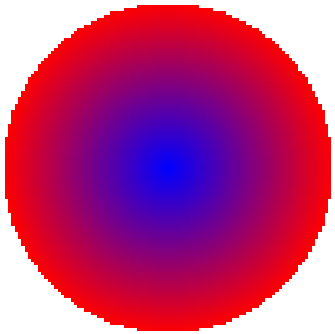
Obrázky
(reprezentace, generování, úpravy)

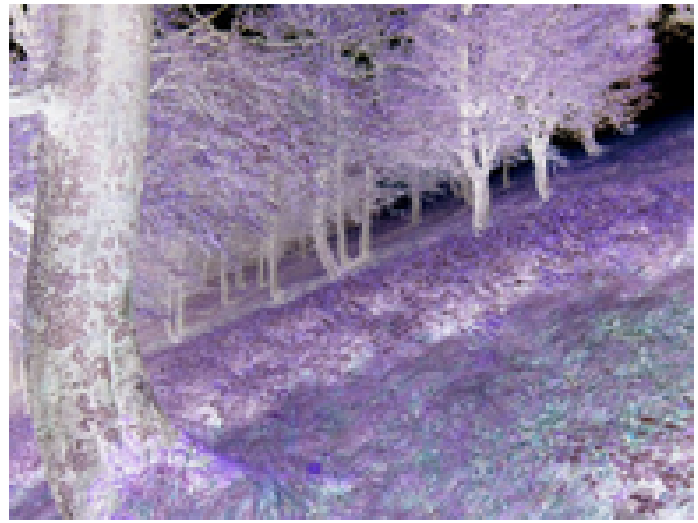
IB113

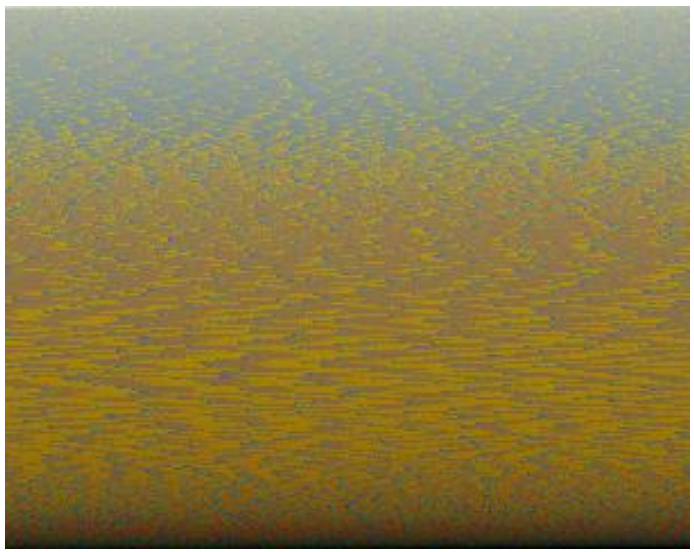
Radek Pelánek

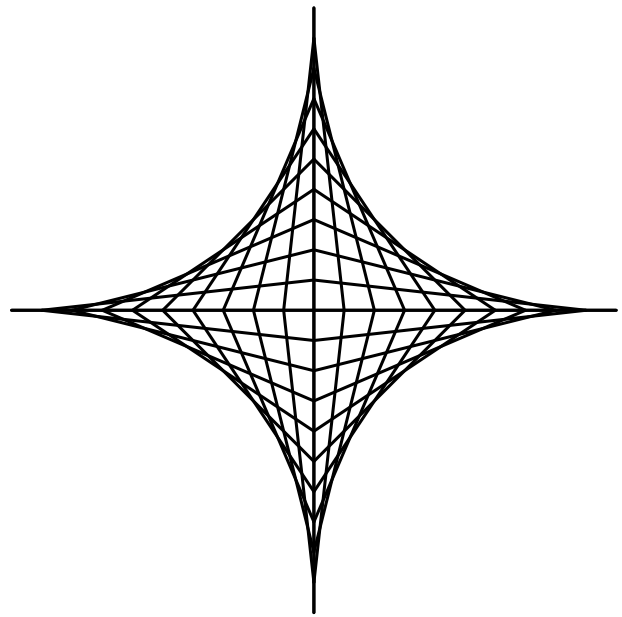
2021

Rozcvička: šifra









Účel přednášky

- procvičení základních konstrukcí z jiného pohledu
- propojení programování a matematiky
- téma „reprezentace dat“
- procvičení „čtení kódu“
- podklad pro zajímavé cvičení

Poznámka k efektivitě, obrázkům

ukázky programů v přednášce:

- snaha o čitelnost programů
- neefektivní (pomalé):
  - algoritmy
  - technická realizace (např. „putpixel“ vs „load + pixel access object“)

nízká / rozličná kvalita obrázků – čistě pragmatické důvody (nepříliš velké PDF), žádná skrytá pointa

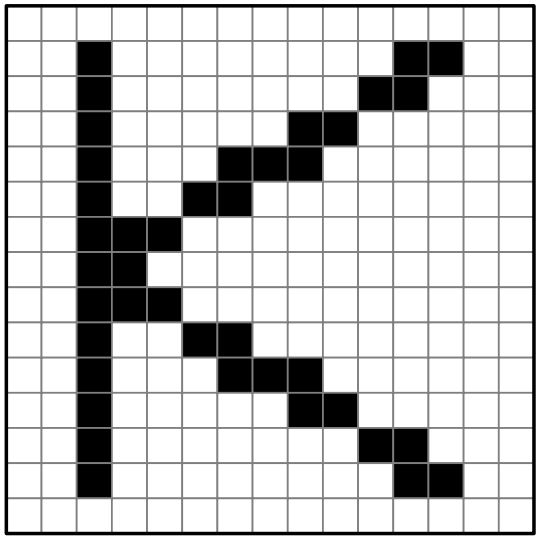
Další zdroje, náměty

obrázky, zvuk, video:

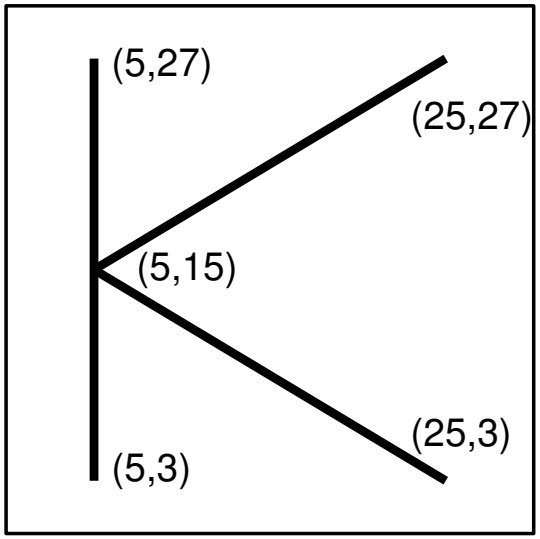
- kniha *Introduction to Computing and Programming in Python, A Mutlimedia Approach*, M. J. Guzdial, B. Ericson.
- `http://coweb.cc.gatech.edu/mediaComp-teach`

Reprezentace obrázků

Bitmapová grafika

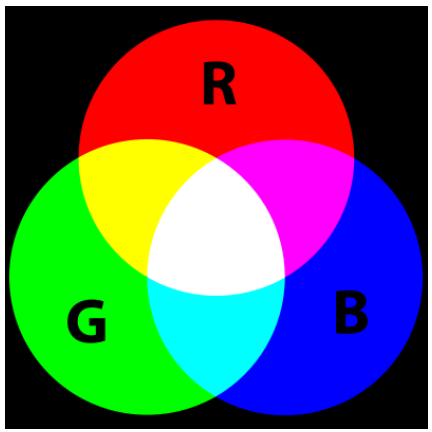


Vektorová grafika



Reprezentace barev

- více barevných modelů (aditivní, subtraktivní)
- budeme používat aditivní model RGB – red, green, blue
- každá složka = hodnota 0-255 (8 bitů, 1 byte)
- barva = trojice, např. (15, 255, 100)



Knihovna Image

- knihovna pro práci s bitmapovými obrázky
- velmi bohatá funkcionalita
- použijeme jen základní operace:
  - `new` – vytvoření obrázku
  - `open, convert` – otevření obrázku, konverze na RGB mód
  - `getpixel` – zjištění barvy bodu
  - `putpixel` – změna barvy bodu
  - `size` – velikost obrázku
  - `show`, `save` – zobrazení, uložení

Knihovna Image – technické poznámky

Není součástí standardní distribuce, nutno doinstalovat.

