

# Praktikum iz operativnih sistema

## Lekcija 1: Uvod

zima 2019/2020

Prof. dr Branimir Trenkić

Fakultet za kompjuterske nauke, Univerzitet Megatrend

# O meni....

- **Branimir M. Trenkić**
- Doktor tehničkih nauka, oblast – računarske i telekomunikacione mreže
- Redovni profesor **Fakulteta za kompjuterske nauke** Megatrend Univerziteta
- e-mail: [trenkic.branimir@gmail.com](mailto:trenkic.branimir@gmail.com)
  - Molim da subject- linija Vašeg e-mail-a počinje sa kodom kursa (POS)

# O kursu....

- Obim: **2 + 2** (7 ESPB bodova)
- Termini:
  - Predavanja: **ponedeljak** 09:00 – 10:45, sala K3
  - Vežbe: **petak** 13:00 – 14:45, sala K1
- Okosnica kursa:  
*Analitički pristup* u analizi osnovnih funkcija operativnog sistema

# O kursu....

- ***Način polaganja:***
- ***Predispitne obaveze***
  - Aktivnost na nastavi (10 poena)
  - Odbrana vežbi (20 poena)
  - Teorijski deo ispita – Dva kolokvijuma (2 x 35 poena)
  - ***Više od 50 poena – položen ispit!***
- ***Ispit***
  - U prvom roku (januarski) priznaju se rezultati na osnovu predispitnih obaveza

# Osnovni materijal kursa

**Prezentacije predavanja** (*pdf format*)

(Obavezna distribucija svim polaznicima kursa!)

**Dodatni materijali korišćeni na predavanjima**

(Obavezna distribucija svim polaznicima kursa!)

**Zbirka rešenih zadataka**

(Obavezna distribucija svim polaznicima kursa!)

# Dodatni materijal kursa

**Knjiga** (*pdf format*)

(Možete je naći u biblioteci Univerziteta)

## ***OPERATIVNI SISTEMI***

### ***Teorija, praksa i rešeni zadaci***

Borislav Đorđević, Dragan Pleskonjić, Nemanja Maček

Napomena: ***Poglavlja 1, 2, 3 i 4***

# Dodatni materijal kursa

**Knjiga** (*pdf format*)

(Distribucija na zahtev!)

## **Hard Real-Time Computing Systems**

*Predictable Scheduling  
Algorithms and Applications  
Second Edition*

**Giorgio C. Buttazzo**  
*University of Pavia, Italy*

# Cilj kursa

## **Praktikum**

- **Upravljanje resursima i procesima računarskog sistema**
  - **Analitički pristup** u analizi ovih funkcija operativnog sistema
    - Specifičnost okruženje u kome sistem funkcioniše (**vremenska uslovljenost, ....**)

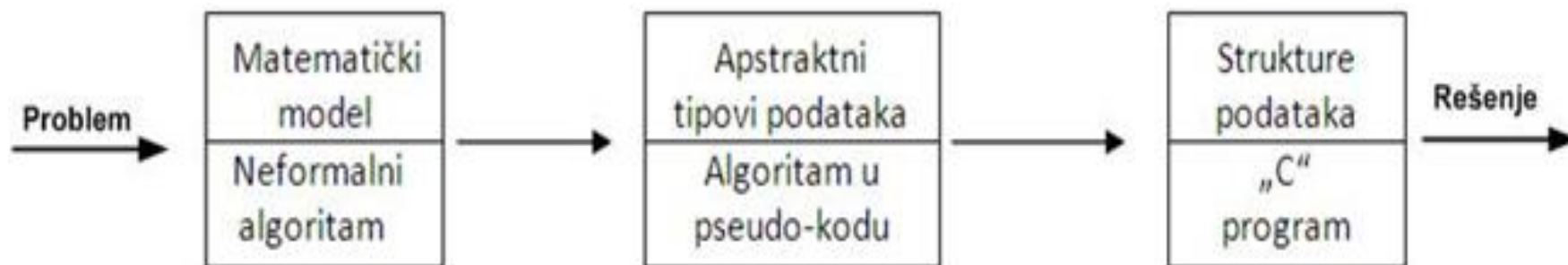
## **Dalje**

- Teorija operativnih sistema
  - IV godina studija



# Nastavak.....

- Gde ste stali prošlog semestra?



- Da li smo praktično **rešili problem?**
- Naravno, nismo
- **Program** – pasivni entitet u računarskom sistemu
- Program mora da se **“izvrši”!**

# OS – jedna definicija

- **Operativni sistem** u opštem smislu,
- **Skup programa** koji:  
„**omogućuju izvršavanje** (korisničkih) programa i **koordinaciju aktivnosti** računarskog sistema“
- **Skup programa** koji:  
(**A**) **upravljaju resursima** računarskog sistema i  
(**B**) **obezbeđuju interfejs** ka korisniku

# OS – jedna definicija

- **Operativni sistem** u opštem smislu,
- **Prva funkcija** – upravljanje resursima računara
- **Resurs?**
- Sve ono što je potrebno programu za rad
  - **Hardverski** resursi (**procesor**, memorija, ulazno-izlazni uređaji)
  - **Softverski** resursi (programi, podaci,...)

