

IZVJEŠTAJ TREĆE LABORATORIJSKE VJEŽBE

(Programiranje u realnom vremenu)

Prilikom analize rasporedivosti skupa zadataka bitno je znati sledeće:

- *Periodičan zadatak* je rasporediv ako se izvršavanje svih njegovih instanci završava u okviru definisanih rokova.
- *Skup periodičnih zadataka* je rasporediv ako su svi zadaci iz skupa rasporedivi.
- Za skup Γ od n periodičnih zadataka, *faktor iskorištenja procesora* U definišemo kao dio procesorskog vremena provedenog prilikom izvršavanja zadatka iz datog skupa.

$$U = \sum_{i=1}^n C_i / T_i$$

pri čemu C_i predstavlja vrijeme izvršavanja, a T_i period izvršavanja zadatka i .

Dakle, faktor iskorištenja procesora predstavlja mjeru opterećenja procesora za dati skup periodičnih zadataka koje ne može biti veće od 100% tj. znamo za $U > 1$ skup zadataka nije rasporediv.

- EDF algoritam je primjenljiv i za periodične i aperiodične zadatke i baziran je na dinamičkom dodjeljivanju prioriteta. Sljedeći zadatak se bira na osnovu njegovog apsolutnog roka.

Uslov rasporedivosti:

Kažemo da je skup periodičnih zadataka rasporediv EDF algoritmom ako i samo ako je

$$\sum_{i=1}^n C_i / T_i \leq 1.$$

- Rate Monotonic(RM) algoritam je algoritam baziran na fiksnim prioritetima koji se dodjeljuju na osnovu perioda tj. frekvencije ponavljanja zadatka, pa tako zadaci sa kraćim periodom (češće izvršavanje) imaju viši prioritet.

Uslov rasporedivosti: Kažemo da je skup periodičnih zadataka rasporediv RM algoritmom

ako je faktor iskorištenja procesora U ispod donje granice $U_s = n(\sqrt[n]{2} - 1)$.

Kada broj zadataka teži beskonačnosti tada je donja granica približno jednaka 0,6932 iz čega slijedi da se svaki skup periodičnih zadataka može rasporediti RM algoritmom ako je opterećenje procesora ispod 69,32%. Ovo je dovoljan ali ne i potreban uslov. Skup zadataka može biti rasporediv i za opterećenje veće od 69,32%.

- *Hiperperiod* predstavlja najduže vrijeme poslije kojeg će se raspoređivanje ponavljati. Izračunava se kao najmanji zajednički sadržilac perioda skupa zadataka.

IZRADA DOMAĆEG ZADATKA

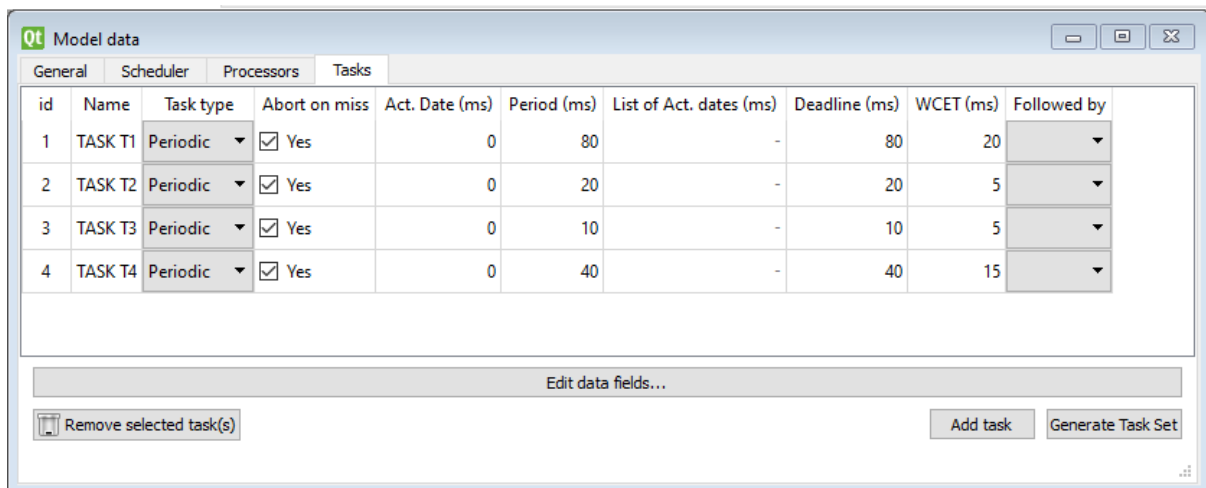
Zadatak 1. Odabрати skup nezavisnih periodičnih zadataka po sopstvenom izboru koji je: a) nerasporediv RM i EDF algoritmom, b) rasporediv EDF, ali nerasporediv RM algoritmom i c) rasporediv sa oba algoritma.

Rasporedivost odabranog skupa zadataka potvrditi SimSo alatom. Priložiti i diskutovati rezultate dobijene simulacijom. Za svaki od slučajeva odrediti hiperperiod i obezbijediti da se simulacija izvršava u trajanju hiperperioda. Za sve slučajeve odrediti ukupno opterećenje procesora, a za slučaj c) odrediti i vrijeme odziva za svaki zadatak i oba algoritma. Odabrani skup zadataka mora da sadrži najmanje 3 zadatka. Pretpostaviti da se svi zadaci aktiviraju u istom trenutku i da se izvršavaju na

jednom procesoru. Nije dozvoljeno koristiti primjere skupa zadataka koje smo koristili na predavanjima.

