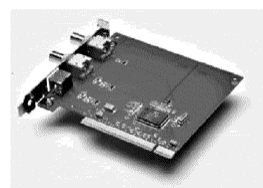


Snímání a digitalizace obrazu

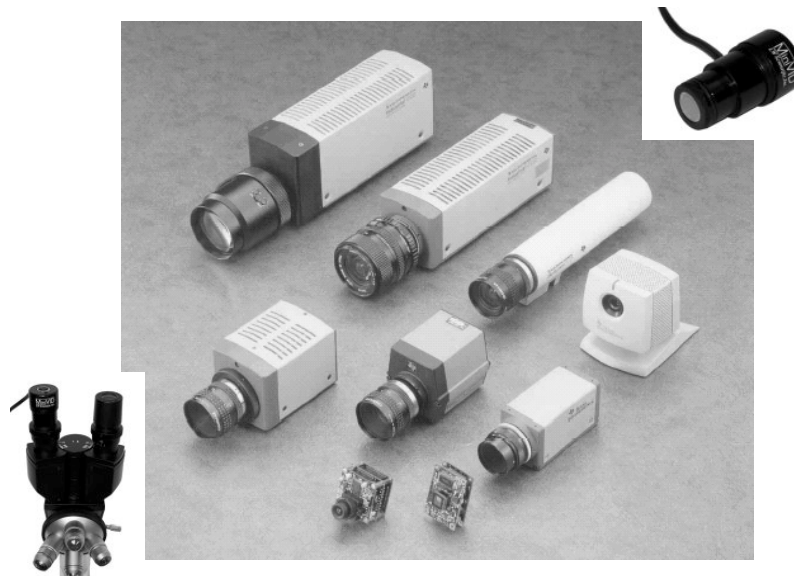
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



Prostředky pro snímání obrazu

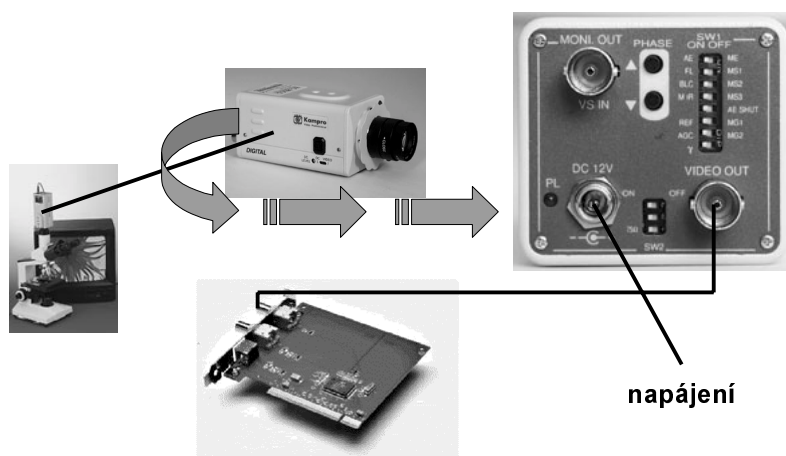


Prostředky pro snímání obrazu



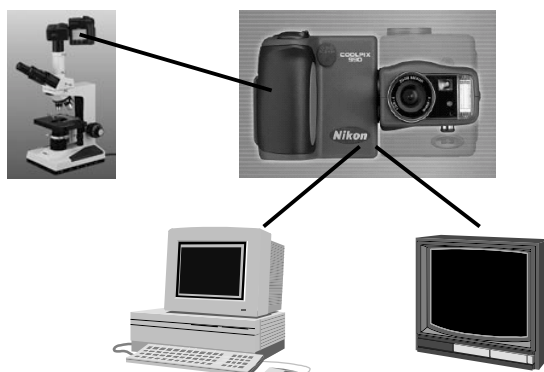
Možnosti, jak snímat obraz (1)

- analogová TV videokamera + FG



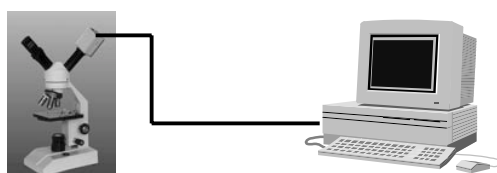
Možnosti, jak snímat obraz (2)

- digitální fotoaparát (DSC)



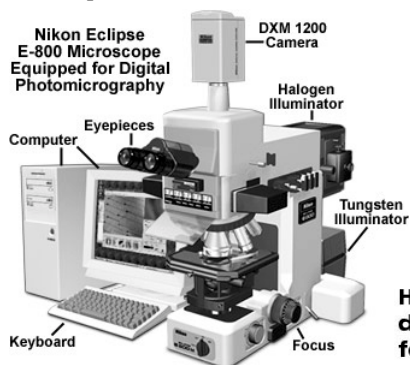
Možnosti, jak snímat obraz (3)

**- digitální videokamery pro mikroskopii s
různým rozhraním**



Možnosti, jak snímat obraz (4)

- specializované komplexní systémy



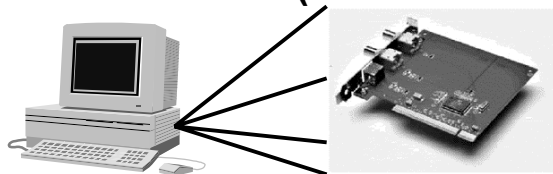
High-resolution digital camera systems for microscopy.

- 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

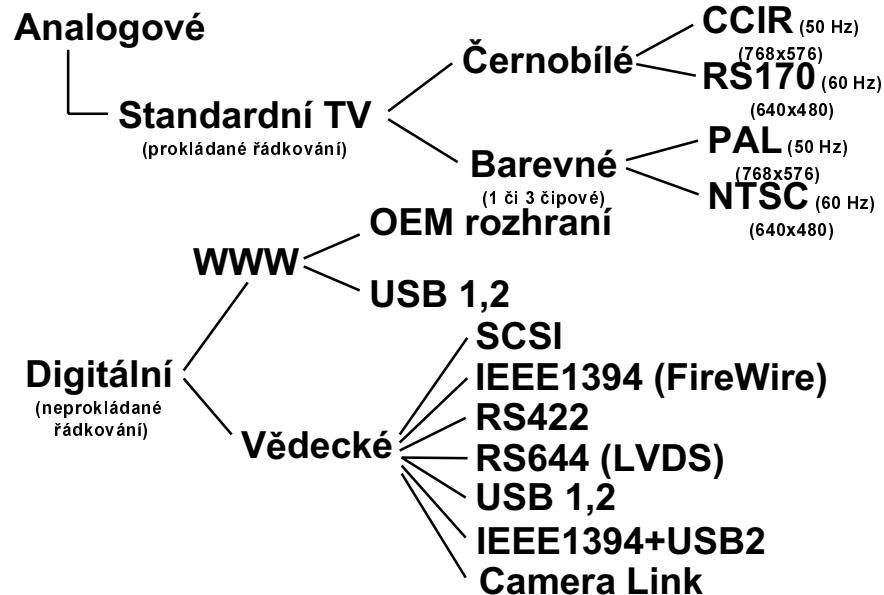
- standardní PC s FG (PCI zásuvná karta)



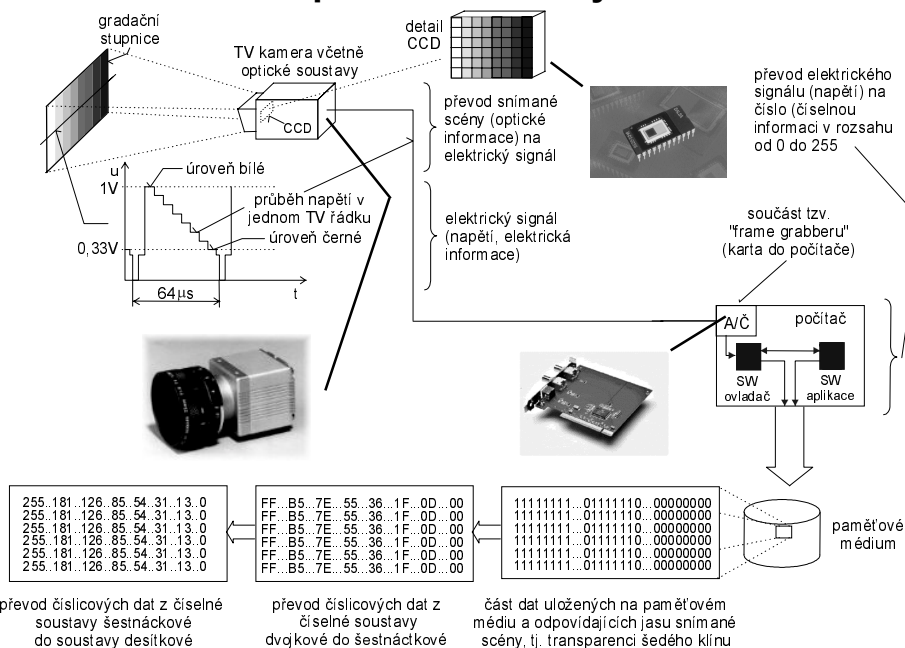
- laptopy s FG (PCMCIA + ext. modul)



