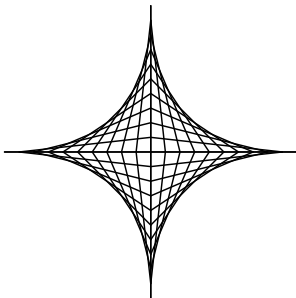
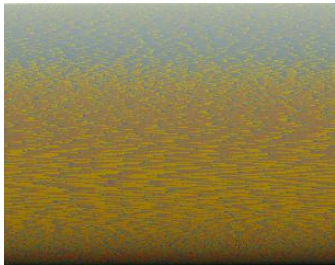
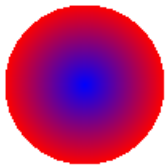


Obrázky (reprezentace, generování, úpravy)

IB111 Základy programování
Radek Pelánek

2017



- 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“)

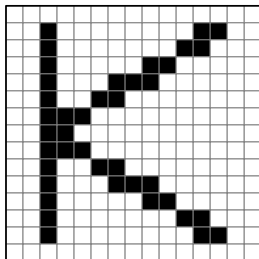
nízká / rozličná kvalita obrázků – čistě pragmatické důvody (nepříliš velké PDF), žádná skrytá pointa

obrázky, zvuk, video:

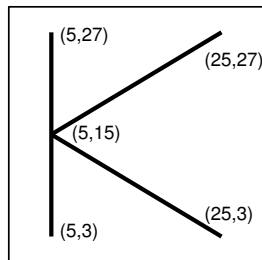
- kniha *Introduction to Computing and Programming in Python, A Multimedia Approach*, M. J. Guzdial, B. Ericson.
- <http://coweb.cc.gatech.edu/mediaComp-teach>

Reprezentace obrázků

Bitmapová grafika

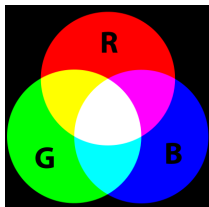


Vektorová grafika



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)



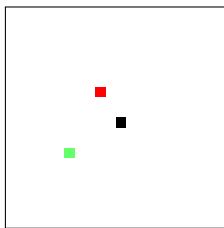
- knihovna pro práci s bitmapovými obrázky
- velmi bohatá funkcionalita
- použijeme jen základní operace:
 - `new` – vytvoření obrázku
 - `open`, `convert` – otevření obrázku, konverze na RGB mód
 - `getpixel` – zjištění barvy bodu
 - `putpixel` – změna barvy bodu
 - `size` – velikost obrázku
 - `show`,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

- 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`

- 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)

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:

čtverec



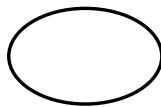
trojúhelník



kruh



elipsa



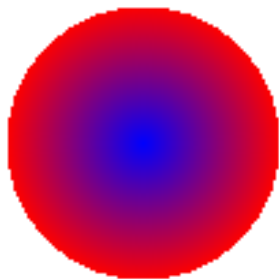
spirála



```
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()
```

```
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

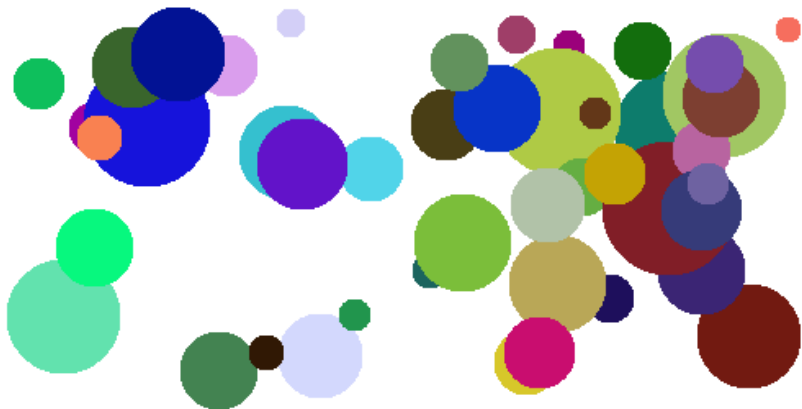


Barevný kruh

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))
```

