



1. Digitalni sustavi i obrada podataka



Sadržaj predavanja

- **analogni i digitalni prikaz veličina**
- binarno zapisivanje podataka
- predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama
- prijenos binarnih podataka
- problemi elektroničke implementacije
- osnovna struktura digitalnog sustava

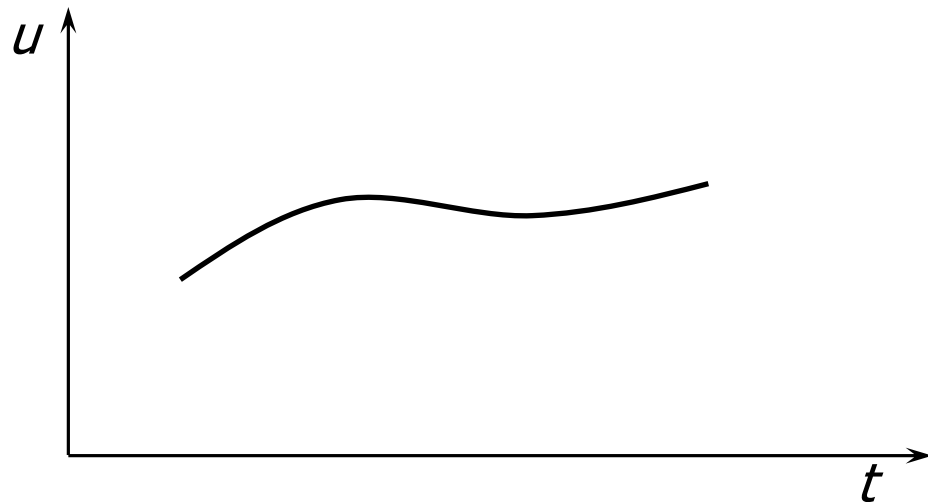


Podaci i informacija

- opažanje različitih pojava \sim *obilježja*
- mjerljiva obilježja \sim *veliĉine*
 - kontinuirane
 - diskretne (vremenski/prostorno)
- prikaz veliĉina:
 - *analogni* oblik
 - *digitalni* oblik
- izmjerena vrijednost neke veliĉine \sim *podatak*
- proces pretvorbe skupa podataka u informaciju
 \sim *obrada podataka*

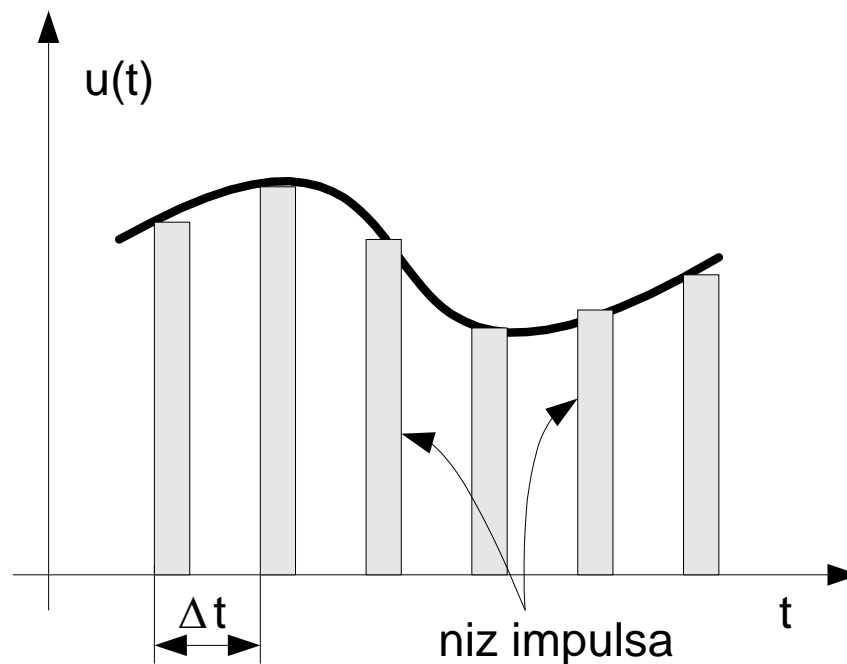
Analogni prikaz veličina

- mjerena (fizikalna) veličina:
izražavanje (drugom) odgovarajućom veličinom
 - razmak između dva zareza na štapu
 - električka veličina *analogna* fizikalnoj veličini
~ "analogna" veličina



Digitalni prikaz veličina

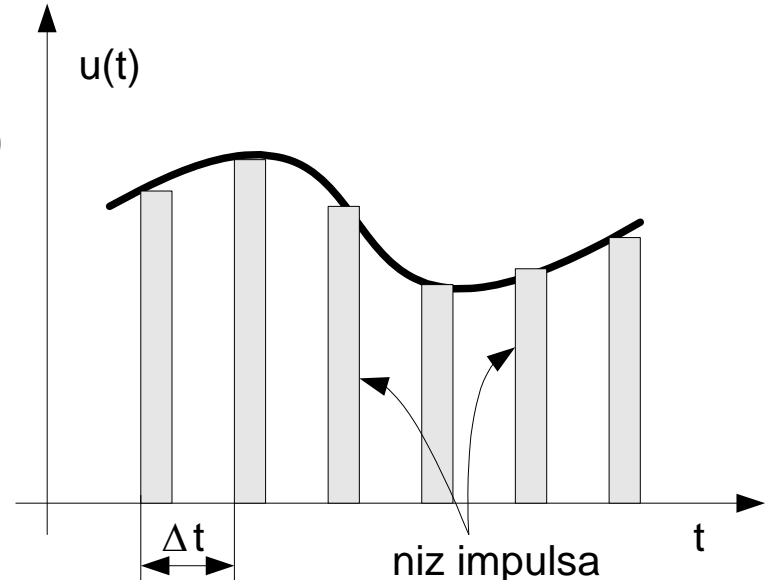
- izražavanje veličine \sim "mjerjenje":
broj + oznaka standardne jedinice



analogno-diskretni prikaz

Digitalni prikaz veličina

- digitalni sustav u stvarnom svijetu:
unos i obrada *podataka*, vraćanje rezultata
- fizikalne veličine:
 - kontinuirane u prostoru (po amplitudi)
 - kontinuirane u vremenu
- analogne veličine
→ digitalne veličine (brojevi)