- Python Imaging Library (PIL): jen pro Python 2
  `http://www.pythonware.com/products/pil/`
- implementace Pillow (i pro Python 3):
  `https://pypi.python.org/pypi/Pillow/2.1.0`
- `from PIL import Image`

N-tice

- reprezentace souřadnic a barev pomocí n-tic (tuple)
- podobné jako seznamy, ale neměnitelné; zápis pomocí kulatých závorek
- u obrázků typicky:
  - souřadnice: `(x, y)`
  - barva: `(r, g, b)`

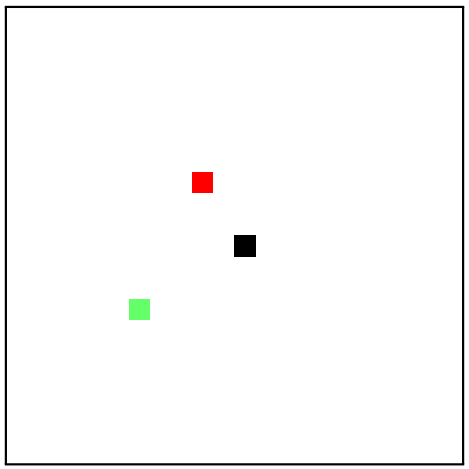
Koncepty v ukázkách

čemu věnovat pozornost v ukázkách:

- objekty – třída Image, objekty pro dílčí obrázky
- n-tice, seznamy
- parametry funkcí, závorky
  - např. `putpixel` má 2 parametry: souřadnice (=dvojice), barva (=trojice)
- vnořené cykly, podmínky
  - použití v jiném kontextu než doposud

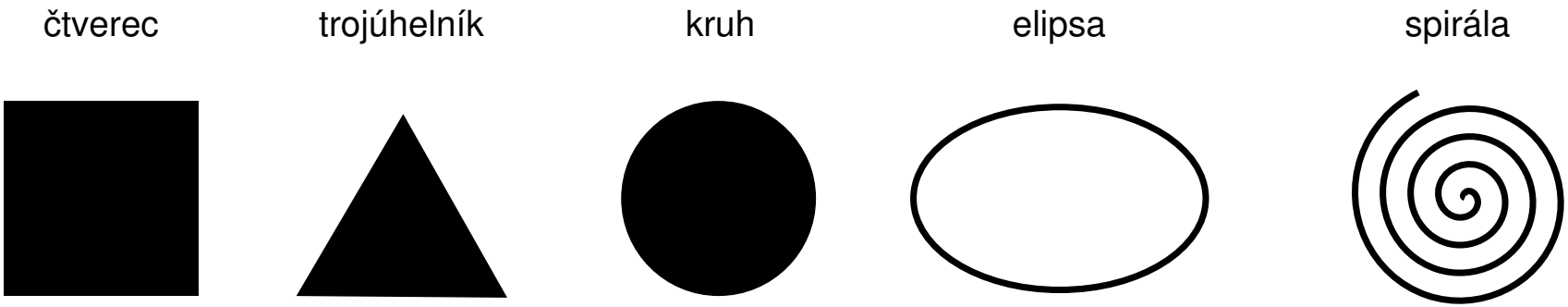
Image demo

```
def demo():
    im = Image.new("RGB", (20, 20), (255, 255, 255))
                    # model, velikost, barva pozadi
    im.putpixel((10, 10), (0, 0, 0))
    im.putpixel((8, 7), (255, 0, 0))
    im.putpixel((5, 13), (100, 255, 105))
    im.show()
    im.save("demo.png")
```



Geometrické útvary

Napište programy pro generování následujících útvarů:



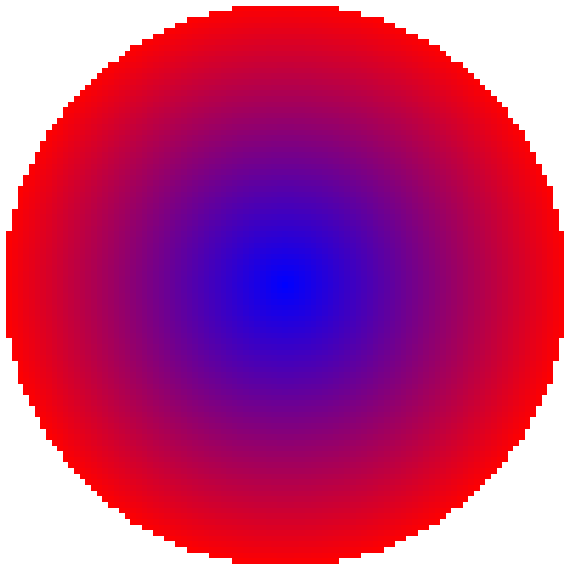
Kruh

```
def disc(a=150, r=50):
    im = Image.new("RGB", (a, a), (255, 255, 255))
    for x in range(a):
        for y in range(a):
            if XXX:
                im.putpixel((x, y), (0, 0, 0))
    im.show()
```

Kruh

```
def disc(a=150, r=50):
    im = Image.new("RGB", (a, a), (255, 255, 255))
    for x in range(a):
        for y in range(a):
            if (x-a/2)**2 + (y-a/2)**2 < r**2:
                im.putpixel((x, y), (0, 0, 0))
    im.show()
```

Barevný kruh

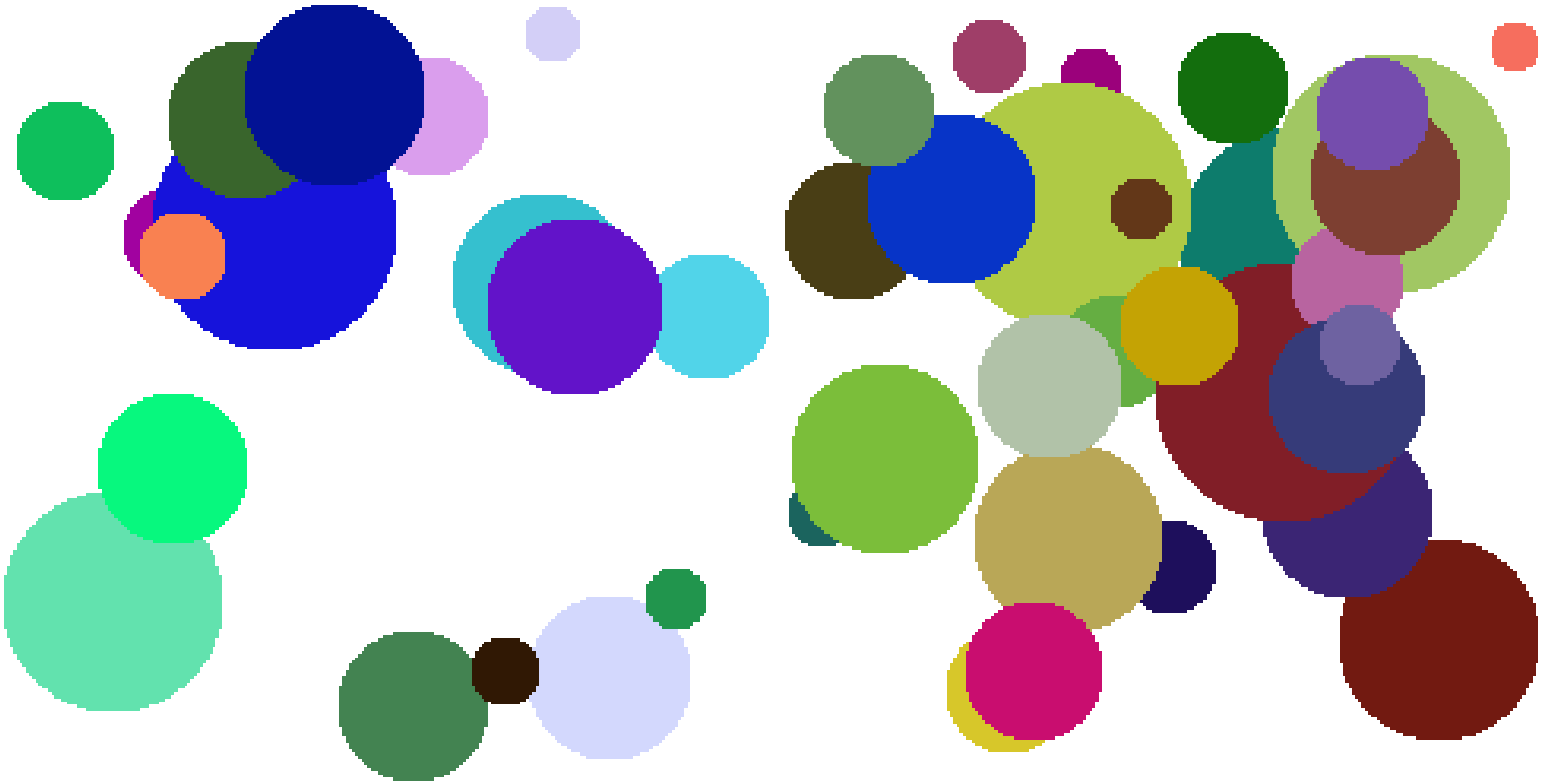


Barevný kruh

Barvu „namícháme“ podle vzdálenosti od středu kruhu:

```
d = math.sqrt((x-a/2)**2 + (y-a/2)**2)
if d < r:
    c = int(255*d/r)
    im.putpixel((x, y), (c, 0, 255-c))
```

