

Knihovny pro tvorbu GUI

Ing. Petr Veigend
Ing. Filip Vaverka

Brno University of Technology, Faculty of Information Technology
Božetěchova 1/2, 612 66 Brno - Královo Pole

(iveigend,ivaverka)@fit.vut.cz



- Z pohledu uživatele
 - Rychlá odezva
 - Příjemný a uniformní vzhled, dobrá integrace s OS
- Z pohledu vývojáře
 - Snadná a rychlá implementace, možnost prototypování
 - Oddělení logiky aplikace od definice jejího vzhledu
- Z pohledu systému
 - Nízká náročnost na výkon HW (především v nečinnosti)
 - Efektivní využití HW prostředků daného systému (např. vykreslování pomocí GPU)

- Obvykle založena na nekonečné smyčce událostí tzv. „event-loop“
 - Běží po celou dobu běhu aplikace
 - Periodicky se dotazuje operačního systému na přichozí události, na které reaguje
 - Nebo **čeká na příchod další události** (pomocí systémového volání)

```
while forever do
  události ←
    ZískatUdálosti()
  for U ∈ události do
    | ZpracujUdálost(U)
  end
  Čekat(0.1s)
end
```

```
while forever do
  události ←
    ČekatNaUdálosti()
  for U ∈ události do
    | ZpracujUdálost(U)
  end
end
```

- Obvykle založena na nekonečné smyčce událostí tzv. „event-loop“
 - Běží po celou dobu běhu aplikace
 - Periodicky se dotazuje operačního systému na přichozí události, na které reaguje
 - Nebo **čeká na příchod další události** (pomocí systémového volání)

```
while forever do
  události ←
  ZískatUdálosti()
  for U ∈ události do
    | ZpracujUdálost(U)
  end
  Čekat(0.1s)
end
```

```
while forever do
  události ←
  ČekatNaUdálosti()
  for U ∈ události do
    | ZpracujUdálost(U)
  end
end
```

- Po dobu zpracování událostí (v obou případech) program nereaguje!

- Aplikace nemusí testovat, zda vznikly nové události (případně stav vstupních zařízení)
- Události vznikají jednak na straně operačního systému
 - Uživatelský vstup, požadavky na vykreslení okna atd.
- Mohou také vznikat uvnitř aplikace samotné
 - Akce se zpožděním (časovače), komunikace mezi prvky uživatelského rozhraní apod.
- Usnadňuje komunikaci mezi paralelně běžícími částmi aplikace

- Multiplatformní
 - [Qt](#) (C++), [GTK](#) (C), SWING (Java)
- Microsoft Windows
 - WinForms, WPF (.NET), UWP

- Kompletní vývojová platforma pro desktop, mobilní a vestavěné aplikace
 - Vývojové prostředí (QtCreator), meta systém pro překlad a sestavení (QMake), sada knihoven
- Multiplatformní
 - Linux, Windows, Android, iOS, . . .
- Rozsáhlá sada knihoven/modulů pro usnadnění různých oblastí vývoje aplikací
 - Qt Core, Qt Widgets, Qt GUI, Qt Multimedia, Qt Network, Qt QML, Qt Quick, Qt SQL, Qt Test,
- Rozšíření jazyka C++ o systém událostí
 - Zajištěno kombinací generování kódu při překladu (QMake/MOC – *Meta-Object Compiler*) a knihoven

- Základní modul Qt obsahující hlavní rozšíření C++
- Meta-objektový systém
 - Umožňuje komunikaci mezi objekty pomocí **signálů a slotů** (viz dále)
 - Oproti C++ udržuje meta informace o objektu a jeho vlastnostech („property“)
 - Hierarchie objektů umožňuje automatické uvolňování objektů
 - Pomocí `QObject`, `Q_OBJECT`, `MOC`
- Vytvoření vlastního Qt objektu

```
#include <QObject>
class MyObject : public QObject
{
    Q_OBJECT // makro, zpracuje se pomocí MOC
public:
    MyObject(QObject *parent = nullptr)
        : QObject(parent) { /* ... */ }
    // ...
};
```

