

PROVA SCRITTA DI SISTEMI IN TEMPO REALE (18/7/2007)

PROBLEMA n. 1

L'esecuzione del seguente insieme di processi periodici, tra loro indipendenti, è affidata ad un sistema di elaborazione monoproiettore:

	T_i [t.u.]	C_i [t.u.]
P_1	15	7
P_2	20	4
P_3	30	8

A) Schedulazione "clock-driven"

1. Si identifichi un feasible schedule per l'insieme di processi in accordo all'approccio Cyclic Executive, selezionando per il ciclo minore, in caso di più alternative ammissibili, la dimensione massima:

- (a) dimensionamento del ciclo maggiore

$$M = \text{mcm}(15, 20, 30) = 60$$

- (b) dimensionamento del ciclo minore

$$\max(7, 4, 8) \leq m \leq \min(15, 20, 30) \rightarrow m = 8 \dots 15$$

$$M \bmod m = 0 \rightarrow m = 10, 12, 15$$

$$m = 15: 2m - \text{mcd}(m, \{15, 20, 30\}) = 30 - \{15, 5, 15\} = \{15, 25, 15\} \leq \{15, 20, 30\} \rightarrow \text{NO}$$

$$m = 12: 2m - \text{mcd}(m, \{15, 20, 30\}) = 24 - \{3, 4, 6\} = \{21, 20, 18\} \leq \{15, 20, 30\} \rightarrow \text{NO}$$

$$m = 10: 2m - \text{mcd}(m, \{15, 20, 30\}) = 20 - \{5, 10, 10\} = \{15, 10, 10\} \leq \{15, 20, 30\} \rightarrow \text{OK}$$

- (c) calcolo del numero dei cicli minori e dei job per processo nell'ambito di ciascun ciclo maggiore

$$n_{cm} = 6, n_{J1} = 4, n_{J2} = 3, n_{J3} = 2$$

- (d) identificazione del ciclo minore (o dei cicli minori) in cui ciascun job può essere eseguito

	J ₁₁	J ₁₂	J ₁₃	J ₁₄	J ₂₁	J ₂₂	J ₂₃	J ₃₁	J ₃₂
c ₁	×				×			×	
c ₂					×			×	
c ₃		×				×		×	
c ₄			×			×			×
c ₅							×		×
c ₆				×			×		×

- (e) pianificazione dell'esecuzione di ciascun job

c ₁	J ₁₁						
c ₂	J ₂₁						
c ₃	J ₁₂						
c ₄	J ₁₃						
c ₅	J ₂₃						
c ₆	J ₁₄						

esito positivo per tutti i job

sì	no	quali job ?
	×	J ₂₂ , J ₃₁ , J ₃₂

- (f) in caso di esito negativo, rilassamento del minor numero possibile di vincoli

$$P_2(20, 4) \Rightarrow P_2'(20, 2), P_2''(20, 2) \text{ con } P_2' < P_2''$$

e iterazione del procedimento

c ₁	J ₁₁		J ₂₁ '	
c ₂	J ₃₁			J ₂₁ ''
c ₃	J ₁₂		J ₂₂ '	
c ₄	J ₁₃		J ₂₂ ''	
c ₅	J ₃₂			J ₂₃ '
c ₆	J ₁₄		J ₂₃ ''	

B) Schedulazione "priority-driven"

- Si verifichi se l'insieme di processi è schedulabile con l'algoritmo RMPO, ricorrendo all'applicazione, nell'ordine, di uno o più dei seguenti metodi fino ad identificare una risposta conclusiva al riguardo:

- il test di Han

S'	T _i ' [t.u.]	C _i [t.u.]	U _i '
P ₁ ' ≡ P ₁	15	7	7/15 ≅ 0.467
P ₂ '	15	4	4/15 ≅ 0.267
P ₃ ' ≡ P ₃	30	8	4/15 ≅ 0.267

$$U = U_1' + U_2' + U_3' = 1 \leq 1$$

esito positivo	
sì	no
	×

risposta conclusiva	
sì	no
×	

3. Nelle stesse ipotesi di cui al punto precedente, si verifichi se l'insieme di processi è schedulabile con l'algoritmo EDF ricorrendo all'applicazione, nell'ordine, di uno o più dei seguenti metodi fino ad identificare una risposta conclusiva al riguardo:

- il test basato sulla densità di utilizzazione del processore

	T_i [t.u.]	C_i [t.u.]	D_i [t.u.]	C_i/D_i
P_1	15	7	15	0.467
P_2	20	4	10	0.400
P_3	30	8	28	0.286

$$\Delta = 1.15 > 1$$

esito positivo	
sì	no
	×

risposta conclusiva	
sì	no
×	

- l'approccio "processor demand"

$$t^* = ((1-10/20)*4+(1-28/30)*8)/(1-0.933) = 38$$

n	BI^n
0	$7 + 4 + 8 = 19$
1	$14 + 4 + 8 = 26$
2	$14 + 8 + 8 = 30$
3	$14 + 8 + 8 = 30$

$$BI = 30$$

$$\min \{t^*, BI\} = 30 \quad \mathcal{D}^* \cap \mathcal{D} = \{10, 15, 28\}$$

t	$C_1(0,t)$	$C_2(0,t)$	$C_3(0,t)$	$C_p(0,t)$	$\leq t$
10	0	4	0	4	sì
15	7	4	0	11	sì
28	7	4	8	19	sì

esito positivo	
sì	no
×	

risposta conclusiva	
sì	no
×	

PROBLEMA n. 2

Un sistema di elaborazione monoprocesore ha il compito di eseguire tre processi periodici P_1, P_2, P_3 tra loro indipendenti, gestendo nel contempo quattro richieste aperiodiche $R_{a1}, R_{a2}, R_{a3}, R_{a4}$:

	T_i [t.u.]	C_i [t.u.]
P_1	8	2
P_2	16	2
P_3	20	4

	a_i [t.u.]	C_i [t.u.]
R_{a1}	6	3
R_{a2}	16	4
R_{a3}	24	2
R_{a4} <td 34	1	

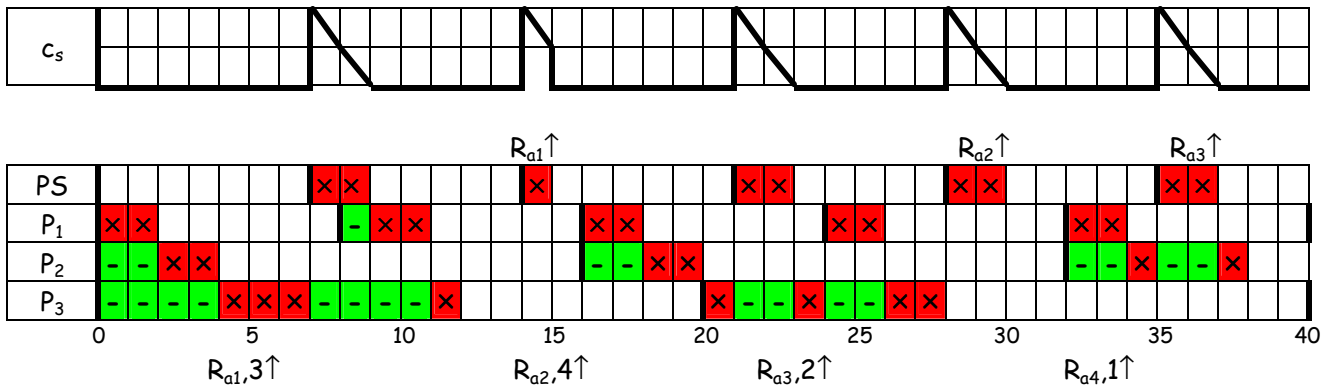
Con l'ausilio di diagrammi temporali e facendo riferimento alla seguente notazione