a) Nerasporediv RM i EDF algoritmom

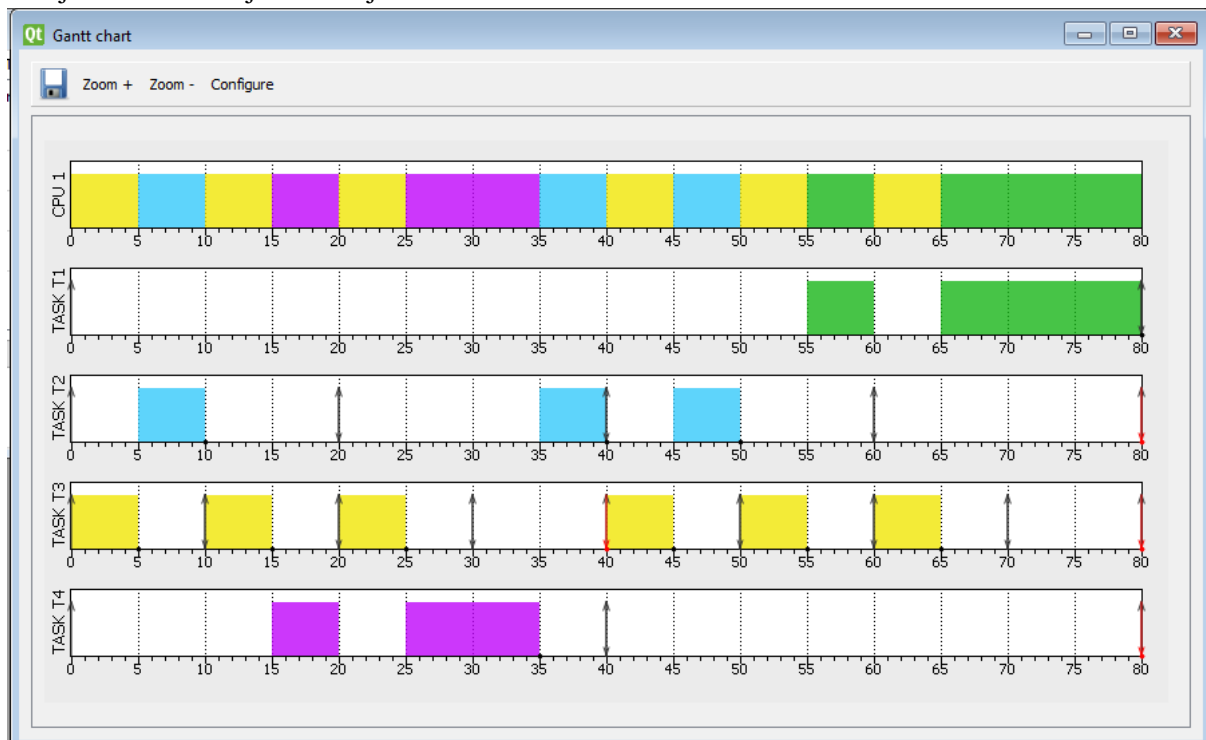
Na sl.1 je prikazan skup zadataka koji je nerasporediv za oba algoritma jer je ukupno opterećenje procesora jednako 1,375 što je veće od 1. Donja granica U_s za četiri zadatka je jednaka 0,756, dok je hiperperiod za ova četiri taska jednak 80ms.



id	Name	Task type	Abort on miss	Act. Date (ms)	Period (ms)	List of Act. dates (ms)	Deadline (ms)	WCET (ms)	Followed by
1	TASK T1	Periodic	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	0	80	-	80	20	
2	TASK T2	Periodic	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	0	20	-	20	5	
3	TASK T3	Periodic	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	0	10	-	10	5	
4	TASK T4	Periodic	<input checked="" type="checkbox"/> Yes	0	40	-	40	15	

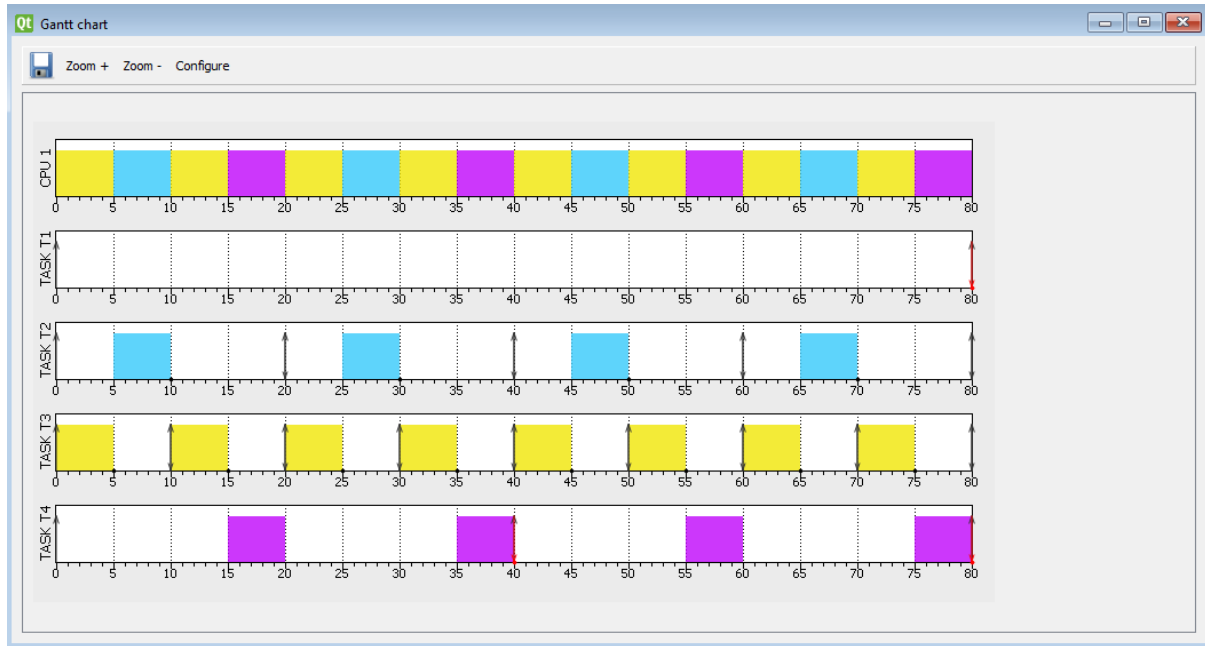
sl.1

Na sl.2 je Ganttov prikaz za gore prikazani skup zadataka i za EDF algoritam gdje vidimo da već u 40-oj ms deadline nije zadovoljen.



