

PREDMET: SIGNALI I SISTEMI

P1 - UVOD

dr Slobodan Aleksandrov

Signali i sistemi

- Šifra predmeta: 140217 6 ESPB
- Predavanja: 3 časa Vežbe: 2 časa
- **Cilj predmeta:**
 - ▣ Sticanje znanja o kontinualnim i diskretnim signalima i sistemima u vremenskom i frekvencijskom domenu
- **Ishodi:**
 - ▣ Poznavanje osnovnih signala
 - ▣ Podela signala
 - ▣ Operacije nad signalima
 - ▣ Primena transformacija za prebacivanje iz vremenskog u kompleksni i frekvencijski domen
 - ▣ Poznavanje linearnih, vremenskih i invarijantnih sistema

Polaganje ispita

□ Ocena znanja (maksimalni broj poena 100)	
□ Predispitne obaveze	Poeni
▣ Aktivnosti na laboratorijskim vežbama (OBAVEZNE)	20
▣ Kolokvijum	40
□ Završni ispit	Poeni
▣ Pismeni ispit	40

U slučaju da student nije izlazio na kolokvijum radi se integralni ispit – 80 poena (zadaci iz celokupnog gradiva i dva teorijska pitanja)

Konsultacije

- Profesor: dr Slobodan Aleksandrov
- aleksandrovprof@gmail.com
- Saradnik: Antić Aleksandar, kabinet br: 104
aleksandar.antic@viser.edu.rs

Uvod u teoriju signala i sistema.

Osnovne osobine i podele signala i sistema.

- Signal je funkcija jedne ili više promenjivih koja prenosi informacije o nekoj pojavi, najčešće fizičkoj
- Signali imaju značajnu ulogu u elektrotehnici i u drugim inženjerskim i naučnim oblastima
- Primeri:
 - ▣ Radio i televizija
 - ▣ Telekomunikacione mreže – elektromagnetni signali
 - ▣ Navigacija
 - ▣ Merenja
 - ▣ Meteorologija
 - ▣ Biomedicina
 - ▣ Upravljanje industrijskim procesima
 - ▣ Auto industrija
 - ▣ Saobraćaj
 - ▣ Vojna industrija

Signali

- Signali predstavljaju promenjive veličine koje sa sobom nose neke informacije
- Signal je funkcija jedne ili više promenljivih koji prenosi informaciju o nekoj (obično fizičkoj) veličini
- Uglavnom je nezavisna promenljiva ovih funkcija signala vreme, ali ne mora biti
- Pod signalima podrazumevamo i funkcije koje za nezavisnu promenljivu nemaju vreme, a ponekada kao signale možemo posmatrati i kompleksne funkcije koje nisu u tesnoj vezi sa fizičkim pojavama.
- Električni signal – nosilac informacije

Signali

- Primeri signala:
 - ▣ Ljudski glas
 - ▣ Napon u električnom kolu
 - ▣ Temperaturu prostorije koja se kontroliše
 - ▣ Poziciju, brzinu i ubrzanje
 - ▣ Pritisak
 - ▣ Sila
 - ▣ Elektromagnetni talasi
 - ▣ Digitalna fotografija
 - ▣ Digitalni audio signal

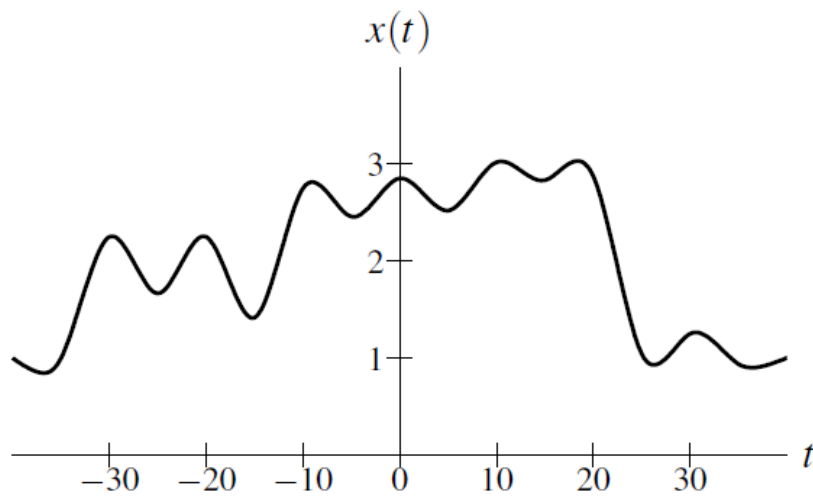
Klasifikacija signala

- Jednodimenzionalni i višedimenzionalni signali
- Signali mogu biti funkcije jedne ili više nezavisnih promenjivih
- Jednodimenzionalni signali su funkcija jedne promenjive
- Kod jednodimenzionalnih signala najčešće podrazumevamo da je nezavisna promenjiva vreme
- Kod dvodimenzionalnih signala su dve prostorne promenjive
- Kod trodimenzionalnih signala postoje tri prostorne promenjive ili dve prostorne promenjive i jedna vremenska promenjiva

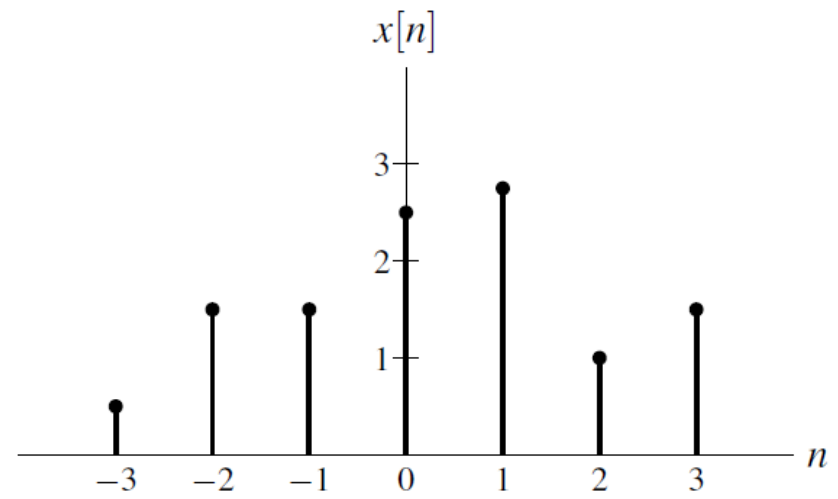
Osnovne karakteristike i podele signala

□ Osnovna podela signala:

- ▣ Kontinualni signali (Continuous-Time Signals) – slika (a)
- ▣ Diskretni signali (Discrete-Time Signals) – slika (b)



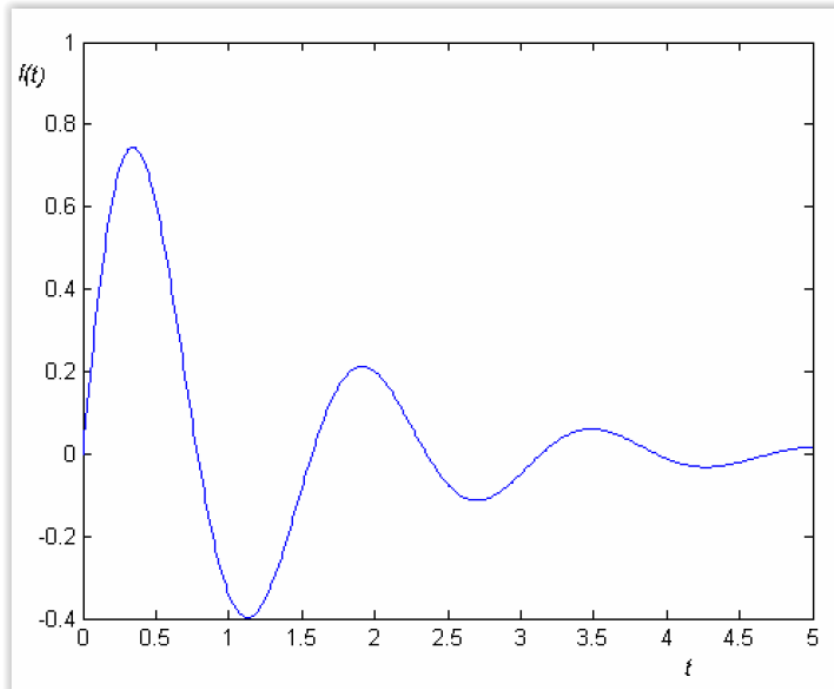
(a)