	P_i
	Idle
-	Ready
...	Waiting
x	Running

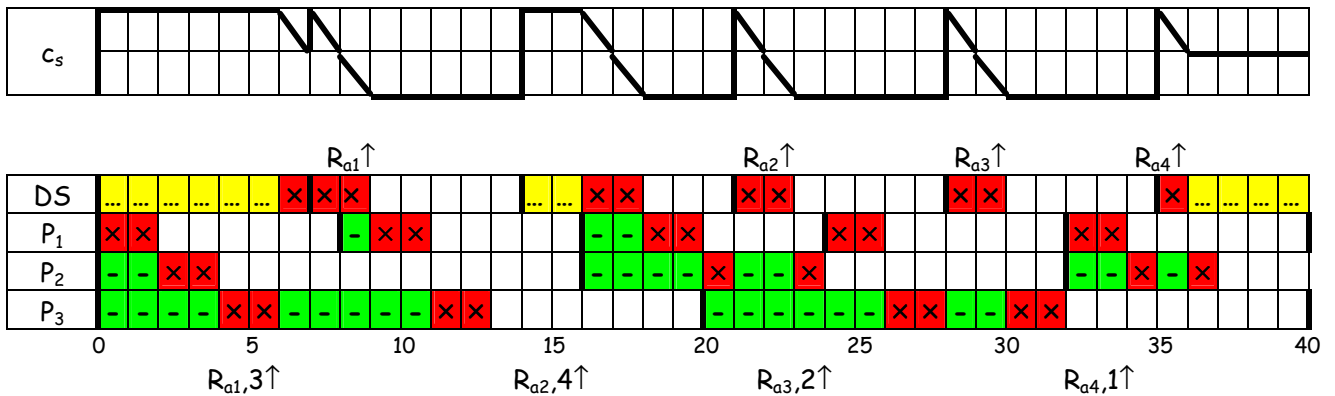
si determini (riportandone i valori nella sottostante tabella) il tempo di completamento dell'esecuzione f_i [t.u.] ed il ritardo sul tempo di risposta $f_i - a_i - C_i$ [t.u.] delle richieste aperiodiche derivanti dalla loro gestione tramite

1. Server a priorità statica di periodo $T_s = 7$ t.u. e capacità $C_s = 2$ t.u. (strategia di schedulazione dei processi e del Server: RMPO)