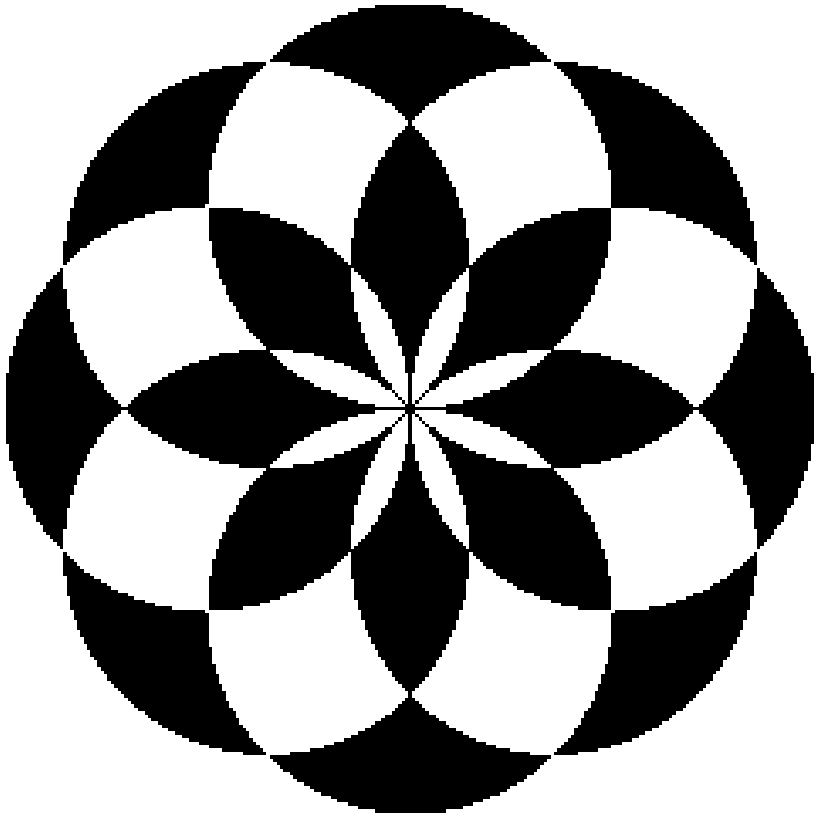
Barevné kruhy



Přidání náhodného kruhu do obrázku

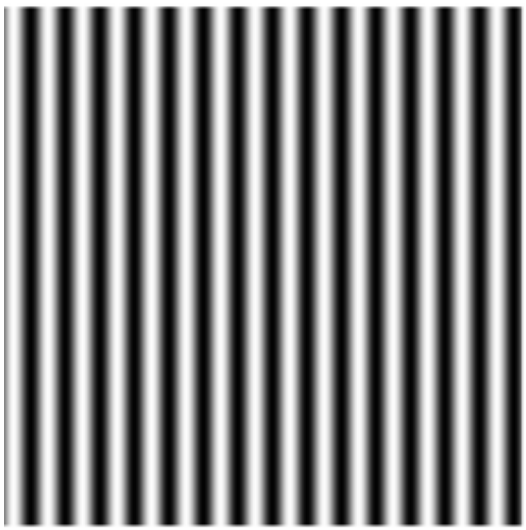
```
def add_random_disc(im):
    (width, height) = im.size
    r = random.randint(8, min(width, height) // 6)
    sx = random.randint(r+1, width-r-1)
    sy = random.randint(r+1, height-r-1)
    color = (random.randint(0, 255),
             random.randint(0, 255),
             random.randint(0, 255))
    for x in range(width):
        for y in range(height):
            if (x-sx)**2 + (y-sy)**2 < r**2:
                im.putpixel((x, y), color)
```

Námět na procvičení

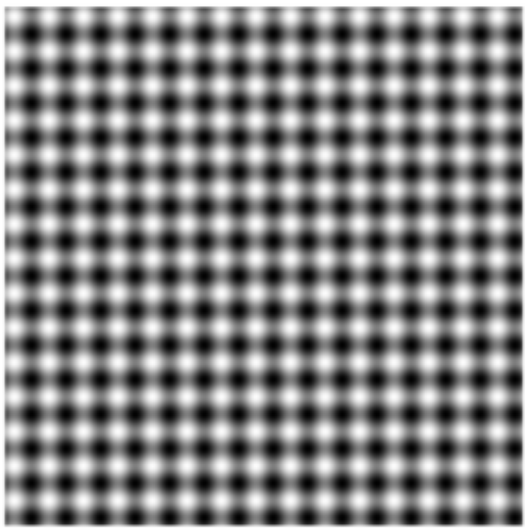


Geometrické obrazce

pruhy



mřížka



vlny

Základní princip

- potřebujeme plynulý přechod mezi bílou a černou
- jakou matematickou funkci využijeme?

Základní princip

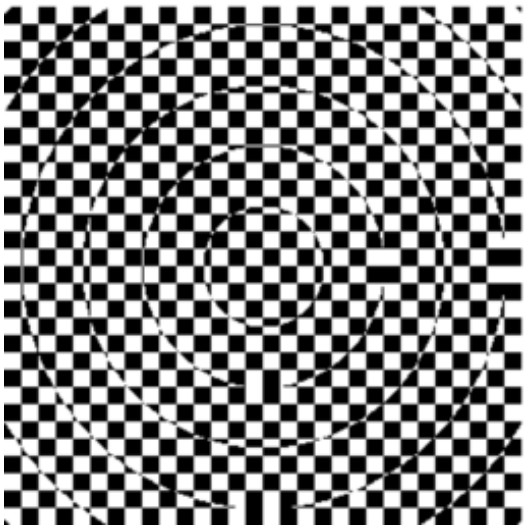
- potřebujeme plynulý přechod mezi bílou a černou
- jakou matematickou funkci využijeme?
- sinus – hodnoty mezi -1 a 1, perioda 2π
- potřebujeme – hodnoty mezi 0 a 255, perioda (např.) 20

Pruhy

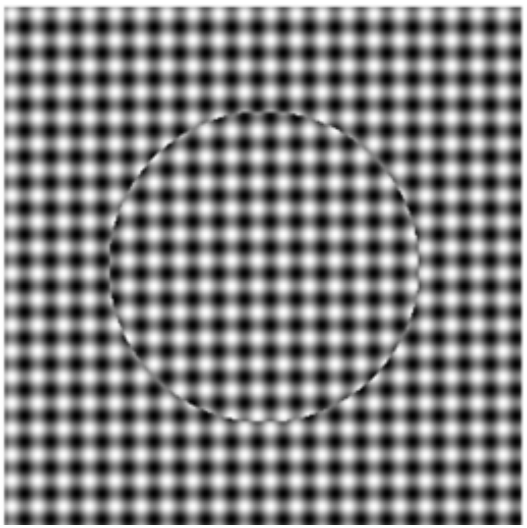
```
def strips(size=150, count=5):
    im = Image.new("RGB", (size, size))
    for x in range(size):
        for y in range(size):
            z = math.sin(count * 2*math.pi * x/size)
            shade = int(255 * (z+1)/2)
            im.putpixel((x, y), (shade, shade, shade))
    im.show()
```

