



# **Barvy v počítačové grafice**

**2. přednáška předmětu  
Zpracování obrazů**

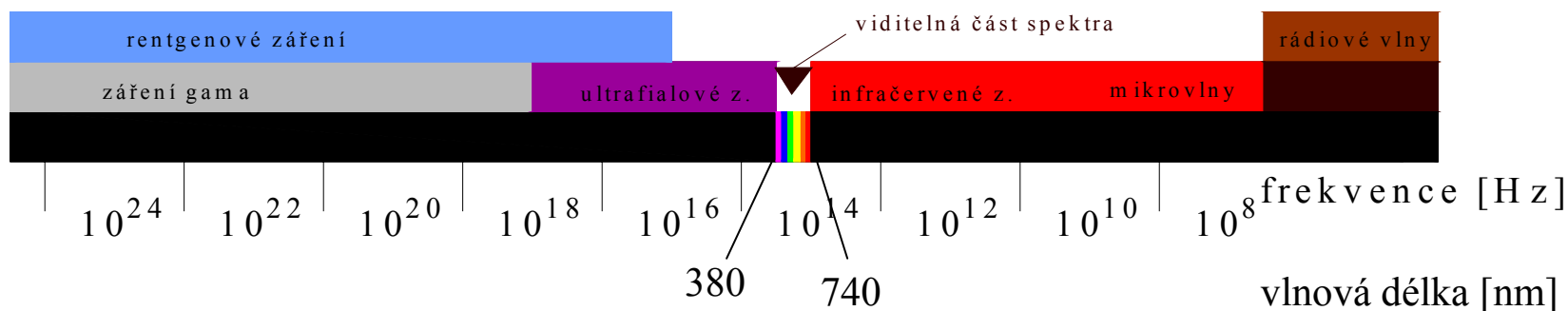
**Martina Mudrová  
2004**

# Barvy v počítačové grafice



## Co je barva?

světlo = elmg. vlnění v rozsahu  $4,3 \cdot 10^{14}$  -  $7,5 \cdot 10^{14}$  Hz



přepočítání mezi frekvencí  $\nu$  a vlnovou délkou  $\lambda$ :  
kde  $c$ ... rychlost světla  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ ms}^{-1}$

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

achromatické světlo - obsahuje všechny frekvence v daném pásmu

- zdroj: Slunce, žárovka
- rozklad např. optickým hranolem

monochromatické světlo - obsahuje sv. zdroj jedné barvy s dominantní frekvencí

barva tělesa - dána schopností pohlcovat a odrážet záření o určitých frekvencích

# Základní charakteristiky světla

---



Barva (barevný tón)... závisí na dominantí frekvenci

Jas (svítivost, luminance) ...odpovídá intenzitě světla

Sytost ...čistota barvy světla –

- čím větší je sytost, tím užší je spektrum barevných frekvencí ve světle obsažených

Světlost ... velikost achromatické složky ve světle s dominantní frekvencí

Barevnost (chromaticity) ... slučuje sytost a dominantní frekvenci

Komplementární barvy: takové 2 barevné zdroje,  
jejichž složením vznikne bílé světlo

# Lidské vnímání barev

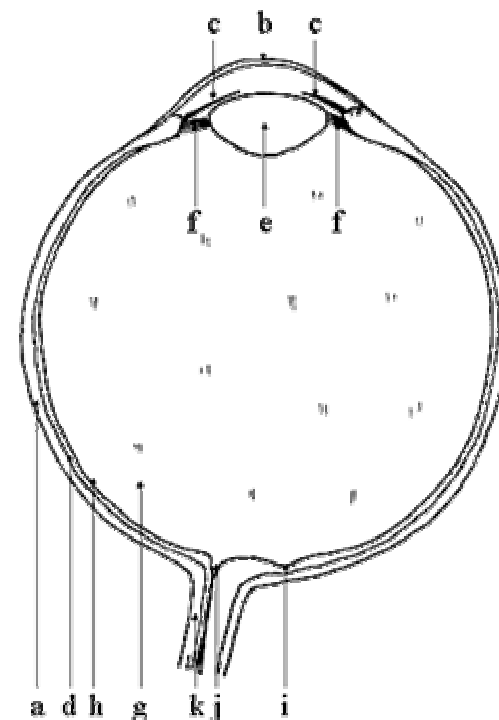


## Lidské oko

- je schopno rozeznat asi 400 000 barevných odstínů,
- je schopno rozeznat asi 60 úrovní šedé
- záleží na světelných podmínkách
- záleží na vzdálenosti objektu a oka, rozměru objektu
- záleží na osobnosti (věk, únava, ...)

