

DIGITALIZACIJA

Sanja Šabović

Sadržaj:

UVOD.....	3
1 OSNOVNI POJMOVI.....	4
2 ANALOGNA TEHNOLOGIJA.....	6
2.1 MEHANIČKI UREĐAJI.....	6
2.2 ELEKTRONSKI UREĐAJI.....	8
2.3 NEDOSTACI ANALOGNE TEHNOLOGIJE.....	9
3 DIGITALNA TEHNOLOGIJA.....	10
3.1 ISTORIJA I PREDNOSTI DIGITALIZACIJE.....	10
3.2 DIGITALNA OBRADA SIGNALA.....	11
3.3 ZVUK.....	14
3.4 VIDEO.....	16
ZAKLJUČAK.....	17
IZVORI.....	18

UVOD

Mi živimo u doba digitalizacije. Broj digitalnih uređaja, sistema i aplikacija koji trenutno utiču na naše živote je vrlo veliki i nema kraja listi novih za koje možemo očekivati da će se pojaviti u godinama koje dolaze. Primene digitalizacije mogu se naći u raznim oblastima:

1. Telekomunikacije. Bežični i mobilni telefoni brzo zamenjuju žičane i koriste se za prenos glasa, kao i podataka. Kompjuteri proizvode, prenose i primaju ogromne količine informacija preko interneta. Trenutno možemo da šaljemo i primamo ograničenu količinu teksta, slika i video zapisa preko mobilnih telefona, pored glasa, muzike i drugih zvučnih signala, koji se zovu jednim imenom *multimedija*.

2. Obrada govora. Kvalitet prenosa govora preko fiksnih i mobilnih telefona je veoma visok. Neke od aplikacija obrade govora su: prepoznavanje govora, sinteza govora, prevod teksta u govor...

3. Elektronski uređaji u domaćinstvu. Tu spadaju mobilni telefoni, televizori, digitalne kamere, telefonske sekretarice, faksevi i modemi, muzički sintisajzeri, CD i DVD plejeri, laserski štampači, kopir aparati, skeneri...

4. Medicina. Razni uređaji koriste se u bolnicama, kao što su rentgeni, ultrazvuk, razni skeneri, EKG aparati... Takođe, razna pomagala – slušni aparati, pejsmejkeri...

5. Obrada slika. Restauracija slika, radari i sonari, geografska i seizmološka obrada podataka, vremenska prognoza...

6. Industrija. Numerička kontrola, robotika, kontrola mašina i motora, proizvodnja automata...

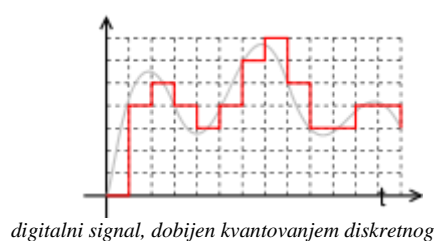
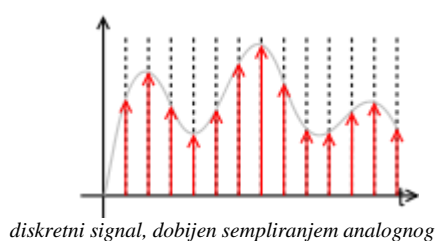
Ono što je zajedničko za sve ove sisteme je da su plod digitalne tehnologije, pa je logično zapitati se kakva je to tehnologija. Sama reč „digitalno“ asocira na računar i jasno je da opisuje uređaj moderne tehnologije (high tech), ali treba razjasniti šta to, u stvari, znači, šta je alternativa digitalnoj obradi signala i kako je do digitalizacije uopšte i došlo...

1 OSNOVNI POJMOVI

Reč *digit* na engleskom znači cifra. Inače je latinskog porekla i znači prsti, odnosno brojanje na prste. Prema tome, **digitalno** znači cifarski, odnosno diskretno, tj. prekidno. Suprotno prekidnom, tj. digitalnom je neprekidno, tj. **analogno**. Svi signali u prirodi su kontinualne funkcije vremena, tj. analogni su. Sam prostor je kontinualan - ceo svet oko nas je analogan. Ljudi su odavno imali potrebu da na neki način zabeleže ove signale – zvuk, sliku, da ih sačuvaju i obrađuju.

Prirodni signali se mogu matematički predstaviti skupom neprekidnih vrednosti, odnosno neprekidnom funkcijom, beleženjem svih vrednosti signala kako vreme teče. Vreme je neprekidna promenljiva, kao i vrednost signala. Signal zabeležen na ovaj način zove se **analogni signal**. Kod analogne obrade signala koristi se neko svojstvo medijuma da bi se prenela informacija o signalu, jer su fizičke osobine medijuma direktno povezane (analogne) sa fizičkim karakteristikama prirodnog signala. Analogne vrednosti se najčešće predstavljaju jačinom električne struje, volтажom ili naponom, kako bi se dati signal, radi čuvanja, prenosa ili obrade, pretvorio u električni.

Digitalizacija je predstavljanje *analognih signala nizom brojeva*. Ti brojevi predstavljaju izmerene vrednosti tog signala u sukcesivnim vremenskim intervalima. To znači da se ne beleže sve vrednosti signala, već samo vrednosti u određenim trenucima, tj. u nekim tačkama u vremenu. Dakle, skup tačaka u kojima se posmatra vrednost signala je diskretan, pa se signal dobijen na taj način zove se **diskretni signal**. Pošto digitalizacija podrazumeva kompjutersku obradu signala, a ona se svodi na rad sa brojevima koji predstavljaju vrednosti tog signala, to i one moraju uzimati vrednosti iz diskretnog skupa, kako bi kompjuter mogao da radi sa njima. Takav signal zove se **digitalni signal**. Svođenje neprekidnog, tj. analognog signala na diskretni, tj. diskretizacija po vremenu, zove se **simpliranje (biranje uzoraka ili uzorkovanje)**, a svođenje diskretnog na digitalni, što je diskretizacija po amplitudi – **kvantovanje ili kvantizacija**. Dakle, obavlja se proces dvostruke diskretizacije. Vrednost signala u jednoj tački zove se **uzorak (sample)**.