sl.2

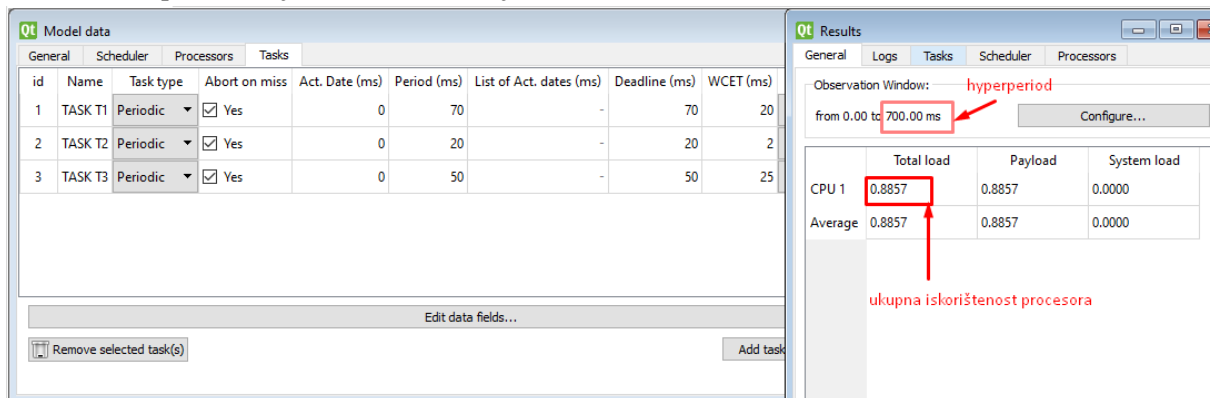
Na sl.3 vidimo da za RM algoritam imamo drugačiju situaciju, ali takođe skup nije rasporediv. Ako posmatramo Task T3 u ovom slučaju vidimo da nije došlo do kršenja deadline-a ali za Task T4 vidimo da je izvršeno samo 10ms od ukupno 15 ms do deadline-a.



sl.3

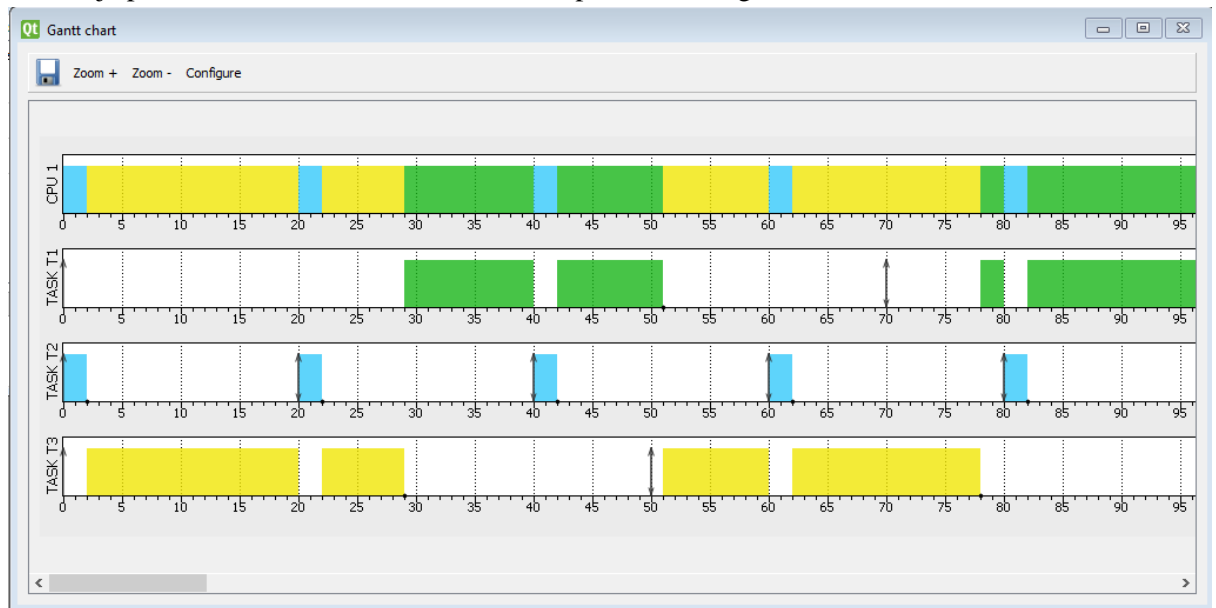
b) Rasporediv EDF, ali nerasporediv RM algoritmom

Za prikazan skup zadataka na sl.4 dobijamo da je faktor iskorištenja procesora jednak $0,886(0,286+0,1+0,5)$ što je manje od 1 pri čemu je zadovoljen potreban i dovoljan uslov da bi skup zadataka bio rasporediv EDF algoritmom. Donja granica $U_s = 0,78$ i nije zadovoljeno da je $U_s > U$ iz čega slijedi da nije rasporediv RM algoritmom. Na sl.4 je takođe prikazana vrijednost hiperperioda za dati skup zadataka i jednak je 700ms, pri čemu vidimo da je iskorištenost procesora jednaka izračunatoj.



sl.4

Na sl.5 je prikazana Gantt-ova tabela za dati skup i za EDF algoritam.



