

**Pokročilé programování
v jazyce C pro chemiky
(C3220)**

Knihovna Qt - část 1.

Implicitní parametry funkce

- Pro funkce (a metody), které přijímají parametry, můžeme definovat implicitní hodnoty parametrů
- Funkci potom můžeme volat, jako kdyby byla bez parametrů, přičemž parametrům je přiřazena zadaná výchozí hodnota

```
// Parametru funkce priradime implicitni hodnotu 10
void printValue(int val = 10)
{
    cout << "Hodnota: " << val << endl;
}

int main()
{
    int a = 3;
    // Pokud funkci zavolame bez parametru, pouzije se implicitni hodnota
    // v tomto pripade se tedy na obrazovku vypise hodnota 10
    printValue();

    // Pokud funkci parametr predame, pouzije se predana hodnota.
    // Nasledujici volani funkce zpusobi vypis hodnoty 7
    printValue(7);
    // Nasledujici volani funkce zpusobi vypis hodnoty v promenne a tj. 3
    printValue(a);
    return 0;
}
```

Implicitní parametry funkce

- Pokud má funkce více parametrů, můžeme definovat implicitní hodnoty jen pro některé parametry. Nejdříve uvádíme parametry bez implicitních hodnot a až potom parametry s implicitními hodnotami.
- Při volání funkce musíme povinně předat všechny parametry, které nemají specifikovány implicitní hodnoty. Parametry, které mají specifikovány implicitní hodnoty, předávat nemusíme (v takovém případě se pro chybějící parametry použijí jejich implicitní hodnoty).

```
// Některým parametrům funkce přiřadíme implicitní hodnoty
void printValue(int n1, int n2, int n3 = 5, int n4 = 10)
{
    cout << "Hodnoty: " << n1 << n2 << n3 << n4 << endl;
}

int main()
{
    int a = 3, b = 9, c = 1, d = 2;
    // Všechna následující volání jsou platná
    printValue(a, b);
    printValue(a, b, c);
    printValue(a, b, c, d);
    return 0;
}
```

Nepojmenované proměnné

- Někdy potřebujeme vytvořit dočasnou proměnnou pouze za účelem předání do volané funkce, v takovém případě ji můžeme definovat až v okamžiku předávání a nemusíme ji nijak pojmenovávat

```
// Tady bude definována trída Vector3D, viz. předchozí přednášky

void printVector(const Vector3D &v)
{
    cout << "Vektor: " << v.getX() << v.getY() << v.getZ() << endl;
}

int main()
{
    // Do funkce printVector() předáme nepojmenovanou proměnnou, která
    // bude vytvořena až v okamžiku volání funkce; hodnotu této
    // nepojmenované proměnné nastavíme předáním příslušných hodnot
    // do konstruktoru
    printVector(Vector3D(1.0, 2.0, 3.0));

    // Také můžeme udělat následující: dvě nepojmenované proměnné se
    // předají do operátoru + a ten vrátí hodnotu, která se
    // předá do printVector();
    printVector(Vector3D(4.0, 5.0, 4.0) + Vector3D(1.0, 2.0, 3.0));
    return 0;
}
```

Grafické objektové knihovny

- Pro tvorbu grafických aplikací v C++ se používají objektové knihovny, které obsahují třídy pro práci s okny, interaktivními prvky (tlačítka, seznamy, editační políčka, ...) a podpůrné třídy
- Nejznámější knihovny:
 - MFC** (Microsoft Foundation Classes) – knihovna od firmy Microsoft pro tvorbu programů pro MS Windows, např. MS Office
 - .NET Framework** – novější rozsáhlá knihovna od firmy Microsoft pro tvorbu grafických i negrafických programů
 - Qt** – grafická multiplatformní knihovna dostupná pod svobodnou licenci
 - GTK+** - open-source knihovna původně určená pro Unixové systémy, nyní dostupná i pro Windows
- Více informací: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_widget_toolkits

Knihovna Qt

- Vlastnosti knihovny Qt (vysl. „cute“):
 - Dostupná jako svobodný software pod (L)GPL licencí (nebo alternativně pod proprietární licencí)
 - Multiplatformní, podporuje operační systémy Unix/Linux, MS Windows, Mac OS X, Android, iOS, mikrokontroléry, ...
 - Kvalitní implementace tříd pro tvorbu grafických rozhraní
 - Obsahuje také třídy pro práci s databázemi, soubory v XML formátu, síťové aplikace, prohlížení webu, multimédia, atd.
- Nedávno vyšla verze Qt6, zatím nejpoužívanější je Qt5
- Více informací na <https://www.qt.io/> a https://wiki.qt.io/Qt_for_Beginners
- Kompletní dokumentace ke Qt knihovně: <https://doc.qt.io/qt-5/>
- Kniha o Qt: [C++ GUI Programming with Qt4](#)
 - PDF volně ke stažení pod Open Publication License na <https://www.topfreebooks.org/c-gui-programming-with-qt-4/>

