



Ústav automatizace a informatiky
Fakulta strojního inženýrství
Vysoké učení technické v Brně

Přednáška 6. z předmětu

Počítače a grafika

Ing. Radek Poliščuk, Ph.D.



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Obsah přednášky

- **Přednáška 6 – Záznamové formáty:**
 - ▶ datové formáty pro statický a pohyblivý obraz,
 - ▶ ztrátová a bezztrátová komprese;
 - ▶ zpracování DV záznamů,
 - ▶ produkce DVD.



Datové formáty a kodeky

Statický obraz:

- **Nekomprimované a bezeztrátové:**
 - ▶ **RAW:** Originální data zapsaná v interním formátu grabberu/fotoaparátu,
 - ▶ **BMP:** 8-bit grayscale nebo 24-bit kompozitní RGB data bez komprese,
 - ▶ **TIFF:** -//- zpravidla bez komprese (digitální fotoaparáty),
 - ▶ **PNG:** Bezeztrátově komprimovaná obrazová data pro WWW.
- **Se ztrátovou kompresí:**
 - ▶ **JPEG/JFIF:** EXIF Hlavička + YUV data s DCT kompresí, může být i zapouzdřen (PDF,...)
 - ▶ **VP8/WebP, HEVC/HEIF:** statická implementace DCT/WHT videokodeků s vyšší efektivitou.
 - ▶ **JPEG2000:** Rozšíření specifikací JPEG o možnost wavelet komprese.
 - ▶ **DjVU:** Dokumentační formát pro skenované dokumenty (textové hladiny, monochrom...)

Pohyblivý obraz (snímkové streamy nebo hlavičkové AVI soubory):

- Bezeztrátové **YUV** nebo **RGB** záznamy (kodeky HuffYUV nebo HuffRGB),
- **MJPEG:** záznam ve formě JPEG snímků (obdoba MPEG I-frames),
- **DV** streamy: Průmyslový standard odvozený z MJPEGu, 2×vyšší komprese,
- **MPEG:** Záznamy složené ze skupin snímků (GOP – I, P a B Frames).
- **FLASH:** Programovaná animace s možností animace JPEG snímků

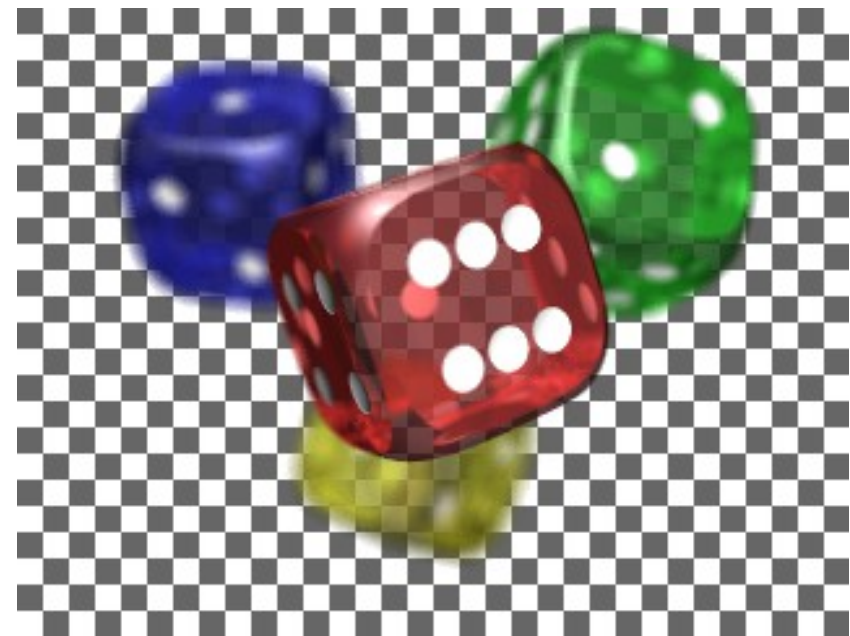
Datové formáty a kodeky

PNG: Bezestrátově komprimovaná data [+ průhlednost]:

- vytvořen jako odezva na snahy sp. UNYSIS o zpoplatnění formátu GIF, (standardizace W3C 1996, od roku 1999 má na WWW nahrazovat GIF)
- RIFF Struktura „Hlavička + Chunks (identifikátor, velikost, CRC, data)“,
- Paletové i přímé barevné formáty (viz tabulka),
- Položky palety s průhledností nebo samostatný Alfa kanál,
- Řádková komprese metodou **Deflate** („ZIP“ = LZ77+Huffman):
 - ▶ rozdílová komprese vzhledem k předchozím pixelům,
 - ▶ vytváří se frekvenčně uspořádaný slovník barev, který
 - ▶ přiřazuje různým kombinacím vhodné bitové délky ID.
 - ▶ Účinnost srovnatelná s metodou LZW použitou u GIFu (velikost PNG je ale obvykle větší, zvláště v 24-bit barvě!),
 - ▶ pro „reálný“ obraz řádově horší účinnost než DCT/JPEG.
- Díky **chybné práci MSIE 6 s alfa kanály PNG** dlouho opomíjen (MSIE 6 podporoval jen paletovou průhlednost - viz GIF),
- **PNG Neumožňuje** vložení více snímků a jejich animaci (pro ty je sice určena definice MNG – reálně se ale nepoužívá).

=> **na WWW často přežívá kombinace 8-bit GIF89a + JPG.**

Paleta (color type 3)	1	2	4	8	
Šedá (color type 0)	1	2	4	8	16
šedá+alpha (c.type 4)				16	32
RGB (color type 2)				24	48
RGB+alpha (c.type 6)				32	64



Datové formáty a kodeky

JFIF = EXIF hlavička + JPEG Data:

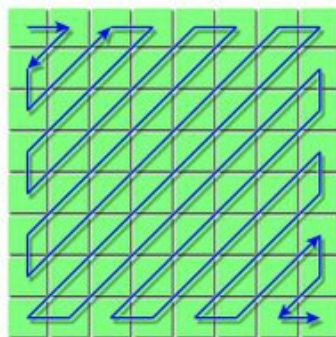
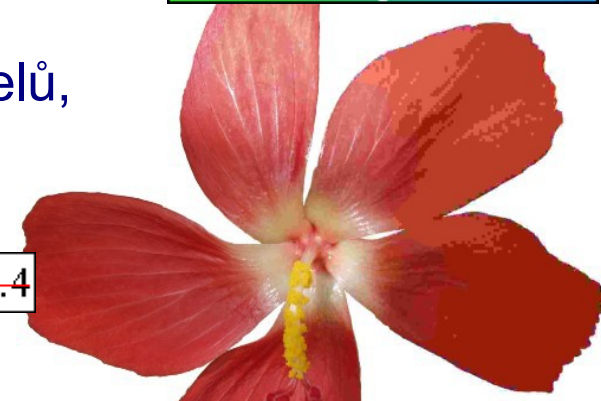
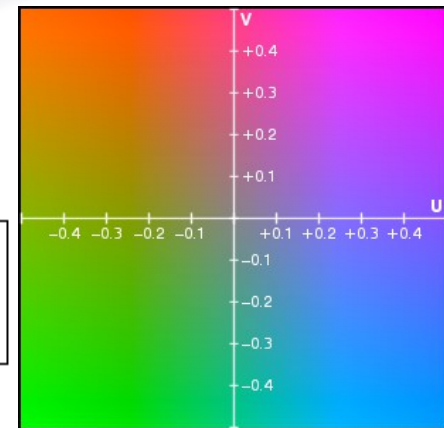
- Převod RGB do prostoru YUV:
$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.147 & -0.289 & 0.436 \\ 0.615 & -0.515 & -0.100 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$
 (barevná a jasová složka)