# Očekivane funkcije RS

- **Očekivane funkcije** jednog računarskog sistema:

## 1. ***Automatsko funkcionisanje***

Funkcionisanje ***bez intervencije operatera*** – ljudske intervencije su znatno sporije od računara

## 2. Mogućnost planiranja i ***raspoređivanja poslova***

Kome će biti dodeljen procesor. Jezik za upravljanje posl.

## 3. ***Multiprogramiranje***

(*multiprogramming, multiprocessing, multitasking, multithreading*)

## 4. ***Eliminisanje zavisnosti U/I operacija***

I/O operacije su mnogo sporije od procesora – treba ih izolovati od procesora (kanal - prekid), ***DMA prenos***

# Osnovne funkcije OS

- Na osnovu ***definicije operativnog sistema*** i ***očekivane funkcionalnosti***:
  - ***Upravljanje poslovima (raspoređivanje poslova) i interpretacija komandnog jezika***;
  - Rukovanje ulazno-izlaznim operacijama;
  - Rukovanje greškama i prekidima;
  - ***Upravljanje resursima***;
  - ***Omogućavanje višestrukog pristupa***;
  - Zaštita resursa od zlonamernih napada, slučajnih grešaka korisnika i grešaka u korisničkom programu;

# Osnovne funkcije OS

- Na osnovu ***definicije operativnog sistema*** i ***očekivane funkcionalnosti***:
  - Obezbeđivanje ***dobrog interfejsa*** za operatera i korisnika;
  - Obračun korišćenja računarskih resursa

# Uvod

- **Karakteristike (svojstva)** operativnih sistema:
  - **Konkurentnost**
    - Postojanje više istovremenih, **paralelnih aktivnosti**
    - Problem prelaska sa jedne aktivnosti na drugu
  - **Deoba resursa**
    - Konkurentne aktivnosti mogu da zahtevaju **deljenje nekog resursa**
  - **Postojanje dugotrajne memorije**
    - Potreba za **trajnim skladištenjem podataka**
  - **Nedeterminizam**
    - OS je **deterministički orjentisan** po pitanju izvršavanja programa a nedeterministički po pitanju opterećenja

# Uvod

- **Vrste operativnih sistema**
- Klasifikacija prema broju korisnika i procesa
- Po broju korisnika:
  - Jednokorisnički (**single-user**)
  - Višekorisnički (**multi-user**)
- Po broju poslova (taskova):
  - Jednoprocesni (**single-tasking**)
  - Višeproceni (**multi-tasking**)



# Uvod

- **Vrste operativnih sistema**
- Klasifikacija prema načinu obrade poslova
- Sistemi sa **grupnom (batch) obradom**
  - Korisnici predaju svoje poslove preko ulaznih jedinica
  - Izvršavaju se **jedan za drugim u** nizu (**seriji**)
- **Interaktivni sistemi**
  - **Time-sharing** sistemi
- **Kombinovani sistemi**

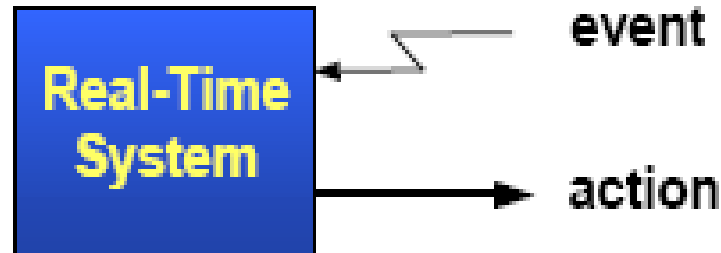
# Uvod

- ***Vrste operativnih sistema***
- Klasifikacija ***prema funkcionalnim osobinama računarskog sistema***
  - Operativni sistemi ***za velike računarske sistema***
  - Operativni sistemi ***za sisteme sa deljenjem vremena***
  - Operativni sistemi ***za stone računare***
  - Operativni sistemi za ***višeprocesorske sisteme***

# Uvod

- Klasifikacija prema ***funkcionalnim osobinama računarskog sistema***
  - ***Mrežni*** operativni sistemi
  - ***Distribuirani*** sistemi
  - ***Operativni sistemi za upravljanje u realnom vremenu***