## Receptory v lidském oku:

- tyčinky - citlivá vrstva v sítnici, mimo žlutou skvrnu 130 miliónů, umožňují vnímání světla
- čípky - všude v sítnici, převážně ve žluté skvrně 6-7 miliónů, umožňují barevné vidění, umožňují ostré vidění za den. světla vyřazeny za šera  
3 typy: pro R, G, B – trichromatické vidění



Řez pravou oční koulí, pohled shora

- a - sítnice
- b - rohovka
- c - duhovka
- d - cévnatka
- e - čočka
- f - vazy u řasnatého tělíska
- g - sklívec
- h - sítnice
- i - žlutá skvrna
- j - slepá skvrna
- k - optický nerv

# Lidské vnímání barev - příklad



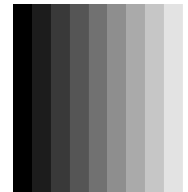
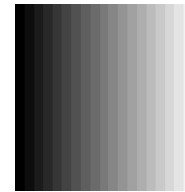
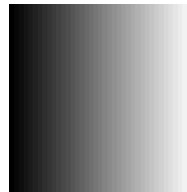
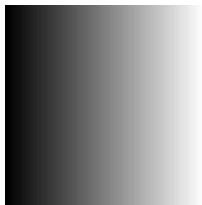
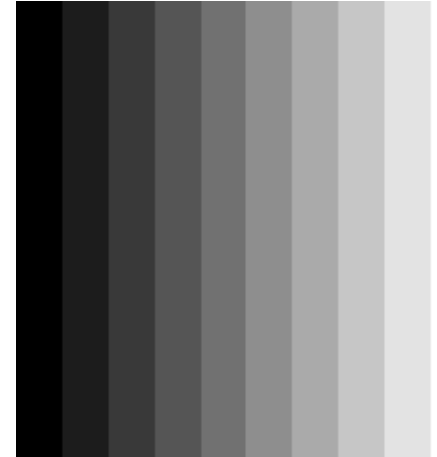
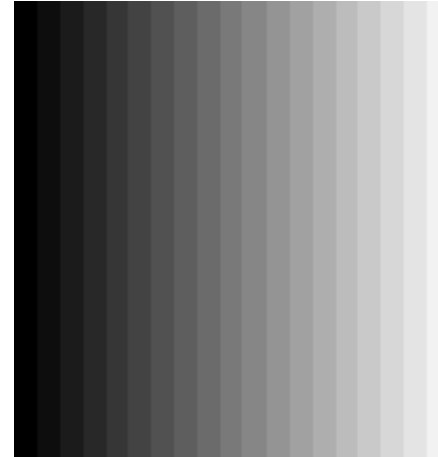
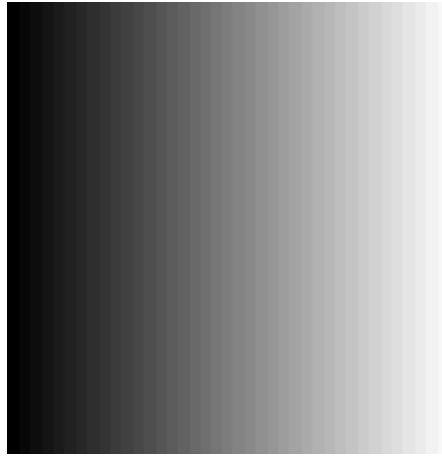
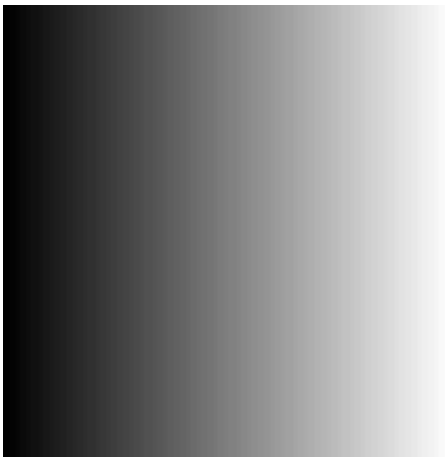
počet úrovní šedi:

80

40

20

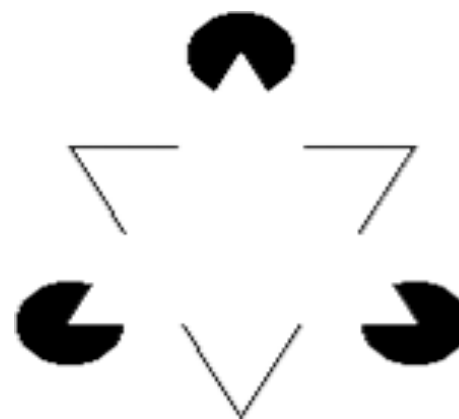
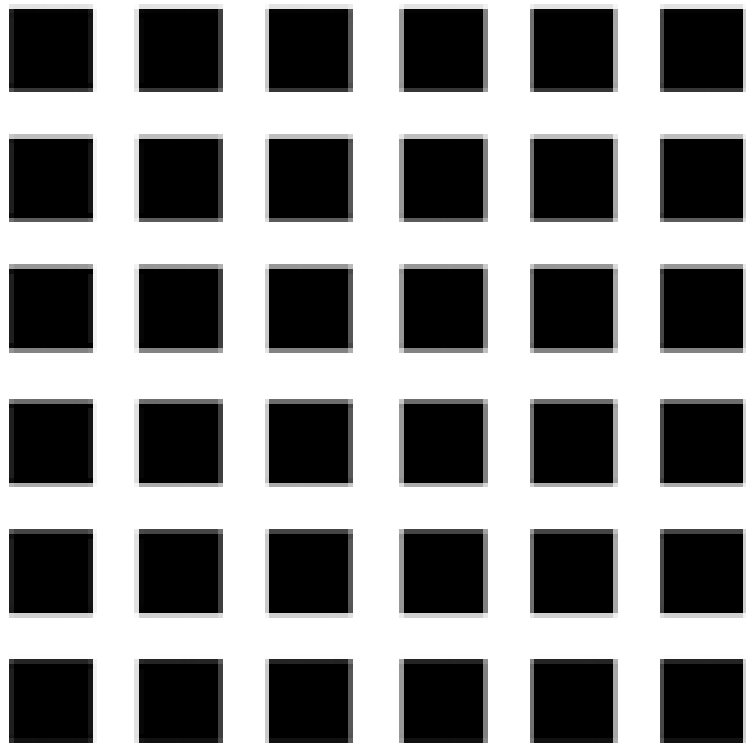
10 (Machovy pásy)



