

# Rastrový obraz, grafické formáty

© 1995-2010 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)

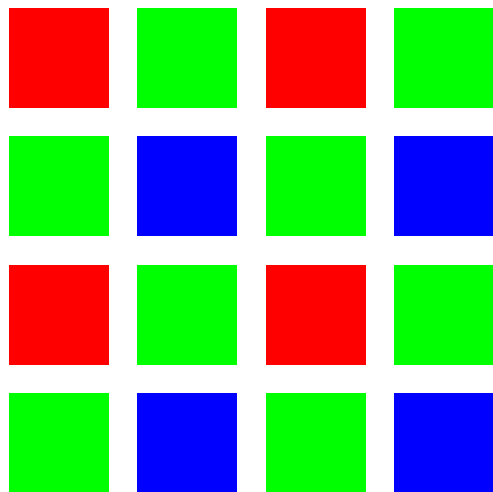
- pouze nastavuje zesílení při ADC konverzi
- větší citlivost (zesílení) → více šumu

## ✦ snímání barev

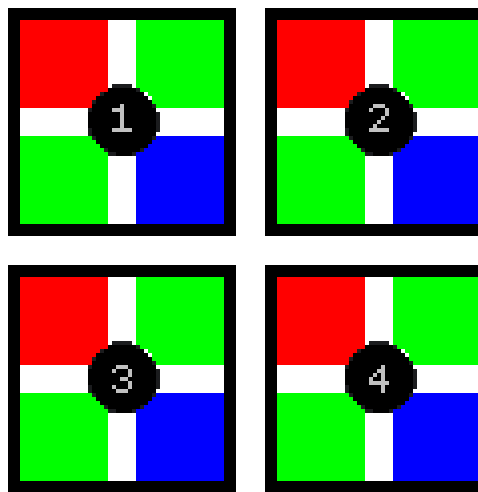
- Bayerova maska, přímé uložení do RAW

# Bayerova maska

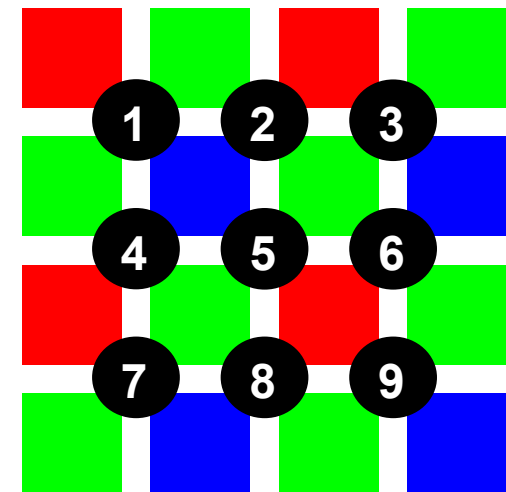
- ✦ **barevné filtry pro RGB**
  - jednotlivé složky se snímají odděleně (vedle sebe)
  - menší efektivita snímače, ale jednoduchá výroba



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)

# Grafické formáty

## ♦ **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!™ (CDR), Scalable Vector Graphics (SVG), AutoCAD™ (DXF), Adobe Illustrator™ (AI), Adobe PDF™, PostScript™, Windows Metafile (WMF), ...

# Rastrové grafické formáty

- **formát uložení barev**
  - barevná paleta, šedá škála, „true-color”, kanál „ $\alpha$ ”
- **komprese**
  - **bezeztrátová** / **ztrátová**
  - **RLE**: TGA, BMP; **LZW**: GIF, TIFF; **JPEG**: JFIF, TIFF
- **rozklad obrázku**
  - prokládané režimy (GIF, PNG, TGA, JFIF, ..)
- **negrafické info** (popisky, copyright, datum, ..)
  - všechny moderní formáty (TIFF, PNG, GIF, ..)