Snímací videokamery

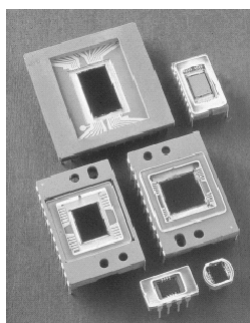
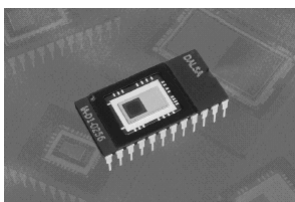


Principiální schéma systému



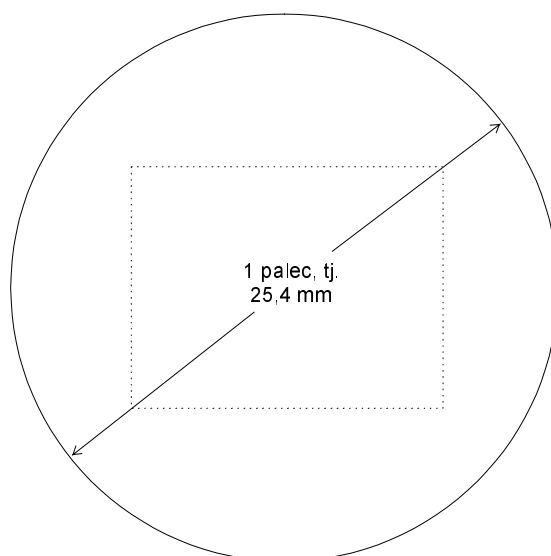
Snímací obrazové prvky

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



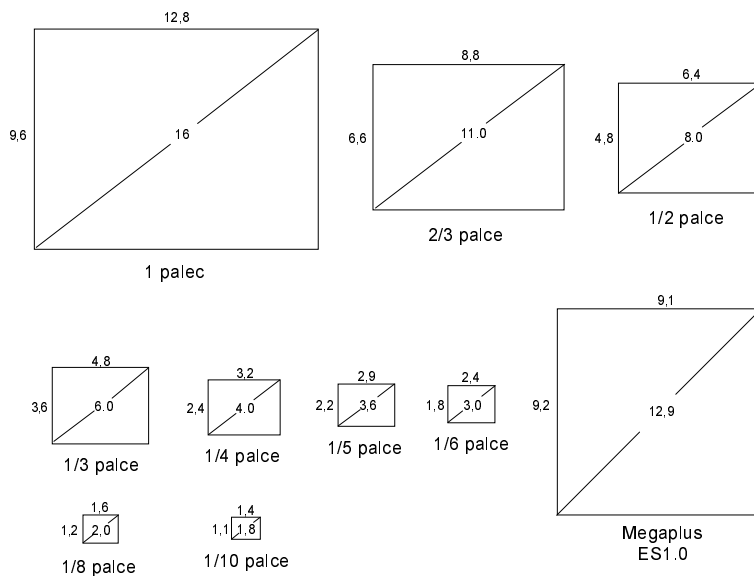
Formát snímacích obrazových prvků

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

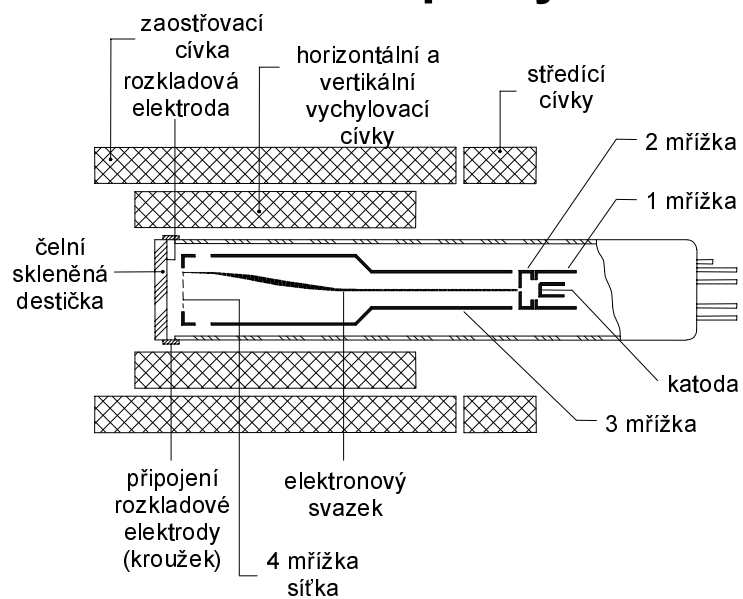


Formát snímacích obrazových prvků

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

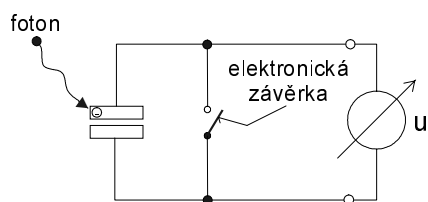


Snímací obrazové prvky - vidicon

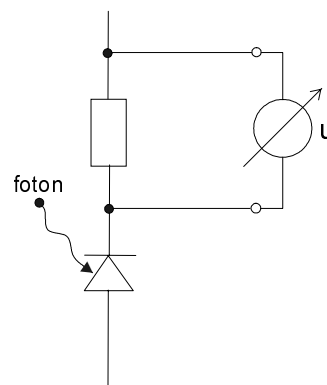


Snímací obrazové prvky

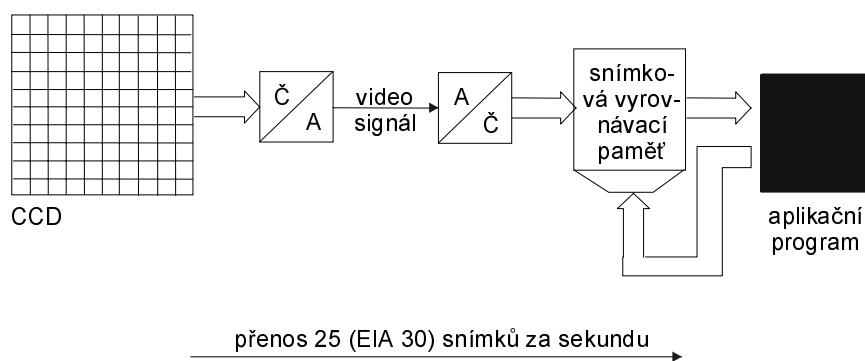
CCD



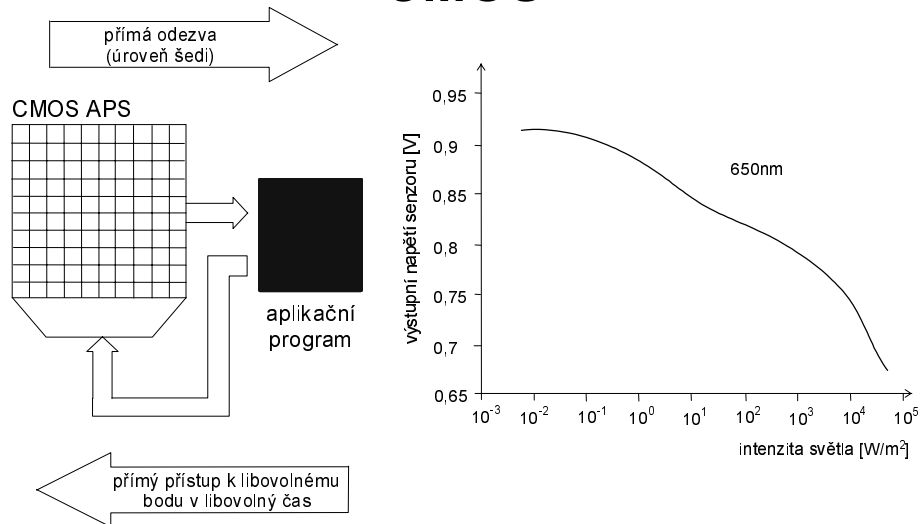
CMOS



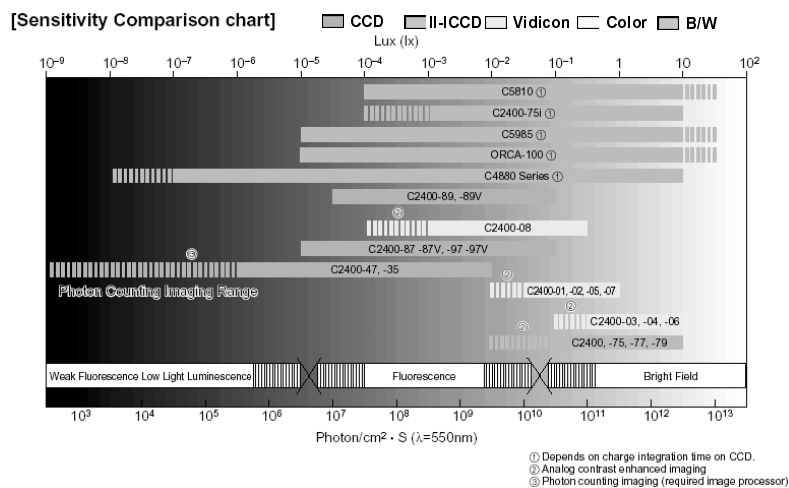