# Šta je to RT sistem?



- **Definicija:**

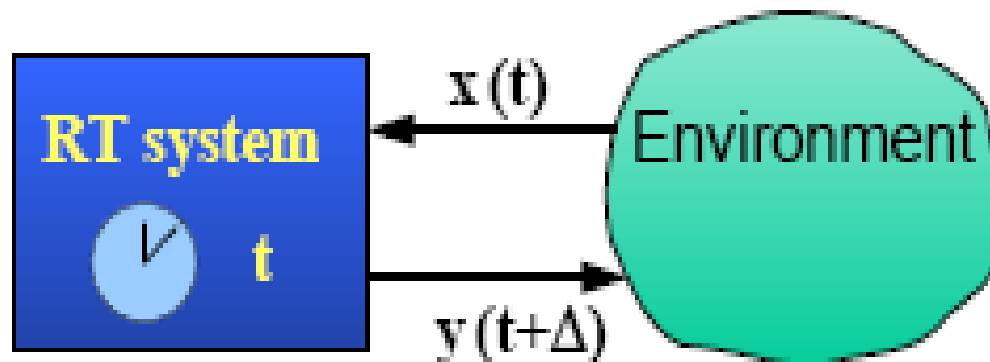
Sistem u realnom vremenu je bilo koji sistem za obradu informacija čiji je **odziv**, na eksterno generisanu ulaznu **pobudu**, **unutar konačnog i specificiranog vremenskog intervala.**

# Šta je to RT sistem?

- **Definicija:**

To je sistem u kome **korektnost** ne zavisi samo od **logičke ispravnosti** izlaznih vrednosti, nego **i od vremena** kada su ti rezultati proizvedeni (dostupni)

- **vremensko prekoračenje odziva** je isto toliko loše kao i **pogrešan odziv!**



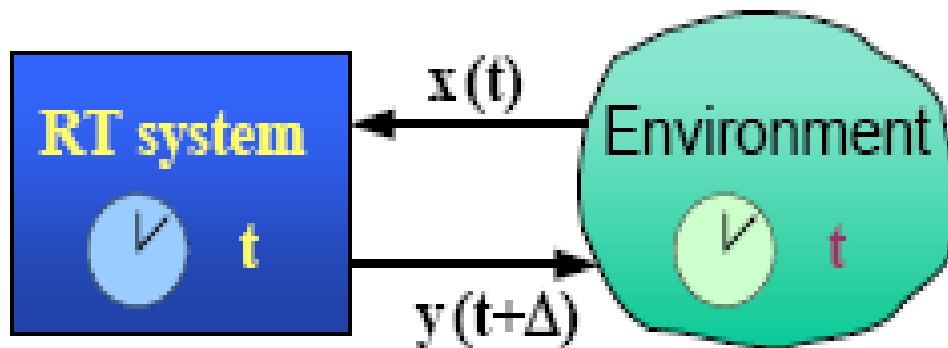
# Šta je to RT sistem?

- **Definicija:**

Sistem u realnom vremenu je sistem koji **mora zadovoljiti eksplicitne vremenske zahteve odziva** (ograničene vrednosti) **ili reskira** ozbiljne posledice, uključujući i **otkaz sistema**

# Realno vreme?

- **Definicija:**
- Pojam **REALNO VREME** znači da sistemsko vreme mora biti **sinhronizovano** sa vremenom u sredini na koju sistem deluje



# Povezani pojmovi

- ***Interaktivni sistem*** - neprekidna interakcija sa okruženjem (za razliku od obrade podataka)
- ***Ugrađeni*** (engl. ***embedded***) ***sistem*** – ***računarski sistem postavljen u svoje okruženje (uređaj koji kontroliše)***: kombinacija računarskog hardvera i softvera, namenjen u određene svrhe
- ***Bezbednosno kritični sistem*** – otkaz može prouzrokovati povrede, gubitak života, značajne finansijske gubitke



# Ugrađeni sistemi

- **Glavna primena** koncepta realnog vremena
- Značajna primena: procenjuje se da je **99%** svih proizvedenih procesora upotrebljeno u ugrađenim sistemima
- Nećemo ih specijalno razmatrati, ali ih treba uvek imati na umu

# Današnji OS - ograničenja

- **Multi-tasking.**
- Podrška paralelnom programiranju kroz **skup sistemskih poziva** za upravljanje procesima (*creata, activate, terminate, delay, suspend,...*)
- One uglavnom **ne uzimaju u obzir vreme** prilikom izvršavanja
- **Uvode neograničeno kašnjenje** u izvršavanju poslova – prekoračenje dozvoljenog vremena odziva

# Današnji OS - ograničenja

- Raspoređivanje zasnovano **na prioritetima**
- Vrlo **fleksibilan mehanizam** raspoređivanja
- Omogućuje **implementaciju različitih strategija** u upravljanju procesima
- Mogućnost brzog odgovora na eksterne interapte
- Problem: kod vremenski uslovljenih poslova – **složenost mapiranja vremenskih uslova poslova u prioritete**

