Generování základních objektů v rastru

2. cvičení předmětu IZG

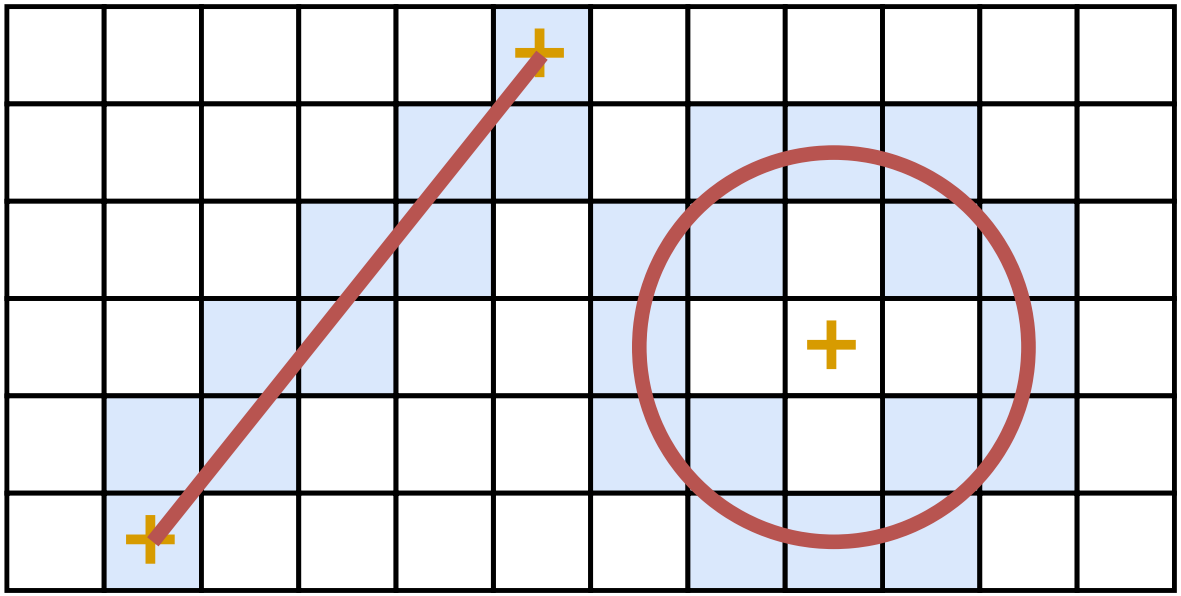
Tomáš Polášek

ipolasek@fit.vutbr.cz

4. března 2021

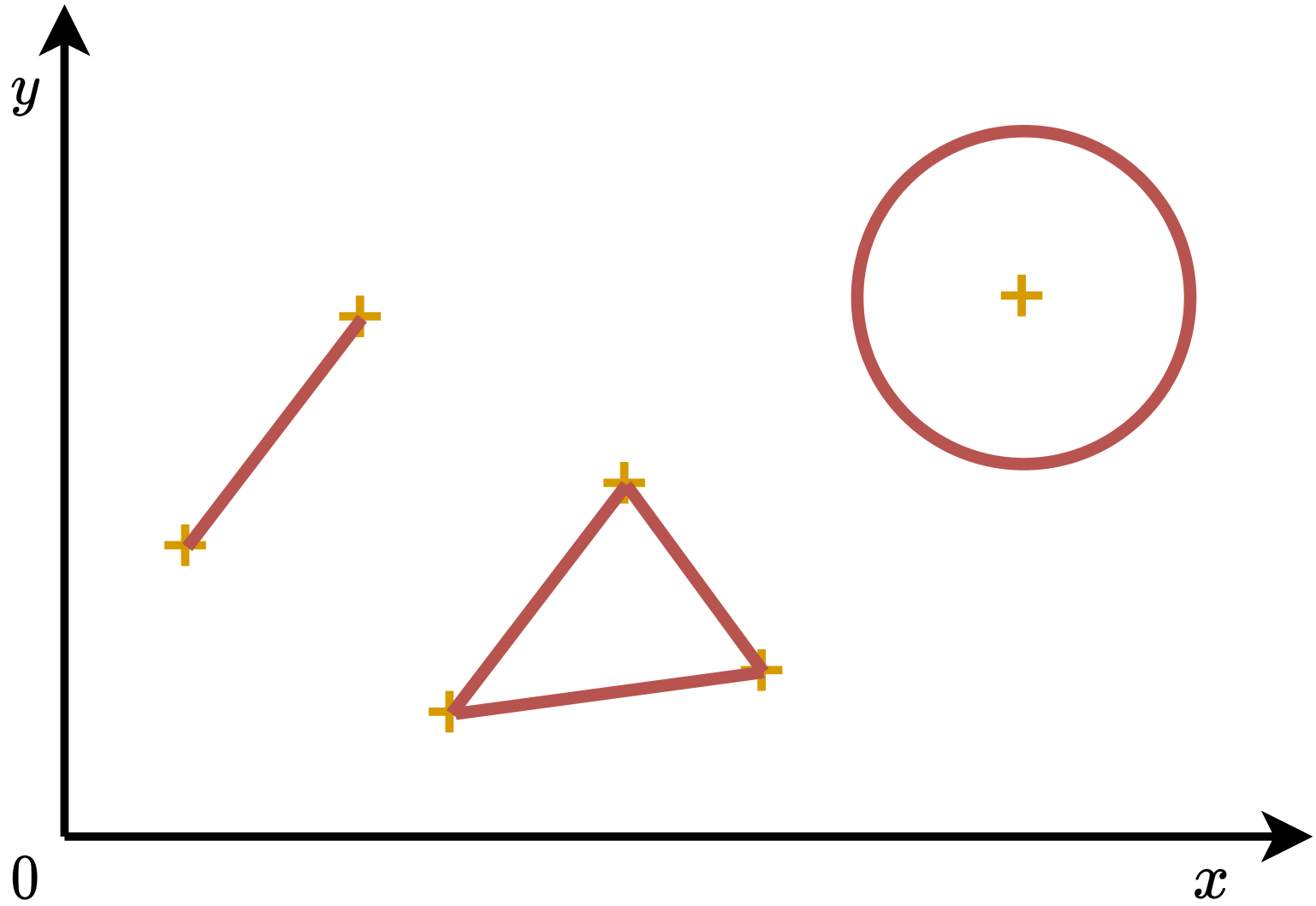
Osnova cvičení

1. Osnova cvičení
