

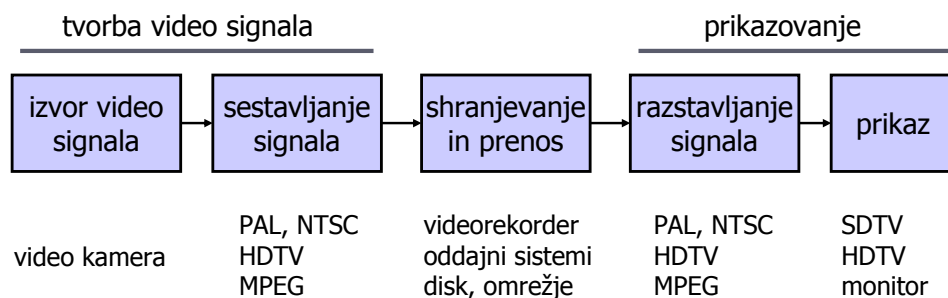
Video tehnologija

1. Uvod

Video tehnologija

- ▶ elektronski zajem, shranjevanje, prenos in reprodukcija slik in gibljivih slik
 - TV in prikazovalniki z osebnimi računalniki
- ▶ fizikalne osnove
 - svetloba, barve, fotometrija, merila kakovosti
- ▶ analogni in digitalni video sistemi
- ▶ digitalna obdelava slik

Gradniki video sistemov



- ▶ Analogni: TV standardne ločljivosti (SDTV)
- ▶ Digitalni: TV visoke ločljivosti (HDTV), računalnik
 - digitalni prenos signala (DVB)

Seminarske naloge

- ▶ Termini:
 - po I. sklopu (analogni sistemi) – 12.3.2009
 - po II. sklopu (digitalni sistemi) – 26.3.2009
 - na koncu – 2.4.2009
- ▶ Primeri seminarskih tem:
 - osvetlitev, spektrometer, CCD elementi, video nadzor, kamere za nočno opazovanje
 - DVB-T, DVB-S, kabelski prenos
 - digitalna fotografija, obdelava slik

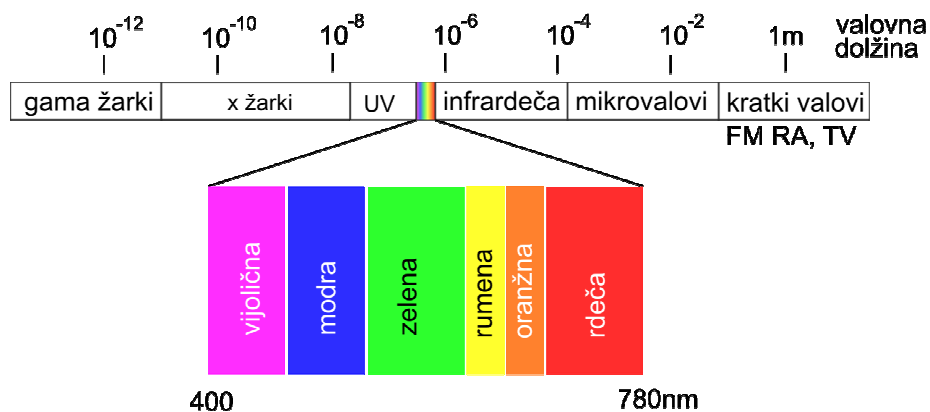
Video tehnologija

2. Svetloba in barve

Svetloba

- ▶ Svetloba je elektromagnetno valovanje
- ▶ Pri prehodu bele svetlobe skozi prizmo dobimo svetlobni spekter
 - različne spektralne komponente se na meji med zrakom in steklom uklonijo za različen kot

Spekter vidne svetlobe



- ▶ Vidna svetloba: 400 - 780 nm
- ▶ UV svetloba: 100 - 400 nm
- ▶ Bližnja IR: 780 - 25.000 nm

Človeško oko

- ▶ V idealnih pogojih zazna:
 - spremembe valovne dolžine 1 nm
 - spremembo svetlosti 1%
- ▶ Vidna svetloba je v relativno majhnem območju celotnega spektra
 - človeško oko ima v tem območju odlično sposobnost razločevanja sprememb

