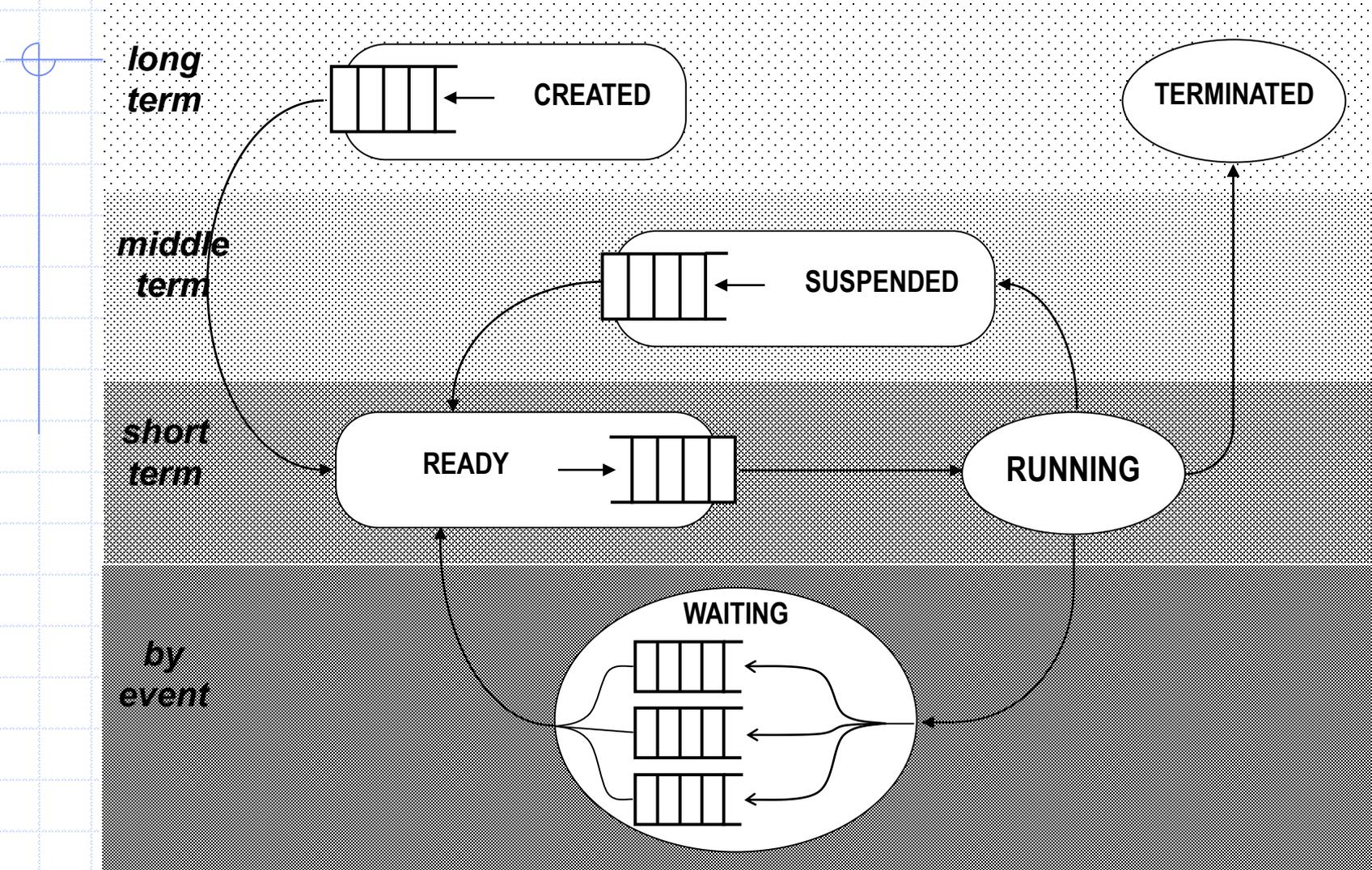


Sistemi Operativi

Esercizi Ordinamento Processi

Docente: Claudio E. Palazzi
cpalazzi@math.unipd.it

Fasi di ordinamento



L'ordinamento dei processi

- ◆ Criteri quantitativi di valutazione prestazionale delle politiche di ordinamento
 - **Efficienza di utilizzo**
 - ◆ Tempo utile/tempo di gestione
 - ***Throughput***
 - ◆ Processi completati per unità di tempo
 - **Tempo di *turn-around***
 - ◆ Tempo di completamento
 - **Tempo di attesa**
 - **Tempo di risposta**

Attribuzione della CPU – 1

- Consiste nel selezionare un processo dalla ***ready list*** e attribuirgli la CPU
- L'operazione viene effettuata in modo coordinato dallo ***scheduler*** e dal ***dispatcher***
 - Moduli del nucleo del sistema operativo
 - Lo ***scheduler*** fissa la politica
 - Il ***dispatcher*** ne attua le scelte

Attribuzione della CPU – 2

- Alcune politiche di ordinamento
 - ***First Come First Served*** [FCFS]
 - ***Round Robin*** [RR]
 - ***Shortest Job First*** [SJF]
 - Versione base senza prerilascio
 - Diventa ***Shortest Remaining Time Next*** [SRTN] se applicata con prerilascio
 - Con attributo di priorità statica associata ai processi e con prerilascio [FPS]