Vzory II

šachovnice a kruhy

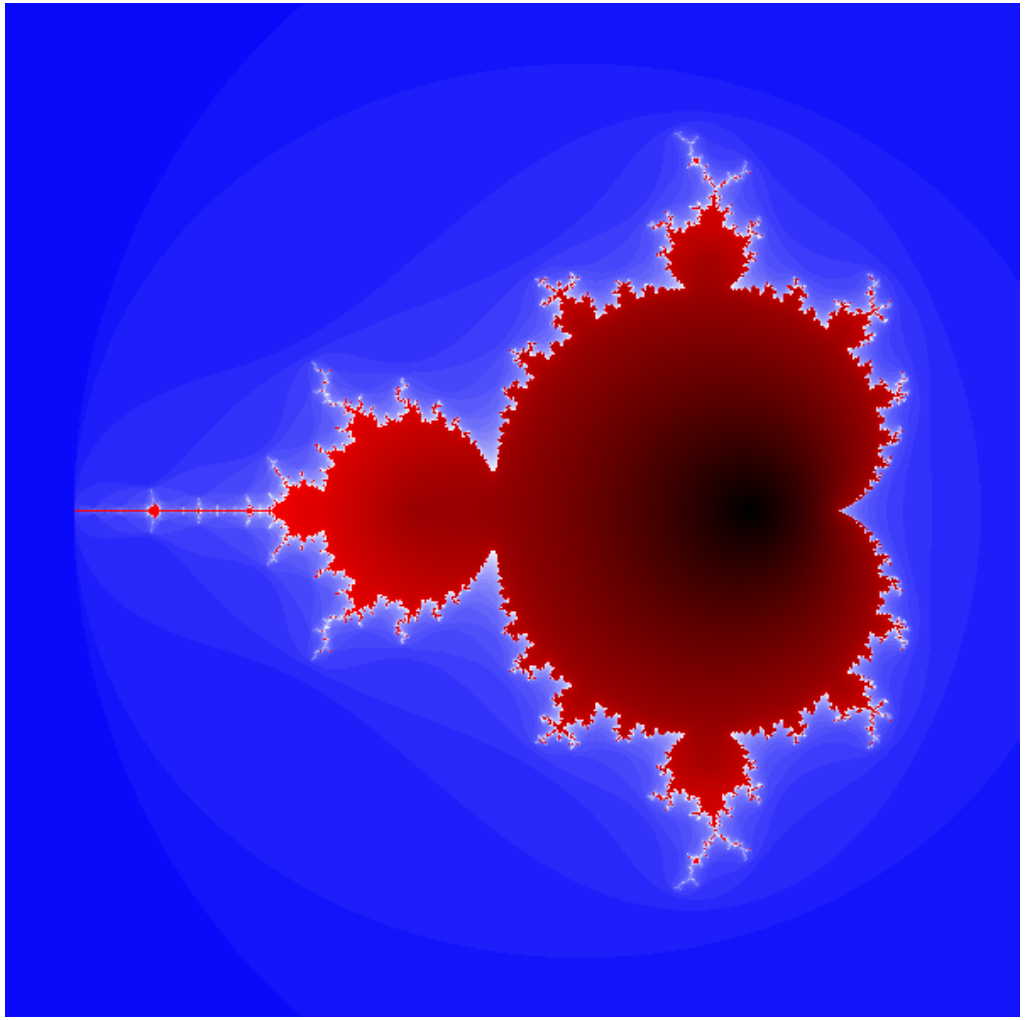


mřížka a kruh



vlny a čtverec

Mandelbrotova množina

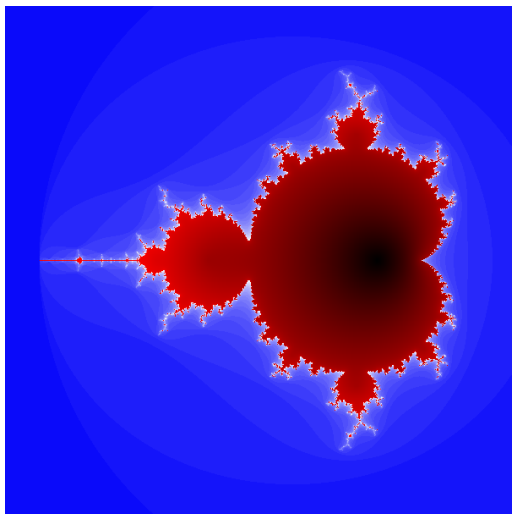


Mandelbrotova množina

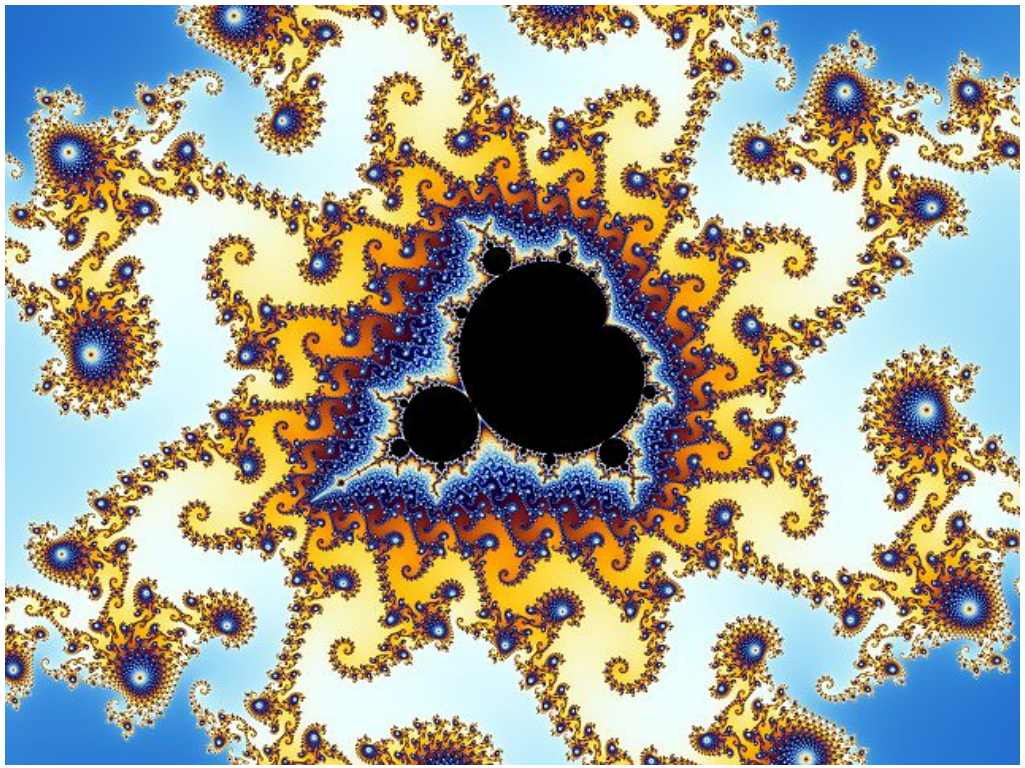
- $z_1 = 0$, $c = x + yi$ je konstanta (komplexní číslo)
- definujeme posloupnost

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

- c patří do Mandelbrotovy množiny $\Leftrightarrow$ tato posloupnost je omezená



Mandelbrotova množina – detail



Zdroj: Wikipedia

Video zoom: `http://www.youtube.com/watch?v=gEw8xpb1aRA`

Mandelbrotova množina – kód

```
_                                       =   (
                                         255,
                                       lambda
                                  V       ,B,c
                                :c   and Y(V*V+B,B,  c
                                  -1)if(abs(V)<6)else
                      (            2+c-4*abs(V)**-0.4)/i
                        )  ;v,     x=1500,1000;C=range(v*x
                         );import  struct;P=struct.pack;M,\
                    j  ='<QIIHHHH',open('M.bmp','wb').write
for X in j('BM'+P(M,v*x*3+26,26,12,v,x,1,24))or C:
                    i  ,Y=_;j(P('BBB',*(lambda T:(T*80+T**9
                          *i-950*T  **99,T*70-880*T**18+701*
                        T  **9     ,T*i**(1-T**45*2)))(sum(
                      [             Y(0,(A%3/3.+X%v+(X/v+
                                     A/3/3.-x/2)/1j)*2.5
                                   /x   -2.7,i)**2 for  \
                                     A       in C
                                           [:9]])
                                            /9)
                                           )   )
```

http://preshing.com/20110926/high-resolution-mandelbrot-in-obfuscated-python/

Úpravy obrázků

$\Rightarrow$

Úprava barev

Úprava barev

pro každý pixel:

- zjisti barvu (getpixel)
- ulož upravenou barvu (putpixel)

Úprava barev – kód

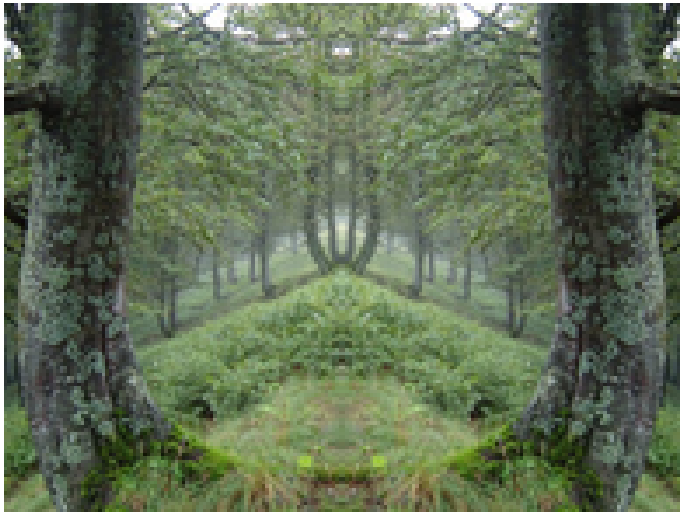
```
def remove_green(filename):
    im = Image.open(filename)
    im = im.convert("RGB")
    width, height = im.size
    for x in range(width):
        for y in range(height):
            (r, g, b) = im.getpixel((x, y))
            im.putpixel((x, y), (r, 0, b))
    im.show()
```

Úprava barev – obecnější řešení

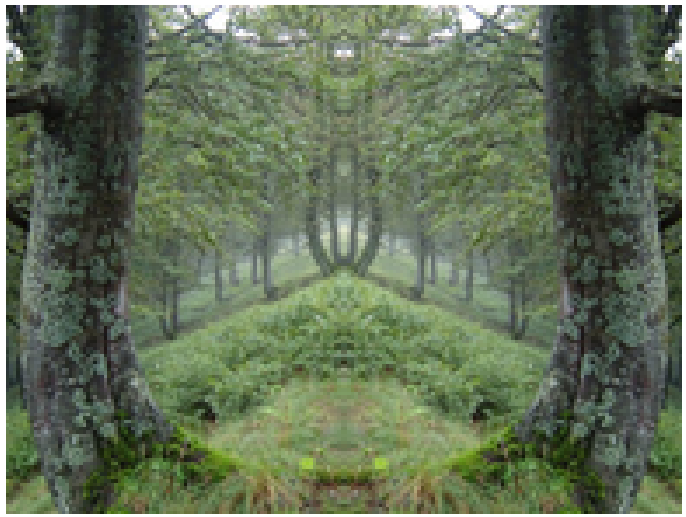
```
def transform_colors(filename, f_trans):
    im = Image.open(filename)
    im = im.convert("RGB")
    width, height = im.size
    for x in range(width):
        for y in range(height):
            (r, g, b) = im.getpixel((x, y))
            im.putpixel((x, y), f_trans(r, g, b))
    im.show()

def inversion(r, g, b):
    return (255-r, 255-g, 255-b)
transform_colors("les.jpg", inversion)
transform_colors("les.jpg",
                 lambda r, g, b: (255-r, b, g))
```

Zrcadlový obraz

$\Rightarrow$



Zrcadlový obraz

pro každý pixel v levé polovině:

- zjisti jeho barvu (getpixel)
- ulož barvu na příslušnou pozici v pravé polovině (putpixel)

Zrcadlový obraz – kód

```
for x in range(width / 2):
    for y in range(height):
        im.putpixel((width-1-x, y),
                    im.getpixel((x, y)))
```

Překlopení

$\Rightarrow$

Překlopení

$\Rightarrow$

prohazování symetrických bodů

Překlopení – kód

V předchozím kódu (zrcadlový obraz) změníme tělo `for` cyklu:

```
tmp = im.getpixel((width-1-x, y))
im.putpixel((width-1-x, y),
            im.getpixel((x, y)))
im.putpixel((x, y), tmp)
```

Rotace

$\Rightarrow$

Rotace

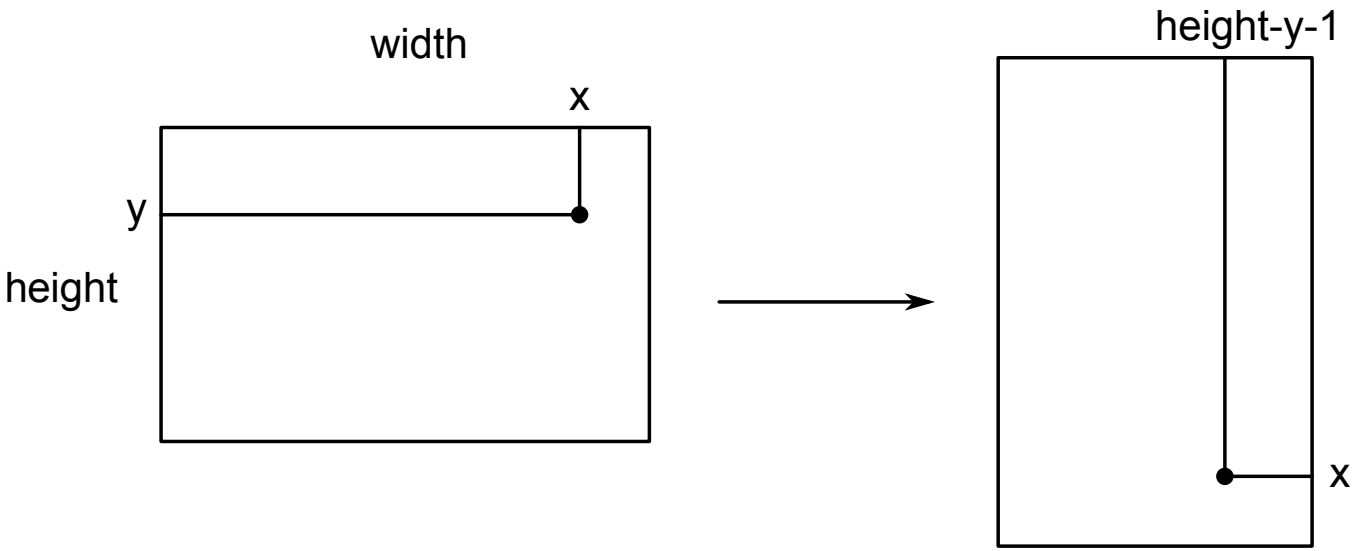
$\Rightarrow$

vytvoř nový obrázek a naplň jej pixely podle originálu – vhodně pozměněné souřadnice

Rotace – kód s cenzurou

```
def rotation(filename):
    im = Image.open(filename)
    im = im.convert("RGB")
    width, height = im.size
    new_im = Image.new("RGB", (height, width))
    for x in range(width):
        for y in range(height):
            new_im.putpixel((XXX, YYY),
                            im.getpixel((x, y)))
    new_im.show()
```

