

# Rastrový obraz, grafické formáty

© 1995-2019 Josef Pelikán  
CGG MFF UK Praha

[pepca@cgg.mff.cuni.cz](mailto:pepca@cgg.mff.cuni.cz)  
<http://cgg.mff.cuni.cz/~pepca/>



# Snímání rastrového obrazu

## Digitální fotoaparát / kamera

- plošný snímač (CCD, CMOS)
- barvy → nejčastěji Bayerova maska
- náročné vyčítání dat
- syrová data (RAW) se přímo v přístroji zpracují
  - » specializovaný digitální obrazový procesor (DIGIC ...)

## Scanner (filmový, stolní, kopírka)

- obvykle **lineární snímač** (1D)
- jednodušší vyčítání, ale nutnost mechanického pohybu



# Plošný snímač obrazu

## Rozměry a rozlišení

- větší fyzické rozměry → méně šumu (fyzika)  
... i optika bývá kvalitnější
- větší rozlišení (více Mpix) → více šumu

## Citlivost snímače (ISO)

- pouze nastavuje **zesílení** při ADC konverzi
- větší citlivost (zesílení) → více šumu

## Snímání barev

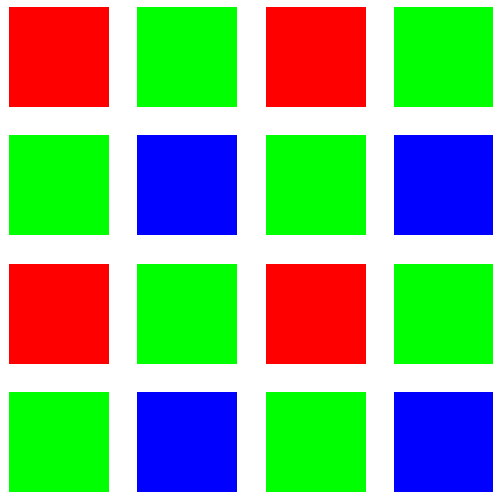
- Bayerova maska, přímé uložení do RAW



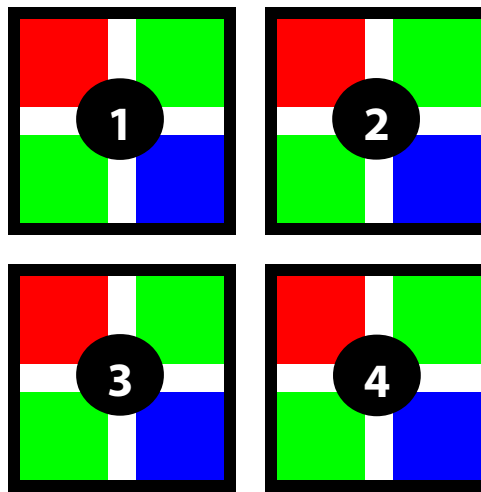
# Bayerova maska

## Barevné filtry pro RGB

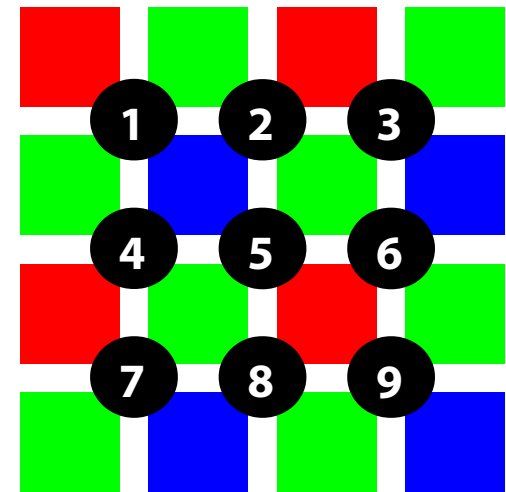
- jednotlivé složky se snímají odděleně (vedle sebe)
- menší efektivita snímače, ale jednoduchá výroba



maska senzoru



přepočítání na pixely



efektivnější  
přepočítání



# Barevné formáty pixelu

## Barevná paleta (8 bitů)

- globální tabulka barev (paleta, „colormap“)
- pixel obsahuje **index barvy** v paletě

## Černobílé / šedé pixely (1 bit / 8-16 bitů)

- 1-bitová „bitmask“ (např. při faxovém přenosu)
- odstíny šedé, korigované na „gamma“ koeficient

## Plná barva, „true-color“ (24-48 bitů)

- nejběžnější uložení barev (RGB), korekce na „gamma“

## „Hi-color“ (15-16 bitů)

- „ořizená“ plná barva, 5-5-5 nebo 5-6-5 bitů (RGB)



## Rastrové

- obdélníková **matice pixelů** („bitmapa“)
- MS-Windows Bitmap (BMP), Portable Network Graphics (PNG), CompuServe GIF, Interchange File Format (IFF), JFIF (JPG), PBM/PGM/PPM/PFM, Macintosh (PICT), Targa (TGA), Tagged Image File Format (TIFF) ...