# PGM / PBM / 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 16×5

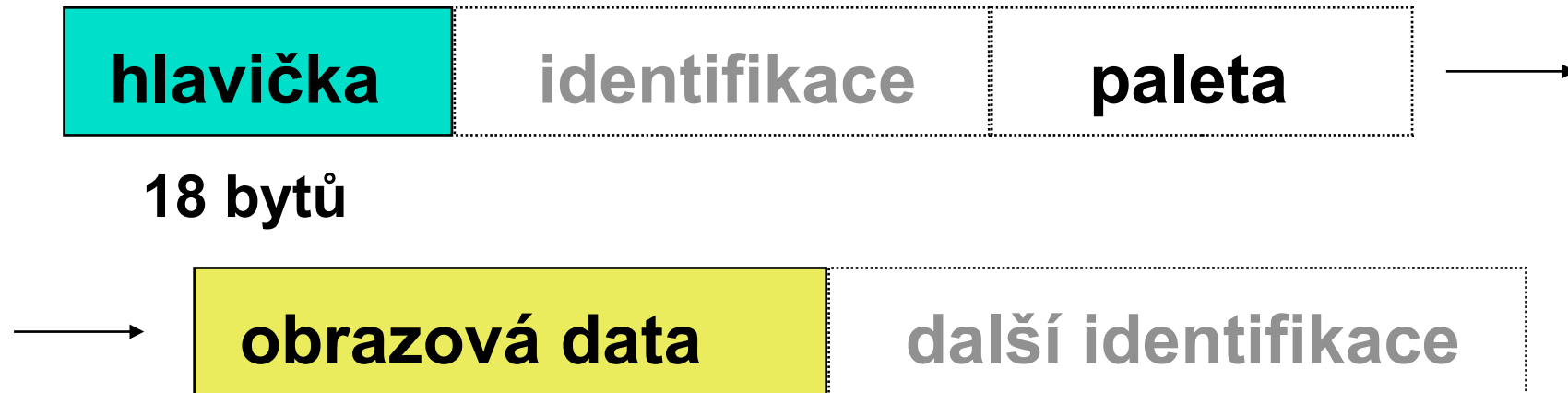
```
P2
16 5 255
0 0 0 0 0 90 180 255 255 180 90 0 0 0 0 0
0 0 0 0 90 180 255 255 255 255 180 90 0 0 0 0
0 0 0 90 180 255 255 255 255 255 255 180 90 0 0 0
0 0 90 180 255 255 255 255 255 255 255 255 180 90 0 0
0 90 180 255 255 255 255 255 255 255 255 255 255 180 90 0
```



# 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 **kompresce** (**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<sub>0</sub>, Y<sub>0</sub>], šířka, výška
- orientace (shora, zdola), typ prokládání (1, 2, 4 fáze)

