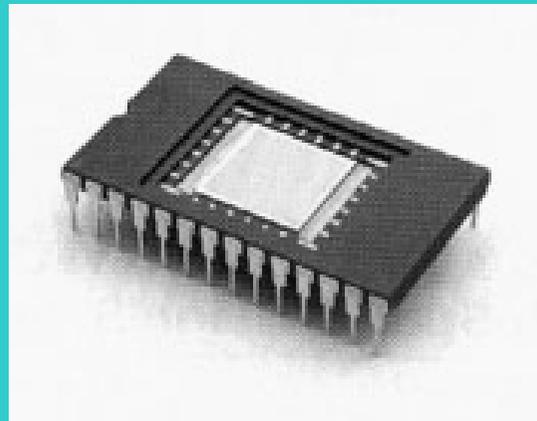


Snímání a digitalizace obrazu

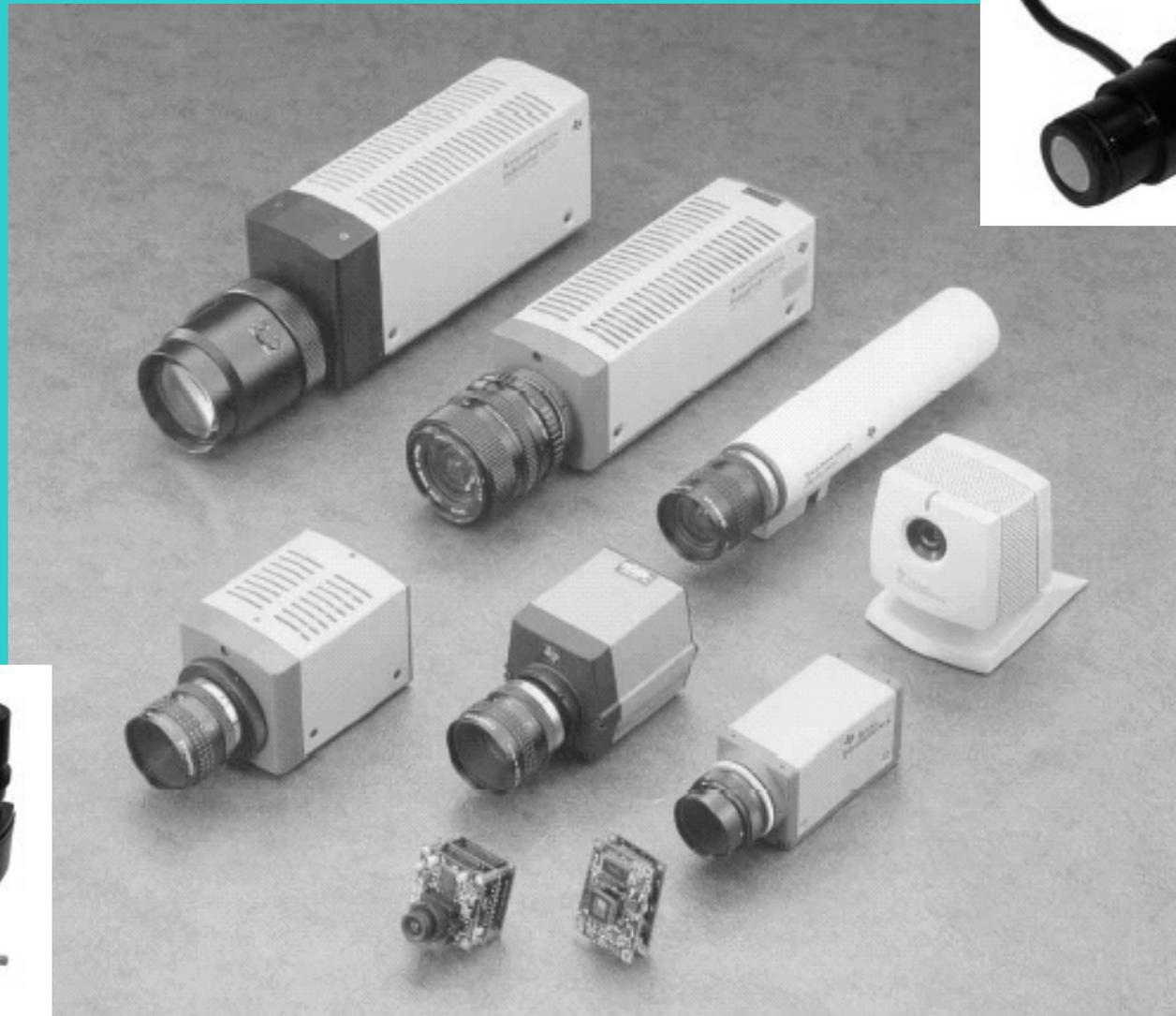
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



Prostředky pro snímání obrazu

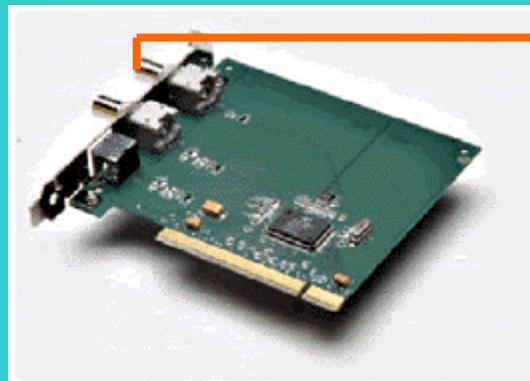
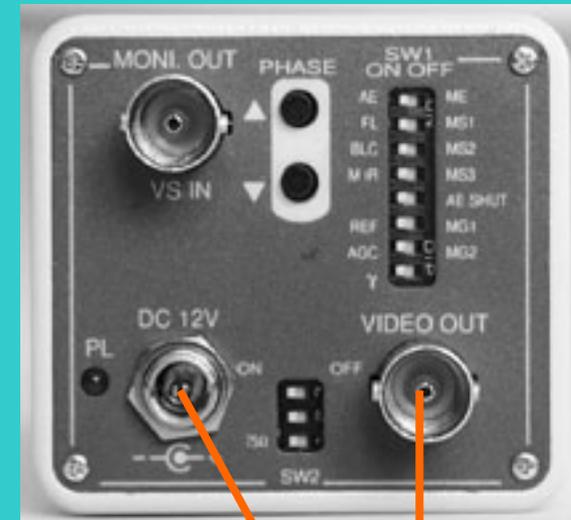


Prostředky pro snímání obrazu



Možnosti, jak snímat obraz (1)

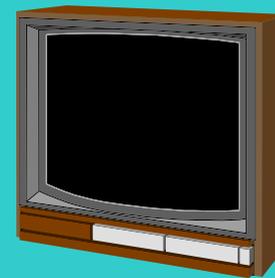
- analogová TV videokamera + FG



napájení

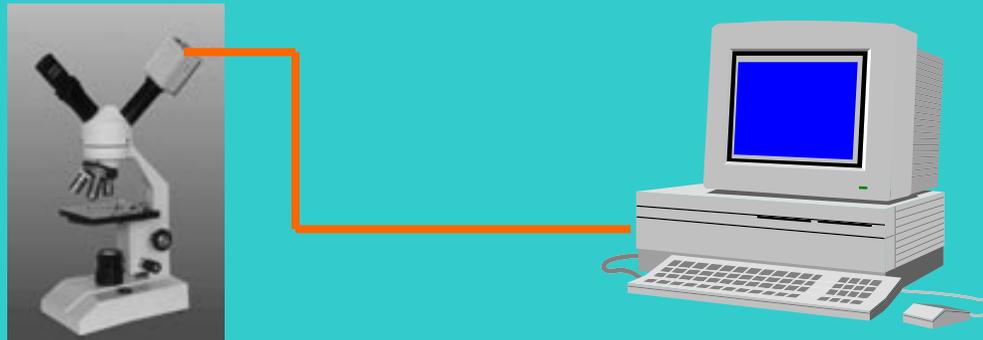
Možnosti, jak snímat obraz (2)

- digitální fotoaparát (DSC)



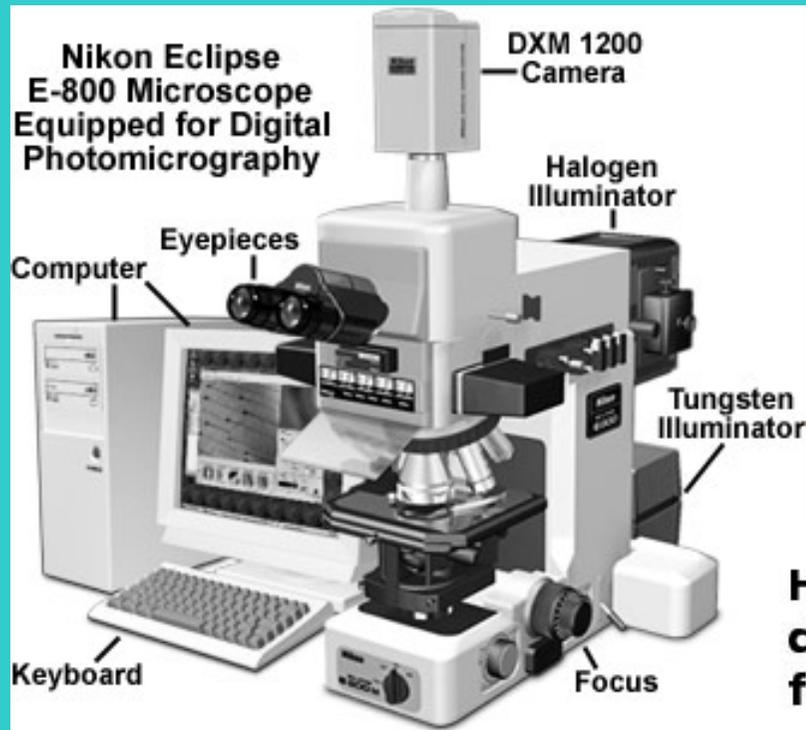
Možnosti, jak snímat obraz (3)

- digitální videokamery pro mikroskopii s různým rozhraním



Možnosti, jak snímat obraz (4)

- specializované komplexní systémy



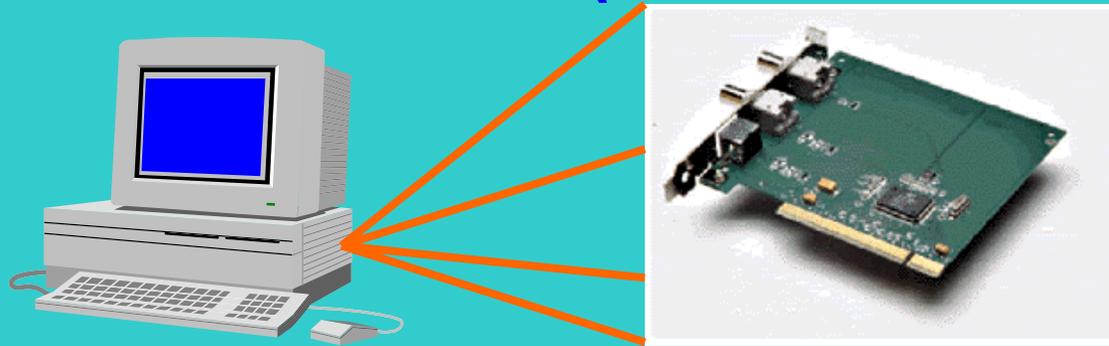
High-resolution digital camera systems for microscopy.

- 1.2 to 5.8 million pixels
- Outstanding image quality
- Color or monochrome
- High sensitivity
- COOLED CCD
- Long integration exposure
- Very easy to learn & operate



Možnosti počítačů

- standardní PC s FG (PCI zásuvná karta)



- laptops s FG (PCMCIA + ext. modul)

standardní
TV kamera



digitální kamery
připojené
prostřednictvím
IEEE 1394

Snímací videokamery

Analogové

Standardní TV (prokládané řádkování)

Černobílé

CCIR (50 Hz)

(768x576)

RS170 (60 Hz)

(640x480)

Barevné (1 či 3 čipové)

PAL (50 Hz)

(768x576)

NTSC (60 Hz)

(640x480)

OEM rozhraní

WWW

USB 1,2

Digitální (neprokládané řádování)

Vědecké

SCSI

IEEE1394 (FireWire)

RS422

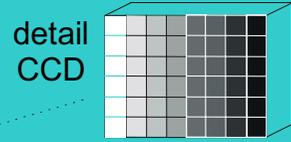
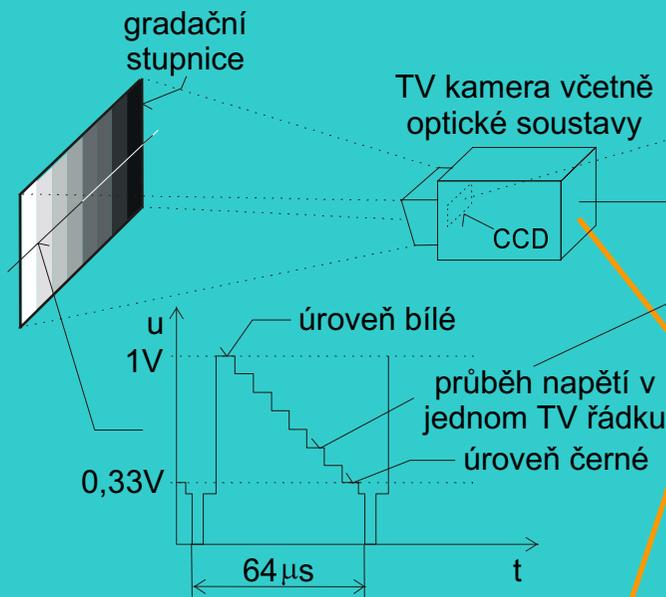
RS644 (LVDS)

USB 1,2

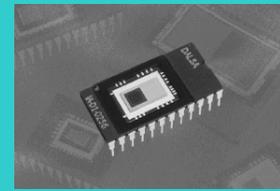
IEEE1394+USB2

Camera Link

Principiální schéma systému



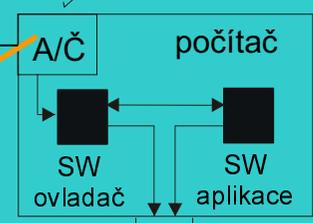
převod snímané scény (optické informace) na elektrický signál



převod elektrického signálu (napětí) na číslo (číselnou informaci v rozsahu od 0 do 255)

elektrický signál (napětí, elektrická informace)

součást tzv. "frame grabberu" (karta do počítače)



```
255..181..126..85..54..31..13..0
255..181..126..85..54..31..13..0
255..181..126..85..54..31..13..0
255..181..126..85..54..31..13..0
255..181..126..85..54..31..13..0
255..181..126..85..54..31..13..0
```

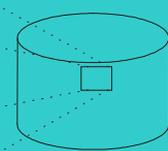
převod číselných dat z číselné soustavy šestnáctkové do soustavy desítkové

```
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
FF..B5..7E..55..36..1F..0D..00
```

převod číselných dat z číselné soustavy dvojkové do šestnáctkové

```
11111111..01111110..00000000
11111111..01111110..00000000
11111111..01111110..00000000
11111111..01111110..00000000
11111111..01111110..00000000
11111111..01111110..00000000
```

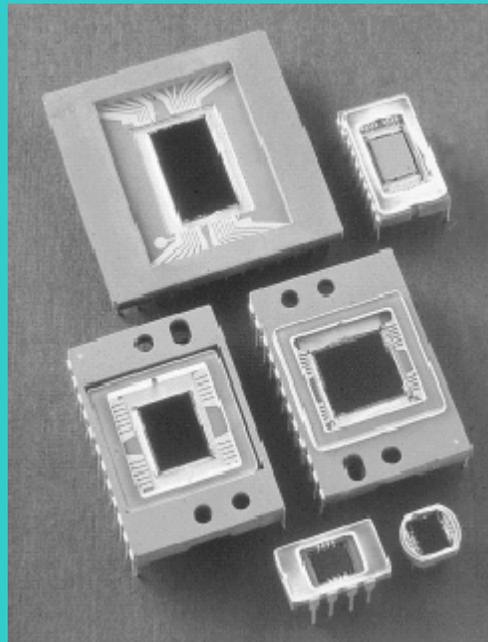
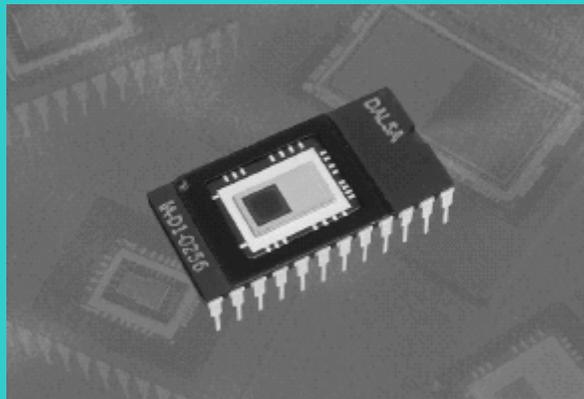
část dat uložených na paměťovém médiu a odpovídajících jasů snímané scény, tj. transparenci šedého klínu



