

KOMPRESSE VIDEO – MPEG

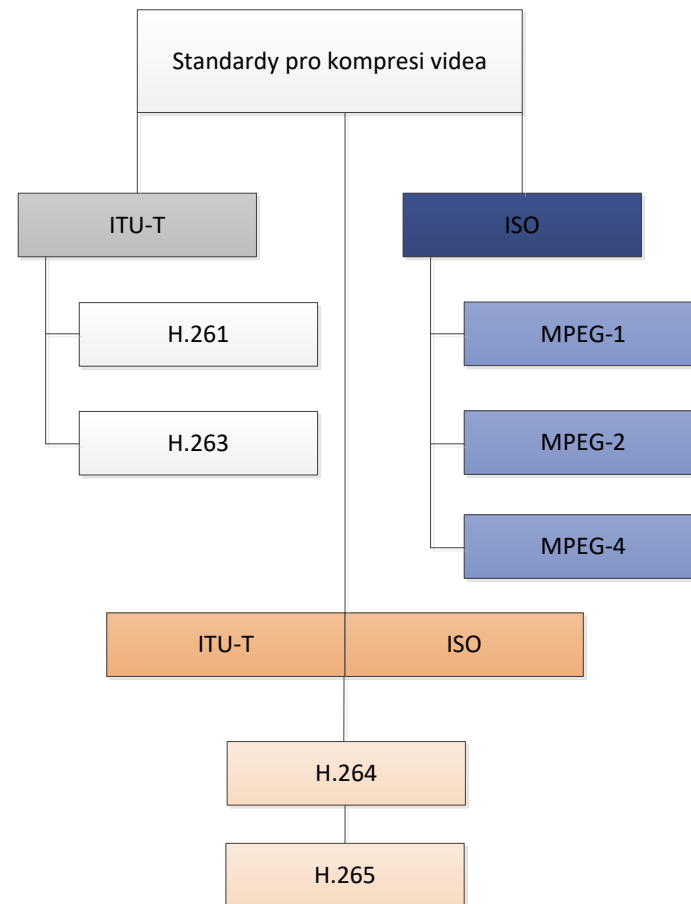


Kurz: **VIDEOTECHNIKA A MULTIMÉDIA**

Lektor: Kamil Říha

Současné standardy pro kompresi videa

- **ITU-T** (*International Telecommunication Union*)
 - H.261
 - H.263
- **ISO** (*International Organization for Standardization*)
 - MPEG-1
 - MPEG-2
 - MPEG-4 (Visual)
- **ISO + ITU-T**
 - H.264 AVC
 - (*Advanced Video Coding*)
 - H.265 HVEC
 - (*High Efficiency Video Coding*)



Standardy MPEG

- **ISO (*International Organization for Standardization*)**
 - JTC 1 (*Joint Technical Committee* – podskupina ISO)
 - podskupina SG29
 - MPEG (*Moving Picture Experts Group*)
- Umožňují **ztrátovou kompresi** videosekvence
- Kompresi pracuje jak s **časovou**, tak i s **prostorovou redundancí**

Standard MPEG-1

- ISO/IEC 11172-1, ..., 11172-5
- Rok 1992
- **Navržen pro ukládání videa na CD** - kvalita srovnatelná s VHS (*Video Home System*)
- **Optimalizován pro bitovou rychlost cca 1,4 Mb/s**
- Podpora pouze progresivního řádkování
- **Používaná kvalita obrazu**
 - formát vzorkování 4:2:0
 - typický obrazový formát: CIF (*Common Intermediate Format*), rozlišení 352 x 240 pro NTSC a 352 x 288 pro PAL
 - maximálně 720 řádků, 576 sloupců
 - 25 snímků/s (maximálně 30 snímků/s)
 - bitová rychlost 1 až 1,4 Mb/s

Základní požadavky na MPEG-1 video

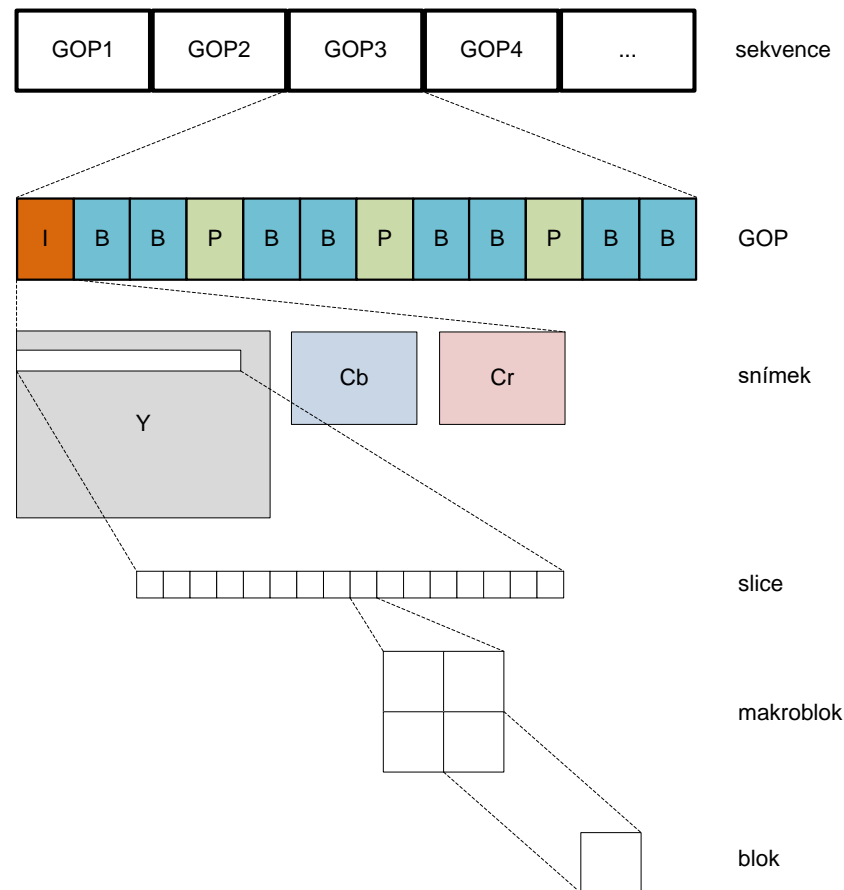
1. Kódování videa v dobré kvalitě při přenosové rychlosti 1 až 1,5 Mb/s a přidruženého audia v dobré kvalitě při přenosové rychlosti 128-256 kb/s.
2. Možnost zastavení obrazu.
3. Libovolný přístup ke snímkům obrazu v určitém čase (převíjení vpřed a vzad) s přesností 0,5 s.
4. Schopnost přehrávání vpřed i vzad s vyšší rychlostí, než je normální rychlost videa.
5. Synchronizace audio a video stopy při přehrávání.
6. Práce v reálném čase.

Parametry MPEG-1 videa

- Dle standardu mohou parametry obrazu dosahovat následujících hodnot:
 - Počet obrazových bodů v řádku – maximálně 720 px.
 - Počet obrazových bodů v sloupci – maximálně 576 px.
 - Snímková frekvence – maximálně 30 snímků/s.
 - Bitová rychlost – maximálně 1,856 Mb/s.

