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 martedì 22 gennaio 2019

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 (6 punti) _____

esercizio 4 (1 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 near, far
sem_t glance
int global = 0
```

```
void * me (void * arg) {
   mutex_lock (&far)
   sem_wait (&glance)
   mutex_lock (&near)
   global = 1                                   /* statement A */
   mutex_unlock (&near)
   sem_post (&glance)                           /* statement B */
   mutex_unlock (&far)
   return (void * 9)
} /* end me */
```

```
void * you (void * arg) {
   mutex_lock (&far)
   global = 2
   sem_post (&glance)
   mutex_unlock (&far)                          /* statement C */
   mutex_lock (&near)
   sem_wait (&glance)
   global = 3
   mutex_unlock (&near)
   return NULL
} /* end you */
```

```
void main ( ) {
   pthread_t th_1, th_2
   sem_init (&glance, 0, 0)
   create (&th_1, NULL, me, NULL)
   create (&th_2, NULL, you, 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 – me	**th_2 – you**
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**	
	glance	*global*
subito dopo stat. **A**	0	1
subito dopo stat. **B**	1 - 0	1 - 3
subito dopo stat. **C**	1 - 0	1 - 2 - 9
subito dopo stat. **D**	1 - 0	3 - 9

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 – me**	**th_2 – you**	*global*
1	sem_wait(&glance)	mutex_lock(&far)	0
2	sem_wait(&glance)	-	3
3	mutex_lock(&near)	sem_wait(&glance)	2

esercizio n. 2 – processi e nucleo

prima parte – gestione dei processi

```
// programma prova.c
main ( ) {
   pid1 = fork ( )
   [illegible] (7)
   if (pid1 == 0) {          // codice eseguito dal figlio Q
      execl ("/acso/prog_x", "prog_x", NULL)
      exit (-1)
   } else {
      write (stdout, msg, 25)
      pid1 = wait (&status)
   } /* if */
   exit (0)
}  /* prova */
```

```
// programma prog_x.c
mutex_t BLACK = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER
sem_t NEW, OLD
```

```
void * LEFT (void * arg) {
  mutex_lock (&BLACK)
  sem_post (&NEW)
  mutex_unlock (&BLACK)
  sem_wait (&OLD)
  return NULL
}  /* LEFT */
```

```
void * RIGHT (void * arg) {
  sem_wait (&NEW)
  mutex_lock (&BLACK)
  sem_wait (&OLD)
  sem_post (&OLD)
  mutex_unlock (&BLACK)
  return NULL
}  /* RIGHT */
```

```
main ( ) {  // codice eseguito da Q
    pthread_t TH_1, TH_2
    sem_init (&NEW, 0, 0)
    sem_init (&OLD, 0, 1)
    create (&TH_2, NULL, RIGHT, NULL)
    create (&TH_1, NULL, LEFT, NULL)
    join (TH_2, NULL)
    join (TH_1, NULL)
    exit (1)
}  /* main */
```

```
// programma esempio.c
main ( ) {
    fd = open ("/acso/dati", O_RDWR)
    write (fd, vett, 512)
    exit (1)
}  /* main */
```

Un processo ***P*** esegue il programma ***prova*** e crea un figlio ***Q*** che esegue una mutazione di codice (programma ***prog_x***). La mutazione di codice va a buon fine e vengono creati i thread ***TH1*** e ***TH2***. Un processo ***S*** esegue il programma ***esempio***.

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
- ⟨ *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 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 (numero di colonne non significativo)

identificativo simbolico del processo		***IDLE***	***S***	***P***	**Q**	TH2	TH1		
evento oppure *processo-chiamata*	*PID*	**1**	**2**	3	4	5	6		
	TGID	**1**	**2**	3	4	4	4		
Q – nanosleep (7)	**0**	**exec**	**A open**	**A write su stdout**	A nano	NE	NE		
interrupt da ***DMA_in***, tutti i blocchi richiesti trasferiti	1	pronto	ESEC	A write	A nano	NE	NE		
interrupt da *RT_clock* e scadenza timer di *nanosleep*	2	pronto	pronto	A write	ESEC	NE	NE		
Q - execl	3	pronto	pronto	A write	ESEC	NE	NE		
Q - pthread_create(TH2)	4	pronto	pronto	A write	ESEC	pronto	NE		
Interrupt da RT_clock e scadenza quanto di tempo	5	pronto	exec	A write	pronto	pronto	NE		
S - write	6	pronto	A write	A write	pronto	ESEC	NE		
TH2 - sem_wait(&NEW)	7	pronto	A write	A write	ESEC	A sem	NE		
Q - pthread_create(TH1)	8	pronto	A write	A write	ESEC	A sem	pronto		
interrupt da RT_clock e scadenza quanto di tempo	9	pronto	A write	A write	pronto	A sem	ESEC		
TH1 - mutex_lock(&BLACK)	10	pronto	A write	A write	pronto	A sem	ESEC		
TH1 - sem_post(&NEW)	11	pronto	A write	A write	pronto	exec	pronto		
TH2 - mutex_lock(&BLACK)	12	pronto	A write	A write	ESEC	A lock	pronto		
Q - join(TH2)	13	pronto	A write	A write	A join	A lock	ESEC		
25 interrupt da *stdout,* tutti i caratteri trasferiti	14	pronto	A write	ESEC	A join	A lock	pronto		