## Vektorové

- **posloupnost objektů nebo příkazů** (škálování)
- CorelDraw!<sup>™</sup> (CDR), Scalable Vector Graphics (SVG), AutoCAD<sup>™</sup> (DXF), Adobe Illustrator<sup>™</sup> (AI), Adobe PDF<sup>™</sup>, PostScript<sup>™</sup>, Windows Metafile (WMF) ...



# Rastrové grafické formáty

## Formát uložení barev

- barevná paleta, šedá škála, „true-color“, kanál „ $\alpha$ “

## Komprese

- **bezeztrátová** / **ztrátová**
- **RLE**: TGA, BMP; **LZ\***: PNG, GIF, TIFF; **JPEG**: JFIF, TIFF

## Rozklad obrázku

- prokládané/progresivní režimy (PNG, GIF, TGA, JFIF ...)

## Negrafické info – metadata (popisky, copyright, datum ...)

- všechny moderní formáty (TIFF, PNG, GIF, JFIF ...)



# PBM / PGM / PPM

Velmi jednoduchý **rastrový formát**

Jednoduchá textová hlavička + txt nebo bin data

- bez komprese
- pixelové formáty: B/W (P1/4), gray (P2/5), RGB (P3/6)

Příklad šedého obrázku 16×8

```
P2
16 8 255
0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 0 90 90 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 90 128 128 90 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 90 180 255 255 180 90 0 0 0 0 0
0 0 0 0 90 180 255 255 255 255 180 90 0 0 0 0
0 0 0 90 180 255 255 255 255 255 255 180 90 0 0 0
0 0 90 180 255 255 255 255 255 255 255 255 180 90 0 0
0 90 180 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 180 90 0
```





# Targa formát (Truevision Inc.)

## Jednoduchý rastrový formát

Původně HW orientovaný

- video-adaptéry Targa (Targa 16, Targa 24, ..)

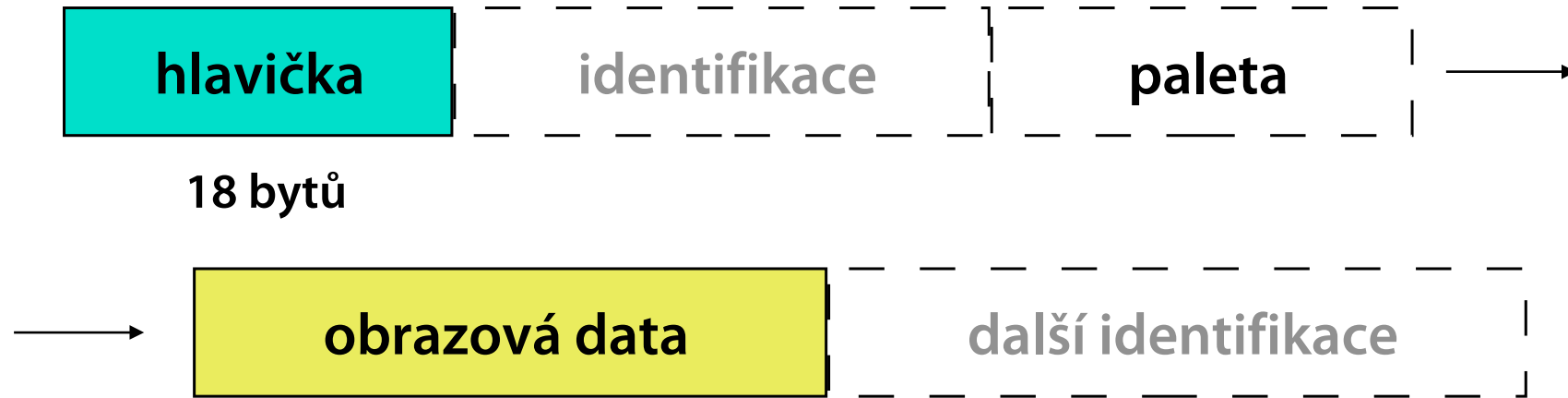
## Několik různých **barevných formátů**

- RGB, RGB $\alpha$ , šedé obrázky, obrázky s paletou, atributové bity
- různé metody **kompres**e (RLE komprese je pixelově orientovaná)

Různé typy **prokládání** (přenos po síti)



# Struktura TGA souboru



## Hlavička souboru

- barevný formát (paleta, RGB,  $RGB\alpha$ , šedý obrázek)
- délka identifikace (ASCII text, maximálně 256 znaků)
- typ komprese: bez, RLE, Huffman, delta-modulace
- velikost obrázku: [ $X_0, Y_0$ ], šířka, výška
- orientace (shora, zdola), typ prokládání (1, 2, 4 fáze)