paměťové médium

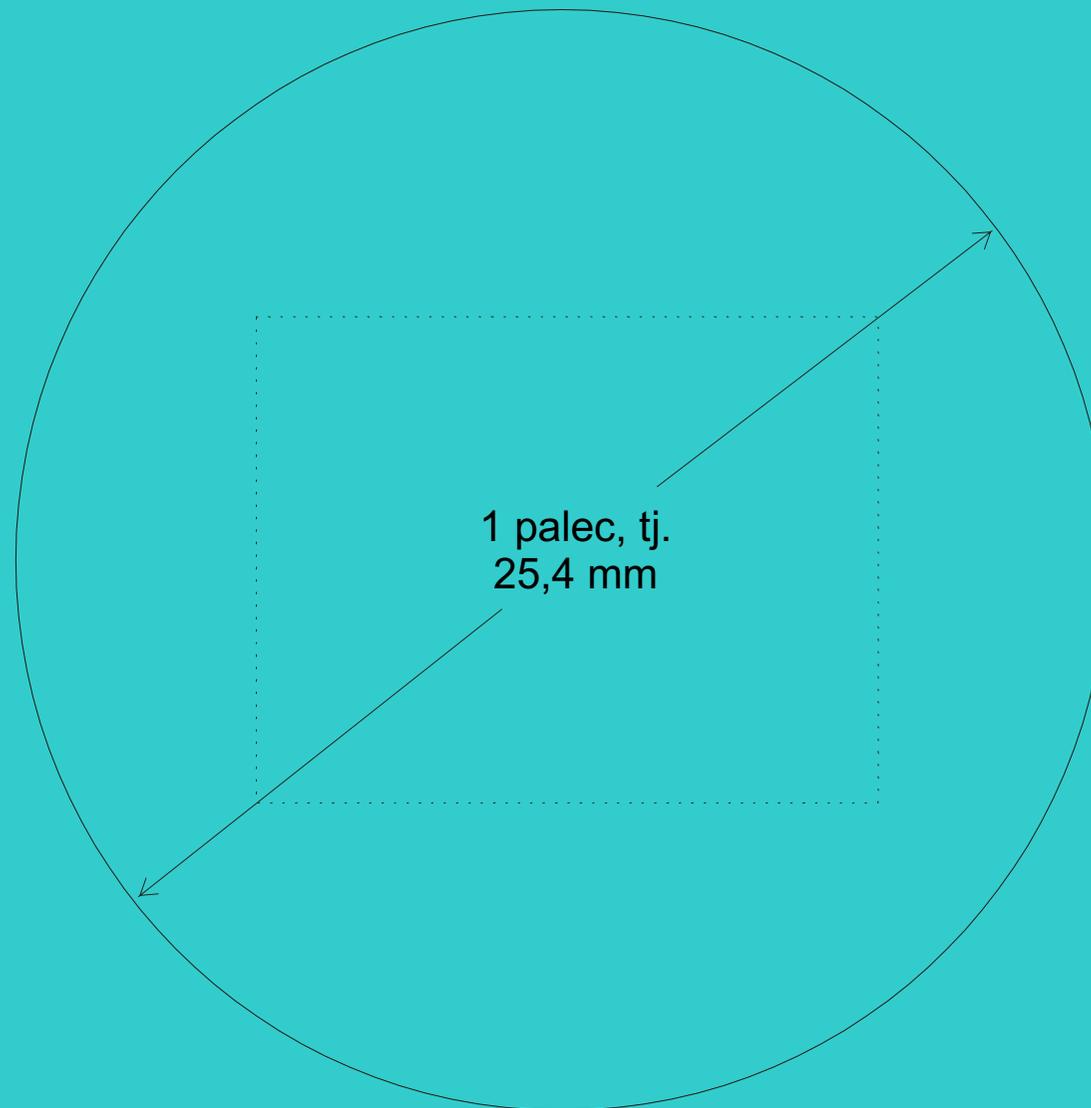
Snímací obrazové prvky

- vakuové
- polovodičové
 - CCD
 - CID
 - CMOS
 - CIS



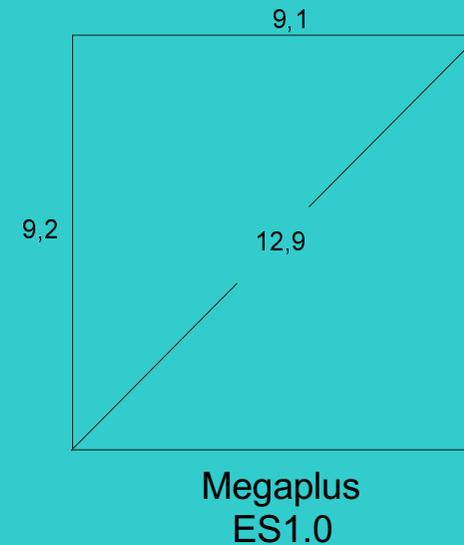
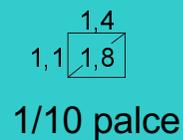
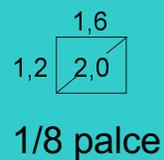
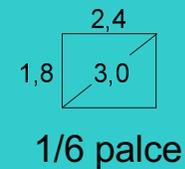
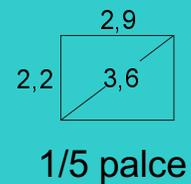
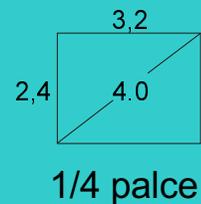
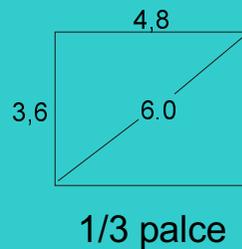
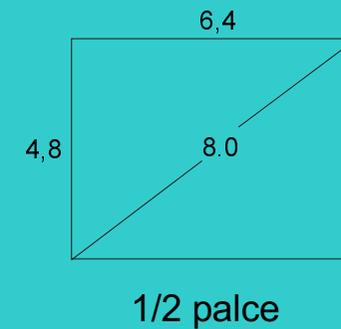
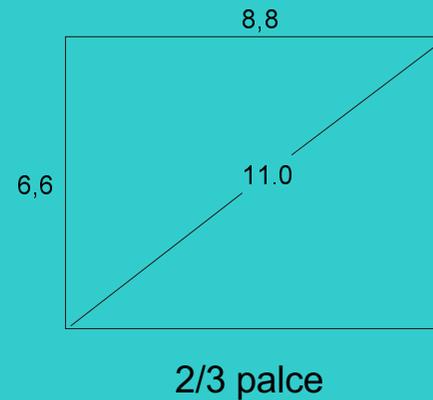
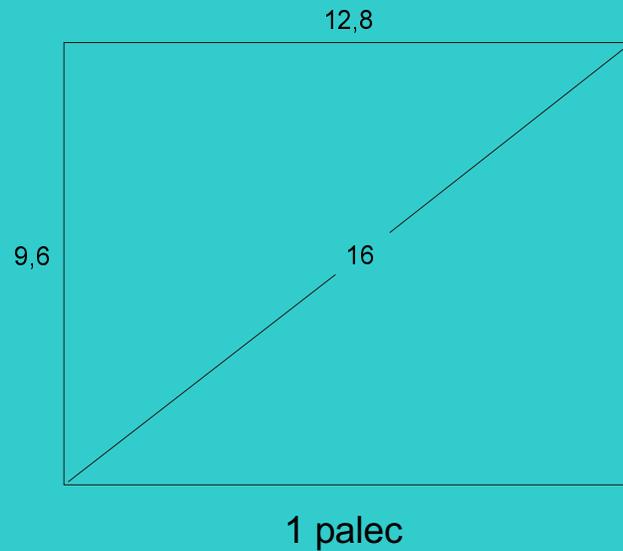
Formát snímacích obrazových prvků

Údaje v mm - měřítko zvětšení 4:1, relativní vztahy zachovány

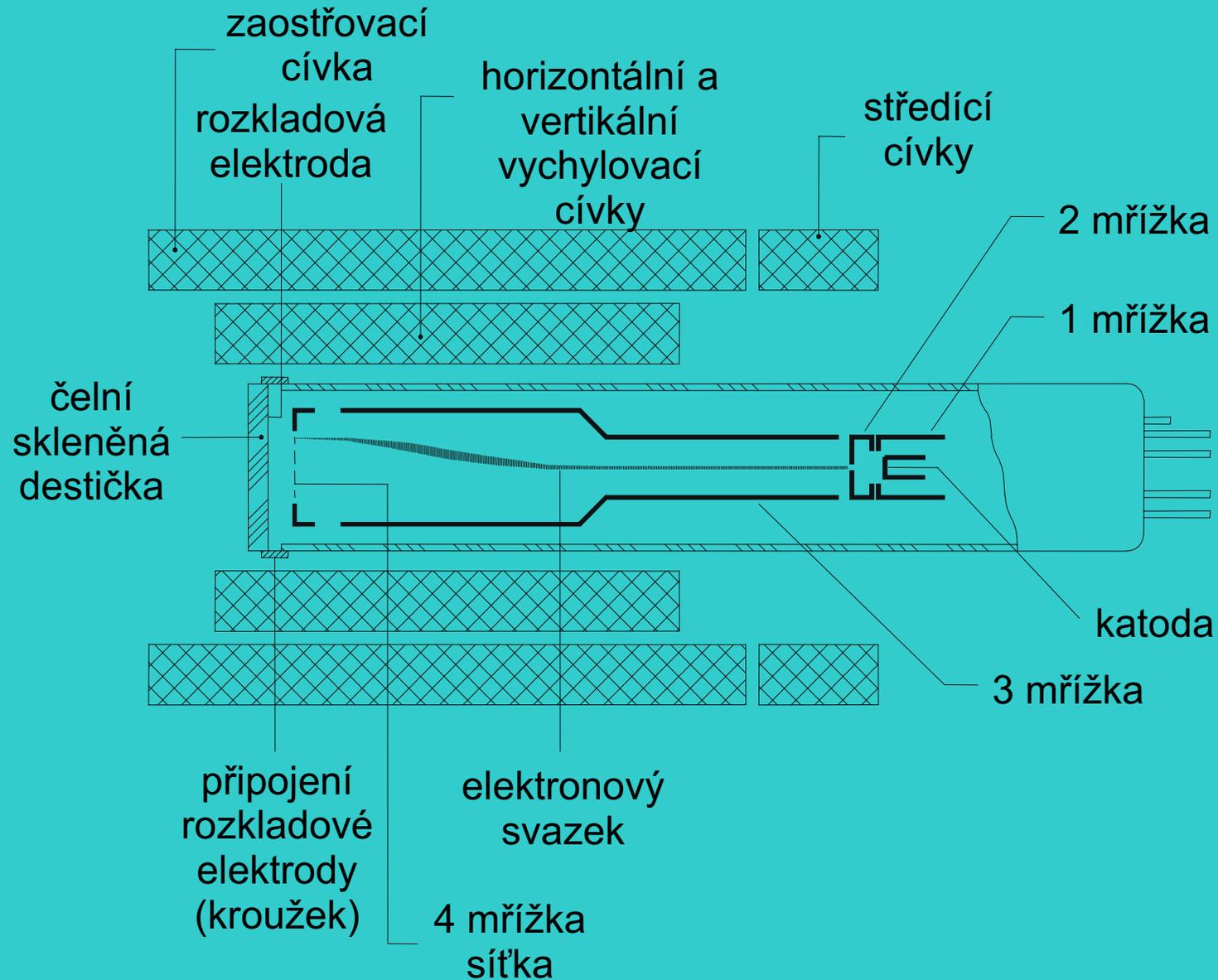


Formát snímacích obrazových prvků

Údaje v mm - měřítko zvětšení 4:1, relativní vztahy zachovány



Snímací obrazové prvky - vidicon

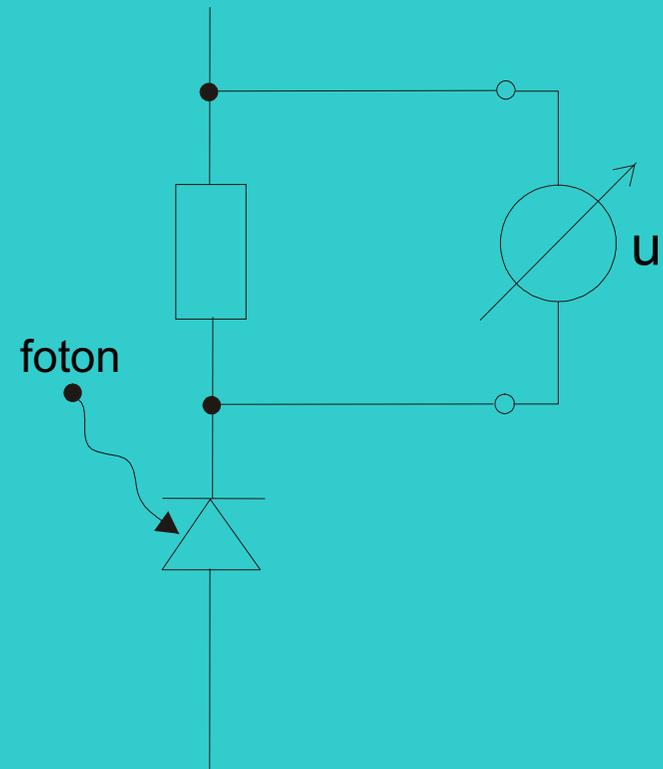


Snímací obrazové prvky

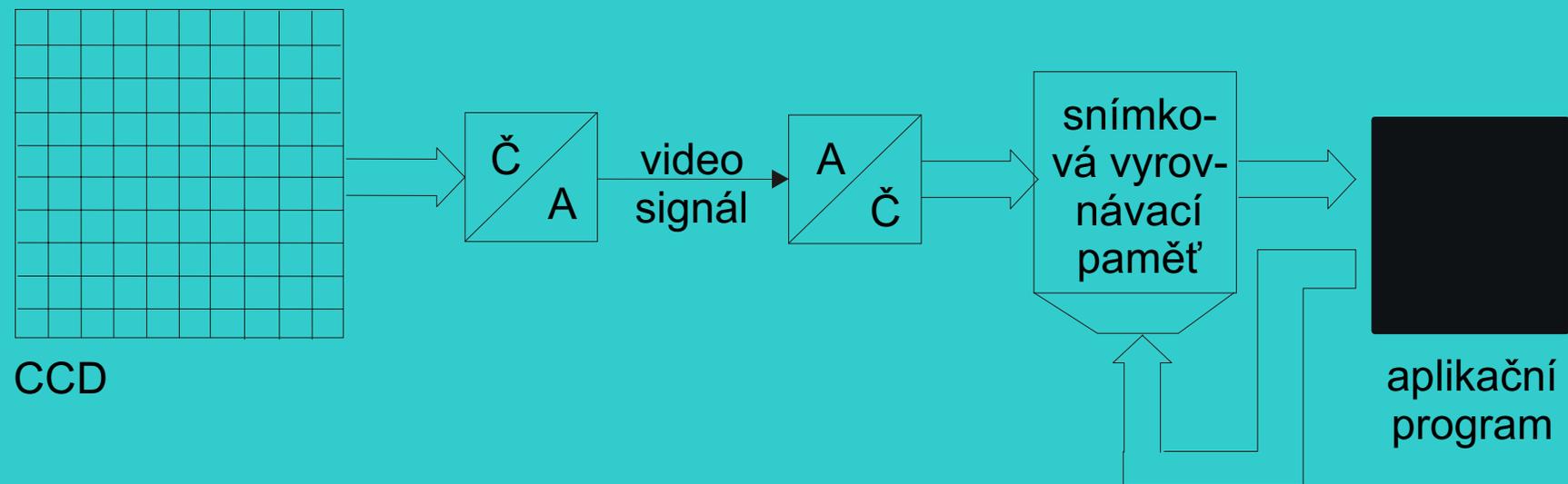
CCD



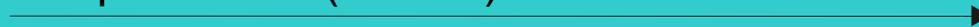
CMOS



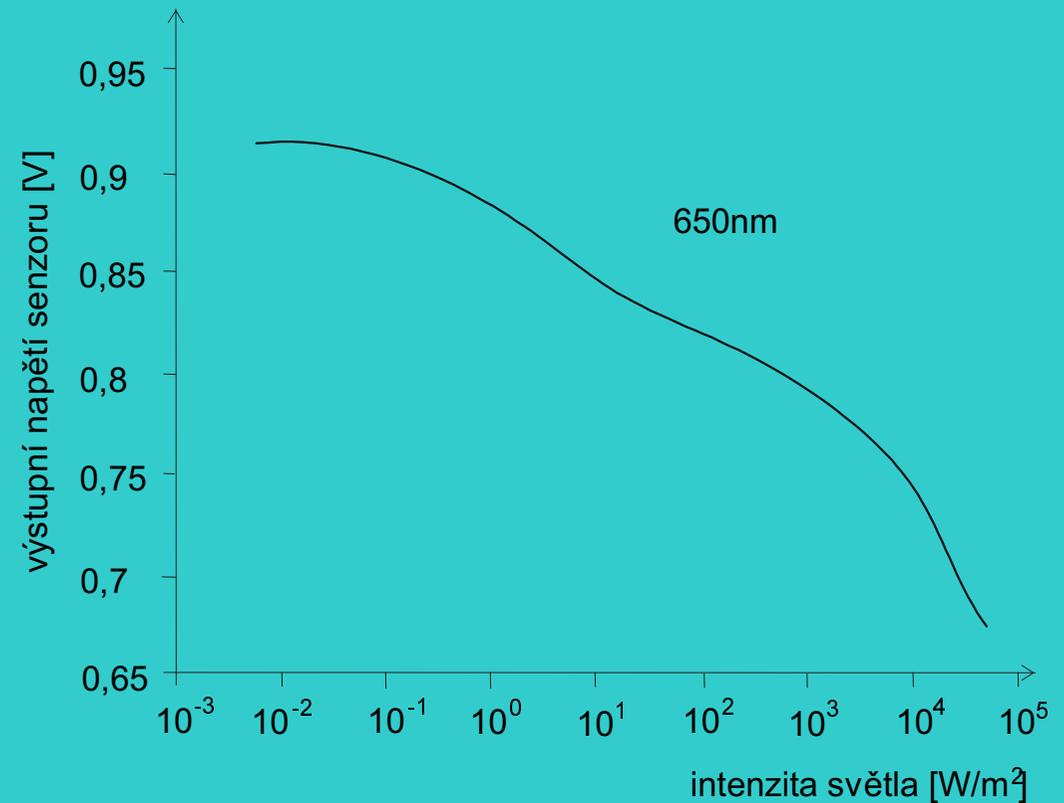
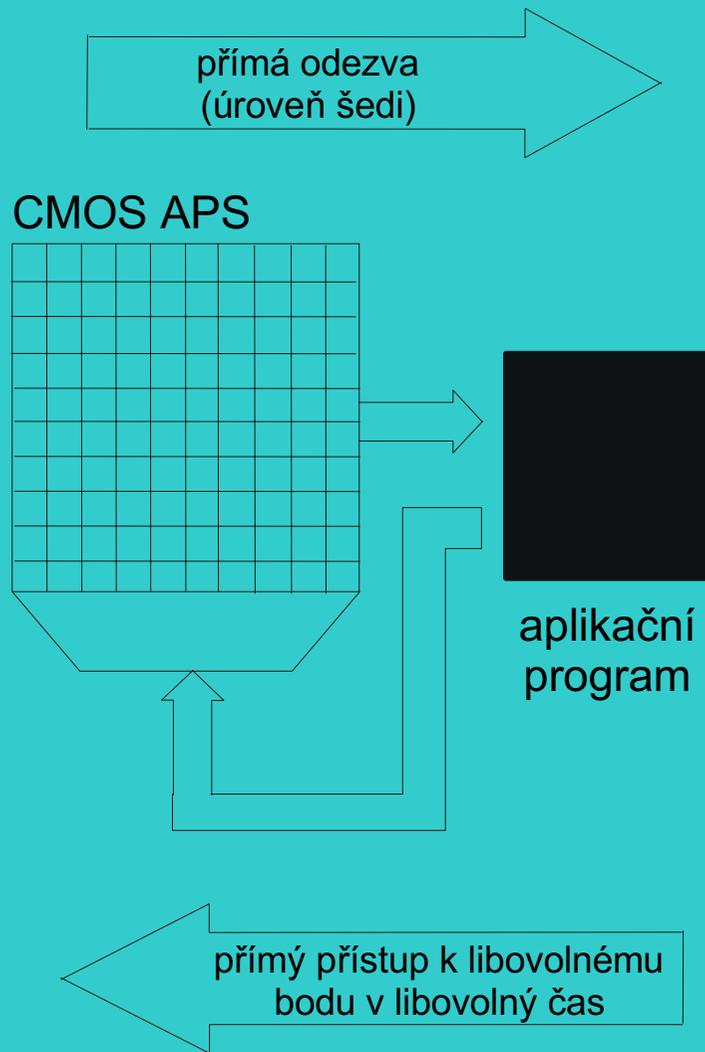
Ideové schéma systémů s prvky CCD



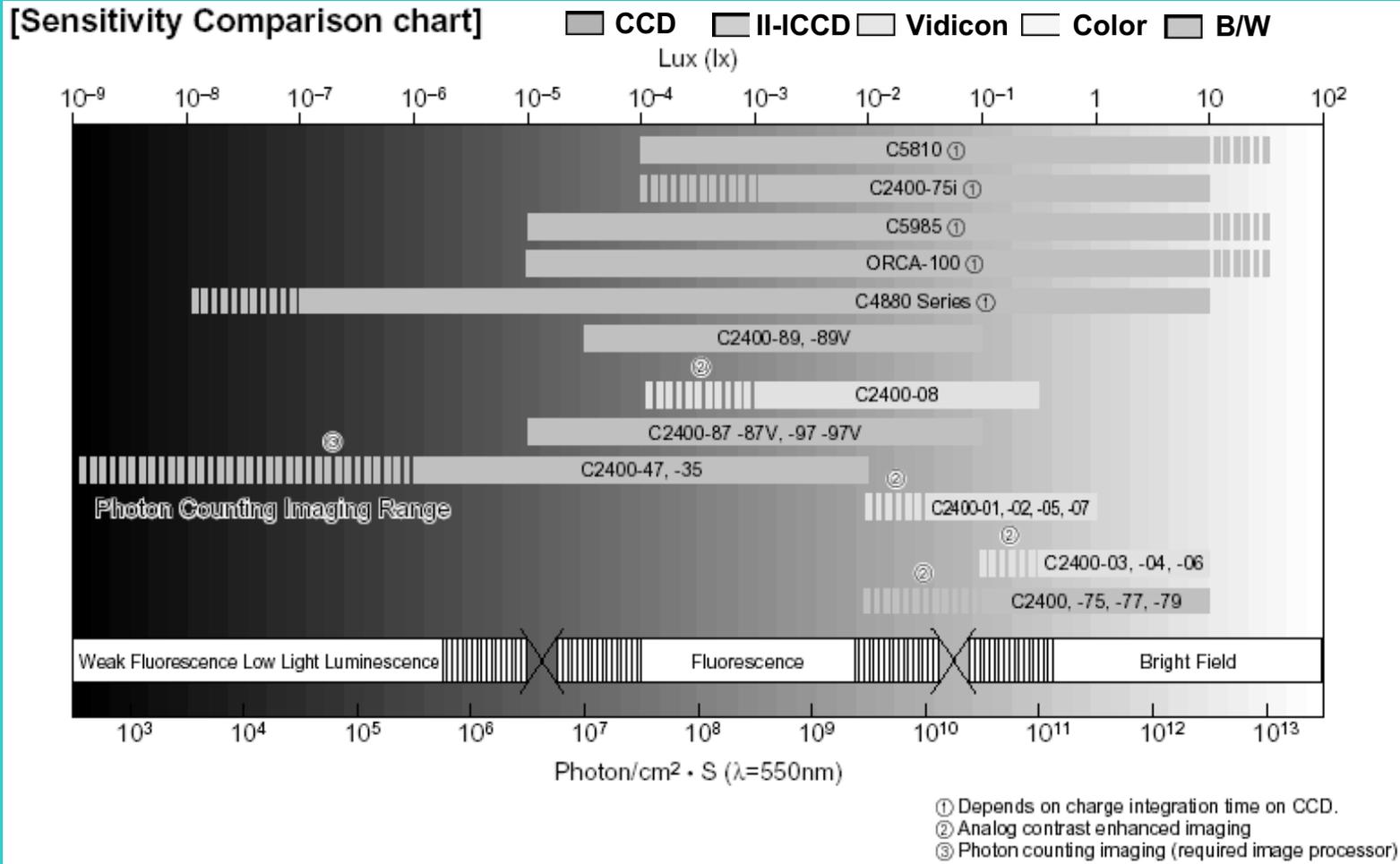
přenos 25 (EIA 30) snímků za sekundu



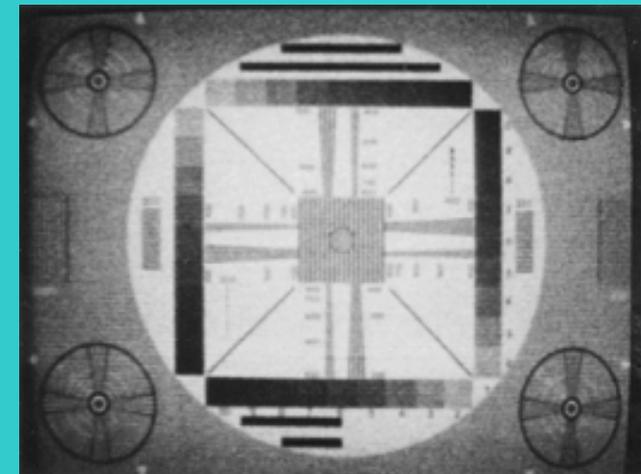
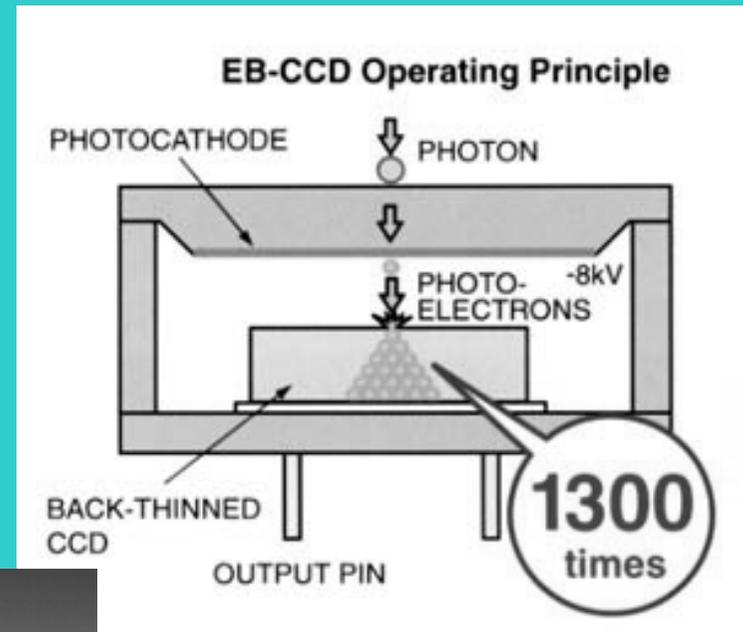
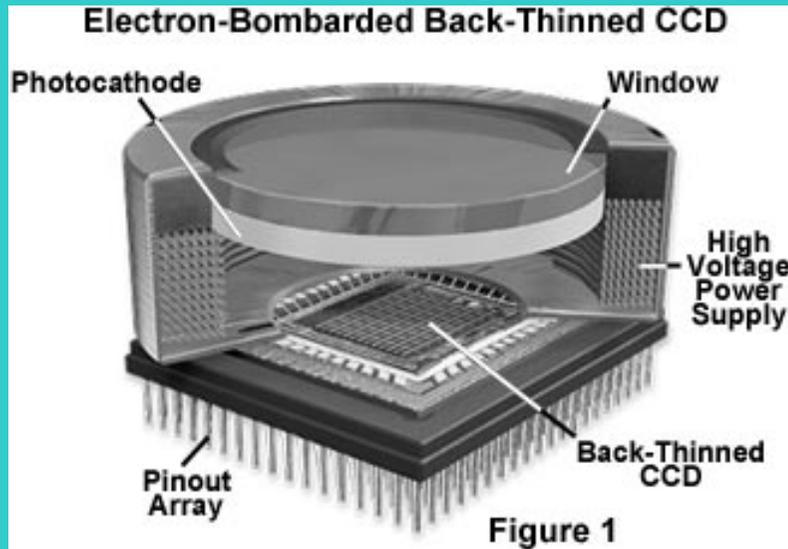
Ideové schéma systémů s prvky CMOS



