

OPASKA!

- ☞ Ovi materijali namijenjeni su isključivo studenticama/studentima koji su upisali predmet "Računala i procesi" na FER u šk. g. 2002/2003.
- ☞ Za svako drugo korištenje potrebna je pismena suglasnost autora!
- ☞ Materijali služe kao pomoć u praćenju predavanja, a ne kao njihova zamjena jer se ne mogu tumačiti izvan konteksta predavanja!



M. Žagar, 2002

(c) M. Žagar, RASIP, FER

ᲓᲕᲗᲘ ᲓᲕᲗᲕᲗ



ᲒᲓᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ Თ ᲓᲕᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ

ᲒᲓᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ Თ ᲓᲕᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ

ᲒᲓᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ

(ᲒᲗᲗ)

ᲒᲓᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ

Თ

ᲓᲕᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗᲗ

Mario Žagar



Sveučilište u Zagrebu

Fakultet elektrotehnike i računarstva

(FER)

RAČUNALA I PROCESI

4. Stvarno vrijeme

Oxford Dictionary of Computing:

☞ **A Real Time System** - "Any system in which the **time at which output is produced is significant**. This is usually because the input corresponds to some movement in the physical world, and the output has to relate to that same movement. The lag **from input time to output time must be sufficiently small** for acceptable timeliness."



(c) M. Žagar, RASIP, FER

4

Young S. (1982), Real Time Languages

☞ "any information processing activity or system which has to **respond** to externally generated input stimuli **within a finite and specified period**"



(c) M. Žagar, RASIP, FER

5

Randell et al., PDCS (1995):

The Predictably Dependable Computer Systems (PDCS)

☞ "A real-time system is a system that is required to react to stimuli from the environment (including the passage of physical time) **within time intervals dictated by the environment**"



(c) M. Žagar, RASIP, FER

6

Rad u stvarnom vremenu

- ☞ Naglašavanje dodatnih (specifičnih) zahtijeva koji se postavljaju na računala u primjenama gdje je potrebno reagirati na vanjski stvoreni signal u konačnom, ograničenom vremenu



(c) M. Žagar, RASIP, FER

7

Rad u stvarnom vremenu

- ☞ koliko je sati? KADA?
- ☞ ZA KOLIKO će biti gotov ručak?
- ☞ VRIJEME
- ☞ VREMENSKO RAZDOBLJE



(c) M. Žagar, RASIP, FER

8

Stvarno vrijeme

- ☞ odziv (vrijeme od ulaza do izlaza)
- ☞ relativnost, ovisno o okolini (krstareća raketa Tomahawk, proizvodnja automobila i UNIX (višekorisnički rad) nemaju iste zahtjeve)
- ☞ predvidljivost, kada
- ☞ ispravnost rada računala ne samo rezultat izračunavanja već i vrijeme kada (za koliko) je rezultat proizveden!



(c) M. Žagar, RASIP, FER

9

Rad u stvarnom vremenu - osnovni zahtjevi

- ☞ izvršavanje zadataka u unaprijed definiranim vremenskim razdobljima
- ☞ reagiranje na vanjsku pobudu u određenom, također unaprijed definiranom vremenskom razdoblju (pobuda može biti i slučajne naravi)
- ☞ mjerenje apsolutnog i relativnog vremena



(c) M. Žagar, RASIP, FER

10

Rad u stvarnom vremenu - dodatni zahtjevi

- ☞ geografska raspodijeljenost
- ☞ modularnost
- ☞ prilagodljivost različitim primjenama
- ☞ hijerarhijsko i horizontalno povezivanje
- ☞ mogućnost promjene režima rada



(c) M. Žagar, RASIP, FER

11

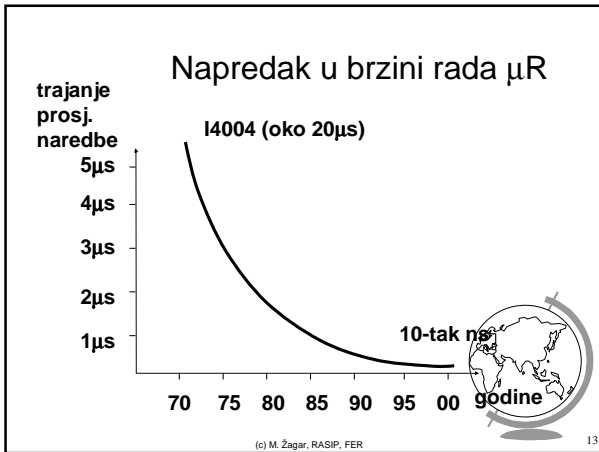
Rad u stvarnom vremenu - dodatni zahtjevi