# Formáty pixelu v TGA

paleta,  
 šedý obrázek



8 nebo 16 bitů

RGB 16



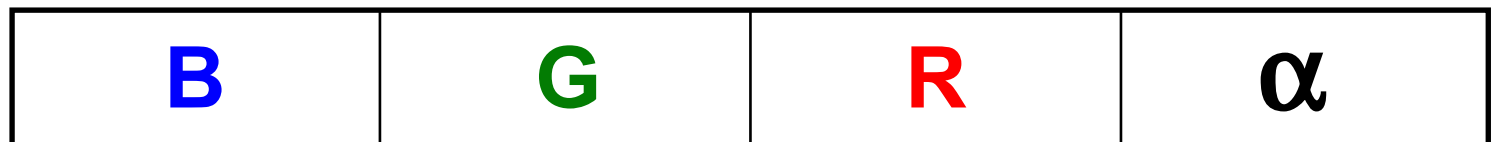
atribut

16 bitů

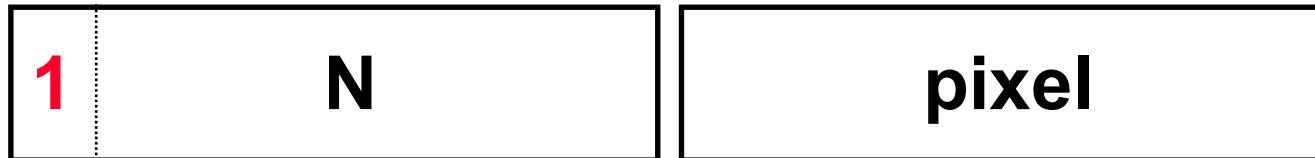
RGB 24



RGB 32



# RLE komprese v TGA



**$N+1 \times$  opakuj 'pixel'**



**kopírovací paket**

**$N+1$  pixelů**

**maximální délka paketu je 128 pixelů**

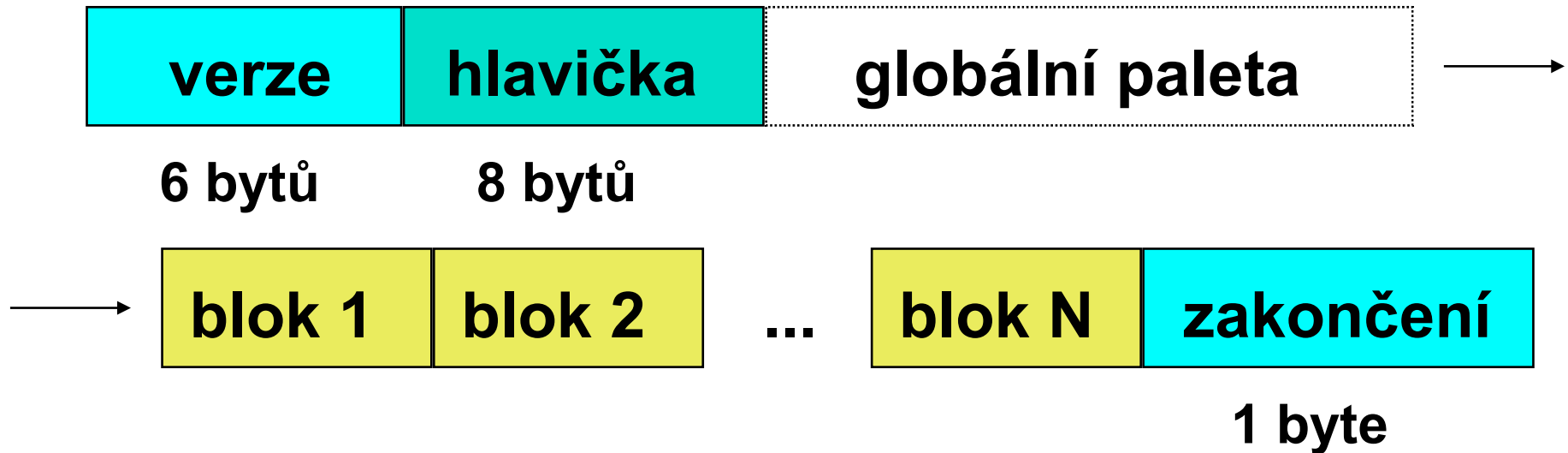
– prodloužení je v nejhorším případě 0.8 % délky souboru

# 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  
– patent UniSys Inc. (licenční poplatky od roku 1995)
- ✦ volitelné 4-fázové prokládání (přenos po síti)
- ✦ **další rozšíření:** více obdélníkových obrázků v jednom souboru, definice „průsvitné barvy“, interakce uživatele, výpis textu, aplikační neobrazové informace

# Struktura GIF souboru



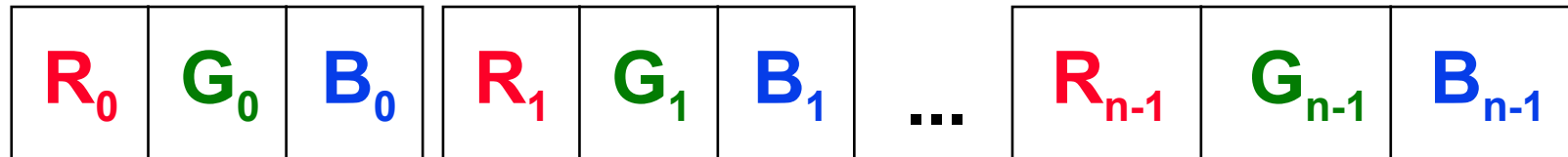
Verze: **'GIF87a'** nebo **'GIF89a'**

**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×3) byty**

## Bloky:

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

# Obrazový blok

- **rozměry výřezu**
  - $[X_0, Y_0]$ , 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
- definice transparentní barvy