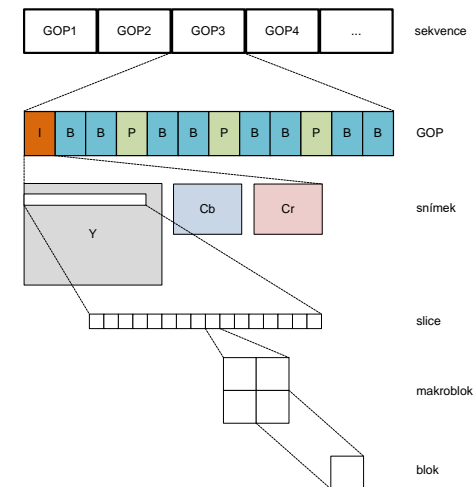
Hierarchie a terminologie

- **Sekvence**
 - Celá videosekvence (celý film)
- Skupina snímků (GOP)
- Snímek
 - Slice
- Makroblok:
 - 4 jasové bloky
 - 1 blok pro každou barvonosnou složku Cb Cr
- Blok: 8x8 pixelů



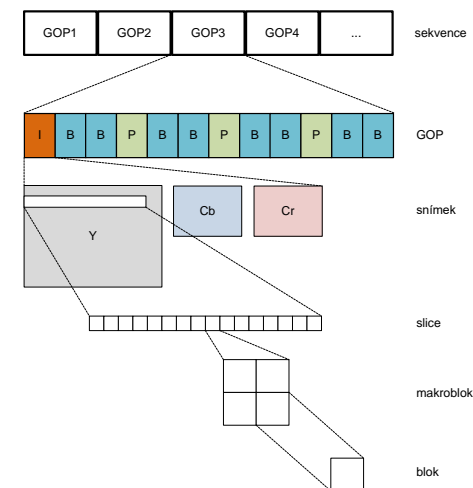
GOP

- Sekvence
- **Skupina snímků (GOP)**
 - GOP = *Group of Pictures*
 - Série jednoho či více snímků
 - Videosekvence se skládá ze série GOP jdoucích po sobě
- Snímek
- Slice
- Makroblok
- Blok



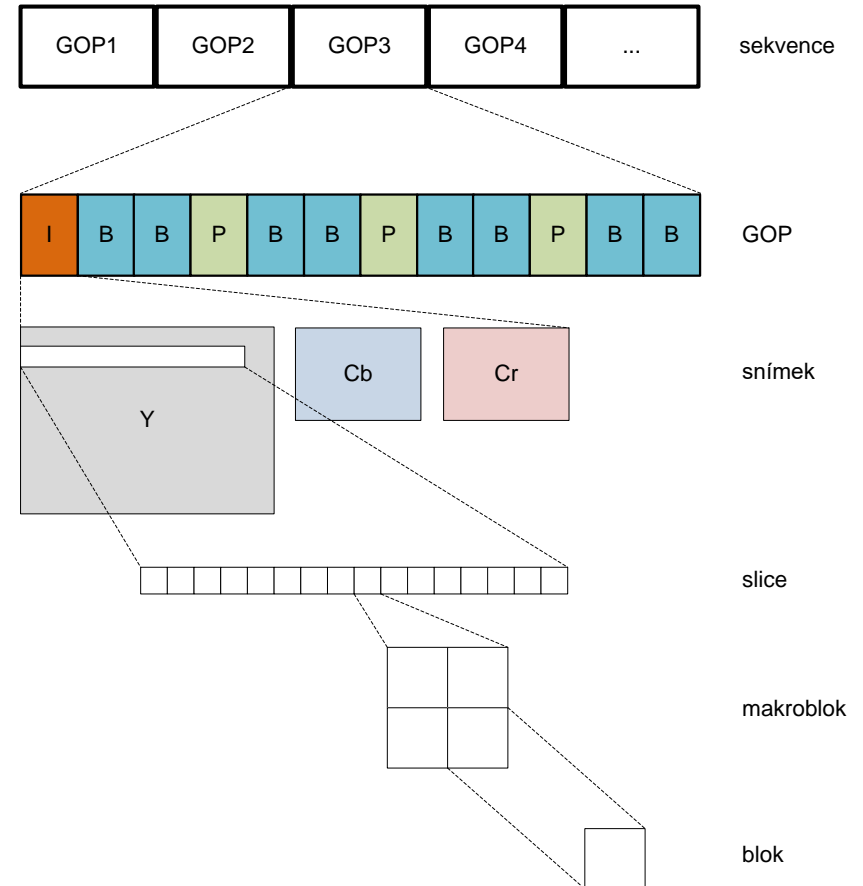
Typy snímků v MPEG-1

- Sekvence
- Skupina snímků (GOP)
- Snímek
 - **Snímek I**
 - Referenční snímek
 - Kódovaný jako JPEG
 - **Snímek P**
 - Referenční snímek
 - Prediktivně kódován z předchozího referenčního snímku
 - **Snímek B**
 - Není referenční snímek
 - Prediktivně kódován z předchozího a následujícího referenčního snímku
 - **Snímek D**
 - Není referenční
 - Kódují se jako JPEG, ale pouze DC složky každého bloku
- Slice
- Makroblok
- Blok



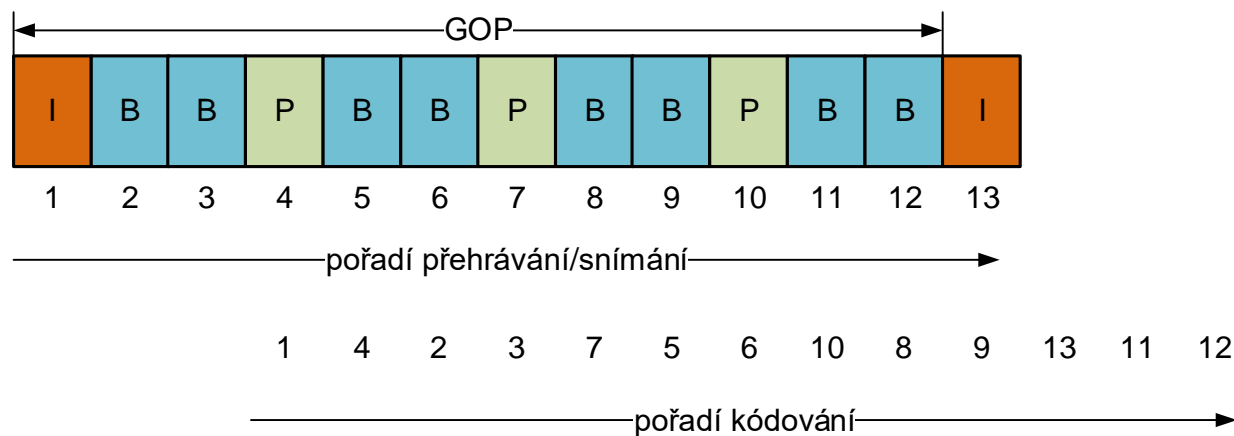
Hierarchie a terminologie

- Sekvence
- Skupina snímků (GOP)
- **Snímek**
 - Při kódování se standardně používá barevný model YCbCr
- Slice
- Makroblok
- Blok



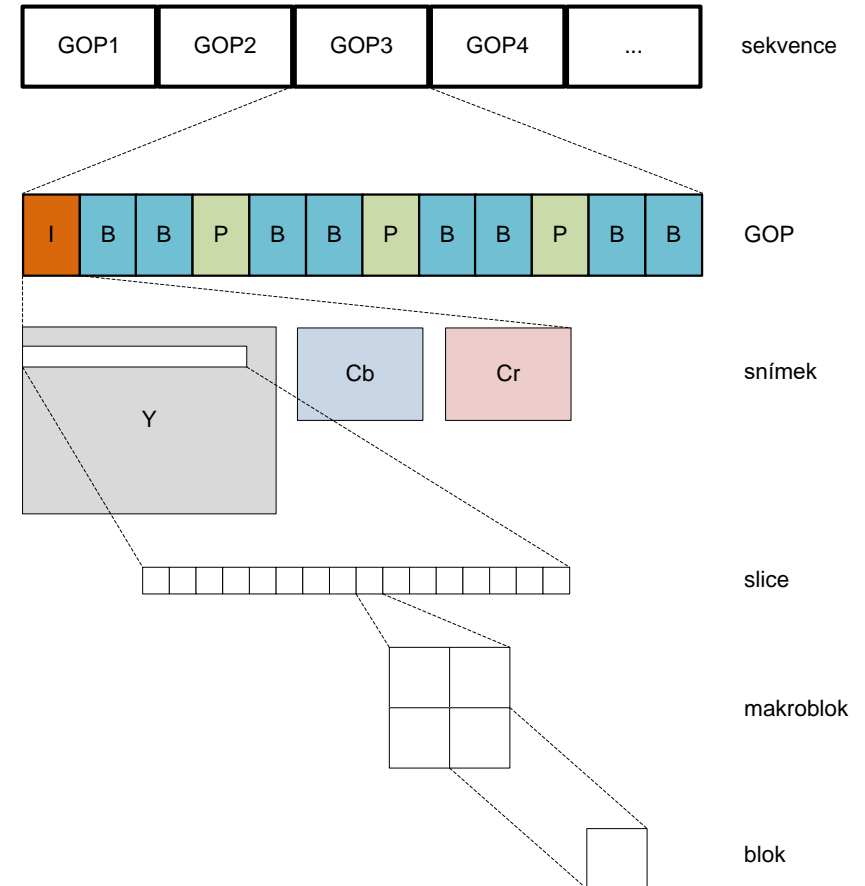
Struktura GOP

- GOP se může skládat z libovolně uspořádaných snímků
- Každá skupina začíná snímkem I
- Délka GOP je dána vzdáleností dvou snímků I
- **Pořadí snímání GOP se liší od pořadí kódování GOP!!!**