First Come First Served – 1.1

- ◆ La CPU viene assegnata al processo che la richiede per primo
 - Selezione dei processi da una coda FIFO

Esempio

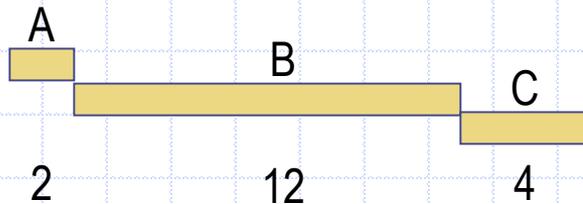
processo **A**: tempo di esecuzione = 2 [u.t.]

processo **B**: tempo di esecuzione = 12 [u.t.]

processo **C**: tempo di esecuzione = 4 [u.t.]

N.B. trascuriamo per semplicità i tempi di scambio di contesto

First Come First Served – 1.2



TEMPO DI ATTESA

$$T_{\text{att}}(A) = 0$$

$$T_{\text{att}}(B) = 2$$

$$T_{\text{att}}(C) = 2 + 12 = 14$$

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (0 + 2 + 14) / 3 = 5,3 \text{ [u.t.]}$$

TEMPO DI TURN AROUND

$$T_{\text{ta}}(A) = 2$$

$$T_{\text{ta}}(B) = 2 + 12 = 14$$

$$T_{\text{ta}}(C) = 2 + 12 + 4 = 18$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (2 + 14 + 18) / 3 = 11,3 \text{ [u.t.]}$$

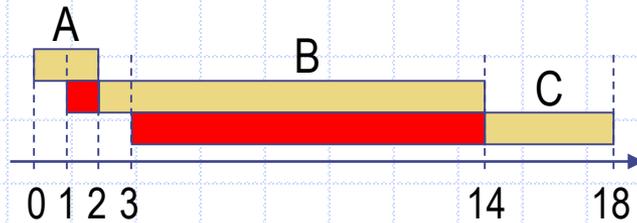
... e il Tempo di Risposta ?

First Come First Served – 2.1

Esempio 2

- processo **A**: tempo di arrivo = 0
tempo di esecuzione = 2 [u.t.]
- processo **B**: tempo di arrivo = 1
tempo di esecuzione = 12 [u.t.]
- processo **C**: tempo di arrivo = 3
tempo di esecuzione = 4 [u.t.]

First Come First Served – 2.2



TEMPO DI ATTESA

$$T_{\text{att}}(A) = 0$$

$$T_{\text{att}}(B) = 1$$

$$T_{\text{att}}(C) = 11$$

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (0 + 1 + 11) / 3 = 4 \text{ [u.t.]}$$

TEMPO DI TURN AROUND

$$T_{\text{ta}}(A) = 2$$

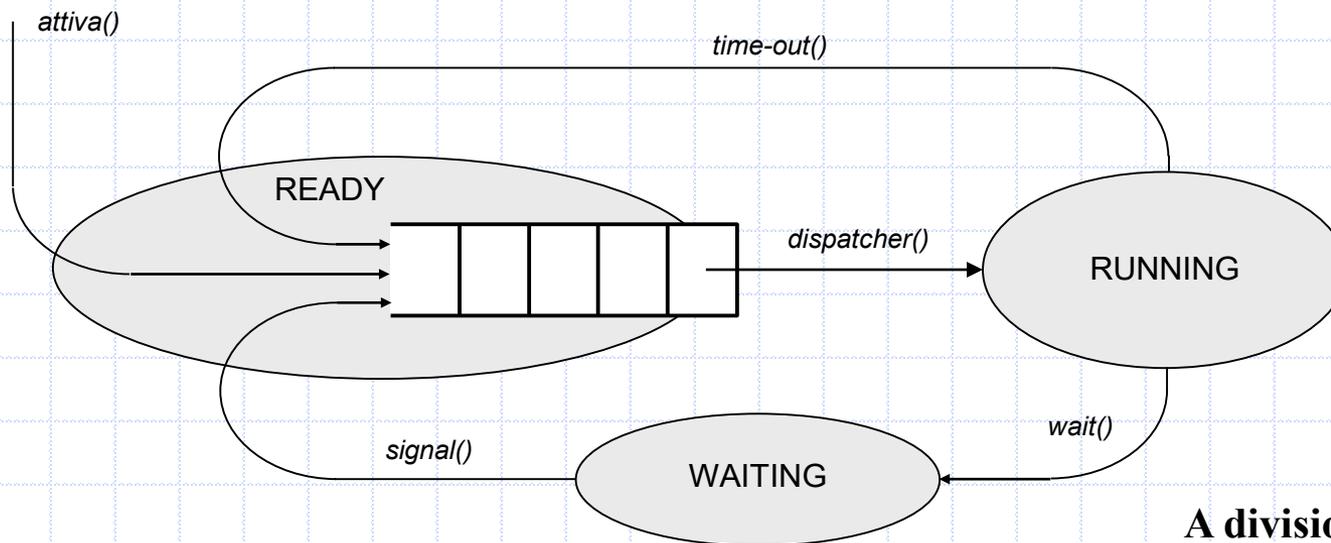
$$T_{\text{ta}}(B) = 1 + 12 = 13$$

$$T_{\text{ta}}(C) = 11 + 4 = 15$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (2 + 13 + 15) / 3 = 10 \text{ [u.t.]}$$