2. Přehled problematiky
3. Rasterizace úsečky:
   - Samostatná úloha (**2b**) *FX DDA*
4. Rasterizace kružnice:
   - Samostatná úloha (**1b**) *MidPoint*

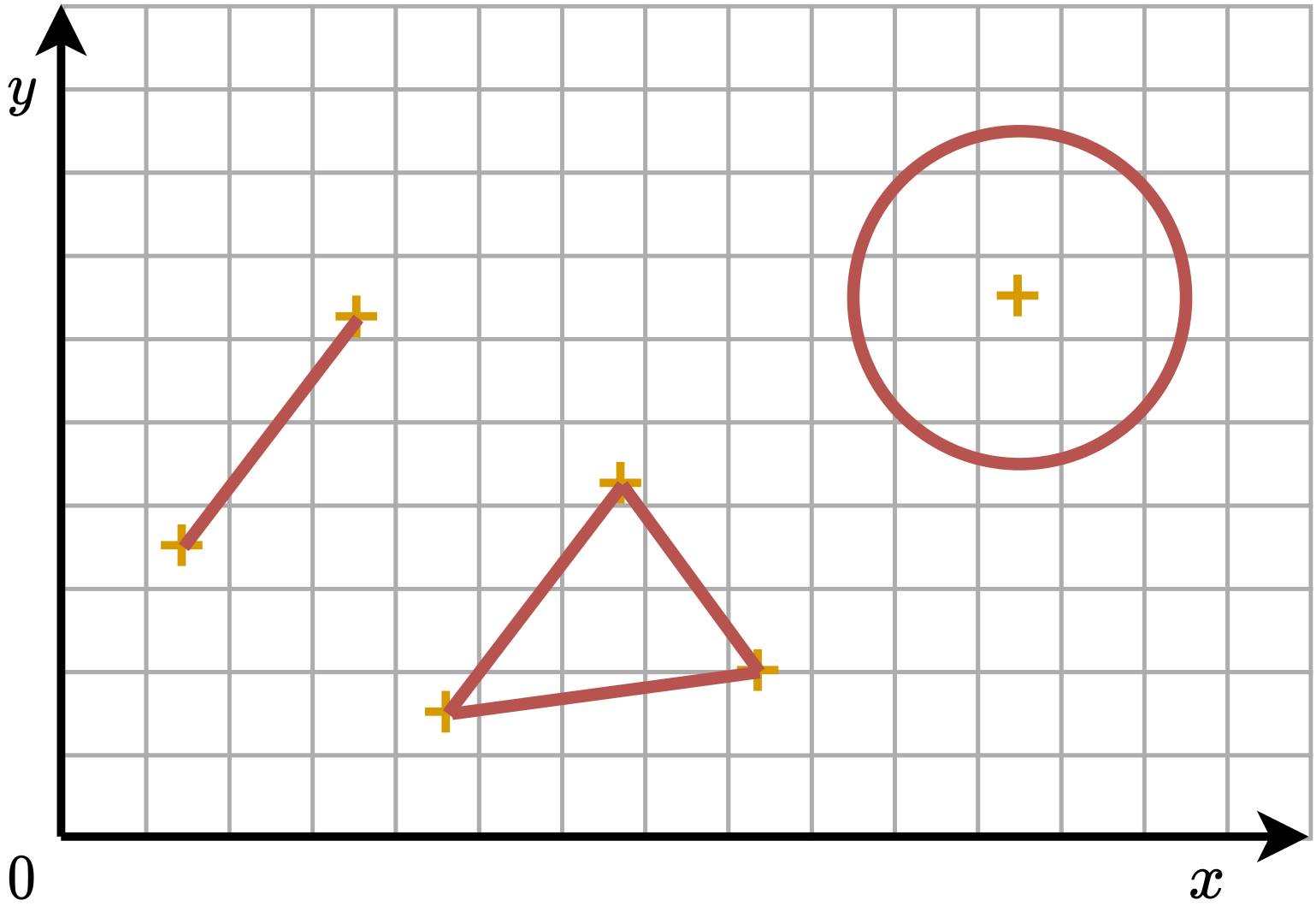


Co je rasterizace?