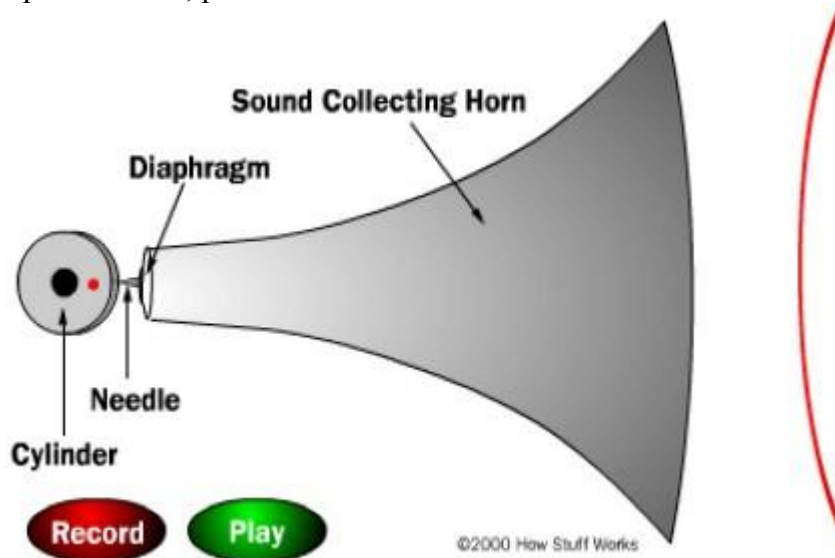
Postupak digitalizacije dovodi do toga da se gubi informacija, jer se umesto svih tačaka biraju samo neke. Digitalna obrada signala se zasniva na numeričkoj obradi podataka kojima su ti signali predstavljeni, pa je taj problem efikasno rešen matematičkim metodama. Takođe, postupkom digitalizacije generiše se mnogo brojeva, što je dugo vremena bio nepremostiv problem i glavni razlog što je obrada svih signala bila rađena analogno. Ljudi jednostavno nisu imali neophodnu tehnologiju, pa nije bilo načina da se ovoliko brojeva registruje, a kamoli memoriše, obrađuje ili reprodukuje. Poboljšanje tehnološke osnove bilo je praćeno i naglim razvojem teorije. Digitalna obrada signala ostvaruje pun razvoj uporedo sa razvojem računara, koji omogućavaju efikasno korišćenje već postojećih algoritama i podstiču razvoj novih.

Sa druge strane, za realizaciju analognih sistema potrebna je vrlo niska tehnologija i čim se ovladalo dovoljnim naučnim znanjem, počeli su da se prave i koriste prvi analogni uređaji, najpre mehanički, a zatim i elektronski...

2 ANALOGNA TEHNOLOGIJA

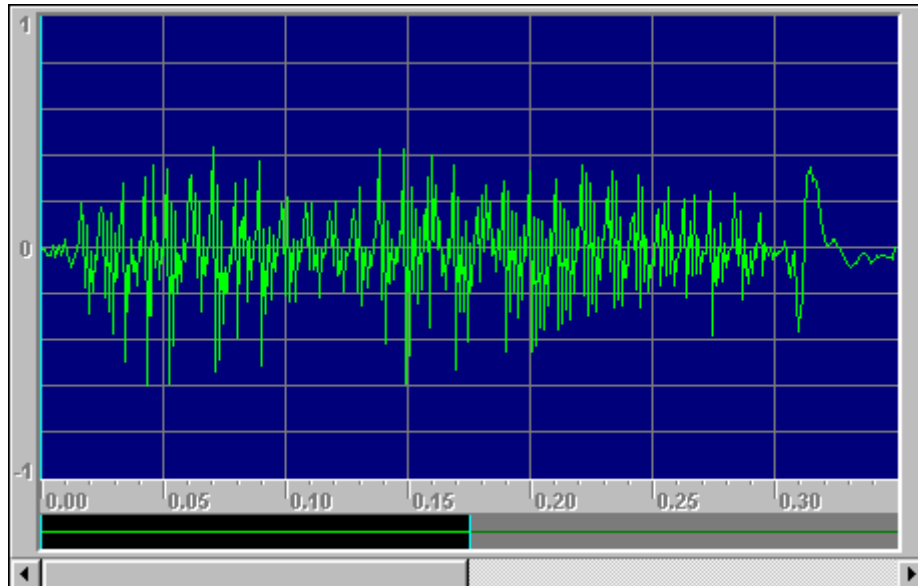
2.1 MEHANIČKI UREĐAJI

Posmatrajmo analogne uređaje na primeru uređaja za snimanje zvuka. Prvi uređaj za snimanje i reprodukciju zvuka izumeo je **Tomas Edison** 1877. Njegov pristup je, polazeći od činjenice da se zvuk prenosi vibriranjem čestica vazduha, koristio veoma jednostavan mehanizam za mehaničko čuvanje analognog zvučnog talasa. Kod Edisonovog originalnog *fonografa*, jedna opna je direktno kontrolisala iglu, a ta igla je grebala analogni zvučni signal na cilindar od aluminijumske folije. Kada bi neko pričao u uređaj, vrteo bi cilindar, a igla bi beležila šta je rečeno na aluminijum. Jer, kako je opna vibrirala, te vibracije bi se prenosile na iglu, koja bi ih utiskivala na aluminijum. Za reprodukciju, iglu je trebalo pomerati preko žleba izgredanog za vreme snimanja. Vibracije utisnute na aluminijumu pomerale su iglu, zbog čega je i opna vibrirala, proizvodeći zvuk.