## Příklady optických klamů



- vnímání tvarů a barev je ovlivněno také psychikou  
a dosavadními zkušenostmi osobnosti





# Vytváření barev v PG



## Jak se vytváří barva na monitoru či tiskárně?

základní otázky:

1. výběr základní množiny barev použitelných k namíchání bar. odstínů
2. volba způsobu míchání základních barev

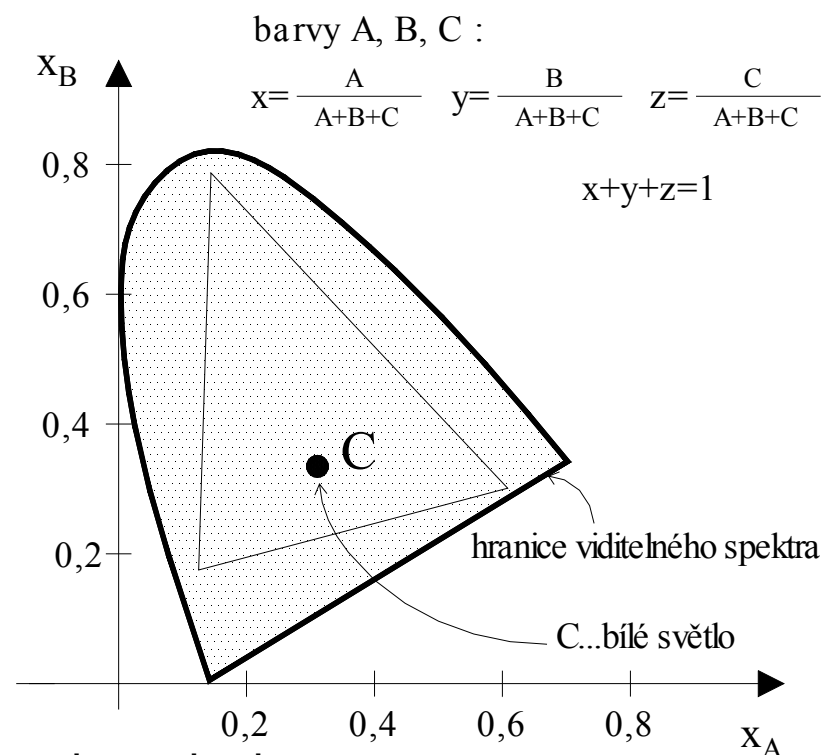
řešení:

1. Red, Green, Blue  
Cyan, Magenta, Yellow
2. Aditivní – čím více barvy, tím světlejší výsledek  
Subtraktivní – čím více barvy, tím tmavší výsledek

důsledek:

není možno nalézt takové 3 základní barvy, aby pokryly všechny odstíny viditelného spektra