Kompilace programu používajícího Qt

- Knihovna Qt vyžaduje složitější překlad, pro snadnější práci je s knihovnou dodáván program *qmake*, který slouží k automatickému generování souboru *Makefile*
- Na počítačích používajících systém modulů (např. v poč. učebně) je potřeba zpřístupnit Qt knihovnu příkazem: `module add qt`
- Každý program umístíme do samostatného adresáře, jehož jméno by mělo odpovídat jménu projektu
- V adresáři vytvoříme soubory **.cpp* se zdrojovým kódem programu
- V adresáři spustíme `qmake -project`, čímž vygenerujeme soubor projektu (má koncovku *.pro* a jméno je totožné s názvem adresáře)
- Potom vygenerujeme *Makefile* příkazem `qmake soubor.pro` kde *soubor.pro* je jméno souboru s projektem (vygenerovaný v předchozím kroku). Často stačí jen `qmake` (projekt najde sám).
- Kompilaci spouštíme příkazem `make` (bez parametrů)
- Při každé změně zdrojového kódu vždy spustíme kompilaci zavoláním příkazu *make* (tj. nemusíme již opakovat předcházející kroky s voláním *qmake*)

Program v Qt

- Pro použití knihovny Qt je třeba vložit příslušné hlavičkové soubory, pro každou třídu existuje samostatný hlavičkový soubor, jehož název odpovídá názvu třídy
- Každý program používající knihovnu Qt musí vytvořit objekt třídy `QApplication` a zavolat její metodu `exec()`
- Konstruktore třídy `QApplication` se předají parametry z příkazového řádku
- Metoda `exec()` obsahuje cyklus, který řídí celý program v závislosti na uživatelských vstupech (klávesnice, myš) a volá další objekty

```
#include <iostream>
#include <QApplication>
using namespace std;

int main(int argc, char *argv[])
{
    // Vytvorime objekt tridy QApplication a do konstrukturu predame
    // parametry prikazoveho radku
    QApplication app(argc, argv);
    // Zavolame metodu exec() ktera obsahuje cyklus udalosti, ktery
    // zpracovava vstup z klavesnice a mysi dokud neni program ukoncen
    return app.exec();
}
```


Vytvoření okna v Qt

- Pro vytvoření jednoduchého okna v Qt se používá třída `QWidget`
- Po vytvoření objektu třídy `QWidget` se pro zobrazení okna musí zavolat metoda `show()`
- Titulek v záhlaví okna můžeme nastavit metodou `setWindowTitle()`

```
#include <iostream>
#include <QApplication>
#include <QWidget>
using namespace std;

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication app(argc, argv);
    // Vytvorime objekt okna tj. objekt tridy QWidget
    QWidget window;
    // Nastavime titulek ktery se zobrazi v zahlaví okna
    window.setWindowTitle("Muj první program vytvoreny v Qt!");
    // Zavolame metodu show() ktera okno zobrazi
    window.show();
    return app.exec();
}
```

Grafický výstup v Qt

- Pro kreslení do okna vytvoříme třídu odvozenou z `QWidget` a tu použijeme pro vytvoření objektu okna
- Kreslení v okně se provádí definováním virtuální metody `paintEvent()`, která překrývá metodu `paintEvent()` definovanou v `QWidget` (tato metoda je **protected**)
- Metoda `paintEvent()` je zavolána vždy, když je potřeba okno překreslit

```
class GraphicWidget : public QWidget
{
    // Zde budou další metody a data dle potřeby
    protected:
        // V metodě paintEvent() budou uvedeny příkazy pro kreslení
        virtual void paintEvent(QPaintEvent* event);
};

int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication app(argc, argv);
    GraphicWidget graphicWidget;
    graphicWidget.setWindowTitle("Program s vlastním widgetem!");
    graphicWidget.show();
    return app.exec();
}
```