sl.5

Na sl.6 je prikazana Gantt-ova tabela za dati skup i za RM algoritam, dok su na sl.6a prikazani rezultati za Task T1. U ovom slučaju vidimo da se zadatak T1 nije uspio izvršiti, ostao je još 1ms a došlo je do deadline-a. Takođe vidimo na sl.6a da je Task T1 prekidano od strane Task T2 i Task T3 jer ovi zadaci imaju veći prioritet pri izvršavanju zbog kraćeg perioda izvršavanja.



sl.6

Qt Results								
General		Logs	Tasks	Scheduler	Processors			
General		TASK T1	TASK T2	TASK T3				
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time	CPI	Preemptions	Migrations
0.0000	0.0000	70.0000	70.0000	19.0000	70.0000		1	0
70.0000	70.0000	99.0000	140.0000	20.0000	29.0000		1	0
140.0000	140.0000	191.0000	210.0000	20.0000	51.0000		2	0
210.0000	210.0000	278.0000	280.0000	20.0000	68.0000		2	0
280.0000	280.0000	331.0000	350.0000	20.0000	51.0000		1	0
350.0000	350.0000	399.0000	420.0000	20.0000	49.0000		1	0
420.0000	420.0000	478.0000	490.0000	20.0000	58.0000		2	0
490.0000	490.0000	539.0000	560.0000	20.0000	49.0000		1	0
560.0000	560.0000	599.0000	630.0000	20.0000	39.0000		1	0
630.0000	630.0000	679.0000	700.0000	20.0000	49.0000		2	0
700.0000	700.0000		770.0000				0	0

sl.6a

c) Rasporediv sa oba algoritma

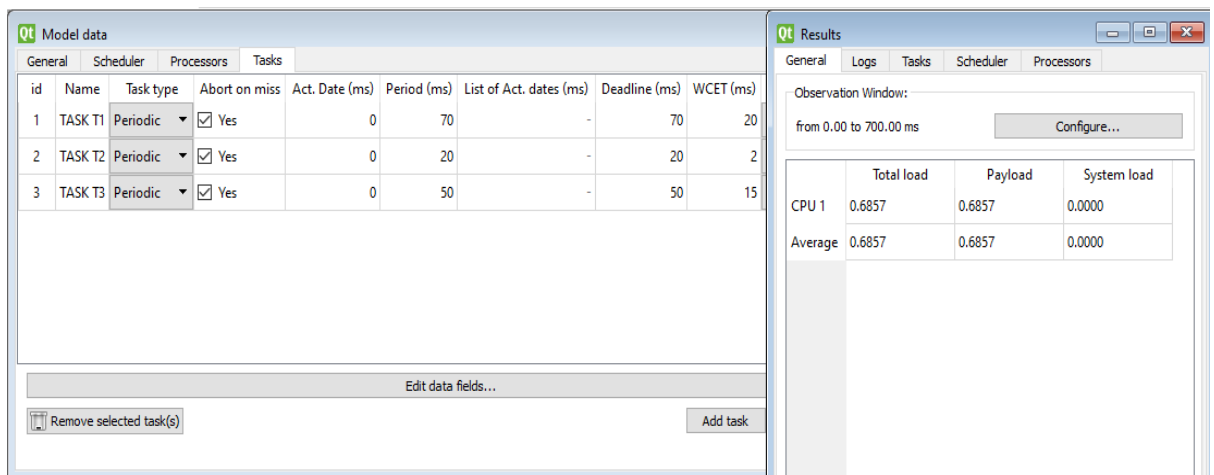
Da bi skup zadataka bio rasporediv i za EDF i za RM algoritam potrebno je da ukupno opterećenje procesora bude manja od 1 i manja od donje granice iskorištenosti U_s koja je jednaka **0,78** za skup od tri zadatka.

Na sl.7 je prikazan skup zadataka čiji je faktor iskorištenosti procesora jednak $U = 0,286 + 0,1 + 0,3 = \mathbf{0,686}$ pri čemu je $U_1 = 0,286$ iskorištenost procesora od strane Task T1, $U_2 = 0,1$ za Task T2, a $U_3 = 0,3$ za Task T3.

Zadovoljen je potreban i dovoljan uslov da bi dati skup zadataka mogao biti rasporediv EDF algoritmom. Ako pogledamo donju granicu vidimo da je zadovoljen i uslov $U_s > U$ te je skup zadataka rasporedim i RM algoritmom.

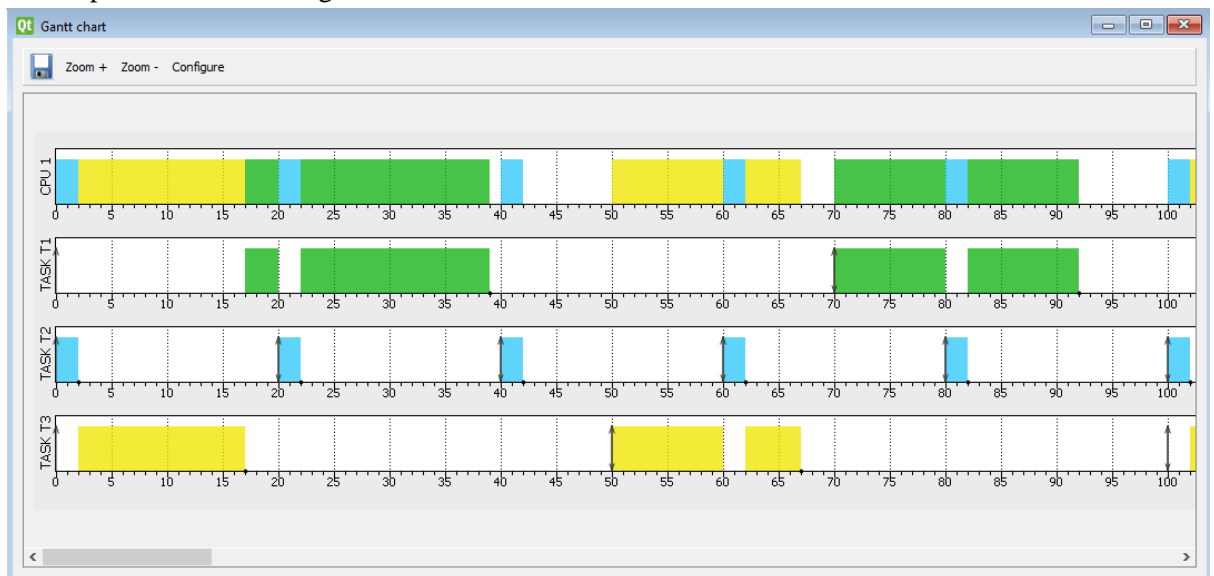
Da je skup zadataka rasporediv RM algoritmom mogli smo zaključiti i tako što znamo da je ukupno opterećenje procesora 68,6 % manje od 69,32%.