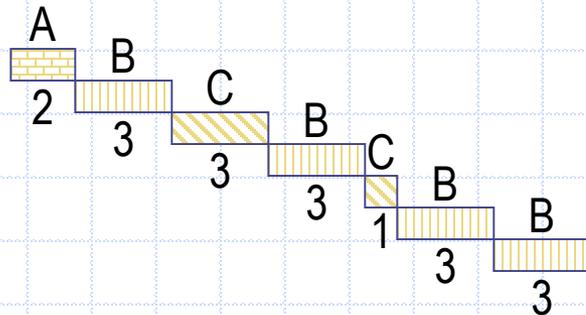
Round Robin – 1

- ◆ Opera come FCFS ma con prerilascio per esaurimento del quanto di tempo
 - La *ready list* viene trattata come una coda circolare



A divisione di tempo

Round Robin – 2



Tempo di arrivo di A = 0, di esecuzione = 2

Tempo di arrivo di B = 0, di esecuzione = 12

Tempo di arrivo di C = 0, di esecuzione = 4

Quanto di tempo = 3 [u.t.]

TEMPO DI ATTESA

$$T_{\text{att}}(A) = 0$$

$$T_{\text{att}}(B) = 2 + 3 + 1 = 6$$

$$T_{\text{att}}(C) = 2 + 3 + 3 = 8$$

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (0 + 6 + 8) / 3 = 4,6 \text{ [u.t.]}$$

TEMPO DI *TURN AROUND*

$$T_{\text{ta}}(A) = 2$$

$$T_{\text{ta}}(B) = 2 + 3 + 3 + 3 + 1 + 3 + 3 = 18$$

$$T_{\text{ta}}(C) = 2 + 3 + 3 + 3 + 1 = 12$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (2 + 18 + 12) / 3 = 10,6 \text{ [u.t.]}$$

Round Robin – 3

Calcolare i tempi di attesa e di *turn-around* medi con un valore di quanto prima di 1 e poi di 5 [u.t.]. Cambierà qualcosa?

Quanto di tempo = 1 [u.t.]

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (2 + 6 + 6) / 3 = 4,6 \text{ [u.t.]}$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (4 + 18 + 10) / 3 = 10,6 \text{ [u.t.]}$$

Quanto di tempo = 5 [u.t.]

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (0 + 6 + 7) / 3 = 4,3 \text{ [u.t.]}$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (2 + 18 + 11) / 3 = 10,3 \text{ [u.t.]}$$

Round Robin – 4

A A
B B B BBBBBBBB
C C C C

Quanto di tempo = 1 [u.t.]