Třída QPainter

- Pro kreslení vytvoříme v metodě `paintEvent()` objekt typu `QPainter`, do konstruktoru předáme ukazatel na objekt volající metody, který získáme pomocí klíčového slova `this`
- Třída `QPainter` obsahuje metody pro kreslení, např.:
 - `void drawLine (int x1, int y1, int x2, int y2)`
 - `void drawRect (int x, int y, int width, int height)`
 - `void drawEllipse (int x, int y, int width, int height)`
- Počátek souřadnic je v levém horním rohu, souřadnice y nabývá kladných hodnot směrem dolů, souřadnice x směrem doprava

```
// Na začátku musíme vložit hlavičkový soubor QPainter
void QWidget::paintEvent(QPaintEvent* event)
{
    QPainter painter(this);
    // Kreslí čáru z bodu se souřadnicemi 30, 10 do bodu 270, 290
    painter.drawLine(30, 10, 270, 290);
    // Kreslí obdelník se souřadnicemi levého horního rohu 170 a 20,
    // šířkou 110 a výškou 80
    painter.drawRect(170, 20, 110, 80);
    // Kreslí elipsu se souřadnicemi "levého horního rohu" 20 a 190,
    // šířkou 120 a výškou 90
    painter.drawEllipse(20, 190, 120, 90);
}
```

Třídy pro nastavení parametrů kreslení

- Pro nastavení barev pro kreslení, tloušťky čáry, výplně, velikosti a typu fontu a pod. používáme pomocné třídy, které uchovávají příslušné hodnoty:
 - `QColor` – pomocná třída pro specifikaci barvy je využívána následujícími třídami
 - `QPen` – pro nastavení tloušťky, barvy a stylu čáry
 - `QBrush` – pro nastavení typu a barvy výplně
 - `QFont` – pro nastavení typu, velikosti a barvy písma
- Hodnoty často specifikujeme tak, že je předáme do konstruktoru; tyto třídy obsahují několik přetížených konstruktorů umožňující předat jen ty parametry, které chceme nastavit
- V objektu typu `QPainter` voláme metody `setPen()`, `setBrush()`, `setFont()`, kterým předáme proměnné těchto typů jako parametry
- V těchto případech často používáme nepojmenované dočasné proměnné

Třída QColor

- Třída QColor obsahuje celočíselné hodnoty 0 – 255 složek barvy (red, blue, green) a průhlednost (tzv. alfa kanál)
- Hodnoty složek barvy nejčastěji předáváme přímo do konstruktoru QColor (int r, int g, int b, int a = 255)
- V knihovně Qt je předdefinovaných několik barev: Qt::white, Qt::black, Qt::red, Qt::green, Qt::blue, Qt::cyan, Qt::magenta, Qt::yellow, Qt::gray atd. (viz. <https://doc.qt.io/qt-5/qt.html#GlobalColor-enum>)
- Objekty QColor se často využívají pro nastavení barvy v objektech QPen a QBrush

```
QColor color1(128, 210, 255);

QPen pen1(color1);
QPen pen2(Qt::red);
QPen pen3(QColor(90, 128, 128));

QBrush brush1(color1);
QBrush brush2(Qt::green);
QBrush brush3(QColor(90, 128, 128));
```

Třída QPen

- Třída QPen obsahuje parametry pro kreslení čar a obrysů
- Třída obsahuje informace o barvě, tloušťce čáry, stylu čáry (plná, čárkovaná a pod.) a některé další parametry
- Hodnoty se zpravidla předávají přímo do konstruktorů:

```
QPen ( const QColor & color )  
QPen ( const QBrush & brush, qreal width,  
      Qt::PenStyle style = Qt::SolidLine,  
      Qt::PenCapStyle cap = Qt::SquareCap,  
      Qt::PenJoinStyle join = Qt::BevelJoin )
```

- Více na: <https://doc.qt.io/qt-5/qpen.html>

```
// Vytvori pero cervene barvy, ostatni hodnoty budou implicitni  
QPen pen1(Qt::red);  
  
// Vytvori pero modre barvy s tloustkou cary 10 pixelu  
QPen pen2(QBrush(Qt::blue), 10);  
  
// Misto parametru QBrush muzeme predat primo hodnotu barvy  
QPen pen3(Qt::green, 10);  
  
// Vytvori cervene pero s tloustkou 5 kreslici carkovanou caru  
QPen pen4(Qt::red, 5, Qt::DashLine);
```