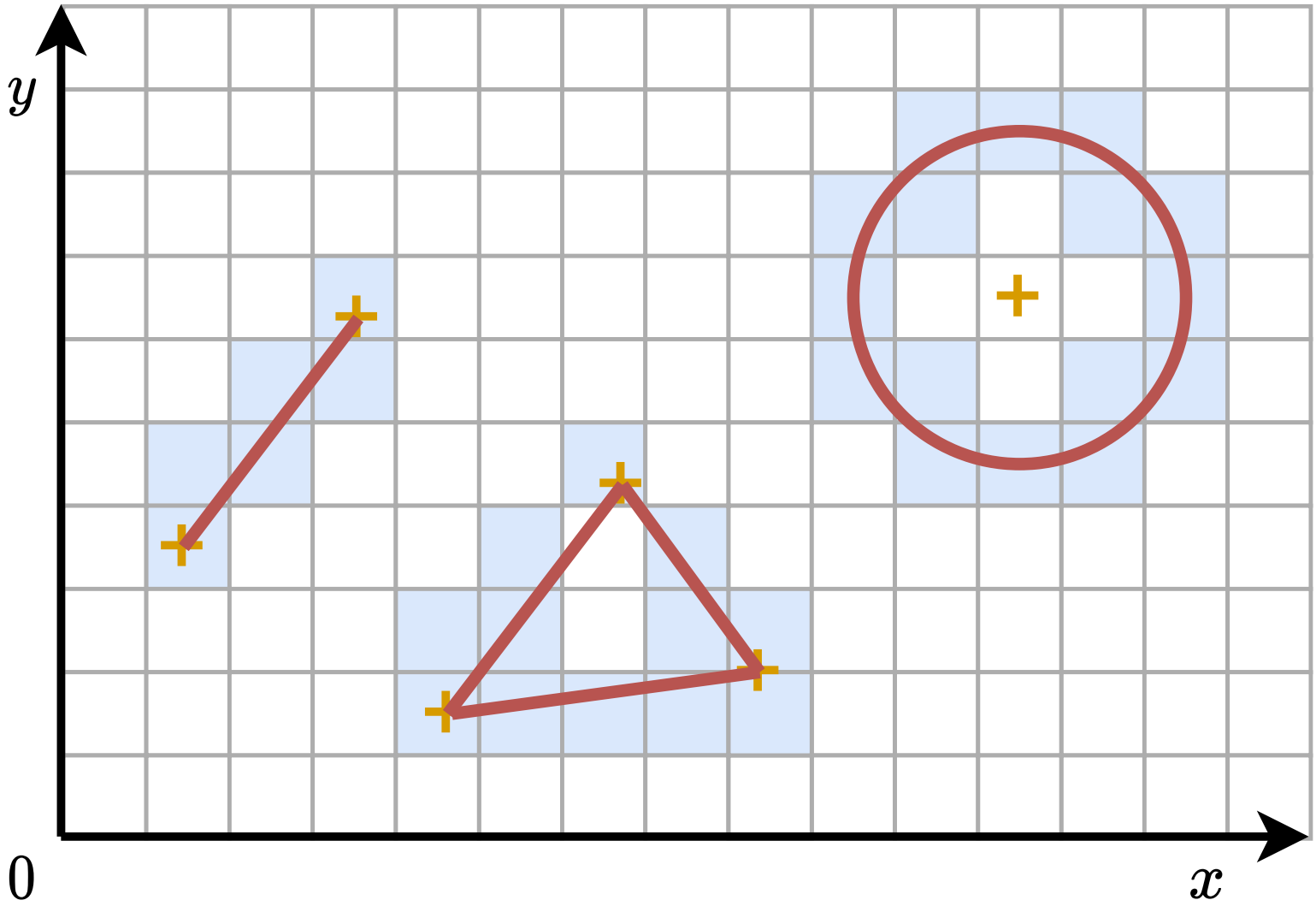
Co je rasterizace?



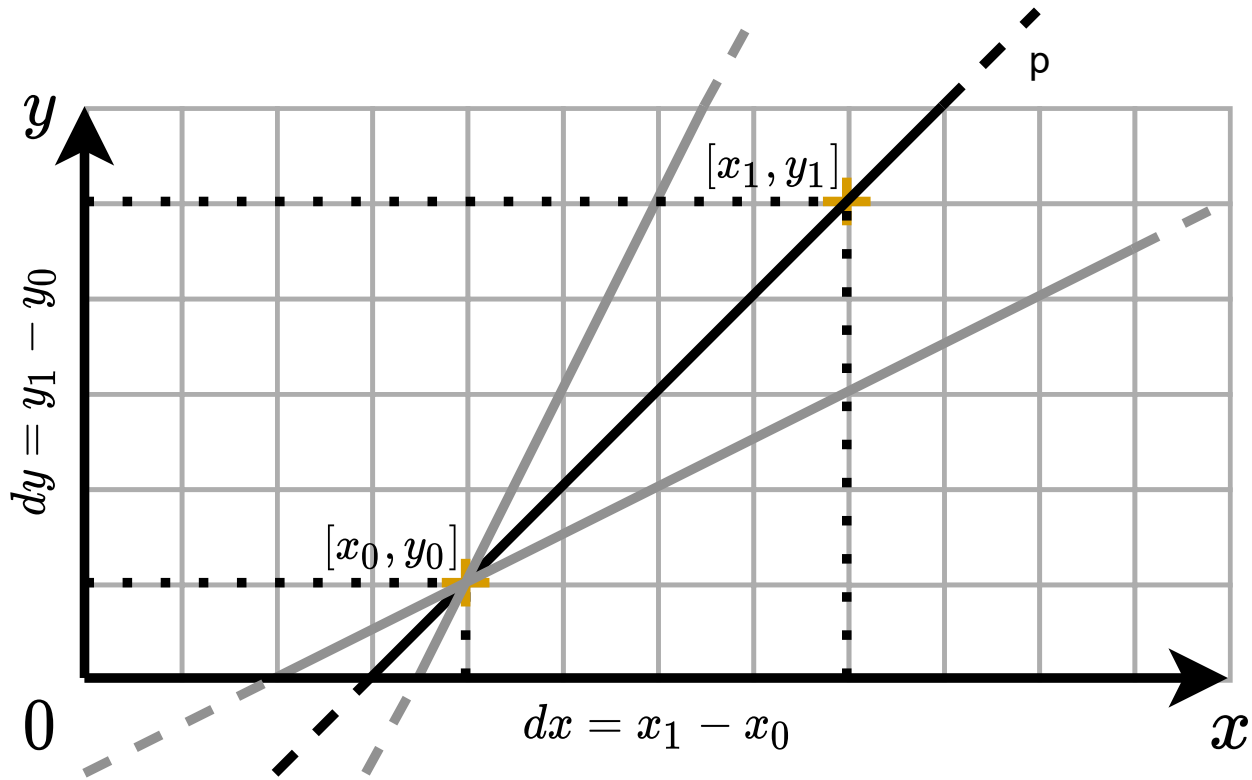
Co je rasterizace?



