



Politecnico di Milano

Dipartimento di Elettronica, Informazione e Bioingegneria

prof.ssa Anna Antola  
prof. Luca Breveglieri

prof.ssa Donatella Sciuto  
prof.ssa Cristina Silvano

## AXO – Architettura dei Calcolatori e Sistemi Operativi

**SECONDA PARTE** – mercoledì 1 luglio 2020

Cognome \_\_\_\_\_ Nome \_\_\_\_\_

Matricola \_\_\_\_\_ Codice Persona \_\_\_\_\_

### Istruzioni – ESAME ONLINE

È vietato consultare libri, eserciziari e appunti, nonché cellulari e altri dispositivi mobili di calcolo o comunicazione. Chiunque non dovesse attenersi alla regola vedrà annullata la propria prova.

La prova va sempre consegnata completando la procedura prevista nel modulo (form) dell'esame con INVIO (SUBMIT) del testo risolto. Se lo studente intende RITIRARSI deve inviare messaggio di posta elettronica (email) al docente dopo avere completata la procedura.

#### Dallo HONOR CODE

In qualsiasi progetto o compito, gli studenti devono dichiarare onestamente il proprio contributo e devono indicare chiaramente le parti svolte da altri studenti o prese da fonti esterne.

Ogni studente garantisce che eseguirà di persona tutte le attività associate all'esame senza alcun aiuto di altri; la sostituzione di identità è un reato perseguibile per legge.

Durante un esame, gli studenti non possono accedere a fonti (libri, note, risorse online, ecc) diverse da quelle esplicitamente consentite.

Durante un esame, gli studenti non possono comunicare con nessun altro, né chiedere suggerimenti.

In caso di esame a distanza, gli studenti non cercano di violare le regole a causa del controllo limitato che il docente può esercitare.

L'accettazione dello Honor Code costituisce prerequisito per l'iscrizione agli esami.

**Tempo a disposizione 1 h : 30 m**

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

esercizio 1 (4 punti) \_\_\_\_\_

esercizio 2 (6 punti) \_\_\_\_\_

esercizio 3 (6 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 here
```

```
sem_t near, far
```

```
int global = 0
```

---

```
void * alpha (void * arg) {
```

```
    mutex_lock (&here)
```

```
    sem_wait (&far)
```

```
    mutex_unlock (&here)
```

```
    /* statement A */
```

```
    global = 1
```

```
    sem_wait (&near)
```

```
    mutex_lock (&here)
```

```
    sem_post (&near)
```

```
    /* statement B */
```

```
    mutex_unlock (&here)
```

```
    return NULL
```

```
} /* end alpha */
```

---

```
void * omega (void * arg) {
```

```
    mutex_lock (&here)
```

```
    sem_post (&far)
```

```
    global = 2
```

```
    /* statement C */
```

```
    sem_wait (&near)
```

```
    mutex_unlock (&here)
```

```
    /* statement D */
```

```
    sem_wait (&near)
```

```
    return (void *) 3
```

```
} /* end omega */
```

---

```
void main ( ) {
```

```
    pthread_t th_1, th_2
```

```
    sem_init (&near, 0, 2)
```

```
    sem_init (&far, 0, 0)
```

```
    create (&th_1, NULL, alpha, NULL)
```

```
    create (&th_2, NULL, omega, NULL)
```

```
    join (th_2, &global)
```

```
    /* statement E */
```

```
    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	<i>thread</i>	
	th_1 – alpha	th_2 – omega
subito dopo stat. <b>A</b>	ESISTE	PUÒ ESISTERE
subito dopo stat. <b>C</b>	ESISTE	ESISTE
subito dopo stat. <b>D</b>	PUÒ ESISTERE	ESISTE
subito dopo stat. <b>E</b>	PUÒ ESISTERE	NON ESISTE

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		
	<i>here</i>	<i>near</i>	<i>far</i>
subito dopo stat. <b>A</b>	0	0 / 1	0
subito dopo stat. <b>B</b>	1	0 / 1	0
subito dopo stat. <b>C</b>	1	2	1
subito dopo stat. <b>D</b>	0 / 1	0 / 1	0 / 1

**Il sistema può andare in stallo (deadlock)**, con uno o più *thread* che si bloccano, in (almeno) **due 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 e i corrispondenti valori di *global*:

caso	th_1 – alpha	th_2 – omega	<i>global</i>
1	<i>wait far</i>	<i>lock here</i>	0
2	<i>wait near</i>		1 / 3
3			