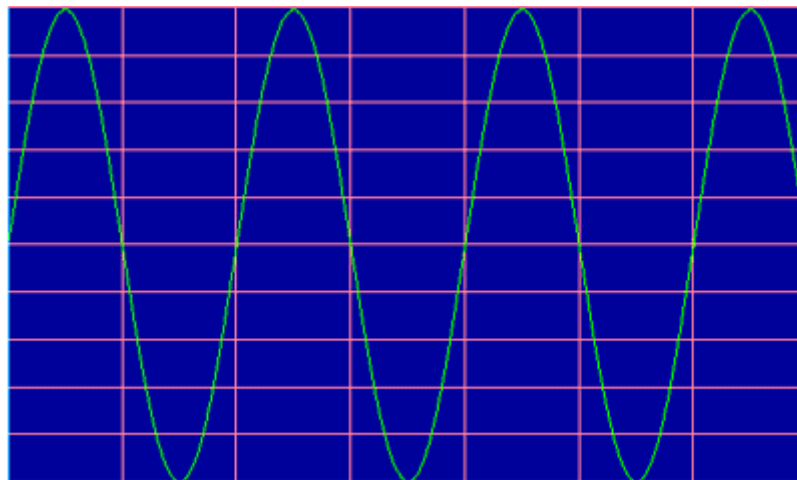


Ovaj izum unapredio je 1887. **Emil Berliner** i tako stvorio *gramofon*, koji je, takođe, čisto mehanička sprava koja koristi iglu i opnu. Glavno unapređenje gramofona bila je upotreba ravnih ploča sa spiralnim žlebom, koja je omogućila jednostavnu masovnu proizvodnju ploča. Moderni fonograf radi na isti način, s tim što signali koje igla čita ne pomeraju direktno mehaničku opnu, već su pojačani elektronskim putem.

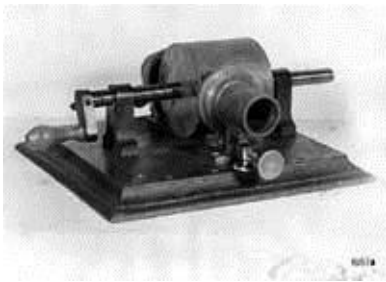
Ono što je igla u Edisonovom fonografu grebala na cilindar je **analogni talas**, koji predstavlja vibracije koje stvara ljudski glas. Na primer, ovako izgleda analogni talas, koji se dobija izgovaranjem reči „hello”:



Ovaj talas je snimljen elektronski, ali princip je potpuno isti. Graf pokazuje poziciju opne (y-osa) kroz vreme (x-osa). Ove vibracije su veoma brze – opna vibrira sa preko 1000 oscilacija u sekundi. Takođe, talas za ovu reč je dosta kompleksan. Čist ton je obična sinusoida koja vibrira određenom frekvencijom. Na slici je sinusoida frekvencije 500 **Hz** (500 Hz = 500 oscilacija u sekundi):



Odavde se vidi da čuvanje i reprodukcija analognog signala može biti vrlo jednostavna. Ono što je problem kod jednostavnog pristupa je slaba verodostojnost odnosno vernost originalnom signalu. Kod Edisonovog fonografa ima puno škripavog zvuka, koji se beleži zajedno sa željenim zvukom i signal je iskrivljen na više načina. Takođe, posle puno korišćenja, uređaj se jednostavno istroši, zbog toga što, svaki put kad prođe preko žleba, igla ga malo promeni, a na kraju i izbriše.



Edisonov originalni fonograf



Fonograf, kakav je bio u prodaji

Mehanički uređaji su bili slabih karakteristika i nije bilo načina da se dalje unaprede. Sa razvojem nauke i ljudskog znanja, došlo je do daljeg razvoja tehnike, pa su uređaji osmišljeni tako da analogni signal pretvaraju u električni i takvog ga beleže, prenose, obrađuju ili reprodukuju.

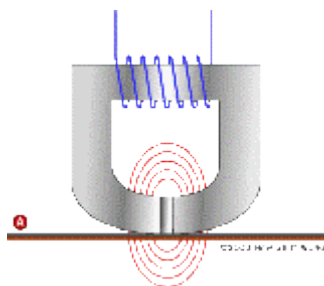
2.2 ELEKTRONSKI UREĐAJI

Najjednostavniji elektronski analogni uređaj je *telefon*, koji se sastoji od mikrofona, žice i zvučnika. Prost dinamički mikروفon sastoji se od magneta zakačenog za opnu iznad kalema i oslanja se na osnovni zakon elektromagnetizma. Kada čovek govori, zvuk treperi i pomera opnu, koja pomera magnet. Kao posledica pomeranja magneta, u kalemu se indukuje napon proporcionalan tom pomeranju. Tako se zvučni talas pretvara u odgovarajući električni signal. Zvučnik funkcioniše na isti način, u obrnutom smeru. Uređaj koji analogni signal pretvara u električni i obrnuto, zove se **transdjuser (transducer)**. Dakle, telefon se sastoji samo od transdjusera.

Uređaj sličan telefonu, koji ima mogućnost memorisanja i reprodukcije je *magnetofon*. On beleži razlike u naponu na žicu, pa je ona u različitim vremenskim trenucima različito namagnetisana - proporcionalno snazi magnetnog polja koga indukuje vibriranje magneta zakačenog za opnu.



Slično, *kasetofon* je uređaj (nastao 70-ih godina prošlog veka) koji beleži zvuk na magnetnu traku. Osnovna ideja bazira se takođe na elektromagnetu, koji nanosi magnetni fluks na oksid koji je na traci. Oksid trajno "pamti" fluks koji se stvara. Glava kasetofona je veoma mali, okrugli elektromagnet koji ima mali otvor u sebi:



Elektromagnet sastoji se od gvoždenog jezgra oko koga je namotana žica. Za vreme snimanja zvučni signal, prolaskom kroz žicu, stvara magnetno polje u jezgru. U jezgru magnetni fluks magnetiše oksid na traci. Za vreme reprodukcije, kretanje trake izaziva promenljivo magnetno polje, a time i signal, u jezgru. U kasetofonu postoje dva ovakva elektromagneta koji zajedno čine polovinu širine trake. Dve glave snimaju dva kanala stereo programa:



Kada se traka (kasetna u kasetofonu) okrene, glave snimaju drugu stranu – stranu B.