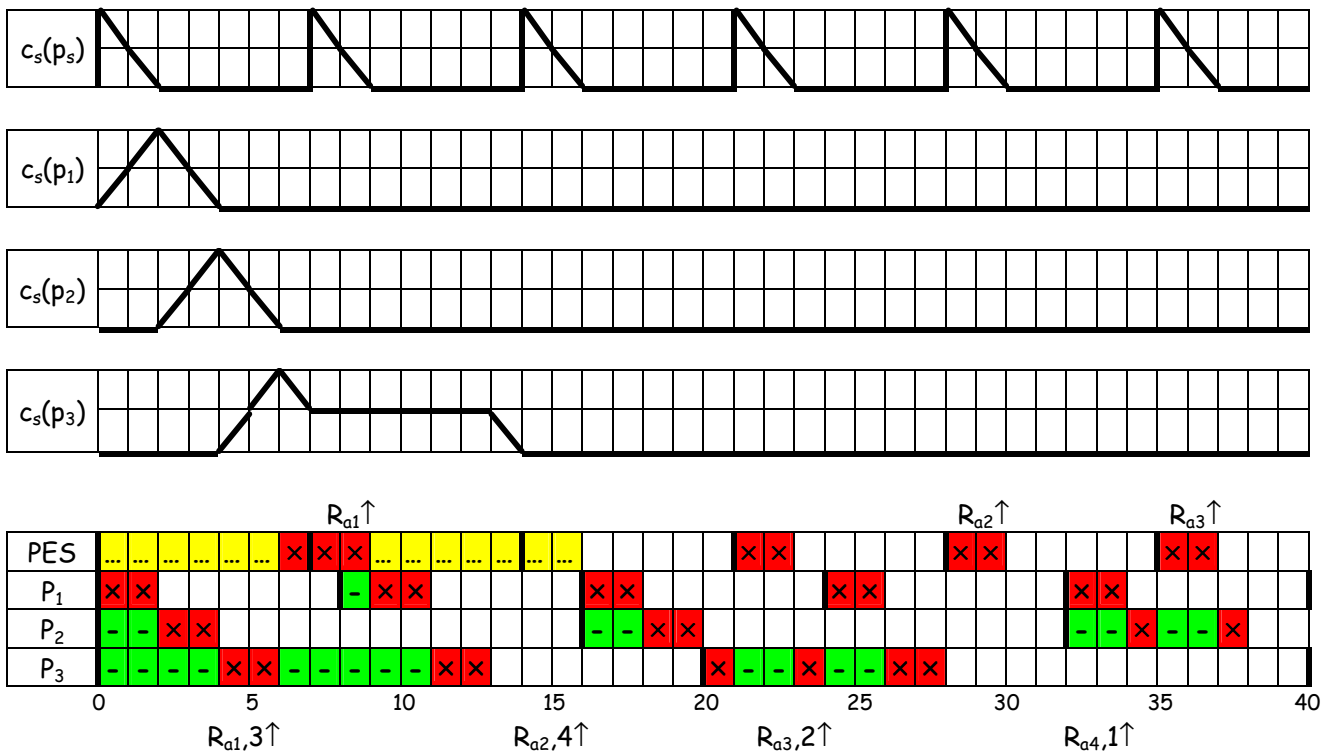
- Polling Server



- Deferrable Server



- Priority Exchange Server

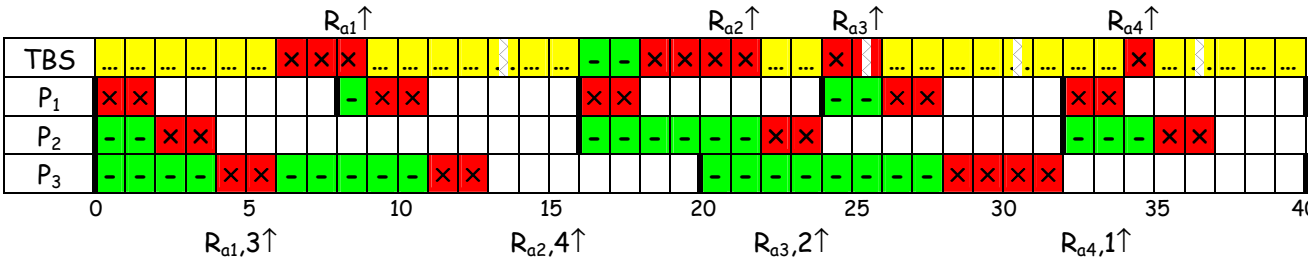
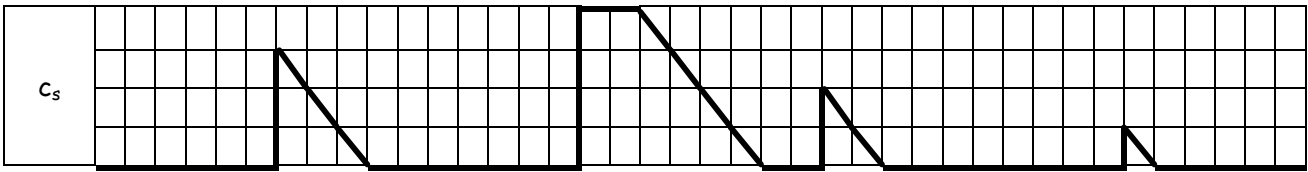


