

# **Upravljanje u realnom vremenu**

# Obrada u realnom vremenu - pojam

- “A real-time systems is one in which the correctness of a result not only depends on the logical correctness of the calculation but also upon the time at which the result is made available. “
- Pojam realnog vremena - pojam obrade podataka u realnom vremenu, tj. sa nekim vremenskim ograničenjem.
- Očekuje se da to vreme bude „dovoljno malo“.

# Podela sistema

- Rad sistema u realnom vremenu se može podeliti na tri osnovna načina rada:
  1. Sistemi sa radom u *tvrdom* (hard real-time) realnom vremenu
  2. Sistemi sa radom u *čvrstom* (firm real-time ) realnom vremenu
  3. Sistemi sa radom u *mekom* (soft real-time) realnom vremenu

# Hard real-time

- Sisteme koji rade u tvrdom (hard real-time) realnom vremenu karakteriše osobina da sistem mora reagovati na svaki događaj koji mu se pošalje za tačno određeno unapred zadato vreme.
- Ukoliko se makar jednom ne zadovolji ovaj uslov sistem ne radi u tvrdom realnom vremenu.
- Ukoliko se desi takav događaj da sistem ne reaguje u adekvatnom vremenu, ovo izaziva nepopravljive posledice po proces, ljude ili pravi velike troškove.

# Hard real-time

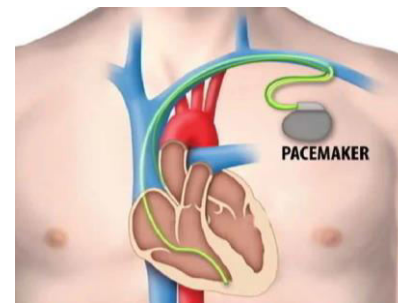
- Ovakvi sistemi su karakteristični u medicini, odnosno u izradi medicinske opreme (npr. pejsmejkeri), u vojnoj industriji, u istraživanju svemira, u avio industriji, auto industriji, procesnoj industriji i raznim drugim sferama života.
- Jako je važno koristiti ovakve sisteme za procese koji se tiču sigurnosti, naročito kada takvi procesi imaju neposredan uticaj na ljudski život.



Hemijska postrojenja i nuklearne elektrane



Autopilot kod aviona



Pacemaker

# Firm real-time

- Sistemi koji rade u u čvrstom (firm real-time) realnom vremenu mogu da ponekad ne zadovolje vremensko ograničenje.
- Ukoliko se ne zadovolji vremensko ograničenje sistem može da "preživi" ako se takvo ponašanje javlja "dovoljno" retko.
- Takvi događaji se ne uzimaju u obzir za celokupnu realizaciju ponašanja sistema, tj. iako sistem obradi podatke posle zahtevanog vremena, oni se zanemaruju.

# Firm real-time

- Primeri ovakvih sistema su recimo kod digitalnih prijemnika kablovske televizije, sistemi za online procesiranje slika ili kada proizvodni pogon napravi loše izrađen deo, pa se on eliminiše kao škart.



# Soft real-time

- Sistemi koji rade u mekom (soft real-time) realnom mogu da prekorače vremensko ograničenje i umereno često.
- Kod ovih sistema ne postoji striktna potreba da sistem reaguje u određenom vremenu. Ako sistem može da reaguje za to vreme, to je poželjno, ali opet nije problem ako zakasni sa reakcijom.
- Kod ovakvih sistema podatak koji sistem obradi nakon vremenskog ograničenja ostaje validan.
- Primer ovakvih sistema predstavljaju vremenske stanice ili sistemi koji obrađuju rezultate atletskih takmičenja, pedometri, kompjuterske igrice itd.



# Hard vs. Soft-Real Time

## Hard vs. Soft Real-Time Applications



# Real Time vs. High Performance

- Nije isto
- Superkompjuteri – impresivne performance, ali ne moraju raditi u realnom vremenu
- ABS (Anti-lock Braking system) mora raditi u realnom vremenu, ali ne mora imati visoke performance
- Programi za šah – kod vremenskog ograničenja, poželjno realno vreme; bez ograničenja, ne mora biti. Visoke performance moraju postojati
- Zaključak:
  - Real-Time sistemi – moraju obezbediti konzistentan izlaz
  - High Performance – visoka “propusna moć”

# Osnovne karakteristike sistema koji rade u realnom vremenu

- Odziv
- Determinizam
- Prioriteti

# ODZIV kod RT sistema

- Ukoliko aplikacija/sistem treba da reaguje na neki događaj poput promene ulaza/izlaza ili promene nekog unutrašnjeg stanja aplikacije potrebno je da reaguje u odgovarajućem vremenu.
- Ovo vreme koje je potrebno aplikaciji/sistemu da reaguje na takav događaj naziva se ODZIV. Za potrebe industrijskih aplikacija ono je reda veličina od nekoliko milisekundi do nekoliko sekundi. Praktično, za većinu kritičnih aplikacija od interesa koje rade u realnom vremenu, ovo vreme je reda veličine milisekundi, mikrosekundi ili čak nanosekundi.
- Da bi se hardverski i softverski projektovao sistem koji kvalitetno radi mora se voditi računa od odzivu, jer se na osnovu njega konfigurišu upravljačke petlje, odnosno njihovo trajanje.