Specializované systémy



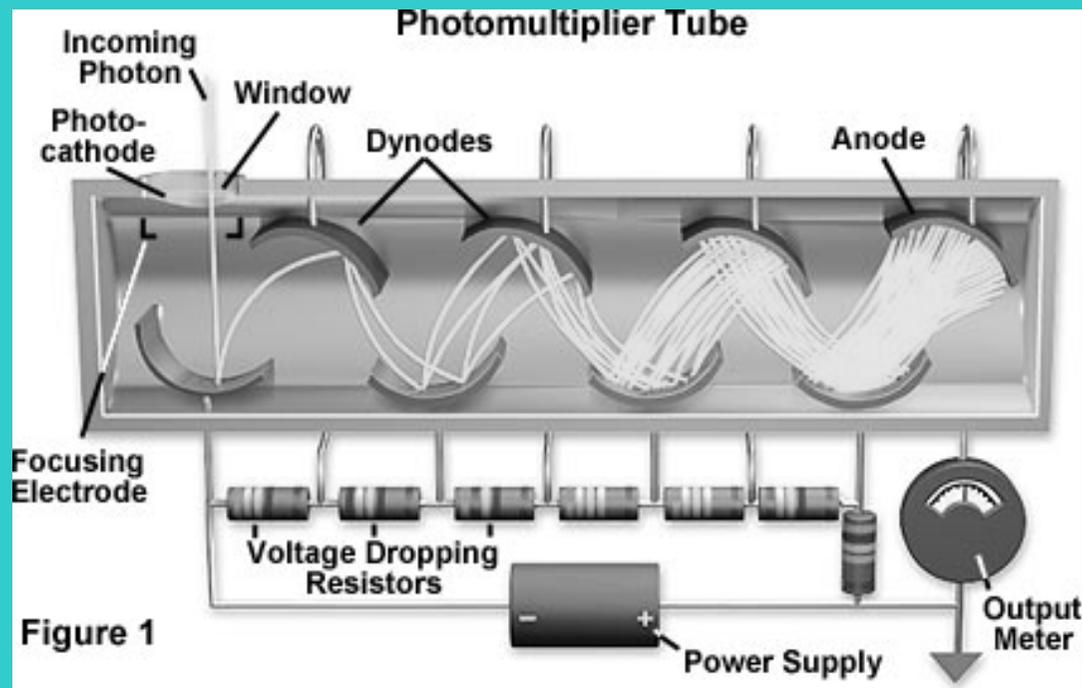
EB-CCD („electron bombardment“)



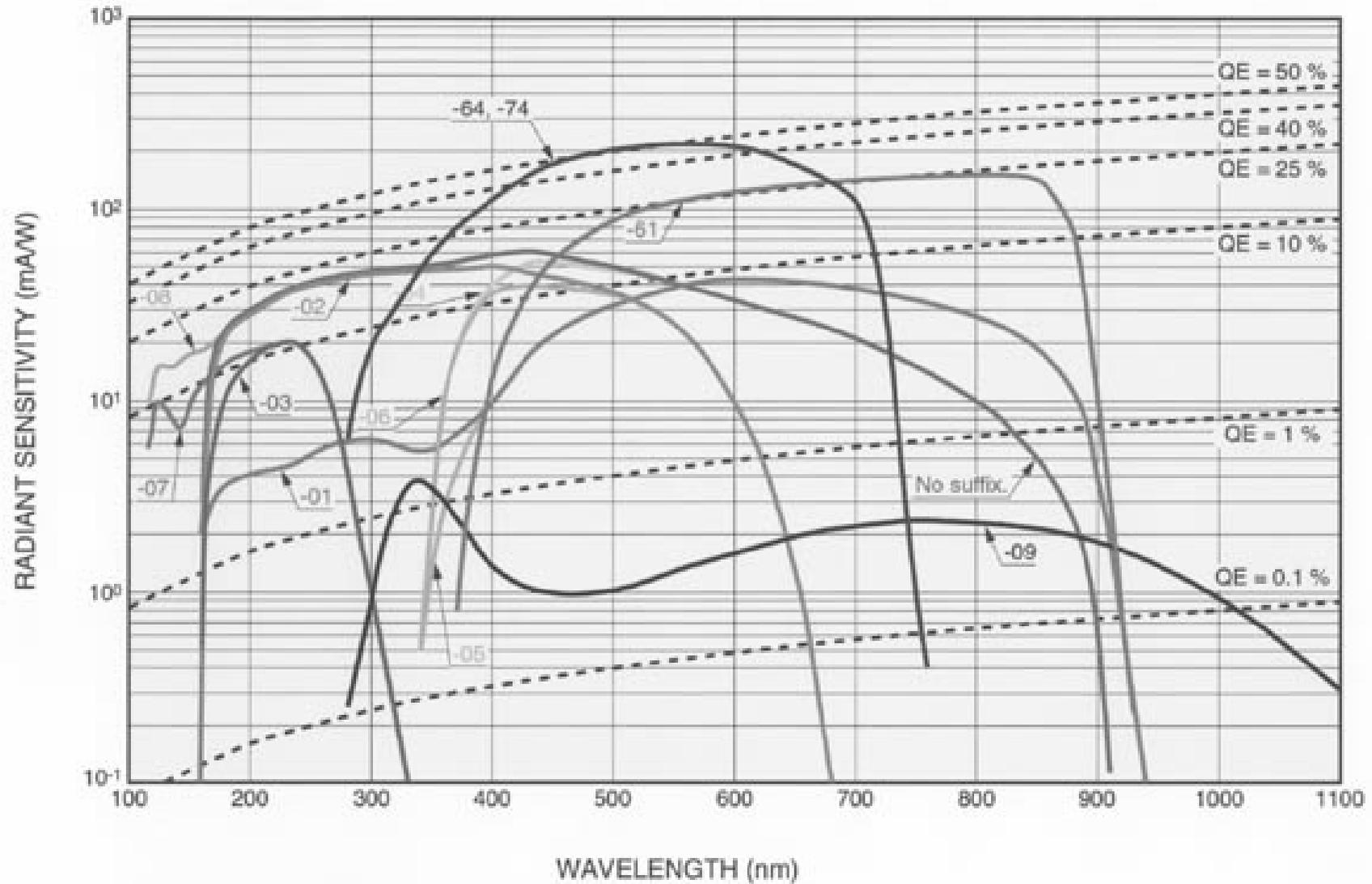
EM („electron multipliers“)



PMT („photomultiplier tube“)



II („image intensifiers“)



II („image intensifiers“) - ICCD

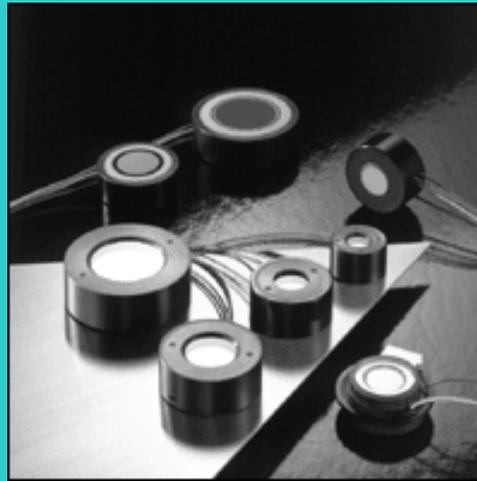


Figure 1: Structure of Image Intensifier

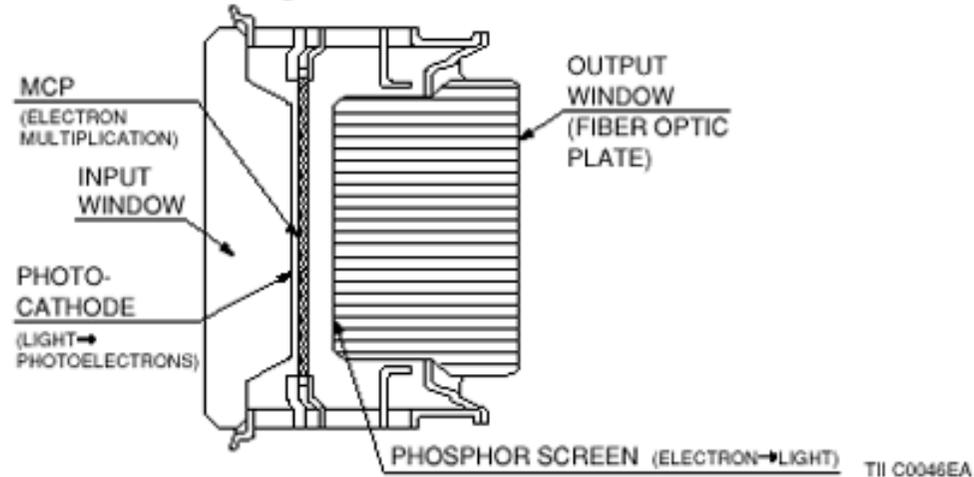
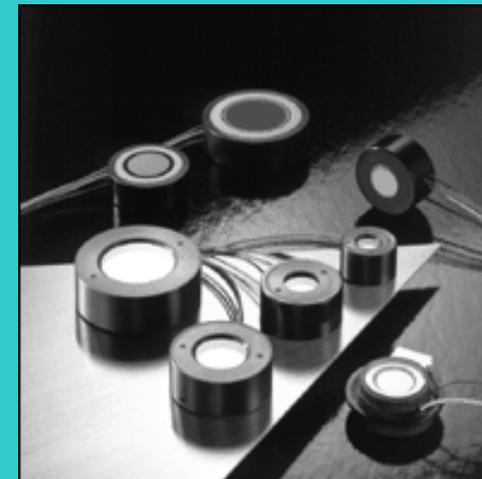
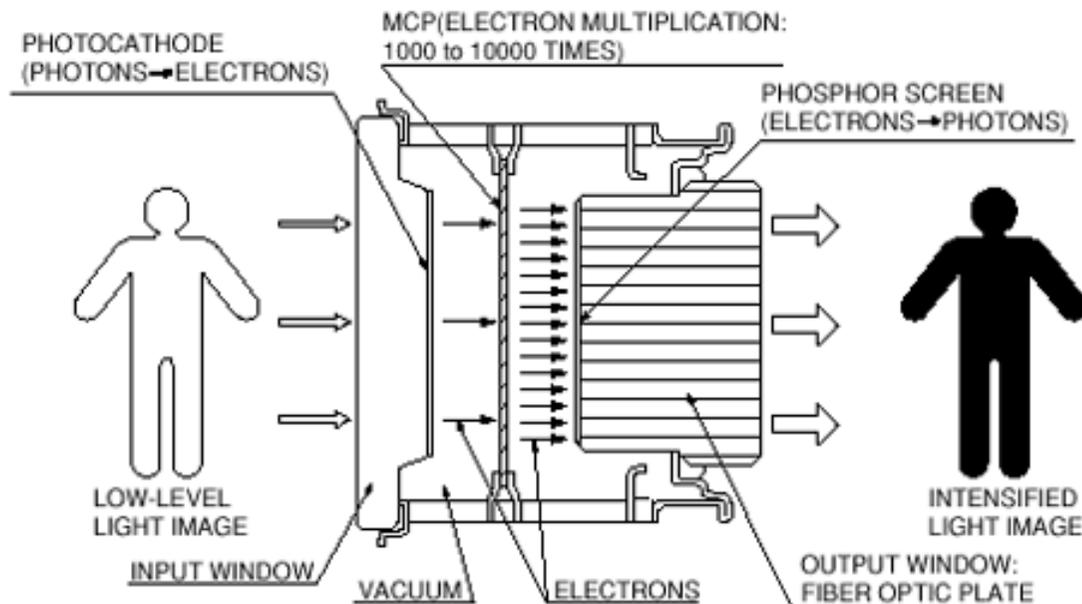
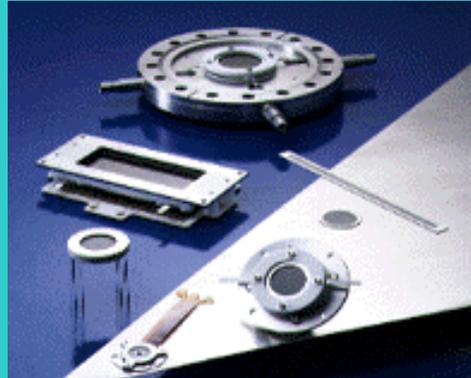


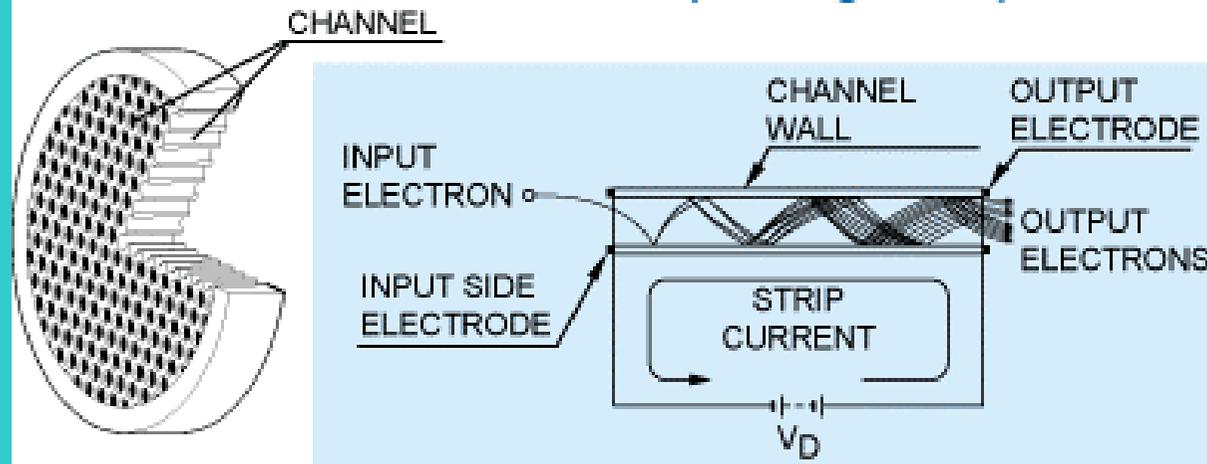
Figure 2: Operating Principle



MCP („micro channel plate“)

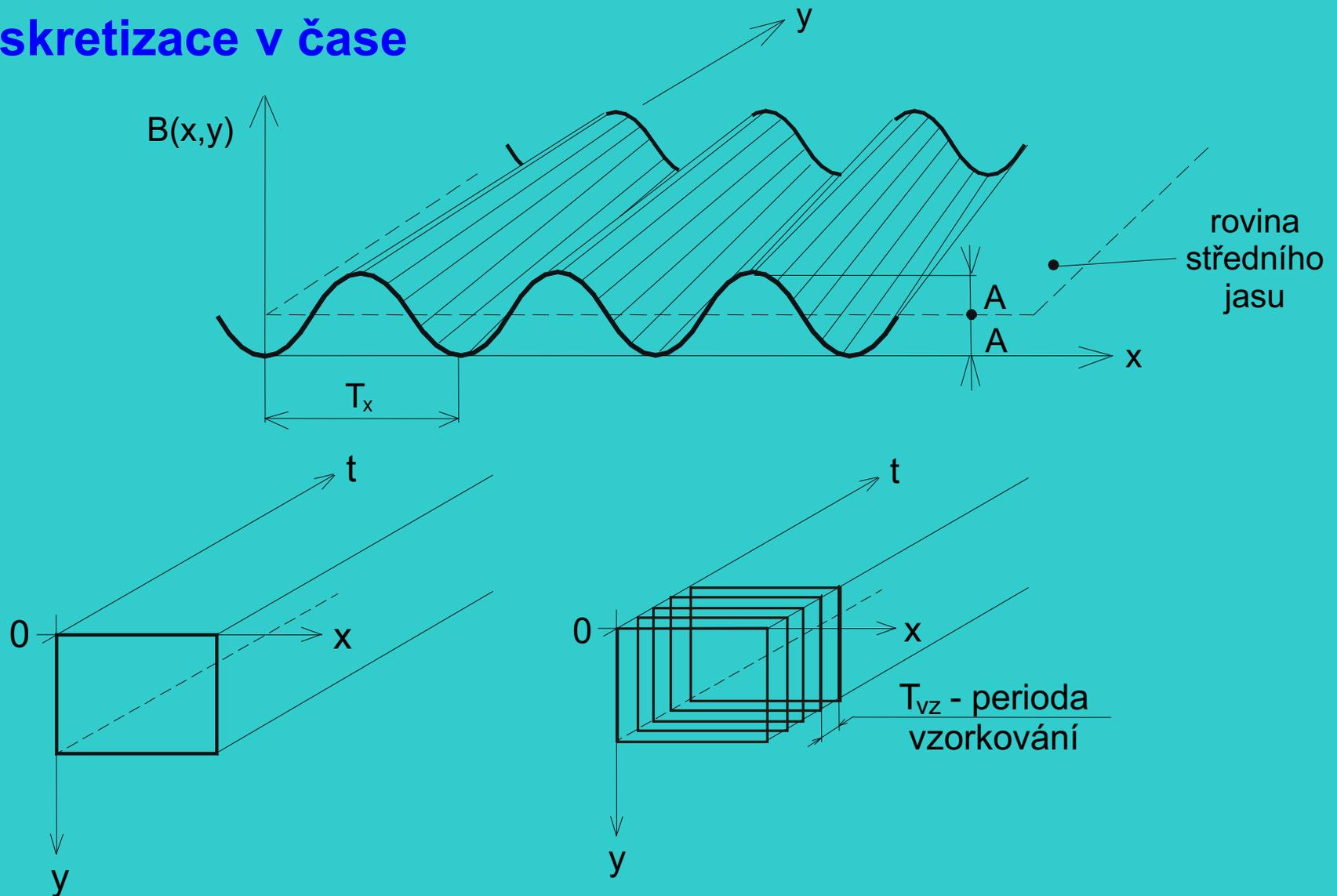


Schematic Construction and Operating Principle of MCP



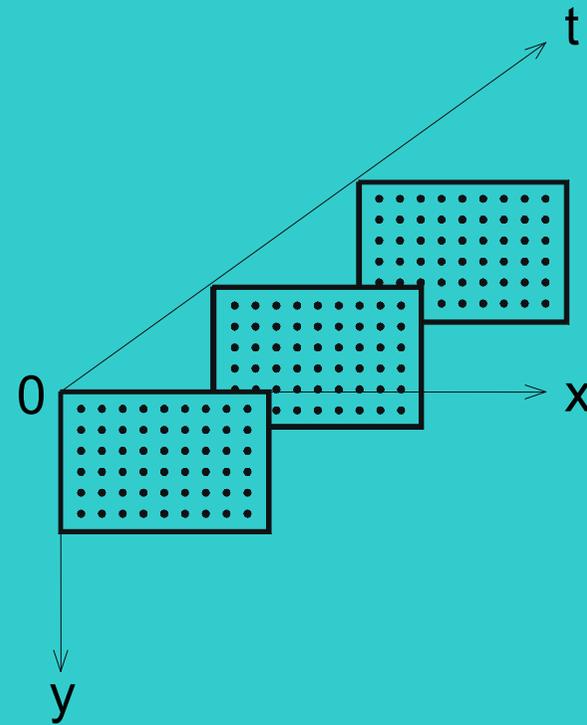
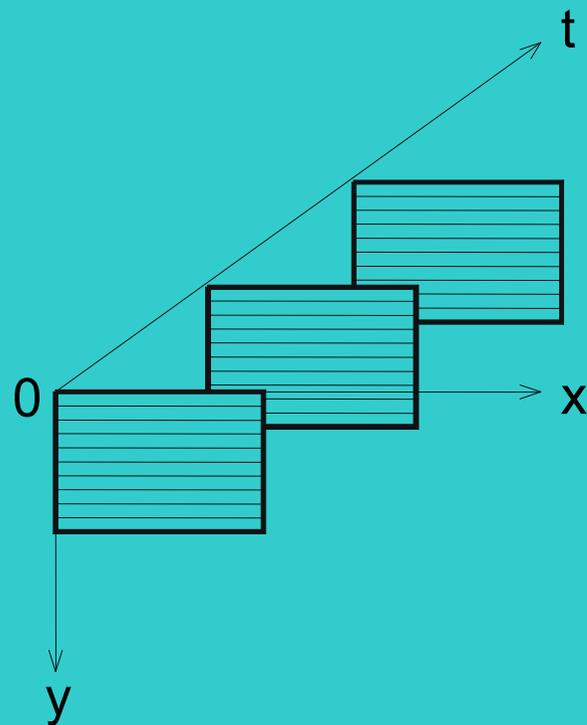
Digitalizace obrazu