(b)

Kontinualni signali (CT)

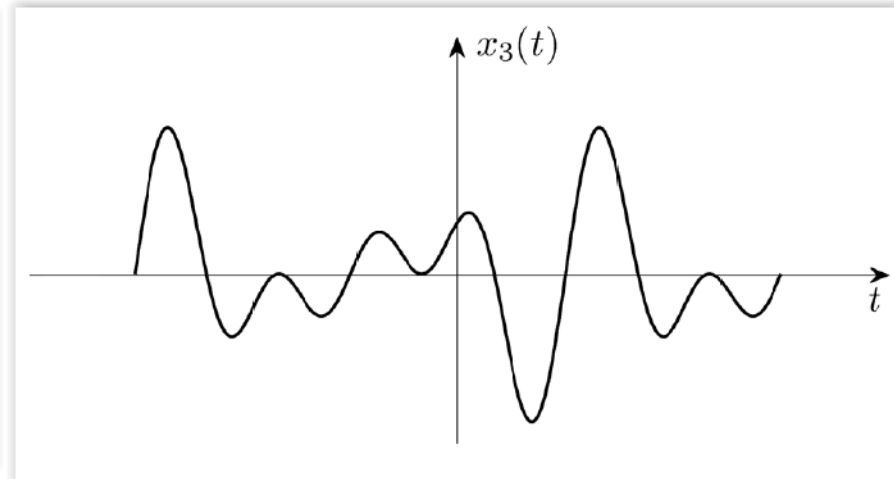
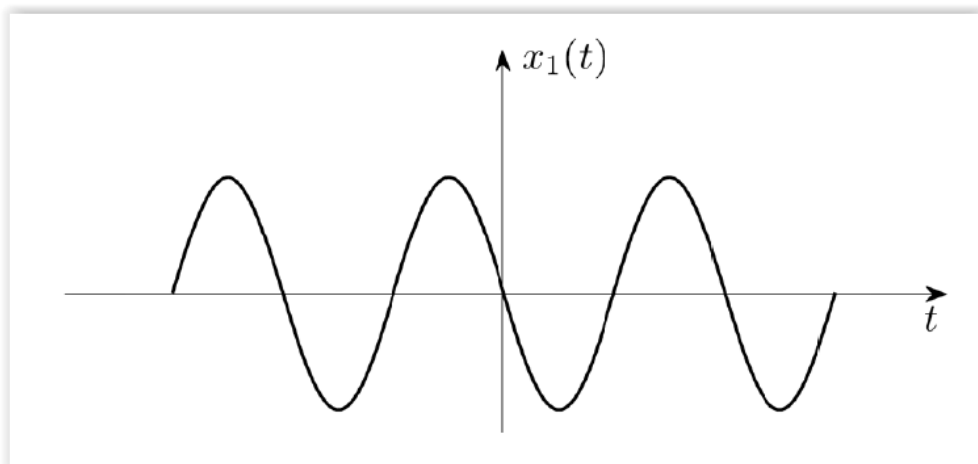
- Kontinualni signali (CT) su neprekidni u vremenu
- Kontinualni signal je jednoznačno definisan za svaku vrednost nezavisne promenjive, osim u konačnom broju tačaka.
- Primer: Struja $i(t)$ u jednoj grani RLC kola: kada se u trenutku $t=0$ električno kolo priključi na izvor elektromotorne sile konstantnog napona



Kontinualni signali (CT)

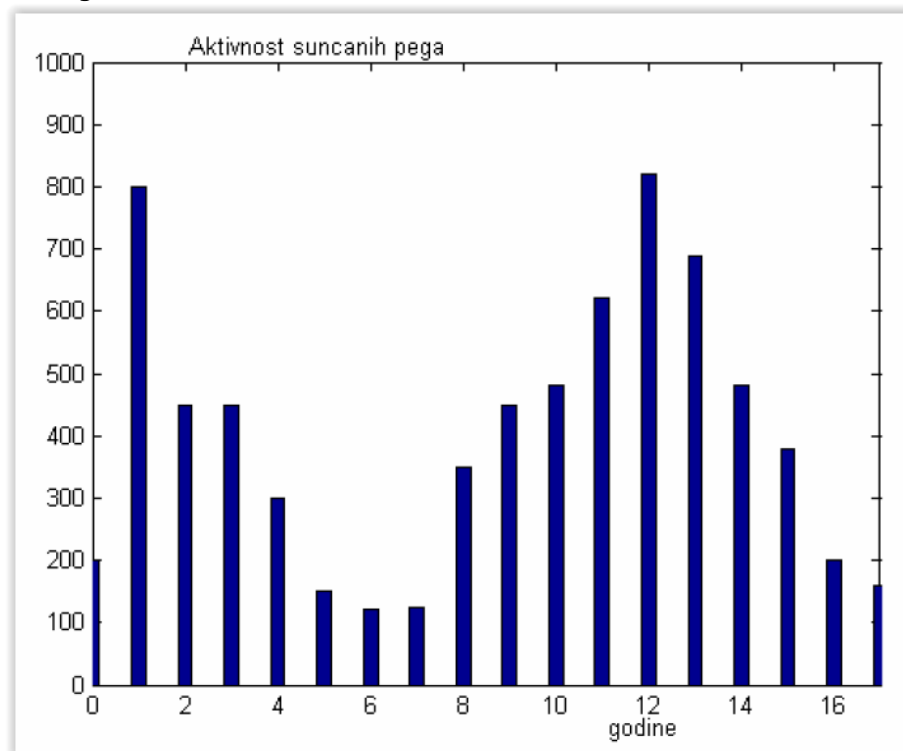
- *Ako je naezavisna promenjiva vreme, kontinualni signal se obeležava kao $\mathbf{x(t)}$*
- *Primeri analitičkih izraza za kontinualne signale:*

$$\mathbf{x(t)=e^{-t}}; \mathbf{x(t)=cos(t)};$$



Diskretni signali (DT)

- Diskretni signali definisani su samo u diskretnim vremenskim trenucima, kao što su sekunde, sati, dani, meseci ili godine.
- Bez obzira na to što je vreme kontinualna funkcija, ovi signali su diskretni jer se merenja vrše u fiksним intervalima vremena



Analogni i digitalni signali

- Ukoliko amplituda kontinualnog signala može da dobije proizvoljnu vrednost iz dozvoljenog opsega, reč je o analognom signalu.
- **Analogni signal** je funkcija kontinualnih promenljivih čija je vrednost funkcije takođe kontinualna.
- Promenljiva ne mora da predstavlja vreme.
- Primer: digitalna slika (koja se sastoji od pravougaonog niza piksela) bi se nazivala diskretnim signalom, iako nezavisne varijable (tj. horizontalna i vertikalna pozicija) zapravo ne odgovaraju vremenu.
- **Digitalni signal** je funkcija diskretnih promenljivih (tj. diskretno vreme) koji ima diskretne vrednost same funkcije

Podela signala

- Postoji podela na:
 - ▣ **Determinističke signale**
 - ▣ **Stohastičke ili slučajne signale.**

Pod determinističkim signalima podrazumevamo one signale čija se vrednost sa nepogrešimom tačnošću može predvideti i u dalekoj budućnosti.

Deterministički signal je matematička funkcija koja je jednoznačno definisana za svaku vrednost nezavisne promenjive.

