

Procesorski sistemi v telekomunikacijah  
Sistemi s sprotnim odzivom



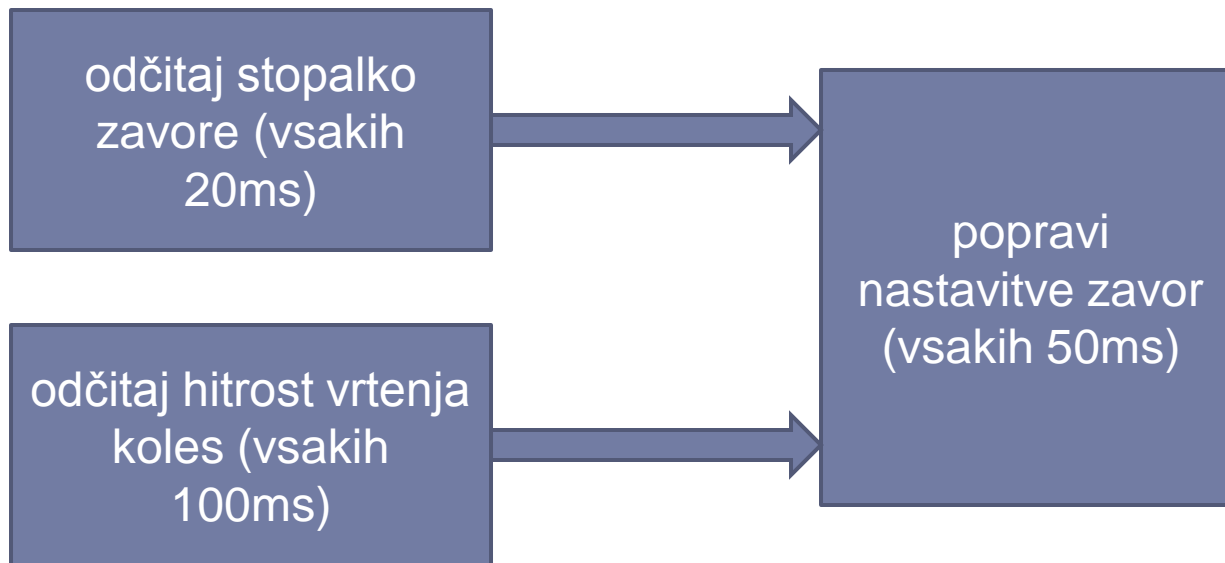
(c) Arpad Bűrmen, 2010-2012

# Sistemi s sprotnim odzivom

## Real-time systems

---

- ▶ Sistem mora vzporedno opravljati več nalog
- ▶ Vsaka naloga mora biti opravljena znotraj predpisanih časovnih okvirjev.
- ▶ Primer: sistem ABS v avtomobilu – 3 opravila



