

# AUDIO-ÉS VIZUÁLTECHNIKAI MŰSZERÉSZ

## MESTERVIZSGÁRA FELKÉSZÍTŐ JEGYZET

Budapest, 2014.

**SZÉCHENYI**  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFECTETÉS A JÖVŐBE**

Szerzők:  
**Dienes Zoltán**  
**Kiss Attila László**

Lektorálta:  
**Lente Csaba**

Kiadja:  
**Magyar Kereskedelmi és Iparkamara**

**A tananyag kidolgozása a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 számú,  
„Dolgozva tanulj!” című projekt keretében, az Európai Unió Európai  
Szociális Alapjának támogatásával valósult meg.**

**A jegyzet kizárólag a TÁMOP-2.3.4.B-13/1-2013-0001 „Dolgozva tanulj”  
projekt keretében szervezett mesterképzésen résztvevő személyek részére,  
kizárólag a projekt keretében és annak befejezéséig sokszorosítható.**

## TARTALOMJEGYZÉK

1.	Informatika alapjai .....	6
1.1.	Számítógépes információfeldolgozás .....	6
1.2.	Kommunikáció.....	6
1.3.	A hardver és szoftver fogalma .....	7
1.4.	Neumann architektúra.....	8
1.5.	A digitális számítógép alapegységei: .....	9
1.5.1.	Processzor (CPU= Central Processing Unit) .....	9
1.5.2.	Memória. ....	9
1.5.3.	Perifériák .....	10
1.5.4.	Sínrendszer .....	12
1.6.	Hálózatok .....	12
1.6.1.	Mi kell a hálózathoz?.....	13
1.6.2.	Hálózatok méretei.....	13
1.6.3.	Hálózati topológia .....	13
2.	Elektronikai áramkörök.....	15
2.1.	Kétpólusok: .....	15
2.1.1.	Aktív kétpólusok: .....	15
2.2.	Négy-pólusok: .....	15
2.2.1.	A négy-pólus karakterisztikus egyenletei .....	15
2.3.	Félvezető áramköri elemek .....	17
2.3.1.	FÉLVEZETŐ DIÓDÁK.....	17
2.3.2.	TRANZISZTOROK .....	19
2.3.3.	Egyéb félvezető eszközök .....	21
2.3.4.	Optoelektronikai eszközök .....	22
2.4.	Analóg alapáramkörök.....	23
2.4.1.	Erősítő alapáramkörök.....	23
2.4.2.	A térvezérlésű tranzisztorok munkapont beállítása .....	26
2.5.	Többfokozatú erősítők: .....	28
2.6.	Visszacsatolások .....	30
2.7.	A műveleti erősítők.....	30
2.7.1.	A műveleti erősítők felépítése .....	31

2.7.2.	Az integrált műveleti erősítők jellemzői.....	31
2.7.3.	A visszacsatolás hatása a műveleti erősítőkre .....	32
2.7.4.	Műveleti erősítős alapkapcsolások .....	33
2.8.	Impulzustechnika .....	35
2.8.1.	Differenciáló áramkör .....	36
2.8.2.	Integráló áramkör .....	37
2.8.3.	Diódás vágóáramkörök.....	38
2.9.	Digitális technika .....	39
2.9.1.	Numerikus kódok (szám kódok).....	40
2.9.2.	A Boole-algebra alaptételei, szabályai .....	41
2.9.3.	Kombinációs logikai hálózatokat felépítő logikai alapáramkörök. ....	41
2.9.4.	Logikai függvények megadása .....	41
2.9.5.	Logikai függvények algebrai egyszerűsítése .....	42
2.9.6.	Logikai kapcsolási vázlat .....	42
2.9.7.	Kombinációs hálózat megvalósítása NOR illetve NAND kapukkal .....	43
2.9.8.	Logikai függvények kanonikus (normál) alakjai .....	44
2.9.9.	Logikai függvények grafikus minimalizálása.....	44
2.9.10.	Sorrendi (szekvenciális) hálózatok.....	47
3.	Audiotechnika .....	54
3.1.	Hangtani alapismeretek.....	54
3.1.1.	A hang mint akusztikus jel .....	54
3.1.2.	A természetes és mesterséges hang .....	55
3.1.3.	A hallás.....	55
3.1.4.	Moduláció.....	59
3.2.	Elektroakusztika.....	65
3.2.1.	Elektroakusztikai átalakítók .....	65
3.2.2.	Mikrofonok.....	66
3.2.3.	Mikrofonok fajtái .....	67
3.2.4.	A hangsugárzók, mint elektrodinamikus átalakítók .....	69
3.2.5.	A hangszórók általános jellemzői.....	69
3.2.6.	A hangfal és a hangdoboz szerepe.....	70
3.2.7.	A hangdoboz megvalósítási lehetőségei.....	71
3.2.8.	Hangváltók .....	72
3.2.9.	Hangsugárzók és megválasztásuk .....	72

3.2.10.	A több hangsugárzós hangvisszaadás lehetőségei .....	73
3.3.	Hangrögzítés .....	74
3.3.1.	A Hi-Fi lemezjátszó főbb szerkezeti egységei és működése .....	74
3.3.2.	A mágneses hangrögzítés és lejátszás elve .....	76
3.3.3.	A hang digitalizálásának folyamata.....	77
3.3.4.	Digitális adatrögzítő eszközök.....	78
4.	Vizuáltechnika.....	84
4.1.	Televízió .....	84
4.1.1.	Fénytechnikai és színelméleti ismeretek .....	84
4.1.2.	A televíziós képjel előállítás, képfelbontás.....	87
4.1.3.	Színes televízió rendszerek.....	90
4.2.	Televízió adás és vételtechnika.....	93
4.2.1.	Televízió adástechnika .....	93
4.2.2.	Képbontó és kép visszaadó eszközök.....	95
4.2.3.	A felvevőeszközök jellemzői.....	97
4.2.4.	A tv-vevőkészülékek általános felépítése .....	98
4.3.	Televíziós műsorszórás.....	100
4.3.1.	Műholdas műsorszórás .....	100
4.3.2.	Közvetlen műholdas műsorszórás .....	100
4.3.3.	Kábeltelevíziós rendszerek .....	101
4.3.4.	Digitális átviteli rendszerek .....	101
	Irodalomjegyzék .....	104

## 1. Informatika alapjai

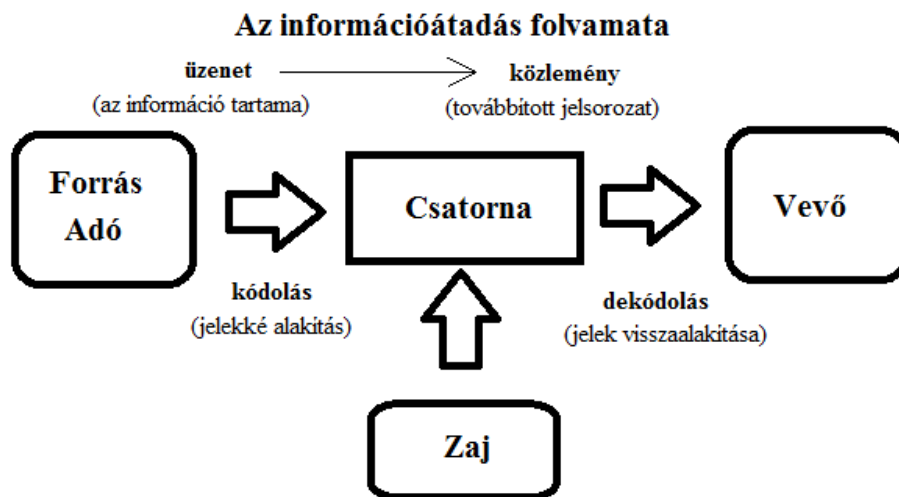
### 1.1. Számítógépes információfeldolgozás

A szűkebb értelemben vett informatikán a számítógépes információfeldolgozást értjük. A számítógépek programjai is kódokból állnak. A programozók kódokra fordítják le a számítógépnek adott parancsokat. A kódok segítségével pedig a számítógépek végre tudják hajtani a feladatot. A számítógépek többféle kódnyelvet is ismernek. Pl.: BASIC, LOGO, Java, Pascal

A számítástechnikai eszközökkel rögzített, azokkal feldolgozható és megjeleníthető információt adatnak nevezzük.

### 1.2. Kommunikáció

Az információkat nemcsak rögzíteni tudunk, hanem küldeni, adni, venni és cserélni is. Az információ továbbítását egy szóval **kommunikációnak** nevezzük (1.1. ábra.)



1.1. ábra információátadás folyamata

Az információátadás az informatikai eszközök esetében leegyszerűsítve így épül fel:

- A **forrás** előállítja az **üzenetet** (vagy üzenetek sorát), melyet továbbítani szeretne a vevőhöz. Az üzenet lehet hang, szöveg, kép, stb.
- A forrás oldalán az üzenetet olyan jelekké kell alakítani, hogy a csatorna továbbítani tudja (**kódolás**).
- Az üzenet továbbítása a **csatornán** keresztül történik.
- A vevő oldalán pedig vissza kell alakítani jeleket (**dekódolás**).
- A csatorna által továbbított jelsorozatot **közleménynek** nevezzük. A csatornában a közlemény legtöbbször sérül, úgy mondjuk: az információhoz **zaj** adódik hozzá. (elszakadt papír, nehezen hallható mobiltelefon, vibráló képernyő, stb.)

Ha információtovábbításról beszélünk, felmerül annak szükségessége, hogy a **továbbított információt** valahogy **mérnünk** kell. Az információ mértékegységei:

#### **BIT (Jele: b)**

A számítógépek és a legtöbb informatikai eszköz (pl.: DVD-lejátszó, mobiltelefon, stb.) binárisan kezelik az adatokat.

A bináris digitális jelek csupán két értéket vehetnek fel. Matematikai leírásukhoz a **kettes számrendszert** használjuk, a két állapotnak a **0** és az **1** felel meg. **Az információ legkisebb mértékegysége a bit.**

Ha a közlemény több jelből áll, akkor a közlemény információmennyisége jelenként összeadódik. Pl.: ha a jel nyolcféle lehet, akkor már nem tudjuk egyetlen számjeggyel leírni. Ebben az esetben a közlemény 3 bites. Legelterjedtebb és általánosan használt a 8 bites kód. Az összetartozó 8 bitet 1 byte-nak nevezzük.

#### **Bájt (Byte) (Jele: B)**

A számítógépes adattárolás legkisebb önállóan is értelmezhető egysége a bájt (Byte). A bájt egy 8 bitből álló bináris vektor, ami a memóriában egy 0 és 255 közötti számértéket képvisel. Ez összesen 256 különböző érték. Azért ennyi, mert a bájtot alkotó 8 bit éppen 256-féle variációban kapcsolható ki és be. Mivel a kettes számrendszert használjuk, az információ mennyiségének váltószáma 1024.

### **ADATÁTVITELI SEBESSÉG**

**Az információáramlás sebességét adatátviteli sebességnek nevezzük.**

Leggyakrabban használt **mértékegysége: bps (bit per secundum)**, amellyel az egy másodperc alatt továbbított bitek számát mérjük. Többszörösei:

- Kbps (ezer bit per second)
- Mbps (millió bit per second)
- Gbps (milliárd bit per second)

A modemek például 14,4Kbps; 28,8Kbps; 33,6Kbps és 56Kbps sebességgel továbbítják az adatokat a telefonvonalakon keresztül. Ez nagyjából azt jelenti, hogy egy 14,4 Kbps sebességű modem egy 50 oldalas írást, körülbelül 5 perc alatt, míg egy 2 Gbps adatátviteli sebességgel működő hálózat, egy lexikon teljes szövegét alig egy másodperc alatt továbbít.

### **1.3. A hardver és szoftver fogalma**

#### **HARDVER (HARDWARE)**

A Számítástechnikában hardvernek nevezzük magát a számítógépet és minden kézzel megfogható tartozékát, a számítógép elektromos és mechanikus alkatrészeit

#### **SZOFTVER (SOFTWARE)**

Szoftvernek nevezzük a számítógépre írt programokat (operációs rendszer, szövegszerkesztő, böngésző, stb.) és az ezekhez mellékelt írásos dokumentációkat. A szoftvereket programozók készítik, szellemi termékek, kézzel nem megfoghatóak (csupán a szoftvereket hordozó eszközöket – CD, DVD tudjuk megfogni). A szoftver a **számítógépen futó programok összefoglaló neve**, a hardver egységeket működtető-, és vezérlő programok összessége.

## **A PROGRAM**

A program olyan **egyszerű utasítások, műveletek** logikus **sorozata**, amelyekkel a számítógépet irányítjuk. A program az utasításokat is és az adatokat is kettes számrendszerben leírt számokkal ábrázolja. Meghatározza, hogy a számítógép milyen módon végezzen el egy adott feladatot. A programokat háttértárolón tároljuk, ha éppen nem futnak. Ha egy programot elindítunk, az operációs rendszer a háttértárolóról betölti a programot a memóriába. A CPU számára átadja a program kezdetének címét, majd a program ezután átveszi a számítógép vezérlését és futni, működni kezd.

## **A Fájl (File)**

A számítógépen adatainkat és programjainkat úgynevezett fájlokban (állományokban) tároljuk. Egy fájl tartalma a gép szempontjából vagy adat, vagy program. A fájlban tárolt adat tetszőleges, lehet szöveg, grafikus kép, hang stb. Az adatok formájára nézve nincs előírás, a gyakorlatban nagyon sokféle formátum létezik. A fájlt minden operációs rendszer használja, konkrét megjelenése azonban már az operációs rendszertől függ.

## **A FÁJLKITERJESZTÉS**

A fájlkiterjesztés vagy röviden kiterjesztés olyan információ, amely segíti az operációs rendszert és a felhasználói programokat abban, hogy azonosítsa az állomány (fájl) típusát. A fájlkiterjesztés az fájl nevének végén helyezkedik el, attól ponttal elválasztva. Például a „feladat.doc” fájlnev egy feladat nevű Word állományt jelent. A DOS operációs rendszerben a fájlok kiterjesztése maximum 3 karakter lehetett, az újabb rendszereken nincsen korlátozva.

## **1.4. Neumann architektúra**

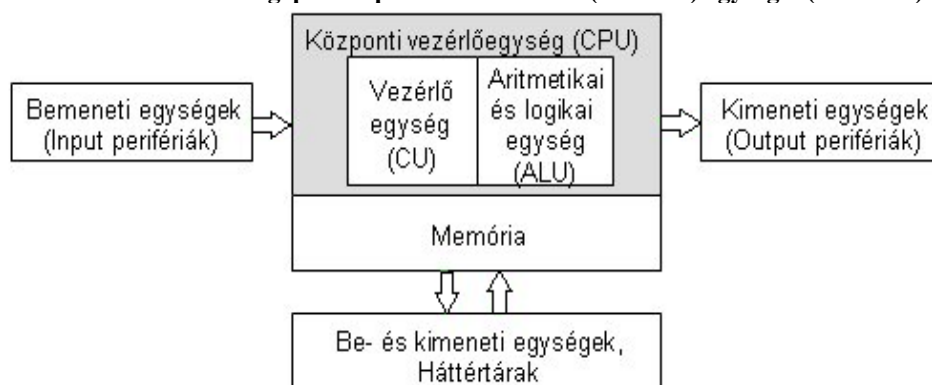
A Neumann architektúra (felépítés) olyan számítógépeket jelent, amely meghatározott elvek, az ún. Neumann-elvek alapján működnek.

### **Neumann-elvek**

- soros utasítás végrehajtás (utasítások végrehajtása időben egymás után; ennek ellentéte a párhuzamos utasítás végrehajtás, amikor több utasítás egyidejűleg is végrehajtható)
- kettes (bináris) számrendszer használata
- belső memória (operatív tár) használata a program és az adatok tárolására
- a számítógép meghatározott funkciókat (feladatokat) végrehajtó hardver egységekkel rendelkezik
- teljesen elektronikus működés (a számítógép központi egységében nincsenek mozgó alkatrészek, ellentétben a régi mechanikus vagy elektromechanikus számológépekkel)
- széles körű felhasználhatóság, alkalmasság bármilyen adatfeldolgozási feladatra
- a számítógép univerzális **Turing-gépként** működik



## Neumann-elvű számítógépek alapvető funkcionális (hardver) egységei (1.2. ábra):



1.2. ábra Neuman-elvű számítógép funkcionális vázlata

## 1.5. A digitális számítógép alapegységei:

- Processzor (CPU),
- Memória,
- Be- és kimeneti egységek illesztő áramkörei.

### 1.5.1. Processzor (CPU= Central Processing Unit)

A processzor a számítógép központi feldolgozó egysége. A processzor (CPU) feladatai:

- Vezérli a számítógép működését, a memóriában tárolt program alapján.
- Aritmetikai és logikai műveleteket végez. Logikai műveletek: TAGADÁS, ÉS, VAGY, KIZARÓ-VAGY... Aritmetikai műveletek: összeadás, kivonás, szorzás, osztás....

#### A processzor legfontosabb egységei:

- **Vezérlőegység (CU).** A CU (control unit,) gondoskodik az utasítások lehívásáról, értelmezéséről és végrehajtásáról
- **Aritmetikai- logikai egység (ALU).** Az ALU (arithmetic logical unit) végzi el a processzor regisztereiben elhelyezett adatokkal az utasításokban kijelölt aritmetikai (számítási) és logikai műveleteket. Képes összeadásra, kivonásra, szorzásra és osztásra, logikai műveletekre (pl. És, Vagy, Kizáró-vagy, Tagadás...)
- **Regiszterek**  
A processzor belső tároló elemei, melyeket „munkamemóriaként” használ. Az aktuális utasításhoz éppen szükséges adatok és memóriacímek tárolódnak itt.

### 1.5.2. Memória

A személyi számítógépekben 3 alapvető memória típust különböztetünk meg:

- **Operatív tár.** Nagy kapacitású, de viszonylag lassú írható-olvasható memória (RAM). Tartalmazza a háttértárolókról és a beviteli perifériákról beolvasott programokat és adatokat. A processzor az operatív memóriában található programutasításokat hajtja végre, és az itt található adatokkal végzi el a kijelölt műveleteket. Szövegszerkesztésnél: A szövegszerkesztő program utasításait hajtja végre a processzor. A memóriában tárolja a felhasználó által begépett

szöveget. Minden bevitt adat először a RAM-ba íródik, és ott kerül feldolgozásra. Itt helyezkednek el és ezen a területen dolgoznak az aktuálisan működő programok is.

- **Cache:** A gyorsító tár (cache memory) kis kapacitású, de gyors írható-olvasható memória (RAM). A processzor sokkal gyorsabban képes dolgozni, mint operatív memória. A gyorsító tár ugyan kis kapacitású, de képes rövid elérési idő alatt a processzor számára biztosítani a szükséges adatokat. A gyorsító tár a processzor és az operatív memória között helyezkedik el, a gyakran használt utasításokat, adatokat tartalmazza. A gyorsító tár típusai:
  - Belső (első szintű, L1, Level1) cache: ami a processzorral egy tokban,
  - Külső (második szintű, L2, Level2) cache: az alaplapon helyezkedik el,
- **ROM-BIOS:** A bekapcsolás után lefutó tesztprogramot és az alapvető hardverkezelő rutinokat tartalmazó, alaplapon elhelyezett csak olvasható memória (ROM). Ez tartalmazza a setup programot is, amivel módosíthatjuk a CMOS RAM tartalmát.

### 1.5.3. Perifériák

A számítógéphez kapcsolt eszközöket perifériáknak nevezzük. Ezek többsége maga is speciális célú számítógépnek tekinthető, saját célprocesszorral, és kisebb-nagyobb saját tárolóval rendelkezik. A perifériák mindegyikéhez tartozik egy elektronikus vezérlő, ami a külső busszal tart kapcsolatot, illetve valamilyen funkcionális készülék, amit meghajtónak (drive) neveznek. Ezeket csoportosíthatjuk az adatáramlást jellemző irány szerint. A beviteli perifériák jellemzően adatot juttatnak a számítógép számára, míg a kiviteli perifériák elsősorban az eredmények megjelenítéséért felelősek.

#### Bemeneti perifériák (Input eszközök):

- **Billentyűzet** Fontosabb jellemzői a billentyűk száma és a billentyűzetkiosztás nyelve.
- **Egér** a grafikus felhasználói felületek elterjedésével vált szinte nélkülözhetetlen beviteli eszközzé. Csoportjai:
  - Mechanikus egerek: golyó van az alján az egérben
  - Optikai egerek: alján optikai érzékelő van
  - Csatlakozás szerinti csoportosítás: Soros: PS/2 és USB
- Az **érintőképernyő** (touchscreen) egy monitorra helyezett átlátszó nyomásérzékeny fólia.
- A **fényceruza** segítségével a képernyő egyes pontjait érintve lehet vezérelni a számítógép működését. (Ritkán használjuk.)
- A **grafikus tábla** általában A4 vagy A5 méretű érzékelőtábla (mérnöki munkában tervrajzok beviteléhez használják.)
- A **lapolvasó (scanner)** képek digitalizálására megalkotott eszköz. A lapolvasó minőségét meghatározza, hogy mennyire kis részekre képes bontani a feldolgozandó képet, azaz mekkora a **felbontása**. Ennek mértékegysége a DPI (dot per inch). Jellemző értékei a 600, 1200, 2400 DPI. Másik fontos értéke a feldolgozáskor használható színárnyalatok száma, azaz a **színmélység**. Ezt bitekben szokták megadni. A lapolvasóval szöveget is be lehet vinni, de

ilyenkor is képként kezeli a dokumentumot. A lapon található szöveg felismerését egy speciális program, az **optikai karakterfelismerő** (OCR: optical character recognition) valósítja meg. Változatai:

- **Síkgyas lapolvasó:** A3 vagy A4 méretű képek bevitelére alkalmas.
- **Kézi lapolvasó:** kisebb képek digitalizálása oldható meg.
- **Digitális fényképezőgép** – Flash memóriát használ a képek tárolására. Nagy előnye, hogy a képet csak akkor kell a gépben megtartani, ha úgy gondoljuk, szükségünk van rá.
- **Digitális videokamera** – a rögzített videót ebben a készülékben miniDV kazettán digitális formában tárolják. Néhány készülék 8 cm-es újrírható DVD-lemezt használ rögzítésre.
- **Mikrofon.** A mikrofont a hangkártyához kell csatlakoztatni.

**Kimeneti perifériák (Output eszközök):** A legfontosabb output perifériák a **képernyő** (monitor, screen, display) és a **nyomtató** (printer). Ide tartozik még a például a **hangszóró** (speaker) és a **rajzgép** (plotter) is.

- **Monitor.** Három fő kategóriát különböztetünk meg.
  - **Katódsugárcsőes** (CRT: Cathode Ray Tube)
  - **Folyadékkristályos** (LCD: Liquid Crystal Display) megjelenítő.
  - **Kivetítők** (projektorok) . Ezek két fő megjelenítési módszerrel dolgoznak, az LCD-vel és a DLP-vel (Digital Light Processing).A színkezelést figyelembe véve beszélhetünk a következő monitortípusokról:
  - **Monochrom** (egyszínű) ez a monitor típus egy háttér- és egy előtér-szint képes megjeleníteni
  - **Szürkeárnyalatos** A fekete és a fehér közötti átmenetek megjelenítésére is alkalmas, hasonlóan a fekete-fehér televízióhoz
  - **Színes** a három alapszín (vörös, zöld, kék) keverékéből előállított színek megjelenítésére alkalmas. A színek számát a monitor illesztőkártyájának a minősége határozza megA felbontóképesség és a megjelenített színek száma szerint további típusokat különböztethetünk meg, melyek szabvánnyá váltak.
  - **Hercules** 720x348 képpontból állítja elő a képet és monochrom
  - **CGA** (Color Graphics Adapter) 320x200 pontos a felbontás, és összesen 4 szín kezelésére alkalmas
  - **EGA** 640x350 képpontos felbontás, és 16 megjeleníthető szín
  - **VGA** (Video Graphics Adapter) 640x480 a felbontás, de a színek száma már 256
  - **SVGA** (Super VGA) 1028x768 képpont és minimum 256 szín megjelenítésére alkalmas
- **Nyomtató**
  - **Tűs nyomtató** A megjelenítendő betűket, képeket a nyomtatófejben elhelyezett tűk segítségével pontonként alakítja ki. A nyomtatási kép kialakítása miatt ezeket a nyomtatókat gyakran **mátrixnyomtató**nak nevezik.
  - **Tintasugaras nyomtatók.** Folyékony festékeket használnak a kép előállításához. Ezt apró festékcseppek formájában juttatják a lapra, és ezekből áll össze a kép. A kép felbontását az egy hüvelyken

elhelyezhető pontok számával (DPI: Dot Per Inch) adják meg. Ezek a nyomtatók akár több száz képpontot el tudnak helyezni egy milliméteres darabon

- **Lézernyomtatók** Egy elektromosan feltöltött (toner) hengerre lézer segítségével „rajzolják” a képet. Ennek a hengernek a segítségével kerül a festékpórá a papírra. A festéket forró hengerek égetik ezután a papírra.
- **Hőnyomtató.** Itt a képet egy speciális hőérzékeny lapra égetik rá. Hőnyomtatókkal pénztárgépekben és faxkészülékekben találkozhatunk, mivel gyors és csendes nyomtatást tesznek lehetővé. A nyomtatási módszer hátránya hogy a hőérzékeny papíron kialakított kép nem nagyon időtálló
- **Plotter (rajzgép)** nagyméretű műszaki rajzok készítésére alkalmas. Ebben a rajzolást cserélhető tollakkal végzik.

#### 1.5.4. Sínrendszer

A sínrendszer vagy más néven buszrendszer (bus system) szabványos vezetékrendszer a számítógép egyes részegységei között teremt kapcsolatot. Fajtái:

- Az **adatsín** (adatbusz) biztosítja az adatátvitelben résztvevő eszközök között az adatkapcsolatot. Hol az egyik, hol a másik eszköz küldi rajta az adatokat.
- A **címsín** (címbusz) a címinformáció továbbítására szolgál. A cím alapján történik az adatátvitelben résztvevő eszköz kiválasztása, és a belső memóriarekeszek vagy regiszterek megcímezése.
- A **vezérlősín** (vezérlőbusz) vezetékai vezérlik az egyes eszközöket, időztik az adatátvitelt. pl. jelzik, ha a processzor éppen a memóriából kíván olvasni, és azt is, hogy a memória elhelyezte már a kért adatot az adatbuszon.

A rendszereket csoportosíthatjuk a felhasználói felület (shell) szerint:

- A rendszer rendelkezhet **karakteres kezelőfelülettel**, mint pl.: DOS
- Lehet **grafikus kezelőfelületű (GUI – Graphical User Interface)**. Ilyen rendszer pl.: Windows A grafikus rendszerek egy vizuális jelrendszer segítségével kommunikálnak a felhasználóval. Az adatokat billentyűzettel vagy egérrel esetleg érintőképernyővel vihetik be a felhasználók. Az adatokat a rendszer vizuálisan illetve hangokkal közli a rendszer. Ikonokat, ablakokat, menüsorokat, szövegeket megjelenítve.
- Rendelkezhet egy rendszer **karakteres és grafikus felülettel** egyaránt. Ilyen rendszerek pl.: a Linux rendszerek.
- 

#### 1.6. Hálózatok

A **hálózat** két vagy több egymással összekapcsolt számítógép. Az egymással összekötött számítógépek között **adatforgalom** van. A hálózat legtöbbször egy központi számítógépből és a hozzá kapcsolódó munkaállomásokból áll. A központi számítógépet szervernek nevezzük. A számítógépes hálózatra csatlakoztatott minden számítógépet – a szerverek kivételével - **munkaállomásnak** vagy **kliensnek** nevezünk. A munkaállomás lehet a hagyományos értelemben vett személyi számítógép vagy az úgynevezett terminál, ami önállóan nem tud dolgozni, csak ha kapcsolódik a szerverhez.

### 1.6.1. Mi kell a hálózathoz?

#### A hálózathoz szükség van:

- a hálózatot kezelni tudó operációs rendszerre (pl. Novell Netware, Windows NT, Windows Server 2003, UNIX és Linux,
- hálózati kártyára a hálózaton érkező jelek fogadására,
- A hálózati jelek fogadására alkalmas átviteli közegre pl. kábel, rádiófrekvencia, mikrohullám,
- kapcsoló elemekre, amik a jeleket erősítik és a különböző hálózatokat illesztik (HUB, Switch, Router).

### 1.6.2. Hálózatok méretei

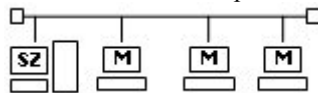
A hálózatokat kiterjedésük (méreteik) alapján a következő csoportokba soroljuk:

- **SZEMÉLYI HÁLÓZAT** - PAN (Personal Area Network)  
Személyi hálózatot hozunk létre, ha például összekapcsoljuk mobiltelefonunkat a laptopunkkal. A PAN eszközeit legtöbbször vezeték nélküli megoldásokkal kötjük össze. Pl.: rádióhullámokkal működő bluetooth, vagy az infravörös sugarakat használó IrDA
- **HELYI HÁLÓZAT** - LAN (Local Area Network)  
Helyi hálózatokat alakítanak ki, ha a számítógépeket egy intézmény (iroda, iskola, stb.) falain belül, vagy esetleg egymáshoz közeli épületeken belül kötik össze.
- **VÁROSI HÁLÓZATOK** - MAN (Metropolitan Area Network)  
A városi hálózatok általában egy település határain belül működnek. Városi hálózat jön létre akkor is, ha összekapcsoljuk az egy városon belül működő iskolákat, de ilyen például a kábeltévé hálózat is.
- **KITERJEDT HÁLÓZATOK** - WAN (Wide Area Network)  
A kiterjedt hálózatok egy országra, egy kontinensre, vagy akár az egész világra kiterjedhetnek. Az egyik legismertebb ilyen hálózat az Internet

### 1.6.3. Hálózati topológia

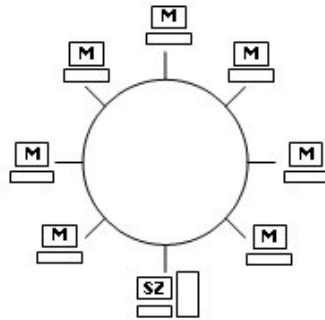
A számítógépek fizikai összekötésének rendszerét **hálózati topológiának** nevezzük. LAN hálózatok kiépítésekor többféle kábelezési mód közül választhatunk. Összetett hálózatok esetén a különböző topológiák kombinálódhatnak.

- **SÍN TOPOLOGIA:** A rendszer a karácsonyfaizozókhöz hasonlóan működik, kábelszakadásakor az egész hálózat működésképtelenné válik. (1.3. ábra)



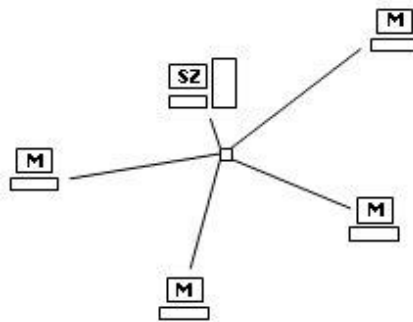
1.3. ábra Sín topológia

- **GYŰRŰ TOPOLOGIA:** A csomópontok zárt láncot alkotnak. Az adatok csak egy irányba mehetnek.(1.4. ábra)



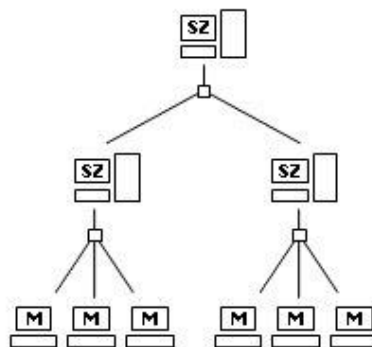
1.4. ábra Gyűrű topológia

- **CSILLAG TOPOLÓGIA** Biztosabb, de drágább megoldás. Kábelszakadásnál csak 1 gép áll le (1.5. ábra)



1.5. ábra Csillag topológia

- **FA TOPOLÓGIA** Minden számítógép csak egy útvonalon érhető el. A kábelszakadás egy egész alhálózatot tönkretelhet. (1.6. ábra)



1.6. ábra Fa topológia

## 2. Elektronikai áramkörök

### 2.1. Kétpólusok:

A kétpólus egy olyan tetszőlegesen bonyolult villamos hálózat, amely két villamos csatlakozóponttal rendelkezik. A felépítésében résztvevő áramköri elemek típusától függően megkülönböztetünk aktív, passzív, lineáris és nemlineáris kétpólusokat:

Aktív kétpólus: elektromos energia leadására képes

- Passzív kétpólus: elektromos energiát fogyaszt, egy eredő impedanciával helyettesíthető: Tekercsekből, kondenzátorokból, ellenállásokból álló tetszőleges hálózat.
- Lineáris kétpólus: feszültség- áramának viszonya egyenes arányosság szerint változik
- Nemlineáris kétpólus: a feszültség áram viszonya nem egyenes arányosság szerint változik.

#### 2.1.1. Aktív kétpólusok:

Aktív kétpólus minden olyan villamos hálózat, amely feszültség vagy áramgenerátort tartalmaz. Az aktív kétpólusok helyettesítésére a Thevenin és a Norton tételt használják.

**Thevenin-tétel:** Bármely aktív kétpólus helyettesíthető egy valóságos feszültséggenerátorral, ahol a generátor feszültsége megegyezik a kétpólus üresjárási kimeneti feszültségével. A generátor  $R_g$  ellenállása pedig a két pont között mérhető eredő ellenállással.

**Norton-tétel:** Bármely aktív kétpólus helyettesíthető egy valóságos áramgenerátorral, ahol a generátor forrásárama megegyezik a kétpólus rövidzárási áramával. A generátor  $R_g$  ellenállása pedig a két pont között mérhető eredő ellenállással.

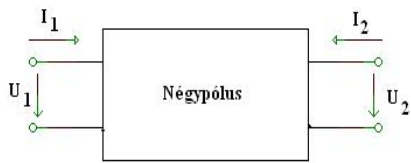
### 2.2. Négypólusok:

Olyan tetszőlegesen bonyolult villamos hálózatok, amelyek négy villamos (egy bemeneti és egy kimeneti kapocspár) csatlakozóponttal rendelkeznek. A négypólusok szerkezeti elemeik függvényében lehetnek:

- Aktív négypólusok: Legalább egy aktív áramköri elemet tartalmaznak.
- Passzív négypólusok: Csak passzív áramköri elemeket tartalmaznak.
- Lineáris négypólusok: Minden áramköri elemük lineáris.
- Nemlineáris négypólusok: Nemlineáris áramköri elemeket tartalmaznak.
- Szimmetrikus négypólusok: Kimenetük és bemenetük minden következmény nélkül felcserélhető.
- Földszimmetrikus négypólusok: Bemeneti és ezzel egyidejűleg kimeneti kapcsaik minden következmény nélkül felcserélhetőek.

#### 2.2.1. A négypólus karakterisztikus egyenletei

**Négypólus paraméterei:** egy négypólus meghatározottnak tekinthető, ha bemeneti és kimeneti feszültsége ( $U_1$ ,  $U_2$ ) és árama ( $I_1$ ,  $I_2$ ) ismert (2.1. ábra). A négypólus paraméterei olyan állandók, amelyek segítségével a kimeneti és a bemeneti jellemzők közötti függvényrendszerek felírhatók. Ezek az egyenletrendszerek a négypólus karakterisztikus egyenletei.



A négyfólyus paraméterei olyan állandók, amelyek segítségével a kimeneti és a bemeneti jellemzők közötti függvényrendszerek felírhatók.

## 2.1. ábra Négyfólyus

### Impedancia (Z) paraméterek:

$$U_1 = Z_{11} \cdot I_1 + Z_{12} \cdot I_2$$

$$U_2 = Z_{21} \cdot I_1 + Z_{22} \cdot I_2$$

Bemeneti impedancia nyitott kimenet esetén.

$$Z_{11} = \frac{U_1}{I_1} \quad I_2 = 0$$

Átviteli (transzfer) impedancia nyitott bemenet esetén.

$$Z_{12} = \frac{U_1}{I_2} \quad I_1 = 0$$

Átviteli (transzfer) impedancia nyitott kimenet esetén.

$$Z_{21} = \frac{U_2}{I_1} \quad I_2 = 0$$

Kimeneti impedancia nyitott bemenet esetén

$$Z_{22} = \frac{U_2}{I_2} \quad I_1 = 0$$

Admittancia (Y) paraméterek

$$I_1 = Y_{11} \cdot U_1 - Y_{12} \cdot U_2$$

$$I_2 = -Y_{21} \cdot U_1 + Y_{22} \cdot U_2$$

Bemeneti admittancia rövidre zárt kimenet esetén

$$Y_{11} = \frac{I_1}{U_1} \quad U_2 = 0$$

Átviteli (transzfer) admittancia rövidre zárt bemenet esetén

$$Y_{12} = \frac{-I_1}{U_2} \quad U_1 = 0$$

Átviteli (transzfer) admittancia rövidre zárt kimenet esetén

$$Y_{21} = \frac{-I_2}{U_1} \quad U_2 = 0$$

Kimeneti admittancia rövidre zárt bemenet esetén

$$Y_{22} = \frac{I_2}{U_2} \quad U_1 = 0$$

Hibrid (H) paraméterek

$$U_1 = H_{11} \cdot I_1 + H_{12} \cdot U_2$$

$$I_2 = -H_{21} \cdot I_1 + H_{22} \cdot U_2$$

Bemeneti impedancia rövidre zárt kimenet esetén

$$H_{11} = \frac{U_1}{I_1} \quad U_2 = 0$$

Feszültség visszahatás nyitott bemenet esetén

$$H_{12} = \frac{U_1}{U_2} \quad I_1 = 0$$

Áramerősítési tényező rövidre zárt kimenet esetén

$$H_{21} = \frac{-I_2}{I_1} \quad U_2 = 0$$



Kimeneti admittancia nyitott bemenet esetén

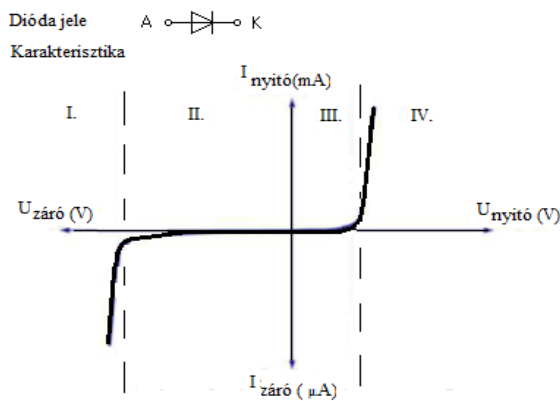
$$H_{22} = \frac{I_2}{U_2} \quad I_1 = 0$$

## 2.3. Félvezető áramköri elemek

### 2.3.1. FÉLVEZETŐ DIÓDÁK

A dióda a legegyszerűbb félvezető eszköz, amely egy fém-, üveg- vagy műanyagtokba zárt kivezetésekkel ellátott PN-átmenetet tartalmaz. A dióda két kivezetésének elnevezése **anód** és **katód**. Az anód a P-rétegre van kapcsolva, a katód pedig az N-re.

A dióda teljes karakterisztikája és jelölése az 2.2. ábrán látható.



A karakterisztikán 4 különböző tartományt különböztetünk meg:

I. Letörési tartomány

II. Zárási tartomány

III. Nyitóirányú tartomány, exponenciális szakasza

IV. Nyitóirányú tartomány, lineáris szakasza

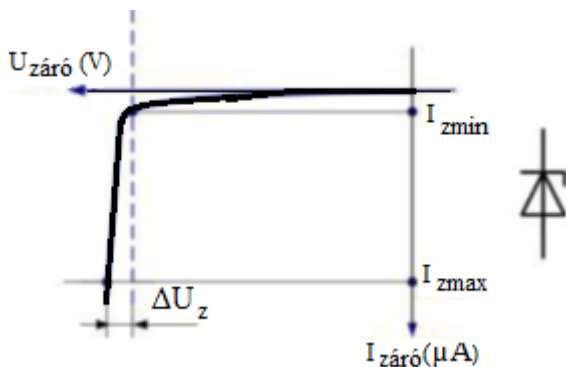
2.2. ábra Dióda karakterisztikája<sup>1</sup>

### Zener-dióda

A Zener dióda egy olyan különlegesen szennyezett Si dióda, ami veszély nélkül üzemeltethető a letörési tartományban. A gyakorlatban feszültségstabilizálásra és feszültségátárolásra használják.

A Zener dióda karakterisztikája és rajzjele az 2.3. ábrán látható

<sup>1</sup> Forrás: Mészáros Miklós: Félvezető eszközök, áramköri elemek I.



2.3. ábra Zener dióda záróirányú karakterisztikája

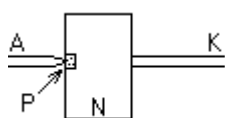
A nyitóirányú működés megegyezik a normál Si diódákéval.

Letörési tartományban a dióda záróirányú feszültsége közelítőleg állandó értékű.

A Zener-dióda félvezető rétegeinek szennyezése erősebb, mint más diódák esetében, mivel a letörési feszültség szintet csökkenteni kell. A letörési tartományban tapasztalható kis ellenállású állapot oka a **Zener-hatás** és **lavinahatás**.

### Tűsdióda

A tűsdióda egy N-típusú és egy belediffundált nagyon kicsi P-típusú félvezetéből áll, melyre egy tű van hegesztve (2.4. ábra).

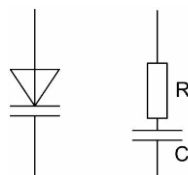


Jellemzője, hogy alkalmas nagyfrekvenciás működésre is, bár nagy az ellenállása. Speciális változata az aranytűs dióda, melyben ez ki van küszöbölve. Mindkettőt főleg a híradástechnikában, magasszfekvenciás detektorokban és egyéb hasonló területeken alkalmazzák.

2.4. ábra Tűsdióda

### Kapacitásdióda

A kapacitásdióda (varikap dióda) különleges felépítésű Si-dióda, amely feszültséggel szabályozható kapacitásként használható. A kapacitásdiódát elsősorban rezgőkörök feszültségvezérelt hangolására és frekvencia-modulációt megvalósító áramkörökben használják. A kapacitásdióda szabványos jelölése és helyettesítő képe az 2.5. ábrán látható.