Co je rasterizace?



Popis přímky ve 2D



Směrnicový tvar **přímky**

- $y = kx + q$, kde $k = \frac{dy}{dx}$ je směrnice přímky
- „Iterace“ přes x
- Vektorový popis

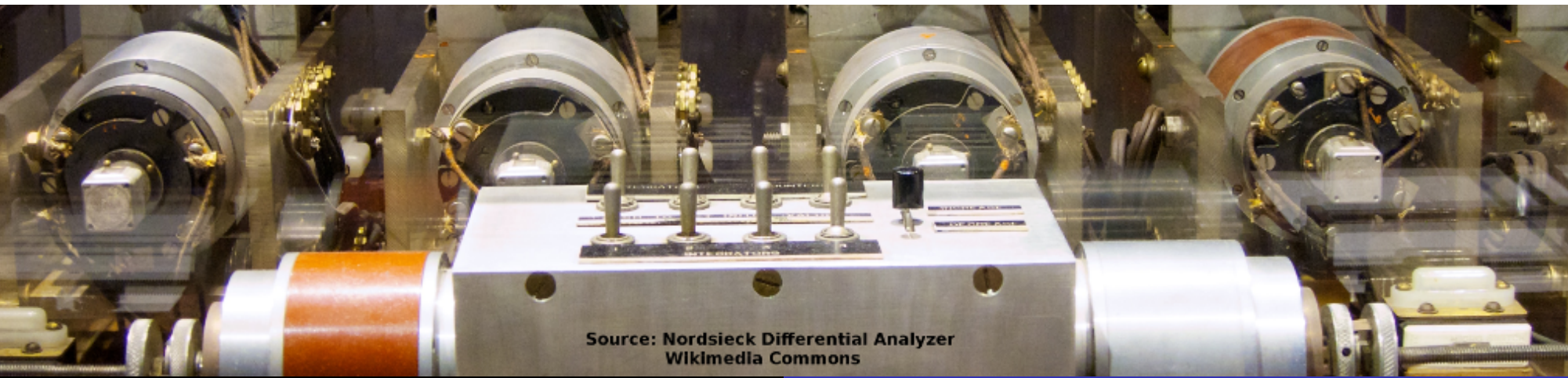
Algoritmy rasterizace úsečky

Cíle

- *Vektorový* $\Rightarrow$ *Rastrový*
- Efektivní & Jednoduchý

Algoritmy

1. Digital Differential Analyzer (DDA) + EC
2. Bresenhamův algoritmus
3. Fixed Point Digidal Differential Analyzer (FX DDA)



Digital Differential Analyser (DDA)

Vlastnosti

- Efektivní (**?**) & Jednoduchý
- Floating Point (FP) operace
- Alternativa s kontrolou chyby
  $(E \geq 0.5 \Rightarrow y = y + 1; E = E - 1)$

```
LineDDA(int x1 ,int y1 ,int x2 ,int y2) {
    const double k = (y2 - y1) / (x2 - x1);
    double y = y1;
    for (int x = x1; x <= x2; ++x)
    { putPixel(x, round(y)); y += k; }
}
```

Bresenhamův algoritmus

Vlastnosti

- Efektivní HW implementace, složitější na pochopení
- Celočíselné operace
- Prediktor

```
LineBresenham(int x1, int y1, int x2, int y2) {
    const int dx = x2 - x1 , dy = y2 - y1;
    const int P1 = 2 * dy, P2 = P1 - 2 * dx;
    int P = 2 * dy - dx, y = y1;
    for (int x = x1; x <= x2; ++x) {
        putPixel(x, y);
        if (P >= 0) { P += P2; ++y; }
        else        { P += P1; }
    }
}
```

Fixed Point Digital Differential Analyzer (FX DDA)

Vlastnosti

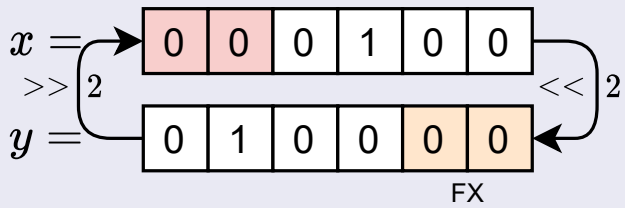
- Optimalizace DDA pro Fixed Point (FX)
- Efektivní implementace, jednoduchý

```
LineDDAFX(int x1, int y1, int x2, int y2) {
    int y = y1 << FX_BITS;
    const int k = ((y2-y1) << FX_BITS)/(x2-x1);
    for(int x = x1; x <= x2; ++x) {
        putPixel(x, y >> FX_BITS); y += k;
    }
}
```

Fixed Point Digital Differential Analyzer (FX DDA)

Vlastnosti

- Optimalizace DDA pro Fixed Point (FX)
- Efektivní implementace, jednoduchý
- Meta-parametr **FX_BITS = 8**



$$1.75_{10} \cdot 10^2 = 175.0 \Rightarrow 175 \; div \; 2 = 87 \Rightarrow 87.0 \cdot 10^{-2} = 0.87 \approx \frac{1.75}{2.0} = 0.875$$