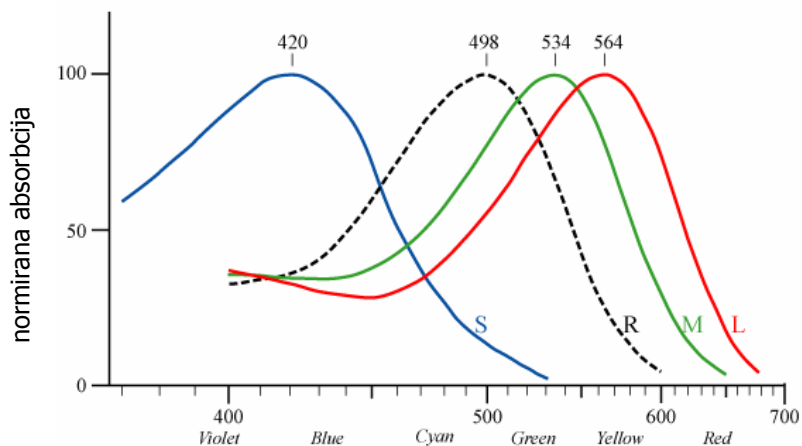
Barve

- ▶ Fizikalno: spektralna porazdelitev
 - svetlobno valovanje je natančno določeno z grafom energije v odvisnosti od valovne dolžine
- ▶ Fiziološko: učinek na človeško oko
 - Svetloba enake barve ima lahko različno spektralno porazdelitev !

Zgradba očesa

- ▶ Na očesni mrežnici so receptorji za svetlobo
 - **paličice** ($\varnothing=0,8 \mu\text{m}$) zaznavajo svetlobo
 - **čepki** ($\varnothing=1,6 \mu\text{m}$) so treh vrst in so občutljivi na različne barvne komponente
- ▶ Pri šibki svetlobi zaznavamo predvsem s paličicami (vidimo črno-belo, skotopično)
- ▶ Pri močni svetlobi je zenica priprta in gledamo s čepki na rumeni pegi (fotopično)

Spektralna občutljivost očesa



- Paličice (R) so občutljive na svetlobo v sredini spektra
- Čepki so receptorji za kratke(S), srednje(M) in dolge(L) valovne dolžine

Občutek za barvo

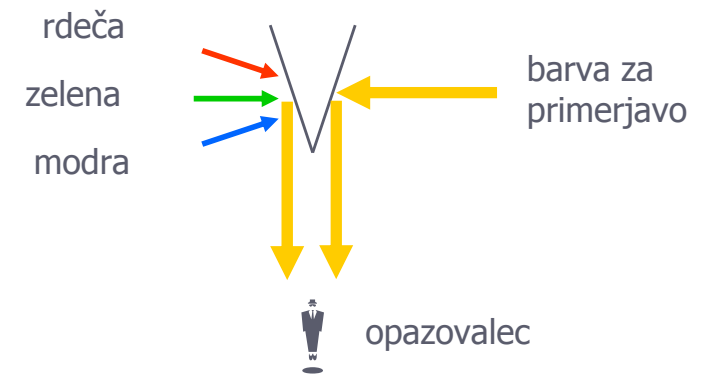
- ▶ Barva, ki jo zazna človeško oko je odvisna v prvi vrsti od stimulacije treh vrst čepkov
- ▶ Zaznava barve je odvisna tudi od:
 - velikosti barvnega stimulatorja
 - ostalih stimulatorjev v okolici
 - stimulatorjev, ki smo jih gledali predhodno