2. Server a priorità dinamica con fattore di utilizzazione del processore U_s più elevato possibile compatibilmente con la schedulabilità dei processi periodici (strategia di schedulazione dei processi e del Server: EDF)

$$U_s = 1 - U_p = 0.425$$

- Total Bandwidth Server

	a_i [t.u.]	C_i [t.u.]	d_{si} [t.u.]
R_{a1}	6	3	$6 + 3 / 0.425 = 13.1$
R_{a2}	16	4	$16 + 4 / 0.425 = 25.4$
R_{a3}	24	2	$25.4 + 2 / 0.425 = 30.1$
R_{a4}	34	1	$34 + 1 / 0.425 = 36.4$



	a_i	C_i	f_i	$f_i - a_i - C_i$	f_i	$f_i - a_i - C_i$	f_i	$f_i - a_i - C_i$	f_i	$f_i - a_i - C_i$
R_{a1}	6	3	15	6	9	0	9	0	9	0
R_{a2}	16	4	30	10	23	3	30	10	22	2
R_{a3}	24	2	37	11	30	4	37	11	26	0
R_{a4}	34	1	43	8	36	1	43	8	35	0
			PS		DS		PES		TBS	

PROBLEMA n. 3

L'esecuzione concorrente del seguente insieme di processi

	T_i [t.u.]	D_i [t.u.]	C_i [t.u.]
P_1	15	15	3
P_2	20	20	3
P_3	25	23	3
P_4	30	26	6
P_5	35	29	6

attivati all'istante ϕ_i ([t.u.]) = 7, 5, 4, 2, 0, rispettivamente, è affidata ad un sistema di elaborazione monoproiettore.

I processi P_1, P_2, P_4 e P_5 condividono 2 risorse R_1 e R_2 , con accesso mutuamente esclusivo ($u_1 = u_2 = 1$) regolamentato dai semafori S_1 e S_2 . Più precisamente, l'esecuzione di ciascun job di ogni processo comporta le seguenti elaborazioni, contraddistinte dal tempo ([t.u.]) indicato tra parentesi:

- P_1 : esecuzione normale (1 t.u.), accesso a R_1 (1 t.u.), esecuzione normale (1 t.u.);
- P_2 : esecuzione normale (1 t.u.), accesso a R_2 (1 t.u.), esecuzione normale (1 t.u.);
- P_3 : esecuzione normale (3 t.u.);
- P_4 : esecuzione normale (1 t.u.), accesso a R_1 (5 t.u. complessivamente) con accesso annidato dopo 2 t.u. a R_2 (2 t.u.);
- P_5 : esecuzione normale (1 t.u.), accesso a R_2 (4 t.u.), esecuzione normale (1 t.u.).

	C_{type}					
P_1		R ₁				
P_2		R ₂				
P_3						
P_4		R ₁	R ₁	R ₂	R ₂	R ₁
P_5		R ₂	R ₂	R ₂	R ₂	

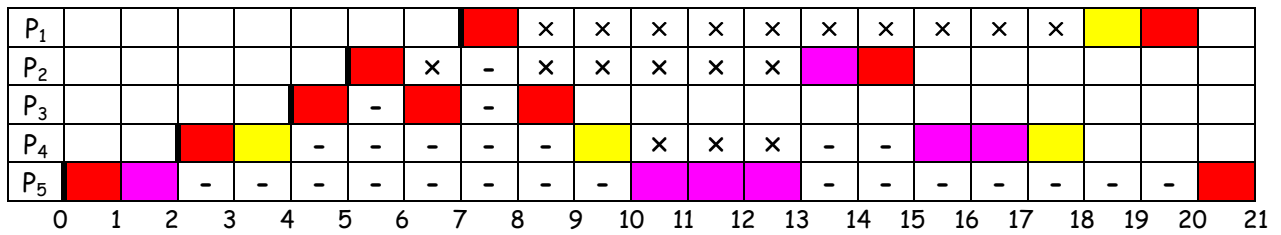
1. Nell'ipotesi che i processi siano schedulati in accordo alla strategia DMPO,

➤ si identifichi con l'ausilio di diagrammi temporali, facendo riferimento alla seguente notazione