# DETERMINIZAM kod RT sistema

- DETERMINIZAM predstavlja ponovljivost vremena reakcije na određeni događaj ili u smislu upravljanja, ponovljivost vremena izvršavanja upravljačke petlje.
- Ukoliko upravljačka petlja prekorači vreme izvršavanja, to vreme za koje je petlja prekoračila unapred zahtevano vreme izvršavanja se naziva *jitter*. U zavisnosti od toga da li postoji *jitter* i koliki je, može se govoriti o pouzdanosti sistema koji rade u realnom vremenu.

# PRIORITET kod RT sistema

- U upravljačkim sistemima postoji potreba za jednovremenim procesiranjem više različitih zadataka poput upravljanja, monitoringa (nadzora) i komunikacionih zadataka.
- Često je potrebno da te zadatke podeli jedan procesor, pa se zbog toga mora voditi računa o tome koji je zadatak najvažniji i kako obezbediti „paralelno“ procesiranje više zadataka.
- Nepisano pravilo je da upravljačke petlje imaju najviši prioritet, dok komunikacione petlje imaju nešto niži prioritet, a neki zadaci poput logovanja ili monitoringa ili pristupa web serveru imaju još niži prioritet.

# Komponente RT sistema



## Softver

- RTOS
- Podrška za paralelizam (multitasking i multithreading)
- Predvidljivost
- Sposobnost odgovora na spoljašnje događaje
- Poslednja dva – system latency

# Komponente RT sistema



## Softver

- Razvojni alati: Kompajler, linker, debager su neophodni da se generiše kod kompatibilan sa RTOS.
  - **Kompajler** predstavlja računarski program koji prevodi računarski kod napisan u jednom programskom jeziku (izvorni jezik) u drugi jezik (ciljni jezik) – uglavnom je to iz jezika višeg nivoa u jezik nižeg nivoa
  - **Linker** - U računarstvu, *linker* ili uređivač veza je uslužni program za računare koji uzima jednu ili više objektnih datoteka generisanih pomoću *compilera* (prevodioca) ili *asemblera* (alata za sklapanje) i kombinuje ih u jednu izvršnu datoteku, biblioteku ili drugu datoteku 'objekta'.
  - **Debager** ili alat za uklanjanje grešaka je računarski program koji se koristi za testiranje i uklanjanje grešaka drugih programa



# Komponente RT sistema



## Softver

- Drajveri: potrebni su za komunikaciju između RTOS i hardvera i I/O modula. RT kompatibilni drajveri su neophodni da obezbede RT komunikaciju za I/O operacije.

# Komponente RT sistema



## Hardver

- I/O moduli i sistemski hardver sa RT drajverima.
- Robustan hardver (opciono): Šasija koja je sposobna da opstane u teškim uslovima i da radi pouzdano u dugom vremenskom periodu.
- Watchdog tajmer (opciono): Integrirani tajmer koji može da restartuje ceo uređaj ako korisnički program prekine sa radom.







## Obrada u realnom vremenu - pojam

- Pojam realnog vremena u kontekstu materije koju obuhvata ovaj kurs se najbolje može shvatiti kao pojam obrade podataka u realnom vremenu.
- U svojoj najširoj predstavi pojam obrade podataka u realnom vremenu se može razumeti kao obrada tih podataka sa nekim vremenskim ograničenjem.
- U kontekstu obrade podatka uz pomoć računarskih sistema očekuje se da to vreme bude „dovoljno malo“.

## Podela sistema



Rad sistema u realnom vremenu se može podeliti na tri osnovna načina rada:

- **1. Sistemi sa radom u *tvrdom* (hard real-time) realnom vremenu**
- **2. Sistemi sa radom u *čvrstom* (firm real-time ) realnom vremenu**
- **3. Sistemi sa radom u *mekom* (soft real-time) realnom vremenu**

## Hard real-time



- Sisteme koji rade u tvrdom (hard real-time) realnom vremenu karakteriše osobina da sistem mora reagovati na svaki događaj koji mu se pošalje za tačno određeno unapred zadato vreme.
- Ukoliko se makar jednom ne zadovolji ovaj uslov sistem ne radi u tvrdom realnom vremenu.
- Ukoliko se desi takav događaj da sistem ne reaguje u adekvatnom vremenu, ovo izaziva nepopravljive posledice po proces, ljude ili pravi velike troškove.