- Vlastnosti („property“) objektu – proměnné, které objekt vystavuje vnějšímu světu
 - `Q_PROPERTY(<typ> <jméno> [READ <get-metoda>] [WRITE <set-metoda>] [NOTIFY <signál>])`
 - Zapouzdřuje koncept metod pro nastavení/získání hodnoty z objektu („getter-setter“)
 - Umožňuje propojení se systémem událostí (signálů a slotů)
 - **Nezbytné pro využití systému Qt Quick**
- `Q_PROPERTY(int x READ getX WRITE setX NOTIFY xChanged)`
 - Definuje vlastnost objektu s názvem „x“ typu „int“
 - Hodnota je získána pomocí metody „getX“ a změněna „setX“ (metody je nutné implementovat)
 - Okolí je o změně její hodnoty informováno signálem „xChanged“
- `Q_PROPERTY(int x MEMBER m_x)`
 - Zpřístupňuje členskou proměnnou „int m_x;“

```
#include <QObject>
class MyObject : public QObject
{
    Q_OBJECT

    Q_PROPERTY(QString x READ getX WRITE setX
                NOTIFY xChanged)
public:
    MyObject(QObject *parent = nullptr)
        : QObject(parent) { /* ... */ }

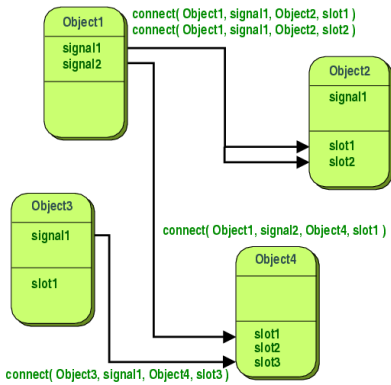
    QString getX(); // obdobné std::string
    void setX(const QString &x);

signals:
    void xChanged();
};
```

- Systém událostí – signály a sloty
 - Umožňuje komunikaci mezi jinak nezávislými objekty
 - Implementace návrhového vzoru pozorovatele „Observer“
 - Může (vlákna), ale obvykle nevyužívá frontu událostí

```
class Obj1 : public QObject
{ // ...
signals:
    void signal1();
};

class Obj2 : public QObject
{ // ...
signals:
    void signal1();
public slots:
    void slot1() { /* ... */ }
    void slot2() { /* ... */ }
};
```



Obrázek: Signály a sloty v Qt

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);

    Obj1 obj1;
    Obj2 obj2;

    connect(&obj1, SIGNAL(signal1()),
            &obj2, SLOT(slot1()));
    connect(&obj1, SIGNAL(signal1()),
            &obj2, SLOT(slot2()));

    MainWindow w;
    w.show();

    return a.exec(); // Event-loop
}
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    QApplication a(argc, argv);

    Obj1 obj1;
    Obj2 obj2;

    connect(
        obj1, &Sender::valueChanged,
        obj2, &Receiver::updateValue
    );

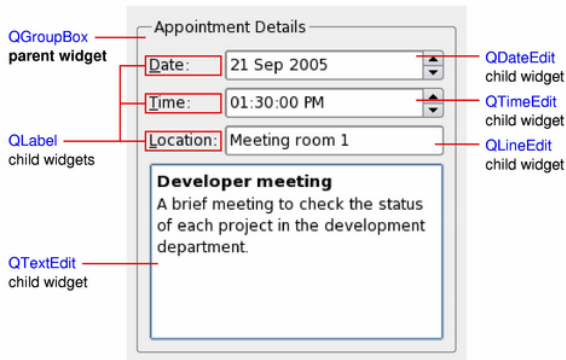
    MainWindow w;
    w.show();

