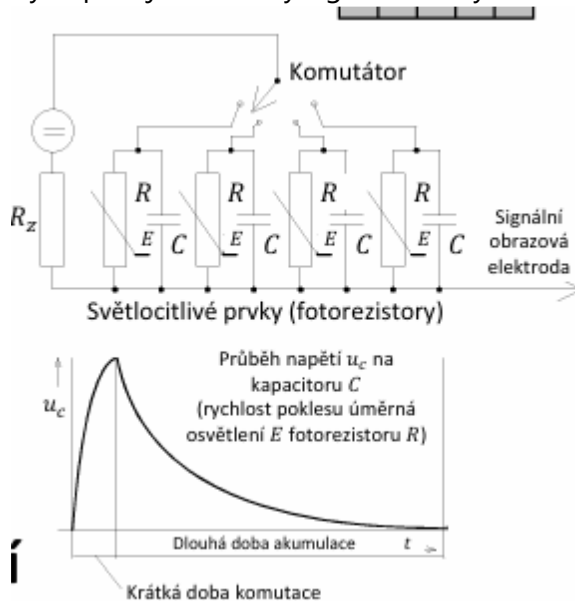


3. Obrazové snímače a jejich charakteristiky

Vysvětlete princip akumulčního snímání obrazu.

Snímání záření po delší dobu -> více akumulovaného náboje na jeden obrazový bod Princip:

1. Komutátor připojí kondenzátor k obvodu.
2. Kondenzátor se rychle nabije.
3. Komutátor odpojí obvod a posune se k dalšímu kondenzátoru (respektive světlocitlivému prvku).
4. První kondenzátor se začne vybíjet přes fotorezistor. Rychlost vybíjení závisí na odporu a odpor závisí na intenzitě světla.
5. Výstupem je obrazový signál úměrný osvětlení.



Vysvětlete základní princip funkce obrazového snímače CCD (Charge Coupled Device).

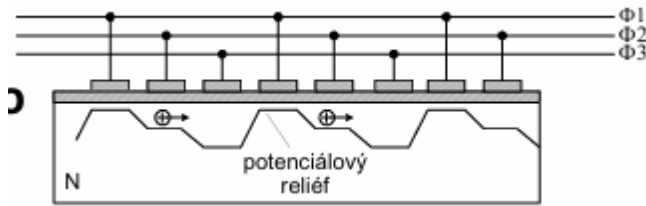
- Vytváří se náboj v závislosti na míře osvětlení
- Náboj je posouván po sloupcích ven s obvodu jako v registru

Popište, jak dochází k fotogeneraci náboje v buňce CCD a na jakých parametrech bude záviset velikost generovaného náboje.

- Fotogenerace náboje probíhá tak, že dopadající foton na polovodič vytvoří pár (elektron-díra).
- Elektrony jsou zachyceny v potenciálové jamce (pixelu), kde se akumulují během doby expozice.
- Velikost náboje (tedy počet elektronů) závisí především na:
 - Intenzitě dopadajícího světla
 - Délce expozice (času akumulace)
 - Citlivosti dané buňky (kvantová účinnost, vlastnosti materiálu)

Popište stručně mechanismus posuvu náboje ve struktuře CCD s použitím diagramu.

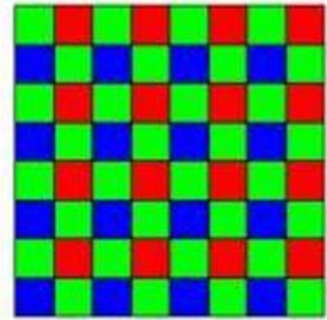
- Postupné připojování napětí na elektrody
- Vytvoření potenciálového reliéfu (vlny)
- Na poslední elektrodě se odečítá signál



Vysvětlete princip snímání barevného obrazu s využitím masky barevných filtrů CFA (Color Filter Array), zejména pak Bayerovu masku.