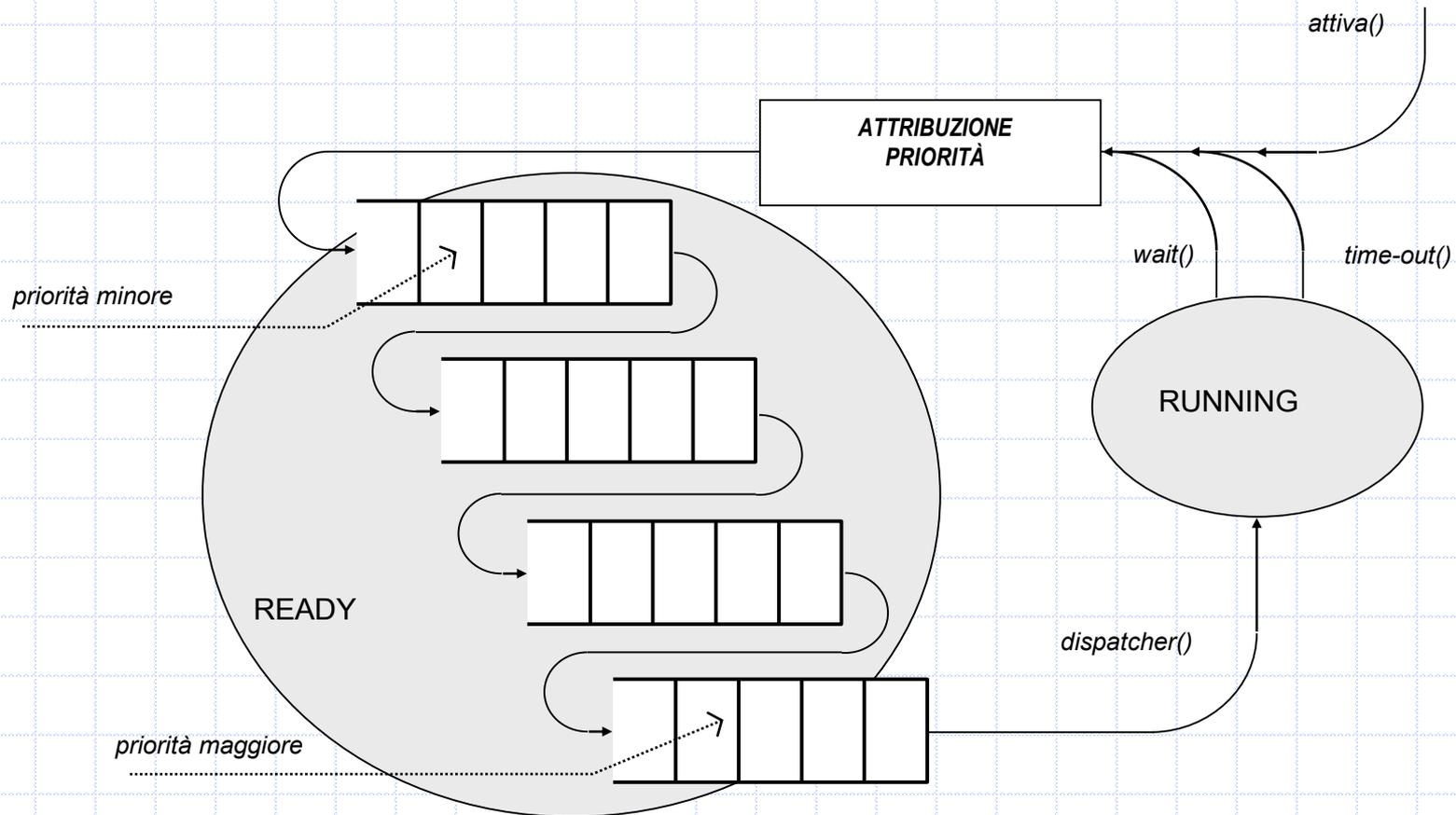
AaaaA
bBbbBbBbBBBBBBBB
ccCccCcCcC

AA
BBBBB BBBBBBB
CCCC

Quanto di tempo = 5 [u.t.]

AA
bbBBBBBbbbbBBBBBB
cccccccCCCC

Round Robin con priorità multiple



Round Robin con priorità multiple

Priorità: 5 elevata, 1 bassa

TEMPO DI ATTESA = 16,50 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 22,33 [u.t.]

Processo	Arrivo	Esecuzione	Priorità
A	0	7	4
B	0	6	2
C	0	10	3
D	0	2	3
E	0	7	5
F	0	3	1

slot time = 4 [u.t.]

EEEE . EEE

aaaa . aaa . AAAA . AAA

cccc . ccc . cccc . ccc . CCCC . cc . CCCC . CC

dddd . ddd . dddd . ddd . dddd . DD

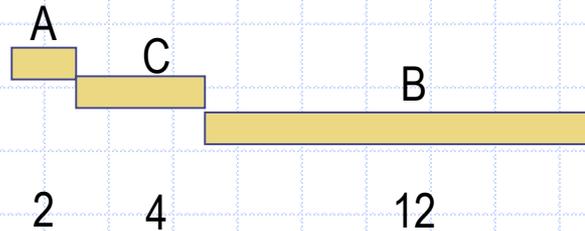
bbbb . bbb . bbbb . bbb . bbbb . bb . bbbb . bb . BBBB . BB

ffff . fff . ffff . fff . ffff . ff . ffff . ff . ffff . ff . FFF

Shortest Job First

- ◆ Meglio definita come
 - **"*Shortest next-CPU-burst First*"**
- ◆ La CPU viene assegnata al processo che ha il "*CPU-burst*" successivo più breve
- ◆ Può essere realizzata senza uso di prerilascio
- ◆ Oppure con prerilascio
 - SRTN

Shortest Job First senza prerilascio



TEMPO DI ATTESA

$$T_{\text{att}}(A) = 0$$

$$T_{\text{att}}(B) = 2 + 4 = 6$$

$$T_{\text{att}}(C) = 2$$

$$T_{\text{att}}(\text{medio}) = (0 + 6 + 2) / 3 = 2,6 \text{ [u.t.]}$$

TEMPO DI TURN AROUND

$$T_{\text{ta}}(A) = 2$$

$$T_{\text{ta}}(B) = 2 + 4 + 12 = 18$$

$$T_{\text{ta}}(C) = 2 + 4 = 6$$

$$T_{\text{ta}}(\text{medio}) = (2 + 18 + 6) / 3 = 8,6 \text{ [u.t.]}$$

Shortest Job First con prerilascio (SRTN)

TEMPO DI ATTESA = 7 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 12,83 [u.t.]

Processo	Arrivo	Esecuzione
A	2	7
B	0	6
C	5	10
D	10	2
E	7	7
F	4	3

BBBBBB

----**ff.FFF**

--**aaaa.aaa.A.aa.AAAAAA**

-----**.---.-.DD**

-----**.-ee.e.ee.eeeeeee.EEEEEEE**

-----**c.ccc.c.cc.cccccc.cccccc.CCCCCCCCC**

Esercizio con soluzioni – 1

Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere A-E arrivano all'elaboratore allo stesso istante. I processi hanno un tempo di esecuzione stimato di 4, 6, 2, 3 e 6 unità di tempo rispettivamente, mentre le loro priorità (fissate esternamente) sono rispettivamente 2, 4, 5, 1 e 3 (con 5 valore maggiore). Per ognuno dei seguenti algoritmi di ordinamento determinare: (i) il **tempo medio di risposta**, (ii) il **tempo medio di attesa** e (iii) il **tempo medio di turn-around**, trascurando i tempi dovuti allo scambio di contesto.