- diskretizace v čase



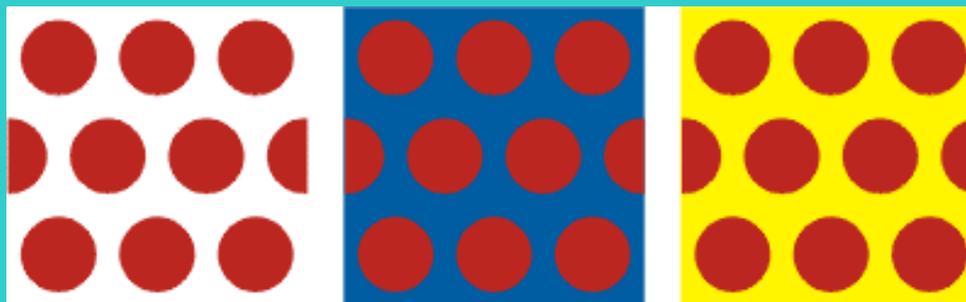
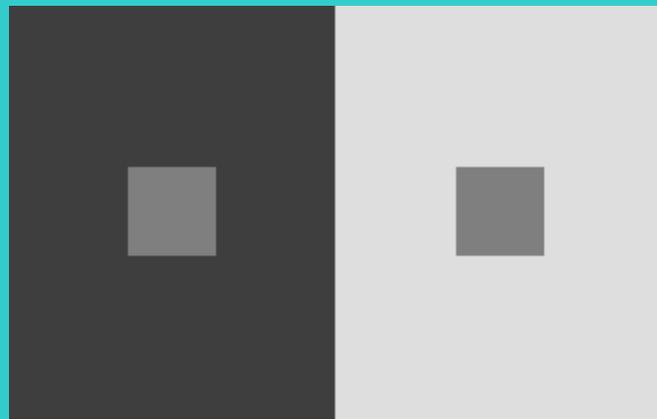
Digitalizace obrazu

- diskretizace v x, y



Digitalizace obrazu

- diskretizace v amplitudě (kvantování)
- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)



Počet kvantizačních hladin

Weber-Fechnerův zákon $\frac{\Delta B}{B_0} = k \quad (0,015 - 0,02)$

$$B_{\min} < B_1 < B_2 \dots < B_i < B_{i+1} \dots < B_{\max}$$

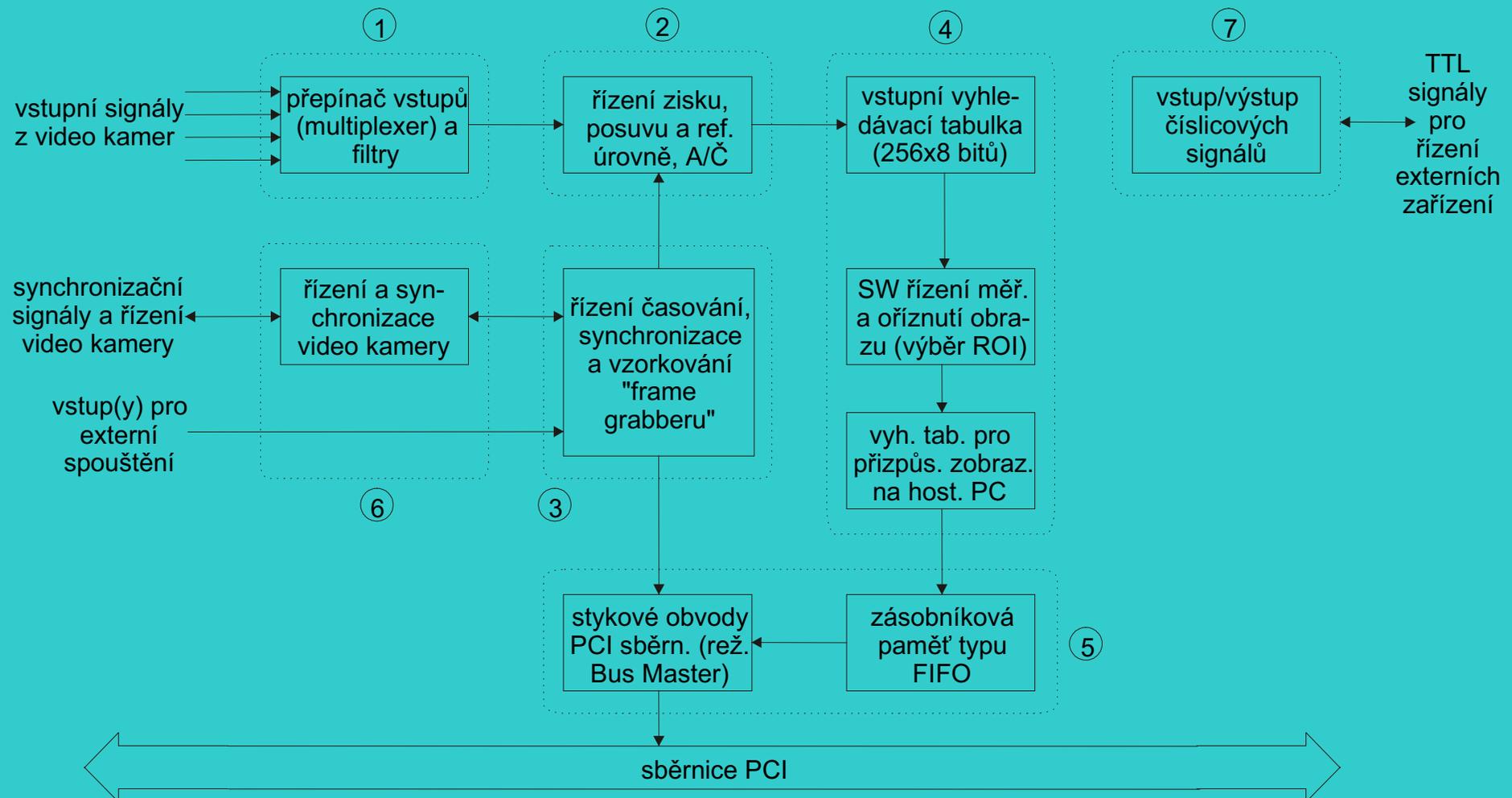
$$\frac{B_{i+1} - B_i}{B_i} = k, \text{ tj. } \frac{B_{i+1}}{B_i} = 1 + k$$

$$\frac{B_{\max}}{B_{\min}} = (1 + k)^n$$

$$n = \frac{\log \frac{B_{\max}}{B_{\min}}}{\log(1 + k)}$$

$$\frac{B_{\max}}{B_{\min}} = 100 \rightarrow n = 230$$

Principiální blokové schéma frame grabberu (FG)



Čtvercové pixely

analogový
objekt

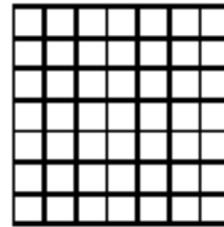
digitalizační
rastr

digitální
obraz

1:1 vzorkování



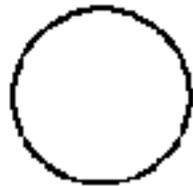
+



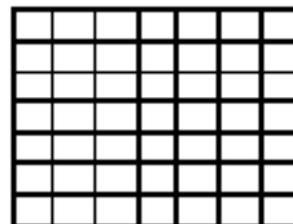
=



4:3 vzorkování



+

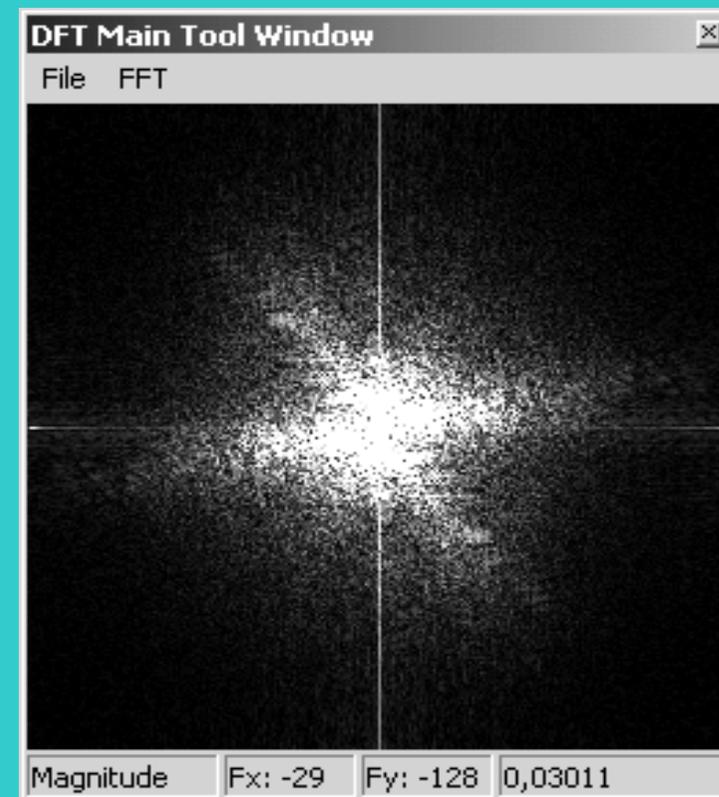
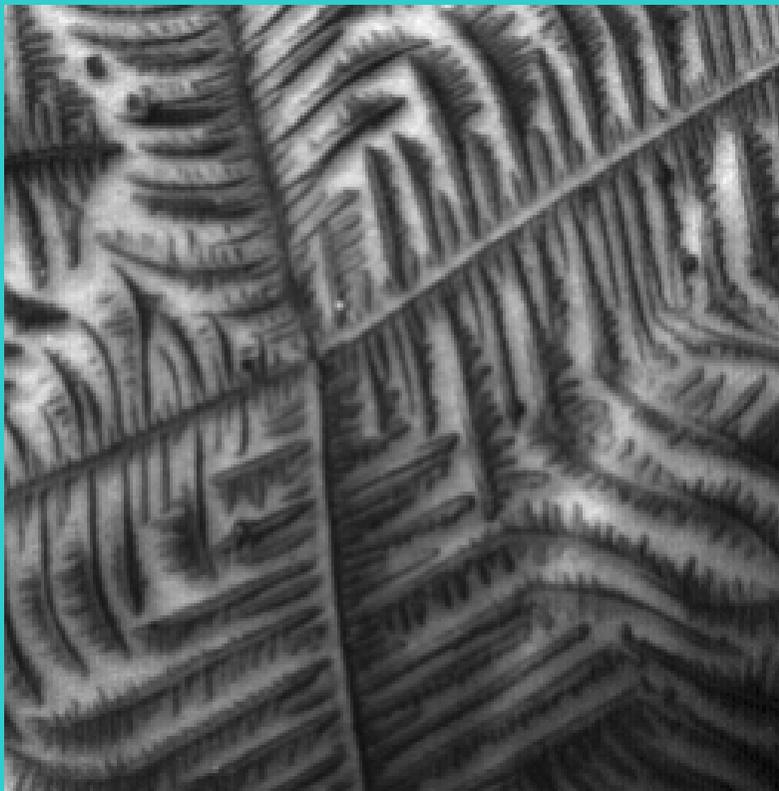


=

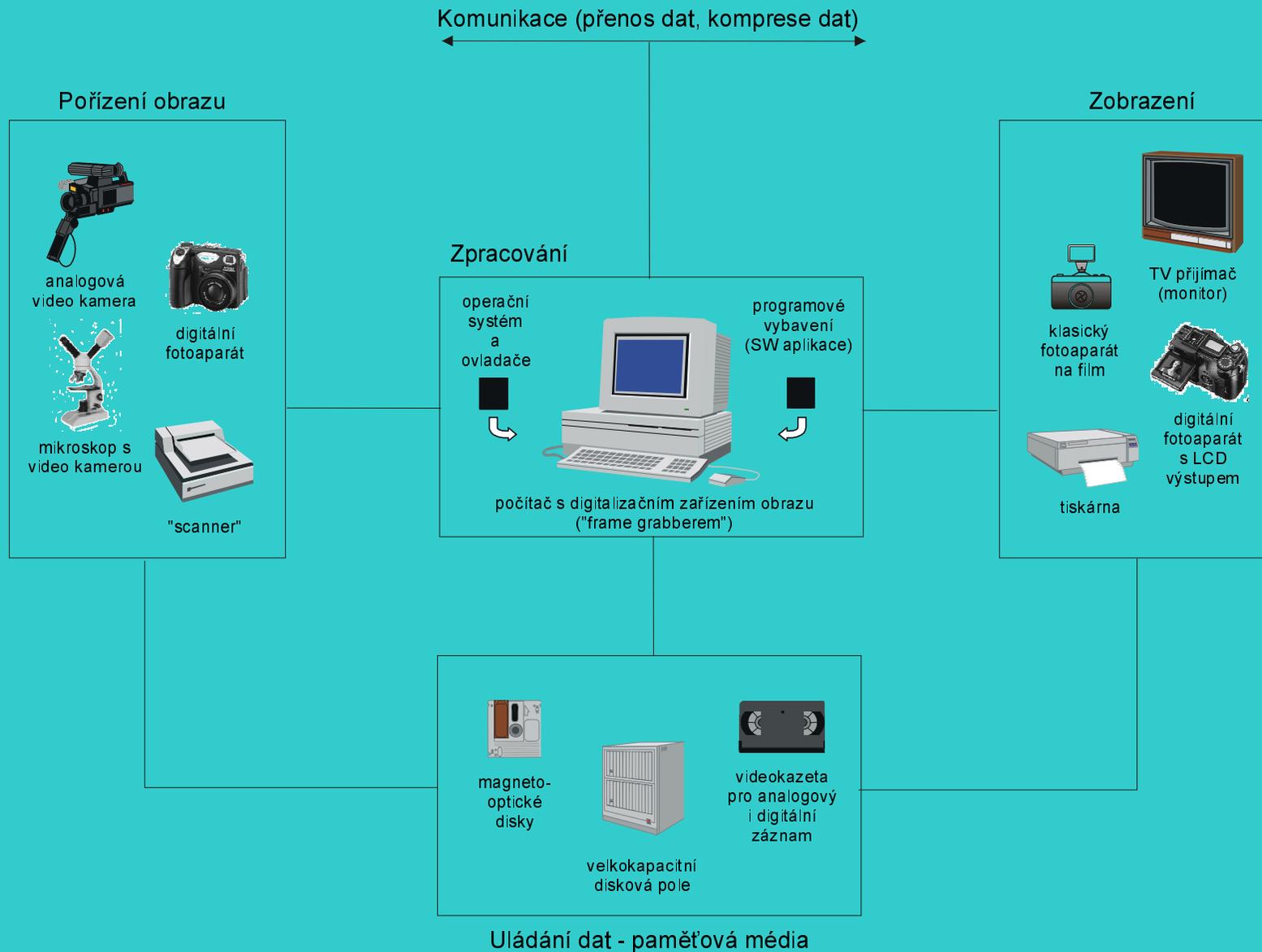


Základní metody zpracování obrazu

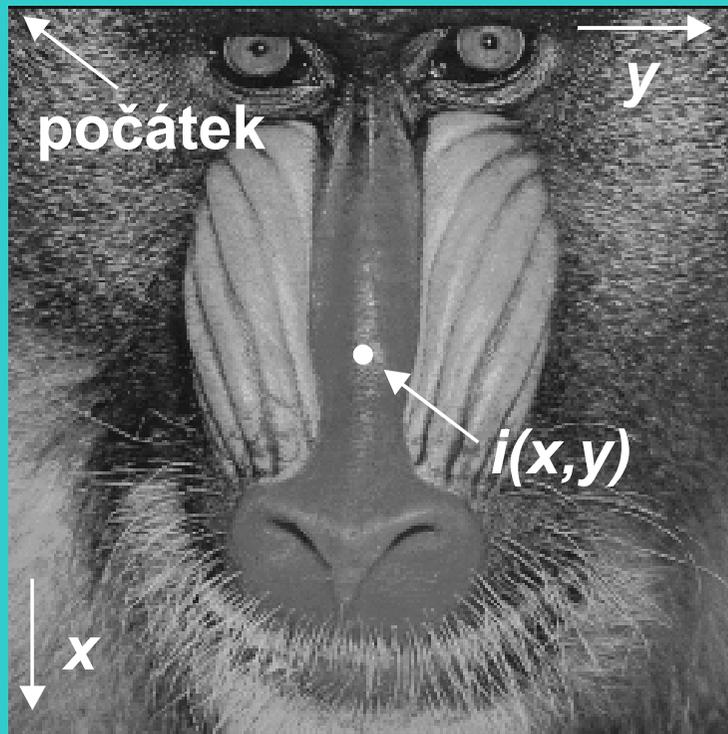
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



