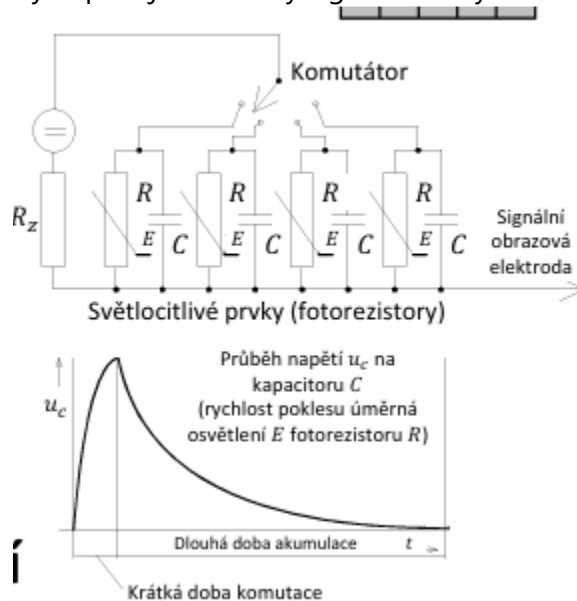


## 4. Obrazové snímače a jejich charakteristiky

### 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).

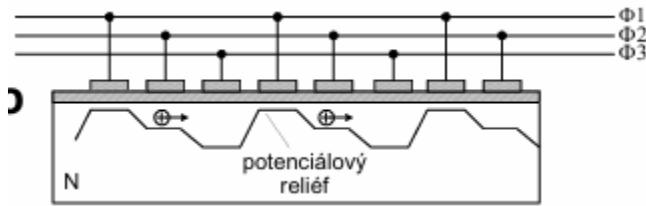
- Vytváří se náboj v závislosti na míře osvětlení
- Náboj je posouván po sloupcích ven s obvodu jako v registru

### 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.**

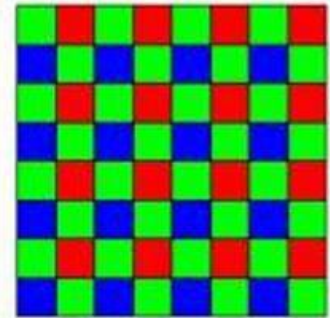
- Postupné připojování napětí na elektrody
- Vytvoření potenciálového reliéfu (vlny)
- Na poslední elektrodě se odečítá signál



**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:

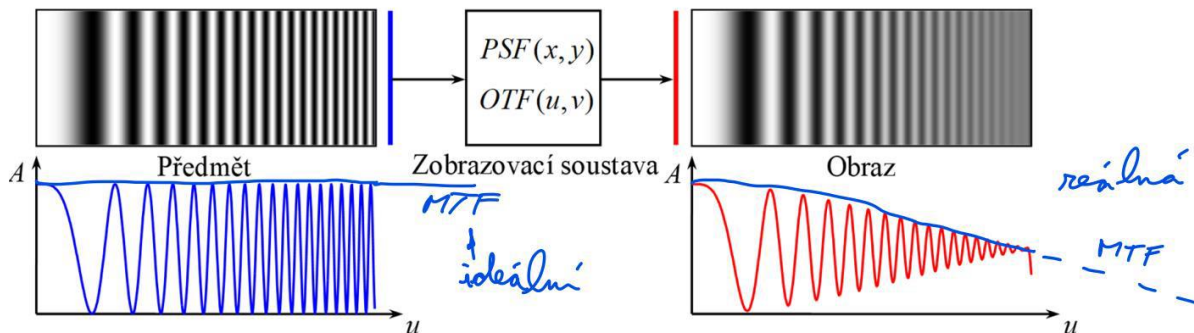


**Vysvětlete význam a základní postup měření modulační přenosové funkce MTF (Modulation Transfer Function).**

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**)

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

## 5. Komprese obrazu a videa

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

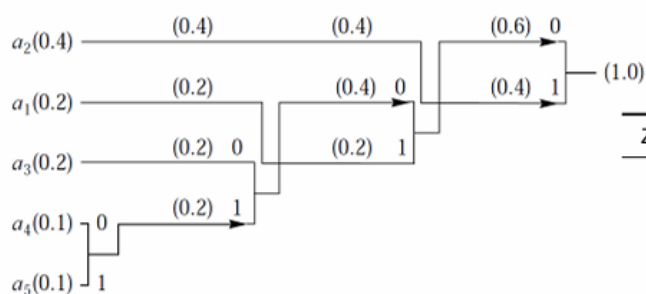
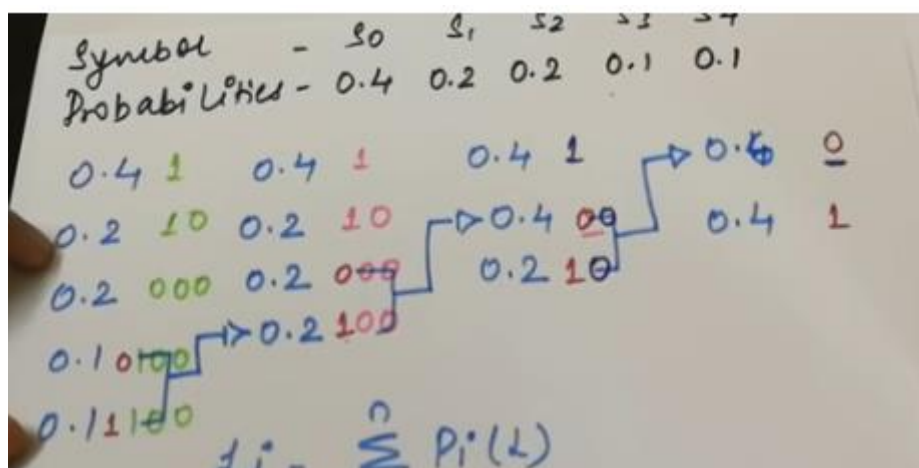
**Bezztrátová** – Rekonstruovaný signál je identický s originálem