## esercizio n. 2 – processi e nucleo

### prima parte – gestione dei processi

// programma <b>prova.c</b>	
main ( ) {	
pid1 = fork ( )	
if (pid1 == 0) {	
execl ("/acso/prog_x", "prog_x", NULL)	// codice eseguito da Q
exit (-1)	
} /* if */	
pid2 = fork ( )	
fd = open ("/acso/esame", ORDWR)	// lettura di 2 blocchi
if (pid2 == 0) {	
write (fd, vett, 4096)	// scrive 4 blocchi
exit (-2)	
} else {	
pid1 = waitpid (pid1, &status, 0)	
} /* if */	
exit (0)	
} /* prova */	

// programma <b>prog_x.c</b>	
// dichiarazione e inizializzazione dei mutex presenti nel codice	
// dichiarazione dei semafori presenti nel codice	
void * <b>soft</b> (void * arg) {	void * <b>hard</b> (void * arg) {
sem_post (&gas)	mutex_lock (&liquid)
mutex_lock (&liquid)	sem_wait (&gas)
sem_wait (&gas)	mutex_unlock (&liquid)
mutex_unlock (&liquid)	sem_post (&gas)
return NULL	return NULL
} // soft	} // hard
main ( ) { // codice eseguito da Q	
pthread_t th_1, th_2	
sem_init (&gas, 0, 1)	
create (&th_1, NULL, soft, NULL)	
nanosleep (6)	
create (&th_2, NULL, hard, NULL)	
join (th_2, NULL)	
join (th_1, NULL)	
exit (1)	
} // main	

Un processo **P** esegue il programma **prova** e crea un processo figlio **Q** che esegue una mutazione di codice (programma **prog\_x**) e un figlio **R**. La mutazione di codice va a buon fine e **Q** crea 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, e nell'ipotesi che **th\_1**, che esegue **soft**, abbia già eseguito la **mutex\_lock** ma non ancora la **sem\_wait**. 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)

<i>identificativo simbolico del processo</i>		<b>IDLE</b>	<b>P</b>	<b>Q</b>	<b>th_1</b>	<b>R</b>	<b>th_2</b>	
<i>evento oppure processo-chiamata</i>	<i>PID</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	
	<i>TGID</i>	<b>1</b>	<b>2</b>	<i>3</i>	<i>3</i>	<i>5</i>	<i>3</i>	
<b>P –pid2=fork ()</b>	<b>0</b>	<b>pronto</b>	<b>esec</b>	<b>A nanosleep</b>	<b>pronto</b>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	
<i>P - open</i>	1	<i>pronto</i>	<i>A open</i>	<i>A nanosleep</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	
<i>th_1 – sem_wait</i>	2	<i>pronto</i>	<i>A open</i>	<i>A nanosleep</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	
<b>2</b> interrupt da DMA_in, tutti i blocchi richiesti da open trasferiti	3	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>A nanosleep</i>	<i>pronto</i>	<i>pronto</i>	<i>NE</i>	
<i>P – pd1=waitpid</i>	4	pronto	<i>A waitpid</i>	<i>A nanosleep</i>	pronto	esec	NE	
<i>R - open</i>	5	<i>pronto</i>	<i>A waitpid</i>	<i>A nanosleep</i>	<i>esec</i>	<i>A open</i>	<i>NE</i>	
interrupt da RT_clock e scadenza quanto di tempo	6	<i>pronto</i>	<i>A waitpid</i>	<i>A nanosleep</i>	<i>esec</i>	<i>A open</i>	<i>NE</i>	
<i>interrupt da RT_clock e scadenza timer di nanosleep</i>	7	pronto	<i>A waitpid</i>	esec	pronto	<i>A open</i>	NE	
<i>Q – create th_2</i>	8	<i>pronto</i>	<i>A waitpid</i>	<i>esec</i>	<i>pronto</i>	<i>A open</i>	<i>pronto</i>	
<b>2</b> interrupt da DMA_in, tutti i blocchi richiesti da open trasferiti	9	pronto	<i>A waitpid</i>	pronto	pronto	esec	pronto	
<i>R - write</i>	10	<i>pronto</i>	<i>A waitpid</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>A write</i>	<i>pronto</i>	
<i>Th1 - unlock</i>	11	<i>pronto</i>	<i>A waitpid</i>	<i>pronto</i>	<i>esec</i>	<i>A write</i>	<i>pronto</i>	
<i>Th1 - return</i>	12	pronto	<i>A waitpid</i>	pronto	NE	<i>A write</i>	esec	