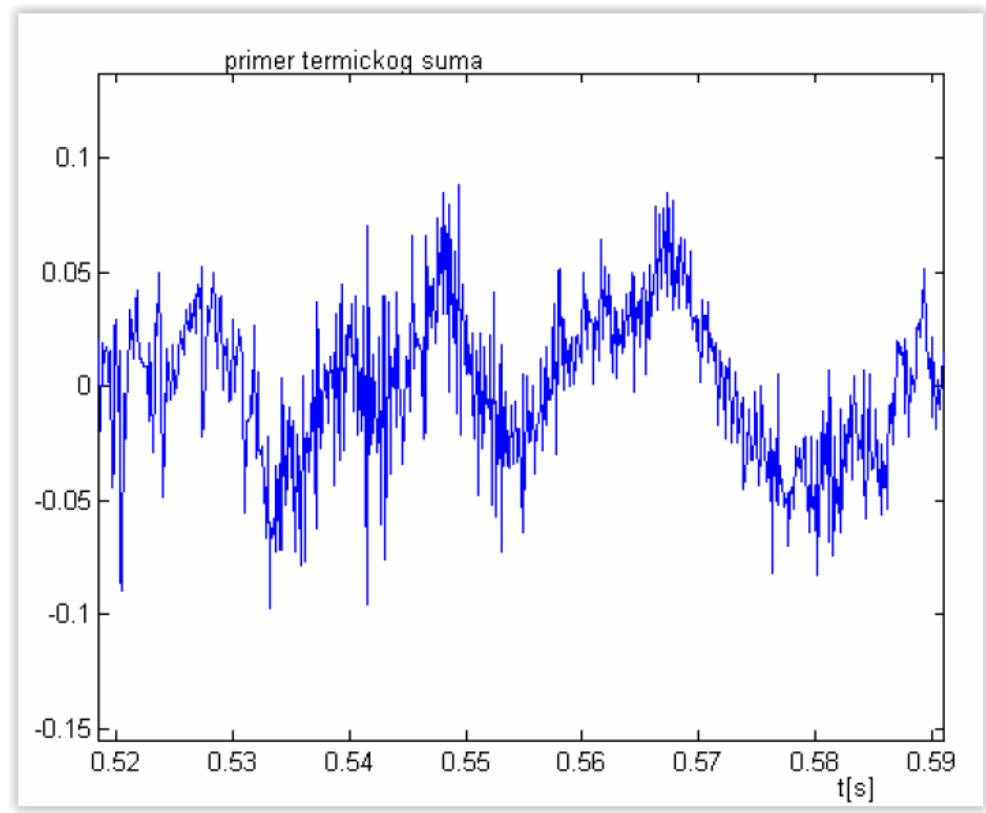
Primer determinističkih signala jesu signali koji se analitički (pomoću nekog matematičkog izraza) definišu.

$$x(t) = e^{-0.05t} \sin(2t)$$

- Moguće je izračunati vrednost ovog signala u bilo kom vremenskom trenutku u budućnosti..

Podela signala

- **Stohaistički signal** ima vrednost koja u svakom vremenskom trenutku ima slučajnu promenjivu
- Primer: signal koji je snimljen kao izlazni napon sa mikrofona u potpunoj tišini, videće se da postoji i signal male snage, koji očigledno nije posledica nekog zvuka, već procesa koji postoje svuda oko nas a mi ih ne možemo kontrolisati.

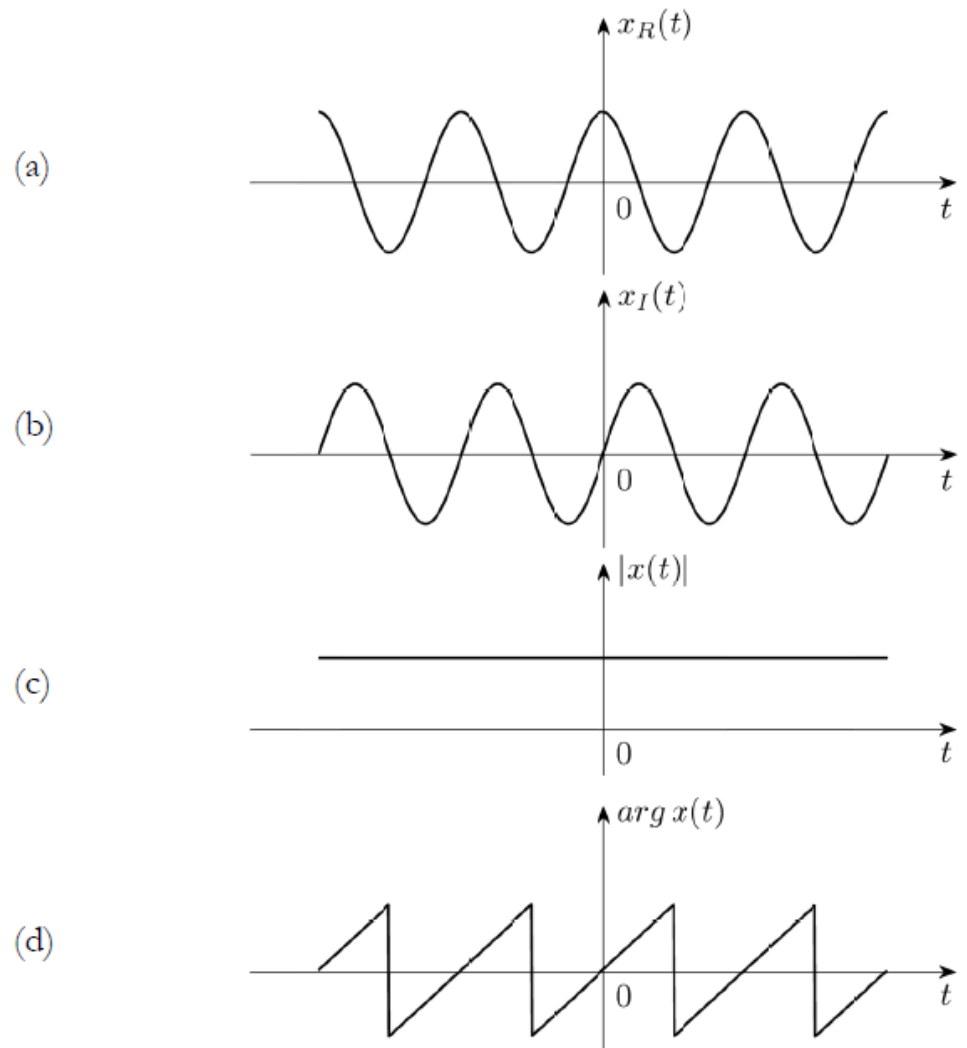


Podela signala: realni i kompleksni

- **Realni signali** su funkcije realne promenjive
- **Kompleksni signali** su kompleksne matematičke funkcije kompleksne nezavisne promenjive
- Realni signali svakoj vrednosti nezavisne promenjive pridružuju realan broj
- Vrednosti kompleksnih signala za svaku vrednost nezavisne promenjive kompleksni brojevi, predstavljeni svojim realnim i imaginarnim delom, ili modulom i argumentom.
- Kompleksni signali se uglavnom veštački formiraju uzimajući za realni i imaginarni deo, ili za modul i argument, dva realna signala.
- Primer: modul kompleksnog signala može da predstavlja intenzitet, a argument smer vetra, električnog ili magnetnog polja u toku vremena u nekoj tački prostora.