Kolorimetrija

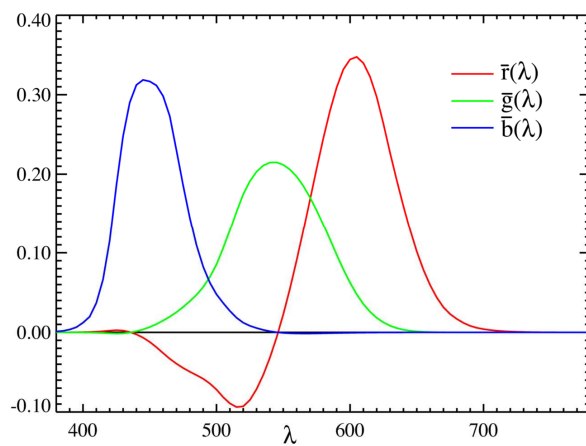
- ▶ Trikromatska teorija
 - z mešanjem treh primarnih barvnih komponent lahko ustvarimo občutek katerekoli barve
 - oko zazna enako barvo, čeprav je energijski spekter popolnoma drugačen
- ▶ Primarne barve so katerekoli 3 barve, pri katerih z mešanjem dveh ne dobimo tretje
 - katerokoli barvo dobimo z vsoto ali razliko primarnih barv

Kolorimeter

- ▶ Kolorimeter je naprava za merjenje barv



Funkcije ujemanja barv



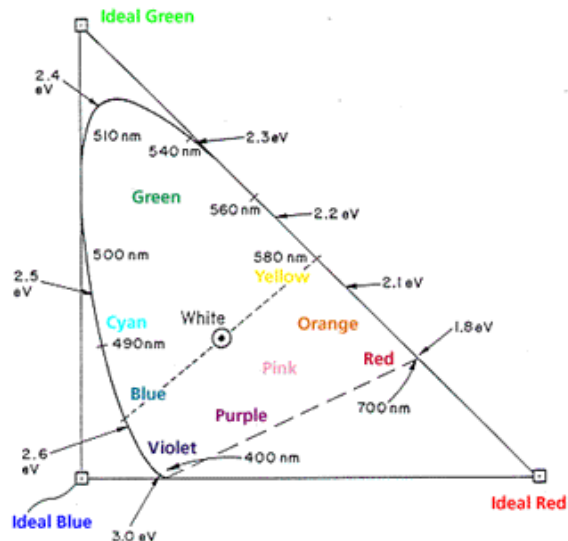
- ▶ r, g, b komponente za ujemanje opazovane barve
 - včasih je potrebno rdečo dodati k opazovani barvi

CIE diagram

- ▶ S tremi primarnimi komponentami lahko predstavimo **večino** barv
- ▶ **Vse barve** lahko predstavimo z uporabo treh imaginarnih primarnih komponent
- ▶ CIE (Commision Internationale de l'Eclairage) je l. 1931 definirala 3 idealne primarne barve

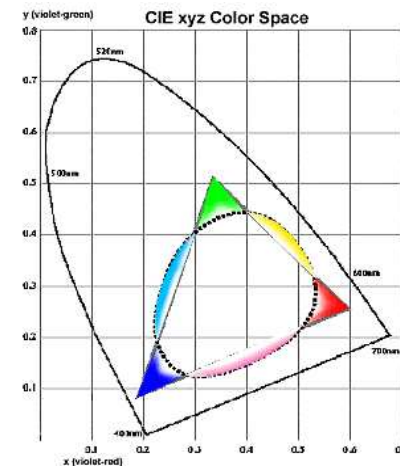
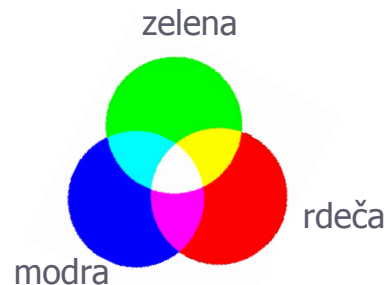
CIE barvni diagram (1931)

- ▶ Spektralne barve so na krivulji znotraj trikotnika idealnih barv



Aditivne primarne barve (RGB)

- ▶ mešanje rdeče, zelene in modre svetlobe
 - barve znotraj trikotnika



Subtraktivne barve (CYMK)

Angl.: Cyan, Yellow, Magenta in Black

- ▶ Barvo dobimo z odbojem in absorpcijo bele svetlobe (fotografija, tisk...)