- Protože senzor samotný snímá pouze intenzitu světla, filtrem zařídíme, že různé světlocitlivé prvky na senzoru ponese informaci o různých vlnových délkách (resp. barvách)
- Bayerova maska (viz obr.) má 2x více zelených filtrů než modrých a červených
 - Zelená část nese nejvíc informace o jasu
 - Na zelenou část je oko nejcitlivější

Bayer maska:

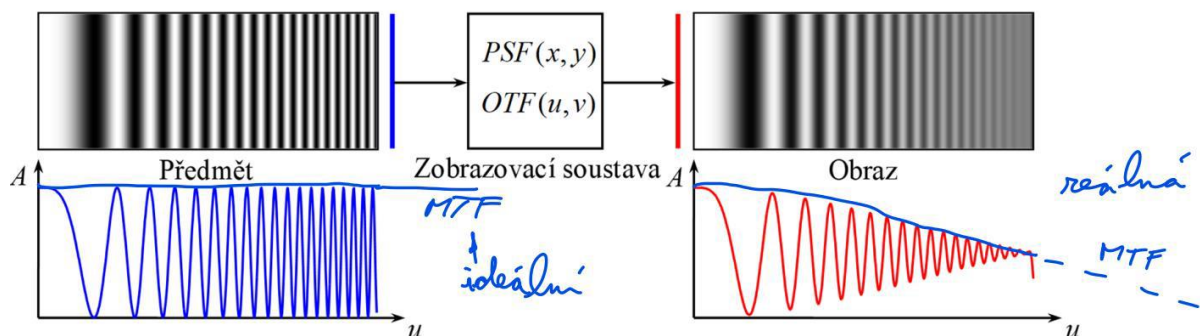


Vysvětlete význam a základní postup měření modulační přenosové funkce MTF (Modulation Transfer Function).

MTF udává jakým způsobem klesá kontrast se stoupajícím prostorovým kmitočtem

Měření: Vyfocení testovacího obrazce -> vykreslení profilu jasu (viz obr.) -> odečtení minim a maxim a dosazení do vzorce

$$MTF = \frac{B_{max} - B_{min}}{B_{max} + B_{min}}$$



- B_{max} – maximální jas (intenzita) v signálu po zobrazení testovacího obrazce (tedy špička vlny),
- B_{min} – minimální jas (nejnižší hodnota signálu, "údolí" vlny).

Jak se projeví nedostatečné prostorové vzorkování při snímání obrazu a jak lze tomuto nežádoucímu jevu předcházet?

- Objeví se aliasing
- Lze mu předejít anti-aliasingovým filtrem

Aliasing - jev, který vzniká při nedostatečném prostorovém vzorkování obrazu – když frekvence detailů v obraze je vyšší než polovina vzorkovací frekvence (**Nyquistovo kritérium není splněno**)

$$f_s \geq 2f_{max}$$

4. Předzpracování obrazu a videosignálu

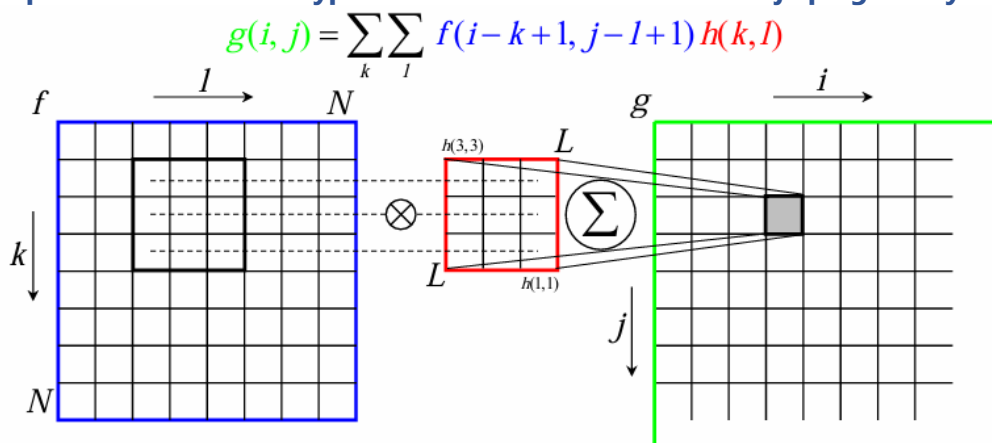
Popište význam kvantizace obrazové funkce a jak určíme požadavek na počet kvantizačních stupňů a bitovou hloubku reprezentace obrazu v multimediální technice?