## seconda parte – scheduler CFS

Si consideri uno Scheduler CFS con **2 task** caratterizzato da queste condizioni iniziali (**da completare**):

CONDIZIONI INIZIALI (da completare)							
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	2	6	2	t1	100		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t1	1	0.5	3	1	10	101.0
RB	t2	1	0.5	3	1	30	100.5

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

**Events of task t1: CLONE at 0.5; EXIT at 2.5;**

**Events of task t2: WAIT at 0.5; WAKEUP after 2.5;**

Simulare l'evoluzione del sistema per **4 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		
		0.5	CLONE	t1	false		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	3	6	3	t1	100.5		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t1	1	0.33	2	1	10.5	101.5
RB	t2	1	0.33	2	1	30	100.5
	t3	1	0.33	2	1	0	102.5
WAITING							

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		2	Q_SCADE	t1	true		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	3	6	3	t2	100.5		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	t2	1	0.33	2	1	30	100.5
RB	t3	1	0.33	2	1	0	102.5
	t1	1	0.33	2	1	12	103
WAITING							

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		<i>2.5</i>	<i>WAIT</i>	<i>t2</i>	<i>true</i>		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	<i>2</i>	<i>6</i>	<i>2</i>	<i>t3</i>	<i>101</i>		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	<i>t3</i>	<i>1</i>	<i>0.5</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>102.5</i>
RB	<i>t1</i>	<i>1</i>	<i>0.5</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>103</i>
WAITING	<i>t2</i>	<i>1</i>				<i>30.5</i>	<i>101</i>

EVENTO		TIME	TYPE	CONTEXT	RESCHED		
		<i>5</i>	<i>WUP</i>	<i>t3</i>	<i>true</i>		
RUNQUEUE	NRT	PER	RQL	CURR	VMIN		
	<i>3</i>	<i>6</i>	<i>3</i>	<i>t2</i>	<i>103</i>		
TASK	ID	LOAD	LC	Q	VRTC	SUM	VRT
CURRENT	<i>t2</i>	<i>1</i>	<i>0.33</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>30.5</i>	<i>101</i>
RB	<i>t1</i>	<i>1</i>	<i>0.33</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>12</i>	<i>103</i>
	<i>t3</i>	<i>1</i>	<i>0.33</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>2.5</i>	<i>105</i>
WAITING							

Condizioni di rescheduling a **clone** del **task t1**:

clone:  $102,50 + 1,00 * 0,33 = 102,83 < curr.vrt = 101,50? \rightarrow false$

Condizioni di rescheduling a **wake\_up** del **task t2**:

wake\_up:  $101,00 + 1,00 * 0,33 = 101,33 < curr.vrt = 105,00? \rightarrow true$

### 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 = 1      MINFREE = 1**

**Situazione iniziale** (esiste un processo P):

PROCESSO: P

\*\*\*\*\*

```
VMA : C 000000400, 2, R, P, M, <XX, 0>
      M0 000010000, 1, W, S, M, <G, 2>
      P 7FFFFFFFC, 3, W, P, A, <-1, 0>
```

PT: <c0:- -> <c1:1 R> <p0:2 W> <p1:- -> <p2:- -> <m00:- ->

process P - NPV of PC and SP: c1, p0

```
_____MEMORIA FISICA_____ (pagine libere: 5)_____
      00 : <ZP>                || 01 : Pc1 / <XX, 1>                ||
      02 : Pp0                  || 03 : ----                      ||
      04 : ----                  || 05 : ----                      ||
      06 : ----                  || 07 : ----                      ||
```

```
_____STATO del TLB_____
      Pc1 : 01 - 0: 1:         || Pp0 : 02 - 1: 1:         ||
      -----                  || -----                  ||
      -----                  || -----                  ||
      -----                  || -----                  ||
```

LRU ACTIVE: PP0, PC1,

LRU INACTIVE:

**evento 1:** *mmap* (0x000030000000, 3, W, P, M, "F", 2),  
*mmap* (0x000040000000, 2, W, P, A, -1, 0)

VMA del processo P (compilare solo le righe relative alle nuove VMA create)							
AREA	NPV iniziale	dimensione	R/W	P/S	M/A	nome file	offset
<b>M1</b>	0000 3000 0	3	W	P	M	F	2
<b>M2</b>	0000 4000 0	2	W	P	A	-1	0