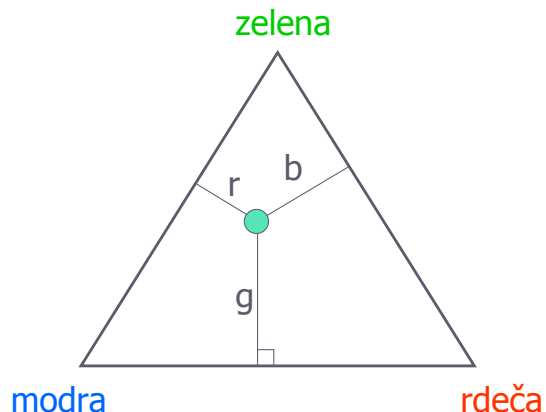


Določanje barve

- ▶ Za določanje barv v video sistemih uporabljamo:
 - mešanico treh primarnih barv
 - odtenek, zasičenost in svetlost
 - svetlost in barvne difference
 - koordinate v CIE diagramu
- ▶ Barva je v vseh primerih določena s tremi spremenljivkami

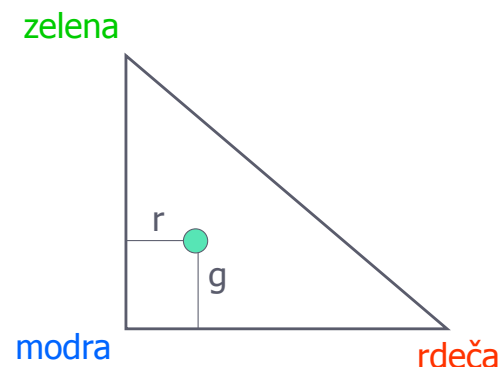
Maxwellov trikotnik

- ▶ Za predstavitev barve uporabimo relativne vrednosti treh primarnih komponent




Barvni diagram

- ▶ Bolj priročen je pravokotni trikotnik
 - za določitev barve potrebujemo le dve komponenti r in g ($b = 1 - r - g$)



Odtenek, zasičenost, svetlost (HSB)

Angl.: Hue, Saturation, Brightness

- ▶ Odtenek 
 - dominantna valovna dolžina spektralne komp. ali mešanice dveh (rdeča in modra) komponent
- ▶ Zasičenost
 - razmerje med energijo spektralne komp. in celotno energijo
 - žive barve: visoka, pastelne: nizka
- ▶ Svetlost

Svetlost in barvne difference

- ▶ Svetlost ali luminančna komponenta (Y)
 - amplitude primarnih komponent so odvisne od občutljivosti očesa na posamezne barve

$$E_Y = 0.299E_R + 0.587E_G + 0.114E_B$$

- ▶ Barvne difference

$$E_{B-Y} = 0.493(E_B - E_Y) \quad E_{R-Y} = 0.877(E_R - E_Y)$$

Video tehnologija

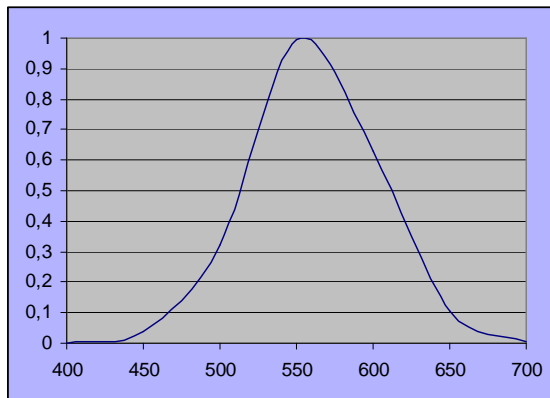
3. Fotometrija

Fotometrija

- ▶ Fotometrija je del optike, ki obravnava merjenje gostote svetlobnega toka, svetilnost, osvetljenost...
- ▶ Uporabljamo 2 vrsti količin:
 - količine v fizikalnem merilu (osn. enota je W)
 - količine v fiziološkem merilu (lumen, kandela)

Relativna barvna občutljivost

- ▶ Občutljivost očesa za različne barve je odvisna od valovne dolžine
 - krivulja relativne barvne občutljivosti (RBO)



Svetlobni tok

- ▶ Svetlobni tok označuje učinek, ki ga naredi svetloba na človeško oko
 - odvisen je od energijskega toka (P) in relativne barvne občutljivosti

$$P_s = 680 \text{ lm/W} \cdot P \cdot RBO(\lambda)$$

- ▶ Svetlobni tok rumeno-zelene svetlobe je po def. enak 680 lumnov (lm)