2.5. ábra  
Kapacitásdióda

Működése azon alapszik, hogy a PN átmenet két oldalán található különböző előjelű töltéshordozók páronként elemi kapacitásokat képeznek, ami a diódával párhuzamosan kapcsolt kondenzátorként viselkedik. Ezeknek az elemi kondenzátoroknak a párhuzamos kapcsolásából alakul ki az átmenet eredő kapacitása, melyet  $C_s$  **záróréteg-kapacitásnak** nevezünk. A záróréteg kapacitás értéke típustól függően : 1-300 pF

### Schottky-dióda

A Schottky-dióda: fém-félvezető közötti PN átmenettel rendelkező dióda. A fém-félvezető átmenet diódaként viselkedik. A Schottky-dióda jelölése az 2.6. ábrán látható.



A Schottky-dióda nyitófeszültsége kisebb, mint a Si diódáé (0,2-0,4V). A fém-félvezető kapacitása igen kicsi, ezért a dióda nagyfrekvencián is jól használható. A műszaki gyakorlatban igen nagy frekvenciákig (GHz), digitális integrált áramkörökben alkalmazzák a működés gyorsítására.

2.6. ábra Schottky dióda

### Alagútdiódák:

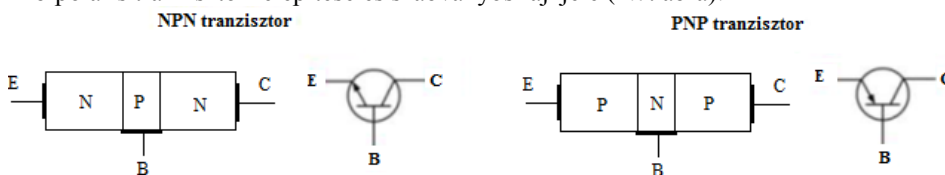
Alagútdióda (Esaki-dióda): erősen szennyezett P++ N++ rétegekből felépített dióda, amely különleges, alagút formájú karakterisztikával rendelkezik. Nyitóirányú karakterisztikáján egy negatív jellegű görbe tartomány is található. Az elektronikai gyakorlat az ezen a szakaszon fellépő negatív differenciális ellenállást elsősorban rezgőkörök csillapításának csökkentésére, megszüntetésére alkalmazza. Ezt a diódátípust is főleg nagyfrekvencián (GHz) alkalmazzák.

### 2.3.2. Tranzisztorok

#### Bipoláris tranzisztorok

A bipoláris tranzisztor elektromos jelek erősítésére kifejlesztett, 2 db PN átmenettel rendelkező aktív áramköri elem. A bipoláris kifejezés arra utal, hogy működésében mindkét töltéshordozó fajta (elektron, lyuk) részt vesz. A bipoláris tranzisztor kialakításakor a félvezető kristályt három rétegben, a szennyezés sorrendjétől függően NPN vagy PNP típusúra adalékolják. Az egyes rétegek elnevezése a feladatukból következően E – emitter, B – bázis, C – kollektor.

A bipoláris tranzisztor felépítése és szabványos rajzjele (2.7. ábra):



2.7. ábra Bipoláris tranzisztor

A bipoláris tranzisztor áramai és feszültségei közötti összefüggések:

$$I_E = I_B + I_C \text{ egyenáram esetén} \quad i_E = i_B + i_C \text{ váltakozó áram esetén}$$

Árameloszlási tényező

$$A = \frac{I_C}{I_E} \text{ egyenáram esetén} \quad \alpha = \frac{i_C}{i_E} \text{ váltakozó áram esetén}$$

$$I_C = A \cdot I_E \quad I_B = (1-A) \cdot I_E \text{ egyenáram esetén}$$

$$i_C = \alpha \cdot i_E \quad i_B = (1-\alpha) \cdot i_E \text{ váltakozó áram esetén}$$

$$U_{CE} = U_{CB} + U_{BE}$$

#### Alapkapcsolások, karakterisztikák

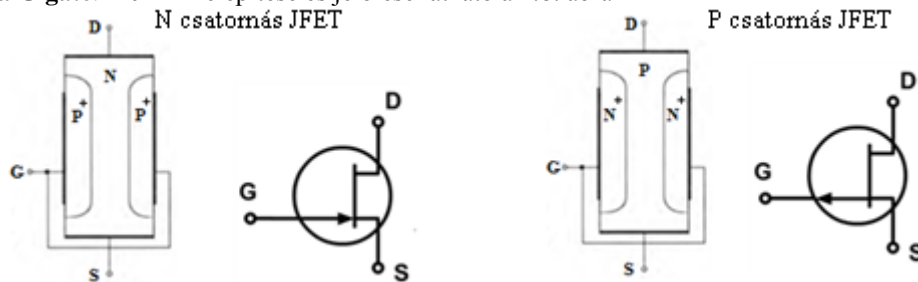
A bipoláris tranzisztorok legfontosabb alkalmazási területe kis feszültségű jelek alakhú erősítése. Ilyenkor az erősítő tulajdonságait célszerű négyfólyú alakítva vizsgálni. Attól függően, hogy melyik kivezetését tekintjük közösnek a be- és kimenet szempontjából megkülönböztetünk közös emitteres, közös bázisú és közös kollektoros alapkapcsolásokat.

### Unipoláris tranzisztorok

Az unipoláris tranzisztorok térvezérlésű tranzisztorok. A Field Effect Tranzistor (FET) kimeneti áramának nagyságát a bemeneti térrel létrehozott villamos tér határozza meg. Felépítésük alapján két típust különböztetünk meg a záróréteges térvezérlésű (JFET) és a szigetelt vezérlőelektródás térvezérlésű (MOSFET) tranzisztort.

#### Záróréteges térvezérlésű tranzisztor (JFET)

A Záróréteges térvezérlésű tranzisztor (JFET) a szerkezetét egy nagyon vékony, gyengén szennyezett réteg (csatorna) alkotja, amely két erősen szennyezett, a csatornával ellentétes szennyezésű réteg között helyezkedik el. N és P csatornás változatban készítik. A csatorna két végére fémzssel kapcsolt **elektródák a D drain és a S source. A vezérlőelektróda a G gate.** A JFET felépítése és jelölése látható a 2.8. ábrán



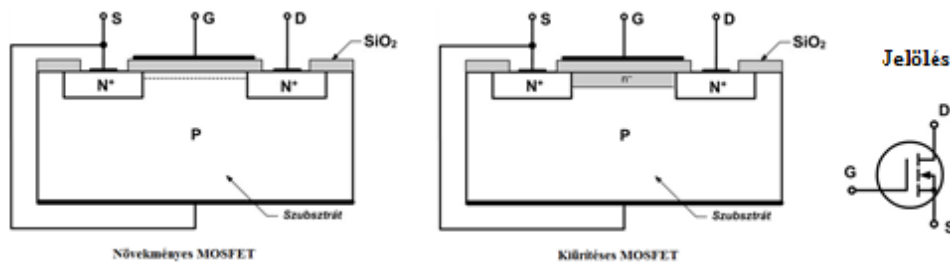
2.8. ábra N és P csatornás JFET<sup>2</sup>

A G elektróda és a csatorna közötti PN átmenetet záróirányban feszítjük elő. **A záróréteg szélessége az  $U_{GS}$  feszültség segítségével vezérelhető.** A szükséges vezérlőteljesítmény minimális értékű, mivel a kisebbségi töltéshordozók mozgásának eredményeképpen egy elhanyagolható nagyságú záróirányú áram folyik. Az  $U_{GS}$  feszültségnek a vezérelhetőség biztosítása miatt N csatornás JFET esetén negatívnak, míg P csatornás eszköz esetén pozitívnak kell lennie. Az  $U_{DS}$  feszültség N csatornás JFET esetén pozitív, P csatornás esetén negatív.

**MOSFET** (Metal Oxide Semiconductor) szigetelt vezérlőelektródás térvezérlésű tranzisztor. Két alaptípusa van a növekményes és a kiürítéses MOSFET. Felépítése és jelölése N csatornás változatra látható a 2.9. ábrán

**Növekményes (önzáró) típusú MOSFET:** Ha a gate elektróda szabadon van, bármilyen polaritású feszültséget kapcsolunk a drain és a source közé, a tranzisztor zárva marad, azaz nem fog áram folyni a két kivezetés között. A gate-elektrodára pozitív feszültséget kapcsolva a source-hoz képest a szubsztrátban elektromos tér keletkezik. A külső elektromos tér hatására a szubsztrátban található elektronok közvetlenül a SiO<sub>2</sub> szigetelőréteghez vándorolnak, és az S és D elektróda között egy N-típusú vezetős csatornát alkotnak. Az  $I_D$  drain áram megindul. **A csatorna vezetőképessége az  $U_{GS}$  feszültséggel szabályozható.**

<sup>2</sup> Forrás: Mészáros Miklós: Félvezető eszközök áramköri elemek II.



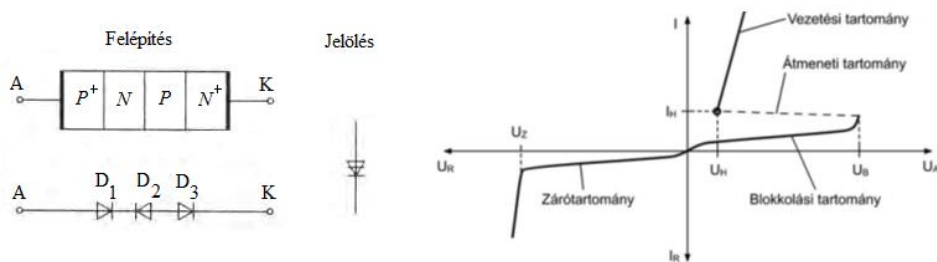
2.9. ábra N csatornás MOSFET <sup>3</sup>

**Kiürítékes (Önvezető) MOSFET:** A szigetelőréteg alatti szubsztrátban kialakítanak gyenge ellentétes szennyezésű csatornát. Így anélkül is vezetőképessé válik az S és D között, hogy a gate-elektrodára feszültséget kapcsolnánk.

Az ilyen felépítésű tranzisztort önvezető MOSFET-nek nevezik. A működés elvek érvényesek a P csatornás típusra is, ha megfordítjuk az alkalmazott feszültségek polaritását.

### 2.3.3. Egyéb félvezető eszközök

**Négyrétegű dióda:** Szilícium alapú eszköz, amely négy egymás után kapcsolódó PNPN félvezető rétegből áll. Két stabil üzemi állapota van egy **nagy- és egy kis ellenállású állapot**, amelyek között az átkapcsolás az  $U_{AK}$  feszültség értékével szabályozható. A nyitóirányú feszültséget növelve  $U_B$  billenési feszültségen bekövetkezik a középső PN átmenet Zener letörése és a dióda kis ellenállású (vezetési) állapotba megy át. A dióda feszültsége vagy árama az  $U_H$  kritikus feszültség vagy  $I_H$  kritikus áram értéke alá csökken a dióda ismét nagy ellenállású állapotba kerül. A négyrétegű diódákat kis teljesítményekre készítik, nagyobb teljesítményeknél tirisztorokat alkalmaznak. Impulzustechnikai áramkörökben kapcsolóelemként alkalmazzák, általában tirisztorok vezérlésére. Az eszköz, felépítése, jelképi jelölése és karakterisztikája a 2.10. ábrán látható.



2.10. ábra Négyrétegű dióda<sup>4</sup>

**Tirisztor:** Felépítése megegyezik a négyrétegű dióda felépítésével, azzal a különbséggel, hogy egy további kivezetéssel, vezérlőelektrodával rendelkeznek. Két stabil üzemi állapota

<sup>3</sup> Forrás: Mészáros Miklós: Félvezető eszközök áramköri elemek II.

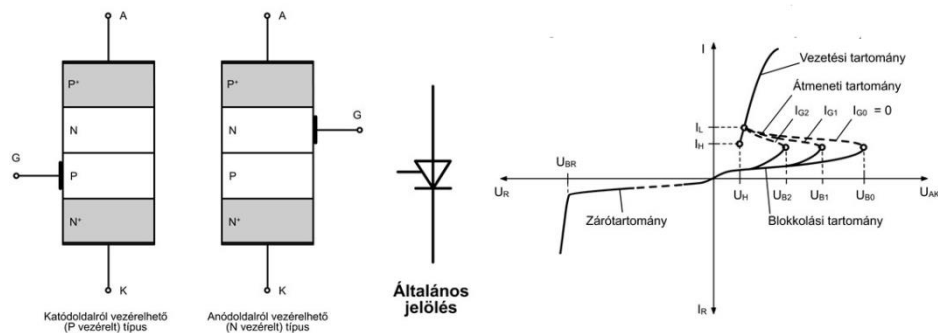
<sup>4</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök

van egy **nagy- és egy kis ellenállású állapot**, amelyek között az átkapcsolás a vezérlőelektródán keresztül valósítható meg.

A vezérlőelektróda csatlakozási pontjától függően megkülönböztetünk, **P vezérelt vagy katódvezérlésű** tirisztorokat, és **N vezérelt vagy anódvezérlésű** tirisztorokat.

A tirisztor felépítése, jelölése és karakterisztikája látható a 2.11. ábrán

A tirisztor nagy ellenállású állapotban van mindaddig, amíg az anód-katód feszültsége túl nem lépi az  $U_{B0}$  billenési feszültséget és anódárama el nem éri az  $I_L$  reteszelési áramértéket. A billenési feszültség a vezérlőelektróda feszültségével csökkenthető. Bekapcsolás után a tirisztor bekapcsolt állapotban marad függetlenül a kapuelektróda potenciáljától. A vezetés megszűnik, ha az anódáram az  $I_H$  kritikus áram értékére alá csökken. A tirisztorokat leggyakrabban váltakozó áramú körökben teljesítményszabályozási feladatokra használják, mint pl. motor fordulatszám szabályozás, fényszerő-szabályozás.



2.11. ábra Tirisztor<sup>5</sup>

**TRIAC:** Szerkezeti felépítése megegyezik két antiparalell kapcsolású tirisztor egy kristályban való elhelyezésével. Segítségével a váltakozó áram mindkét félperiódusában vezérelni tudják az átfolyó áramot, így teljesítményű AC szabályozást valósíthatnak meg. Alkalmazása kis teljesítményű izzólámpa, elektromos fűtés vagy az egyfázisú váltakozó áramú motorok szabályozása.

### 2.3.4. Optoelektronikai eszközök

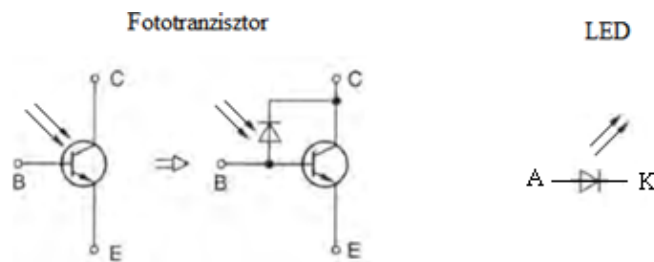
**Fotoellenállás:** Egy zárórétg nélküli passzív félvezető elem, amely fénysugárzás hatására változtatja az ellenállását. A fotoellenállás ellenállása a megvilágítás erősségének függvénye, és igen széles határok között változik. Állandó fényszerősség esetén a fotoellenállás ellenállásának értéke a fotoellenállás alapanyagától és szennyezettségének mértékétől, a megvilágított felület nagyságától, a vezető pálya alakjától függ. Alkalmazása lassú változást igénylő szabályozás- és vezérléstechnikai feladatok ellátására. Pl.: fénysorompók, közvilágítás-kapcsolók, megvilágítási erősség mérőkben és vészjelzőkben.

**Fotodiódák:** Különleges felépítésű félvezető diódák, amelyek PN-átmenete fénysugárzással megvilágítható. A fotodiódákat leggyakrabban záróirányban működtetik. Záróirányban polarizálva, a megvilágítás hatására záróirányú áramuk megnő. A zárási

<sup>5</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök

áram növekedése egyenesen arányos a megvilágítás erősségével. A fotodióda záró árama a megvilágítás erősségével arányosan növekszik, ezért különösen jól alkalmazhatók fénymérésre. Sok helyen alkalmazzák még a szabályozás- és vezérléstechnikában.

**Fototranzisztorok:** Megvilágítható bázis-kollektor átmenettel rendelkező speciális szilíciumtranszisztorok. A záróirányban előfeszített PN-átmenet megfelelő megvilágítása esetén, a fellépő elektromos hatás révén a fototranzisztor B egyenáramú áramerősítési tényezőjének megfelelően megnövelt fotoáramot állít elő. Alkalmazási területei megegyeznek a fotodiódákéval, azonban nagyobb érzékenységet, de alacsonyabb határfrekvenciát biztosítanak. A fototranzisztor jele és helyettesítő képe a 2.12. ábrán látható.



2.12. ábra Fototranzisztor és LED

**Fénykibocsátó dióda (LED):** Speciális felépítésű diódák, amelyek az elektromos energiát fényenergiává alakítják. Ezeknek a diódáknak az alapanyaga vegyület típusú félvezető. A kis hatásfok ellenére számos előnyös tulajdonsággal rendelkeznek: hasznos kimeneti fényelőállításához **alacsony áramot és feszültséget igényelnek; majdnem késedelem nélkül reagálnak a vezérlő jelre;** nagyon kicsi helyen elférnek, ütésállóak és élettartamuk nagyon nagy. Elsődlegesen jelző és kijelző-elemként kerülnek felhasználásra különböző műszer-előlapokon, hétszegnemes és alfanumerikus kijelzőkben. A LED dióda jelölése a 2.12. ábrán látható.

## 2.4. Analóg alapáramkörök

### 2.4.1. Erősítő alapáramkörök

Az erősítő alapkapsolásokban erősítőelemként bipoláris vagy térvezérlésű tranzisztorokat alkalmaznak. A tranzisztorok dinamikus működése mindig egy adott pont környezetében valósul meg. Ezt a pontot nevezzük munkapontnak.

Az erősítő alapkapsolásokban alapkövetelmény, hogy a kimeneti feszültség arányos legyen a bemeneti feszültséggel. Ehhez az szükséges, hogy a tranzisztor lineáris elemként viselkedjen, amihez először a kapsolás munkapontját kell helyesen megválasztani majd a munkapont környezetében kisjelű vezérlést kell alkalmazni.

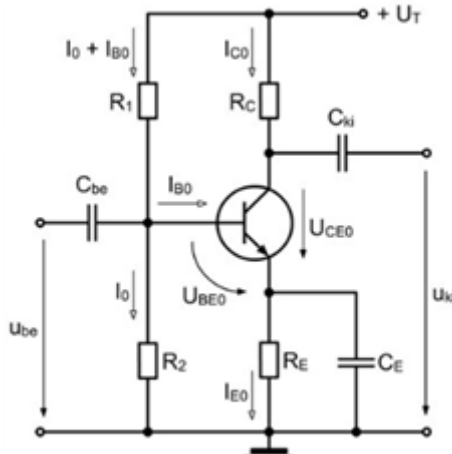
#### Közös emitteres alapkapsolás

A kapsolás munkapontját bázisellenállással vagy bázisosztó alkalmazásával állíthatjuk be. A bemenet a bázis-emitter, a kimenet a kollektor-emitter, a közös elektróda az emitter. A munkapont-beállítást a bázisosztó alkalmazásán keresztül mutatjuk be.

**Munkapont-beállítás bázisosztóval (2.13. ábra):**

A kapcsolást felépítő elemek, és azok szerepe:

- $R_1, R_2$  munkapont-beállító
- $R_E$  munkapont-beállító és munkapont-stabilizáló
- $R_C$  munkapont-beállító, és munkaellenállás
- $C_{be}, C_{ki}$  egyenfeszültség leválasztó, valamint váltakozó feszültség csatoló
- $C_E$ , emitter kondenzátor az  $R_E$  ellenállást váltakozó áramú szempontból rövidre zárja
- $U_T$  feszültség a kapcsolás tápfeszültsége



2.13. ábra Munkapont-beállítás bázisosztóval

A bemeneti báziskörre felírható összefüggések:

$$U_T = (I_0 + I_{B0}) \cdot R_1 + I_0 \cdot R_2$$

$$U_{B0} = U_{R2} = I_{E0} \cdot R_E + U_{BE0}$$

A munkapont-beállító elemek méretezésénél alkalmazhatjuk azt a gyakorlatban szokásos feltételt, hogy a bázisáram  $I_0$  árama az  $I_{B0}$  bázisáram min. tízszerese legyen.  $I_0 \geq 10 \cdot I_{B0}$   
A kimeneti kollektorkörre felírható egyenlet:

$$U_T = I_{C0} \cdot R_C + U_{CE0} + I_{E0} \cdot R_E$$

A munkapont számításnál alkalmazható az  $I_{C0} \approx I_{E0}$  közelítés

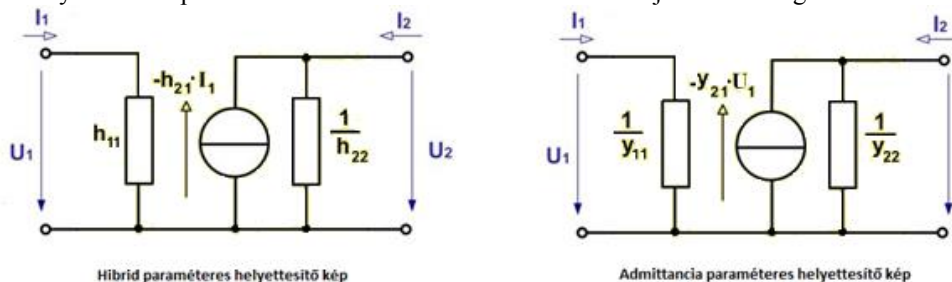
### A bipoláris tranzisztorok helyettesítő képe:

Lineáris erősítőkapcsolásokban a tranzisztor aktív, lineáris négypólusnak tekinthető.

A tranzisztorok paraméterrendszerét az alapján kell kiválasztani, hogy a milyen mérés-technikai módszerrel lehet az eszközt megvizsgálni, és a működést milyen feltételekhez köthetjük:

- Kisfrekvencián a bemeneti üresjárás, és a kimeneti rövidzár valósítható meg a legkönnyebben, ezért a hibrid paraméterrendszerrel jellemezhető.
- Nagyfrekvencián a rövidzár könnyebben megvalósítható, ezért az admittancia paraméterekkel jellemezhető (2.14. ábra).

A helyettesítő képek ismeretében az erősítő váltakozó áramú jellemzői meghatározhatók.



2.14. ábra Tranzisztor H és Y paraméteres helyettesítő képe



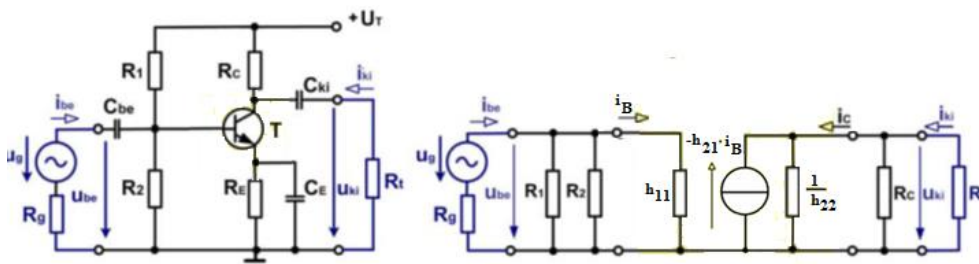
Az erősítő jellemzők meghatározását a leggyakrabban használt közös emitteres kapcsoláson vizsgáljuk (2.15. ábra). A kondenzátorok rövidzárnak tekinthetők.

**Bemeneti ellenállás:** az az ellenállás, amely az erősítő bemenetét lezárja, ha a meghajtó generátort nem vesszük figyelembe.

$$R_{be} = \frac{U_{be}}{I_{be}} = R_1 \times R_2 \times h_{11}$$

**Kimeneti ellenállás:** az az ellenállás, amely az erősítő kimenetét lezárja, amikor a terhelő ellenállás nem terheli a kimenetet.

$$R_{ki} = \frac{U_{ki(i)}}{I_{(r)}} = \frac{1}{h_{22}} \times R_C \quad \text{mivel } R_C \ll \frac{1}{h_{22}}, \text{ ezért } R_{ki} = R_C$$



2.15. ábra Váltakozó feszültségű tranzisztoros erősítő helyettesítő képe<sup>6</sup>

**A feszültségerősítés** a kimeneti feszültség és a bemeneti feszültség hányadosa:

A kimeneti feszültség:  $u_{ki} = -h_{21} \cdot i_B \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \times R_t\right)$  A bemeneti feszültség  $u_{be} = i_B \cdot h_{11}$

$$A_U = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{-h_{21} \cdot i_B \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \times R_t\right)}{i_B \cdot h_{11}} = -\frac{h_{21}}{h_{11}} \cdot \left(\frac{1}{h_{22}} \times R_C \times R_t\right)$$

**Áramerősítés:** a kimeneti áram és a bemeneti áram hányadosa:

A kimeneti áram :  $i_{ki} = -\frac{U_{ki}}{R_t}$  A bemeneti áram:  $i_{be} = \frac{U_{be}}{R_{be}}$   $A_i = \frac{i_{ki}}{i_{be}} = -A_{us} \cdot \frac{r_{be}}{R_t}$

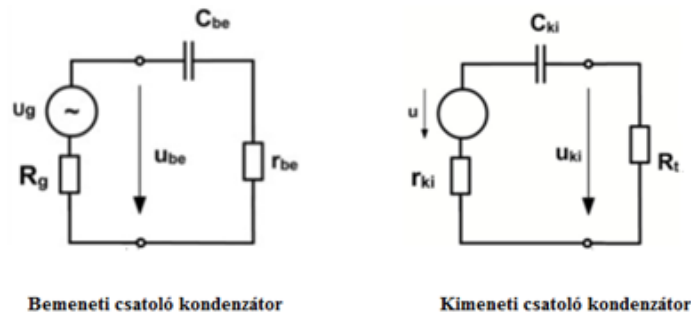
**Teljesítményerősítés:** a feszültségerősítés és áramerősítés abszolút értékének szorzata:

$$A_p = |A_u| \cdot |A_i|$$

**Frekvenciafüggés:**

A váltakozó áramú helyettesítő kapcsolásban a csatoló kondenzátorokat közepes frekvencián, váltakozó áramú szempontból rövidzárnak tekintjük. Alacsonyabb frekvenciákon ezek a kondenzátorok szintcsökkenést okoznak, mivel frekvenciafüggő feszültségosztót alkotnak az őket terhelő ellenállással (2.16. ábra). A szintcsökkenés általában nem lehet nagyobb, mint 3 dB.

<sup>6</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök



2.16. ábra Bemeneti- és kimeneti csatoló kondenzátor<sup>7</sup>

A bemeneti és a kimeneti csatoló kondenzátor méretezése adott alsó határfrekvencia esetén:  $C_{be} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot (r_{be} + R_g)}$   $C_{ki} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot (r_{ki} + R_t)}$

Az emitter kondenzátor alacsony frekvencián már szakadás. Kisfrekvenciás erősítéscsökkenést okoz, de megnöveli a kapcsolás bemeneti ellenállását is. Méretezésnél az a cél, hogy az erősítő alsó határfrekvenciáján is közelítően zárja rövidre az emitter ellenállást. Ez akkor teljesül, ha az alsó határfrekvencián  $10 \cdot X_C \geq R_E$

Ekkor  $C_E = \frac{10}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot R_E}$

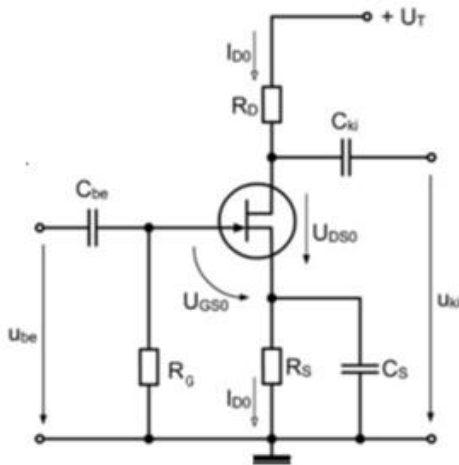
**2.4.2. A térvezérlésű tranzisztorok munkapont beállítása**

A térvezérlésű tranzisztorok leggyakoribb felhasználási területe a digitális technika. Itt azonban a FET-ek elsősorban integrált áramkörökben található meg, amelyekben a munkapont beállítása gyárilag történik meg. A térvezérlésű tranzisztorokat diszkrét áramköri elemként általában kisjelű tartományban, nagyfrekvenciás erősítőkben használják, mivel a határfrekvenciájuk nagy és a kapacitásaik kis értékűek. A térvezérlésű tranzisztorokkal kivitelezett erősítőkapcsolások nagy előnye a nagy bemeneti ellenállás, ami gyakorlatilag teljesítményvezérlést tesz lehetővé. A térvezérlésű tranzisztorok tápfeszültségének és ellenállásainak olyan értékűeknek kell lenniük, hogy a munkapontot a megfelelő módon beállítsák. Három alapkapsolást különböztetünk meg az alapján, hogy a bemenet és a kimenet szempontjából melyik a közös elektróda. Ez alapján a kapcsolások elnevezése: *Source-kapcsolás*, *Drain-kapcsolás* és *Gate-kapcsolás*

A munkapont beállítást és az erősítőjellelmezők számítási módját a Source-kapcsolás esetén vizsgáljuk.

**Munkapont beállítás Source-kapcsolás esetén (2.17. ábra)**

<sup>7</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök



2.17. ábra FET munkapont

A kapcsolást felépítő elemek, és azok szerepe:

- $R_G$ , munkapont-beállító ellenállás
- $R_S$  munkapont-beállító és munkapont-stabilizáló ellenállás
- $R_D$  munkapont-beállító, és munkaellenállás
- $C_{be}$ ,  $C_{ki}$  egyenfeszültség leválasztó, valamint váltakozó feszültség csatoló
- $C_S$ , Source kondenzátor az  $R_S$  ellenállást váltakozó áramú szempontból rövidre zárja
- $U_T$  tápfeszültség

8

A kapcsolat  $R_G$  ellenállásán nem folyik áram, mert a FET működési elvéből következően  $I_G \approx 0$ . Az  $R_G$  ellenálláson ezért nem esik feszültség  $U_G \approx 0$ .

Az  $I_{D0}$  munkaponti áram az  $R_S$  ellenálláson  $U_{RS} = I_{D0} \cdot R_S$  nagyságú feszültséget hoz létre.

$$U_G = U_{RG} = I_{D0} \cdot R_S + U_{GS0}$$

Mivel  $U_G = 0V$  ezért  $U_{GS0} = I_{D0} \cdot R_S$  így  $R_S = \frac{|U_{GS0}|}{I_{D0}}$

Az  $R_G$  ellenállás nem méretezhető, megválasztásánál elsődleges szempont, hogy ne rontsa a FET nagy bemeneti ellenállását. Szokásos értéke  $R_G = 1M\Omega$

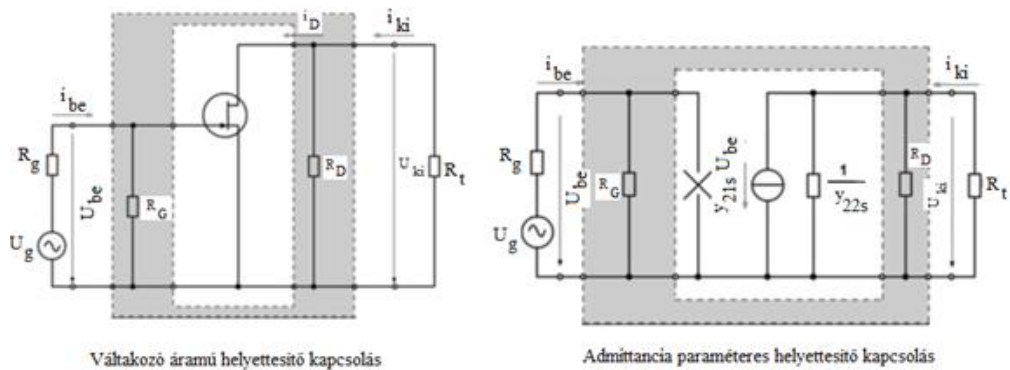
#### A kapcsolat váltakozó áramú működése és jellemzői:

Feltételezve, hogy az  $u_{be}$  bemeneti feszültség pozitív irányban nő, ez a változás csökkenti az  $U_{GS}$  záróirányú feszültséget, és az  $I_D$  csatornaáram növekszik. A csatornaáram növekedése előidézi az  $R_D$  ellenálláson eső feszültség növekedését, amely ugyanakkor az  $U_{DS}$  feszültség csökkenését eredményezi. Ezt a változást a  $C_{ki}$  csatolókapacitás a kimenetre közvetíti, és így a kimeneti feszültség csökken. *Mivel az  $u_{ki}$  feszültség változása ellentétes irányú az  $u_{be}$  feszültség változásával, a source-kapcsolás fázist fordít.* A váltakozó áramú jellemzők meghatározásához a bipoláris tranzisztorhoz hasonlóan a FET-es erősítőt négy pólus paraméterekkel helyettesítjük (2.18. ábra.)

**Bemeneti ellenállás:** az az ellenállás, amely az erősítő bemenetét lezárja, ha a meghajtó generátort nem vesszük figyelembe.  $r_{bes} = R_G$

**Kimeneti ellenállás:** az az ellenállás, amely az erősítő kimenetét lezárja, amikor a terhelő ellenállás nem terheli a kimenetet.

<sup>8</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök



2.18. ábra FET-es erősítő helyettesítő kapcsolása <sup>9</sup>

**Feszültségerősítés** a kimeneti feszültség és a bemeneti feszültség hányadosa:

A kimeneti feszültség:  $u_{ki} = -y_{21s} \cdot u_{be} \cdot \left(\frac{1}{y_{22s}} \times R_D \times R_t\right)$  A bemeneti feszültség:  $u_{be}$

$$A_{U(s)} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = \frac{-y_{21s} \cdot U_{be} \cdot \left(\frac{1}{y_{22s}} \times R_D \times R_t\right)}{U_{be}} = -y_{21s} \cdot \left(\frac{1}{y_{22s}} \times R_D \times R_t\right)$$

**Áramerősítés:** a kimeneti áram és a bemeneti áram hányadosa:

A kimeneti áram :  $i_{ki} = -\frac{U_{ki}}{R_t}$  A bemeneti áram:  $i_{be} = \frac{U_{be}}{R_{be}}$   $A_{i(s)} = \frac{i_{ki}}{i_{be}} = -A_{us} \cdot \frac{r_{be}}{R_t}$

**Teljesítményerősítés:** a feszültségerősítés és áramerősítés abszolút értékének szorzata:  
 $A_p = |A_u| \cdot |A_i|$

**Frekvenciafüggés:**

A váltakozó áramú helyettesítő kapcsolásban a csatoló kondenzátorokat közepes frekvencián, váltakozó áramú szempontból rövidzárnak tekintjük. *Alacsonyabb frekvenciákon ezek a kondenzátorok szintcsökkenést okoznak, mivel frekvenciafüggő feszültségosztót alkotnak az őket terhelő ellenállással. A szintcsökkenés általában nem lehet nagyobb mint 3 dB.*

A bemeneti és a kimeneti csatoló kondenzátor méretezése adott alsó határfrekvencia esetén (2.16. ábra):

$$C_{be} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot (r_{be} + R_g)} \quad C_{ki} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot (r_{ki} + R_t)}$$

**Source-kondenzátor:** Méretezésnél az a cél, hogy az erősítő alsó határfrekvenciáján is közelítően zárja rövidre az emitter ellenállást. Ez akkor teljesül, ha az alsó határfrekvencián  $10 \cdot X_C \geq R_s$

Ekkor  $C_s = \frac{10}{2 \cdot \pi \cdot f_{ah} \cdot R_s}$

## 2.5. Többfokozatú erősítők:

A gyakorlati alkalmazások esetén gyakran előfordul, hogy egyetlen erősítőfokozat erősítése nem elegendő. Ilyenkor a szükséges erősítés többfokozatú erősítő segítségével

<sup>9</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök

biztosítható. Többfokozatú erősítőt alkalmaznak akkor is, ha az erősítés megfelelő, de a bemeneti vagy a kimeneti ellenállás nem megfelelő. Ilyenkor a szükséges jellemzők biztosítása, csak több megfelelő típusú erősítőfokozat láncba kapcsolásával valósítható meg. A fokozatok egymás után kapcsolt négyfólusoknak tekinthetők. A láncba kapcsolt erősítők eredő erősítése a fokozatok erősítéseinek szorzata:

$$A_{ue} = A_{u1} \cdot A_{u2} \cdot A_{u3} \cdot \dots$$

Ha az erősítés dB-ben van megadva, akkor :

$$A_{ue}(\text{dB}) = A_{u1}(\text{dB}) + A_{u2}(\text{dB}) + A_{u3}(\text{dB}) \dots$$

A többfokozatú erősítő bemeneti ellenállását az első fokozat bemeneti ellenállása, kimeneti ellenállását az utolsó fokozat kimeneti ellenállása határozza meg:

$$R_{be} = R_{beelső} \quad R_{ki} = R_{kiutolsó}$$

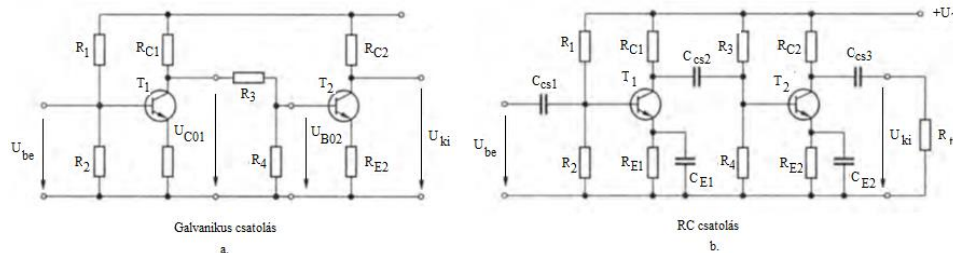
A többfokozatú erősítő alsó határfrekvenciáját a fokozatok alsó határfrekvenciái közül a legnagyobb, felső határfrekvenciáját a fokozatok felső határfrekvenciái közül a legkisebb határozza meg.

Többfokozatú erősítőkben az egyes fokozatokat: galvanikus (közvetlen), RC és induktív csatolással kapcsolhatjuk össze.

### Galvanikus (közvetlen) csatolás

Galvanikus csatolás esetén a fokozatok között egyenáramú csatolás van, ezért az ilyen csatolás egyenfeszültségű jelek erősítésére is alkalmas. Az alsó határfrekvenciát ( $f_a=0$ ) és az erősítő stabilitását figyelembe véve a közvetlen csatolás a többfokozatú erősítők legkedvezőbb csatolási módja. (2.19. a. ábra)

Galvanikus csatolás esetén a második erősítőfokozat munkapontját az első fokozat állítja be. A második fokozat bázisfeszültségét az előző fokozat kollektorfeszültsége adja.



2.19. ábra Galvanikus és RC csatolás<sup>10</sup>

Ha a fokozatok munkapont-beállító elemei megegyeznek, akkor **a második fokozat munkapontja eltolódik és csökken a kivezérelhetősége**. A kivezérelhetőség csökkenése szinteltoló (diódás, tranzistoros szinteltoló) áramkörökkel kompenzálható.

A közvetlencsatolt erősítők legnagyobb problémáját a munkapont eltolódása okozza.

### RC csatolás

RC csatolás esetén az egyes fokozatok közötti kapcsolatot csatolókapacitátor biztosítja. Ez a leggyakrabban alkalmazott csatolási mód váltakozó feszültségű jelek erősítésére. Mivel a csatolókapacitátor az egyes fokozatokat elválasztja egymástól, ezért az egyes fokozatok munkapontjai külön-külön állíthatók be (2.19.b. ábra). A csatolókapacitátor az egyenáramú leválasztás mellett az erősítő alsó határfrekvenciáját

<sup>10</sup> Forrás: Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök

befolyásolja. Értékének helyes megválasztásával biztosítható az erősítő megfelelő határfrekvenciája

### Transzformátoros csatolás

Transzformátoros csatolás esetén az egyenáramú elválasztás és a váltakozó feszültségű csatolás transzformátorral történik. A transzformátoros csatolást főleg nagyfrekvenciás váltakozó feszültség erősítőkben használják. Alkalmazásának előnye, hogy az áttétel helyes megválasztásával illesztés valósítható meg az erősítő fokozatok között. Nagy stabilitás érhető el vele és a transzformátor tekercseiben nem nagy az egyenáramú veszteség.

A kapcsolás alkalmazásának hátránya az erősítő sávszélességének csökkenése. A nagyfrekvenciás átvitel a tekercselési kapacitás, a kisfrekvenciás átvitel pedig a megvalósítható indukció miatt romlik. A vasmag nemlineáris mágnesezési görbéje miatt megnő az erősítő torzítása.

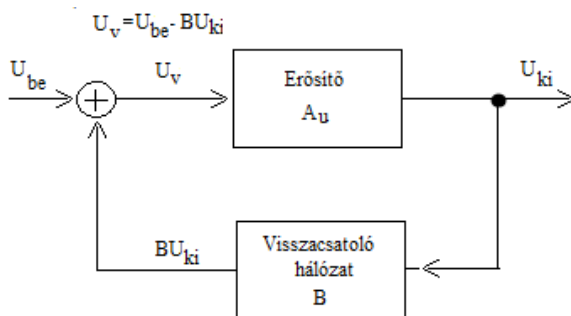
## 2.6. Visszacsatolások

Visszacsatolásról akkor beszélhetünk, ha az erősítő vezérlő jelét a bemeneti jel és a kimenetről a bemenetre teljesen vagy részben visszavezetett kimeneti jel összege adja (2.20. ábra). A visszacsatolás általában egy külső visszacsatoló hálózat segítségével valósítható meg, amely a visszacsatoló elemek tulajdonságai alapján lehet:

- lineáris,
- nemlineáris,
- frekvencia-független,
- frekvenciafüggő visszacsatolás.

Az alapján, hogy a kimeneti jel a bemeneti jelhez hozzáadódik (bemenőjelet erősíti) vagy kivonódik (bemenő jel hatását gyengíti) megkülönböztetünk **pozitív** és **negatív** visszacsatolást.

Erősítő kapcsolások esetén csak a negatív visszacsatolásnak van jelentősége.