Hyperperiod za ovaj skup je kao i u prethodnom primjer jednak 700ms, dok je opterećenje procesora takođe skoro isto kao proračunato što se vidi na sl.7.

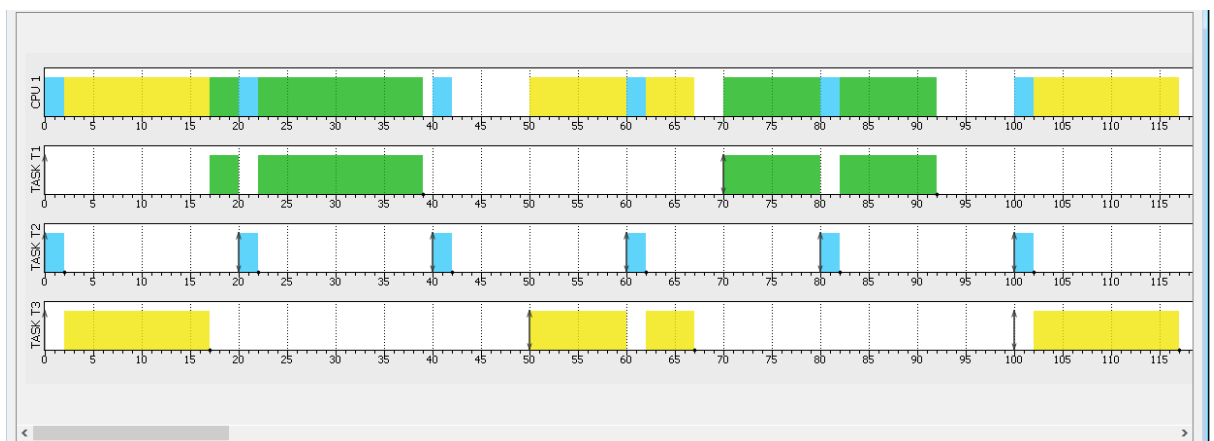


sl.7

Na sl.8 je prikazana Gantt-ova tabela za gore navedeni skup zadataka i EDF algoritam, dok je na sl.9 prikazana za RM algoritam.



sl.8



sl.9

Na sl. 10 i sl.10a su prikazana vremena odziva za EDF i RM algoritam, respektivno. Posmatrajući vrijeme odziva za pojedinačne zadatke iz skupa zadataka vidimo da je za Task T1 vrijeme odziva(minimalno,prosječno,maksimalno) najveće što je i očekivano jer je period izvršavanja za Task T1 najveći. Takođe vrijeme izvršavanja zadatka Task T3 je veće od vremena izvršavanja Task T2 jer je period za Task T3 jednak 50ms dok je za Task T2 20ms. Stoga je očekivano da će vrijeme odziva za Task T2 biti najmanje u oba slučaja.

Task	min	avg	max	std dev
TASK T1	22.000	30.600	39.000	7.228
TASK T2	2.000	2.000	2.000	0.000
TASK T3	17.000	17.286	19.000	0.700

sl.10

Task	min	avg	max	std dev
TASK T1	22.000	33.800	39.000	6.660
TASK T2	2.000	2.000	2.000	0.000
TASK T3	17.000	17.000	17.000	0.000

sl.10a

Vrijeme odziva se računa kao : $R_{i,k} = f_{i,k} - a_{i,k}$, pri čemu $f_{i,k}$ predstavlja vrijeme završavanja zadatka a $a_{i,k}$ predstavlja vrijeme aktivacije zadatka.

Tako za pojedinačne instance imamo :

$\square_{1,1} = 39 - 0 = 39$, $\square_{1,2} = 92 - 70 = 22$, $\square_{1,3} = 179 - 140 = 39$... ostatak je prikazan na sl.10b .

Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time	CPI
0.0000	0.0000	39.0000	70.0000	20.0000	39.0000	
70.0000	70.0000	92.0000	140.0000	20.0000	22.0000	
140.0000	140.0000	179.0000	210.0000	20.0000	39.0000	
210.0000	210.0000	239.0000	280.0000	20.0000	29.0000	
280.0000	280.0000	304.0000	350.0000	20.0000	24.0000	
350.0000	350.0000	389.0000	420.0000	20.0000	39.0000	
420.0000	420.0000	444.0000	490.0000	20.0000	24.0000	
490.0000	490.0000	529.0000	560.0000	20.0000	39.0000	
560.0000	560.0000	589.0000	630.0000	20.0000	29.0000	
630.0000	630.0000	652.0000	700.0000	20.0000	22.0000	
700.0000	700.0000		770.0000			

sl.10b

Na isti način izračunavamo vrijeme odziva pojedinačnih instanci i za Task T2 vrijeme odziva za sve slučajeve je 2 ms (sl.10c), dok je za Task T3 vrijeme odziva prikazano na sl.10d.