- Kvantizace je nezbytná pro digitalizaci obrazu
- Z Weberova-Fechnerova zákona víme, že prahový kontrast (tzn. nejmenší kontrast, který dokáže lidské oko rozpoznat) je asi $k = 2\%$
- Není tedy třeba více kvantizačních stupňů
- Kolik tedy potřebujeme kvantizačních stupňů?
 - 1) Pro každý stupeň L_i platí: $\frac{L_{i+1}-L_i}{L_i} = k$ (poměr sousedních stupňů)
 - 2) $\frac{L_{i+1}}{L_i} = 1 + k$
 - 3) $\frac{L_{max}}{L_{min}} = (1 + k)^n$; kde n je počet kroků
 - 4) Finale: $n = \frac{\log \frac{L_{max}}{L_{min}}}{\log (1+k)}$
 - 5) Při dosazení $k = 0,02$ a $\frac{L_{max}}{L_{min}} = 100$ (Standartní Dynamický Rozsah, SDR) dostáváme $n = 230 \rightarrow 8$ bitů na pixel

Popište co to je histogram šedotónového digitálního obrazu.

- Graf zobrazující četnost jednotlivých jasových úrovní v obrazu.

Popište mechanismus výpočtu 2D diskrétní konvoluce nejlépe graficky.

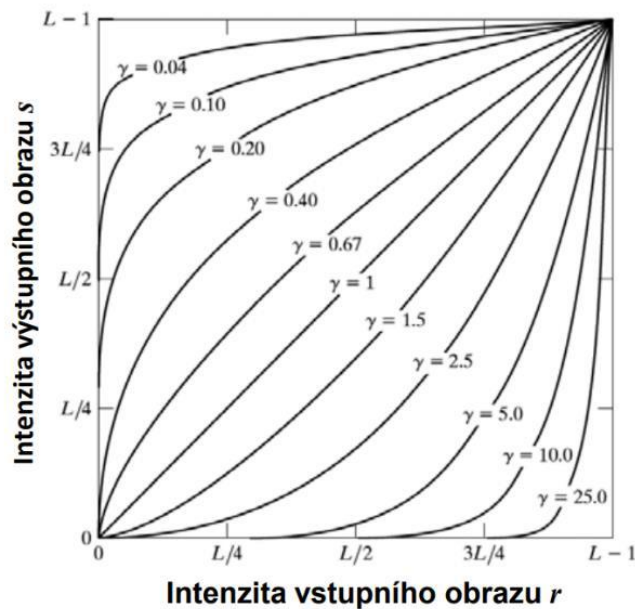


3x3 část z původní grafiky násobíš 3x3 maticí, následně celé sčítáš do jednoho pixelu

Výsledkem je stejný počet pixelů!

Co to je korekce gamma a jak bude vypadat základní převodní charakteristika displeje a kamery v televizním systému?

- Korekce jasu obrazu
- Lidské oko vnímá jas jinak než senzor -> kompenzuje se pomocí gamma korekce



Jaké přenosové signály pro jas (luma) a barvu (chroma) se používají v televizních soustavách, například PAL a proč?

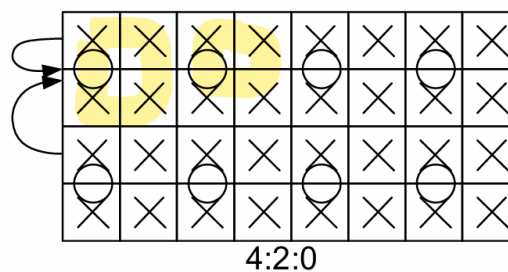
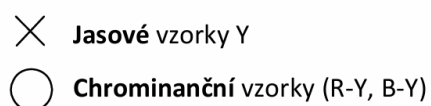
- Místo RGB se používá jasová složka a dvě barevné, rozdílové
- Oko je citlivější na jas
- Barva je nanesena na signál jasu pomocí amplitudové modulace

Vysvětlete základní požadavky na digitalizaci složkového signálu televize ve standardním rozlišení podle ITU-R BT.601 ve smyslu vzorkovacího kmitočtu, bitové hloubky a požadovaného bitového toku.

- Vzorkovací kmitočet pro jas je 13,5 MHz, pro barevné složky 6,75 MHz
- Bitová hloubka 8 bitů
- Bitový tok 216 Mb/s