Ideové schéma systémů s prvky CCD



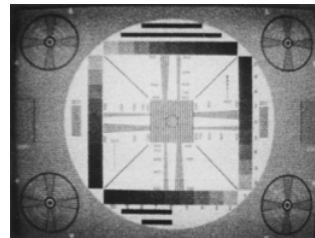
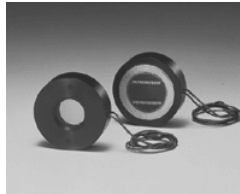
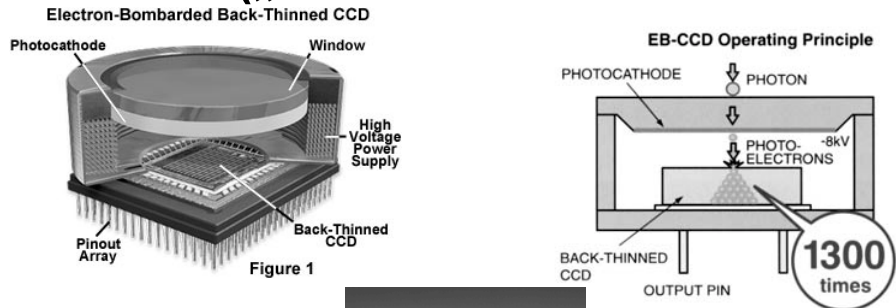
Ideové schéma systémů s prvky CMOS



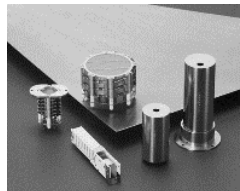
Specializované systémy



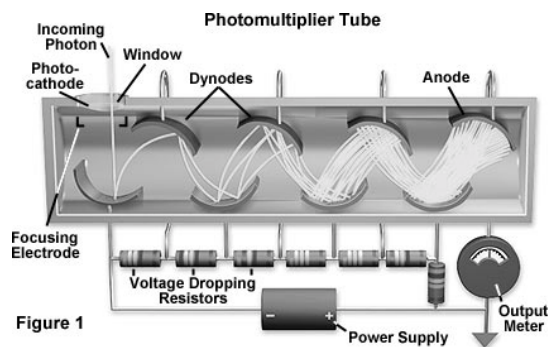
EB-CCD („electron bombardment“)



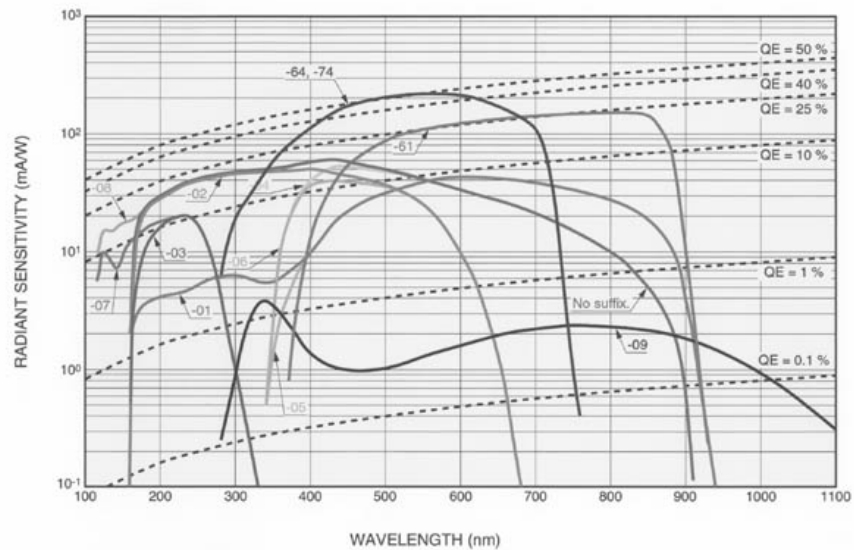
EM („electron multipliers“)



PMT („photomultiplier tube“)



II („image intensifiers“)



II („image intensifiers“) - ICCD

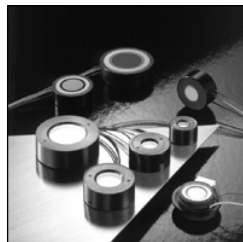


Figure 1: Structure of Image Intensifier

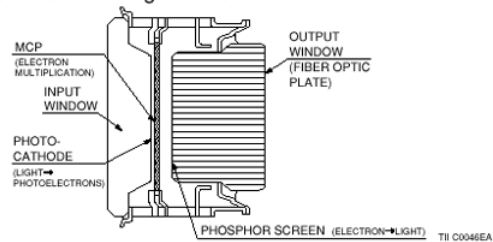
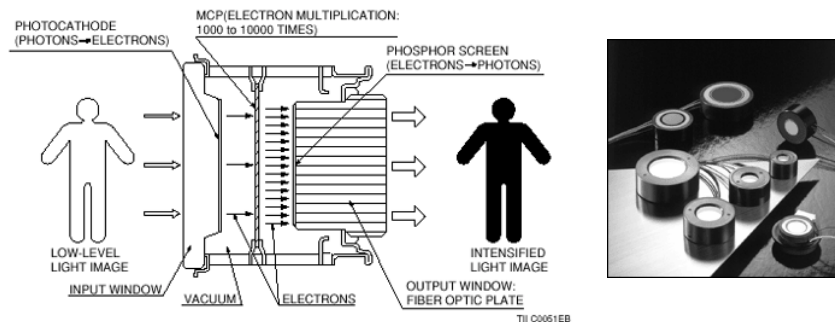
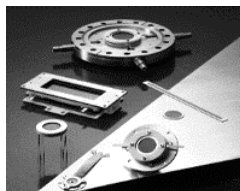


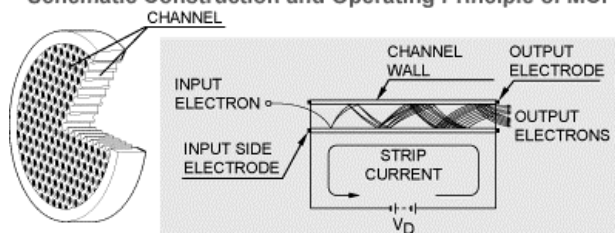
Figure 2: Operating Principle



MCP („micro channel plate“)