Svetilnost in Svetlost

- ▶ Svetilnost je def. kot svetlobni tok na enoto prostorskega kota (enota je kandela, cd)

$$l = dP_s / d\Omega$$

- ▶ Svetlost ali bleščavost je def. s svetilnostjo na ploskovno enoto (enota je cd/m²)

$$B = l / S$$

Osvetljenost

- ▶ Osvetljenost določimo s količino svetlobnega toka na ploskovno enoto (enota je lux, lx)

$$E = dP_s / dS$$

- ▶ Osvetljenost v svetlem prostoru je ~ 100 lux
 - osvetljenost prizora na soncu / v senci je v razmerju 100 / 1

Tipične vrednosti

Zunaj	Osvetljenost (lux)	Svetlost (cd m ⁻²)
sončno	50K - 100K	3K - 6K
oblačno	2K - 10K	120 - 600
cestna luč	20	1.2
polna luna	0.01 - 0.1	0.0006 - 0.006
Znotraj	Osvetljenost (lux)	Svetlost (cd m ⁻²)
pisarna	200 - 300	12 - 18
soba	50 - 200	3 - 12
hodnik	50 - 100	3 - 6

Območje svetlobnega toka

- ▶ Svetlobni tok, ki se odbija od telesa, je odvisen od osvetljenosti in odbojnosti
 - odbojnost belih teles je ~80%, odbojnost črnih teles pa največ 4% (razmerje 20 / 1)
- ▶ Območje sv. toka = osvetljenost * odbojnost

Video tehnologija

4. Kvaliteta slike

Merila kvalitete

- ▶ Ostrina slike
 - določena je z obliko prehodov med svetlimi in temnimi deli slike
 - je povezana z ločljivostjo, vendar je to drug parameter
- ▶ Mejna ločljivost
 - max. število svetlih in temnih vrstic, ki jih lahko ločimo na dolžinsko enoto v sliki
 - je merilo za reprodukcijo detajlov

Merila kvalitete

- ▶ Svetlobna prenosna karakteristika
 - opisuje svetlost slike kot funkcijo svetlosti prizora
 - kontrastno razmerje
 - gama faktor
- ▶ Razmerje signal / šum
 - termični šum – sneženje slike

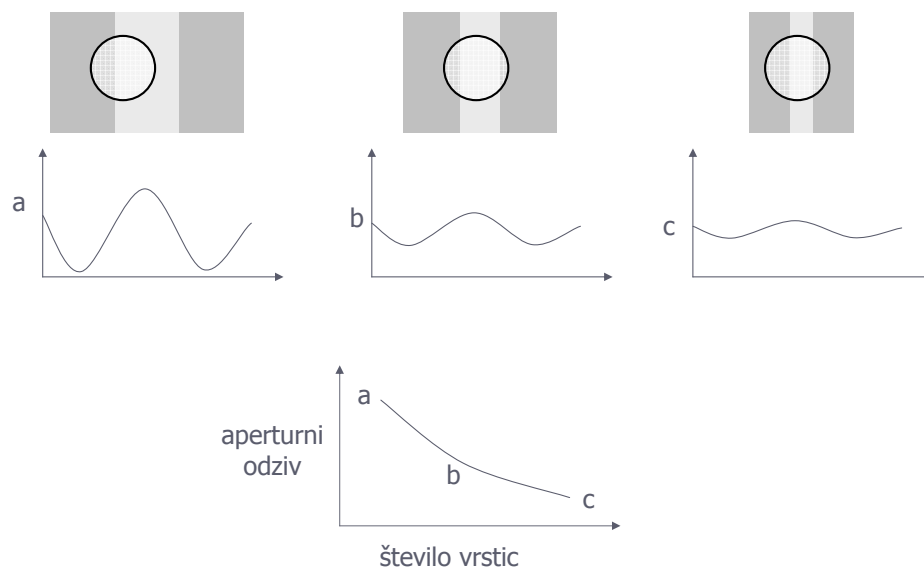
Defekti na slikah

- ▶ Migotanje
- ▶ Vzorčevalni artefakti (angl. aliasing)
- ▶ Zaostajanje – na hitro gibajočih se objektih
- ▶ Geometrijska distorzija
- ▶ Interference
 - brum, medkanalna interferenca...
- ▶ Dvojna slika