A használt jelölések:

$U_{be}$  - bemeneti feszültség  
 $U_{ki}$  - kimeneti feszültség  
 $U_v$  - vezérlő feszültség  
 $B$  - visszacsatolási tényező  
 $A_u$  - a visszacsatolás nélküli erősítő erősítése  
 $A_{uv}$  - a visszacsatolt erősítő erősítése

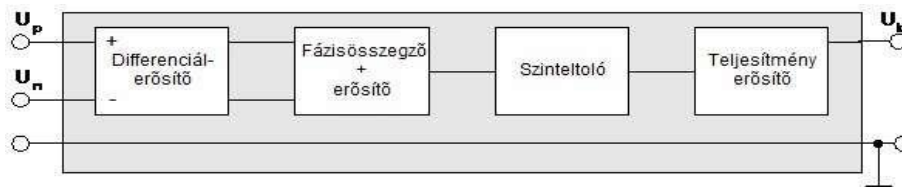
2.20. ábra Visszacsatolás

## 2.7. A műveleti erősítők

A műveleti erősítők igen jó minőségű jellemzőkkel rendelkező egyenfeszültségű és váltakozó feszültségű jelek erősítésére egyaránt alkalmas, integrált áramkört

technológiával készített nagy bonyolultságú áramkörök. Tokozása: DIP (Dual – in line ) kialakítás. Ilyenkor az áramkör kivezetései két sorban, a tok síkjára merőlegesen helyezkednek el. Napjainkban egyre inkább elterjedt a felületszerelt technológiához kialakított SMD kivitel. A leggyakoribb lábszámok: 8,14, esetleg 16, 18, 24, 28.

### 2.7.1. A műveleti erősítők felépítése



2.21. ábra Műveleti erősítő felépítése<sup>11</sup>

A műveleti erősítő (2.21. ábra) bemeneti fokozata egy differenciál erősítő, amely biztosítja a nagy bemeneti ellenállást, a szimmetrikus vezérelhetőséget és a közös jel elnyomását. A két bemenet elnevezése invertáló ( $U_n$ ) és nem invertáló ( $U_p$ ) bemenet.

A következő fokozat egy fázisösszegző és erősítő áramkör, amelynek szerepe, hogy a differenciál erősítő szimmetrikus kimeneti jelét aszimmetrikussá alakítsa. Ezt követi egy szinteltoló fokozat, ami leosztás után a teljesítményerősítő bemeneti jelét szolgáltatja.

Az utolsó – kimeneti – fokozat a teljesítményerősítő, amely a terhelés számára szolgáltatja a kis kimeneti ellenállású és torzítású, megfelelő teljesítményű kimeneti jelet.

### 2.7.2. Az integrált műveleti erősítők jellemzői

**Nyílthurkú feszültségerősítés** -  $A_{u0}$ , üresjárásban, szimmetrikus bemeneti jellel mért, visszacsatolás nélküli erősítés. Értéke:  $A_{u0}=\infty$  ideális,  $A_{u0} > 3 \cdot 10^6$  valóságos.

**Közös módosú feszültségerősítés** -  $A_{uK}$ , amikor mindkét bemenetet ugyanaz a jel vezérli, közös módosú vezérlésről beszélünk, és az ilyenkor fellépő erősítés a közös módosú erősítés. Értéke:  $A_{uK}=0$  ideális,  $A_{uK} < 0,2$  valóságos

**Közös módosú feszültség elnyomási tényező (CMRR)** (common mode rejection ratio) –  $G$ , a nyílthurkú differenciális és a közös módosú erősítés hányadosa.

Értéke:  $G=\infty$  ideális,  $A_{u0} > 1 \cdot 10^6$  valóságos

**Bemeneti ellenállás** (input impedance) -  $R_I$ , a szimmetrikus bemeneti áram és feszültség hányadosa. Értéke:  $R_I=\infty$  ideális,  $R_I > 200M\Omega$  bipoláris,  $R_I > 2T\Omega$  FET, MOSFET

**Kimeneti ellenállás** (output impedance) -  $R_O$ , az üresjárás kimeneti feszültség és a rövidzárási kimeneti áram hányadosa. Értéke:  $R_O=0$  ideális,  $R_O < 10\Omega$  valóságos

**Sávzélesség** -  $f_o$ , az a frekvencia, ahol a nyílthurkú erősítés értéke 3dB-el lecsökken

**Tápfeszültség tartomány**  $\pm U_t$ , a szimmetrikus tápfeszültség minimális és maximális értéke.

**Tápfeszültség-felvétel** -  $I_t$ , az energiaforrásból felvett, a működéshez szükséges áram értéke vezérlés nélküli, terheletlen állapot esetén.

**Nyugalmi teljesítményfelvétel** -  $P_o$ , az energiaforrásból felvett teljesítmény.

**Maximális teljesítmény-disszipáció** -  $P_{Dmax}$ , vezérelt állapotban az áramkörön disszipálható (össz)teljesítmény.

<sup>11</sup> Forrás: Hegyesi László: Műveleti erősítők

**Üzemi hőmérséklettartomány** –  $T_{\bar{u}}$ , azon hőmérséklettartomány, amelyen belül a gyártó által megadott paraméterek garantáltak.

**Bemeneti munkaponti áram** (input bias current) -  $I_B$ , a bemeneti fokozat – differenciálerősítő – munkaponti bázisáramainak számtani közepe.

**Bemeneti közös módusú feszültségtartomány** -  $U_{Kmax}$ , a közös módusú feszültség legnagyobb pozitív és negatív értéke.

**Bemeneti differenciális feszültségtartomány** -  $U_{Dmax}$ , az a maximális bemeneti feszültségérték, amit az erősítő még tartós károsodás nélkül elvisel.

**Maximális kimeneti feszültség** -  $U_{Omax}$ , adott terhelés esetén a maximális kimeneti feszültség értéke.

**Maximális kimeneti áram** -  $I_{Omax}$ , az a maximális áramérték, amivel az erősítő áramkört terhelni szabad.

**Maximális jelváltozási sebesség (slewrate)** -  $S$ , a kimeneti feszültség maximális jelváltozási sebessége.

### 2.7.3. A visszacsatolás hatása a műveleti erősítőkre

A visszacsatolatlan nyílt hurokkal üzemelő műveleti erősítő nem alkalmas feszültségerősítésre. A nagy nyílthurkú erősítés miatt az erősítő túlvezérelt és az erősítő kimeneti feszültsége csak két értéket vehet fel. Ahhoz, hogy feszültségerősítésre tudjuk használni, visszacsatolást kell alkalmazni. A visszacsatolt erősítő erősítése:

$$A_{UV} = \frac{A_U}{1 - A_U \cdot \beta} \quad \text{Negatív visszacsatolás esetén } A_U \cdot \beta < 0, \text{ ezért } A_{UV} = \frac{A_U}{1 + A_U \cdot \beta}$$

Mivel  $A_U \cdot \beta \gg 1$ , ezért  $A_{UV} = \frac{1}{\beta}$

A fentiek alapján látható, hogy a kapcsolás erősítését csak a külső visszacsatoló hálózat határozza meg, és nagysága nem függ a műveleti erősítőtől.

Az alkalmazott negatív visszacsatolás hatása az erősítőjellemzőkre:

A visszacsatolás a bemeneti ellenállást

- a soros negatív visszacsatolás növeli
- a párhuzamos negatív visszacsatolás csökkenti

A visszacsatolás a kimeneti ellenállást

- A negatív feszültség visszacsatolás csökkenti
- A negatív áram visszacsatolás növeli

A legegyszerűbb visszacsatoló hálózat egy feszültségosztó lehet. Az osztó állhat frekvenciafüggő, illetve frekvencia-független elemekből is.

Ebben az esetben a kapcsolás lineáris erősítő kapcsolásként viselkedik, mert erősítését kizárólag a visszacsatoló hálózat, illetve annak elemei határozzák meg.

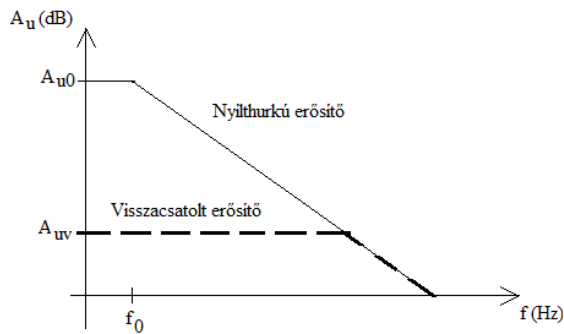
A feszültségerősítés a negatív visszacsatolás következményeként – mint az előzőekben is láthattuk – a nyílthurkú erősítéshez képest lecsökken. Nagysága csak a külső visszacsatoló elemektől függ, ezért nagyon jól „kézben tartható”.

A visszacsatoló elem meghatározza a kapcsolás jellemzőit. A műveleti erősítő nyílthurkú erősítése frekvenciafüggő, már egészen kis (néhány Hz) frekvencián bekövetkezik az erősítés csökkenése. Így a visszacsatolatlan műveleti erősítő működési frekvenciatartománya (sávszélessége) igen kicsi.

Ha negatív visszacsatolást alkalmazunk, a visszacsatolt erősítő sávszélessége megnövekszik. Ilyenkor az erősítő erősítése a nyílthurkú erősítéshez képest lecsökken.

A negatív visszacsatolás hatására az erősítő átviteli karakterisztikája a 2.22. ábrán látható módon alakul.





Bizonyos esetekben az adott kapcsolásokban és erősítő típusoknál alkalmazható (illetve alkalmazott) még a frekvencia-kompenzálás módszere is, amelynek megvalósítási lehetőségét a gyártók a katalógusokban ismertetik.

12

2.22. ábra Visszacsatolt erősítő frekvenciafüggése

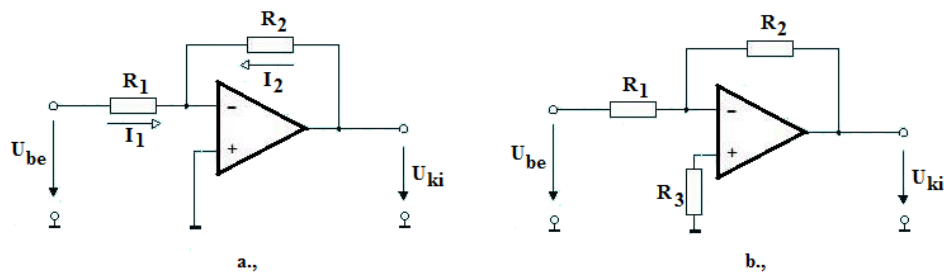
### 2.7.4. Műveleti erősítők alapkapsolások

A műveleti erősítővel felépített erősítő alapkapsolások kétféle visszacsatolási móddal valósíthatók meg alapvetően.

#### Invertáló (fázisfordító) erősítő

Az invertáló erősítő egy soros ellenállással kiegészített párhuzamos –feszültség-visszacsatolással kialakított hálózat. Az invertáló elnevezés arra utal, hogy a kimeneti és a bemeneti feszültség ellentétes fázisú ( $\rho = 180^\circ$ ). A visszacsatolás során a műveleti erősítő bemenetére párhuzamosan a kimeneti feszültséggel arányos áramot csatolunk vissza. Ez az áram összegződik az  $R_1$ -es ellenálláson folyó (bemeneti) árammal (2.23. a. ábra)

Az invertáló bemenet „virtuális földön” van, mivel műveleti erősítő arra törekszik, hogy a két bemenet között 0 legyen a feszültségkülönbség.



2.23. ábra Invertáló műveleti erősítő

#### Invertáló alapkapsolás jellemzőinek meghatározása:

$I_1 + I_2 = 0$  Mivel  $I_1 = \frac{U_{be}}{R_1}$  és  $I_2 = \frac{U_{ki}}{R_2}$ , akkor  $\frac{U_{be}}{R_1} + \frac{U_{ki}}{R_2} = 0$  az egyenlet rendezése után a

kapsolás feszültségerősítése:  $A_{UV} = \frac{U_{ki}}{U_{be}} = -\frac{R_2}{R_1}$

A kapcsolás bemeneti ellenállása:  $R_{bev} = R_1$  (az erősítő bemeneti ellenállása végtelen nagy, és a bemenetén nem folyik áram).

<sup>12</sup> Forrás: Hegyesi László: Műveleti erősítők

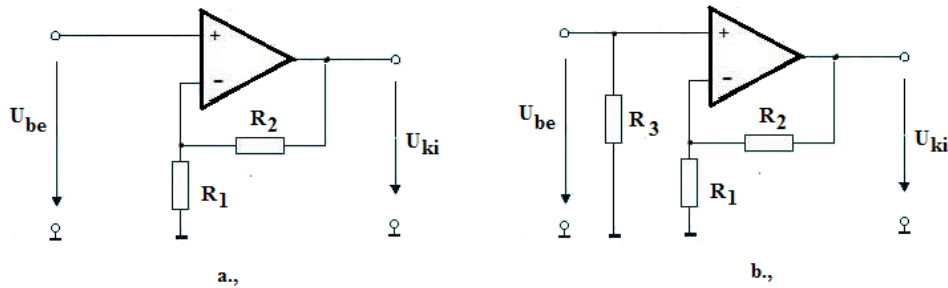
A kapcsolás kimeneti ellenállása: A negatív visszacsatolás hatására a kimeneti ellenállás lecsökken  $R_{ki} = R_{ki} \cdot \frac{A_{UV}}{A_{U0}}$  Ez nagyon kis érték, mivel  $R_{ki} < 10 \Omega$  és  $A_{U0} > 10^6$

A bemeneti nyugalmi áram biztosítása:

A bemeneti nyugalmi áram hatása megszüntethető, ha a műveleti erősítő mindkét bemenetére ugyanolyan értékű ellenállás csatlakozik (2.23.b. ábra). Ez akkor teljesül, ha  $R_3 = R_1 \times R_2$

### Nem invertáló (fázist nem fordító) erősítő

A nem invertáló erősítő kapcsolásnál a kimeneti feszültséggel arányos feszültséget csatolunk vissza sorosan a bemenetre. A visszacsatolt feszültség a bemeneti feszültséggel megegyező fázisú, ezért annak hatását csökkenti. A kimeneti és a bemeneti feszültség azonos fázisú ( $\rho = 0^\circ$ ). A nem invertáló erősítő egy soros feszültség-visszacsatolással kialakított hálózat. A visszacsatoló hálózat egy ellenállásokból ( $R_1$ ,  $R_2$ ) álló feszültségosztó (2.24.a. ábra).



2.24. ábra Nem invertáló műveleti erősítő

A visszacsatoló hálózat átviteli függvénye:

$$\beta = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

A visszacsatolt műveleti erősítő erősítése, ha az  $A_U \cdot \beta \gg 1$

$$A_{UV} = \frac{1}{\beta}$$

Ekkor a kapcsolás feszültségerősítése:

$$A_{UV} = \frac{R_1 + R_2}{R_1}$$

A kapcsolás bemeneti ellenállása:  $R_{bev} \approx \infty$

A bemenet közvetlenül a nem invertáló bemenetre csatlakozik. Ha feltételezzük, hogy az erősítő bemeneti ellenállása végtelen nagy, és a bemenetén nem folyik áram.

A kapcsolás kimeneti ellenállása:

A negatív visszacsatolás hatására a kimeneti ellenállás lecsökken

$R_{ki} = R_{ki} \cdot \frac{A_{UV}}{A_{U0}}$  Ez nagyon kis érték, mivel  $R_{ki} < 10 \Omega$  és  $A_{U0} > 10^6$

A bemeneti nyugalmi áram biztosítása:

A bemeneti nyugalmi áram hatása megszüntethető, ha a műveleti erősítő mindkét bemenetére ugyanolyan értékű ellenállás csatlakozik.

### Bemeneti áram kompenzálása

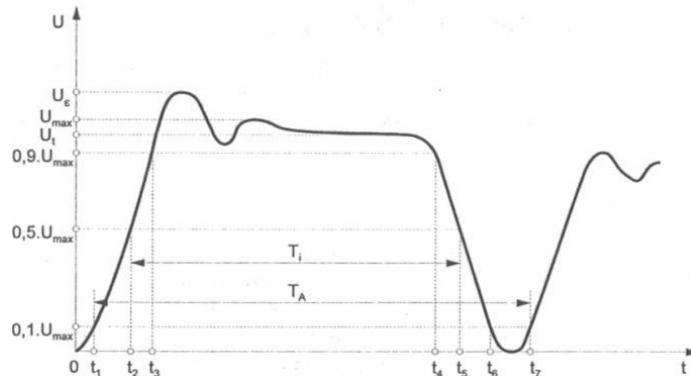
Az  $R_3$ -as ellenállás biztosítja azt, hogy a nyugalmi áram ugyanakkora feszültséget ejtessen mindkét bemeneten (2.24. b. ábra). Nagysága:  $R_3 = R_1 \times R_2$

Azzal azonban, hogy ezt az ellenállást a munkapont-beállítás miatt a kapcsolásban elhelyeztük, a fokozat bemeneti ellenállása megváltozott, hiszen a bemeneti feszültség most ezen az ellenálláson fog esni. Ezért:  $R_{bev} = R_3$

## 2.8. Impulzustechnika

A szinuszos jelek áramköri technikája mellett nagy jelentősége van a nem szinuszos jeleket előállító és feldolgozó ún. impulzustechnikai áramköröknek. Impulzustechnika az elektronika olyan részterülete, amely két nyugalmi állapot között ugrásszerűen változó mennyiségeket előállító, átalakító, valamint e mennyiségek mérésére alkalmas áramkörökkel foglalkozik.

**Impulzus:** Olyan feszültség- vagy áramlökés, amely két nyugalmi állapot között ugrásszerűen változik, és ami csak egy meghatározott ideig áll fenn. A gyakorlatban általában nem egyedi impulzusokkal, hanem impulzus sorozatokkal találkozunk. Az impulzusok alakja sokféle lehet (fűrész, négyzet, háromszög, trapéz stb) A leggyakrabban négyzetimpulzusokkal foglalkozunk. A valóságban az ideális négyzetimpulzus sorozatot csak megközelíteni tudjuk mivel az elektronikus áramkörök állapotának bármilyen megváltozása rezgési, lecsengési folyamatokkal jár együtt. Egy valóságos négyzetimpulzus ábrázolására alkalmas jelalakot mutat a 2.25. ábra



2.25. ábra Valóságos impulzussorozat<sup>13</sup>

### Jellemzők

- **Impulzus amplitúdó** (jelölése  $U_{max}$ ) Az impulzus maximális értéke
- **Impulzus periódusidő** (jelölése  $(T_A)$  - a  $0,1 \cdot U_{max}$  amplitúdó értékhez tartozó időtartam ( $T_A = t_7 - t_1$ )

<sup>13</sup> Forrás: Sovány István: Impulzustechnikai és logikai áramkörök mérése

- **Impulzus idő** (jelölése  $(T_i)$ ) - a  $0,5 \cdot U_{\max}$  amplitúdó értékhez tartozó időtartam ( $T_i = t_5 - t_2$ )
- **Felfutási idő** (jelölése  $(T_f)$ ) - Azon időtartam, ami alatt az impulzus amplitúdója 10%-os értékéről 90 %-os értékre változik. ( $T_f = t_3 - t_1$ )
- **Lefutási idő** (jelölése  $(T_l)$ ) - Azon időtartam ami alatt az impulzus amplitúdója 90%-os értékéről 10 %-os értékre változik. ( $T_l = t_6 - t_4$ )
- **Felfutási meredekség** (jelölése  $v_f$ ) A felfutási idő alatt bekövetkezett amplitúdó változás. Az impulzus felfutó élén az amplitúdó 10 és 90% közötti feszültségnövekedés és a közben eltelt idő hányadosa.  

$$V_f = (0,9 \cdot U_{\max} - 0,1 \cdot U_{\max}) / T_f$$
- **Tetőés:** (jelölése  $\epsilon_2$ )  $U_t$  és  $U_{\max}$  viszonya %-ban kifejezve  

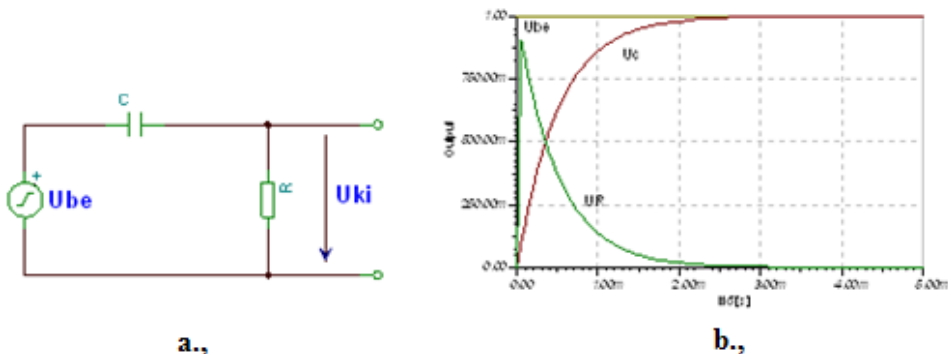
$$\epsilon_2 = (U_{\max} - U_t) / U_{\max} \cdot 100$$
- **Túllövés:** (jelölése  $\epsilon_1$ )  $U_\epsilon$  és  $U_{\max}$  viszonya %-ban kifejezve  

$$\epsilon_1 = (U_\epsilon - U_{\max}) / U_{\max} \cdot 100$$
- **Kitöltési tényező** (jelölése  $k$ )- Azt mutatja , hogy az impulzus hány százalékban tölti ki az impulzust . Az impulzus és a periódusidő viszonya  $k = T_i / T_A$

Az impulzussorozatok jellemzőit (pl. amplitúdóját, jelalakját) jelformáló áramkörök segítségével lehet módosítani. A jelformálás aktív és passzív áramkörök segítségével oldható meg.

### 2.8.1. Differenciáló áramkör

Ha a differenciáló áramkörre tetszőleges alakú impulzus sorozatot kapcsolunk a kimenő jel a bemenő jel differenciál hányadosával lesz arányos. A kapcsolás működésének megértéséhez a 2.26. a. ábrán látható RC kör működését kell elemeznünk.

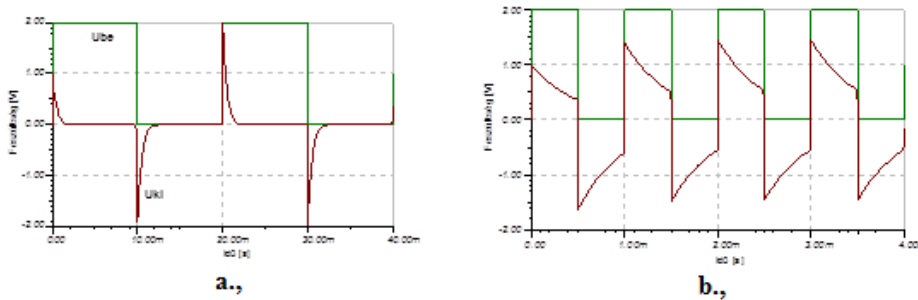


2.26. ábra Differenciáló áramkör

Ezzel tudjuk modellezni azt, hogy az áramkörre egy adott pillanatban feszültséget kapcsolunk. A bekapcsolás pillanatában a kondenzátor rövidzárként viselkedik. A feszültség akadálytalanul a kimenetre jut. Ezután a kondenzátor elkezd töltődni egy állandó értékű  $U$  feszültséggel. A töltődés exponenciális jellegű. Töltődés közben a kimeneten a kondenzátor pillanatnyi feszültsége levonódik az állandó  $U$  bemenő feszültségből, ezért a kimenetre exponenciális jelleggel csökkenő feszültség jut ( $U_R$ ). A kondenzátor  $\tau = RC$  alatt töltődik fel a rákapcsolt feszültség 63%-ra. Ezt az áramkör időállandójának nevezzük.  $5\tau$  idő alatt a kondenzátor feszültsége eléri a rákapcsolt feszültség 95%-t. Ekkor a kondenzátort teljesen feltöltöttnek tekintjük.

Differenciáló négypólus jelei egységugrás bemenő jel esetén a 2.26. b ábrán láthatók. Ha az áramkörre négyszögjelet kacsolunk a kimenő jel alakja a négyszögjel impulzusideje  $T_i$  és az időállandó viszonyától függ. Csak akkor kapunk jól differenciált jelformát, ha az áramkör időállandója sokkal kisebb, mint az impulzus  $T_i$  időtartalma.

A gyakorlatban  $T_i \geq 20 \tau$  szükséges. Ebben az esetben a 2.27.a. ábrának megfelelő jelalakot kapjuk. Helytelen időállandó esetében a 2.27.b. ábrának megfelelő jelalakot kapjuk. Jól látható, hogy a kondenzátornak nincs ideje feltöltődni illetve kisülni.



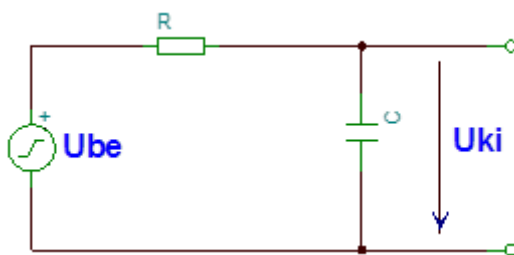
2.27. ábra Differenciáló áramkör jelalakjai

Az áramkör időállandója nem lehet tetszőlegesen kicsi a következők miatt:

- Az áramkör kimenetén megjelenő szórt kapacitások a meghajtó generátoron keresztül C-vel párhuzamosan kapcsolódva az időállandót növelik. Ez a differenciálás pontosságát rontja. A gyakorlatban C értékét úgy kell megválasztani, hogy értéke a szórt kapacitások értéke felett legyen. Így annak hatása elhanyagolható.
- A generátor  $R_b$  belső ellenállása az R ellenállással sorba kapcsolódva az időállandót növeli. R értékét úgy kell megválasztani, hogy  $R_b$  nagyságrendje felett legyen.

### 2.8.2. Integráló áramkör

Ha az R és C elemek helyét felcseréljük a 3.28. ábrán látható integráló kapcsolást kapunk. Ez a négypólus onnan kapta a nevét, hogy a kimeneti jele a bemenő jel integráltjával arányos.

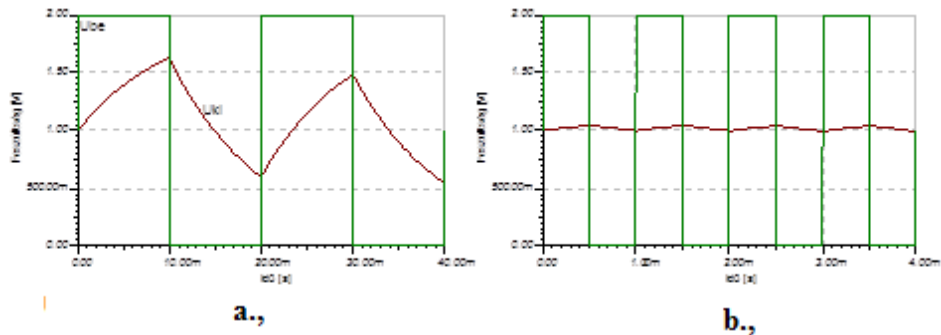


2.28. ábra Integráló áramkör

A négyszögjel felfutásának időpontjától kezdve a kondenzátor az RC időállandónak megfelelő sebességgel, exponenciális jelleggel töltődik.

Az áramkör akkor működik helyesen, ha az áramkör időállandója  $\tau$  a bemenő jel impulzusszélességéhez  $T_i$  képest nagy (2.29.a. ábra.) A gyakorlatban  $\tau \geq 20T_i$  választás a megfelelő arány. HA  $T_i$ -t csökkentjük a kondenzátornak kevesebb ideje lesz

feltöltődni és kisülni. A kimenő jel amplitúdója csökken (2.29.b. ábra.)



2.29. ábra Integráló áramkör jelalak

### 2.8.3. Diódás vágóáramkörök

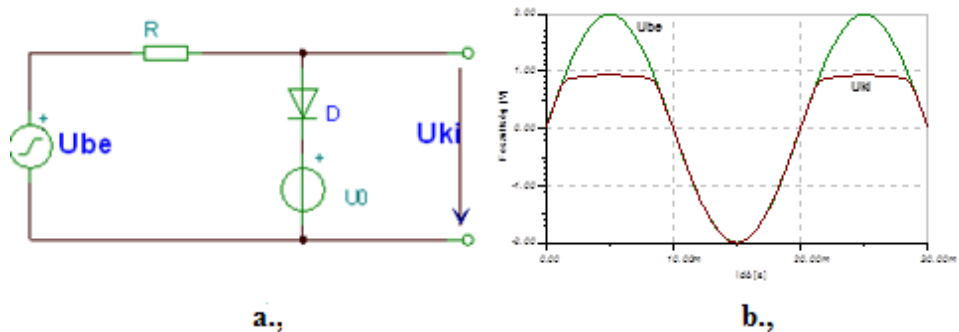
A diódás vágóáramköröket az elektronika számos területén használják jelformálásra, vágásra, jelszint beállítására illetve korlátozására. Olyan impulzusformáló négypólusok amelyek az impulzusok amplitúdó-határolását valósítják meg.

A vágóáramkörök működését az egyszerűség kedvéért szinuszos bemenő jelek esetén vizsgáljuk, de tetszőleges bemenő jelek formálására is alkalmasak.

#### Diódás vágókapcsolás

Ebben a kapcsolásban (2.30.a. ábra) a dióda kapcsolóelemként viselkedik. A nyitóirányban előfeszített dióda úgy viselkedik, mint egy kis értékű ellenállás (rövidzárral helyettesíthető). A záró irányban előfeszített dióda pedig úgy viselkedik, mint egy nagy értékű ellenállás (szakadással helyettesíthető).

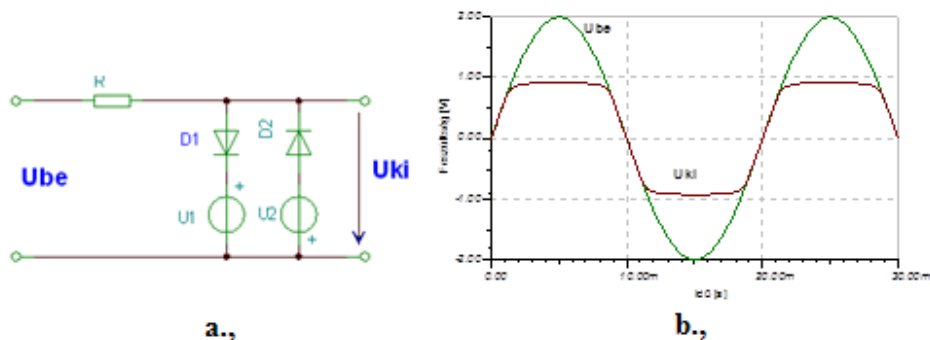
A kapcsolásban az  $U_0$  feszültséggel állítjuk be a vágási szintet. A dióda átengedi a bemenő jelet, ha az anódján a katódhoz képest  $U_D$  nyitó feszültség van.  $U_0$  értéke a vágási szintet határozza meg.



2.30. ábra Diódás vágóáramkör

A 2.30.a. ábra kapcsolásában az  $U_0$  feszültség a diódát záró irányban feszíti elő. A dióda kinyit, ha a bemenetén megjelenő feszültség  $U > U_0 + U_D$ . Ilyenkor a dióda elkezd vezetni és a bemenő jel többi részét levágja. 2.30.b. ábra.

A **kettős diódás vágóáramkör** a bemenő jel mindkét félperiódusát képes vágni. 2.31.a. ábra.



2.31. ábra Kettős diódás vágóáramkör

A kapcsolás egy felülvágó és egy alülvágó párhuzamos diódás vágókapcsolás egyesítésével valósítható meg. A kimeneti jel csak az  $U_1$  és  $U_2$  segédfeszültségek által meghatározott vágási szintek között lesz arányos a bemeneti jellel. 2.31.b. ábra.

Az  $U_1$  és  $U_2$  segédfeszültségek beállításával a vágási szintek külön-külön beállíthatók mindkét fél periódusban.

**Astabil billenőkapcsolás:** Egyetlen stabil állapottal sem rendelkezik, négyszögfeszültséget állít elő. A kapcsolás folyamatosan a két állapot között billeg. Az időtartamok az időzítő elemek értékétől függenek.

**Bistabil billenőkapcsolás:** Két stabil állapota van. A kimenet állapota csak akkor változik, ha az átbillenési folyamatot egy bemeneti jel kiváltja.

**Monostabil billenőkapcsolás:** Egyetlen stabil állapota van, azaz bemeneti vezérlőimpulzus nélkül a kimeneti feszültség egy rögzített értéken marad. Ha egy külső vezérlőjellel a másik állapotába billentjük, ezt az állapotát csak meghatározott ideig tartja meg, majd visszabilen stabil állapotába.

**Schmitt-trigger:** Olyan bistabil billenőkör, melynek kimeneti jele a bemeneti jel amplitúdójának nagyságától függ. Ez az áramkör egy küszöbérték kapcsoló. A billenések nem ugyanazon a feszültség szinten következnek be. Ezt a jelenséget az áramkör **hiszterézisének** nevezzük.

## 2.9. Digitális technika

### Az információ kódolása

A **kód** általános értelmezésben valamely információ halmazhoz egyértelműen szimbólumok halmazát rendeli, vagyis a kód valamely információ kifejezésére, hordozására szolgáló rendszer, amely az információ elemeihez egyértelműen kód-jeleket rendel.

A **kódolás** maga az a művelet, mellyel az adott információ elemeihez kód jeleket, szimbólumokat egyértelműen hozzárendeljük.

A **jelkészlet, szimbólum-készlet** azoknak az elemi jeleknek az összessége, amelyeket kódolásra felhasználhatunk.

**Kódszó részletnek** nevezzük azoknak a kódszónak az összességét, amelyek az adott rendszerben kódolásra felhasználhatók.

A kódolt információ jellege szerint a kódok lehetnek:

- **Numerikus kódok**, amelyek számok kifejezésére alkalmasak. (Legfontosabb a bináris-szám kód, de fontos a BCD, egylépéses kódok stb.)
- **Alfanumerikus kódok**, amelyek a számokon kívül betűk, írásjelek kódolására is alkalmasak. (TELEX, ASCII, EBCDIC...)

### 2.9.1. Numerikus kódok (szám kódok)

- **Bináris szám kód:** A kétállapotú elemeket felhasználó berendezéseket olyan digitális jellel kell működtetnünk, amely szintén kétféle értékű lehet, vagyis szokásos szóhasználattal **bináris**. Egy-egy kétállapotú elem egy adott időpillanatban egy elemi bináris egység, 1 bit feldolgozására, tárolására alkalmas, amely tehát 0 vagy 1 értékű lehet.
- **BCD (Binary Coded Decimal: binárisan kódolt decimális)** számkódok használatakor a decimális számok jegyeit adjuk meg 4-4 bittel. Négy bittel 16 különböző kódszót lehet előállítani, ebből 10-et tekintünk megengedettnek (vagyis a BCD-ben működő áramkörök nincsenek teljesen kihasználva, ez az ára a könnyebb kijelezhetőségnek). A legerjedtebb a természetes BCD kódnak nevezett 8-4-2-1 súlyozású kód. Készletét a 0000-tól 1001-ig terjedő bináris számok alkotják (a 1010 és ennél nagyobb számok tiltottak, megjelenésük a rendszerben hibát jelezhet).

Léteznek egyéb BCD kód-változatok is, amelyekkel esetenként mérés technikában automatizálásban találkozhatunk. Ezekre mutat be néhány példát a táblázat:

Az **Excess-3** (három többletes) kódnál a bináris érték mindig 3-mal több, mint a decimális. Jellemzője ezen kívül, hogy minden kódszó tartalmaz 1-est, valamint "önkomplementáló": a kódtáblázatban a 4-5 közötti tengelytől egyenlő távolságra lévő számok egymásnak komplementumai (a bitek egymásnak negáltjai). Az **Aiken kód** szintén "önkomplementáló" és az első bit akkor 1-es, ha a számérték 5 vagy annál nagyobb. Az utóbbi tulajdonság jellemző a háromtöbbletes kódra is. A **Hamming kód** egy különleges bináris kód, amelynek jellemzője, hogy bináris adatátvitel során hibajavításra alkalmas

Dec.	BCD kódok				
	Excess-3 súlyozás: 8 4 2 1	Aiken-kód súlyozás: 2 4 2 1	Gray-kód súlyozás: 15 7 3 1	Johnson-kód	Hamming-kód
0	0 0 1 1	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0
1	0 1 0 0	0 0 0 1	0 0 0 1	0 0 0 0 1	1 1 0 1 0 0 1
2	0 1 0 1	0 0 1 0	0 0 1 1	0 0 0 1 1	0 1 0 1 0 1 0
3	0 1 1 0	0 0 1 1	0 0 1 0	0 0 1 1 1	1 0 0 0 0 1 1
4	0 1 1 1	0 1 0 0	0 1 1 0	0 1 1 1 1	1 0 0 1 1 0 0
5	1 0 0 0	1 0 1 1	0 1 1 1	1 1 1 1 1	0 1 0 0 1 0 1
6	1 0 0 1	1 1 0 0	0 1 0 1	1 1 1 1 0	1 1 0 0 1 1 0
7	1 0 1 0	1 1 0 1	0 1 0 0	1 1 1 0 0	0 0 0 1 1 1 1
8	1 0 1 1	1 1 1 0	1 1 0 0	1 1 0 0 0	1 1 1 0 0 0 0
9	1 0 1 1	1 1 1 1	1 1 0 1	1 0 0 0 0	0 0 1 1 0 0 1



**Az egylépéses kódok:** Ha a szomszédos kódszavak csak egy helyértéken térnek csak el egymástól, akkor a hiba sem lehet ennél nagyobb. A műszeriparban és az automatizálásban a legelterjedtebb egylépéses kód a **GRAY kód** ("reflected binary": tükrözött bináris) kód. Táblázatunk első néhány sorát megnézve megállapíthatjuk a felírás szabályát. A helyértékek súlyozása  $2^n$ -és a helyértékeket váltakozó előjellel vesszük. Balról jobbra az első egyes pozitív. Pl.  $5 = 7 - 3 + 1$   
A másik leggyakoribb egylépéses kód a **JOHNSON kód**, amely pazarló (több bitet igényel, n bit esetén a felírható Johnson kombinációk száma:  $2 \cdot n$ ). Jellegzetességét az 5 bitre felírt táblázat alapján könnyű felismerni: 00000-tól haladva először mindig eggyel több 1-es lép be, majd amikor elértük a csupa 1-esből álló kombinációt, a 0-ák belépése következik.

#### **Alfanumerikus kódok (betű-szám-kódok)**

A számítógépek, digitális berendezések nemcsak számok tárolását és feldolgozását végzik. Gyakran szükséges kezelői utasítások gépi értelmezése, különféle üzenetek kiadása, ill. emberi nyelven írt szövegek, rövidítések feldolgozása. Ilyen esetekben betűk, írásjelek és számok, összefoglaló néven: karakterek bináris kódolását kell megvalósítani. Az **ASCII kód** (American Standard Code for Information Interchange = amerikai szabvány kód információcseréhez) a legelterjedtebb alfanumerikus kód. A kódszavak 8 bitesek, ebből 7 bitet használnak a következő karakter-fajták kódolására: 26 db latin nagybetű, 26 db latin kisbetű 33 db írásjel, matematikai jel, speciális karakter 33db vezérlő karakter. A nyolcadik (MSB) bit a paritásjelzés számára fenntartott hely. A **hibajelzés** legelterjedtebb módszere a **paritás bittel** történő bővítés, amely a kódszóban lévő 1-esek számát párosra (páros paritású rendszerben) vagy páratlanra (páratlan paritású rendszerben) egészíti ki.

#### **2.9.2. A Boole-algebra alaptételei, szabályai**

A logikai feladatok megoldásához a Boole-algebrát használjuk, amely lehetőséget ad arra, hogy a logikai kapcsolatokat matematikai úton kezeljük. A Boole-algebra alaptétele szerint ugyanis bármely bonyolult logikai kapcsolat kifejezhető megfelelően megválasztott alpműveletek segítségével.

#### **2.9.3. Kombinációs logikai hálózatokat felépítő logikai alapáramkörök**

Kombinációs hálózatok olyan időfüggetlen logikai hálózatok, ahol a kimenő jel létrehozása csak a bemeneti értékektől függ és független a kimenet előző állapotától. A kombinációs hálózatok ki- és bemenetei közötti összefüggések logikai függvényekkel írhatók fel. Ehhez a matematikai alapot a Boole-algebra adja. A logikai tervezés során megoldandó feladatokat logikai függvényre alakítjuk át. A logikai függvényeket megvalósító áramköröket logikai kapuknak nevezzük. A leggyakrabban használt logikai kapuk az inverter, ÉS kapu, VAGY kapu, NAND kapu, NOR kapu, XOR (kizáró-VAGY) és az XNOR (kizáró NEMVAGY) kapu.

#### **2.9.4. Logikai függvények megadása**

A megvalósítandó logikai függvény többféle alakban állhat rendelkezésre:

Az **igazságtáblázat** („műveleti táblázat”) mint egy függvény értéktáblázat, a bemeneti változók (bináris sorrendben rendezett) érték kombinációihoz rendelt kimeneti, Y jelértékeket tartalmazza.

Az **algebrai kifejezés** a függvényt logikai egyenlettel adja meg: a változókkal és a közöttük lévő műveletekkel. Egy függvényt többféle kifejezéssel lehet megadni – a cél éppen a hosszabb kifejezések „rövidítése”, egyszerűsítése azonos átalakítással. Általában

eredményként legegyszerűbb az „összegek szorzata” vagy a „szorzatok összege” formában megadott kifejezés.

A **logikai kapcsolási rajz** áramköri megvalósítással, kapu hálózattal adja meg a függvényt. Ebben az esetben is sokféle megvalósítása lehetséges ugyanannak a függvénynek. Az algebrai alakhoz úgy juthatunk, hogy a bemenettől a kimenet felé haladva fokozatosan felírjuk „megfejtjük” a logikai függvényt, erről már eldönthetjük, hogy egyszerűsíthető-e vagy sem.

Az **idődiagram** leginkább a gyakorlatban megjelenő forma. Főleg sorrendi hálózatok vizsgálatakor nélkülözhetetlen a felvétele, ábrázolása.

A **grafikus megadás** legcélszerűbb eszköze a KARNAUGH tábla, amely ugyanazt mondja el a függvényről, mint az igazságtábla, csak éppen koordináta rendszerszerű elrendezésben. A Karnaugh tábla célszerű elrendezésének köszönhetően grafikus függvény-egyszerűsítésre alkalmazható.

