

## TV TECHNIKA (NGB\_TA017\_1)

Dr. Wersényi György

Távközlési Tanszék

## A tárgyról (2009 tavasz)

- Órák: Hétfő  
Péntek
- Labor: mérések a TV-laborban (Balázs Attila)

Számonkérés: elfogadott laborok + vizsga

- <http://vip.tilb.sze.hu/~wersenyi/index.html>
- További jegyzet:
  - Ferenczy Pál: Video- és hangrendszerek (BME) fejezetek
  - Standeisky István: A digitális TV-műsorszórás alapjai (SZE)
  - Walter Fischer: A digitális műsorszórás alapjai

## Tartalom

- Szem, fény- és színlátás, objektív/szubjektív paraméterek
- Képtechnikai és fotometriai alapfogalmak
- Analóg televíziózás
  - Működés alapjai, képalkotás, kamerák
  - NTSC, PAL (SECAM érintőlegesen)
  - Teletext és adatvitel
- Plazma, LCD megjelenítők, HDTV
- Digitális televíziózás
  - Digitális képalkotás és képfeldolgozás elemei
  - MPEG2, MPEG4
  - DVB alapok: DVB-S, DVB-C, DVB-T és modulációk
  - DVB-H, IPTV

## Fénytechnikai alapok

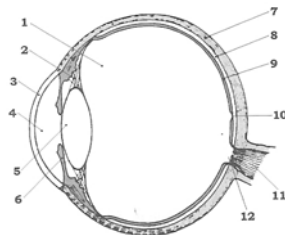
- Fotometria és színmérés fogalmai, melyek kapcsolatban vannak az emberi látással és színérzékeléssel
- Fénytechnikai mennyiségek leírásának három módja:
  - Érzékelés szerint (szubjektív, nem mérhető)
  - Pszichofizikai jellemzők (Optikai lencsén és szűrőn átvezetve, melyek CIE szabványos karakterisztikájúak és „objektíve utánozzák” a látás szubjektív tulajdonságait. Mint pld. a dB(A) skála akusztikában.)
  - Fotometria (fekete-fehér fényérés) ill. kolorimetria (színérés).
  - Fizikai jellemzők (objektív, tisztán fizikai mérések): Radiometria (sugárzásmérés)

Pénytechnikai jellemzők csoportosítása

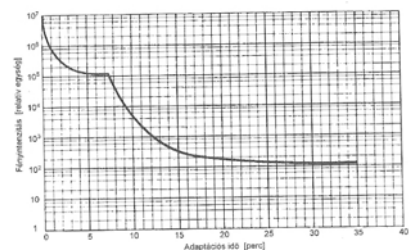
A fénytechnikai jellemzők		
neve	mérésének elnevezése	jellege
érzékelés	---	szubjektív
pszichofizikai	Fotometria (fényérés)	objektív
---	kolorimetria (színérés)	objektív
fizikai	radiometria (sugárzásmérés)	objektív

## Szem, látás, színvisszaadás

- A szem: 1. üvegtest, 2. mozgató izmok, 3. szaruhártya, 4. csarnok (víz), 5. szemlencse, 6. szivárványhártya és pupilla, 7. ínhártya, 8. érhártya, 9. retina (ideghártya), 10. központi mélyedés, 11. kilépő idegköteg, 12. vakfolt.

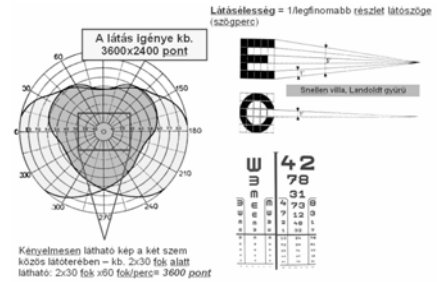


- Fényérzékelés: pálcika sötétben, csap világosan működik.
- Pálcikának csak egyféle „látóbíbor”-ja van (rodopszin), ezért nincs színlátás sötétben.
- Csapok: rodopszin, cianopszin, jodopszin: 3 látóbíbor, mely elnyeli a fényt és lebomlik tőle, ami ingerületet okoz (újratermelődik).

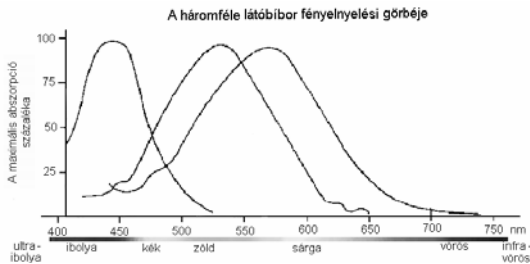


- A fény áthalad az üvegtesten és eléri a retinát, és azon is áthalad (melynek hátulján vannak az érzékelő sejtek).
- Az optikai tengelyben van a sárgafolt (és közepe a központi mélyedés, sok csap, de nincs pálcika): maximális sűrűségű receptorsejtek. Sárgafoltban van pálcika is.
- Felbontás csökken ettől kifelé haladva.
- Vakfolt: itt nem látunk.
- Van „információtömörítés” is: több érzékelő sejt van, mint idegsejt, kifelé távolodva egyre több érzékelő gerjeszt egy idegsejtet.

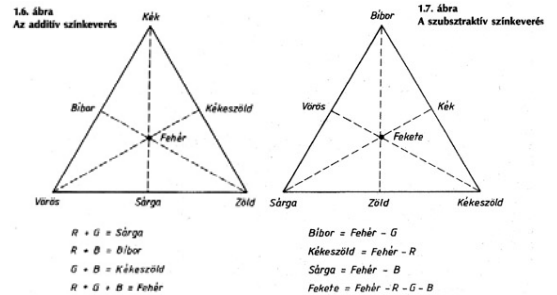
- Látótér: kb. 30 fok jobbra-balra a kellemes térlátás tartománya.
- Központi látás legjobb felbontóképessége kb. 1 szögperc (max. 0,5 szögperc).
- Látásélesség mérése: Snellen-villa, Landolt-gyűrű (E és C betűk)
- Sötétben a pálcikák működnek, és mivel a sárgafoltban kevés van, a fényes csillag mellé kell nézni, hogy éles legyen a kép.



- Látóbíborok: csapokban háromféle, melyek az alábbi színekre érzékenyek: kék, zöld, zöldessárga.
- Ez nem teljesen felel meg az RGB színeknek: a vörös a gyakorlatban jobb. (színporok!)
- Sötétben csak a kék van meg (pálcika), azt látjuk, a többi szint nem.



- Színkeverés meghatározása (metamer színingerek)
- Additív és szubsztaktív
- Ha  $R+G+B$ =fehér és  $G+B$ =kékeszöld, akkor kékeszöld=fehér-R
- Kékeszöld: cyan  
Bíbor: magenta



- CIE: **Commission Internationale de L'Eclairare** (INTERNATIONAL COMMISSION ON ILLUMINATION)  
Általános értelemben színkeverési és fénytechnikai ismeretek, szabványok (1930-tól)

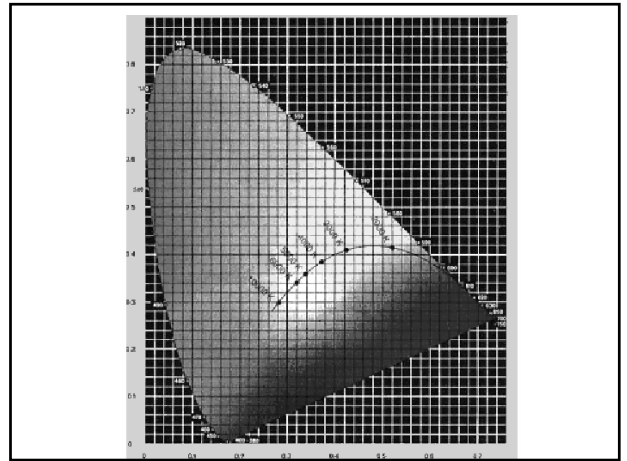
- FCC: **Federal Communications Commission** (USA)

kimondottan az amerikai (NTSC) színestévé rendszer kialakításban működött közre, FCC alapszínek, színporok lehetőségeit vizsgálva (1951)

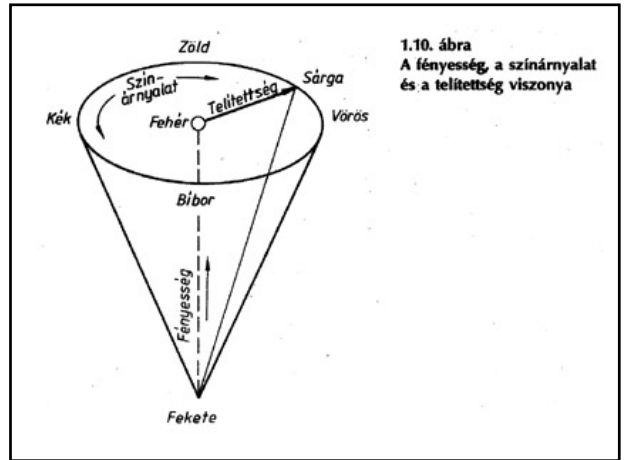
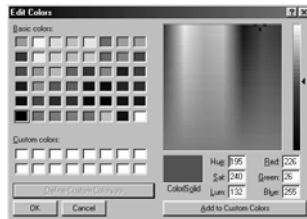
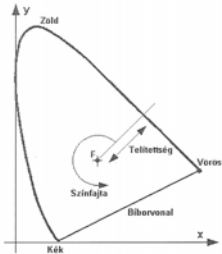
- CIE szabvány:
  - R: 700 nm, G 546.1 nm, B 435.8 nm
  - 1: 4,59 : 0,06 (relatív intenzitás)
  - Ekkor:  $R + 4,59G + 0,06B = \text{fehér}$
  - Mérés és eredménye ábrázolva:



- Az RGB tér egy pontja (3D vektor végpontja) egy adott szín.
- Két szín „összege”, azaz keverése = koordinátánkénti összegzés (lineáris)
- 3D ábrázolás nehézkes: létezik többféle koordináta transzformáció, ami síkproblémává teszi ezt: áttérés az  $r+g+b=1$  síkra és annak vetületére.



- Más színkoordináták:
  - Intenzitás, színfajta és telítettség: IHS: intensity, hue, saturation
  - HLS: hue, luminance (fényesség), saturation (egyszerűbb átszámítások)

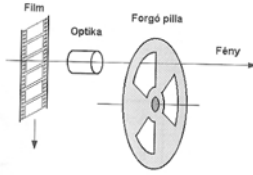


- Szubjektív megadás: „érezelt szín” vagy színérzet, objektív pszichofizikai megadás: szín.
- A szín a látható sugárzás jellemzője (frekvencia, hullámhossz).
- A három legfontosabb érzeti jellemző:
  - Világosság: adott felület mennyi fényt bocsát ki
  - Színezet: milyen színű valami (kék, piros stb.)
  - Telítettség: valamilyen érzékelt szín azonos világosság mellett a fehér és az adott spektrál szín között hol helyezkedik el (világos kék, sötét zöld, halvány piros)
  - Színezettség = színezet és telítettség együttes neve

- Pszichofizikai párok:
  - Világosság – fényűrűesség
  - Színezet – (jellemző, domináns) hullámhossz (frekvencia)
  - Telítettség – színtartalom
  - Színezettség – színesség
- Fontos paraméter még:
  - Fúziós frekvencia: a fény ill. színingerek változásának az a frekvenciája, ami felett a világosság ill. az érzékelt szín változása nem érzékelhető (alatta villog a kép, felette nem).
  - Villogás: a fény ill. színinger gyors változása által keltett érzet, ha a változás frekvenciája kisebb a fúziós frekvenciánál.
  - Színvisztaadás képessége: mennyire egyezik a valós szín a kamera által felvett, majd a színes tévé által megjelenített színnel?

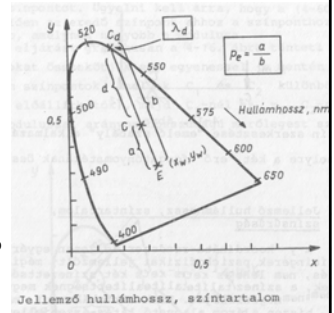
■ Villogás ellen:

– Mozi:



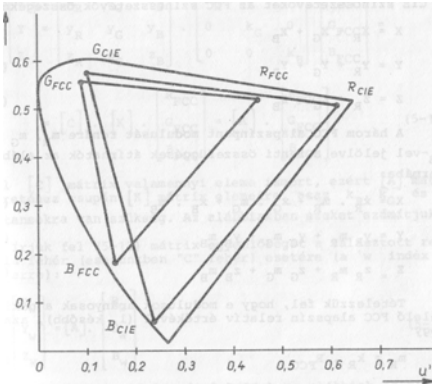
– Tévé: váltottoros letapogatás

- Az E-fehér (egyenlő energiájú fehér) és a patkó adott spektrál színét összekötő egyenesen azonos színezettségű de különböző telítettségű színek vannak (ezek ugyanis a fehér és a spektrálszín eltérő arányú keverékei). Pld: fehér-világos zöld-sötét zöld- spektrál zöld. Ez a jellemző hullámhossza a spektrál szín hullámhossza ( $\lambda_d$ ), ez a színezet leíró jellemzője.



- A színtartalom (a telítettség megfelelője) az összekötő egyenest felosztó pont távolságából meghatározható:  $p = a/b$ . Ha a szín közel van a fehérhez,  $b > a$ , akkor a színtartalom kicsi. A színek a diagram közepén színtelének.

- Hol a fekete ezen? Milyen színű a fehér meg a fekete?



A CIE és az FCC alapszínek az UCS diagramban

- A három színösszetevő relatív fénysűrűsége:

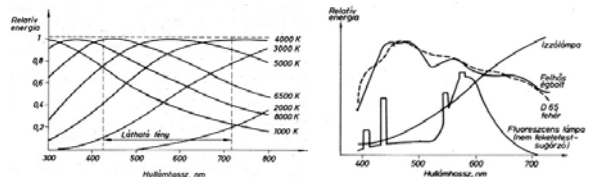
$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

- X és Z összetevőknek nincs fénysűrűség értéke (a színinformációk).

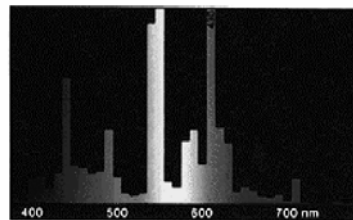
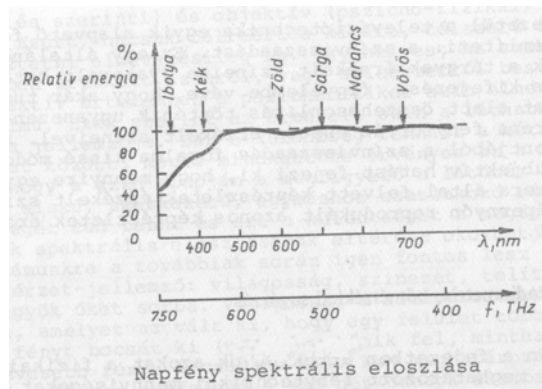
■ A fekete test

- Kisugárzása (spektrális eloszlása) csak a hőmérsékletétől függ
- Minden más ráeső sugárzást elnyel (nem veri vissza)
- Kis hőn a nagy hullámhossz dominál (vörös), 6500 K-elvinnél fehér izzás van, nagy hőn kékes.
- A „hő” = színhőmérséklet, mellyel egyetlen számmal lehet jellemezni (a fekete test) színezettségét, azaz valamilyen színhatást.
- CIE szabványok:
  - CIE A a wolframizó, 2855,6 K
  - CIE B a 4874 K-es napfény (ultraibolya nélkül)
  - CIE C a 6774 K-es napfény
  - Megj. : a napfény a közvetlen sárgás nap és az ég szórt kékjének összege, ami sok minden függvénye.

Különböző fehérek és spektrumok



## ■ Napfény:

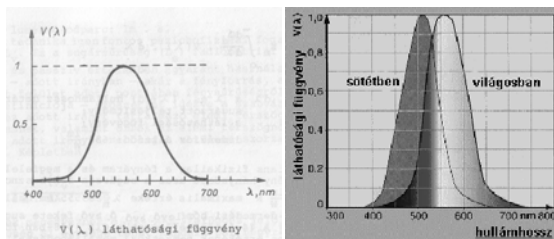


Fénycső sugárzási teljesítményének spektrális eloszlása

## Fotometria

- A szem különböző frekvenciákon különböző érzékenységgel (vö. hallásküszöb görbe, dBA skála).
- A mérés eszköze a „műszem”, amely hasonló érzékenységgel, de objektív pszichofizikai számadatokat szolgáltat (vö. hangnyomásszintmérő).
- Ez az érzékenységgörbe CIE szabvány: neve *láthatósági függvény*  $V(\lambda)$ .
- Felvétele: azonos sugárzott teljesítmény esetén 555 nm-en keltődik a legnagyobb világosságérzet, majd a többi azonos világosságérzetet keltő teljesítményének arányát vették fel. (A világosban látás görbéje fontos a tévéhez, de van sötétben látáshoz is függvény.)

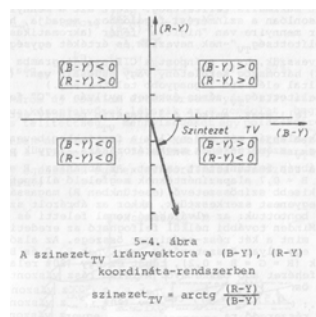
## ■ Láthatósági függvény (CIE szabvány):



## A színelkülönbség

- $0 = 0,3(R-Y) + 0,59(G-Y) + 0,11(B-Y)$
- A színelkülönbségi jeleknek (-Y miatt) már nincs világosságtartalma, csak színességinformációt hordoznak.
- Előjeles mennyiségek, kettő ismeretében a harmadik kiszámítható.

- $Y=R=G=B$  a C-fehér
- A fényssűrűség (Y) és a színesség információ független mennyiségek.
- Színinger leírása: fényssűrűség, domináns hullámhossz, színtartalom. (világosság, színezet, telítettség)
- A színezetet nem hullámhosszal adjuk meg, hanem irányszöggel az R-Y és a B-Y diagramon:  $\arctg(R-Y)/(B-Y)$  megad egy színezetet egyértelműen. Fontos a két színelkülönbségi jel előjele!



$$\text{Telítettség} = /D_{\min}/:Y$$

ahol  $/D_{\min}/$  az eredeti színínger legnegatívabb színkülönbségi jele (R-Y most), Y pedig az eredeti színínger relatív világosságértéke.

$$Y=0,3*0,2+0,59*0,8+0,11*0,7= 0,61 = 61\%$$

$$\text{Színezet}=\arctg(0,2-0,61)/(0,7-0,61)=-77,5 \text{ fok}$$

$$\text{Telítettség}=/0,2-0,61/:0,61=0,41/0,61=0,67=67\%$$

- A teljes színmérő rendszer két (tetszőleges) színkülönbségi jelből és az Y-ból áll. Egy színvektor az R-Y, B-Y és Y háromdimenziós tér egy pontjába (adott színínger) mutat.
- Ez jó, mert a színesség információ kétdimenziós (sík) probléma, ahol a telítettség és a színezet is Y-független.

## RGB részek a szürke képen



Világos részlet a vörös képen, sötét a többin: piros folt a színes képen



Világos részlet a kék képen, sötétebb a zölden, sötét a vörösön: türkiz kék folt a színes képen (farmer nadrág)

## A helyes színvisszaadás

- Nem a valósághű reprodukciót tekintjük „jónak”, hanem azt a képet, amelyet akkor látnánk, ha fehér fényvel világítanánk meg.
- A fehér fény (nappali) változik az idővel, időjárással, a mesterséges megvilágítás pedig sárga, és nem fehér.
- A helyes színvisszaadás ebből a szempontból nem valósághűséget jelent.
- Megoldás: olyan színszűrő kell a fényforrás elé, amely annak spektrumát „fehér fényre” teszi. A fényforrás helyett a kamera elé is lehet tenni, ami egyszerűbb. Azonban minden forráshoz külön kene szűrő...

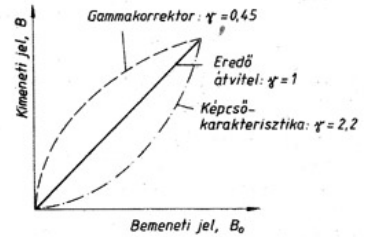
- Kérdés: A monitoron/tévéen megjelenített kép esetében miért nem alkalmazkodik szemünk a megváltozott fényviszonyokhoz?
- Azért, mert mindig a környezetünkkel összhangban érzékeljük a színek harmóniáját. Ez esetben a környezet (amelynek a monitor is része) helyesnek érzett színvilágához képest a monitoron megjelenő kép színei természetellenesek.
- A szem ezen szubjektív tulajdonsága nagyon fontos tényező a videotechnikában.

- Gyakorlatban lehet elektronikus színkorrekciót is végezni (közelítő eljárás kamerákban). Végtelen sok, olcsó és gyors eljárás.
- Ilyenkor erősítőt kell építeni a kamera R,G,B feszültségét előállító útjába. A három erősítő erősítését úgy kell megválasztani, hogy a 3 alapszín ismét egyenlő legyen egymással (Y maradjon állandó).
- Szürke és fehér felület esetén ilyenkor a kamera három alapszíne mindig egyenlő nagy lesz és ez egzaktul helyes korrekció. Más színeknél mindig van kis elvi hiba. Annál nagyobb a hiba, minél jobban eltér a fényforrás a C-fehértől.

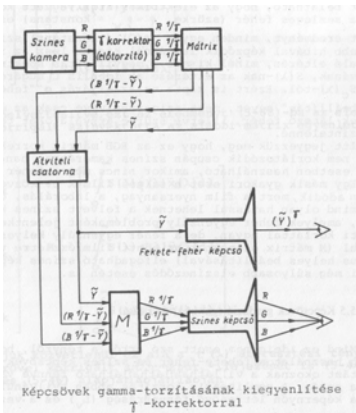
FEHÉREGYENSÚLY BEÁLLÍTÁS, mert szigorúan véve csak az elszíneződött fehér-szürkét teszi színtelenné.

# Gamma korrekció

- A képcső jelentősen torzítja a villamos jelek fényvé alakítása során az információt.
- A torzítás nem lineáris, mert a képernyőn létrejövő fénysűrűség és a vezérlő feszültség nem arányos lineárisan, hanem egy  $\gamma$  (gamma) = 2,2 hatványkitevőn keresztül:  $\text{fénysűrűség} = \text{konstans} \cdot \text{feszültség}^\gamma$
- Ezt a vevő helyett a legegyszerűbben a kamerához közel kell korrigálni (és megtartani a lineáris átvitelt).
- Az elv, hogy a továbbítandó jelet inverz módon előtorzítják (ez a gamma korrekció), melyet „helyesre” a képcső fog visszaroztítani a vevőben.
- Ekkor  $Y' = 0,3R^{1/\gamma} + 0,58G^{1/\gamma} + 0,11B^{1/\gamma}$



1.12. ábra  
Gammakorrekció  
ahol  $B$ : a képcső felületi fényessége  
 $B_0$ : a tárgy felületi fényessége

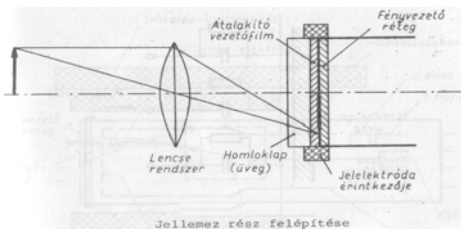


Képcsővek gamma-torzításának kiegyenlítése  $\gamma$ -korrekcióval

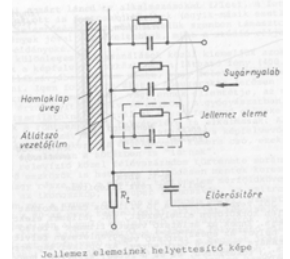
# Képfelvevő eszközök

- Kamerák (ff és színes)
- CCD (egy vagy több chipes, manapság 3CCD)
- A kamerában képfelvevő cső van.
- Cél: nagy érzékenység, jó felbontás, nagy jel-zaj-viszony, egyenletes spektrális érzékenység (optikai szűrők!)
- Nem stúdiócélu (megfigyelő kamera) gyengébb követelményeknek felel meg.
- Különleges kamerák: IR, UV, röntgen

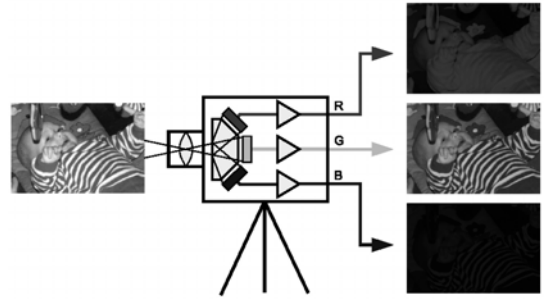
- Elv: optikai lencsével leképezett kicsinyített kép egy fényérzékeny anyaggal bevont felületre esik. Ez a ráeső fény mennyiség (megvilágítás) arányában változtatja vezetőképességét. Ez a **fényvezető rétegű cső**. (Vidikon)
- A homloküveg belső felületén átlátszó, villamosan jól vezető réteg van, ami kapcsolódik a körkörös jellemez-elektrodához. A vezetőfilm belső oldalán egyenletesen felvitt a fényérzékeny anyag van, mely fény hatására vezetővé válik.



- A fényvezető réteg modellje: sok kis kapacitás és párhuzamos ellenállás sorozata.  $R$  értéke változik a megvilágítással. A cső belsejéből folyamatosan pásztáz egy elektronsugár.
- Az  $R_n$  munkaállomás kis pozitív feszültségen van.
- Az elektronsugár elektronjai feltöltik a katód feszültségére a kapacitásokat.
- Sötétben a réteg nem vezet (szigetel), két pásztázás között „nem történik semmi”, az ellenállásokon csak kis áram folyik le. Ezt a kis veszteséget pótolja az elektronsugár. Ez az ún. **sötétáram**.



- Ha fény éri valahol a réteget (pixel) valahol, ott jobban fog vezetni az R ellenállás, melyek (jobban) kisütik a kapacitásokat. Így a potenciálkép az optikai képre „hasonlít”.
- A pásztázó sugár elektronjai kiegyenlítik a pozitív töltéseket és visszaállítják az eredeti katódpotenciált. A jelelektrodán a kapacitások ezzel egyidőben áramot hajtanak át, feszültség fog esni a munkaellenálláson. Ez a *videójel*.
- A pásztázáskor a legvilágosabb részek is feltöltődnek teljesen újra mindig a katódpotenciálra (stabilizált cső).