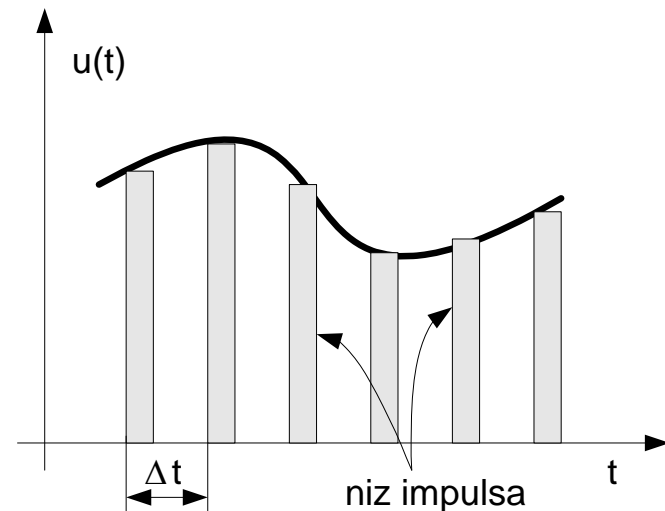


Digitalni prikaz veličina

- *mjerni pretvornik:*
pretvorba mjerene (fizikalne) veličine u *analognu* kontinuiranu električku veličinu
 \sim *napon!*
- informacija o ponašanju kontinuirane veličine:
 - uzimanje uzoraka amplitude analognog napona (*uzorkovanje*, engl. sampling)
 - uzorkovanje *u jednakim vremenskim razmacima*
 \Rightarrow diskretizacija po vremenu
- obrada (brojeva!) u digitalnom sustavu:
u *diskretnim* koracima, u skladu s nekim *algoritmom*

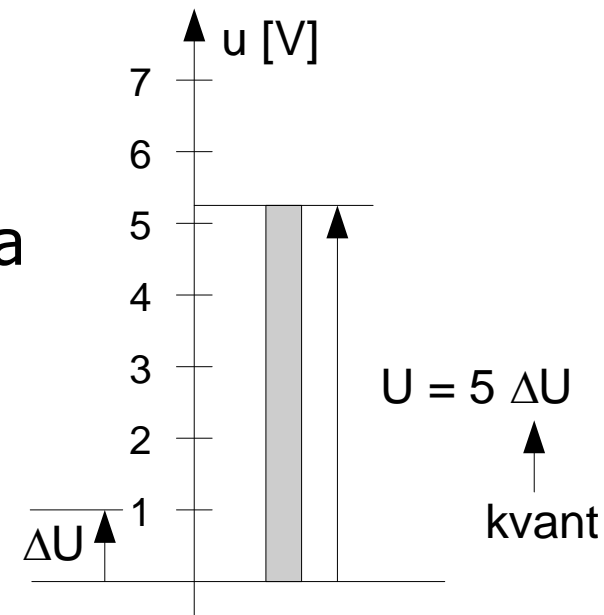
Digitalni prikaz veličina

- *Shannonov teorem uzorkovanja* (1949.): informacija će biti očuvana ako se uzorci uzimaju u diskretnim intervalima Δt , tako da je $\Delta t \leq 1/(2 f_g)$
- f_g : gornja granična frekvencija spektra valnog oblika ("signala") iz kojeg se uzimaju uzorci
- vremenski diskretan *analogni* prikaz