Rotace – ilustrace



Rotace o zadaný úhel

$\Rightarrow$

Rotace o zadaný úhel

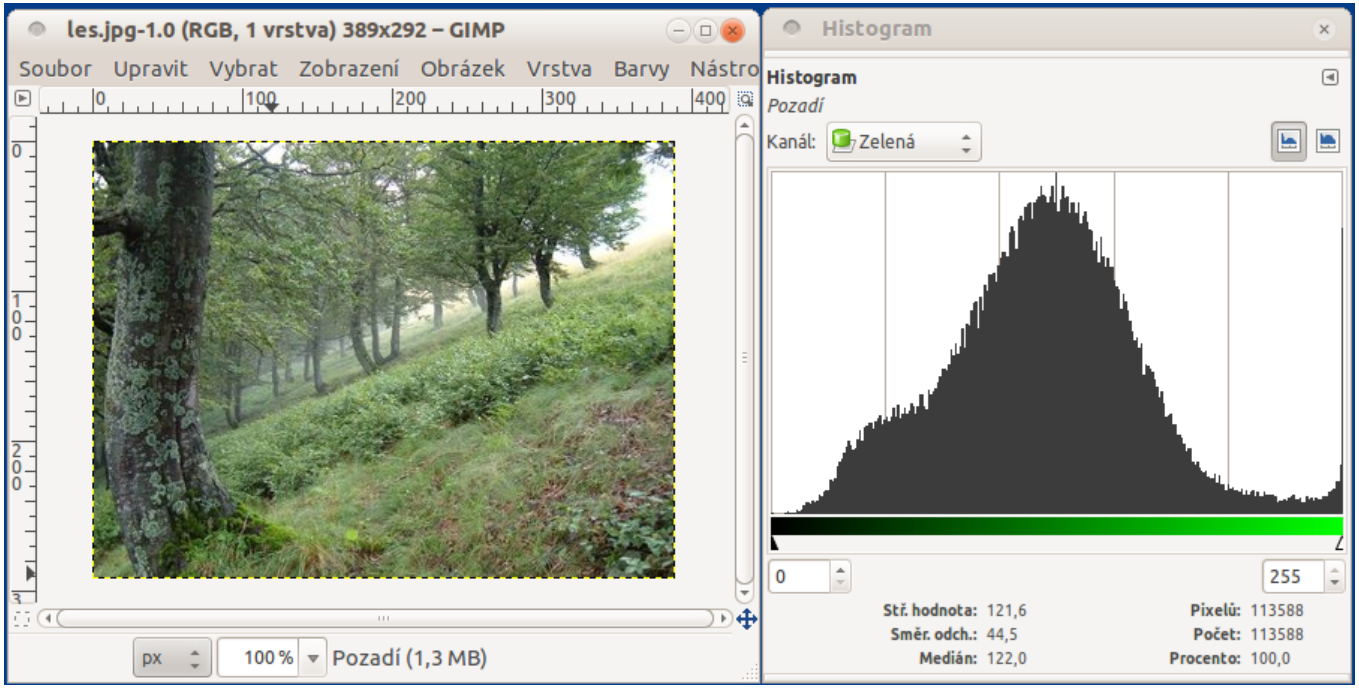
$\Rightarrow$

goniometrické funkce, lineární transformace, matice – aplikace (procvičení) pojmů z matematiky

„Praktická“ aplikace - šifra

Histogram

variace na téma „frekvenční analýza“



Histogram – textový výpis

```
0 - 19: 0.3 %
20 - 39: 3.5 %
40 - 59: 6.3 %
60 - 79: 8.3 %
80 - 99: 12.7 %
100 - 119: 17.1 %
120 - 139: 18.5 %
140 - 159: 15.2 %
160 - 179: 9.0 %
180 - 199: 4.0 %
200 - 219: 1.8 %
220 - 239: 1.1 %
240 - 259: 2.2 %
```

(implementace – doporučené cvičení)

Další náměty na úpravy

- změna velikosti obrázku
- převod do stupňů šedi
- rozmazání (blur), detekce hran
- ... další věci co umí váš grafický program

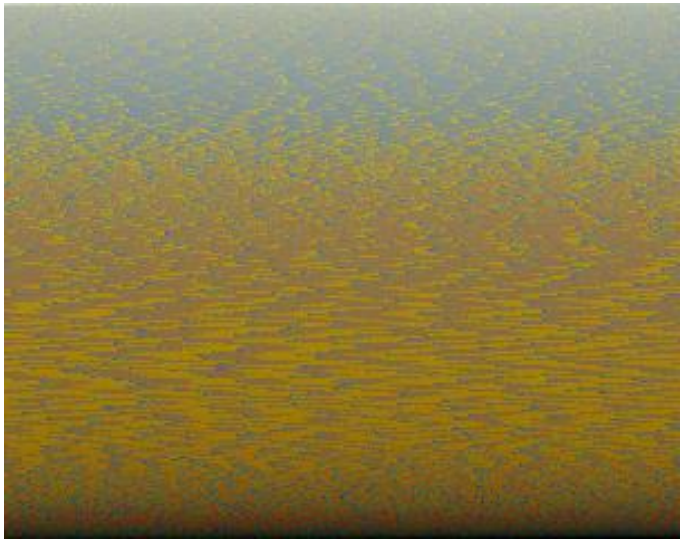
Pořádek v umění

http://www.ted.com/talks/ursus_wehrli_tidies_up_art.html

Pořádek (nejen) v umění

Pořádek v umění – pixel po pixelu

$\Rightarrow$



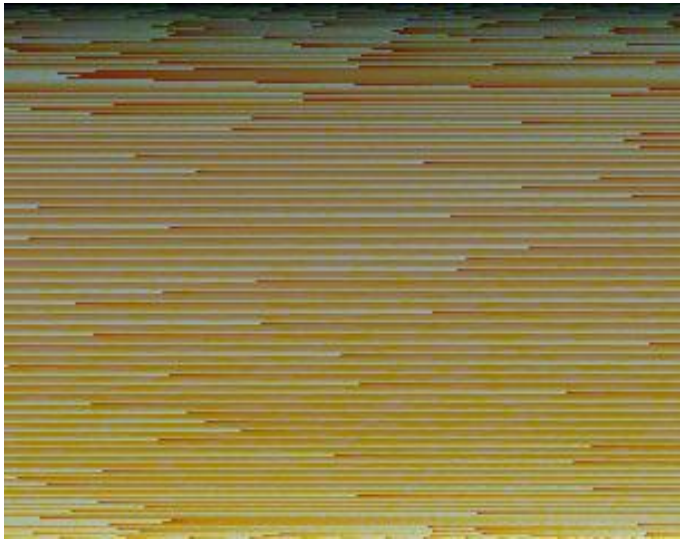
Řazení pixelů podle barvy

- vytvoříme seznam všech použitých barev – seznam trojic `[(0, 150, 20), (255,255,255), (0, 0, 255), ...]`
- seznam seřadíme
- barvy umístíme do obrázku

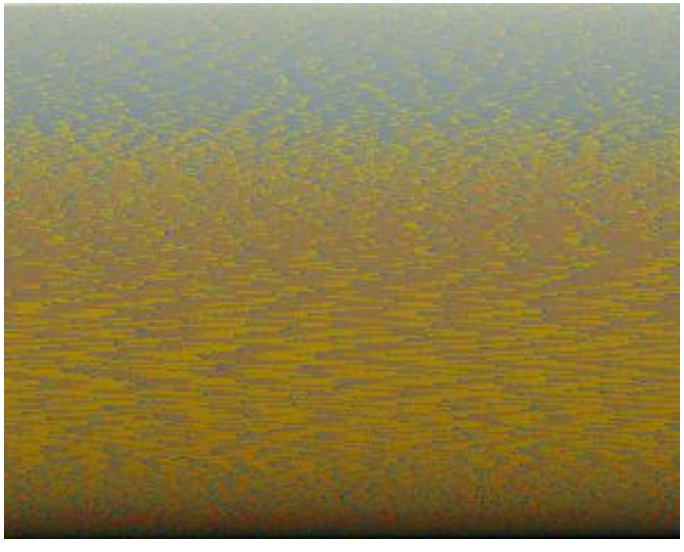
```
def tidy_up(filename):
    im = Image.open(filename)
    im = im.convert("RGB")
    width, height = im.size
    pixels = []
    for x in range(width):
        for y in range(height):
            pixels.append(im.getpixel((x, y)))
    pixels.sort()
    new_im = Image.new("RGB", (width, height))
    for y in range(height):
        for x in range(width):
            new_im.putpixel((x, y), pixels[y*width+x])
    new_im.show()
```

Řazení pixelů

$\Rightarrow$



$\Rightarrow$



Řazení pixelů

- pixely je seznam trojic (r, g, b)
- `sort()` používá „lexikografické“ řazení
- pokud chceme „řazení dle součtu“ (intenzity) nahradíme `pixels.sort()` za:

```
pixels = sorted(pixels,
                key=lambda c: -(c[0]+c[1]+c[2]))
```

Pořádek v umění – náměty

Zkuste další způsoby řazení:

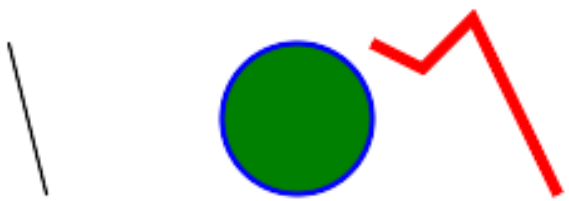
- po řádcích / sloupcích
- po „čtverečcích“
- podle jiného kritéria
- „gradient“ po uhlopříčce

Scalable Vector Graphics (SVG)