J:a:b

- 4:2:0 – Horizontálně i vertikálně na polovinu



4. Komprese obrazu a videa

***Vysvětlete základní rozdíl mezi (matematicky) bezztrátovou a (matematicky) ztrátovou kompresí obrazu.**

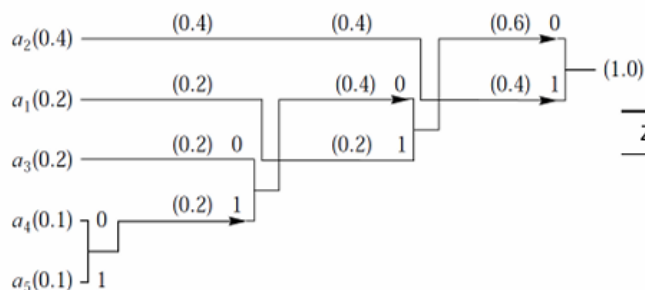
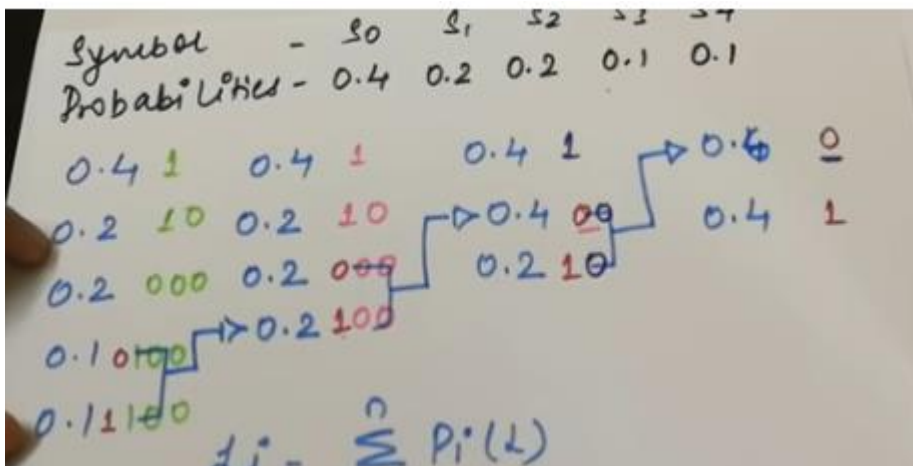
Bezztrátová – Rekonstruovaný signál je identický s originálem

Ztrátová – Rekonstruovaný signál je oproti originálu zkreslený

***Vysvětlete základní princip Huffmanova kodéru s proměnnou délkou kódu VLC (Variable Length Coding), nejlépe pomocí binárního stromu.**

Postup získání Huffmanova kódu:

1. Máme nějaké znaky, každý s pravděpodobností výskytu
2. Seřadíme znaky dle pravděpodobnosti
3. Poledním 2 znakům (nejméně pravděpodobným) přiřadíme 1 (poslednímu) a 0 (předposlednímu)
4. Sloučíme tyto dva dohromady aka sečteme jejich pravděpodobnosti
5. Zpět na bod 2)
6. Po dokončení tohoto binárního stromu odečteme finální kódová slova: Čteme po lonce, od zadu. Viz. obr



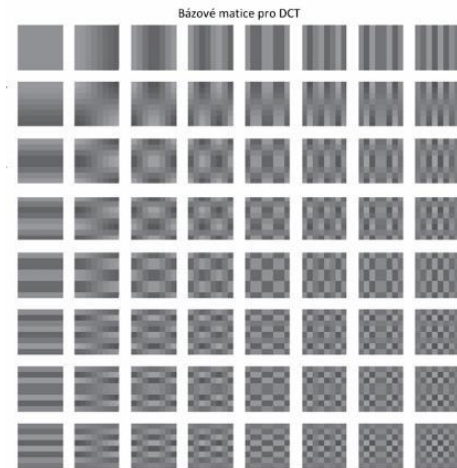
Znak	Pravděpodobnost	Kódové slovo
a_2	0.4	1
a_1	0.2	01
a_3	0.2	000
a_4	0.1	0010
a_5	0.1	0011

***Vysvětlete princip transformačního 2D DCT kódování bloků pro kompresi obrazu.**

DCT = Diskrétní Cosinová Transformace

Postup komprese:

1. Rozdělení obrazu na bloky 8x8 pixelů
2. Aplikace DCT
3. Výstupem jsou matice koeficientů. V levém horním rohu je DC složka a pak se po řádcích i sloupcích zvyšuje frekvence AC složek. V pravém dolním rohu je frekvence nejvyšší.