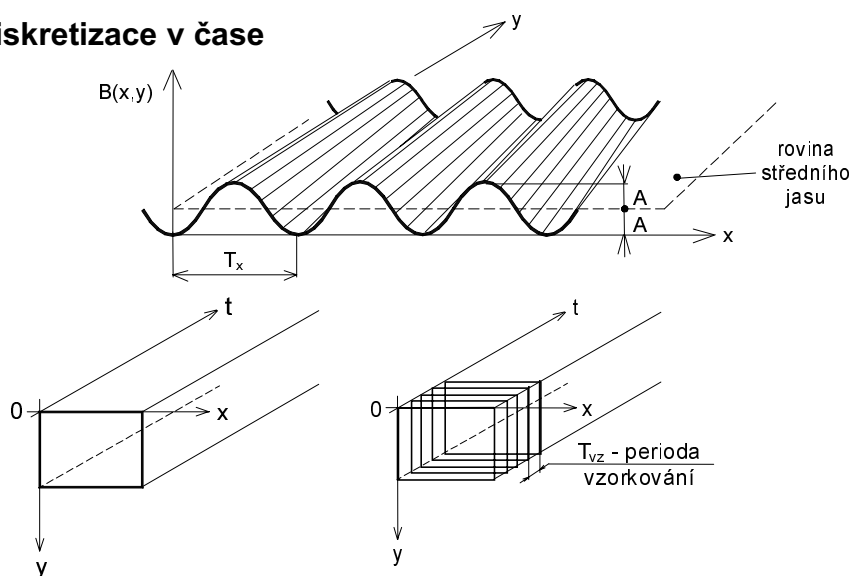


Schematic Construction and Operating Principle of MCP



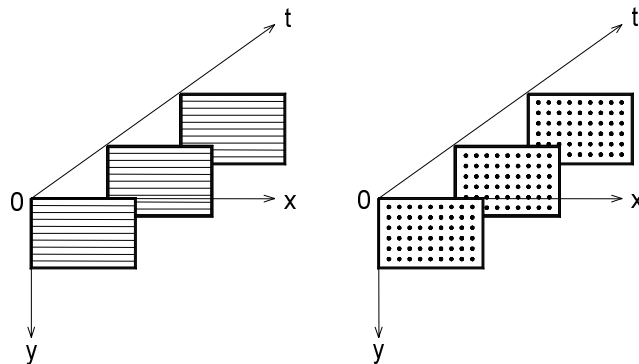
Digitalizace obrazu

- diskretizace v čase



Digitalizace obrazu

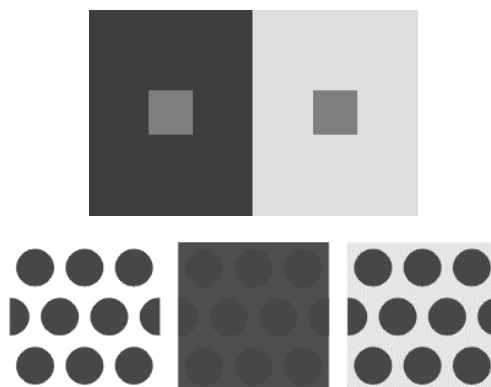
- diskretizace v x,y



Digitalizace obrazu

- diskretizace v amplitudě (kvantování)

- vnímání jasu a kontrastu (podmíněný)



Počet kvantizačních hladin

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

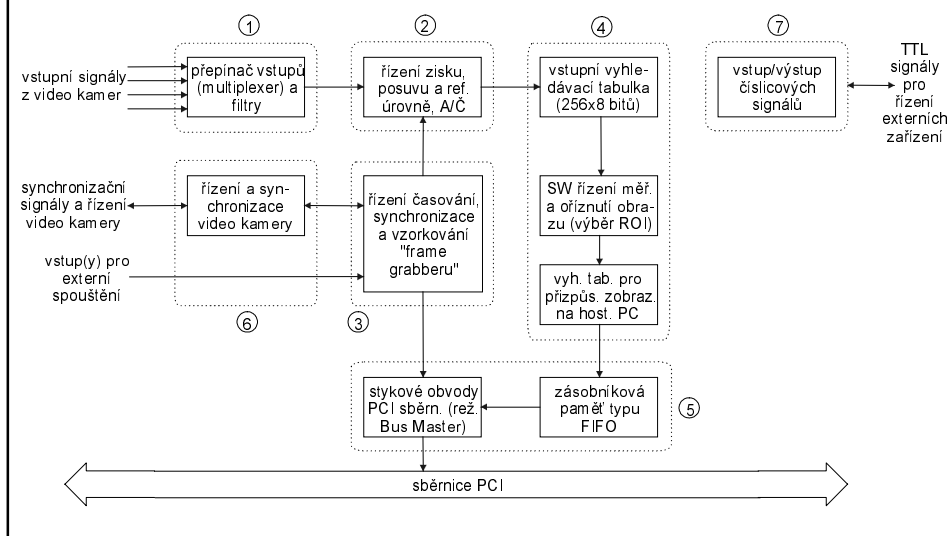
$$B_{\min} < B_1 < B_2 \dots < B_i < B_{i+1} \dots < B_{\max}$$

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

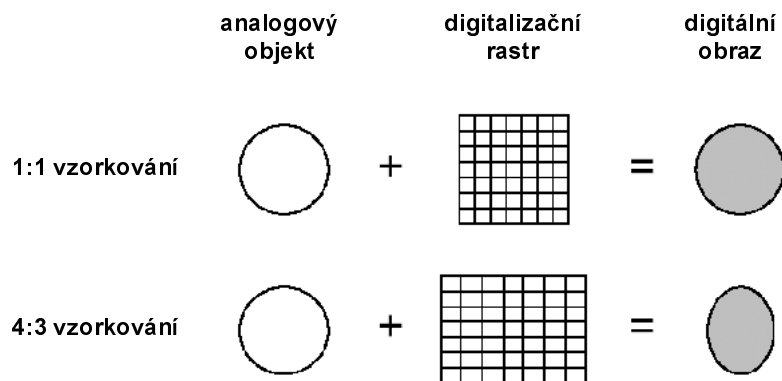
$$\frac{B_{\max}}{B_{\min}} = (1 + k)^n \quad n = \frac{\log \frac{B_{\max}}{B_{\min}}}{\log(1 + k)}$$

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

Principiální blokové schéma frame grabberu (FG)