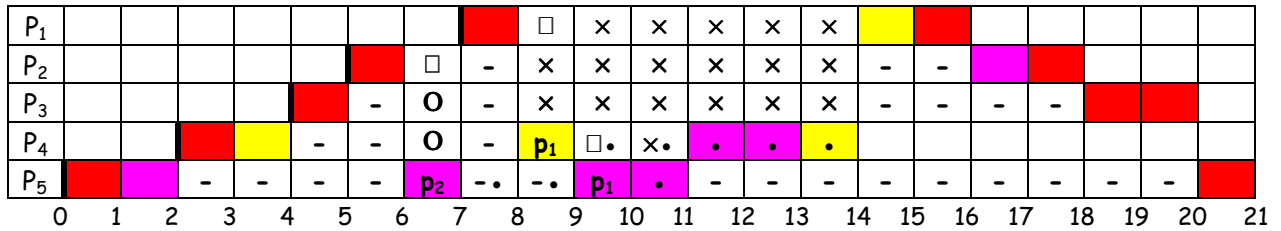
	P_i
	idle
- / x	ready-suspended / blocked
	running
	running locking S_1
	running locking S_2

ed evidenziando esplicitamente la priorità corrente (π_i) di un processo soltanto se essa differisce dalla corrispondente priorità nominale (p_i), il tempo di completamento dell'esecuzione (f_i [t.u.]) ed il ritardo sul tempo di risposta ($f_i - \phi_i - C_i$ [t.u.]) del primo job di ciascun processo (riportandone i valori nella sottostante tabella) nel caso di:

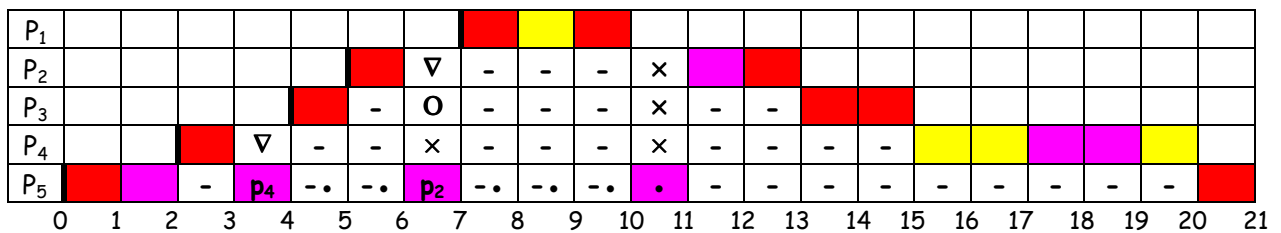
- esecuzione in base alle relative priorità statiche (NOP)



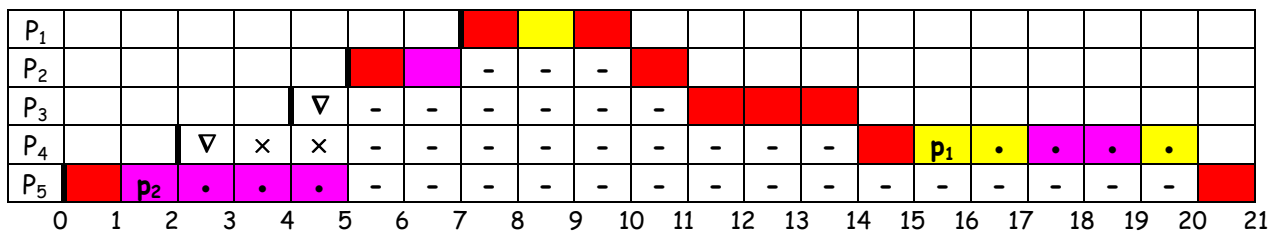
- applicazione del protocollo priority inheritance (PIP)



- applicazione del protocollo priority ceiling (PCP) [$PC_1 = p_1, PC_2 = p_2$]