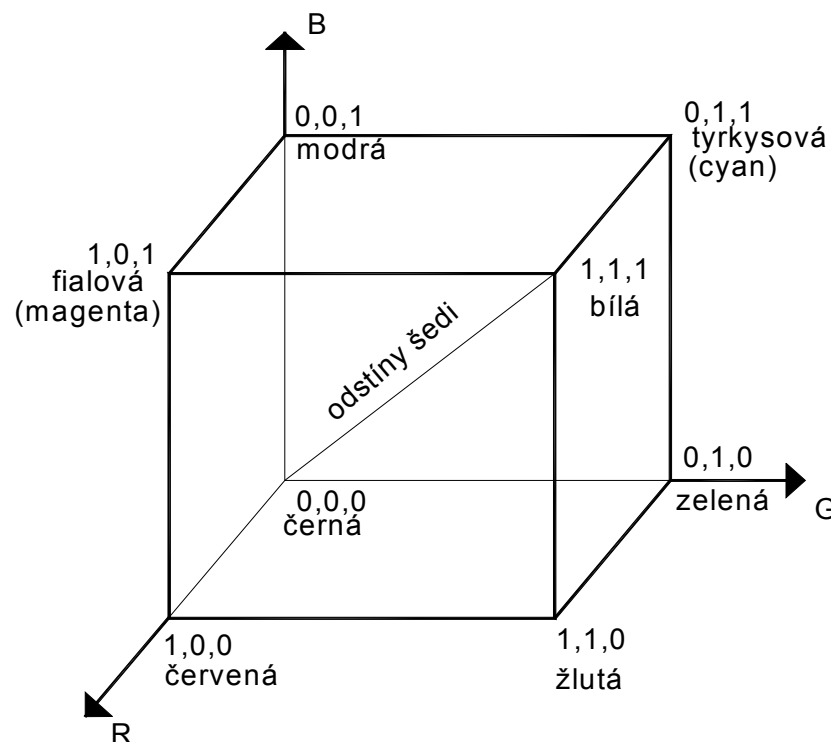
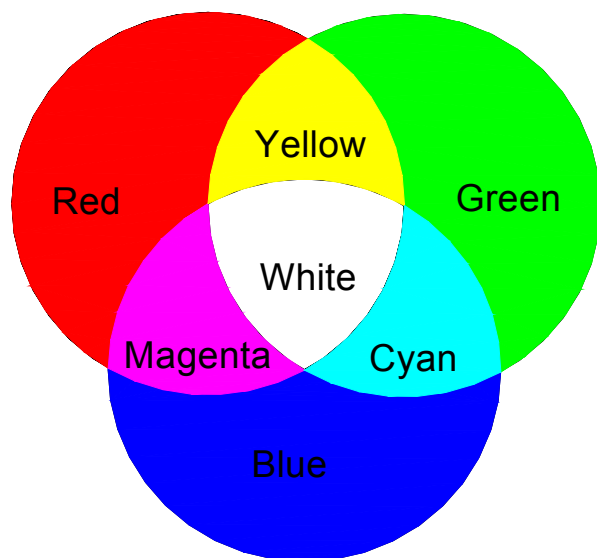
## Chromatický diagram CIE



# Barevný model RGB



- jednoduše technicky realizovatelný
- základní barvy: červená, zelená, modrá
- aditivní míchání barev
- RGBA - A...průhlednost (*a - channel*)
- použití: monitory,...

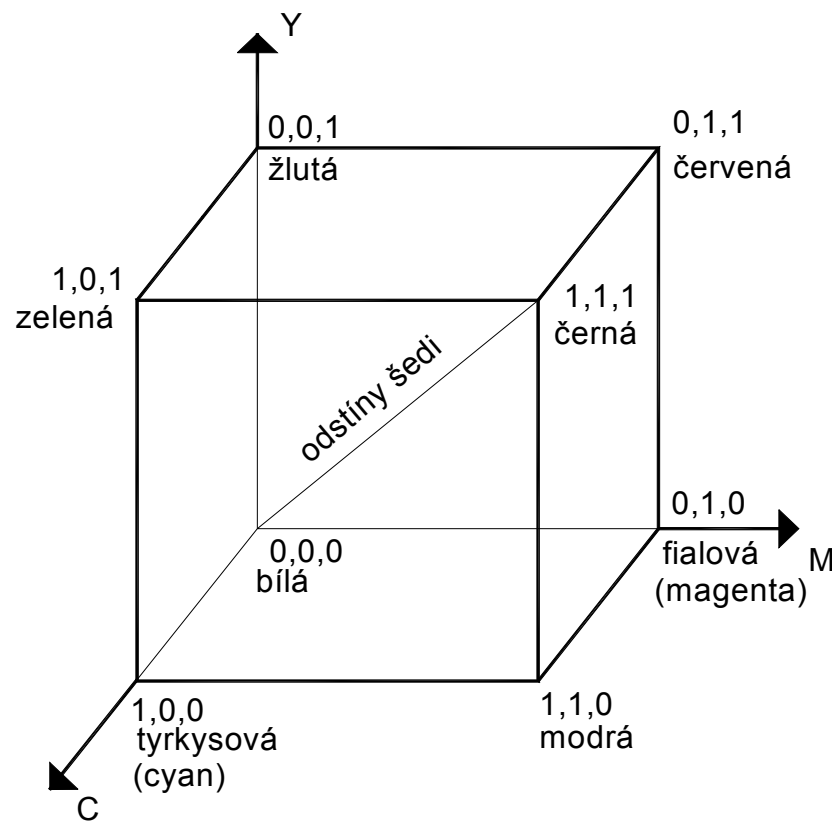
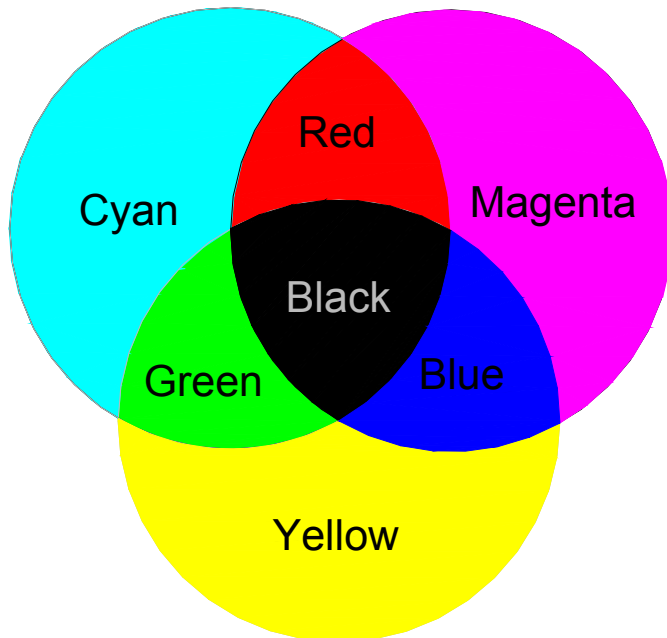




# Barevný model CMY



- základní barvy: tyrkysová, fialová, žlutá
- subtraktivní míchání barev
- CMYK - K=black
  - lepší kvalita černé
  - černá je nejlevnější inkoust
- použití: tiskárny,...