Kompleksni signal

- (a) Realni deo
- (b) Imaginarni deo
- (c) Modul kompleksnog signala
- (d) Argument kompleksnog signala

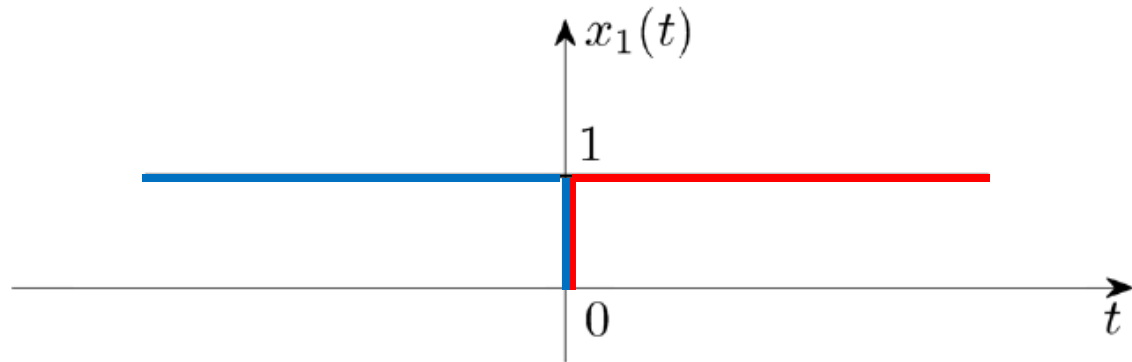


Podela signala

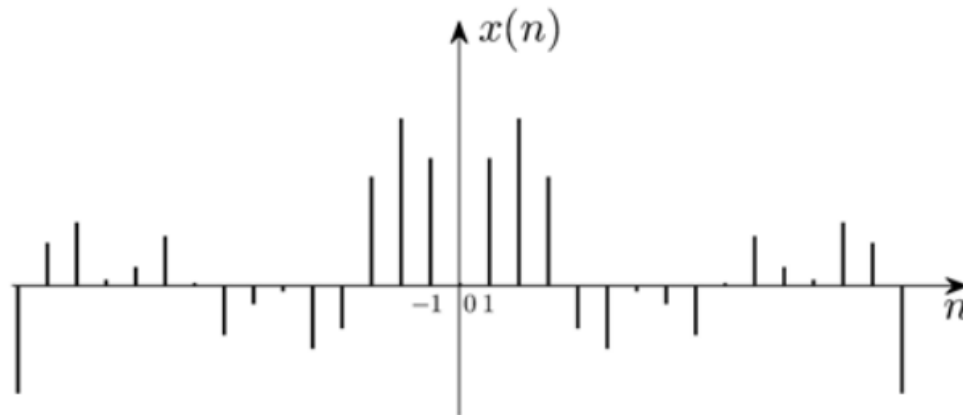
□ Parni i neparni signali

Parni signali su osno simetrični u odnosu na ordinatu (y osa)