## Hard real-time



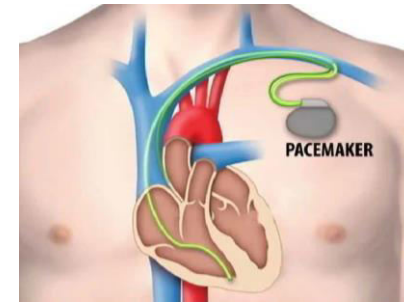
- Ovakvi sistemi su karakteristični u medicini, odnosno u izradi medicinske opreme (npr. pejsmejkeri), u vojnoj industriji, u istraživanju svemira, u avio industriji, auto industriji, procesnoj industriji i raznim drugim sferama života.
- Jako je važno koristiti ovakve sisteme za procese koji se tiču sigurnosti, naročito kada takvi procesi imaju neposredan uticaj na ljudski život.



Hemijska postrojenja i nuklearne elektrane



Autopilot kod aviona



Pacemaker

## Firm real-time



- Sistemi koji rade u u čvrstom (firm real-time) realnom vremenu mogu da ponekad ne zadovolje vremensko ograničenja.
- Ukoliko se ne zadovolji vremensko ograničenje sistem može da "preživi" ako se takvo ponašanje javlja "dovoljno" retko.
- Takvi događaji se ne uzimaju u obzir za celokupnu realizaciju ponašanja sistema, tj. iako sistem obradi podatke posle zahtevanog vremena, oni su bezvredni.

## Firm real-time



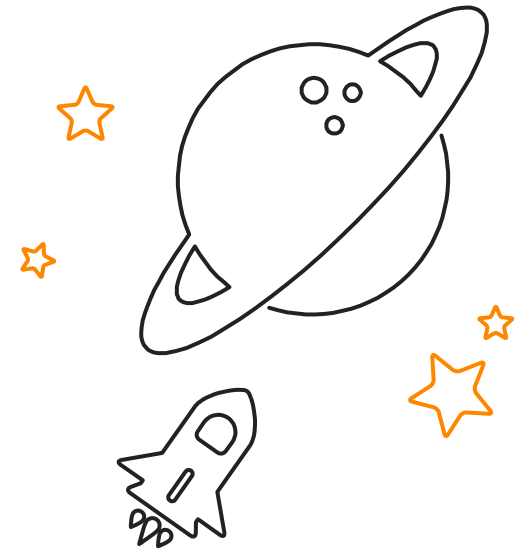
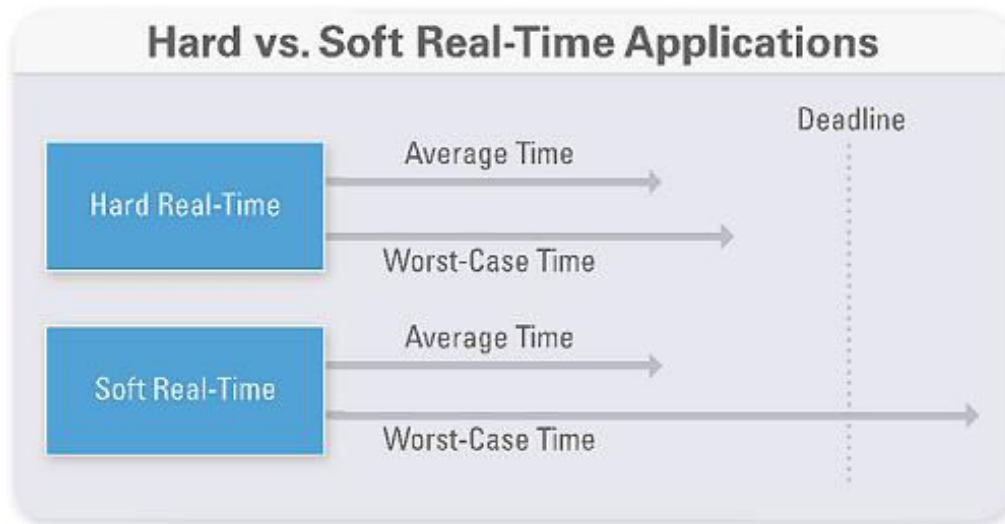
- Primeri ovakvih sistema su recimo kod digitalnih prijemnika kablovske televizije, sistemi za online procesiranje slika ili kada proizvodni pogon napravi loše izrađen deo, pa se on eliminiše kao škart.