- ◆ *Round Robin* (con quanto di tempo = 2)
- ◆ Con priorità (senza prerilascio)
- ◆ FCFS
- ◆ SJF

Esercizio con soluzioni – 2

Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere A-E arrivano all'elaboratore allo stesso istante. I processi hanno un tempo di esecuzione stimato di 8, 10, 2, 4 e 8 unità di tempo rispettivamente, mentre le loro priorità (fissate esternamente) sono rispettivamente 2, 4, 5, 1 e 3 (con 5 valore maggiore). Per ognuno dei seguenti algoritmi di ordinamento determinare: (i) il **tempo medio di turn-around** e (ii) il **tempo medio di attesa**, trascurando i tempi dovuti allo scambio di contesto.

- ◆ *Round Robin* (con quanto di tempo = 2)
- ◆ Con priorità (senza prerilascio)
- ◆ FCFS
- ◆ SJF

Soluzioni Esercizio 2

RR

$$t_{\text{att}}(\text{medio}) = 15,6 \text{ [u.t.]}$$

$$t_{\text{ta}}(\text{medio}) = 22 \text{ [u.t.]}$$

priorità

$$t_{\text{att}}(\text{medio}) = 12,4 \text{ [u.t.]}$$

$$t_{\text{ta}}(\text{medio}) = 18,8 \text{ [u.t.]}$$

FCFS

$$t_{\text{att}}(\text{medio}) = 14 \text{ [u.t.]}$$

$$t_{\text{ta}}(\text{medio}) = 20,4 \text{ [u.t.]}$$

SJF

$$t_{\text{att}}(\text{medio}) = 8,8 \text{ [u.t.]}$$

$$t_{\text{ta}}(\text{medio}) = 15,2 \text{ [u.t.]}$$

Esercizio con soluzioni – 3

Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere A-E, arrivano all'elaboratore agli istanti di tempo 0, 2, 5, 8 e 11 rispettivamente. I processi hanno un tempo di esecuzione stimato di 9, 1, 7, 3 e 5 unità di tempo rispettivamente, mentre le loro priorità (mantenute staticamente) sono rispettivamente 3, 2, 4, 5 e 1 (con 5 valore maggiore). Per ognuna delle seguenti politiche di ordinamento determinare (i) il **tempo medio di risposta**, (ii) il **tempo medio di *turn-around*** e (iii) il **tempo medio di attesa**, trascurando i tempi dovuti allo scambio di contesto.

- ◆ FCFS
- ◆ *Round Robin* (quanto di tempo = 3)
- ◆ *Round Robin* (quanto di tempo = 3) con priorità ma senza prerilascio
 - Nel caso di arrivo di un processo in contemporanea a un'uscita per *time_out()*, si dia precedenza al processo prerilasciato per *time_out()*
- ◆ SJF senza prerilascio
- ◆ SJF con prerilascio (SRTN)

FCFS

TEMPO DI RISPOSTA = 6,0 [u.t.]

TEMPO DI ATTESA = 6,0 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 11,0 [u.t.]