seconda parte – scheduling dei processi

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	t1	100		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	t1	1	0.25	1.5	1	10	100
RB	t3	1	0.25	1.5	1	20	100
	t2	2	0.5	3	0.5	30	101

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

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

Attenzione: la seconda wait si verifica **0,5ms <u>di esecuzione</u>** dopo la prima.

Simulare l'evoluzione del sistema per **5 eventi** riempiendo le seguenti tabelle (per indicare le condizioni di rescheduling delle due makeup, utilizzare la tabella finale):

EVENTO 1	**TIME**	**TYPE**	**CONTEXT**	**RESCHED**	
	0.5	WAIT	T1	TRUE	T1 -> VRT = 100 + 0.5 * 1 = 100.5

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	2	6	3	T3	100.5		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T3	1	1/3	2	1	20	100
RB	T2	2	2/3	4	0.5	30	101
WAITING	T1	1				10.5	100.5

EVENTO 2	**TIME**	**TYPE**	**CONTEXT**	**RESCHED**	
	1	WAKE UP	T3	FALSE	T3 -> VRT = 100 + 0.5 * 1 = 100.5 T1 -> VRT = 100.5

RUNQUEUE	**NRT**	**PER**	**RQL**	**CURR**	**VMIN**		
	3	6	4	T3	100.5		
TASK	**ID**	**LOAD**	**LC**	**Q**	**VRTC**	**SUM**	**VRT**
CURRENT	T3	1	0.25	1.5	1	20.5	100.5
RB	T2	2	0.5	3	0.5	30	101
	T1	1	0.25	1.5	1	10.5	100.5
WAITING							

EVENTO 3		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED	
		2	S.Q.D.T	T3	TRUE	
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN	
	3	6	4	T1	100.5	
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T1	1	0.25	1.5	1	10.5	100.5
RB	T2	2	0.5	3	0.5	30	101
	T3	1	0.25	1.5	1	21.5	101.5
WAITING							

T3 -> VRT = 100.5 + 1 * 1 = 101.5

EVENTO 4		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED	
		2.5	WAIT	T1	TRUE	
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN	
	2	6	3	T2	101	
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T2	2	2/3	4	0.5	30	101
RB	T3	1	1/3	2	1	21.5	101.5
WAITING	T1	1				11	101

T1 -> VRT = 100.5 + 0.5 * 1 = 101

EVENTO 5		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED	
		3.5	WAKE UP	T2	TRUE	
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN	
	3	6	4	T1	101.5	
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	T1	1	0.25	1.5	1	11	101
RB	T3	1	0.25	1.5	1	21.5	101.5
	T2	2	0.5	3	0.5	30.5	101.5
WAITING							

T2 -> VRT = 101 + 0.5 * 1 = 101.5

T1 -> VRT = 101

Condizioni di rescheduling al wake_up del task t1:

1° wake_up:	100.5 + 1 * 0.25 = 100.75 > 100.5 => FALSE
2° wake_up:	101 + 1 * 0.25 = 101.25 < 101.5 => 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 = **2** **MINFREE** = **1**

Situazione iniziale (esistono due processi P e Q)

```
PROCESSO: P  ********************************************************
    VMA : C  000000400,  1 , R  ,  P  ,  M  , <X, 0>
          S  000000600,  2 , W  ,  P  ,  M  , <X, 1>
          D  000000602,  2 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>
          M0 000001000,  4 , W  ,  S  ,  M  , <F, 0>
          M1 000002000,  4 , W  ,  P  ,  M  , <G, 0>
          P  7FFFFFFFC,  3 , W  ,  P  ,  A  , <-1,0>
    PT: <c0 :1 R> <s0 :- -> <s1 :- ->  <d0 :- -> <d1 :- -> <p0 :2 R>
        <p1 :4 R> <p2 :- -> <m00:5 W>  <m01:- -> <m02:- -> <m03:- ->
        <m10:3 W> <m11:- -> <m12:- ->  <m13:- ->
process P - NPV of PC and SP:  c0, p1

PROCESSO: Q  *** (i dettagli di questo processo non interessano) ****

____MEMORIA FISICA____(pagine libere: 2)_____________________________
      00 : <ZP>                 ||  01 : Pc0 / Qc0 / <X,0>   ||
      02 : Pp0 / Qp0            ||  03 : Pm10                ||
      04 : Pp1                  ||  05 : Pm00 / <F,0>        ||
      06 : ----                 ||  07 : ----                ||

____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc0  : 01 - 0: 1:   ||  Pp0  : 02 -  1: 0:   ||
      Pm10 : 03 - 1: 0:   ||  Pm00 : 05 -  1: 0:   ||
      Pp1  : 04 - 0: 0:   ||        -----          ||

SWAP FILE:    Qp1  , Pp1  , ----, ----, ----, ----, ----, ----,
LRU ACTIVE:   PC0,
LRU INACTIVE: pp1, pm10, pm00, pp0, qp0, qc0,
```