# Skrajni rok

## Deadline (D)

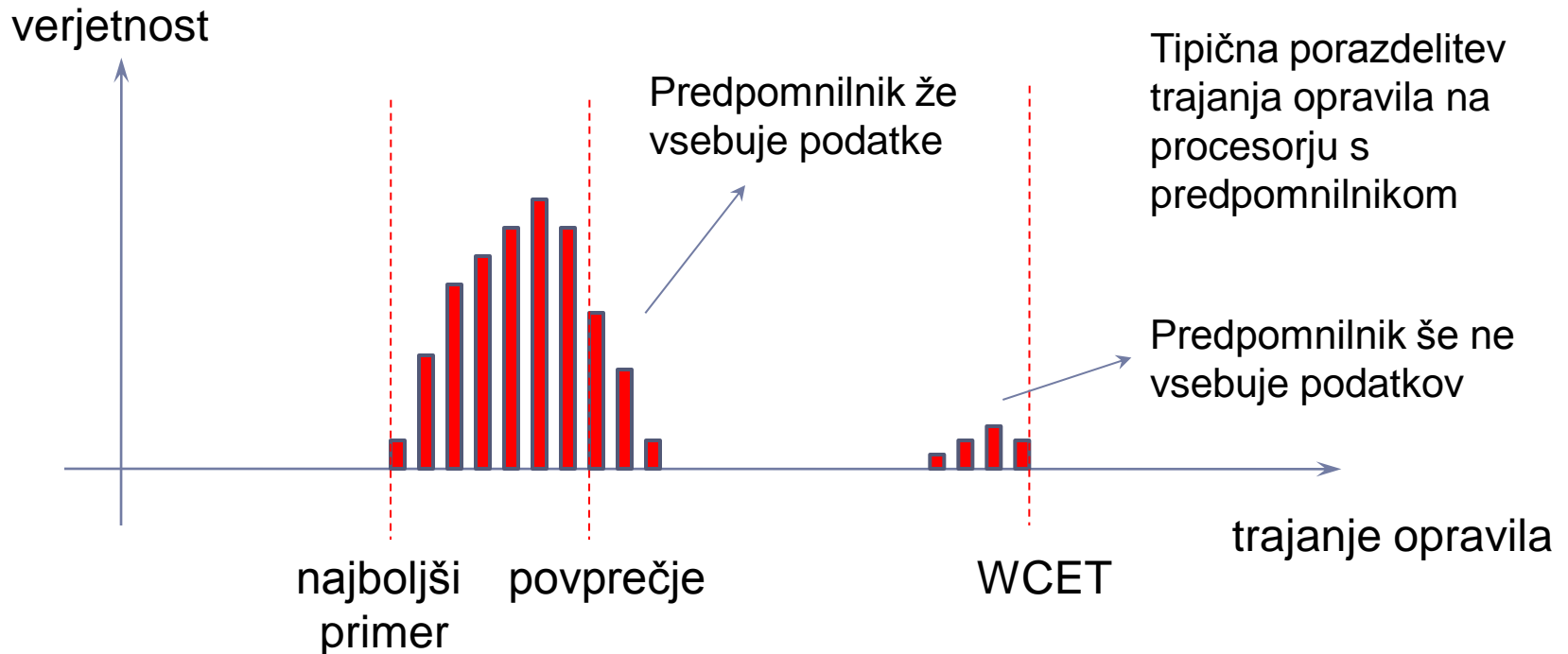
---

- ▶ Najdaljši čas, ki sme preteči od trenutka, ko se pojavi zahteva po začetku opravljanja do trenutka, ko je opravilo končano.
- ▶ Trdi skrajni rok (hard deadline)  
če se ga sistem ne drži so posledice katastrofalne (medicinski sistemi, krmiljenje letal, ...)
- ▶ Mehki skrajni rok (soft deadline)  
vrednost odziva sistema upada sorazmerno s časom prekoračitve skrajnega roka  
(npr. dekodiranje videa – večja ko je zamuda, dlje časa je video ustavljen in slika miruje)

# Najneugodnejši čas izvajanja

## Worst Case Execution Time (WCET)

- ▶ Neko opravilo ne traja nujno zmeraj enako dolgo.
- ▶ WCET je najdaljši čas, ki je potreben za dokončanje opravila, če bi mikroprocesor izvajal samo to opravilo.



- ▶ Hitrejši mikroprocesor – krajši WCET.

# Periodična in sporadična opravila

---

## ▶ **Periodična opravila**




- ▶ Opravila, ki jih je treba izvesti z določeno periodo.
- ▶ Podana je perioda opravila ( $T$ )
- ▶ Primer:  
odčitavanje vrtljajev motorja v sistemu za upravljanje z motorjem

## ▶ **Sporadična (aperiodična) opravila**

- ▶ Opravila, po katerih se lahko pojavi potreba kadarkoli
- ▶ Podana je najmanjša pričakovana perioda ( $T_{\min}$ ), ki ima podobno vlogo, kot perioda pri periodičnih opravilih.
- ▶ Primer:  
samodejni izklop motorja, če avto stoji dlje kot 2 sekundi,  
samodejni vklop motorja ob pritisku na stopalko za plin