- applicazione del protocollo immediate priority ceiling (IPCP) [$PC_1 = p_1, PC_2 = p_2$]



	ϕ_i	C_i	f_i	$f_i - \phi_i - C_i$	f_i	$f_i - \phi_i - C_i$	f_i	$f_i - \phi_i - C_i$	f_i	$f_i - \phi_i - C_i$
P ₁	7	3	20	10	16	6	10	0	10	0
P ₂	5	3	15	7	18	10	13	5	11	3
P ₃	4	3	9	2	20	13	15	8	14	7
P ₄	2	6	18	10	14	6	20	12	20	12
P ₅	0	6	21	15	21	15	21	15	21	15
			NOP		PIP		PCP		IPCP	

➤ si determini il massimo tempo di blocco di ogni processo derivante dall'applicazione dei protocolli PIP, PC, IPC

	R₁	R₂	B _i		
P ₁	1		9	5	5
P ₂		1	9	5	5
P ₃			9	5	5
P ₄	5	2	4	4	4
P ₅		4	0	0	0
			PIP	PCP	IPCP

e si verifichi, applicando l'algoritmo di Audsley, se l'insieme dei processi è schedulabile qualunque sia il protocollo usato

	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅
R _i ⁰	3 + 9 = 12	3 + 9 = 12	3 + 9 = 12	6 + 4 = 10	6 + 0 = 6
R _i ¹	12 + 0 = 12	12 + 3 = 15	12 + 3 + 3 = 18	10 + 3 + 3 + 3 = 19	6 + 3 + 3 + 3 + 6 = 21
R _i ²		12 + 3 = 15	12 + 6 + 3 = 21	10 + 6 + 3 + 3 = 22	6 + 6 + 6 + 3 + 6 = 27
R _i ³			12 + 6 + 6 = 24	10 + 6 + 6 + 3 = 25	6 + 6 + 6 + 6 + 6 = 30
R _i ⁴			12 + 6 + 6 = 24	10 + 6 + 6 + 3 = 25	6 + 6 + 6 + 6 + 6 = 30

	R _i [t.u.]	D _i [t.u.]	R _i ≤ D _i
P ₁	12	15	sì
P ₂	15	20	sì
P ₃	24	23	no
P ₄	25	26	sì
P ₅	30	29	no

esito positivo

sì	no
	×

risposta conclusiva

sì	no
×	

2. Nell'ipotesi che (a) i processi siano schedulati in accordo alla strategia EDF, (b) gli accessi alle risorse condivise siano gestiti secondo il protocollo stack resource policy (SRP), (c) il numero di unità disponibili per ogni tipologia di risorsa sia rispettivamente $u_1 = 2$, $u_2 = 3$, (d) il numero di unità richiesto da ciascun processo per ogni tipologia di risorsa sia

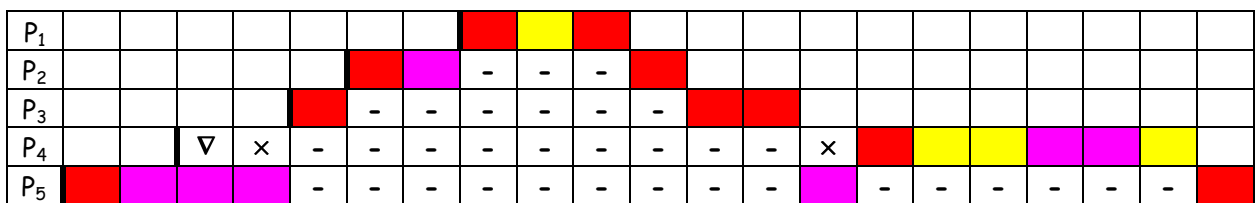
	R₁	R₂
P ₁	2	
P ₂		1
P ₃		
P ₄	1	2
P ₅		2

- si individui il livello di preemption dei processi ed il tetto di preemption che contraddistingue ciascuna risorsa al variare del numero di unità contestualmente libere