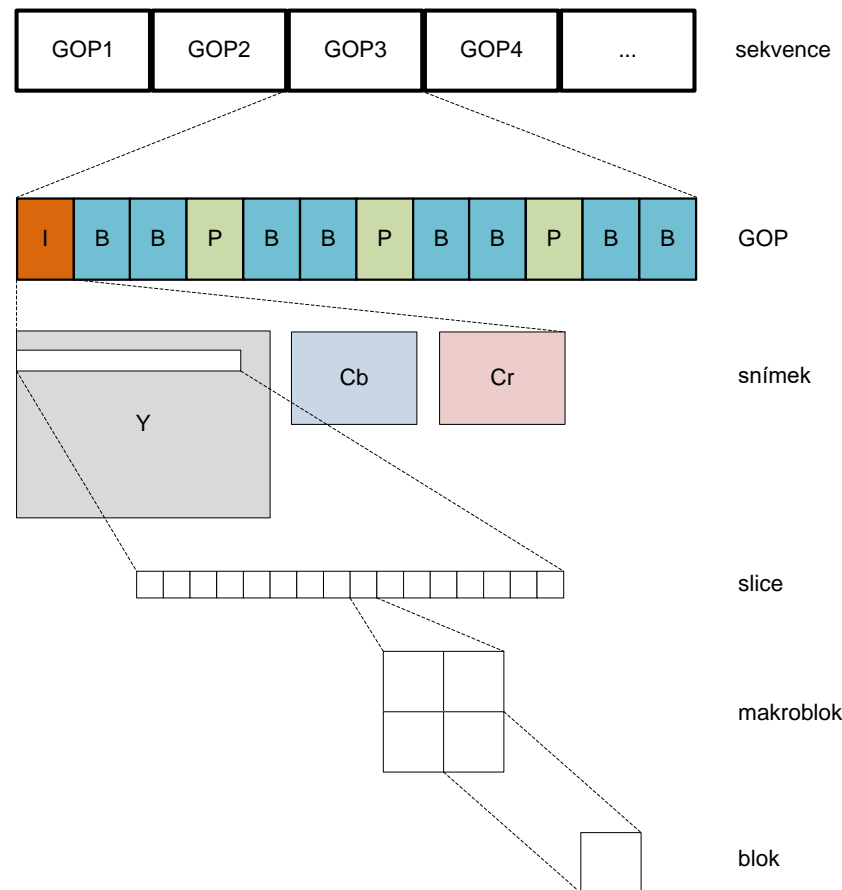
Hierarchie a terminologie

- Sekvence
- Skupina snímků (GOP)
- Snímek
 - **Slice**
 - Část snímku
 - Minimálně jeden makroblok, maximálně celý snímek
- Makroblok
- Blok



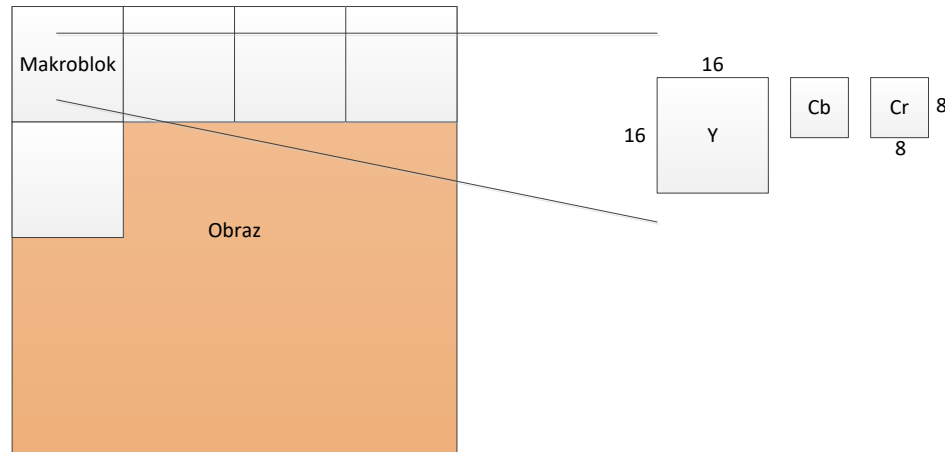
Hierarchie a terminologie

- Sekvence
- Skupina snímků (GOP)
- Snímek
- Slice
- **Makroblok**
 - velikost 16x16 pixelů, obsahuje všechny barevné složky obrazu
 - MPEG – 1 používá makrobloky vzorkované 4:2:0 modelu YCbCr
- Blok



Makroblok

- MPEG – 1 používá makrobloky vzorkované 4:2:0 modelu YCbCr
- Skládá se tedy z:
 - 4 x blok 8x8 pixelů jasové složky Y
 - 1 x blok 8x8 pixelů barvonosné složky Cb
 - 1 x blok 8x8 pixelů barvonosné složky Cr



Kódování makrobloků

1. Kódování uvnitř bloku (INTRA kódování)

- Téměř shodné z kódování JPEG, rozdílné jsou pouze kvantizační tabulky

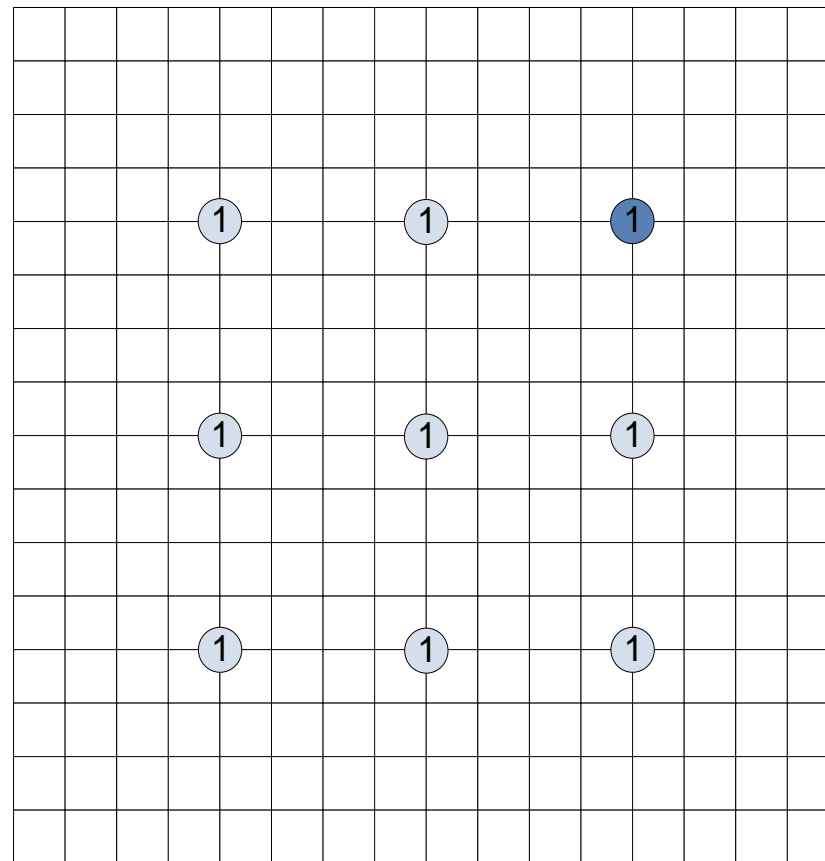
2. Mezisnímkové kódování (INTER kódování)

- Používá se u snímků typu P a B.
- Kóduje se pouze rozdíl mezi aktuálním makroblokem a makroblokem odhadnutým z referenčního snímku.
- V případě, že rozdíl přesahuje určitou definovanou mez, makroblok se kóduje jako INTRA.
- Využívají se techniky pro odhad pohybu například technika Three-Step Search (Vektory pohybu).