- Downsampling barvonosné složky 4:2:2 nebo 4:2:0,
- Diskrétní kosinová transformace makrobloků 8×8 pixelů,

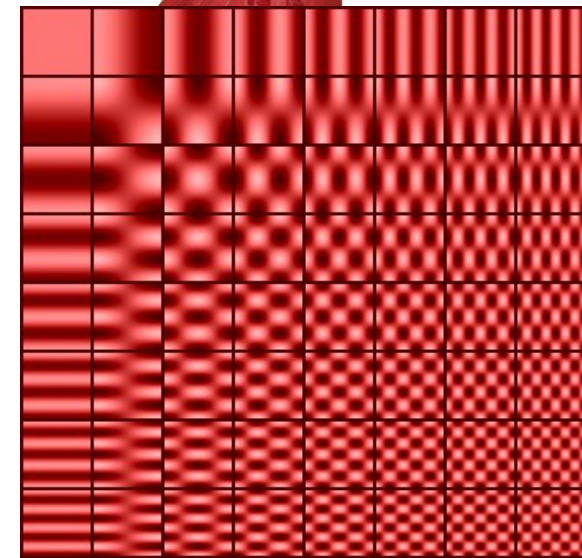
$$B(k_1, k_2) = \sum_{i=0}^{N_1-1} \sum_{j=0}^{N_2-1} 4 \cdot A(i, j) \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot k_1}{2 \cdot N_1} \cdot (2 \cdot i + 1)\right] \cdot \cos\left[\frac{\pi \cdot k_2}{2 \cdot N_2} \cdot (2 \cdot j + 1)\right]$$

- Ořez frekvenční mapy DCT/WHT:

100	-52	0	-5	0	-2	0	0.4
-----	-----	---	----	--------------	---------------	--------------	----------------
- Entropická komprese dat (Huffman VLC)



8×8 makroblok



Datové formáty a kodeky

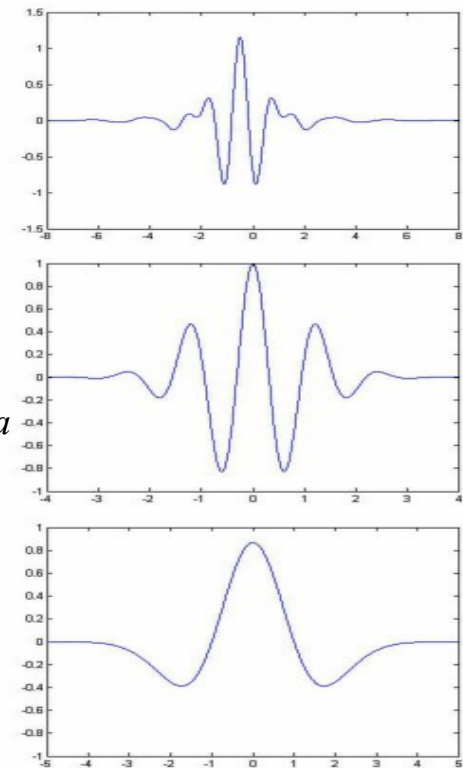
Waveletová komprese (Morlet a Grossman, 1982)

- Multi-level high-pass konvoluce transformující mateřské **vlnkové funkce**

$$\psi(t) = 2 \operatorname{sinc}(2t) - \operatorname{sinc}(t) = \frac{\sin(2\pi t) - \sin(\pi t)}{\pi t}$$

vhodnou **škálovací funkcí**: $\psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$ $a \sim \text{amplituda}$
 $b \sim \text{bias}$

- Ztrátové i bezztrátové varianty
- Kvalita (a účinnost) lepší než u DCT/JPEG
=> standardizace v rámci JPEG2000
- Často využíváno pro biometrii (Iris Scan)