### 2.9.5. Logikai függvények algebrai egyszerűsítése

Minél egyszerűbb egy kombinációs hálózat logikai függvénye, annál kevesebb áramköri elemmel tudjuk megvalósítani. A függvények egyszerűsítésének legkézenfekvőbb módja a Boole-algebra összefüggéseit intuitív módon felhasználó algebrai egyszerűsítés. Egy függvény annál egyszerűbb, minél kevesebb a benne szereplő műveletek és változók száma. Példa algebrai egyszerűsítésre:

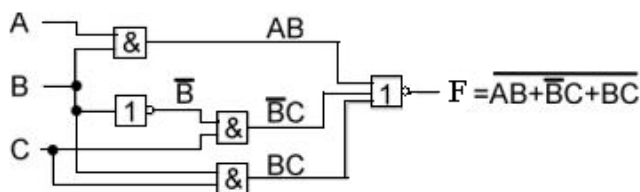
$$F = \overline{AB + \overline{BC} + BC}$$

A Boole algebra tételeinek felhasználásával:

$$F = \overline{AB + \overline{BC} + BC} = \overline{AB + C(\overline{B} + B)} = \overline{AB + C}$$

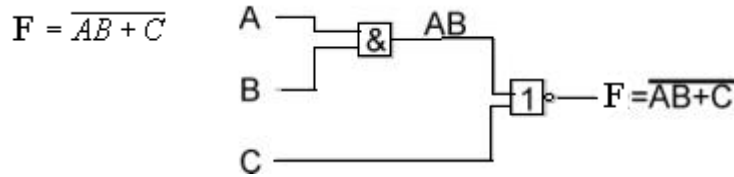
### 2.9.6. Logikai kapcsolási vázlat

A logikai függvény felírása után a **logikai kapcsolási vázlat** megszerkesztése a fizikai megvalósítás felé vezető út következő állomása. A logikai kapcsolási vázlat tulajdonképpen egy olyan, logikai kapukból összeállított „áramkör”, amelynek kimenetein a kívánt függvénynek megfelelő értékek jelennek meg. Rajzoljuk fel az algebrai egyszerűsítés példájában szereplő hálózat egyszerűsítés előtti és utáni függvényét! Az egyszerűsítendő függvény kapcsolási rajza (2.32. ábra):



2.32. ábra Logikai kapcsolási vázlat

Az egyszerűsített függvény logikai kapcsolási vázlata pedig a 2.33. ábrán látható:



2.33. ábra Egyszerűsített függvény logikai kapcsolási vázlata

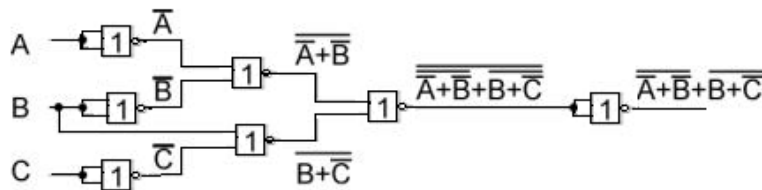
**2.9.7. Kombinációs hálózat megvalósítása NOR illetve NAND kapukkal**

Bármely kombinációs hálózat megvalósítható csak NOR vagy csak NAND kapukkal is. Ennek az az előnye, hogy az integrált áramkörök gyártóinak nem kell többféle kapu gyártástechnológiáját egyetlen chipen belül kombinálni. Az átalakítás a De-Morgan azonosságok alkalmazásával oldható meg. Felhasználjuk azt a tényt is, hogy egy invertert egy NOR vagy egy NAND kapu bemeneteinek összekötésével is meg lehet valósítani. A megvalósítandó függvény:

$$F = AB + \overline{BC}$$

A NOR kapus megvalósítás (2.34. ábra):

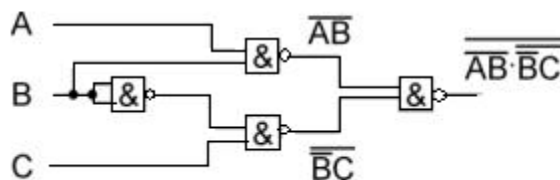
$$F = AB + \overline{BC} = \overline{\overline{AB} + \overline{\overline{BC}}} = \overline{\overline{A+B} + \overline{B+C}}$$



2.34. ábra NOR kapus megvalósítás

A NAND kapus megvalósítás (2.35. ábra):

$$F = \overline{\overline{F}} = \overline{\overline{AB + \overline{BC}}} = \overline{\overline{AB} \cdot \overline{\overline{BC}}}$$



2.35. ábra NAND kapus megvalósítás

### 2.9.8. Logikai függvények kanonikus (normál) alakjai

Ugyanaz a logikai függvény több formában is megadható. Az egyértelműség kedvéért célszerű olyan felírási módot követni, amely esetén egy bizonyos függvény csak egyféleképpen írható le, és ha két függvény különböző, az alakjuk is biztosan különbözik. Ha mindez teljesül, a függvény kanonikus alakjáról beszélünk.

#### Diszjunktív kanonikus (normál) alak

Egy logikai függvény diszjunktív kanonikus alakban történő felírásakor az alábbi formai szabályok érvényesek:

- a függvény szorzatok összege,
- a szorzatokban valamennyi bemeneti változó negált vagy ponált alakja szerepel,
- a kimenet értéke 1, ha bármely szorzat eredménye 1.

Például egy 3 változós függvény diszjunktív kanonikus alakja a következő:

$$F = \bar{A} \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot \bar{B} \cdot C + A \cdot B \cdot \bar{C} + A \cdot B \cdot C$$

A fenti szorzatokat mintermeknek nevezzük. Létezik egy speciális jelölésük:  $m_i^n$ , ahol  $n$  a független változók száma,  $i$  a változókombinációt jelölő bináris szám decimális értéke.

A fenti függvény felírása mintermekkel:

$$F = m_1^3 + m_2^3 + m_6^3 + m_7^3 \quad \text{rövidített felírással } F = \sum (1,5,6,7)$$

#### Konjunktív kanonikus (normál) alak

Egy logikai függvény konjunktív kanonikus alakjának felírási szabályai a következők:

- a függvény összegek szorzata,
- az összegekben valamennyi bemeneti változó negált vagy ponált alakja szerepel,
- a kimenet értéke 1, ha minden összeg eredménye 1.

$$\text{Például: } F = (\bar{A} + \bar{B} + C) \cdot (\bar{A} + B + \bar{C}) \cdot (\bar{A} + B + C) \cdot (A + \bar{B} + \bar{C})$$

A fenti összegeket maxtermeknek nevezzük. Jelölésük:  $M_i^n$  ahol  $n$  a független változók száma,  $i$  a változókombinációt jelölő bináris szám decimális értéke.

A fenti függvény felírása maxtermekkel: A fenti függvény felírása maxtermekkel:

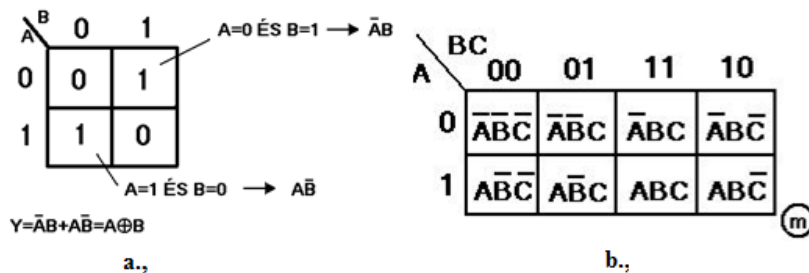
$$F = M_1^3 \cdot M_2^3 \cdot M_3^3 \cdot M_4^3 \quad \text{rövidített felírással } F = \pi (1,2,3,4)$$

### 2.9.9. Logikai függvények grafikus minimalizálása

Mint az korábban kiderült, az algebrai egyszerűsítés sikere nagyban függ a számítást végző gyakorlatától, vagy attól, hogy éppen mennyire tud az adott feladatra koncentrálni. A következőkben ismertetett módszer ezeket az emberi tényezőket küszöböli ki.

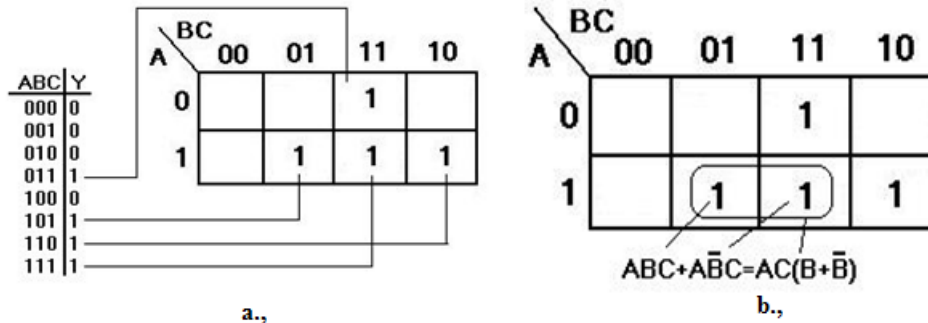
#### Grafikus egyszerűsítés

Grafikus egyszerűsítésre a Veitch-Karnaugh (V-K) táblás egyszerűsítést használják. Előnye, hogy gyorsabb, biztosabban jó eredményt adó, kevesebb munkát igénylő módszer. Hátránya, hogy legfeljebb 4 (esetleg 5) változóig használható addig áttekinthető, könnyen kezelhető. A V-K tábla az igazságtáblázat "célszerűen átalakított" változata. Ez a célszerűség abban van, hogy az egyszerűsítési lehetőségek szinte ránézésre nyilvánvalóvá válnak. A változókat a tábla szélein tüntetjük fel, és a hozzájuk tartozó 0 illetve 1 értékek a mellettük lévő sorokra, ill. oszlopokra vonatkoznak. Így minden változó kombinációnak koordináta rendszer-szerűen egy-egy elemi négyzetet feleltetünk meg. A kétváltozós Karnaugh-tábla az ún. minterm tábla, kombinációs szorzatait idézzük fel a 2.36. a. ábrán:



2.36. ábra Karnaugh-tábla<sup>14</sup>

Azért, hogy a táblát egyszerűsítésre lehessen használni, a változók területeit úgy kell kijelölni, hogy a mintermek szomszédosak legyenek: az egymás melletti sorok vagy oszlopok csak egyetlen változóban térjenek el egymástól (nem lehet például az egyik oszlopban két változó valódi értékű, a mellette lévőben pedig mindkettő negált értékű). Ezen elvek alapján a háromváltozós Karnaugh-tábla 8 rekeszű (2.36.b. ábra), a négyváltozós pedig 16 rekeszű. Mivel a szomszédos oszlopok és sorok csak egy változóban térhetnek el egymástól a számozás nem bináris sorrendű, hanem egylépéses (GRAY) kód szerinti (mivel ilyen kód esetén a szomszédos számok csak egyetlen helyértéken különböznek egymástól). A logikai függvényeket minterm-táblán úgy ábrázoljuk, hogy a függvény előállításában résztvevő mintermek rekeszébe 1-est (ez jelenti az igazságtáblázat azon sorait, amelyhez  $Y=1$  tartozik), a többi rekeszbe pedig 0-t (vagy üresen hagyjuk, itt  $Y=0$ ). A 2.37.a. ábrán egy 3 változós függvény igazságtáblázatának megfelelő Karnaugh-tábla látható:



2.37. ábra Logikai függvény felírás és egyszerűsítés V-K tábla segítségével<sup>15</sup>

A **Karnaugh-táblás** egyszerűsítés elve a közös tényező kiemelése. Mivel a széleken a változók koordinátáit egylépéses kódban jelöltük ki, a táblában bárhol két egymás melletti (alatti) cellában olyan mintermek vannak, amelyek “szomszédosak” azaz 1 változó kivételével azonosak. Ezt az azonos részt kiemelhetjük, a megmaradó változó és negáltja pedig “kiesik”, ahogyan ez a 2.37.b ábrából pontosan leolvasható:

<sup>14</sup> Forrás: Zsom Gyula: Digitális technika

<sup>15</sup> Forrás: Zsom Gyula: Digitális technika

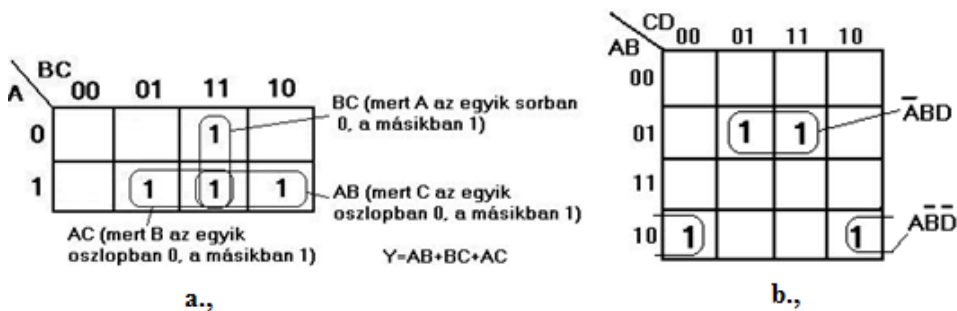
A szomszédos mintermek összevonásakor természetesen nem írjuk le a teljes azonos átalakítást, hanem az összevonandó 1-eseket egy hurokkal vesszük körül és ezután már csak ennek a huroknak az eredményt tüntetjük fel. A hurok közös jellemzőit leírjuk, ami változik, azt elhagyjuk. A grafikus egyszerűsítésnek ez a nagy előnye. A szomszédos mintermek, vagyis az összevonási lehetőségek azonnal észrevehetők és a (rész) összevonások eredménye azonnal odaírható. Ábránkon látszik, hogy még egyéb egyszerűsítési lehetőségek is vannak – feltéve, hogy a már egyszer felhasznált ABC minterm 1-esét ismétlenül bevonhatjuk egy másik hurokba is. Egy logikai függvényben egy tagot tetszés szerint ismételhetünk az egyszerűsítés érdekében, így a Karnaugh-tábla bármely 1-esét is akárhány hurokba bevonhatjuk.

A 2.38. a. ábrán bejelöltük az összes egyszerűsítési lehetőséget (hurkot) és odaírtuk az eredményét is. Az egyszerűsített függvényt a grafikus összevonások eredményeképpen kapott logikai szorzatok összege adja:  $Y=AC+AB+BC$

Tekintve, hogy a Karnaugh-táblában az egymás melletti rekeszek sor-ill. oszlop irányban szomszédosak, nemcsak 2, hanem – megfelelő egymás melletti alakzatban – 4, 8... stb. szomszédos term is összevonható, de minden esetben 2 egész számú hatványával egyező darabszámú:  $2^n$   $n=1,2,\dots$

Lehetséges összevonások a Karnaugh-táblában a következők:

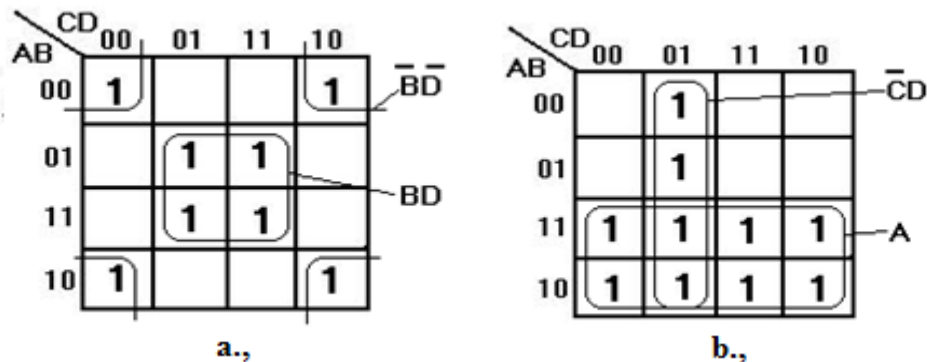
- 2 db egymás melletti (egymás alatti) 1-es összevonható. A tábla a széleken összefügg. Egymás mellettinek ill. alattinak számítanak a sorok, ill. oszlopok két végén levő 1-esek is. Ilyenkor 1 változó kiesik (2.38.b. ábra).



2.38. ábra V-K tábla összevonási lehetőségei<sup>16</sup>

- 4db négyzet alakban elhelyezkedő 1-es összevonható (mivel az egymás melletti és alatti 1-esek szomszédosak). A négy sarokban lévő 1-es is négyzet alaknak számít. Ilyenkor két változó esik ki (2.39. ábra).
- Teljes sorok valamint teljes oszlopok összevonhatók (2 változó esik ki) 2.39. ábra

<sup>16</sup> Forrás: Zsom Gyula: Digitális technika



2.39. ábra 4 és 8 minterm összevonása V-K táblában<sup>17</sup>

- Két szomszédos teljes sor vagy oszlop összevonható (8 elem összevonásakor 3 változó esik ki).
- Az egész tábla összevonható, ha egy feladat kapcsán kiderül, hogy valamennyi rekeszben 1-es van, ekkor  $Y=1$

#### Hazárdjelenségek kombinációs hálózatokban

A kombinációs hálózatokat alkotó kapuk, INVERTEREK jelkésleltetése egy különleges jelenséget okoz: a hazárdot. 3 fajtája van: statikus, dinamikus és funkcionális hazárd.

**Statikus hazárdnak nevezzük** azt a jelenséget, ha egy kétszintes logikai hálózat bemenetén egy változó jelet vált, s annak ellenére, hogy mindkét értékhez azonos kimeneti érték tartozik, a jelváltás hatására mégis fellép egy rövid idejű hamis kimeneti érték. A **dinamikus hazárd**, csak három vagy többszintű kapuhálózatokban alakulhat ki, és azokban is csak akkor, ha a hálózatnak van kétszintes, hazárdos részlete. A dinamikus hazárd úgy jelentkezik, hogy amikor a hálózat egy bemenő jelének szintváltása a kimeneten szintváltást idéz elő, a kimeneten a szintváltás többszörös átmenet után jön csak létre. A dinamikus hazárd elleni védekezés egyszerű – meg kell szüntetni a hazárdot a belső, kétszintes részletben.

#### 2.9.10. Sorrendi (szekvenciális) hálózatok

A szekvenciális (sorrendi) hálózatok időfüggő logikai függvényeket valósítanak meg. Jellegzetességük, hogy az áramkör kimenete nem csak a bemeneti jelek állapotától, hanem a bemenőjelek korábbi állapotától is függ. Az áramkör kimenetén megjelenő a kimeneti kombinációt a bemenetek aktuális értékei, valamint a korábban fennállt értékei is befolyásolják.

Attól függően, hogy az állapotváltozás hogyan következik be megkülönböztetünk:

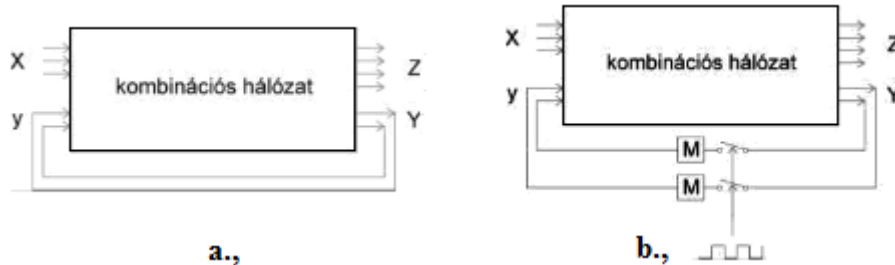
- Aszinkron sorrendi hálózatokat és
- Szinkron sorrendi hálózatokat

#### Aszinkron szekvenciális (sorrendi) hálózatok

Ha egy kombinációs hálózatot a fentiek (2.40.a ábra) szerint egyszerűen visszacsatolunk, aszinkron sorrendi hálózathoz jutunk, mert az aktuális állapot a bemenő jelek hatására bármelyik pillanatban megváltozhat.

<sup>17</sup> Forrás: Zsom Gyula: Digitális technika

Az **aszinkron sorrendi** hálózat nem órajellel működik, a kimenete csak akkor változik, ha a bemeneti jel változik. Ezért az aszinkron logika gyorsabb, mint a szinkron, mert nem kell várni a következő órajelre, hanem azonnal hatása van a bemeneti jel változásra. Az áramkör sebességét a jelterjedési idő és a logikai kapuk sebessége korlátozza.



2.44. ábra Sorrendi hálózatok

Az aszinkron sorrendi hálózatok működése közben versenyhelyzet fordulhat elő, ha egy logikai elem bemenetére különböző útvonalból jönnek jelek. Ez úgynevezett **hazardjelenséget** okozhat, amikor az egyik bemenet változása hamarabb okoz változást a kimeneten, mielőtt a másik bemeneti jel odaérne, és hamis kimeneti jelet produkálhat, amit **glitch**-nek hívnak.

#### Szinkron szekvenciális (sorrendi hálózatok)

Szinkron szekvenciális hálózatoknál a kimeneti jel állapotváltozása egy ezt engedélyező jel hatására, azzal azonos fázisban zajlik (2.40.b. ábra). Az állapotváltozások, tehát egy periodikus vezérlőjellel (órajellel) szinkronizáltak zajlanak. A szinkron hálózatoknak több előnyük is van: egyrészt nem engedik a hazardokat visszacsatlódnia a bemenetekre, hogy hibás állapotváltozásokat idézzenek elő, másrészt nem kell foglalkoznunk az olyan instabil állapotokkal, amelyekből azonnal továbbugrik a rendszer, esetleges oszcillációt okozva. Hátrányuk viszont, hogy az órajel ütemére csökken a sebességük.

#### Tárolók

A sorrendi, szekvenciális feladatok megvalósítása elemi tároló áramkörökkel történik. A tároló áramkörök – flip-flop-ok - két stabil állapotú áramköri kapcsolások. A flip-flop-ok két nagy csoportba sorolhatók annak alapján, hogy az információközlést és a billentést ugyanaz, vagy két különböző jel látja el.

Ennek megfelelően megkülönböztetünk:

- közvetlen és kapuzott vezérlésű tárolókat

A leggyakrabban alkalmazott flip-flop típusok:

- RS
- JK
- T és
- D típusú flip-flop-ok

Az egyes flip-flop-ok billentési módja szerint lehetnek:

- statikus és dinamikus vezérlésű flip-flop-ok

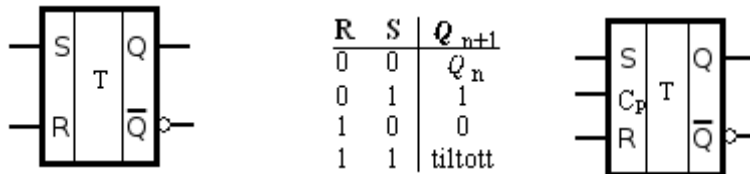


## Tároló áramkörök a logikai vezérlés típusai alapján:

### R-S tároló

Az RS flip-flop-nak két vezérlő bemenete van, amelyek közül az S jelű (set) és az R jelű a (reset) törlő bemenet. A tárolt információ 1, ha a beíró bemenetre (S) érkezik aktív logikai szintű vezérlő jel. A tárolt információ 0, ha törlő bemenet vezérlése aktív. A flip-flop-nak létezik órajellel vezérelt változata is.

A flip-flop áramköri jele és működését leíró igazságtáblázat:



### Inverz R-S tároló

Ez a tároló áramkör az RS tároló inverz függvényét valósítja meg.

A flip-flop áramköri jele és működését leíró igazságtáblázat:



### J-K tároló

A JK tároló működése megegyezik az RS tárolóval, azonban az R=1 és S=1 kombinációra - ami az RS tárolónál határozatlan értékű kimenetet eredményezett és ezért tiltott volt - az előző állapot negáltja áll elő a kimeneten. Ebben az esetben a beíró bemenet a J és a törlő bemenet a K. A JK flip-flop az órajel lefutó élére (1-0 átmenetére) billen. A flip-flop áramköri jele és működését leíró igazságtáblázat:



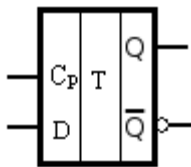
### T tároló

A T tároló (T- trigger, billenés) a J-K tárolóból úgy alakítható ki, hogy a J és K bemeneteket összekötjük. Ekkor T=0 esetben a J=K=0 vezérlésnek (tárolja az előző állapotát) megfelelő, T=1 esetben pedig J=K=1 vezérlésnek megfelelő (ellentétes állapotba billenés) a működés. A flip-flop áramköri jele és működését leíró igazságtáblázat:



### D tároló

A D (D- Delay) tároló a bemenetére adott információt a kimenetén egy vezérlőjel időtartalmával késleltetve jeleníti meg. Ha a J-K tároló J és K bemenetei közé egy invertert kapcsolunk, akkor a D típusú tároló igazságtáblázatát kapjuk. A D flip-flop az órajel felfutó élére (0-1 átmenetére billen). A flip-flop áramköri jele és működését leíró igazságtáblázat:

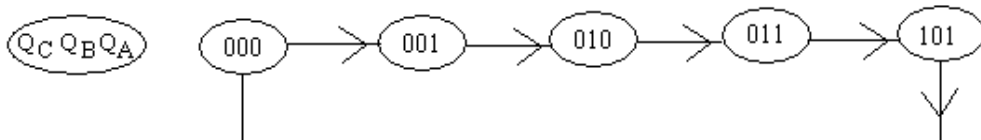


D	Q <sub>n+1</sub>
0	0
1	1

Egyes áramkörökben szükséges, hogy a flip-flop ne csak órajellel szinkronban működjön, hanem órajeltől függetlenül is lehessen vezérelni. Ehhez a flip-flopokat elsődleges (direkt) beíró ( $\bar{S}$ ) és törlő ( $\bar{R}$ ) bemenetekkel látják el.

A sorrendi hálózatok állapotait definiálhatjuk: állapotgráffal (2.41. ábra), ütemdiagrammal vagy állapotábrával.

Az **állapotgráf** a sorrendi hálózatok egymás után felvett kódolt állapotait ábrázolja grafikusán. Pl. egy 3 bites bináris számláló állapotgráfja az alábbi:



2.41. ábra Állapotgráf

Az **ütemdiagram** az állapotgráfhoz hasonlóan az áramkör egymás után felvett állapotait tartalmazza. Az idődiagramhoz hasonlít, de itt a jeleknek nem az időbeli lefolyása, hanem az állapotok egymásutánisága lényeges. Ezért elegendő, ha a magas szintet egy vonallal ábrázoljuk, a vonal hiánya pedig alacsony szintre utal.

Az **állapottábla** a szekvenciális hálózatok vezérléséhez szükséges állapotok bináris kódját és az adott átmenethez szükséges flip-flop vezérléseket tartalmazza. A táblába először az órajel felfutó éle előtti (n.) és utáni (n+1) állapotokat írjuk be az állapotdiagram alapján. A kívánt állapot átmenetekhez ezután meg kell határozni a flip-flopok megfelelő billenéséhez szükséges vezérlő jeleket. Pl. Az állapotgráfnak megfelelő működésű számláló állapotábrája JK flip-flop-al megvalósítva.

A JK flip-flop állapot átmeneti táblája:

Q <sub>n</sub>	Q <sub>n+1</sub>	J	K
0	0	0	h
0	1	1	h
1	0	h	1
1	1	h	0

A számláló állapot átmeneti táblája:

n-dik állapot			flip-flop-ok						(n+1)-dik állapot		
$Q_C$	$Q_B$	$Q_A$	$J_C$	$K_C$	$J_B$	$K_B$	$J_A$	$K_A$	$Q_C$	$Q_B$	$Q_A$
0	0	0	0	h	0	h	1	h	0	0	1
0	0	1	0	h	1	h	h	1	0	1	0
0	1	0	0	h	h	0	1	h	0	1	1
0	1	1	1	h	h	1	h	0	1	0	1
1	0	1	h	1	0	h	h	1	0	0	0

### Számlálók

A számláló áramkörök (olyan szekvenciális hálózatok), aminek feladata az órajel bemenetére érkező impulzusok megszámlálása és az eredmény megfelelő kódban történő kijelzése a kimeneten. A számlálókat többféle képen csoportosíthatjuk.

Az órajellel történő vezérlés alapján:

- Aszinkron számlálók
- Szinkron számlálók

A számlálás iránya szerint:

- Előre számlálók ( Up Counter)
- Hátra számlálók (Down Counter)
- Reverzibilis (előre/hátra ) számlálók (Up/Down Counter)

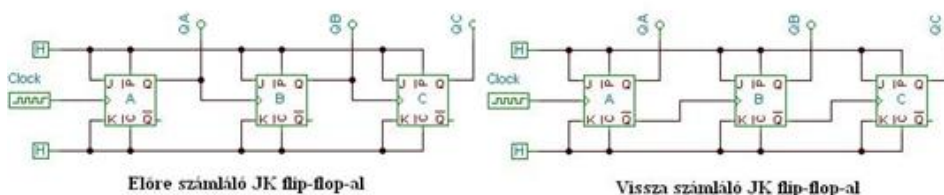
A számlálás kódja szerint:

- Bináris számlálók
- BCD számlálók
- Egyéb kód szerinti számlálók

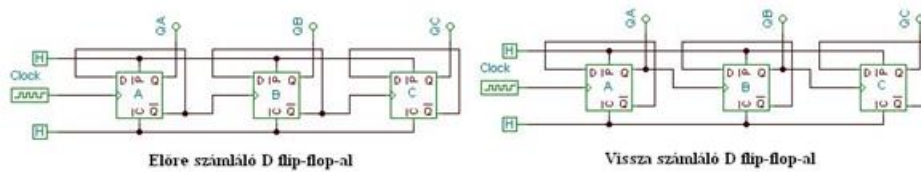
### Aszinkron számlálók

Aszinkron számlálóknál a számlálandó órajelet a legkisebb helyértékű tároló kapja a többi tároló az előző flip-flop kimenetéről kapja az órajelet. A flip-flop vezérlésénél biztosítani kell a minden órajelre ellentétes állapotba billenést. A számlálás irányát az határozza meg, hogy milyen élre történik a billenés. Lefutó élnél (1-0) átmenet előre számlálás, felfutó élnél (0-1) átmenet visszazámlálás történik. Az aszinkron számlálók működése lassú, mert a tárolók késleltetési ideje összeadódik.

Azt, hogy a flip-flopot az előző flip-flop Q vagy  $\bar{Q}$  kimenete vezérli a számlálás iránya és az határozza meg, hogy a flip-flop milyen élre billen. Ennek alapján egy 3 bites bináris előre és visszazámláló megvalósítása látható a 2.42. ábrán JK és a 2.43. ábrán D flip-floppal megvalósítva



2.42 . ábra Aszinkron számláló JK flip-flop-al



2.43. ábra Aszinkron számláló D flip-flop-al

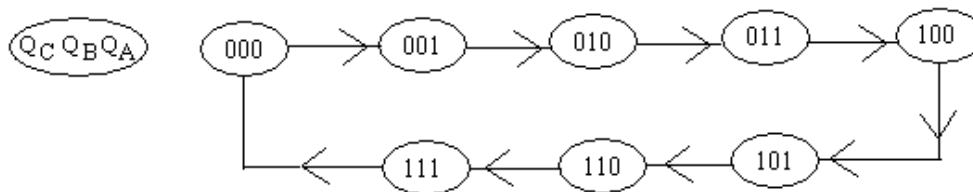
### Szinkron számlálók

Szinkron számlálókban az összes flip-flop ugyan azt az órajelet kapja, így az összes tároló egyszerre billen. A szinkron számlálók gyorsabb működésűek, mivel sebességük egyetlen tároló billenési (késleltetési) idejével egyezik meg. Tervezésének lépései:

- Számlálási állapotok felvétele (állapotgráf)
- Állapotátmeneti tábla felvétele
- Vezérlési függvények felvétele az állapotátmeneti táblából V-K tábla segítségével
- Kapcsolási rajz

A tervezés lépései egy 3 bites szinkron bináris előreszámláló tervezésén keresztül.

Állapotgráf (2.44. ábra)



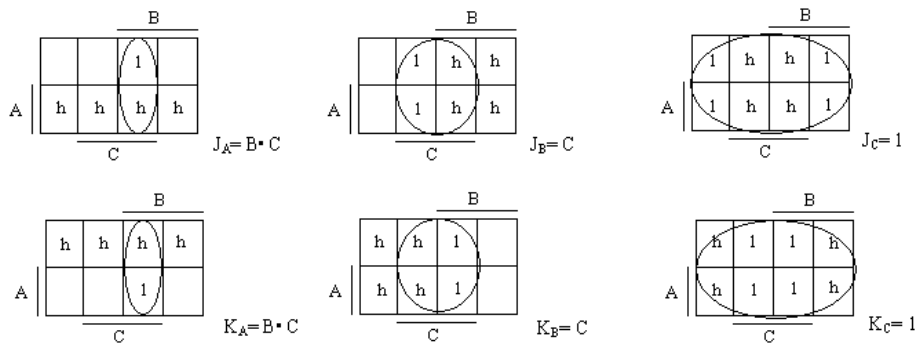
2.44. ábra Szinkron előreszámláló állapotgáfja

Állapotátmeneti tábla (2.45. ábra)

n-dik állapot			flip-flop-ok						(n+1)-dik állapot		
Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>	J <sub>C</sub>	K <sub>C</sub>	J <sub>B</sub>	K <sub>B</sub>	J <sub>A</sub>	K <sub>A</sub>	Q <sub>C</sub>	Q <sub>B</sub>	Q <sub>A</sub>
0	0	0	0	h	0	h	1	h	0	0	1
0	0	1	0	h	1	h	h	1	0	1	0
0	1	0	0	h	h	0	1	h	0	1	1
0	1	1	1	h	h	1	h	1	1	0	0
1	0	0	h	0	0	h	1	h	1	0	1
1	0	1	h	0	1	h	h	1	1	1	0
1	1	0	h	0	h	0	1	h	1	1	1
1	1	1	h	1	h	1	h	1	0	0	0

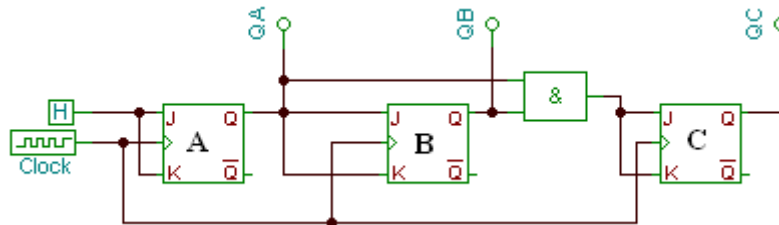
2.45. ábra Szinkron előreszámláló állapotátmeneti táblája

Az állapotátmeneti táblából felírható 3 bites bináris szinkronvezérlési függvényei V-K tábla segítségével (2.46. ábra)



2.46. ábra Szinkron előreszámláló vezérlési függvényei

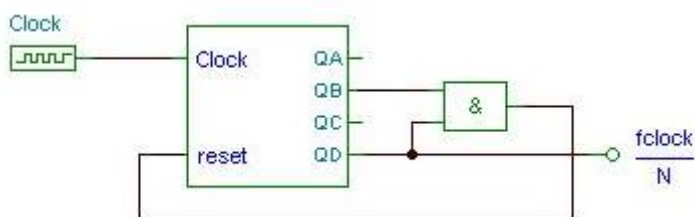
Szinkron 3 bites előreszámláló kapcsolási rajza (2.47. ábra)



2.47. ábra Szinkron előreszámláló kapcsolási rajza

### Modulo - N számláló

A számláló kimenetei állapotainak száma csökkenthető, ha a számláló kimenetéről egy aszinkron visszacsatolást hozunk létre (2.48. ábra). Ilyenkor a számláló kimenetét egy kapuáramkörrel figyeljük. A szükséges számlálási állapot elérésekor a kapuáramkör kimenetén megjelenő jel nullázza (alapállapotba hozza a számlálót) A számláló állapotainak számát a számláló N modulusa határozza meg. Ezt a számot kell kikapuzni a számláló kimenetén. Az utolsó felvett számlálási állapot az N-1. A legnagyobb helyértékű kimeneten  $f = f_{\text{clock}}/N$  frekvenciájú jel jelenik meg.



2.48. ábra Modulo-N számláló

### 3. Audiotechnika

#### 3.1. Hangtani alapismeretek

Az emberi érzékszervek közül a látás után a hallás az, amelyet legjobban és leggyakrabban használunk. A legtöbb ember természetesnek fogja fel a jó hallást. A szem panaszai ezzel ellentétben sokkal inkább elterjedtek.

##### 3.1.1. A hang, mint akusztikus jel

A hang több jelentésű gyűjtőfogalom, jelenti az észleléstől független hullámjelenséget, de jelenti a szubjektív hangérzetet is. Mai fizikai értelemben a hang valamilyen rugalmas közegben fellépő, mechanikai rezgésekkel összefüggő, általában longitudinális hullám. A hanghullámban, mint minden hullámban, energia áramlik, hiszen a tér egy adott helyén a közeg részecskéi rezgésbe jönnek. A hang, mint minden hullám, a rezgési állapot terjedését jelenti a közegben. Tehát hangterjedés csak akkor lehetséges, ha van valamilyen közeg (levegő, gáz, folyadék vagy szilárd anyag) amiben a rezgési állapot tovább terjedhet. Például légüres térben nincs hangterjedés, a világűrben sem a robbanás, sem az űrhajó hajtóművének hangja nem hallatszik.

Alapvetően háromféle hangot különböztetünk meg, egy hang lehet zenei hang, zörej, vagy dőrej. A zenei hang periodikus rezgésnek felel meg, általában kis csillapítással, így a T rezgésidőhöz képest hosszú ideig tart. Létezik tiszta, csak sinusos hullámból álló hang, de a zenei hang legtöbbször összetett rezgés, azaz egy f frekvenciájú alprezgezésből vagy alaphangból és a 2f, 3f, ... frekvenciájú, az alaphanghoz harmonikus felhangokból áll. A zörej szabálytalan, nem periodikus rezgés. Ez is összetett, igen sok olyan rezgésből tevődik össze, melyek frekvenciáinak arányai nem racionális számok. A dőrej kis ideig tartó nagy hangerejű hang. Ilyen lehet például a puska vagy ágyú dörrenése, vagy akár a villámlás.

Azon forrást, amely a hangot kelti (rezeg, és a közeget rezgésbe hozza) *hangforrásnak* nevezzük. Jellemző rá a *helye*, amit az iránnyal, a távolsággal, és a szöggel adunk meg. *Hallásérzetnek* nevezzük azt a jelenséget, amely a hallórendszerben valamilyen hangforrás hatására létrejön. *Az érzet kialakulásának helye* szintén leírható a távolsággal, szöggel, és az iránnyal.<sup>18</sup>

A hangjelek (audiojelek) azok az akusztikus jelek, melyek az emberi fül számára hallhatóak, melyeket az ember észlel.

A hangok frekvenciaterületi felosztása:

- 0 Hz – 20 Hz – infrahang
- 20 Hz – 20 kHz – hallható hangok [beszédhangok (80 Hz ... 1300 Hz) zenei hangok (30 Hz ... 3000 Hz)]
- 20 kHz – 1 GHz – ultrahang
- 1 GHz – 10 THz - hiperhang

A hallás az embert körülvevő közegben bekövetkezett nyomásingadozások érzékelése. A kisebb rezgésszámú hangokat mélyebb, a nagyobb rezgésszámú hangokat magasabb hangként érzékeljük. A hallható hangok határa életkoronként változhat. A hallásküszöb értéke megadja, hogy az adott ember adott frekvencián milyen hangnyomás szintet képes még meghallani.

---

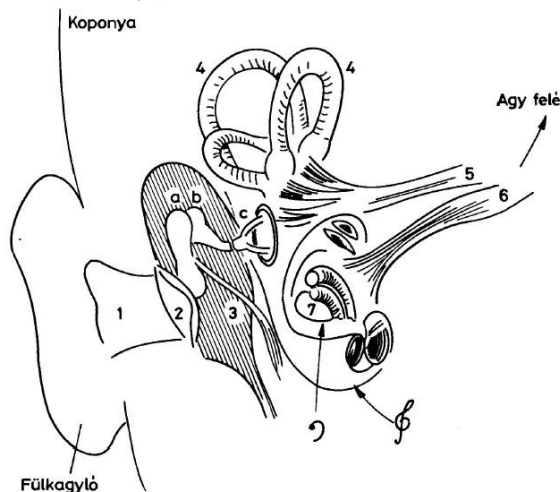
<sup>18</sup> Wersényi György: A térbeli hallás

### 3.1.2. A természetes és mesterséges hang

A természetes úton keltett hangok közvetlenül csak korlátozott távolságra jutnak, mert intenzitásukat a közvetítő közeg csillapítása csökkenti. Ezért távoli helyre mindig egy közbenső lépcsőn át, közvetett úton továbbíthatjuk a hanghullámokat.

### 3.1.3. A hallás

A hanghullámokat, hangforrások hozzák létre, amelyeket az emberi szervezet hallószervével, a fülével érzékel.



A fül szerkezete  
1 külső hallójárat; 2 dobhártya; 3a) üllő, b) kalapács, c) ken-  
gyél; 4 hallójáratok; 5, 6 idegpályák; 7 Corti-szálak

3.1. ábra Az ember hallószerve.

frekvenciájú és hangerejű (amplitúdójú) részhangból állnak. A legmélyebb részhangot nevezzük alaphangnak, a további részhangok (felhangok) frekvenciái az alaphang frekvenciájának egészszámú többszörösei. A hang hangszínét a felhangok összetétele és hangereje határozza meg.

A hangnyomás kifejezi a hangrezgés amplitúdóját, ez a *hangerő*, melynek értékét akusztikus decibelben szokás megadni. A fül a hangerősség-változásokra nagyon érzékeny. Érzékenység a nagyon mély és nagyon magas hangok felé erősen csökken. A legnagyobb 2700 Hz környékén. Itt a levegő molekuláinak már négyzetmilliomodnyi cm-es kitérését is meghalljuk, amely egy molekula átmérője századrészének felel meg. A fül azonban képes ennél tízmilliószor erősebb hangokat is elviselni.

A fül által felfogott hallásingerületek fiziológiai és fizikai szempontból is jellemezhetők.

A hangmagasság, a hangszín és a hangerősség fiziológiai, míg a hangnyomás, az intenzitás és a dinamika fizikai tényezők.<sup>19</sup>

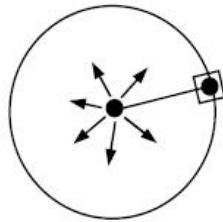
A hangmagasság a hanghullám frekvenciájától (a közeg részecskéi által végzett rezgés frekvenciájától) függ, a magasabb hangnak nagyobb frekvencia felel meg.

A hangmagasság objektív mértékéül tehát a frekvencia szolgál. Tiszta hangnak, vagy részhangnak nevezzük azt a hangot, melyet a hangforrás egyetlen frekvencián sugároz. A természetes hangok több

<sup>19</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

A hangosság a hangerősség növekedésével logaritmikusan emelkedik, ezért a könnyebb számítás céljából a hangerősséget dB logaritmusos egységben adjuk meg. A legkisebb hangot, amelyet az emberi fül még észlel, 0 dB-lel jelöljük, a legerősebb hallható hang kb. 120 dB lesz. Az előbbit hallásküszöbnek, az utóbbit fájdalomküszöbnek nevezzük.