# Barevný model HSV



## Jak mám namíchat světlejší odstín téže barvy?

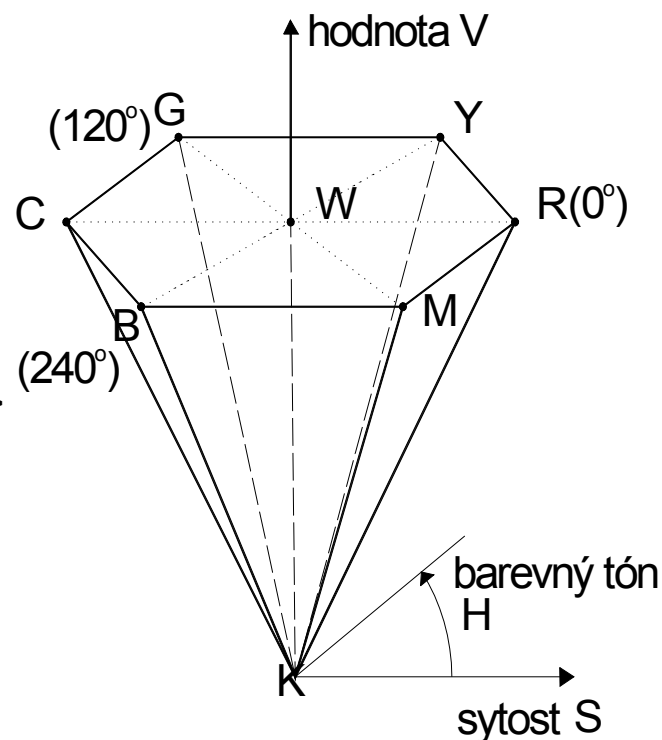
### Model HSV (HSB)

H ...barevný tón (*hue*),  $\langle 0, 360^\circ \rangle$   
udává převládající spektr. barvu

S ...sytost (*saturation*),  $\langle 0^\circ, 1 \rangle$   
určuje čistotu barvy (-příměs jiných barev )

V (B)...jasová hodnota (*value, brightness*)  $\langle 0, 1 \rangle$   
dána množstvím bezbarvého světla

čisté barvy: obvod podstavy ( $V=1, S=1$ )  
dominantní barvy: plášť ( $S=1$ )



# Barevný model HLS



**Ale lidské oko špatně rozeznává barvy i při přemíře světla...**

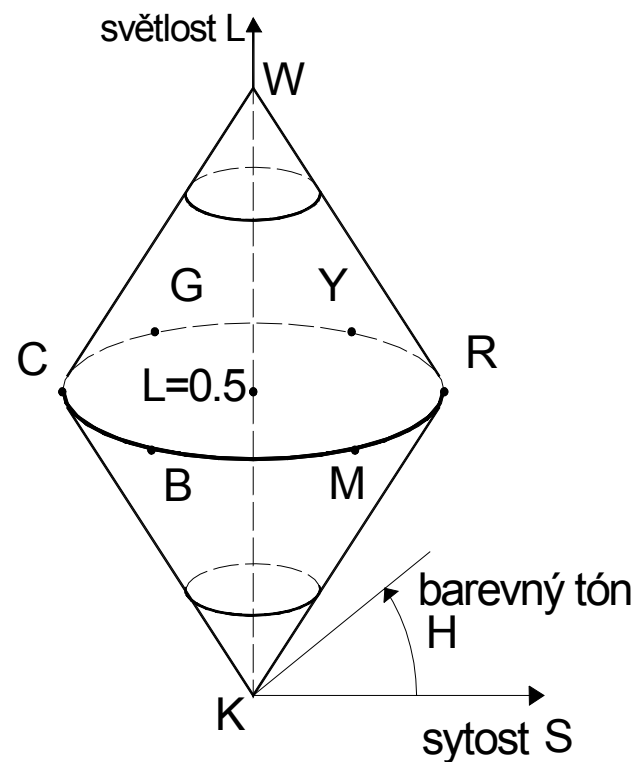
Model HLS

H ...barevný tón (*hue*),  $\langle 0, 360^\circ \rangle$   
udává převládající spektr. barvu

L ...světlost (*lightness*),  $\langle 0^\circ, 1 \rangle$   
velikost achromatické složky

S ...sytost (*saturation*)  $\langle 0, 1 \rangle$   
určuje čistotu barvy (-příměs jiných barev )

nejjasnější čisté barvy: obvod podstavy  
( $L=0.5$ ,  $S=1$ )





## Další barevné modely

---

Modely pro televizní a video techniku: YUV,  $YC_B C_R$ , YIQ

-oddělení jasové složky (luminance) – Y (B)  
a barevné (chrominance) - ...