Příklad vyhledávání a kompenzace pohybu

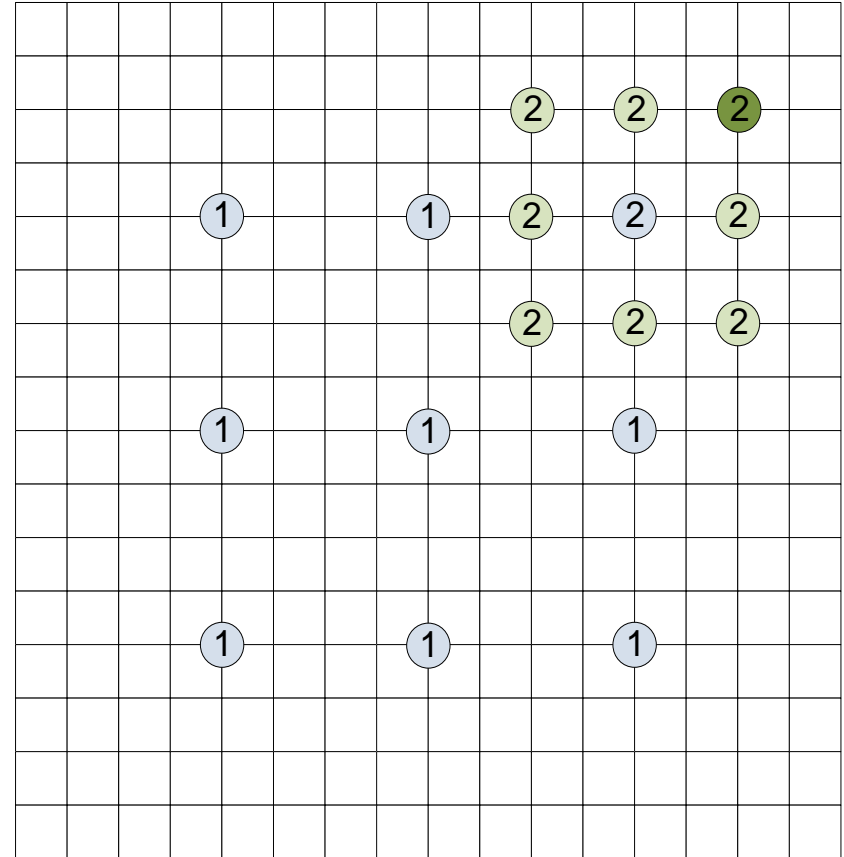
Three-step search (TSS)

- Nejčastěji používaný jako tříkrokový
- Možné použít i více kroků (N-Step Search)
- **Velikost vyhledávacího okna**
 - $\pm(2^N - 1)$ pixelů
- **Postup vyhledávání**
 - Nalezení pozice (0,0)
 - Nastavení $S = 2^{N-1}$ (velikost kroku)
 - Nalezení osmi pozic $\pm S$ pixelů okolo pozice (0,0)
 - Výběr pozice ze současných devíti s nejmenší střední chybou absolutních hodnot (aritmetický průměr)
 - pozice je potom brána jako počáteční
 - Nastavení $S = S/2$
 - Opakování bodů 3-5, dokud $S = 1$



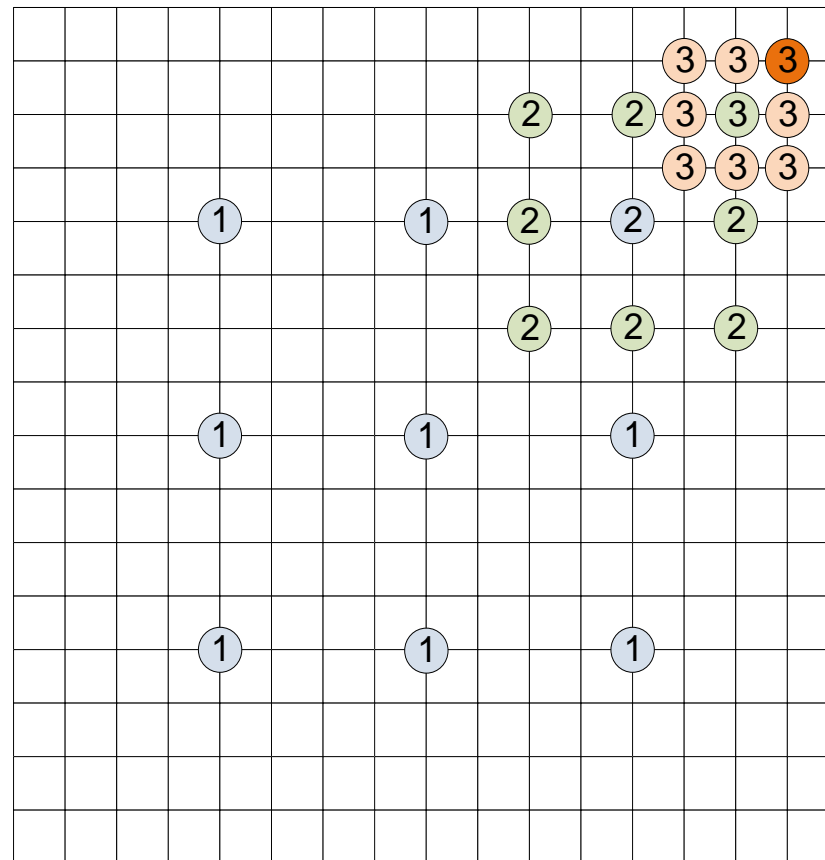
Three-step search (TSS)

- Nejčastěji používaný jako tříkrokový
- Možné použít i více kroků (N-Step Search)
- **Velikost vyhledávacího okna**
 - $\pm(2^N - 1)$ pixelů
- **Postup vyhledávání**
 - Nalezení pozice (0,0)
 - Nastavení $S = 2^{N-1}$ (velikost kroku)
 - Nalezení osmi pozic $\pm S$ pixelů okolo pozice (0,0)
 - Výběr pozice ze současných devíti s nejmenší střední chybou absolutních hodnot (aritmetický průměr)
 - pozice je potom brána jako počáteční
 - Nastavení $S = S/2$
 - Opakování bodů 3-5, dokud $S = 1$