# Današnji OS - ograničenja

- Osnovni mehanizmi za *komunikaciju i sinhronizaciju procesa*.
- *Binarni semafori* za realizaciju međusobne isključivosti u korišćenju deljenih resursa.
- *Bez protokola pristupa* – *inverzija prioriteta*

# Današnji OS - ograničenja

- *Mali kernel* i brzo *prebacivanje konteksta*
- Mali kernel *ograničava funkcionalnost* a samim tim i *predvidljivost* sistema
- RT kernel-i se projektuju na bazi *osnovne pretpostavke „timesharing” sistema* – poslovi se razmatraju kao *nepoznate aktivnosti koje se slučajno aktiviraju*

# Tipičan prigovor

- ***Nije isplativo investirati u teoriju sistema u realnom vremenu***, pre svega zbog eksponencijalnog ***rasta brzine*** računarskih sistema, sva vremenska uslovljavanja mogu bez problema biti ispinjena.

## ODGOVOR:

- Za proizvoljnu računarsku brzinu, ***moraju se dati garancije*** da će postavljeni vremenski zahtevi biti ispunjeni.
  - Testiranje **NIJE** dovoljno.

# RT sistemi $\neq$ Brzi sistemi

- **Sistem koji kao zahtev ima ograničeno vreme odziva - nije brz sistem**
- **Brzina** je uvek **relativna u odnosu na** određeno **okruženje**
- Velika **brzina** procesiranja je poželjna, ali **ne** **garantuje** korektno ponašanje sistema

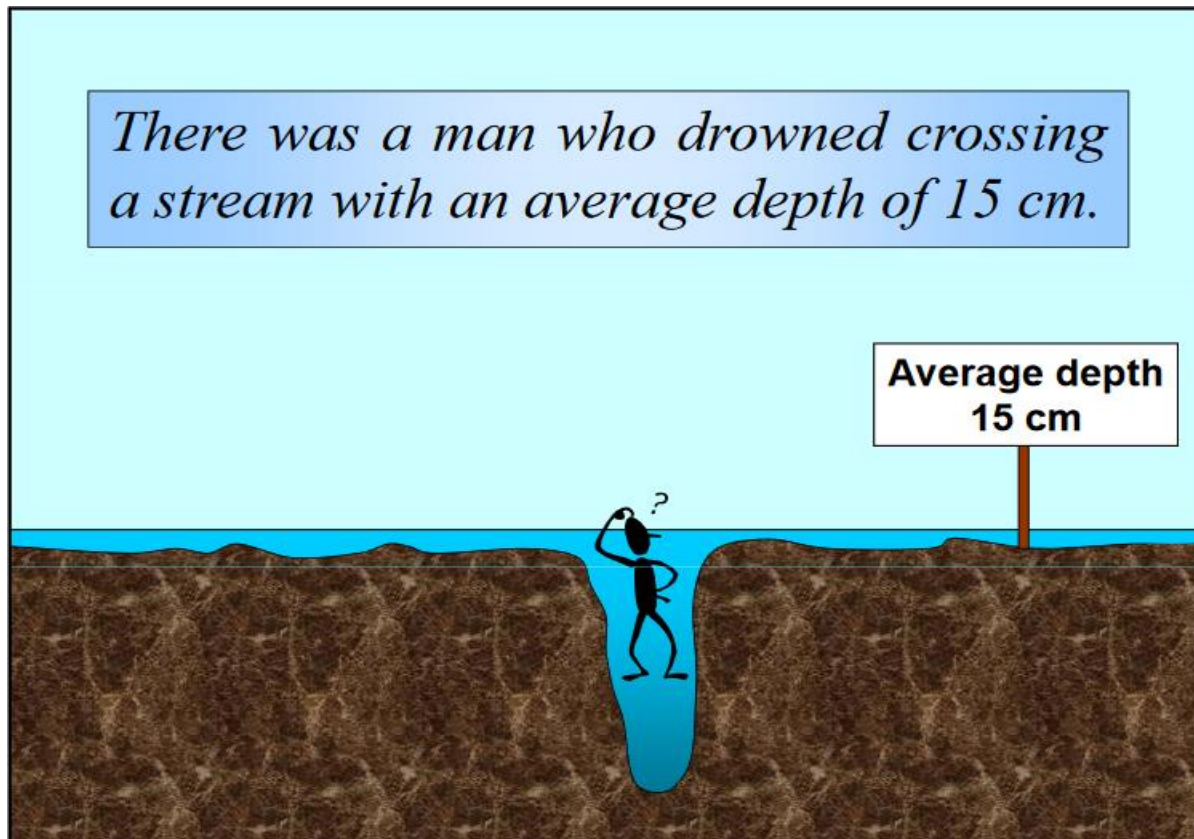
# Brzina - Predvidljivost

- Cilj *sistema u realnom vremenu* je da garantuje vremensko ponašanje svakog *individualnog* posla (task)
- Cilj *brzog sistema* je da *minimizira prosečno vreme odziva* *skupa* poslova
- Ne treba verovati *prosečnoj vrednosti* kada treba garantovati *individualnu performansu*