# Formáty pixelu v TGA

Paleta, šedý obrázek



8 nebo 16 bitů

RGB 16



atribut

16 bitů

RGB 24



24 bitů

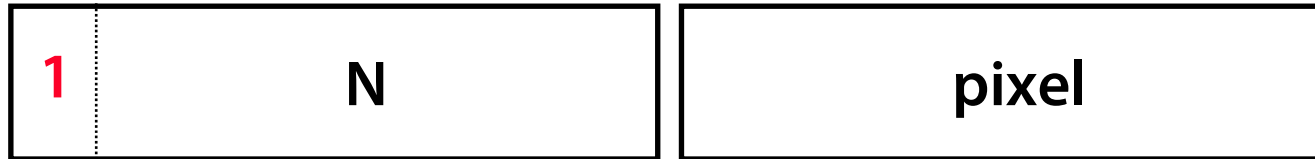
RGB 32



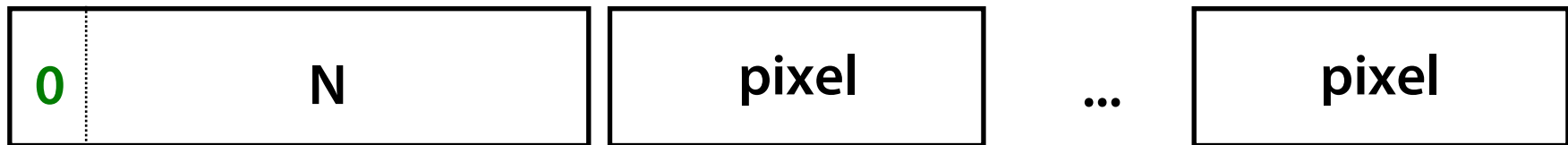
32 bitů



# RLE komprese v TGA



$N+1 \times$  opakuj 'pixel'



kopírovací paket

$N+1$  pixelů

Maximální délka paketu je 128 pixelů

- prodloužení je v nejhorším případě 0.8 % délky souboru



# GIF formát (CompuServe Inc.)

## Graphics Interchange Format (verze 87a, 89a)

- rastrový formát relativně nezávislý na HW
- pouze obrázky s paletou (max. 256 barev)

## LZW komprese s dynamickou délkou kódu

- patenty UniSys Inc. (licenční poplatky do 2003-2004)

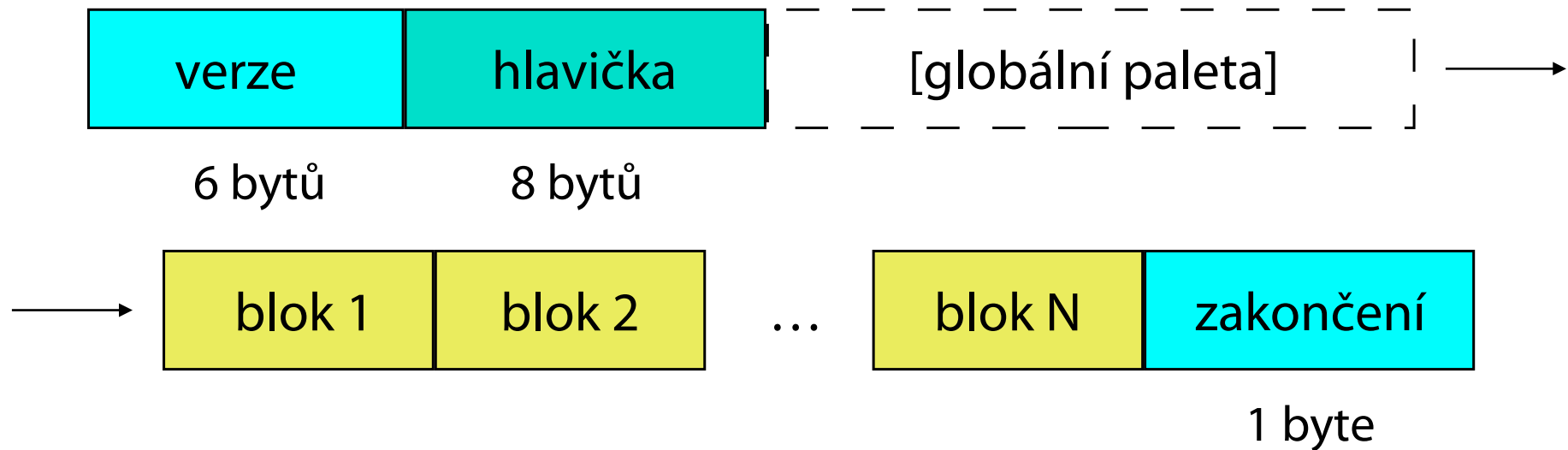
## Volitelné 4-fázové **prokládání** (pro přenos po síti)

## Další rozšíření

- více obrázků v jednom souboru (**animace**)
- aplikační neobrazové informace (**metadata**)
- definice „průsvitné barvy“, interakce uživatele, výpis textu ...