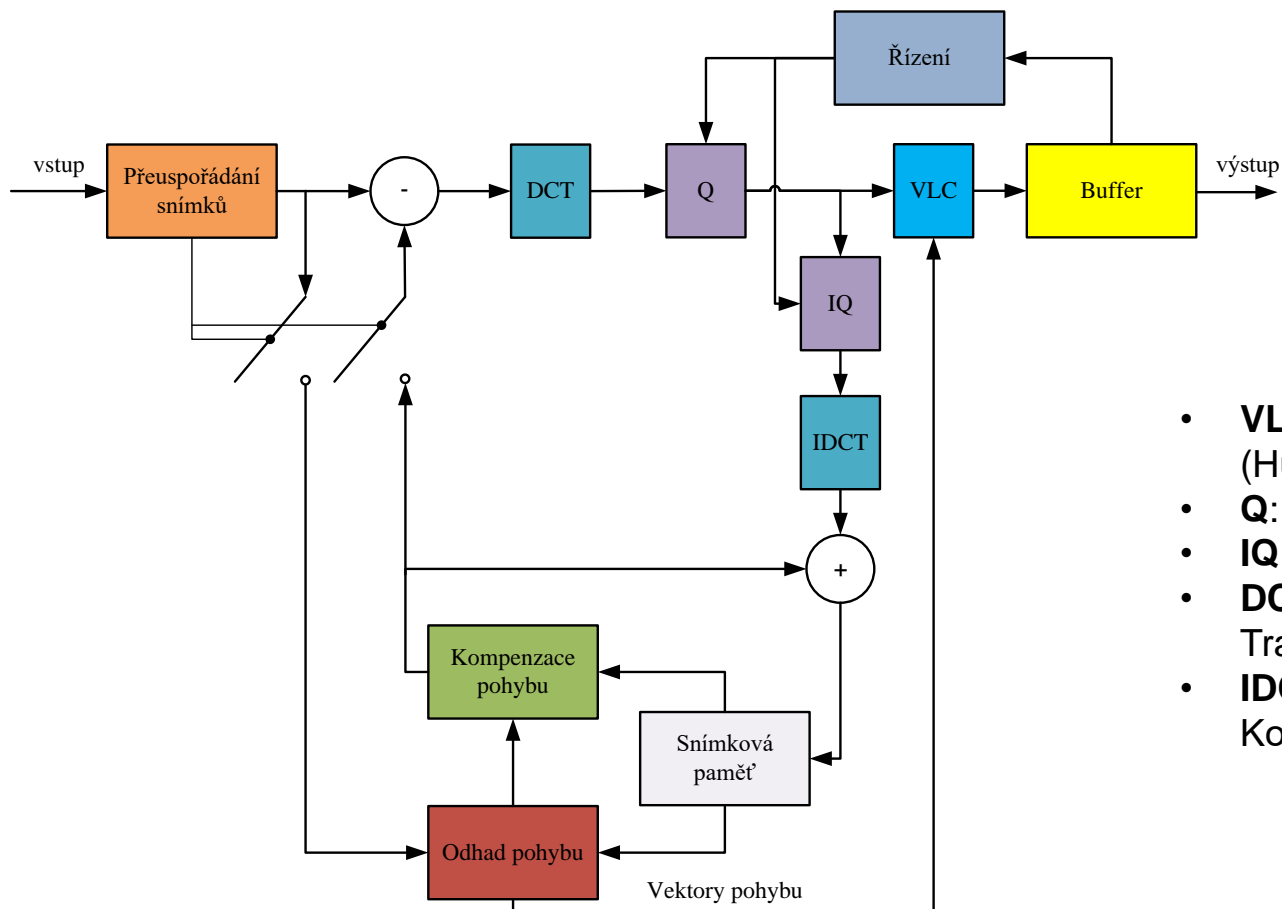


Three-step search (TSS)

- Nejčastěji používaný jako tříkrokový
- Možné použít i více kroků (N-Step Search)
- **Velikost vyhledávacího okna**
 - $\pm(2^N - 1)$ pixelů
- **Postup vyhledávání**
 - Nalezení pozice (0,0)
 - Nastavení $S = 2^{N-1}$ (velikost kroku)
 - Nalezení osmi pozic $\pm S$ pixelů okolo pozice (0,0)
 - Výběr pozice ze současných devíti s nejmenší střední chybou absolutních hodnot (aritmetický průměr)
 - pozice je potom brána jako počáteční
 - Nastavení $S = S/2$
 - Opakování bodů 3-5, dokud $S = 1$

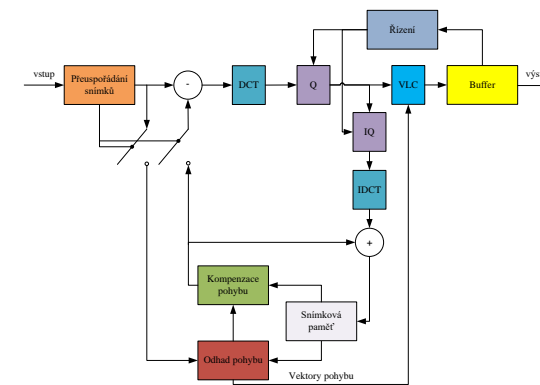
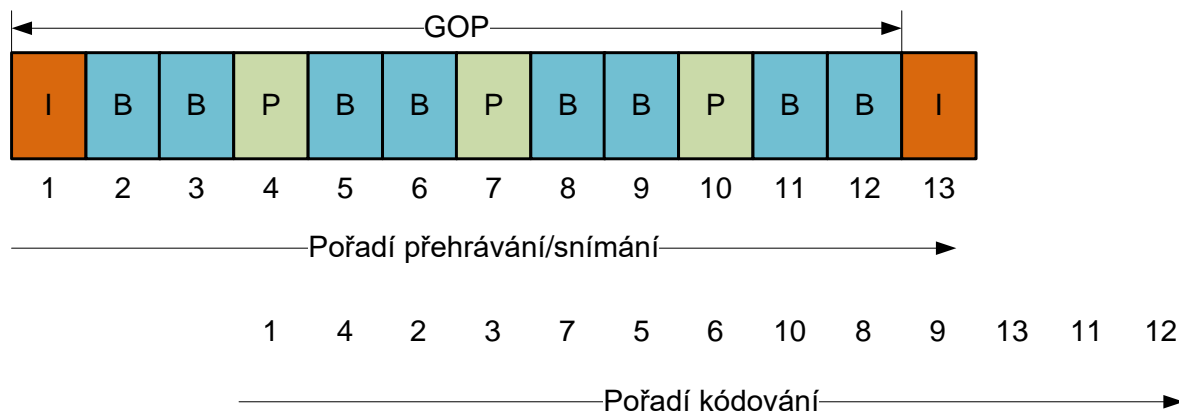


Blokové schéma kodéru



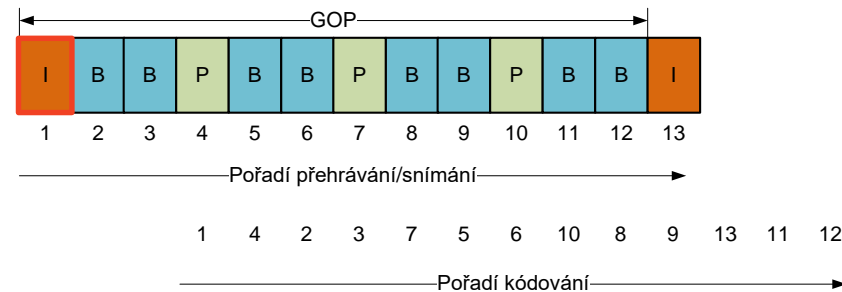
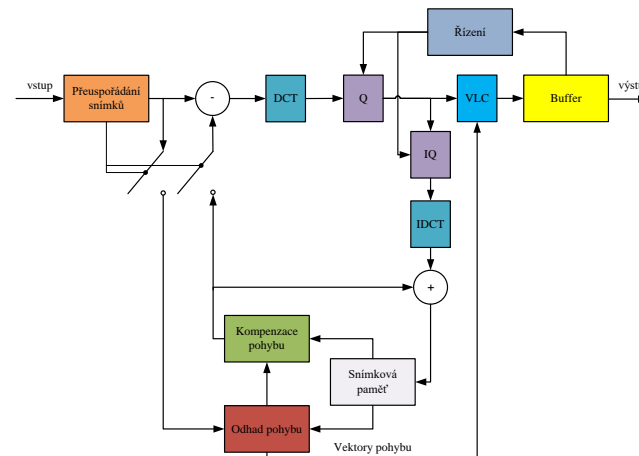
- **VLC:** Variable Length Coding (Huffmanovo kódování)
- **Q:** kvantizace
- **IQ:** inverzní kvantizace
- **DCT:** Diskrétní Kosinová Transformace
- **IDCT:** Inverzní Diskrétní Kosinová Transformace