Domanda 1): Indicare i numeri delle pagine fisiche che appartengono alla Swap Cache:

ACTIVE: PC0

INACTIVE: pp1, pm10, pm00, pp0, qp0, qc0

evento 1: write (Pp0, Pp1)

PT del processo: **P**				
M00: :5 W	M10: :3 W	P0: :6 W	P1: :4 W	P2: :- -

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Qp0 (D)	03: Pm10
04: Pp1	05: Pm00 / <F, 0>
06: Pp0	07:

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: - - - -
s2:	s3:

INACTIVE: pp1, pm10, pm00, qc0

evento 2: read (Ps0), write (Ps0)

ACTIVE: PS0, PC0

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: <X, 1>	03: Pm10
04: Pp1	05: Pm00 / <F, 0>
06: Ps0	07:

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Qp0
s2: Pp0	s3:

INACTIVE: pp1, pm10, qc0

evento 3: write (Pp2, Pp3)

ACTIVE: PP2, PP3, PS0, PC0

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp2	03: Pm10
04: Pp1	05: Pp3
06: Ps0	07:

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Qp0
s2: Pp0	s3:
s4:	s5:

INACTIVE: qc0

evento 4: write (Pp4)

ACTIVE: PP4, PP2, PP3, PS0, PC0

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc0 / Qc0 / <X, 0>
02: Pp2	03: Pp4
04: Ps0	05: Pp3
06: - - - -	07:

SWAP FILE	
s0: Qp1	s1: Qp0
s2: Pp0	s3: Pm10
s4: Pp1	s5:

seconda parte – memoria e 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: 5)_____________________________
      00 : <ZP>                  ||  01 : Pc2 / <X, 2>        ||
      02 : Pp0                   ||  03 : ----                ||
      04 : ----                  ||  05 : ----                ||
      06 : ----                  ||  07 : ----                ||
____STATO del TLB_____________________________________________________
      Pc2 : 01 -  0: 1:    ||   Pp0 : 02 -  1: 1:    ||
            -----          ||         -----          ||
```

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. Si ricorda che "close" scrive le pagine dirty di un file solo se fcount diventa = 0.

Eventi 1 e 2: fd = open ("F"), write (fd, 8000)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / <X, 2>
02: Pp0	03: <F, 0> (D)
04: <F, 1> (D)	05: <F, 2> (D)
06:	07:

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	8000	1	3	0

Eventi 3: close (fd)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / <X, 2>
02: Pp0	03: <F, 0>
04: <F, 1>	05: - - - -
06:	07:

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	- - - -	0	3	2

Eventi 4 e 5: fork (“Q”), context switch (“Q”)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / Qc2 / <X, 2>
02: Qp0 (D)	03: <F, 0>
04: <F, 1>	05: Pp0 (D)
06:	07:

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	- - - -	0	3	3

Evento 6: fd = open (“F”), read (7000)

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	7000	1	3	3

Evento 7: write (fd, 10000)

MEMORIA FISICA	
00: <ZP>	01: Pc2 / Qc2 / <X, 2>
02: Qp0 (D)	03: <F, 3> (D)
04: <F, 4> (D)	05: Pp0 (D)
06: <F, 2> (D)	07:

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	17000	1	5	3

Evento 8: close (fd)

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	- - - -	0	5	6

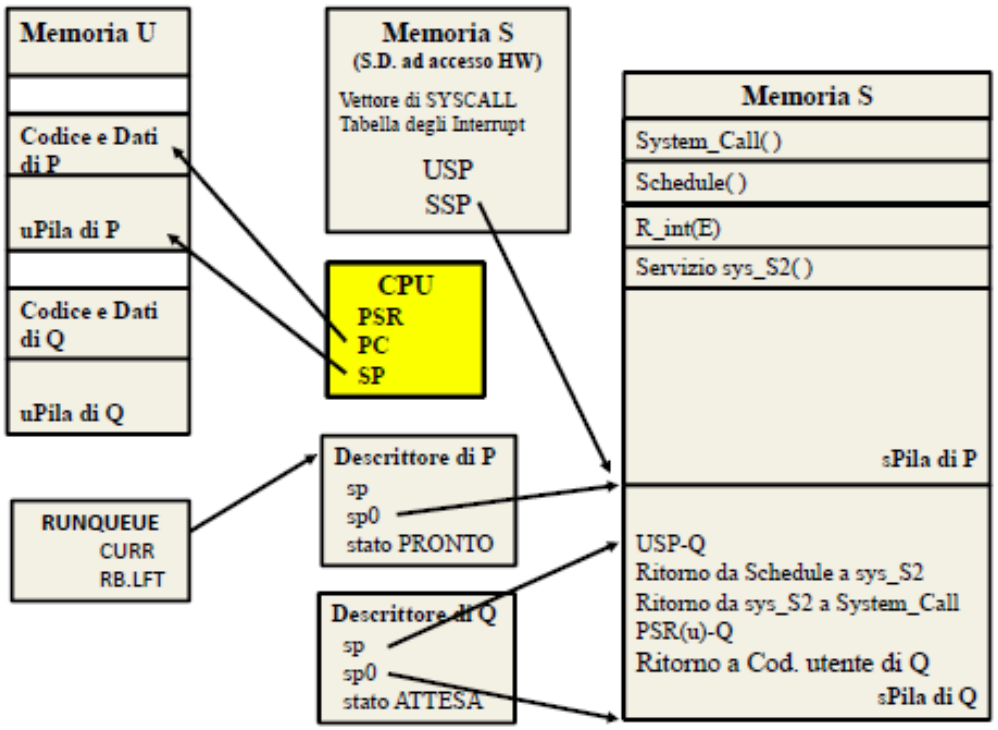
0 ---- 4096 ---- 8192 ---- 12288 ---- 16384 ---- 20480 ---- 24576
0 1 2 3 4 5

esercizio n. 4 – moduli, pila e strutture dati HW

Si considerino due processi P e Q. La situazione iniziale considerata è la seguente:

- il processo P è in esecuzione in modo U
- il processo Q è in stato di ATTESA dell'evento **E**. La coda RB è da considerarsi vuota (si ricorda che IDLE non appartiene alla RB)

La figura sotto riportata e i valori nella tabella successiva descrivono compiutamente, ai fini dell'esercizio, il contesto di P e il contesto di Q.



I valori della situazione iniziale di interesse sono i seguenti, dove gli indirizzi rappresentati simbolicamente (X, W, .. A, B ..) sono indirizzi di parola.

Processo P		
PC	X	// è all'interno del codice utente
SP	W	// referenzia la uPila
SSP	Z	// base di sPila
USP	n.s.	// valore non significativo
Descrittore di P.stato	PRONTO	
Processo Q		
USP-Q	A	
Descrittore di Q.sp	B	
Descrittore di Q.sp0	C	
Descrittore di Q.stato	ATTESA	
RUNQUEUE		
CURR	P	
RB.LFT	NULL	

Si consideri il seguente **evento**:

si verifica l'interruzione associata all'evento E. La routine di risposta all'interrupt – *R_int(E)* – risveglia il processo Q che risulta avere un diritto di esecuzione maggiore di quello di P. All'interno di *R_int(E)* viene quindi invocato *schedule( )* per il *context switch*. Si supponga che l'invocazione di *schedule* avvenga all'indirizzo Y + 9, dove Y è l'indirizzo iniziale della routine di risposta all'interrupt.

Domanda 1 – **salvataggio** del contesto di **P** eseguito durante il *context switch*

Completare la tabella seguente con i valori assunti dagli elementi subito dopo il salvataggio del contesto di P, ma prima della commutazione della pila di sistema.

Processo P		
PC		// non di interesse
SP	Z - 3	
s_Pila di P a (Z - 3)		USP (W)
s_Pila di P a (Z - 2)		I. di rientro a R_Int_E da schedule (Y + 9)
s_Pila di P a (Z - 1)		PSR (U)
s_Pila di P a (Z)		I. rientro a codice utente da R_Int_E (X + 1)
SSP	Z	
USP	W	
Descrittore di P.sp	Z - 3	
Descrittore di P.sp0	Z	
Descrittore di P.stato	PRONTO	

Domanda 2 – **caricamento** del contesto di **Q** eseguito durante il *context switch*

Completare la tabella seguente con i valori assunti dagli elementi subito prima del ritorno da *schedule* al servizio di sistema *sys_S2*.

Processo Q		
PC		// subito prima del ritorno da *schedule*
SP	B + 1	
SSP	C	
USP	A	
Descrittore di Q.sp		// non di interesse
Descrittore di Q.sp0	C	
Descrittore di Q.stato	PRONTO	
RUNQUEUE		
CURR	Q	
RB.LFT	P	

spazio libero per continuazione o brutta copia