – wait	8	pronto	A wait	A join	esec	pronto
TH_2 – sem_wait (prod)	9	*pronto*	*A wait*	*A join*	*A sem wait prod*	*esec*
TH_1 – sem_wait (cons)	10	*pronto*	*A wait*	*A join*	*A sem wait*	*esec*
TH_1 – read	11	*esec*	*A wait*	*A join*	*A sem wait*	*A read*
interrupt da *DMA_in*, tutti i blocchi richiesti trasferiti	12	*pronto*	*A wait*	*A join*	*A sem wait*	*esec*
TH_1 – sem_post (prod)	13	pronto	A *wait*	A *join*	esec	pronto
TH_2 – sem_post (cons)	14	*pronto*	*A wait*	*A join*	*esec*	*pronto*
TH_2 – sem_wait (prod)	15	*pronto*	*A wait*	*A join*	*A sem wait prod*	*esec*
TH_1 – sem wait (cons)	16	*pronto*	*A wait*	*A join*	*A sem wait*	*esec*

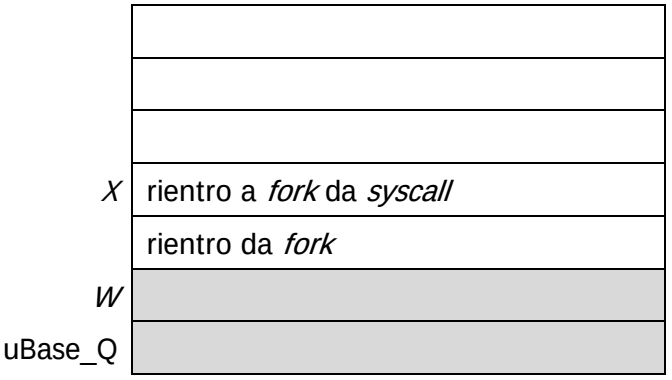
seconda parte – moduli del SO

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

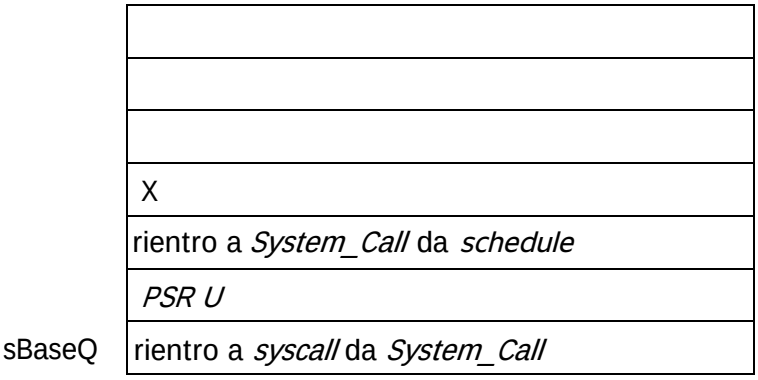


uStack_P – iniziale

sStack_P – iniziale



uStack_Q – iniziale



sStack_Q – iniziale

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

  P : *in esecuzione*

  Q : *pronto (appena creato)*

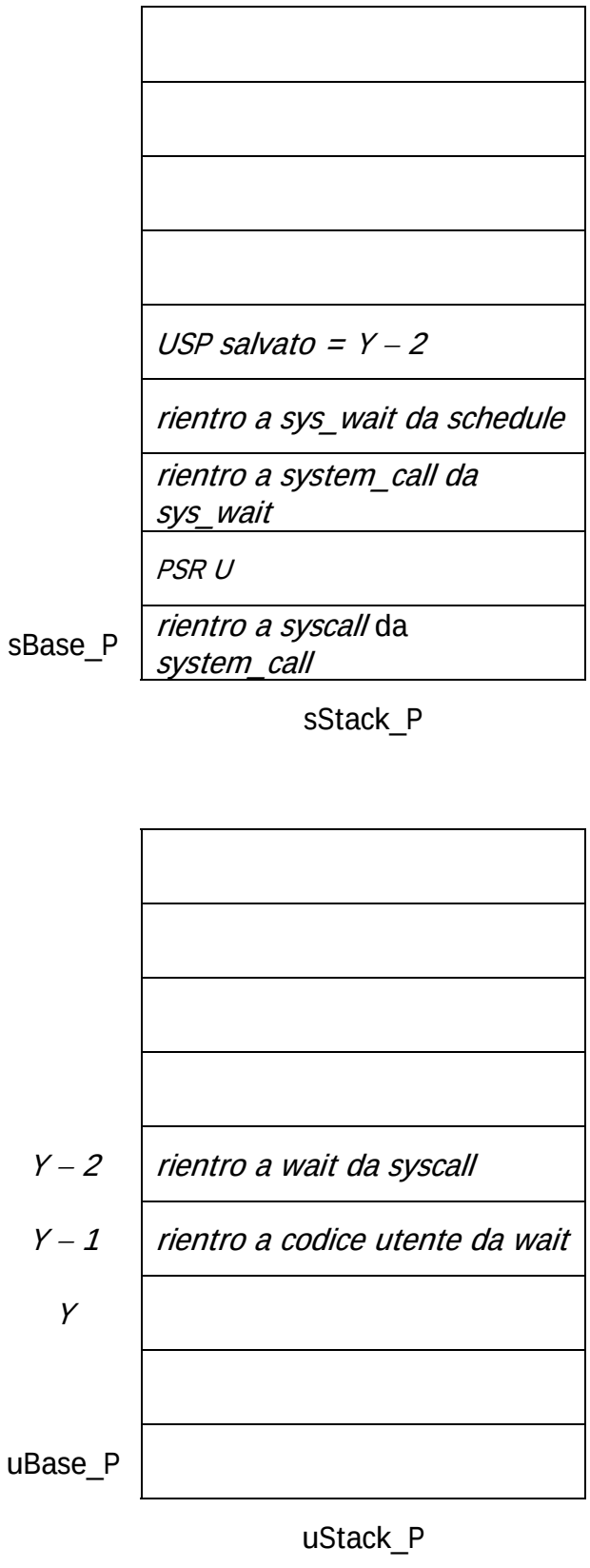
- Per l'evento indicato **si mostrino** le invocazioni di tutti i **moduli** (e eventuali relativi ritorni) per la gestione dell'evento stesso (precisando processo e modo) e – come specificato nella descrizione – il **contenuto delle pile** utente e di sistema di P.

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

Evento: *wait*

invocazione moduli (num. di righe vuote non signif.) **contenuto della pila**