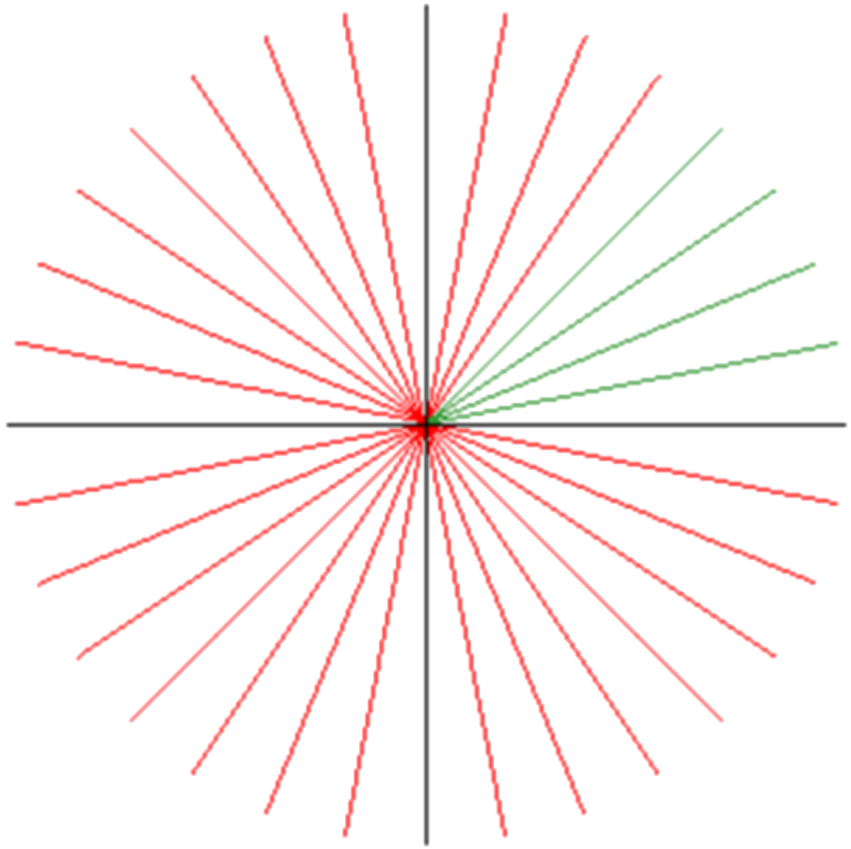
$$1.11_2 \cdot 2^2 = 111.0 \Rightarrow 111 \; div \; 10 = 11 \Rightarrow 11.0 \cdot 2^{-2} = 0.11 \approx \frac{1.11}{10.0} = 0.111$$

```
LineDDAFX(int x1, int y1, int x2, int y2) {
    int y = y1 << FX_BITS;
    const int k = ((y2-y1) << FX_BITS)/(x2-x1);
    for(int x = x1; x <= x2; ++x) {
        putPixel(x, y >> FX_BITS); y += k;
    }
}
```

Problémy algoritmu FX DDA

Omezený rozsah

- Jen pro první polovinu *I*. kvadrantu
- Obecné řešení $\Rightarrow$ bodovaná úloha (**2b**)



Problémy algoritmu FX DDA

#0 $\frac{1}{2}$ *I.* kvadrantu

- Předem připravené

#1 $[x1, y1] = [x2, y2]$

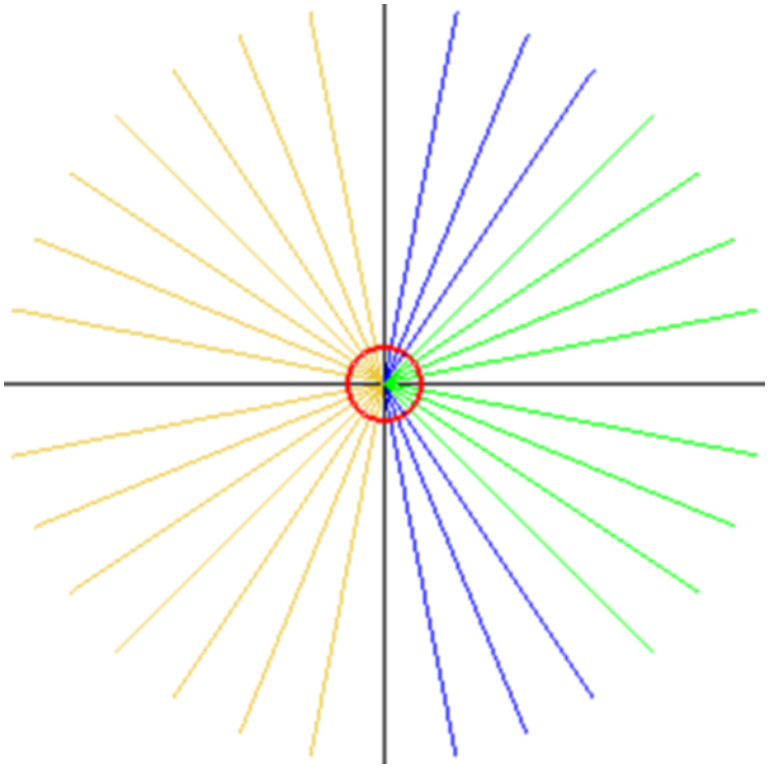
- Neplatná úsečka
- Pád aplikace!

#2 $|dy| > |dx|$

- Záměna $X \Leftrightarrow Y$ souřadnic
- Inverzní operace ($>>$) při zápisu do framebufferu!