2.3 NEDOSTACI ANALOGNE TEHNOLOGIJE

U početku je napredak ovakvih uređaja bio brz, jer nije bila potrebna neka velika tehnologija da bi se oni napravili i vrlo mala ulaganja donosila su veliki napredak. Međutim, kasnije se ispostavilo da dalji veliki napredak analognih uređaja nije moguć, jer mali napredak u kvalitetu iziskuje eksponencijalno veća ulaganja. Pored toga, postoje neke mane koje je nemoguće otkloniti, bez obzira na to koliko velika bila ulaganja.

Pre svega, fundamentalni problem je to što **kvalitet informacije zavisi od kvaliteta medijuma**, a kako je on podložan prirodnom procesu starenja i propadanja (wear & tear), to znači da i kvalitet zapisa vremenom propada. Druga velika mana analogne tehnologije je ta što je **kvalitet kopije neuporedivo lošiji od kvaliteta originala**, pa je, samim tim, i čuvanje informacije vremenski ograničeno. Takođe, analogna **obrada signala je veoma komplikovana**, jer se vrši raznim mehaničkim uređajima. Od njih takođe zavisi kvalitet informacije, a ne mogu se nikada napraviti savršeno preciznim, pa samim tim, ni kvalitet zapisa ne može nikada biti 100% savršen. Zbog toga je ova tehnologija došla do kraja svog puta i danas je sasvim prevaziđena...

3 DIGITALNA TEHNOLOGIJA

3.1 ISTORIJA I PREDNOSTI DIGITALIZACIJE

Danas je skoro celokupna obrada signala digitalna, tj. sve analitičke proračune nad digitalnim signalima, dobijenim od analognih, obavljaju računari. Međutim, tek od skoro diskretne tehnike dominiraju u obradi signala.

Izumi devetnaestog veka za prenos reči: telegraf za pisanu i telefon za govornu obeležili su početak inženjerske tehnologije generisanja i interpretacije signala. Matematički alati koji podržavaju obradu signala postojali su odavno, ali je tek u devetnaestom veku *teorija signala* počela da se odvaja kao posebna tehnička, inženjerska i naučna disciplina, nezavisna od same matematike. Do tada naučnici nisu gledali na matematičke entitete – polinome, sinusoide ili eksponencijalne funkcije kao na nizove simbola ili nosioce informacija, već kao idealne oblike, pokrete ili modele prirodnih procesa. Rast i razvoj elektromagnetne teorije, kao i električne i elektronske komunikacione tehnologije, počeo je da razdvaja ove nauke.

Prve teorijske veze između analognih i diskretnih signala otkrio je **Najkvist (Nyquist)** 20-ih godina prošlog veka, istražujući optimalne telegrafске mehanizme prenosa. **Šenon (Shannon)** je nadgradio Najkvistovo otkriće i tako je nastala **Šenon-Najkvistova teorema o *sempliranju***, koja pitanje broja uzoraka dovoljnih da se signal verno rekonstruiše rešava na jedan vrlo lep način. Ubrzo, kasnih 40-tih, pojavili su se digitalni računari. Međutim, oni su i dalje bili prespori i nisu imali mogućnost skladištenja dovoljno velikog broja brojeva, koliko je digitalna obrada signala zahtevala. Krajem 80-ih, sa naglim razvojem računara i povećanjem njihove memorije tj. prostora za skladištenje i rad sa podacima, kao i pojavom *kompakt diska (compact disc)*, koji je prelaskom sa magnetnog zapisa na optički, takođe omogućio čuvanje i prenos znatno većih količina podataka nego do tada, sve prepreke koje su kočile razvoj digitalne obrade signala bile su rešene. Počinje doba digitalizacije...



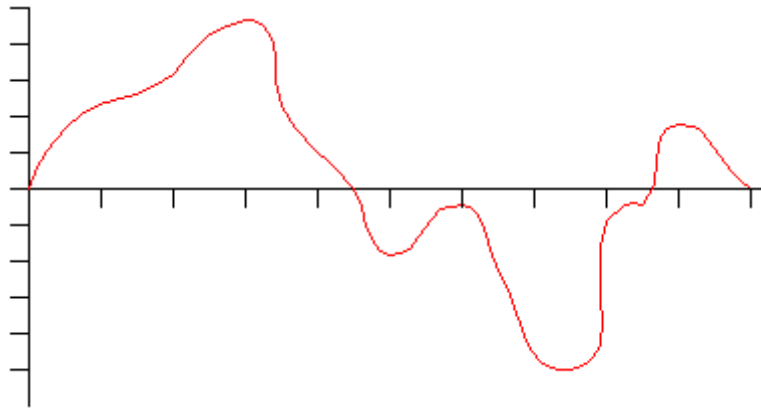
Digitalna tehnologija ima velike prednosti nad analognom – ***kvalitet informacije ne zavisi od kvaliteta medija*** što ima za posledicu to da je kvalitet kopije neuporedivo bolji od kvaliteta istog u analognoj tehnologiji – ***kopija je potpuno identična originalu***. Pošto se informacija ne menja, a moguće je napraviti identične kopije, digitalna tehnika pruža ***mogućnost neograničenog čuvanja***. Pored toga, ***obrada signala je mnogo lakša i preciznija***, jer se vrši matematičkim sredstvima, tj. popuštanjem kroz matematičke formule.