***Jaká transformace se nejčastěji používá v transformačním kódování bloků obrazu a vysvětlete proč?**

2D DCT

Na rozdíl od DFT má reálné hodnoty koeficientů a lepší kompresní zisk

***Jaká je výhoda využití vlnkové transformace proti rozkladu do harmonických bázových funkcí při kompresi obrazu?**

Mnohem lepší komprese než DCT, Nevytváří blokovou strukturu (ale rozostřuje, co není tak rušivé)

***Jak se liší kompresní artefakty, které vznikají při kompresi obrazu podle standardů JPEG a JPEG2000?**

JPEG – Bloková struktura

JPEG2000 – Rozostření

***Jaké transformace jsou použity ve standardech pro kompresi obrazu JPEG a JPEG2000?**

JPEG – 2D DCT

JPEG2000 – Vlnková transformace

***Vysvětlete základní princip blokového odhadu pohybu ME (Motion Estimation) při kódování videa s využitím rozdělení aktuálního snímku na makrobloky. Předchozí snímek bude sloužit jako reference.**

1. V ref. snímku vybereme oblast v okolí aktuálně počítaného makrobloku.
2. Ve vybrané oblasti hledáme makroblok, který nejlépe odpovídá aktuálně počítanému makrobloku.
3. Nalezený referenční makroblok virtuálně přesuneme na místo v aktuálním snímku a vypočítáme rozdíl obou snímků.
4. Dále přenášíme pouze tento rozdíl a pohybový vektor. Žitím pohybových vektorů MV (Motion Vectors).

***Nakreslete a vysvětlete základní principiální schéma hybridního DPCM/DCT kodéru pro kódování videa.**

Hybridní kódovač kombinuje:

DPCM (časová predikce) – využívá rozdíl mezi aktuálním a předchozím snímkem,

DCT (diskrétní kosinová transformace) – převádí obrazové bloky do frekvenční oblasti.

Postup kódování:

Predikce obrazu pomocí pohybové kompenzace.

Výpočet rozdílu (chybového signálu) mezi vstupem a predikcí.

DCT – transformace rozdílu do frekvenční oblasti.

Kvantizace – redukce přesnosti (ztrátová komprese).

Entropické kódování – bezztrátové kódování kvantovaných hodnot.

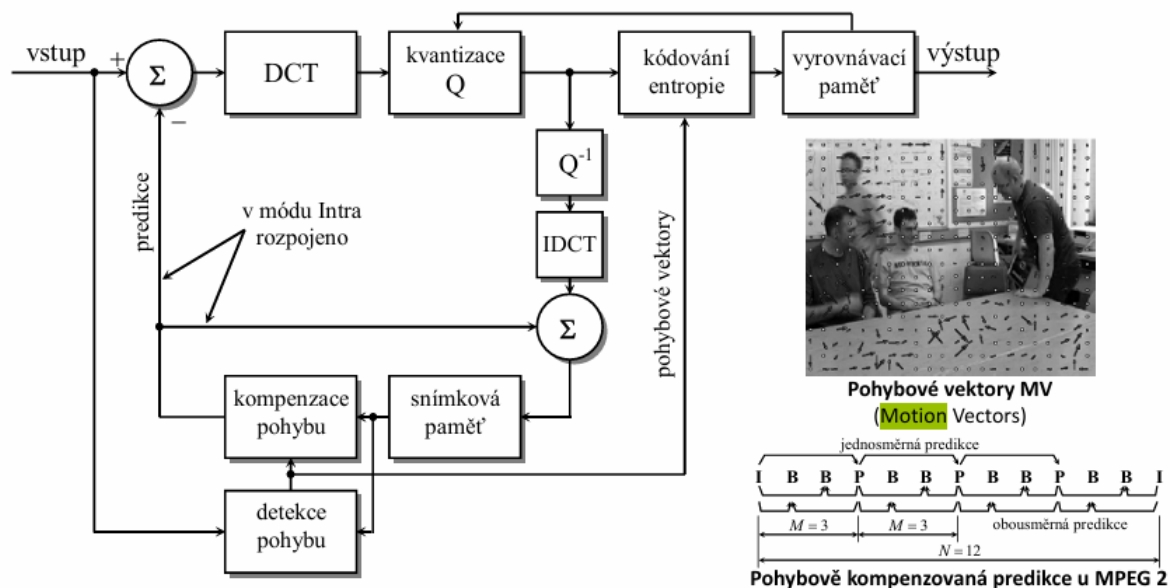
Rekonstrukce v kódovači (IDCT + přičtení predikce) pro potřeby další predikce.

Pohybová kompenzace – určení pohybových vektorů.

Režimy:

Intra (I) – bez predikce, jen DCT.

Inter (P, B) – s predikcí z jiných snímků.