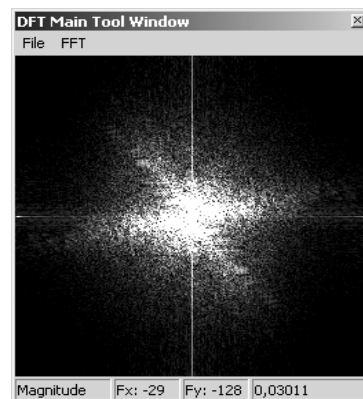


Čtvercové pixely

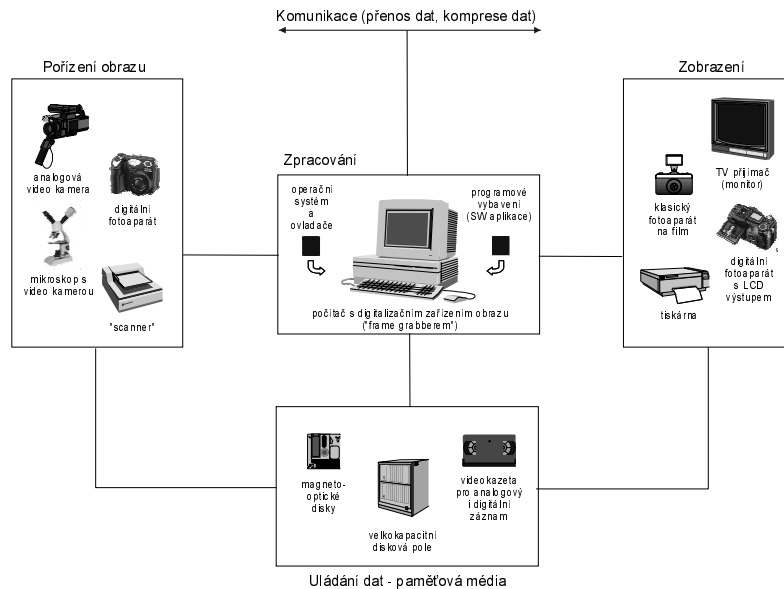


Základní metody zpracování obrazu

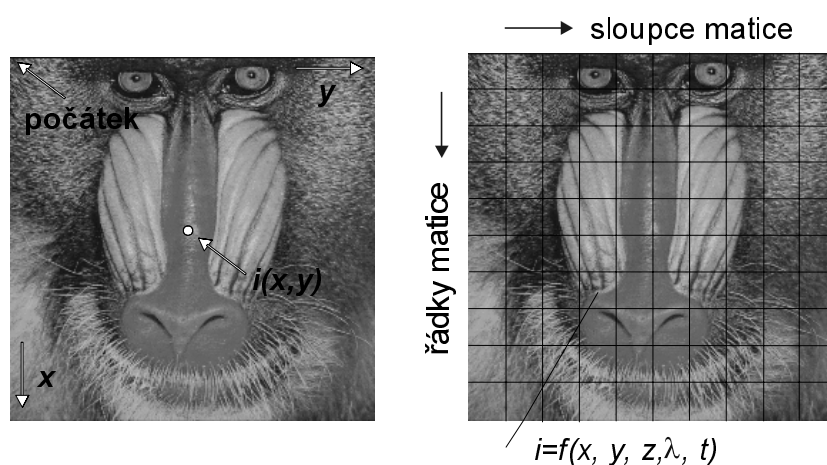
Ing. Jiří Hozman
FEL ČVUT Praha



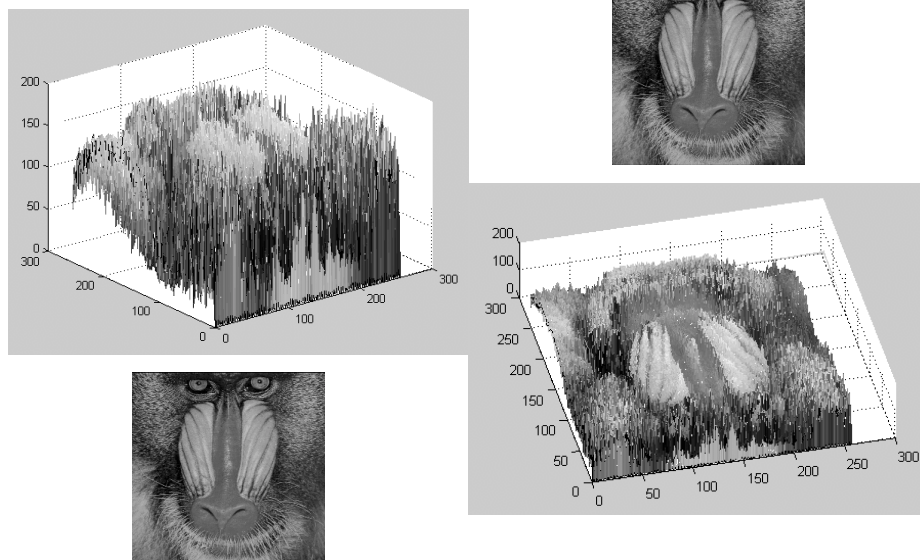
Základní uspořádání systému



Obraz jako dvourozměrná matice



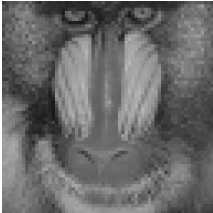
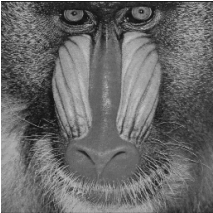
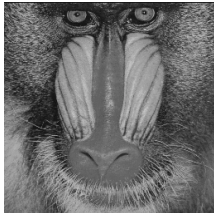
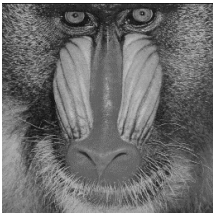
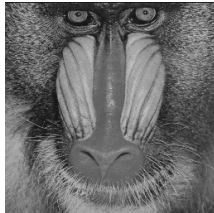
Obraz jako 3D reliéf



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)

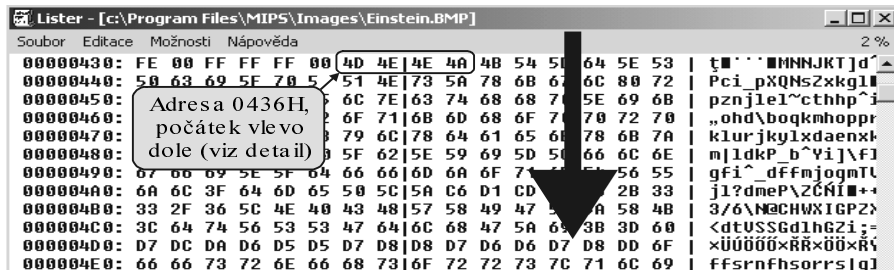
Grafické obrazové formáty

- 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
<pre> 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 Á Á 00000020: 00 00 00 00 01 00 C4 0E 10 00 C4 0E 00 00 00 00 Á Á 00000030: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 01 01 01 00 02 02 Á Á 00000040: 02 00 03 03 03 00 04 04 04 00 05 05 05 00 06 06 Á Á 00000050: 06 00 07 07 07 00 08 08 08 00 09 09 09 00 0A 0A Á Á 00000060: 0A 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 Á Á 00000070: 0E 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 Á Á 00000080: 12 00 13 13 13 00 14 14 14 00 15 15 15 00 16 16 Á Á 00000090: 16 00 17 17 17 00 18 18 18 00 19 19 19 00 1A 1A Á Á 000000A0: 1A 00 1B 1B 1B 00 1C 1C 1C 00 1D 1D 1D 00 1E 1E Á Á 000000B0: 1E 00 1F 1F 1F 00 20 20 20 00 21 21 21 00 22 22 Á Á 000000C0: 22 00 23 23 23 00 24 24 24 00 25 25 25 00 26 26 Á Á 000000D0: 26 00 27 27 27 00 28 28 28 00 29 29 29 00 2A 2A Á Á </pre>		
šířka	výška	bitů na pixel

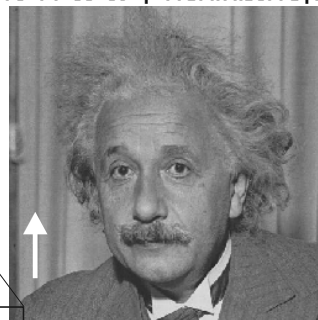
Grafické obrazové formáty - příklad



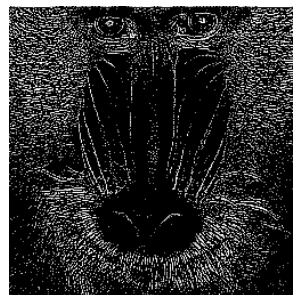
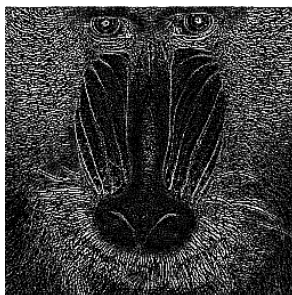
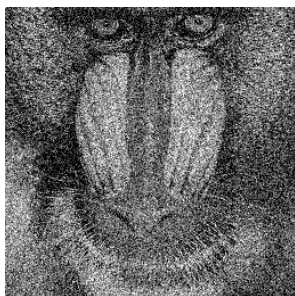
vyjádření v šestnáctkové soustavě

