

### Analoog ja digitaalne

---

Kuna tänapäeval on suurem osa andmeid seotud sõnaga “**digitaalne**”, siis alustamegi sellest, mida see tähendab.

Lained vees, helid, valgus, elektromagnetism ja praktiliselt ka kõik teised sujuvate võngete pidevad signaalid, millega puutume kokku looduses, on analoogkujul. Samuti ka elektrivool.

**Definitsioon: analoogsignaali** on pidev signaal, millel on lõpmatu arv olekuid ning mida saab igal ajahetkel mõõta. Enamik looduslike ja tehislake protsesse on pidevatoimelised.

Sellele vastandub diskreetsignaali.

**Definitsioon: diskreetsignaali** on selline signaal, millele omistatakse väärtus ainult kindlail ajahetkeil. Diskreetsignaaliidel on lõplik arv olekuid.

**Definitsioon: digitaalne** on numbritest (enamasti nullidest ja ühtedest) koosnev või numbrilise kujuga opereeriv.

Termin “*digital*” tuleb sõnast “*digit*”, mis tähendab numbrit või numbrikohta. Sõna *digit* tuleneb ladinakeelsest sõnast *digitus* (sõrm) kuna sõrmi kasutatakse sageli loendamiseks.

Digitaalandmed kui sellised on oma interpretatsioonist sõltumatud. Suvaline digitaalne kood nagu näiteks “0100 0001” võib tähistada arvu 65 või tähte “A”.

**Definitsioon: digitaalsignaali** ehk arvsignaali on selline diskreetsignaali, mille kodeerimiseks kasutatakse arvkoodi. Väga levinud on informatsiooni kodeerimine kahendkoodis ehk binaarkoodis.

**Definitsioon: digitaaltehnikat** all mõeldakse tehnikat, mis genereerib, salvestab ja töötleb digitaalseid, st nullide ja ühtede jadana esitatud andmeid.

Digitaalelektronika väljendab kõiki väärtuse muutusi diskreetsete sammude mitte sujuvate võngetega.

**Definitsioon: Digitaalne meedia** (*digital media*) (vastandatuna analoogmeediale) tähendab tavaliselt elektroonilist (*electronic media*) meediat mis toimib digitaalkoodide abil. Digitaalset meediat (digitaalaudio, digivideo ja muu digitaalne materjal) saab luua, viidata ja levitada digitaaltehnoloogia abil.

Digitaalne meedia on põhjalik muutus võrreldes “eelmise”, analoogmeediaga.

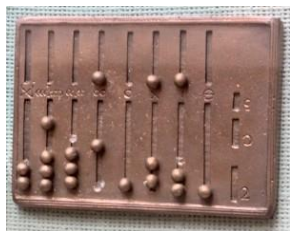
### Digitaalinfor eelajalugu

---

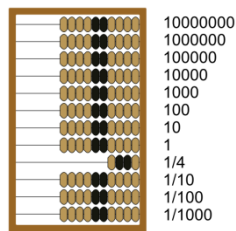
Digitaalsignaale seostatakse üldiselt kahendsüsteemi (*binary*) kasutavate elektrooniliste seadmetega kuid tegemist ei pea sugugi olema kahendsüsteemi või elektroonikaga. Digitaalsüsteemid on tegelikult iidseid.

- Üks vanimaid kommunikatsioonivorme on suitsusignaali kasutamine. Analoog edastusvahendit (suits) moduleeriti vaiba abil ja tekitati sellega suitsupahvakuid, mis edastasid infot.
- Märgutuli, signaallamp, majakas on ilmselt lihtsaim näide mitte-elektronilisest digitaalsignaalist. Tal on kaks võimalikku väärtust: põleb/ei põle.
- Omamoodi digitaalse süsteemi näidiseks on kirjasõna – raamatud. Tegemist on piiratud hulga diskreetsete sümbolite komplekti (tähestiku) abil kirja pandud infoga.

- Abakuse (*abacus*) ehk arvelaua ajalugu ulatub tagasi Mesopotaamiasse perioodil 2700 – 2300 ekr.