# Struktura GIF souboru



Verze: 'GIF87a' nebo 'GIF89a'

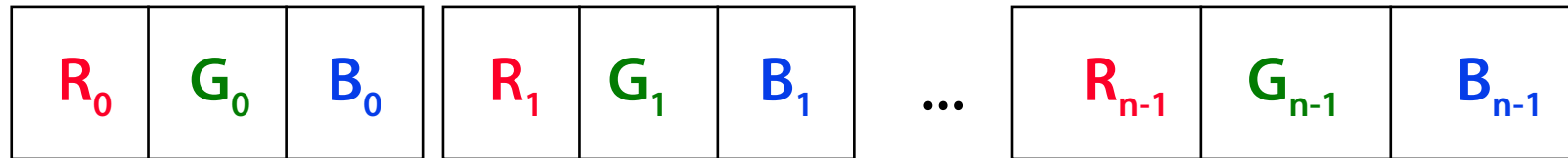
## Globální hlavička

- výška a šířka virtuální obrazovky, počet bitů na pixel, barva pozadí, „pixel aspect ratio“ (4/1 až 1/4)
- globální paleta: délka, třídění (významné barvy na začátku)?



# Struktura GIF souboru

## Paleta



( $n \times 3$ ) byty

## Bloky

- obrazová nebo jiná data (poznámky, aplikační data, řídicí bloky)
- **jednotný vnější formát**
  - » jiná verze dekodéru může neznámé bloky přeskakovat



# Obrazový blok

## Geometrie obrázku

- $[X_0, Y_0]$ , šířka, výška

## Nepovinná lokální paleta

- počet barev, třídění (podle důležitosti)

## Volba – prokládání

- 8 fází kreslení obrázku

## Obrazová data

- počáteční délka LZW kódu
- vlastní kódovaná data





# Prokládání

0	I
1	IV
2	III
3	IV
4	II
5	IV
6	III
7	IV
8	I

I fáze: řádky  $8i$

II fáze: řádky  $4 + 8i$

III fáze: řádky  $2 + 4i$

IV fáze: řádky  $1 + 2i$



# Rozšiřující bloky (verze 89a)

## Blok řízení grafiky

- uvolnění grafiky (nechat/smazat/obnovit)
- interakce uživatele, prodleva (pro animace)
- definice transparentní barvy

## Blok komentáře

- jakýkoli text – pro uživatele

## Blok textu

- výpis textu na obrazovku (neproporcionální font)

## Aplikačně závislý blok

- libovolná binární data (např. FractInt)



# LZW komprese (Lempel-Ziv-Welch)

## Slovníková kompresní metoda (1984)

- vychází z LZ78 (Lempel-Ziv, 1978)
- slovník obsahuje přiřazení „fráze → kód“
- fráze = posloupnost pixelů („znaků abecedy“)
- kód =  $n$ -bitové číslo ( $3 \leq n \leq 12$ )

## V průběhu kódování se mění

- **slovník**
  - » adaptivní přizpůsobení kódovaným datům
- **délka kódového slova „n“**
  - » zvětšuje se po jedné až do 12



# Schema kódovacího algoritmu

1. inicializace
  - do slovníku všechny jednopixelové (jednoznakové) fráze
  - $Act := []$  (prázdná posloupnost)
2. přečti další pixel ze vstupu do  $K$
3. je fráze „ $Act + K$ “ ve slovníku?
  - Ano:  $Act := Act + K$
  - Ne: zapiš na výstup kód fráze  $Act$
  - přidej  $Act + K$  do slovníku
  - $Act := K$
4. dokud neskončí vstup, opakuj kroky 2. a 3.
5. zapiš na výstup kód fráze  $Act$



# Práce se slovníkem

## Inicializace slovníku

- kódy  $0 \div 2^p - 1$  ... jednopixelové (jednoznakové) fráze
- kód  $2^p$  ... „reset“ (inicializace přeplněného slovníku)
- kód  $2^p + 1$  ... ukončovací znak (EOF)
- první volný kód fráze ...  $2^p + 2$
- počáteční délka kódového slova  $n = p + 1$  bitů

Pokud má přidaná fráze kód  $2^p$ , **zvětším  $n$  o 1**

- maximální hodnota  $n$  je 12 (4094 frází)
- při přeplnění zakonzervuji slovník (méně často) nebo pošlu „reset“ kód (reinicializace slovníku)