Třída QBrush

- Třída QBrush obsahuje parametry pro kreslení výplně objektů
- Třída obsahuje informace o barvě výplně a stylu výplně
- Hodnoty se zpravidla předávají přímo do konstruktoru:
 QBrush (const QColor & color,
 Qt::BrushStyle style = Qt::SolidPattern)
- Více na: <https://doc.qt.io/qt-5/qbrush.html>

```
// Vytvorime stetec pro vyplneni souvislou cernou barvou
QBrush brush1(Qt::red);

// Vytvorime stetec pro vyplneni barvou s prislusnymi hodnotami RGB
QBrush brush2(QColor(128, 100, 190));

// Vytvorime zeleny stetec s vyplnovym vzorem tvorenym
// diagonalnimi carami
QBrush brush3(Qt::green, Qt::BDiagPattern);
```

Třída QFont

- Třída QFont slouží pro specifikaci fontu
- Specifikovat lze název fontu, velikost fontu, tloušťku (tučnost) písma a použití kurzívy
- Hodnoty se zpravidla předávají do konstruktoru:

```
QFont ( const QString & family, int pointSize = -1,  
        int weight = -1, bool italic = false )
```

- Je-li hodnota pointSize záporná, použije se velikost fontu 12
- Parametr weight nabývá hodnot 0 – 99, lze použít předdefinované konstanty QFont::Normal, QFont::Bold a další
- Pro vypsání textu do okna se používá metoda:

```
void drawText ( int x, int y, const QString & text )
```

```
QPainter painter(this);  
// Vytvoríme font Arial s implicitní velikostí 12 bodu  
QFont font1("Arial");  
// Vytvoríme font Times New Roman s velikostí 18 bodu  
QFont font2("Times New Roman", 18);  
// Vytvoríme font Helvetica s velikostí 18 bodu, tučná kurzíva  
QFont font3("Helvetica", 18, QFont::Bold, true);  
painter.setFont(font3);  
painter.drawText(20, 330, "Toto je text");
```


Použití tříd QColor, QPen, QBrush a QFont

- Třídy QColor, QPen, QBrush a QFont používáme ve spojení s metodami třídy QPainter pro nastavení parametrů kreslení:
void setPen (const QPen & pen)
void setBrush (const QBrush & brush)
void setFont (const QFont & font)
- Třídy můžeme použít pro vytvoření objektové proměnné, nebo je používáme přímo, tj. jako nepojmenované proměnné

```
QPainter painter(this);
QPen pen1(Qt::blue, 4);
QBrush brush1(Qt::red);

painter.setPen(pen1);
painter.setBrush(brush1);
painter.drawRect(170, 20, 110, 80);

painter.setPen(QPen(QColor(255, 0, 0), 2));
painter.setBrush(QBrush(Qt::green));
painter.drawEllipse(20, 190, 120, 90);

// Misto QBrush muzeme pouzivat barvu QColor, protoze QBrush ma
// konstruktor ktery umi automaticky konvertovat QColor
painter.setBrush(Qt::blue);
painter.drawRect(20, 20, 110, 80);
```

Zpracování událostí od myši

- Události od myši jsou zpracovávány v cyklu událostí v metodě `QApplication::exec()`, která při výskytu události (kliknutí myši, pohyb myši) zavolá příslušné metody okna (tj. metody třídy `QWidget`), v němž se nachází kurzor myši
- Pro různé události myši se volají odlišné metody:

```
virtual void mousePressEvent ( QMouseEvent * event )
virtual void mouseReleaseEvent ( QMouseEvent * event )
virtual void mouseDoubleClickEvent ( QMouseEvent * event )
virtual void mouseMoveEvent ( QMouseEvent * event )
```
- Pro zpracování události od myši definujeme příslušnou virtuální metodu (např. `mousePressEvent()`), která překryje příslušnou metodu definovanou v `QWidget` (je **protected**)
- Informace o pozici kurzoru a stisknutém tlačítku získáme z parametru `event`, který je objektem třídy `QMouseEvent`
- Třída `QMouseEvent` obsahuje metody `x()` a `y()` poskytující souřadnice kurzoru myši a `button()` pro získání informace o stisknutém tlačítku (nabývá hodnot `Qt::LeftButton`, `Qt::MidButton`, `Qt::RightButton`)