## KépviSSzaadó eszközök

- Vákuumsöves színes (régen ff) képcső: cathode ray tube: CRT
- LCD, plazma, projektor (LCD/DLP)

## Katódsugárcső

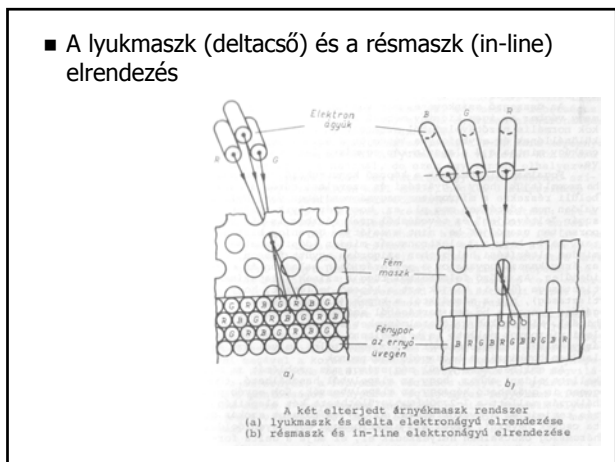
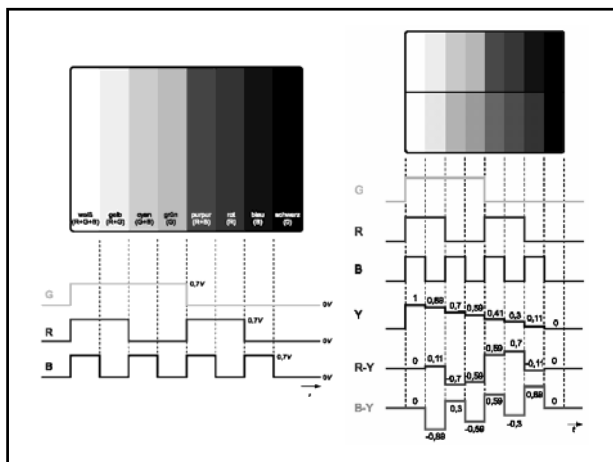
- Mágneses eltérítésű elektronsugár
- A felgyorsított elektronsugár egy megfelelően változó mágneses téren halad át, amitől irányt változtat és a képernyő adott pontjába csapódik be.
- A becsapódáskor a sugár intenzitásától függ a fénypor kibocsátott fénysűrűsége
- A sugár „szinkronban” mozog a kamerával és pontról-pontra ugyanazt hozza létre: szinkronjelek kellene az átvitelbe.

## Színes kép

- Egy pontban egymásra kell vetíteni az R,G,B színeket (megfelelő keverési arányban). Un. „vetítős” rendszer.
- Baja: sötét kell hozzá, hogy jól látszódjon.
- Ezért manapság: árnyékmaszkos (lyukmaszk, mátrix) eljárás: „black matrix”
- Megj: a szem felbontása színek képre csak ötöde (pixelméret 5\*5 is lehet)

- Elv: a szem akkor érzékel két fénypontot különbözőnek, ha azok eltérési szöge minimum 2 ívperc (ff), színes képnél 10 ívperc. (5x rosszabb a színes képre a szem felbontása!)
- Megvalósítás: ha az R,G,B „színpontok” szemünkbe érzékesének szöge ezen belül van: összeolvad az érzet.
- Képernyőn R,G,B színporok pontjai közvetlen közelben egymás mellett vannak és „kicsik”.





- Három elektronágyú: minden alapszínhez egy.
- Közvetlenül az ernyő előtt egy árnyékmásk van.
- A lyukak rajta úgy vannak kialakítva, hogy adott ágyú csak az adott lyukon át tud áthatolni és a neki megfelelő színű képpontot gerjeszti.
- Mikrométer pontosság!
- Deltacső elavult, nehéz a beállítás, elállítódik. Itt köralakúak a fényporszemcsék.
- In-line: igénytelenebb, ezért jobb. Színtisztasági hiba kevesebb.

- A Mátrix-eljárás:
- A fényporkörök ill. csíkok közötti részt feketére festik (elnyeli a fényt).
  - Eredmény: fénysűrűség nő, kontraszt nő, mert a külső szórt fényt elnyelődik.
  - Normál képernyő üvege 50% áteresztésű, amin a külső fény kétszer, a belső csak egyszer halad át: ez a kontraszt biztosítása.
  - Mátrix képernyőnél a megnövelt kontraszt miatt a homloküveg áteresztése megnövelhető: 50-100% fénysűrűség javulás érhető el eredőben.

## Fekete-fehér műsorszórás

- A ff képen egyetlen elektronsugár és azonos akromatikus ernyő (fénypor) van.
- Átvitel során a képet apró képelemre (pixelre) osztjuk fel és azokat *sorszekvenciálisan* (időben egymás után rakva) továbbítjuk.
- 4:3 képhez a szokásos, szükséges felbontás 600 sor\*800 oszlop. 20 fokos szög alatt nézve már nem látszanak a sorok.  $600 \cdot 800 = 4,8 \cdot 10^5$
- A villogásmentességhez át kell lépni az ún. fúziós frekvenciát (50-60 Hz).
- Sávszélesség (600 sornál): a legnagyobb frekvenciájú TV-jel a fekete pont-fehér pont sorozat (0101...).

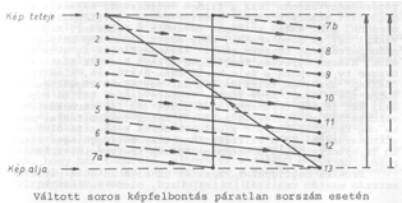
$$f_{\max} = \frac{1}{2T_{\text{pixel}}} = \frac{1}{2 \left( \frac{1 \text{ sec}}{25 \cdot 4,8 \cdot 10^5} \right)} = 6 \text{ MHz}$$

## Fúziós frekvencia, villogáselhárítás

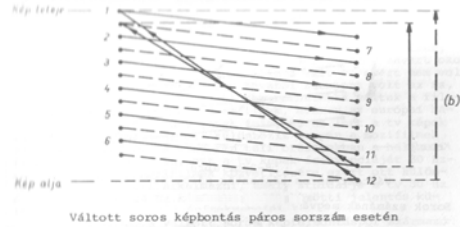
Megvalósítás:

- 50-60 Hz csak a villogásmentességhez kell, a folyamatos mozgóképhez elég (mozi!) 20-30 kép/sec.
- Moziban ugyanazt a képet vetítik ki többször a villogás elkerülése érdekében. Kezdetben ehhez a tévében nem volt kellően nagy tároló.
- Váltott soros letapogatás (interlace) vs. progresszív (PC, projektor).
- Sorpárosodás (hiba): amikor nem a megfelelő helyre rajzoljuk, hanem az előző sorra a következő sort.

- Váltott soros képfelbontás:
- Példa páratlan sorszám (13), melyek ferdek, hiszen függőleges és vízszintes eltérítés egyszerre működik. A valóságban ez nem vehető észre több száz sornál.
- Az 1, 2, 3... sorok között „üres sor marad”. A hetedik a felénél „végtelen gyorsan felugrik” és fejeződik be a kép tetején.
- A 8. sor elejére végtelen gyorsan ugorva folytatódik, amely pontosan az 1 és 2 sorok közé illeszkedik. A 13.sor végén vízszintesen és függőlegesen is kell ugrani a kép bal felső sarkába. És kezdődik előlről.



- Így másodpercenként kétszer annyi felvillanást látunk, azaz egy kép két félképből áll:  
**VÍZSZINTES FELBONTÁS FELEZŐDIK, sávszélesség marad!**
- Ez csak páratlan sorszámú egyszerű. Páros sornál a felugrás a bal felső sarokba pont ugyanarra a sorra rajzolná az újat, ezért azt le kell tolni egy sornival: eltérő ugrásokat kéne végrehajtani.



## Progresszív megjelenítőn látható interlace kép (de-interlace szükséges)



- Sor számának meghatározása:
- Cél: 600 körüli szám, páratlan és az akkori frekvencia-osztó áramkörök miatt kis egészszámok szorzata legyen:
  - Anglia  $3*3*3*3*5=405$  sor
  - USA, Japán  $3*5*5*7=525$  sor
  - Európa  $5*5*5*5=625$  sor
  - Franciaák  $3*3*7*13=819$  sor
- Mára csak a 625 és az 525 maradt meg (PAL, NTSC)

Másodpercenkénti képek száma:

- Az erősáramú hálózat felére választották anno, mert nem kellett a tápegységet szűrni, a brumm „nem mozgott”, hanem állt a képen (lásd később).
- Továbbá: a mozifilmek képszáma 24, könnyen bemutathatók (1 Hz az eltérés)
- EU: 50 Hz, USA: 60 Hz a hálózat
- Manapság a színes tévé pontossága  $10^{-7} \gg$  a hálózati  $10^{-2}$  miatt már nincsenek fázisszinkronban
- Vigyázat: a félkép-frekvencia (a függőleges eltérítés frekvenciája) kétszerese a tv kép frekvenciájának, vagyis az megegyezik a hálózattal.
- Vízszintes eltérítés frekvenciája (sorfrekvencia) számítható, hiszen képfrekvencia\*sorszám=sorok száma másodpercenként.

- Néveleges értékek:

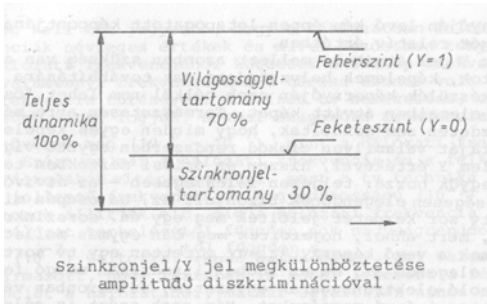
	Európa	USA, Japán
Sorszám	625	525
Hálózati frekvencia	50	60
Képfrekvencia	25	30
Félkép frekvencia (függőleges eltérítés)	50	60
Sorfrekvencia (vízszintes eltérítés)	$625*25=15625$ Hz	$525*30=15750$ Hz

- 625 sorhoz 40 ms kell (575 aktív sor van csak)
- Ha pl. 50 Hz-nek megfelelő 20 ms alatt közvetítenénk 625 sort, a soridőt a felére kellene csökkenteni, ami kétszeres sebességű eltérítést és nagyobb sávszélességet jelentene.

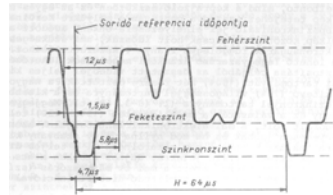
- Fekete-fehér tévé egyetlen hasznos jele a gamma-előtorzított Y világosságjel: Y
- Y=0 fekete, Y=1 fehér, közötté szürke
- Szükség van még a „helyzetinformációra”, hogy hol van a képpont: minden tv sor eleje van megjelölve *sorszinkronjellel*.
- Továbbá: a sugarat ki kell oltani a visszafutási idők alatt, méghozzá a leglassabb tévé készülék idejéhez igazítva.
- A félképeket is *félképszinkronjellel* kell megjelölni. Ezzel szinkronizáljuk a függőleges eltérést a kamera és a tv között.
- Ezek a visszafutási (képkiváltási) időkben lesznek elhelyezve.

### Videojel dinamikartartomány:

- 70% az Y, 30% a szinkron része (manapság nem kéne 30% erre, de a színes tévé mai napig kompatibilitás miatt ezt használja).
- Szinkronjelek megkülönböztetése az időbeni hosszuk alapján történik:
  - sorszinkron rövid 5  $\mu$ s,
  - félképszinkron hosszú,  $2,5H=160 \mu$ s impulzus.
 ahol H= soridő (64  $\mu$ s), a vízszintes eltérítési frekvencia reciproka: 1/15625 (EU).



- Szinkronjelek és sorkioltás
- Megállapodás: a sor kezdete a sorszinkron jel homlokának 50%-os pontja
- A szinkron jel 4,7  $\mu$ s << a visszafutás tényleges 12  $\mu$ s sorkioltási ideje.
- A szinkronjel csúcsai a fekete szint alatt vannak, melyek „kioltják” a sugarat és amplitúdó-diszkriminációval könnyen szétválaszthatók.
- A sorszinkron jelnek van egy 1,5  $\mu$ s előválla, amely késlelteti a sorszinkronjel homlokát. Oka a jel véges sávzélessége, a véges felvételi idő. Muszáj minden jelnek 64  $\mu$ s-ra lenni egymástól és ez nem függhet attól, hogy az előző sor milyen színnel végződött. Az előváll ideje alatt a jel szintje biztos eléri a feketét és nem modulálja meg a képtartalom a szinkronjeleket.
- A hátsó váll 5,8  $\mu$ s, a maradék a 12-ből.



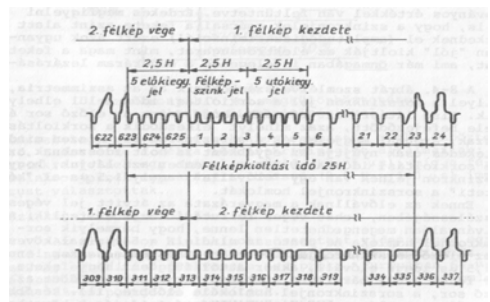
Jellegzetes tv sor hullámforma a vízszintes szinkronizáló és kioltó jelekkel. (625 soros rendezés)

### Félképszinkron és félképkiváltás:

- Minden félkép kezdetét egy  $2,5H=160 \mu$ s széles impulzus jelzi.
- A félképszinkron alatt bár nincs képrajzolás a sorszinkron nem veszhet el. Megoldás: megszagatják sorfrekvenciás ütemben a félképszinkron jelet. A valóságban kétszer gyorsabban történik ez.

(A váltott soros ábrázolás miatt a két félkép szinkronimpulzusa nem lenne egyforma alakú, mert egyszer épp egybeesik a sorszinkronnal, máskor meg a sor közepére esik).

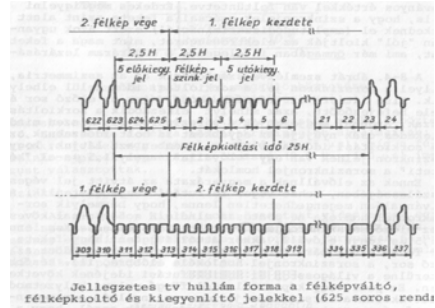
- Ábrázolóskor a félképszinkronjel homloka esik egy egyenesbe és így a két ábra minden része épp 1/50 Hz=20 ms félképidőnyire van egymástól:



Jellegzetes tv hullámforma a félképváltó, félképkiváltó és kiegyenlítő jelekkel (625 soros rendezés)

- Aktív képek a 623-ban van vége, 624 és 625 üres (23-ig), azaz 25 soridő marad ki félképenként: összesen  $625 - 50 = 575$  aktív sor van képenként.
- A 623 és 23 sor rajza „feles”, ezek félsorok (első sor/1 félkép és utolsó sor/2.félkép).
- Üres sorok 7-20-ig: TXT jel vagy vizsgálójelek. A műsor alatt figyelhető a torzítás az adóban.

- Kiegyenlítő jelek: sorszinkronhoz hasonlóak, kétszeres frekvencia és fele szélesség.
- Öt előtte és öt utána (mindegyik meg van szaggatva): összesen  $7,5H$  idő lesz arra, hogy a különbségek kiegyenlítődjenek.



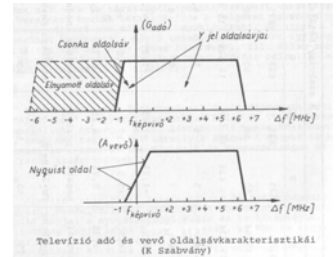
## Rádiófrekvenciás jelű

- OIRT: régi szocialista szervezet
- CCIR: nyugat-európai országok
- FCC: USA, Japán

A főbb televíziórendszerek jellegzetes paramétereit

Paraméter	A szabvány betűjele						
	M	B	C	G	I	D, K	L
Sorok száma	525	625	625	625	625	625	625
Félképfrekv. (Hz)	59,94	50	50	50	50	50	50
Sorfrekvencia (Hz)	15 734	15 625	15 625	15 625	15 625	15 625	15 625
Vízsz. (V) sáv-szélesség (MHz)	4,2	5	5	5	5,5	6	6
Csatorna sáv-szélesség (MHz)	6	7	7	8	8	8	8
VSB sáv-szélesség (-20 dB) (MHz)	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25
Hang-kép fr. távolság (MHz)	+4,5	+5,5	+5,5	+5,5	+6	+6,5	+6,5
VSB -3 dB sáv-szélesség (MHz)	0,75	0,75	0,75	0,75	1,25	0,75	1,25
Képmóduláció polaritása	negatív	negatív	pozitív	negatív	negatív	negatív	pozitív
Hangvívó modulációja	FM±25kHz	FM±25kHz	AM	FM±50kHz	FM±50kHz	FM±50kHz	AM
Előkiemelés idő-állandója (µs)	75	50	50	50	50	50	-

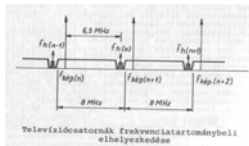
- Az összetett (kompozit) videójel csonka oldalsávós AM-VSB modulációt használ.
- A képvivőtől 0,75 MHz-ig kétoldalsávós, 1,25-ig átmeneti tartomány, 1,25 felett csak a felső oldalsáv van meg.
- Az elnyomott alsó sáv hiányának zavaró hatását egyenlítik ki a vevőben (torzítások árán).



- Ez a vevő minden AM-VSB adást vesz, ha a Nyquist oldal frekvenciája egyenlő az adó sugárzási spektrumának kétoldalsávós részével.

## TV csatorna beosztás

- A hanghoz külön vívó van.
- A K és D szabvány FM hangot használ, a vívó a képvívóhoz képest +6,5 MHz. A képpel 6 MHz-es. A csatornák 8 MHz (UHF sávban).
- Ez szokványos FM rádió



- A B és G: 5,5 MHz a különbség a két vívó között. 5 MHz a képpel sáv-szélessége. Már nálunk is B van, 7MHz csatornával.
- Az USA-ban csak 4,5 MHz a különbség (M szabvány), képsáv-szélesség csak 4 MHz, a csatornák 6 MHz-esek.
- VHF sáv: I-II-III: 48...230 MHz
- UHF: IV-V: 470...860 MHz (8 MHz csatornák)

## Színes TV

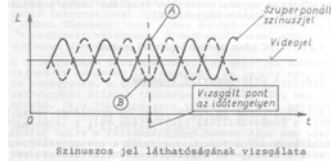
- Kompatibilitás fontos: a meglévő készülék a színes adást ff-ben vegye, a színes készülék a ff adást ff-ben vegye.
- Adott szín fényerőssége:  $Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$
- 3 színhez 3 kamera és 3 feszültség tartozik [0, 1 V]. Y is 0-1 V.
- Okok a színkülönbségi jel átvitele mellett:
  - Kompatibilitás és sáv-szélesség: 6 MHz kell Y-nak az éles ff képhez, 1-2 MHz színnek, ami nem olyan éles.
  - ff képnél a színjelcsatorna nem terhel, ff képnél semmi színinfót nem kell átvinni.
  - Y-t mindenképpen át kell vinni a ff-tévének (kompatibilitás).
- Három (mára már csak kettő) fontos rendszer:
  - NTSC: National Television System Committee (Never The Same Colour)
  - SECAM: francia „memóriát tartalmazó szkenzációs rendszer”.
  - PAL: Phase Alternation Line, soronként fázisváltogatásos rendszer.

- Példa:  
 Átvitelre kerül: Y, R-Y, B-Y  
 G-Y számítható:  $-0,3/0,59(R-Y)-0,11/0,59(B-Y)$   
 Integráló összegző áramkör, műveleti erősítővel.
- Példa:  $R=0,5, B=G=0$ .  
 Telítettség = 1, mert 0-ból nem lehet fehér DC szintet leválasztani.  
 $Y=0,5*0,3=0,15$   
 $R-Y=0,5-0,15=0,35$   
 $G-Y=B-Y=-0,15$   
 (R=1 esetén ugyanaz a vörös szín, de  $R-Y=0,7, B-Y=0,3$ )  
 Színezet =  $\arctg(R-Y/B-Y) = -66,8$  fok

Mivel a zöld jel járul hozzá legnagyobb mértékben a világosságjel képzéséhez, következésképpen a zöld színelőtolás (G-Y) amplitúdója a legkisebb. A G-Y komponens esetében a legrosszabb a jel-zaj viszony, ezért a zöld színelőtolási jelet nem közvetítjük.

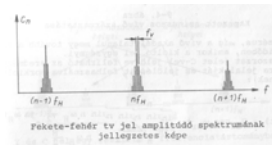
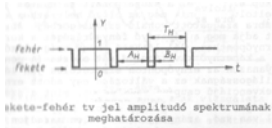
## NTSC

- Maradnia kell a sávzélességnek, felépítésnek, vivők távolságának, modulációnak, csatormabeosztásnak!
- Megfigyelés: nagyfrekvenciás külső zavar alig rontja a ff képet, ha annak frekvenciája meghatározott viszonyban van az eltérítő frekvenciákkal.
- Próbálkozások során: ha a videójelre szuperponált színjel frekvenciája éppen a **vízszintes eltérítés frekvenciájának felének páratlan számú többszöröse**, akkor a zavar minimális (ha a sorfrekv. egészszámu többszöröse – harmonikus – akkor nagy a zavar csíkos állókép formájában). Ez azért van, mert két félkép távolságban az adott tv sor adott pixeljén a zavar éppen ellenfázisban jelentkezik. Ez a fényes-sötét villogás sorfrekv/2 sebességű, ami a fúziós frekvenciánál kisebb és nem látszik. Továbbá, a zavar annál kisebb, minél nagyobb a frekvencia.

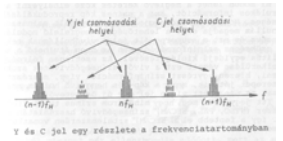
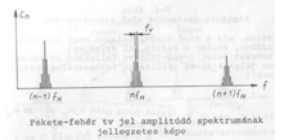


## Frekvenciatartomány

- El lehet helyezni egy szinuszos vivőt, amit a „színinformációval” modulálunk meg.
- A homogén szürke kép Y jelének vonalas spektruma van (képköltés nélkül, de sorköltással megszagatva):
- A spektrumvonalak a sorfrekvencia harmonikusainál lépnek fel. Növekvő frekvenciával csökkenő amplitúdóval  $f_n: \sin^2/x$  alakú (csomosodás).
- A sorfrekvenciás spektrumvonalak környezetét - mint oldalsáv - a félképfrekvenciák alkotják.

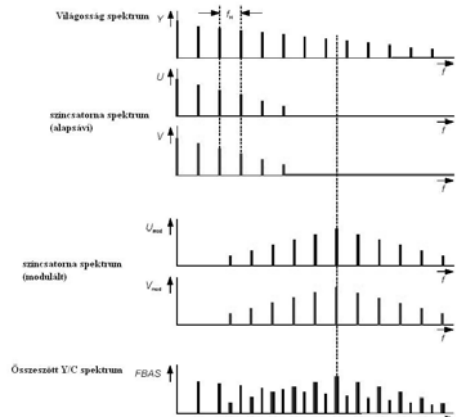
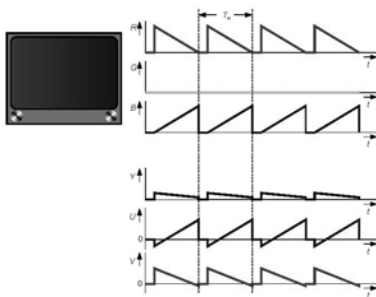


- A képköltés hatása: a harmonikus komponensek körül szimmetrikusan gyorsan csökkenő vonalak keletkeznek ( $f_n$  távolságra):
- A lényeg: ff képnél csak  $f_n$  többszöröseinél foglalt a spektrum!
- Ez a kép nem homogén esetben sem sokkal tér el egymástól, mert a **sorok egymás után nagyon hasonlóak!**
- Ha a színsegédvivő (minimális zavarhoz) nem lenne megszagatva (sor és félkép), akkor egyetlen vonal lenne a sorfrekv/2 pt többszörösénél, ami pont két csomosodási hely közé felútra esik. De ezt is ki kell oltani és meg kell szagatni: a vonal szétbomlik több vonalra, félképfrekvenciás távolságokra.

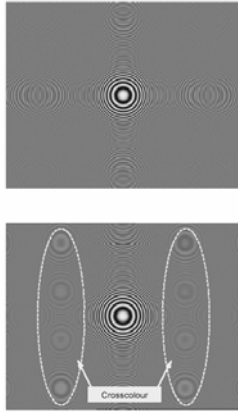


Ha harmonikust választanánk, a zavar maximális lenne, hiszen a C és Y jel csomosodásai egy pontra esnének.  
De ez nem szükséges feltétel, pld. SECAM-nál a nem ideális frekvencia közbeszövés ellenére is működik.

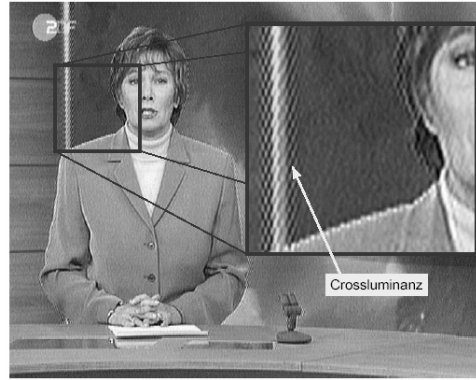
## Spektrum (példa)



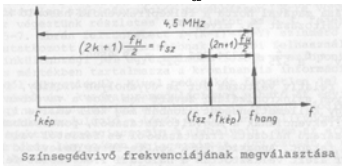
- A segédvívó Y jelet zavaró hatása (interferencia) gyakorlatilag elhanyagolható, habár a helyzet nem ideális, mert pl. a PAL rendszerben a dekódér képtelen tökéletesen megkülönböztetni a színjelet és az Y jel azon részét, amely a segédvívó környékére esik.
- Ily módon a dekódér színjelként kezeli az Y jel egy töredékét, ami zavaró hatású interferenciához vezet (*cross color*).
- Ez különösen akkor érezhető, ha a kép függőleges irányú csíkokat tartalmaz, amelyeknek a frekvenciája összemérhető a segédvívó frekvenciájával (pl. csíkos ruha).