# Brzina - Predvidljivost

- Ne treba verovati prosečnoj vrednosti kada treba garantovati individualnu performansu



# Ciljne funkcionalnosti RTS-a

- ***Blagovremenost***
- ***Projektovan za vršna opterećenja***
- ***Predvidljivost***
  - Predvideti posledice bilo koje odluke raspoređivanja
  - Za neki posao se ne može u napred garantovati izvršenje unutar postavljenih vremenskih zahteva
- ***Otpornost na greške***
- ***Jednostavan za održavanje***

# Predvidljivost

- Jedna od najznačajnijih osobina koju bi sistemi u realnom vremenu trebalo da poseduje je – **predvidljivost**
- ***Sistem je u stanju da **predvidi** evoluciju poslova i **garantuje** da će strogi vremenski zahtevi biti zadovoljeni***
- To omogućuju određeni (i) **mehanizmi** jezgra operativnog sistema (**kernel**-a), kao i (ii) **informacije** koje se dodeljuju svakom poslu
- **Pouzdanost tih garancija zavisi** od vrlo širokog spektra faktora

# Izvori ne-determinizma...

- ***Arhitektonske karakteristike hardvera***
  - interna struktura samog procesora
    - brza memorija (**cache**), **interapti**, **DMA**
- ***Interne karakteristike operativnog sistema***
  - raspoređivanje, sinhronizacija, **tipovi semafora**
- ***Programski jezik***
  - ***nedostatak eksplicitne podrške vremena***
- ***Metodologije projektovanja***
  - Nedostatak analitičkih i verifikacionih tehnika

# Izvori ne-determinizma

- Među svim mehanizmima kernel-a, koji imaju uticaja na predvidljivost, algoritam raspoređivanja je najznačajniji faktor
- Odgovoran za:
  - Ispunjenje **vremenskih zahteva**,
  - Zadovoljenje **zahteva po pitanju deljenih resursa**

# Tradicionalni pristup

- Većina RT aplikacija je **projektovano na osnovu empirijskih tehnika**:
  - Asemblersko **programiranje**
  - Merenje vremena na osnovu **namenski konstruisanih tajmera**
  - Upravljanje kroz **drajver-programiranje**
  - Manipulacija **prioritetima**

# Nedostaci

- ***Veoma teško programiranje*** koje u mnogome zavisi od mogućnosti samog programera
- Teško razumevanje programskog koda

**čitljivost → 1/efikasnost**

- Teško održavanje softvera
  - Kompleksne aplikacije sadrže milione linija koda
  - Razumevanje teže nego ponovo ga napisati
  - Ali, ponovno pisanje je SKUPO i podložno greškama

# Nedostaci

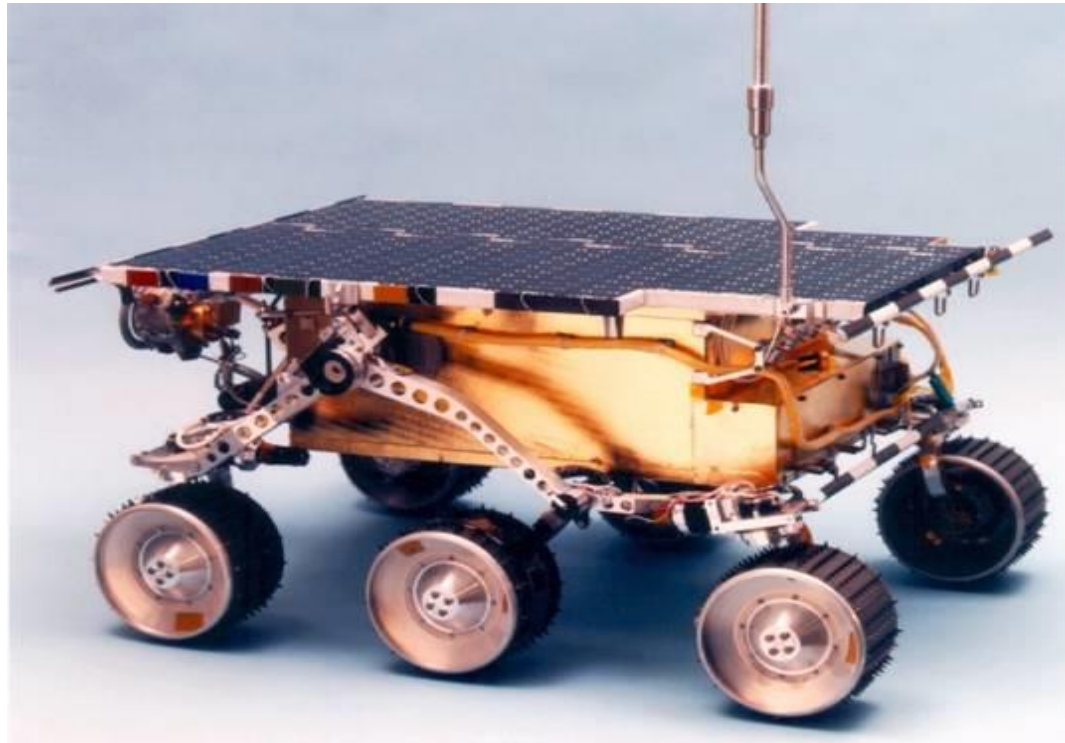
- **Teško je verifikovati vremenske zahteve**  
bez eksplicitne podrške alata i metodologija za **analizu koda** i **rasporedljivosti**
- **Visoki stepen nepredvidljivosti!**