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

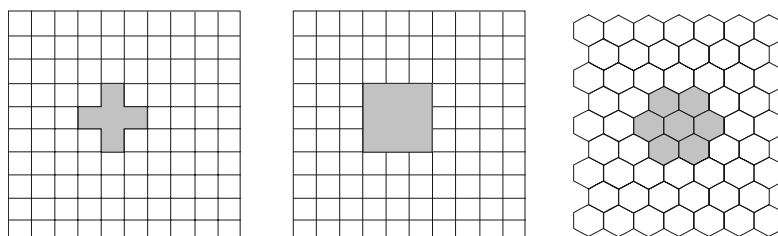
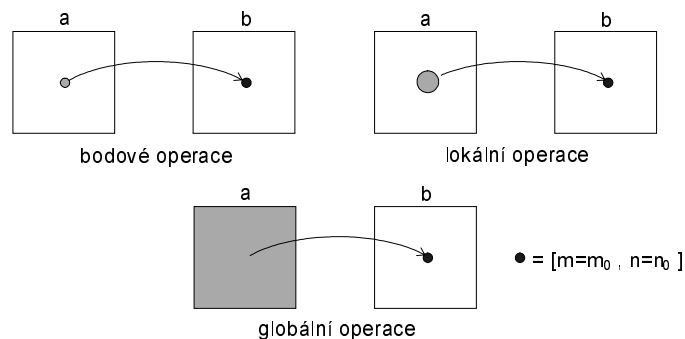
65	67	66	71
66	73	74	67
67	72	83	67
77	78	78	74



Příklady vybraných operací nad obrazem



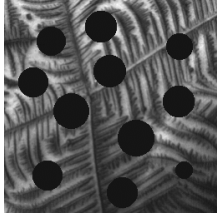
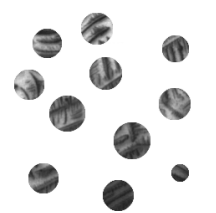
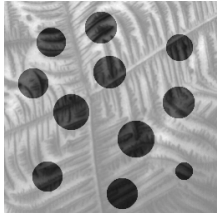
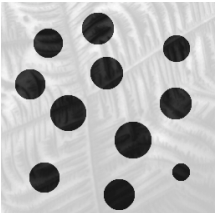
Typy operací a typy sousedství pixelů



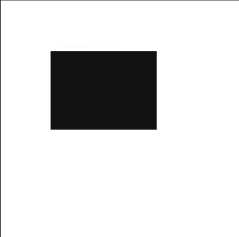
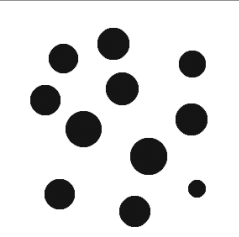
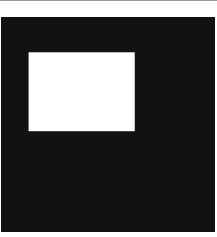
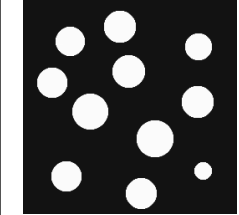
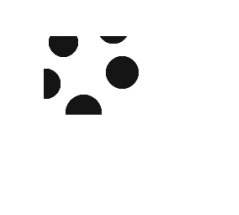
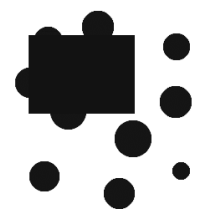
Aritmetické operace nad obrazem

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))		
$\Downarrow$ MIN(a,b) $\Downarrow$	$\Downarrow$ MAX(a,b) $\Downarrow$	$\Downarrow$ AVE(a,b) = aritm. průměr ³ $\Downarrow$
		
$\Downarrow$ OVERLAY(a,b) $\Downarrow$	$\Downarrow$ WEIGHT(25% a, 75% b) = 25% a + 75% b $\Downarrow$	$\Downarrow$ WEIGHT(50% a, 50% b) = 50% a + 50% b $\Downarrow$
		

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)		
$\Downarrow$ binární (ČB) obraz "a" $\Downarrow$	$\Downarrow$ binární (ČB) obraz "b" $\Downarrow$	$\Downarrow$ NOT(a) = $\bar{a}$ $\Downarrow$
		
$\Downarrow$ NOT(b) = $\bar{b}$ $\Downarrow$	$\Downarrow$ OR(a,b) = a + b $\Downarrow$	$\Downarrow$ AND(a,b) = a • b $\Downarrow$
		

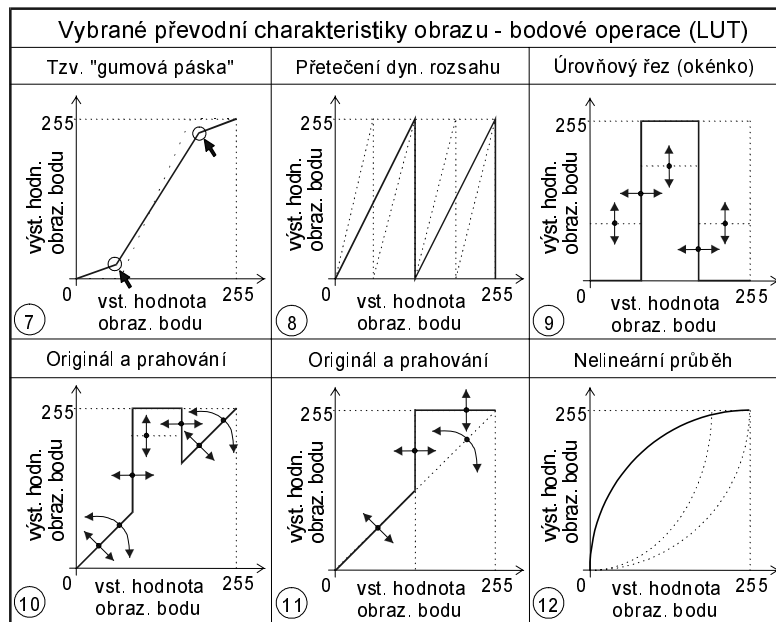
Logické (binární) operace nad obrazem – pokr.

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) = $a \setminus b = a - b = a \cdot \bar{b}$ $\Downarrow$

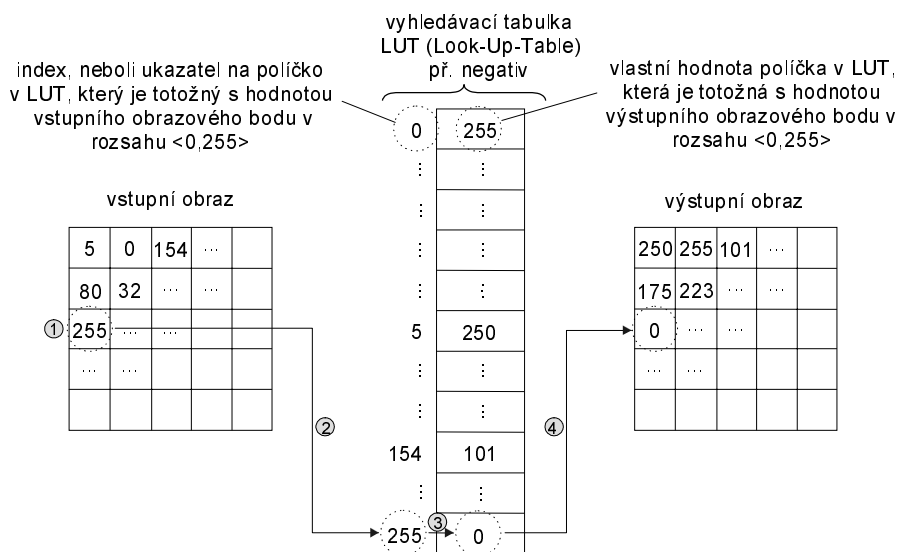
Převodní charakteristiky - LUT

Vybrané převodní charakteristiky obrazu - bodové operace (LUT)		
Bez úpravy obrazu (originál)	Úprava jasu	Úprava kontrastu
1	2	3
Negativ (reverzní char.)	Část originálu a negativu	Prahování
4	5	6

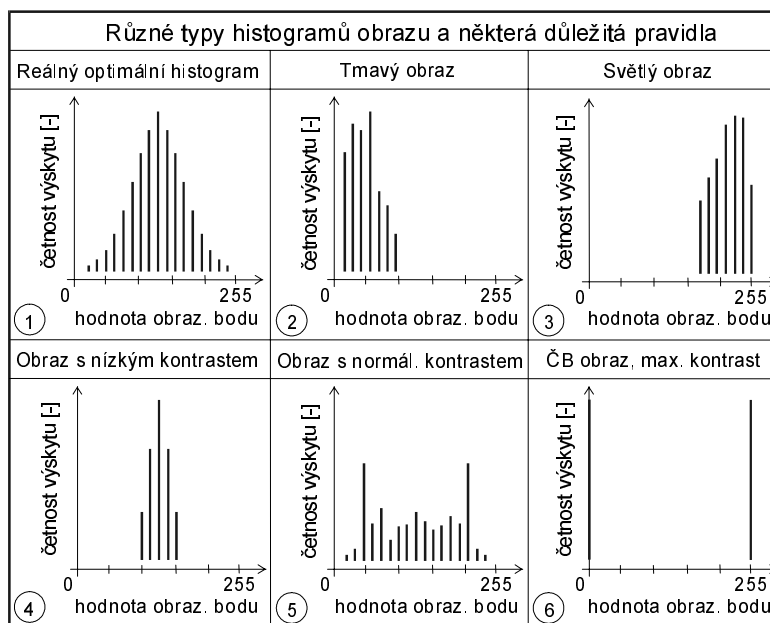
Převodní charakteristiky – LUT – pokr.