Přeuspořádání snímků



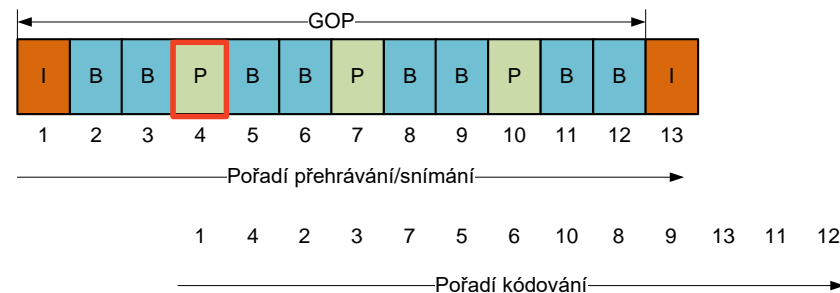
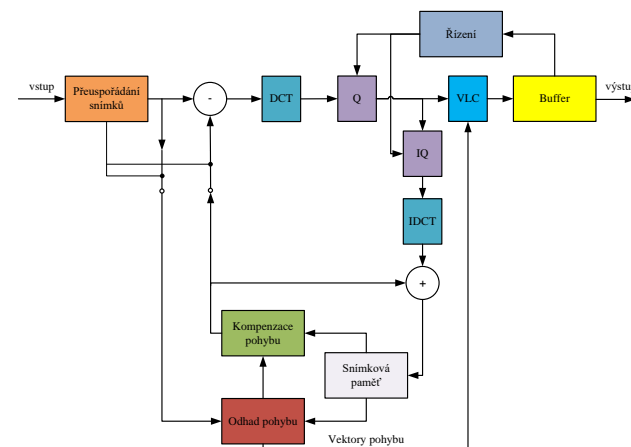
Kódování 1. snímku v GOP

- Spínače zpětné vazby jsou rozepnuty
- Snímek je kódován stejným způsobem, jako JPEG a uložen do bufferu
- Snímek je zároveň dekódován ve zpětné vazbě a uložen do snímkové paměti



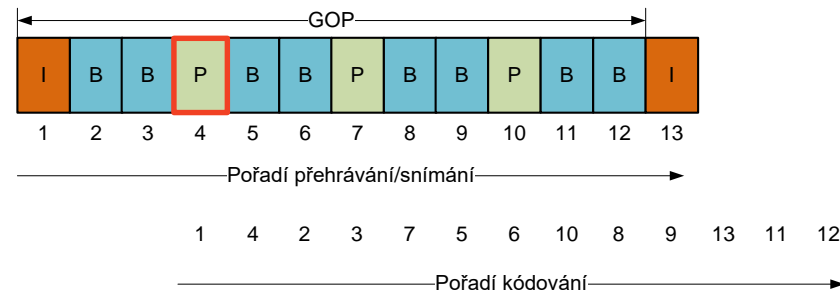
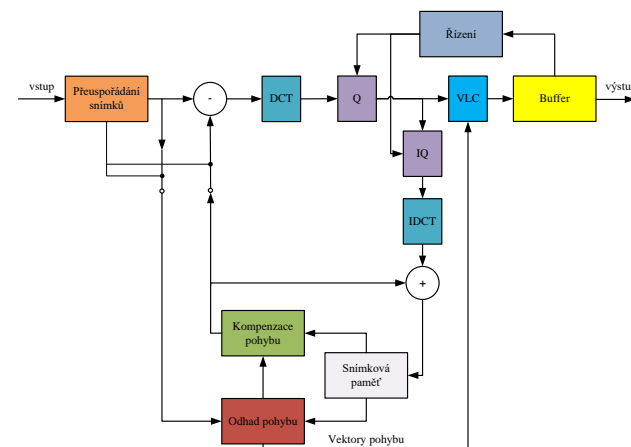
Kódování 2.(4.) snímku v GOP

- Spínače zpětné vazby jsou sepnuty
- 2. kódovaný snímek (P) vstupuje do bloku pro odhad pohybu zároveň se snímkem uloženým ve snímkové paměti
- V bloku pro odhad pohybu se hledají takové makrobloky ve snímku ze Snímkové paměti, aby se co nejvíce podobaly makroblokům 2. snímku – jsou získány vektory pohybu
- Vektory pohybu jsou aplikovány na snímek uložený ve snímkové paměti v bloku kompenzace pohybu - vznikne kompenzovaný snímek.

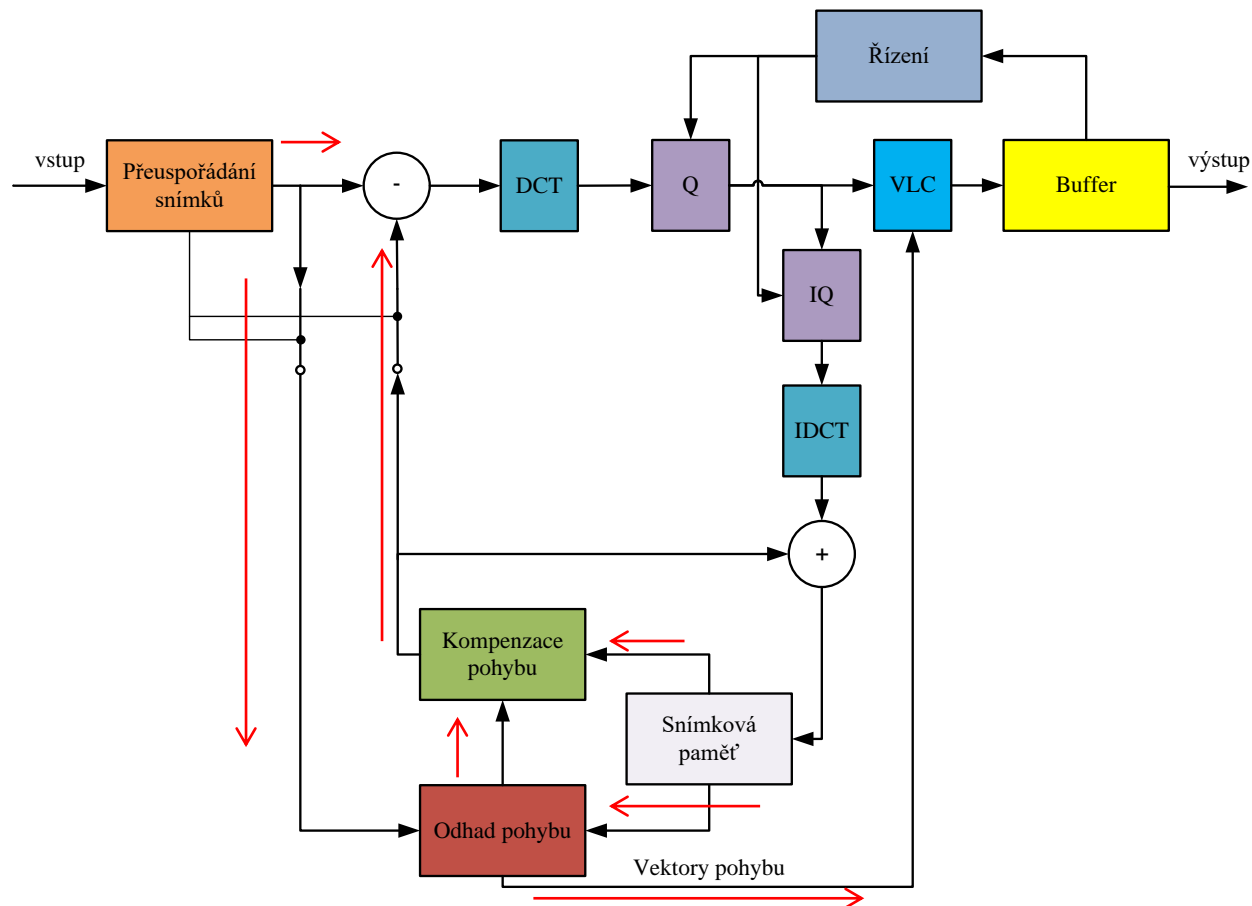


Kódování 2.(4.) snímku v GOP

- Kompenzovaný snímek se odečte od originálního 2. kódovaného snímku – výsledek představuje chybu predikce
- Chyba predikce je kódována stejně jako obrázek JPEG, ve VLC kodéru jsou připojeny vektory pohybu
- Ve zpětné vazbě je chyba dekódována a přičtena ke kompenzovanému snímku – tím vznikne snímek odpovídající 2. kódovanému snímku – ten se uloží do snímkové paměti.