3.2 DIGITALNA OBRADA SIGNALA

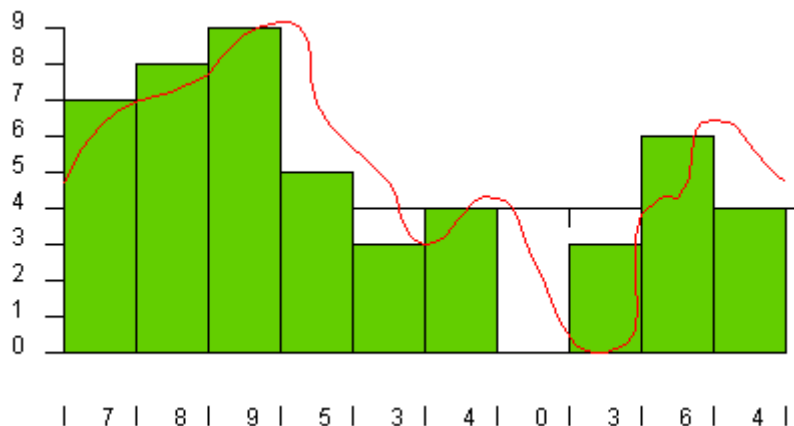
Svi digitalni uređaji imaju istu osnovnu strukturu. Analogni signal se transdjuserom pretvara u električni. Zatim se električni signal pretvara u digitalni kako bi se obradio, a onda se opet vraća u analogni oblik, u kom se prezentuje. Ono što je specifično za svaki uređaj je transdjuser, koji se razlikuje u zavisnosti od toga koja vrsta signala koji se obrađuje. Uređaj koji pretvara analogni signal u digitalni zove se **A/D konvertor (ADC – analog-to-digital-converter)**. On meri jačinu analognog signala u diskretnim vremenskim intervalima i pretvara izmerene vrednosti u digitalne (binarne) brojeve, tj. dodeljuje svakoj tački neku vrednost iz skupa diskretnih vrednosti (nivoa kvantizacije), koja je najbliža stvarnoj vrednosti signala. Kvalitet, tj. sličnost sa originalnim, analognim signalom, signala dobijenog iz A/D konvertora zavisi od:

- **učestalosti sempliranja**, tj. broja uzoraka u sekundi
- **preciznosti sempliranja**, tj. broja mogućih nivoa kvantizacije

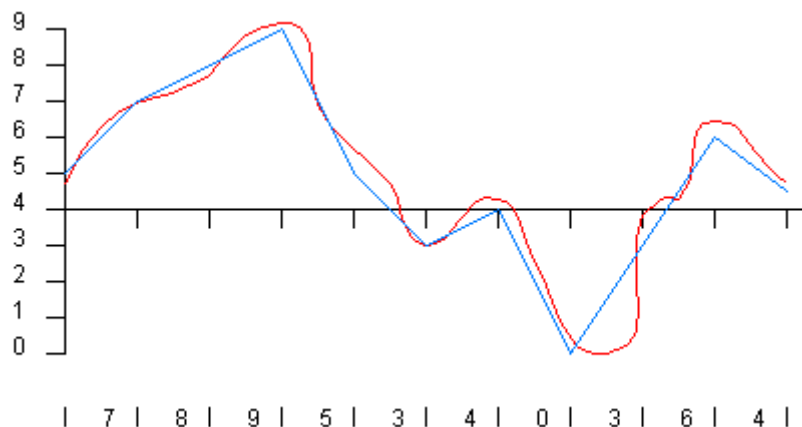
Neka se dati signal može predstaviti funkcijom:



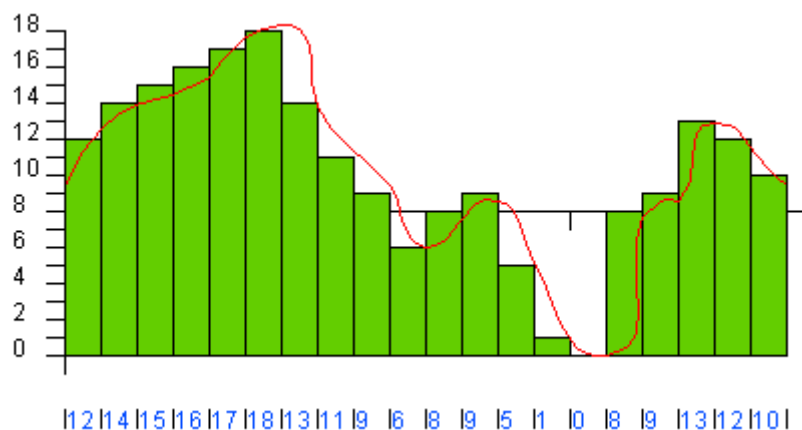
Ako je učestalost sempliranja 1000 puta u sekundi, sa preciznošću od 10 nivoa:



gde zeleni pravougaonici predstavljaju uzorke. Svaki 1000-ti deo sekunde, A/D konvertor bira broj 0-9 najbliži vrednosti signala u tom trenutku. Ti brojevi napisani su na dnu slike i predstavljaju digitalni zapis originalnog talasa. Kada D/A konvertor ponovo pretvori ove brojeve u analogni signal, dobiće se talas predstavljen plavom funkcijom:



Vidi se da je plava funkcija izgubila dosta detalja u odnosu na originalnu funkciju, što znači da verodostojnost, tj. vernost originalu nije dobra. To se zove **greška sempliranja** i smanjuje se povećavanjem učestalosti i preciznosti sempliranja. Na sledećoj slici, oba faktora uvećana su 2 puta:



A ako bi se ponovo duplo povećali:



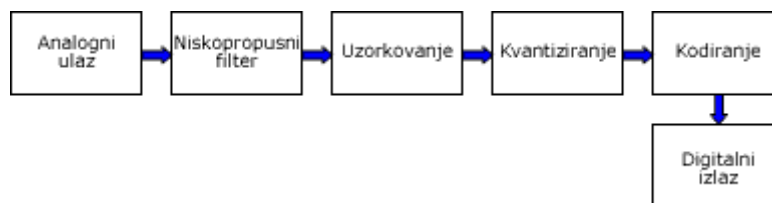
vidimo da je sličnost između digitalnog i originalnog signala još veća, pa se postavlja pitanje: kolika treba da je učestalost sempliranja, da bi vernost rekonstruisanog signala bila dovoljno dobra?