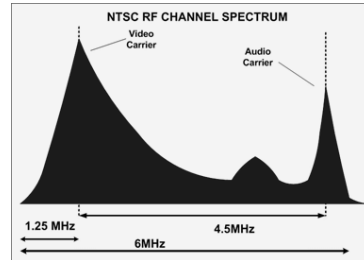
## ■ Cross-Luminance



- A színsegédvívó frekvenciájának megválasztása (NTSC)
- Az AM demodulátor legkritikusabb része: a hangvívó és a színsegédvívó különbségi frekvenciája. Ez a különbség is legyen a sorfrekv/2 pti többszöröse, hogy ne zavarjon, azaz a színsegédvívó ilyen távra legyen a hangvívótól és a képvívótól is.
- Ez akkor lehet, ha a kép és hangvívók távja a sorfrekv. egész számú többszöröse, ami az NTSC-ben nem igaz:  $4,5 \text{ MHz}/15750 \text{ Hz} = 285,71428$ .
- A hang-kép távna maradnia kell, ezért 286-lelt a szám, amivel új sorfrekvencia keletkezett:  $f_{s1} = 4,5 \text{ MHz}/286 = 15734,2657 \text{ Hz}$ , mely csak 16 Hz-el (0,1%) kisebb a névlegesnél, ez jó.
- Ezáltal a félképfrekvencia is változott:  $f_v = 59,95005 \text{ Hz}$ .
- A színes tévében már nem lehet összekötni a stabilitás miatt az erősáramú hálózat fázisát a tévével, de nem az 59,95 Hz miatt (60 Hz-en sem lehetne), hanem a stabilitás miatt.
- A páratlan számot 455-re választották:  $f_{sz} = 3579545,454 \text{ Hz} \pm 10 \text{ Hz}$ , azaz 3,58 MHz.



- A spektrum a vívó környezetében tartalmazza a legnagyobb komponenseket



## A moduláció megválasztása

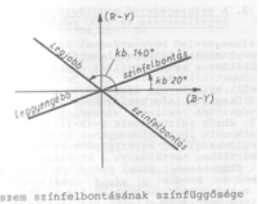
- Y jelet úgyis át kell vinni, a színinformációt az R-Y és a B-Y határozza meg.
- Két független jel egyetlen modulációval a kvadrátúra AM-al vihető át. A kérdés a sávszélesség, AM-VSB-t könnyen lehet diódás burkolódemodulátorral és aluláteresztő szűrővel visszanyerni.
- QAM jel (modulátor) =  $(R-Y) \cdot \cos(\omega t) + (B-Y) \cdot \sin(\omega t)$
- Szorozó demodulálás = QAM jel \*  $\cos(\omega t)$  után LPF =  $1/2(R-Y)$   
QAM jel \*  $\sin(\omega t)$  után LPF =  $1/2(B-Y)$

$$a_1(t) \cos(\omega t) \cos(\omega t) = a_1(t) \cos^2(\omega t) = a_1(t) \frac{1 + \cos(2\omega t)}{2}$$

$$a_2(t) \cos(\omega t) \sin(\omega t) = a_2(t) \frac{\sin(2\omega t)}{2}$$

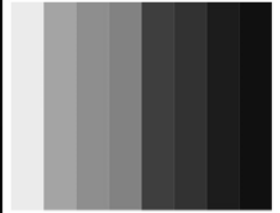
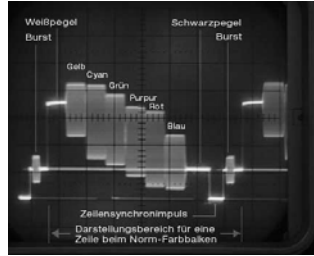
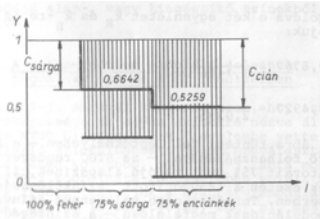
- A képvívótól egyre távolabb haladva a spektrumban (jobbra), a nem levágott oldalsáv komponenssel nem túl nagy amplitúdójúak, így nem zavarják meg az átfedésben lévő Y spektrumot.
- Vizsgálat: komplementer színekre az érzékenység más: narancs-kékeszöldet lehet a legjobban szétválasztani, a legkevésbé a sárgászöld-kékeslila választható szét. Ráadásul 3-8x rosszabb a felbontás, mint ff-ben.
- Következmény: az Y 4 MHz-e helyett elég 3...8x kisebb is.

- Kell *redukciós tényező*, nehogy a moduláló jel túlságosan a fehér szint fölé vagy a fekete alá vigye a színsegédvívó amplitúdóját.
- A sárgának a legnagyobb az Y tartalma (az egyik tengely mentén) és a ciáné a másikon, amelyek 75%-os Y tartalmához írták elő a tényezőket. Legyen a 75%-os Y szintre szuperponált sárga és cián QAM vívó amplitúdója akkora, hogy a vívó csúcsa éppen  $Y=1$ -ig érjen. (Ha nagyon ritkán ez >75%, akkor vágóáramkör torzítással levágja azt).
- $k_R = 0,8767$  és  $k_B = 0,4927$
- Colorbar: fehér-sárga-cián-zöld-bíbor-vörös-kék-fekete. Komplementer színek: cián+vörös=fehér.

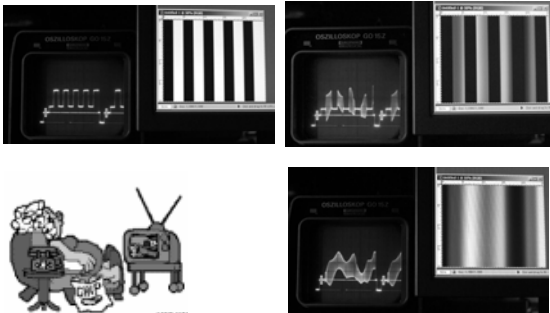


Alapszín- és világosságjel amplitúdók értékei a színsávábrában

	R	G	B	Y <sub>100%</sub>	R	G	B	Y <sub>75%</sub>
fehér	1	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,75
sárga	1	1	0	0,8856	0,75	0,75	0	0,6642
encsián	0	1	1	0,7012	0	0,75	0,75	0,5259
sötét	0	1	0	0,5868	0	0,75	0	0,4401
bibor	1	0	1	0,4132	0,75	0	0,75	0,3099
vörösa	1	0	0	0,2988	0,75	0	0	0,2241
kék	0	0	1	0,1141	0	0	0,75	0,0858
fekete	0	0	0	0	0	0	0	0

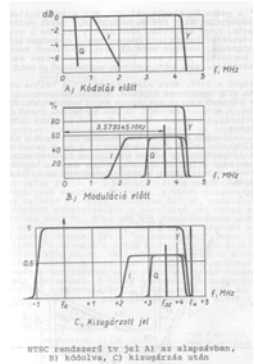


## Mérőábrák

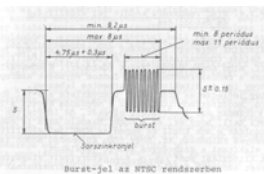


## Moduláló jel megválasztása

- Teljesen mindegy melyik két merőleges tengelyt választjuk a QAM-hez
- Nem az R-Y és a B-Y lett a két QAM tengely, hanem egy kissé elforgatott, amihez a minimális sávszélességigény tartozik: I-irány legyen a szem legjobb színelbontásának iránya (kb. 140 fok nem redukált koordináta-rendszerben) redukálva 123 fok. Q jel: 33 fok, amely majdnem megfelel a legrosszabb felbontásnak (véletlenül).
- I színelbontás jel 1,5 MHz, csóna oldalsávval fér el
- Q 0,5 MHz, teljes kétoldalsávos AM.
- Rádiófrekvenciás kisugárzások a képvívő csónakoldalsávos AM miatt színinfót a képvívő felső oldalsávjá hordoz, mert a képvívő alatt 1 MHz-el az alsó oldalsáv el van nyomva.



## Burst

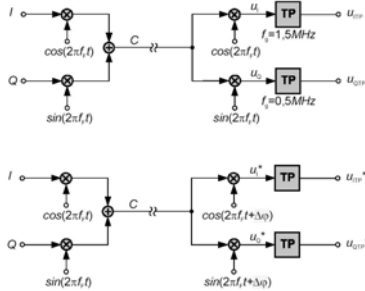


- QAM demodulációhoz szükséges a vívő fázishelyes előállítása a vevőben.
- Kell pilot vívő, amit tévénél szakaszosan lehet átvinni (szinkronjeleknél tilos mást átvinni).
- A pilotjel referens fázisú modulálatlan színesgédivővel, helye a sorkiolto jel hátsó vállának 5 µs része.
- A burst frekvenciája = színesgédivővel, 180 fok fázissal az R-Y/B-Y rendszerben (azaz a -(B-Y) irány).
- Minden sorszinkronjel után van burst, de a kiegyenlítő és képkiolto jelek után nincs.
- A vevő ezt leválasztja (PLL) és a helyi oszcillátort fázisszinkronizálja.
- A burst csúcstól-csúcsig értéke = a szinkron jelelével. (Feszültségstabilizálásra használható).
- Mivel a tévében van aluláteresztő szűrő, ami a szinkronáramkörre vezet, kiszűri a burst-öt és nem kerül rá a szinkronáramkörre az (és így bár belenyúl az alsó tartományban, nem fogja a tévé szinkronnak nézni).

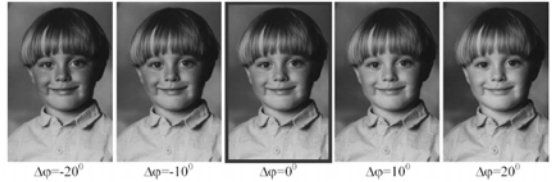
## Hibaforrás

- Mint minden kvadratúramoduláció, így az NTSC színjele is igen érzékeny a fázishibára, hiszen a vevő szorzodemulátorai csak akkor tudják a nem kívánt összetevőt elnyomni, ha a szorzójel fázisa pontosan merőleges a nem kívánt kvadratúra-összetevő fázisára.
- Fázishibát tud okozni egyebek között a vevőben levő PLL áramkör vagy az átviteli út szintfüggő fázistorzítása (differenciális fázis).
- Hue Control: NTSC-ben a színeket állítgatni kell (PAL-ban nem): never the same colour
- PAL: ezt kiküszöböli!

## Demoduláció hibamentesen és fázishibával



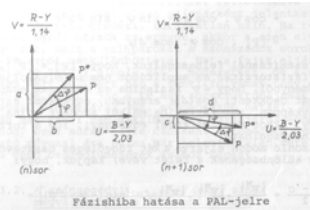
## Fázishiba NTSC-ben



## PAL

- Lényegében továbbfejlesztett NTSC
- Módosított QAM
- PAL (és a SECAM) feltétele az olcsó soridejű késleltető művonal (analóg memória, digitális memória)
- NTSC baja: fázishiba -> szín változik
- A soronkénti fázisváltogató QAM ezt kiküszöböli: a két kvadrátúra összetevő egyikének fázisát soronként invertálják. Ezzel az esetleges 20-30 fokos fázishiba sem okoz színtorzulást. Egy adott  $\Delta\phi$  fázishiba a QAM jelvektor hosszát csökkenti ( $\cos \Delta\phi$ -vel), az irányszöget nem befolyásolja. A színezet marad, a telítettség csökken.

- A kvadrátúra-modulált  $\mathbf{P}$  jelvektor az  $n$ -edik és az  $(n+1)$ -edik tv-sorban.
- A  $\mathbf{P}$  vektor fáziszöge az  $n$ -edik sorban  $\varphi$ , míg az  $(n+1)$ -edik sorban  $-\varphi$ , hiszen az  $(R-Y)$ -nal arányos komponens előjelet vált minden második sorban.
- ( $\mathbf{P}^*$ ) abban az esetben, ha a vevőbe  $\Delta\phi$  fáziszöghibával érkezik. Ez két egymást követő sorban nem változik, ugyanakkora nagyságú és előjelű  $\Delta\phi$ .
- Feltételezzük, hogy a színvektor közel azonos értékű két egymás utáni tv-sorban
- A fázistorzítás hatására az eredeti  $\mathbf{P}$  vektor két tengelyirányú összetevője megváltozik: a függőleges komponens megnő ( $a$ ), a vízszintes pedig lecsökken ( $b$ ), ha a viszonyokat az  $n$ -edik sorból nézzük. Ezzel szemben az  $(n+1)$ -edik sorban a helyzet éppen fordított:  $\mathbf{P}^*$  függőleges összetevője ( $c$ ) kisebb lett, míg a vízszintes komponens ( $d$ ) meghosszabbodott.



- Képezzük a két vízszintes összetevő összegének a felét a két egymást követő tv-sorban (átlagolás):

$$\frac{b+d}{2} = \frac{|\mathbf{P}^*|}{2} [\cos(\varphi + \Delta\varphi) + \cos(-\varphi + \Delta\varphi)] =$$

$$= \frac{|\mathbf{P}^*|}{2} [\cos\varphi \cos\Delta\varphi - \sin\varphi \sin\Delta\varphi + \cos\varphi \cos\Delta\varphi + \sin\varphi \sin\Delta\varphi] =$$

$$= |\mathbf{P}^*| \cos\varphi \cos\Delta\varphi.$$

- $|\mathbf{P}| = |\mathbf{P}^*|$ , mert a fázistorzítás az amplitúdót nem befolyásolja. A fázishiba az átlagnak csupán a nagyságát csökkenti  $\cos(\Delta\varphi)$  arányban. Ha  $\Delta\varphi$  nem nagy, akkor  $\cos(\Delta\varphi)$  közel egységnyi, a torzítás hatása elhanyagolható.
- Hasonló módon eljárva a két függőleges összetevővel (itt a kettő különbségének a felét véve) kapjuk, hogy:

$$\frac{a-c}{2} = \frac{|\mathbf{P}^*|}{2} [\sin(\varphi + \Delta\varphi) - \sin(-\varphi + \Delta\varphi)] = |\mathbf{P}^*| \sin\varphi \cos\Delta\varphi,$$

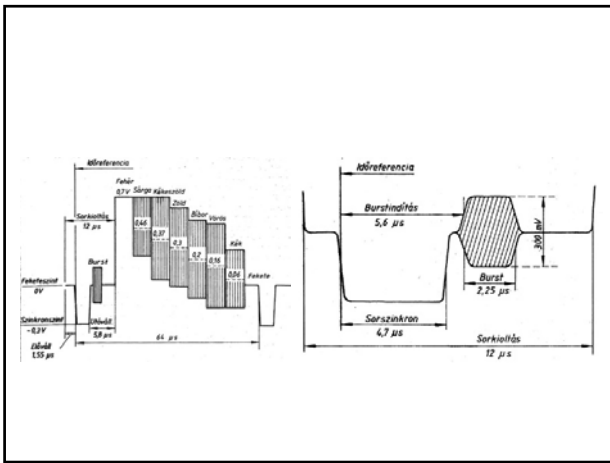
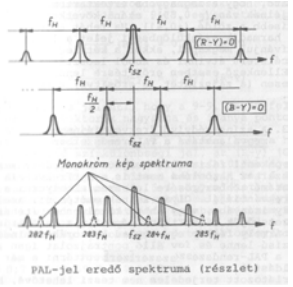
- Itt is fennáll, hogy a torzítás  $\cos(\Delta\varphi)$  arányban csökkenő átlagot eredményez. Márpedig ha a két QAM-összetevő mindegyike egyaránt  $\cos(\Delta\varphi)$ -szorosára csökken, akkor az eredőjük fázisa (irányszöge) nem változik.
- A „színezet” konstans marad, a vektor hossza a „telítettség”-el arányos. A vevőben két egymás utáni tv-sor kvadrátúra-jelének összegzése, ill. kivonása után nyert átlagolást el kell végezni, egy sort tárolni kell!

- Színsegédvívó megválasztása:
- I és Q-t nem tartották meg, hanem az U és V tengelyeket vezették be (R-Y és B-Y).
- $U = k_B \cdot (B-Y)$ ,  $V = k_R \cdot (R-Y)$
- $k_B = 0,493$ ,  $k_R = 0,877$  (75%-os fehérre)
- A legnagyobb értéktartománya a kék színkülönbségi jelnek van, majd a vörösnek. Ha a harmadikat (a zöldet) mátrixolással a legnagyobb jel/zaj viszonytal akarjuk megkapni, akkor azt kell számolással meghatározni.

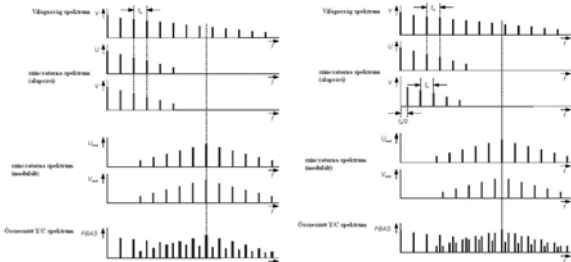


# A színjel (modulált színsegédvívő) spektruma

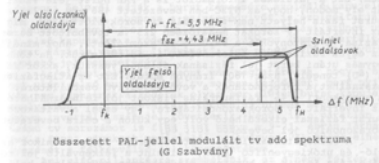
- Homogén zöld kép esetén külön nézhetjük az R-Y-al és a B-Y-al modulált vívő spektrumát, eredő a kettő összege.
- A szomszédos csomósodási pontok  $f_H$  sorsfrekvencia távolságára vannak, nagyságuk  $f_{sz}$ -től távolodva 1/x jellegűen csökken.
- Az R-Y összetevők az  $f_{sz}$ -tól a sorsfrekv. felének pti. számú többszörösének helyeit foglalják el.
- Ez jó, mert (fésű)szűrővel szétszedhető (NTSC-ben azonos helyen csomósodtak a színösszetevők).
- PAL-ban ezt még össze kell szőni az Y-al is: ha  $f_{sz}$  kb. a sorsfrekvencia negyedének pti. számú többszöröse, akkor ez ideális lesz.



# NTSC és PAL spektrum



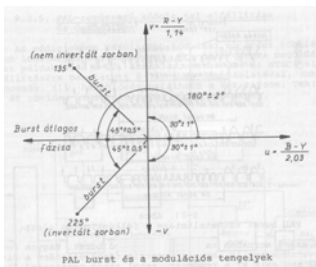
- $f_{sz} = 1135 * f_H / 4 = 283,75 f_H$
- Pongyolán fogalmazva a PAL spektrum olyan, mint egy a csomósodási helyen kettészakadt NTSC zín spektrum: balra negyed-sorsfrekvenciával eltoldódik a vörös, jobbra ugyanennyivel a kék QAM összetevő (ún. negyedsoros ofszet).
- Az ilyen vívő azonban még látható zavart okozna, ezért +25Hz-el megnövelték a segédvívőt, amely a zavart szabálytalanná teszi és láthatatlanná, de a spektrumot nem rontja el nagyon.
- $f_{sz} = 283,75 * f_H + f_H / 2 = 4433593,75 + 25 = 4433618,75 \pm 1\text{Hz} = 4,43\text{ MHz}$



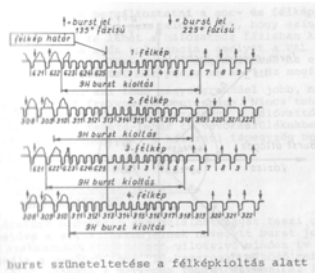
- Ezzel kb. 1 MHz-es sávzélesség jut a színre

# Burst

- A vevőben tudni kell, hogy az adott sor V színjele invertált-e.
- A nem invertált sor előtt a burst 135 fokos, máskor meg 225.
- Az átlagfázis 180 fok, ez jó az oszcillátornak.



- A PAL kóderek a félképváltási szünet után az első alkalommal 135 fokos helyzettel indulnak.
- Négy félképes a periodicitás: két teljes képnek kell lefutnia ahhoz, hogy páros számú tv sor (2\*625) után a burst azonos számú sorban azonos fázisú lehessen. Az „első” félkép, ahol páratlan sorokban 135 fokos a burst.
- A kép alján néhány sorból hiányzik a burst, de ez nem okoz hibát a nagy átlagolási idő miatt.



## SECAM

- Csak röviden megemlítjük.
- Soridejű késleltető művonal itt is kell.
- Alapgondolat: színes képnél nem kell olyan jó felbontás függőlegesen, mint amelyet a sorstruktúra megenged.
- Lényeg: egyidejűleg mindig csak az egyik színkülönbségi jelet továbbítják soronkénti változtatással.
- A tároló biztosítja az előző sorból a másik színkülönbségi jelet.
- Tény: sorról sorra nem sokat változik egy tv kép.

- Nem kell QAM, jó az FM.
- FM szorzódemodulációhoz nem kell burst.
- Videóra rögzítés ugyanaz, mint ff esetben. (PAL és NTSC-nél különleges eljárások kellenek a szalagsebesség ingadozásából fakadó színsegédvívó ingadozások kiküszöböléséhez.)
- De nagy zavart okoz a színsegédvívó a ff képen.
- Moduláló jelek a vörös és kék színkülönbségi (redukciós tényezők: -1,9 és 1,5)
- Legoptimálisabb az volt, hogy külön vívót kap a két moduláló jelet:  $f(R-Y)=4,4$  MHz,  $f(B-Y)=4,25$  MHz.

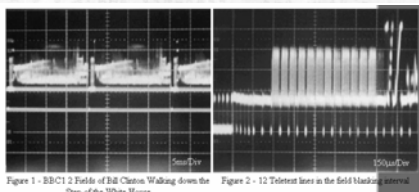
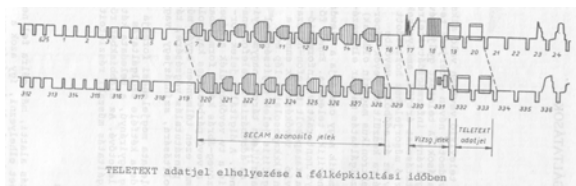
## Teletext

- Egyirányú átvitel
- A TV jelhez hozzáadott, digitálisan kódolt adatfolyam
- Teledata (viewdata) kétirányú, nem terjedt el, telefonhálózatot használ (vásárlás, előfizetői szokások monitorozása stb.)

## Teletext

- A félképkivétel alatti üres sorokban jön az adat (7-23 sor PAL, SECAM 19-20)
- Ezekben a helyeken mérőjel is lehet
- Lehet szinkron vagy aszinkron a TXT
- Szinkron: adatjel és a videójel között szinkron van: olcsó, egyszerűen dekódolható (ez működik).
- Aszinkron: drága dekódolás, de flexibilisebb.

## Példa SECAM jelre és TXT-re



- Szinkron rendszer:
  - A dekódolt oldal a kép helyén vagy rajta jelenik meg.
  - Bináris átvitel 6,9375 Mbit/s. Ez  $444 \times 15625$ , így könnyen alkalmazható minden 625 soros 50 félképes, legalább 5 MHz sávszélességű rendszerben.
  - Minden sorban van bit és byte szinkron, címzés és 40 karakternek megfelelő kód.
  - Egy oldal 24 sor, 40 betűvel (beleértve a lapfejléct is).
  - A lapfejléc sorának első 8 karaktere címzés (szabályozza az oldalt) az utolsó 8 pedig az óra.

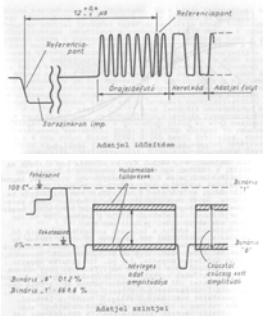
■ Folyt:

- A kódok 8 bites Hamming-kódoltak, mely 1 hibát javít. A karakterek 7 bitesek + 1 páratlanra kerekítő paritás.
- Félképenként 2 adatsor esetén egy 24 soros oldal átvitele =  $12 \cdot 20 = 240$  ms, azaz 4 oldal/mp az átviteli sebesség (az üres sort nem kell átvinni, így növelhető ez a szám)
- 100 oldalas magazin 24 sec.
- Összesen 8 darab 100 oldalas magazin lehet.
- Időkóddal minden oldal 3200 változatban (aloddallal) szerepelhet, amiket a tévé „automatikusan lapoz”.
- Vezérlő karakterek szerepe:
  - Hét betűszín, nyolc háttérszín, kétszeres függőleges betűméretezés, láthatatlan/felfedés karakterek használata.

- A vevőben a távkapcsolóval lehet az oldalt megadni (zöld, piros, sárga, kék gombok is vannak).
- Az írás az aktív soridőben történik (nem ütközik a memória olvasásával), egy karaktergenerátor videójellel alakítja a kódokat.
- A hozzáférési idő annál hosszabb, minél több oldalas a magazin. Egy 100 oldalas magazin max. ciklusideje  $100 \cdot 240$  ms = 24 sec. Az átlagos idő ennek kb. a fele.
- Megoldás: pergőoldalak (aloldalak) ill. hogy fontos oldalakat (index, magazinfőoldal) nem csak a sorrendben, hanem annál gyakrabban is átvisszünk.

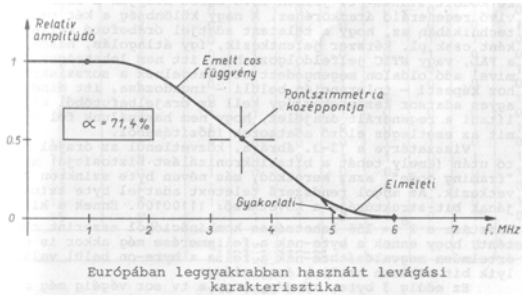
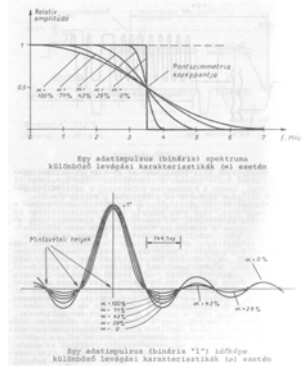
## Adatjel felépítése

- Kétértékű (bináris) NRZ kódolás.
- A bináris nulla = a névleges feketeszint  $0 \pm 2\%$ , a bináris egy = a névleges fehér  $66 \pm 6\%$
- A túllövések miatt a csúcstól-csúcsig (pp) vett érték ennél nagyobb is lehet.
- Átviteli sebesség: 6,9375 Mbit/s  $\pm 25$  bit/s.
- Az adatjel 8 egyes és 8 nulla váltással indul (szinkron, órajel befutó). Helye: 12  $\mu$ s a sorszinkron homlokának 50% pontja és az utolsó előtti egyes között. (Az első bináris egyes esetleg torzulhat)
- Cél: nem az alakú átvitel, hanem a dekódolhatóság! Kisebbségi sávzélesség elég, mert nem kell tökéletes négyzögjel impulzusokat átvinni.