# Neki incidenti zbog softvera

- Prekoračenje posla (*task overrun*) u toku pristajanja LEM modula
- Prvi let Space Shuttle (sinhronizacija)
- Ariane 5 (number to overflow)
- Airbus 320
- *Pathfinder* (reset for timeout)
- Patriot sistem u američko-iračkom ratu

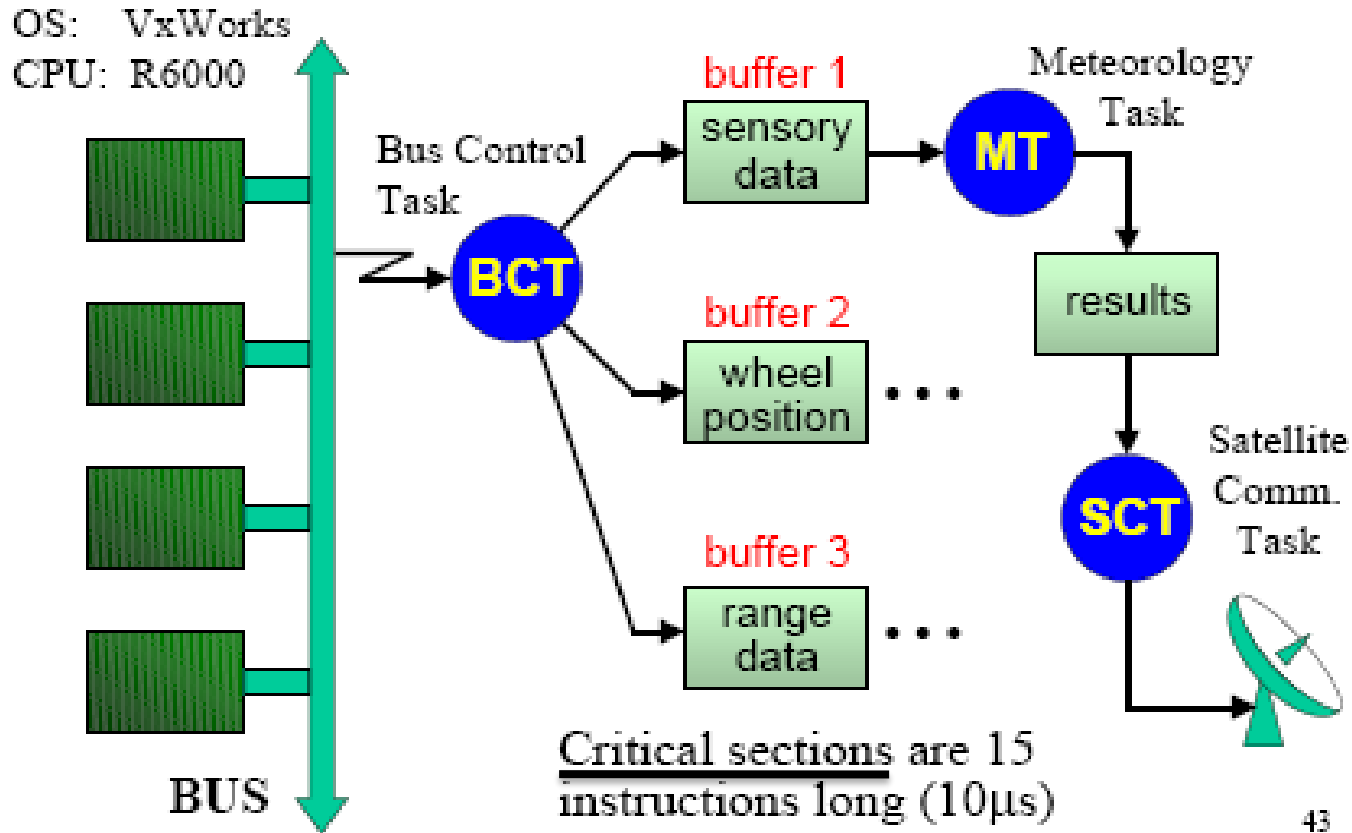
# Misija Mars - Pathfinder



# Misija Mars - Pathfinder

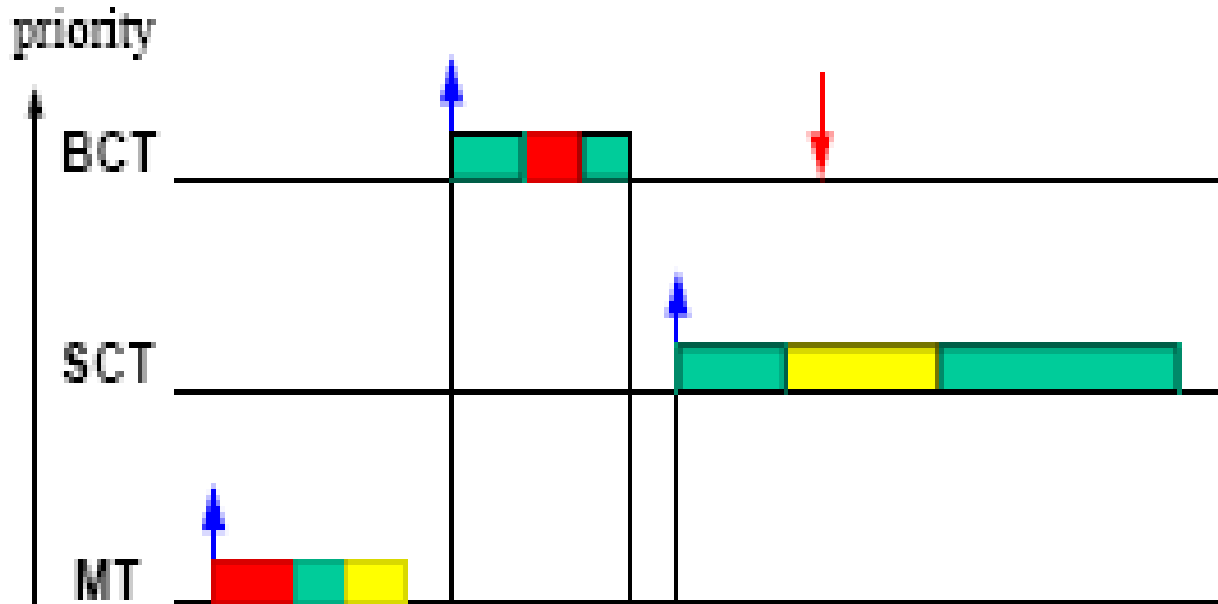
- 04. Juli '97 spuštanje na Mars (posle 6 meseci)