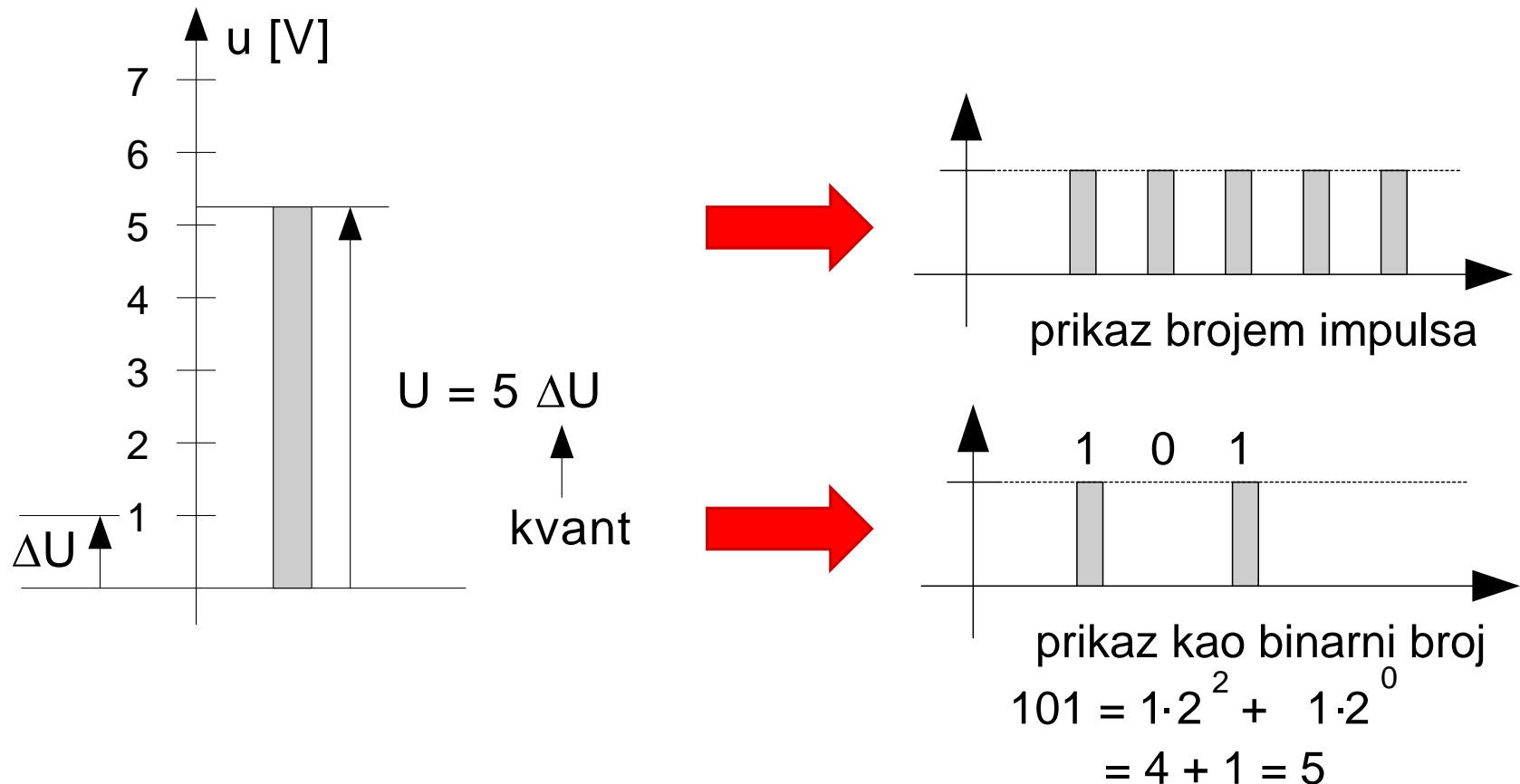
Digitalni prikaz veličina

- analogni oblik → digitalni oblik:
analogno-digitalna pretvorba
(engl. analog-to-digital conversion, ADC) napona
- diskretizacija po amplitudi
~ proces *kvantizacije* (dobivanje brojeva)
- *kvant* ~ jedinica mjere
- pogreška kvantizacije:
 - najbliži cjelobrojni višekratnik kvanta
 - manji kvanti?



Digitalni prikaz veličina

- prikaz broja kvanata





Prednosti digitalnog prikaza i obrade

- prikazivanje podataka diskretnim električkim signalima (impulsima), mahom *naponskima*
- informacija nije sadržana u amplitudi nego u prisutnosti/neprisutnosti impulsa
- manja podložnost smetnjama, veća pouzdanost
- objedinjeni prikaz i obrada numeričkih i nenumeričkih (simboličkih) veličina
- točnost ovisi o *broju* bitova (brojnih mjesta kojim prikazujemo podatke)



Sadržaj predavanja

- analogni i digitalni prikaz veličina
- **binarno zapisivanje podataka**
- predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama
- prijenos binarnih podataka
- problemi elektroničke implementacije
- osnovna struktura digitalnog sustava



Binarno zapisivanje podataka

- prikaz podataka *brojevima*
~ proizvoljni *brojevni sustav*
- ostvarivanje u *tehničkom* sustavu
~ predočavanje znamenki posebnim fizičkim stanjem,
"na prikladan način"
- različita stanja:
 - jasno prepoznavanje
 - jasno međusobno razlikovanje
- najjednostavnije i najefikasnije ~ ostvarenje *2 stanja*
⇒ *binarni sustav* je osnova
svih digitalnih elektroničkih sustava



Binarno zapisivanje podataka

- binarna znamenka (0 ili 1) naziva se *bit* (engl. **binary digit**)
- grupiranje bitova u digitalnim sustavima radi prikaza podataka:
 - grupa od 8 bitova: *oktet* (engl. byte)
 - grupa od 4 bita: *kvartet* (engl. nibble)
 - osnovna grupa bitova: *riječ* (engl. word); tipično 8, 16, 32, 64, ... bita



Binarno zapisivanje podataka

- veće grupiranje riječi ~ *blokovi*:
 - pohrana na magnetskim medijima (diskovi, trake)
~ koriste se elektromagnetski uređaji (*spori!*)
 - vrijeme pristupa usporedivo
s vremenom čitanja podataka
- efikasnost pristupa (čitanja/pisanja)



Ostvarenje binarnog zapisa

- binarne znamenke: 0 i 1
- fizičko predočavanje:
 - mehanička sklopka
 - papirna traka
 - magnetski medij
 - tranzistorska sklopka (elektronički sklop!)
- nositelj informacije:
 - pozitivni i negativni *impulsi* (struja ili napon) $\sim 0, 1$
 - *nizovi* impulsa \sim grupe 0, 1