General	Logs	Tasks	Scheduler	Processors	
General	TASK T1	TASK T2	TASK T3		
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time
0.0000	0.0000	2.0000	20.0000	2.0000	2.0000
20.0000	20.0000	22.0000	40.0000	2.0000	2.0000
40.0000	40.0000	42.0000	60.0000	2.0000	2.0000
60.0000	60.0000	62.0000	80.0000	2.0000	2.0000
80.0000	80.0000	82.0000	100.0000	2.0000	2.0000
100.0000	100.0000	102.0000	120.0000	2.0000	2.0000
120.0000	120.0000	122.0000	140.0000	2.0000	2.0000
140.0000	140.0000	142.0000	160.0000	2.0000	2.0000
160.0000	160.0000	162.0000	180.0000	2.0000	2.0000
180.0000	180.0000	182.0000	200.0000	2.0000	2.0000
200.0000	200.0000	202.0000	220.0000	2.0000	2.0000
220.0000	220.0000	222.0000	240.0000	2.0000	2.0000
240.0000	240.0000	242.0000	260.0000	2.0000	2.0000
260.0000	260.0000	262.0000	280.0000	2.0000	2.0000
280.0000	280.0000	282.0000	300.0000	2.0000	2.0000
300.0000	300.0000	302.0000	320.0000	2.0000	2.0000

sl.10c

General	Logs	Tasks	Scheduler	Processors		
General	TASK T1	TASK T2	TASK T3			
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time	CP
0.0000	0.0000	17.0000	50.0000	15.0000	17.0000	
50.0000	50.0000	67.0000	100.0000	15.0000	17.0000	
100.0000	100.0000	117.0000	150.0000	15.0000	17.0000	
150.0000	150.0000	167.0000	200.0000	15.0000	17.0000	
200.0000	200.0000	217.0000	250.0000	15.0000	17.0000	
250.0000	250.0000	267.0000	300.0000	15.0000	17.0000	
300.0000	300.0000	319.0000	350.0000	15.0000	19.0000	
350.0000	350.0000	367.0000	400.0000	15.0000	17.0000	
400.0000	400.0000	417.0000	450.0000	15.0000	17.0000	
450.0000	450.0000	467.0000	500.0000	15.0000	17.0000	
500.0000	500.0000	517.0000	550.0000	15.0000	17.0000	
550.0000	550.0000	567.0000	600.0000	15.0000	17.0000	
600.0000	600.0000	617.0000	650.0000	15.0000	17.0000	
650.0000	650.0000	669.0000	700.0000	15.0000	19.0000	
700.0000	700.0000		750.0000			

sl.10d

U slučaju RM algoritma vrijeme odziva ima isti redoslijed kao i u slučaju EDF algoritma. Task T2 sa najkraćim periodom izvršavanja ima i najmanje vrijeme odziva, zatim Task T3 pa Task T1. Na sl.11a ,sl.11b i sl.11c su prikazana vremena odziva za Task T1, Task T2 i Task T3, respektivno, za svaku instancu. Vidimo da u ovom slučaju i Task T3 za sve instance ima isto vrijeme odziva.

General	Logs	Tasks	Scheduler	Processors			
General	TASK T1	TASK T2	TASK T3				
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time	CPI	Pre
0.0000	0.0000	39.0000	70.0000	20.0000	39.0000		1
70.0000	70.0000	92.0000	140.0000	20.0000	22.0000		1
140.0000	140.0000	179.0000	210.0000	20.0000	39.0000		1
210.0000	210.0000	239.0000	280.0000	20.0000	29.0000		1
280.0000	280.0000	319.0000	350.0000	20.0000	39.0000		1
350.0000	350.0000	389.0000	420.0000	20.0000	39.0000		1
420.0000	420.0000	444.0000	490.0000	20.0000	24.0000		1
490.0000	490.0000	529.0000	560.0000	20.0000	39.0000		2
560.0000	560.0000	589.0000	630.0000	20.0000	29.0000		1
630.0000	630.0000	669.0000	700.0000	20.0000	39.0000		2
700.0000	700.0000		770.0000				0

sl.11a

General	TASK T1	TASK T2	TASK T3				
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time	CPI	I
0.0000	0.0000	2.0000	20.0000	2.0000	2.0000		0
20.0000	20.0000	22.0000	40.0000	2.0000	2.0000		0
40.0000	40.0000	42.0000	60.0000	2.0000	2.0000		0
60.0000	60.0000	62.0000	80.0000	2.0000	2.0000		0
80.0000	80.0000	82.0000	100.0000	2.0000	2.0000		0
100.0000	100.0000	102.0000	120.0000	2.0000	2.0000		0
120.0000	120.0000	122.0000	140.0000	2.0000	2.0000		0
140.0000	140.0000	142.0000	160.0000	2.0000	2.0000		0
160.0000	160.0000	162.0000	180.0000	2.0000	2.0000		0
180.0000	180.0000	182.0000	200.0000	2.0000	2.0000		0
200.0000	200.0000	202.0000	220.0000	2.0000	2.0000		0