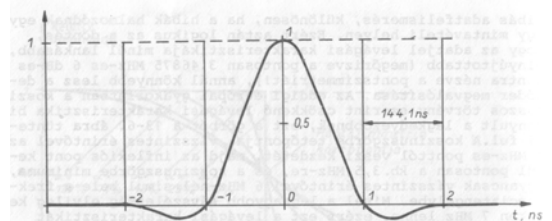


## Hibamentes átvitel?

- A szomszédos minták nem hathatnak egymásra: zérus legyen a szimbólum közti áthallás (ISI)
- Ennek feltétele, hogy a „bináris egyes impulzus” spektruma így nézzen ki:
- 0 Hz-től vízszintes, majd a bitsebesség felénél lévő frekvencián már 50%-os és erre nézve pontszimmetrikus.
- Kb. 3,5 MHz-re is leszorítható az adatjel sávzélessége (helyes vétel megmaradásakor).
- Minél lankásabb a levágás, annál kisebb az adatjel túllövése. Minél meredekebb az időfüggvény nullátmenete, annál könnyebben hibázhat a vevő (pontos mintavételezés és órajelgenerálás kell ekkor).
- Cél: minél lankásabb karakterisztika, 3,46875 MHz-nél 6 dB-es pont.
- Legkedvezőbb az ún. emelt koszoszinusos görbe, meredeksége  $5/7 = 71,4\%$  a sávzélesség miatt.



Európában leggyakrabban használt levágási karakterisztika



A 13-6. ábrán feltüntetett spektrumú adatimpulzus időképe

- $T_{\text{bit}}=1/2f_H$ , azaz  $f_H$ =bitsebesség/2.
- Az órajelbefutóra szinkronizál az órajel-regenerátor, ami így egy sorideig megtanulja, hol van a mintavételi időpont minden szimbólumban (bitszinkron).
- Minden sorban meg kell csinálni, nincs semmiféle átlagolás.
- Keretszinkron: byteszinkron: 11100100
- Még két byte: magazinszám, adatsor száma. (ez nagyon fontos, ezért Hammin-kód védi)
- Ezután 40 karakterbyte.
- Összesen 45 byte fér el a soridőben.

## Hibahatárok

- $10^{-6}$  már jó BER, ekkor minden százazredik betű romlik el, ehhez 20 dB SNR kell.
- A videójel 40 dB körüli, tehát jó lesz a TXT is.
- Ha a TXT szétesik, az nem a zaj miatt van, hanem a reflexiók miatt (szellemkép), azaz rossz a futásiidő-karakterisztika.
- A nagyfrekvencia gyorsabb, mint a kicsi, emiatt bithiba lehet, ha a késés meghaladja a  $T_{\text{bit}}/2$ -t = 72 ns.

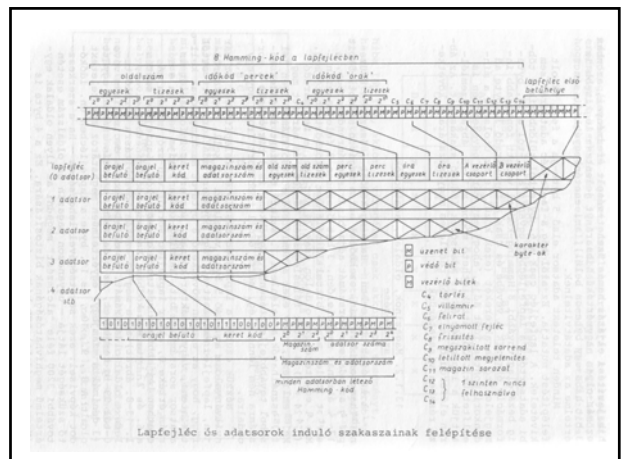
## Hamming kód

- 1 hibát javít, kettőt észlel.
- Ára: négy hasznos bit vihető át nyolc helyett egy byte-ban.
- Páratlan paritás csak páros számú hibát tud jelezni.

## Magazinok, oldalak

- A 4. és 5. byte fele hasznos csak = 3 bit magazinszám, 5 bit adatsor sorszáma.
  - 8 féle magazin (3 bit) és
  - 32 féle sor lehet (5 bit).
  - Egy TXT oldal 24 sor + 8 felesleges (későbbi felhasználásra).
- Lapfejléc: az első 5 byte-ból kiderül, lapfejléc vagy normál sor jött-e (mert az ez utáni 8 byte akkor Hamming-kód vagy karakterkód). Ezt az 5 bites adatsorsorszám adja meg (0 = lapfejléc).

- Lapfejléc esetén a 6. és 7. byte Hamming kódolt bitekkel adja meg az oldalszámot.
- A 8-11 byte: időkód az oldalnak (ha van), Hamming kódoltak.
- Ha a továbbítási sorrend nem folytonos, akkor minden oldalhoz kell új lapfejléc, mert a lapfejléc utáni sorok az adott oldalhoz tartoznak.
- Egy oldalon belül az adatsorokat nem kell sorrendben továbbítani, és lehetőség van adott oldalnál csak az új sorokat átvinni (felülírni).



# Üzenetbitek

- C4-C14: egész oldalra érvényes vezérlést engedélyez, ha 1-es a bit és tilt, ha 0.
  - C4: laptörlés (a memória maradékokat kitörli)
  - C5: villámhír (az analóg képre írja ki az infót)
  - C6: felirat jelző (analóg képre a film feliratozható, ha a néző akarja)
  - C7: lapfejléc elnyomható
  - C8: frissítés (adott oldal csupán frissített sorának átviteléhez)
  - C9: megszakított (nem normális) sorrendű oldalak átviteléhez
  - C10: oldal megjelenítésének letiltása
  - C11: magazin sorozat (valamennyi létező magazin pergő fejléce láthatóvá tehető)
  - C12-14: nem használt
- A maradék helyre kerülhet a lapfejléc sorban dátum, a szolgáltatás vagy az adó neve stb.

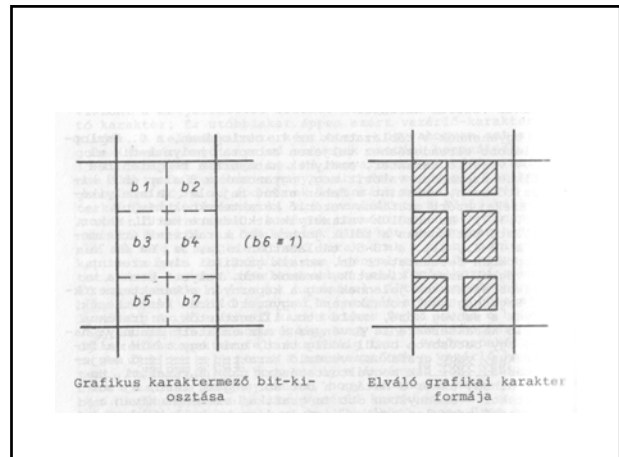
# Sorok megjelenítése

- Lapfejlécsor + 23 adatsor/40 karakter
- Első öt byte vezérel + 40 karakterbyte
- „Fix formátum”: a 40 betű egymás után kerül átvitelre egy sorban (szinkron).
- Minden betű: 7 bit + 1 pti paritás = 128 karakter. Ebből 96 megjeleníthető + 27 vezérlő (szín, méret).
- Magyarországon amíg nem volt karakterkészlet a svédet használtuk.
- A vezérlő karakter a tőle jobbra lévő betűre hat a sor végéig vagy a következő vezérlőig. Ahova vezérlő bitet rakunk, ott a képen szóköz lesz!

- Alfanumerikus vezérlőképek: a betűkre hatnak (szín, villogás stb.)
- Grafikus vezérlők: grafikus alakzatok jelennek meg utána adott színben (rajzolni lehet velük). A nagybetűknek nincs grafikai változata, ezért anélkül írhatunk velük a képekre, hogy üzemmódot váltanánk.
- A grafikai elemek kitöltése összefüggésben van a kódjával (ki-be kapcsolható valamelyik része). Hasonlóan a színek kódjai is „keverik” a RGB komponenseket – könnyebb a dekódolás.

- A grafika lehet folytonos vagy elváló, amikor az elemek nem érnek össze egymással és a szomszédos karakterrel sem.
- Lehet alapállapotú fekete helyett 7 más háttérszint is kiválasztani.
- Villogó/stabil
- Rejtés-parancsnak nincs feloldó párja, mert úgyis érvényteleníti a következő parancskarakter.
- Dupla magasság/egyszeres magasság (felezi a sorok számát).
- Inzert kezdete/vége: a tévéképre kiírt sorok mögé fekete hátteret rak.
- Tartott/elengedett grafika: ritka, speciális üzemmód, ahol karakterhely kihagyás nélkül lehet grafikus módban színt váltani.

Angol karakterkészlet													Délkelet karakterkészlet												
Char	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Char	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	
1	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	0C	0D	0E	0F	10	11	12	13	14	15	16	17	
2	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	18	19	1A	1B	1C	1D	1E	1F	20	21	22	23	
3	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	24	25	26	27	28	29	2A	2B	2C	2D	2E	2F	
4	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	3A	3B	
5	3C	3D	3E	3F	40	41	42	43	44	45	46	47	3C	3D	3E	3F	40	41	42	43	44	45	46	47	
6	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	48	49	4A	4B	4C	4D	4E	4F	50	51	52	53	
7	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	54	55	56	57	58	59	5A	5B	5C	5D	5E	5F	
8	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	6A	6B	
9	6C	6D	6E	6F	70	71	72	73	74	75	76	77	6C	6D	6E	6F	70	71	72	73	74	75	76	77	
10	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	80	81	82	83	78	79	7A	7B	7C	7D	7E	7F	80	81	82	83	
11	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	
12	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	9A	9B	
13	9C	9D	9E	9F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	9C	9D	9E	9F	A0	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	
14	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	B0	B1	B2	B3	A8	A9	AA	AB	AC	AD	AE	AF	B0	B1	B2	B3	
15	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	B4	B5	B6	B7	B8	B9	BA	BB	BC	BD	BE	BF	
16	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	
17	CC	CD	CE	CF	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	CC	CD	CE	CF	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	
18	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	E0	E1	E2	E3	D8	D9	DA	DB	DC	DD	DE	DF	E0	E1	E2	E3	
19	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	E4	E5	E6	E7	E8	E9	EA	EB	EC	ED	EE	EF	
20	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	FA	FB	
21	FC	FD	FE	FF									FC	FD	FE	FF									



# Kóder

- Több szerkesztői terminál egyidőben
- Memóriába töltés (régén számított a méret, ma már nem)
- Központilag szabályoz egy vezérlő, mit mikor szabad betölteni, kiolvasni, törölni stb.
- Időzített beültetés a megfelelő tévé sorba, előtt kitisztítja azt

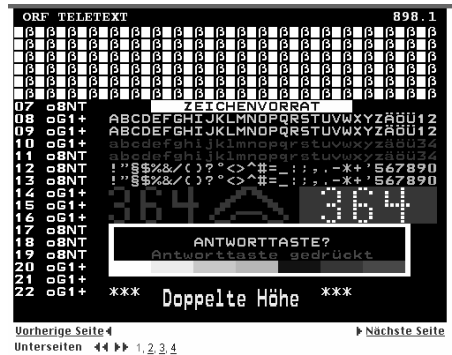
# Dekóder

- Az átvitelből kinyerhető az órajel.
- Adatjel-videójel szétválasztás.
- Hamming-kód megfejtése, távkapcsolón beadott oldalszám összehasonlítása az aktuális oldallal.
- Egyezés esetén a lapmemóriába íródik.
- Kiolvasás folyamatos, a karaktergenerátor betűket állít elő (videójelet).

## www.teletext.hu

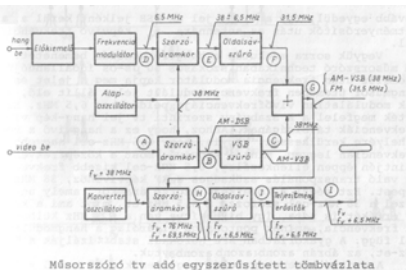


## http://teletext.orf.at/



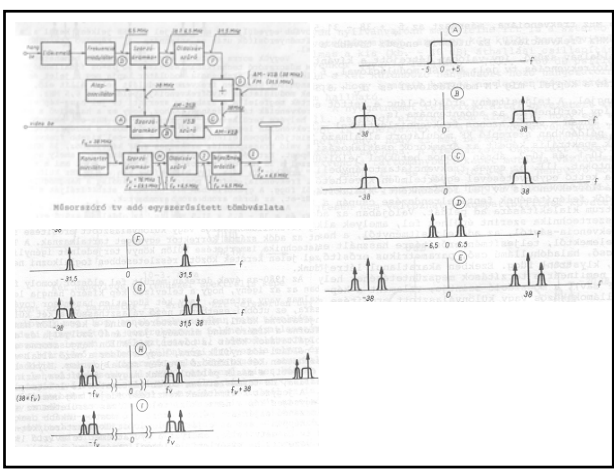
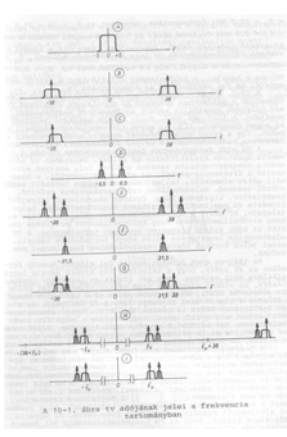
# TV adó

- Videójel = alapsávi jel. Lehet kompozit vagy komponens.
- Rádiófrekvenciás jel = kisugárzott modulált jel(ek).
- Egy lehetséges adó megoldása:

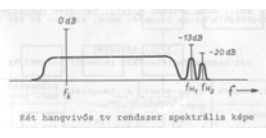


- Kiszintű hang- és videójel összegzés, közös teljesítmény erősítés = hangadó és képadó.
- KF modulátor (névleges KF 38 MHz): kis szinten és „közepes” frekvencián alakítják ki a teljes RF jelet, majd keveréssel teszik át a tényleges vivőre (kétoldalsávú AM).
- A VSB szűrő levágja a felső oldalsáv egy részét (csonka lesz). A későbbi keverés megfordítja ezt és végül az alsó lesz csonka.
- KF jel felkeverésekor  $f_c + 38$  MHz jön az oszcillátorból. Ha ezzel szorozzuk az összegző 38 MHz-es AM-VSB jelét, a szorzat egyik oldalsávjá  $f_c$  lesz (ez a hasznos, amit kiszűrünk), a másik  $f_c + 76$  MHz.

- A hang FM (50 µs előkiemelés) és 6,5 MHz vivő.
- Előkiemeléssel a nagyfrekvenciás jel/zaj javul.
- Itt most  $38-6,5=31,5$  MHz (KF), és a  $38+6,5=44,5$  is megjelenik, de csak a kisebbet engedjük tovább.
- A 31,5 újra keverődik a  $38+f_v$ -el és csak az  $f_v+6,5$  MHz-et engedjük majd tovább.
- A képvivő frekvenciája =adó néveleges frekvenciája



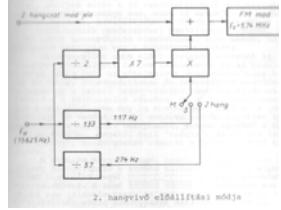
- Sztereó és bilingvál hanghoz nem lehet az FM pilotvívós sztereó alkalmazni, mert ott kicsi az áthallási csillapítás (kb. 40 dB) és az bilingvál esetben zavaró (ott 70-80 kell). Ehelyett második hangvívó is van az elsőnél nagyobb frekvencián.
- A második vivő frekvenciátávolsága az elsőtől a sorfrekvencia páratlan számú többszörösére esik (így a kül.frekvencia nem zavarja a képet).
- 40 Hz – 15 kHz átvitel mindkettő
- Amplitúdója -7 dB az elsőhöz képest, hogy a különbségi frekvencia ne legyen nagy amplitúdójú.
- $f_{H1} = f_{k\acute{e}p} + 5,5$  MHz és  $f_{H2} = f_{k\acute{e}p} + 5,5 + 31f_{H1}/2 = f_{k\acute{e}p} + 5,74$  Hz.



- A moduláló jel a második vivőnél sztereó módban is a JOBB csatorna, méghozzá annak kétszerese (2J). Mátrioxolás a bal csatorna jelének visszanyeréséhez kell, mivel az első vivőt a mono kompatibilitás miatt B+J-vel kell modulálni.

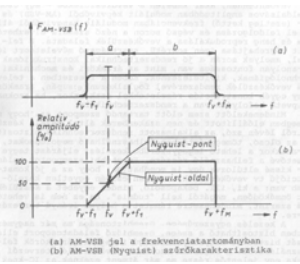
Két-hangvívós televízió rendszer üzemmodjai				
Üzemmodok	1. hangcsat.	2. hangcsat.	pilotvívó mod. jele	
mono	M	M	---	
sztereó	B + J	2 J	117 Hz	
2 hang	X hang	Y hang	247 Hz	

- Az adásmód azonosítás egy pilotvívóval valósul meg, amely 54 kHz-es és a második hangvívóhoz adták hozzá: ennek AM modulációja határozza meg (nincs, 117 ill. 247 Hz).

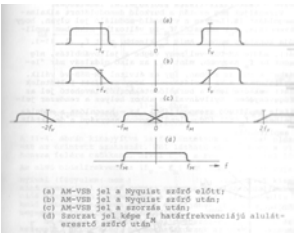


## Demodulálás a vevőben

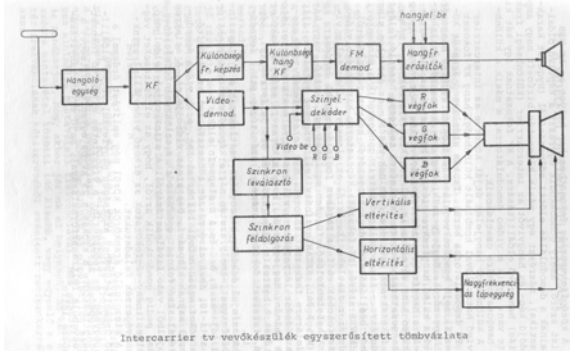
- AM-VSB képjel (videó és szinkron infó) és FM hangjel(ek) érkeznek
- Az AM-VSB jel demodulálása:
  - A demodulációt jelformálás előzi meg.
  - Nyquist karakterisztikájú szűrő: aszimmetrikus: a képvivőnél 50% az átvitel, és ahol a jel tisztán egyoldalsávú 100%. Lineárisan csökken az átvitel 100-ról 0%-ra ott, ahol mindkét oldalsáv létezik. Ez fogja megszüntetni a szóródemoduláció után a kétszeres amplitúdót.



- Vizsgálat szinuszos moduláló jel esetén:
- A demodulálás szorító áramkörrel történik úgy, hogy szorozzuk a Nyquist-szűrt jelet a képvivő frekvenciájával és fázisával megegyező jellel. **Eredmény: egyetlen átvitelű jel az alapsávban (aluláteresztő szűrés után).**
- Burkoló demodulációval nyert alapsávi jel nemlin. torzítást mutat és érzékenysége is kisebb (ma már nem létezik).



## TV blokkvázlat



## CCD

- Felvevő: szilícium lap, fotodióda = pixel.
- Fény hatására a dióda egyik fele pozitív, másik negatív lesz, a fény mennyiséggel arányos töltés áramlik át.  
(Ami egy ellenálláson feszültséget ejt.)
- Töltéscsatolt eszköz: lépteti a töltést, feszültséggel vezérelhető módon.

## Plazma

- A homloküveg mögött dielektromos réteg (szigetelő) van. Alatta R, G, B színű foszforréteg, melyet a plazma gerjeszt. A videójel a plazmát gerjeszti (Xenongáz), melynek felületi kisülése gerjeszti a foszfort.
- A gerjesztés más, mint egy CRT-nél, de a foszfor ugyanaz. Jobb, nagyobb kép, nincs képtorzulás, de sokat fogyaszt és drága.

## Gyors mozgás

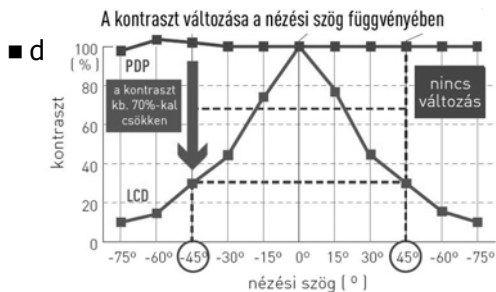
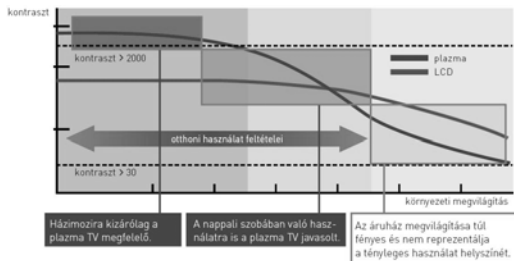
- LCD: lehet „utánhúzás” gyors mozgásoknál, mert a reakcióidő nem olyan jó. Idő kell a kristály elmozdításához, plazmánál nincs ilyen. Nagyobb képméret (1m átló felett) inkább plazma kell TV képhez.
- LCD-nél az állandó háttérvilágítás miatt nem jó a fekete, hanem szürke az, rosszabb a kontraszt. Sötét területeken nem olyan részletgazdag, mint a plazma. A plazma 1:10000-hez. A kontrasztarányt különböző módon mérhetik a gyártók és ez megtévesztő lehet! Nem hasonlíthatók össze (pld. Dinamikus kontraszt: kikapcsolt gép feketéje kontra teljes fehér kép...)

- Látószög LCD esetén kb. 45 fok, azon túl rossz, nagy méretnél, amit többen néznek, a plazma a jobb.
- Az LCD egész kicsiben is jó, néhány cm átlóban, a plazma nem megy le 80-90 cm alá, mert drága.

- TÁBLÁZAT az összes szempontról plusz és minusz jellel: jelöljük is, plázánál ez 150 fok is lehet.
- Élettartam? Plazmának van felezési ideje. Korrekciókkal ez 60 ezer óra is lehet, normál használat esetén. Ez kb. megegyezik az lcd tévével. Normál tévéműsor kb 100 Wh, filmek kb. 150 Wh fogyasztásuk 60 perc alatt.
- Manapság elég hatékony energiafelhasználású a plazma. Sötét kép esetén kisebb a fogyasztás, LCD-nél nem, mert a háttérvilágítás állandó. Korábbi plazmák többlet fogyasztottak, manapság már nem.
- Plazma könnyebben tisztítható, az LCD érzékeny az érintésre
- Környezeti megvilágítás: a plazma a normál 150 lux körüli nappaliban jobb, az LCD a ezer luxos eladóteremben tűnik fényesebbnek és jobbnak. **A kontraszt változik a megvilágítás és a nézési szög miatt.**

	Plazma	LCD	LCD	LCD	LCD
<b>Energiafelhasználás (9% átlag)</b>					
Árnyékvilágítás vagy 250 perces üzemiállapot, 50 Ft / kWh árszint (1 kWh átlagos ár)	26,90 Ft	37,13 Ft	28,45 Ft	24,05 Ft	27,1 Ft
Éves árnyékvilágítás vagy 250 perces üzemiállapot, 50 Ft / kWh árszint (1 kWh átlagos ár)	10,575 Ft	11,340 Ft	10,385 Ft	9,500 Ft	9,810 Ft



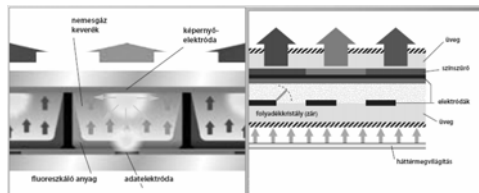


## Plazma vagy LCD?

- Mindkettő lapos képernyő
- Plazma: egyedi pixelcellák, nemesgázzal töltve (xenon, neon, argon). Elektromos feszültség (gerjesztés) hatására a gáz felhevül (plazma állapotba jut) és UV-fényt bocsát ki. Ez gerjeszti az RGB foszfort. A negyedik halmozállapotban az atomokról elektronok szakadnak le, az ionok és az elektronok miatt vezetővé válik. Két üveglap közé gázzal töltött cellákat helyeznek el és egy vezérlőelektródahálózt.
- LCD (monitor) a képernyő pixeljei nem világítanak. Két üveglap között folyadékkristály van, amelyet egy vékonyréteg tranzisztormatrix vezérel (TFT: thinfilm transistor).

A parányi tranzisztor bekapcsolásakor a folyadékkristály áramlókést kap, polarizációja megváltozik (molekulák bizonyos szögben elfordulnak) és átterestik a háttérvilágítás fényét. Az RGB a fehér háttérszín szűrésével, bizonyos összetevők blokkolásával áll elő. Intenzitás = pixel fényáteresztő képessége.

## Plazma és LCD



## Összehasonlítás (1)

	LCD	Plazma
Síkképernyő, kis helyigény	+	+
Kontraszt sötétben, átlagos szobában (150 lux)*	- (1000 körüli)	+ (5000-10000)
Kontraszt nagy fényerőben (1000 lux) *	+	-
Színhűség, színmélység	+	+ (valamivel jobb)
Állókép (számítógép monitor)	+	-
Gyors mozgóképek (videó, DVD, házimozsi)	- (válaszidő?)	+
Beégés nem lehetséges	+	-
Repülőn, nyomásváltozásnál nem bűg	+	-
Kis képernyőmérethez, 80 cm alatt is néhány cm-ig	+	-
Nagy mérethez, 100 cm átló felett	-	+

\*A kontraszt mérése eltérő a gyártóknál, zavaró és nem összehasonlítható. A kontraszt függ a látószögtől és a megvilágítástól is.

## Összehasonlítás (2)

	LCD	Plazma
Élettartam	+ (hosszabb valamivel)	-/+ (manapság már jó) Elérheti a felezési idő a 60000 órát is
Elektromos korrekció nem szükséges a fényerővesztés ellen, nincs felezési idő	+	-
24 órás üzemmódhoz	+	-
Részulék ár	+ (olcsóbb, de kisebb méret)	- (drágább, de nagyobb)
Gyártás olcsóbb, bonyolultsága kisebb	-	+
Pixelhibák okozta hiba nincs	-	+
Fogyasztás (100-150 Wh)	+ (állandó)	-/+ (képtartalomfüggő, változó)
HDTV és fullHD felbontás	+	+
Látószög	- (max 45 fok)	+ (150 fok felett is)
Működési költség/év	25 Ft/óra	25 Ft/óra

- Alkalmazások:
- LCD tökéletes a sok állóképet tartalmazó számítógépes monitoroknak. Nem tudnak beégni. Jó felbontás, tiszta éles színek, de a fényerő nem tökéletes és szemből látszik jól (videóalkalmazáshoz kérdéses).
- Plazma nem szereti az állóképet, remeghetnek és be is éghet. Mozgóképhez ez a jobb (TV, DVD) és a videóeditáláshoz is (bár manapság egyre jobb válaszidejű LCD monitorok vannak). A gáz nagy magasságban megváltozik (bűg) ezért repülön csak LCD lehet.