YUV (UWB) ...norma PAL

YIQ ....norma NTSC (Amerika)

Y – jas

I,Q – oranžové a modrozelené světlo

$YC_B C_R$ ... norma SECAM, video, formát JPEG

$Y \in <0,1>$  - jas

$C_B, C_R \in <-0.5, 0.5>$  - modré a červené světlo

převody s RGB modelem – jednoduché (maticové násobení)

# Převody mezi barevnými modely

---



Převod RGB - CMY:

**R**ed a **C**yan  
**G**reen a **M**agenta  
**B**lue a **Y**ellow



jsou komplementární barvy

$$\begin{bmatrix} c \\ m \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} r \\ g \\ b \end{bmatrix}$$

! různé trojúhelníky v CIE diagramu  
(*color gamut*)

Převod RGB - HLS, HSV:

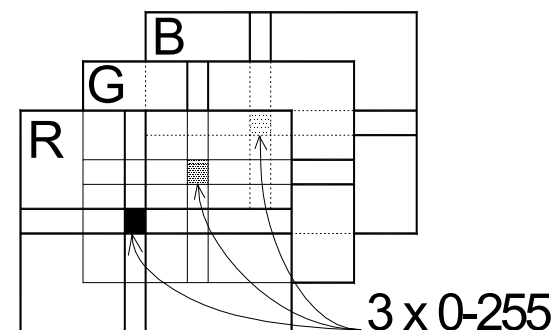
algoritmus

- nedefinované hodnoty (např. H pro S=0),.....

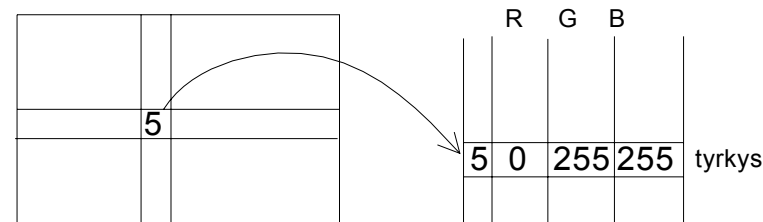
# Barevná reprezentace rastrového obrazu



1. true color: 3x8 bitů/1pixel ~ 16 mil. barev  
+ popř. další bity vyhrazené dalším informacím,



2. indexový: použití palety,  
typicky 3-3-2 nebo vlastní paleta obrázku



3. intenzitní: odstíny šedi – počet odstínů záleží na bitové hloubce,  
typicky 8bit/1pixel~256 odstínů šedi

převod z RGB:  $I=0.299r+0.587g+0.114b$

4. monochromatický obraz: 1bit/1pixel - černobílý



# Redukce barev

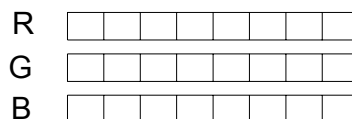


## Jak mohu omezit bitovou hloubku obrazu?

vstup: obraz RGB 3x8 bitů

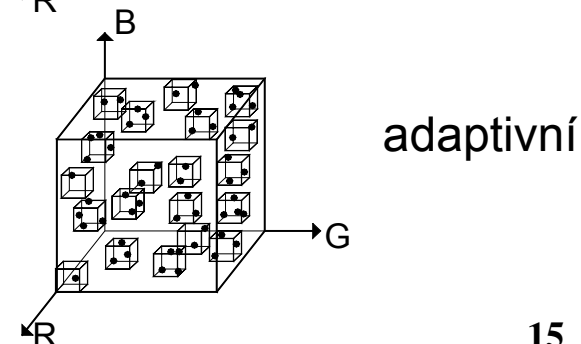
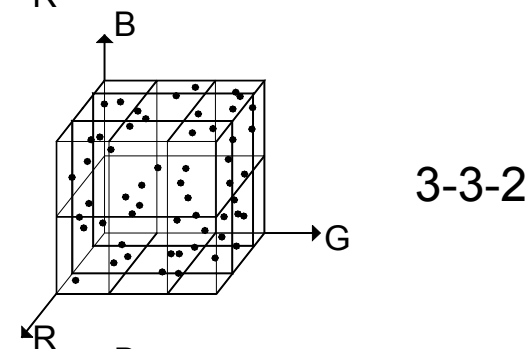
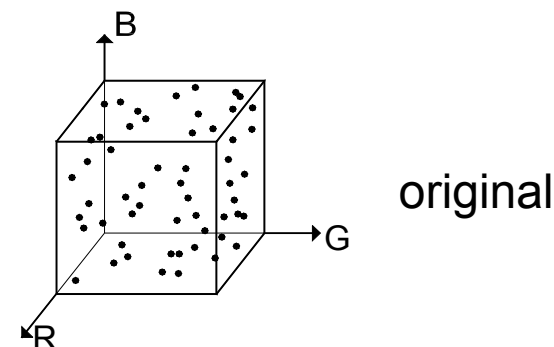
cíl: obraz RGB 1x8 bitů