***Vysvětlete hlavní principiální rozdíly v subjektivních a objektivních metodách hodnocení kvality komprimovaného obrazu IQA (Image Quality Assessment) a videa.**

Objektivní:

- Full reference – Porovnávání originálu s komprimovaným obrazem
- Porovnávají se pixely jedna ku jedné
- Velmi jednoduché, velmi nepřesné
- MSE (mean square error), SNR a PSNR (Peak signal-to-noise ratio)
- Reduced reference – Z originálu jsou extrahované pouze nějaké charakteristiky, a ty porovnáváme s komprimovaným obrazem.
- No reference – bez reference, duh

Subjektivní:

- Promítání komprimovaného obrazu skupině pozorovatelů na referenčním monitoru. Pozorovatelé hodnotí kvalitu a výsledek se průměruje.
- Nevýhody: Časově náročné, nákladné, nelze automatizovat
- Výhoda: Nejpřesnější

6. Obrazové displeje

***Vysvětlete, čím je ovlivněn rozsah reprodukováných barev na daném zobrazovači a jak souvisí s definovaným barevným prostorem, např. ITU-R Rec. BT. 601, 709, 2020, sRGB, Adobe RGB.**

Pokud je obraz zaznamenaný dle gamutu Rec. BT. 2020 (současně nejlepší) tak se nemůže zobrazit v plném rozsahu na zobrazovači se starším standardem.

***Vysvětlete principiální rozdíl zobrazovačů podle způsobu vzniku obrazu (a) přímo vyzařující (světelné zdroje) a (b) nepřímo vyzařující (světelné ventily, modulátory). Jaké typy displejů podle technologie patří do jednotlivých skupin?**

Přímo vyzařující = Jednotlivé body září, a přímo tvoří obraz

- CRT, OLED, PDP, FED, SED...

Nepřímo vyzařující = Mají nějaké podsvícení, které je modulováno

- LCD, DMD, LCoS...

***Vysvětlete základní princip funkce obrazového displeje založeného na technologii LCD (Liquid Crystal Display). Jaké jsou výhody a nevýhody této technologie?**

- Zdroj světla -> Rozptylové elementy -> polarizace -> tekuté krystaly -> barevné filtry -> polarizace 2
- Molekuly v tekutých krystalech nabývají různých uspořádání dle intenzity elektrického pole

Výhody:

- Vysoká životnost (>10let)

Nevýhody:

- V závislosti na konkrétní technologii může klesat jas nebo barevnost spolu se zorným úhlem
- V závislosti na konkrétní technologii menší barevný rozsah
- Dotykem obrazovky se deformuje obraz (IPS to nedělá -> dotykové displeje)

***Vysvětlete základní princip funkce obrazového displeje založeného na technologii OLED (Organic Light-Emitting Diode). Jaké jsou výhody a nevýhody této technologie?**

OLED = organic LED

Podobné LCD ale namísto krystalů je zde organický PN přechod

Výhody:

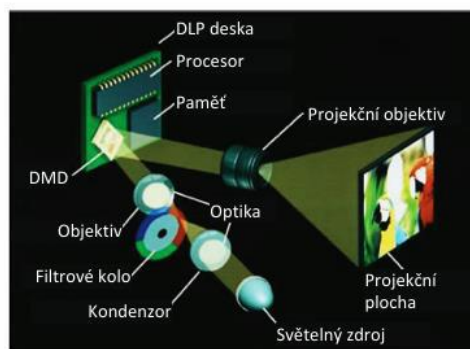
- Nepotřebuje podsvícení
- Malá tloušťka a hmotnost
- 90% barevný rozsah
- Teoreticky nekonečný kontrastní poměr (černá = vypnutá LED)

Nevýhody:

- Malá životnost organických složek (řádově jednotky let)
- Náročná technologie zpracování
- Náročná technika řízení jasu

***Vysvětlete základní princip funkce projekčního zobrazování založeného na technologii DLP (Digital Light Processing) respektive DMD (Digital Micromirror Device).**

- DMD čip je de facto ploška s miliony malých zrcátek, které buď odráží světlo do objektivu, nebo na pohlcující plochu (tzn. Buď svítí nebo ne)
- Tyto zrcadla se dokáží překlápět extrémně rychle a pomocí toho můžeme modulovat jas
- Před zdrojem světla je ještě filtrové kolo, kde se modrý, zelený a červený filtr velmi rychle mění
- Promítá se tedy nejdřív modrá, pak zelená a pak červená část obrazu



DLP projekce s jedním DMD