## 2006 karácsonyi árak

Paraméterek: TH-65P4500 Subalgebra, 6000000 / plazma / 127cm felelt



Lista ár:	2 959 000 Ft
Karácsonyi:	599 100 Ft
Karácsonyi %:	0,2 %
Nettó ár:	1 999 917 Ft
Brauto ár:	2 399 900 Ft
Euro-s ár:	9 411 €

165cm plazma televízió, Full HD (1920x1080), 2 HDMI, SD kártyabírák, PC, 6000:1 kontraszt

Paraméterek: TH-65P4500 Subalgebra, 6000000 / plazma / 127cm felelt



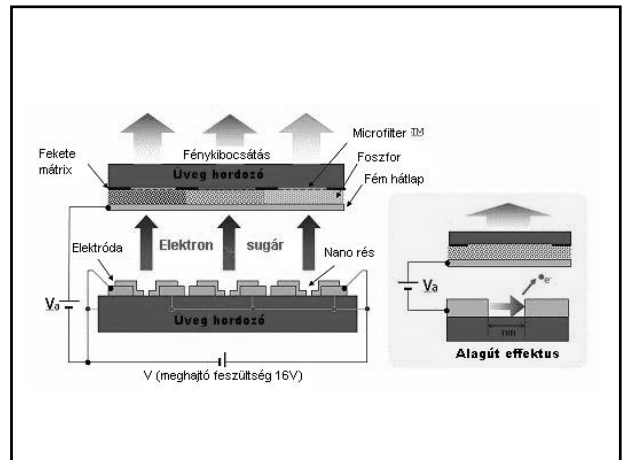
Lista ár:	2 599 900 Ft
Karácsonyi:	330 090 Ft
Karácsonyi %:	0,1 %
Nettó ár:	1 999 563 Ft
Brauto ár:	2 269 900 Ft
Euro-s ár:	8 922 €

165cm plazma televízió, HD Ready (1366 x 768), 2000:1 kontraszt, HDMI, PC, SD kártyabírák, PPI1 tuner

- 90 cm képátló felett inkább plazma
- Felbontásra figyelni!

## SED

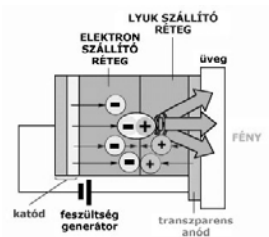
- Surface-conduction Electron-emitter Display
- Vékony, nagyképernyős CRT tévé, ahol képelemenként pixelméretű elektronforrás adja a gerjesztést, nem pedig eltérített elektromos sugár.
- Tömeggyártás 2007 után
- Canon és Toshiba közös fejlesztés 1996 óta
- Állítólag jobb a képe az LCD-nél:
  - Láthatósági szög
  - Színállítási képesség
  - Kontrasztarány sötétben 8500:1
  - Képernyő pixelfrissítés azonos a CRT-vel, gyors válaszidő
  - Alacsony fogyasztás



- Sokkal nagyobb méretű lehet, mint a hagyományos CRT
- 90-120 cm képátló: 1920x1080 full HD panelek is vannak
- Ár kb. a plazma és LCD tévék árával egyezik meg
- Hátrány: lehet hogy elkésett a technológia, új igényekhez nem biztos hogy passzol (mobil alkalmazás).

## OLED

- OLED: Szerves anyagból, mely feszültség hatására világít. LG, SONY kísérlet.
  - Organic Light Emitting Diode
  - Szerves anyag fényemissziója (széntjánosbogar helyett polimer molekulák)
  - Pixel-mátrix vezérlés (aktív TFT)
  - Előnyök: a legvékonyabb és legkisebb panel, 2-10 V DC, nagy látószög, full HD, nincs mérhető reakcióidő, olcsó, 1:1 000 000 kontrasztarány.



## Egyéb...

- FED: Field Effect Display: jó kép, kevés fogyasztás.
- JVC: 2006-ban megszűnt a plazmatévé gyártás, helyette az ún. HD-ILA mikrokijelzős megoldás. Ez „projektoros LCD”, vékony, már most képes az 1920\*1080-ra, azaz full HDTV-re és ez növelhető is.

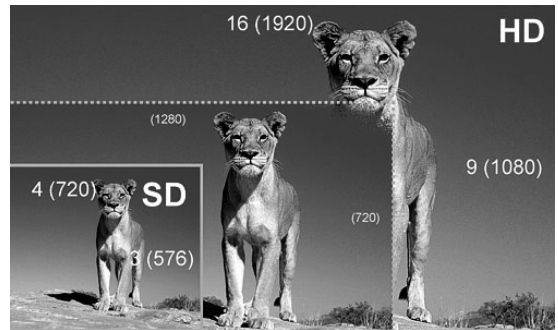
## Projektor

- Projektor: LCD vagy DLP (Digital Light Processing)
- DLP alapja egy pixel-méretű tükör. A tükör fényvisszaverését digitálisan változtatni lehet annak tengelyből történő kimozdításával, amit elektronikusan útton, a vezérlő jel segítségével érnek el. Közvetlenül alkalmasak digitális videojelek fogadására, és kevésbé érzékenyek a környezeti hatásokra (pl. hő). A szint egy forgó szintárcsa állítja be, a fényerősséget a tükör elfordítása.
- Hatalmas kép, jó kontraszt, versenyképes ár, vászonra vetített kép.
- A fényerősség (ANSI Lumen) nagyon fontos, csak teljes sötétben jön elő a projektor előnye (a moziban sincs olvasólámpa felkapcsolva...)
- Ideális: kisebb olcsó tévé a híradóhoz, lehúzható vászon a DVD-hez. A legjobb képminőség a DLP projektor fehér vászonon! Az LCD erősen pixeles lehet és ha beég az egész panel cserélhető csak.

## HDTV jel

- Ötször részletgazdagabb, mint a PAL
- Nagyobb fényerő
- PAL: 575i: 2x288 sor, 720 pixel/sor = 414720 pixel/kép.
- HDTV: 1080i: 2x540 sor, 1920 pixel = 2M pixel/kép, 16:9 képméret. Lehet progresszív is (projektor!) 720p, villogásmentes, szép kép.
- Dolby Digital 5.1 hang lehet
- Műholdról 2004-től vehető HDTV adás, megfelelő set-top-box-al, mert sokkal több adat van a jelben, mint a digitális tévében. Kábelen és földi digitális adásban is jöhet, de általában fizetős (kártyás) adások. Földi vételhez botantenna is elég.
- HDTV készülék kell hozzá, megfelelő bemenettel és megjelenítővel, egyébként csak PAL kompozit lebutított jelet nézhetünk hagyományos tévén.
- YUV-színkülönbségi jelet kell átvinni a nagy felbontású képhez (plazmatévé vagy projektor), vagy DVI kimeneten monitoron is élvezhető (kicsiben).

- MPEG2 vagy MPEG4, ami kétszer hatékonyabb az új objektumorientált transzformáció miatt



## HDTV? BD?

- Hagományos tévéhez felesleges HD és a blueray
- Jobb projektor pld. 1280\*720, kétszer jobb a DVD-nél, de fele a **BD 1920\*1080**-hoz képest
- Az átlag HD ready tévé csak fogadni, feldolgozni képes a HDTV jelét (feltehetőleg a HDMI csatlakozón át), de megjeleníteni nem. Átlagos felbontások: 852\*480, 800\*600. Néhány készülék tudja a 1366\*768-t, de ez is kevés. Nagyon ritka az, amelyik tudja az 1080p-t (ez jobb mint az 1080i!), ára 2006 karácsonykor 3,2 Mft.

## HDMI csatlakozó

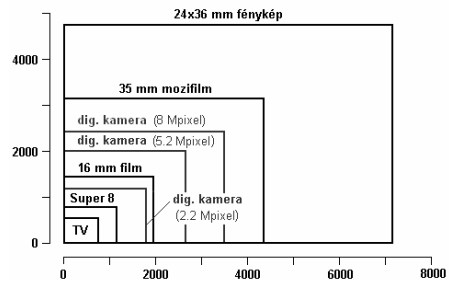
- Nincs benne adattömörítés, minőségromlás.
- „bővített” DVI
- 8 csatorna, 24 bit, 192 kHz hang átmegy rajta, és 165 MHz sávzélességű kép, de benne rejlik a duplája is: 2,5 GB/s.
- Kéttírányú: a tévé és a műholdvevő kommunikálhat (set-top-box).
- A kábel hosszától független a minőség (20 m se gond).
- HDMI 1.3 a legújabb.



## Digitális képfeldolgozás

- Először fekete-fehérrel foglalkozunk (greyscale = szürkeárnyalatos)
- A képet 2D-ban felosztjuk oszlop/sor felbontásban pixelekre, és minden pixel kap egy világosságértéket.
- PCM mintasorozat: pld. 8 biten 0=fekete, 255=fehér, közötté 254 szintű szürke.
- Kérdés: mennyi bittel kell leírni a kép pixeleit, hogy a szem a szürkeskála helyett árnyalatos képet lássunk?

- 3600x2400 pixel a szem igénye, ez kb 10 Mpixel.



- Fenn: 4 szürkeségi szint (hamis élek)
- Bal lent: 8 szint
- Jobb lent: 16 szint
- Végeredmény: 64 szint a jó, de ált. 8 bites



## PCM kódolás

- Színes kép esetén a három alapszín komponenssel is dolgoznunk kell, az R, G és B jeleket egyenként le kell írni egy-egy kódszóval. Látható, hogy egy 800\*600 pixeles monokróm kép mérete is 8 bites kvantálás mellett 3840000 bitet tesz ki.
- Ha kevesebb bitet használunk, akkor adatmennyiséget csökkentünk (tömörítünk) de rontunk a minőségen. Ha csökkentjük a bitszámot, akkor a példában lévő nyolcbites kódszónak a legkisebb helyiértékű (LSB: Least Significant Bit) bitjét, bitjeit hagyjuk el (nullára állítjuk).
- Megj: a dithereléssel jobb eredményt kapunk, mint a sima LSB bit elhagyással (ld. képtechnika laborjegyzet)

- Ha a nyolcból hetet csinálunk, akkor már csak fele annyi kvantálási lépcsőnk van, azaz a felbontás máris a felére csökkent a színskálán!
- Ennek következménye, hogy bizonyos folytonosabb kontúr-átmenetek eltűnnek, és helyettük újak, élesebbek jelennek meg.



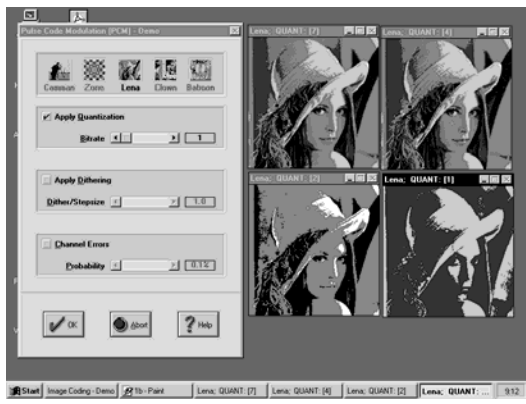
8 bites PCM bemenet



3 bites PCM kimenet

- Ha a bitszámot a legszükségesebbre, 1-re csökkentjük, monokróm képet kapunk, hiszen egy pixel világosságértéke vagy 0 vagy 1 lehet, azaz összesen kétféle értéket vehet fel.
  - Mid-step esetben akkor egy pixel vagy fekete (0) vagy fehér (1),
  - Mid-riser kódolással az értékek a világos-szürke (1) és a sötét-szürke (0) lehetnek.
  - Ezek a világosságértékek pedig a félút felé felé vannak, azaz a szürkeskála egynegyedénél és háromnegyedénél (0=fekete, 0,25=sötétszürke, 0,5=szürke, 0,75=világosszürke, 1 = fehér).

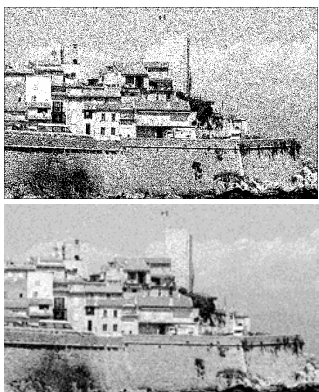
■ PCM kép 7,4,2 és 1 biten



## Dither

- A szem (és a fül is) érzékenyebb a torzításra, mint a jel/zaj viszonyra.
- Elrontjuk a képet egy véletlen zajjal (zajmoduláció), ami rontja az SNR-t, de javítja a spektrális tulajdonságokat.
- Példa: 1-bitésre rontott képnél a fekete vagy fehér pixel állításának valószínűsége attól függ, hogy az eredeti szürke mennyire volt sötét: minél sötétebb, annál valószínűbb, hogy fekete lesz a pixel.

■ 1-bités és 2-bités kép pszeudo-véletlen zajjal



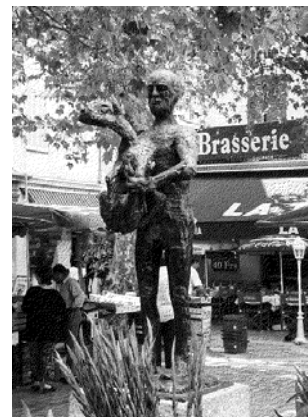
■ PCM kép 7,4,2 és 1 biten ditherrel



- PCM kép 7,4,2 és 1 biten (ditherrel jobbra és nélküle balra)
- Csatorna hibavalószínűség 0,5%

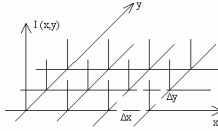


- Floyd-Steinber dithering:
- A levágott LSB bitek információja nemvész el, hanem a szomszédos pixelek között elosztjuk.
- Pld. 5,4 helyett az 5-t visszük át a 0,4-et pedig elosztjuk a mellette és alatta lévő pixel között (hozzáadjuk).
- Színes képre is működik (a kép 16 színű VGA)



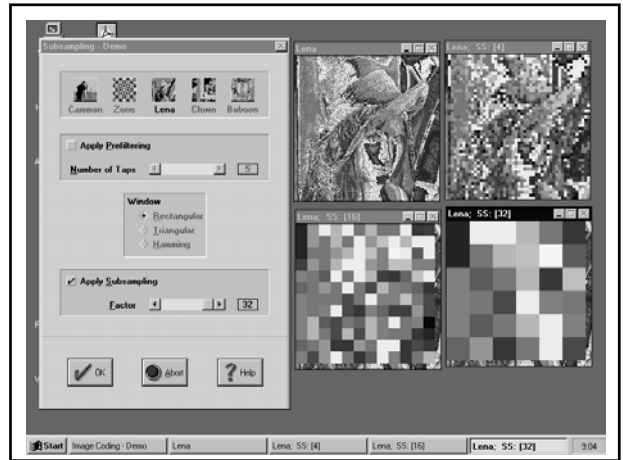
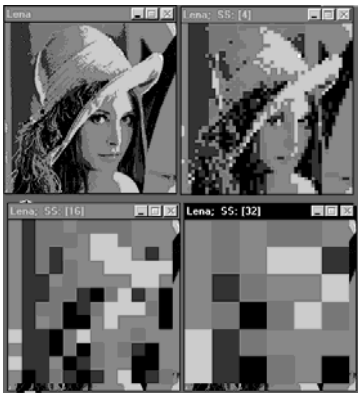
# Képkódolási eljárások alapjai

- **Alumintavételezés** (subsampling)
- A digitális jel diszkrét időben és amplitúdóban. Előbbi mintavételezésnek, utóbbit kvantálásnak nevezzük. Ha a jelünk kétdimenziós, akkor a mintavételezést is két dimenzióban kell végezni. A bemenő jeleket mindig egy aluláteresztő szűrőn kell átvezetni, mielőtt digitalizálnánk (AAF).
- A képet sorokra és oszlopokra fogjuk felbontani: pixelek:  $\Delta x$  és  $\Delta y$  (elvileg m-mben lehet megadni).
- Alumintavételezést az a „hibát” követjük el, hogy az átvendő jelet túl alacsony mintavételi frekvenciával mintavételezzük.
- A mintavételi frekvencia egész számmal való leosztása ugyanekkora csökkenést okoz a szűrő felső határfrekvenciájában, cserébe az átvendő adatmennyiség is ennyi részére csökken!



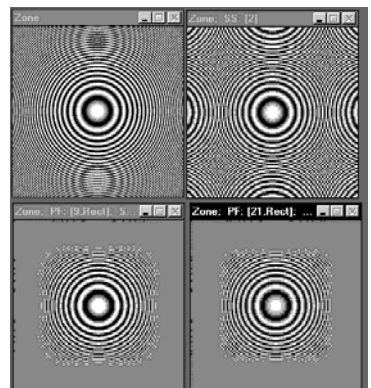
- Ez a legegyszerűbb módja az adatcsökkentésnek (tömörítés).
- Egy  $200 \times 200$  pixeles képnél nem a mérete csökken le, hanem nagyobb pixelek keletkeznek. Ha például az eredetileg  $200 \times 200$  pixeles képen az adatcsökkentés faktora 16, akkor minden pixelből egy  $16 \times 16$  szoros „nagy pixel” keletkezik a  $200 \times 200$ -as méretű képen. Ebből tehát 12 darab  $16$  pixeles négyzet keletkezik, majd mivel ez csak 192 pixelnek felel meg, a maradék 8 nem szenved semmiféle átalakítást (és ez látható lesz a kép alján). Egy kis pixel világosságértéke ekkor „öröklődik” a másik 15-re nézve, így amelyeket elhagytuk (összesen  $16 \times 16 - 1$  darabot) az egyszerűen megkapja annak értékét.
- Az állóképen a nagyfrekvenciás komponenseknek az éles kontúrok felelnek meg, míg az alacsony frekvenciás komponensek a finom átmenetek, árnyalatok (a homogén kép pedig a DC). Amikor nem alkalmazunk AAF szűrőt és megengedjük az al-komponenseket, akkor az eredeti kép éles kontúrjai fognak „bepixelesedni” és lépcsős-rajzolatúvá válni (azaz megjelennek olyan nagyfrekvenciás részek, amelyek az eredeti képen nem voltak meg). Amennyiben ezt el akarjuk kerülni az AAF (aluláteresztő) szűrőt alkalmazni kell, amely átlagoló hatása révén elmossa a kontúrokat az eredeti képen, ezzel kiszűrve a már nem megengedett nagy frekvenciákat.

## Alumintavételezés hatása



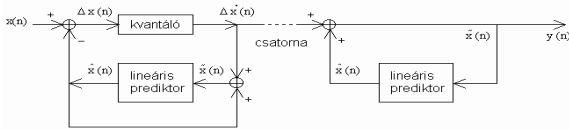
- Szintén az alumintavételezés okozta alias-hatás a tévén látható túl sűrű csíkosasú mintázatban fellépő körkörös, szírványos mintázat. Bár digitálisan ezek manapság javíthatók, régebben tiltották a túl sűrű függőleges csíkosasú (nagyfrekvenciás) zakó viselését. Ilyenkor a képernyő nem tudja követni ezt a csíkfelbontás finomságát.
- Mozgóképnél ezenfelül előfordulhat a képfrekvencia okozta alias is. Amennyiben a 25 kép/mp helyett a mozgás több képet igényelne, a megjelenő al-komponensek a mozgás megváltozását okozza. Ilyet tapasztalunk a kerekék küllőinél, melyek gyorsuláskor olybá tűnhetnek, hogy visszafelé forognak. Ekkor már oly gyors a küllők forgása, hogy a képátvitel sebessége nem elégséges hozzá „alumintavételezi” azt. Ehhez nem feltétlen kell televízió sem, a való életben a szemünkkel is előfordulhat.

- Alumintavételezés megfelelő aluláteresztő szűrés előtt és után (lent)



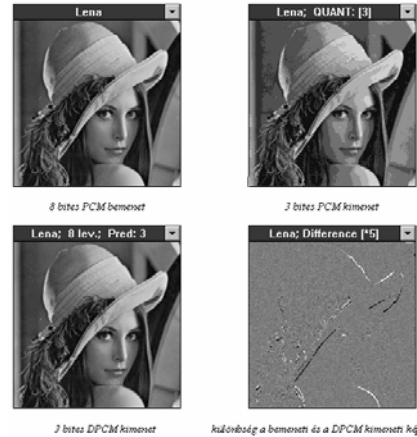
- A PCM kódolók nem használják ki azt a tényt, hogy „normális” jelek esetén a szomszédos minták egymással korreláltak.
- A DPCM kódoló (Differential PCM) a differencia, a különbség átvitelén és tárolásán alapul. Ilyenkor nem az átvendő minta (pixel) értékét kódoljuk, hanem csak egy ún. hibajelét. Ez a hibajel egy predikció, előrejelzéses becslés eredménye.
- Az aktuális (átvitelre szánt) minta értékét megbecsüljük az öt megelőzőből (vagy környezetében lévőből).
- Minél több, távolabbi mintát használunk fel a becslésre, annál jobb lesz a minőség és annál több számítási időt fog igénybe venni.
- Kvantálásra és átvitelre ekkor a „predikációs hiba” kerül, nem pedig az adott minta.
- A vevő oldalon rendelkezésre állnak azok a már korábban átvitt és helyreállított minták, amiből a predikció az aktuális mintára készül, valamint az aktuális hiba – ezek összegéből a minta helyreállítható.

## DPCM



- A legegyszerűbb esetben a becslés legyen egyenlő az előző pixel értékével (a tőle balra esővel). Ha annak világosságartartalma 200, feltételezzük, hogy a következő is valami ehhez közeli érték lesz, tehát mindenféle becslő-algoritmus nélkül legyen az is 200. A kódoló megvizsgálja az adott mintát, és annak tényleges értékéhez képest kiszámítja a hibát. Ha a következő minta tényleges értéke 202, akkor  $202 - 200 = 2$  lesz a becslési hiba. Ezt a kettes értéket pedig két biten át lehet vinni, ellentétben a nyolcbites tényleges mintaértékkel. A vevőben a helyreállítás egyszerű: a predikációs algoritmust az is ismeri, tehát tudja, hogy az előző mintából kell a hibát összeadni (vagy kivonni), így a beérkező „2” és a saját predikciójából adódó „200” értékből egyszerű összeadással a 202-t helyre tudja állítani.
- DPCM esetén két hibával kell számolnunk a rekonstrukciónál:
  - Ha a bemenő jel túl gyorsan (nagyon) változik, a kvantáló nem fogja tudni követni azt. Ha a fenti példát nevezve egy állandó 2 bites kvantálás használunk a hibára, de annak értéke átéli a három (0, 1, 2 és 3 kódolható két biten), akkor is három fog átmenni, ha a valóságos hibaeérték 12 – ez pedig megjelenítési hibához vezet. Ehhez ugyanis négy bitre lenne szükség.
  - Ellentétben a PCM kódolással, az esetleges bithibák itt „öröklődnek” és magukkal viszik a predikációs folyamatban pixelről-pixelre (error propagation): nem csupán az adott megbecsült pixel romlik el, hanem azok is, amelyeket majd ebből fogunk predikálni. Ez a képen erősebb „foltosodásban” mutatkozik meg, ellentétben a PCM képek apró pixelhiba-pöttyeivel.

- A DPCM kódolás alapján **vesztésgmentes** eljárás. Amennyiben újrakvantálást nem alkalmazunk, csak kódolást, akkor az eredeti mintaérték hibamentesen visszaállítható a predikált értékből és a hibajelből.
- Veszteség csak akkor léphet fel DPCM kódolásban, ha kódolás előtt kvantálunk, keressük és – a fentiekben leírtak alapján - adott bithosszúságra csonkoljuk a hibaeértéket.
- A hibák csóvásodás formájában tovaterjednek. Ezek iránya a predikciótól függ: ha „balról” predikálunk, akkor vízszintesek, ha felülről is, akkor átlósak. Ez tehát a kvantálási hiba megjelenése a képen



- 0,5% csatornahiba hatása „balról” predikálva (2 és 64 szint)

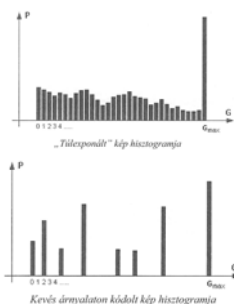


- 0,5% csatornahiba hatása „balról” és „balról és felülről” predikálva (8 szintű különbségi kép)



## Hisztogram

- A képpontok fényesség szerinti eloszlása
- Például:  $G: 0,1,2,\dots,255$  ( $G_{\max}$ ).
- $P(G)$  a pixelek darabszáma, ami adott értékű (pl. 18, ha az egész képen 18 darab 255 értékű fehér pixel van).



- Kontraszthiba: a teljes fényességi tartomány nincs kihasználva.
- Megoldás: normalálás, amikor széthúzzuk azt.
- Lehet a világos, a sötét részeket külön is normalálni (fényességi transzformációk)

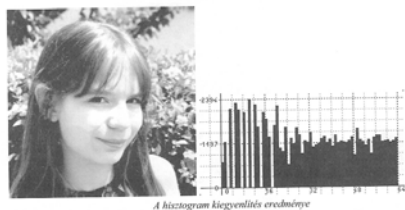
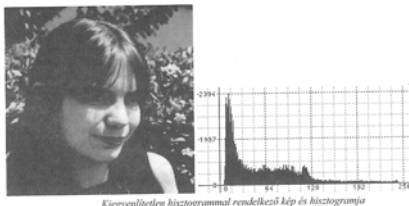


- A kép: eredeti, B: sötét részek kontrasztjának növelése (bokrok látszanak), C: világos részek nagyobb kontrasztja (szám a villamos elején)



## Hisztogram kiegyenlítés

- Olyan fényességi leképezés, ami a kép minden fényességi tartományában egyszerre biztosítja a legjobb kontrasztot.
- Cél: egyenletes legyen a histogram, ne legyenek benne csúcsok, ehhez „inverz” műveletet kell alkalmazni az adott képre.
- Ha a histogram eleve egyenletes, akkor nem sok szubjektív javulás lesz a művelet után.