Processo	Arrivo	Esecuzione	Priorità
A	0	9	3
B	2	1	2
C	5	7	4
D	8	3	5
E	11	5	1

AAAAAAAAA

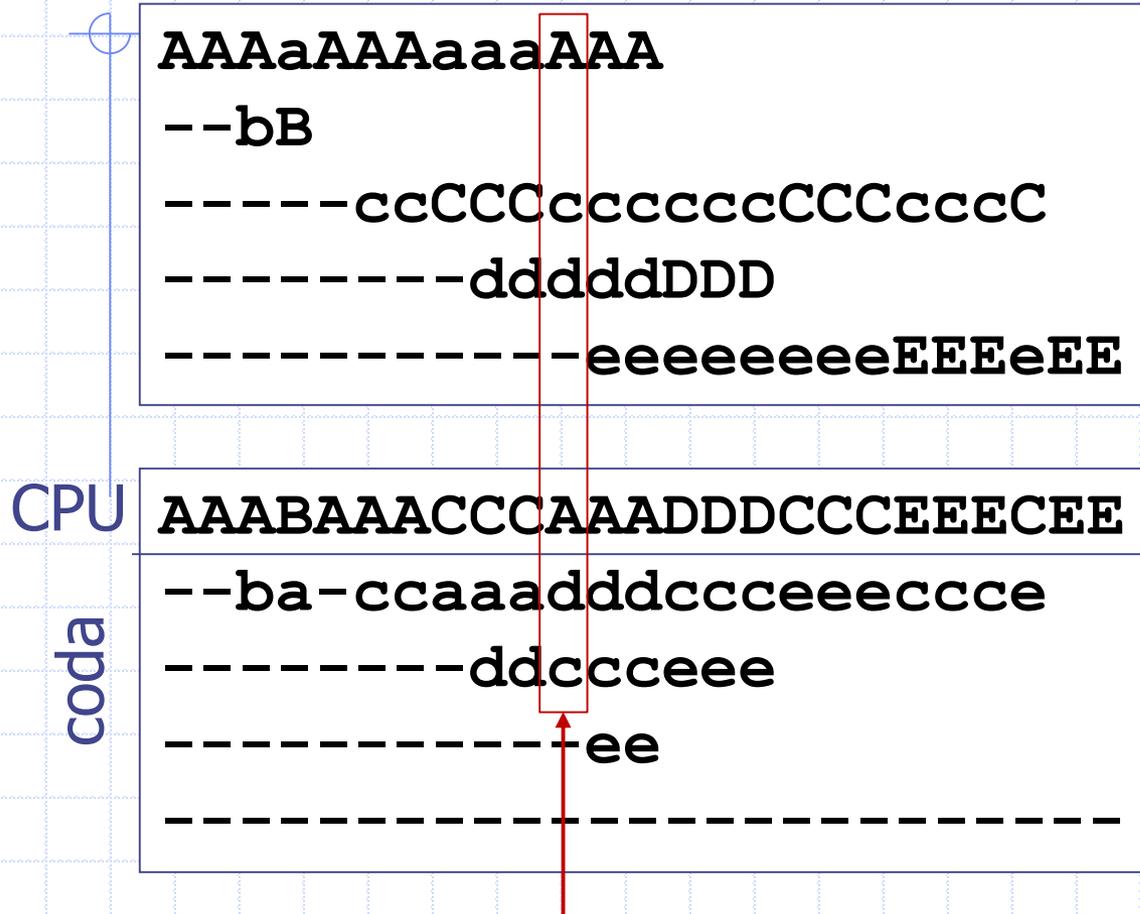
--bbbbbbB

-----ccccCCCCC

-----dddddDDDD

-----eeeeeeEEEE

Round Robin quanto di tempo = 3 [u.t.]



TEMPO DI RISPOSTA = 3,2 [u.t.]

TEMPO DI ATTESA = 6,0 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 11,0 [u.t.]

Attenzione, un classico errore è la tentazione di eseguire D dopo C, per alternanza, visto che non è mai stato eseguito prima, mentre A lo è stato. Ma scrivendo bene la coda è evidente che sarà prima, di nuovo, il turno di A.

Round Robin con priorità ma senza prerilascio



TEMPO DI RISPOSTA = 5,6 [u.t.]

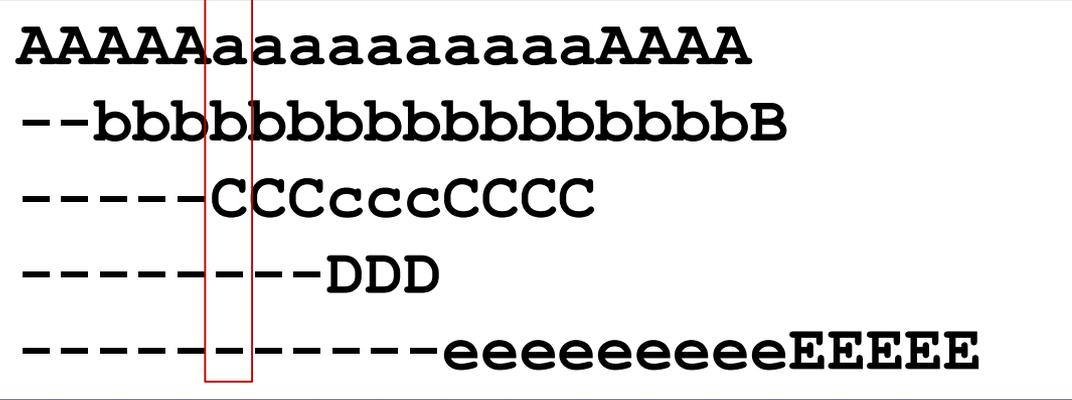
TEMPO DI ATTESA = 8,2 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 13,2 [u.t.]

Attenzione, anche se è arrivato C che ha priorità maggiore di A, quest'ultimo può finire il suo quanto di tempo poiché il sistema non prevede prerilascio.

Round Robin con priorità e con prerilascio

Prerilascio

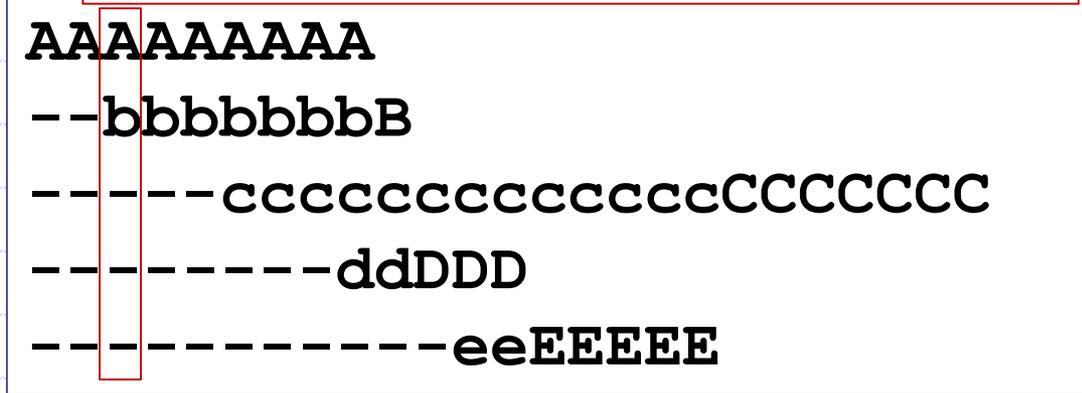


TEMPO DI RISPOSTA = 5,2 [u.t.]
 TEMPO DI ATTESA = 7,8 [u.t.]
 TEMPO DI *TURN AROUND* = 12,8 [u.t.]