Odgovor na ovo pitanje daje *Najkvistova teorema*, koja kaže da **ako je k najviša frekvencija signala, dovoljno je semplirati ga sa učestalošću $2k$, da bi mogao *potpuno verno* da se rekonstruiše**. Uslov koji signal mora da zadovoljava je da mora imati

maksimalnu frekvenciju, koja se zove **granična frekvencija** i obezbeđuje se propuštanjem signala kroz određene niskopropusne filtere.

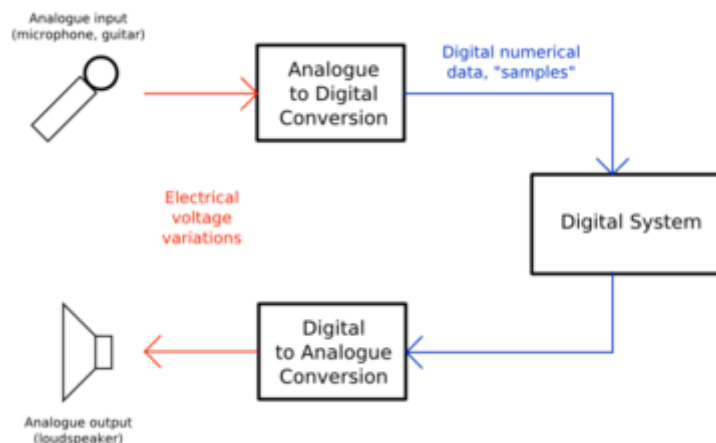
Ova teorema je dovela do vrlo značajnog kvantitativnog, ali i kvalitativnog unapređenja digitalne tehnologije, jer se interpolaciona kriva može dobiti sa veoma velikom preciznošću, tj., po ovoj teoremi, *informacija se neće izgubiti*.

Sa druge strane, broj različitih diskretnih vrednosti koje A/D konvertor može da proizvede, odnosno broj nivoa kvantizacije zove se **rezolucija**. Te vrednosti se obično elektronski čuvaju u binarnoj formi, pa se rezolucija izražava brojem bitova. Kao posledica toga, broj raspoloživih diskretnih vrednosti ili nivoa je stepen broja 2. Ako je rezolucija *1 bajt*, odnosno *8 bitova*, analogni ulaz se prevodi u jedan od $2^8 = 256$ nivoa, a ako je *2 bajta*, u $2^{16} = 65\,536$ nivoa.



Uređaj koji obrađeni digitalni signal pretvara ponovo u analogni, najčešće u električni napon, je **D/A konvertor (DAC – digital-to-analog converter)**. Rekonstrukcija originalnog signala je proces interpolacije koji matematički definiše neprekidni signal $x(t)$ od diskretnih uzoraka $x[n]$. Ova procedura opisana je **Vitaker-Šenonom** interpolacionom formulom (**Whittaker–Shannon**).

Dobijeni signal pretvoren je u oblik upotrebljiv za čoveka, tj. u analogni i može da se prezentuje...



3.3 ZVUK

Prvi pokušaj da se kompjuterski obradi zvuk koji je doveo do uspešne digitalne transformacije zvuka desio se početkom 1969. godine u instituciji *Bel Laboratorije (Bell Labs)*, gde je uspešno proizveden veštački, kompjuterski generisan zvuk. Danas su računari široko rasprostranjeni u muzičkoj industriji u proizvodnji i obradi zvuka.

Zvuk nastaje kada neki objekat vibrira u nekoj materiji, koja može biti čvrsta – kao što je zemlja, tečna – kao što je voda ili gas - kao vazduh. Najčešće čujemo zvuke koji putuju kroz vazduh u atmosferi. Kada nešto vibrira u atmosferi, ono pomera čestice vazduha oko njega. Te čestice onda pomeraju čestice oko njih, prenoseći talas vibracije kroz vazduh. Znači, zvuk je treperenje čestica vazduha. Prenosi se talasima određene brzine i ima jačinu (amplitudu talasa). Brzina talasa, odnosno broj oscilacija u sekundi je frekvencija zvuka i ona određuje visinu zvuka, dok amplituda određuje koliko će zvuk biti glasan, tj. njegovu dinamiku. Ljudsko uvo registruje zvuke frekvencije između **20 Hz** i **20 kHz** (tj. između 20 i 20 000 talasa, odnosno oscilacija, u sekundi).

Učestalost sempliranja određena je na osnovu Najkvistove teoreme, pa standardna frekvencija sempliranja za zvuk iznosi **44,1 kHz**, odnosno sempliranje se vrši 44 100 puta u sekundi.

Standardna preciznost sempliranja je **2 bajta**, tj. **16-obitna**, kako bi bio rešen problem *dinamike* zvuka, a to je odnos između najtišeg i najglasnijeg zvuka. Naime, raspon jačine zvukova u prirodi koje ljudsko uvo može da registruje je vrlo veliki – odnos jačine najtišeg i najglasnijeg zvuka je oko 1 prema milijardu! Priroda je rešila ovaj problem tako što *ljudske uši čuju logaritamski*: zvuk koji mi čujemo 2 puta jače od nekog drugog zvuka, u stvari je $10^2 = 100$ puta jači, zvuk koji čujemo 3 puta jače, je $10^3 = 1000$ puta jači i uopšte, za nas n puta jači zvuk, u stvari je 10^n puta jači... Dakle, ljudske uši su vrlo osetljive i pokrivaju ogroman raspon jačina zvuka i zbog toga je potrebna najmanje 2-bajtna preciznost koja omogućava $2^{16} = 65\,536$ nivoa vertikalne diskretizacije, kako bi i digitalno snimljen zvuk takođe pokrивao ovaj veliki raspon, ne bi li kvalitet reprodukcije bio na zadovoljavajućem nivou.