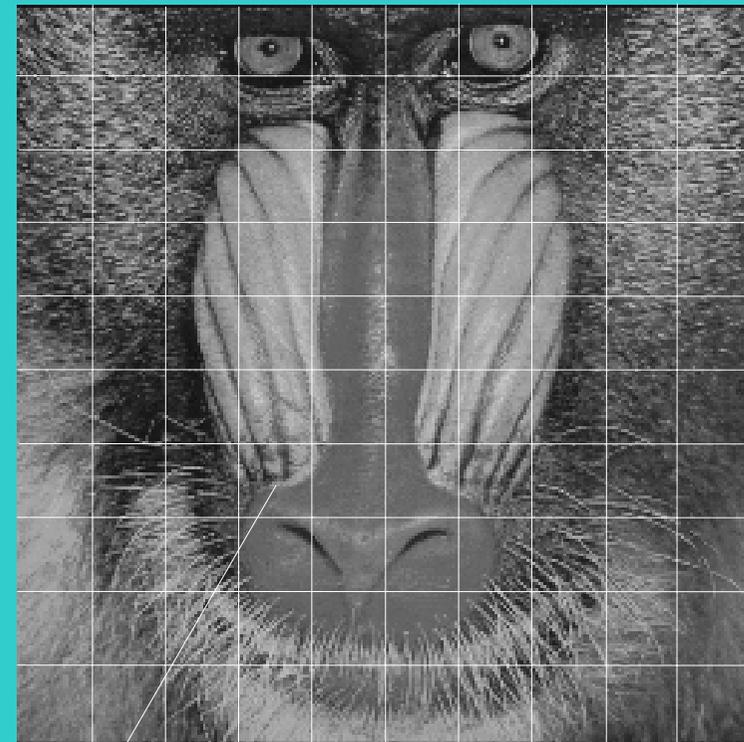
Základní uspořádání systému



Obráz jako dvourozměrná matice

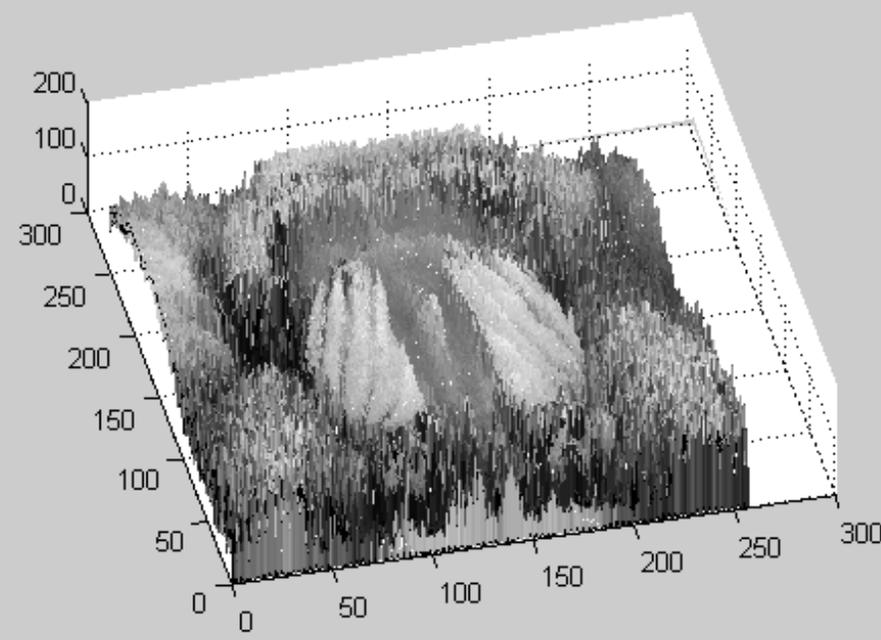
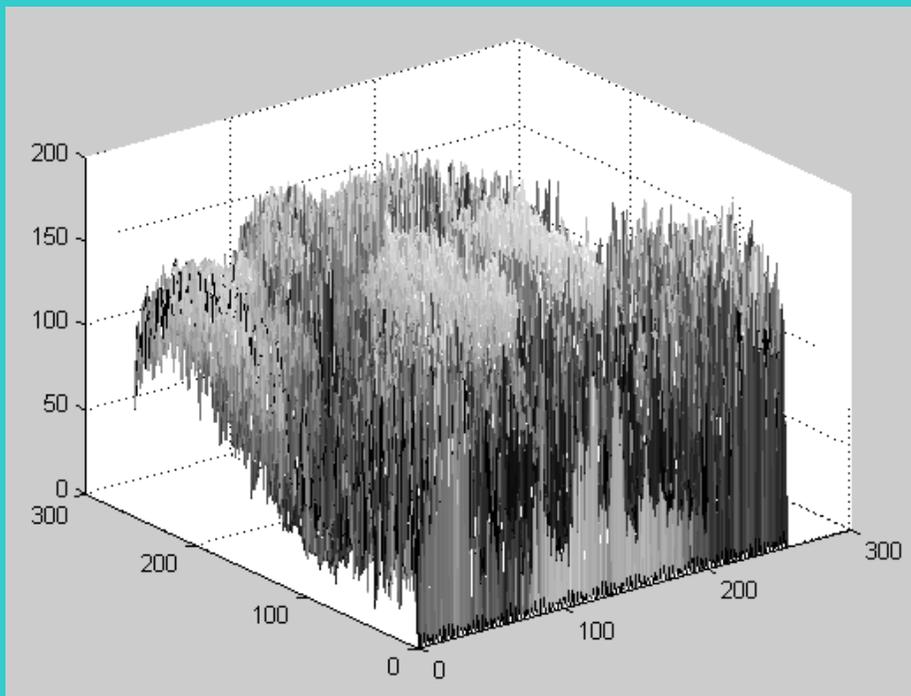


→ sloupce matice

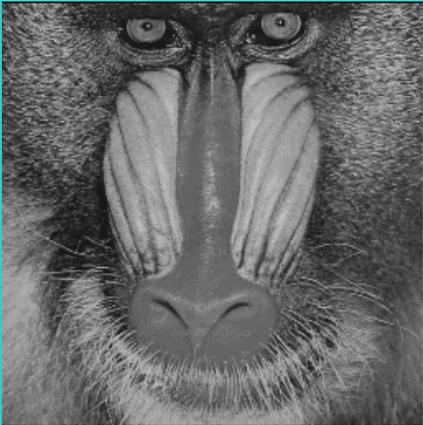
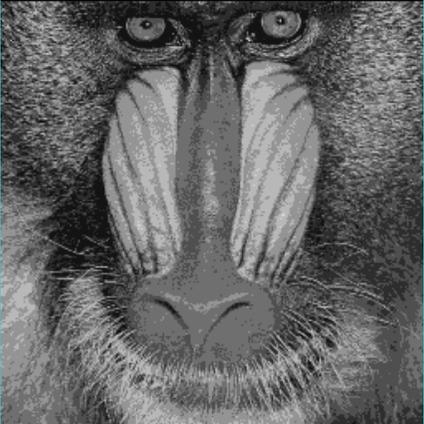
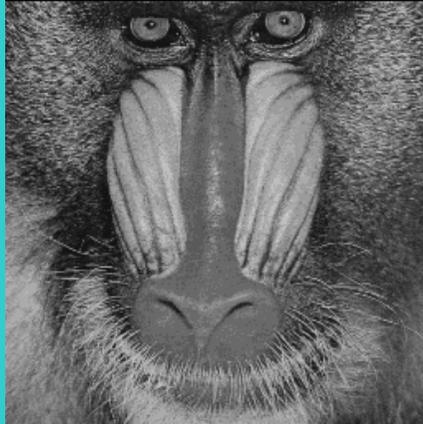


$$i=f(x, y, z, \lambda, t)$$

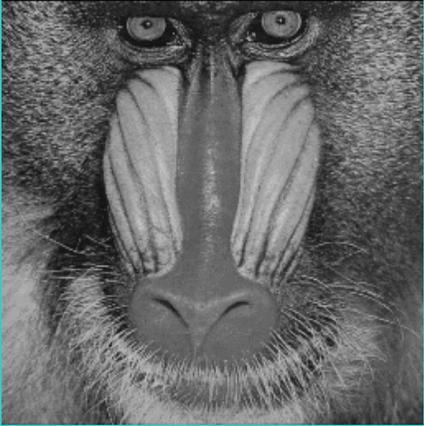
Obraz jako 3D reliéf



Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

↓ Vliv rozlišení obrazu ↓	↓ Vliv různých počtů odstínů šedé v obrazu ↓	
↓ 256 x 256 pixelů ↓	↓ 2 odstíny šedé ↓	↓ 4 odstíny šedé ↓
		
↓ 128 x 128 pixelů ↓	↓ 8 odstínů šedé ↓	↓ 16 odstínů šedé ↓
		

Ilustrace rozlišení a počtu odstínů šedé

↓ Vliv rozlišení obrazu ↓	↓ Vliv různých počtů odstínů šedé v obrazu ↓	
↓ 64 x 64 pixelů ↓	↓ 32 odstínů šedé ↓	↓ 64 odstínů šedé ↓
		
↓ 32 x 32 pixelů ↓	↓ 128 odstínů šedé ↓	↓ 256 odstínů šedé ↓
		

Etapy zpracování obrazu

- předzpracování obrazu
- vyčlenění objektů zájmu (segmentace)
- popis objektů (analýza)
- interpretace výsledků (porozumění obrazu)

Grafické obrazové formáty

- bitmapové (rastrové)** – pro uchování dat reálného světa (fotografie, videozáznamy),
 - přesná kopie, závislost na zobrazovacím zařízení,
 - BMP, TIFF

- vektorové**
 - pro čárové, mnohoúhelníkové a textové objekty,
 - obsahují matematické popisy prvků předlohy,
 - jednodušší str., menší velikost,
 - nezávislé na výst. zařízení,
 - př. AutoCad DFX

- metasouborové**
 - umožňují uchování obojího,
 - př. WMF

Grafické obrazové formáty – příklad specifikace Windows Bitmap (BMP)

identifikace

velikost souboru

ukazatel na data

```

Lister - [T:\DP\Pop\Images\Einstein.BMP]
File Edit Options Help
00000000: 42 4D 36 04 01 00 00 00 | 00 00 36 04 00 00 28 00 | BM6 6 (
00000010: 00 00 00 01 00 00 00 01 | 00 00 01 00 08 00 00 00 |   █   █   █
00000020: 00 00 00 00 01 00 C4 0E | C4 0E 00 00 00 00 |   █ Ä   Ä
00000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 | 01 01 01 00 02 02 |   █ █ █ █
00000040: 02 00 03 03 03 00 04 04 | 04 00 05 05 05 00 06 06 | █ █ █ █ █ █ █ █
00000050: 06 00 07 07 07 00 08 08 | 08 00 09 09 09 00 0A 0A | █ █ █ █ █ █ █ █
00000060: 0A 00 01 00 01 00 01 00 | 01 00 01 00 01 00 01 00 | █ █ █ █ █ █ █ █
00000070: 0E 00 01 00 01 00 01 00 | 01 00 01 00 01 00 01 00 | █ █ █ █ █ █ █ █
00000080: 12 00 13 13 13 00 14 14 | 14 00 15 15 15 00 16 16 | █ █ █ █ █ █ █ █
00000090: 16 00 17 17 17 00 18 18 | 18 00 19 19 19 00 1A 1A | █ █ █ █ █ █ █ █
000000A0: 1A 00 1B 1B 1B 00 1C 1C | 1C 00 1D 1D 1D 00 1E 1E | █ █ █ █ █ █ █ █
000000B0: 1E 00 1F 1F 1F 00 20 20 | 20 00 21 21 21 00 22 22 | █ █ █ █   !!! ""
000000C0: 22 00 23 23 23 00 24 24 | 24 00 25 25 25 00 26 26 | " ### $$$ %%% &&
000000D0: 26 00 27 27 27 00 28 28 | 28 00 29 29 29 00 2A 2A | & ' ' ((( ))) **
    
```

šířka

výška

bitů na pixel

Grafické obrazové formáty - příklad

```
Lister - [c:\Program Files\MIPS\Images\Einstein.BMP]
Soubor Editace Možnosti Nápověda 2 %
00000430: FE 00 FF FF FF 00 4D 4E 4E 4A 4B 54 5D 64 5E 53 | t . . . MNNJKT]d'
00000440: 50 63 69 5E 70 51 4E 73 5A 78 6B 67 6C 80 72 | Pci_pXQNsZxkgll
00000450: 6C 7E 63 74 68 68 70 5E 69 6B | pznjlel~cthhp^i
00000460: 6F 71 6B 6D 68 6F 70 70 72 70 | „ohd\boqkmhoppr
00000470: 79 6C 78 64 61 65 60 78 6B 7A | klurjkylxdaenxk
00000480: 5F 62 5E 59 69 5D 50 66 6C 6E | m|ldkP_b^Yi]\f]
00000490: 67 60 69 5E 5F 64 66 66 6D 6A 6F 71 54 56 55 | gfi^_dffmjogmTL
000004A0: 6A 6C 3F 64 6D 65 50 5C 5A C6 D1 CD 2B 33 | j1?dmeP\ZČŇI■++
000004B0: 33 2F 36 5C 4E 40 43 48 57 58 49 47 5A 58 4B | 3/6\N@CHWXIGPZ>
000004C0: 3C 64 74 56 53 53 47 64 6C 68 47 5A 65 3B 3D 60 | <dtUSSGd1hGZi;=
000004D0: D7 DC DA D6 D5 D5 D7 D8 D8 D7 D6 D6 D7 D8 DD 6F | xÜÜÜÜÜxŘŘxÜÜxŘŸ
000004E0: 66 66 73 72 6E 66 68 73 6F 72 72 73 7C 71 6C 69 | ffsrnfhsorrs|q]
```

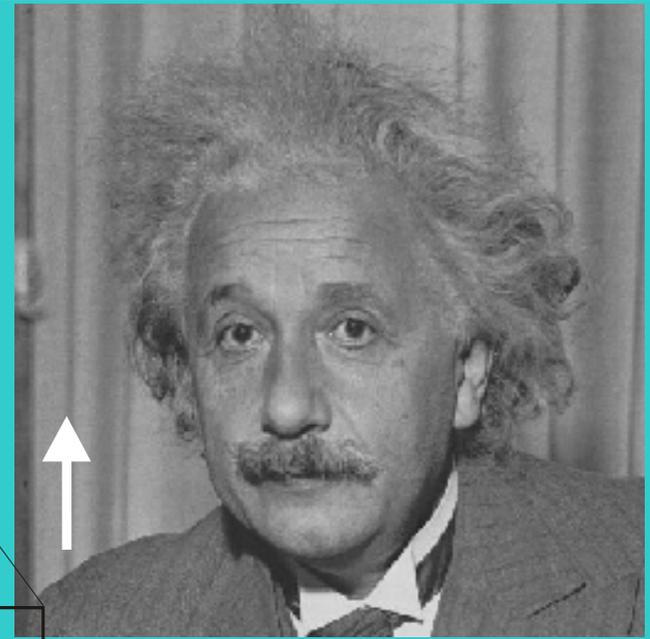
Adresa 0436H,
počátek vlevo
dole (viz detail)



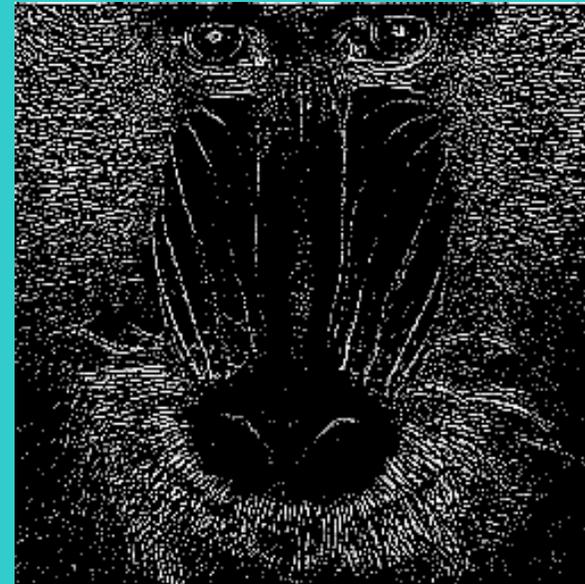
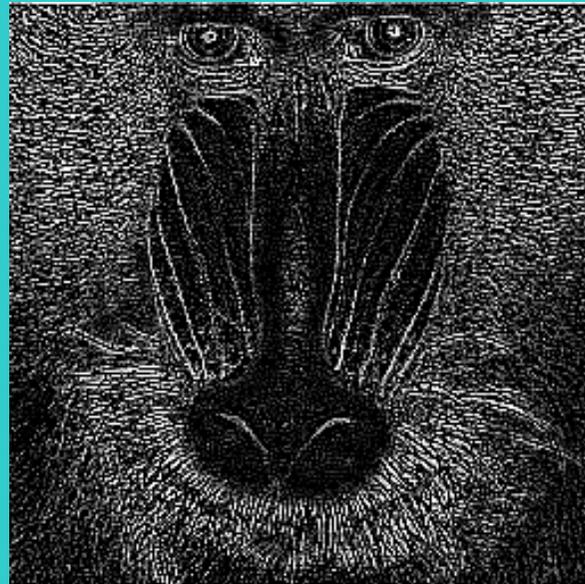
vyjádření v šestnáctkové
soustavě

41	43	42	47
42	49	4A	43
43	48	53	43
4D	4E	4E	4A

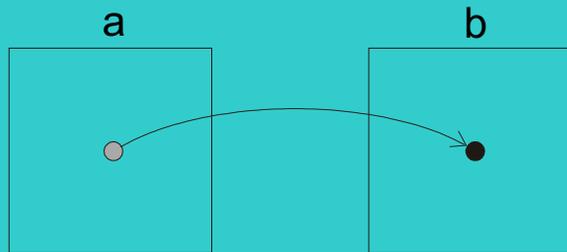
65	67	66	71
66	73	74	67
67	72	83	67
77	78	78	74



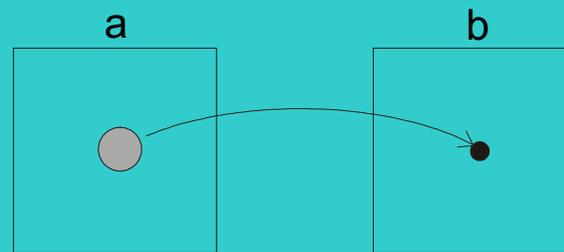
Příklady vybraných operací nad obrazem



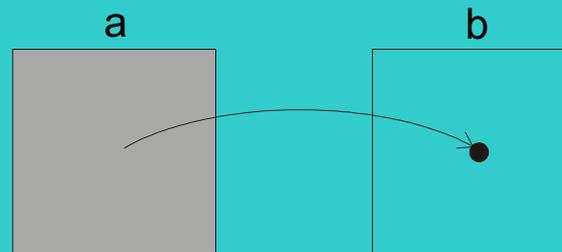
Typy operací a typy sousedství pixelů



bodové operace

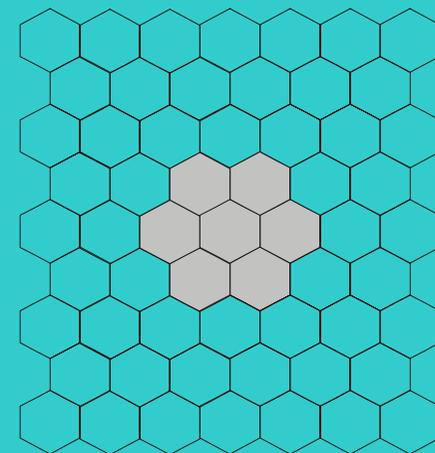
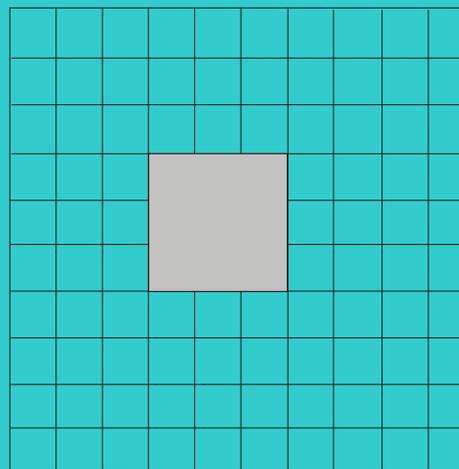
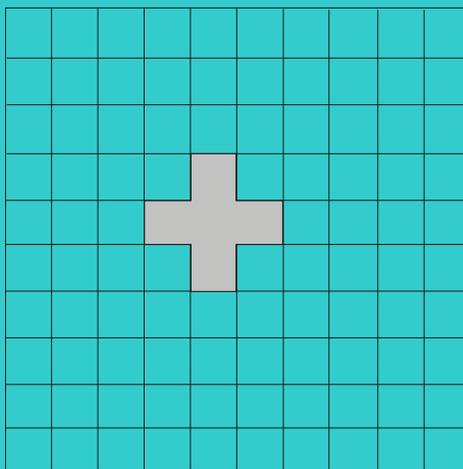


lokální operace

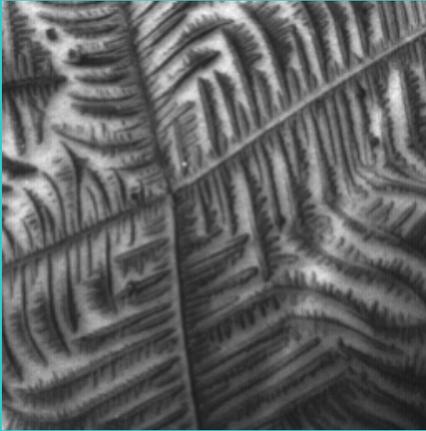
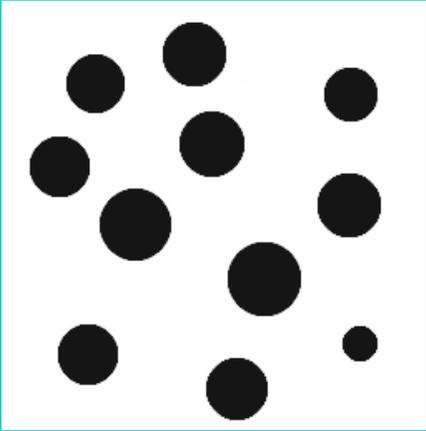
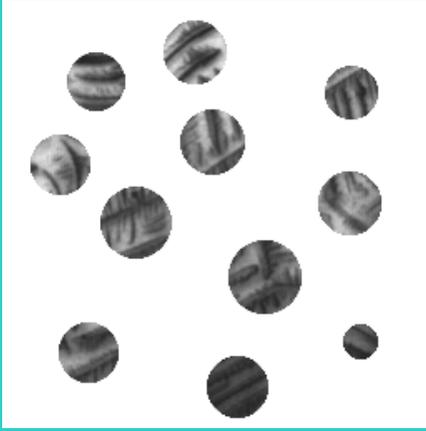
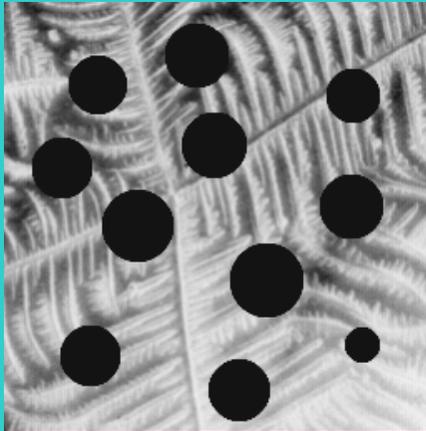
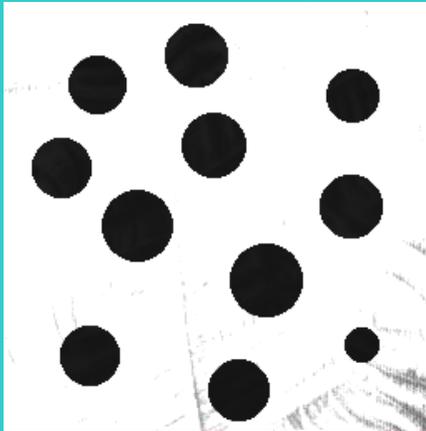
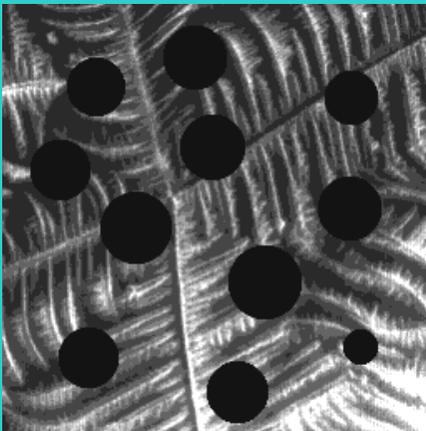


globální operace

$$\bullet = [m=m_0, n=n_0]$$



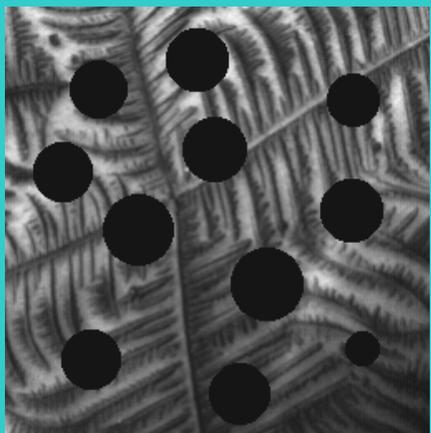
Aritmetické operace nad obrazem

Aritmetické operace mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy a mezi šedotónovými obrazy (bílé odpovídá hodnota 255 (1), černé odpovídá hodnota 0 (0))		
⇩ šedotónový obraz "a" ⇩	⇩ binární (ČB) obraz "b" ⇩	⇩ $ADD(a,b) = a + b$ ⇩
		
⇩ $SUB(a,b) = a - b$ ⇩	⇩ $MULT(a,b) = a \cdot b$ ⇩	⇩ $DIV(a,b) = a / b$ ⇩
		

Aritmetické operace nad obrazem – pokr.