**Blok komentáře** (jakýkoliv 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**
  - **slovník**: obsahuje přiřazení „**fráze** → **kód**”
  - **fráze**: posloupnost pixelů
  - **kód**: **n**-bitové číslo ( $3 \leq n \leq 12$ )
  
- v průběhu kódování se mění
  - **slovník** (adaptivní přizpůsobení kódovaným datům)
  - **délka kódového slova „n“** se zvětšuje po jedné až do **12**

# Schema kódovacího algoritmu

- 1 **inicializace**
  - do slovníku se uloží všechny jednopixelové fráze
  - **Act** := “ (prázdný řetězec)
- 2 přečti další pixel ze vstupu do **K**
- 3 je fráze **Act + K** uložena ve slovníku?
  - **Ano:** **Act** := **Act + K**
  - **Ne:** zapiš na výstup kód fráze **Act**  
přidej **Act + K** do slovníku  
**Act** := **K**
- 4 pokud neskončí vstup, opakuj kroky 2 a 3
- 5 zapiš na výstup kód fráze **Act**

# Přidávání fráze do slovníku

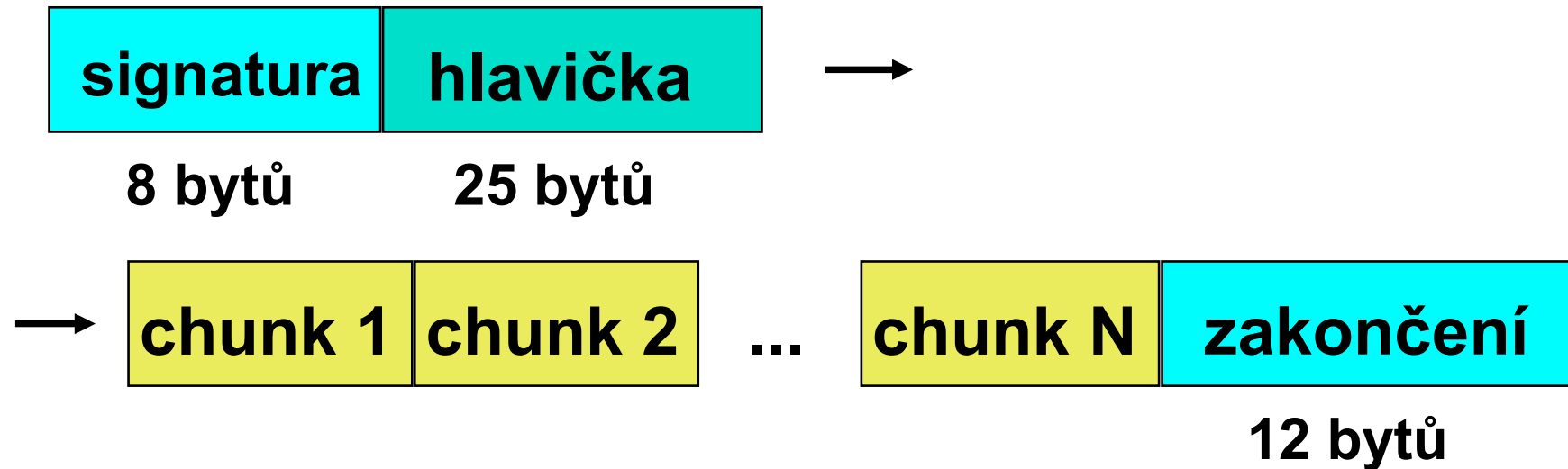
- **počáteční nastavení slovníku:**
  - kódy  $0 \div 2^p - 1$  .. jednopixelové fráze
  - kód  $2^p$  = „reset“ (inicializace přeplněného slovníku)
  - kód  $2^p + 1$  = ukončovací znak (EOF)
  - první volný kód fráze =  $2^p + 2$
  - počáteční délka kódového slova  $n = p + 1$  bitů
- pokud má přidaná fráze kód  $2^p$ , zvětším  $n$  o 1
  - maximální hodnota  $n$  je **12** (**4094** fráze)
  - při přeplnění zakonzervuji slovník (méně často) nebo pošlu „reset“ kód (reinicializace slovníku)