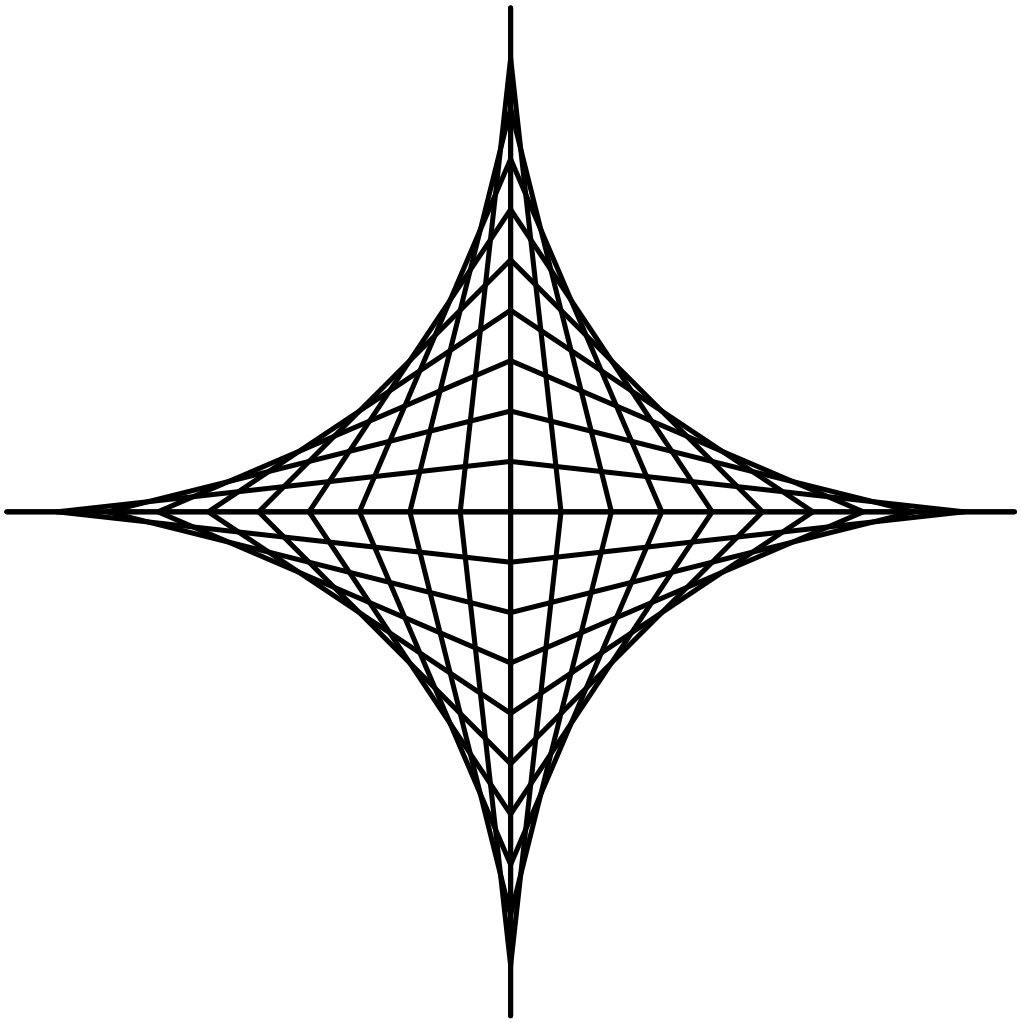
- vektorový formát založený na XML
- snadný způsob vytváření obrázků v jakémkoliv jazyce (generujeme prostý text)
- prohlížení: např. webový prohlížeč
- ruční editování: např. Inkscape
- převod na bitmapu: např. `convert` (ImageMagick)

SVG příklad

```
<svg xmlns="http://www.w3.org/2000/svg">
<line x1="15" y1="20" x2="30" y2="80"
      stroke="black" stroke-width="1"/>
<circle cx="130" cy="50" r="30" stroke="blue"
        stroke-width="2" fill="green" />
<polyline fill="none" stroke="red" stroke-width="4"
          points="160,20 180,30 200,10 234,80"/>
</svg>
```



Hvězda

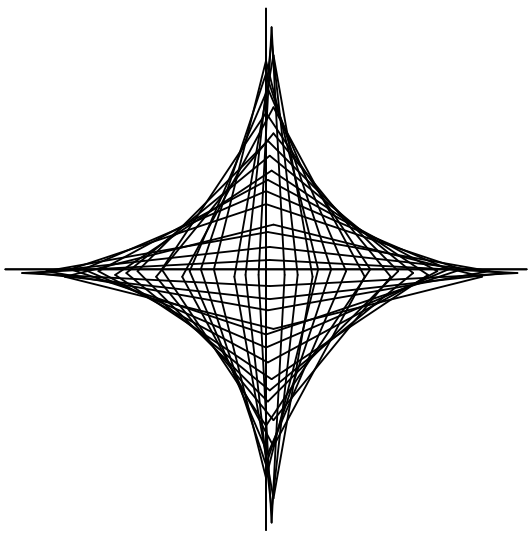


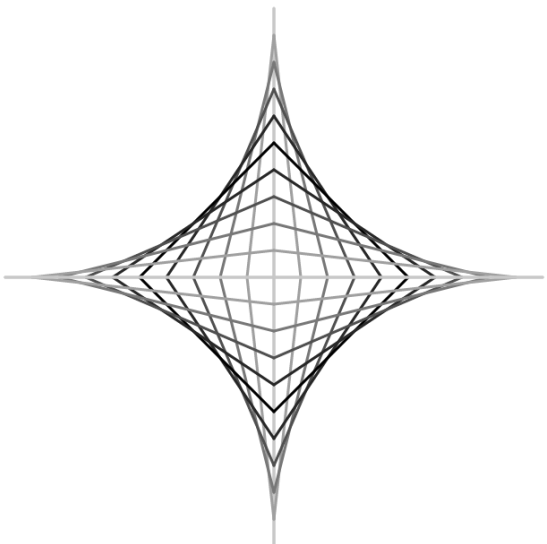
```
def star(n=10, length=100):
    svg_header()
    center_x = length * 1.5
    center_y = length * 1.5
    step = length / n
    for i in range(n + 1):
        svg_line(center_x + i*step, center_y,
                 center_x, center_y + (n-i)*step)
        svg_line(center_x - i*step, center_y,
                 center_x, center_y + (n-i)*step)
        svg_line(center_x + i*step, center_y,
                 center_x, center_y - (n-i)*step)
        svg_line(center_x - i*step, center_y,
                 center_x, center_y - (n-i)*step)
    svg_finish()
```

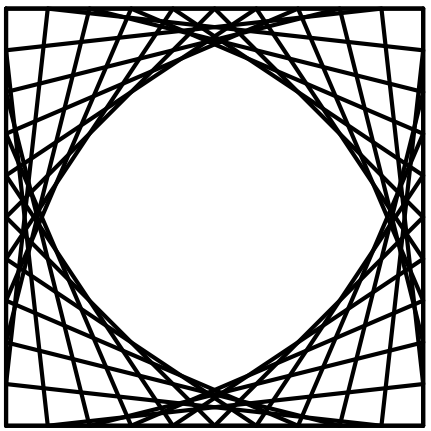
Kompaktnější zápis

```
def star(n=10, length=100):
  svg_header()
  center_x = length * 1.5
  center_y = length * 1.5
  step = length / n
  for i in range(n + 1):
    for dx, dy in [(-1, -1), (-1, 1),
                   (1, -1), (1, 1)]:
      svg_line(center_x + dx*i*step, center_y,
               center_x, center_y + dy*(n-i)*step)
  svg_finish()
```

Variace na hvězdu







Vlastní knihovna pro želví grafiku

- želví grafika – používána knihovna `turtle`
- vytvořme vlastní „knihovnu“ s vykreslováním do SVG
- jen základní příkazy:
  - `forward(length)`
  - `left(angle)`, `right(angle)`
  - `save(filename)`

Princip implementace

- stav želvy: souřadnice `x`, `y` a aktuální natočení `heading`
- vykreslený obrazec: seznam souřadnic

Implementace I

```
x = 50
y = 50
heading = 0
lines = []

def left(angle):
    global heading
    heading -= angle

def right(angle):
    global heading
    heading += angle
```

Implementace II

```
def forward(d):
    global x
    global y
    nx = x + d * math.cos(heading * math.pi / 180)
    ny = y + d * math.sin(heading * math.pi / 180)
    lines.append((x, y, nx, ny))
    x, y = nx, ny
```