Fraktálová komprese:

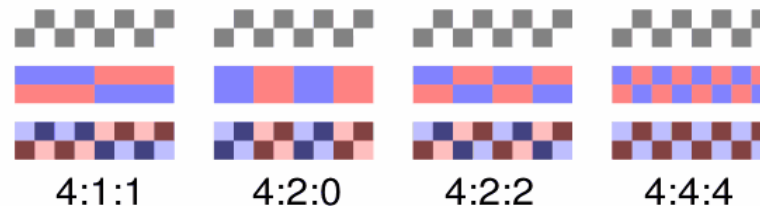
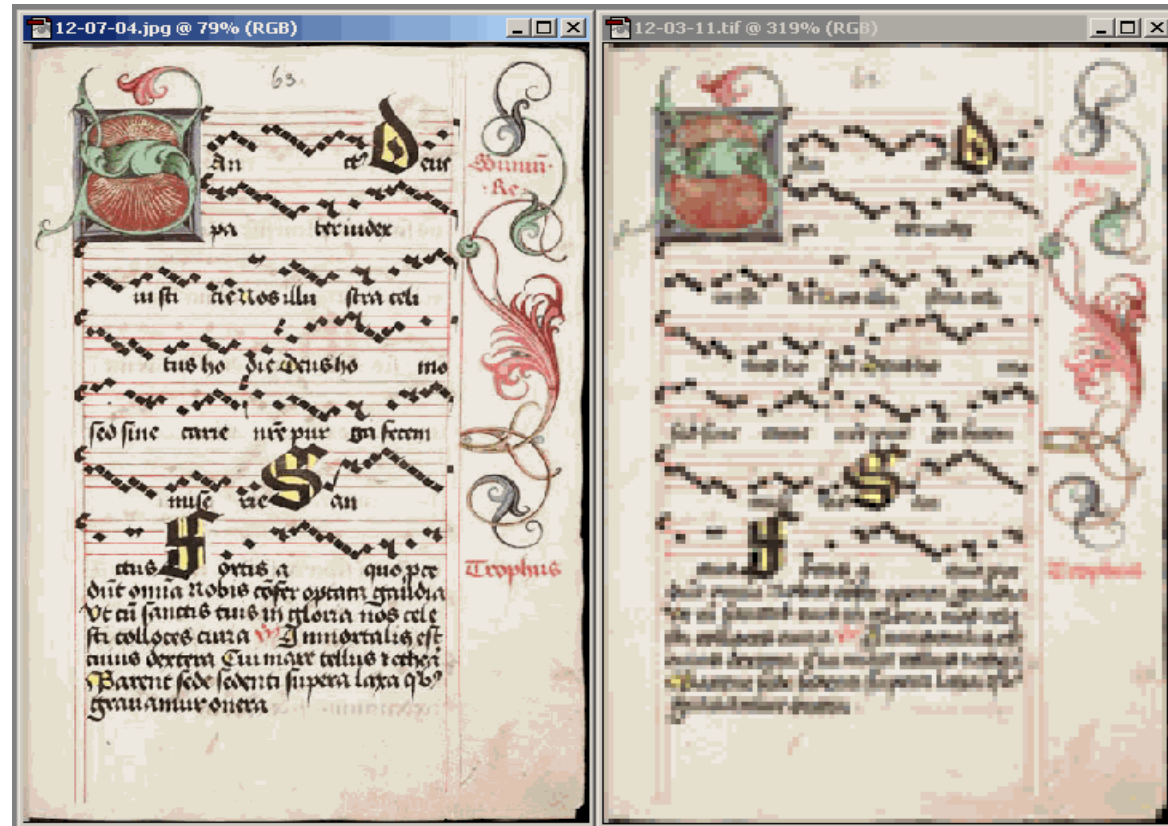
- Populární v 80-90. letech, rekurentní algoritmy
- obtížná automatizace algoritmů pro výběr fraktálu vhodného pro popis daného povrchu.
- Výhodné pro rekonstrukce z malého rozlišení