- ☞ cijena
- ☞ potrošnja
- ☞ rad u nepovoljnim uvjetima
- ☞ pouzdanost
- ☞ dimenzije
- ☞ otkrivanje i otklanjanje pogrešaka



(c) M. Žagar, RASIP, FER

12



Stvarno vrijeme

- ☞ "hard" and "soft" real-time
- ☞ "tvrd" stvarno vrijeme - vrijeme, **kada** je apsolutni imperativ! (Boeing)
- ☞ "meko" stvarno vrijeme - vrijeme, **kada** je važno ali nitko neće poginuti ako se tu i tamo ne ostvari (vodostaj)
- ☞ interaktivni rad je još blaži oblik (rezervacija karata)
- ☞ "obrada plaća" je najblaži oblik

(c) M. Žagar, RASIP, FER 14

Svojstva sustava za rad u stvarnom vremenu

- ☞ real-time (stvarno vrijeme)
- ☞ embedded systems (računalo dio okoline)
- ☞ često složeni, veliki, promjenljivi
- ☞ manipulacija s realnim brojevima
- ☞ pouzdanost i sigurnost bitni
- ☞ paralelno upravljanje cjelinama procesa
- ☞ interakcija sa sklopovljem
- ☞ efikasna implementacija

(c) M. Žagar, RASIP, FER 15

Vrijeme

- ☞ "time frame" (vremenski okvir)
- ☞ mjerenje vremena (isti metar, isto poimanje vremena)
 - neposredni pristup
 - odgovarajuća aproksimacija



(c) M. Žagar, RASIP, FER

16

Norme vremena (I)

- ☞ solarni dan- vrijeme između dva najviša položaja sunca, varira 15 min. na godinu
- ☞ UT0 solarno vrijeme (Greenwich, definirano 1884. g.)
- ☞ UT1 UT0 uz korekciju polarnog pomicanja
- ☞ UT2 UT1 uz korekciju razlike u brzini okretanja Zemlje



(c) M. Žagar, RASIP, FER

17

Norme vremena (II)

- ☞ sekunda(1)- $1/86400$ dio prosječnog solarnog dana
- ☞ sekunda(2)- $1/31\,566\,925,9747$ dio tropske godine (1900. g.)
- ☞ sekunda(3)- trajanje od $9\,192\,631\,770$ perioda radijacije koja odgovara promjeni između dvije razine stanja Cezija 133 (točnost 10^{13} - pogreška od jednog taktu 300 000 godina)



(c) M. Žagar, RASIP, FER

18

Norme vremena (III)

- ☞ IAT (International Atomic Time) - temeljeno na Cezijevom atomskom satu
- ☞ UTC (Coordinated Universal Time)- IAT sinkroniziran s UT2 dodavanjem povremenih "praznih impulsa" (leap ticks)
- ☞ Maksimalna razlika između UT2 (astrologija) i UTC (atomski sat) održava se ispod 1/2 sekunde



(c) M. Žagar, RASIP, FER

19

Jedinstveno poimanje vremena

- ☞ National Institute of Standards and Technology (NIST)
- ☞ Program NISTIMEW
- ☞ The overall uncertainty in the time comparison should be no worse than ± 0.5 seconds under all circumstances, and will be substantially less than this value in most cases.
- ☞ sinkronizacija vremena
- ☞ GPS (Global Positioning System)



(c) M. Žagar, RASIP, FER

20

GPS (Global Positioning System)

- ☞ Min. obrane SAD, razvoj od 1973., 1990. djelomično funkcionalan (Zaljevski rat)
- ☞ 12 milijardi USD
- ☞ 24 satelita, 24 sata na dan
- ☞ triangulacija - tri satelita, točan položaj
- ☞ posredno je **izvor točnog vremena**, sinkronizacija računala, mreža, određivanje Nove godine :-)



(c) M. Žagar, RASIP, FER

21

GPS (Global Positioning System)

☞ udaljenost do satelita - mjerenjem vremena propagacije signala, **mjerenje udaljenosti je mjerenje vremena (razdoblja)**

- satelit i prijamnik istovremeno (tačno vrijeme) generiraju pseudo slučajni broj
- mjerenjem koliko je vremena trebalo da broj stigne do prijammnika mjerimo udaljenost do satelita
- razlika vremena x brzina svjetlosti
- kada je satelit u zenitu, vrijeme da signal dođe do Zemlje je oko 0,06 s (60ms)