## Digitális televízió

- DVB-S, DVB-T, DVB-C (tárgyalásunk végcélja)
- A digitális tévészés progresszív
- Kiindulás:
  - Digitális képfeldolgozás alapjai
    - Mintavétel, kvantálás, PCM kódolás
  - JPEG állókép kódolás (MDCT)
  - DPCM és veszteségmentes tömörítés
- Mozgóképek: MPEG 1,2 képkódolás és hangkódolás
  - Mozgásbecslés, alulmintavételzés
  - Egyéb digitális jelfeldolgozási eljárások
- Hibajavító- és csatornakódolás alapjai, digitális modulációk felsorolása



## MPEG célok

- Motion Picture Expert Group – célja?
- Kiindulás: JPEG, M-JPG
- Kép- és hangtömörítés veszteséggel
- ff-kép sebességigénye: kb. 80 Mbps, színes képé 84 Mbps.
- Már láttuk digitális videónál, hogy a teljes adatsebesség elérheti a 100-200 Mbps-t is
- Tömörítéssel: 1,5-9 Mbps (hanggal együtt)
- Elv: redundancia a képen belül (intraframe) ill. képek között (interframe).
- A digitális, tömörített adatot rögzíteni vagy átvinni kell.

## DVB alapok és bevezető fogalmak

- A DVB előnyei a vevőnél (előfizető):
  - Kifogástalan, zajmentes képminőséget: nincs szellemkép, villódzás, szintorzulás.
  - CD-minőségű hangot: sztereó, Dolby Surround vagy többnyelvű kísérő hang.
  - Kényelmesebb kezelhetőséget, a néző menülisábjából választhatja ki a nézni kívánt műsort. A kiválasztás történhet a műsor neve vagy a műsor fájtája alapján.
  - A műsorsomagban a kép- és hangjelek mellett a műsor címének, közvetítési idejének és egyéb kísérő információknak a továbbítására is lehetőség van.
  - Kötetlen vételi helyeket: az egyes vevőkészülékek nem igényelnek tetőantennát csak egy rövid, kb. 10 cm-es botantennát, amelynek segítségével kiváló, szellemképmentes lesz a vétel (DVB-T).
  - Mobilitást: a néző ülhet akár villamoson, akár egy az autópályán száguldó autóban, mindig tökéletes a vétel (DVB-T).
  - Interaktivitást: visszairányú kapcsolat kialakításával, ami lehet mobil- vagy vezetékes telefon, igénybe vehető az olyan interaktív szolgáltatások, mint például az Internet.

### ■ Előnyök a szolgáltatónál:

- Lefedettséget: az országos lefedésű csatornák száma jelentősen megnő, így új szolgáltatók részére teremt sugárzási lehetőséget.
- Feltételes hozzáférési műsorátvitelt: a digitális jelekhez hatékony titkosítás tartozhat, amely lehetővé teszi a nézők igény szerinti kiszolgáltatását, a tartalom hatékony védelmét.
- Új reklámlehetőségeket: a programszám jelentős növekedése állandó reklámszolgáltatás indítását is lehetővé teszi, amelyek akár mobilvétellel autóban vagy tömegközlekedési eszközön is elérhetők.
- Nagy sebességű adatátviteli rendszert: a televíziós műsorszórás mellett nagy sebességű adatátvitelre is alkalmas a csatorna; az átviteli kapacitás tetszőlegesen osztható szét a felhasználók között.
- Adatszórás lehetőséget, amely költséghatékony, és amelynek segítségével nagyszámú előfizető érhető el tetszőleges címzési móddal.
- Interaktív és multimedias szolgáltatásokat.
- Tervezhetőséget: tematikus programcsatornák indíthatók a rétegigények kielégítésére.
- Hatékony távközlési lehetőséget.

## Digitális hangátvitel

- TV jel = kép és hang (+ adatok)
- Digitális hang: FM analóg rádiónál jobb, bitsebesség csökkentés (forráskódolás) kell, választható minőség (bitsebesség).
- Megoldás: MPEG1 és MPEG2 audió, lehet 5.1 is, de van Dolby Digital adás is.
- Ellentét feszül(t) az MPEG2 Multichannel és a DD között

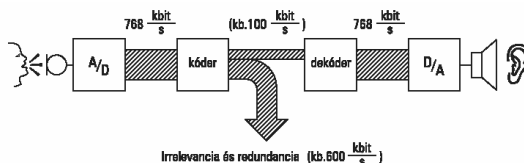
### ■ Hang digitalizálása

Analóg jelek digitalizálási paraméterei

Rendszer	Mintavételi frekvencia [kHz]	$V_{\text{mono}}$ [kbit/s]	$V_{\text{stereo}}$ [kbit/s]	Alkalmazás
DSR	32	512	1024	Digital Satellite Radio
CD	44,1	706	1412	hang-CD
AES/EBU	48	768	1536	hangstúdiótechnika

AES = Audio Engineering Society  
EBU = European Broadcast Union

### ■ Elv: pszichoakusztikus, veszteséges kódolás



- Veszteségmentes (redundanciakód) túl kis hatásfokú (lásd DVD-Audio, SACD)

- A dekódér minden üzemmódot ismer:
  - Mono, sztereó, surround, bilingual
  - Joint sztereó: 2kHz felett a sztereó élményhez a jel finomstruktúrája nem járul hozzá, csak a burkoló, 2 kHz felett elég az összegjelet kódolni és a két csatorna skálafaktorait átvinni. (Kiseb lesz a bitssebesség)
  - 32-448 kbps sebesség (14 érték), amit minden vevőnek tudnia kell (VBR csak mp3)
  - MPEG1 max. 2 csat, MPEG2 5.1, felülről kompatibilis

2-es rétegi kódolással átvitt monojel minősége az adatsebesség függvényében

Kódolt monojel adatsebessége [kbit/s]	Tömörítési arány	Minőség
192	4	kiváló
128	6	nagyon jó
96	8	jó (CD)
64	12	kb. FM-hangátvitel
48	16	kb. AM-hangátvitel
32	24	beszédminőség

## Képdigitalizálás

- JPEG (Joint Photographic Experts Group), amely főleg állóképek tömörítésére használható, bár adaptáltak mozgóképekhez is (Motion JPEG).
- H.261, amely kis sávszélességű videókonferencia- és videotelefon-alkalmazásokra optimális.
- MPEG-1 (Moving Pictures Experts Group), amely közepes sávszélességű átvitelhez, pl. CD-n rögzített és PC-ken visszajátszható mozgóképek adattömörítésére kifejlesztett eljárás.
- MPEG-2, amely az MPEG-1-nél még nagyobb tömörítést tesz lehetővé. Kifejlesztése kifejezetten a nagy sávszélességű műholdas, földi, valamint kábeles jelátvitel sajátosságainak figyelembevételével történt. Az MPEG-2 dekóderek alkalmasak általában az MPEG-1-ben kódolt anyagok visszajátszására is.
- MPEG-3, amely a HDTV (High Definition Television) igényeire lett kialakítva, később beépítették az MPEG-2-be.
- MPEG-4, amely a nagyon alacsony bitssebességű videokonferencia, ill. mobil átvitel céljára alkalmas.

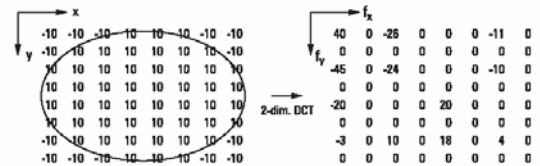
## JPEG

- A képet 8x8 blokkokra osztja
- Majd 2 dimenziós DCT jön (képpontok mintáit a „helyfrekvenciák tartományába” viszi) – lásd később
  - A spektrális felbontás együtthatói a blokk különböző frekvenciájú komponenseinek nagyságát adják meg.
  - A DCT veszteségmentes (csak kerekítési hibája van).
- A végén futamhossz kódoló (Huffman).



## DCT (Diszkrét Koszinusz Transzformáció)

A diszkrét koszinusztranszformációt úgy képzelhetjük el, mint 8x8 képpontnak a helytartományból egy ugyanakkora 64 tényezőes frekvenciatartománybeli blokkba való leképezését.



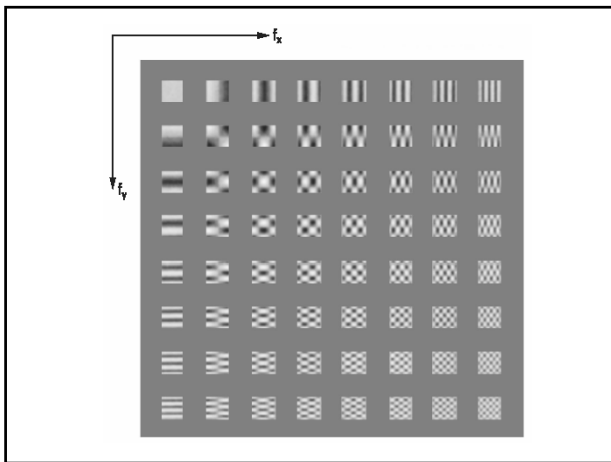
Példa diszkrét koszinusztranszformációra (DCT)

## DCT (1)

- A DFT és az FFT olyan Fourier-transzformáció, amely sok (végtelen) sin és cos összegéből áll.
- A DCT olyan, ahol csak cos tagok vannak, de kétszer annyi, mint FFT esetében, és azok az alapfr. felének egész számú többszörösei (DC-től a max. frekvenciáig).
- Nem lesz komplex a spektrum, nincs fázisinfó csak amplitúdó, de ez nem felel meg pontosan az FFT-vel kapott amplitúdó-karakterisztikának.
- Belátható, hogy a DCT, a jel kiragadott részletein végezve, a határokon folytonos marad inverz DCT után is. Így képtömörítésnél jó lesz a blokkok határán is, nem lehet majd látni a határokat a folytonos átmenetek miatt.
- Lehet egy vagy két dimenziós is.

## DCT (2)

- 64 darab 8 bites számból 64 darab 11 bites lesz, de sok együttható kicsi, amelyeket durvább kvantálással „elhagyunk”, és sok a nulla is.
- Főleg a nagyobb frekvenciákon kicsik az értékek és a kis helyfrekvenciás komponensek dominálnak.
- A 2 dimenziós DCT alapfüggvények hasonlítanak az FFT alapokra, csak két dimenzióban. A bázisfüggvény = egyetlen együtthatóval megadható blokk („mint a szinuszhang”). A bal felső sarok az egyenszint (DC), ez a szürke, minden többiben benne van.
- A valóságos kép minden blokkja megadható ezen 64 szuperpozíciójával (pont mint a hangnál).
- 8x8-nál nagyobb blokk nagyobb adatredukciót tesz lehetővé, de a blokkmérettel négyzetesen arányosan nő a számítási igény.
- Bonyolult transzformációs függvények (ld. jegyzet). Többféle ekvivalens leírási mód (egyenletek) léteznek!



■ Hol van a nyereség a DCT-ben? :

- Amikor a DCT együtthatókat 11 bitről kevesebbre újrakvantáljuk
- Rekvantálás: osztás a kvantálási lépcsővel és kerekítés a közelebbire
- A szem tulajdonságait figyelembe véve a szám, amivel osztunk, függ a helyfrekvenciától.  
(Y-hoz és C-hez kísérletileg meghatározott kvantálási táblák vannak)

- A kísérletben középszürke háttér előtt kellett úgy beállítani a bázisfüggvényt, hogy éppen ne látszódjon („látásküszöb”).
- A legkisebb amplitúdókülönbség lett Y-ra a kvantálási lépcső.
- Nagyobb frekvenciához nagyobb a lépcső!  
(Nem olyan érzékeny a szem)
- Y-nál a DC jelhez  $2^{11}/16=7$  bites, 128 szürkeszint, míg jobb alsó szám  $2^{11}/99 = 21$  szintű.
- A táblák nem szabványosak, át kell vinni őket, a dekóder ezzel szoroz a dekódoláshoz

$f_x$

15	11	10	16	24	40	51	51
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	108	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

$f_y$

$Q(f_x, f_y)$  a luminanciajel DCT-együtthatóira

$f_x$

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

$f_y$

$Q(f_x, f_y)$  a krominanciajel DCT-együtthatóira

Példa

139	144	149	153	155	155	155	155	235,6	-1,0	-12,1	-5,2	2,1	-1,7	-2,7	-1,3	16	11	10	16	24	40	51	61
144	151	158	156	159	156	156	156	-22,6	-17,5	-6,2	3,2	-2,9	-0,1	0,4	-1,2	12	12	14	19	26	58	60	55
150	155	160	163	158	158	158	156	-10,9	-8,3	-1,6	1,5	0,2	-0,8	-0,6	-0,1	14	13	16	24	40	57	69	56
158	161	162	160	160	159	159	158	-7,1	-1,8	0,2	1,5	0,9	-0,1	-0,0	0,3	14	17	22	28	51	87	80	62
158	160	162	162	160	155	155	155	-0,8	-0,8	1,5	1,6	0,1	-0,7	0,8	1,3	18	22	37	56	68	109	103	77
181	181	161	161	160	157	157	157	-1,8	-0,2	1,6	-0,3	-0,8	-1,5	1,0	-1,0	24	35	55	64	81	104	113	92
162	162	161	163	162	157	157	157	-1,3	-0,4	-0,3	-1,5	-0,5	1,7	1,1	-0,8	49	64	78	87	103	121	120	101
162	162	161	163	163	168	168	168	-2,6	-1,6	-3,8	-1,8	1,9	1,2	-0,6	-0,4	72	92	96	98	112	100	103	99

eredeti kép mintái								DCT-együtthatók								kvantálási tábla							
a)								b)								c)							
15	0	-1	0	0	0	0	0	240	0	-10	0	0	0	0	0	144	148	149	152	154	158	158	158
-2	-1	0	0	0	0	0	0	-24	-12	0	0	0	0	0	0	148	150	152	154	158	158	158	158
-1	-1	0	0	0	0	0	0	-14	-13	0	0	0	0	0	0	156	156	157	158	168	167	166	166
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	161	161	162	161	160	157	155
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	163	164	163	162	160	158	156
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163	164	164	164	162	160	159	157
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	160	161	162	162	162	161	159	158
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	158	159	161	161	162	161	159	158

kvantált együtthatók      inverz kvantálás utáni együtthatók      rekonstruált minták

d)      e)      f)

- A képtömörítés nem csupán adatcsökkentés, hanem az emberi érzékszervek korlátaira (szubjektivitásra) is épít.
- Ahogy már láttuk, állóképek intra-frame kódolásánál a szomszédos pixelek közötti hasonlóságot használjuk ki:
  - „normális” képeknél a szomszédos pixelek közel megegyeznek egymással,
  - és az átmenetek is eléggé homályosak, nem pedig élesek („zajszerű élek”). Ezek a lassú változások a frekvencia tartományban kisfrekvenciás komponenseknek felelnek meg. Látásunk a nagyfrekvenciás részekre kevésbé érzékeny, nagyobb torzítást tűr el.
- Három paramétere van az ilyen kódolónak: a tömörítési arány (a fájlméret), a kódolás (és esetleg a dekódolás) sebessége, számításgénye, végül pedig a szubjektív minőség.
- Előfordulhat, hogy „metadata” információt is szeretnénk átvinni, szöveges adatokat, feliratot, nevet, hibajavítást stb.

- A szokásos RGB színrendszer helyett az YUV színrendszert használja a JPEG. Ezáltal a színösszetevők adatai a látás szempontjából fontosabb és kevésbé fontos adatokra válnak szét.
- Az emberi látás az ún. krominancia összetevőkre sokkal kevésbé érzékeny, mint az ún. luminancia összetevőre. (Emlékeztető: kb 5x rosszabb a szem felbontása színes képre.)

- Egy 8\*8 pixeles tökéletes fehér kép intenzitási együtthatója minden pontban 255. Ez egy olyan mátrix, amely 8 oszlopból és 8 sorból áll, minden értéke pedig 255. Ha ezt DCT-nek vetjük alá, akkor a bal felső elem értéke 65280 lesz, míg a maradék 63 elem értéke zérus.

## Példák

- Ha a kiindulási képünk nem tiszta fehér („DC kép”), hanem a lehető legnagyobb frekvenciájú, azaz a legsűrűbb és legnagyobb változásokat tartalmazza, akkor megkapjuk a pixelenkénti sakktablát:

255	0	255	0	255	0	255	0
0	255	0	255	0	255	0	255
255	0	255	0	255	0	255	0
0	255	0	255	0	255	0	255
255	0	255	0	255	0	255	0
0	255	0	255	0	255	0	255
255	0	255	0	255	0	255	0
0	255	0	255	0	255	0	255

32640	0	0	0	0	0	0	0
0	630.2	0	426.4	0	936	0	246.6
0	0	0	0	0	0	0	0
0	426.4	0	797.7	0	1104	0	3144
0	0	0	0	0	0	0	0
0	936	0	1104	0	1462	0	4703
0	0	0	0	0	0	0	0
0	246.6	0	3144	0	4703	0	13939

- A transzformált mátrix tehát a bal felső sorában tartalmazza a blokk átlagát, és a letapogatás cikcakkosan történik ahogy a köv. ábra mutatja, ezzel lehet elérni, hogy a közeli frekvenciák egymás mellé kerüljenek.

1	3	4	10	11
2	5	9	12	
6	8	13		
7	14			
15				

A 8 x 8-as blokk feldolgozása

A következő ábra mutatja a DCT matematikai leírását:

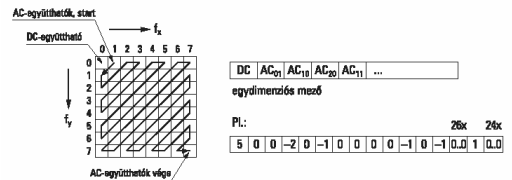
$$C_r(k_1, k_2) = \sum_{n_1=0}^{N_1-1} \sum_{n_2=0}^{N_2-1} x(n_1, n_2) \cos\left[\frac{\pi}{2N_1} k_1 (2n_1 + 1)\right] \cos\left[\frac{\pi}{2N_2} k_2 (2n_2 + 1)\right]$$

A felső sor számítása igaz, ha  $0 \leq k_1 \leq N_1-1$  és  $0 \leq k_2 \leq N_2-1$ , egyébként nulla.

- A DCT-nél még használtuk ki azonban az emberi látás néhány fontos tulajdonságát.
- Ha alkalmazzuk a DCT-t, a kapott új adathalmaz nem lesz kisebb, mint az eredeti, csak most a kép spektrális tulajdonságaira lesz jellemző (Hasonlóan a hang FFT-jéhez).
- Az emberi szem azonban a nagyfrekvenciás összetevőkre jóval kevésbé érzékeny, mint a DC-hez közeliekre. Elhagyva a nagyfrekvenciás összetevők kb. 50 %-át, az inverz transzformáció után az eredeti kódot információinak legfeljebb 5 %-a veszik el.
- Nyeresség: a nagyfrekvenciás részeket elhagyjuk és/vagy kisebb lépcsőkkel kvantáljuk
- Utána még ún. redundancia kódolás is van (veszteségmentes).

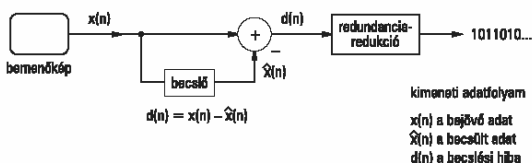
## Redundancia kódolás

- A 8x8 elemet sorfolytonossá alakítjuk úgy, hogy a nagyfrekvenciás részek a végére kerüljenek (kis amplitúdó és sok nulla a végén van)
- Huffmann: futamhossz kódolás + gyakori sorozatok rövidebb kódszóval való leírása (nem veszteséges! ZIP)



## DPCM a JPEG-ben

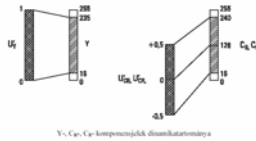
- A JPEG tud veszteségmentesen is (8 helyett kb. max. 2x tömörítéssel) is dolgozni, ekkor nincs DCT.
- Ehelyett a pixeleket becsüljük és a különbséget visszük át (Huffmann van benne).
- Kis eltérések a gyakoriak két szomszédos pixel között:



## Mintavételezés

- RGB és Y jelre 13,5 MHz az „alap” mintavételi frekvencia, 8 bites felbontás = 108 Mbps.
- 625 és 525 soros rendszerben is az aktív soridőben 720 mintavétel történik.
- „RGB átvitel” = 4:4:4 formátum összesen 324 Mbps.
- B-Y ill. R-Y 6,75 MHz, 8 bit = 54 MBps.
- „YCrCb átvitel” = 4:2:2 formátum, 216 Mbps összesen
- Stúdióban lehetséges 10 bites feldolgozás is
- 16:9 képhez 18 MHz javasolt

- Nem a teljes bittartomány van kihasználva (tartalékok):
- 0 és 255 a szinkron jelek részére
- 16 alul és felül a túllövések ellen
- A szintek betartás szigorú, kell védőáramkör, szabályzó stb.
- Az Y és a szinkul.csatorna jel-zaj viszonya kb. azonos 50-60 dB



## MPEG

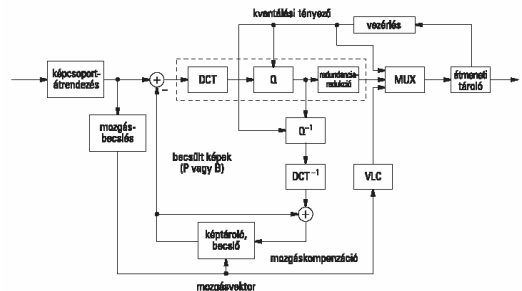
- MPEG1: progresszív képhez, VCD minőség és formátum, interneten továbbítható, alacsony képméret és CBR bitsebesség, max. sztereó hang (mpa, mp1, mp3, m1v).
- Az ajánlott felbontás elnevezése SIF (source Input Format), a világosságjelre 288 vagy 240 sort és soronként 352 mintát használ, a szinkronizációs jelekre ennek a felét (1.5 Mbps). A páros félképek elhagyásával progresszívá válik.
- MPEG2: váltottorsóra is jó, nagyobb képméret és VBR sebesség, 5.1 hang is, level & profile szintű skálázhatóság, műsorszórásra és DVD-hez (mp2, mpg, mpeg, m2v). Csak kép- vagy félkép-szintű manipuláció. Az MPEG1 és 2 „pixelalapú”.
- MPEG3: elvileg HDTV-re tervezték, de az MPEG2 is jó rá a skálázhatósága miatt, ezért törölték.
- MPEG4: elvben alacsony bitsebességhez tervezték (mobil), de a nagy tömörítést mára is használjuk. *Objektumorientált, interaktív*, kétszer hatékonyabb az MPEG2-nél. Kép, hang, metaadat = teljes multimédiatartalom (mp4, m4a, m4v). Képen belüli objektum-hozzáférés: az MPEG4 „objektumalapú”.

## MPEG képkódolás

- MPEG: DPCM utáni DCT és együtttható-rekvantálás (ún. hibrid kódolás).
- Hatása: a különbségi hibajel a DCT és a kvantálás miatt „kvantálási zajos”, azaz hibás értékű lesz. Dekódoláskor ez a hiba terjed, és szomszédos pixelekre is kiterjed.
- Eredmény: ha a becslt minták különbsége nulla (azonos pixelek), akkor csak kvantálási zaj van: visszacsatolt dekóder képes visszaállítani az eredeti jelet a kvantálási hiba pontosságával.

## MPEG videókéder

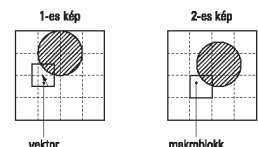
- Szaggatott = JPEG kóder



- Bemeneti minta 8 bites, 0-255 lehet az értéke, ezért a *becsült különbségi jel* -255 és 255 között lehet (9 bit)
- 9 bites DCT után: rekvantálás és a Huffman kódolás
- A becslést a mozgásvektorok kiszámítása (mozgásbecslés) javítja: egymás utáni képek adott felülete (16x16 makroblokk) elmozdulásának információja. Ehhez ismerni kell a környező képeket (I,P,B) és a vektorokat is át kell vinni.
- A kimeneten állandó (CBR) bitsebességhez a kvantálást kell állítgatni (VBR-nél nem).
- Analóg forrás esetén a képkijelöltési idő (sorszinkron és félképszinkronok) elhagyásával kb. 25% adatsökkentést lehet elérni: csak az aktív soridőben van kódolás és 575 aktív sorban (PAL).
- Dekódolás egyszerű: nem kell mozgásbecslés, mert a vektor jön, olcsó, egyszerűbb.

## Mozgásbecslés

- Példa: lefelé szálló labda
- Azonos helyzetű makroblokkok között nagy lehet az eltérés
- Ha a két kép közötti egyszerű különbségi kép helyett egy a vektor által becsültet viszunk át, kevesebb adat fog kelleni.
- Feladat: a kettes kép vastag blokkját meg kell keresni az egyes képen és megadja ez a vektor az elmozdulást.
- Eredmény: minden blokkra kiszámítjuk a vektort és átvisszük
- Mozgásbecslés: bonyolult, nagy számítási igényű, a tervezőre bízott szerkezetű.



- Képek közötti (inter-frame) hasonlóságot is használjuk ki
- Megpróbáljuk a képen lévő mozgást képről-képre (frame-by-frame) követni.
- A mozgásbecslés végeredménye egy mozgás-vektor halmaz, mely leírja a mozgást egyik képről a másikra. Az aktuális kép nem átlapolódó blokkokra van felosztva, melyek csak a világosságértékeket tartalmazzák. Egy vektor kerül kiszámításra minden blokk számára a „keresési eljárás” során. Minden blokk elmozdul egy kereső ablak felett a referencia képen, és az algoritmus megpróbálja megtalálni a legjobb egyezést egy ún. költség-függvény alapján.
- Kisebb blokk esetén több mozgás-adat lesz, de pontosabb vektorok. Ugyanakkor, nagyobb számításgéni és kisebb siker nagy mozgások esetén (melyek túlnyúlhatnak a blokkon).

- A mozgásbecslés legegyszerűbb formája a nyers erő módszere (brute force), amelyet neveznek még *teljes keresésnek* is. Ekkor a legjobb egyezést találjuk meg, mert az összes lehetséges esetet végignézi az algoritmus. Ez globális, optimális minimumot talál, de nagy számításgéni.
- Ezért kitaláltak már több, heurisztikus módszert is, melyek csak lokális minimumot találnak meg, de sokkal gyorsabban. A „one at a time” módszer először az X-irányban keres minimumot, majd onnan indulva az Y-irányban is. Egy vektor esetében ez azonban nem feltétlenül lesz a globális optimum.
- Az N-lépéses keresésnél egy előre meghatározott (n-lépésből) álló folyamat során határozzák meg a költség-függvényt egy intervallum-felezős módszerrel.