Datové formáty a kodeky

Použitelnost ztrátové komprese:

- Pro snímky „reálného světa“ (scan, foto) by měly být chyby a artefakty vzniklé vhodně zvolenou ztrátovou kompresí menší, než náhodné chyby vzniklé na použitém snímáči.
- Na „počítačově vytvářený“ obraz (čistě pozadí, výplně bez šumu, plynulé přechody, screenshoty) je vhodnější PNG (nebo PCX), který nevytváří falešné artefakty.
- Volba rozlišení:komprese:CPU je vždy kompromisem, který děláme s ohledem na typ zadané úlohy (viz 65k snímek JPEG/TIFF:).
- Kvalita reprodukce barev je dána i použitým Chroma sub-samplingem:



Datové formáty a kodeky

„Pohyblivé“ obrázky = VIDEO:

- **MJPEG** (Motion Picture Expert Group, 1988):
 - ▶ každý pulsníček analogového signálu je samostatný JPEG:
 - ▶ NTSC: 720×480 (reálně viditelný formát 640×480),
 - ▶ PAL: 720×576 (reálný viditelný formát 768×576).
 - ▶ Datové toky až 59Mbit/s
 - ▶ Díky prokládání je nevhodný pro progresivní sledování na PC a pro zmenšování.
- **DV** (1996 – definice kodeku a formátů médií):
 - ▶ Komprese výchozího prokládaného datového proudu 248Mbit/s,
 - ▶ stejné výchozí rozměry snímků jako MJPEG,
 - ▶ Chroma Subsampling YUV 4:1:1,
 - ▶ Ztrátová DCT komprese na typický datový tok 25Mbit/s video + audio 1,536Mbit/s + 8,7Mbit/s detekční a korekční kód, tj. 35 Mbit/s ~ 4MB/s ~ 1GB/4min ~ komprese 7:1.
 - ▶ U verze HD (720p nebo 1080i) se provádí anamorfní podsamplování na šířku (1280×720 -> 960×720, 1920×1080 -> 1440×1080), opět s pevnou kompresí cca 7:1 na výsledný datový tok cca 100mbps (3×více než u DV).



Datové formáty a kodeky



MPEG formáty (formální definice uspořádání bitstreamu):

- **MPEG-1:** Výchozí standard pro Video CD, definice zahrnuje také „Layer 3“ (MP3) pro audio.
- **MPEG-2:** Video a audio standardy pro přenosovou kvalitu TV. Jako **transport stream** využíváno v pozemních digitálních systémech ATSC, DVB a ISDB, satelitní DirecTV, v kabelových televizích a (jako **Program Stream**) také pro DVD a streamované vysílání po internetu.
- **MPEG-3:** Původně navržen pro HDTV, později opuštěn („protože MPEG-2 stačí“).
- **MPEG-4:** Rozšiřuje MPEG-1 o podporu video/audio "objektů", 3D obsah, low bitrate encoding a DRM. Zahrnuje i efektivnější videokodeky, např. H.264/MPEG-4 AVC, ASP, DivX, Xvid, VP8, HEVC...

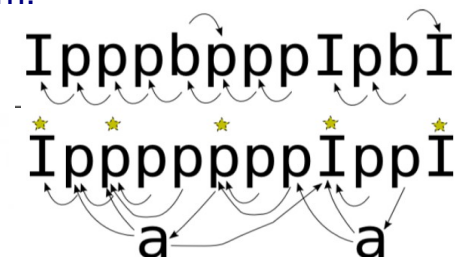
Kódování a dekódování dat:

- Pro zpracování obrazu/dat jsou se předpokládá přítomnost **splitteru A/V** a **kodeků** (kodér/dekodér)
- MJPEG komprese je použita na klíčové „**I-frames**“ (Intra coded), snímky mezi nimi se kódují a rekonstruují po balíčcích (**GOP** – Group Of Pictures) pomocí vložených snímků:
 - ▶ **P-frames** (Forward Predictive - prostorově/časová předpověď změn oproti předchozímu snímku) a
 - ▶ **B-frames** (Bidirectional Predictive – změny oproti interpolované predikci z obou stran).*Typická GOP sekvence pak vypadá např.: I_BB_P_BB_P_BB_P_BB_ (15 snímků).*

AVI (Audio Video Interleave, Microsoft 1992, r.1996 převzali Matrox OpenDML → AVI 2.0)

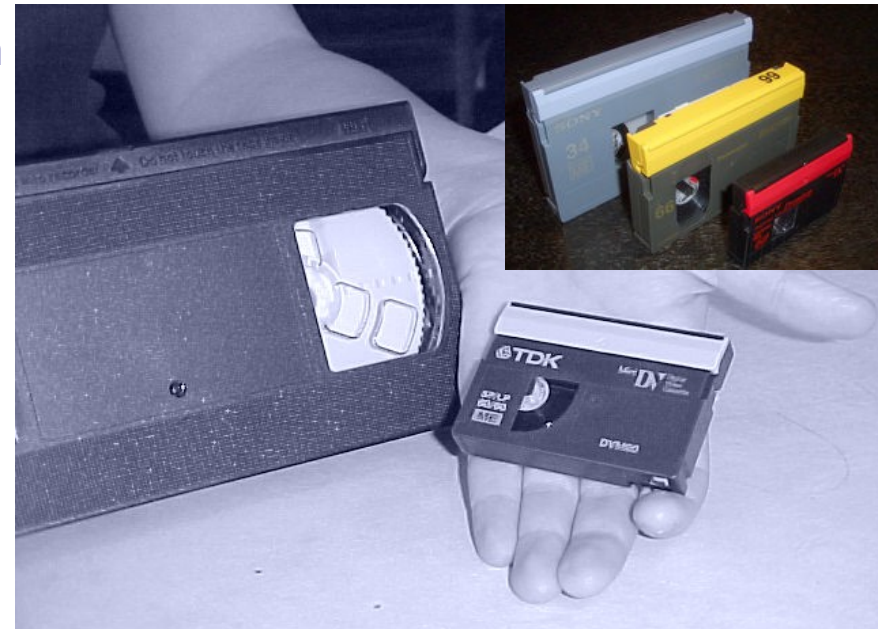
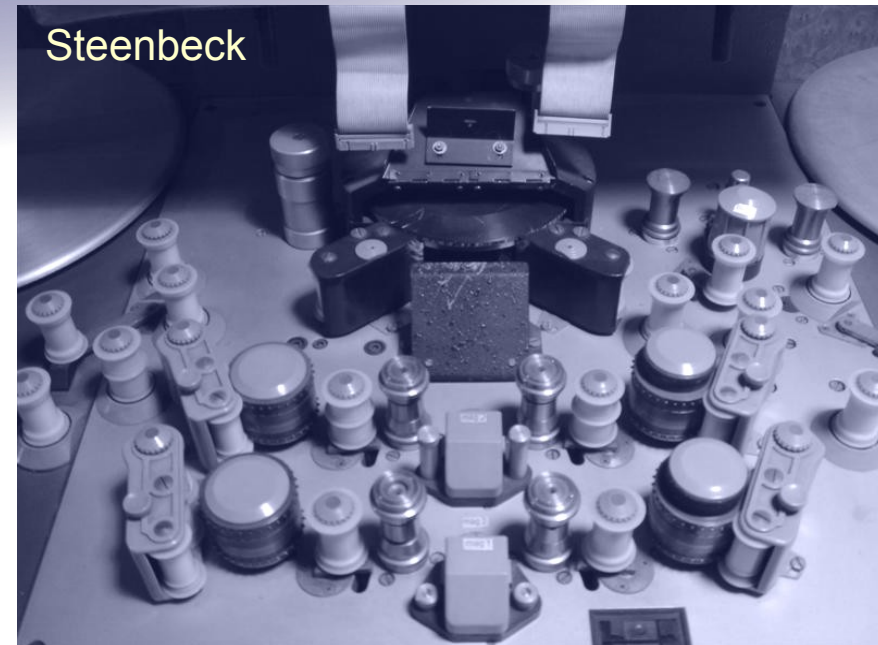
- RIFF Formát pro souborový zápis AV streamu, opět kódovaného příslušným kodekem.