Takođe, snimaju se 2 odvojena izvora, tzv. *stereo*, kako bi ljudske uši, na osnovu razlike među njima, regenerisale prostornu informaciju o trećoj dimenziji i tako stvorile osećaj da se zvuk nalazi svuda u prostoru.

Tako, imamo 2 kanala po 2 bajta po uzorku, što znači da se sempliranjem od 44 100 puta u sekundi podaci generišu brzinom od oko **176 KB/s**, što je oko **600 MB** za sat vremena zvučnog zapisa.

Na jedan **CD** staje nešto više od sat vremena, dok na audio **DVD-u**, koji je 3-obajtni, staje preko 7 sati digitalnog zvuka istog kvaliteta:



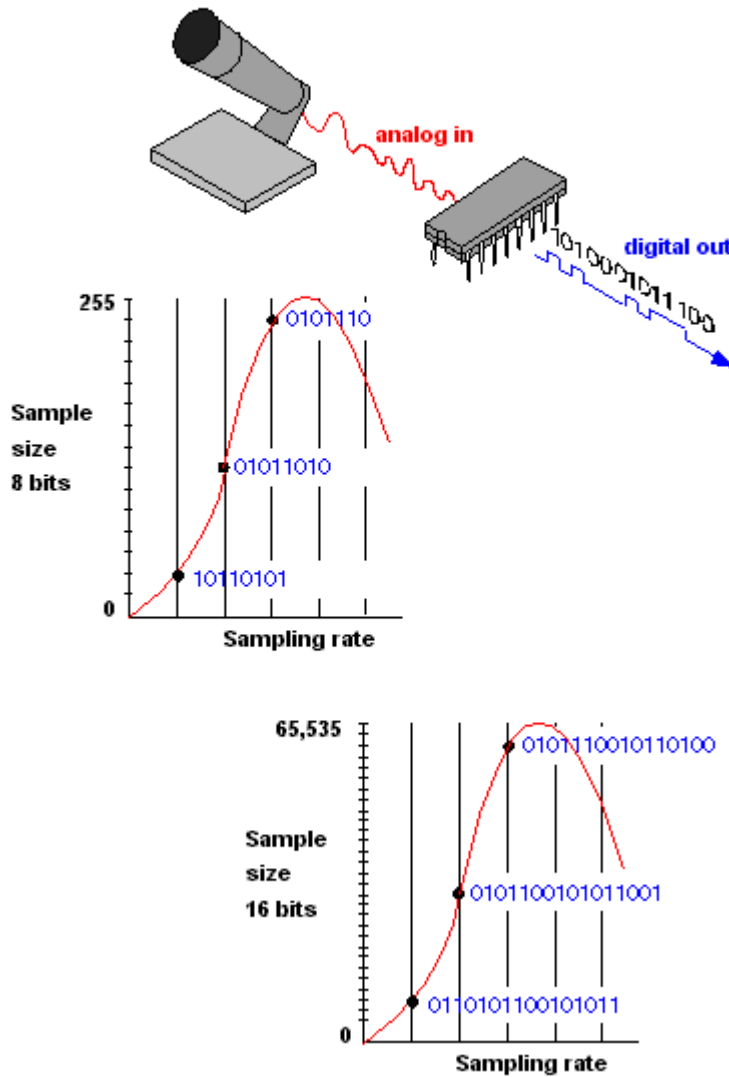
Razlika između originalnog analognog zvučnog signala sa zvukom na CD-u i DVD-u

CD Audio

DVD Audio

Učestalost sempliranja	44,1 kHz	192 kHz
Broj uzoraka u sekundi	44 100	192 000
Preciznost sempliranja	16 bita	24 bita
Broj nivoa kvantizacije	65 536	16 777 216

From Computer Desktop Encyclopedia
 © 1998 The Computer Language Co. Inc.