## Soft real-time



- Sistemi koji rade u mekom (soft real-time) realnom vremenu ne moraju da zadovolje vremensko ograničenje retko, tj. mogu da prekorače vremensko ograničenje i umereno često.
- Kod ovih sistema ne postoji striktna potreba da sistem reaguje u određenom vremenu, ali ako može da reaguje za to vreme, to je poželjno, ali opet nije problem ako sistem zakasni sa reakcijom.
- Kod ovakvih sistema podatak koji sistem obradi nakon vremenskog ograničenja ostaje validan.
- Primer ovakvih sistema predstavljaju vremenske stanice ili recimo sistemi koji obrađuju rezultate atletskih takmičenja, pedometri itd.



Hard Real-Time vs. Soft Real-Time



Osnovne karakteristike  
sistema koji rade u  
realnom vremenu

**ODZIV**

**DETERMINIZAM**

**PRIORITETI**

## ODZIV kod RT sistema



- Ukoliko aplikacija/sistem treba da reaguje na neki događaj poput promene ulaza/izlaza ili promene nekog unutrašnjeg stanja aplikacije potrebno je da reaguje u odgovarajućem vremenu.
- Ovo vreme koje je potrebno aplikaciji/sistemu da reaguje na takav događaj naziva se ODZIV. Ovo vreme je najčešće za potrebe industrijskih aplikacija reda veličina od nekoliko milisekundi do par sekundi. Praktično, za većinu kritičnih aplikacija od interesa koje rade u realnom vremenu, ovo vreme je reda veličine, mikrosekundi, milisekundi ili nanosekundi.
- Da bi se hardverski i softverski projektovao sistem koji kvalitetno radi mora se voditi računa od odzivu, jer se na osnovu njega konfigurišu upravljačke petlje, odnosno njihovo trajanje.

## DETERMINIZAM kod RT sistema



- DETERMINIZAM predstavlja ponovljivost vremena reakcije na određeni događaj ili u smislu upravljanja, ponovljivost vremena izvršavanja upravljačke petlje.
- Ukoliko upravljačka petlja prekorači vreme izvršavanja, to vreme za koje je petlja prekoračila unapred zahtevano vreme izvršavanja se naziva *jitter*. U zavisnosti od toga da li postoji *jitter* i koliki je, može se govoriti o pouzdanosti sistema koji rade u realnom vremenu.



## PRIORITET kod RT sistema

- U upravljačkim sistemima postoji potreba za jednovremenim procesiranjem više različitih zadataka poput upravljanja, monitoringa (nadzora) i komunikacionih zadataka.
- Često je potrebno da te zadatke podeli jedan procesor, pa se zbog toga mora voditi računa o tome koji je zadatak najvažniji i kako obezbediti „paralelno“ procesiranje više zadataka.
- Nepisano pravilo je da upravljačke petlje imaju najviši prioritet, dok komunikacione petlje imaju nešto niži prioritet, a neki zadaci poput logovanja ili monitoringa ili pristupa web serveru imaju još niži prioritet.

## Komponente RT sistema



### Softver

- RTOS
- Razvojni alati: Kompajler, linker, debager su neophodni da se generiše kod kompatibilan sa RTOS.
- Drajveri: potrebni su za komunikaciju između RTOS i hardvera i I/O modula. RT kompatibilni drajveri su neophodni da obezbede RT komunikaciju za I/O operacije.

## Komponente RT sistema



### Razvojni alati

- **Kompajler** predstavlja računarski program koji prevodi računarski kod napisan u jednom programskom jeziku (izvorni jezik) u drugi jezik (ciljni jezik) – uglavnom je to iz jezika višeg nivoa u jezik nižeg nivoa
- **Linker** - U računarstvu, *linker* ili uređivač veza je uslužni program za računare koji uzima jednu ili više objektnih datoteka generisanih pomoću *compilera* (prevodioca) ili *asemblera* (alata za sklapanje) i kombinuje ih u jednu izvršnu datoteku, biblioteku ili drugu datoteku 'objekta'.
- **Debager** ili alat za uklanjanje grešaka je računarski program koji se koristi za testiranje i uklanjanje grešaka drugih programa

## Komponente RT sistema



### Hardver

- I/O moduli i sistemski hardver sa RT drajverima.
- Robustan hardver (opciono): Šasija koja je sposobna da opstane u teškim uslovima i da radi pouzdano u dugom vremenskom periodu.
- Watchdog tajmer (opciono): Integrirani tajmer koji može da restartuje ceo uređaj ako korisnički program prekine sa radom.