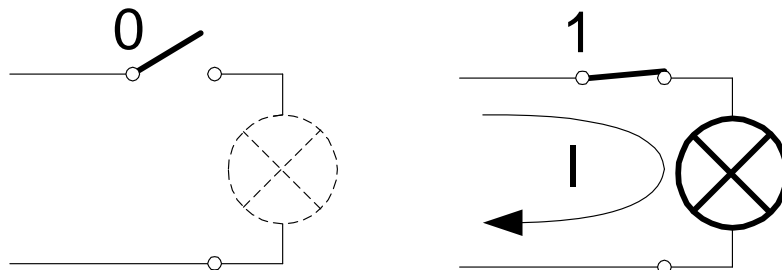


Sadržaj predavanja

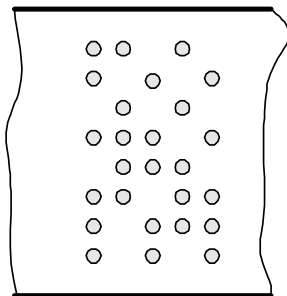
- analogni i digitalni prikaz veličina
- binarno zapisivanje podataka
- **predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama**
- prijenos binarnih podataka
- problemi elektroničke implementacije
- osnovna struktura digitalnog sustava

Predočavanje binarnih veličina

- mehanička sklopka ("kontakt")

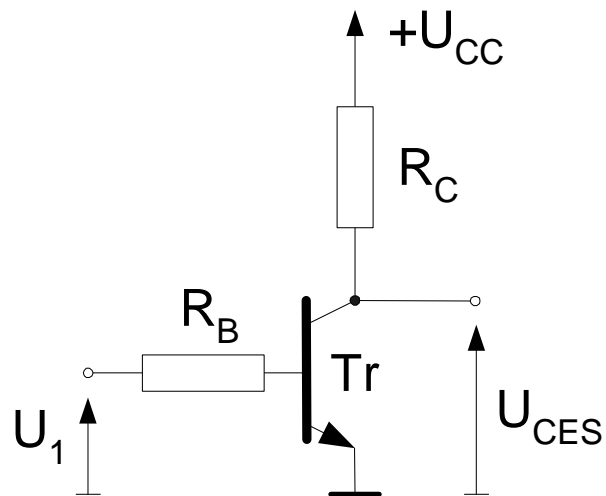


- bušena papirna traka/bušene papirne kartice

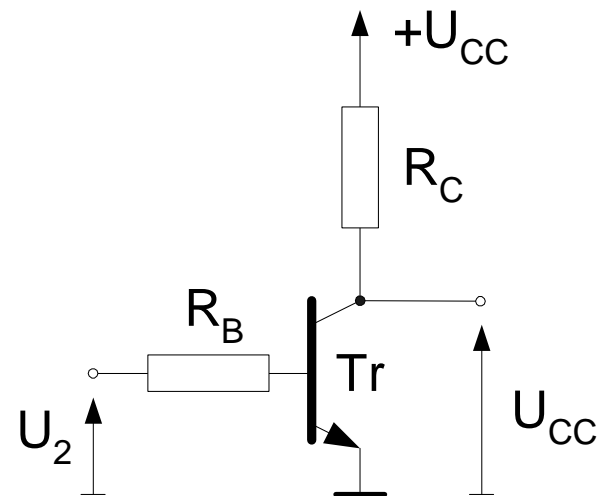


Predočavanje binarnih veličina

- primjer tranzistorske sklopke



tranzistor vodi



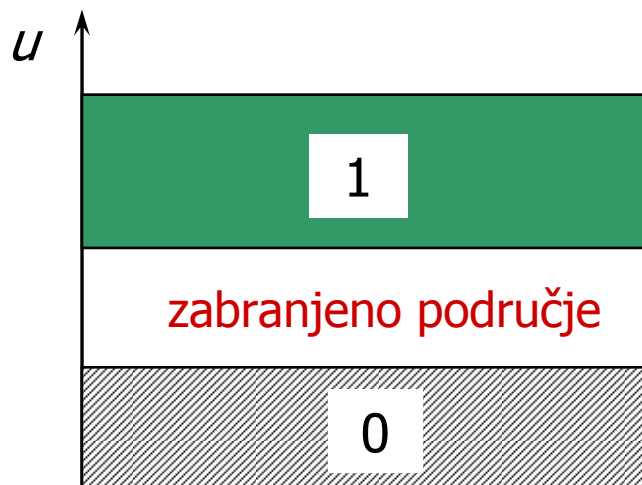
tranzistor ne vodi
neopterećena sklopka!

Predstavljjanje naponskim razinama

- ostvarenje elektroničkim sklopovima:
 0 i $1 \rightarrow$ naponske razine (N, V)