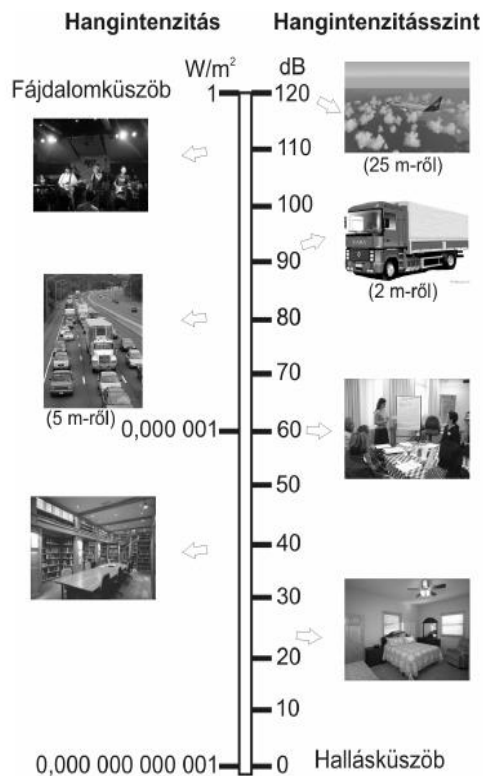
A hang intenzitása (I): egységnyi felületen merőlegesen, időegység alatt átáramlott energia [W/m<sup>2</sup>]:



3.2. ábra Hangintenzitás

$I = p^2 / \rho \cdot c$  ahol  $\rho \cdot c$  a közegre jellemző akusztikai keménység, (c [m/s], a hang terjedési sebessége  $c = 331,5$  [m/sec], 0 C°-on és  $10^5$  [N/m<sup>2</sup>] nyomáson,  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] a levegő sűrűsége)

a hangnyomást (p)-vel jelöljük és mindig effektív hangnyomást értünk alatta [N/m<sup>2</sup>].



3.3. ábra Hangintenzitások és hangszintek

A hangintenzitás szintértéke:  $L_{dB} = 10 \lg \frac{I}{I_0} = 10 \lg I - 10 \lg I_0$  [dB], ahol a

viszonyítási alap a hallásküszöb intenzitásértéke. ( $I_0 = 10^{-12}$  W /m<sup>2</sup>)<sup>20</sup>.

Az 1 kHz-es hang intenzitásának dB-ben megadott szintértékét a hangerősség természetes egységben megadott értékének tekintjük. A hangerősség egységét phonnak nevezik. A hangerősségérzet 1 kHz-ben megállapított phonskálájának megfelelően megvizsgálták, hogy különböző frekvenciákon mekkora hangintenzitás kell ugyanakkora hangérzethez. Ezeket az értékeket összekötve kapjuk a phongörbét, amelyeket a szakirodalomban Fletcher-Munson görbéknek neveznek. (3.4 ábra) A 0 phon a hallásküszöbnek, a 120 phon a fájdalomküszöbnek felel meg.

A dinamika, a hangforrás által létrehozott legnagyobb és legkisebb hangintenzitás hányadosa logaritmusos egységben megadva. Adott esetben ez pontosan megadja az illető

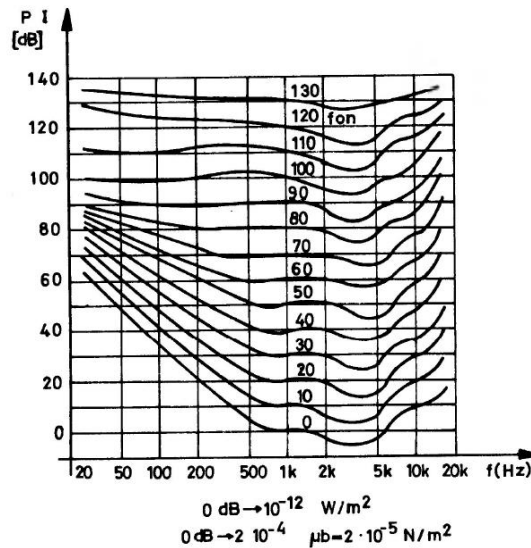
<sup>20</sup> Forrás: Vicsi Klára: A beszéd akusztikai fonetikai leírása, Egyetemi jegyzet



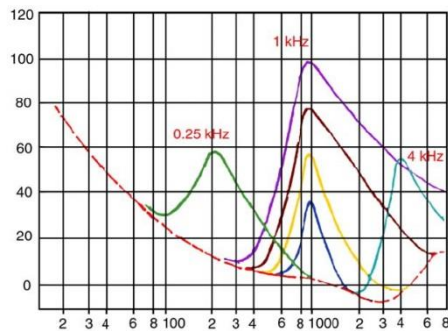
hely jel-zaj viszonyát is, mivel a legkisebb intenzitású jel éppen a zajhatáron van. A normál emberi beszéd dinamikája 20 dB, egy nagyzenekaré 60 ... 80 dB. A hírközlő berendezések tervezésénél figyelembe kell venni ezeket a stúdióoldali adottságokat.

A fül sajátosságaiból következő akusztikai jelenségek:

*Elfedés jelensége:* Zavaró hang hatására a fonikus görbék módosulnak és ugyanolyan hangerősséghez nagyobb intenzításra van szükség. Elfedő hangjelenség: 1000Hz-en megszólaltatunk egy nagy intenzitású hangot, és a kritikus sávszélességen belül szóló kisebb intenzitású hangokat a fülünk nem érzékeli. Ha van elfedő hang, akkor a többi hang számára a hallásküszöb megemelkedik.



3.4. ábra Fletcher-Munson görbék<sup>21</sup>



3.5. ábra Spektrális elfedés.

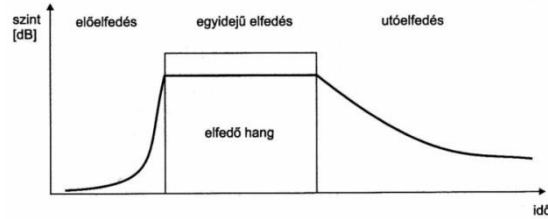
A 3.5 ábrán kritikus sávszélességű zajok hatását látjuk. A zajok sávközépi frekvenciái 0.25, 1 és 4 kHz, sávszélességei pedig rendre 100, 160 és 700 Hz. A 250 Hz és 4 kHz-s zajsávok csak 60 dB-es szinten szerepelnek.<sup>22</sup>

Az elfedés az időtartományban is jelentkezik. Egy hangos hang, képes a közvetlenül előtte megszólal halkabb hangot elfedni, de hasonlóképpen elfedi a megszűnése után megszólaló halkabb hangokat is, ha azok rövidebbel a megszűnése után jelentkeznek. (3.6 ábra). Ezeket a tulajdonságokat hangtömörítési eljárásoknál alkalmazzák elsősorban.

<sup>21</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

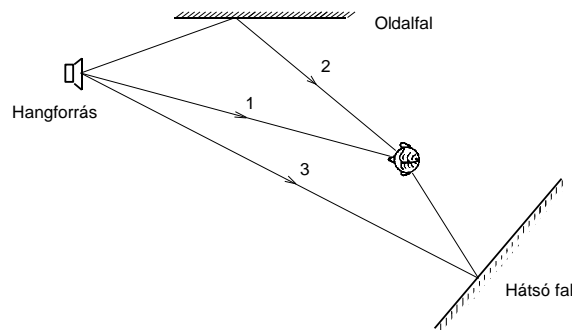
<sup>22</sup> Forrás: Beszédinformációs rendszerek, Egyetemi jegyzet, 2005.

*A fül nemlineáris torzítása:* Két különböző frekvenciájú hangot hallgatva, hallani véljük a két frekvencia különbségét is.



3.6. ábra Időbeli elfedés<sup>23</sup>

*Haas-effektus:* Ha két különböző hangesemény 40 ms-nál rövidebb időn belül követi egymást, akkor a másodikat nem halljuk. Ha két ugyanolyan akusztikus hangkép 40 ms-nál hosszabb idővel követi egymást, visszhangról beszélünk.



3.7. ábra Haas-hatás<sup>24</sup>

Többutas hangterjedés (1. közvetlen hang, 2. oldal- 3. hátsó reflexió)

Ha egy hangforrásból több úton érkezik hanghullámok a megfigyelőhöz, akkor az először beérkező hanghullám alapján azonosítjuk a hangforrás *irányát* és a hang *minőségét*, feltéve, hogy a közvetlen hang (1) és a reflektált hangok (2,3) között az időkülönbség kisebb, mint 30 msec és a szintkülönbség sem nagyobb, mint 6-8 dB (lásd 3.7 ábra). Végeredményben hangosabban (ugyanakkor irányhelyesen) halljuk a hangforrást, mint szabadterben, reflexiók nélkül. Ezt a jelenséget már régóta használjuk a hangellátás passzív javítására.

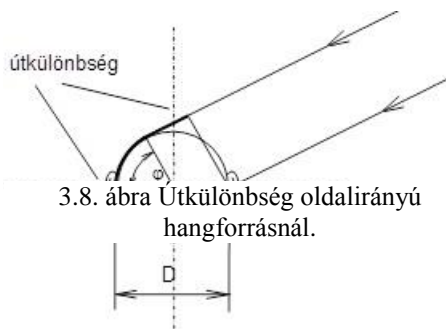
Újabb formája a jelenség hasznosításának a szabadtéri hangosítás.

*Az irányhallás*, mint képesség, az emberi fejlődés során alakul ki, és lesz egyre jobb tapasztalati úton. A hangforrás felől beérkező hanghullámok irányát azért tudjuk jól megállapítani, mivel azok a két fülünkben eltérő hangnyomásértékek jelennek meg. Az így fellépő különbséget feldolgozva állapítjuk meg a hangforrás irányát. Az *időkülönbséget* a *d* útkülönbség alapján (vastag vonal) számíthatjuk, amely függ a fej átmérőjétől (*D*) és a beesés szögétől ( $\varphi$ ). (lásd 3.8 ábra)

$$d = \frac{D}{2}(\sin \varphi + \varphi)$$

<sup>23</sup> Forrás: Jákó Péter: Digitális hangtechnika, Kossuth Kiadó, 2005.

<sup>24</sup> Forrás: Dr. Granát János: Hangjelek és hangjelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2004.



Legnagyobb különbséget (kb. 1 msec) oldalirányú, azaz 90°-os beesésnél kapjuk. A fej árnyékoló hatása miatt, különösen nagyfrekvencián (1 KHz felett), elég nagy *szintkülönbségek* alakulhatnak ki ferdeirányú hangforrások esetében. Oldalirányú, azaz 90°-os beesésnél a *szintkülönbség* elérheti a 30 dB-t is. Kisfrekvencián (800 Hz alatt), ahol a hullámhossz jóval nagyobb a fejtátmérőnél, a szintkülönbség minimális és az irányérzékenység a két fülbe érkező jel

közötti fáziskülönbségből adódik. Az irányérzékelés pontossága az előlről érkező és 500-1000 Hz közötti hangokra a legpontosabb, kb 1°-3°.

### 3.1.4. Moduláció

Moduláción általánosan, egy jel – a vivő – valamely jellemzőjének változtatását értjük egy másik jel – a moduláló jel – függvényében. A moduláció célja lehet

- a jel illesztése az átviteli csatorna jellemzőihez (alapsávon pl. a hang terjedési jellemzői kedvezőtlenek és a vételi körzetben azok is hallanak, akik nem akarják)
- a fizikai csatorna felosztása több átviteli csatornára, több jel egyidejű továbbítására (frekvencia nyalábolás)
- kényelmes méretű és hatékony antennák használata (az autóriasztó távkapcsolója vagy a maroktelefon elképzelhetetlen több méteres antennával)
- a rádióspektrum kiosztása a szolgálatoknak (a frekvencia szűkös erőforrás, elosztása nemzetközi megállapodáson alapul, fontos, hogy a szomszédos csatornák ne zavarják egymást)
- az eszközök korlátainak leküzdése (pl. a szűrők bonyolultsága függ a frekvenciasáv felső és alsó határának arányától)
- zaj és interferencia elnyomás (a sáv szélesség növelése árán javítható a jel/zaj viszony)

Analóg modulációs eljárások (AM, FM, PM).

Analóg modulációs rendszerek a folytonos moduláló jellel működő szolgálatok. Tipikus analóg moduláló jelek a hang (beszéd és zene) és a TV kép világosság jele. A moduláció a jel valamilyen fizikai jellemzőjének megváltoztatása az átvinni kívánt jellel.

**Amplitúdó moduláció (AM)**, ha az információ hordozó paraméter a vivő jel amplitúdója.

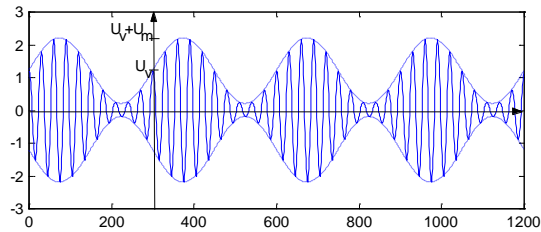
Matematikai meghatározása:

Vivő jel:  $u_v(t) = U_v \cdot \sin(2\pi f_v \cdot t)$       Moduláló jel:  $u_m(t)$

Modulált jel:  $u_{md}(t) = (U_v + U_v \cdot k \cdot U_m(t)/u_{mmax}) \cdot \sin(2\pi f_v \cdot t)$

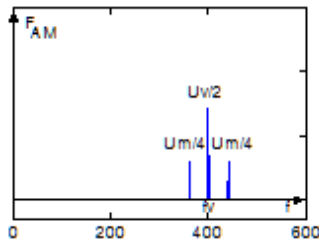
Ahol:  $k$  - modulációs mélység,  $u_{mmax}$  - moduláló jel amplitúdójának maximuma.

Modulációs mélység: a moduláló jel a vivőjelet mennyire képes megszüntetni.

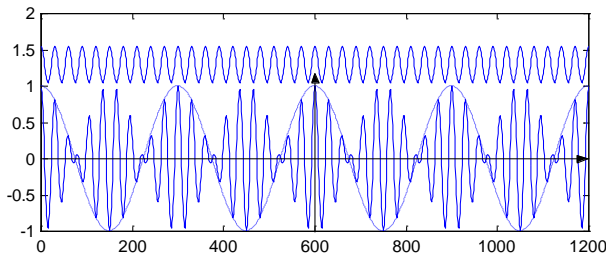


3.9. ábra Amplitúdómodulált jel időfüggvénye (a szaggatott vonal a burkolót jelöli)<sup>25</sup>

Amplitúdómodulált jel spektrumában az alapsávi moduláló jel spektruma a vivőfrekvencia környezetébe eltolva jelenik meg az  $f_v - B$  és  $f_v + B$  közötti frekvenciatartományban. Az amplitúdómodulált jel sávszélessége a moduláló jel maximális frekvenciájának kétszerese. Ez a dupla oldalsávos amplitúdómoduláció (AM-DSB). A modulált jelben az  $f_v$ -nél található spektrumvonal a moduláló jel egyenkomponensét ( $U_v$ ) jelzi: Elfajuló esetben a modulálatlan vivő amplitúdója nulla.



3.10. ábra AM-DSB jel spektruma



3.11. ábra felső részén a vivőjel látható. A szaggatott vonal a moduláló jelet mutatja, amely nem egyezik meg a burkolóval. Ekkor a modulálatlan vivő amplitúdója nulla.

3.11. ábra Az elnyomott vivőjű amplitúdómoduláció (AM-DSB/SC) időfüggvénye, szinuszos moduláló jel esetén.

Ha a szűrővel eltávolítjuk az egyik (alsó vagy felső) oldalsávot, csökken a modulált jel sávszélessége (AM-SSB).

További amplitúdómodulációs eljárásokat alakíthatunk ki az előbbieket ismeretében. Pl. a megegyező tartalmú oldalsáv helyén másik jelet is továbbíthatunk, így független oldalsávok alakulnak ki. Az AM-SSB jel előállításakor az egyik oldalsáv kiszűrésével megszűnik az egyenkomponens átvitele. A televízió világosságjele egyenkomponens is tartalmaz. Ha nem teljesen szűrjük ki a másik oldalsávot, hanem csak a nagy részét, a rendszer alkalmas lesz DC átvitelre is. Ez a csonka oldalsávos amplitúdómoduláció.

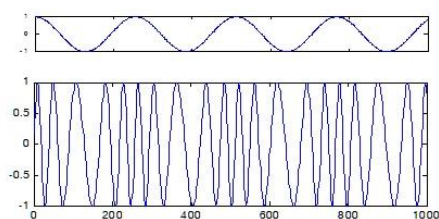
Ha egy jelet egy vivővel modulálunk, egy másik jelet pedig az előbbi vivő 90°-os fáziseltolásával nyert vivővel, akkor az ugyanabban a frekvenciatartományban továbbított két jel egymástól függetlenül demodulálható. Ez a kvadratura amplitúdómoduláció (QAM).

A jellemző spektrumkép alapján az AM jeleket a következő elnevezéssel láthatjuk el:

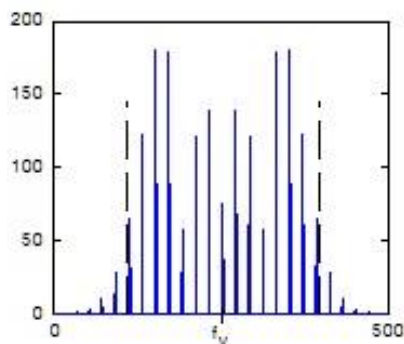
- Dupla oldalsávos (Double Side Band) AM: AM-DSB
- Elnyomott vivőjű dupla oldalsávos AM: AM-DSB/SC (SC Supressed Carrier)

<sup>25</sup> Forrás: Digitális jelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2002.

- Egyoldalsávú AM: AM-SSB (SSB, Single Side Band)  
Gyakran jelölik, hogy melyik oldalsáv van jelen a frekvenciaspektrumban. Eszerint lehet USB (Upper Side Band) és LSB (Lower Side Band).  
Elyomott vivőjű egyoldalsávú AM (AM-SSB/SC): akkor használják, ha a vivő komponens és az oldalsávi komponens alsó határfrekvenciás összetevője túl közel van egymáshoz, így az szűréssel nem választható le.
- Csonka oldalsávú AM: AM-VSB (VSB Vestigal Side Band) analóg TV technikában alkalmazzák
- Kvadratúra moduláció (QAM)



3.12. ábra Frekvenciamoduláció moduláló és modulált jele<sup>26</sup>



3.13. ábra Szinuszos moduláló jel frekvenciamodulált jelének spektruma.

**Szögmodulációk**  $U_v(t) = U_{cs} * \sin(2*\pi*f_v*t + \varphi)$  A vivőjelet leíró függvény szögét módosítja a moduláló jel.

A szögmoduláció lehet **frekvencia-moduláció**, ahol közvetlenül a vivő jel frekvenciáját módosítja a moduláló jel (**FM**) és **fázis moduláció**, ahol a vivő jel fázisszögét módosítja a moduláló jel (**PM**).

A szögmodulált jel sávszélessége általában végtelen. Végtelen sávszélesség mellett a rádiócsatornák egymás zavarása nélkül nem működhetnének. A modulált jel teljesítményének kb. 98%-a azonban a Carson szabály szerint a vivőfrekvencia

$$B_{FM} = 2(f_M + f_D)$$

környezetébe esik. (Ahol  $f_M$  a moduláló jel maximális frekvenciája,  $f_D$  a frekvencialejtés.) Az adószűrő a modulált jel sávszélességét erre a tartományra korlátozza. A szaggatott vonalak a Carson szabály szerinti sávszélességet jelölik.

Digitális modulációs eljárások (ASK, FSK, PSK, digit QAM):

Az előzőekben tárgyalt modulációs rendszerek moduláló jeleinek korlátozásával – a legegyszerűbb esetben kétértékű, bináris – digitális modulációs rendszert hozhatunk létre. Az analóg modulációkhoz hasonlóan a szinuszos vivőjű digitális modulációs rendszerek is a vivő amplitúdóját, fázisát vagy frekvenciáját változtatják.

A digitális moduláció célja a lehető legtöbb információ átvitele a legkisebb sávszélesség felhasználásával, a legkisebb hibavalószínűséggel. Ellentétben az analóg modulációs eljárásokkal, itt nem feltétel a jelek alakhű átvitele, a digitális üzenet hibaaránya minősíti az átviteli rendszert.

### Amplitúdó billentyűzés (ASK Amplitude Shift Keying)

<sup>26</sup> Forrás: Digitális jelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2002.

Bináris amplitúdómoduláció esetén a modulált jel amplitúdója két értéket vehet fel, az egyik a bináris „0”-t, a másik az „1”-et képviseli. A moduláló jeltől függően kapcsolgatunk a két amplitúdó között (ASK). Az egyik lehetséges amplitúdó gyakran nulla, vagyis ki-be kapcsoljuk a vivőt.

$U_{ASK}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f \cdot t + \varphi)$  Ahol A az ASK jel pillanatnyi amplitúdója, f a vivő jel frekvenciája,  $\varphi$  a vivőjel kezdőfázisa.

### Fázis billentyűzés (PSK Phase Shift Keying)

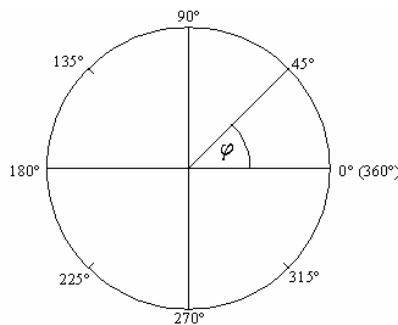
A moduláló jel a vivő jel fázisát változtatja. Kétértékű fázismoduláció esetén a vivőhöz viszonyítva kétféle fáziskülönbség képviseli a bináris számjegyeket. Leggyakrabban nulla illetve  $\pi$  a két fáziskülönbség. Ekkor a vivő jelenti az egyik jelet, a vivő mínusz egyszerese a másikat.

PSK-n belül van állapot-és differenciális moduláció.

- *Állapotmodulációnál* a kezdő fázis értékhez viszonyítottan változtatjuk a vivő jel fázisát. Úgy teszünk, mintha egy fix fázisú referencia jelet vennénk viszonyításnak.
- *Differenciál modulációnál* az előző jelelemet vesszük referenciának és a következő jelelem fázisát ehhez képest határozzuk meg.

PSK moduláció esetén gyakran több fázisállapotot is kihasználunk, ezért a digitális jelfolyamban az egymás után következő biteket csoportosítva végezzük a modulálást. Két bit esetén 4 állapot lehetséges 4 fázisszöget kell definiálni. Három bit esetén 8 állapot van, stb.

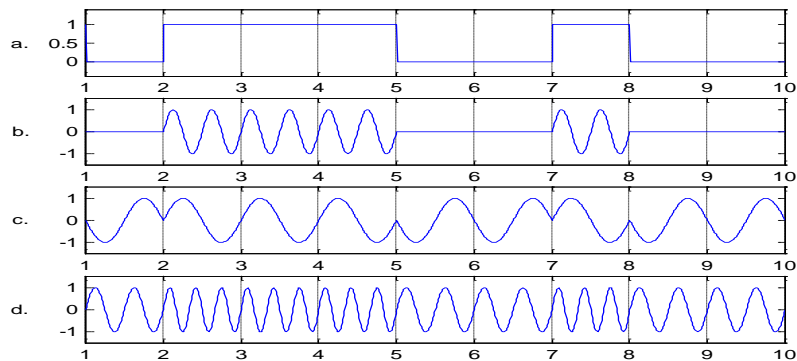
bitek	fázis/fázisváltozás
000	45°
001	0°
010	90°
011	135°
100	270°
101	315°
110	225°
111	180°



3.14. ábra Fázisváltozás

### Frekvencia billentyűzés (FSK Frequency Shift Keying)

Bináris frekvenciamoduláció esetén a két lehetséges frekvenciát a vivő frekvenciájának módosításával állíthatjuk elő (FSK). Az FSK kis sebességű digitális átvitelre alkalmas, a beszédcélú csatornán nagy megbízhatóságú, ezért széles körben alkalmazzák.



3.15 ábra Bináris modulációk bemutatása: alapsávi jel (a.), ASK (b.), PSK (c.), FSK d)<sup>27</sup>

Összehasonlítva a bináris modulációs eljárásokat megállapítható, hogy az FSK általában nagyobb sávzélességet igényel, mint két társa. Kimutatható, hogy azonos zajviszonyok mellett a PSK feleakkora jelteljesítmény mellett tud az ASK-val megegyező hibavalószínűséget biztosítani.

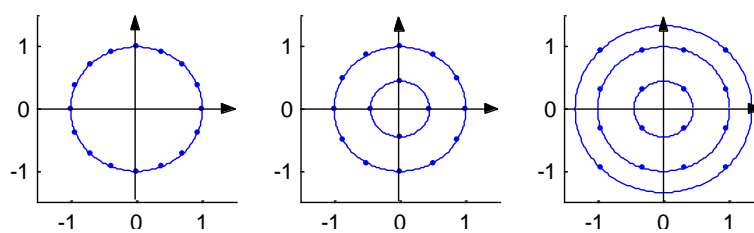
#### Többszintű modulációs rendszerek:

A digitális modulációs rendszerek spektrális hatékonyságának javítására kínálkozó megoldás a moduláció szintjeinek növelése. Ha egy szimbólum átvitelére rendelkezésre álló időben  $M=2^m$  állapotot vehet fel a modulált jel,  $m$  bitet továbbíthatunk egyszerre.

Mivel a modulált jelben az amplitúdó, fázis vagy frekvencia lehetséges értékei közelebb kerülnek egymáshoz (csökken a zajtávolság), változatlan feltételek mellett nő a téves vétel gyakorisága. A hibaarány változatlan szinten tartásáért FSK esetén nagyobb sávzélességgel, ASK és PSK esetén nagyobb jelteljesítménnyel kell „fizetni”. Mivel a sávzélesség rendszerint szűk keresztmetszet, a sokszintű FSK ritkán fordul elő.

Az  $M$  szintű PSK rendszerekben a modulált jel fázisa a referencia fázishoz képest  $M$  féle értéket vehet fel:

$$f_k^{PSK} = A \cos(\omega_c t + k \frac{2\pi}{M}), k = 0, 1, \dots, M - 1 \quad \phi_k = k \frac{2\pi}{M}, \text{ a modulált jel.}$$



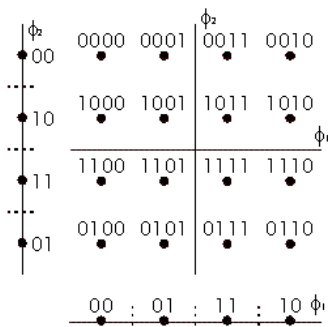
3.16. ábra 16 szintű QAM többféle amplitúdó- és fáziskiosztása

A digitális modulációs rendszerek célja a diszkrét jelek hibamentes továbbítása. A sokszintű modulációs rendszereknél a hibás demodulálás az  $m$ -bités kódszó téves vételét eredményezi. Legnagyobb a valószínűsége annak, hogy a hibásan vett jel a helyes

<sup>27</sup> Forrás: Digitális jelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2002.

legközelebbi szomszédja. Az, hogy a hibás demodulálás hány bit tévesztését eredményezi, a kódolástól is függ.

A 3.17 ábrán látható kód kiosztás (Gray kód) biztosítja, hogy a szomszédos állapotok kódjai csak egy bitben térnek el.



Nagy adatátviteli sebességet tesz lehetővé. A vivő jel nemcsak egy, hanem több jellemzőjét is megváltoztatja a moduláló jel, ill. a digitális moduláló jelfolyamból csoportosított bitsorozat.<sup>28</sup>

A digitális modulációs eljárások legfőbb alkalmazási területei a modemes adatátvitel telefonvonalon, valamint a mikrohullámú és kábeles nagysebességű, szélessávú adatátvitel.

3.17. ábra QAM kód kiosztás

### Impulzusmodulációk (PAM, PTM, PCM, PDM):

Az esetek többségében négyszögimpulzusokat alkalmaznak vivő jelnek. Az impulzusmodulációs rendszereket a szerint osztályozzuk, hogy a vivőként szereplő pulzussorozatnak mely paraméterét használjuk fel információ továbbítására. Ilyen szempontok szerint 3 fő csoportot különböztetünk meg:

- Impulzus-amplitúdómoduláció (PAM), ennél az impulzussorozat amplitúdóját modulálja a továbbítandó jel, míg ugyanekkor a pulzussorozat egyéb paraméterei (időtartam, frekvencia, helyzet) változatlanok. Létezik egy- és kétirányú PAM.
- Impulzus-időmoduláció (PTM), ennél az impulzussorozat valamely paraméterének az időbeni előfordulását modulálja a továbbítandó jel, és az impulzussorozat amplitúdója fix. Ezen belül újabb 3 fajta lehetséges:
  - Impulzus-helyzetmoduláció (PPM): olyan impulzus-időmoduláció, amelyben a vivő impulzusainak a helyzetét (fázisát) modulálja a továbbítandó jel.
  - Impulzusidőtartam-moduláció (PWM): olyan impulzus-időmoduláció, amelyben a vivő impulzusainak az időtartamát (szélességét) modulálja a továbbítandó jel. (Szokás még a PDM jelölés is.)
  - Impulzus-frekvenciamoduláció (PFM): olyan impulzus-időmoduláció, amelyben a vivő impulzusainak a pillanatnyi frekvenciáját (az időegység alatti pulzusok számát) modulálja a továbbítandó jel,
  - Impulzus-kódmoduláció (PCM), ennél az impulzussorozat csak közvetett módon, kódolva tartalmazza a továbbítandó jelet, a kódolás fajtáit tekintve végtelen sokféle PCM rendszer létezik.

### Impulzusamplitúdó-moduláció (PAM):

Ekkor a négyszögimpulzus-sorozat amplitúdóját moduláljuk. (3.19 ábra)

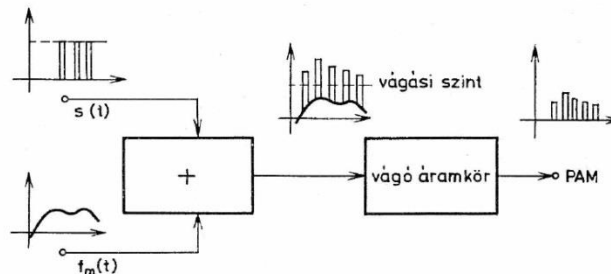
A gyakorlatban az unipoláris és a bipoláris PAM eljárást alkalmazzák. Átvitel szempontjából a bipoláris PAM a kedvezőbb, viszont az unipoláris PAM egyszerűbben demodulálható.

<sup>28</sup> Forrás: Digitális jelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2002.



### Impulzusidő-moduláció (PTM):

Az impulzusok egyik időbeli jellemzőjét (az impulzus időtartamát, helyzetét vagy frekvenciáját) változtatja a modulálójel, miközben az impulzusamplitúdó állandó értékű:



3.18. ábra PAM jel előállítása<sup>29</sup>

### Impulzus-kódmoduláció (PCM):

Itt a modulálójellel, nem a vivő négyszögimpulzus-sorozat valamilyen jellemzőjét változtatjuk, hanem a modulálójel mintavételezéssel kapott pillanatnyi amplitúdóértékéhez egy meghatározott impulzussorozatot (kódot) rendelünk. Az így előállított impulzus-sorozat csak közvetlen módon, kódolva tartalmazza a továbbítandó jelet, mivel e modulátor a mintavételezett jel értékéhez egy kódszót rendel hozzá. Ehhez az analóg jelet digitalizálni kell, vagyis a jelet mintavételezni, kvantálni és kódolni kell.

### Impulzus-deltamoduláció (PDM):

Ez a PCM egy olyan változata, amely a két egymást követő minta különbségeihez rendel egy kódszót.

## 3.2. Elektroakusztika

### 3.2.1. Elektroakusztikai átalakítók



3.19. ábra Az elektroakusztikai hangátvitel tömbvázlata<sup>30</sup>

A hangot egy átalakítóval elektromos jellé alakítjuk át. Az átalakító a mikrofon. Az elektromos jelet erősítjük, formáljuk, majd a célállomásnál visszaalakítjuk akusztikus jellé. Ez az átalakító lehet hangszóró vagy fejhallgató. Az elektroakusztikai lánchoz elengedhetetlenül hozzátartozik a lehallgató és visszaadó tér is.

A hangközvetítés a hang átvitelét jelenti térben és időben. Az elektroakusztikában használt hangátviteli lánc három fő részből áll:

<sup>29</sup> Forrás: Dr. Ferenczy Pál: Hírközléelmélet, Tankönyvkiadó, 1974.

<sup>30</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

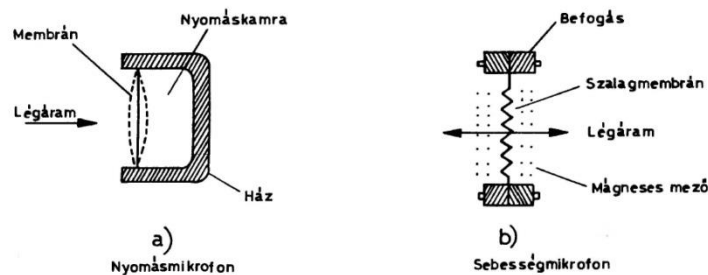
- mechanoelektromos átalakítóból (mikrofon),
- átviteli csatornából (erősítők, tápvezetékek),
- elektromechanikus átalakítóból (hangszóró, fejhallgató).

### 3.2.2. Mikrofonok

Az átviteli lánc első tagja a mikrofon, amely a legjobban befolyásolja a természetű hangátvitelt, mivel a hangátviteli lánc további egységeiben az általa keltett lineáris és nemlineáris torzításokat csak részben lehet kompenzálni.

*Mikrofonok működési elve:* A hangtérben levő, henger, gömb stb. felületére állandóan hat az atmoszferikus nyomás. Ha a felület vagy annak egy része rugalmas kiképzésű, akkor a nyomásváltozás hatására mozgásba kezd. Az ilyen rendszerű mikrofont nevezzük nyomásérzékenynek. A kimeneti feszültség a nyomásváltozással lesz arányos. A rugalmas felületrészt membránnak nevezzük.

Ha a rugalmas felületű membrán mindkét oldala szabadon érintkezik a hangtérrel, akkor a mozgó levegőrészecskék magukkal ragadják a membránt. A mikrofon a hanghullámok sebességével arányos feszültséget ad le. Ezt nevezzük sebességérzékeny mikrofonnak.



3.20. ábra Mikrofonok működési elve<sup>30</sup>

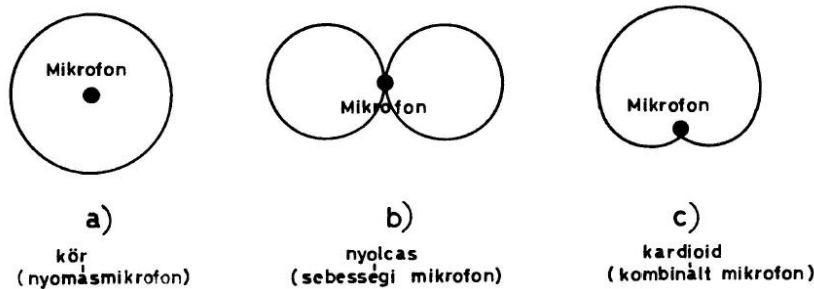
A mikrofon érzékenysége nem minden irányban egyforma. Az eltérés rendszerint frekvenciafüggő. A mikrofonra iránykarakterisztikája a legjellemzőbb és frekvenciafüggése dönti el a mikrofon használhatóságát, illetve alkalmazási területét.

*Mikrofonok jellemző adatai:*

- Érzékenység ( $e$ ): A mikrofon érzékenységét adott rezgésszámú hangnál a kimeneti kapcsolatokon mért váltakozófeszültség és a membránra ható hangnyomás viszonya adja meg:  $e = U_{ki} / \Delta p$ . Az érzékenységet általában mV/Pa értékben adják meg.
- Frekvenciamenet: A frekvenciamenet a mikrofon átviteli tulajdonságait jellemzi a frekvencia függvényében.
- Torzítás: A hangvisszaadás hűségének előfeltétele, hogy a mikrofon ne torzítsa el az eredeti hangképet. A stúdiógyakorlatban használatos mikrofonoknál a torzítási tényező  $k = 1\%$  alatt van.
- Jel-zaj viszony: Jó minőségű hangátviteli rendszereknél megkövetelik, hogy  $1 \mu\text{bar}$  hangnyomásnál a mikrofon jel-zajfeszültségének viszonya  $60 \text{ dB}$  legyen. Számítása:  $a = 20 \cdot \lg(U_h / U_{zaj})$  [dB], ahol  $U_h$  a mikrofon által  $1 \mu\text{bar}$  hangnyomásra szolgáltatott feszültség mV-ban,  $U_{zaj}$  a mikrofon zajfeszültsége mV-ban.
- Kimeneti impedancia: A különféle mikrofontípusoknak más-más jellegű a belső ellenállása. Ohmos jellegű pl. a szénmikrofoné, induktív jellegű a dinamikus mikrofoné és kapacitív jellegű a kristálymikrofoné. Kis impedanciás mikrofonokat ott alkalmazunk, ahol a mikrofon és az erősítő közé hosszú vezetékkel kell beiktatni, nagy impedanciájút pedig ott, ahol rövid összekötővezeték szükséges. Nagy impedanciájú

mikrofonokat gyakran az erősítővel építik össze és ennek az erősítőnek a kimenetét kis impedanciára transzformálják.

- Irányérzékenység: A különböző mikrofonfajták a tér különböző irányából eredő hangokat az iránytól függően különböző mértékben alakítják át feszültséggé. A mikrofon irányérzékenységét számszerűen az irányjelleggörbével adhatjuk meg. Az irányérzékenységet jellemezhetjük síkban ábrázolva, a már említett kördiagrammal. Eszerint lehet egy mikrofon kör, nyolcas vagy kardioid karakterisztikájú:



3.21. ábra Mikrofon iránykarakterisztikák.<sup>31</sup>

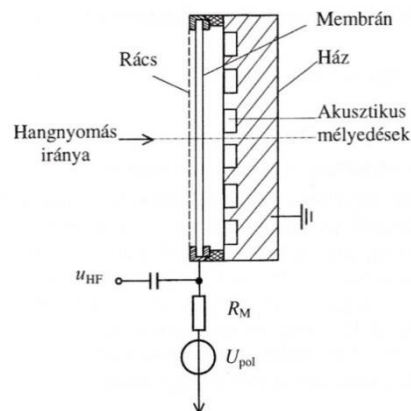
Az irányhatás erősen frekvenciafüggő. a sebességi és kombinált típusok irányhatása viszont gyakorlatilag frekvenciafüggetlen. A kardioid jelleggörbe elvileg a kör- és nyolcas diagramból származtatható.

### 3.2.3. Mikrofonok fajtái

**Kondenzátormikrofon:** A kondenzátormikrofon olyan kondenzátor, amelynek egyik fegyverzete tömör, a másik vékony fémlemezről álló mozgó membrán. Ha a két fegyverzet közötti tér zárt, akkor a működés nyomásérzékeny jellegű. A kondenzátor egyik fegyverzete a hajlékony membrán, amely a hangrezgések hatására mozgásba kezd. A fellépő kapacitásváltozás a rákapcsolt ellenállás végpontjain feszültségváltozást kelt, ha a két fegyverzetközé polarizálófeszültséget kapcsolunk. A membrán anyaga nikkelt- vagy alumíniumötvözet. A merev fegyverzet acél vagy nikkelt. A fegyverzetek közötti peremszigetelés műanyag.

Tulajdonságai:

- Nyomásérzékenységéből következően, az irányjelleggörbéje gömb alakú,
- Nagy a kimeneti impedanciája, ezért a mikrofonkábelhez való illesztés miatt a mikrofonházba impedancia illesztő előerősítőt építenek,
- Érzékenysége az előfeszültséggel és a munkaellenállással változtatható,
- Problémát jelent, hogy alkalmazásához előfeszültség szükséges.



3.22. ábra Kondenzátor mikrofon.<sup>32</sup>

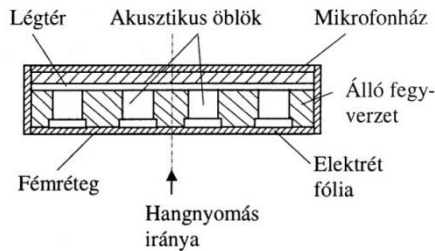
<sup>31</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

<sup>32</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

**Elektretmikrofonok:** Kapacitív jellegű mikrofonfajta, amely kis telepfeszültség mellett is jó frekvenciamenettel, kis torzítással és nagy érzékenységgel rendelkezik, és nem igényel nagy bemeneti impedanciás erősítőt. Az elektret elnevezést a speciális fóliarétegről kapta. Ez egy vékony szigetelőfólia és két oldalára ellentétes töltést visznek fel úgy, hogy a töltés megfelelő technológiai eljárás után – mágneses réteghez hasonló módon – állandósult állapotban rögzítődik. Ezzel mintegy állandó elektromos erőter alakul ki és helyettesíti a polarizációs feszültség által létrehozott teret.

Az elektretmikrofon működése megegyezik a kondenzátormikrofonéval.

Felhasználási területe, hordozható hangrögzítők, diktafonok. Általában tranzistoros vagy



3.23. ábra Elektret mikrofon

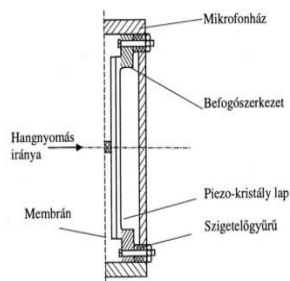
FET bemenetű erősítővel a mikrofonházzal együtt épített kivitelben készül. Az utóbbi időben a mikrofont az előerősítővel egyetlen IC-be építik, amely a felvevőerősítővel egy egységet képez.

**Kristálymikrofon:** A piezoelektromos hatás elvén működik. Akkor kielégítő érzékenységgű, ha membránjához ún. bimorf, vagyis két lemezből megfelelő módon ragasztott kristálylemez

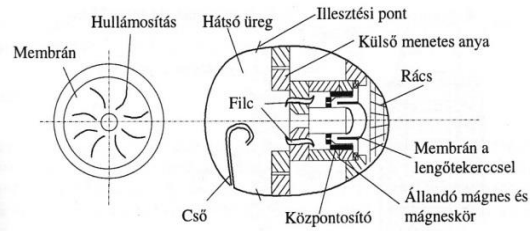
kapcsolnak. A sokféle piezoelektromos kristály közül mikrofonok céljára a Rochelle-só (kálium-nátrium-tartarát) vált be a legjobban.