# Razvrščanje opravil (Scheduling)

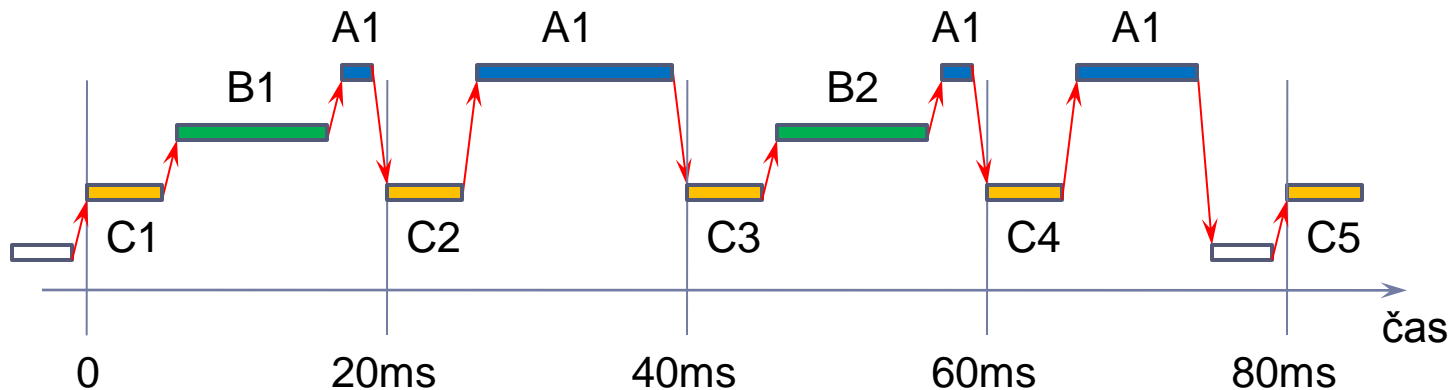
- ▶ Je dodeljevanje procesorskega časa posameznim opravilom.

Opravilo	Perioda (T) [ms]	WCET [ms]	
A	80	25	 25ms ... A
B	40	10	 10ms ... B
C	20	5	 5ms ... C

 procesor je brez dela (4ms)

Skrajni rok (D) je enak periodi (T).

 kontekstni preskok (1ms)



- ▶ Opravilo z višjo prioriteto lahko prekine izvajanje opravila z nižjo prioriteto.

- ▶ 6 Opravili B in C imata višjo prioriteto kot opravilo A.

# Razvrstljivost opravil (Schedulability)

---

- ▶ Problem: ali se da izpolniti podane zahteve po WCET in periodi?
- ▶ Ugotavljanje razvrstljivosti je v splošnem težek problem.  
Primer:  
spodnjih zahtev se ne da izpolniti

Opravilo	Perioda (T) [ms]	WCET [ms]
A	80	50
B	40	10
C	20	5

V 80ms bi se opravila A, B in C morala izvršiti 1, 2 in 4 krat, kar bi pomenilo, da skupaj potrebujejo (brez kontekstnih preskokov)

$50\text{ms} + 10\text{ms} \times 2 + 5\text{ms} \times 4 = 90\text{ms}$  časa.

- 
- ▶ <sup>7</sup> Če imata opravila B in C višji prioriteti od opravila A, slednje zamudi skrajni rok za končanje svoje druge ponovitve (A?)

# Načini dodeljevanja prioritiet (priority assignment)

---

## ▶ **Statično dodeljevanje prioritiet**

- ▶ Najvišja prioriteta opravilu z najmanjšo periodo (T)  
Rate-Monotonic Priority Order (RMPO)
- ▶ Najvišja prioriteta opravilu z najmanjšim D/T –  
Deadline-Monotonic Priority Ordering (DMPO)

## ▶ **Dinamično dodeljevanje prioritiet**

- ▶ Najvišja prioriteta opravilu za katero je trenutek, ko mora biti končano, najbližje - Earliest Deadline First (EDF)
- ▶ Najvišja prioriteta opravilu, za katero je razlika med preostalim časom do trenutka, ko mora biti končano (določen z D) in preostalim časom, ki je potreben, da opravilo zaključimo (določen z WCET) najmanjša - Least-slack time



# Strojna oprema in programiranje

---

- ▶ **Težave z izračunom WCET (nepredvidljivost)**
- ▶ Predpomnilnik – nepredvidljiv dostopni čas do podatkov (velike variacije WCET, ko v predpomnilniku ni podatka)
- ▶ Enota za upravljanje s pomnilnikom (MMU) – nepredvidljiv dostopni čas do podatkov zaradi nalaganja preslikave iz pomnilnika
- ▶ Cevovodno izvajanje - težko predvidljiv čas izvajanja ukazov (soodvisnost ukazov, mehurčki, zakasnitve izvajanja)
  
- ▶ **Programiranje**  
pogosto v jeziku ADA, ki s svojo strogostjo in vgrajeno podporo za programiranje sistemov s sprotnim odzivom zmanjša možnost napak.
  
- ▶ **Operacijski sistemi**  
QNX, VxWorks, RTLinux, Windows CE, FreeRTOS, ...