**evento 2: read (Pm20, Pm21, Pm11), write (Pm20, Pm00)**

PT del processo: P (completare con pagine di VMA)				
c0: - -	c1: 1 R	p0: 2 W	p1: - -	p2: - -
m00: 05 W	m10: - -	m11: 03 R	m12: - -	m20: 04 W
m21: 00 R				

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> Pm21	01: Pc1 / <XX, 1>
02: Pp0	03: Pm11 / <F, 3>
04: Pm20	05: Pm00 / <G, 2>
06:	07:

LRU ACTIVE: PM00, PM11, PM21, PM20, PP0, PC1, \_\_\_\_\_

LRU INACTIVE: \_\_\_\_\_

**evento 3: read (Pc1, Pp0, Pm20), 4 kswpd**

LRU ACTIVE: PM20, PP0, PC1, \_\_\_\_\_

LRU INACTIVE: pm00, pm11, pm21, \_\_\_\_\_

**evento 4: write (Pm10)**

PFRA - Required: 1, Free: 1, To Reclaim: 1  
viene liberata da page cache la pagina fisica 3

MEMORIA FISICA	
00: <ZP> Pm21	01: Pc1 / <XX, 1>
02: Pp0	03: Pm10
04: Pm20	05: Pm00 / <G, 2>
06: <F, 2>	07:

LRU ACTIVE: PM10, PM20, PP0, PC1, \_\_\_\_\_

LRU INACTIVE: pm00, pm21, \_\_\_\_\_

**Indicare la decomposizione dell'indirizzo della prima pagina della VMA M0 nella TP:**

PGD	PUD	PMD	PT
0	0	128	0

*L'indirizzo della pagina è 000010000 in esadecimale, quindi i 36 bit sono:*

*0000 0000 0000 0000 0001 0000 0000 0000 0000*

*la suddivisione dei 36 bit in gruppi di 9 bit fornisce il risultato:*

*0000 0000 0/000 0000 00/01 0000 000/0 0000 0000*

## seconda parte – file system

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

$$\text{MAXFREE} = 3 \quad \text{MINFREE} = 2$$

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.

**eventi 1 e 2: *fd = open ("F"), write (fd, 10000)***

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	10000	1	3	0

**eventi 3 e 4: *fork ("Q"), context switch ("Q")***

Qp0 deve essere allocata. 2 pagine libere e quindi interviene PFRA che libera NPF 3 e NPF 4. Pp0 allocata in 3 e per il context switch (vedi TLB) diventa D

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

	f_pos	f_count	numero pagine lette	numero pagine scritte
file F	10000	2	3	2

**evento 5: *write* (fd, 2000)**

	<b>f_pos</b>	<b>f_count</b>	<b>numero pagine lette</b>	<b>numero pagine scritte</b>
<b>file F</b>	<i>12000</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>2</i>

**eventi 6 e 7: *close* (fd), *context switch* ("P")**

	<b>f_pos</b>	<b>f_count</b>	<b>numero pagine lette</b>	<b>numero pagine scritte</b>
<b>file F</b>	<i>12000</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>2</i>

**evento 8: *write* (fd, 16000)**

Devono essere accedute le pagine del file F3, F4, F5 e F6. Caricamento di F3 in NPF 04 e scrittura. Caricamento di F4: 2 pagine Libere, PFRA Libera NPF 4 e NPF 5. Caricata F4 in 4 e quindi F5 in 5. Caricamento di F6: 2 pagine Libere, PFRA Libera NPF 4 e NPF 5. Caricata F6 in 4.

<b>MEMORIA FISICA</b>	
00: <ZP>	01: Pc2 / Qc2 / <X, 2>
02: Qp0 D	03: Pp0 D
04: <F, 6> D	05: ----
06: ----	07: ----

	<b>f_pos</b>	<b>f_count</b>	<b>numero pagine lette</b>	<b>numero pagine scritte</b>
<b>file F</b>	<i>28000</i>	<i>1</i>	<i>7</i>	<i>6</i>

**evento 9: *close* (fd)**

	<b>f_pos</b>	<b>f_count</b>	<b>numero pagine lette</b>	<b>numero pagine scritte</b>
<b>file F</b>	<i>----</i>	<i>0</i>	<i>7</i>	<i>7</i>