Kódování 2.(4.) snímku v GOP



Odhad a kompenzace pohybu - příklad

- a) Snímek 1
- b) Snímek 2
- c) Rozdíl mezi snímkem 1 a 2
- d) Rozdíl mezi snímkem 1 a 2 po odhadu a kompenzaci pohybu



a)



b)



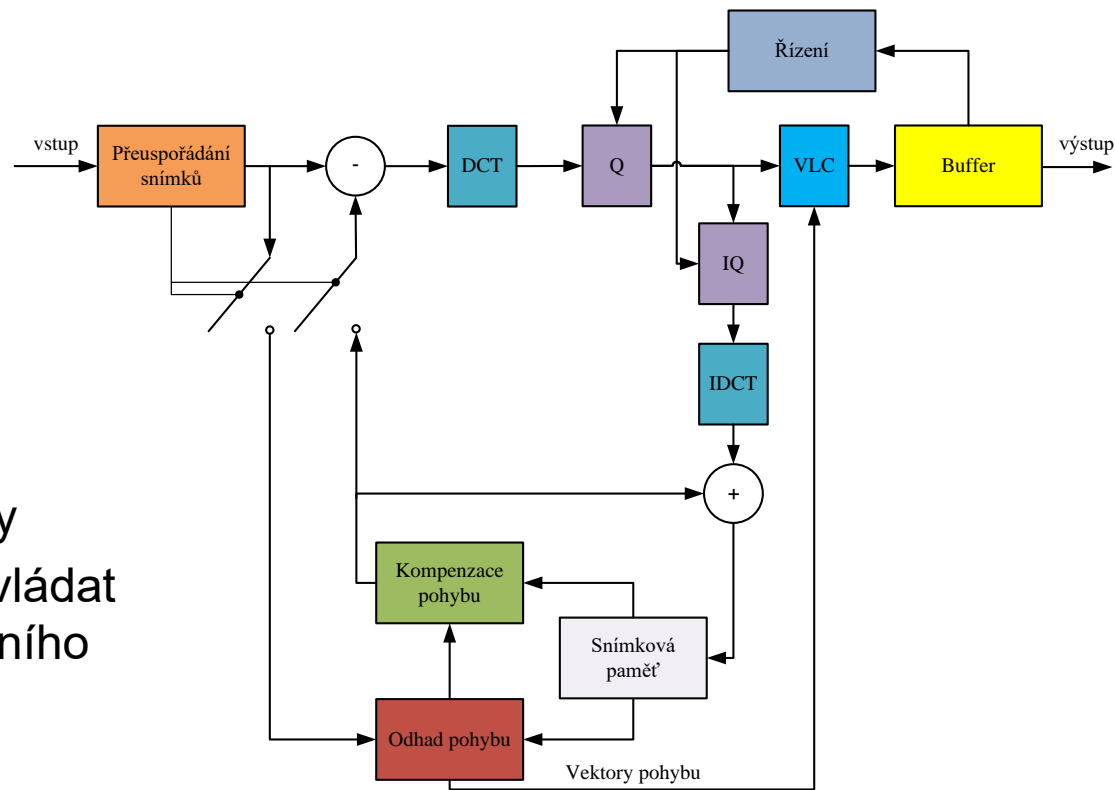
c)



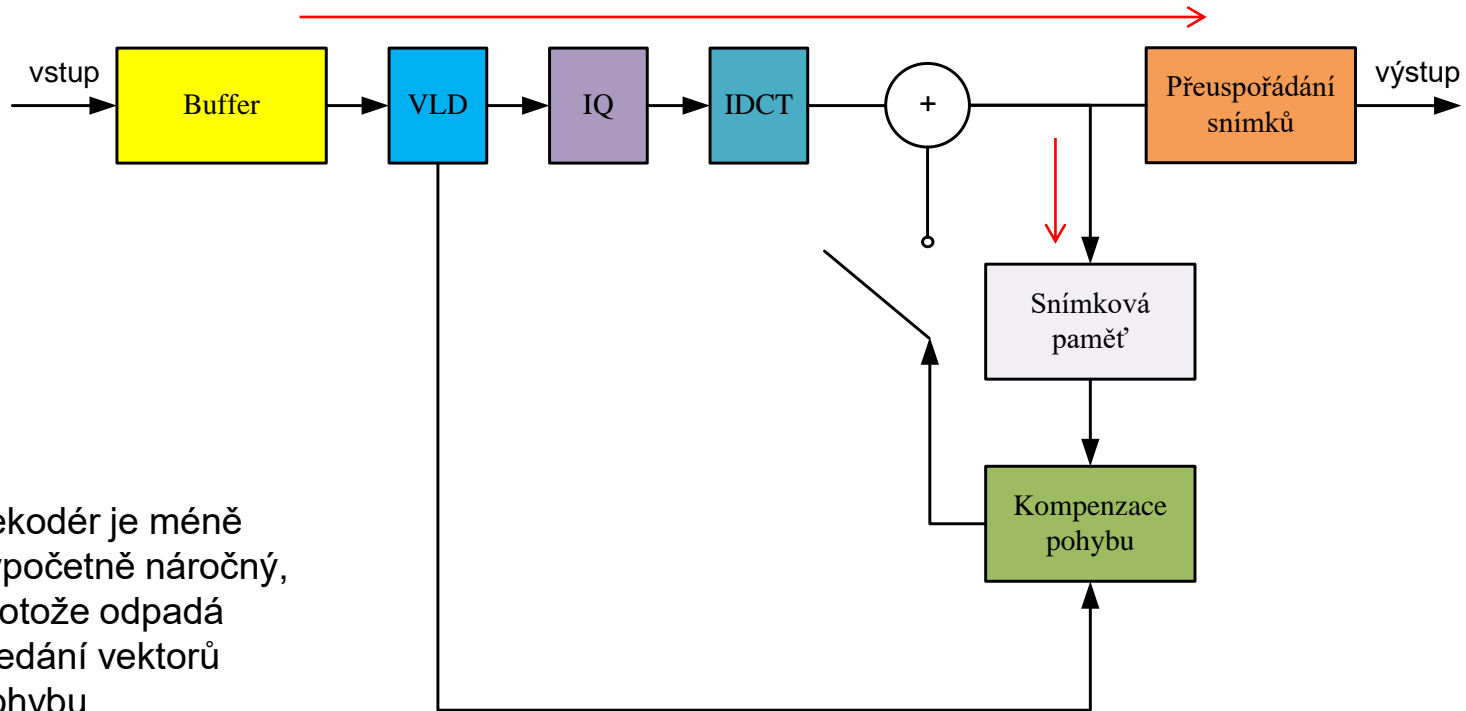
d)

Blok řízení

- Řídí kvantizační tabulky
- Díky němu je možné ovládat bitovou rychlost výstupního bitového toku