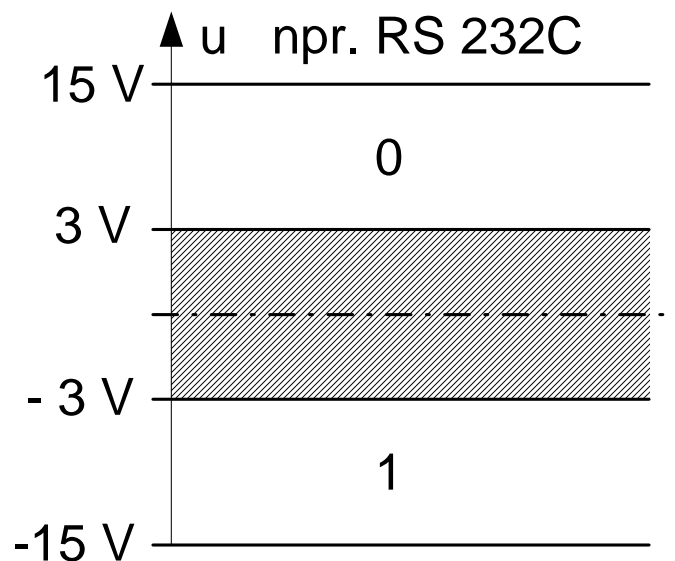
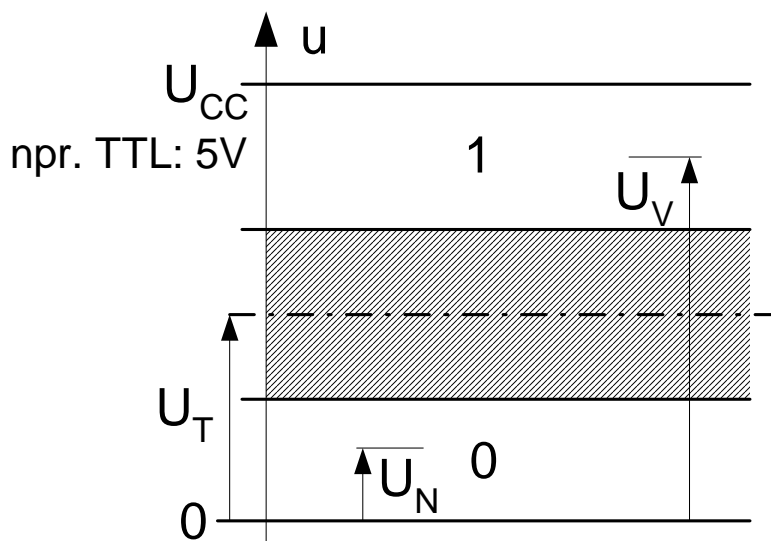
npr. $0\text{ V (N)} \rightarrow "0"$, $+5\text{ V (V)} \rightarrow "1"$

- problemi tehničke izvedbe
(tolerancije, opterećenja, otpornost na smetnje)
 \Rightarrow naponska *područja* umjesto razina



Predstavljanje naponskim razinama

- *unipolarni* signali: unutar digitalnog sustava
- *bipolarni* signali: između digitalnih sustava
~ mogućnost otkrivanja prekida linije





Sadržaj predavanja

- analogni i digitalni prikaz veličina
- binarno zapisivanje podataka
- predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama
- **prijenos binarnih podataka**
- problemi elektroničke implementacije
- osnovna struktura digitalnog sustava

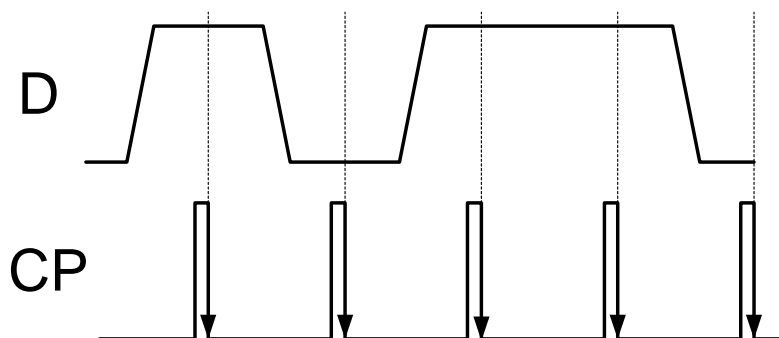
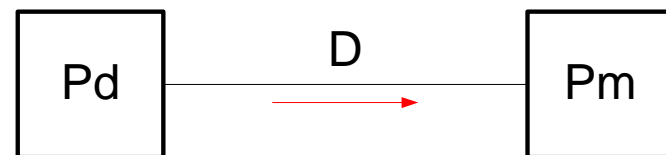


Prijenos binarnih podataka

- prijenos podataka (informacija)
~ primanje i slanje:
 - *unutar* digitalnog sustava, između njegovih dijelova
 - *između* izdvojenih digitalnih sustava
- prijenos *binarnih* podataka (riječ, blok podataka):
 - serijski (po bitu), između digitalnih sustava, radi štednje
 - paralelno (po bitu), unutar digitalnog sustava, radi brzine

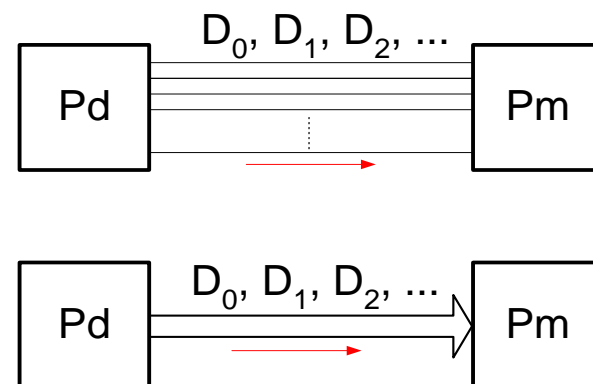
Serijski prijenos

- po jednom vodu:
 - vremenski niz bitova
 - bitovi slijede u jednakim razmacima
- razlučiti trenutke očitavanja vrijednosti pojedinog bita
⇒ *sinkronizacijski* (takti) impulsi, CP (Clock Pulse)



Paralelni prijenos

- prijenos bitova jedne riječi po više vodova
 - *paralelni* (istovremeni) prijenos bitova pojedine grupe (riječi)
 - *slijedni* (serijski) prijenos pojedine grupe (riječi)
- tipično ostvarenje:
prijenos podataka po *sabirnicama* digitalnog sustava
 - više paralelnih vodova (izjetkano na pločici, kabeli)