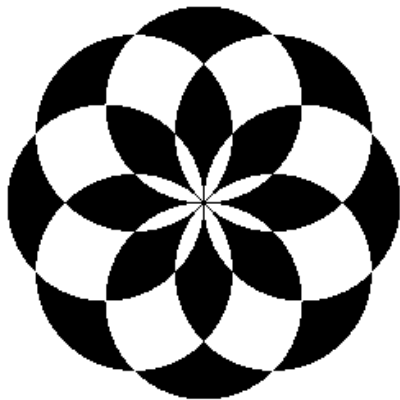

Barevné kruhy



Přidání náhodného kruhu do obrázku

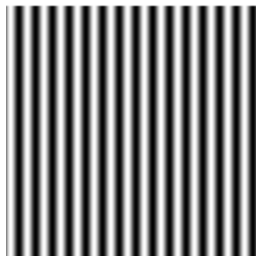
```
def add_random_disc(im):
    (width, height) = im.size
    r = random.randint(8, min(width, height) // 6)
    sx = random.randint(r+1, width-r-1)
    sy = random.randint(r+1, height-r-1)
    color = (random.randint(0, 255),
             random.randint(0, 255),
             random.randint(0, 255))
    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

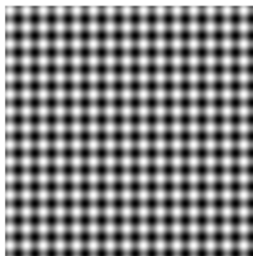


Geometrické obrazce

pruhy



mřížka



vlny



Základní princip

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

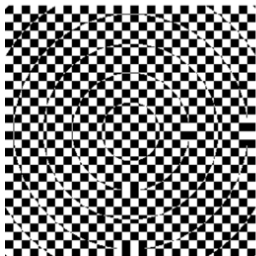
Základní princip

- 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

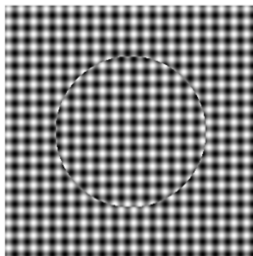
```
def strips(size=150, count=5):
    im = Image.new("RGB", (size, size))
    for x in range(size):
        for y in range(size):
            z = math.sin(count * 2*math.pi * x/size)
            shade = int(255 * (z+1)/2)
            im.putpixel((x,y), (shade, shade, shade))
    im.show()
```

Vzory II

šachovnice a kruhy



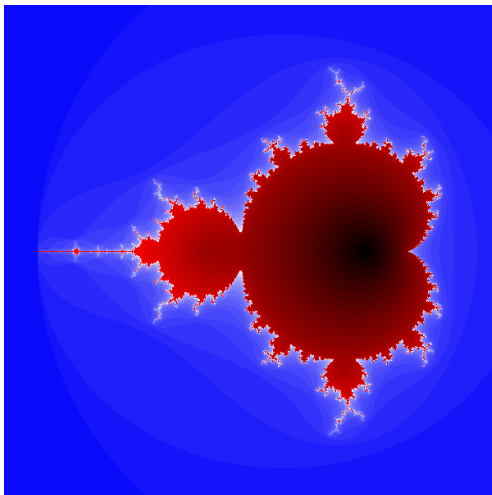
mřížka a kruh



vlny a čtverec



Mandelbrotova množina

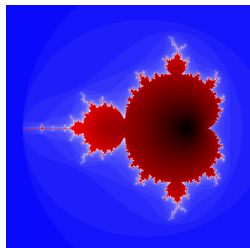


Mandelbrotova množina

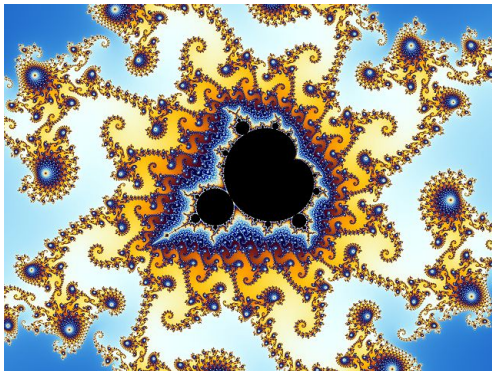
- $z_1 = 0$, $c = x + yi$ je konstanta (komplexní číslo)
- definujeme posloupnost

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