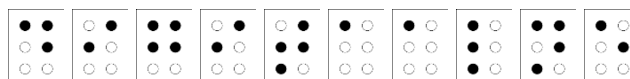


Joonis 1 Rooma abakus (koopia)



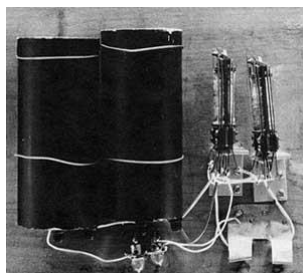
Joonis 2 Vene abakus

- Morse kood kasutab info edastamiseks kuut erinevat olekut: punkt; kriips; tähe sisene vahe (punktide ja kriipsude vahel) tähevahe; sõnavähe (keskmise pikkusega vahe) ja lausete vahe (pikk vahe).
- Esimesena kasutas tähemärkide edastamiseks binaarsüsteemi Braille süsteem. Selles kasutatakse kuuebitist punktidenäitajat esitatavat koodi.



Joonis 3 Braille kirjas sõna "digitaalne"

- Esimest korda kasutati arvutis aritmeetiliste tehete sooritamiseks kahendsüsteemi 1937. aasta novembris. Selleks oli George Stibitz'i loodud „Model K“ (K nagu kõõgilaud, millel arvuti kokku monteeriti), tegemist oli relee-arvutiga (*relay computer*).



Joonis 4 George Stibitz'i relee-arvuti "Model K"

- Heli muundati digitaalseks esimest korda Belli Laboratooriumis 1930ndatel ja kasutati telefonikõnede edastamisel.
- Esimene digitaalne pilt (*digital image*) salvestati 1957ndal Russel Kirsch'i poolt (*National Institute of Standards and Technology* teadlane) aastal trummelskanneri (*drum scanner*) abil. Pildil oli Russel Kirsch'i kolmekuune poeg Walden, pilt koosnes 30976-st pikselist.



Joonis 5 Maailma esimene digitaalne pilt (1957)

- Digitaalne video sündis 1970ndate lõpus, kui loodi esimesed VTR (*Video Tape Recorder*) prototüübid (Bosch'i divisjon Fernseh, RCA, Ampex). Esimene digitaalne video formaat oli 1986. aastal Sony loodud D1.

Hinnanguliselt oli 1986. aastal vaid 1% maailma tehnoloogilistest vahenditest informatsiooni talletamiseks digitaalsed, aastal 1993 3%, aastal 2000 25%, aastal 2007 aga juba 94%.

Aastal 2007 oli maailmas salvestatud 281 exabaiti (1 miljon terabaiti eht 1000 petabaiti) digitaalset informatsiooni ning see ületas esmakordselt olemasoleva salvestusruumi mahu.

Arvatavasti aastal 2002 kasvas info talletamise võimalus digitaalsel kujul suuremaks kui analoogkujul – digitaalse ajastu (*digital age*) algus.

### **Analooginfo muundamine digitaalseks ja vastupidi**

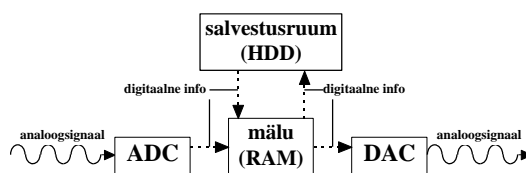
Kuna helid, värvid jms. on meid ümbritsevas keskkonnas analoogkujul ning arvutites ja paljude teistes tänapäevastes seadmetes on nad digitaalkujul, siis on vajalikud spetsiaalsed meetodid andmete muundamiseks nende kahe tehnoloogia vahel.

Andmete muundamiseks analoogkujult digitaalkujule on meetodid ja seadmed, mis konverteerivad analoog võnked diskreetsete numbrite jadaks. Seda protsessi nimetatakse **digiteerimiseks** (ka **digitaliseerimiseks**) (*digitizing* ehk ka *sampling*) ning vastavat seadet analoogdigitaalmuunduriks ADC (*Analog to Digital Converter*).

Vastupidisel korral muundab digitaalanoogmuundur DAC (*Digital to Analog Converter*) diskreetsete numbrite jada pidevateks analoogvõngeteks.

Mõlemaid protsesse (ja seadmeid) kasutatakse üksikult või koos erinevates multimeediumi komponentides, näiteks:

- arvuti graafikakaart (DAC);
- helikaart (ADC ja DAC);
- videosalvestuskaart (ADC ja parematel ka DAC);
- CD plaadimängijad (DAC);
- skanner (ADC);
- MIDI süntesaator (ADC ja mõnedel ka DAC).
- Digitaalne fotoaparaat ja DV kaamera (ADC ja komposiit (*composite*) või S-Video väljundi korral ka DAC)



Joonis 6 ADC ja DAC

Mida suurem valik numbreid on digiteeritava signaali taseme kirjeldamiseks kasutusel, seda peenemaid muudatusi saab kirjeldada.