Ostrina slike

- ▶ Razločnost oz. ostrina robov na sliki
 - HDTV (**H**igh **D**efinition TV) – TV z ostro sliko
- ▶ Ostrino zaznamo v prvi vrsti kot širino robov
- ▶ Odvisna je tudi od oblike signala na robovih
 - prenehaji na signalu povzročijo "trdo sliko"
- ▶ Meritev izvajamo indirektno:
 - aperturni odziv
 - mejna ločljivost

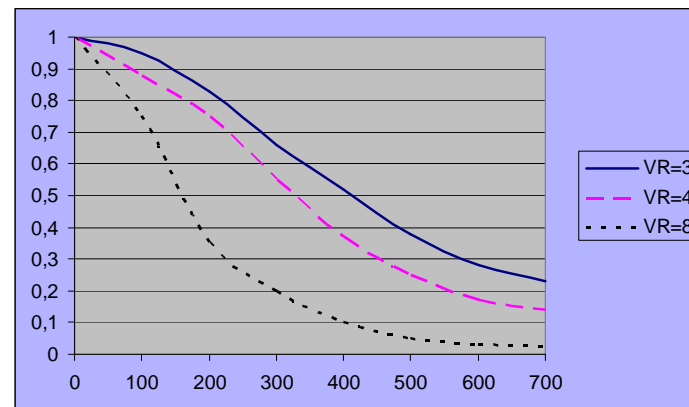
Aperturni odziv



Aperturni odziv

- ▶ Aperturni odziv je graf amplitude odziva sistema v odvisnosti od števila vrstic
 - merimo št. izmeničnih črnih in belih vrstic v vertikalni dimenziji slike – CTF, kontrastna prenosna funkcija
 - za analizo je bolj primeren sinusni vzorec – MTF, modulacijska prenosna funkcija
- ▶ Aperturni odziv sistema iz večih komponent je zmnožek MTF posameznih komponent

Aperturni odziv očesa



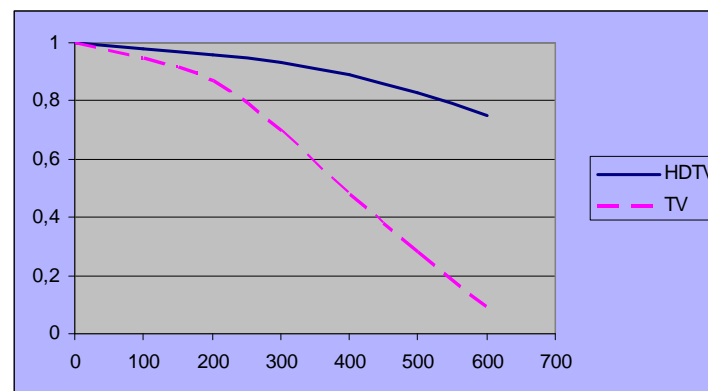
VR ... razmerje med razdaljo gledanja in višino slike

Vzorčenje

- ▶ Vsi video sistemi temeljijo na vzorčenju
 - vzorčenje vrstic vpliva na vertikalne detajle
 - vzorčenje okvirjev vpliva na gibljive dele slike
 - maska na TV zaslonu vpliva na horiz. detajle
- ▶ Nyquistov kriterij
 - št. vertikalnih vrstic < št. aktivnih vrstic / 2
 - TV: 480 akt. vrstic, HDTV: 1080 akt. vrstic

MTF od vzorčenja vrstic

- ▶ Vzorčenje vpliva na prenosno funkcijo MTF
 - $\sin(x)/x$ karakteristika



TV: 480 aktivnih vrstic, HDTV: 1080 aktivnih vrstic

Posledice vzorčenja (aliasing)