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



Mandelbrotova množina – detail



Zdroj: Wikipedia

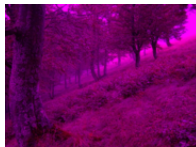
Video zoom: <http://www.youtube.com/watch?v=gEw8xpb1aRA>

Mandelbrotova množina – kód

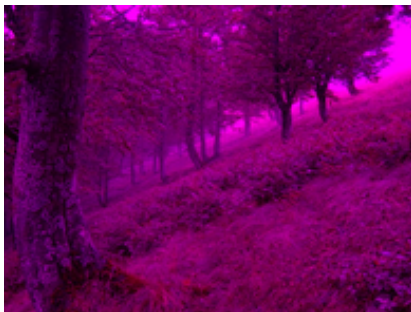
```
-
                                = (
                                255,
                                lambda
                                V, B, c
                                :c and Y(V*V+B,B, c
                                -1)if(abs(V)<6)else
                                2+c-4*abs(V)**-0.4)/i
                                (
                                ) ;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)
                                ) )
```

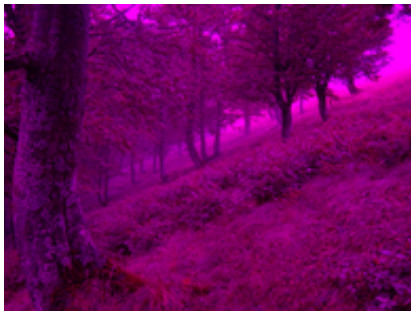
<http://preshing.com/20110926/high-resolution-mandelbrot-in-obfuscated-python/>

Úpravy obrázků



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



Zrcadlový obraz



pro každý pixel v levé polovině:

- zjistí jeho barvu (getpixel)
- uloží 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



Překlopení



prohazování symetrických bodů

V předchozím kódu (zrcadlový obraz) změňme 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



Rotace

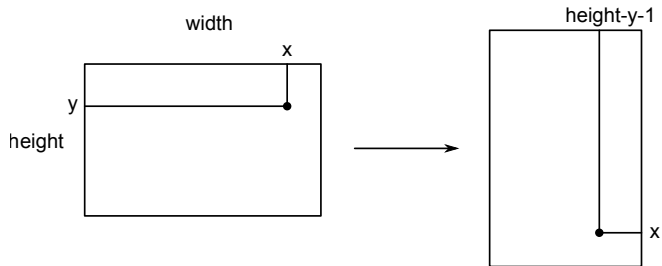


vytvoř nový obrázek a naplň jej pixely podle originálu – vhodně
pozměněné souřadnice

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



Rotace o zadaný úhel



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