# PNG formát (Portable Network Graphics)



**Konsorcium W3C (1995)**

Rastrový formát navržený pro WWW

Několik formátů pixelu

- paleta, gray, **true-color**, **spojitá průhlednost**
- 8 ÷ 16 bitů na kanál

Informace pro kompenzaci HW odchylek

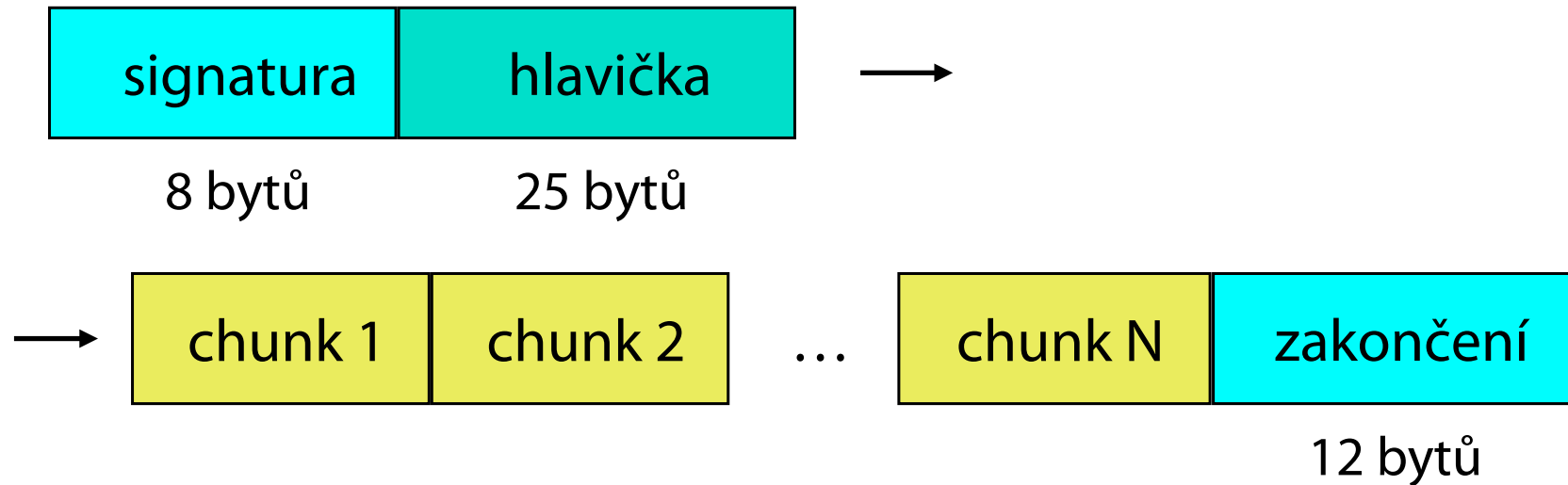
- gamma, gamut, bílý bod

**Komprese DEFLATE** (bez patentů!) založená na LZ77

Vylepšené volitelné prokládání v 7 fázích



# Struktura PNG souboru

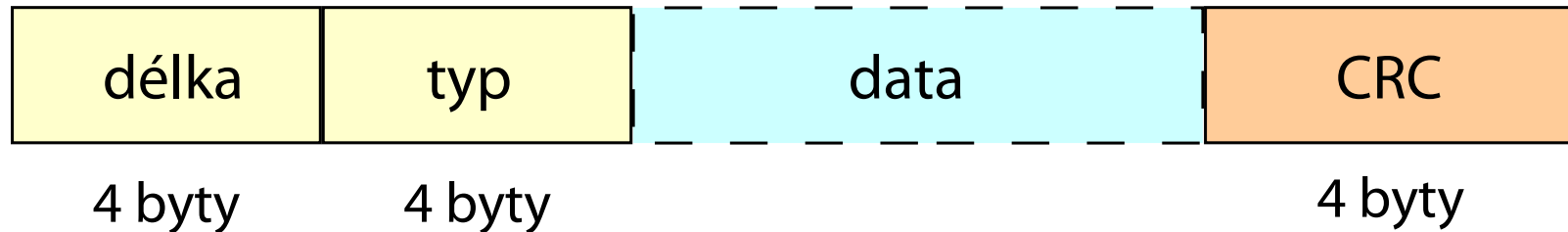


## Hlavička

- výška a šířka obrázku, bitová hloubka
- barevný formát (paleta, gray, true-color, průhlednost)
- komprese, predikce, prokládání



# PNG chunk



## Obrazová nebo jiná data

- paleta, průhlednost, HW kompenzace, dodatečné textové informace ...

## Jednotný vnější formát

- neznámé chunky může dekodér přeskakovat





# LZ77 komprese (Lempel-Ziv)

## Bezeztrátová slovníková kompresní metoda

- s posuvným oknem (typicky desítky KB)
- data v okně bývají zpracována do vhodné datové struktury pro velmi rychlé vyhledávání
- nesymetrický algoritmus (dekódování je rychlejší)

## Kóduje se sekvence dat

- fráze = posloupnost znaků (pixelů)

## Kódem je trojice [ **offset, délka, znak** ]

- offset = relativní poloha začátku fráze (v okně)
- délka = délka fráze v pixelech
- znak = pixel, který následuje za frází