(c) M. Žagar, RASIP, FER

22

GPS - NMEA

- ☞ 3 satelita - x,y,z koordinata
- ☞ 1 satelit - tačno vrijeme
- ☞ nakon toga dovoljna 3 satelita
- ☞ kritična veličina je vrijeme
 - pogreška u mjerenju vremena od 10 ns
 - pogreška u mjerenju udaljenosti od 3 metra
- ☞ usporenje u atmosferi (ionosfera, troposfera) - grješka
- ☞ GPS i UTC vrijeme se razlikuju, korekcija na kraju godine



(c) M. Žagar, RASIP, FER

23

GPS (Global Positioning System)

- ☞ Satelitski segment (The Space Segment) - 24 satelita u Zemljinoj orbiti na visini 20183 km.
- ☞ Kontrolni segment (The Control Segment) - 5 kontrolnih stanica koje prate i nadziru sve parametre satelita.
- ☞ Korisnički segment (The User Segment) čine svi civilni i vojni korisnici koji primaju signale satelita i na osnovu njih vrše mjerenja, tj. određuju poziciju.



(c) M. Žagar, RASIP, FER

24

GPS (Global Positioning System)

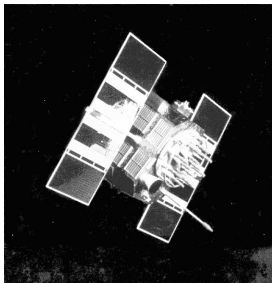
- ☞ 4-8 satelita iznad 15% elevacije,
- ☞ period 12 sati
- ☞ 24 satelita, 4x6 ravnina, 55 stupnjeva, 4 aktivna rezervna satelita
- ☞ satelit - atomski sat, računalo, radio veza
- ☞ almanah - gdje koji satelit i kada



(c) M. Žagar, RASIP, FER

25

GPS (Global Positioning System)



- ☞ NAVSTAR, satelit BLOK II
- ☞ 2 rubidijeva i 2 cezijeva sata
- ☞ stabilnosti 10^{-14} - 10^{-15}
- ☞ frekv. (probl. ionosfere)
L1=1575,46MHz
L2=1227,60 MHz



(c) M. Žagar, RASIP, FER

26

GPS (Global Positioning System)

- ☞ Standard Positioning Service (SPS)
 - 20 metara, namjernim unošenjem grješke 100m
- ☞ Precise Positioning Service (PPS)
 - manje od 20 metara
- ☞ DGPS (differential GPS) do 3 metra
 - zemaljske stanice
- ☞ DGPS i fazna mjerenja do 1 cm



(c) M. Žagar, RASIP, FER

27

GPS - norma NMEA

BWC- Bearing and distance to waypoint- great circle

☞ BWC,225444,4917.24,N,12309.57,W,051.9,T,031.6,M,001.3,N,004*29

- 225444 UTC time of fix 22:54:44
- 4917.24,N Latitude of waypoint
- 12309.57,W Longitude of waypoint
- 051.9,T Bearing to waypoint, degrees true
- 031.6,M Bearing to waypoint, degrees magnetic
- 001.3,N Distance to waypoint, Nautical miles
- 004 Waypoint ID



(c) M. Žagar, RASIP, FER

28

Prikaz vremena

- ☞ Čemu služe norme?
- ☞ Zbog čega svi pričaju, boje se, strepe, uživaju u problemu Y2K?
- ☞ [ISO_time.html](#)
- ☞ [UNIX_vrijeme.wpd](#)



(c) M. Žagar, RASIP, FER

29

Rad u stvarnom vremenu - projektiranje

- ☞ zadovoljavanje uvjeta okoline ograničava univerzalnost
- ☞ postupak je unikatni
- ☞ ništa ne smije biti na štetu uređaja (okoline) u koju se računalo ugrađuje
- ☞ izbor koncepcije koja zadovoljava uvjete
- ☞ izbor (projektiranje) sklopovske opreme
- ☞ proizvodnja programske opreme



(c) M. Žagar, RASIP, FER

30

Projektiranje sustava

- ☞ lokalni poslovi - mikroračunala lokalne razine
- ☞ globalni poslovi - veća računala
- ☞ raspodijeljeni sustavi - mreže računala



(c) M. Žagar, RASIP, FER

31