Tulajdonságai:

- Egyszerű felépítés, olcsó amatőr célú felhasználás,
- Jó hatásfok, kis zaj,
- Sávszélessége  $B = 100 \text{ Hz} - 16 \text{ kHz}$ ,
- Hőre, nedvességre érzékeny, ezért lakkréteggel védik.



3.24. ábra Kristálymikrofon



3.25. ábra Lengőtekerces mikrofon felépítése

**Dinamikus mikrofonok:** Két fő fajtája ismert, az egyik az ún. szalagmikrofon, a másik a szélesebb körben elterjedt lengőtekerces mikrofon. Mindkettő elektrodinamikai elven működik. Mágnes térben vagy egy megfelelő felfüggesztett tekercs, vagy egy mágnesezhető szalag mozog és egy nagyobb membránfelülettel összekötve veszik fel a környezetből a hangenergiát.

A lengőtekerces mikrofonnál a membránnal merevkapcsolatban lévő tekercs koaxiális légrésben rezeg. A mágneses teret permanens mágnes hozza létre. lényegében kisméretű hangszórónak fogható fel. Tulajdonságai:

- Érzékenysége  $e = 1 - 3 \text{ mV/Pa}$
- Sávszélessége  $B = 80 \text{ Hz} - 12 \text{ kHz}$

- Kimeneti impedancia:  $Z_{ki} = 50 - 200 \Omega$
- Irányjelleggörbe gömb alakú, de készíthető más típusú is.

Ennél a konstrukciónál a membrán hullámosított aranyfólia vagy alumíniumszalag, ami áramvezetőként működik. Az állandómágnes lágyvas sarukon keresztül hozza létre a membránra merőleges, homogén mágneses teret.

### 3.2.4. A hangsugárzók, mint elektrodinamikus átalakítók

A hangszóró olyan átalakítószerkezet, amely az elektronikus hangfrekvenciás energiát mechanikai energiává alakítja át. A hangszóróknál a hangkeltés úgy jön létre, hogy egy membrán, a hangfrekvencia ütemében mozgásba hozza a környezet levegőrészecskéit, azaz hangnyomásváltozást okoz. A mozgó membrán által keltett hangerősség (hangnyomás) a felület nagyságával, a mozgás amplitúdójától, a frekvenciától, valamint a mozgató közegtől függ. Az átalakítás szempontjából osztályozhatjuk a hangszórókat. Az előállított hangszórók 90 %-a dinamikus kivitelű.

### 3.2.5. A hangszórók általános jellemzői

*Terhelhetőség:* Maximális bemeneti villamos teljesítmény.

*Szinuszos terhelhetőség:*  $P_{szin} = \frac{U_{eff}^2}{Z}$ ; *Zenei terhelhetőség:*  $P_{zen} = \frac{U^2}{Z}$ ;

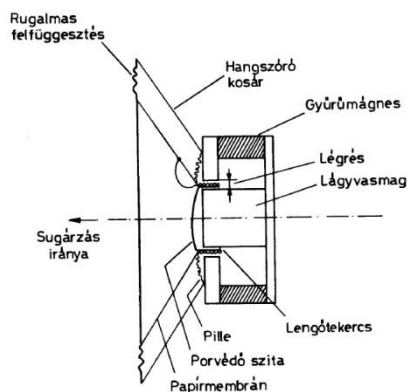
*Impedancia:* az 1 kHz-en meghatározott érték. *Hatásfok:*  $\eta = \frac{P_{mech}}{P_{vill}}$ .

*Frekvenciamenet:* Követelmény, hogy egyenletes legyen, azaz minden frekvenciát ugyanúgy alakítson mechanikai rezgéssé.

*Rezonanciafrekvencia:* Minden mechanikai rezgőrendszernek, így a hangszórónak is van egy olyan frekvenciája, amellyel gerjesztve, már kis bemeneti jel esetén is egyre nagyobb kiterésű rezgésbe kezd. Ebben az esetben a torzítás erősen megnövekszik és a hangszóró károsodhat, ezért ilyen frekvenciájú jelet nem szabad a hangszóróra adni.

*Irányjelleggörbe:* Megmutatja a hangnyomás irány szerinti eloszlását.

Elektrodinamikus hangszórók: Két alaptípusuk a magmágneses és a gyűrűmágneses hangszóró, amelyek a mágneskör kialakításában különböznek.



A hangszóró működése: A lengőtekercsbe hangfrekvenciás áramot vezetve, arra az áram nagyságával arányos tengelyirányú erő hat. Ennek következtében a vele merev kapcsolatban lévő membrán is mozgásba jön, ami a környezetben nyomásváltozásokat (mechanikai rezgéseket) idéz elő. Az elektrodinamikus hangszórók frekvencia-átvitele a membrán méretétől függ. Nagyméretű membránnal nem lehet magas hangot és kisméretű membránnal pedig nem lehet mély hangot kisugározni.<sup>33</sup>

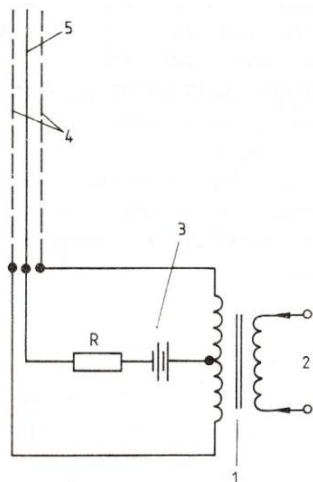
3.26. ábra Elektrodinamikus hangszóró felépítése.<sup>57</sup>

<sup>33</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

### Kondenzátor-hangszóró:

A kondenzátor- vagy statikus hangszóróknál a membrán a rá ható elektrosztatikus erő következtében mozog. A kondenzátor-hangszóró egy olyan kondenzátor, amelynek egyik fegyverzete a rugalmas membrán, másik fegyverzete pedig egy merev fémlelektróda. A hangszóró elvi vázlatát a 3.27 ábra mutatja. A nyugalmi kapacitás az elmozdulás hatására megváltozik. Az állandó előfeszítést az R ellenálláson keresztül a hangszóróra kapcsolt polarizációs feszültség biztosítja.

Jellemzői:



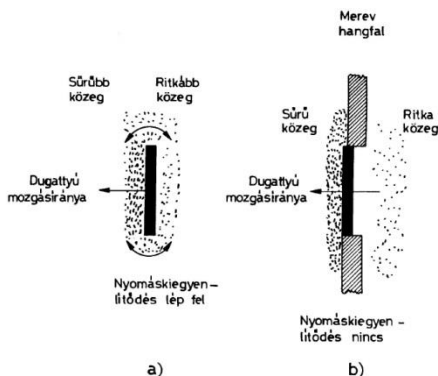
- Közel torzításmentes sugárzás érhető el, ha teljesül az  $RC > 1/(2f)$  feltétel, ahol C az álló és mozgó fegyverzet közötti kapacitás és  $f$  az előforduló legnagyobb hangfrekvencia,
- Kis torzítás, jó hatásfok,
- Jó magashang-visszaadás (sáv szélesség  $B = 6 - 12$  kHz, ill.  $10 - 30$  kHz),
- Hátránya, hogy nagy (4 – 10 kV-os) polarizációs feszültséget igényel,
- Hátránya, hogy az elektrosztatikus hatás miatt a membrán porosodik.

3.27. ábra Kondenzátor hangszóró.<sup>38</sup>

1 ellenütemű transzformátor; 2 erősítő kimeneti jele; 3 polarizációs feszültség; 4 álló lemez; 5 mozgó lemez<sup>34</sup>

### 3.2.6. A hangfal és a hangdoboz szerepe

A hangfalak, hangdobozok működését alapvetően az akusztikus rövidzár jelensége befolyásolja. Ennek lényege, hogy viszonylag lassan mozgó membrán esetén (mélyebb hangoknál) a hangszóró membránjának két oldala közötti nyomáskülönbségnek van ideje kiegyenlítődni, így a kisugárzott hang teljesítménye csökken (3.28 a) ábra).



3.28. ábra Hangfal értelmezése

A jelenség kiküszöbölésére a hangteret két részre kell osztani. Ez elvileg egy végtelen nagy felületű falba (hangfalba) épített hangszóróval valósítható meg, mert ekkor biztos nincs nyomáskiegyenlítés (3.28 b) ábra). (Ekkor a hangszórókat "dugattyúval" modellezhetjük.)<sup>35</sup>

Elméletileg a végtelen kiterjedésű hangfal biztosítaná a tökéletes akusztikus szigetelést a hangszóró előtti és mögötti tér között. Ez a követelmény azonban a gyakorlatban nem teljesíthető. Ezért úgy igyekeznek megakadályozni a kiegyenlítődést, hogy hátrahajlítják a

<sup>34</sup> Forrás: Rádió – és televízióműszerész szakmai ismeret I., Műszaki Könyvkiadó, 1998.

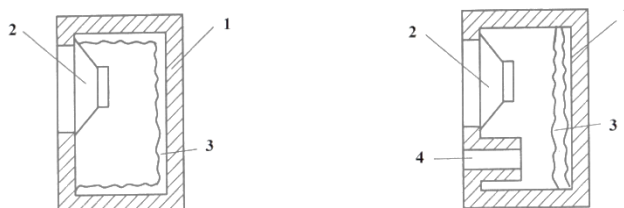
<sup>35</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

hangfalat és egy hátlappal bezárják. Így egy zárt dobozt hoznak létre. Ezt nevezik hangdoboznak, ami felfogható egy „összehajtogatott” végtelen hangfalként.

### 3.2.7. A hangdoboz megvalósítási lehetőségei

#### Teljesen zárt hangdoboz:

A doboz kialakításánál ügyelni kell arra, hogy a doboz (1) anyaga szilárd legyen (ne rezegjen). A dobozban a belső levegő a hangszóró (2) mozgásakor „rugóként” viselkedik, és ez növelheti a mechanikai rezonanciát, így az belekerülhet a hallható frekvenciasávba. A belső méretek miatt állóhullámok alakulhatnak ki, ezért elnyelő anyagot (3 - ipari vatta) szoktak a belső oldalakra helyezni.



3.29. ábra Zárt és reflex hangdoboz<sup>36</sup>

#### Reflexnyílásos doboz:

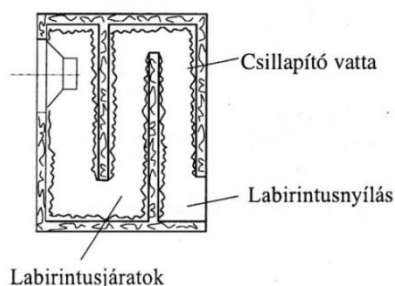
A nyitott doboz miatt nem nő jelentősen a mechanikai rezonancia és a reflexnyílásban (4) lévő levegő mechanikai rezgőkörként kompenzálja a hangszóró kisfrekvenciás átviteli hibáit.

#### Akusztikus labirintus:

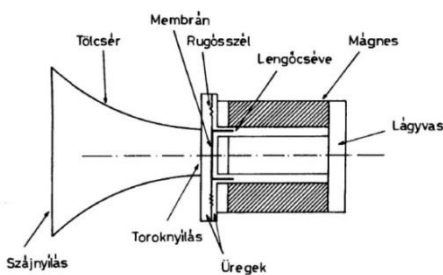
A csatorna megtörése és belsejének csillapítása a magas hangoknál fellépő állóhullámok csökkentése miatt szükséges. Mélyhang átvitele viszonylag gyenge.

#### Exponenciális tölcser:

A hangszórót egy tölcser illeszti a hangtérhez. A tölcser toroknyílása általában kisebb, mint a hangszóró membránja. A membrán és a torok között helyezkedik el a nyomáskamara. A tölcser által leadott akusztikai teljesítmény jóval nagyobb, mint a hangszóróé.



3.30. ábra Akusztikus labirintus



3.31. ábra Exponenciális tölcser<sup>37</sup>

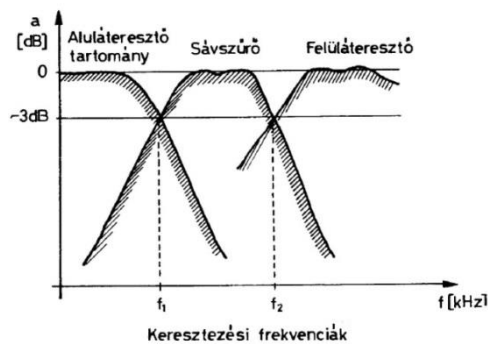
<sup>36</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

<sup>37</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

### 3.2.8. Hangváltók

A természetű hangvisszaadás egyik követelménye, hogy a hangsugárzók a teljes frekvenciasávban (20 Hz...20 kHz) egyenletesen adják le a hangfrekvenciás teljesítményt. A valóságban ilyen követelményeket kielégítő hangszórókat igen nehéz gyártani. Ezért lemondanak a viszonylag széles hangfrekvenciás sáv egy hangszóróval való átviteléről és egy költséges szélessávú hangszóró helyett több keskeny sávban működő hangszórót alkalmaznak. A széles sávot legalább két-, de ideális esetben háromutas módon kell átfogni, azaz külön mélyet, külön magasat és külön utat biztosítva a közepes hangoknak. A széles sávot legalább két-, de ideális esetben háromutas módon kell átfogni, azaz külön mélyet, külön magasat és külön utat biztosítva a közepes hangoknak. Ez azt jelenti, hogy a hangfrekvenciás sáv legalsó határától a 300...500 Hz-ig terjedő mély hangokat az egyik, a 400 Hz... kHz-es közepes hangokat a másik és az 5 kHz-től a legmagasabb frekvenciáig a harmadik úton kell átvinni.

Ha a különböző frekvenciasávokon működő hangsugárzókat szűrőként fogjuk fel, amelyek csak a kívánt sávban dolgoznak, akkor azonnal látható, hogy az egyenletes átvitel a teljes frekvenciatartományon belül közel sem biztosított. Az erősítő kimenetét a teljes



3.32. ábra Hangváltók karakterisztikája<sup>41</sup>

hangfrekvenciás sávban mindig azonos terhelőimpedanciával kell lezárni az egyenletes teljesítményleadás érdekében. Ezen kettős követelménynek tesznek eleget a hangdobozba beépített hangváltók, az ún. crossoverek.<sup>38</sup> A hangváltót úgy kell méretezni, hogy a bemeneti impedanciája minden frekvencián ugyanolyan legyen.

### 3.2.9. Hangsugárzók és megválasztásuk

(5.1-es hangrendszerrel, Left, Center, Right, Left-Surround, Right-Surround, Sub)

*Front hangsugárzók:* Alapvetően meghatározzák a hangzást. Méretük és teljesítményük megfelelő legyen a helyiség méretéhez képest. Megfelelő magasságban, a hallgatótól szimmetrikusan, egyenlő távolságra, optimális szögben (45°) legyenek. Ne legyen a hang útjában semmilyen tárgy.

*Közép hangsugárzó:* Leglényegesebb szerepe a párbeszéd „közvetítése”, ezért fontos, hogy a látványhoz minél közelebb, közepén, a látvány fölött, vagy alatt helyezkedjen el. Alakja általában széles és lapított.

*Háttér hangsugárzók:* Kisebb méretű, kisebb sávot átvivő hangsugárzók, amelyek kisebb hangerővel valósítják meg a hangtér nyitását hátrafelé. Elhelyezkedésük lehet olyan, hogy a falról visszaverődve érkezik fülünkbe a hang. Az optimális irányt ki kell tapasztalni. Elhelyezése legyen 0,5 – 1 méterrel magasabban, mint a fejünk ülő testhelyzetben.

*Mélyhang hangsugárzó:* Ha nagy, erőteljes, dübörgő hangzást akarunk, akkor szükséges ez a speciális, kizárólagosan a legmélyebb hangok sugárzására képes hangsugárzó is. Létezik passzív hangsugárzó és aktív hangsugárzó (a végerősítő a hangdobozban van). Olyan helyen legyen, hogy a megfelelő teljesítménnyel is tudja adni a mély hangokat.

<sup>38</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

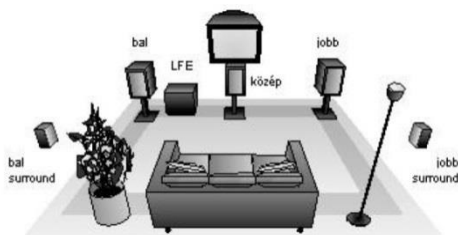


### 3.2.10. A több hangsugárzós hangvisszaadás lehetőségei

*Dolby Surround:* Négycsatornás hangrendszer, amelyben bal, jobb, közép és környezeti hangtér (surround) sugárzókat használnak. A 4 jel, 2 csatornára kódolva. Sztereo-kompatibilis, a vevő oldalon Dolby Surround dekóder van.

*Dolby Surround Pro Logic:* Megjelenik egy első középső hangsugárzó, közel a képfelvételhez (alatta vagy fölötte). Ezzel javult a középről érkező hangok onnan hallhatóak, ahol a forrásuk látható. Ez egy 5.1-es rendszer, 2 csatornára kódolva. Sztereo-kompatibilis, a vevő oldalon Pro Logic dekóder van. A kódolt sztereo jelből állít elő 5-6 jelet, de sztereo jelből is képes térhatást produkálni.<sup>39</sup>

*THX:* Az előző rendszer továbbfejlesztése. Jobb háttérhang jellemzi.



3.33. ábra Dolby Digital

*Dolby Digital:* Ez egy 5+1 rendszer, Bal/Jobb első, Bal/Jobb háttér, Középső, SUB / Mély (opcionális). Felvétel: 5-6 mikrofonnal. Kódolása egyetlen folytonos bitfolyammá történik, az 5 csatorna teljesen egyenértékű, 20Hz-20kHz-ig egyenletes dinamika és a SUB csak alacsony frekvenciákat ad 20Hz-120Hz-ig. AC-3 kódolást alkalmaznak, amely kihasználja a hangelfedést a sávok között is, a

mintavételezése 32-48 kHz, amikkel kb. 10-szeres adatméret csökkenés érhető el a 48 kHz/16 bites PCM adatmérethez képest.

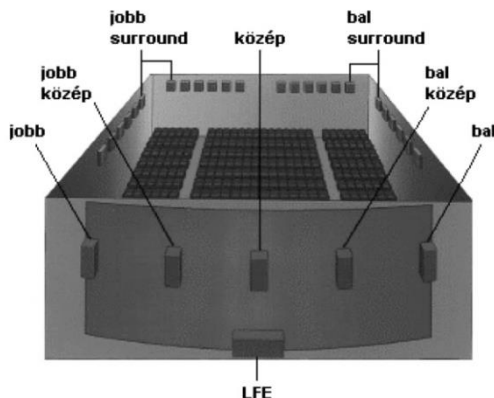
*Dolby AC-3:* Előző rendszerrel egyenértékű 5+1 csatornás rendszer. a digitális tömörítési eljárásnál, felhasználják a Dolby zajcsökkentési rendszer tapasztalatait. Elérték a 12-szeres adatméret csökkenés

*DTS (Digital Theater System, digitális színházi rendszer):* A rendszer 384 kbit/s adatátviteli sebességgel, 24 bites felbontással 192 kHz-es mintavételi frekvenciával, állít elő 7.1-es kiváló minőségű hangot.

*MPEG-2 (Motion Picture Experts Group) audio:* Az MPEG olyan 8 csatornás digitális hangformátum, amely a 48 kHz/16 bit-es mintavételezésű PCM adatokat tömöríti. A rendszer a DVD-nél is alkalmazható.

*LPCM (Lineáris Impulzus-kódmoduláció):* Nem tömörített, digitális hangformátum. A mintavételezési frekvencia 48 kHz vagy 96 kHz, a kvantálás 16, 20 vagy 24 bit lehet. Ennél a rendszernél is nyolc csatorna lehetséges.

<sup>39</sup> Forrás: Rabóczki Róbert: Szoftveres hangtömörítési eljárások ismertetése és összehasonlítása (szakdolgozat), Eger, 2000.



*SDDS (Sony Dynamic Digital Surround):* Digitális hangformátum, amely PCM adatokat tömöríti. Az első 7.1 csatornájú digitális hangrendszer, amely csak moziban található meg.

3.34. ábra Sony Dynamic Digital Surround

### 3.3. Hangrögzítés

A hangjel feldolgozás különböző területein használt technológiák kialakulásában meghatározó szerepe volt, van és lesz az adott időszakban használható jelrögzítési technikáknak.

A hangjelek rögzítésekor célunk az, hogy egy adott információhordozóról később az eredetihez hasonló minőségben vissza tudjuk adni a hanganyagot. Első lépésben a hangjelek hangnyomását **analóg** módon rögzíthető elektromos jellé alakítják át, majd rögzítik.

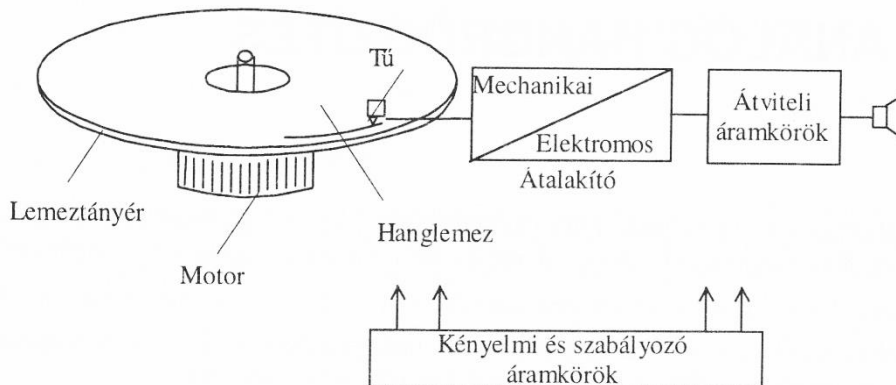
Korábban a hanganyagok analóg rögzítésére két eljárást alkalmaztak. Egy szűkebb felhasználói körben az elektromechanikai hangrögzítést (hanglemezek esetén), valamint jellemzően a mágneses hangrögzítést (hangszalagok).

A **digitális** hangrögzítés az analóg rögzítés folyamatán alapul, a különbség a rögzített állomány típusában mutatkozik meg. Az analóg jelek egy folyamatos(an változó) eseményt folyamatosan ábrázolnak. A digitális jelek csak (kódolt) szakaszos elemekből állnak.

#### 3.3.1. A Hi-Fi lemezjátszó főbb szerkezeti egységei és működése

A lemezjátszó-berendezés feladata, hogy a szükséges elektroakusztikai követelményeket teljesítse:

- Szabványos (45; 33 1/3) és egyenletes fordulatszám biztosítása,  $\Delta v = 0,1 \%$  fordulatszámon belüli megengedett ingadozás mellett.
- Hangszedőkar liftszerűen csillapított ráengedése a lemezre (kézi vagy automatikus).
- A kifutóbarázda automatikus észlelése és egyben a hangszedőkar felemelése a lemezről.



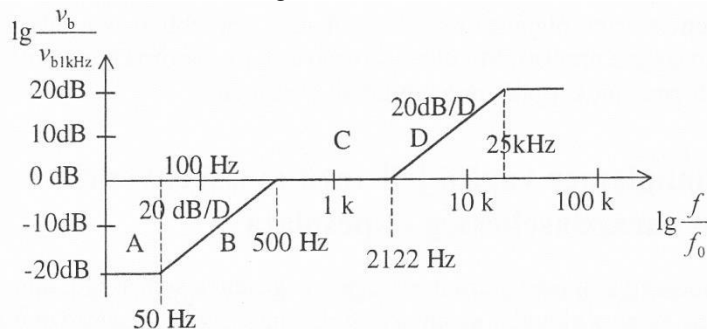
3.35. ábra A lemezjátszó felépítése<sup>40</sup>

A hanglemezre az anyag mechanikai formálásával rögzítjük a jelet (hanglemez vágás) és valamilyen mechanikai-elektromos átalakító (hangszedő) tapogatja le a jelet. Létezik lézér lemezjátszó is, ahogy neve is mutatja, tű helyett lézert használ. Összesen 5 lézert használ a barázdákat.

A hangszedők többségének felépítése olyan, hogy lejátszáskor csak akkor lesz frekvenciafüggetlen a lejátszott feszültség, ha a tű barázdára merőleges sebessége állandó. Ha viszont a frekvencia növekedése mellett a lejátszott feszültséget állandó értéken akarjuk tartani, akkor az amplitúdót csökkenteni kellene. Emiatt a következő problémák merülhetnek fel:

- kis frekvencián túl nagy amplitúdó kellene, ami a barázda átszakadásához vezetne;
- nagy frekvencián olyan kis amplitúdó kellene, ami elveszne a barázda szemcsézettségében.

Ezen okok miatt vágási korrekciót kell alkalmazni. a megfelelő barázdánagyság érdekében a felvételt különböző barázdasebességekkel készítik.



3.36. ábra A hanglemez szabványos vágási jelleggöbéje<sup>45</sup>

A hangszedőkar vezet végig a hangszedőt a barázdákon és tartja a hangszedőt a megfelelő túnyomóerővel a barázdák fölött. Elvileg végtelen hosszú kar adna tökéletes visszajátszást, ugyanis az ún. lekövetési szöghiba a véges hosszúságú karok esetén mindig fennáll.

<sup>40</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

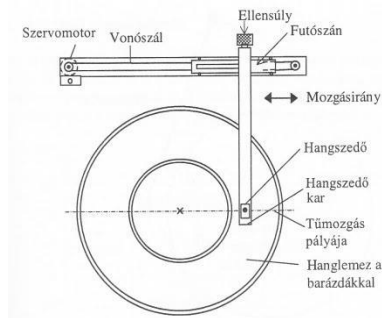
Ezért hoztak létre ún. tangenciális (érintőirányú) lejátszókkal ellátott lemezjátszót, ahol a kartovábbítást összetett áramkör bonyolítja. Ez a módszer adja a legkisebb lekövetési szöghibát és ekkor optimális a letapogatás, ugyanis ugyanilyen elven történik a hanglemezek vágása is.<sup>41</sup>

*A lemezjátszók mechanikai rendszere:*

Karlift a tű egyenletes, lassú és rezdülésmentes le illetve felemeléséhez. Általában egybeépül a végkikapcsolóval és az antiskating-mechanika.

Mikroprocesszoros vezérlésű lemezjátszóknál ezeken kívül még további, bonyolult feladatokat ellátó mechanikai rendszereket is alkalmaznak.

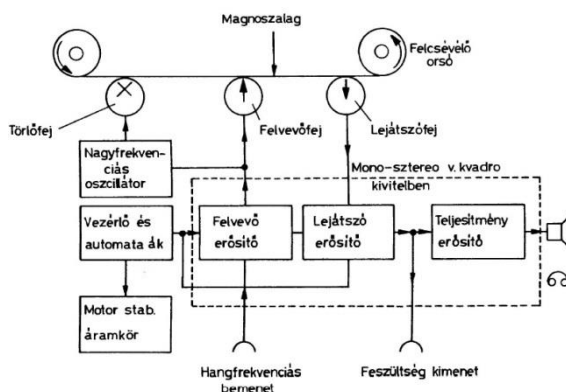
A futómű biztosítja az egyenletes forgatónyomatékokat a tányér számára. A meghajtást elektromotor végzi. A futóművet alapvetően jellemzi a lemeztányér hajtási módja.



3.37. ábra Tangenciális kar.

### 3.3.2. A mágneses hangrögzítés és lejátszás elve

A mágneses hangrögzítés elve az, hogy egy mágnesezhető réteggel ellátott hajlékony szalagot, egyenletes sebességgel mozgatunk a keskeny légréssel ellátott elektromágnes előtt. Az elektromágnesbe vezetett hangfrekvenciás áram által létesített váltakozó mágneses tér a fej előtt elhaladó mágnesezhető anyagot a frekvencia és az amplitúdó szerint felmágnesezi. Így a váltakozó erősségű és irányú elemi mágnesek sorozatát tartalmazta. A mágnesezett jelhordozót hasonló kivitelű, légréssel ellátott lágyvasmagos tekercs előtt ugyanolyan sebességgel mozgatva az elemi mágnesek erővonalai a vasmagon záródnak és a tekercsben hangfrekvenciás feszültséget indukálnak.



3.38. ábra Mágneses hangrögzítés tömbvázlata<sup>46</sup>

A hangfrekvenciás áram elektronikus berendezésekkel újból hanggá alakítható át. Az ilyen elven működő berendezéseket magneto-fonoknak nevezzük.

A fejek a nagyfrekvenciás oszcillátorhoz, a felvevőerősítőhöz, illetve a lejátszóerősítőhöz kapcsolódnak. Közhasználatú magneto-fonokban általában eggyel kevesebb fejet építenek be, mert ezekben mind a

felvételt, mind a lejátszást ugyanazon fej, a kombinált fej végzi, megfelelő átkapcsolás után. A mágneses hangrögzítés három fázisa, a törlés, a felvétel és a lejátszás.

*Mágnesszalag törlése:*

Olyan mágneses teret kell előállítani, amely a szalagot telítésig mágnesezi, majd csökkenő nagyságú váltakozó mágneses térrel lemágnesezi. Ez a nagyfrekvenciás törlés:

*Hangrögzítés:* A felvevőfejben a mágneses mező a hangfrekvenciás jelnek megfelelően változik. a fej előtt elhaladó szalag ezen a szórt mezőn halad át és közben a fej mágneses

<sup>41</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

erővonalai a szalagon keresztül záródnak. A tekercsben folyó áram és a remanens mágnesség közötti összefüggést az ún. B-H görbe alapján határozhatjuk meg.

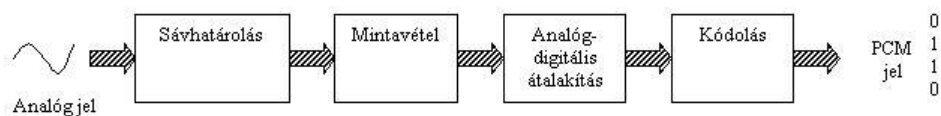
Abban az esetben, ha a felvevőfej tekercsére a nagyfrekvenciás előmágnesező jel és a hangfrekvenciás jel összege kerül, akkor a rögzített ultrahangfrekvenciás jel (50 ... 80 kHz) burkológörbéje torzítatlanul adja vissza a felvenni kívánt jel alakját.

*Lejátszás:*

A felvétel során a hangszalagra rögzített jel a szalag hosszában, folyamatosan, egymást követő rendezett mágnesrészecskékké alakul át. A mágneses télerősségvonalak azonban a szalagból kilépnek és a levegőn keresztül is záródnak. Ha a szalagot ugyanolyan szorosan a lejátszófejhez szorítjuk és ugyanazon sebességgel elhúzzuk, mint azt a felvétel során tettük, a szalag szórt mágneses tere a vasmagon keresztül záródik és a fej tekercsében hangfrekvenciás feszültséget indukál.

### 3.3.3. A hang digitalizálásának folyamata

A digitális hangrögzítés az analóg rögzítés folyamatán alapul, a különbség a rögzített állomány típusában mutatkozik meg. „Az analóg jelek egy folyamatos(an változó) eseményt folyamatosan ábrázolnak. A digitális jelek csak (kódolt) szakaszos elemekből állnak.” A digitális jelek időben és értékben elkülönülnek, diszkrét mintákból állnak. Az egyes mintákhoz bináris kódok tartoznak, melyek digitális áramkörök segítségével alakulnak át analóg jellé. (PCM technika – PulseCode-Modulation).



3.39. ábra A PCM jel előállításának folyamatábrája

Digitális hangrögzítéskor az analóg rögzítéshez hasonlóan elektromos jelekké alakul át a hangjel, melyből mintavételezéssel és kvantálással rögzíthető digitális jelsorozatot kapunk.

A digitalizált hangállományból az eredeti hangállományt csak bizonyos hibával lehet visszaállítani. A hiba mértékétől függően beszélünk a digitalizálás minőségéről.

Hangok digitalizálásakor három fontos tényezőt kell figyelembe venni, mely paraméterek befolyásolják a hangállomány méretét és minőségét:

- a mintavételi frekvencia,
- a kvantálási hossz,
- a hangcsatornák száma.

Mintavételezéskor, a jelből azonos időszakonként mintát vesznek, és nem tudunk semmit a mintavételezési időpontok közötti tartalomról. A mintavételezési frekvencia értéke a rögzíteni kívánt hangfrekvenciás jel frekvenciatartományát határozza meg. Ha ez az érték az analóg jelben előforduló legnagyobb frekvencia kétszerese, akkor a visszaállított hanganyag hangfrekvenciák szempontjából hibamentes lesz. Annak érdekében, hogy az egyes eszközökön elkészített digitális hanganyagok más berendezéseken is megszólaltathatóak legyenek, három szabványos mintavételezési frekvencia létezik: 11,025 kHz, 22,05 kHz és 44,1 kHz. A zenei CD lemezekben található hanganyagok 44,1 kHz-cel lettek mintavételezve.

Kvantálásnak nevezzük azt a folyamatot, amikor mintavételezett impulzussorozat amplitúdó értékeit meghatározott számú bit felhasználásával bináris számokká alakítják át. A rendelkezésre álló bitek száma a kvantálási hossz. Minél több amplitúdó értéket lehet megkülönböztetni, annál pontosabban lehet visszajátszáskor a digitális jelsorozatból

visszaállítani az eredeti analóg jelet. A kvantálás általában 16 biten történik, mely eljárás ebben az esetben 65536 különböző kvantálási szintjével Hi-Fi minőséget eredményez.

Sztereo hanganyag rögzítések két csatorna jelét (bal- és jobboldali) digitalizáljuk, kétszer annyi információt tárolva, mint mono hanganyag egy csatornájú jelének rögzítésekor.

A digitális hangállományok tárolásához méretükből fakadóan sok helyre van szükségünk. Egy 16 bit kvantálási hosszal és 44,1 KHz mintavételezési frekvenciával felvett hangállomány hossza csatornánként és percenként:

$44.100 \text{ Hz} \times 16 \text{ bit} \times 60 \text{ sec} \div 8 = 5.292.000 \text{ bájt} = 5.168 \text{ kbájt} = 5,05 \text{ Mbájt}$

*A digitális jelfeldolgozás előnyei:*

- Jobb jel/zajviszony. A digitális jel a diszkrét és kvantált jelleg miatt a zavarójelekre érzéketlen, ill. a zavarójelekkel torzított digitális jelből amplitúdóhatárolással a szintek helyreállíthatóak. Ennek megfelelően a digitális rendszerek jel/zaj viszonya a 90 dB-t is meghaladhatja.
- Nagyobb dinamikatartomány. Mivel a jel/zaj viszony jobb, így a dinamikatartomány is növelhető (a kisszintű jelek nem vesznek el a zajban).
- A digitális felvételekről tetszőleges számú másolat készíthető, minőségromlás nélkül.
- Lineáris frekvenciamenet.
- Mozgóelemes jelkövetést alkalmazva a mechanikai problémák csökkennek.

*A digitális jelfeldolgozás hátrányai:*

- Az adatkiesésből származó hibák hatása jelentősebb, mint analóg jelek esetén. Ezek a hibák megfelelő hibajavító és hibaelfedő eljárásokkal jól javíthatóak.
- A digitális jel feldolgozását végző áramkörök jóval bonyolultabbak és drágábbak, mint az analógkészülékekben használt áramkörök.
- A kvantálás járulékos zajt okoz. Ez a zaj pl. túlmintavételezési eljárással csökkenthető.
- A digitális jelfeldolgozó áramkört „túlvezérelve” (a kvantálási lépcsők maximumát meghaladó amplitúdójú jellel vezérelve) a hangfrekvenciás jel összeomolhat.

Mivel a digitális jelfeldolgozású eszközök közül a CD-t és az R-DAT-ot, ill. a DVD-t használják leggyakrabban a hangtechnikában, ezért ezeknek a készülékeknek a felépítését és működését tárgyaljuk.

### **3.3.4. Digitális adatrögzítő eszközök**

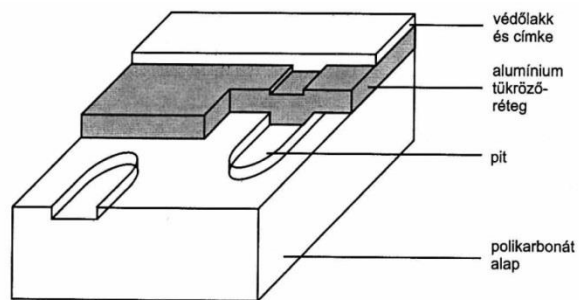
*Compact Disc (CD):*

A CD 120, illetve 80 mm átmérőjű műanyag korong, melyen igen apró pitek (magyarul mélyedések) és a pitek közti sík területek hordozzák az információt. A pitek egy keskeny csigavonal mentén helyezkednek el, amely a korong belsejétől kifelé halad. A lemezen lévő információt lézersugárral, a lemez mechanikus érintése nélkül lehet kiolvasni, így a lejátszás legkisebb mértékben sem koptatja a lemezt.

A lemez mechanikai szilárdságát a polikarbonátból készült átlátszó alap adja (3.40 ábra). Ennek egyik oldalán vannak a 0,11-0,13  $\mu\text{m}$  (mikrométer) mély és fél  $\mu\text{m}$  széles pitek. A pitek hossza 0,8 és 3  $\mu\text{m}$  között változik. A polikarbonát-korong pitek felőli oldalán lehet vékony (50-100 nm-nyi), többnyire alumínium tükrözőréteg található. Efelett van a körülbelül 30  $\mu\text{m}$  vastagságú védőlakkréteg, melyre a címke kerül.

Lejátszáskor a letapogatás helyén a CD kerületi sebessége állandó (Constant Linear Velocity, CLV, állandó pályasebesség). Értéke lemezenként 1,2-1,4 m/s között van. A fordulatszám belül, a lemez elején körülbelül 500 fordulat/perc, kifelé haladva folyamatosan csökken, a lemez vége felé már mindössze 200 ford./perc. Így a kerületi sebesség állandóságából adódóan az időegységre jutó „barázdahossz” mindig állandó, tehát az információ rögzítése a lemez sugarától függetlenül mindig azonos minőségű (vö. mikrobarázdás lemez).

A lemezen lévő összes információt (a hangmintákat, az időadatokat, a vezérléshez szükséges adatokat, a hibajavító kódot) egyetlen pitspirál hordozza.



3.40. ábra CD rétegei

A pitspirál három részre osztható: bevezető szakaszra, programterületre és kivezető szakaszra. Belül, a spirál elején van a tartalomjegyzéket tartalmazó bevezető szakasz (Lead-in), a programterületen található a műsorszámok, a kivezető szakasz (Lead-out) pedig a hangfelvétel végét jelzi.

Hangfrekvenciás jellemzők:

Csatornaszám: 2, kétszeres sebességnél 4,	Adatátviteli sebesség: 4,3218 Mbit/s.
Rendszerdinamika: min. 90 dB;	Csatornakódolás: EFM.
Harmonikus torzítás: $k < 0,050\%$ ;	Előkiemelés: 50 vagy 15 $\mu$ s,
Mintavételi frekvencia: 44,1 kHz;	Hibajavítás: CIRC
Kvantálás: 16 bites, lineáris	

A CD-Digital Audio rendszer felvételi eljárása (3.41 ábra):

- Előerősítők előkiemeléssel: A vonali erősítő feladata az analóg jel megfelelő szintre hozása. Az előkiemelés pedig a jel/zaj viszony növelése érdekében szükséges. Általában 50  $\mu$ s-os vagy 15  $\mu$ s-os időállandókkal dolgoznak.
- Aluláteresztő szűrők: A hangjel frekvenciatartományának felső határát 20 kHz-re állítjuk be, amit az aluláteresztő szűrő garantál.
- Mintavevő és tartó áramkörök. A mintavételezési frekvencia 44,1 kHz.
- Analóg/digitális (A/D) átalakító Elektronikus áramkörök és híradástechnika: 16 bites lineáris kvantálást alkalmaznak.
- CIRC (Cross Interleave Reed Solomon Code) kódoló: A CD-lemezek olvasásakor több probléma léphet fel. Pl. gyártási hibák (egy mikrométerű részecske eltéríti a lézer útját vagy használati hiba (karcolás keletkezik a

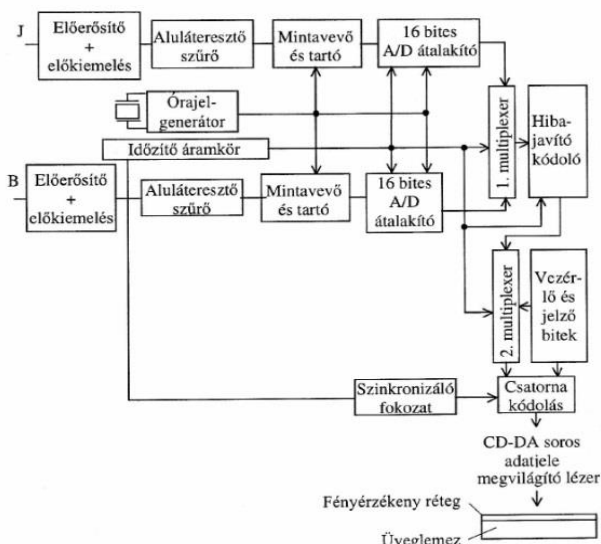
lemezen). Ezeket és az egyéb hibákat orvosolni kell, amihez hibajavító és hibaelfedő eljárásokat alkalmaznak.

Olyan eljárásra van szükség, amely a hiba helyéről is ad felvilágosítást. A Ciklikus redundancia vizsgálat (Cyclic Redundancy Check code, CRC). A redundáns kódok lényege, hogy az adatszavak mellé beiktatnak ún. védőbiteket, amelyekkel egy későbbi fázisban a hibák javítása megoldható. Konkrétabban a CRC lényege az, hogy az egyes adatszavakat átvitel előtt meghatározott értékkel osztják, majd a hányadosuk maradékából védőbiteket képeznek, amelyek az adatbitekkel együtt részt vesznek az átvitelben. Így az adatszó információ és védőbitek áll.