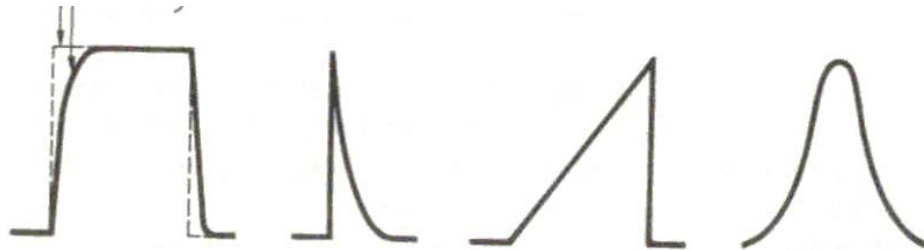
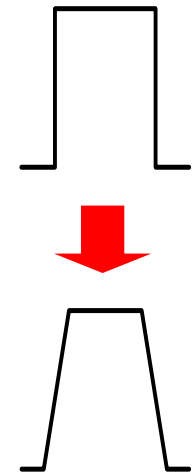


Sadržaj predavanja

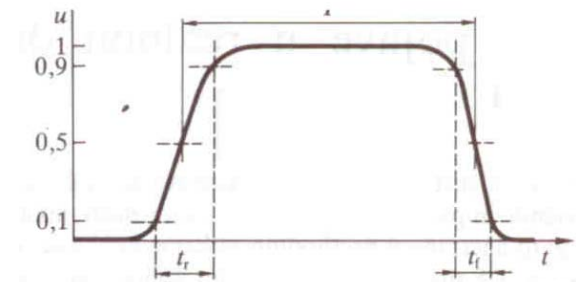
- analogni i digitalni prikaz veličina
- binarno zapisivanje podataka
- predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama
- prijenos binarnih podataka
- **problemi elektroničke implementacije**
- osnovna struktura digitalnog sustava

Problemi elektroničke implementacije

- tok podataka u digitalnom sustavu
~ niz pravokutnih naponskih impulsa
- u realnim uvjetima električki impulsi
nisu idealno pravokutni
⇒ *impulsna elektronika*

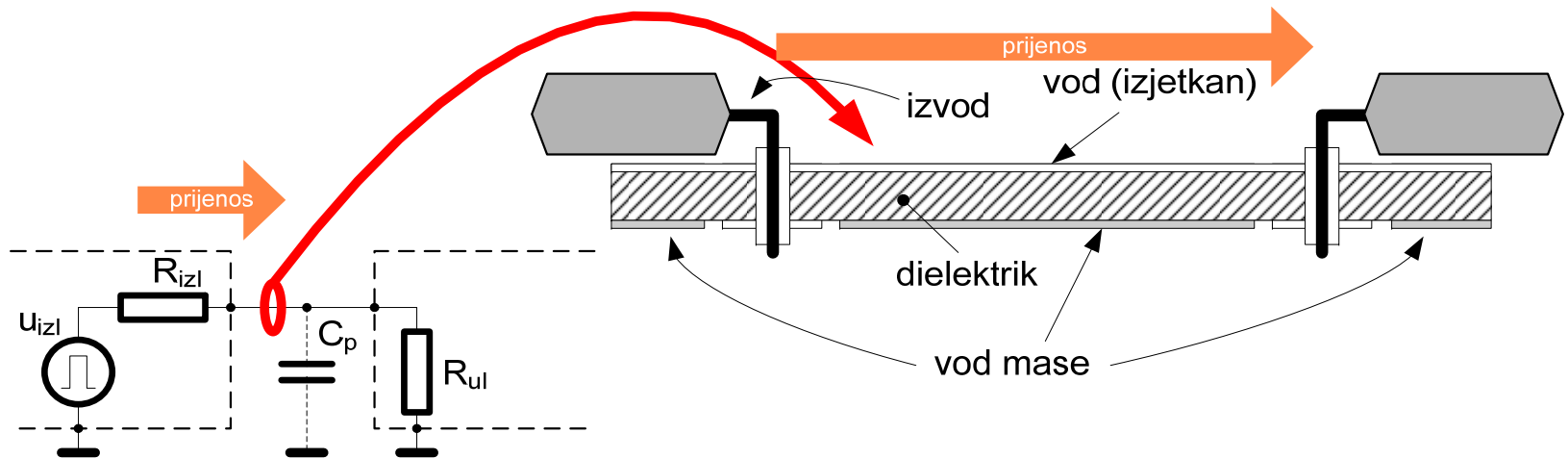


- djelovanje parazitnih kapacitivnosti
~ izobličenje (prva aproksimacija:
trapezni oblik!)