Aritmetické operace mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy a mezi šedotónovými obrazy (bílé odpovídá hodnota 255 (1), černé odpovídá hodnota 0 (0))

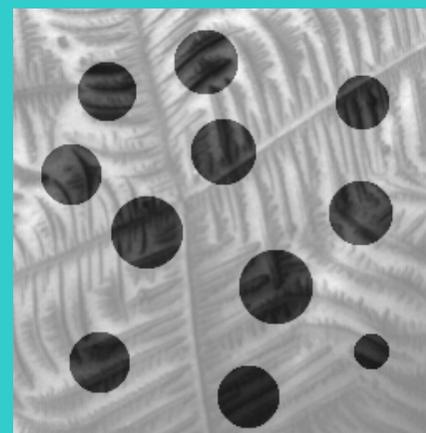
↓ MIN(a,b) ↓



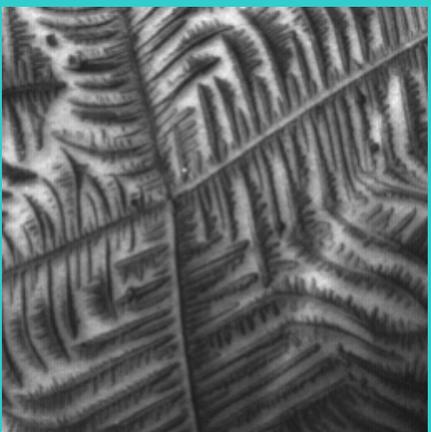
↓ MAX(a,b) ↓



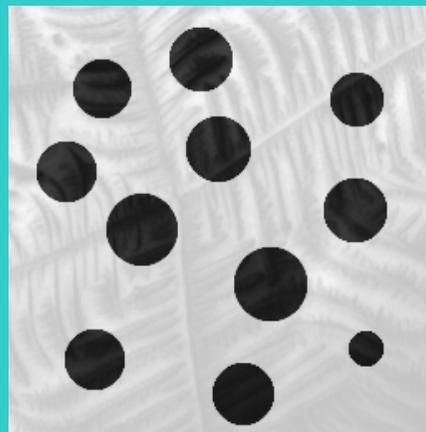
↓ AVE(a,b) = aritm. průměr ↓



↓ OVERLAY(a,b) ↓



↓ WEIGHT(25% a, 75% b) = 25% a + 75% b ↓



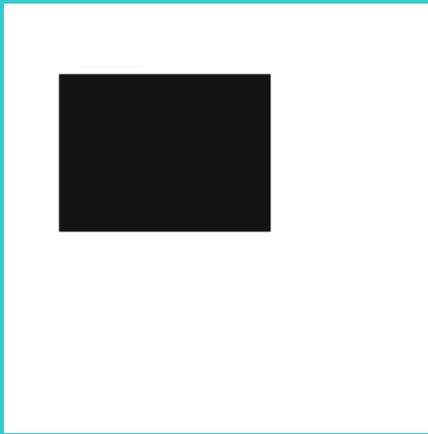
↓ WEIGHT(50% a, 50% b) = 50% a + 50% b ↓



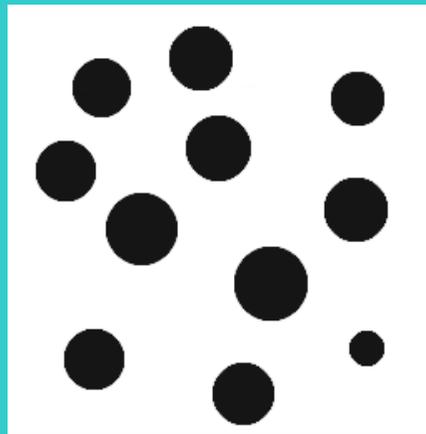
Logické (binární) operace nad obrazem

Logické operace mezi binárními (ČB) obrazy (též binární bodové operace) a mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy (binární hodnota 1 - bílá, binární hodnota 0 - černá)

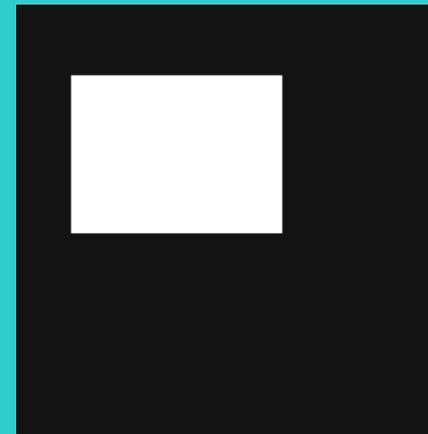
↕ binární (ČB) obraz "a" ↕



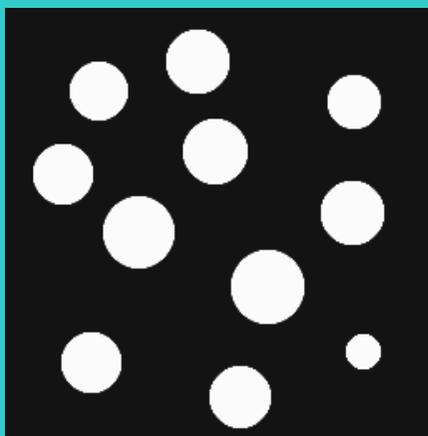
↕ binární (ČB) obraz "b" ↕



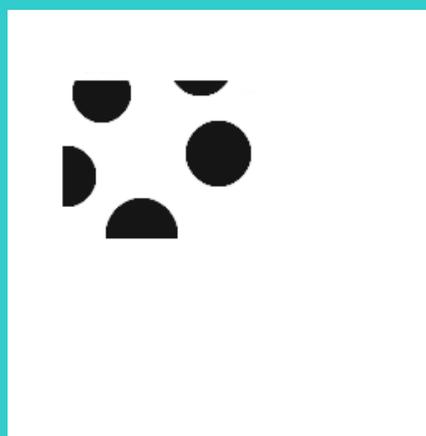
↕ NOT(a) = \bar{a} ↕



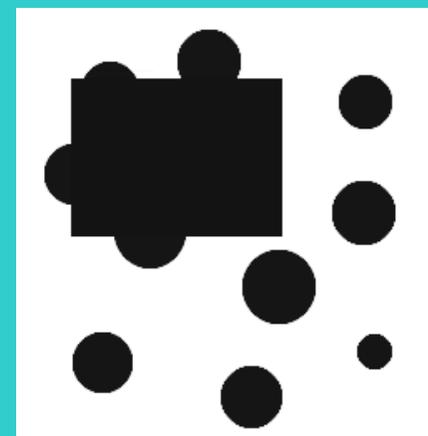
↕ NOT(b) = \bar{b} ↕



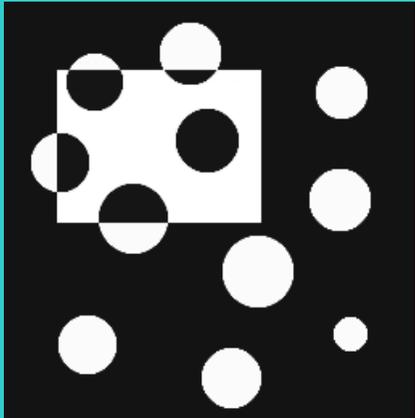
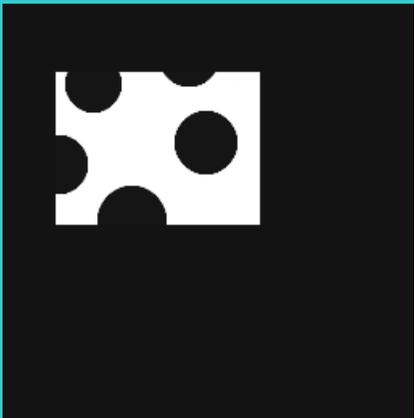
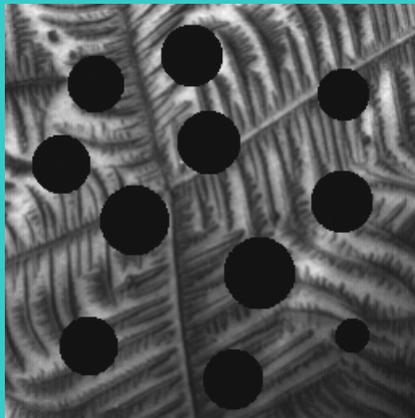
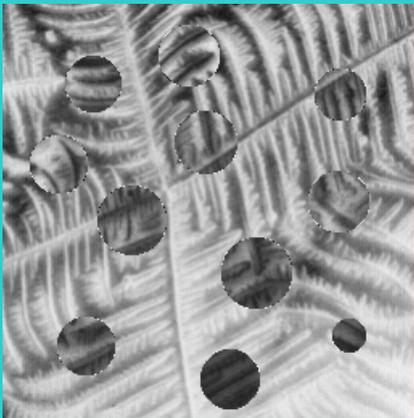
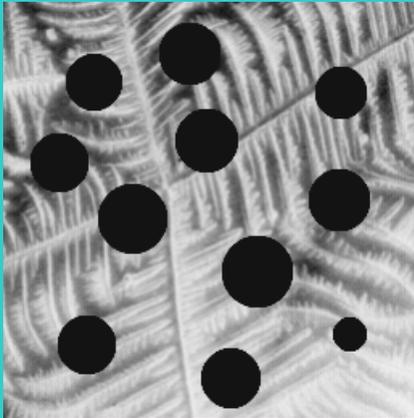
↕ OR(a,b) = a + b ↕



↕ AND(a,b) = a · b ↕



Logické (binární) operace nad obrazem – pokr.

Logické operace mezi binárními (ČB) obrazy (též binární bodové operace) a mezi šedotónovými ("a") a ČB ("b") obrazy (binární hodnota 1 - bílá, binární hodnota 0 - černá)		
\Downarrow XOR(a,b) = $a \oplus b = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b$ \Downarrow	\Downarrow SUB(a,b) = $a \setminus b = a - b = a \cdot \bar{b}$ \Downarrow	\Downarrow OR(a,b) = $a + b$ \Downarrow
		
\Downarrow AND(a,b) = $a \cdot b$ \Downarrow	\Downarrow XOR(a,b) = $a \oplus b = a \cdot \bar{b} + \bar{a} \cdot b$ \Downarrow	\Downarrow SUB(a,b) = $a \setminus b = a - b = a \cdot \bar{b}$ \Downarrow
		

Převodní charakteristiky - LUT

Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)		
Bez úpravy obrazu (originál)	Úprava jasu	Úprava kontrastu
<p>1</p> <p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q=0$</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>	<p>2</p> <p>$y=k.x+q$ $k=1$ $q>0$</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>	<p>3</p> <p>$y=k.x+q$ $k>1$ $q=0$</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>
Negativ (reverzní char.)	Část originálu a negativu	Prahování
<p>4</p> <p>$y=k.x+q$ $k=-1$ $q=255$</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>	<p>5</p>	<p>6</p>

Převodní charakteristiky – LUT – pokr.

Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)		
Tzv. "gumová páska"	Přetečení dyn. rozsahu	Úrovňový řez (okénko)
<p>7</p>	<p>8</p>	<p>9</p>
Originál a prahování	Originál a prahování	Nelineární průběh
<p>10</p>	<p>11</p>	<p>12</p>

Způsob aplikace a implementace LUT

index, neboli ukazatel na políčko v LUT, který je totožný s hodnotou vstupního obrazového bodu v rozsahu $\langle 0, 255 \rangle$

vstupní obraz

	5	0	154	...	
	80	32	
①	255		
			

vyhledávací tabulka LUT (Look-Up-Table)
př. negativ

0	255
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
5	250
⋮	⋮
⋮	⋮
⋮	⋮
154	101
⋮	⋮
255	0

vlastní hodnota políčka v LUT, která je totožná s hodnotou výstupního obrazového bodu v rozsahu $\langle 0, 255 \rangle$

výstupní obraz

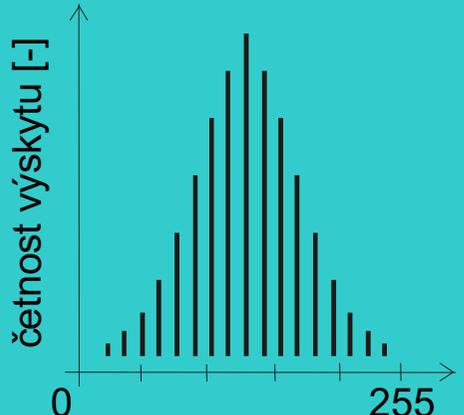
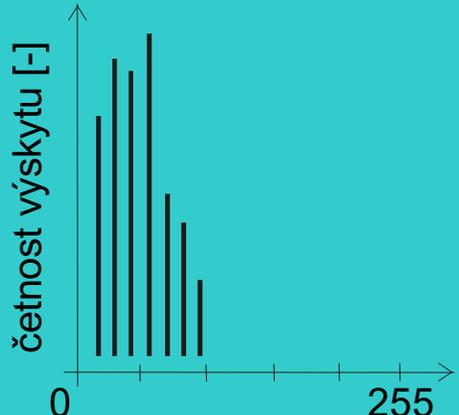
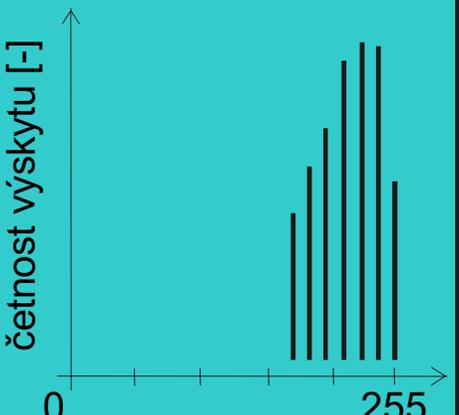
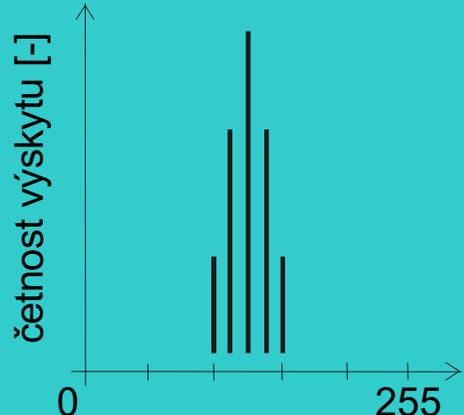
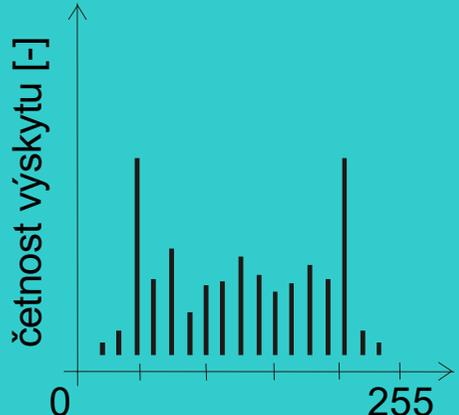
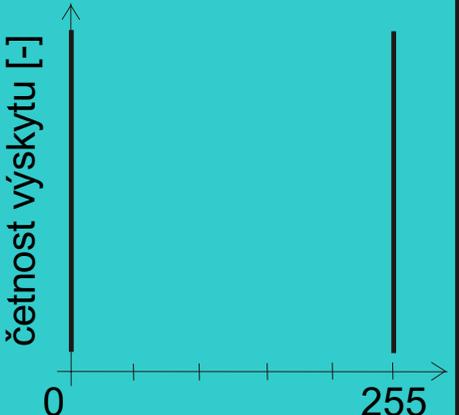
	250	255	101	...	
	175	223	
	0		
			

②

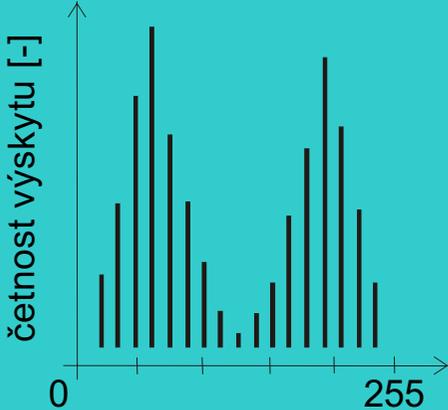
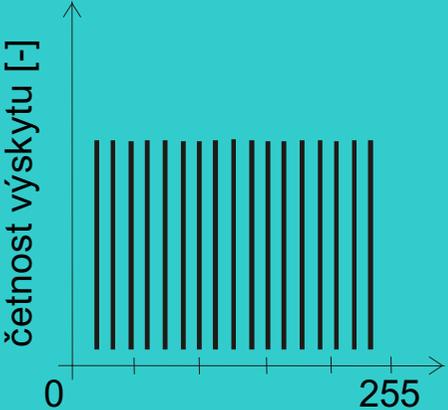
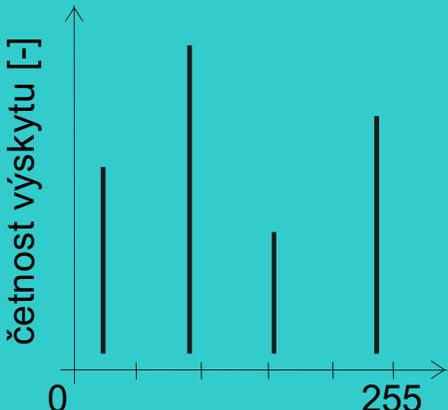
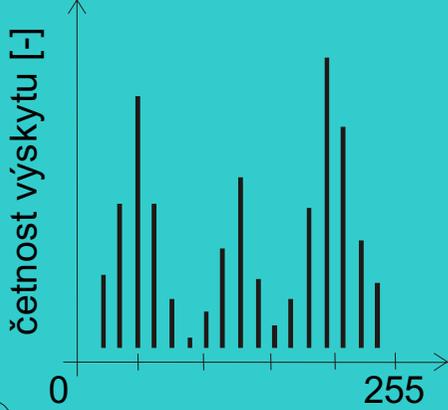
③

④

Typy histogramů obrazu

Různé typy histogramů obrazu a některá důležitá pravidla		
Reálný optimální histogram	Tmavý obraz	Světlý obraz
<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>1</p>	<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>2</p>	<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>3</p>
Obraz s nízkým kontrastem	Obraz s normál. kontrastem	ČB obraz, max. kontrast
<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>4</p>	<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>5</p>	<p>četnost výskytu [-]</p>  <p>0 255 hodnota obraz. bodu</p> <p>6</p>

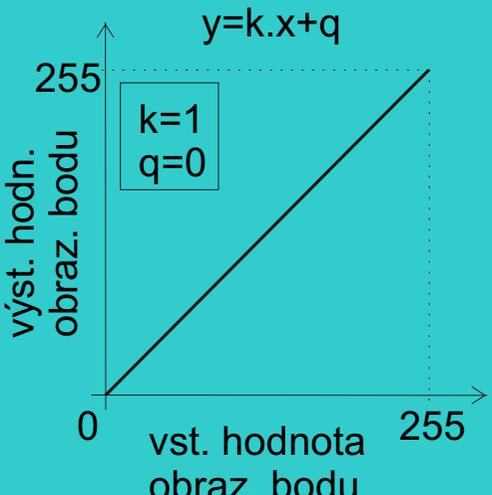
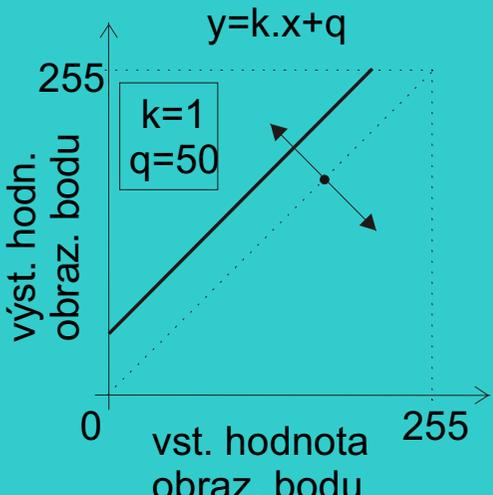
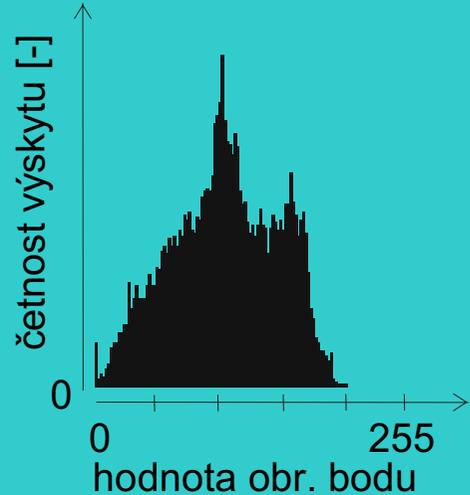
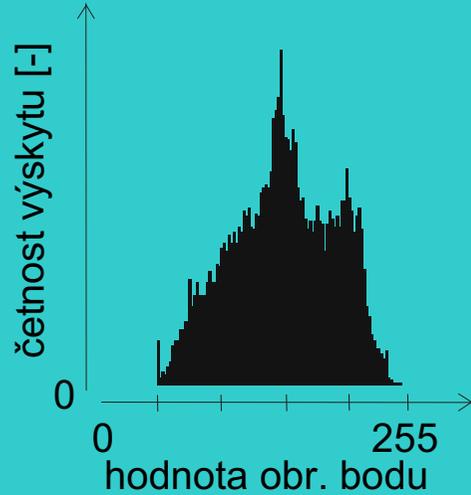
Typy histogramů obrazu – pokr.