#3 $x_1 > x_2$

- Výměna bodů $[x1, y1]$ a $[x2, y2]$



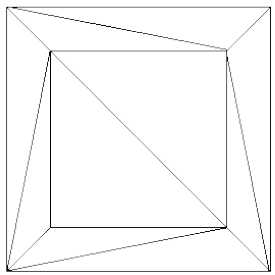
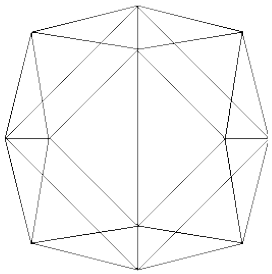
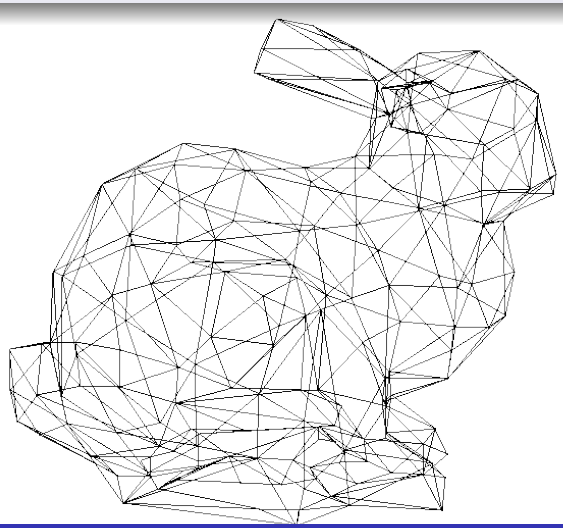
Úloha 1: Problémy algoritmu FX DDA **2b**

Doplnit a upravit funkci `drawLine()`

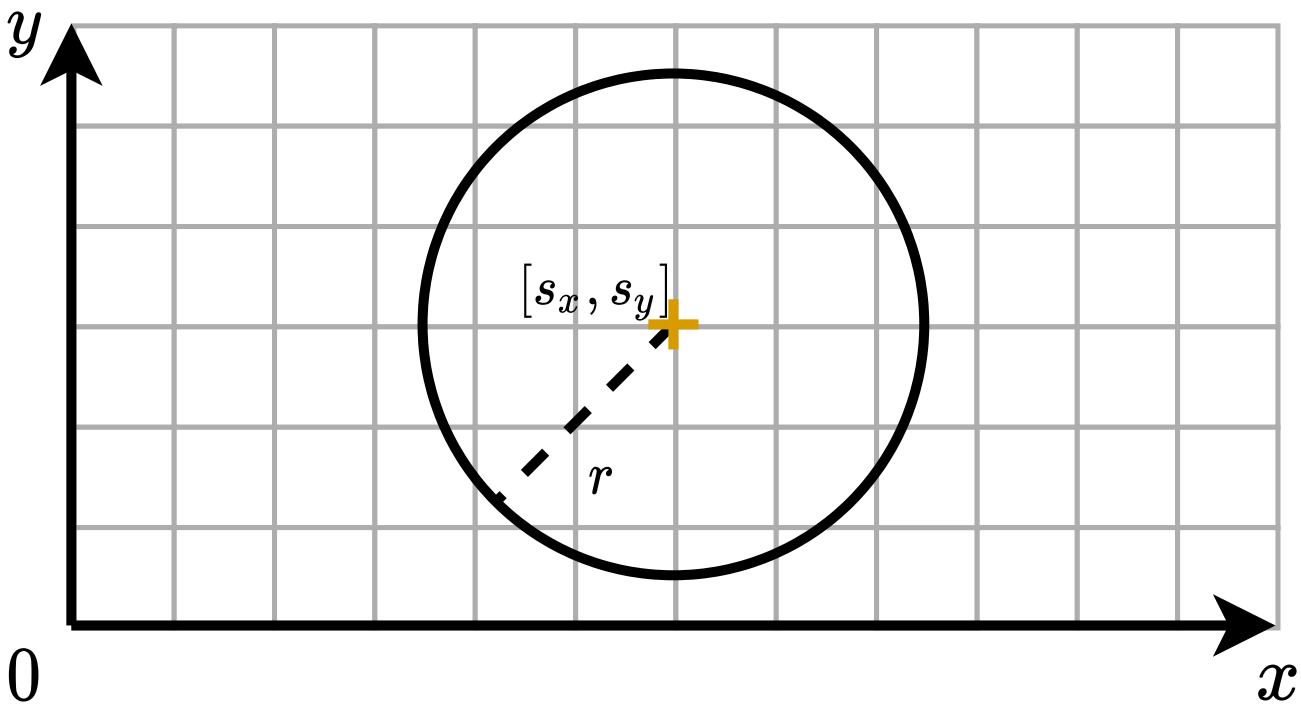
- V souboru **student.cpp**
- Vykreslení testovacího vzoru v celém kruhu

Tips & Tricks

- Pro testování kreslení levým tlačítkem myši + klávesa **T**
- Postupujte od bodu **#0** po **#3**
- Po dokončení vyzkoušejte klávesy **D**, **B**, **N**, **M** a pohyb s prostředním tlačítkem myši

Popis kružnice ve 2D



Středová rovnice **kružnice**

- $(x - s_x)^2 + (y - s_y)^2 = r^2$, pro střed $s = [s_x, s_y]$ a poloměr r

Algoritmy rasterizace kružnice

Cíle

- *Vektorový* $\Rightarrow$ *Rastrový*
- Efektivní & Jednoduchý
- Využití **8-symetrie**

Algoritmy

1. Vykreslení kružnice po bodech
2. Vykreslení křužnice jako N-úhelník
3. MidPoint algoritmus

```
void circleByPoints(int R) {
    const int R2 = R * R;
    int x = R;
    int y = 0;
    while (x >= y)
    {
        put8CirclePixels(x, y);
        --x;
        y = sqrt(R2 - x * x);
    }
}
```

```
void circleByPolygon(int R, int N) {
    const double cosa = cos(-PI/4 * 1/N);
    const double sina = sin(-PI/4 * 1/N);
    int x1 = R, y1 = 0, x2, y2;
    for (int i = 0; i < N; ++i) {
        x2 = x1 * cosa - y1 * sina;
        y2 = x1 * sina + y1 * cosa;
        put8CircleLines(x1, y1, x2, y2);
        x1 = x2; y1 = y2;
    }
}
```