Razlika između jednobajtnog i dvobajtnog kodiranja digitalnog signala

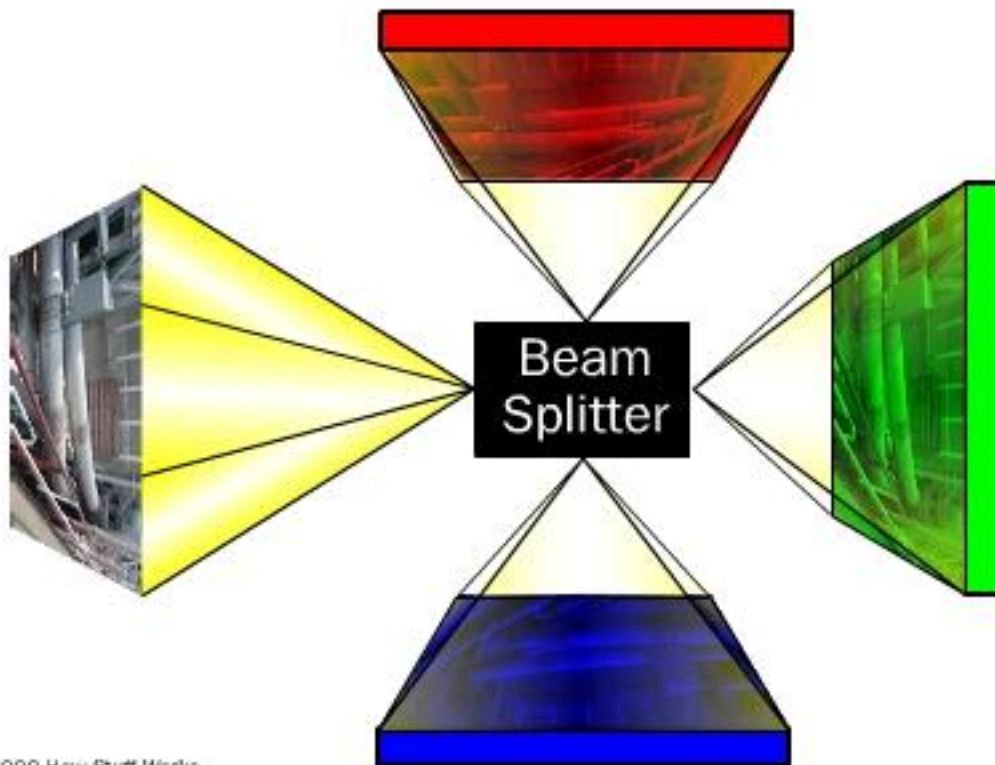
3.4 VIDEO

Analogna tehnologija u izradi fotografija i video zapisa još uvek proizvodi bolji kvalitet od digitalne, jer je video, što se tiče količine informacija koja se obrađuje, vrlo zahtevan, mnogo zahtevniji od zvuka. Ekran je u obliku pravougaonika, čiji je odnos stranica 4:9, jer taj odnos najpribližnije odgovara ljudskom vidnom polju. Pošto je on dvodimenzionalan, potrebna je dvostruka prostorna diskretizacija. Tako se dobijaju diskretni elementi u ravni, koji se zovu *pikseli* (*pixel – picture element*) i najčešće su kvadratni. Danas je standardna rezolucija 2240 x 1680.

Pošto se video zapis, u stvari, sastoji od niza statičnih slika koje se smenjuju jedna za drugom, to se, znači, u svakom pikselu sada diskretizuje vreme i to 70 puta u sekundi, kako bi, zahvaljujući inertnosti ljudskog oka, posmatrač imao doživljaj pokreta. Dakle, imamo dvostruku prostornu diskretizaciju i u svakom pikselu vremensku diskretizaciju.

Za svaki piksel imamo analogni svetlosni signal koji treba digitalizovati. Svaki piksel je, u datom trenutku, određene boje, a ona se može dobiti kombinacijom nijansi osnovnih boja na koje se svetlost može razložiti: *crvene (Red)*, *zelene (Green)* i *plave (Blue)*. Njihovi intenziteti, tj. nijanse se beleže i pamte u digitalnom formatu. Za svaku od ovih boja postoji 256 nijansi, jer je preciznost sempliranja za svaku boju **1 bajt**, a to je ukupno $2^{24} = 16,7$ miliona nijansi svih boja u **3 bajta**.

Ovaj sistem zove se **TRUE COLOR**, već godinama se koristi za fotografije i video materijale i znači **RGB** sistem sa 24-bitnom bojom.



ZAKLJUČAK

Digitalizacija je omogućila računarsku obradu signala, čija je primena veoma široka: u telekomunikacijama, industriji, multimediji, astronomiji, medicini, geodeziji, mikroskopiji... Međutim, iako obavljaju sasvim različite poslove, u različitim oblastima, svi digitalni uređaji su, u svojoj osnovnoj strukturi i načinu na koji funkcionišu, u suštini, isti – svode se na računar, isprogramiran da podatke, koji su u digitalnoj formi, obrađuje i prezentuje u skladu sa namenom uređaja. Dok raniji, analogni uređaji, koji su korišćeni u različitim naučnim disciplinama, nisu imali nikakve sličnosti jedan s drugim, digitalizacija ima za posledicu da svi uređaji liče jedni na druge, svi sistemi dolaze u dodir sa računarstvom, čije se polje dejstva širi i pokriva skoro sve oblasti tehnike.

Međutim, pored digitalne obrade signala, digitalno se mogu čuvati i obrađivati i sve druge vrste podataka – pre svega, tekstualni podaci: knjige i sve vrste dokumenata. Na ovaj način, koriste se još neke prednosti digitalizacije, kao što su kompresija podataka i nesekvencijalni pristup podacima. Zbog toga se već uveliko radi na digitalizaciji celokupne svetske literature. To je veliki posao, ali u budućnosti će celokupna ljudska pisana reč i umetnost biti zabeležena u digitalnom obliku, i kao takva, biti sistematizovana i sačuvana od propadanja.

Polako, ali sigurno, poslednji analogni sistemi koji još ponegde postoje, kao što su telefon, radio i televizija prepuštaju mesto digitalnim. Digitalizacija je definitivno uzela maha u svim sferama života i osigurala svoje mesto u budućnosti...



Izvori:

- www.HowStuffWorks.com
 - www.communication.HowStuffWorks.com/analog-digital
 - www.electronics.HowStuffWorks.com/casette
 - www.electronics.HowStuffWorks.com/question7
 - www.electronics.HowStuffWorks.com/question309
 - www.electronics.HowStuffWorks.com/speaker
 - www.electronics.HowStuffWorks.com/amplifier
 - www.health.HowStuffWorks.com/hearing
- www.Wikipedia.com
 - www.en.wikipedia.org/wiki/digitalization
 - www.en.wikipedia.org/wiki/digital_media
 - www.en.wikipedia.org/wiki/digital_signal_processing
 - www.en.wikipedia.org/wiki/discrete_signal
 - www.en.wikipedia.org/wiki/discrete_data
 - [www.en.wikipedia.org/wiki/sample_\(signal\)](http://www.en.wikipedia.org/wiki/sample_(signal))
 - [www.en.wikipedia.org/wiki/quantization_\(signal_processing\)](http://www.en.wikipedia.org/wiki/quantization_(signal_processing))
 - www.en.wikipedia.org/wiki/sample_and_Reconstruction
 - www.en.wikipedia.org/wiki/Analog_to_digital_converter
 - www.en.wikipedia.org/wiki/DA_conversion
 - www.en.wikipedia.org/wiki/digital_audio
 - www.en.wikipedia.org/wiki/analog+sound+vs.+digital+sound
- www.WhatIs.com
 - www.whatis.techtarget.com/digitization
 - www.whatis.techtarget.com/digital
 - www.whatis.techtarget.com/analog-to-digital-conversion