```
def make_image1(a=150):  
    im = Image.new("RGB", (a, a), (255, 255, 255))  
    for x in range(a):  
        for y in range(a):  
            if y*10 > (x-a/2)**2:  
                im.putpixel((x, y), (0, 0, 0))  
    im.show()
```

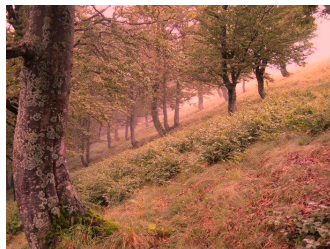
```
make_image1()
```

```
def make_image2(a=160):  
    im = Image.new("RGB", (a, a), (255, 255, 255))  
    for x in range(a):  
        for y in range(a):  
            if (x // 20 + y // 20) % 2 == 0:  
                im.putpixel((x, y), (0, 0, 0))  
    im.show()
```

```
make_image2()
```

```
def transform(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))  
            g, b = int(g*0.8), int(b*0.8)  
            r = min(int(r*1.4), 255)  
            im.putpixel((x, y), (r, g, b))  
    im.show()
```


Kahoot transformace

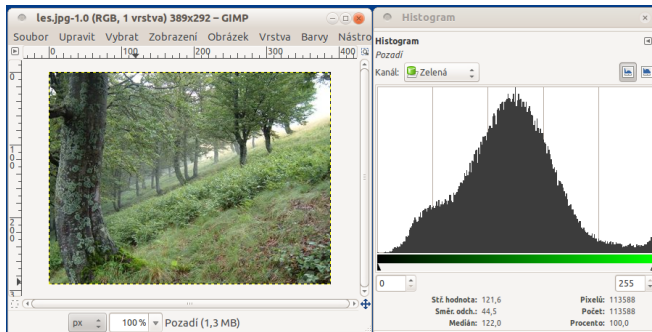


„Praktická“ aplikace - šifra



Histogram

variacie na téma „frekvenční analýza“



Histogram – textový výpis

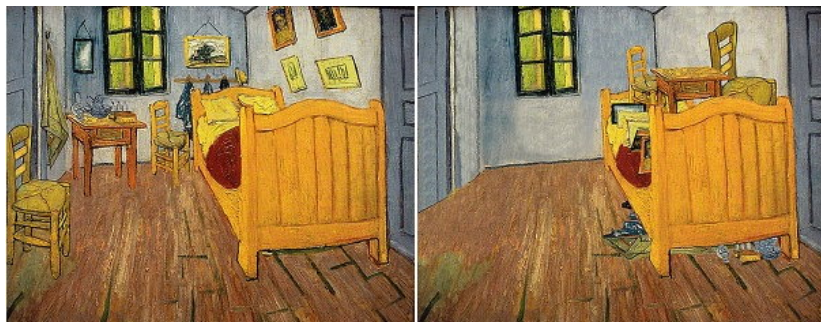
0 - 19:	0.3 %
20 - 39:	3.5 %
40 - 59:	6.3 %
60 - 79:	8.3 %
80 - 99:	12.7 %
100 - 119:	17.1 %
120 - 139:	18.5 %
140 - 159:	15.2 %
160 - 179:	9.0 %
180 - 199:	4.0 %
200 - 219:	1.8 %
220 - 239:	1.1 %
240 - 259:	2.2 %

(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

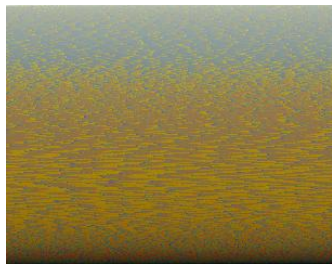


http://www.ted.com/talks/ursus_wehrli_tidies_up_art.html

Pořádek (nejen) v umění



Pořádek v umění – pixel po pixelu

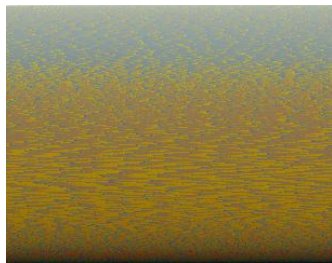
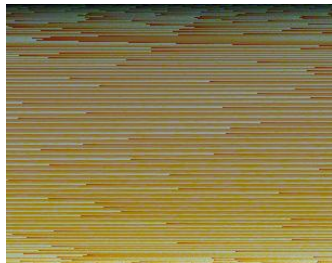


Řazení pixelů podle barvy

- 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



Řazení pixelů

- pixels 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]))
```

Zkuste další způsoby řazení:

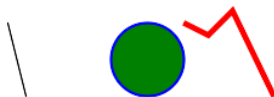
- po řádcích / sloupcích
- po „čtverečcích“
- podle jiného kritéria
- „gradient“ po uhlopříčce