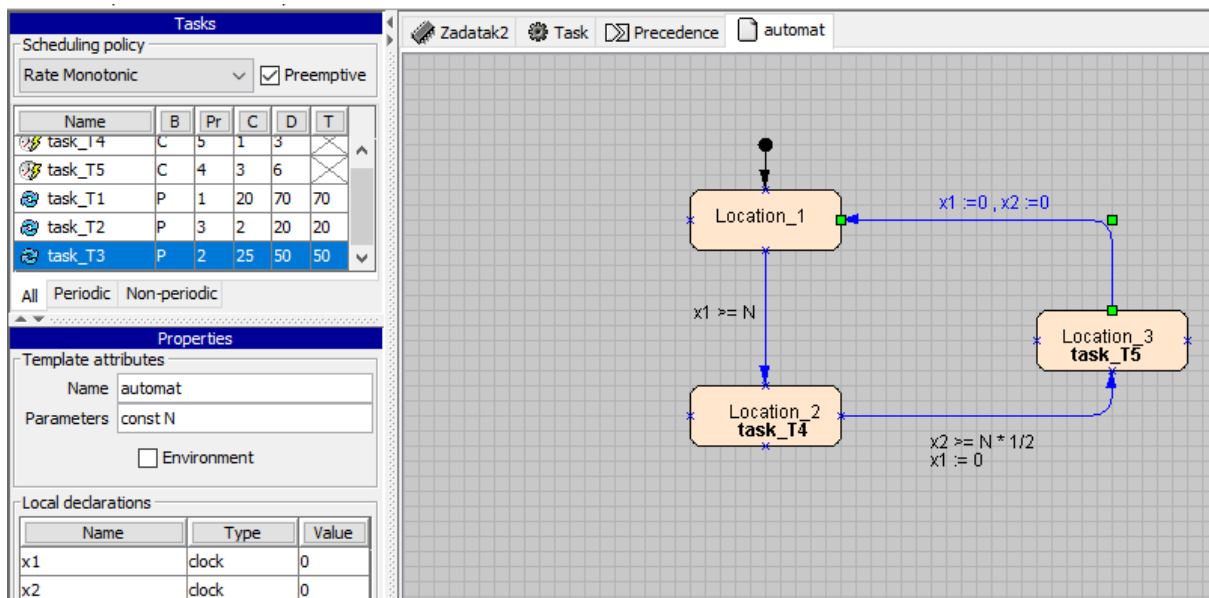
sl.11b

General	TASK T1	TASK T2	TASK T3		
Activation	Start	End	Deadline	Comp. time	Resp. time
0.0000	0.0000	17.0000	50.0000	15.0000	17.0000
50.0000	50.0000	67.0000	100.0000	15.0000	17.0000
100.0000	100.0000	117.0000	150.0000	15.0000	17.0000
150.0000	150.0000	167.0000	200.0000	15.0000	17.0000
200.0000	200.0000	217.0000	250.0000	15.0000	17.0000
250.0000	250.0000	267.0000	300.0000	15.0000	17.0000
300.0000	300.0000	317.0000	350.0000	15.0000	17.0000
350.0000	350.0000	367.0000	400.0000	15.0000	17.0000
400.0000	400.0000	417.0000	450.0000	15.0000	17.0000
450.0000	450.0000	467.0000	500.0000	15.0000	17.0000
500.0000	500.0000	517.0000	550.0000	15.0000	17.0000
550.0000	550.0000	567.0000	600.0000	15.0000	17.0000
600.0000	600.0000	617.0000	650.0000	15.0000	17.0000
650.0000	650.0000	667.0000	700.0000	15.0000	17.0000
-----	-----		-----		

sl.11c

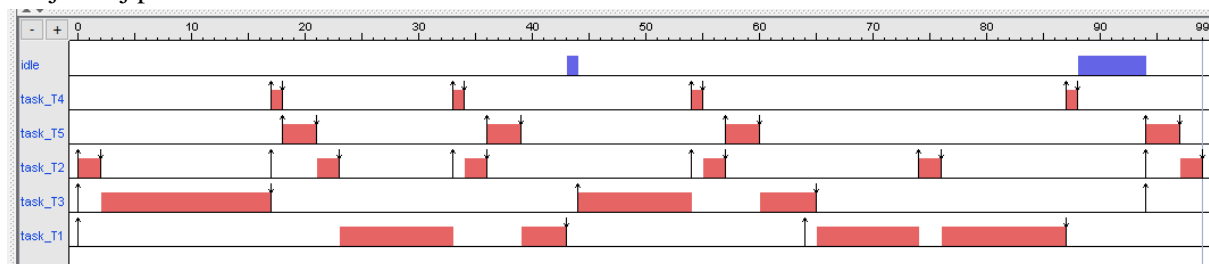
Zadatak 2. Skupu zadataka definisanom pod c) u prethodnom zadatku, dodati dva aperiodična zadatka, koji se aktiviraju u proizvoljno odabranim vremenskim trenucima i koji imaju proizvoljno odabrano vrijeme izvršavanja. Simulirati prošireni skup zadataka korišćenjem TIMES alata, a zatim priložiti i diskutovati dobijene rezultate. Analizirati slučaj kada postoji zavisnost između najmanje dva (proizvoljno odabrana) zadatka u odabranom skupu zadataka.

Na sl.12 je prikazan izgled automata kao i lista zadataka sa dva nova aperiodična zadatka. Task T4 je aperiodični zadatak koji ima vrijeme izvršavanja 1ms a aktivacija je u trećoj ms, dok za Task T5 je definisano da traje 3ms a aktivacija se dešava u šestoj ms. Zadaci imenovani kao task_T1,task_T2 i task_T3 odgovaraju zadacima iz prethodnog primjera (1c).