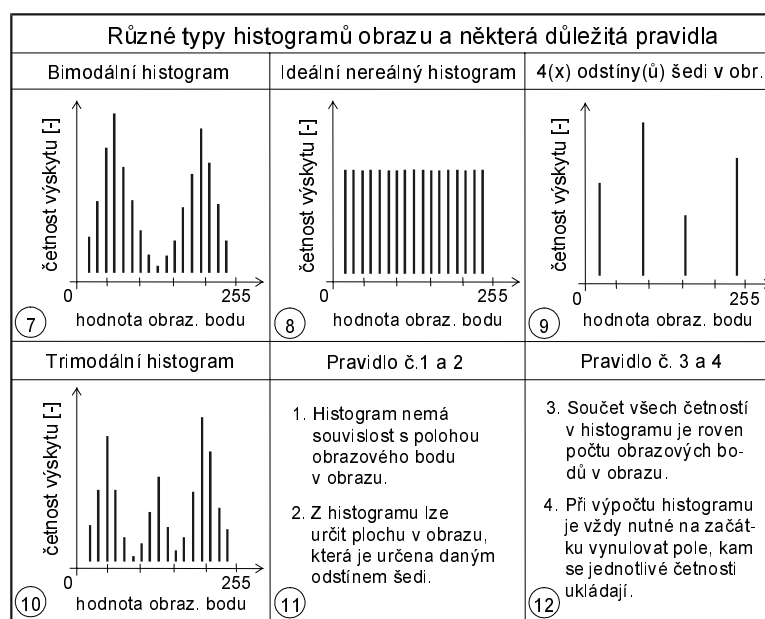
Způsob aplikace a implementace LUT



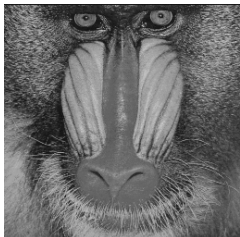
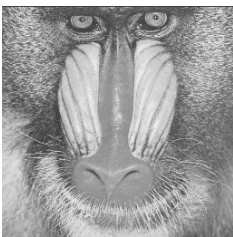
Typy histogramů obrazu



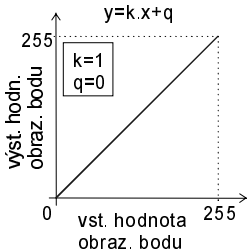
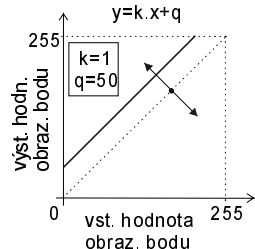
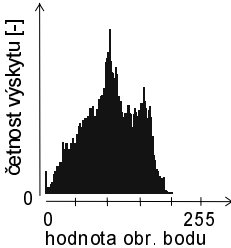
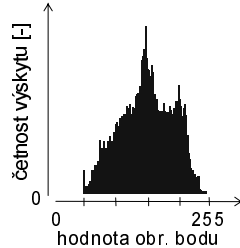
Typy histogramů obrazu – pokr.



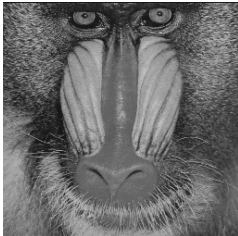
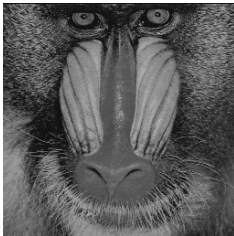
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

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><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><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></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																																																			

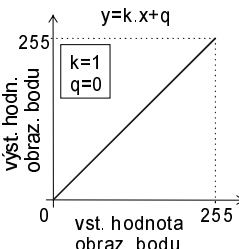
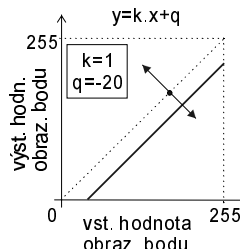
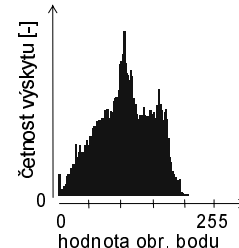
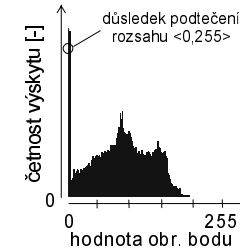
Aspekty přičtení konstanty k obrazu

Operace ⇨	Přičtení konstanty k původnímu obrazu (zvýšení jasu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	$y = k \cdot x + q$ 	$y = k \cdot x + q$ 
Histogram		

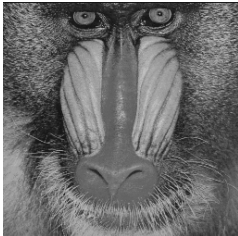
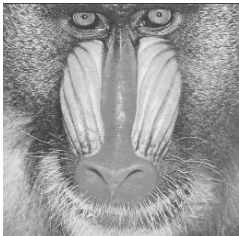
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

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><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><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																																																

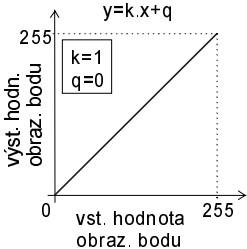
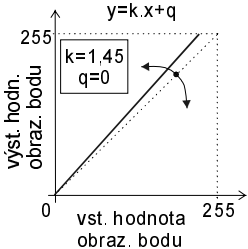
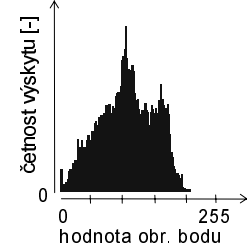
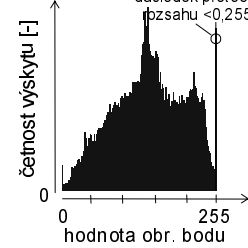
Aspekty odečtení konstanty od obrazu

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

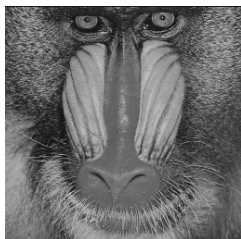
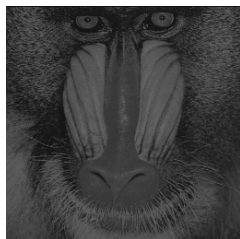
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace ⇒	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)																																																			
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)																																																		
Obraz																																																				
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table><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><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																																																

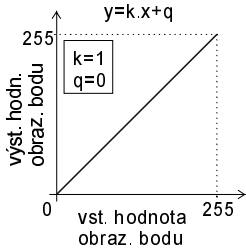
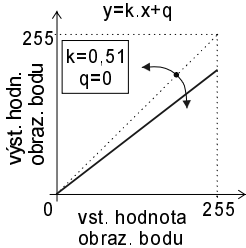
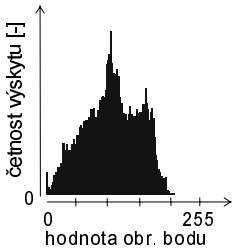
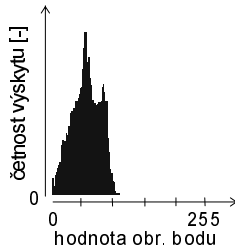
Aspekty násobení obrazu konstantou