# PNG formát (Portable Network Graphics)

## Konsorcium W3C

- ✦ **rastrový formát** navržený pro WWW
- ✦ **několik barevných formátů**
  - paleta, gray, true-color, spojitá průhlednost
  - 8 ÷ 16 bitů na kanál
- ✦ **informace pro kompenzaci HW odchylek**
  - gamma, gamut, bílý bod
- ✦ **komprese DEFLATE** založená na LZ77
- ✦ **volitelné prokládání** v 7 fázích

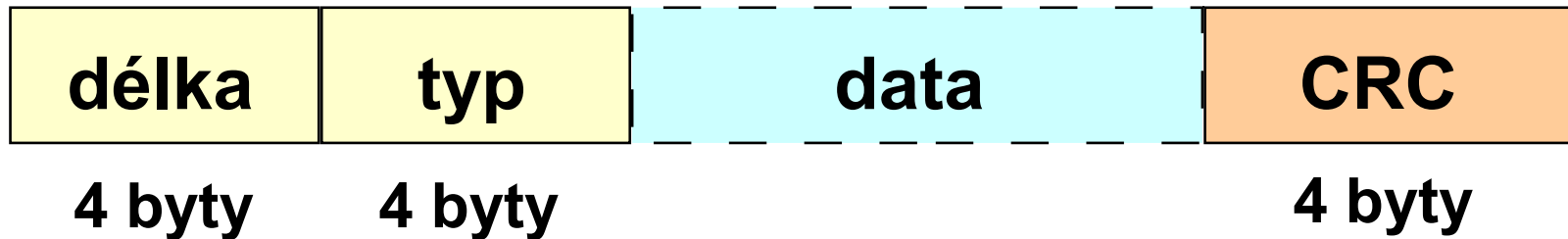
# Struktura PNG souboru



## 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 přeskočit)



# LZ77 komprese (Lempel-Ziv)

- ◆ **bezeztrátová** kompresní metoda (posuvné okno)
- ◆ kóduje se **sekvence dat**
  - **fráze**: posloupnost znaků (**pixelů**)
- ◆ kódem je **trojice** [ offset, délka, znak ]:
  - **offset**: relativní vzdálenost začátku fráze
  - **délka**: délka fráze v pixelech
  - **znak**: pixel, který následuje za frází
- ◆ zobecněné kódování běhů

# DEFLATE komprese v PNG

- ◆ **dvě fáze:**
  - LZ77 po řádkách
  - **Huffmanovo kódování**
    - » offset
    - » délka, znak
- ◆ navíc funguje **volitelná predikce:**
  - standard definuje **pět predikčních filtrů**
  - mohou se přepínat dynamicky na začátku každé řádky