$$x(-t)=x(t)$$

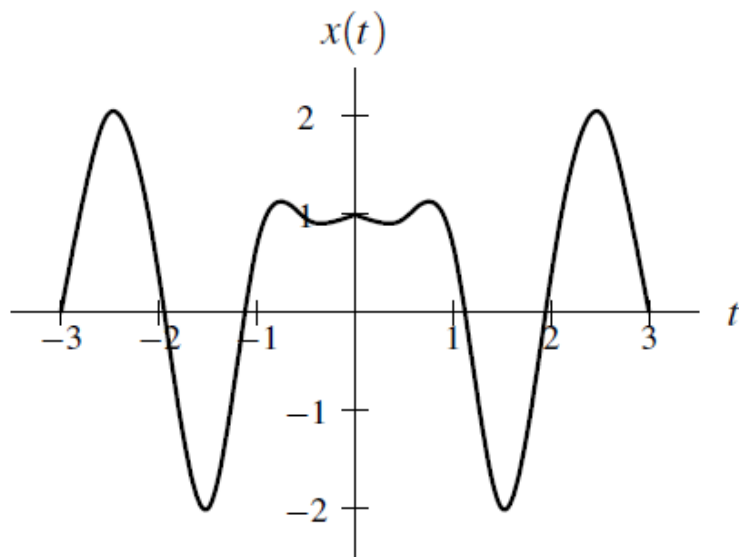


$$x(-n)=x(n)$$

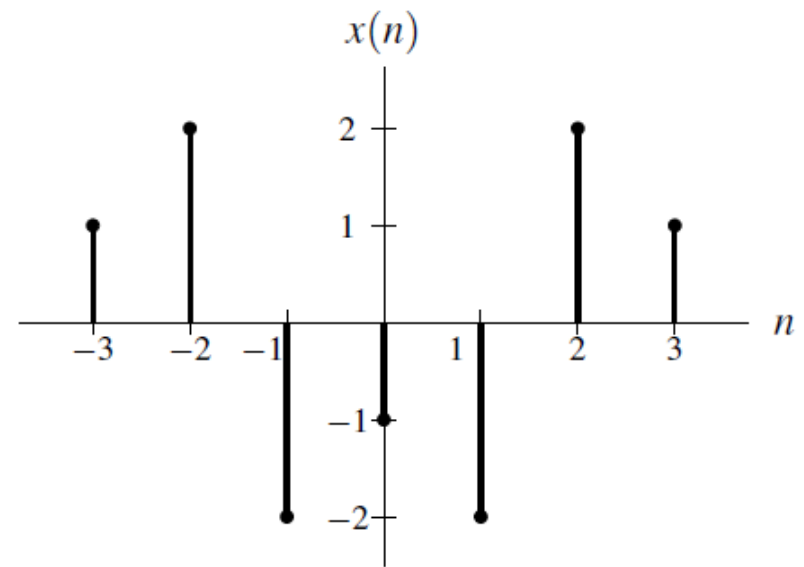


Parni signali

- *Primer parne funkcije i parne sekvence signala*



$$x(-t) = x(t)$$

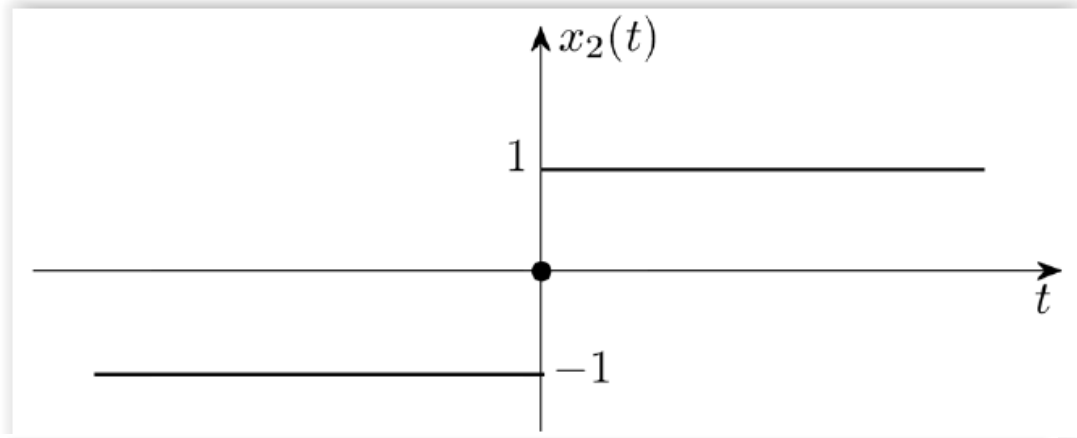


$$x(-n) = x(n)$$

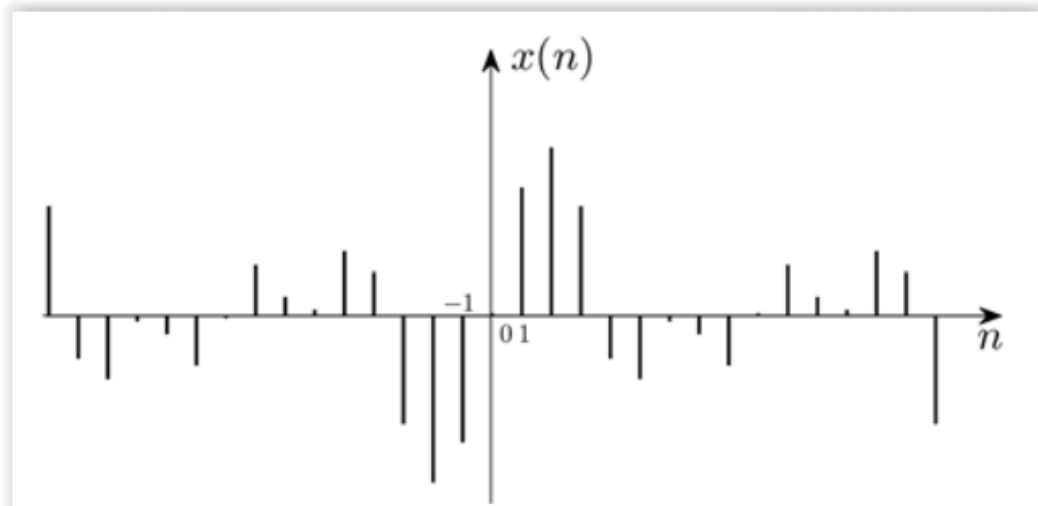
Neparni signali

- Neparni signali su centralno simetrični u odnosu na koordinatni početak

$$x(-t) = -x(t)$$

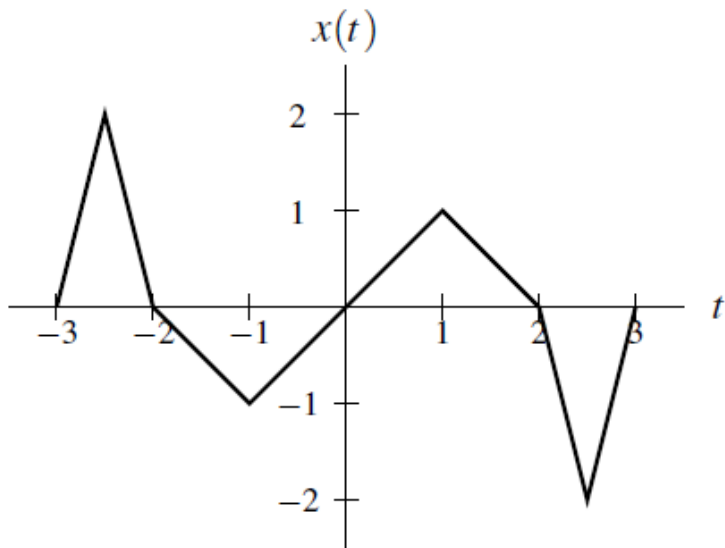


$$x(-n) = -x(n)$$

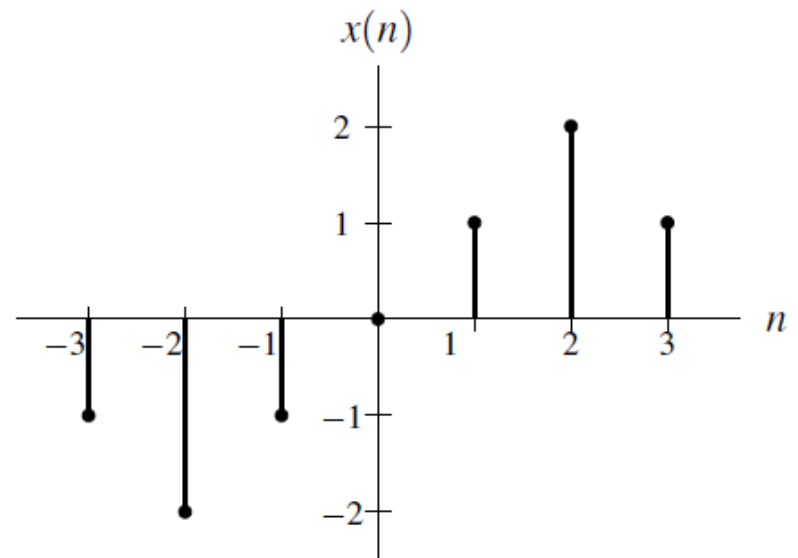


Neparni signali

- *Primer neparne funkcije i neparne sekvence signala*



$$x(-t) = -x(t)$$



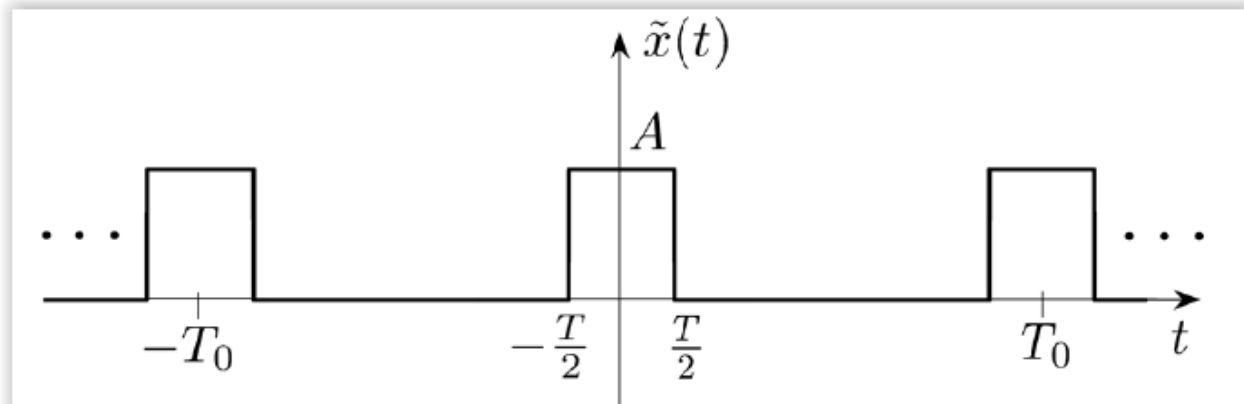
$$x(-n) = -x(n)$$

Periodični i neperiodični signali

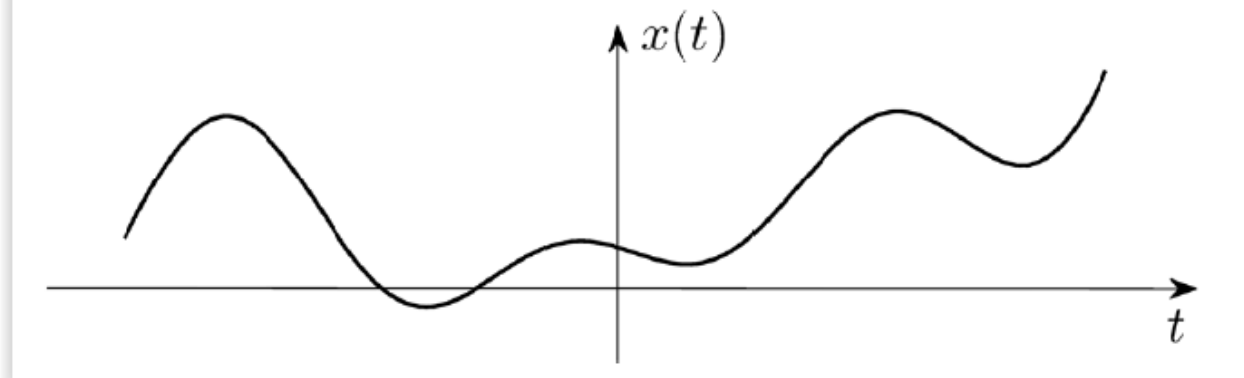
- Ako postoji pozitivna vrednost T za koju važi:
 $x(t) = x(t+T)$, za $\forall t$, signal je periodičan sa periodom T

Primer:

*Periodični signal
perioda T_0*

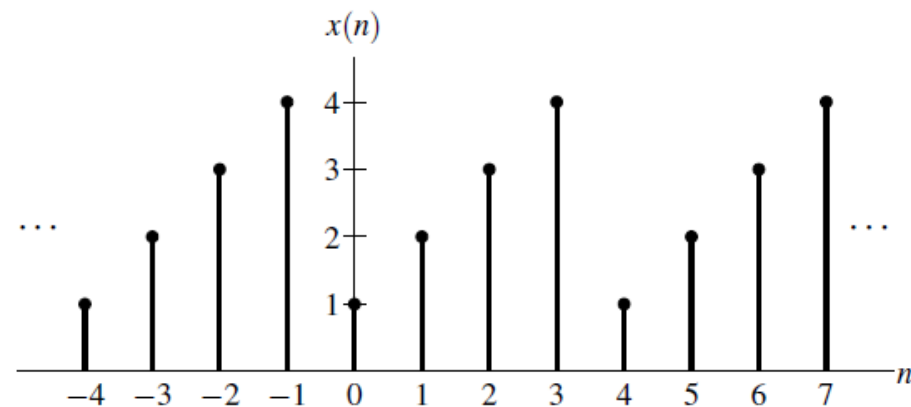
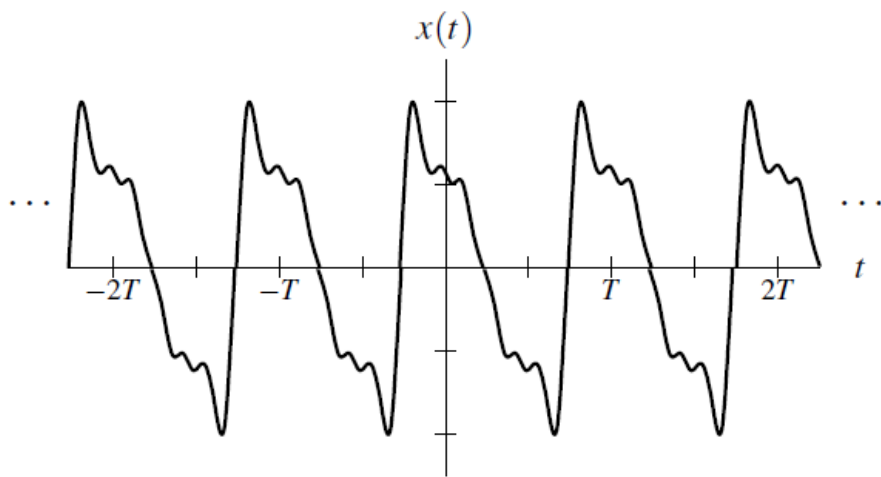


Neperiodični signal



Periodični signali

- Primer periodične funkcije i periodične sekvence signala

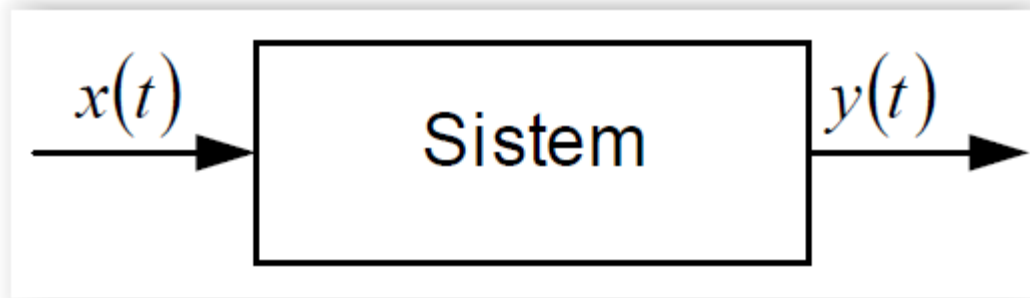


Sistemi

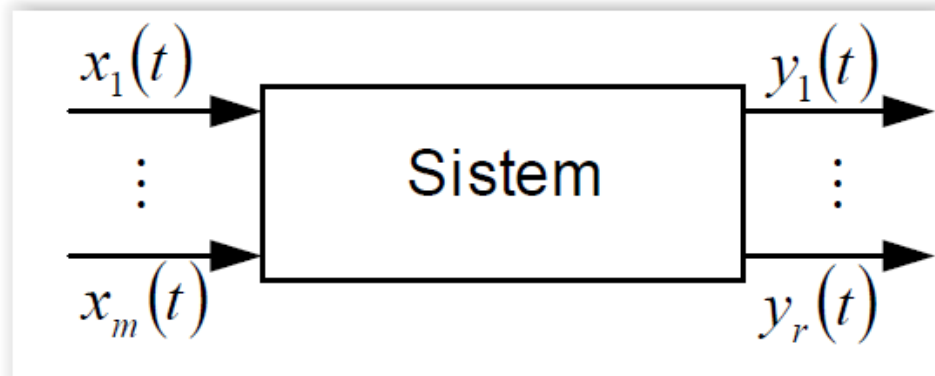
- Sistemi predstavljaju subjekte (tehnički, biološki ili društveni) koji obrađuju ili generišu signale.
- Ovako opšta definicija sistema podrazumeva čitave klase uređaja, struktura, subjekata kao što su:
- *Društveni sistemi* : kapitalistički sistem, socijalistički sistem, bankarski sistem, parlamentarni sistem, ekonomski sistem, sistem hartija od vrednosti, sistem obrazovanja, sistem pravosuđa
- *Tehnički sistemi*: televizijski sistem, satelitski sistem, upravljački sistem, mikrofonski sistem, kamera, nadzorni sistem, sistem za gašenje požara, sistem za prenos električne energije
- *Biološki sistemi*: sistem organa za varenje, sistem žlezda sa unutrašnjim lučenjem, nervni sistem, čulo vida, čulo sluha, mišićni sistemi

Sistemi

- Sistem predstavlja uređaj, proces ili algoritam koji za neki ulazni signal $x(t)$, na svom izlazu generiše izlazni signal $y(t)$



- Nezavisna promenljiva t može kontinualna ili diskretna.
- Sistem ima jedan ili više ulaza i više izlaza,



□

Sistemi

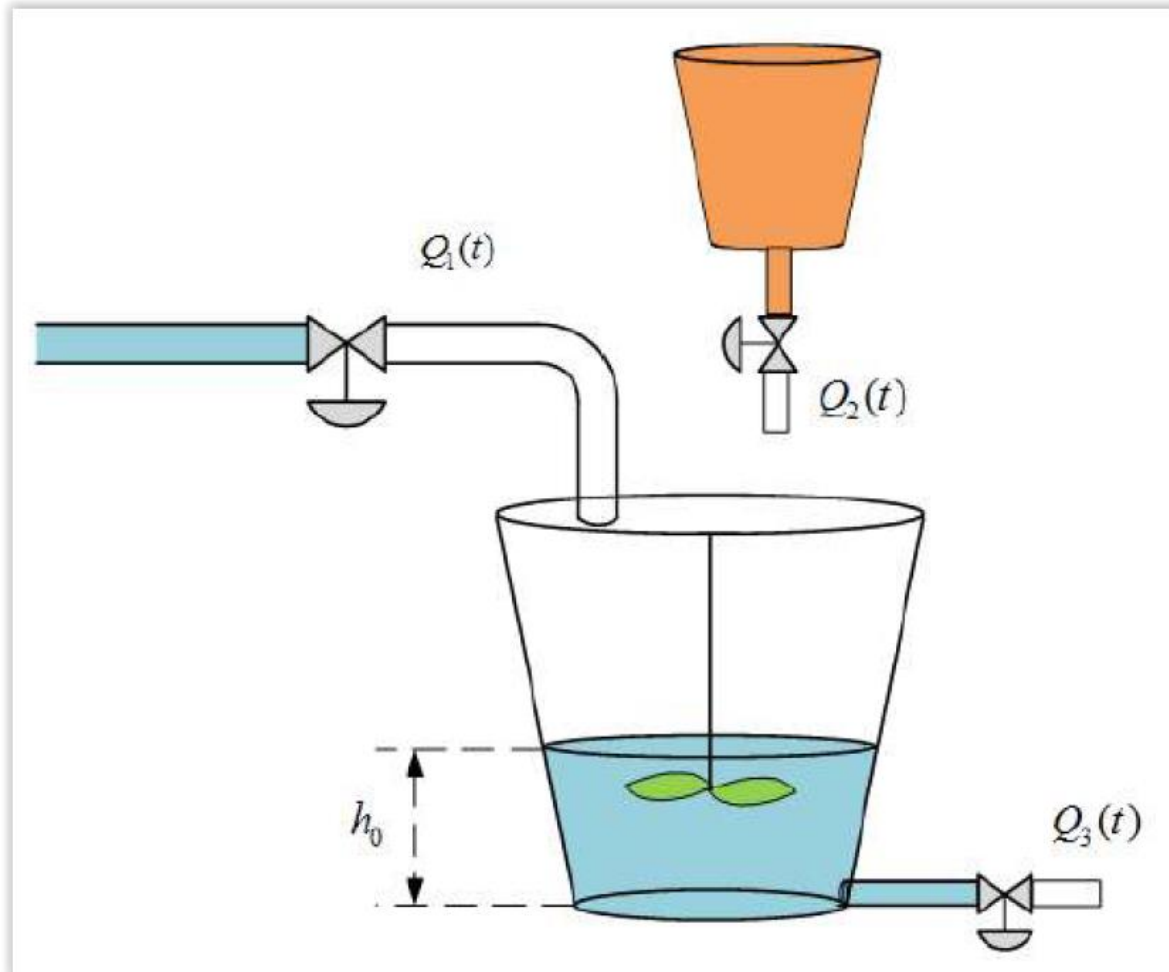
Sistem predstavlja proces koji menja stanje materije, energije ili informacija