# DEFLATE komprese v PNG

## Dvě fáze

- LZ77 po řádkách
- Huffmanovo kódování
  - » offset
  - » délka, znak

## Volitelná predikce

- standard definuje pět predikčních filtrů
- mohou se přepínat dynamicky na začátku každé řádky
  - » prostor pro optimalizaci (adaptace na charakter obrázku)



# Prokládání v PNG

7-fázové, v první fázi se přenesou 1/64 pixelů

1	6	4	6	2	6	4	6
7	7	7	7	7	7	7	7
5	6	5	6	5	6	5	6
7	7	7	7	7	7	7	7
3	6	4	6	3	6	4	6
7	7	7	7	7	7	7	7
5	6	5	6	5	6	5	6
7	7	7	7	7	7	7	7



# Kompresa JPEG

**Joint Photographic Experts Group (1990)**

**Rastrová komprese se ztrátou dat**

Vhodná pro **spojité obrázky** (fotografie, rendering)

Nevhodná pro písmo, diskrétní grafiku, screenshots

- zřetelné artefakty, menší kompresní poměr než LZ\*

**Volitelná kvalita výsledku (0-100, ovlivní kompresní poměr)**

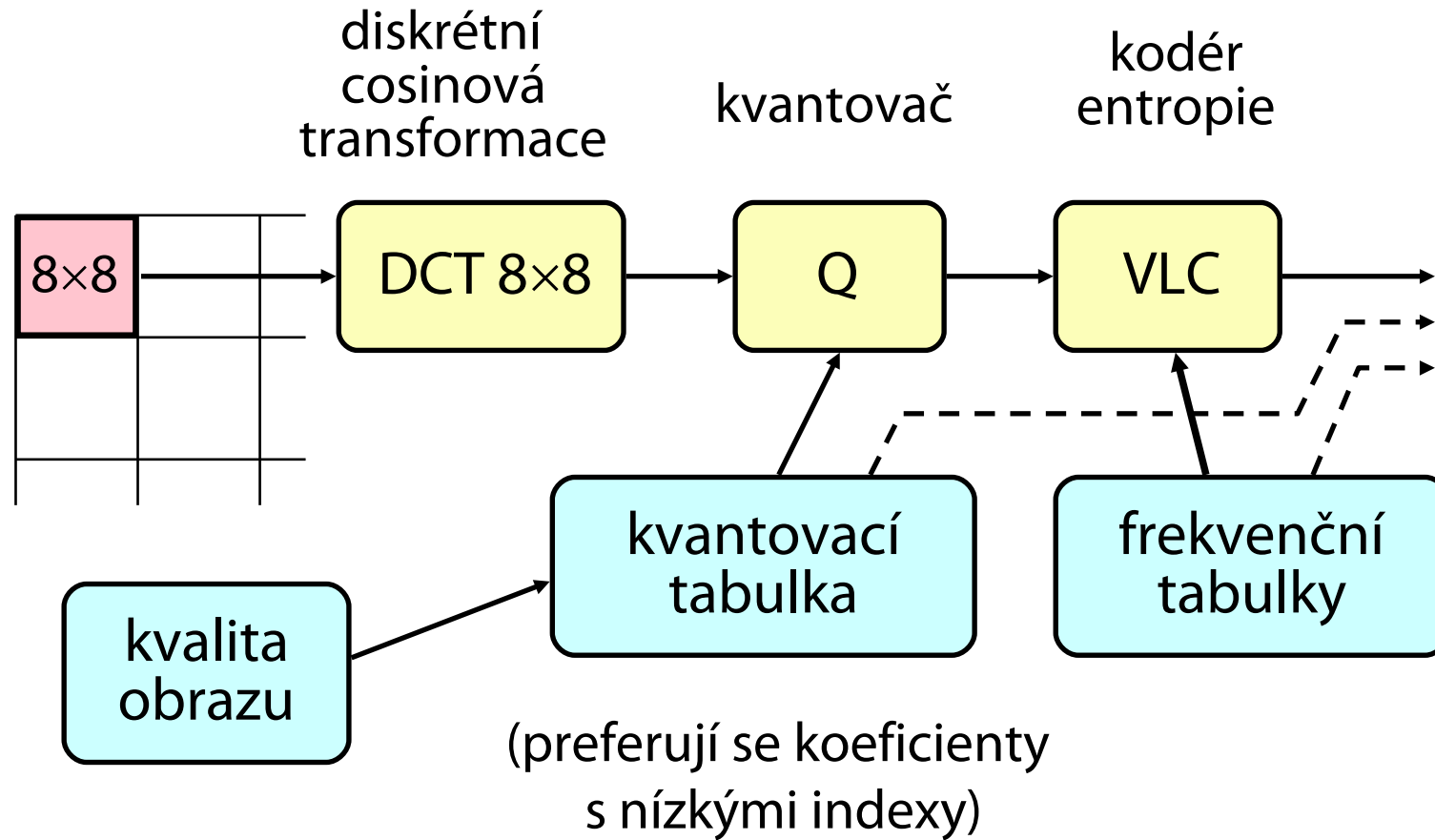
Další volby: progresivní režim, hierarchické kódování