processo	***modo***	***modulo***
P	*U*	*> wait*
P	*U*	*> syscall*
P	*U–S*	*SYSCALL: >system_call*
P	*S*	*> sys_wait*
P	*S*	*> schedule*
P	*S*	*> pick_next_task <*
P – Q	*S*	*schedule: context_switch*
Q	*S*	*schedule <*
Q	*S–U*	*system_call: SYSRET<*
Q	*U*	*syscall <*
Q	*U*	*fork <*
Q	*U*	*codice utente*



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 :- ->
        <d0 :s1 R>  <d1 :7  W>  <d2 :2  W>  <d3 :- ->
        <p0 :6  W>  <p1 :5  R>  <p2 :- ->

    process P - NPV of PC and SP:  c0, p1

PROCESSO: Q
*********************************************************
    ...

PROCESSO: R
*********************************************************
    VMA: ...

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

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


____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 3)_____________________________
      00 : <ZP>                 ||  01 : Pc0 / Qc0 / Rc0 / <X,0>  ||
      02 : Pd2                  ||  03 : Rp0 D                    ||
      04 : ----                 ||  05 : Pp1 / Rp1                ||
      06 : Pp0                  ||  07 : Pd1                      ||
      08 : ----                 ||  09 : ----                     ||


____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc0 : 01 -  0: 1:   ||   Pp0 : 06 -  1: 1:   ||
      Pd2 : 02 -  1: 0:   ||   Pp1 : 05 -  1: 1:   ||
      Pd1 : 07 -  1: 0:   ||         -----         ||
            -----         ||         -----         ||