řešení: použití barevné palety (*colormap*)



## Tvorba barevné palety:

1. standardní 3-3-2
  2. adaptivně vytvářená
    - na základě histogramu
- požadavky na oblasti v RGB krychli:
1. stejná velikost
  2. stejný počet odstínů



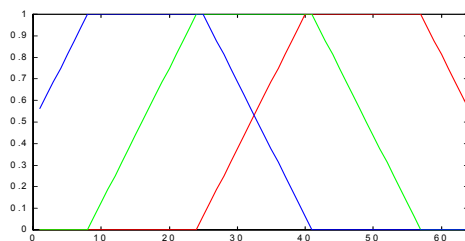
# Příklad redukce barev I



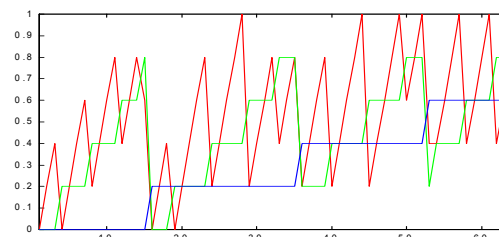
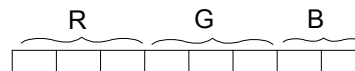
originál



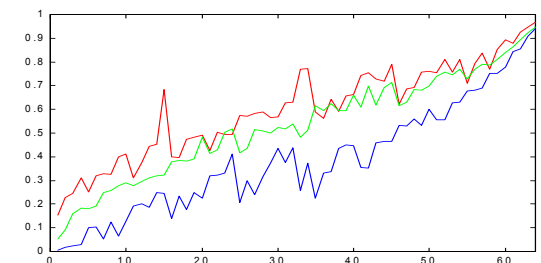
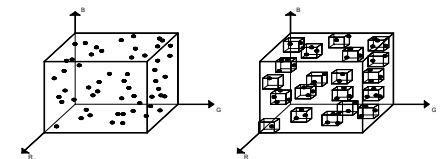
R									
G									
B									



uniformní  
parametrizace



neuniformní  
parametrizace

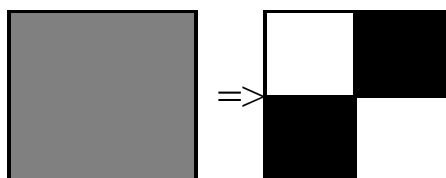


# Rozptylování a polotónování



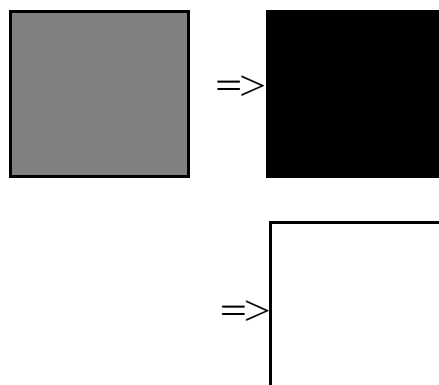
= techniky pro omezení barevné palety  
- použití v barevném i v šedotónovém zobrazení

**polotónování**  
(*halftoning*)



- dochází k zvětšení obrazu
- různé rozptylovací matice
- použití u tiskáren

**rozptylování**  
(*dithering*)



- velikost obrazu je zachována
- algoritmy:
  - náhodné rozptýlení
  - distribuce chyby (Floyd-Steinberg)

## Příklad redukce barev II



originál



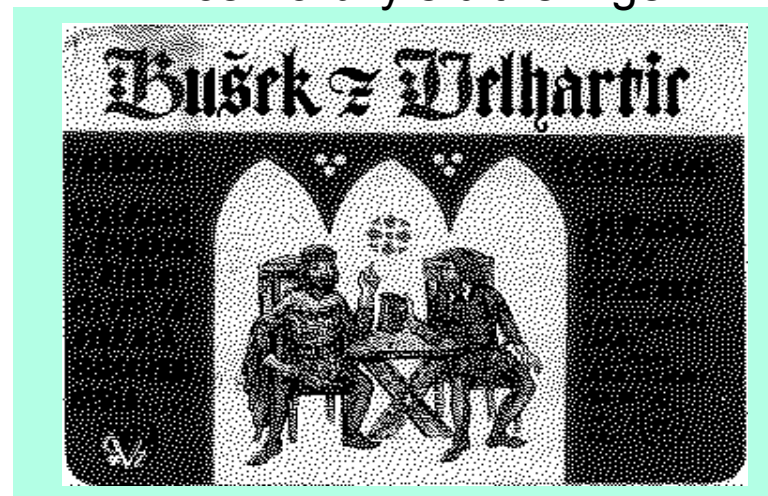
256 úrovní šedi



černo-bílý



černo-bílý s ditheringem



# Algoritmus náhodného rozptýlení



Příklad:

Vstup: šedotónový obraz s bit. hloubkou 4 bity/pixel  
(tj. 16 úrovní šedi -  $I_{vst} \in \langle 0, 15 \rangle$ )

Cíl: Černobílý obraz – bitová hloubka 1bit/pixel (  $I_{výst} \in \langle 0, 1 \rangle$  )