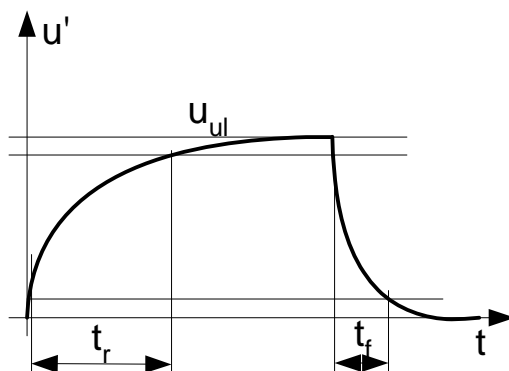
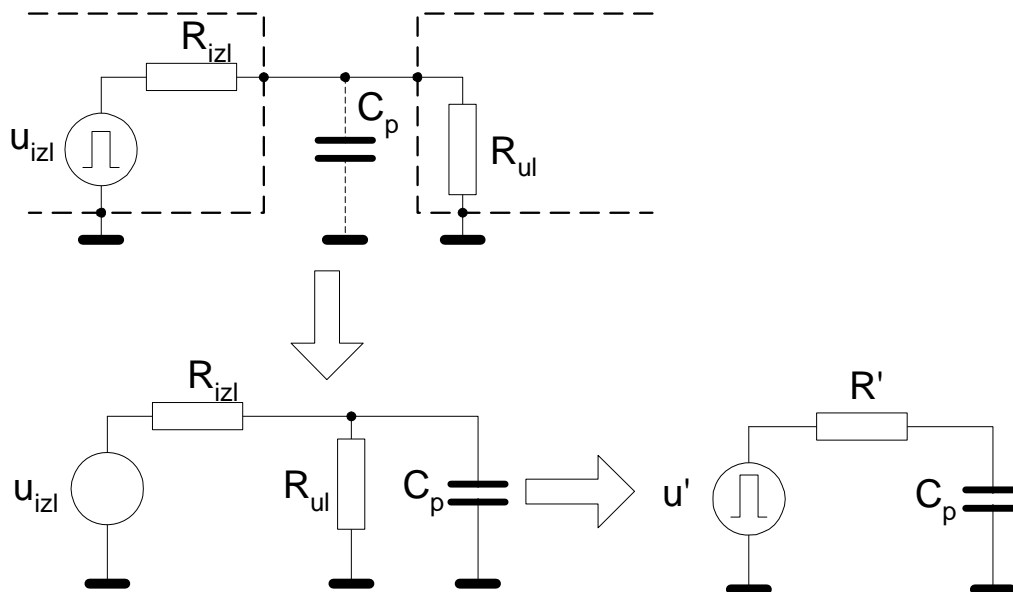


Parazitne kapacitivnosti

- tipični uzrok izobličenja impulsa
~ djelovanje *parazitnih* kapacitivnosti
između voda signala i mase



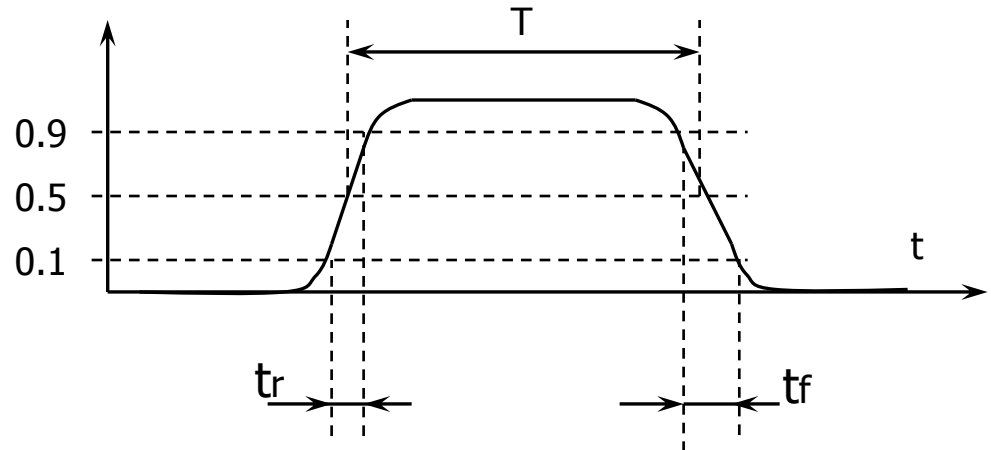
Parazitne kapacitivnosti



$$u_{ul} = U f(e^{-t/\tau})$$
$$\tau = R' C_p$$

Parametri impulsa

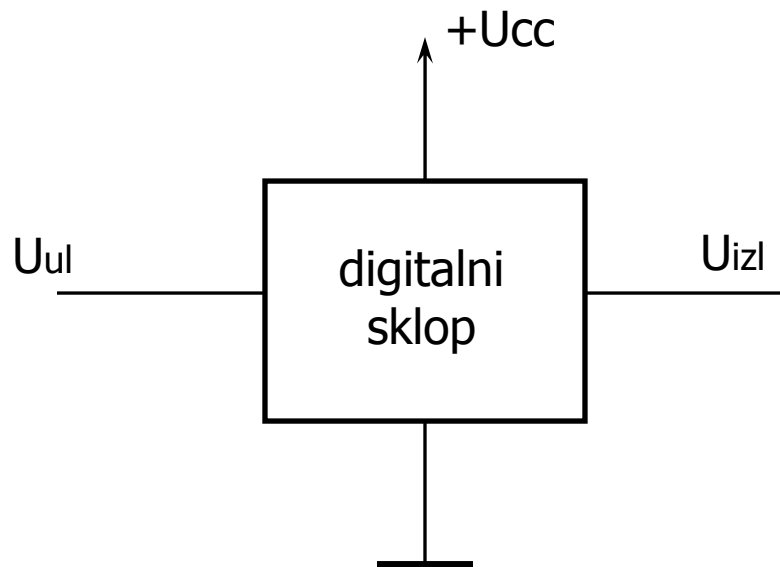
- vrijeme porasta t_r
- vrijeme pada t_f
- vrijeme trajanja T



- povećanje frekvencije impulsa:
 - skraćenje vremena t_r , t_f i T
 - "spori" i "brzi" impulsi

Vrijeme kašnjenja

- na ulaz digitalnog sklopa dovode se električki impulsi (signali) koji uzrokuju električnu promjenu na izlazu
- pri prolazu kroz sklopovlje impulsima je potrebno neko vrijeme