### ■ Mozgásbecslés (brute force)

Bal fent: 8. frame kiindulási alap (lehet I vagy P kép)

Jobb fent: 9. frame a predikált végeredménykép (P kép)

Bal alul: mozgásbecslés nélküli differencia a 8. és a 9. frame között

Jobb alul: a 8. és a 9. kép közötti elmozdulás, amit a becslés kiszámolt (ezt kell átvenni), kevesebb adat, mint a bal alsó kép.



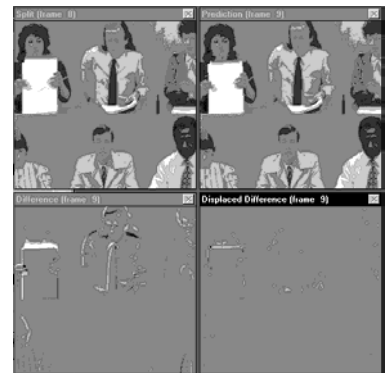
### ■ Mozgásbecslés (brute force)

Bal fent: 8. frame kiindulási alap (lehet I vagy P kép)

Jobb fent: 9. frame a predikált végeredménykép (P kép)

Bal alul: mozgásbecslés nélküli differencia a 8. és a 9. frame között

Jobb alul: a 8. és a 9. kép közötti elmozdulás, amit a becslés kiszámolt (ezt kell átvenni), kevesebb adat, mint a bal alsó kép.



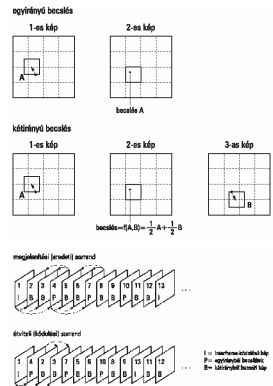
4x4

Makroblokk mérete (8x8 helyett)

16x16



- A becslés lehet P vagy B
  - Két irányból predikált kép kb. fele annyi adattal írható le
  - Vágni csak I képnél lehet szabványos
- EU: BBIBBPBBPBBPBBIBB... N = 12
- USA: BBIBBPBBPBBPBBPBBIBB... N = 15
- MPEG-ben a P, B képekhez szükséges DCT táblák rögzítettek



## Hierarchia

- 4:2:0 = 4 Y blokkhoz van egy  $C_b$  és egy  $C_r$  blokk, ez alkot egy makroblokkot. Az eredeti 4:2:2-höz képest ez újabb 25% nyereség az adatokban.
- Szegmens = egy sorban adott számú makroblokk
- GOP = a legkisebb (de)kódolható egység
- Minden rétegnek fejléce van
- Mozgásvektor a makroblokk előtt lesz átvéve

## Videójel digitalizálása

- 8 bit, 25 fps
- SIF: egyik félkép teljes elhagyása (nem váltott soros esetben is), de a 31 Mbps is túl sok a csatornához, ezért kell az MPEG tömörítés
- VCD: 1,5 Mbps hanggal, DVD 9 Mbps

Videójeltek átviteli sebességének összehasonlítása (jelzés-arányok jelölésével)

Jeltek	Mintavétel ir. [MHz]	mintasor	Sorszám	$\gamma$ [Mbit/s]	$\gamma_{max}$ [Mbit/s]	Formátum
B	13,5	864	625	108		4:4:4
C <sub>r</sub>	13,5	864	625	108		111:601
B <sub>1</sub>	13,5	864	625	108	324	
Y	13,5	864	625	108		4:2:2
C <sub>b</sub>	6,75	432	625	54		111:601
C <sub>r</sub>	6,75	432	625	54	216	
Y	13,5	720	576	83		4:2:2
C <sub>b</sub>	6,75	360	576	41,5		csak az
C <sub>r</sub>	6,75	360	576	41,5	166	aktív kép
Y	13,5	720	576	83		4:2:0
C <sub>b</sub> C <sub>r</sub>	6,75	360	576	41,5	124,5	csak aktív kép
Y	6,75	360	288	20,7		4:2:0, SIF
C <sub>b</sub> C <sub>r</sub>	3,375	180	288	10,4	33,4	csak aktív kép

## VCD, SIF, MPEG1

- 1,5 Mbit/s adatsebesség SIF-jeltek tömörítésekor; CD-hez és multimédiás felhasználásokhoz (SIF=Source Input Format: csak a páratlan számú félképeket kódoljuk, 625 soros képből kiindulva az aktív sorok száma 288 Y-sor és 144 krominanciasor. A képpontok száma egy Y-sorban 352 és egy krominanciasorban 176.)
- A kódolandó jelek  $Y$ ,  $C_b$  és  $C_r$ .
- A letapogatási struktúra 4:2:0.
- A DCT DC-együtthatóinak kódolása DPCM révén valósul meg.
- A kvantálási táblák azonosak a luminencia- és a krominanciakomponensekre.
- A kvantálási táblák a szekvenciaretegben változtathatók meg.
- A VLC- táblák nem tölthetők le.
- A mozgásbecslés a P- és a B-képekre alkalmazható.
- A mozgásbecslés felbontása fél képpont.
- Csak progresszív képbontás lehetséges.

## DVD, DVB, MPEG2

- Lehet 4:2:2 (High Profile) és 4:4:4 is
- DVB 4:2:0 (Main Profile), lehet progresszív és interlace is
- DCT együtthatók nem lineárisan is kvantálhatók
- Félképes átvitelhez más fajta „cikkcakk” sorbarendezés van és másik Huffman tábla, mint progresszívhez.

## Skálázhatóság

- Digitális vétel: vagy tökéletes vagy nincs
- MPEG: beépítettek a egy középső lépcsőt is csökkentett minőségű átvitelhez
- Ezzel a módszerrel lehet a HDTV kompatibilitást megvalósítani
- A DVB EU-ban nincs benne ez a szabványban



## Level és Profile

High Level		1920x1152 Pixel 80 Mbit/s			1920x1152 Pixel (860x576) Pixel 100(80,25) Mbit/s
High-1440 Level		1440x1152 Pixel 60 Mbit/s		1440x1152 Pixel (720x576) Pixel 80(40,15) Mbit/s	1440x1152 Pixel (720x576) Pixel 80(40,20) Mbit/s
Main Level	720x576 Pixel 15 Mbit/s	720x576 Pixel 15 Mbit/s	720x576 Pixel 15(10) Mbit/s		720x576 Pixel (720x576) Pixel 20(15,4) Mbit/s
Low Level		352x288 Pixel 4 Mbit/s	352x288 Pixel 4(3) Mbit/s		
Levels Profiles	Simple Level	Main Profile	SNR Scalable Profile	Spatial Scalable Profile	High Profile

mint a Main Prof. B-képek nélkül

4:2:0, nincs skálázhatóság

mint a Main Prof. + SNR-skálázhatóság

mint a SNR Scal. Prof. + Spat. Scal.

mint a Spat. Scal. Prof. + 4:2:2-kódolás

- Minőségi fokozatok:
- Full D1: analóg videójel digitalizálása + DCT + bináris tömörítés (legjobb minőség, az alap). 704\*576 pixel
- Half D1: a képen minden második oszlop marad meg, 352\*576 pixel. Kb. Betacam minőség.
- SIF: minden második sor és oszlop is kikerül: 352\*288, egyszerűbb DCT (S-VHS minőség).
- QSIF: minden negyedik sor és oszlop marad csak meg (1/16 képméret).

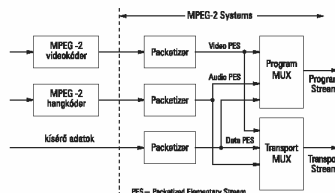
## ■ Összefoglalás

Forrás	Kompresszió	Háttérkap. igény Tipikus adatforg	Minőség
CCIR 601 formátum (720*576)	Full D1 (MPEG-2) (704*576)	3,5 Gbyte óránként (8 Mbit/sec) 6-10 Mbit/sec	• Tökélletes képmínőség
CCIR 601 formátum (720*576)	Half D1 (MPEG-2) (352*576)	1,3 Gbyte óránként (3 Mbit/sec) 3-6 Mbit/sec	• Nagyon jó képmínőség
CCIR 601 formátum (720*576)	SIF (MPEG-1) (352*288)	675 Mbyte óránként (1,5 Mbit/sec) 1-3 Mbit/sec	• Jó képmínőség, bár • kicső-hatás lehetséges feszle vonalak mentén • a szöveg kicsit eltolódhat • a színek kissé elmosódtak
CCIR 601 formátum (720*576)	QSIF (MPEG-1) (176*144)	167 Mbyte óránként 15 Kbit/sec – 5 Mbit/s	• Jó képmínőség egy VGA monitor 1/4 felületén

- DVB-T, S és C a modulációban különbözik egymástól (és a csatornakódolásban), de kb. azonos minőségűek.
- A DVB-S: QPSK, a DVB-C 64QAM koaxon és 256QAM optikán, a DBV-T OFDM (egyfrekvenciás hálózat)

## Az MPEG-bitstream

- MPEG adatfolyam: kép, hang, vezérlés, hibajavítás stb. (multiplex adat). A multiplexálás kétrétegű:
- PES: összetartozó kép, hang és adat szinkronizációja. Változó, max 64kB hosszú csomagok, 6 bájtos fejléccel. Átvitelre nem alkalmas, mert túl nagy.
- Médium-függő réteg:
  - Program stream: egyetlen időalap (egy program)
  - Transport stream: több időalap (több program szimultán átvitele)

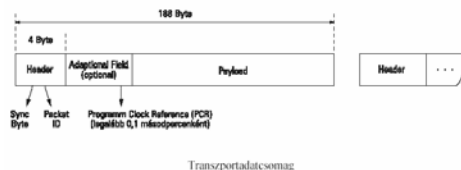


- PS: elsősorban hordozóra, jó jel/zaj mellett, mert nagyon hibaérzékeny (nagy, változó hosszúságú csomagok vannak, a fejléc sérülése kritikus).
  - TS: állandó, rövid, 188 byte-os blokkok, ráadásul plusz 16 bájttal RS hibavédelem is van, mely 8 hibát tud javítani. (Kábelhez, műholdhoz)
- Statisztikus mpx:** több program önálló, változó sebességű PES-jét (2-8 Mbps) tesszük egy nagy (max 40 Mbps) bitfolyamba; a nagy bitsebességű adó csomagjaiból több lesz, időben változó módon.

- Egy program alapesetben egy videó, egy hang és egy TXT adat elementary stream. De lehet több kép (más felbontásban), több nyelvű hang.
- System adatok: időbélyeg, információs táblák, feltételes hozzáférés stb.

- Programmultiplex:
  - mindegyik adatfolyamrészt azonos időalapú.
  - alkalmas csaknem zavartelen csatornához (pl. mérévelemre való rögzítés).
  - megengedett változó hosszúságú packetek (adatsomagok) alkalmazása.
- Transportmultiplex:
  - több különböző időalap lehetséges.
  - alkalmas zavart csatornához (pl. műholdas átvitel).
  - 188 byte-ban rögzített adatsomagok lehetségesek csak.

A DVB-projektben a műholdas, kábeles és földi tv-műsorszórás céljára a transportmultiplex használata mellett döntöttek, mivel csak ez alkalmas zavart csatornán történő átvételre.





# Szervízinformációk

- 4 darab programspecifikus információt tartalmazó tábla van + DVB-nél még öt járulékos tábla (önműködő tuning, adóinfók, teletext, filmfeliratozás).
- „Program Association Table (PAT)” (Packet ID=0)
  - Tartalmazza a transportmultiplex valamennyi programjának felsorolását és utal a hozzá tartozó PMT-k (Program Map Table) Packet ID-ire.
- „Program Map Table (PMT)”
  - Utal (figyelmeztet) az érintett programok egyes Packet ID-ire, különösen a Program Clock Reference packetjaira.
  - Tartalmazza a programnevet.
  - Tartalmazza a Copyright Information-t, azaz a szerzői jogokra vonatkozó adatokat.
  - És egyéb információkat.
- „Conditional Access Table (CAT)” (Packet ID=1)
  - „Private Data”-t tartalmaz a Conditional Access (feltételes hozzáférés) számára.
- „Network Information Table (NIT)”
  - „Private Data”-t tartalmaz, pl. orbitális pozíció, transzponderszám stb.

A DVB-Projekt által még pótlólag definiált táblák közvetlenül a nézőknek szánt információkat tartalmaznak, olyanokat, amelyek elektronikus műsorújság megvalósítását vagy képrögzítők vezérlését teszik lehetővé.

„Bouquet Association Table (BAT)”

- Információkat tartalmaz valamely szolgáltató programjairól akkor is, ha ezek különböző módon vannak kiegészítve.

„Service Description Table (SDT)”

- A kínált programok leírását tartalmazza.
- Utalásokat ad pl. a műsorújsóról.

„Event Information Table (EIT)”

- Tv-műsorújságokhoz hasonló programtáblákat tartalmaz.
- Az éppen aktuális programfajlról tartalmaz ismereteket.
- A műsoroknak a nézői életkor szerinti osztályozását tartalmazza.

„Time and Date Table (TDT)”

- A pillanatnyi pontos időt és a dátumot tartalmazza.

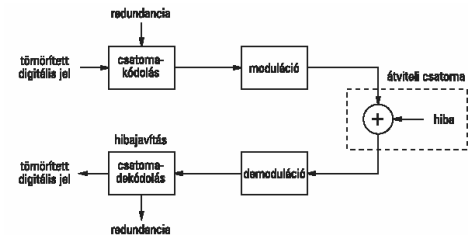
„Running Status Table (RSI)”

- Megadja, hogy bizonyos program éppen fut, vagy éppen nem fut, ill. hogy azonnal kezdődik, lehetővé téve ezáltal többek között a képrögzítők vezérlését.

# Hibajavítás

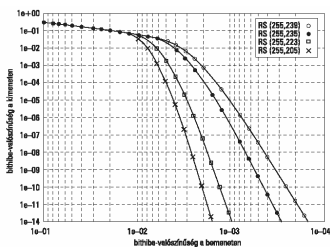
- A forráskódolt jel sokkal hibaérzékenyebb: a 216 Mbps-ban egy hiba egy pixel hibásít meg, az MPEG adatfolyamban egy egész makroblokkot
- Ezért kell csatornakódolás (ami a bitfolyamot a hordozóhoz/csatornához igazítja): Forward Error Correction (FEC) = olyan hibajavítás, ami javítja az átvitel során előforduló bithibák egy részét.
- Létezik Backward Error Correction is, ahol egy visszirányú csatornán a vevő az adót utasítja a hibás adat újraküldésére, de ez TV-nél nem lehet.

- Redundanciát adunk a jelhez, megnövekszik a bitsebesség és a sávzélességigény
- Hiba = 0 adáskor 1-et veszünk vagy fordítva
- Lehet egyszeri bithiba vagy burst-ös hiba



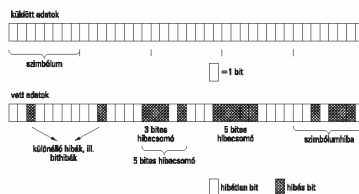
# Reed-Solomon kód

- A leggyakoribb hibajavítás: felismeri hogy n-hosszú blokk melyik szimbóluma hibás és ki is javítja azt. (8 bit = 1 szimbólum)
- DVB: blokkonként 8 szimbólumhiba javítható: 239-hez szimbólumhoz 16 redundanciaszimbólum adódik (255, 239)
- Mivel a TS 188 szimbólumból áll, egy rövidített RS(204,188) alkalmaznak
- DVB-C BER-je egy nagyságrenddel jobb: nem kell annyi hibajavítás



# Interleaving

- Átszövés burst-ös hiba ellen
- Pld. mátrixos adatoknál a beolvasás és a kiolvasás oszlopos, míg az átvitel sor alapú, így a hibák szétszóródnak
- Az interleaving nem hibajavítás, ezért a deinterleaving után jön az RS dekóder
- Bizonyos periodikus hibák ellen nem véd



## MPEG4

- MPEG 1 és 2 „keret alapú”, azaz egy kép pontossággal manipulálható, ami természetes kamera ill. mikrofon jelére megfelelő, de „szintetikus” (2D és 3D grafika) multimédiatartalomra nem optimális. Továbbá nem interaktív.
- Az internettel terjedtek a FLASH, HTML, VRML nyelvek és környezetek.
- Igény van nagy tömörítésű, extrém alacsony bitsebességű (elsősorban mobil) átvitelre is.

- MPEG 4 egy audiovizuális megjelenítési szabvány, alkalmazkodva az internet interaktivitás igényéhez és az ott látható audiovizuális tartalmakra.
- Az objektumok önmagukban leírhatók és manipulálhatók, nem pixel alapú! Jobban is tömöríthető így (pld. texturakódolás). A végeredmény egy „multimédiás jelenet”. Ezek hierarchikusan felépülő objektumprimitívekből állnak (pld. egy állókép, egy hangsáv, egy grafikus labda).
- Tartalom-alapú skálázhatóság! Pld. kisebb bitsebességnél nincs árnyékolás, nincs 3D grafika stb. Egy objektum több elementary stream-ből is állhat.
- Szerzői jogok, tartalomvédelem, tartalom-keresés (akár objektumszintig) hozzárendelhető.
- Interaktivitás: a szerző lehetővé teheti az objektumok manipulálását, ráklikkelhet, törölhet stb. Ez lehet visszirányú csatornán vagy helyben a dekóderben is kiszámításra kerülhet.

- Más multiplexálás: egy jelenetet kell összeállítani objektumokból, mely az objektumleíró információkon alapul. Nincs TS, mint MPEG2-ben.
- A vevőben demultiplexelés és dekomprimálás után a jelenetleírók összeállítják az objektumokból a jelenetet. Ebbe a felhasználó beavatkozhat.
- MPEG4 tartalmazza az MPEG2 megszokott tér és időbeli skálázását a „normál” képtartalom esetén.

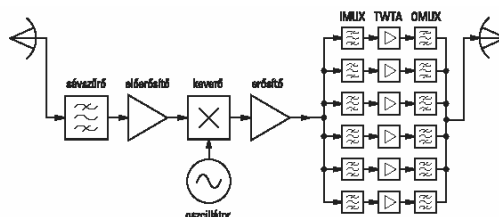
## MPEG képminőség vizsgálatok

- Szubjektív (0-100 pont)
  - Kettős ingeren alapuló folytonos skála (összehasonlítás egy referenciá videóval)
  - Egyszeres ingeren alapuló folytonos
- Objektív
  - Blokkon belüli és blokkon határán történő Y és Cb, Cr értékek változása, ugrása (?)
  - Térbeli és időbeli változékonysággal való súlyozás:
    - A szem néha nem érzékeli a blokkosodást, noha számítással igazolható. Ez függ a kép térbeli tartalmától és az időbeli változástól is. Részletgazdag képen látható, monokrómon nem. Lassan változó képnél sem olyan zavaró.
    - Max a térbeli v. ha pixelenkénti sakktablá van, 0 monokrómnál.
    - Max az időbeli v. ha egymás utáni képek épp ellenfázisú pixelenkénti sakktablák.
  - Rohde-Schwarz műszer, mely képes a kép lefagyását, eltűnését, hang kiesését is jelezni.

## DVB-S

- Geostacioner pályán, 36000 km magasan a műholdak állónak látszanak
- Élettartam a pályakorrigálásra szánt üzemanyag függvénye
- Napelem adja az energiát, ezért a downlink teljesítmény korlátos
- 10,7-12,75 GHz (nagy sávzélesség)
- Vevőantenna a földön erősen nyálábolt

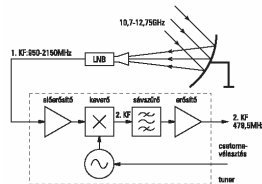
- A műhold transzponder = vevő és adóantennája közötti rész, ált. 26-36 MHz sávzélességűek.
- Az uplink jelből kiszűrjük az adott műholdnak szánt jelet.
- HO: a downlink frekvenciára keveri a jelet
- A sávszűrt jeleket haladóhullámú teljesítményerősítővel erősítjük



- Transponder = Transmitter and responder
- Aktív (saját energiaforrás) vagy passzív
- Veszi az uplink frekvenciás jelet (13-16 GHz), lekeveri a downlinkra (10,7-12,75 GHz) és erősíti
- Sávszélesség 26, 33 vagy ritkán 72 MHz
- Egy műhold 16-32 transzponder
- Egy frekvencián V és H polarizációval duplázzák az adatot
- Analógban egy transzponderen egy TV adás + néhány rádió; digitálisban egy transzponderen több adó is lehet.

- A cső nagyobb bemenő jel esetén nem lineáris, ezért olyan moduláció kell, ami erre érzéketlen (AM nem lehet)
- Megoldás: QPSK
- Minden modulált vivőhöz külön transzponder és erősítő, így nem lesznek IM termékek
- Az erősítők kimenetén kiszűrjük az esetleges felharmonikusokat (torzítás)
- Egy frekvencián két adó is üzemelhet, ha V és H polarizációt alkalmazunk

- Vétel: parabolatükör, kiszajú erősítő és KF keverő a fejben
- Koaxkábel vezet a KF jelet a tunerba
- A beltéri egységben egy 2.KF-re keverés után van adószétválasztás



## ■ Követelmények

A követelmények egy része a műholdas csatorna sajátosságaiból adódik. Ezek a következők:

- A műholdas csatorna kis teljesítményei miatt a haladóhullámú esőveket teljesen ki kell vezérelni. Ezért olyan modulációs módok, amelyeknél a vivő amplitúdója is változik, pl. QAM, nem jöhetnek számításba.
- Az egyenletes teljesítménysűrűségű csatorna biztosítása végett bitkeverés alkalmazása szükséges.
- A kis vételi teljesítmény miatt kicsi a vételi jel-zaj viszony, ami szükségessé teszi nagy hatékonyságú hibavédelem alkalmazását. Törekedni kell az ún. majdnem hiba nélküli (Quasi Error Free, QEF) átvitelre, ami alatt  $10^{-11}$  bithibavalószínűséget értünk. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a hibajavítás után óránként egyetlen hamis bit lehet csupán az adatfolyamban.

A felhasználói igényekből származó követelmények a következők:

- A tv-átvitel és a további digitális szolgáltatások nagy átviteli sebességet kívánnak.
- A rendelkezésre álló átviteli kapacitást rugalmasan lehessen igénybe venni, azaz a különféle szolgáltatások különböző adatsebességű átvitele legyen megvalósítható.
- A hibavédelem rugalmasan alkalmazkodjon a mindenkori követelményekhez. Így pl. egy nagyobb teljesítményű műholdnál a hibavédelem egyszerűbb lehessen, mint egy kisebb teljesítményűnél, hogy redundanciabitek helyett is információt továbbíthassunk.
- A vevőantenna parabolatükre lehetőleg kis átmérőjű, az antenna és maga a vevő is olcsó legyen.

## ■ A szabvány:

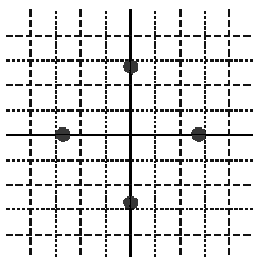
- A forráskódolás az MPEG-2 szabvány szerinti. Jellemzője a hatékony adattömörítés és a rugalmas rendszerkoncepció.
- Az energiaszétterítés a kódéroldali scrambling révén valósul meg.
- Összetett hibavédelem, amely megengedi a különböző kódarányok alkalmazását.
- QPSK-moduláció választása, amelynél a vivő amplitúdója konstans.
- Az intermoduláció elkerülése végett transzponderenként egy vivő alkalmazása.
- A különféle szolgáltatások szimultán átvitele a transzponderen időmultiplex-rendszerben az MPEG-2 szabvány szerint.

## PSK

- PSK: fáziskapcsolgatás, a 0 és 1 biteket ugyanaz a frekvenciájú és amplitúdójú szinuszhullám jelképezi, de egyiknél a bitidő elején „feléle” indul, a másiknál „lefelé”.
- Ettől még ugyanannyi teljes periódus (pld.2) fér bele. Ha ez kétállapotú (bináris), akkor a fázis 0 vagy 180 fok.
- Más szóval: akkor a legkisebb a bithibaarány, ha a lehető legnagyobb a különbség a két jel között, azaz a  $\Delta\Phi$  fázislököt éppen 180 fok.
- Demoduláláskor csak akkor különböztethető meg a két jel (1 és 0), ha a kezdőfázist ismerjük és átvisszük (koherens rendszer).

- Ha n-bit alkot egy szimbólumot, az állapotok száma megnő ( $2^n$ )
- QPSK: nem két, hanem négy állapot van (00, 01, 10, 11), kétbites szimbólumokat vihetünk át.
- (QPSK=4QAM)
- QPSK-val azonos jeladó teljesítmény esetén feleződik az elfoglalt sáv (optimális PSK átvitel)
- Egyébként: minél több állapot, annál kisebb elfoglalt frekvenciatartomány (lineáris csökkenés), hozzá exp. adóteljesítmény növekedés tartozik.
- Az átvihető adat mennyisége megduplázódik, ahhoz képest, mintha az amplitúdót (AM) vagy a frekvenciát (FM) modulálnák. Az eljárás során bitpárokat képeznek, s az így előálló négy esetnek megfelelően a vivo fázisát négy különböző állapotba kényszerítik.
- A QPSK moduláció miatt az adatok sebességének mérésére nem a bitsebességet használják, hanem az ún. szimbólum sebességet (**Symbol Rate** vagy röviden **SR**). Egy szimbólumnak egy bitpár felel meg. Ebből következik, hogy a bitsebesség kétszerese a szimbólum sebességnek.

- A jel két egymásra merőleges, ezáltal egymástól független szinuszos és koszinuszos összetevőre bontható
- Két független BPSK jel átvitele is megoldható. Ezáltal kétszer annyi bit préselhető bele ugyanabba a sávzélességbe
- QPSK jelet hagyományos IQ modulátorral előállíthatunk, ha I ill. Q  $\pm 1$  értéket vesz fel.



## DVB-S2

- HDTV vétel csak ezen, új set-top-box kell hozzá (drága)
- 8PSK (de 16 és 32PSK is lehetne)
- MPEG4
- Egy műhold transzponder képes simulcastban MPEG SDTV és MPEG4 HDTV-t is adni
- Jelenleg csak a Pro7 és néhány másik demo csatorna szabadon fogható HDTV-ben, a többi fizetős és marad is (kártyás).