    return a.exec(); // Event-loop
}
```

- tzv. funktorový zápis
- kontrola při překladu (starší zápis se kontroloval za běhu)
- podporuje implicitní přetypování
- nepodporuje převod funkcí z C++ do QML

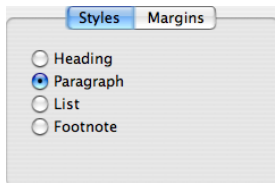
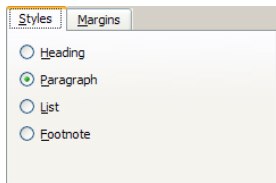
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní

- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- **QWidget** – základní třída pro prvky grafického rozhraní

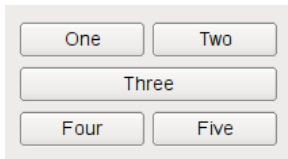


Obrázek: Základní prvky UI

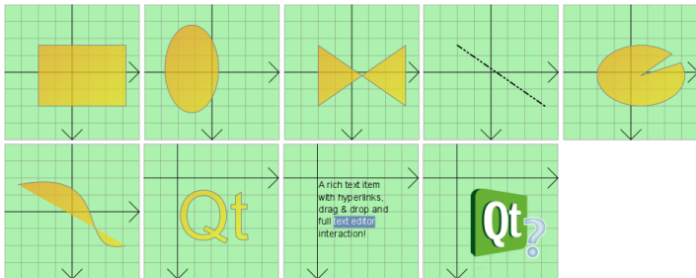
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- **QWidget** – základní třída pro prvky grafického rozhraní
- **QStyle** – zajišťuje vykreslování prvků rozhraní



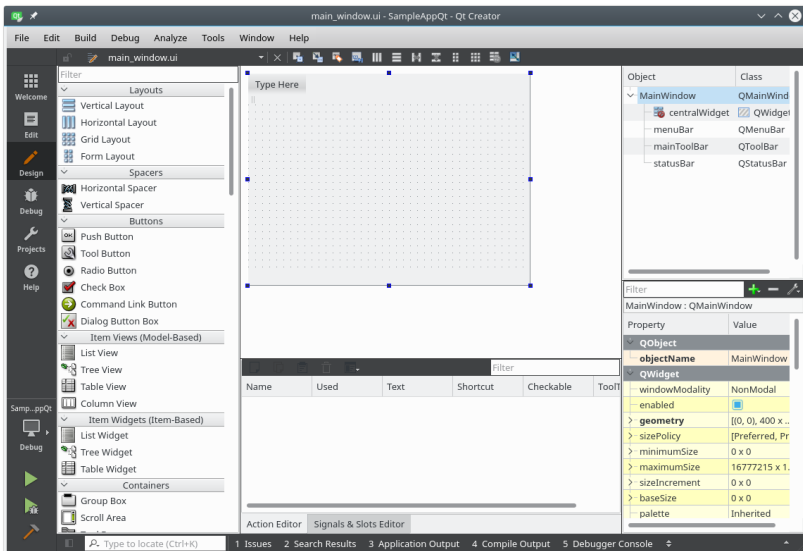
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- `QWidget` – základní třída pro prvky grafického rozhraní
- `QStyle` – zajišťuje vykreslování prvků rozhraní
- `QLayout` – manažery rozložení prvků rozhraní



- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- **QWidget** – základní třída pro prvky grafického rozhraní
- **QStyle** – zajišťuje vykreslování prvků rozhraní
- **QLayout** – manažery rozložení prvků rozhraní
- **Graphics View** – zobrazování komplexní grafiky



- Grafický editor souborů s definicí GUI (XML)



- XML soubory s definicí GUI jsou následně zpracovány
 - Obvykle za překladač pomocí QMake a UIC na kód v C++
 - Za běhu aplikace pomocí QUiLoader
- Zpracováním za překladač vznikne hlavičkový soubor

main_window.h