- ▶ Če ne zadostimo Nyquistovemu kriteriju, dobimo na zaslonu navidezni vzorec
 - št. prikazanih vrstic je enako razliki med dejanskim št. vrstic in št. skeniranih vrstic
- ▶ TV: artefakti se začnejo pri 240 vrsticah
 - MTF od vzorčenja je še visoka, vendar je MTF celotnega video sistema (kamera-prikaz.) precej nižja in v praksi ni veliko artefaktov

Posledice vzorčenja (aliasing)

- ▶ HDTV: artefakti se začnejo pri 474 vrsticah
 - boljša kvaliteta slike, vendar so zaradi boljše MTF posledice vzorčenja večji problem
- ▶ Vzorčenje okvirjev vpliva na objekte, ki se gibljejo v vertikalni smeri
 - vzorčevalne pojave dobimo, če se objekt premakne za več kot 1 vrstico na okvir
 - npr. kolesa se navidezno vrtijo nazaj...

Mejna ločljivost

- ▶ Max. število belih in črnih vrstic, ki jih še ločimo, na dolžinsko enoto
- ▶ Št. vrstic, ko MTF pade pod nivo šuma
 - mejna ločljivost je le ena točka v MTF diagramu
 - primerna le za primerjavo sistemov, ki imajo podobno obliko MTF krivulje
- ▶ Vzorčevalni artefakti se lahko pojavijo prej kot mejna ločljivost

Vertikalna mejna ločljivost

- ▶ Ločljivost je manjša od števila vrstic
 - v splošnem imamo naključno povezavo med položajem detajlov na sliki in vert. vzorčenjem
- ▶ Ločljivost določimo empirično (npr. testna slika z vzorci)
 - **Kellov faktor** je razmerje med mejno ločljivostjo in številom vrstic
 - Običajno je Kellov faktor okrog 0,7
 - PAL TV: 580 vrstic -> ločljivost 406 vrstic

Horizontalna mejna ločljivost

- ▶ Mejna ločljivost analognih sistemov je odvisna od pasovne širine

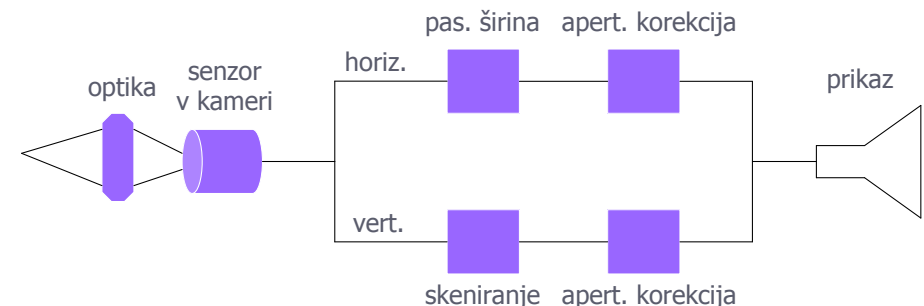
$$R_H = 2 \frac{C_H BW}{AR NL FR}$$

AR: razmerje širina/višina
4/3 ali 16/9 za HDTV

	PAL	NTSC	HDTV
Pas. širina (BW)	5.0 MHz	4.2 MHz	30 MHz
Vrstic/okvir (NL)	625	525	1125
Akt.del vrstice(C_H)	0.8	0.85	0.87
Okvirjev/s (FR)	25/s	29.97/s	30/s
Ločljivost (R_H)	409	352	869

Video komponente

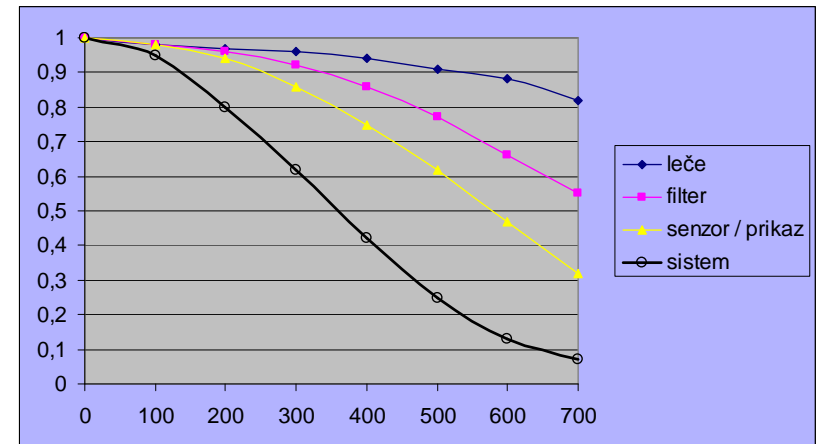
- ▶ Komponente, ki vplivajo na aperturni odziv