Proces promene stanja iz početnog u krajnje (željeno) stanje

Primer sistema

- Proces proizvodnje poludisperzije mešanjem dve tečnosti



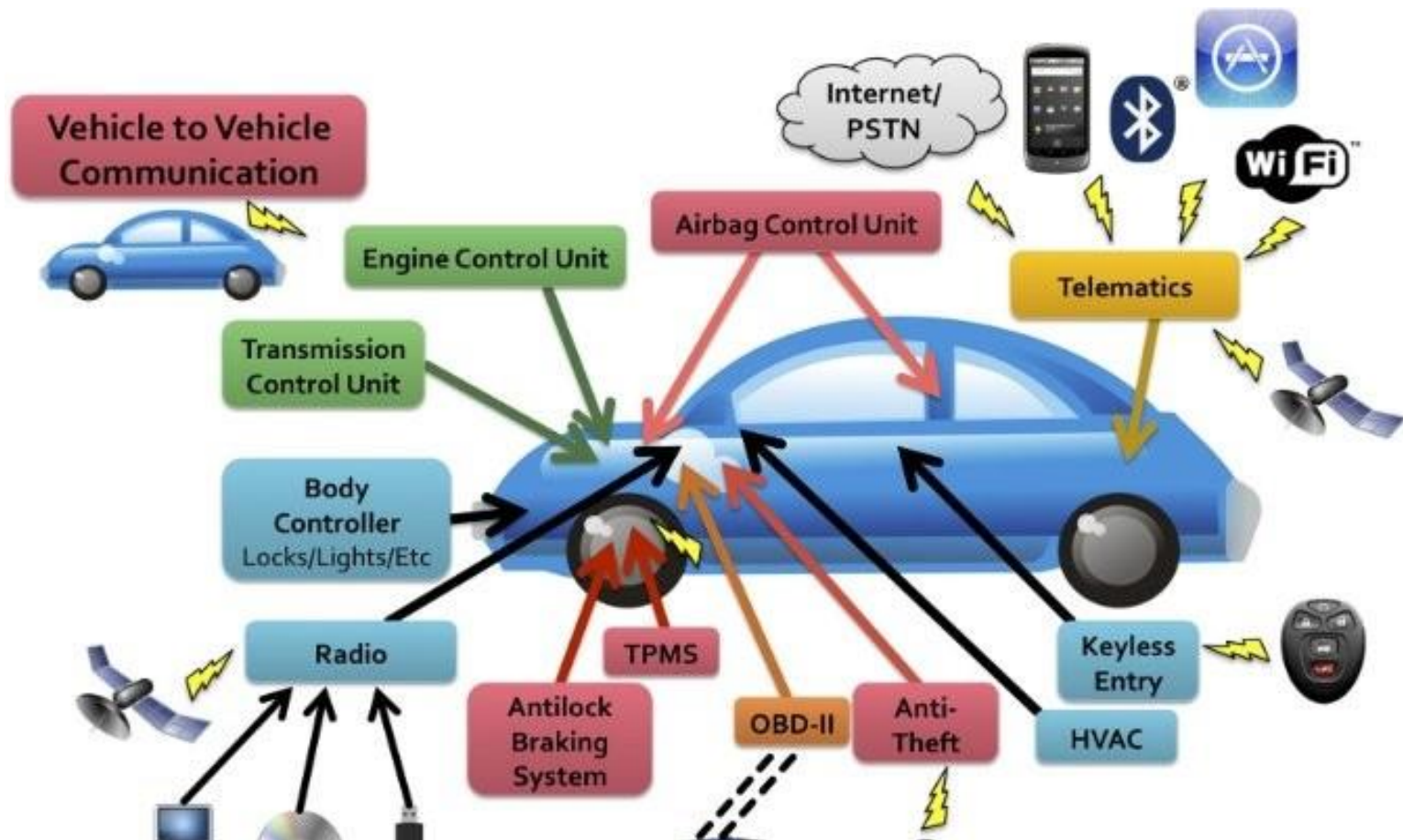
Primer sistema

- Upravljanje industrijskim robotom



Primer sistema

- Sistemi za upravljanje u industriji automobila

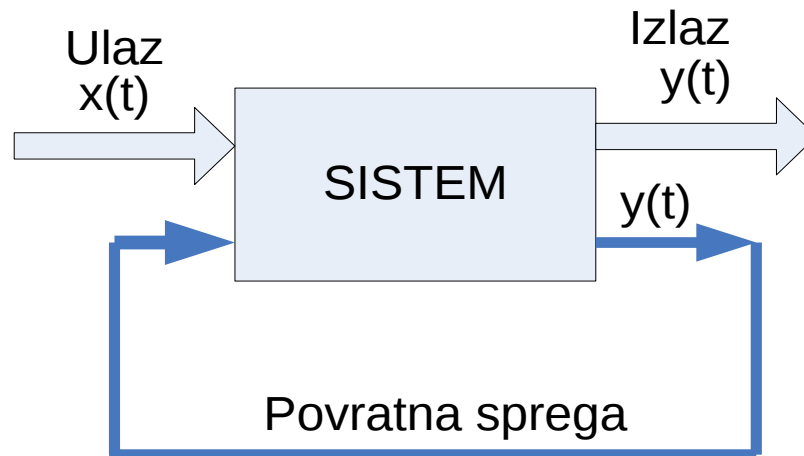


Elementi sistema

- **Analizatori** su sistemi koji izdvajaju željenu informaciju iz signala i prikazuju je korisniku.
- **Sintetizatori** generišu željeni izlazni signal na svom izlazu.
- **Transdjuseri** ili pretvarači pretvaraju signal iz jedne fizičke forme u drugu (kao što su na primer mikrofoni koji pritisak na membranu mikrofona pretvaraju u naponski signal, ili termoelementi koji temperaturu pretvaraju u električnu otpornost).
- **Komunikacioni kanali** kao što su koaksijalni kablovi, mikrotalasni vodovi, fiberoptički kablovi nose signal sa jedne na drugu lokaciju.
- **Filteri** modifikuju signal na odgovarajući način trudeći se da potisnu učianke neželjenih smetnji i šumova.
- **Kompenzatori** su specijalni filtri koji imaju za zadatak da izmene neželjene osobine nekih drugih sistema.