Zpracování událostí od myši - příklad

```
// Vytvorime tridu GraphicWidget, kterou pouzijeme pro vytvoreni okna
class GraphicWidget : public QWidget
{
protected:
    virtual void paintEvent(QPaintEvent *event);
    virtual void mousePressEvent(QMouseEvent *event);
    // Zde mohou byt dalsi clen y tridy
};

// Metoda mousePressEvent() bude volana pokazde, kdyz stiskneme
// tlacitko mysi
void GraphicWidget::mousePressEvent(QMouseEvent *event)
{
    cout << "Stisknuto tlacitko mysi!" << endl;
    cout << " Souradnice mysi: ";
    cout << event->x() << ", " << event->y() << endl;
    cout << " Je stisknuto nasledujici tlacitko mysi: ";
    if (event->button() == Qt::LeftButton) cout << "leve";
    else if (event->button() == Qt::MidButton) cout << "prostredni";
    else if (event->button() == Qt::RightButton) cout << "prave";
    cout << endl;
}
```

Událost od myši a překreslení okna

- Na událost od myši program často potřebuje reagovat tak, že změní obsah vykreslovaný do okna
- Pokud chceme vynutit překreslení okna, zavoláme metodu `update()` třídy `QWidget`:
`void update ()`
- Po zavolání metody `update()` provede program překreslení, tedy zavolá metodu `paintEvent()` pro dané okno.

Událost od myši a překreslení okna - příklad

```
// Na začátku musíme vložit hlavičkový soubor QMouseEvent
class GraphicWidget : public QWidget
{
public:
    GraphicWidget();
protected:
    virtual void mousePressEvent(QMouseEvent *event);
    virtual void paintEvent(QPaintEvent *event);
private:
    // Nasledující proměnné slouží pro uložení souřadnic myši
    // které se jim přiřadí vždy při události stisknutí tlačítka
    // a pak se použijí pro vykreslení čtverce na dané pozici.
    int posX = 0, posY = 0;
};

void GraphicWidget::mousePressEvent(QMouseEvent *event)
{
    posX = event->x(); posY = event->y();
    update(); // Vyvoláme požadavek na překreslení okna
}

void GraphicWidget::paintEvent(QPaintEvent *event)
{
    QPainter painter(this);
    painter.drawRect(posX - 5, posY - 5, 10, 10);
}
```

Použití třídy Application s Qt

- Pokud v programu používáme třídu Application, je vhodné ji odvodit z QApplication
- Konstruktor třídy Application musí přijímat argumenty z příkazového řádku a předat je konstruktoru QApplication
- Argument `argc` je třeba **vždy předávat referencí**, jinak program havaruje
- Destruktor deklaruujeme jako virtuální (**destruktor by měl být vždy virtuální** pokud třída nebo její základní třída obsahuje virtuální metody, což je i případ třídy QApplication)

```
#include <QApplication>
#include <QWidget>
using namespace std;
// Na zacatku bude definovana trida MyWindow odvozena z QWidget

class Application : public QApplication
{
public:
    Application(int &argc, char *argv[]);
    // Nepotrebujeme-li na konci programu delat nejaky uklid,
    // muzeme destruktora vynechat.
    virtual ~Application();
    int run();
private:
    MyWindow window;
};
// Pokracovani na nasledujici strance
```

Použití třídy Application s Qt - pokračování

```
// Pokracovani z predchozi stranky
Application::Application(int &argc, char *argv[]) : QApplication(argc, argv)
{
}

Application::~Application()
{
    // Tady by mohl byt libovolny uklid globalnich dat aplikace
}

int Application::run()
{
    window.setWindowTitle("Muj program vytvoreny v Qt!");
    window.show();
    return QApplication::exec();
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    Application app(argc, argv);
    return app.run();
}
```

Pomocné třídy v Qt

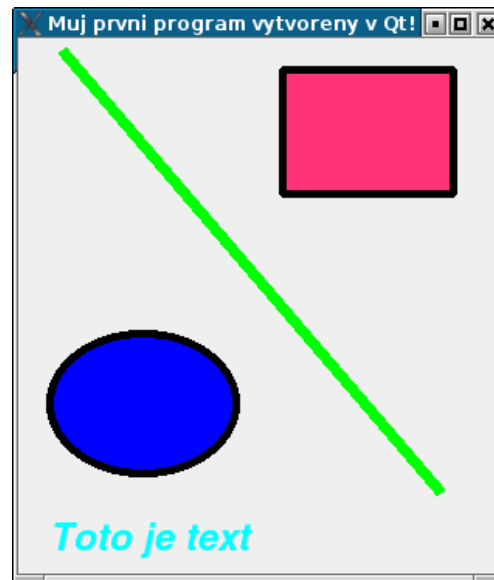
- Knihovna Qt hojně používá následující pomocné třídy
 - `QPoint` pro bod se souřadnicemi x a y
 - `QRect` pro obdélníkový region
 - `QString` jako bohatší alternativa ke třídě `string`
 - `QFile` pro práci se soubory (obohacená alternativa k `iostream`)
- Ke třídám `QPoint` a `QRect` existují dvě podobné alternativy `QPointF` a `QRectF` které pracují s hodnotami typu **float** namísto **int**
- Dokumentace k jednotlivým třídám:
<https://doc.qt.io/qt-5/classes.html>