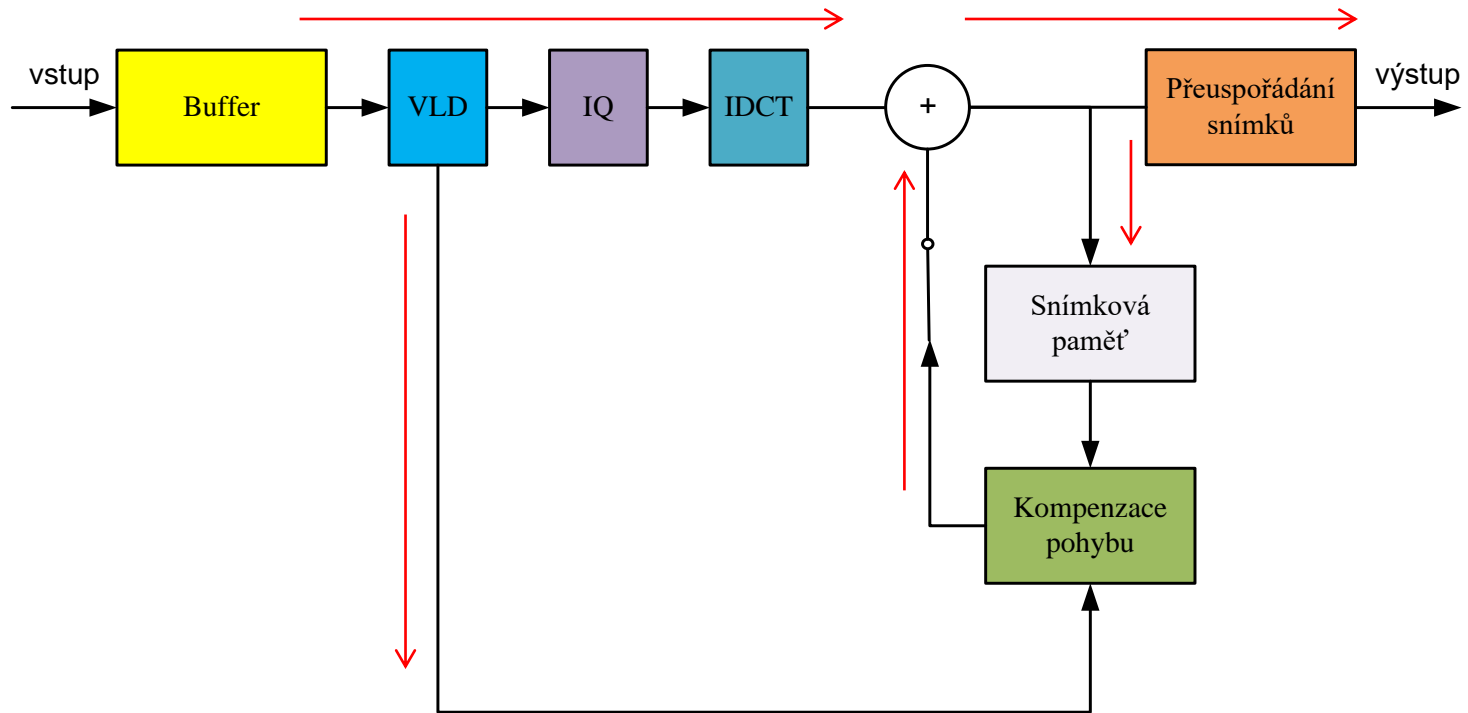


Blokové schéma dekodéru – příchod I snímku



- dekodér je méně výpočetně náročný, protože odpadá hledání vektorů pohybu

Blokové schéma dekodéru – příchod P snímku



B - snímky

- Predikce z předešlého a následného obrazu
- Podle charakteru dané části videa může být vhodné přenášet rozdíl vůči různým snímkům (střih, náhlé změny ve scéně...)
- 2 vektory pohybu pro každý makroblok v B snímku – možnost volby směru predikce:
 - Vektory pohybu směřovány na předešlý snímek (*forward prediction*)
 - Vektory pohybu směřovány na následující snímek (*backward vector*)
- Predikce může být
 - **Dopředná (forward prediction):** daný blok se kóduje jako rozdíl vůči předchozímu snímku
 - **Zpětná predikce (backward prediction):** rozdíl vůči budoucímu snímku
 - **Obousměrná predikce (bidirectional prediction):** přenáší se rozdíl vůči (jasovému) průměru předchozího a budoucího snímku
- Predikce se vybírá taková, u které vyjde nejmenší rozdílový blok
- B snímky nemohou být referenční pro další snímky

Řízení bitové rychlosti

- Typicky je počet bitů $I > P > B$
 - bitová rychlost je závislá na obsahu scény
 - konstantní zpoždění zpracování v kodéru i dekodéru
 - **změna váhového koeficientu kvantizační tabulky**
- **CBR** – konstantní bitová rychlost (*Constant Bit Rate*)

Standard MPEG-2

- ISO/IEC 13818
- Lepší kvalita obrazu (digitální TV vysílání, DVD)
- Typické rozlišení 720x576 nebo 720x480 pro ITU-R601 (SDTV)
- Vyšší celková bitová rychlost 4 až 100 Mb/s
- Maximální velikost slice omezena na jeden řádek
- Podpora prokládaného řádkování
- Rozšiřovatelnost – škálovatelnost (přijímače s různými schopnostmi)
- Kompatibilita s MPEG-1
- Podpora jak konstantní CBR tak i variabilní VBR rychlosti (*Variable Bit Rate*)

Profily

Typ	Podporované nástroje	Aplikace
Jednoduchý (Simple)	I a P snímky, vzorkování 4:2:0, neškálovatelný formát	nevyužíván
Hlavní (Main)	jednoduchý profil + B snímky	broadcast TV
Škálovatelný podle SNR (SNR scalable)	Hlavní profil + škálovatelnost podle SNR	nevyužíván
Prosotorově škálovatelný (Spatial)	Škálovatelný podle SNR + prostorová škálovatelnost	nevyužíván
Vysoký (High)	prostorový + vzorkování 4 : 2 : 2	nevyužíván
4 : 2 : 2	snímky IBIBIB...., rozšířený hlavní profil pro vysoké bitové rychlosti	zpracování videa, distribuce
Multiview	hlavní profil + prostorová škálovatelnost	video streamy, stereo prezentace

Levely

Úroveň	Parametry
Vysoká (HIGH)	Rozlišení 1920x1152 60 snímků/s, 80Mb/s
Vysoká 1440 (HIGH 1400)	Rozlišení 1440x1152 60 snímků/s, 60Mb/s
Hlavní (MAIN)	Rozlišení 720x576 30 snímků/s, 15Mb/s
Nízká (LOW)	Rozlišení 352x288 30 snímků/s, 4Mb/s

H.264 / MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding)

- ISO 14496-10, ITU REC H.264
- Obsahuje další techniky pro efektivnější kompresi
- Standard H.264 navržen pro
 - Broadcastové vysílání přes kabel, satelit, kabelový modem, DSL, pozemní vysílání. Ukládání videa na optické a magnetické disky, DVD, atd.
 - Konverzační služby přes ISDN, Ethernet, LAN, DSL, bezdrátové a mobilní sítě, modemy, atd.
 - Video na požádání nebo streamování multimédií přes ISDN, kabel, modem, DSL, LAN, bezdrátové spojení,...
 - Multimedia messaging services (MMS) přes ISDN, DSL, LAN, bezdrátové připojení, mobilní síť

H.264 AVC - profily

- **Základní (Baseline Profile)**
 - Navržený pro videokonference, Mobilní TV
- **Hlavní (Main Profile)**
 - Navržený pro broadcastové vysílání
- **Rozšířený (Extended Profile)**
 - Navržený pro streaming
- **Vysoký profil (High Profile)**
 - Navržený pro profesionální aplikace – HD kvalita

H265 HEVC

- **H**igh **E**fficiency **V**ideo **C**oding
- Vyvinut pod organizacemi ISO a ITU-T
- ISO/IEC 23008-2, ITU-T Recommendation H.265
- Standardizován v lednu 2013
- Efektivita komprese je vyšší o 50 % než u H.264/AVC
- Základní struktura kódovacího schématu je založená na MPEG-2 a H.264/AVC, zdokonalen především o:
 - Flexibilnější dělení bloků na menší části
 - Flexibilnější predikce a transformace bloků
 - Sofistikovanější interpolace a deblocking filtr (filtrace blokových artefaktů z dekódovaného videa)
 - Sofistikovanější odhad a kompenzace pohybu
 - Podpora paralelního zpracování

Porovnání H.264 AVC a H.265 HEVC

Rozlišení obrazu a/nebo
kvalita