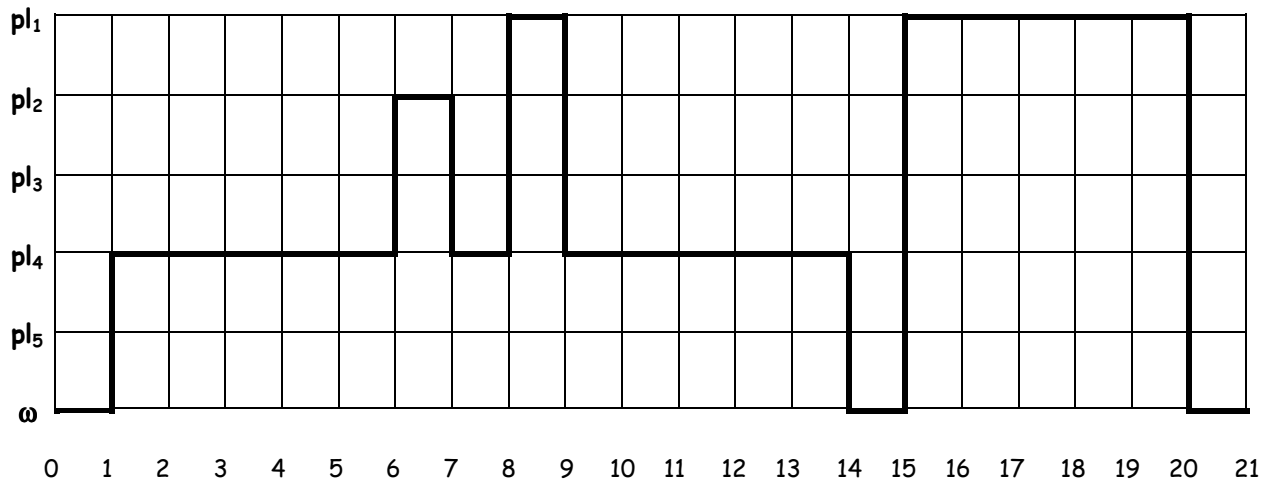
P ₁	pl ₁ (max)
P ₂	pl ₂
P ₃	pl ₃
P ₄	pl ₄
P ₅	pl ₅ (min)

	v _k =0	v _k =1	v _k =2	v _k =3
R ₁	pl ₁	pl ₁	ω	-
R ₂	pl ₂	pl ₄	ω	ω

➤ si identifichi con l'ausilio di un diagramma temporale il tempo di completamento dell'esecuzione del primo job di ciascun processo



ΠΛ₅



	φ _i	C _i	f _i	f _i - φ _i - C _i
P ₁	7	3	10	0
P ₂	5	3	11	3
P ₃	4	3	13	6
P ₄	2	6	20	12
P ₅	0	6	21	15
				SRP

➤ si determini il massimo tempo di blocco di ogni processo

	R ₁	R ₂	B _i
P ₁	1		5
P ₂		1	5
P ₃			5
P ₄	5	2	4
P ₅		4	0

➤ si verifichi se l'insieme dei processi è schedulabile

$$P_1 : C_1 / D_1 + B_1 / D_1 = 0.534 \leq 1$$

OK

$$P_2 : C_1 / D_1 + C_2 / D_2 + B_2 / D_2 = 0.6 \leq 1$$

OK

$$P_3 : C_1 / D_1 + C_2 / D_2 + C_3 / D_3 + B_3 / D_3 = 0.698 \leq 1$$

OK

$$P_4 : C_1 / D_1 + C_2 / D_2 + C_3 / D_3 + C_4 / D_4 + B_4 / D_4 = 0.865 \leq 1$$

OK

$$P_5 : C_1 / D_1 + C_2 / D_2 + C_3 / D_3 + C_4 / D_4 + C_5 / D_5 = 0.918 \leq 1$$

OK

esito positivo

sì	no
×	

risposta conclusiva

sì	no
×	