- 15. Juli '97 sistem je sporadično u resetu zbog isteka vremenske kontrole (prekoračenje deadline-a) – sa gubitkom podataka
- 16. Juli '97 vest je obišla svet: inženjeri počinju rad
- 17. Juli '97 greška je dijagnosticirana kao inverzija prioriteta (verovatnoća  $10^{-6}$ )

# Misija Mars - Pathfinder

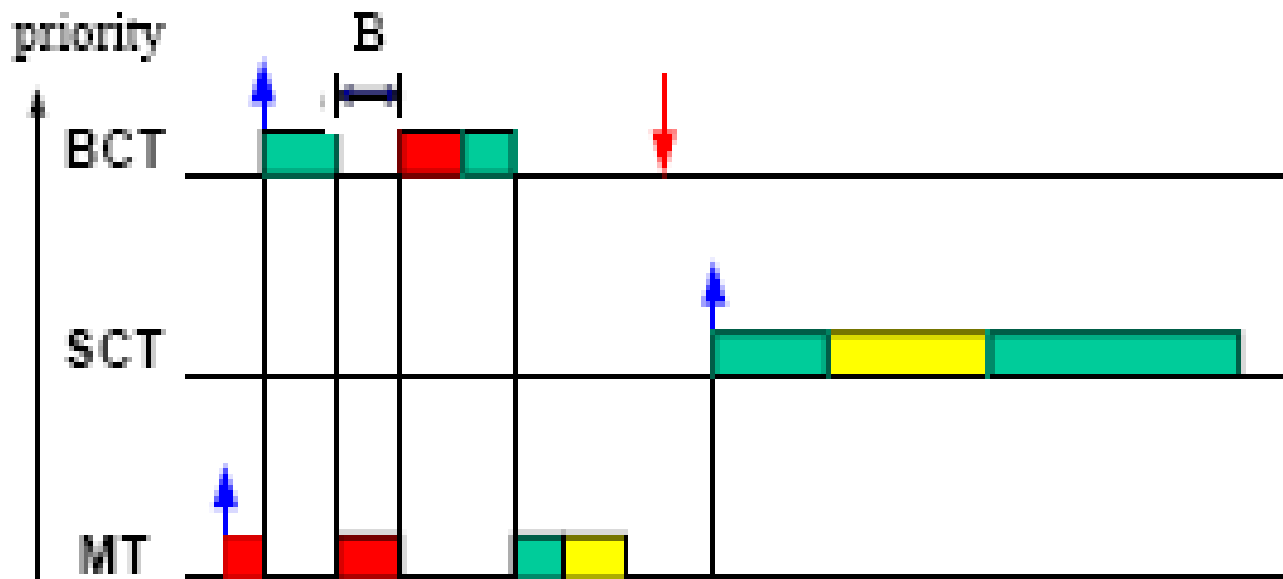


Taskovi **BCT** i **MT** dele resurs **buffer 1**  
Taskovi **MT** i **SCT** dele resurs **results**