```
#include <QMainWindow>

namespace Ui { class MainWindow; }

class MainWindow : public QMainWindow
{
    Q_OBJECT

public:
    MainWindow(QWidget *parent = 0);
    ~MainWindow();

private:
    Ui::MainWindow *ui;
};
```

main_window.cpp

```
#include "main_window.h"
#include "ui_main_window.h"

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
    : QMainWindow(parent),
      ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
}

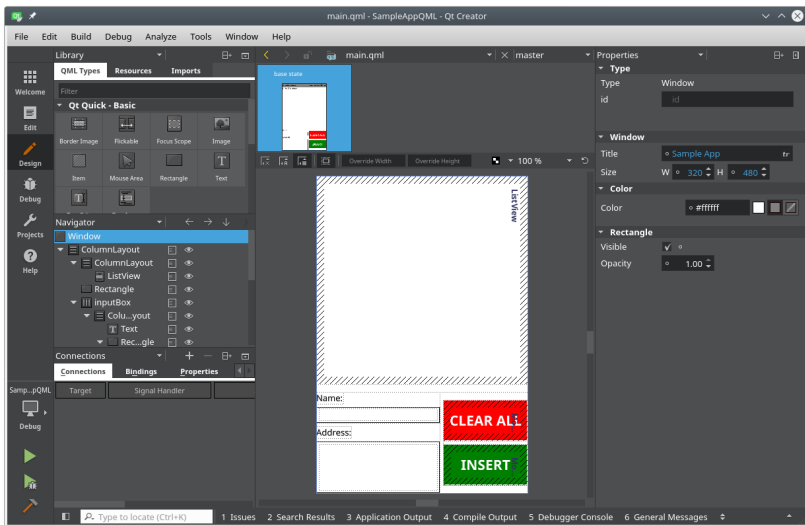
MainWindow::~MainWindow()
{
    delete ui;
}
```

Příklad

- Modernější alternativní systém pro tvorbu GUI v Qt
 - Základem je deklarativní jazyk QML, který je kombinací jazyků JSON a JavaScript
 - Umožňuje efektivní popis uživatelských rozhraní jako vizuálních komponent
 - Na základě tohoto popisu je **za běhu** vytvořen graf scény, jehož prvky jsou vykreslovány za použití HW akcelerace (např. OpenGL) asynchronně ve více vláknech

```
Rectangle {  
    id: myButton  
    width: 10  
    height: 10  
    color: "green"  
  
    MouseArea {  
        anchors.fill: parent  
        onClicked: { /* JS ... */ }  
    }  
}
```

- Lze využít grafický editor v Qt Creatoru



- Propojení jádra aplikace (C++) se systémem QML
 - Pomocí signálů/slotů, vlastností (Q_PROPERTY) a metod objektů označených jako Q_INVOKABLE
 - Vyžaduje typové konverze (typ musí znát jak C++ tak QML)
 - Uživatelské typy v C++ musí být registrované:

```
// Hlavičkový soubor
```

```
class Typ : public QObject { Q_OBJECT /* ... */ };
```

```
// Kód
```

```
qmlRegisterType<Typ>("com.x.y", 1, 0, "Typ");
```

- Instanci objektu je možné zpřístupnit nastavením proměnné kontextu:

```
Typ x; // Registrovaný uživatelský typ
```

```
QQmlApplicationEngine engine;
```

```
engine.rootContext()->setContextProperty("x", &x);
```

```
// ...
```

```
engine.load(/* QML Soubor */);
```

- Práce se signály v QML
- Přijetí signálu pomocí „Signal Handler“
 - Pojmenovány jako `on<Signál>` např. `onClicked` pro signál `clicked`

```
MouseArea { /* ... */ onClicked: { /* JS */ } }
```
 - Pokud má signál parametry, jsou dostupné jako lokální proměnné pod jejich názvy

```
onClicked: { console.log("Klik na", mouse.x); }
```
- Signály oznamující změnu hodnoty „property“ mají název ve tvaru `on<Property>Changed`
- Objekt propojení „Connection Type“ umožňuje připojení na signály libovolného objektu