# Prokládání v PNG

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

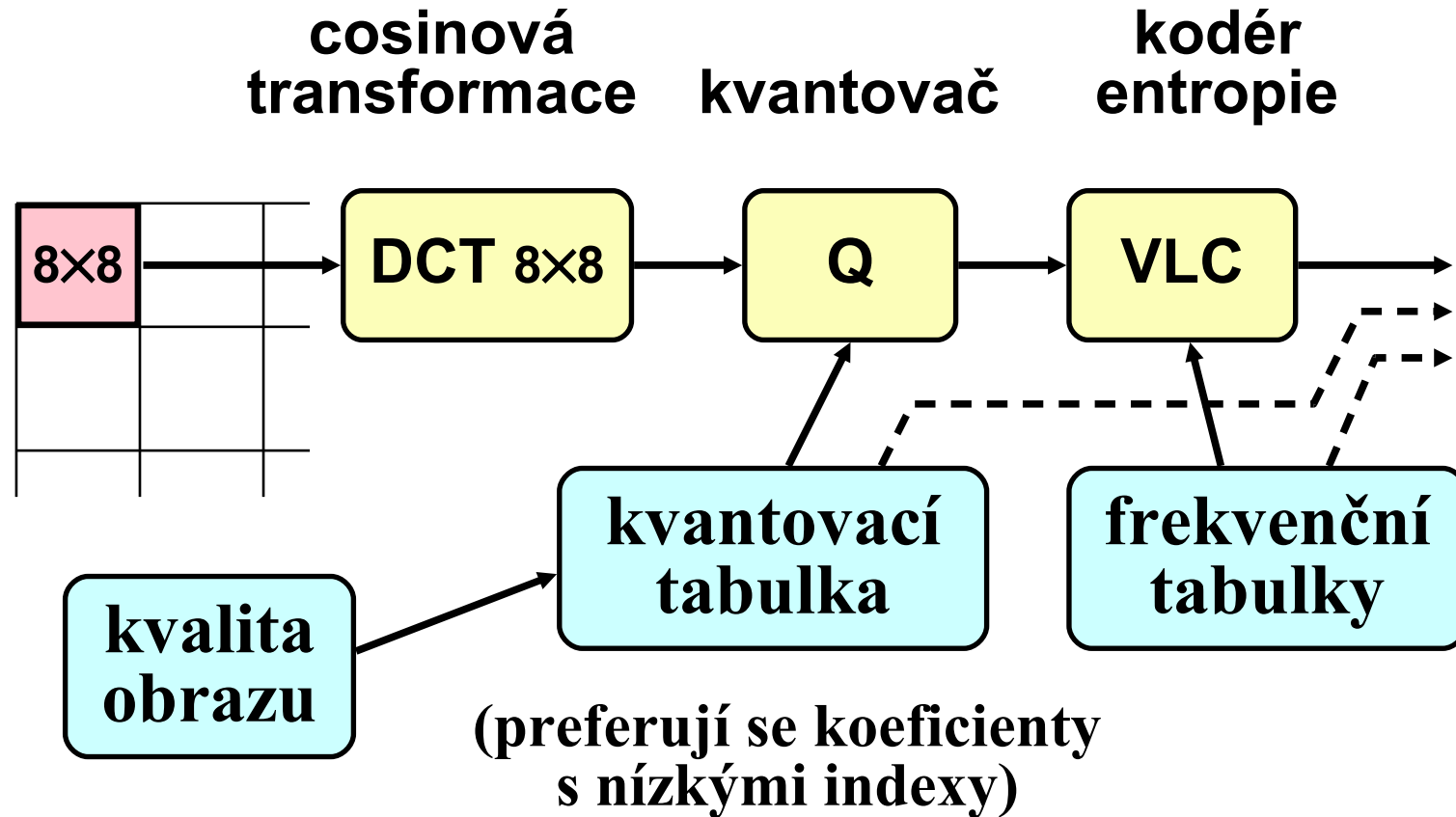
1	6	4	6	2	6	4	6
7	7	7	7	7	7	7	7
5	6	5	6	5	6	5	6
7	7	7	7	7	7	7	7
3	6	4	6	3	6	4	6
7	7	7	7	7	7	7	7
5	6	5	6	5	6	5	6
7	7	7	7	7	7	7	7

# 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** (kompresní poměr)
- ✦ volby: progresivní režim, hierarchické kódování
- **formát souboru je JFIF** (přípona JPEG, JPG)  
– **JPEG File Interchange Format**