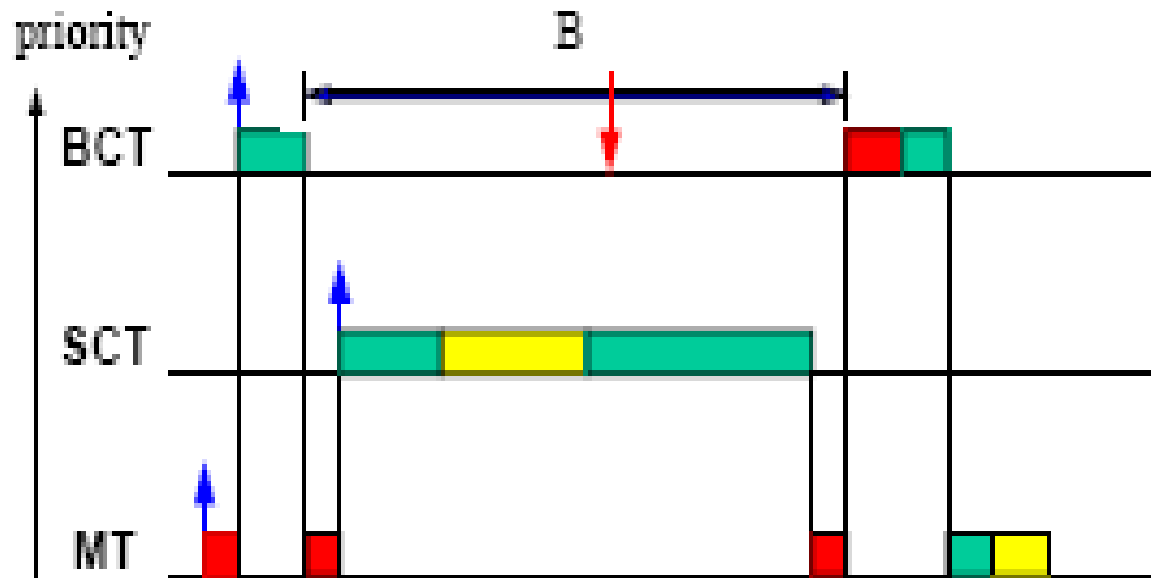
# Raspored bez konflikta



# Konflikt na kritičnoj sekciji



# Konflikt na kritičnoj sekciji



# Lekcija je naučena

- “if something can go wrong, it will go wrong”
- ***Testiranja***, mada neophodna, omogućuju samo ***delimičnu verifikaciju ponašanja sistema***
- ***Predvidljivost*** mora biti ostvarena na nivou jezgra ***operativnog sistema***
- Upravljanje preopterećenjima, i otpornost na greške (fault – tolerance)
- Kritični sistemi moraju biti projektovani na osnovu ***pesimističkih pretpostavki***



# Marphy's Laws

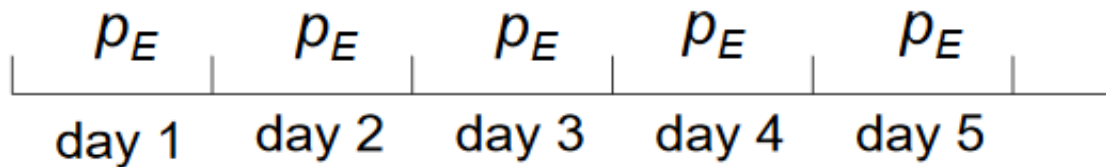
**If something can go wrong, it will go wrong**

**If a system stops working, it will do it  
at the worst possible time**

**Sooner or later, the worst possible  
combination of circumstances will happen**

# Marphy's Laws

Koja je verovatnoća da će se događaj E desiti nakon n dana?



verov. da se E neće desiti u jednom danu:

$$q_E = 1 - p_E$$

verov. da se E neće desiti u n dana:

$$Q_E(n) = (1 - p_E)^n$$

verov. da će se E desiti u n dana:

$$P_E(n) = 1 - Q_E(n)$$

# Marphy's Laws

***Ako nešto može poći po zlu*** (bez obzira koliko je mala verovatnoća da se to desi), ***to će se i desiti*** (verovatnoća da će se E desiti u dužim vremenskim intervalima, teži 1).