**Standardní formát souboru: JFIF** (přípona JPEG, JPG)

- JPEG File Interchange Format



# Ztrátová komprese JPEG





# Barvy v JPEG

## Podle doporučení CCIR 601

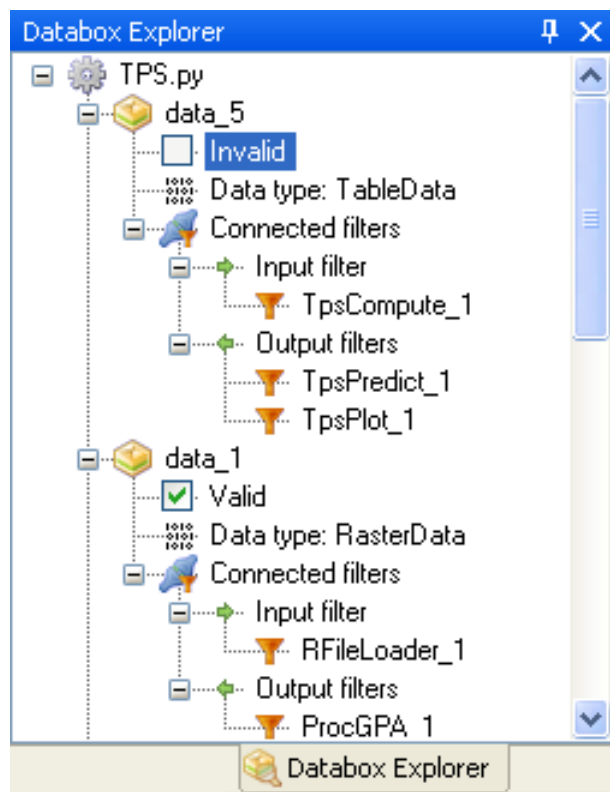
- používá se i ve video-technice

## 8 bitů na každou složku (existuje i 12-bitová varianta)

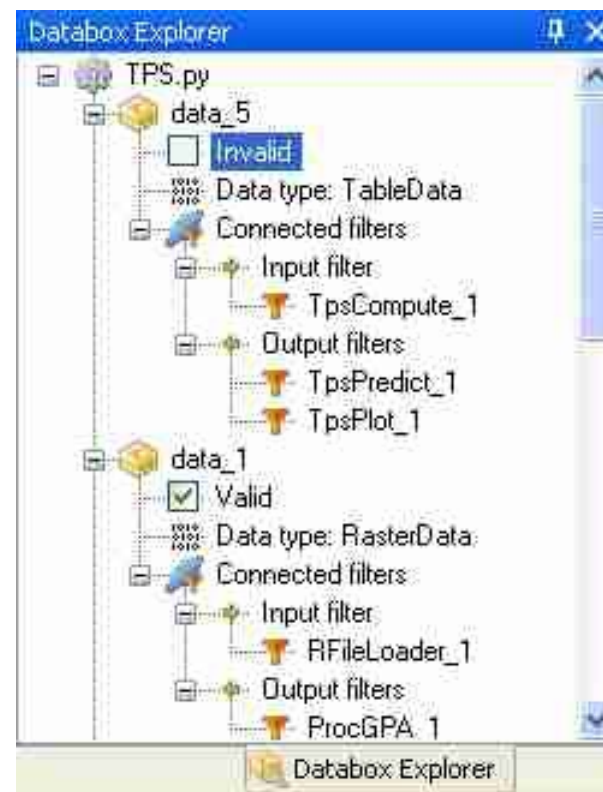
- Y ... jasová složka (odstín šedi)
- $C_b$  a  $C_r$  ... barevné rozdílové složky (reprezentují převážně B a R)

Y =	0.299 R	<u>+ 0.587 G</u>	+ 0.114 B	
$C_b$ =	-0.1687 R	- 0.3313 G	<u>+ 0.5 B</u>	+ 128
$C_r$ =	<u>0.5 R</u>	- 0.4187 G	- 0.0813 B	+ 128