MOV, RM, MKA, WebP/WebM, HEIF/HEVC: Objektové „kontejnery“, funkčně ~ MPEG4.



Digital Video

- DV/MiniDV uvedeno na trh v roce 1996, jako náhrada tehdejších konzumních analogových videosystémů (VHS, Video8,...)
- Cílem byl digitální záznam na klasický pásek „konzumních“ VHS a Video8 kazet,
- I/O kompatibilita s původními TV/Video systémy (DV zařízení mohou pracovat i s analogovým AV).
- Bezeztrátové zpracování videa (ztráty vznikají jen na jediném místě: při kompresi ve videokameře),
- Produkční kvalita (díky kompresi dat) při přijatelném datovém toku (rozhraní SCSI a IEEE1394/FireWire, běžné IDE disky),
- Nelineární střih i v „domácích podmínkách“ („střižnou“ je počítač, vybavený příslušným rozhraním pro připojení kamery + SW) v krocích:
 - ▶ přepis zdrojového videa na HDD (MJPEG/DV),
 - ▶ střih (ořez klipů, přechody, efekty, dubbing,...),
 - ▶ archivace v plné kvalitě zpět na DV a
 - ▶ produkce videa (MPEG, DVB, DVD, analog...)
- Obdobný přístup „bez rekomprese“ je využíván i u novodobých High-Efficiency (HEIF/HEVC) formátů



Digital Video

Zpracování DV (DVCAM, DVCPRO, DVCPRO-HD):

- Klasické analogové video (A→B): **Lineární střih**
 - ▶ Střih napojováním úseků na časové ose
- Počítačové zpracování (RAM): **Nelineární střih**
 - ▶ Skládání výsledného snímku z více zdrojů, ležících v různých časových osách



Digital Video

Profesionální střih DV:

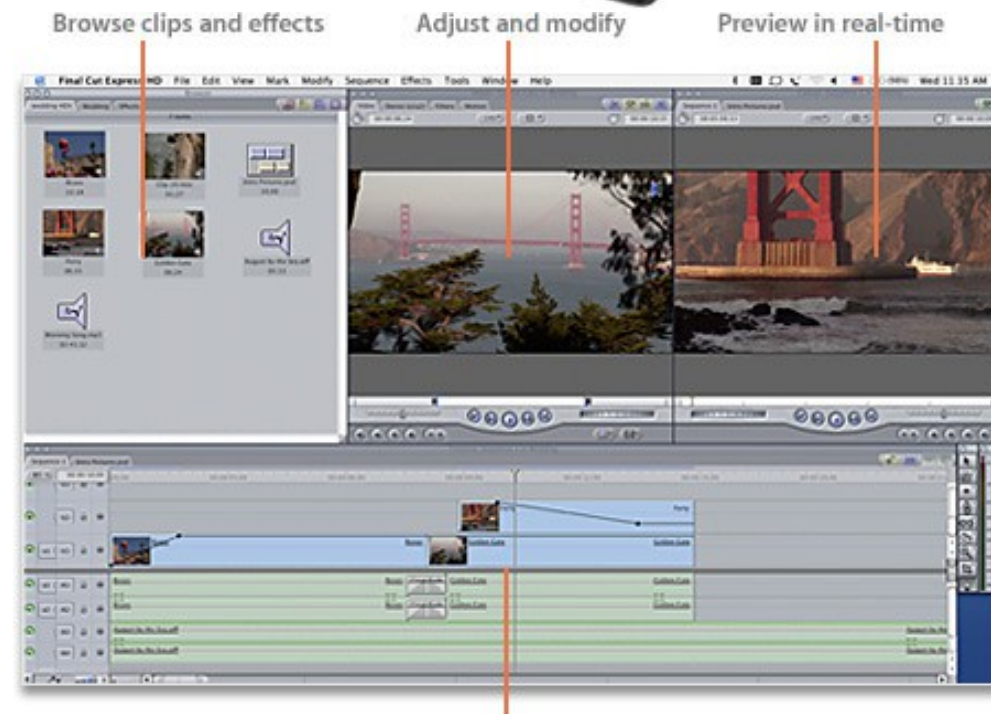
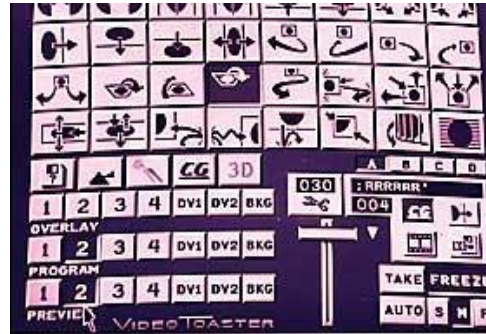
(produkce TV, HD, DVD...)

- Apple Final Cut
- AVID Xpress DV/HD
- Pinnacle Studio
- Sony VEGAS
- Adobe Premiere

Pro amatérské účely:

(domácí VCD, DVD,...)

- Apple iMovie
- AVID Free DV
- Pure Motion Edit Studio Home
- Ulead Media Studio
- Windows Movie Maker



Composite multiple streams of video, images and audio tracks

DVD produkce

Produkce konzumního videa (DVD, VCD, SVCD,...)

- následuje obvykle po sestřihání a archivaci originálního DV záznamu,
- MPEG stream vytváří buď stříhací SW a nebo specializovaný enkodér (HW nebo SW),
- authoring CD/DVD (uspořádání stop, menu,...) řeší buď střižna, nebo vypalovací SW (EasyCD/DVD Creator, Nero,...):
 - ▶ **VCD** (Video CD, MPEG1 352x288@25, 1152+224kbps, L2 stereo)
 - ▶ **SVCD** (Super~, MPEG2 480x576@25p/50i, VBR/CBR, 2xL2 st.)
 - ▶ **MiniDVD** (DVD struktura na CD médiu, určeno pro PC)
 - ▶ **DVD** (Digital Versatile Disc, resp.Digital Video Disc, VIDEO_TS):
 - ▶ jedno a dvouvrstvé disky, možnost obou stran (n×4,6GB),
 - ▶ rozlišení 640×480 (NTSC) nebo 720×576 (zmenšený PAL 4:3),
 - ▶ možnost anamorfního roztažení 16:9 (21:9 je jen 16:9 s okraji),
 - ▶ filmová DVD 24 nebo 25 FPS/p, televizní 50i, MPEG2 komprese,
 - ▶ až 6-kanálový zvuk, komprese MPA(L3) nebo AC3 (DTS, Dolby).
 - ▶ všechny polohy menu: TrueColor obrázky s vrstvami (tlačítka),
 - ▶ Titulky: 4-barevné bitmapy.
 - ▶ **BluRay**... námět na referát



Závěr

Byla probrána témata:

- datové formáty pro statický a pohyblivý obraz,
- ztrátová a bezztrátová komprese;
- zpracování DV záznamů a
- produkce DVD.

Námět na cvičení/referát:

- Ukázky editace videa
- Ken Burns efekt
- High Efficiency kodeky