SWAP FILE: Qp0, Pd0 / Rd0, ----, ----, ----, ----,


LRU ACTIVE:   PP0, PC0, PP1,
LRU INACTIVE: pd2, pd1, rp0, rc0, rp1, 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* (Pd0)

PT del processo: **P**				
c0: *1 R*	d0: ***4 R***	d1: *7 W*	p0: *6 W*	p2: - -
PT del processo: **R**				
c0: *1 R*	d0: ***4 R***	d1: - -	p0: *3 D W*	p2: - -

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: *Pc0 / Qc0 / Rc0 / <X,0>*
02: *Pd2*	03: *Rp0 D*
04: ***Pd0 / Rd0***	05: *Pp1 / Rp1*
06: *Pp0*	07: *Pd1*
08:	09:

SWAP FILE	
s0: *Qp0*	s1: *Pd0 / Rd0*
s2:	s3:
s4:	s5:

Active: _____***PD0***, *PP0*, *PC0*, *PP1*, **Inactive:**
_____ *pd2, pd1, rp0, rc0, rp1, qc0,* ***rd0***

evento 2 – *write* (Pp2)

PT del processo: **P**				
c0: *1 R*	d0: *4 R*	d1: ***s3 W***	p0: *6 W*	p2: ***3 W***
PT del processo: **R**				
c0: *1 R*	d0: *4 R*	d1: - -	p0: ***s2 W***	p2: - -

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: *Pc0 / Qc0 / Rc0 / <X,0>*
02: *Pd2*	03: ***Pp2***
04: *Pd0 / Rd0*	05: *Pp1 / Rp1*
06: *Pp0*	07:
08:	09:

SWAP FILE	
s0: *Qp0*	s1: *Pd0 / Rd0*
s2: ***Rp0***	s3: ***Pd1***
s4:	s5:

seconda parte – 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 : Pc1 / <X,1>          ||
      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**.

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.

evento 1 – fd = *open* (F)

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

evento 2 – *write* (fd, 16000)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc1 / <X,1>
02: Pp0	03: ~~<F,0> D~~ <F,3> D
04: ~~<F,1> D~~ ----	05: <F,2> D
06: ----	07: ----

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	16000	1	4	2

eventi 3 e 4 – *lseek* (fd, –11000) *write* (fd, 16000)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc1 / <X,1>
02: Pp0	03: ~~<F,3> D~~ <F,4> D
04: ~~<F,1> D~~ <F,5> D	05: <F,2> D
06: ----	07: ----

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	21000	1	7	4

esercizio n. 4 – domanda – file system

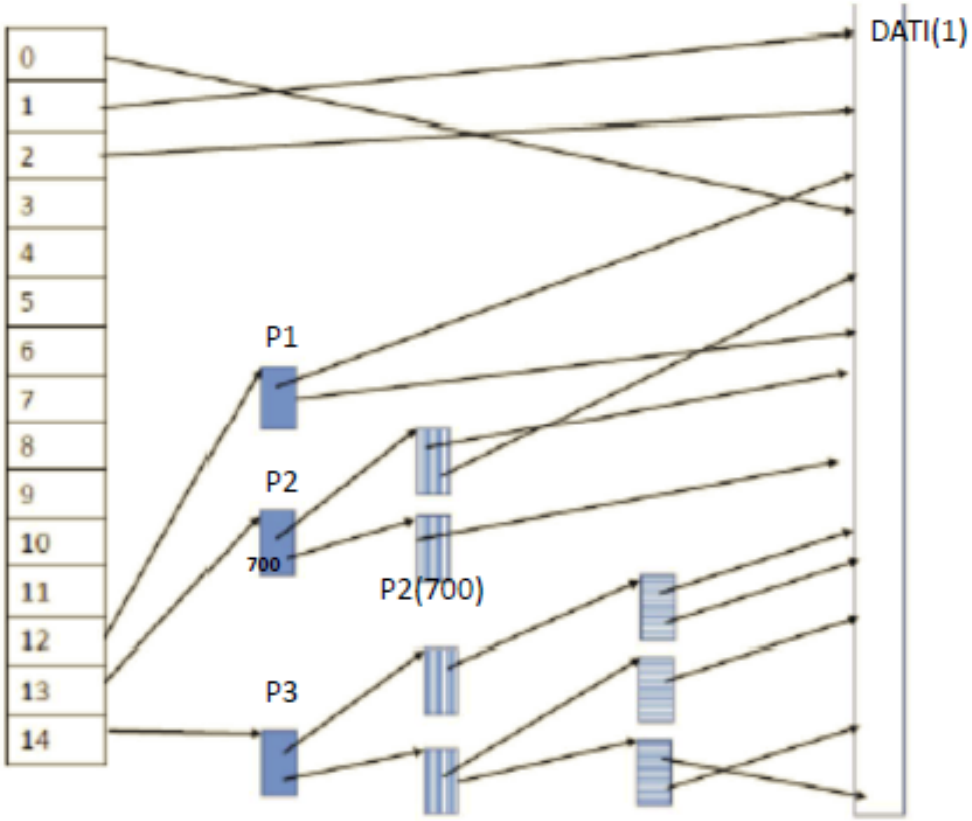
Si consideri il FS ext2 con dimensione di blocco = dimensione pagina = **4 Kbyte**.