Vrijeme kašnjenja

- vrijeme kašnjenja sklopa t_d
 - vrijeme od polovice promjene ulaznog napona do polovice promjene izlaznog napona
- važan parametar:
pri prolazu kroz više sklopova vrijeme kašnjenja se akumulira, što može dovesti do pogrešaka u radu sustava
- uz statičku potrebna i *dinamička* analiza rada sklopovlja



Sadržaj predavanja

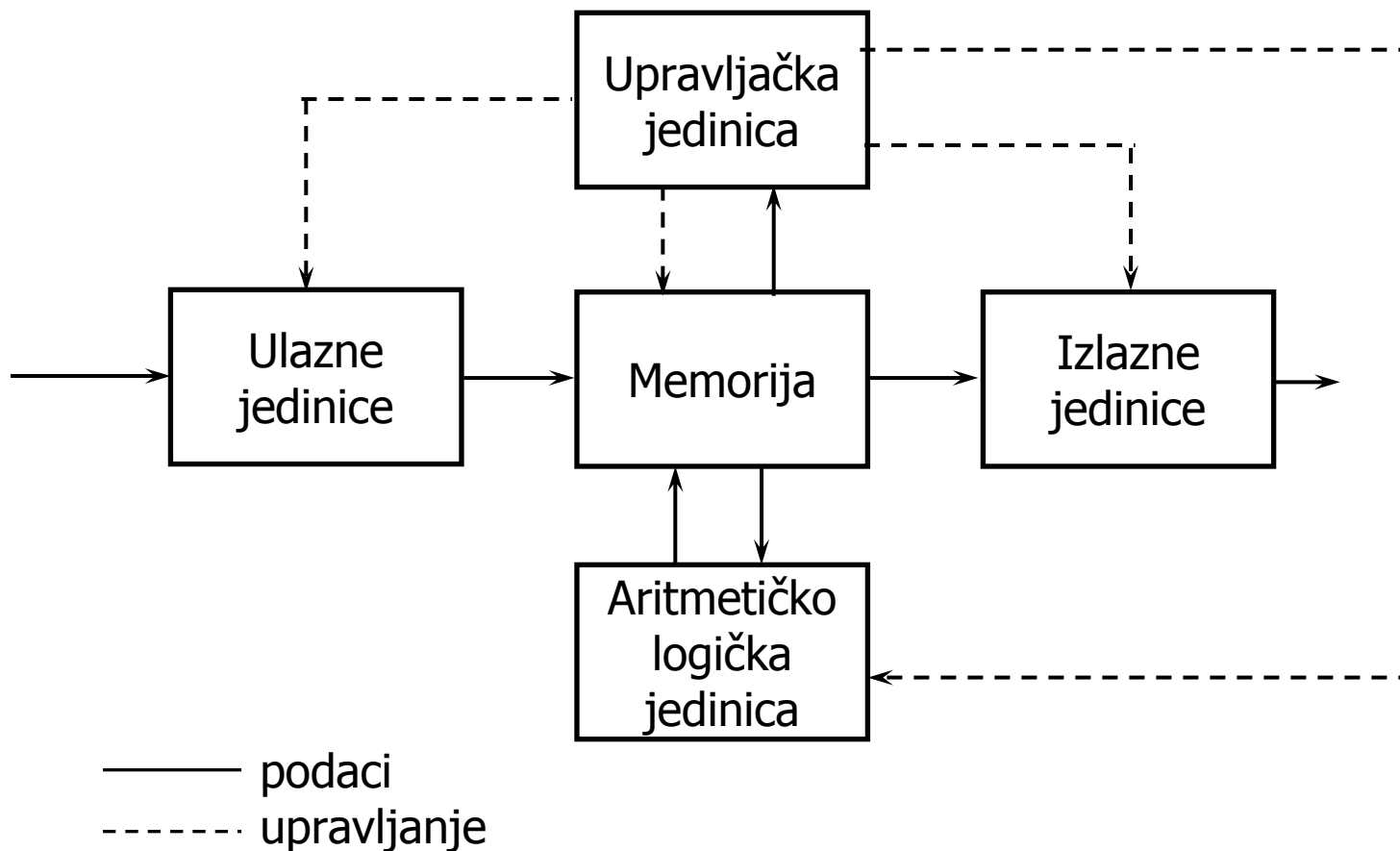
- analogni i digitalni prikaz veličina
- binarno zapisivanje podataka
- predstavljanje binarnih podataka električnim veličinama
- prijenos binarnih podataka
- problemi elektroničke implementacije
- **osnovna struktura digitalnog sustava**



Osnovna struktura digitalnog sustava

- funkcije digitalnog sustava:
 - obrada podataka
 - obavljanje aritmetičkih i logičkih operacija
 - donošenje odluka
- u općem slučaju *5 podsustava*:
 - ulazna jedinica
 - izlazna jedinica
 - memorija
 - aritmetičko-logička jedinica
 - upravljačka jedinica

Osnovna struktura digitalnog sustava





Osnovna struktura digitalnog sustava

- univerzalni digitalni sustav:
promjena funkcije *programiranjem*
⇒ računalo (engl. computer)
- računalo ~ univerzalni stroj za:
 - obradu podataka
 - upravljanje sustavima
 - distribuciju informacija
- raširenost i prožimanje digitalnih sustava i računala u svakodnevni život

U. Peruško, V. Glavinić: *Digitalni sustavi*, Poglavlje 1:
Digitalni sustavi i obrada podataka; str. 13-29