Igen egyszerű eljárás erre a kereszkódolási vizsgálat. A vizsgálat első lépéseként a mátrix formában rendezett adatszavakat vízszintes és függőleges paritásokkal egészítik ki (páros paritásra). Az átvitel utáni paritásvizsgálattal a keresztezési pontban megjelenik a hibahely. A hiba kijavítása kapcsolástechnikailag egy invertáló áramkörrel végezhető el. Sok hibát a hibajavítási módszerek már nem képesek kijavítani. Ezért alkalmazzák a hibaelfedést, amelynek során a hibás kódszót az előtte lévő és azt követő kódszóból bonyolult matematikai műveletekkel, a hallás élettani hatásaira támaszkodva pótolják.

A használatos hibaelfedés alapja a Cross Interleaving eljárás. A Red-Solomon olyan kód, ami kódolás előtt a kódszavakat mátrix formába rendezi, ezzel visszakódoláskor az egymás melletti hibás adatok visszakódoláskor szétszóródnak és lehetséges a szomszédos adatszavakból a hibákat pótolni. Az eljárások részletei az ajánlott szakirodalomokban megtalálható-ak.<sup>42</sup>

*R-DAT (Rotary head Digital Audio Tape):*



3.41. ábra A CD-Digital Audio rendszer felvételi eljárása

A forgófejes R-DAT az a készülékcsalád, melyet ma már egyszerűen csak DAT néven emlegetünk. A DAT a hangmintákat digitális kódként rögzíti. Hangminősége a kompaktlemezzel azonos minőségű. Standard üzemmódban a rögzítésre kerülő, lineáris kvantálású hangminták 16 bitesek. A mintavételi frekvencia 44,1 kHz vagy 48 kHz.

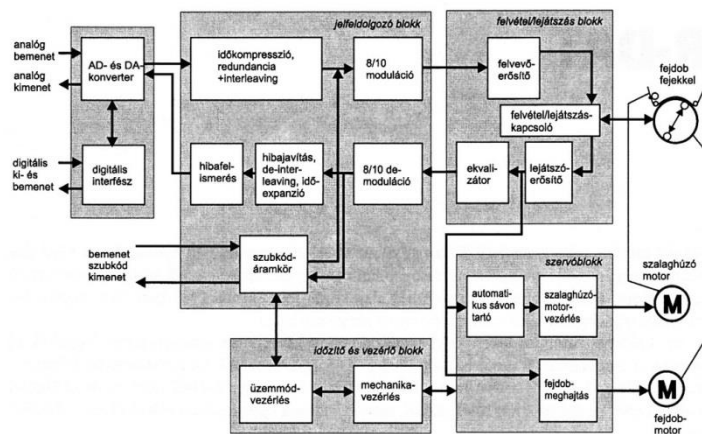
Felvétel során az analóg jelet a rendszer két csatornán (bal és jobb) dolgozza fel. A hangfrekvenciás jelet először felerősítik (előerősítő), majd egy aluláteresztő szűrővel sávhatárolják a választott üzemmódnak megfelelően 15 kHz-n vagy 20 kHz-en. Ezt követően a mintavevő és tartó áramkör mintákat vesz a sávhatárolt jelből, amelyek az A/D átalakítóba jutnak.

<sup>42</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.



Az A/D átalakító mind a három (32 kHz, 44,1kHz és 48 kHz) mintavételezési frekvenciát fel tudja dolgozni, és kimenetén a kvantálás és kódolás után kettes komplementkódban jelenik meg az analóg hangfrekvenciás jel.

A jobb és bal csatorna digitalizált jeléből egy multiplexer képez soros digitális jelet. Ez a soros jelfolyam egy illesztő (interface) áramkörre kerül, amelyre az R-DAT digitális bemenetéről származó jel is csatlakozik. A következő egység feladata a blokkszervezés és a hibajavítás. A kimeneten a hibajavító kettős Reed-Solomon kódolás mellett interleaving eljárásra is sor kerül. A második multiplexerrel az alkódokat (kiegészítő adatokat) iktatják be a jelfolyamba.



3.42. ábra Az R-DAT magnetofon blokkvázlata<sup>43</sup>

Az alkódok beiktatása után a csatornakódolás következik. Az átviteli csatorna tulajdonságaihoz akkor optimális az illesztés, ha 8/10-es csatornakódot alkalmaznak. A csatornakódolás során beépítik a jelfolyamba a sávkövetéshez szükséges jeleket is. Az időalap-korrektor feladata kettős: a hangminták kvarcpontosságú időzítésén túl felvételkor itt történik a hangmintaadatok hibajavító kódokkal való ellátása, illetve lejátszáskor a hibajavítás.

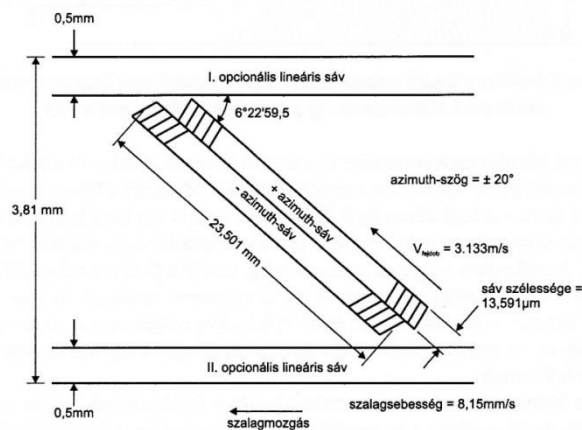
Az R-DAT-ban nem szükséges a fejeknek egyidejűleg olvasniuk a szalagon lévő információt, ezért a felfekvési szög  $90^\circ$ . A fejdob egy körbefordulása alatt a fejek csak a körbefordulás idejének negyedéig érintkeznek a szalaggal. A folyamatos adatáramlás fenntartásához egy pufferbe írják a rögzítendő adatokat felvételkor, majd a beírási sebesség kétszeresével szakaszosan olvassák ki. A szakaszosan érkező jelfolyamot az időalap-korrektor memóriájába töltik, ahonnan már folyamatosan, kvarcpontossággal történik a kiolvasásuk. Az R-DAT-rendszer általános műszaki jellemzői:

- Frekvenciamenet: 5 Hz-27 000 Hz + 0,5 dB;
- Jel/zaj viszony: 90 dB;
- Rendszerdinamika: 90 dB;
- Harmonikus torzítás 1 kHz-en: 0,005%.
- Hozzáférési idő: 15 s (T120 kazettával, keresés funkció);
- analóg bemenet: 640 mV;
- analóg hangkimenet: max. 3V/2W.

<sup>43</sup> Forrás: Jákó Péter: Digitális hangtechnika, Kossuth Kiadó 2005.

Az olcsóbb készülékek két feje egymásnak háttal, a fejdob átlója mentén, a drágább berendezések négy feje viszont két egymásra merőleges átló mentén foglal helyet. Ez utóbbi készülékek esetén a fejek számának megkettőzése lehetővé teszi, hogy már felvétel közben visszahallgathassuk a felvett anyagot.

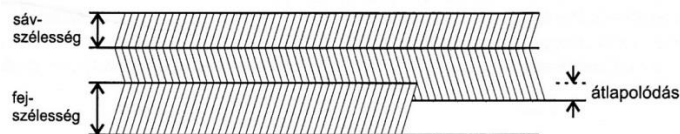
A forgófejek által létrehozott ferde csíkok mérete és elhelyezkedése a 3.43 ábrán látható. A forgófejes rendszerek haránt irányú sávjai közvetlenül egymás mellett helyezkednek el, megtakarítva ezzel az elválasztó sávok által okozott szalagpazarlást. Ez az oka, hogy a DAT-ot is forgófejes rendszerként alakították ki. Az elválasztó sávok elhagyása esetén a precíz sávkövetést szervórendszerrel kell biztosítani.



3.43. ábra R-DAT szalag felépítése

Mágneses rögzítő rendszereknél a szalagról olvasott jel-zaj viszonya nagymértékben függ a mágnescsík szélességétől. Minél keskenyebb a csík, annál alacsonyabb a jel-zaj viszony. Mint tudjuk, digitális jelrögzítéskor a jel-zaj viszonyának nincs túl nagy jelentősége, hiszen csak a két logikai állapotot kell egymástól megkülönböztetni. Hibás kiolvasás esetén pedig a hibajavító rendszer feladata az információ korrigálása.

Az R-DAT-szalag ferde csíkjaikat a lehetőségeknek megfelelően minimálisra ( $13,6 \mu\text{m}$ ) méretezték. Felvételnél a szalag lineáris sebessége akkora, hogy a sávok átlapolódnak. Az eredmény az, hogy a szalagon lévő sávok keskenyebbek a fejek szélességénél, így lejátszáskor a fejek részben a két szomszédos csíkot is letapogatják.



3.44. ábra Sávok átlapolódása

A csíkok közti áthallás csökkentésére az azimuth felvételi eljárást alkalmazzák. Ennek lényege, hogy - szemben az állófejes magnetofonokkal, melyeknél a felvevő- és lejátszófej rése merőleges a sávra - a fejdobban lévő két fej rése szöget zár be a haránt irányú mágnescsíkra merőleges iránnyal. Az egyik fej rése pozitív, a másiké ugyanakkora negatív szöggel van elfordítva. Az elfordítás szöge az azimuth-szög, amely az R-DAT esetében  $20$  fok. Ha egy csík lejátszása a vele azonos azimuth-szögű fejjel történik, akkor a kiolvasott jel nem torzul. Ellenkező esetben a letapogatott jel spektrumában a magasabb frekvenciákon komoly hullámhosszfüggő csillapítás jön létre.

A rögzített sávok blokkokból állnak, egy sáv 196 blokkot tartalmaz. Egy blokk 36 darab 1 bájtos (8 bites) szimbólumból áll. A 196 blokkból 128 a hanginformációkat, valamint a hibajavító biteket tartalmazó PCM-kódolású blokk. Ezen PCM-blokkok mellett helyezkednek el az ún. ATF (sávkövető) rendszer, az alkód, az elválasztó, valamint peremjelző blokkjai is. A PCM-blokkokban a hangadatok mellett helyet kapnak a szinkronizálás, az azonosítás (mintavételezési frekvencia, kvantálás jellege, csatornaszám, szalagsebesség, másolás elleni információk), a blokkcímezés és a paritásvizsgálat adatai is.

*DVD (Digital Versatile Disc, Sokoldalú Digitális Lemez):*

A CD-k adatsűrűsége a gyorsan fejlődő alkalmazások fokozódó adatmennyiség szükségleteit már nem volt képes kiszolgálni. A DVD megalkotásakor a tervezők igyekeztek az elődök minden előnyös technikai megoldását és kedvező tulajdonságait felhasználni. Az eredmény egy a CD-ekkel megegyező geometriai jellemzőkkel bíró optikai lemez, ami viszont tárcapontosságában jóval felülmúlja a CD-eket. A pit-ek méreteit egyezményesen 0,4 µm-hez közeli értékekre, a sávok közötti távolságot pedig 0,74 µm-re redukálták. A letapogató lézernyaláb hullámhosszát 635 és 650 nm-ben rögzítették. Szerkezetileg négyféle lemeztípust rögzítettek a szabványosítók, melyek a tároló rétegek és az oldalak kombinálásából jött létre.

A DVD-lemezeknek négy alaptípusa van: a DVD-5, -10, -11 és 17.

DVD-5 lemez csak sztereohangfelvétel esetén kb. 55 óras hanganyag tárolására alkalmas. DVD-9 esetén a rétegeket két 0,6 mm-es lemezen alakítják ki, majd átlátszó ragasztóval összeragasztják ezeket. Az alsó rétegre 0,05 µm vastagságú féligáteresztő tükör kerül. Ennek az a feladata, hogy a lézersugár a felső rétegre is eljusson. A DVD-10 lemez lényegében két DVD-5 lemezből áll, lejátszásnál a DVD lemezt meg kell fordítani. A DVD-17 lemez két külön létrehozott és ragasztott lemezből áll.

Jellemző	Lemeztípus			
	DVD-5	DVD-9	DVD-10	DVD-17
Lézer hullámhossza, nm	650 (635)	650 (635)	650 (635)	650 (635)
Lemezátmérő, mm	120 vagy 80	120 vagy 80	120 vagy 80	120 vagy 80
Olvasási sebesség, m/s	3,49	3,84	3,49	3,84
Mín. pithossz, µm	0,4	0,44	0,4	0,44
Sávköz, mm	0,74	0,74	0,74	0,74
Tárolókapacitás, Gbájt	4,7	8,5	9,4	17
Csatornamoduláció	EFM+	EFM+	EFM+	EFM+
Hibajavító kódolás	RPC	RPC	RPC	RPC
Műsoridő, perc	133 (55 óra)	240	266	481
Kialakítás	Egyoldalú, egyrétegű	Kétrétegű, egyoldalú	Kétoldalú, oldalanként egyrétegű	Kétrétegű, kétoldalú

3.45. ábra DVD lemezek jellemzőinek összehasonlítása.<sup>44</sup>

A DVD adatformátumának eltérései a CD formátumától:

- nincs alkód-információ és így alkódcsatorna;
- az adatok 2048 bájtos szektorokban tárolódnak (CD esetén 2352bájtos szektorok);
- egyszintű hibajavítást alkalmaznak.

<sup>44</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

A DVD-lemezen a keretszervezett szektorok 2064 bájtosak, ebből 2048 az adatbájt. A hibajavítás miatt egy szektor 12 sorra, soronként 172bájtra tagolódik (3.46 ábra).

0. sor	ID	IEC	Fenntartott	160 adatbájt
1. sor	172 adatbájt			
.	.			
.	.			
.	.			
10. sor	172 adatbájt			
11. sor	168 adatbájt			EOC

3.46. ábra DVD lemez szektorok

A szektor az adatbájtokon kívül a következő adatokat tartalmazza:

- ID (Identification Data): 4 bájt azonosító adat,
- IEC (ID Error Correction): ID-hez rendelt 4 bájtos hibajavító adat,
- EDC (Error Detection Code): 4 bájt hibaértékelő adat.

Hibajavítás: Hasonlóképpen a CD-hez, itt is „átszótt” Reed-Solomon-kódolást alkalmaznak, de ez jóval bonyolultabb, mint a már ismert módszer. Neve: RPC (Reed-Soiomon Product Code, Reed-Solomon Együttes Kód).

Csatorna moduláció: EFM+ (8/16-os moduláció). Az eljárás a CD EFM kódolásánál megismerteken alapszik, vagyis a 8 bites adatokat 14 bitre kódolják és két csatolóbittel (CD-nél három) egészítik ki.

#### 4. Vizuáltechnika

A vizuáltechnika legfontosabb feladata, hogy a lejátszódó eseményekről készített képeket élethűen adja vissza a nézők számára. Ahhoz, hogy a továbbított kép valóban a természetes szemlélés érzetét keltse, a következőket kell megoldani:

- a kép egyes részleteinek, az ún. képelemeknek a fényességére vonatkozó információk átvitelét. A természetben e fényességértékek igen széles skálát ölelnek át, ezért meg kell elégednünk a relatív fényességek továbbításával;
- a képtartalom geometriai alakhűségének fenntartását;
- a mozgás természetű átvitelét;
- az egyes képrészletek színinformációjának átvitelét;
- a térbeli kép térhatású átvitelét.

##### 4.1. Televízió

Az optimális átviteli rendszer kialakításához figyelembe kell venni az átlagos emberi szem látással és az emberi fül hallással összefüggő tulajdonságait. Ezeket a pszichológia tudománya vizsgálja. A hang és a hallás összefüggéseit a hangtechnikánál ismertettük.

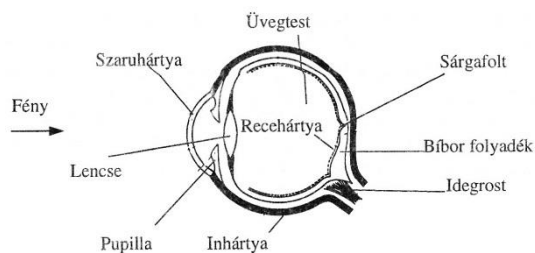
##### 4.1.1. Fénytechnikai és színelméleti ismeretek

###### Látás:

A környezetből felvehető információk körülbelül 80%-a vizuális eredetű. A vizuális információ forrása a tárgyakról visszaverődő fény, amely a szem fénytörő közegein átjutva a retinán kétdimenziós képet alkot. A látórendszer ebből a kétdimenziós képből hozza létre

a világ háromdimenziós mását. A szem a környezetből fényingereket vesz fel, ezek révén a tárgyak világosságáról, színéről, alakjáról és térbeli elhelyezkedéséről kapunk információkat. A retinára vetülő kép fordított irányú és kicsinyített. Kísérletileg igazolható, hogy a látórendszer elsősorban a változásokra érzékeny.

Az emberi szem látószögébe eső kép a pupillanyíláson át a retinán képződik le. A legélesebb kép a mindössze 0,3 mm átmérőjű sárgafoltban keletkezik. Tehát a látás térszögénél az éleslátás szöge kisebb, függőleges irányban kb.20°, vízszintes irányban kb. 50-60°. Mint a 4.1 ábrán látható, a retinán többféle sejtet lehet elkülöníteni.<sup>45</sup>



4.1. ábra Az emberi szem felépítése

Ezek közül a fényreceptorok csapok és pálcikák, amelyek nemcsak felépítésben térnek el egymástól, hanem funkcióikban is. A retinán mintegy 6-8 millió csap és kb. 120 millió pálcika található.

Az éleslátás helyén csak csapok vannak. A pálcikák a gyenge fény (alkonyati, éjszakai) felfogására

alkalmasak, a színlátásban nem vesznek részt. A csapok feladata a nappali, ill. színlátás kialakítása. P, D és T típusú csapot különböztetünk meg. E három csaptípus által létrehozott ingerülettípussal a látás modellje jól leírható. Látható fénynek azokat az elektromágneses hullámokat nevezzük, amelyeknek a hullámhossza 780 nm és 380 nm közé esik.

#### **Képfelbontás:**

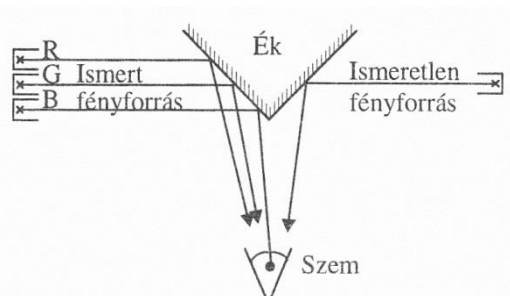
A környezetünk tárgyait érzékeljük, felismerjük, osztályozzuk, ítéletet alkotunk. A tisztánlátás távolsága az emberi szemnél kb. 30 cm. Erről a távolságról nézve egy képen 0,1 cm-nél kisebb méretű részleteket nem tudunk megkülönböztetni. Szemünk fiziológiai tulajdonságából következik, hogy az ilyen apró képelemekből álló képet megfelelő távolságból szemlélve folytonosnak látjuk. A szemnek az a tulajdonsága, hogy egy bizonyos távolságról szemlélt képnek megfelelően kicsiny részletei között már nem tud különbséget tenni, a szem látásélességéből, ill. felbontóképességéből következik. Egy adott távolságról az emberi szem által még megkülönböztethető legkisebb képrészlet vízszintes, ill. függőleges méretét a szem felbontó- vagy feloldóképességének nevezzük. Statisztikai vizsgálatok bizonyították, hogy az emberi szem feloldóképessége fekete-fehér képpontoknál 2 ívperc, színes képpontok esetén a színárnyalatoktól függően 8-10 ívperc. Azaz a szem színfeloldó képessége lényegesen rosszabb, mint a világosság-részleteket megkülönböztető képessége.

#### **A mozgás észlelése:**

Amikor két, egymástól eltérő helyen lévő pontot kis időkülönbséggel felvillantunk és azt látjuk, mintha az egyik pont átmenne a másikba, ez a stroboszkópos mozgás. Ha elég gyorsan változtatjuk a felvillanásokat, akkor a mozgás folyamatosnak látszik. Ugyanez a helyzet akkor is, ha egy mozgás különböző fázisait tartalmazó képeket változtatunk. A mozgás folyamatosságának észleléséhez másodpercenként min.18-20 képet kell megváltoztatni. A mozikban 24 kép/s terjedt el.

<sup>45</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

A 16-18 kép/s képváltozási frekvencia csak a mozgás folyamatosságának észleléséhez elég, viszont a képek felvillanását vibrálásként érzékeljük. Ahhoz, hogy ezt ne észleljük a felvillanások számának másodpercenként legalább 45-50-nek kell lennie. A legújabb vizsgálatok kimutatták, hogy a tartós nézéshez ez a frekvencia sem elegendő, mert fárasztja, hosszú távon pedig rontja a szemet. Ezért jelenleg min. 60-70 Hz-es képváltozási frekvenciát tartanak szükségesnek.



4.2. ábra Színmérés

#### Színmérés:

A szín mérése pszichofizikai jellegű, bár objektív, de figyelembe veszi a látószerv színérzetekkel kapcsolatos korlátait, tulajdonságait. A gyakorlatban a legegyszerűbb mérési módszer az összehasonlító színmérés.

Az 4.2 ábrán<sup>46</sup> látható egy ún. vizuális (szubjektív) színmérő vázlatos elrendezése. Középen foglal helyet a fehér, nem tükröző felületű, fényvisszaverő ék, amelyet jobbról ismeretlen, balról ismert fényforrások világítanak meg. Az ékkel szemben helyezkedik el a mérést végző személy úgy, hogy az ék mindkét megvilágított oldalát jól látja.

Az ismert (kalibrált) fényforrások sugárerősségét változtatva kell megkeresnie azt a beállítást, amelynél az egyezés az ék két oldalán fennáll. Ekkor leolvastva az ismert fényforrások sugárerősségét, azokkal a keresett pszichofizikai szín már objektíven jellemezhető.

A tapasztalat azt mutatja, hogy ilyen egyezés esetén a kétféle színinger nem feltétlenül azonos spektrális eloszlású, sőt a legkülönbözőbb spektrális eloszlások, azaz színingerfüggvények esetében is létrejöhethet azonos színérzet. Ez rendkívül fontos a színes televízió (általában színes képek) reprodukálása szempontjából, mert csak így lehetséges technikailag is, hogy a természetben előforduló színek végtelen sokaságát pl. három alkalmasan megválasztott, ún. alapszínnel reprodukáljuk.

Háromszínelmélet:

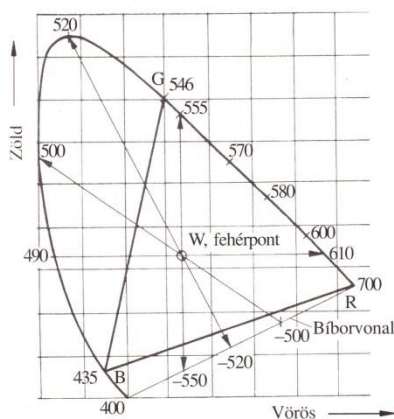
Prizmakísérlettel igazolható, hogy a spektrálszínek összegezésével fehér fény állítható elő. Szintén kísérletileg bizonyítható, hogy a megfelelő hullámhosszú és energiaszintű vörös, zöld és kék fények keveréke fehér fényt ad. A háromszínelmélet abból a felismerésből adódik, hogy a színes látásban részt vevő három érzékelő csaptípus működési tartománya egybeesik az ismert három alapszínnel. A háromszínelmélet, ami pszichofizikailag a színkeverés törvényein alapul, kimondja, hogy a vörös (R), a zöld (G) és a kék (B) színek keverésével csaknem valamennyi színárnyalat előállítható.

A spektrálszínek összegezésével fehér fény állítható elő. Ebből adódik, hogy az említett alapszínek csak akkor elegendőek a különböző színek előállításához, ha belőlük a fehér fény is előállítható. Kísérletileg bizonyítható, hogy megfelelő hullámhosszúságú és energiaszintű vörös, zöld és kék színek keveréke is fehér fényt ad.

A CIE-színmérő diagram vagy más szóhasználatnál CIE-háromszög szélén helyezkednek el a spektrálszínek. A patkó két végpontját az ún. bíborvonal zárja le, amely arról nevezetes, hogy rajta helyezkednek el a bíbor színek, amelyek a spektrálpatkó színeivel ellentétben nem monokromatikus színek, hanem két spektrálszín (az ibolya és vörös) bizonyos keverékei. A spektrálpatkó és a bíborvonal által határolt területen belül

<sup>46</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

helyezkednek el a reális színek. Az ábrán W -vel feltüntetett pontban találjuk az egyenlő energiájú fehéret. A bíborvonalon feltüntetett negatív előjelű számok azt jelzik, hogy az abban a pontban levő bíbor szín az azonos számjegyű spektrálszín komplementer (kiegészítő) színe. A 4.3. ábrába<sup>47</sup> berajzoltuk az 540 nm hullámhosszúságú zöld (G) komplementer színét. Amint az ábrából is kitűnik, a komplementer szín képzése úgy jön létre, hogy a jelzett spektrálszínpontra és a W (fehér) pontra keresztül egy egyenest fektettünk, és ez az egyenes, valamint – jelen esetben - a bíborvonal metszéspontja adja a keresett komplementer színt. Bármely tetszőleges szín esetén a komplementer szín hasonlóan szerkeszthető meg.



4.3. ábra CIE háromszög.

A komplementer színek képzése kapcsán megfigyelhetjük, hogy a 100% színsűrűségű spektrálszínektől a W pont felé haladva az egyenes mentén egészen a W fehérig a szín színezete nem változik, de telítettsége csökken. A W pont után pedig már a komplementer szín következik, de igen kis telítettséggel. Ennek alapján könnyen belátható, hogy a tárgyalt területen belül gyakorlatilag minden szín megtalálható.

A színdiagramban azonban előfordulnak olyan színek is, amelyek nem realizálhatók a három alapszín összegéből. Tapasztalati tény, hogy a CIE-által szabványosított RGB pontok összekötése által kapott háromszögon belül

elhelyezkedő színek a természet színeit jól megközelítik, ezért ezeknek a színeknek a reprodukálása elegendő. A kapott háromszög (az ábrán vastag vonallal jelölve) neve CIE-színháromszög.

#### A színkeverés törvényei:

Mint láttuk, közel az összes valós szín előállítható a három alapszín (R, G, B) keverésével. Egy színt egyértelműen három adat jellemez. A színsűrűséget és a domináns hullámhosszat a CIE-színdiagram ugyan meghatározza, de meg kell még adni a szín fénysűrűségét (világosság-) tartalmát (Y) is. A színeket összegező (additív) és kivonó (szubtraktív) eljárással lehet keverni. A színes televízió-vevőkészülék képcsöve additív színkeveréssel valósítja meg a különböző színek előállítását. Az additív módszert alkalmazzák a különböző festékek készítésénél és a színes nyomdatechnikában is. A szubtraktív színkeverés lényege az, hogy valamilyen színből, rendszerint fehérből egy vagy több színszűrővel eltávolítják a nemkívánatos színösszetevőket, és ennek eredményeként keletkezik a kívánt új szín.

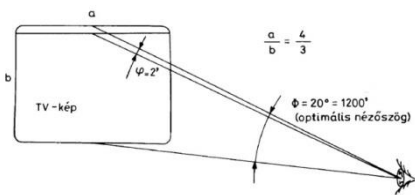
#### 4.1.2. A televíziós képjel előállítása, képfelbontás

##### A képfelbontás elve:

A televíziójel átvitele során a képet elegendően kicsiny részekre, ún. képelemekre bontják, és az ezeknek megfelelő információt (fényerősséget és színt) elektromos jelekké alakítva, időben egymás után továbbítják. Ezekből a jelekből a vevőkészülékek állítják helyre a képet. Tehát a televíziós kép felbontásánál és továbbításánál alkalmazott megoldás a

<sup>47</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

kétdimenziós képet időben egymás után következő jelekké - vagyis egydimenzióssá - átalakítva továbbítjuk.



4.4. ábra Szem felbontóképessége

A tv-sorok számának meghatározásánál az éleslátás szögét és a szem feloldóképességét kellett figyelembe venni (4.4. ábra).<sup>48</sup> Ha a  $\varphi$  nézőszög  $20^\circ$  és a feloldóképesség 2 ívperc, akkor a sorok  $n$  száma:

$$n = \frac{\phi}{\varphi} = \frac{60 \times 20}{2} = 600 \text{ sor}$$

Az egy sorban szükséges képelemek számát az éleslátás vízszintes szögéből, valamint az ebből származtatható képméretarányból számíthatjuk ki. Ez 1:1,8, ill. 1:2 képernyőt eredményezne, azonban technikai okok miatt, a kép oldalainak aránya 4:3 lett, így az egy sorban lévő képelemek száma  $600 (4/3) = 800$  képpont. Tehát az optimális képviszaadáshoz a tv képernyőjén 600 800 képpontnak kellene lennie (ezt az analóg tv-rendszerek nem érik el). A nagyfelbontású televíziók a 9:16 képarányt használják.

#### A mozgás átvitele

A folyamatos mozgásérzet megvalósításához másodpercenként min. 16-20 kép továbbítása már elegendő lenne, de a mozifilmeknél 24 kép/s terjedt el. Technikai okokból a képfrekvenciát a hálózati frekvenciához igazították, ezért pl. Európában és a világ számos országában 25 Hz-es, USA-ban, Japánban és még néhány országban 30 Hz-es képváltási frekvenciát használnak.

Ezt a látszólag ellentmondásos problémát egy ötletes megoldással, a váltott soros letapogatással oldották meg. A váltott soros letapogatás esetén nem mindegy, hogy az adott képet páros vagy páratlan számú sorra bontjuk-e. A függőleges eltérítés ideje a két félkép esetén csak akkor lesz egyforma, ha mint a példánkban is, páratlan számú sorra bontják a képet. Az elektronsugár visszafutásához is időre van szükség (valójában a jelugrást vezérlő áramkörök működésének van szüksége időre), ezért a nálunk is érvényes szabvány egy tv-képet nem 600, hanem 625 sorban határoz meg.

#### A fekete-fehér alapsávi képjel, összetett videojel felépítése

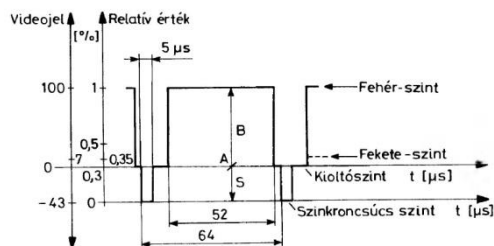
A képalakítók a kép információtartalmát a már említett módon folyamatosan letapogatják és a kép világosságtartalmával arányos feszültséget állítanak elő. Pozitív a videojel polaritása, ha a képpont fényességének (világosságának) növekedésével feszültség növekszik, negatív, ha a világosság növekedésével a feszültsége csökken. A képernyőn megjelenő kép helyes megjelenítéséhez a letapogató elektronsugár helyzetét pontról pontra ismerni kell, azaz a felbontásnak és képviszaadásnak azonos sorrendűnek kell lennie. Ezt a folyamatot szinkronizációnak nevezik és szinkronjelekkel valósítják meg, melyeket a sorok és a félképváltás előtt sugároznak.

Számítsuk ki egy tv-sor idejét és frekvenciáját! Tegyük fel, hogy egy kép 625 sor. Másodpercenként 25 képet kell továbbítani, azaz a sebesség 15 625 sor/s. Tehát a sorfrekvencia  $f_H = 15625 \text{ Hz}$ . A soridő  $T_H = 1/(15625 \text{ Hz})$ : 64  $\mu\text{sec}$ .

Vegyük azt az esetet, amikor a kép teljes felülete fehér. Az e képhez tartozó egyetlen tv-sor szabványos videojelét a 4.5 ábrán láthatjuk. Az ábrának megfelelően a vízszintes sor szinkron jelekkel kiegészített szabványos összetételű videojel (világosságjel és szinkron jel) csúcstól csúcsig vett szintje egyenlő 1 egységgel.

<sup>48</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

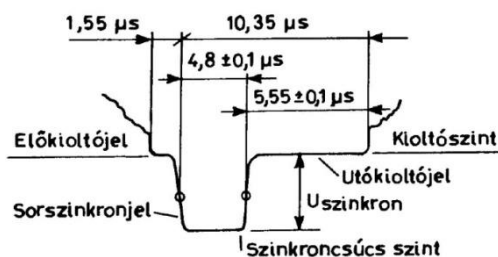




4.5. ábra Fekete-fehér televíziósor videojelének időképe (BAS).<sup>61</sup>

A 64 µs teljes soridőből 12 µs ideig tart a sorvisszafutás időszaka, ami idő alatt az elektronsugár a sor végéről visszafut, a sor elejére, így a képinformáció az 52 µs ideig tartó aktív soridő alatt jelenik meg.

A tv-szabványok kialakításánál figyelembe vették az akkori technikai lehetőségeket, az áramkörök működési sebességét, valamint azt a tényt, hogy a képvisztaadó eszköz csak képcső lehetett. Ezért a szinkronjeleket úgy kellett kialakítani, ill. bővíteni, hogy a vevőkészülék szinkronizáló és eltérítő áramkörei egyszerű kapcsolással és kevés alkatrészrel is megvalósíthatók legyenek.



4.6. ábra Sorszinkron jel

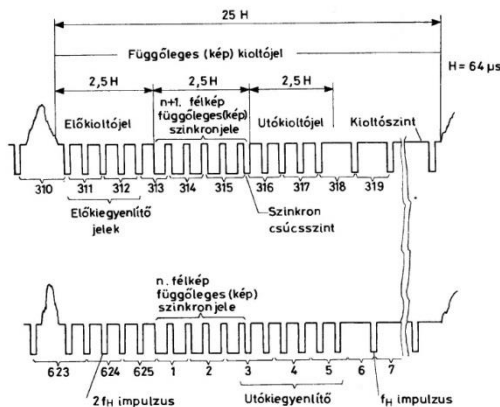
Váltott soros letapogatású félképek után szükséges az elektronsugár visszafutása a kép tetejére, ami kb. 25 tv-sornak megfelelő ideig tart. (Mivel a tv-sor ideje alapegység, amire többször hivatkozunk, a későbbiekben ezt H-val jelöljük.) Erre az időre – a visszafutás láthatóságának megszüntetésére – a vevőkészülék képcsővének elektronsugarát ki kell oltani. A függőleges eltérítést végző áramköröket a vevőkészülékben szinkronizálni kell. Ezért a sorszinkronizáló jeleken kívül a függőleges (félkép) szinkron-, ill. kiegyenlítőjeleket is megtaláljuk az összetett videojelben<sup>50</sup>.

Az összetett szinkronjel az ún. összetett kioltójelekből, valamint a vízszintes (sor) és függőleges (félkép) szinkronjelekből épül fel. A vízszintes eltérítést a 4.6 ábrán<sup>49</sup> látható sorszinkronjel szinkronizálja.

Mivel a képtartalom sorról sorra változik, a szinkronjel ebből adódó fázisváltozása miatt a vízszintes eltérítésben zavarok keletkezhetnek.

<sup>49</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

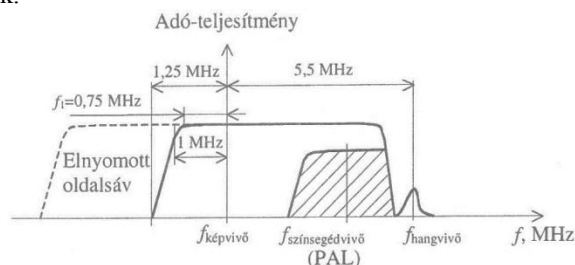
<sup>50</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.



4.7. ábra Függőleges szinkron- és kiegyenlítő jelek

amplitúdója, és ami még fontosabb, a komparálási szint kialakulásának az ideje is. Ugyanez a helyzet a félképszinkronjel után is. Ezért a félképszinkronjel előtt és után ún. elő- és utókiegyenlítő jeleket helyeznek el. A félképkioltás további része a sorszinkronizáló impulzusokon kívül mérőjeleket, azonosító jeleket és teletext jeleket tartalmazhat, amelyekről később szólunk.

A videójjelrel a tv-adó képvivőjének csonka oldalsávós amplitúdómodulációs (AM-VSB) rendszer szerint modulálják, mivel a kétoldalsávós amplitúdómoduláció esetén a sáv szélesség 12 MHz lenne, ami a tv-adók számát erősen korlátozná. Az 50 Hz–15 kHz tartományba eső hangfrekvenciás jelet fekvenciamodulációval (50 μs-os előkiemeléssel) viszik át. Az FM-jel maximális frekvencia lökete 50 kHz. A hangcsatorna FM modulált jelének sáv szélessége 210 kHz. Hazánkban a kép- és hangteljesítményt (ERP) 10:1 arányra választották.



4.8. ábra Tv-adó kisugárzott összetett jelének frekvenciaspektruma

A hangvivő frekvenciáját úgy határozták meg, hogy a képcsatornát ne zavarja, értéke Magyarországon  $f_{képvivő} + 5,5 \text{ MHz}$ . (6,5 MHz) Ez azt jelenti, hogy a tv-csatornához tartozó képvivő-frekvenciától 5,5 MHz-re (6,5 MHz) levő hangvivőt a hangjellel frekvenciában modulálják.<sup>51</sup>

#### 4.1.3. Színes televízió rendszerek

A színes televíziónál (és a nyomdatechnikában, ill. a fototechnikában is) a három alapszínű színviszaadás dominál.

<sup>51</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

A következő hullámhosszú alapszíneket választották: vörös (R)  $\lambda_R = 610 \text{ nm}$ , zöld (G)  $\lambda_G = 535 \text{ nm}$ , kék (B)  $\lambda_B = 470 \text{ nm}$ .

### Alapsávi, összetett színes videojel felépítése:

#### Világosságjel (Y):

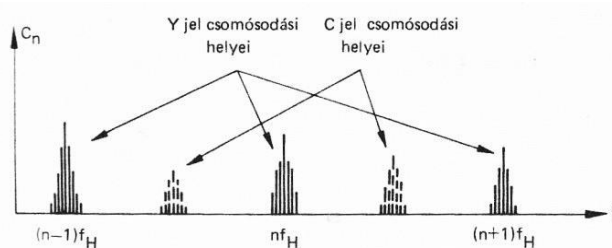
Az Y világosságjelet az állandó fénysűrűség elvének betartása mellett, a CIE láthatósági függvény figyelembevételével képezik. A szem ugyanis a világosságjelben végbemenő változásokat jobban érzékeli, mint a színjelek változásait. Az Y jelet képelemről képelemre az:  $U_Y = 0,3U_R + 0,59U_G + 0,11U_B$  egyenlet szerint kell előállítani.

#### Színjelek:

Színkülönbségi jelösszetevőkre bontva kapjuk az  $U_R - U_Y$  vörös színkülönbségi jelet,  $U_G - U_Y$  zöld színkülönbségi jelet,  $U_B - U_Y$  kék színkülönbségi jelet, amelyeket az alapszínjel és az Y jel különbségéből származtatunk. Itt jegyezzük meg, hogy a továbbiakban ezekre a színkülönbségi jelekre az R - Y, G - Y és B - Y jelöléseket is alkalmazzuk.

A színes kép reprodukálásához három információ átvitelére van szükség. Ebből az egyiknek - a monokróm televízióval való kompatibilitás miatt - az Y jelnek, míg a másik két információnak valamelyik két színkülönbségi jelnek kell lennie. Mivel a vizsgálatok azt mutatták, hogy a három színkülönbségi jel közül a G - Y-nak a legkisebb az értéktartománya, ezért mindkét európai színtelevízió-rendszer az R - Y és B - Y színkülönbségi komponenseket viszi át.

A világosságjel spektruma nem folytonos eloszlású, hanem a sorfrekvencia egész számú többszöröseinél csoportosuló, diszkrét vonalakból áll.<sup>52</sup>



A színsegédvívó célszerű megválasztásával úgy helyezük el a világosságjel spektrumában a színjelet, hogy spektrumvonalai rend-re olyan helyre kerüljenek, ahol a világosságjelnek nincs energiája. (4.9 ábra)

4.9. ábra Világosságjel és színjel spektruma

Az ily módon elhelyezett színinformáció szinte beszövídik a világosságjel spektrumába, ezért a módszer a spektrum-beszövíés elnevezést kapta.

### NTSC-rendszer:

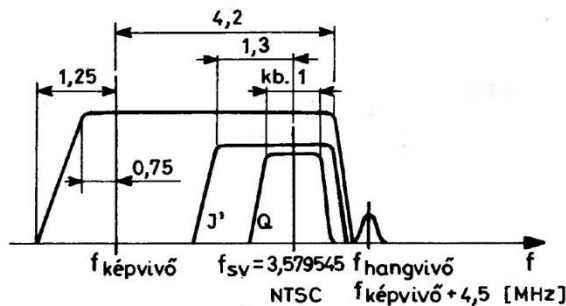
A világ első szabványosított, kompatibilis színtelevízió-rendszerét az USA-ban dolgozták ki. Az NTSC-rendszer is a színkülönbségi jeleket használja a színinformáció továbbításához, amelyet I és Q összetett színkülönbségi jeleknek neveztek el. Az I és Q jelek alkalmazását hosszadalmas vizsgálatok előzték meg, amelyek mérésekkel és statisztikai kiértékelési módszerekkel az emberi szem színelbontó képességének törvényszerűségeit kutatták.<sup>53</sup>

Bebizonyosodott, hogy a színezetkülönbség érzékelés (színelbontás) mértéke színelbontás. A CIE-színdiagram spektrál-patkóján belül megrajzoltuk azokat a felületeket, amelyeken belül a szem egyenlő színezetkülönbségeket észlel. Ezek a felületek ellipszis alakúak és

<sup>52</sup> Forrás: Dr. Ferenczy Pál: Video- és hangrendszerek, Műszaki Könyvkiadó, 1986.

<sup>53</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

valamennyien egy meghatározott irányba rendeződnek. A szem minimális felbontóképességét kijelölő irányt Q tengelynek, míg a maximális színelbontó képesség irányába mutató tengelyt I tengelynek nevezték el.



4.10. ábra NTSC rendszerű alapsávi jel amplitúdó-frekvencia menete.

Az NTSC rendszer a színinformáció továbbítására egyetlen színsegédvívót használ, amelynek a frekvenciája az 525 soros (USA) tv-rendszer sorfrekvenciájának 227,5 szerese: 3,579545 MHz. a két színjel (I és Q) csak kvadratúra modulációval lehet egyetlen vívővel átvinni. A kisebb sávszélességű Q jellel az NTSC-rendszer kétoldalsáv, míg az I jellel csonka oldalsáv amplitúdómodulációt hoz létre.

Az NTSC-rendszer jellemzői:

- Spektrumbeszűréssel kihasználták a rendelkezésre álló frekvenciatartományt;
- Színjelek sávszélességének optimalizálásával kihasználták a színlátás tulajdonságait;
- Az elnyomott vívőjű moduláció miatt a fekete-fehér televíziókészülékeken megjelenő zavar a lehető legkisebb.