# Ztrátová komprese JPEG

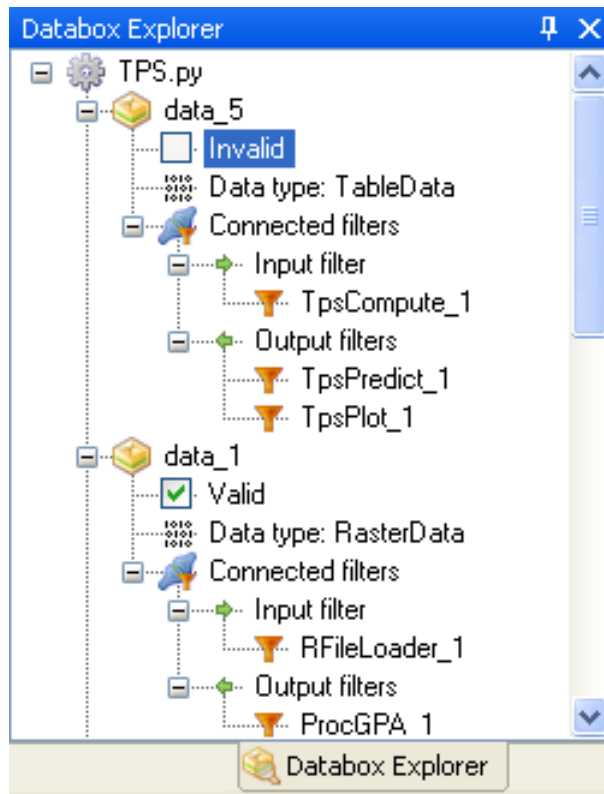


# Barvy v JPEG

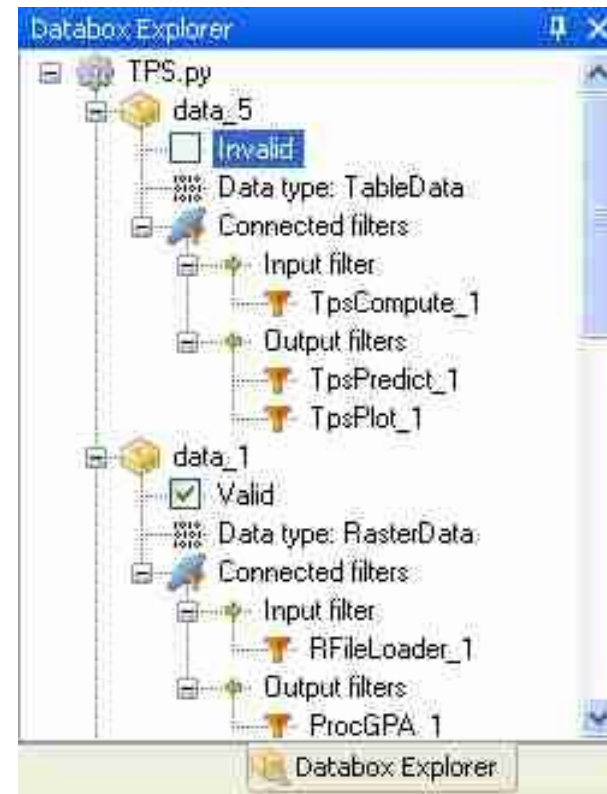
- podle doporučení **CCIR 601**
  - používá se i v barevné video-technice
- **8 bitů** na každou složku:
  - **Y: jasová složka** (odstín šedi)
  - **C<sub>b</sub>** resp. **C<sub>r</sub>**: **barevné rozdílové složky** (reprezentují převážně **B** resp. **R**)

$$\begin{aligned}
 Y &= 0.299 R + \underline{0.587 G} + 0.114 B \\
 C_b &= -0.1687 R - 0.3313 G + \underline{0.5 B} + 128 \\
 C_r &= \underline{0.5 R} - 0.4187 G - 0.0813 B + 128
 \end{aligned}$$