```
Connections {  
    target: idObjektu  
    onClicked: { /* ... */ }  
}
```

- Přidavné signály – rozšíření objektu o „nové“ signály

```
Rectangle {  
    Component.onCompleted: { /* ... */ }  
}
```

- Signály uživatelsky definovaných typů

```
// MyButton.qml
```

```
Rectangle {  
    id: root  
    signal activated()  
  
    MouseArea {  
        anchors.fill: parent  
        onPressed: root.activated()  
    }  
}
```

```
// MyApp.qml
```

```
MyButton {  
    onActivated: console.log("clicked")  
}
```

- Práce s vlastnostmi v QML
- Hodnota může být **jednorázově přiřazena**

```
Component.onCompleted: { height = x.value; }
```

- Nebo může být **trvale spojena** s jinou „binding“
 - Jednoduché propojení

```
Rectangle {  
    height: x.value  
}
```

- Propojení výrazem nebo funkcí

```
Rectangle {  
    height: 5*x.value  
    width: { if(x.value < 5) return 5;  
             else return x.value; }  
}
```

- Dynamické vytvoření propojení

```
Keys.onSpacePressed: {  
    height = Qt.binding(function() { return 5*width })  
}
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
    ObjX::registerType();
    ObjX x;

    QGuiApplication app(argc, argv);
    QQmlApplicationEngine engine; // QML engine
    engine.rootContext()->setContextProperty("x", &x);

    // Načtení *.qml z resource souboru
    engine.load(QUrl(QStringLiteral("qrc:/main.qml")));

    return app.exec(); // Event-loop
}
```

- Součástí překladačového systému `RESOURCES += qml.qrc` v `*.pro` souboru
- Umožňují „přibalit“ soubory do výsledného spustitelného programu
- Obsah takto „přibalených“ souborů lze pak číst pomocí speciální cesty „`qrc:/`“. Např.:

```
engine.load(QUrl(QStringLiteral("qrc:/main.qml")));
```
- Vhodné pro data, jako jsou skripty v QML, obrázky, soubory jazykových mutací atd.

- nadstavba pro Python, která umožňuje rychlou tvorbu uživatelských rozhraní pro aplikace v Pythonu
- vygenerování z .ui souboru pomocí příkazu pyuic5 (Windows – pyuic5.bat)
- do vygenerovaného souboru je třeba doplnit vše, co neobsahoval ui soubor (třeba obslužné funkce stisku tlačítka)
- příklad

- GTK+ (obdoba Qt, pro jazyk C, také existuje nadstavba pro Python)
- Tkinter (framework pro tvorbu GUI pro Python)
- ...

- Multiplatformní widget toolkit
- Primárně využívaný na platformách se správci oken X11 a Wayland
- Primárním implementačním jazykem je C s objektovým přístupem
 - GTK# (pro .NET), PyGObject (pro Python 2/3)
- Založeno na událostně řízeném programování
- Obsahuje podporu pro sestavení GUI za běhu (GLADE)

- Objekty tvořeny na základě `GObject`, který využívá struktury jazyka C jako třídy a objekty

- Vytvoření instance objektu `GtkApplication`

```
GtkApplication *app = gtk_application_new(/* ... */);
```

- GTK využívá počítání referencí („Reference Counting“) k určení doby života objektu

- Snížení počtu referencí na objekt

```
g_object_unref(app);
```

- Přetypování je realizováno pomocí maker

- Po přetypování objektu `GtkButton` na `GtkObject`

```
GTK_OBJECT(button)
```

je možné použít všechny funkce dostupné pro `GTK_OBJECT`

- Objekty mají definovány sady signálů, které jsou pojmenované pomocí řetězců
 - Signály jako: „clicked“, „activate“, ...

- Sloty jsou tvořeny funkcemi (tzv. „Callback“)