Různé typy histogramů obrazu a některá důležitá pravidla		
Bimodální histogram	Ideální nereálný histogram	4(x) odstíny(ů) šedi v obr.
 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255</p> <p>hodnota obraz. bodu</p> <p>7</p>	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255</p> <p>hodnota obraz. bodu</p> <p>8</p>	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255</p> <p>hodnota obraz. bodu</p> <p>9</p>
Trimodální histogram	Pravidlo č.1 a 2	Pravidlo č. 3 a 4
 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255</p> <p>hodnota obraz. bodu</p> <p>10</p>	<p>11</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Histogram nemá souvislost s polohou obrazového bodu v obrazu. 2. Z histogramu lze určit plochu v obrazu, která je určena daným odstínem šedi. 	<p>12</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Součet všech četností v histogramu je roven počtu obrazových bodů v obrazu. 4. Při výpočtu histogramu je vždy nutné na začátku vynulovat pole, kam se jednotlivé četnosti ukládají.

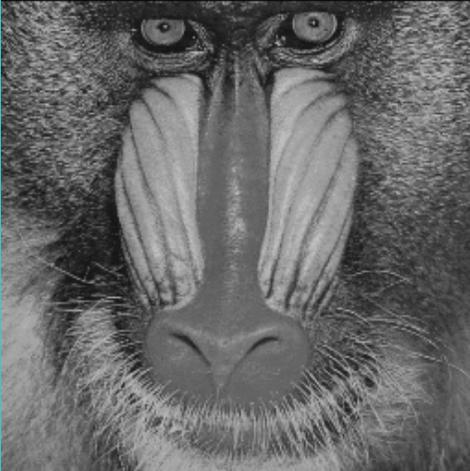
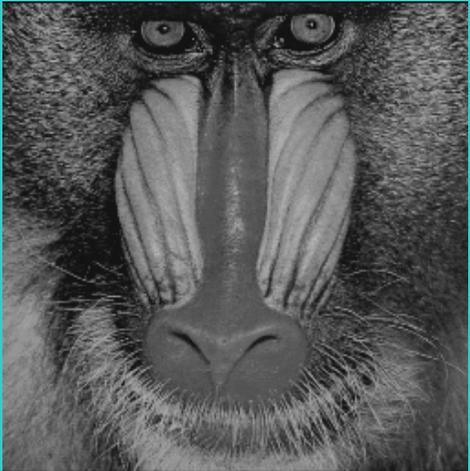
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇨	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)																																																			
⇩ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"><tbody><tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr><tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr><tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr><tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr><tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr></tbody></table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"><tbody><tr><td>106</td><td>103</td><td>98</td><td>99</td><td>151</td></tr><tr><td>88</td><td>72</td><td>119</td><td>66</td><td>86</td></tr><tr><td>126</td><td>134</td><td>246</td><td>77</td><td>71</td></tr><tr><td>72</td><td>68</td><td>159</td><td>64</td><td>66</td></tr><tr><td>124</td><td>77</td><td>64</td><td>58</td><td>72</td></tr></tbody></table>	106	103	98	99	151	88	72	119	66	86	126	134	246	77	71	72	68	159	64	66	124	77	64	58	72
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
106	103	98	99	151																																																
88	72	119	66	86																																																
126	134	246	77	71																																																
72	68	159	64	66																																																
124	77	64	58	72																																																

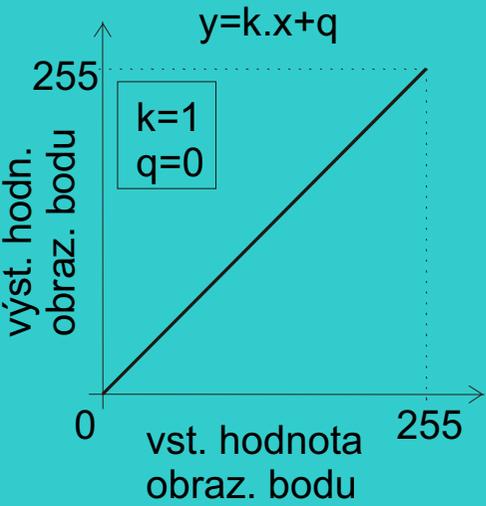
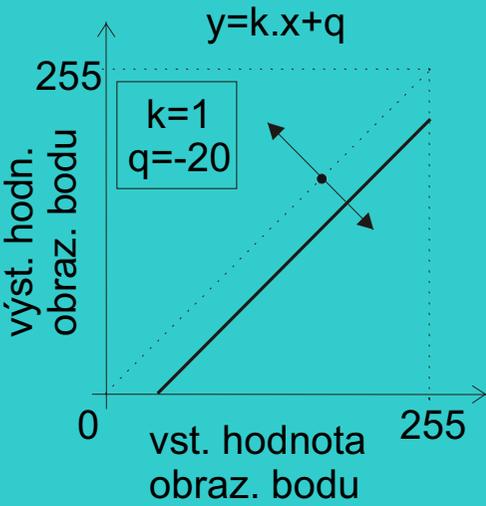
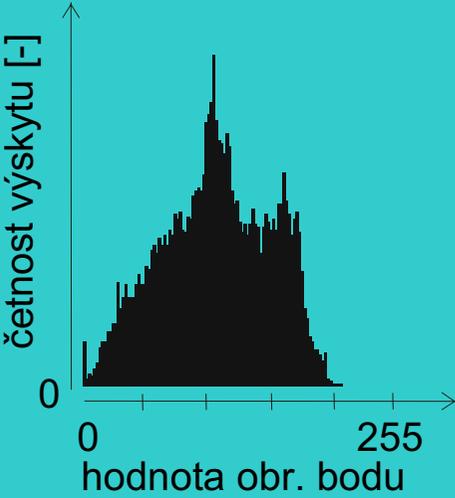
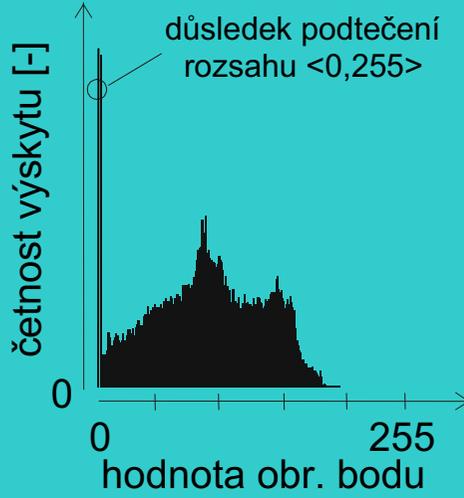
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇒	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	 <p style="text-align: center;">$y=k.x+q$</p> <p style="text-align: center;">k=1 q=0</p>	 <p style="text-align: center;">$y=k.x+q$</p> <p style="text-align: center;">k=1 q=50</p>
Histogram	 <p style="text-align: center;">četnost výskytu [-]</p> <p style="text-align: center;">0 255 hodnota obr. bodu</p>	 <p style="text-align: center;">četnost výskytu [-]</p> <p style="text-align: center;">0 255 hodnota obr. bodu</p>

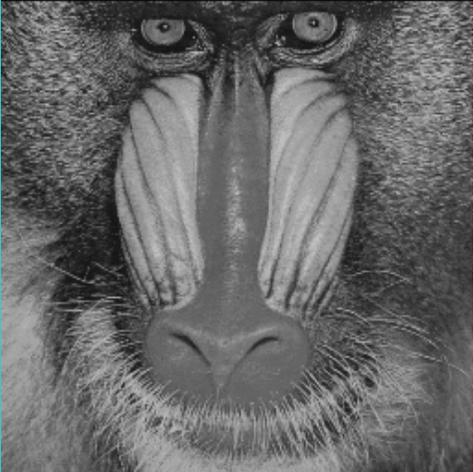
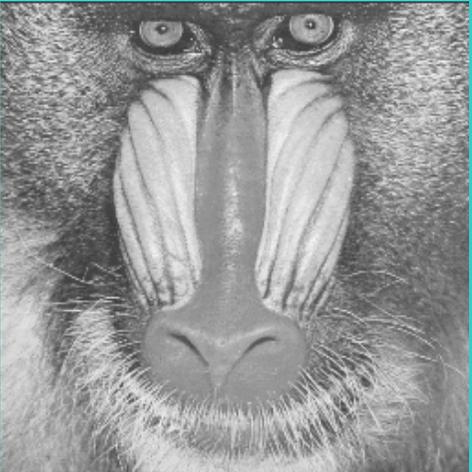
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

Operace ⇒	Odečtení konstanty od původního obrazu (snížení jasu)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"> <tr><td>36</td><td>33</td><td>28</td><td>29</td><td>81</td></tr> <tr><td>18</td><td>2</td><td>49</td><td>0</td><td>16</td></tr> <tr><td>56</td><td>64</td><td>176</td><td>7</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>0</td><td>89</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>54</td><td>7</td><td>0</td><td>0</td><td>2</td></tr> </table>	36	33	28	29	81	18	2	49	0	16	56	64	176	7	1	2	0	89	0	0	54	7	0	0	2
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
36	33	28	29	81																																																
18	2	49	0	16																																																
56	64	176	7	1																																																
2	0	89	0	0																																																
54	7	0	0	2																																																

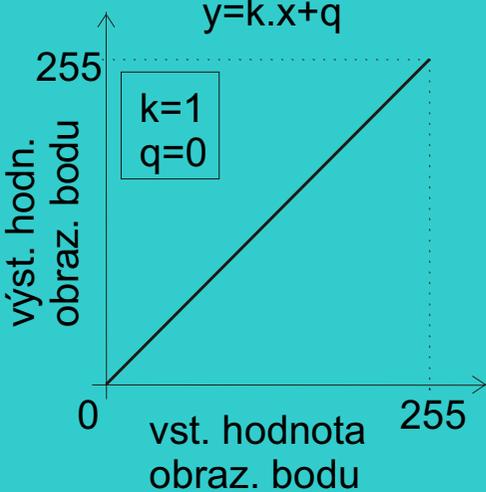
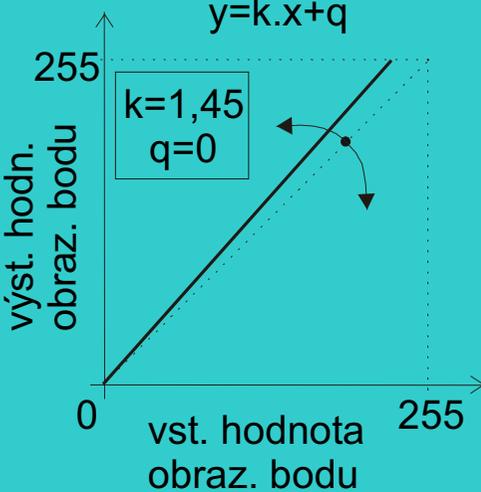
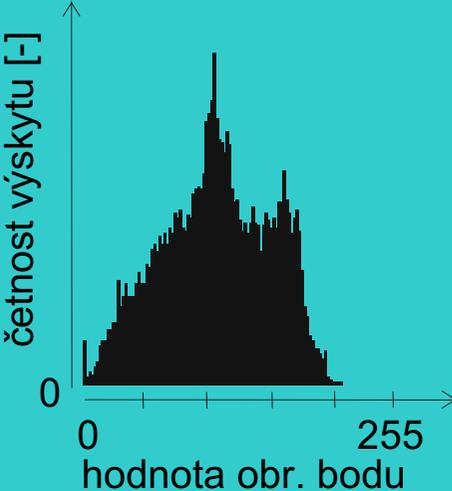
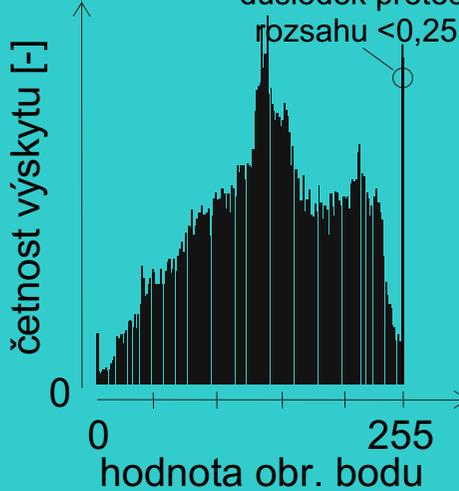
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

Operace ⇒	Odečtení konstanty od původního obrazu (snížení jasu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	 <p>$y=k.x+q$ k=1 q=0</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>	 <p>$y=k.x+q$ k=1 q=-20</p> <p>vst. hodnota obraz. bodu</p>
Histogram	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255 hodnota obr. bodu</p>	 <p>četnost výskytu [-]</p> <p>0 255 hodnota obr. bodu</p> <p>důsledek podtečení rozsahu <0,255></p>

Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇒	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"><tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr><tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr><tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr><tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr><tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr></table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"><tr><td>80</td><td>76</td><td>69</td><td>70</td><td>145</td></tr><tr><td>54</td><td>31</td><td>99</td><td>23</td><td>51</td></tr><tr><td>109</td><td>120</td><td>255</td><td>39</td><td>30</td></tr><tr><td>31</td><td>26</td><td>156</td><td>20</td><td>23</td></tr><tr><td>106</td><td>39</td><td>20</td><td>11</td><td>31</td></tr></table>	80	76	69	70	145	54	31	99	23	51	109	120	255	39	30	31	26	156	20	23	106	39	20	11	31
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
80	76	69	70	145																																																
54	31	99	23	51																																																
109	120	255	39	30																																																
31	26	156	20	23																																																
106	39	20	11	31																																																

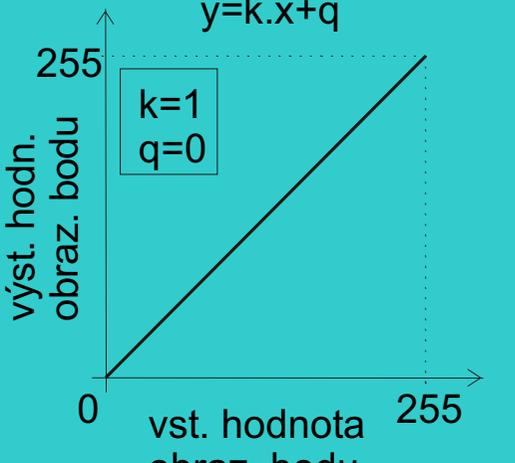
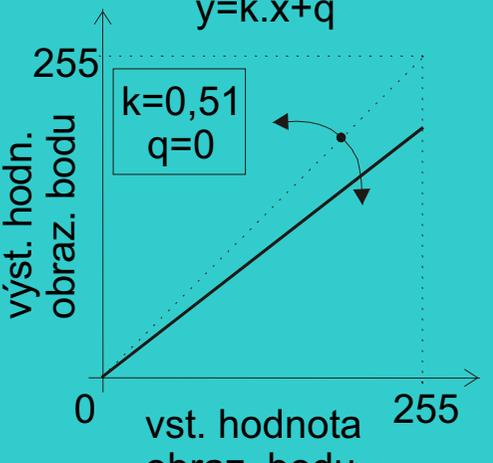
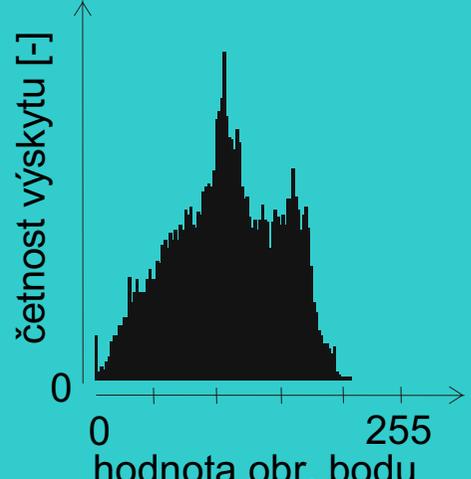
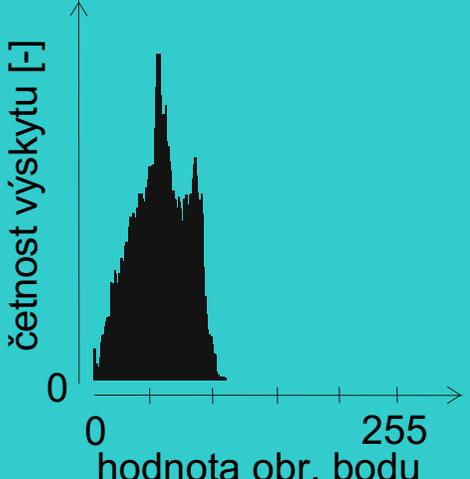
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace \Rightarrow	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)	
\downarrow Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika		
Histogram		