#### SECAM-rendszer:

SECAM-rendszert (Sequentiel Couleurs Avec Memorire = váltott színek emlékezéssel) Hazánkban a kilencvenes évek közepéig egyeduralgó volt.

SECAM-rendszer fő jellemzői:

- Kompatibilis, gammakorrigált Y jelei:  $Y' = 0,3R' - 0,59G' + 0,11B'$
- Súlyozott színelbontási jelek:  $D'_R = -1,9(R' - Y')$ ,  $D'_B = +1,5(B' - Y')$
- Két színelbontási csatorna sávszélességét azonosra (1,5 MHz) választották, ezért nincs jelentősége, hogy a színelbontást olyan mértékben figyelembe vegyék, mint az NTSC-rendszerénél. Ezért az egyszerűbben feldolgozható R-Y és B-Y színelbontási jeleket választották.
- Soronként váltakozó színelbontási jel átviteléhez más vívőfrekvenciájú színsegédvívót használnak:  $f_{svR} = 4,406$  MHz,  $f_{svB} = 4,025$  MHz.
- A vevőoldalon szükség van a sorok azonosítására, ezért a sor azonosításra védősávjeleket alkalmaznak, amelyek a sorkioltójel hátsó vállán helyezkednek el.

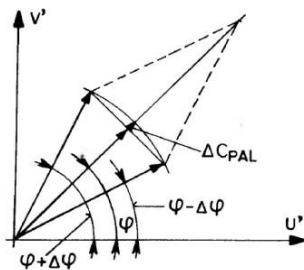
A védősávra azért van szükség, mivel az FM-demodulátor szakaszos üzemben működik és „feléledéséhez” idő kell, amely a védősáv hiányában a látható

Mivel a két, egymást követő sor információtartalma nagyon hasonló, ezért lehetséges az, hogy egy kisugárzott sor információtartalmát a vevőoldalon két sorra átlagolják. Ehhez egy 64  $\mu$ s idejű késleltető művonalra van szükség, így egyidőben áll rendelkezésre mind a két modulált színjel, amelyet két sorra átlagolva jelenítenek meg a képernyőn. A függőleges színelbontás ugyan a felére csökkent, azonban ez még mindig sokkal jobb, mint a vízszintes színelbontás.<sup>54</sup>

#### PAL-rendszer:

<sup>54</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

A rendszer tervezésekor az volt a cél, hogy olyan színes-televíziós-rendszert kell konstruálni, amely kevésbé érzékeny az átviteli út torzításaira, különös tekintettel a fázistorzításokra, de lehetőleg megtartsa az amplitúdómoduláció kedvező spektrumából származó előnyöket is.



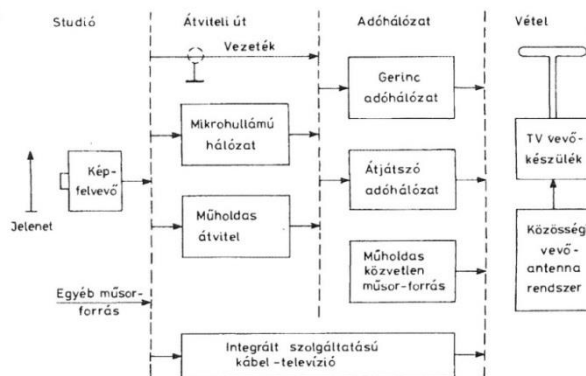
4.11. ábra Fázishiba megszüntetése PAL-rendszerben

A rendszer elnevezését az alapötlet idegen nyelvi kifejezésének rövidítéséből kapta: Phase Alternation Line (változó fázisú sor). A PAL-rendszerben is - mint minden kompatibilis színes-televízió-rendszerben - megtaláljuk a világosságjelet, valamint a súlyozott vörös színekülönbségi jelet  $V=0,877(R-Y)$  és a súlyozott kék színekülönbségi jelet  $U=0,493(B-Y)$ . Utóbbiak továbbításához a PAL-rendszer is egyetlen színsegédvívót használ, 4,433618,75 MHz színsegédvívóval. Ezt a vívót, a két színekülönbségi jellel kvadratúra modulálják.

A két színekülönbségi jel közül a vörös színekülönbségi jelhez (V) tartozó színsegédvívó fázisát változtatják sorról-sorra. A két egymást követő sor átlagképzésével, amelyet a vevőkészülékben végzünk el, az NTSC-rendszer szinte valamennyi hiányosságát kiküszöböli. A differenciális fázishiba megszüntetését a 4.11. ábra szemlélteti. A PAL-rendszer  $\pm 40^\circ$ -os fázishibát is megenged, illetve ekkora fázishiba korrigálására képes.

## 4.2. Televízió adás és vételtechnika

### 4.2.1. Televízió adástechnika

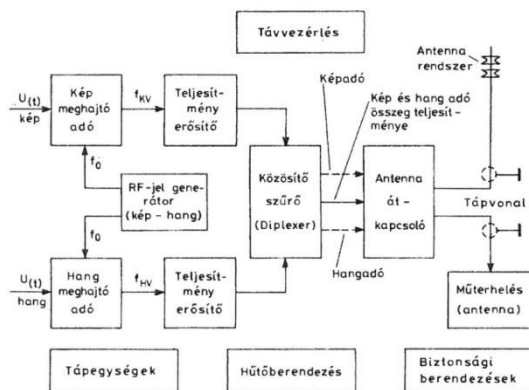


4.12. ábra A tv-kép átvitelének teljes útrendszere.<sup>55</sup>

A tv-adóberendezések felépítése és korrektoirai:

Az adóhálózat feladata, hogy a különböző átviteli úton érkező kép- és hanginformációkat lehetőleg torzítatlanul sugározza ki a vevőkészülékek számára. A másik igen fontos feladat, hogy a torzításmentes átvitel megfelelő teljesítmény (1 W...50 kW) mellett biztosítsa az adó. Ezek szerint az adóhálózattal szemben támasztott követelmény a jó minőség (moduláció), a jó hatásfok (teljesítmény) és a megbízhatóság.

<sup>55</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.



4.13. ábra A tv-adó felépítésének tömbvázlata

A tv-adó tömbvázlat mélységű felépítését 4.13 ábrán<sup>56</sup> mutatjuk be. A korszerű adóberendezések a modulációt az ún. közép-frekvencián valósítják meg. Ez azt jelenti, hogy a képmeghajtó adó kimenetén meghatározott frekvenciájú (38,9 MHz) középfrekvencián, modulált formában, a szükséges előkorrekcióval ellátott, részleges oldal-sávelnyomás mellett jelenik meg a képjel.

Hasonló a helyzet a hangmeghajtó adó kimenetein is, azzal az eltéréssel, hogy a vivő névleges frekvenciája az OIRT szabvány esetében 6,5 MHz-cel, a CCIR szabvány esetében pedig 5,5 MHz-cel kisebb frekvenciájú, mint a képvivőé. A szükséges nagyfrekvenciás jelet az RF generátor szolgáltatja. A teljesítményerősítő fokozatok a kép- és hang-középfrekvenciás jelet - a kívánt teljesítmény elérésére - megfelelő szintre erősítik. A kép- és hanginformáció egyidejű csatlakoztatását az antennarendszerre a diplexer közösítőtulajdonsága teszi lehetővé.

Az antennaátkapcsoló az aktív és tartalék két tápvonalas antennarendszer párhuzamos átkapcsolásához és szétválasztásához, ill. a műantenna beiktatásához szükséges.

A teljesség kedvéért megemlítjük a kiszolgálóegységek közül az adó energiaellátását biztosító tápegységeket, amelyek a hálózati és egyenfeszültségű ellátást egyaránt megfelelő stabilitással biztosítják, valamint a teljesítményvesztés következtében fellépő disszipációs hőelvezetést szolgáló hűtő- (klíma-) berendezést. Korszerű berendezéseknél ma már követelmény az adó biztonságos távkezelhetősége, távvezérlése.

Televízió-stúdiótechnika:

A televízióstúdió műszaki feladata a közvetíteni kívánt műsornak megfelelő összetett színes videojel és a hozzátartozó hangjel előállítás. A közvetítésre alkalmas tv-műsorok összeállítása bonyolult technikai folyamat: a szabványnak megfelelő összetett színes videojel előállítás, más jelforrások (film, külső vonalak stb.) fogadása, a különböző képforrások keverése, ellenőrzése és esetleges rögzítése összetett műszaki rendszert igényel.

A tv-stúdiók rendszere magában foglalja mindazokat a technikai eszközöket, amelyek a műsorkészítés folyamán szükségesek. A műsorok jellegüknek megfelelően három fő csoportba sorolhatók:

- „élő” műsorok felvétele a stúdióban;
- helyszíni (külső) közvetítések;
- rögzített műsorok lejátszása.

A műsor jelentős részét a stúdióhelyiségekben lejátszódó események élő közvetítése alkotja. Ebben az esetben a műsorkészítés csaknem ideális feltételek között történhet. A jól felszerelt stúdióban, az előre elkészített díszletek között, a szükséges megvilágítás és technikai berendezések, valamint a kamerák elhelyezésének, mozgatásának lehetősége egyaránt adott.

<sup>56</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

Általában a stúdióban történik a látványnak és hangzásnak megfelelő szabványos összetett színes videojel és hangjel előállítás, a műsor rögzítése, több jelforrás esetén ezek keverése. Szükség van a kép és a hang ellenőrzésére is.

A játéktér azonban nem csak a stúdióban, hanem bárhol lehet. Az összetett színes videojel és a hangjel kialakításához (keveréséhez, rögzítéséhez) szükséges berendezéseket ilyenkor egy erre a célra kialakított, ún. közvetítőkocsi hordozza. Helyszíni közvetítések alkalmával a stúdió és a közvetítőkocsik között közvetlen (kétirányú) összeköttetés is lehet, de esetenként erre a mikrohullámú kapcsolatra nincs szükség. Az előbbi esetben a műsort a stúdióban keverik, rögzítik vagy akár közvetlenül az adóhoz továbbítják, míg az utóbbi esetben a közvetítőkocsiban rögzítik a műsort. Amennyiben tehát külső helyszínről közvetítenek, akkor a stúdió feladatát a közvetítőkocsi veheti át.

Mind a stúdió, mind a közvetítőkocsi több kép- és hangforrással is dolgozhat. Az előre felvett műsorokat képrögzítő berendezésekkel, a dia- és a mozgófilmet filmbontókkal közvetítik. A kép közvetítésén kívül a kísérőhang közvetítése is a stúdió feladata. Ennek technikai megoldását a megfelelő mikrofonok és hangrögzítő berendezések teszik lehetővé.

A tv-stúdiók nélkülözhetetlen berendezései a színes képellenőrzők (monitorok), valamint a jelellenőrzők (az összetett színes videojelet megjelentető oszcilloszkópok).<sup>57</sup>

A televíziós képbontás és képösszerakás elvől következik, hogy a reprodukált kép csak akkor lehet hű mása az eredetinek, ha a képbontó és képösszerakó rendszerek szinkronban működnek. Ahhoz viszont, hogy a képforrások jelei keverhetők legyenek, a képbontórendszereknek egymás között is szinkronban kell lenni. Ez az összetett feladat úgy teljesíthető, hogy minden eltérést egy központi vezérlő működtet, amit a stúdió vezérlőgenerátora állít elő. A stúdió központi vezérlőgenerátora hozza létre az összetett kioltójelet és az összetett szinkronjelet is.

Az átmenet az egyik forrásból a másik forrásba lehet vágás, áttűnés vagy trükk-keverés. Ezeknek az átváltásoknak minden, a képen látható zavaróeffektus nélkül kell végbemennie. Ennek feltétele, hogy a szinkronjeleknek frekvenciában egyezniük kell, valamint a sor- és képszinkronjeleknek azonos fázisban kell lenniük a keverőberendezés bemenetén.

Korszerű stúdióknál megtaláljuk az ún. fényorgonákat, amelynek 80-260 fényforrás kapacitású memóriája az előre beprogramozott pozíciókat - akár „átúsztatással” is - gombnyomásra reprodukálja. A mai stúdiók nélkülözhetetlen trükktechnikája a „bluebox” eljárás. Ennek alapvető feltétele a kék háttér egyenletes megvilágítása. Az erre a célra létrehozott, jellegzetes fényeloszlást adó fényforrások a korszerű stúdió nélkülözhetetlen eszközei. Az akusztikai követelmények közül itt csak a háttérzaj csillapítását és az utózengeési időt említjük meg. Az előző építészeti megoldásokkal, az ún. „ház a házban” építési elv megvalósításával, míg az utózengezésre előírt max. 0,7-1 s az oldalfalak kiképzésével (függöny stb.) érhető el.

#### **4.2.2. Képbontó és képvisszaadó eszközök**

Azokat az áramköröket, amelyekben a fényenergiát elektromos energiává vagy az energiát fényenergiává alakítjuk, fényelektromos átalakítóknak nevezzük.

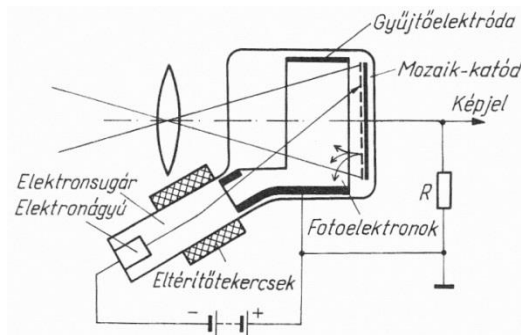
##### **Fotoemissziós képbontóeszközök:**

A fotoemissziós készülékekben a fény hatására a fellépő elektronemissziót használjuk fel. Egyes félvezető anyagok vezetőképessége nagymértékben függ attól, hogy mennyire

---

<sup>57</sup> Forrás: S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.

vannak megvilágítva, mert a megvilágításból főlvett energia növeli bennük a töltéshordozók (szabad elektronok) számát. A fényelemek olyan elemek, amelyekben a beeső fényenergia állandó töltés-szétválasztást és ezáltal állandó forrásfeszültséget létesít.



4.14. ábra Az ikonoszkóp elvi felépítése

A fotoemisszót hasznosító képbontó-csővek felépítése hasonló, ezért az ikonoszkóp, szuperikonoszkóp és képortikon működési elvét az ikonoszkóp alapján mutatjuk be. (4.14 ábra<sup>58</sup>).

Optikai lencserendszeren keresztül a fotokatódra (mozaik-katóda) vetítik az átalakítandó képet, és az optikai kép hatására a foto-katóda egyes celláiban töltések szabadulnak fel.

Ezzel megtörtént a fényelektromos átalakítás. A fotokatód-mozaik minden cellája elemi kondenzátort alkot a szigetelőlap másik oldalán lévő vezetőréteggel, a jellemezzel.

A feltöltött kondenzátor feszültsége egyenesen arányos a benne tárolt töltéssel, így egyenesen arányos a ráeső fény mennyiségével, vagyis a mozaikon töltéskép (potenciálkép) alakul ki. Ez a folyamat nagyon rövid idő alatt játszódik le, de a potenciálkép viszonylag hosszú ideig megmarad. Miután a potenciálkép létrejött, meghatározott sorrendben ki kell olvasni az egyes képrészecskék (cellák) feszültségét, és ez fogja adni a videojelet. A műveletet letapogatásnak hívják, és elektronsugár végzi. Az elektronsugár mozgása közben kisüti az apró kondenzátorokat. Valamennyi kondenzátor kisütőárama átfolyik az R ellenálláson. A kisütőáram függ a kondenzátor feszültségétől, és ezért egyben a jeláram is.

A leírt elven működő fotoemissziós képbontó eszközöknek számos változatát fejlesztették ki, de mechanikai érzékenysége, ill. robusztus felépítése miatt egyre jobban kiszorul erről a területről is.

#### Fotovezetést felhasználó képbontóeszközök:

A fotovezetést felhasználó képbontócsövek felépítése - a réteg anyagától eltekintve - nagyon hasonló a fotoemissziós elven működő képbontócsövekéhez. A csövek elnevezése elsősorban a réteg anyagára utal. Gyakrabban használt fotovezetéses képbontóeszközök neve és fényérzékeny rétege:

- Vidikon, Antimon-triszulfid;
- Plumbikon, Kristályos ólom-dioxid;
- Leddikon, Kristályos ólom-dioxid;
- Szatikon, Szelén-arzén-tellúr;
- Newvikon, Cink-szelén, cink-tellúr, kadmium-tellúr;

A fotovezető réteg egyik oldalára vetítjük az optikai képet, a másik oldalát pedig lassú.

A fotovezetést felhasználó képbontócsövek közös jellemzője az egyszerű felépítés, kis méret, üzembiztos működés, jó felbontás és kellő érzékenység.

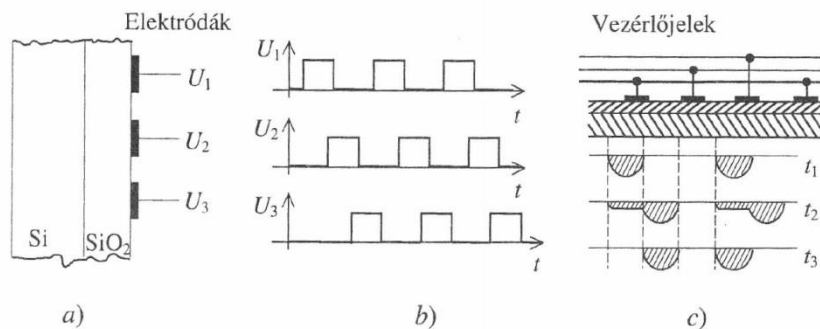
<sup>58</sup> Forrás: Vezetéknélküli híradástechnika II., Műszaki Könyvkiadó, 1986.



### CCD-képbontóeszközök:

Az előzőekben ismertetet képfelvevők elektronsugaras letapogatással működő elektroncsövek voltak, a CCD (Charge Couple Device, töltéscsatolt eszköz) felépítése és működési elve merőben más. A CCD-felvevő félvezető alapú eszköz, szilícium egykristályra épített MOS félvezető elemeket tartalmaz, és elemei vonal mentén vagy mátrixba rendezve helyezkednek el. A fényérzékelő elemeket csatornaközökkel választják el, ezzel meggátolják az elemek közötti kölcsönhatást. A képet optikai úton a CCD felületére képezik le, ahol a fényinformáció elektromos töltésképpé alakul át (fotoelektromos jelenség). A fényérzékelő lemezre eső fény fotonjai ütköznek a Si kristály elektronjaival, energiájukat átadják, így a Si atomból elektronok szakadnak ki, és szabad töltéshordozóvá válnak. A 4.15 ábrán a CCD vázlatos metszete és a vezérlés idődiagramja látható. Az  $U_1$ ,  $U_2$  és  $U_3$  háromfázisú vezérlés hatására az elektródák alatti energiaminimumok - gödrök - a vezérlés függvényében vándorolni tudnak. A töltéshordozó elektronok összegyűlnek a gödrökben, és a gödrökkel együtt vándorolnak. Így valósul meg a töltésáramlás.

A fényinformáció fogadás (töltésfelhalmozás) és a töltésállapot kiolvasása nem mehet végbe egyszerre. Az átvitelt két fázisban kell végrehajtani. Az érzékelő- és tárolóelemeket mátrixban célszerű elhelyezni. Az első fázisban a fényérzékelő cellák a fényvel arányos töltést halmoznak fel, a második fázisban a tárolócellák veszik át a töltést, majd ebből állítható elő a szabványos összetett videojel.



4.15. ábra CCD egyszerűsített vázlata<sup>59</sup>

a) eszköz felépítése; b) a vezérlés idődiagramja; c) a töltés-léptetés vázlata

A kiolvasás képenkénti (félképenkénti) vagy soronkénti lehet. Az első esetben az érzékelőelemek mellett, azokkal azonos módon szervezve egy tárolómátrix van felépítve. A függőleges kioltás ideje alatt a vezérlőjel hatására a fényérzékelő területről az információ átíródik a tárolóterületre, ezután újra kezdődik a töltésfelhalmozás az érzékelőterületen, miközben a horizontális regiszterbe egymás után átíródnak a tárolóterület egyes csoportjai.

A CCD-érzékelővel felépített színes videokameráknak számos előnyös tulajdonságuk van (kis méret, nagy mechanikai stabilitás, kis vezérlőfeszültség, kis teljesítményfelvétel) a csöves kamerákkal szemben. Fizikai felépítése folytán - és az eltérítőrendszer hiánya miatt is - a szolgáltatott kép geometriai torzítása elenyésző, a jel megközelíti az adásmínőséget, zaja, sötétárama igen kicsi.

### 4.2.3. A felvevőeszközök jellemzői

Felbontás:

<sup>59</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

Megmutatja, hogy minimálisan milyen távolságra lévő két pontot tud megkülönböztetni a képfeltevő eszköz. Számszerű megadáskor a tv-rendszerekkel lévő kompatibilitás a fontos. A tv-technikában megkülönböztetnünk vízszintes és függőleges felbontást.

Emlékezés:

Fizikai értelemben az emlékezés az az idő, amelyre az eszköznek szüksége van, hogy a tárolófelületen levő töltésállapotot megváltoztassa.

Fényérzékenység:

A feltevő fényérzékenysége vagy röviden érzékenysége tájékoztat arról, hogy mekkora az a legkisebb fény mennyiség, amely esetén még értékelhető videoképet kapunk. Ez elsősorban a színes kamerákra igaz, ezeknél az érzékenység akár 2000-4000 lx is lehet. De tipikusan az amatőr kamerák érzékenysége is a 300-400 lx.

Spektrális érzékenység:

Ez a jellemző a képfeltevőcsőnek arra a tulajdonságára utal, hogy az adott cső milyen hullámhosszú színre mennyire érzékeny. A csövek általában a látható fények tartományában dolgoznak, de néhány csőfajta az infravörös tartományban is megfelelő érzékenységet mutat. Ez utóbbiak főleg az ipari videoberendezésekben használatosak.

Sötétáram:

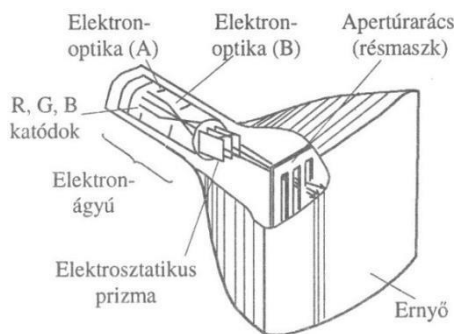
A hatása úgy nyilvánul meg a képen, hogy az eredetileg fekete tárgy a képernyőn szürke lesz. Ez hatással van a kontrasztátfogásra is, minél nagyobb a sötétáram értéke, annál kisebb a kontraszt tartomány.

#### 4.2.4. A tv-vevőkészülékek általános felépítése

##### Képvisszaadó eszközök:

A technika gyors fejlődése lehetővé tette, hogy a képet megjelenítő eszközök skálája szélesedjen. A képvisszaadó eszközöket nemrég még csak a képcső képviselte.

A képcső működési elvét tekintve speciális elektroncső (4.16 ábra<sup>60</sup>). Működéséhez a



belsejében vákuumot kell létrehozni. A nagy felülete miatt az üveggömbre több tonnányi erő hat. Az üveg törése esetén az üvegrészecskék a képcső belsején áthaladva robbanásszerűen repülnek szét. A képcső képernyőjének (homloklapjának) belső oldalán lumineszkáló bevonat van. Ezen a rétegen jól fókuszált, kis átmérőjű elektronsugarakat futtatnak végig.

4.16. ábra Képcső elvi felépítése

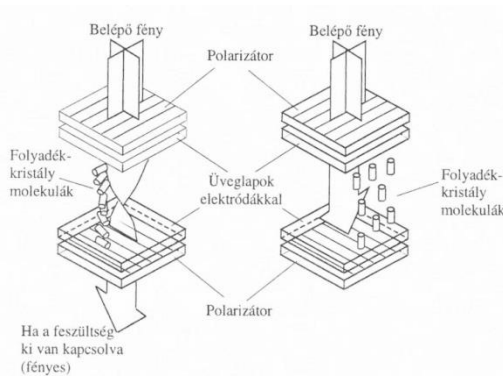
Az elektronsugarak mozgása szinkronban van a képfeltevő eszközök letapogató elektronsugaraival. A fény intenzitása arányos az elektronok energiájával, azaz a sugárárammal.

Folyadékkristályos képernyő (Liquid crystal display, LCD):

A kis fogyasztású folyadékkristályos kijelzőt már régóta alkalmazzák órákban, kalkulátorokban. Azonban az ott használt kijelzőkkel ellentétben a képmegjelenítésre

<sup>60</sup> Forrás: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.

szolgáló kijelzőkkel szemben sokkal nagyobbak a követelmények: több százezer képpontot, színes képnél ennek háromszorosát kell több fényességi és árnyalati fokozatban hibátlanul megjeleníteni.



4.17. ábra LCD cella vázlatos szerkezete és működése

fény nem tud kilépni, azaz az elem sötét lesz. Egy „köztes” helyzetben, ha a polarizáció síkjának forgatása két érték közé esik, a polarizált fénynek az alsó szűrőpolarizációs síkjába eső összetevője tud csak kilépni, a fény erőssége tehát a teljesen sötét és a teljesen világos közé esik. A képelemek mátrixot alkotnak. Az ún. passzív mátrixokat közvetlenül az átlátszó elektródavezetékeken keresztül vezérlik, míg az aktív mátrixnál (Thin Film Transzisztor, TFT) az üveglapra felvitt térvezérlésű tranzisztoron keresztül történik a vezérlés. A kép megjelenítéséhez külső fényforrásra van szükség, mert az LCD képernyő nem bocsát ki fényt. Ez lehetne a napfény is, de a jobb kontraszt és a rugalmas használat miatt az LCD kijelzők saját fényforrással rendelkeznek, ami U alakú gázkisüléssel cső, vagy LED-es panelek.

A HD megjelenítők nagy része manapság már az úgynevezett progresszív megjelenítést alkalmazza, mely során a képeket nem bontják, hanem egészben kerülnek megjelenítésre.

#### 4.2.6. Digitális televízió

A hagyományos – analóg – televízióval nem lehet venni a digitális adásokat. Egy jelátalakító egységet (set-top bokszt) kell az antenna és a vevőkészülék közé kötni, hogy ne kelljen új készüléket vásárolni. Az újabb gyártású televíziókban ez az átalakító eszköz már beépített. A Set-top box, más néven IRD (Integrated Receiver Decoder) a digitális kábeles, műholdas TV szolgáltatások dekódolását és analóg jellé történő alakítását végzi. A set-top box segíti a szolgáltatások működtetését is. Magyarországon egy igen jó minőségű eljárással, az MPEG-4 szabvány alapján tömörítik a kép és a hang jelet. Ennek megfelelően MPEG-4-es set-top box használatára van szükség. A legújabb (MPEG4) kódoló a H.264 videó-kódolási szabványon alapul.

Egyes műsorokat kiváló, úgynevezett HD minőségben sugároznak. Az analóg készülékek 768x576 képpontot (pixelt) alkalmaznak az európai (PAL) szabványban. A HDTV (High-Definition Television) egy olyan sugárzási szabvány, amely az eddigi analóg előírásoknál ötször nagyobb felbontású képet tesz lehetővé. A 720p = 1280x720 pixel (Progressive = folyamatos) és az 1080i = 1920x1080 pixel (Interlace = váltott soros) tekinthető szabványos HDTV felbontásnak.

A HDTV igen részletgazdag, ezért nagyobb sávszélességet igényel, mint a hagyományos tévécsatornák. A HDTV vételéhez „HD ready” tévékészülékre és egy HDTV vételére alkalmas, speciális beltéri egységre (set-top box) van szükség.

Az EPG (Electronic Programme Guide) elektronikus műsorokkalauz segítségével a képernyőn megtekinthető a műsorok programkínálata. A csatornaszám növekedésével egyre fontosabb ez a szolgáltatás, ami által a nézők nem csak csatornák, hanem idősáv, műfaj, vagy a filmekben szereplő színészek nevei alapján is megkereshetik a számukra legmegfelelőbb műsorokat. Az EPG helyettesíti a papír alapú műsorújságot. Az EPG funkció a dekóder (set-top box) távirányítója segítségével érhető el. Az EPG-ben távirányítóval egyszerűen, a menüben beállíthatók a szolgáltatások (pl.: gyerekzár, kedvenc csatornák, nyelvválasztás, stb.).

### **4.3. Televíziós műsorszórás**

#### **4.3.1. Műholdas műsorszórás**

MŰHOLDAS DTH-RENDSZER:

A műholdas távközlés lényegében egy kétszakaszos rádiórelé-összeköttetés, amely a földfelszíni mikrohullámú összeköttetéstől abban különbözik, hogy a két végpontot összekötő ismétlőállomás igen magasan a földfelszín felett az űrben helyezkedik el.

A műholdas távközlés fő előnyei:

- Miután az ismétlőállomás nagy távolságban van, a Föld felszínének nagy részéről elérhető, illetve a műhold sugárzása e nagy területen észlelhető és megfelelő paraméterek esetén hasznosítható.
- Ha a műhold olyan Egyenlítő feletti pályán van, amelynél a műhold Föld körüli keringésének szögsebessége megegyezik a Föld saját tengelye körüli forgásának sebességével, akkor a műhold a Föld felszínéhez képest állni látszik és a földfelszín minden pontjától változatlan irányban és távolságban van. Ezt nevezzük geostacionárius műholdnak.
- A földfelszíni adóhálózat létesítésének, fenntartásának és üzemeltetésének magas költségei miatt a műholdas megoldás még viszonylag kis célterület esetén is gazdaságos alternatívája lehet a földfelszíni sugárzásnak.

A műholdas távközlés fő hátrányai:

- Rádiójelek átvitele szempontjából ez az elrendezés azt jelenti, hogy a nagy távolság miatt a műholdról kisugárzott jel a Föld felszínén nagyon kicsi teljesítményű lesz, ezért annak kielégítő műsorszórási minőséget biztosító felhasználása nem könnyű.
- A műhold nagy távolságának eredménye, az is, hogy a rádióhullám útja annak ellenére, hogy a fény sebességével terjed észrevehető időt vesz igénybe, ami az átvitt jel késését okozza. Ez bizonyos kétirányú távközlési szolgáltatások esetében zavaró lehet.

#### **4.3.2. Közvetlen műholdas műsorszórás**

Digital Video Broadcast for Satellite DVB-S szabvány.

Elméletileg az analóg és a digitális jelek egyazon műholdrendszerrel kisugározhatók. Ennek ellenére Európában a digitális adások más frekvenciasávban helyezkednek el, mint a korábban kiosztott csatornákon is fogható analógok. Közelítőleg 100 TV adás vehető analóg és digitális formában is kontinensünkön és ezek jelentős része ingyenes.

A DVB-S rendszer jellemzői:

A DVB-S rendszer modulációja a kvadratúra-fázisbillentyűzés (QPSK) de az adatsebesség növelése érdekében a szabvány kidolgozása során 8PSK alkalmazása is felmerült. A műholdas adásoknak viszonylag jó zajtűrő képességgel kell rendelkezniük és ellenállónak kell lenniük jelentős mértékű nemlineáris hatásokkal szemben is. A műhold és a földi vevőantenna közötti 36000km távolságból adódó, jelentős nagyságrendű szakaszcsillapítás miatt igen jelentős zajjal terhelt a műholdas jel.

#### **4.3.3. Kábeltelevíziós rendszerek**

A kábeltelevíziózás (magyar rövidítése KTV) a földfelszíni, sugárzással történő műsorterjesztés vezetékes kiegészítője. Nagyobb kapacitása és előnytelen vételi helyeken történő alkalmazhatósága igen népszerűvé tette az egész világon. A teljes műsorszóró frekvenciasávot ki tudja használni a koaxiális kábelekkel és fényvezetőkkel felépített elosztóhálózatában. Az analóg és digitális műsortovábbításon kívül nagyon sok kiegészítő szolgáltatást is képes nyújtani. Az analóg korszakban például diszpécserrendszerek működtek rajta, a digitális időkben pedig megjelentek a különféle interaktív szolgáltatások is.

A korszerű KTV hálózatok a műsorszétosztás mellett képesek a teljes körű adat-és beszédátvitelre, és a távközlés liberalizációja után sokan élnek is ezzel a lehetőséggel. Ez azt jelenti, hogy a mai elosztóhálózatokból úgynevezett teljes szolgáltatást nyújtó hálózatok lesznek, amelyek a jövő multimédia szolgáltatásainak a platformjai lehetnek. Ma a KTV-hálózat üzemeltetők számára is adott az a műszaki lehetőség, hogy az előfizetők számára hozzáférést biztosítsanak az internethez vagy a LAN hálózatokhoz, és ezáltal maguk is távközlési szolgáltatóvá váljanak. Ez a lehetőség ma már kiterjed a beszéd alapú szolgáltatásokra is.

Kábeltelevízió legfontosabb építőelemei: Fejállomás; Elosztóközpont; Optikai trunk (gerinc-) hálózat; Optikai csomópont; Koaxiális hozzáférő hálózat; Hálózati interfész.

Az a modulációs eljárás, ami a KTV rendszerekben a digitális adatok továbbítására alkalmas (64QAM) megkövetel egy elérendő adatsebességet. Ez pedig a problémamentes átvitelhez szükséges 46-55 dB-es vivőfrekvenciás jel/zaj viszony mellett kell elérni.

#### **4.3.4. Digitális átviteli rendszerek**

A DVB vagy más néven a Digital Video Broadcast egy európai kezdeményezés. Mára 250-nél is több szervezet és 30-nál is több ország a tagja.

A digitális KTV-hálózat, a DVB-C szabvány bevezetését jelenti. Fontos, hogy a kábelhálózati digitalizálás nem olyan bonyolult, mint más típusú műsorszóró hálózatok esetén. A szélessávú kábelrendszer nagyon nagy sáv szélesség miatt nagy kapacitástartalékkal bír. Így nincs olyan súlyos "frekvenciaéhség", és a rendelkezésre álló csatornaszámok is nagyságrendekkel nagyobbak, mint a földfelszíni műsorszórási esetében. A folyamatos online összeköttetés miatt az interaktivitásnak itt nagyobbak a lehetőségei, mint bármely más DVB-fajtánál. A DVB-C ott terjed el, ahol az üzemeltető az interaktív szolgáltatások bevezetésében látja a fantáziát. A szélessávú internet-hozzáféréstől kezdve a különféle telefonszolgáltatásokig. Ilyen a tele-shopping vagy a tele-banking.

DVB-T (Digital Video Broadcasting Terrestrial):

DVB-T – azaz digitális földfelszíni sugárzás előnyei a korábbi analóghoz képest a jobb a kép- és hangminőség, valamint a nagyobb a csatornaszám. Az analóg vételnél alkalmazott széles sávú tető, vagy szobaantennával is vehető a műsor.

A digitális technológia lehetővé teszi több program átvitelét egy frekvencián. Ezek a transzponderek, amelyeken több műsor sugárzása válik lehetővé. Jelenleg 30-35 műsor nézhető. Az ingyenesen vehető csatornák mellett népszerű fizetős műsorok is

megrendelhetők. Elektronikus műsorújságot (EPG) is olvashatunk a képernyőn. Lehetséges nyelvet választani, mint a DVD-n, és a sztereo hangot házi mozi rendszerre cserélni.

A DVB-H a Digital Mobil Broadcasting – Handheld:

Ez egy olyan szolgáltatás, amelynek segítségével mobiltelefonon tudunk digitális TV adásokat nézni. A DVB-H rendszer a DVB-T földfelszíni digitális televíziózás egyik új lehetősége. Az adás nem a mobilhálózatokon éri el a felhasználókat, hanem külön frekvencián jön (ez országonként változhat), és a készülékek ezt a jelet fogják. Ez egyrészt nem terheli a mobilhálózatok kapacitását, másrészt sokkal jobb minőségű képet biztosít. Szinten a DVB-H szabvány része a „time-slicing”, azaz az időszeletes sugárzás, ami azt jelenti, hogy valójában nem folyamatos az adattovábbítás. A vevő készüléke időközönként kap egy tartalmi csomagot. Amíg azt lejátsza, addig más készülékek is kapnak csomagokat. Ez egyrészt több előfizető egyidejű kiszolgálását teszi lehetővé, másrészt energiatakarékos. Mivel a nézők mozgásban lehetnek, járművön utazhatnak, ezért valószínűleg főként egy-két perces műsorblokkokra lesz kereslet. Elsősorban hírekre, klipre, sportesemények részleteire, valamint tözsdeinformációkra, gazdasági hírszolgáltatásra.

A 16-20 csatornát tartalmazó mobil-televíziós szolgáltatás nagy valószínűséggel előfizetési díj fejében lesz elérhető. Mindegyik adó ugyanazon a frekvencián, az UHF sáv 38-as tévécsatornáján sugároz. Az adók szinkronizált, egyfrekvenciás ((Single Frequency Network, SFN) hálózatot képeznek, ezáltal a vevőkészülékek a körzetek határán való áthaladáskor is folyamatosan vehetik a kiválasztott műsort.

IPTV (Internet Protocol Television):

Az IPTV (Internet Protocol Television) egy olyan digitális televíziós szolgáltatás, melyet széles sávú interneten biztosítanak IP (Internet Protokoll) használatával. A széles sáv ebben az esetben legalább 2 Mbit/s-os átviteli sebességet jelent.

A szolgáltatók az IPTV-t úgynevezett Triple-Play csomagban árulják, amely a digitális tv-n kívül tartalmazza a szélessávú internetet és az internet telefont (VoIP Voice Over IP) is. Amennyiben mobiltelefon szolgáltatással egészül ki, akkor nevezzük Quadruple-Play-nek. Az IPTV használatához számítógép, vagy set-top boxon keresztül kapcsolódó televízió vevőkészülék szükséges. Az IPTV nagy előnye, hogy mivel a már létező internet hálózatot használja, nem kerül pénzbe az önálló hálózat kiépítése. Az IPTV multicast rendszert használ, azaz több helyre juttatjuk el egyszerre a műsort, de csak azoknak, akik éppen ezt nézik. (Csatornaváltásnál ezért tart több ideig az új műsor megérkezése, mert eddig nem is volt jelen). A multicasting megoldáshoz Internet Group Management Protocol (IGMP) használatos. Az IPTV alkalmazza az unicast rendszert is, ami azt jelenti, hogy egy felhasználó kapcsolódik a rendszerhez. Ez a Video on Demand (VoD) technológia. A VoD egyben egy videokölcsönző szolgáltatás neve is. A VoD szolgáltatásnak 2 üzleti modellje van:

- Esemény alapú fizetés (pay-per-view, PPV)
- Idő alapú előfizetés (subscription –VoD, SVoD)

Az IPTV hatékonyabb tömörítési eljárást alkalmaz, mint a DVB, ezért kisebb átviteli sebességgel érhető el azonos minőségű átvitel. Lehetőségünk lesz távolról, IP telefonunk segítségével rögzíteni egy műsort, de beállíthatunk gyerekszűrőt is.

Az IPTV jelenlegi hátrányai:

Az IPTV igen érzékeny a széles sávú internet-szolgáltatás minőségére. Hibát, azaz minőségromlást okoz a csomagvesztés és a csomag késése is. A szélessávú internet általában réz telefonhálózaton jut el a felhasználóhoz. A réz alapú hálózat a központtól legfeljebb 5 km-ig biztosít megfelelő DSL szolgáltatást. Ugyanez a hálózat 1-1,5 km

távolságnál messzebb már nem garantál kifogástalan IPTV vételt. A megoldást az optikai vezeték megrendelőig történő eljuttatása jelenti. Manapság még alig támogatott a HDTV formátum az IPTV rendszerben, mert annak nagy a sávszélesség igénye. A megrendelő IPTV igényét a szolgáltató hálózati mérési eredményei döntenek el.

## Irodalomjegyzék

- Jákó Péter: Digitális hangtechnika, Kossuth Kiadó, 2005.  
dr. Standaesky István: A digitális tv-műsorszórás alapjai, SZIE, Egyetemi jegyzet, 2003.  
Dr. Granát János: Hangjelek és hangjelfeldolgozás, BME VIK, Egyetemi jegyzet, 2004.  
Digitális jelfeldolgozás, Egyetemi jegyzet, 2002.  
Dr. Ferenczy Pál: Hírközlésmélet, Tankönyvkiadó, 1974.  
Dr. Ferenczy Pál: Video- és hangrendszerek, Műszaki Könyvkiadó, 1986.  
Babosa-Danyi-Kvasz: Híradástechnika, Tankönyvmester Kiadó, 2003.  
Rádió- és televízióműszerész szakmai ismeret I., Műszaki Kiadó, 1998.  
Rabóczki Róbert: Szoftveres hangtömörítési eljárások ismertetése és összehasonlítása, Eger, Szakdolgozat, 2000  
Elektronikus áramkörök és híradástechnika 1. kötet, Műszaki Könyvkiadó, 1996.  
Kovács Csongor: Elektronikus áramkörök, General Press Kiadó, 2002.  
Zombori Béla: Az elektronika alapjai, Tankönyvmester Kiadó, 2010.  
Szűcs László: Digitális áramkörök, Műszaki Kiadó, 2005.  
Zsom Gyula: Digitális technika I.-II. BMF KKVM, főiskolai jegyzet, 2000.  
U. Tietze-Ch.Schenk: Analóg és digitális áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, 1993.  
S. Tóth Ferenc: Rádió és televízió műszaki alapismeretek kézikönyve, Műszaki Kiadó, 1986.  
Vicsi Klára: A beszéd akusztikai fonetikai leírása, BME VIK Egyetemi jegyzet, Beszédinformációs rendszerek, BME VIK, Egyetemi jegyzet, 2005.  
Jákó Péter: A digitális rádiózás, Műegyetemi Kiadó, 2010.  
Wersényi György: A térbeli hallás, SZIE, oktatási segédlet

### Ajánlott linkek:

<http://elect2eat.eu>

<http://tina.com/Hungarian/tina/>

<http://elektronika.lap.hu/>

<http://magasztos.hu/tananyag/tananyagok.htm>

<http://hifimagazin.hu/HFMCD/HFM/INDEX.HTM>

[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0008\\_matijevecs/Matijevecs\\_Digit\\_ptar\\_1\\_1.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0008_matijevecs/Matijevecs_Digit_ptar_1_1.html)

<http://www.interkonyv.hu/konyvek/a%20digitalis%20musorszoras%20alapjai?download=4638>

<http://www.interkonyv.hu/konyvek/?isbn=978-963-2168-56-2>