```
static void OnClicked(GtkWidget *w, gpointer data)
{ /* ... */ }
gtk_signal_connect(button, "clicked",
    G_CALLBACK(OnClicked), NULL);
```

- Metodu jiného objektu je také možné použít jako slot

```
// void gtk_widget_destroy(GtkWidget *widget);
gtk_signal_connect_swapped(b, "clicked",
    G_CALLBACK(gtk_widget_destroy), w);
```

```
static void Activate(GtkApplication *app,  
    gpointer userData) { /* Sestavení GUI */ }  
  
int main(int argc, char *argv[])  
{  
    GtkApplication *app =  
        gtk_application_new("cz.vutbr.fit.ivs",  
            G_APPLICATION_FLAGS_NONE);  
  
    g_signal_connect(app, "activate",  
        G_CALLBACK(Activate), NULL);  
  
    int status = g_application_run(G_APPLICATION(app),  
        argc, argv);  
  
    g_object_unref(app);  
  
    return status;  
}
```

```
import gi

gi.require_version('Gtk', '3.0')
from gi.repository import Gtk

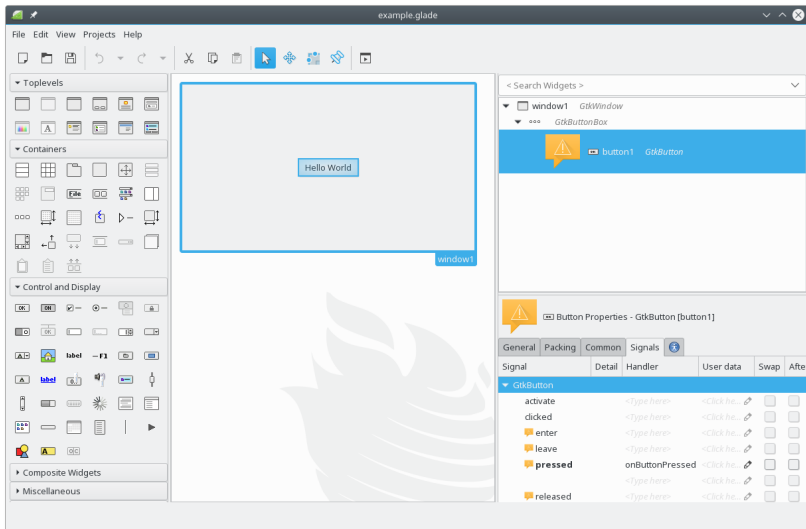
class MyWindow(Gtk.Window):
    def __init__(self):
        Gtk.Window.__init__(self, title="Hello World Window")
        self.set_size_request(320, 240)

        # Sestavení GUI

    def onButtonClicked(self, widget):
        print("Hello World")

win = MyWindow()
win.connect("delete-event", Gtk.main_quit)
win.show_all()
Gtk.main()
```

- Grafický editor souborů s definicí GUI



```
import gi
gi.require_version('Gtk', '3.0')
from gi.repository import Gtk

class Handler:
    def onDeleteWindow(self, *args):
        Gtk.main_quit(*args)

    def onPressed(self, button):
        print("Hello World!")

builder = Gtk.Builder()
builder.add_from_file("example.glade")
builder.connect_signals(Handler())

window = builder.get_object("window1")
window.show_all()

Gtk.main()
```

- Framework Qt

- <http://doc.qt.io/qtcreator/index.html>
- <http://doc.qt.io/qt-5/qtwidgets-index.html>
- <http://doc.qt.io/qt-5/qtqml-index.html>

- Toolkit GTK+

- <https://developer.gnome.org/gtk3/>

- Toolkit GTK+ v Pythonu

- <https://wiki.gnome.org/action/show/Projects/PyGObject>
- <https://python-gtk-3-tutorial.readthedocs.io/en/latest/index.html>

- GLADE

- <https://glade.gnome.org/>

iveigend@fit.vut.cz