**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



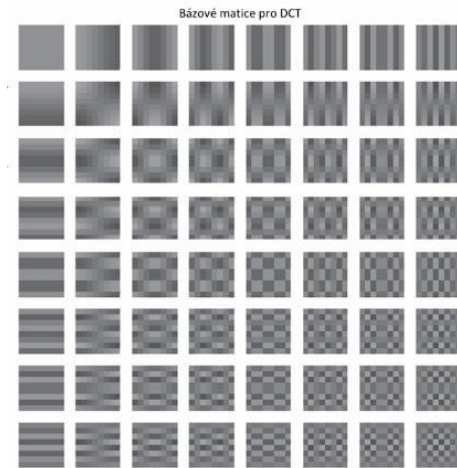
Znak	Pravděpodobnost	Kódové slovo
$a_2$	0.4	1
$a_1$	0.2	01
$a_3$	0.2	000
$a_4$	0.1	0010
$a_5$	0.1	0011

**\*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** – bezeztrátové kódování kvantovaných hodnot.

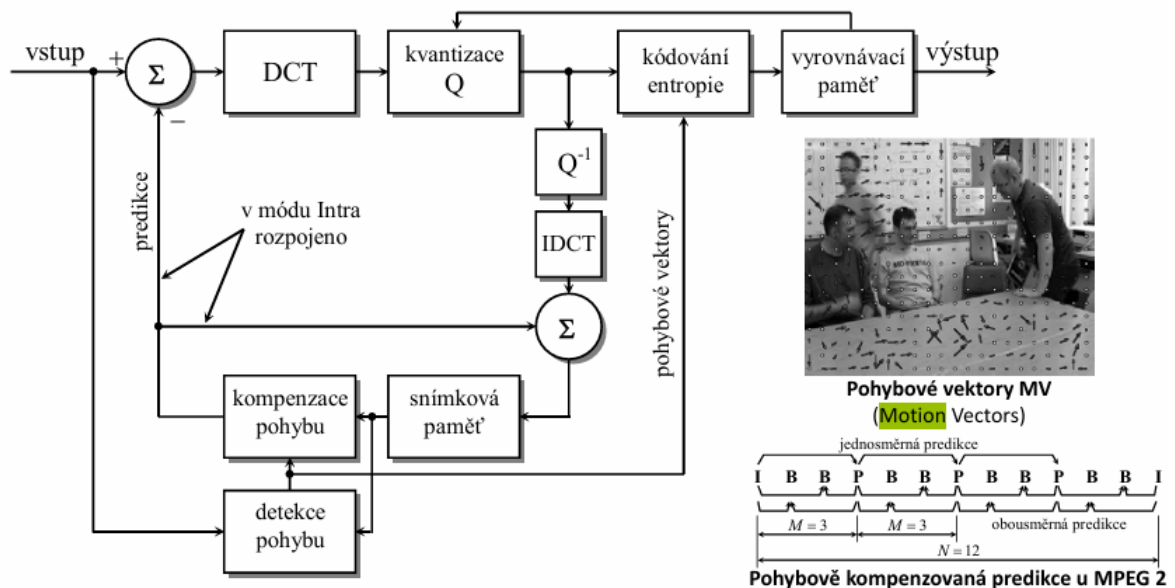
Rekonstrukce v kódovači (IDCT + přičtení predikce) pro potřeby další predikce.

**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 principální 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)

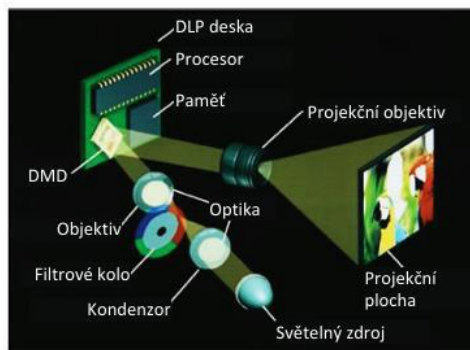
**Nevýhody:**

- 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