Digiteerimisel võetakse analoogsignaalist kindla intervalliga punkte (*sample*), mis vastavalt diskreetimissuurusele kirjeldatakse. Nimetatud intervall ehk salvestussagedus ehk **diskreetimissagedus** (*sampling rate*) näitab, kui tihti analoogsignaali digiteeritakse.

Analoogvõnke iga punkti amplituudi kirjeldamiseks reserveeritud bittide arvu nimetatakse **diskreetimissuuruseks** (*resolution*). Näiteks CD-Audio standardresolutsiooniks on 16 bitti, mis võimaldab analoog helilainet kirjeldada 65536 erineva diskreetse arvu abil (viimasel ajal isegi 24 bitti, mis annab 16777216 erinevat arvu). Võrdluseks: 8 bitine resolutsioon võimaldab vaid 256 erinevat diskreetset arvu.

Diskreetimissuurusest sõltuvalt saab digiteerimisel signaali amplituudi kirjeldamiseks kasutada kindlat hulka täisarvulisi väärtuseid. Analoogsignaali ei pruugi aga diskreetse punkti

salvestamise hetkel sobivat väärtust omada ning seetõttu tuleb saadud diskreetseid väärtuseid ümardada. Seda protsessi nimetatakse **kvantimiseks** (*quantization*).

Digiteerimise ja kvantimise protsess toimuvad korraga. Salvestatud digitaalne signaal on arusaadavalt vaid originaalsignaali digitaalne lähend. Digitaliseerimisel tekkinud erinevusi originaalsignaalist nimetatakse kvantimisvigadeks.

Digitaalsel infol on järgmised omadused:

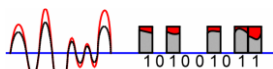
- Sünkroniseeritus (*synchronization*) – kasutatakse spetsiaalseid koode info alguse jms määramiseks.
- Kindel keel (*language*) – info töötlemisel, edastamisel on kokku lepitud, mida sümbolite jaded tähendavad, milliseid sümboleid kasutatakse sünkroniseerimiseks jne.
- Vigadel (*errors*) – on ettearvatu mõju. Digitaalses infos põhjustavad vead asendusi (*substitution errors*) kus mingi sümbol asendatakse teisega või sümbolite kustutamist või valede sümbolite lisamist (*insertion/deletion errors*).
- Kopeeritavus (*copying*) – digitaalsest infost saab teha lõpmatult koopiaid.
- Täpsus (detailsus) (*granularity*) – pideva analoogsignaali hetkeväärtuse väljendamisel digitaalkujul on alati tarvis otsustada, millise täpsusega seda tehakse. Digitaalne väärtus võib alati tegelikust väärtusest pisut erineda (kvantimisviga).
- Kokkusurutavus (*compressible*) – digitaalne info on kokkusurutav/kompressitav, mis võimaldab info edastamiseks kasutada väiksemat ribalaiust (*bandwidth*). Nii on võimalik rohkem infot edastada.

## Digitaalne vs analoog

---

Digitaaltehnoloogial on mitmeid suuri eeliseid võrreldes analoogtehnoloogiaga:

1. andmete täpne esitus ja kontroll protsesside üle;
2. andmetele on võimalik rakendada tohutu hulga manipulatsioone;
3. digitaalkujul olev informatsioon ei ole mõjutatav teda kandva meedia omadustest
4. digitaalinfo kvaliteeti ei mõjuta ka korduv taasesitus, analoogsalvestuse kvaliteet aga muutub iga taasesituse käigus.



Analoogsalvestuse amplituudi muutused toovad kaasa muutused infos, digitaalinfo puhul on ka nõrgem impulss õigesti loetav.

Joonis 7 Analoogsignaali vs digitaalne signaal

5. digitaalsalvestuse puhul rakendatakse tavaliselt ka veaparandussüsteemi, mis teoreetiliselt võimaldab absoluutselt veavaba andmete edastamist;
6. digitaalinfot saab lihtsalt ja kvaliteedikahata kopeerida;
7. digitaalseadmed on oma analoogvastetega võrreldes väiksemad, töökindlamad ja odavamad.

Analoogtehnoloogia eeliseks digitaaltehnoloogia ees on suurem loomulikkus – digiteerimisel tekkinud kvantimisvead muudavad signaali originaalist erinevaks.

- [http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_data](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_data)