Dodržujte následující pravidla

- Pracujete-li v počítačové učebně, nezapomeňte aktivovat modul s knihovnou Qt: `module add qt`
- Zdrojové soubory umístěte do samostatného adresáře. Pak vygenerujte soubor projektu a potom *Makefile*.
- Poté co vygenerujete soubor projektu **.pro* (příkazem `qmake -project`) nezapomeňte na začátek tohoto souboru přidat řádek `QT += widgets`. Pro snazší ladění přidejte i řádek `CONFIG += debug`. Teprve potom vygenerujte soubor *Makefile* příkazem `qmake`
- Při použití kterékoli třídy z Qt knihovny nezapomeňte vložit příslušný hlavičkový soubor (má stejný název jako třída).
- Dokumentaci k jednotlivým třídám najdete zde: <https://doc.qt.io/qt-5/classes.html>
- Seznam barev předdefinovaných v Qt knihovně lze najít zde: <https://doc.qt.io/qt-5/qt.html#GlobalColor-enum>
- Ke každé úloze **odevzdejte** `.cpp` a `.pro` soubor (ne generovaný *Makefile*).

Cvičení - část 1

1. Vytvořte program využívající knihovnu Qt, který **nakreslí do okna elipsu, obdélník a čáru** zhruba tak, jak je uvedeno na obrázku. Obdélník bude vyplněný barvou s RGB hodnotami 255, 50, 120 a elipsa modrou barvou (Qt::blue). Tloušťka čar bude 7. **Do spodní části okna se vypíše libovolný text** (fontem Helvetica, velikost 18, tučné písmo, barva Qt::cyan). **3 body**
2. Do programu přidejte **obsahu stisknutí tlačítka myši** tak, že po stisknutí se **vypíše na terminál pozice kurzoru myši** a informace o tom, **které tlačítko bylo stisknuto**. Dále se po stisknutí tlačítka **nakreslí v okně malý červený čtvereček** na místě, kde bylo tlačítko stisknuto. **2 body**



Cvičení - část 2

3. Vytvořte program vycházející z úlohy 2 ze cvičení 7 (načítání grafických objektů ze souboru `shapes2.dat` a jejich ukládání do jednoho společného vektoru). Program upravte tak, aby místo knihovny `g2` využíval `Qt`.
- Odstraňte `#include g2.h` a `g2_X11.h`
 - Všechny metody `draw()` změňte tak, aby místo čísla zařízení přijímaly referenci na `QPainter`.
 - Třídou `Drawing` odvodte od `QWidget` a použijte ji k reprezentaci hlavního okna aplikace. Metodu `Drawing::draw()` přetvořte ve virtuální metodu `Drawing::paintEvent()` a v ní volejte `draw()` pro všechny obrazce ve vektoru.
 - Deklarujte třídu `Application` odvozenou od `QApplication`. V `Application::run()` zavolejte `Drawing::readFile()`, vytvořte okno a předejte kontrolu `QApplication::exec()`.
 - V `readFile()` budete muset psát `std::move()` místo holého `move()`.
 - Všechna čísla barev z `g2` nahradte `Qt` konstantami (`Qt::black` aj.). Hodnoty typu `int` můžete následně používat takto: `setBrush(Qt::GlobalColor(fillColor))`.
 - Pro zjednodušení programu můžete odmazat nepotřebné metody (`printValues()`, `printClass()`, `test()`, atd.)
 - Po načtení rozměrů okna je předejte metodě `setMinimumSize()` objektu `Drawing`.
 - Nezapomeňte upravit souřadnice předávané `drawRect/drawEllipse` vzhledem k odlišnému významu argumentů v `g2` a `Qt` (souřadnice rohu vs středu, šířka a výška vs poloměr). Odlišnou orientaci os (vertikální převrácení obrazu) ignorujte.
- nepovinná, 4 body
4. Předchozí program modifikujte tak, aby se místo `int` pro uložení barev používal typ `QColor` (tzn. `getColorNumberFromString` bude vracet `QColor`, všechny ostatní metody budou přijímat a vracet konstantní reference).
- nepovinná, 2 body