SJF senza prerilascio

B ha tempo di esecuzione inferiore ma non può prerilasciare A

TEMPO DI RISPOSTA = 4,8 [u.t.]
 TEMPO DI ATTESA = 4,8 [u.t.]
 TEMPO DI *TURN AROUND* = 9,8 [u.t.]

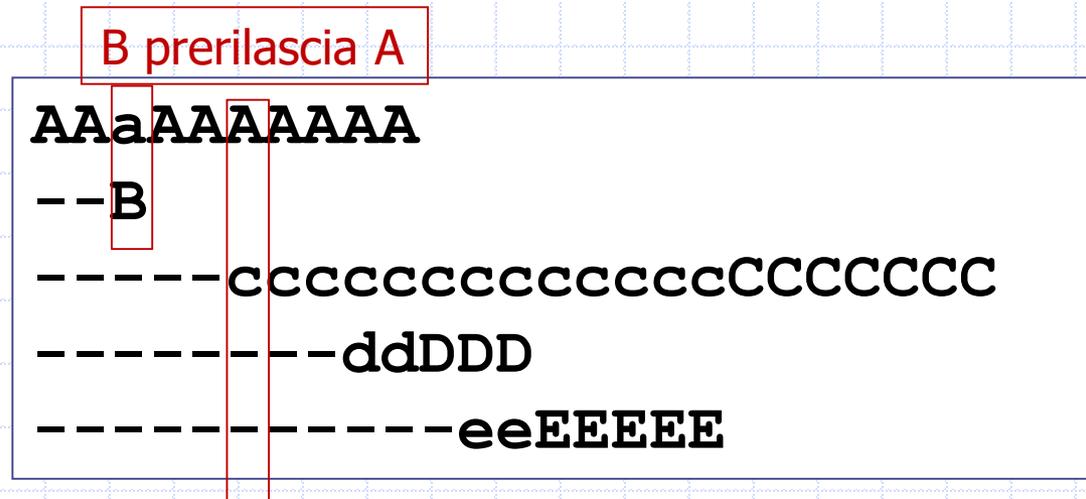


SJF con prerilascio

TEMPO DI RISPOSTA = 3,4 [u.t.]

TEMPO DI ATTESA = 3,6 [u.t.]

TEMPO DI *TURN AROUND* = 8,6 [u.t.]



A aveva tempo di esecuzione di 9 ma ora gli restano solo 5 unità da eseguire, quindi meno di C. Pertanto C non prerilascia A

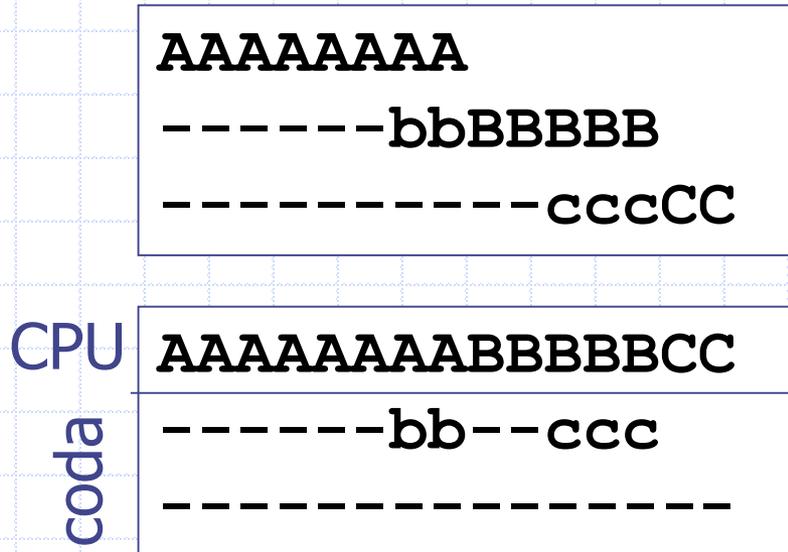
Esercizio

Si supponga che tre clienti arrivino a una stazione di servizio per fare il pieno di benzina, e che ognuno impieghi il seguente tempo, noto a priori

auto	arrivo	servizio (in minuti)
A	8:00	8
B	8:06	5
C	8:10	2

Nell'ipotesi che alle 8:00 l'unica pompa di benzina della stazione sia libera, calcolare il tempo medio di attesa e il tempo medio di turn-around applicando politiche di ordinamento FCFS, SJF senza prerilascio e SJF con prerilascio (ovvero SRTN).