Operace $\Rightarrow$	Násobení původního obrazu konstantou (zvýšení kontr.)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika	$y = k \cdot x + q$ $k=1$ $q=0$ 	$y = k \cdot x + q$ $k=1.45$ $q=0$ 
Histogram		

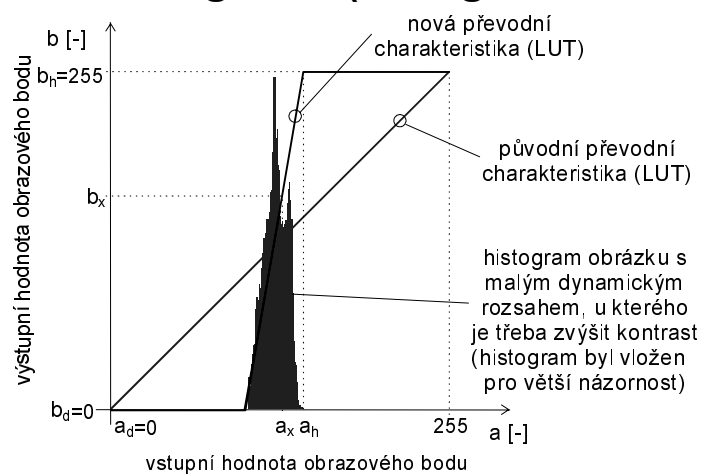
Aspekty dělení obrazu konstantou

Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)																																																						
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)		Stav po operaci (výstup)																																																				
Obraz																																																							
Obrazová data (jemný detail levého oka)	<table><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><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

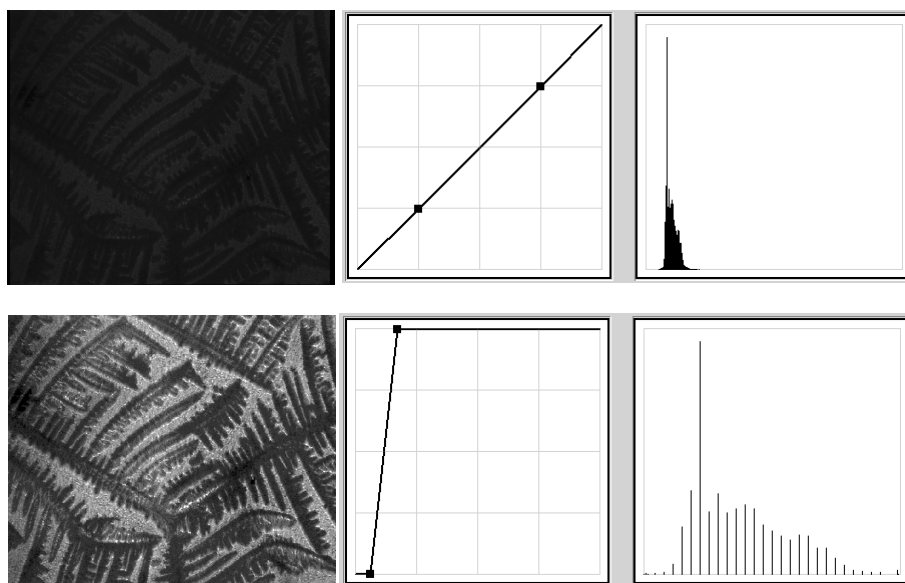
Operace ⇒	Dělení původního obrazu konstantou (snížení kontrastu)	
↓ Subjekt	Stav před operací (vstup)	Stav po operaci (výstup)
Převodní charakteristika		
Histogram		

Roztažení histogramu (histogram stretching)

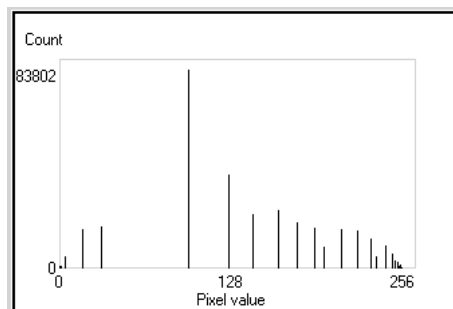
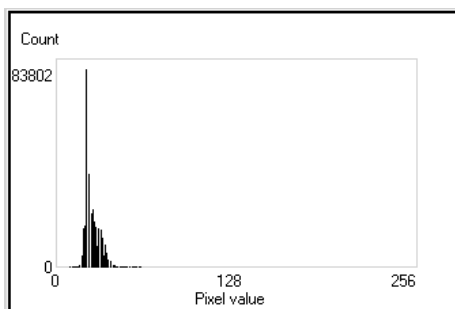
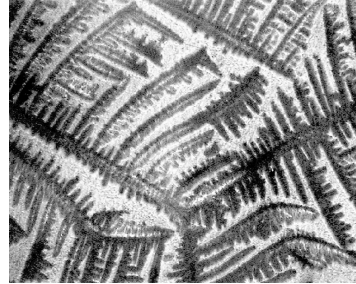


$$b_x = (a_x - a_d) * \left[\frac{(b_h - b_d)}{(a_h - a_d)} \right] + b_d$$

Roztažení histogramu (histogram stretching)



Vyrovnnání histogramu (equalization)

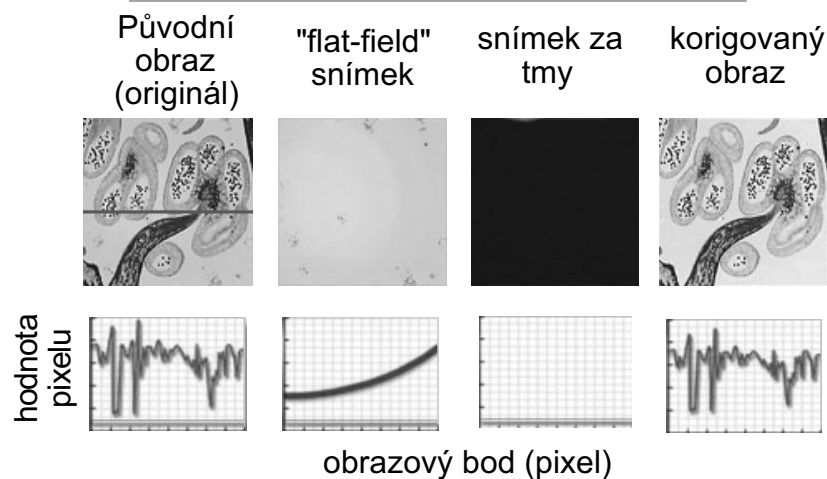


Přehled problematik zpracování obrazu v mikroskopii

- vyhodnocení šumu, rozmazání, změn intenzity pozadí, jasů, kontrastu a histogramu,
- roztážení či vyrovnnání 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

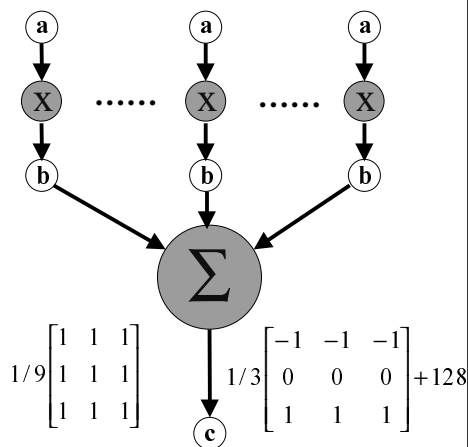
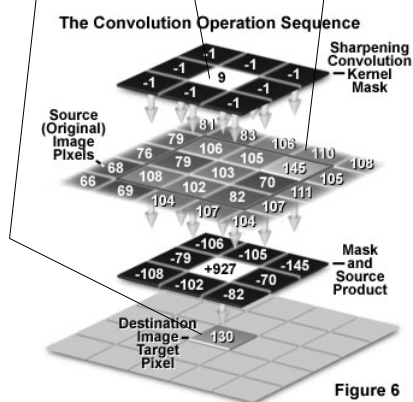
Princip „flat-field“ korekce

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



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