La figura seguente mostra il meccanismo con cui vengono referenziati i blocchi / pagine dati di un file, tramite il suo i-node. Ogni puntatore occupa **4 byte** e quindi un blocco di puntatori contiene **1024** puntatori, numerati **da 0 a 1023**.

Con riferimento alla figura si consideri la seguente notazione:

- DATI (N) indica la pagina dati del file in posizione N; DATI (0) è la prima pagina dati del file
- P1, P2 e P3 sono i tre blocchi contenenti puntatori di indirezione semplice
- Pi (j) indica un blocco di puntatori al secondo livello di indirezione, raggiunto dal puntatore in posizione *j* contenuto nel blocco *i* di indirezione semplice; per esempio, nella figura qui sotto, P2 (700) indica il blocco di secondo livello di indirezione raggiunto dal puntatore in posizione 700 del blocco P2 di indirezione semplice (si ricordi che i puntatori sono numerati partendo da 0, dunque il puntatore in posizione 700 è il 701-esimo del blocco P2)

contenuto dello i-node:
sono rappresentati solo i puntatori per referenziare i blocchi / pagine del file



a) Indicare il massimo numero di blocchi dati di file (in questo caso tale numero coincide con il numero di pagine del file) accessibili tramite ogni singolo livello di indirezione.

Ogni blocco contiene 1024 puntatori.

livello di indirezione	**massimo numero di blocchi o pagine accessibili**
diretto	*12*
1 livello di indirezione (P1)	*1024 = 1 K pagine*
2 livelli di indirezione (P2)	*1024 × 1024 = 1 M pagine*
3 livelli di indirezione (P3)	*1024 × 1024 × 1024 = 1 G pagine*

b) 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 lo i-node)
2. *lseek* (FP) – si posiziona all'inizio della pagina del file di numero FP, cioè all'inizio di DATI (FP), usando, quando necessario, il numero adeguato di blocchi puntatore
3. *read* (NUM) – NUM è il numero di pagine del file che vengono lette

Indicare la sequenza di blocchi dati e di blocchi puntatore trasferiti da disco in memoria, e il numero totale di blocchi (dati + puntatore) trasferiti, nei casi seguenti. Il primo caso è già compilato come esempio.

FP = 4 **NUM = 2**	**FP = 11** **NUM = 2**	**FP = 1035** **NUM = 2**	**FP = 1035** **NUM = 3**
DATI (4)	*DATI (11)*	*P1*	*P1*
DATI (5)	*P1*	*DATI (1035)*	*DATI (1035)*
	DATI (12)	*P2*	*P2*
		P2 (0)	*P2 (0)*
		DATI (1036)	*DATI (1036)*
			DATI (1037)
Numero Totale di trasferimenti da disco nei diversi casi			
2	*3*	*5*	*6*