Algoritmus náhodného rozptýlení:

- pro každý pixel výst. obrazu:

**$I_{výst} = 0$**

**jestliže  $I_{vst} \geq$  náh. číslo z  $\langle 0, 15 \rangle$  pak  $I_{výst} = I_{výst} + 1$**

vlastnosti algoritmu:

- pixely s  $I_{vst} = 0$  budou mít  $I_{výst} = 0$  (černý p. zůstane černý)
- pixely s  $I_{vst} = 15$  budou mít  $I_{výst} = 1$  (bílý p. zůstane bílý)
- pixely s  $I_{vst} \in (0, 15)$  budou černé či bílé se zachováním jasových poměrů v obrázku díky porovnání  $I_{vst}$  s náhodným číslem



# Příklad



## Optimalizace barevné palety obrázku

Optimalizujete barevnou paletu daného obrázku. U původního i nového obrázku zobrazte také barevnou paletu a složení barev v modelu RGB

```
% zmena barevne palety

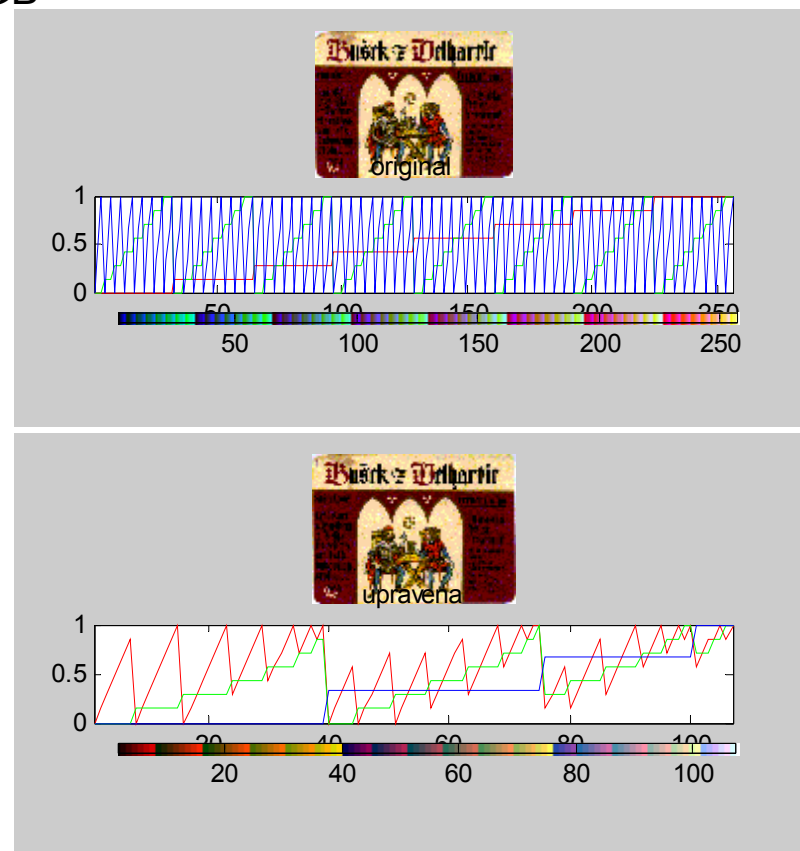
h=get(0,'children');
delete(h)

f1=figure(1);
[x,map]=imread('busek.bmp');
[y,optmap]=cmunique(x,map);
axes('position',[0.1 0.6 0.8 0.35]),
imshow(x,map),

axes('position',[.1 .2 .8 .35]),rgbplot(map)
axis([1 size(map,1) 0 1]),colorbar('horiz')
title('original')

f2=figure(2);
axes('position',[0.1 0.6 0.8 0.35]),
imshow(y,optmap),

axes('position',[.1 .2 .8 .35]),rgbplot(optmap)
axis([1 size(optmap,1) 0 1]),colorbar('horiz')
title('upravena')
```





# Příklad



## Barevné modely

Převeďte daný obrázek do bar. modely YIQ a do modleu HSV. Zobrazte jednotlivé složky

```
% Barevne modely
delete(get(0,'children'))
[x,map]=imread('busek.bmp');

% 1. rozklad do YIQ barevneho modelu
yiq=rgb2ntsc(map);
figure(1), subplot(221)
rgbplot(yiq), title('YIQ Model ')
[y,i,q]=ind2rgb(x,yiq);
subplot(222),
figure(1), imshow(y,256),title('YIQ-jas')
subplot(223),
figure(1), imshow(i,256),title('YQI-1.bar.sl')
subplot(224),
figure(1), imshow(q,256),title('YQI-2.bar.sl.')

% 2. rozklad do barevneho modelu HSV
figure(2)
hsv=rgb2hsv(map);
[h,s,v]=ind2rgb(x,hsv);
subplot(222),
figure(2), imshow(h,64),title('HSV-Hue')
subplot(223),
figure(2), imshow(s,64),title('HSV-Saturation')
subplot(224),
figure(2), imshow(v,64),title('HSV-Value')
subplot(221),
rgbplot(hsv),title('HSV Model')
```