Elektro – optične komponente

- ▶ Optika na kameri
 - leče imajo majhen vpliv na aperturo sistema
 - leče z zoomom imajo slabši odziv
- ▶ Optični filter
 - za odstranjevanje komponent nad Nyquistovim pragom
 - $\sin(x)/x$ aperturni odziv
- ▶ Senzor v kameri

Aperturni odziv sistema



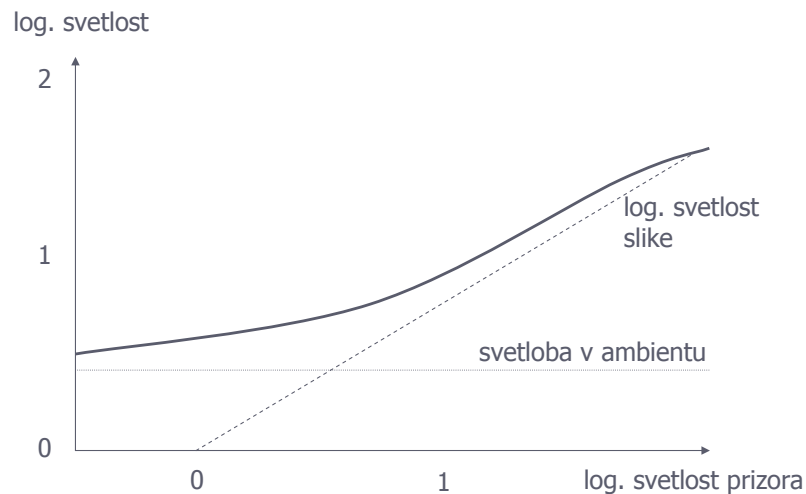
Izboljšava aperturnega odziva

- ▶ Pasovna širina omejuje amplitudo pri visokih frekvencah, kar vpliva na horiz. apert. odziv
 - v sistem dodamo aperturno korekcijo – ojačanje amplitud visokih frekvenc
- ▶ Aperturno korekcijo lahko izvajamo tudi v vertikalni smeri (korekcija skeniranja)
 - sistem uporablja zakasnilne linije ali digitalno procesiranje

Svetlobna prenosna karakteristika

- ▶ Svetlost slike v odvisnosti od svetlosti prizora
- ▶ Numerično jo podajajo 3 parametri
 - največja svetlost
 - kontrastno razmerje
 - gama faktor – naklon prenosne karakteristike v log. merilu

Prenosna karakteristika



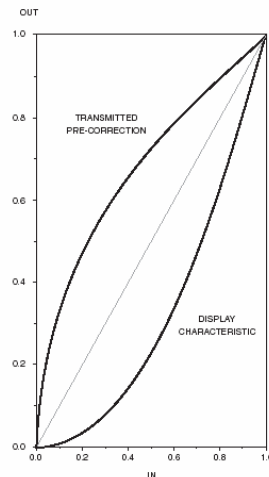
Kontrast

- Kontrast je določen s TV zaslonom

Sistem	željen kontrast	tipičen kontrast
TV	80:1	10-30:1
TV studio	200:1	100-150:1
HDTV	150:1	10-30:1
HDTV studio	300:1	100-150:1

Gama korekcija

- Korekcija je potrebna zaradi karakteristike TV zaslona
 - prenos. karakteristika je eksponentna s faktorjem 2.2-2.8



Šum

- V analognih sistemih je prisoten termični šum (beli šum) in FM šum
- Velikost šuma je def. z razmerjem moči signala (vršnja vrednost) in RMS šuma

sistem	beli šum (dB)	FM šum (dB)
HDTV	50	47
TV OK	45	42
TV slab	33	26