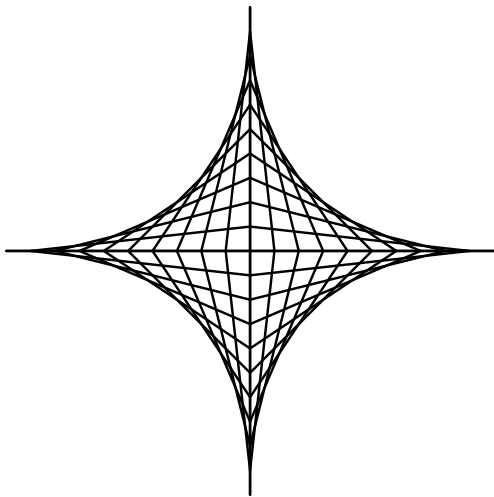
Scalable Vector Graphics (SVG)

- 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>
```



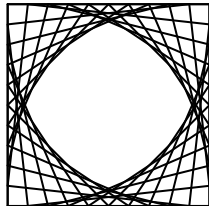
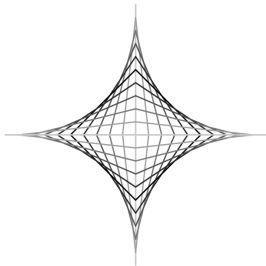
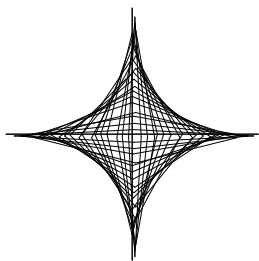



```
def star(n=10, length=100):
    svg_header()
    center_x = length * 1.5
    center_y = length * 1.5
    step = length / n
    for i in range(n + 1):
        svg_line(center_x + i*step, center_y,
                center_x, center_y + (n-i)*step)
        svg_line(center_x - i*step, center_y,
                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>")
    for x1, y1, x2, y2 in lines:
        f.write('<line x1="' + str(x1) + '" y1="' + str(y1)
            + '" x2="' + str(x2) + '" y2="' + str(y2) + '" ' + \
            'style="stroke:black;stroke-width:1" />')
    f.write("</svg>")
    f.close()
```


jde o názornou ukázkou 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 = []

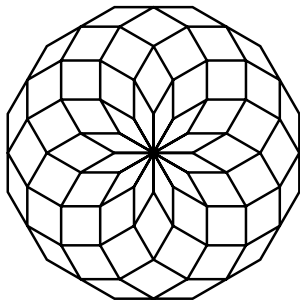
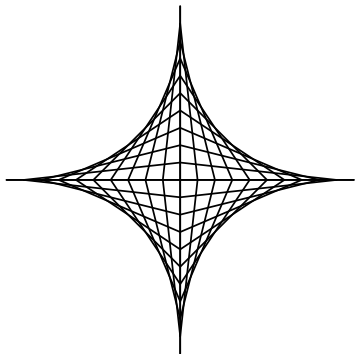
    def left(self, angle):
        self.heading -= angle

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

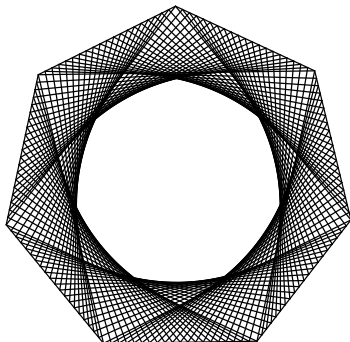
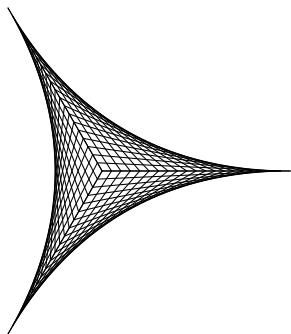
    def forward(self, d):
        nx = self.x + d * math.cos(self.heading * math.pi / 180)
        ny = self.y + d * math.sin(self.heading * math.pi / 180)
        self.lines.append((self.x, self.y, nx, ny))
        self.x, self.y = nx, ny
```

Absolutní vs relativní vykreslování

(souřadnice vs želva)



Jak vykreslíte tyto obrázky?



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