Algoritmus MidPoint

Vlastnosti

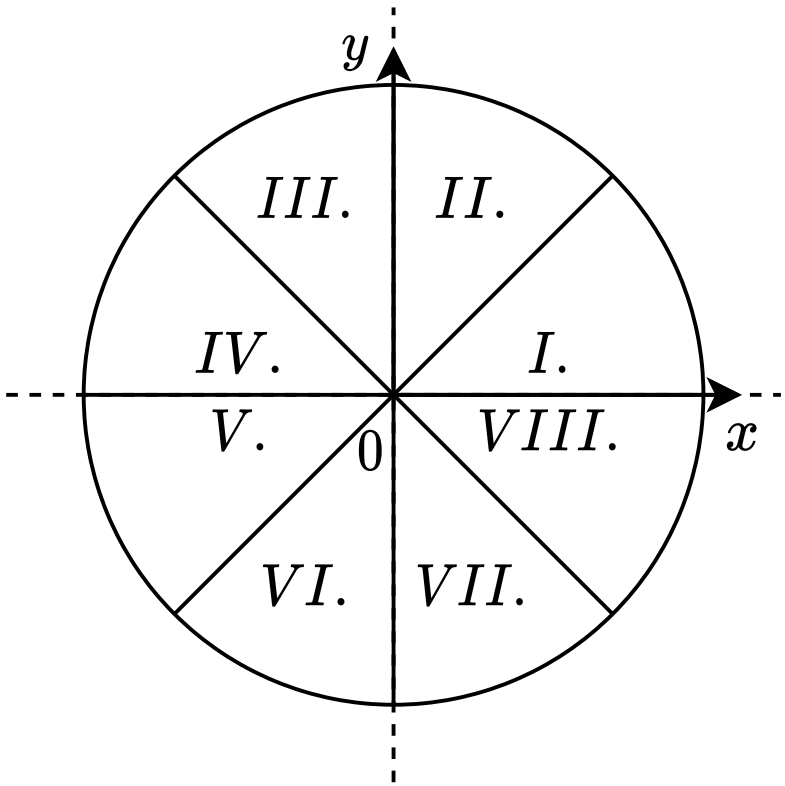
- Celočíselná aritmetika
- Efektivní implementace, jednoduchý
- Základní varianta pro $s = [0, 0]$ a polovinu *I.* kvadrantu

```
void circleMidPoint(int R) {
    int x = R, y = 0;
    int P = 1 - R, X2 = 2 - 2 * R, Y2 = 3;
    while (x >= y) {
        put8CirclePixels(x, y);
        if (P >= 0)
        { P += X2; X2 += 2; --x; }
        P += Y2; Y2 += 2; ++y;
    }
}
```

Problémy algoritmu MidPoint

Omezený rozsah

- Střed v počátku $s = [0, 0]$
- Jen pro první polovinu *I*. kvadrantu
- Obecné řešení $\Rightarrow$ bodovaná úloha (**1b**)