## Analóg kábeltévé

- Koax kábel elviszi 50 MHz-860 MHz-n a jelet. Manapság digitálisban optikai kábel a nagy sávzélességű átvitelhez.
- Analóg és digitális is
- Korábban fa-struktúra, most már csillag topológia
- Digitálisban adat, internet is (kétirányú), és kell hozzá modem ill. set-top-box

## DVB-C

- A kábelen FDM elven vannak az adók nyalábolva
- Van rádió, tv, esetleg internet is
- Főállomás osztja szét csillag vagy faág topológiájú alhálózatra
- Legnagyobb baj: **IM** termékek lehetnek a vevőben a rossz erősítők miatt (60 dB van előírva a vevőnél ezekre)
- Digitális jel esetén a 64 ill 256 QAM a legjobb moduláció, mert a harmonikus zavarjelnél 20 dB-vel nagyobb QAM jel már nem okoz hibás döntést, azaz: Elvileg -40 dB-el kisebb szintű digitális adás is jó az analóghoz képest, a valóságban 10-13 dB-vel kisebb csak azoknál, nem zavarják egymást.
- DVB-S-hez képest sokkal jobb a jel/zaj (10 dB helyett 30 dB), nem kell konvenciókódoló, egy 8 MHz-es csatornában 38-41 Mbps érhető el.
- A QAM modulációt IQ modulátorral oldják meg.

- Az előfizetőnél analóg csatornára 46 dB SNR van előírva
- Digitális jel 13 dB-vel kisebb, tehát ott ez 33 dB lesz. Elég ez a QEF vételhez ( $2 \cdot 10^{-4}$  BER)?
- A számítások alapján (ld. jegyzet) 23 dB-re van szükség, tehát a szabvány 10 dB-vel jobb a szükségesnél.
- Baj akkor lehet, ha az összes jelrontó hatás egyszerre hat. A modulációs hibarányának 32 dB-nél nagyobbak kell lennie 64QAM esetén a házak elosztási pontján:

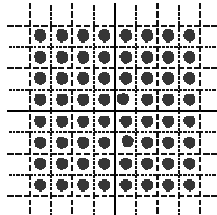
$$MER_{db} = 20 \lg \frac{\sqrt{a} \text{ jel négyzetes középértéke}}{\sqrt{a} \text{ hibajel négyzetes középértéke}}$$

- A műholdhoz képest a kábel SNR-je sokkal jobb, lehet több állapotú a moduláció, hibavédelem egyszerűbb.

- A kábeltelevíziós műsorosztó hálózatok a jelenlegi felépítésükben továbbra is üzemeelni fognak.
- A digitális tv-jeleknek a hálózatba történő betáplálása a jelenlegi szolgáltatások minőségi jellemzőit észrevehetően nem ronthatja.
- Annak érdekében, hogy az átvitel a műholdas csatormával egyenértékű legyen, a lehető legnagyobb adatsebességű megvalósításra kell törekedni.
- A költségeket alacsony szinten kell tartani, különösen a dekóderegységet (Integrated Receiver Decoder, IRD) illetően. Ezért a kábeles IRD-nek (ugyanúgy, mint a földfelszíni sugárzás vételére szolgáló IRD-nek) a lehető legnagyobb hasonlóságot kell mutatnia a műholdas IRD-vel.
- A kábeles IRD-nek a műholdas IRD-vel egy időben kell a piacon megjelenniük.

## 64QAM

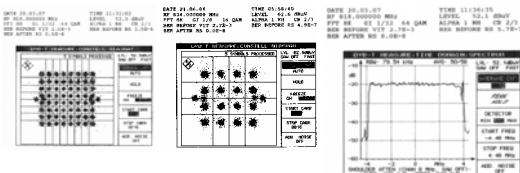
- 64QAM: közép- és rövidhullámon ez a moduláció erős hibajavítással még alkalmazható nagy távolságban, de nem olyan robusztus, mint a BPSK ill. QPSK átvitel.
- Szimbólumonként 6 bit átvitelére alkalmas. A hibavalószínűség nő az állapotok számának növelésével.
- QAM-nél az erősítők torzítása kicsi kell legyen
- A kvadratúra amplitúdómodulációs rendszerekben a vívőfrekvenciát több, fázisban elforgatott jellel modulálják. A különböző amplitúdójú és fázisú jelek egy-egy bináris sorozatot jelentenek.



- Egy 8 MHz-es csatornában 64QAM modulációt használva akár 38,5 Mbit/s-os nettó (41 Mbps bruttó) sebességgel is továbbíthatók a digitális információk.
- A kábeles terjesztésnél 64 különböző állapot létezik. Így egy standard 6 MHz-es kábelcsatornán annyi adat vihető át, mint egy 30 MHz-es transzponderen.
- A különböző moduláció következtében a műholdas MPEG 2 vevők nem tudják venni a kábeles MPEG 2 jeleket.
- HDTV jel: 18 Mbps MPEG2 vagy 9 Mbps MPEG4, utóbbinál egy kábelcsatornába 3-4 HDTV adás rakható be, statisztikus multiplexálással öt.
- A szolgáltatók nem tervezik a HDTV bevezetését kábelben, mert drágák a műsorok, set-top-boxok ára ötszörös (DVB-C2), nincs fizetőképes kereslet.

## Mérések

- Konstellációs diagram, spektrum



DVB-C átvitel adatsebességei és sávszélesség-kihasználása (B = 8 MHz)

Moduláció	Szimbólumonkénti bitszám (m)	Teljes (bruttó) adatsebesség (v <sub>c</sub> ·m) [Mbit/s]	Hasznos (nettó) adatsebesség (v <sub>a</sub> ) [Mbit/s]	Sávszélesség kihasználás (v <sub>a</sub> ·B) [(bit/s)/Hz]
256-QAM	8	55,65	51,28	6,4
64-QAM	6	41,73	38,45	4,8
32-QAM	5	34,78	32,05	4
16-QAM	4	27,82	25,63	3,2

## DVB-C2

- 2008 vége, 2009 eleje?
- 50%-os kapacitásnövekedés a meglévő hálózaton és 8MHz-es sávszélességben (?)

	DVB-C2	DVB-C
One transmission channel (8 MHz)	8 HDTV channels 16 Standard TV channels	5 HD channels 10 Standard TV channels
Full cable network (860 MHz)	760 HDTV channels 1420 Standard TV channels	475 HDTV channels 950 Standard TV channels
DOCSIS 3.0 (using 4x8 MHz)	300 Mbps (downstream) 180 Mbps (upstream)	200 Mbps (downstream) 120 Mbps (upstream)

## DVB-T

- Többutas terjedés: a közvetlen jelhez hozzáadódnak a „visszhangok”.
- A többutas terjedés = szelektív fading, hely- és frekvenciafüggő elhalkulási jelenségek.
- Bizonyos szint és késleltetés után analóg képnél szellemképet kapunk (megfelelő irányítottságú tetőantenna kell ellene).
- Digitális esetben 1  $\mu$ s körüli szimbólumidő és 100-200  $\mu$ s körüli késleltetés ISI-t okoz (nő a BER). Védekezés: hosszabb szimbólumidő és védőintervallumok közöttük. Ez azonban a fading ellen nem véd. Ha több vivő van ua. sávszélességben (hibajavítással), akkor a fading nem mindig fogja elrontani. A teljes információra alkalmazott hibavédelem a vevőben ezeket a sérülteket kijavítja.
- Sok vivőnél az egy vivőre eső adatsebesség csökken, azaz a szimbólumidő nő (akár 1ms-ig is).
- Ezenkívül: Doppler-hatás, jelentős Gauss-fehérszaj, elektromos zavarok (autó gyújtása stb.)

### előnyök

kiváló képminőség, (VHS - DVD)  
tömrített átvitel, 3-8-szor annyi műsor,  
kisebb adóteljesítmény (10 dB)  
többutas vételi lehetőség  
(nem zavar, hanem előny)  
hatékony frekvencia-kihasználás, SFN  
digitális felvételi lehetőség,  
mobil vétel



### hátrányok

jelentős költségvonzata van  
mind az adás, mind a vétel oldalon,  
set top box, antennák  
UHF tartományban jelentős árnyékolás  
eső, páras levegő csillapítása nagy,  
korlátos műsorválaszték (induláskor),  
„látványos”, zavaró képhibák,  
kockásodás

- Átállás ott fontos, ahol a műholdas és kábeltvé nem terjedt el: Anglia, Olasz, Spanyol, Francia. Itt kevés a nézhető műsor.
- Magyarország átlagos: 25-40% a csak földi vételű készülék, a többi sok csatornát néz, általában kábelen.
- Simulcast időszak legyen rövid

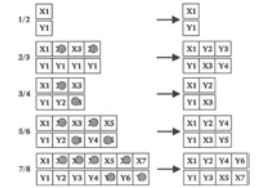
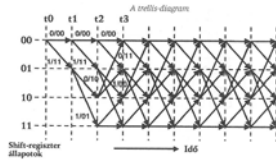
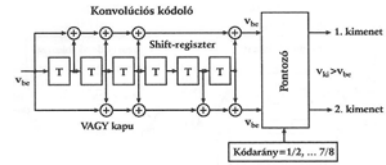
### ■ Követelmények (S és C előbb volt!)

1. A földfelszíni sugárzás rendszere a lehető legjobban hasonlítson a műholdas és a kábeles átvitelre.
2. DVB-T esetében is nagy csatornkapacitásra kell törekedni akár 7, akár 8 MHz-es csatornában történjen a sugárzás.
3. A rendszer tetőantennával a lehető legnagyobb lefedettséget érje el. Kívánatos a szobaantennás vételi lehetőség biztosítása, ellenben a mobil vétel nem célkitűzés.
4. Legyenek megvalósíthatók egyfrekvenciás hálózatok („Single Frequency Network”, SFN). Ez alatt olyan hálózatokat értünk, amelyek azonos vivőfrekvenciájú adói azonos adatfolyamot sugároznak ki. Így a szomszédos adók támogatni tudják egymást a mindkét adó által besugárzott terület ellátásában. Az adótávolságoknak olyanoknak kell lenni, hogy nemzeti egyfrekvenciás hálózatok megvalósíthatók legyenek.
5. A vevőkészülékek legyenek olcsók.
6. A hierarchikus modulációt a rendszer opcionálisan tartalmazza.

- UHF/VHF sávban bele kell férni a 8 MHz-es csatornába
- SFN hálózatok (single frequency network): az egész országban lévő adók egyszerre ugyanazon a frekvencián ugyanazt sugározzák. (Analogban nem lehet, ott minden reflexiók zavar és rontja a vételt.)
- FEC: forward error correction hibavédelem, amely QEF (quasi errorfree) vételt tesz lehetővé, kb.  $10^{-11}$  BER mellett:
  - RS 188-ból 16 byte hibajavítás van csak
  - Konvolúciós bájttárszövés (interleaving) csoporthibák ellen
  - Pontozott konvolúciós kód: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8 aránynál. Átviteli út hibái ellen véd robusztusan: azonos adóteljesítmény mellett a vételkörzet növelhető a redundancia növelésével (adatsebesség csökken).
  - Védelmi idő: Nagyobb intervallum: kevesebb, távolabbi adók, olcsóbb de csökken az adatsebesség. Minél nagyobb a védelmi idő annál nagyobb reflexiók kezelhetők.
  - OFDM

# Pontozott konvolúciós kód

- Második hibavédelem az RS után
- Többfokozatú shiftregiszter ún. megcsapolási pontokkal
- A belépő bit több másik bittel (6 bit) kerül kapcsolatba XOR-n keresztül. Ez a beágyazódás hasonló a konvolúció digitális műveletéhez.
- Bizonyos állapotból bizonyos másikba csak megfelelő „façon” lehet eljutni. Ha hiba van, ezen visszafejtve esély van a javításra. Ez a **Viterbi**-dekódoló (ami a konv. kódolás inverze).
- A kimenet a bemeneti folyam kétszerese (1/2 kódarány).
- Bizonyos biteket elhagyva („pontozás”) ez az arány csökkenthető (de a hibajavító képesség rovására).

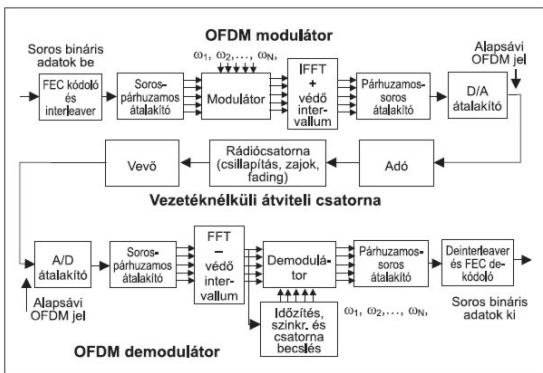


# OFDM

- Az OFDM a csatornát nagyszámú, egyenlő osztású al-frekvenciasávokra osztja. Minden egyes sávban egy alvivőfrekvencia továbbítja a teljes felhasználói információk meghatározott részét. Az alvivők egymással kölcsönösen ortogonálisak, nem zavarják egymást.
- Ennek feltétele, hogy  $\Delta f = 1/\Delta t$  teljesüljön, ahol  $\Delta f$  a vivők közötti távolság és  $\Delta t$  a szimbólumidő.
- Az alvivők száma több ezer lehet, melyek egyesével moduláltak (pld. QAM), és a modulációt megelőzően is van hibavédelem (COFDM).
- A teljes információmennyiség frekvenciák szerint (az alvivőkre) van elosztva és nyalábolva (soros-ph elven).



- Párhuzamos átvitel: egy nagysebességű helyett sok kisebb sebességű egyszerre (több ezer néhány kHz-es). Az átvitel után az összetevők adatfolyamát egyesítik és visszaalakítják az eredeti nagy adatátviteli adatfolyamot.
- A szélessávú jel további feldolgozása és felhasználása a vétel helyén ezt követően történik.
- Lehetőség van hierarchikus modulációra is, ahol a BER függvényében különböző minőségű jelfolyam dekódolható.
- E tulajdonságánál fogva a OFDM átvitel megfelelően működhet egy egyfrekvenciás (SFN Single Frequency Network) hálózatban is.
- Ez azt jelenti, hogy a cellák adói ugyanazon a frekvencián működhetnek.

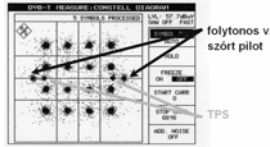


# Paraméterek, adásmódok

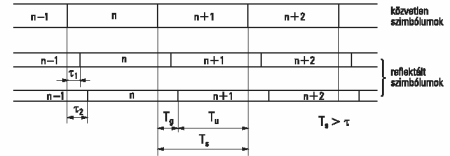
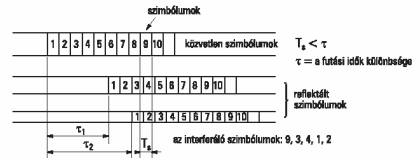
- 2k és 8k
  - 2k csak kis távolságú SFN-ben, 8k nagyban is lehet
  - 2k: 1705 vivő, 8k: 6817 vivő
  - 8k-ban négyszer annyi vivő van, negyed olyan távolságra, a szimbólum idő négyszeres
  - 2k robusztusabb, négyszer akkora mozgási sebesség mellett is jó
- Védelmi intervallum arány: 1/4, 1/8, 1/16, 1/32
- Az alvivők QPSK, 16 vagy 64QAM
- Konvolúciós kódarány 1/2-től 7/8-ig
- Az eredő adatsebesség ezektől függ. A nettó adatsebesség nő a kódarány növelésével, rövidebb védőintervallummal és az alvivők állapotának számával (min 5, max 31 Mbps). A robusztusság fordítottan arányos.

- Vivő lehet: adatvivő, nem használt vivő, folytonos pilot, szórt pilot, különleges adatvivő.
- Nem használt: a spektrum szélein vannak, csökkentik a szomszédos csatornák áthallását. (A szűrők merevedsége lapos is lehet, ami ezt biztosítja)
- Folytonos pilotok: a vevő AFC fokozatának kell. Általában cos hullámok, a valós tengely állandó pontján vannak.
- Szórt (változó helyű) pilotok: a demodulátor számára mérőjel. Olyan, mintha állandóan mérnék a csatorna átviteli függvényét és ebből korrigál a demodulátor.
- Különleges vivő: TPS: Transmission Parameter Signalling, pld. a moduláció megváltozásáról, adásmód, védelmi idő hossza, kódarány stb. tájékoztat.

## Járulékos jelek



## ISI és a fading



- Megoldás ISI ellen:
  - Minél hosszabb ideig tartson egy szimbólum
  - Legyen védőintervallum előtte és utána
  - Mindez együttesen haladja meg a legnagyobb késleltetési időket is, a védelmi időben csengenek le a visszaverődések
  - DE: csökken az átviteli sebesség ekkor
  - A védelmi időrésben van kisugárzott jel (általában a következő szimbólum vége), így szkópon nem látható „időbeni lyuk”. Ennek oka a vevő szinkronizációja, amit egy lyuk esetén a zavarok miatt elveszíthet. Így azonban képes a szimbólumidőn belül megtalálni az ISI-mentes szakasz elejét és végét (bonyolult autokorrelációs számításokkal).

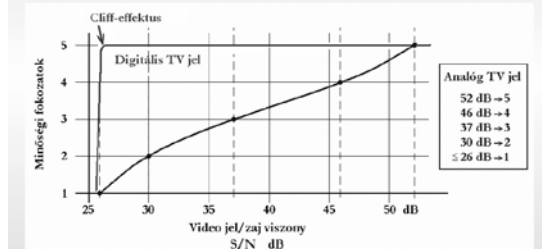
## SFN

- Az adók jele a vevőantennán összeadódnak, de nincs interferencia ha pontos az időszinkron az adók között.
- Spektrum megtakarítást lehet elérni és egyenletesebb tererősség elosztást.
- A vevőben a természetes reflexiók alacsonyabbak és kisebb késleltetésűek (2-30 μs), mint a másik adó jele (30-300 μs az adótávolságok függvényében).
- A távoli adó jele nem érkezik később, mint a védőintervallum vége, mert akkor ISI lesz. Vagy az időt kell növelni, vagy az adótávolságot csökkenteni ilyenkor.
- Hátrány: regionális adóknak nem jó. Továbbá a szinkronizáció nehéz (GPS-jelekkel)! Működhet együtt MFN adókkal is.

- Egyfrekvenciás hálózatban, ha az adók 60 km-re vannak, a védőintervallum =  $60\text{km}/300000\text{ km/s} = 200\text{ mikrosec}$ .
- Rádiófrekvenciás SNR: legalább 20 dB tetőantennával és min.28 botantennával, de más modulációhoz ennél kisebb is elég.

## Mérés

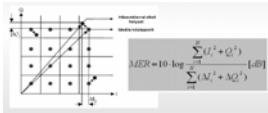
Minőséget meghatározó paraméterek:  
analog TV technikában elsősorban a S/N viszony





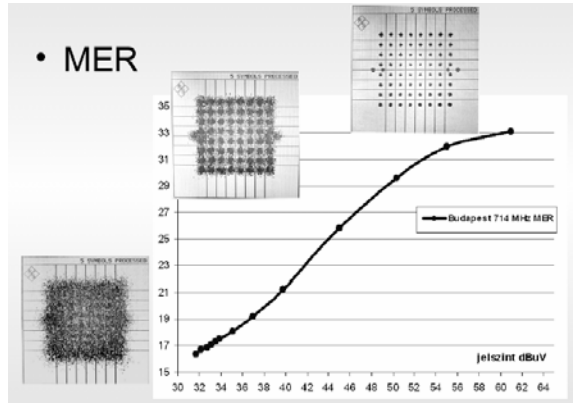
# MER, BER

BER: Viterbi dekódoló előtt, RS dekódoló előtt, RS dekódoló után



DVB-T FEJLÉSKÉP	
SET RF (FREQ)	CHANNEL ATTEN - 0 dB
714.00 MHz	64 32.5 dBuV
FREQUENCY/BER/BER	CONSTELL DIAGRAM
FREQUENCY OFFSET -0.094 kHz	FREQUENCY DOMAIN...
RES (ERR)	32.8 dB
BER BEFORE RS 2.3E-3 (10/100)	SPECTRUM/TIME DOMAIN
BER AFTER RS 2.3E-7 (10/100)	OFDM PARAMETERS
BER AFTER RS 0.0E-7 (75/100)	RESET BER
OFFSCODE: 000000	TS BIT RATE 24 12034 Mb/s
FFT MODE 8K (TFS: 8K)	EVT OPTIM: FAST SW-OFF
GUARD INTERVAL 1/32 (TFS: 1/32)	MOD. NOISE OFF
ORDER OF DWR 64 (TFS: 64)	
ALPHA 1.8K (TFS: 1.8K)	
CODE RATE 2/3 (TFS: 2/3)	
CELL ID 0000 (LI: 17 INT-NET)	
TFS RES (F1-F4) 00,00,00,00	

# • MER



# MER mérés

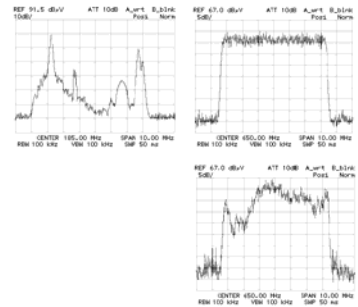
• MER = modulációs hibaarány

DVB-T FEJLÉSKÉP	
SET RF (FREQ)	CHANNEL ATTEN - 0 dB
714.00 MHz	51 70.2 dBuV
FREQUENCY/BER/BER	CONSTELL DIAGRAM
FREQUENCY OFFSET -0.078 kHz	FREQUENCY DOMAIN...
RES (ERR)	32.8 dB
BER BEFORE RS 0.0E-50 (1041/100)	SPECTRUM/TIME DOMAIN
BER AFTER RS 0.0E-9 (1567/100)	OFDM PARAMETERS
OFFSCODE: 000000	RESET BER
FFT MODE 8K (TFS: 8K)	TS BIT RATE 24 12034 Mb/s
GUARD INTERVAL 1/32 (TFS: 1/32)	EVT OPTIM: FAST SW-OFF
ORDER OF DWR 64 (TFS: 64)	
ALPHA 1.8K (TFS: 1.8K)	
CODE RATE 2/3 (TFS: 2/3)	
CELL ID 0000 (LI: 17 INT-NET)	
TFS RES (F1-F4) 00,00,00,00	

Valamennyi vívfrekvenciára átlagolt érték!!!

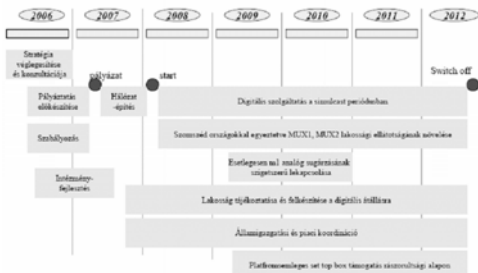
# Spektrumok

■ Analóg TV, DVB-T és annak többszörös terjedéssel mért spektruma



# Magyarország

A főfeszítési digitális átállás lehetséges menetrendje



# Kísérleti adások

A kab-hegyi sugárzás technikai paraméterei:

Frekvencia: UHF 64-es csatorna  
 Külső teljesítmény (ERP): 2,5 kW  
 Polarizáció: vízszintes  
 Üzem mód: 8K  
 Modulációs mód: 64QAM  
 Hővezető ködölési arány: 2/3  
 Videó sávintervallum: 152



A budapesti sugárzás technikai paraméterei:

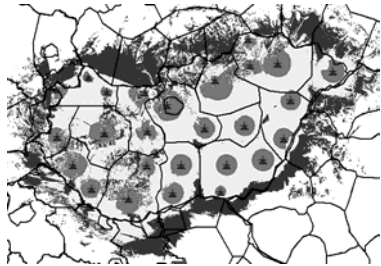
Frekvencia: UHF 43-as és 51-es csatorna  
 Külső teljesítmény (ERP): 1 k  
 Polarizáció: vízszintes  
 Videó sávintervallum: 152  
 Üzem mód: 8K  
 Modulációs mód: 64QAM  
 Hővezető ködölési arány: 2/3

Digitális 64QAM-nál működő frekvenciaátvitel

Frekvencia: 174.230 MHz (III. sáv) - 8 TV csatorna  
 478.862 MHz (IV-V. sáv) - 49 TV csatorna

## 2015 DVB-T adók

- Piros: fix, sárga: fix és hordozható, kék: fix, hordozható kültéri és beltéri vétel



## DVB-T2

- 2008 tavaszán jelenik meg (?)
- Jobb minőség, elsősorban HDTV esetén
- Elsősorban álló vételre, noha a mobil is megy majd.
- Robosztusság és felhasználóbarátság növelése
- Feltehetőleg lesz 16k és 32k COFDM adásmód is, valamint 256QAM az egyes vívókra
- Felülről kompatibilis lesz, de a DVB-T vevők nem fogják tudni venni
- MPEG4-AVC/H.264-ben lesz (MPEG2/H.262-vel szemben), és a későbbi tesztelő, „lemeradó” országok hajlanak felé, ami vezethet egy kelet-nyugati elválasztáshoz (set-top-boxok miatt).

(H.264 az ITU neve, az MPEG4-AVC pedig az ISO/IEC megnevezés, de ugyanaz a kettő. Az MPEG2 is elveben tudja a HDTV-t csak túl nagy bitsebességgel, ezért HDTV-hez MPEG4 lesz.)

## DVB-H

- DVB-Handheld (mobilvétel)
- Multimédiás tartalom mobil vétele IP felett
- A DVB-T továbbfejlesztése akár 140 km/h sebességű mozgó vétel esetére is.
- Pilotprojektek 2004 novembere óta a világban
- Adók száma: 1-80 darab, 5-8 MHz sávzélesség, QPSK vagy 16QAM, kép WMV9 vagy H.264 (MPEG4) 250-450 kbps-el, AAC hang
- Magyarországon az Antenna Hungária

## IPTV

- Kábeltvé hálózaton elsősorban, ahol internet és telefon szolgáltatás is van.
- MPEG2 TS IP csomagban
- Szolgáltatások:
  - Javított minőségű Tv és rádió
  - EPG
  - Near-video-on-demand (VOD): drága!?
  - Time shift, digitális felvétel
  - TV pincér

DVB IPTV

## Cable World – T-Kábel, T-Home TV



## NVoD, SNVoD

- Egy programnak több másolatát párhuzamosan, több csatornán, de időeltolással (rendszerint 15 -30 perces eltéréssel) sugározzák ki, ilyen módon a nézők – minimális várakozási idővel ugyan, de bármikor – megnézhetnek egy (fizetős) műsort, anélkül, hogy előre időpontot kellene egyeztetniük a szolgáltatóval.
- Az **SNVoD** ( Subscription Near Video on Demand ) pedig ennek egy prepaid konstrukciója, ahol az előfizetés után hozzáférhető a szolgáltatás és az arra jogosult néző az ott elérhető tartalmakat egy adott időintervallumon belül szabadon megtekintheti.