# Artefakty JPEG komprese

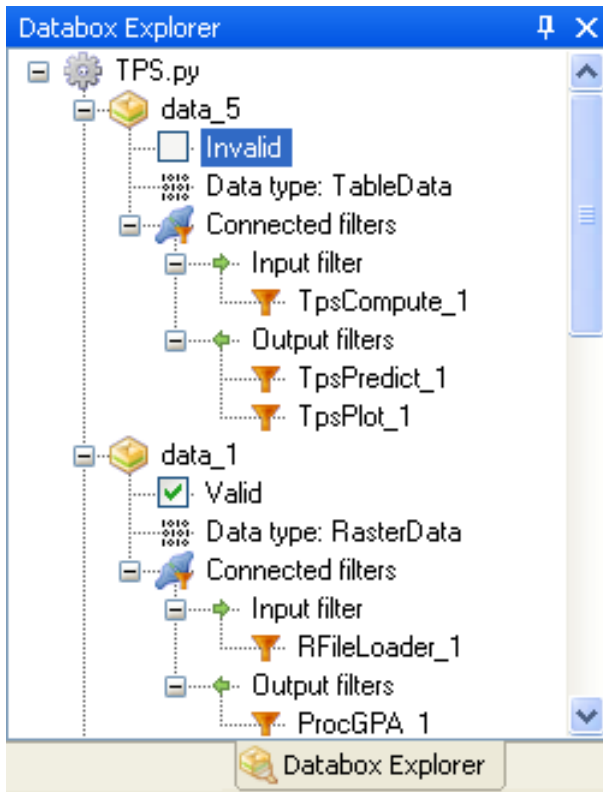


PNG (bezeztrátově)  
 12.3 KB



JPEG (kvalita 20%)  
 8.4 KB

# Efektivita komprese: screenshot



<b>PNG (8 bit)</b>	<b>5.8 KB</b>
JPEG (24 bit, q=20%)	8.4 KB
GIF (8 bit)	8.7 KB
<b>PNG (24 bit)</b>	<b>12.3 KB</b>
JPEG (24 bit, q=60%)	15.6 KB
JPEG (24 bit, q=90%)	26.5 KB
JPEG (24 bit, q=100%)	45.0 KB
<b>PPM (24 bit)</b>	<b>242.0 KB</b>



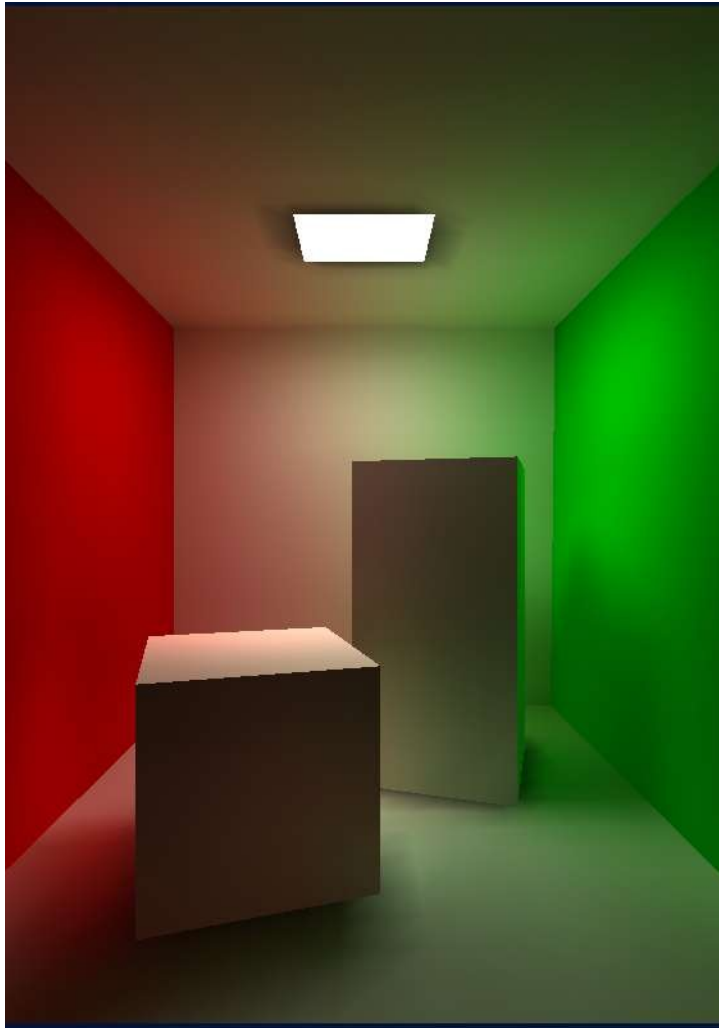
# Efektivita komprese: fotografie



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



# 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**