Implementace III

```
def save(filename):
  f = open(filename, "w")
  f.write("<svg>")
  s = '<line x1="{}" y1="{}" x2="{}" y2="{}" style="{}"
  for x1, y1, x2, y2 in lines:
    f.write(s.format(x1, y1, x2, y2,
                     "stroke:black;stroke-width:1"))
  f.write("</svg>")
  f.close()
```

Poznámky

jde o názornou ukázku principů, nikoliv dobrou knihovnu:

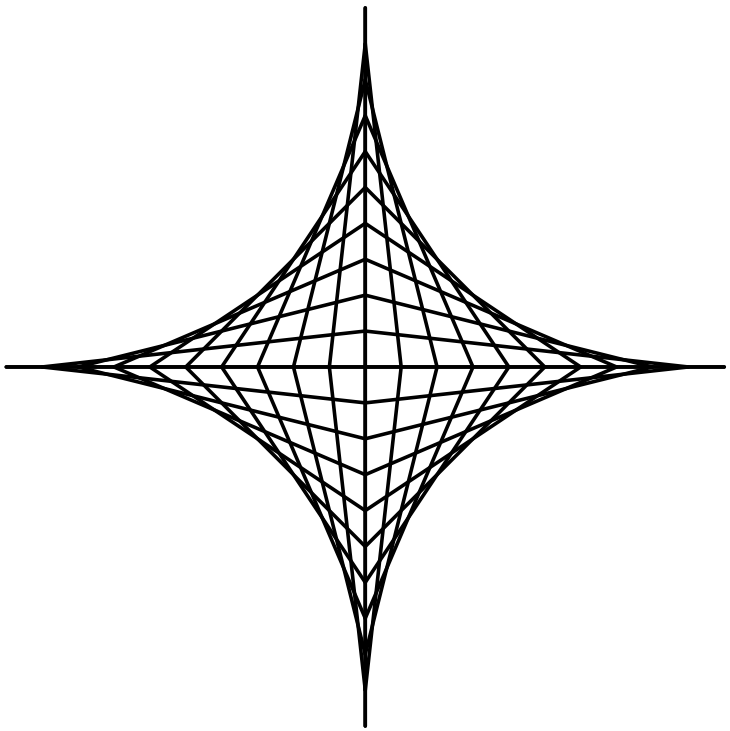
- příliš malá funkcionalita
- chybí dokumentace

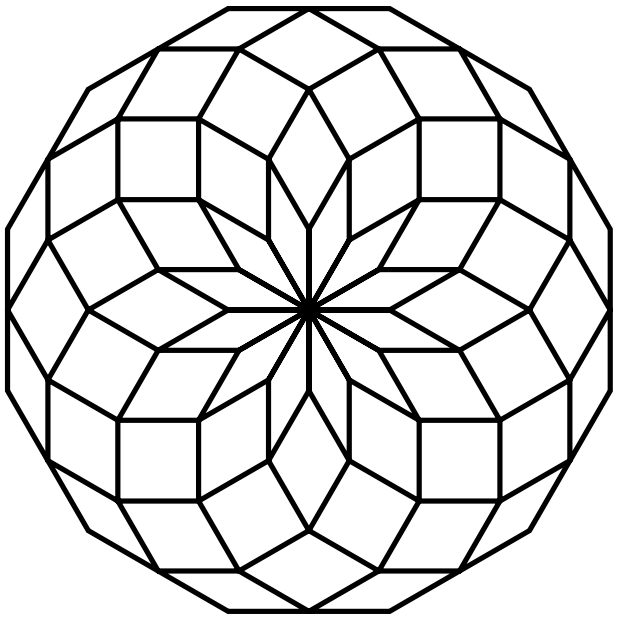
nevhodné použití globálních proměnných – lepší přes objektovou reprezentaci

```
class Turtle:
  def __init__(self):
    self.x = 50
    self.y = 50
    self.heading = 0
    self.lines = []

  def left(self, angle):
    self.heading -= angle

  def right(self, angle):
    self.heading += angle

  def forward(self, d):
    nx = self.x + d * math.cos(self.heading * math.pi / 180
    ny = self.y + d * math.sin(self.heading * math.pi / 180
    self.lines.append((self.x, self.y, nx, ny))
    self.x, self.y = nx, ny
```

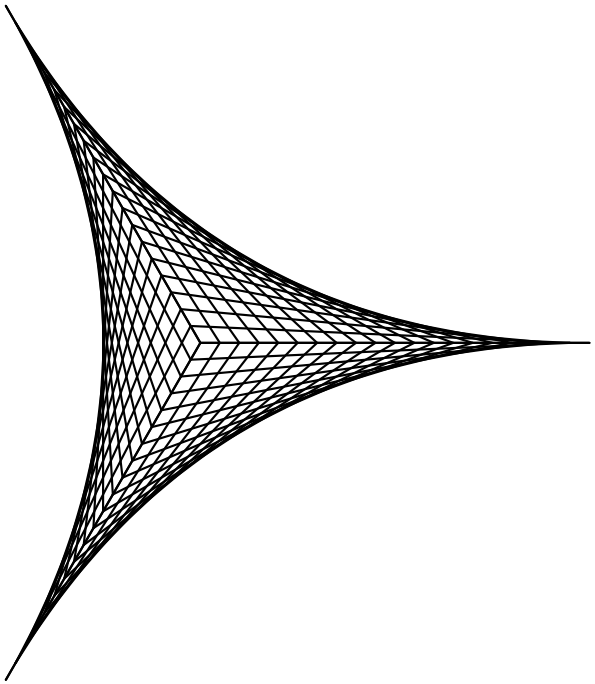
Absolutní vs. relativní vykreslování

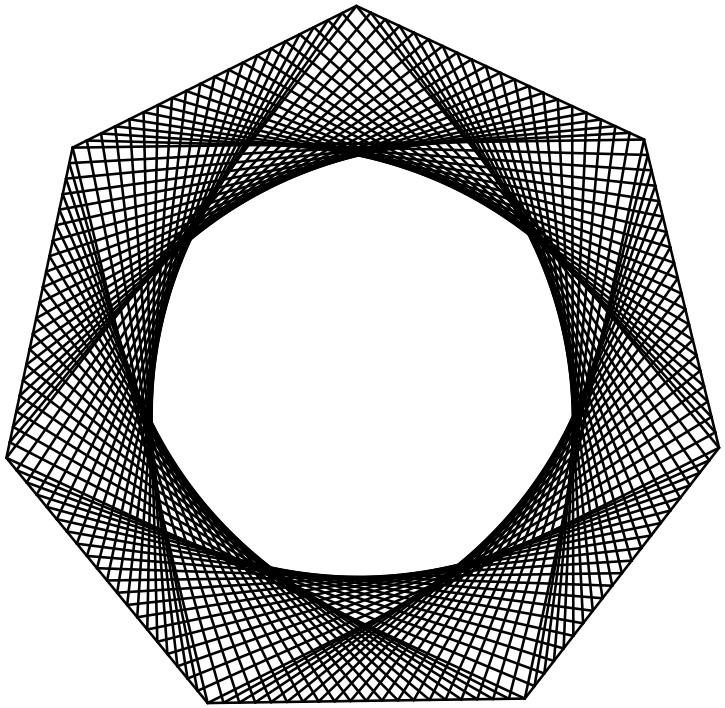
(souřadnice vs. želva)





Jak vykreslíte tyto obrázky?





Kontrolní otázky

- Jaký je rozdíl mezi bitmapovou a vektorovou grafikou?
- Co znamená RGB? Jakým barvám odpovídají trojice (0, 0, 0), (0, 255, 0), (200, 0, 180)?
- Jakou datovou strukturu použijeme v Pythonu pro reprezentaci barev? Proč?
- Jakým způsobem vytvoříme v Pythonu bitmapový obrázek, který je celý bílý a uprostřed má červenou tečku?
- Jakým způsobem můžeme v Pythonu otestovat, že obrázek obsahuje pouze bílou, modrou a černou barvu?
- Co je to SVG? Jakým způsobem můžeme vytvořit obrázek v tomto formátu?

Shrnutí

- ukázka elementární práce s grafikou
  - bitmapová – Image, putpixel, getpixel
  - vektorová – SVG, line
- využití základních konstrukcí (vesměs vnořené `for` cykly), trocha matematiky