# Artefakty JPEG komprese



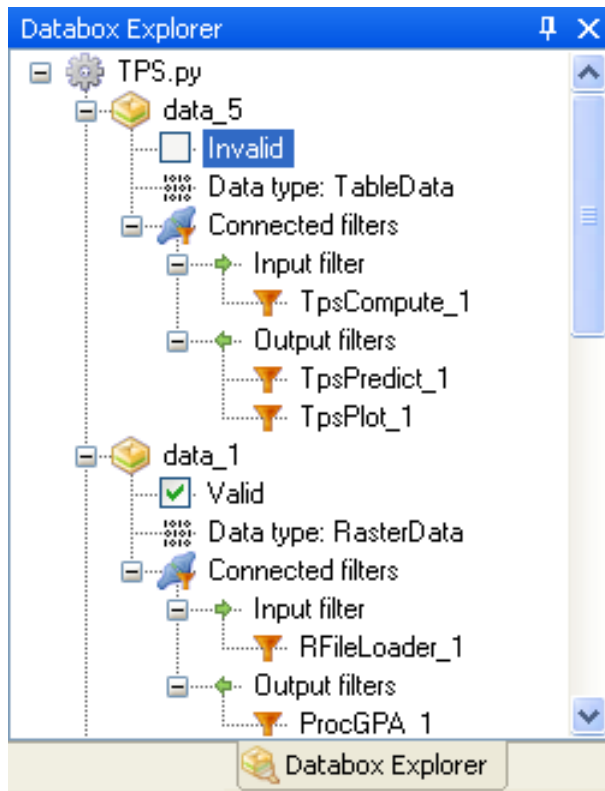
PNG (bezeztrátově)  
12.3 KB



JPEG (kvalita 20%)  
8.4 KB



# Efektivita komprese – screenshot



**PNG (8 bit)**

**5.8 KB**

JPEG (24 bit, q=20%)

8.4 KB

GIF (8 bit)

8.7 KB

**PNG (24 bit)**

**12.3 KB**

JPEG (24 bit, q=60%)

15.6 KB

JPEG (24 bit, q=90%)

26.5 KB

JPEG (24 bit, q=100%)

45.0 KB

**PPM (24 bit)**

**242.0 KB**





# Efektivita komprese: fotografie

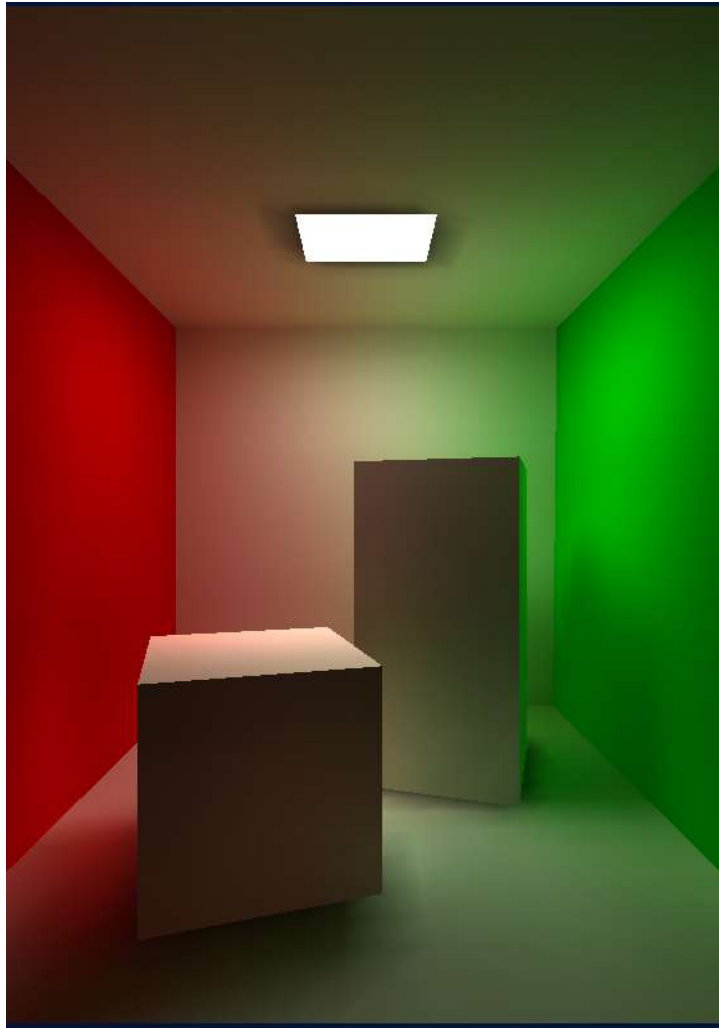


JPEG (24 bit, q=20%)	16 KB
JPEG (24 bit, q=60%)	37 KB
JPEG (24 bit, q=90%)	87 KB
PNG (8 bit)	158 KB
GIF (8 bit)	191 KB
JPEG (24 bit, q=100%)	245 KB
PNG (24 bit)	488 KB
PPM (24 bit)	1052 KB





# Efektivita komprese: rendering



JPEG (24 bit, q=20%)	9 KB
<b>JPEG (24 bit, q=60%)</b>	<b>17 KB</b>
PNG (8 bit)	26 KB
<b>JPEG (24 bit, q=90%)</b>	<b>39 KB</b>
GIF (8 bit)	59 KB
JPEG (24 bit, q=100%)	136 KB
PNG (24 bit)	140 KB
<b>PPM (24 bit)</b>	<b>1876 KB</b>





## Další informace

Kay D. C., Levine J. R.: *Graphics file formats*, MGWH, 1994

Wikipedia: *Image\_file\_formats*