Problémy algoritmu MidPoint

#1 $[0, 0] \Rightarrow [s_x, s_y]$

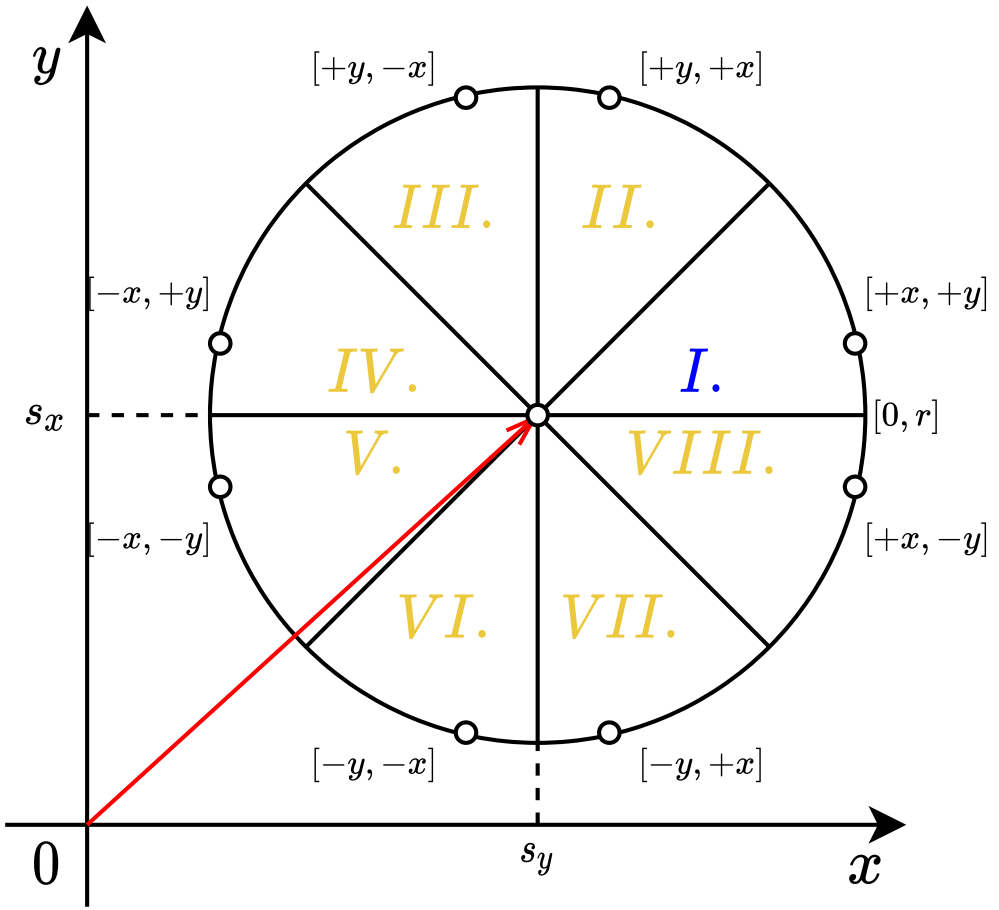
- Posun středu souřadné soustavy

#2 I. Oktant

- Vykreslení jednoho bodu

#3 II. – VIII. Oktant

- Duplikace bodu pro zbytek
- Prohození souřadnic



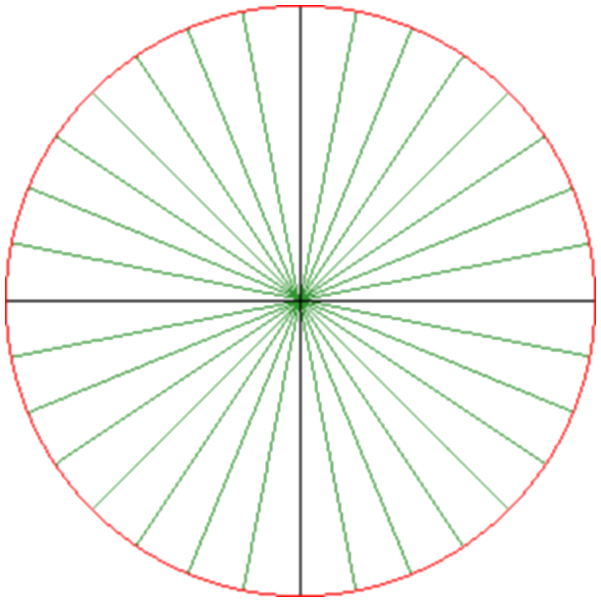
Úloha 2: Problémy algoritmu MidPoint **1b**

Doplnit a upravit funkci `put8PixelsOfCircle()`

- V souboru **student.cpp**
- Vykreslení celého kruhu v testovacím vzoru

Tips & Tricks

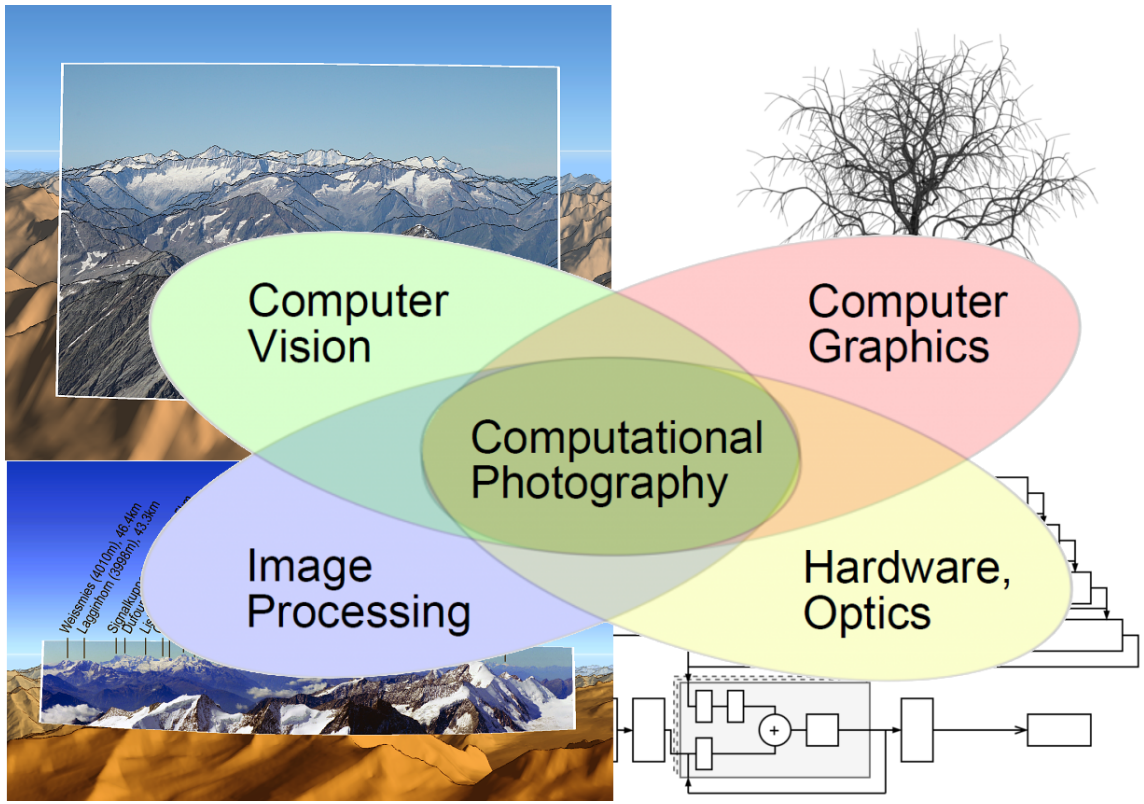
- Pro testování kreslení pravým tlačítkem myši + klávesa **T**
- Postupujte od bodu **#1** po #3



Generování základních objektů v rastru

2. cvičení předmětu IZG

Tomáš Polášek
ipolasek@fit.vutbr.cz



http://cphoto.fit.vutbr.cz/teaching/

Úlohy

Doplnit a upravit funkci `drawLine()`

- Vykreslení testovacího vzoru v celém kruhu

Doplnit a upravit funkci `put8PixelsOfCircle()`

- Vykreslení celého kruhu v testovacím vzoru

Odeslat zdrojové kódy

- Soubor **student.cpp** ⇒ **login.cpp**
- Odeslat na ipolasek@fit.vutbr.cz