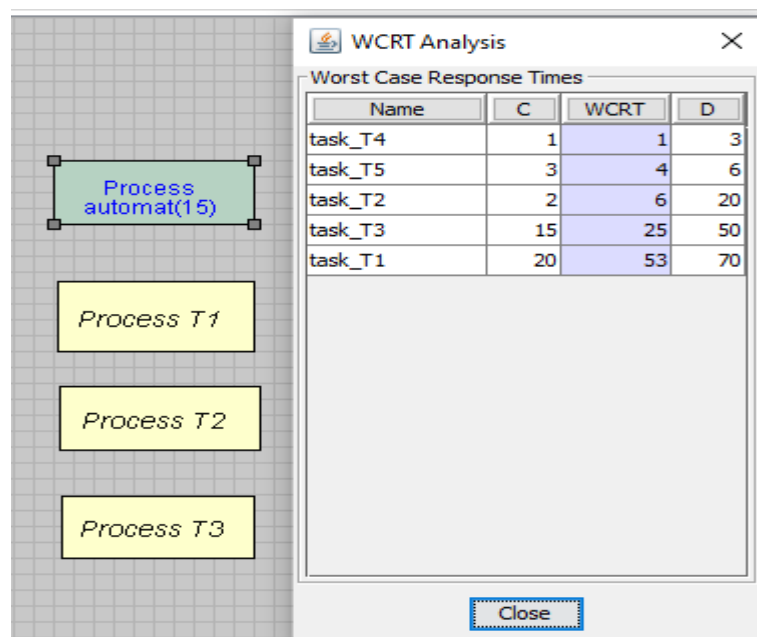


sl.12

Skup periodičnih zadataka je raspoređen Rate Monotonic algoritmom, rasporediv je i rezultat simulacije je prikazan na sl. 13. U ovom slučaju ne postoji zavisnost između zadataka. Na sl.13a je prikazan najgori slučaj vremena odziva za pojedinačne zadatke (WCRT) gdje vidimo da su vremena odziva duža nego u prethodnom primjeru (1c za RM algoritam) jer imamo i aperiodične zadatke koji imaju svoj prioritet.

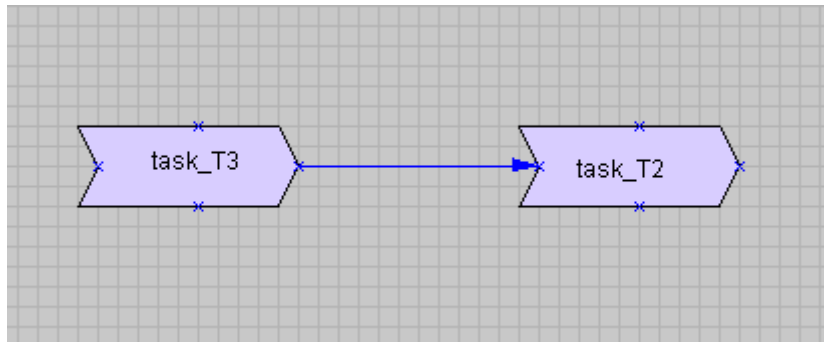


sl.13



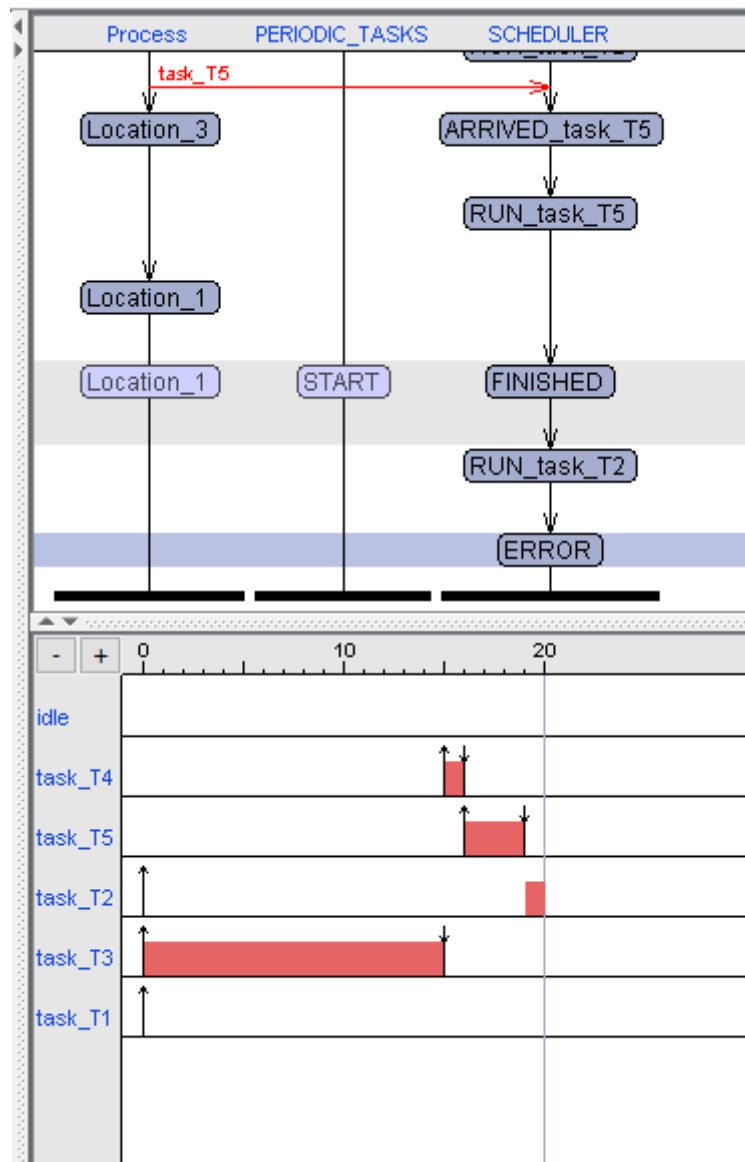
sl.13a

Ako dodamo zavisnost između čvorova, npr. task_T3 je uslov za izvršavanje task_T2 kao što je prikazano na sl.14.



sl.14

U ovom slučaju imamo rezultat simulacije prikazan na sl.14a i vidimo da skup zadataka nije raspoređi, pošto task_T2 zavisi od task_T3 i može početi sa izvršavanjem tek kada task_T3 završi, ali u ovom slučaju nije došlo do ispunjenja deadline-a za task_T2, izvršen je 1ms.



sl.14a