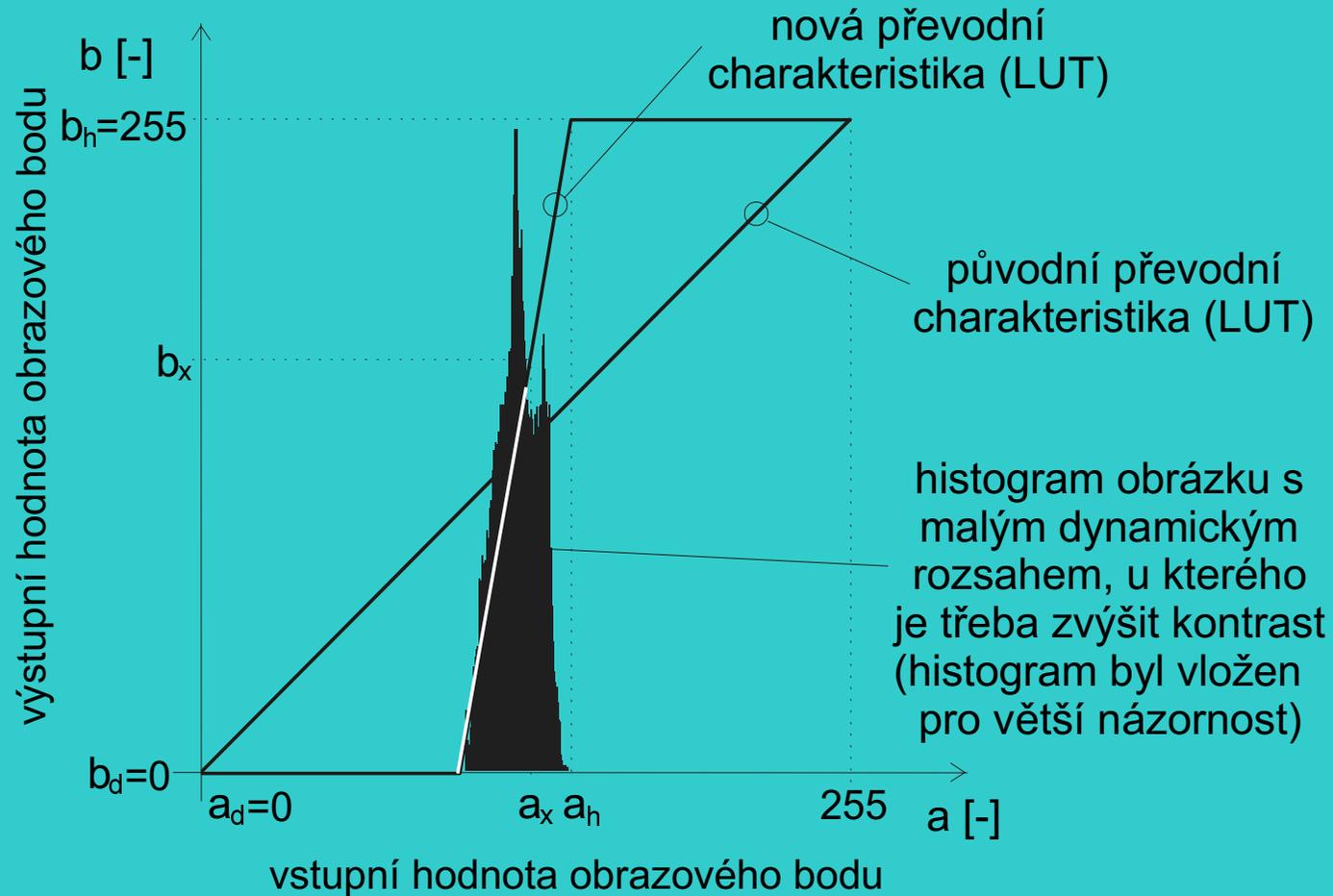
Aspekty dělení obrazu konstantou

Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)																																																			
⇓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table border="1"> <tr><td>56</td><td>53</td><td>48</td><td>49</td><td>101</td></tr> <tr><td>38</td><td>22</td><td>69</td><td>16</td><td>36</td></tr> <tr><td>76</td><td>84</td><td>196</td><td>27</td><td>21</td></tr> <tr><td>22</td><td>18</td><td>109</td><td>14</td><td>16</td></tr> <tr><td>74</td><td>27</td><td>14</td><td>8</td><td>22</td></tr> </table>	56	53	48	49	101	38	22	69	16	36	76	84	196	27	21	22	18	109	14	16	74	27	14	8	22	<table border="1"> <tr><td>29</td><td>27</td><td>25</td><td>25</td><td>52</td></tr> <tr><td>19</td><td>11</td><td>35</td><td>8</td><td>18</td></tr> <tr><td>39</td><td>43</td><td>101</td><td>14</td><td>11</td></tr> <tr><td>11</td><td>9</td><td>56</td><td>7</td><td>8</td></tr> <tr><td>38</td><td>14</td><td>7</td><td>4</td><td>11</td></tr> </table>	29	27	25	25	52	19	11	35	8	18	39	43	101	14	11	11	9	56	7	8	38	14	7	4	11
56	53	48	49	101																																																
38	22	69	16	36																																																
76	84	196	27	21																																																
22	18	109	14	16																																																
74	27	14	8	22																																																
29	27	25	25	52																																																
19	11	35	8	18																																																
39	43	101	14	11																																																
11	9	56	7	8																																																
38	14	7	4	11																																																

Aspekty dělení obrazu konstantou

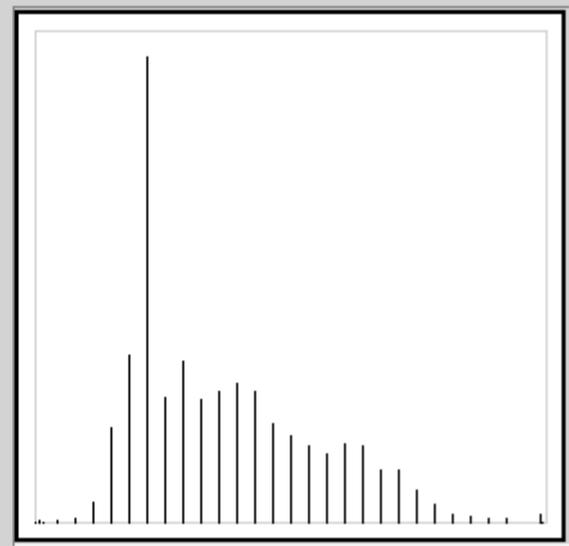
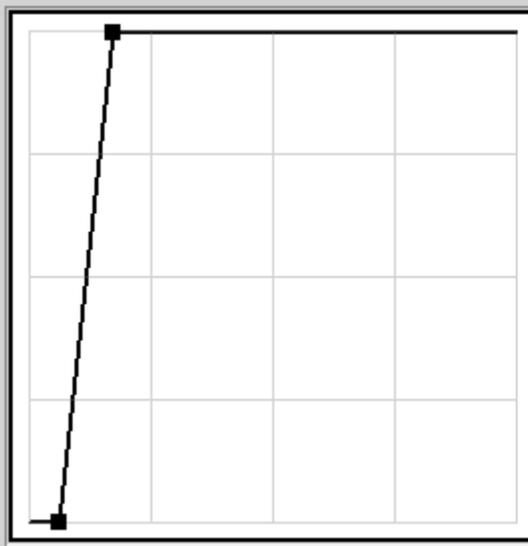
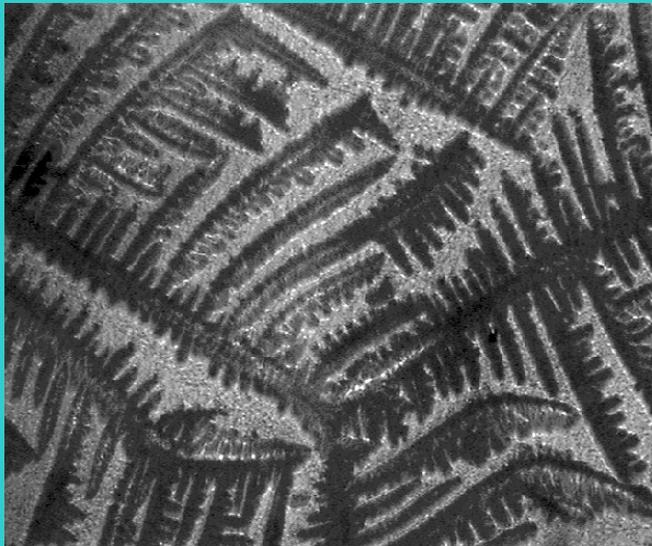
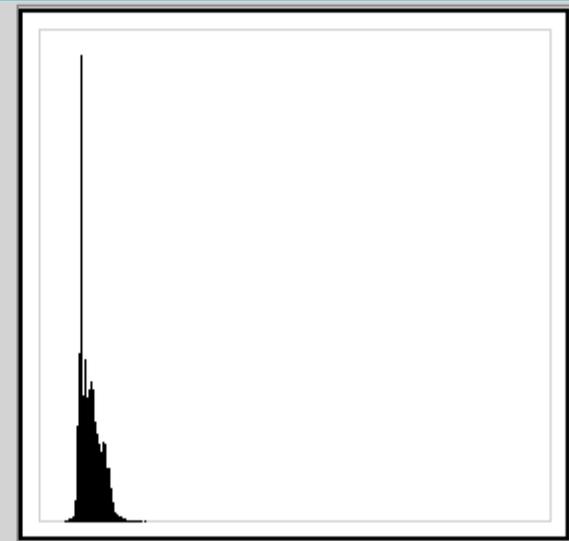
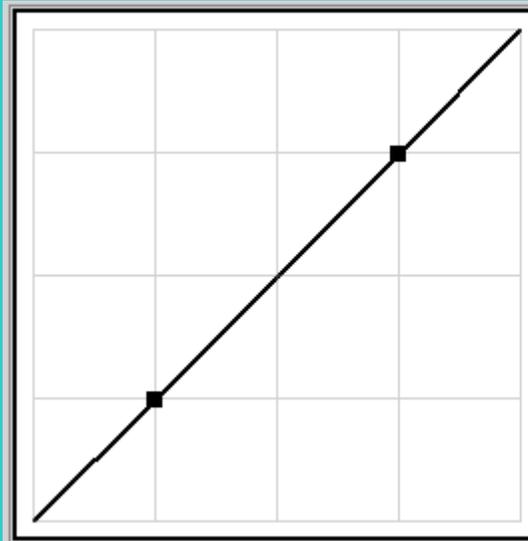
Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	<p style="text-align: center;">$y=k.x+q$</p> 	<p style="text-align: center;">$y=k.x+q$</p> 
Histogram		

Roztažení histogramu (histogram stretching)

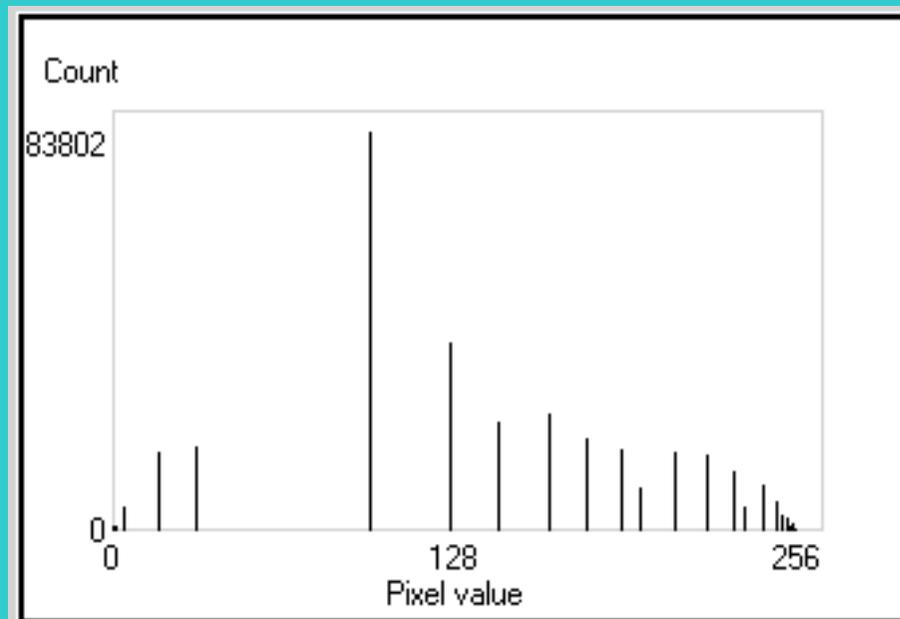
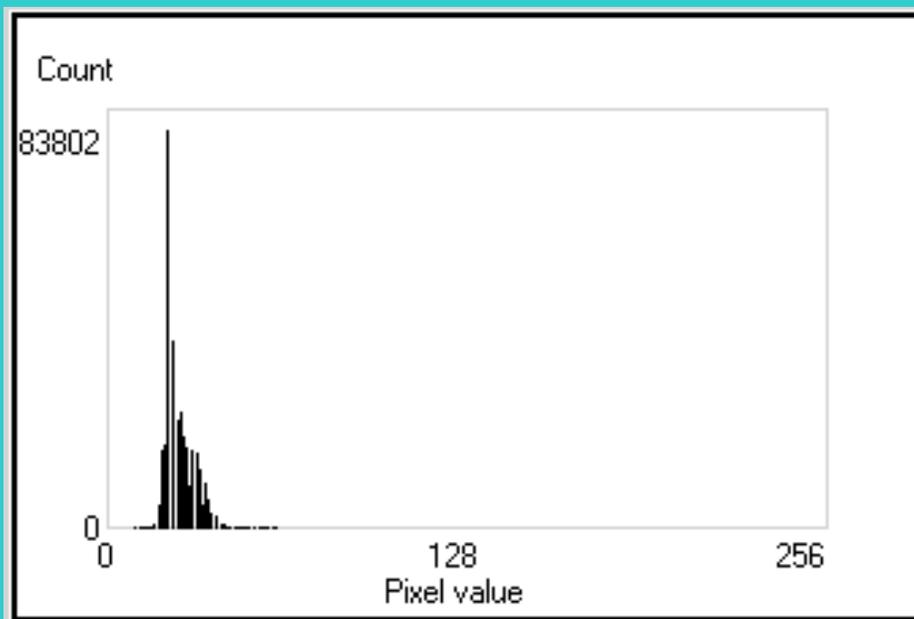
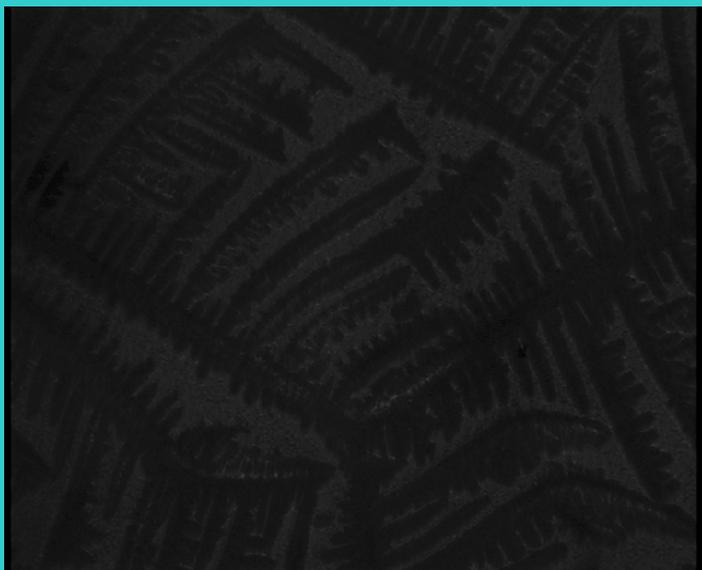


$$b_x = (a_x - a_d) * \left[\frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

Roztažení histogramu (histogram stretching)



Vyrovnání histogramu (equalization)



Přehled problematik zpracování obrazu v mikroskopii

- vyhodnocení šumu, rozmazání, změn intenzity pozadí, jasů, kontrastu a histogramu,
- roztažení či vyrovnání histogramu, aplikace LUT (bodové operace, vyhledávací tabulky),
- „flat-field“ korekce a odečtení pozadí,
- aplikace konvolučních jader (masek), mediánové filtry, ukázky v rámci praktika
- Fourierova transformace, filtrace ve frekvenční oblasti, ukázky v rámci praktika

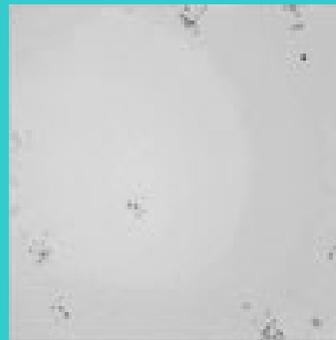
Princip „flat-field“ korekce

$$I_{kor}(x, y) = \frac{I_{orig}(x, y) - I_{tma}(x, y)}{I_{bezvz}(x, y) - I_{tma}(x, y)} K$$

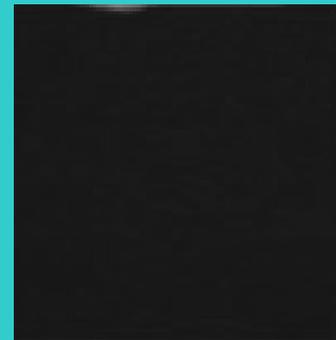
Původní
obraz
(originál)



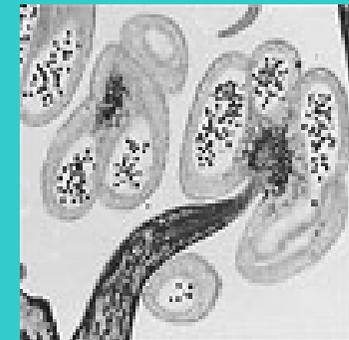
"flat-field"
snímek



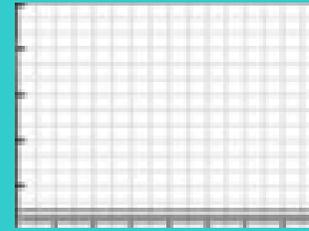
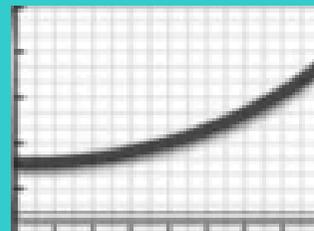
snímek za
tmy



korigovaný
obraz



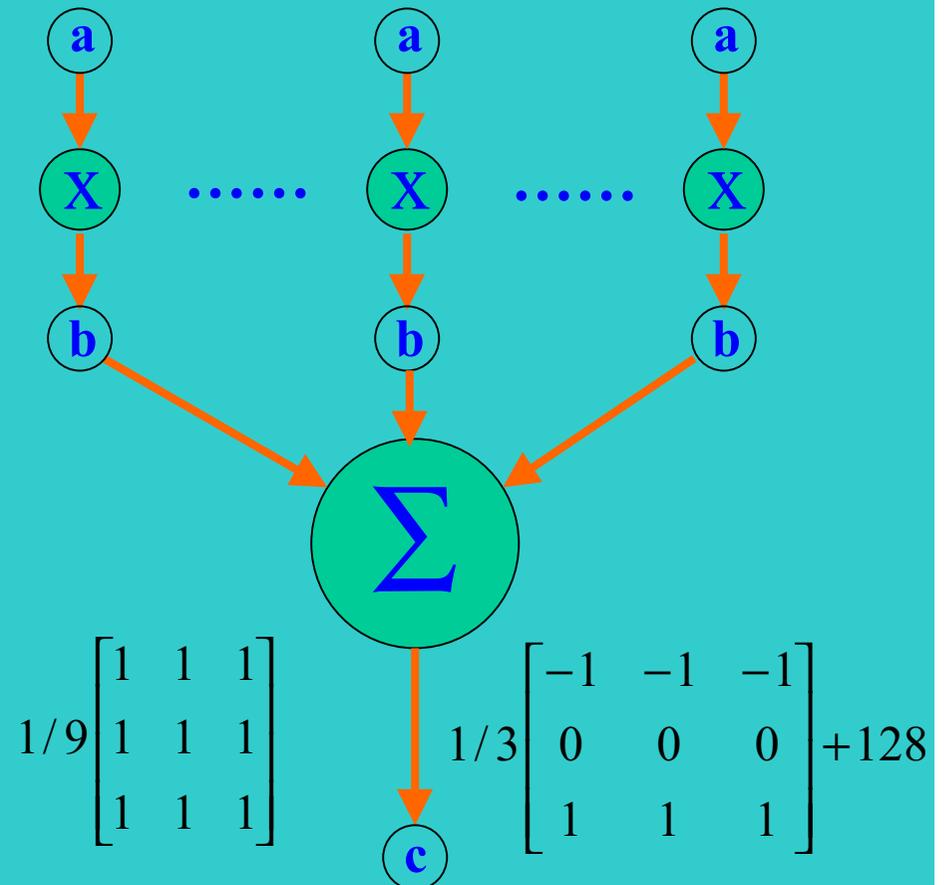
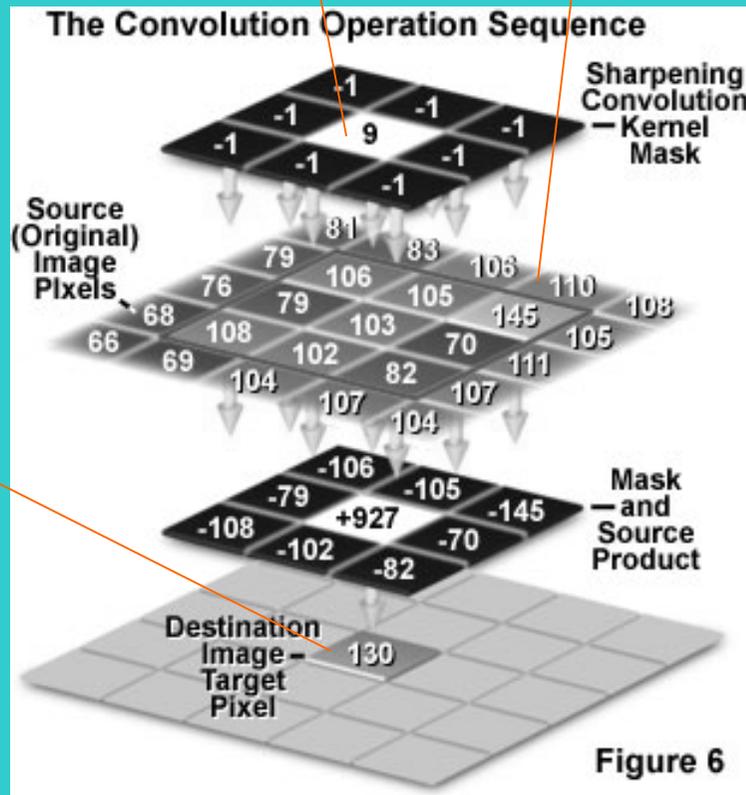
hodnota
pixelu



obrazový bod (pixel)

2D konvoluční filtrace

$$c(m,n) = a(m,n) \otimes b(m,n) = \sum_{j=-\infty}^{\infty} \sum_{k=-\infty}^{\infty} a(j,k)b(m-j,n-k)$$



WWW stránka s užitečnými odkazy

http://radio.feld.cvut.cz/courses/ZOF/Kurz_UEM_2002.html

- volně ke stažení výukový SW MIPS,
- volně ke stažení text přednášky (PDF),
- volně ke stažení prezentace (PDF),
- užitečné odkazy na WWW stránky, týkající se zpracování obrazu,

Děkuji za pozornost