Risolto con FCFS



$$\text{TEMPO DI RISPOSTA} = (0+2+3)/3 = 5/3$$

$$\text{TEMPO DI ATTESA} = (0+2+3)/3 = 5/3$$

$$\text{TEMPO DI TURN AROUND} = (8+7+5)/3 = 20/3$$

Risolto con SJF

Senza prerilascio

AAAAAAA
 -----bbBBBBB
 -----ccccCC

CPU AAAAAAABBBBBCC

coda

-----bb--ccc

TEMPO DI RISPOSTA = $(0+2+3)/3 = 5/3$

TEMPO DI ATTESA = $(0+2+3)/3 = 5/3$

TEMPO DI *TURN AROUND* = $(8+7+5)/3 = 20/3$

Con prerilascio - SRTN

AAAAAAA
 -----bbBBbbBBB
 -----CC

CPU AAAAAAABBCCBBB

coda

-----bb--bb

TEMPO DI RISPOSTA = $(0+2+0)/3 = 2/3$

TEMPO DI ATTESA = $(0+4+0)/3 = 4/3$

TEMPO DI *TURN AROUND* = $(8+9+2)/3 = 19/3$

Esercizio per casa

Cinque processi *batch*, identificati dalle lettere A-E, arrivano all'elaboratore allo stesso istante. I processi hanno un tempo di esecuzione stimato di 10, 6, 2, 4 e 8 unità di tempo rispettivamente, mentre le loro priorità (determinate esternamente) sono rispettivamente 3, 5, 2, 1 e 4 (con 5 valore maggiore). Per ognuno delle seguenti politiche di ordinamento determinare: **(i) il tempo medio di *turn-around*** e **(ii) il tempo medio di attesa**, trascurando i tempi dovuti allo scambio di contesto.

- ◆ *Round Robin* (quanto di tempo = 2)
- ◆ Con priorità esterna senza prerilascio
- ◆ FCFS
- ◆ SJF senza prerilascio

Soluzione quasi completa - 1/4

RR con quanto di tempo di ampiezza 2 (RIPORTIAMO SOLO PARTE DELLA SOLUZIONE – NON TUTTA)

Proc. A	A	A	a	a	a	a	a	a	a	a	A	A	a	a	a	a	a	a	A	A	a	a	a	a	...
Proc. B	b	b	B	B	b	b	b	b	b	b	b	b	B	B	b	b	b	b	b	b	B	B			
Proc. C	c	c	c	c	C	C																			
Proc. D	d	d	d	d	d	d	D	D	d	d	d	d	d	d	D	D									
Proc. E	e	e	e	e	e	e	e	e	E	E	e	e	e	e	e	e	E	E	e	e	e	e	E	E	...

CPU	A	A	B	B	C	C	D	D	E	E	A	A	B	B	D	D	E	E	A	A	B	B	E	E	...
Coda	b	b	c	c	d	d	e	e	a	a	b	b	d	d	e	e	a	a	b	b	e	e	a	a	...
	c	c	d	d	e	e	a	a	b	b	d	d	e	e	a	a	b	b	e	e	a	a			
	d	d	e	e	a	a	b	b	d	d	e	e	a	a	b	b									
	e	e	a	a	b	b																			

processo	t. risposta	t. attesa	<i>turn-around</i>
A	...	...	...
B	2	16	22
C	4	4	6
D	6	12	16
E	...	...	...
medie	.../5	.../5	.../5

Soluzione quasi completa - 2/4

Con priorità esterna, senza prerilascio 3, 5, 2, 1, 4 (RIPORTIAMO SOLO PARTE DELLA SOLUZIONE – NON TUTTA)

Proc. A	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Proc. B	B	B	B	B	B	B																		
Proc. C	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	...
Proc. D	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	...
Proc. E	e	e	e	e	e	e	E	E	E	E	E	E	E	E										

CPU	B	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A	A		
Coda	e	e	e	e	e	e	a	a	a	a	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c	c	c	...
	a	a	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c	c	c	d	d	d	d	d	d	d	d	d	d	...
	c	c	c	c	c	c	d	d	d	d	d	d	d	d											
	d	d	d	d	d	d																			



processo	t. risposta	t. attesa	turn-around
A	14	14	24
B	0	0	6
C	...	...	...
D	...	...	...
E	6	6	14
Medie	.../5	.../5	.../5



Soluzione quasi completa - 4/4

SJF (RIPORTIAMO SOLO PARTE DELLA SOLUZIONE – NON TUTTA)

Proc. A	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	A	A	A	A	...
Proc. B	b	b	b	b	b	B	B	B	B	B	B													
Proc. C	C	C																						
Proc. D	d	d	D	D	D	D																		
Proc. E	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	e	E	E	E	E	E	E	E	E					

CPU	C	C	D	D	D	D	B	B	B	B	B	B	E	E	E	E	E	E	E	E	A	A	A	A	...
Coda	d	d	b	b	b	b	e	e	e	e	e	e	a	a	a	a	a	a	a	a					
	b	b	e	e	e	e	a	a	a	a	a	a													
	e	e	a	a	a	a																			
	a	a																							

processo	t. risposta	t. attesa	turn-around
A	20	20	...
B	6	6	12
C	0	0	2
D	2	2	6
E	12	12	20
Medie	40/5	40/5	.../5