Sistem sa povratnom spregom

- Posebnu klasu vrlo važnih sistema čine sistemi sa povratnom spregom (**feedback** - povratna sprega)
- U sistemima sa povratnom spregom se izlazni signal, ili signal dobijen na osnovu izlaznog, vraća kao dodatni ulazni signal u sistem.



- Osnovni cilj povratne sprege može biti da se ceo sistem stabilise, da se poveća njegov propusni opseg, da se uskladi željeno ponašanje, da se kontroliše izlazni signal ili nešto slično.
- Primena u elektronici, mašinstvi, tehnologiji, robotici, i telekomunikacijama, itd.

Klasifikacija sistema

1. Podela prema broju ulaza/izlaza:

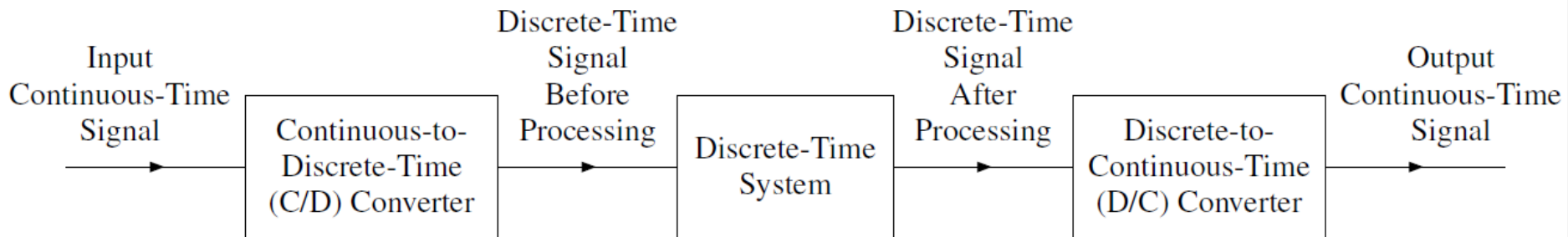
- ▣ Sistem sa jednim ulazom i jednim izlazom – **SISO** (single-input single-output)
- ▣ Sistem sa više ulaza i više izlaza – **MIMO** (multi-input multi-output)

2. Podela prema tipu signala koji se javljaju u sistemu:

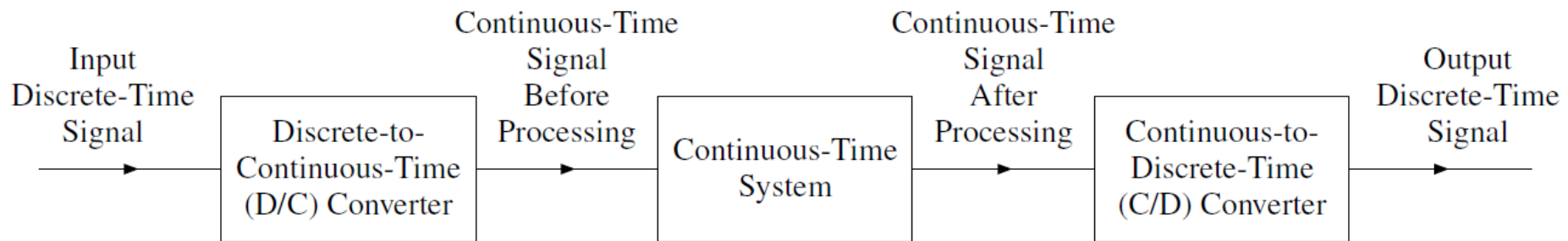
- ▣ Kontinualni sistemi (continuous-time system)
- ▣ Diskretni sistemi (discrete-time system)
- ▣ Hibridni sistemi (Hybrid system)
- ▣ Digitalni sistemi
- ▣ Analogni sistemi
- ▣ Jednodimenzijski sistemi
- ▣ Višedimenzijski sistemi

Primeri sistema

1. Sistemi za obradu signala



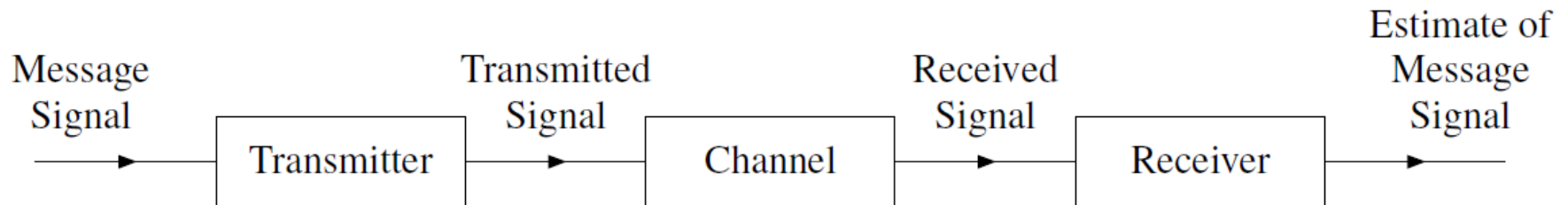
(a)



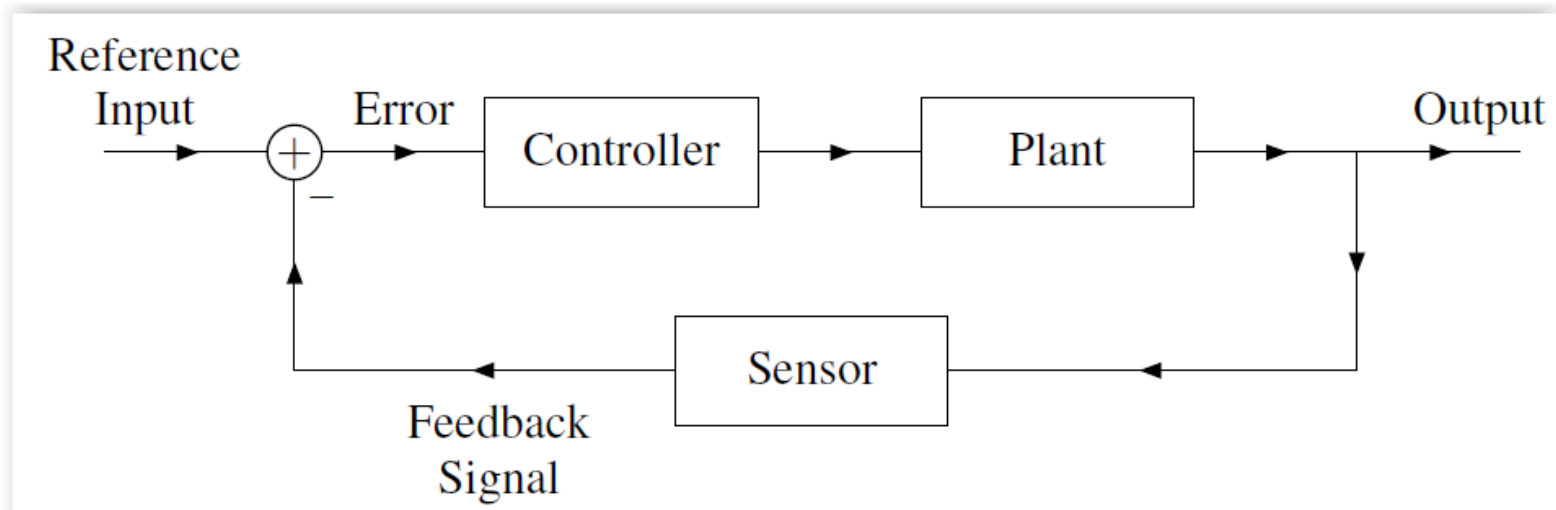
(b)

Primeri sistema

2. Komunikacioni sistem



3. Sistem sa povratnom spregom





Hvala na pažnji!