Knihovny pro tvorbu GUI

Ing. Filip Vaverka

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

ivaverka@fit.vutbr.cz

Požadavky na systémy GUI

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

Základní principy implementace

- Obvykle založena na nekonečné smyčce tzv. „event-loop“
  - Běží po celou dobu běhu aplikace
  - Periodicky se dotazuje operačního systému na příchozí 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
```

Základní principy implementace

- Obvykle založena na nekonečné smyčce tzv. „event-loop“
  - Běží po celou dobu běhu aplikace
  - Periodicky se dotazuje operačního systému na příchozí 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 program nereaguje!

Událostně řízené programování

- Odstraňuje nutnost, aby aplikace periodicky testovala vznik nových událostí (nebo 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

Systémy pro implementaci GUI

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

- 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, ...
- Rozsáhlá sada knihoven/modulů pro usnadnění různých oblastí vývoje aplikací
  - Qt Core, Qt GUI, Qt Multimedia, Qt Network, Qt QML, Qt Quick, Qt SQL, Qt Test, Qt Widgets
- Rozšíření jazyka C++ o systém událostí
  - Zajištěno kombinací generování kódu při překladu (QMake/MOC) a knihoven

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

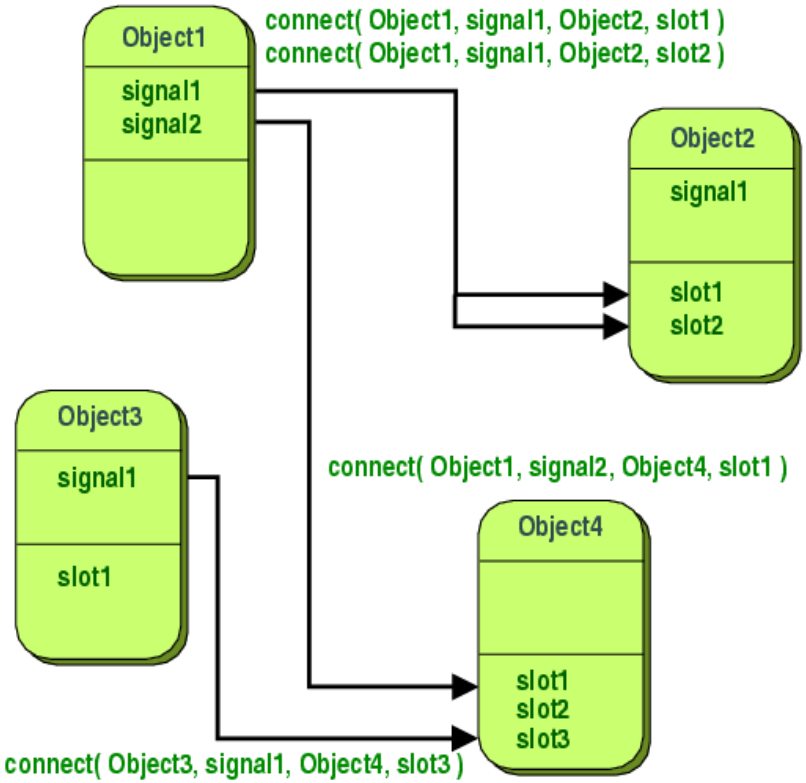
```
#include <QObject>
class MyObject : public QObject
{
    Q_OBJECT
public:
    MyObject(QObject *parent = nullptr)
        : QObject(parent) { /* ... */ }
    // ...
};
```

- Vlastnosti („property“) objektu
  - `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`“
  - 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();
    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() { /* ... */ }
};
```

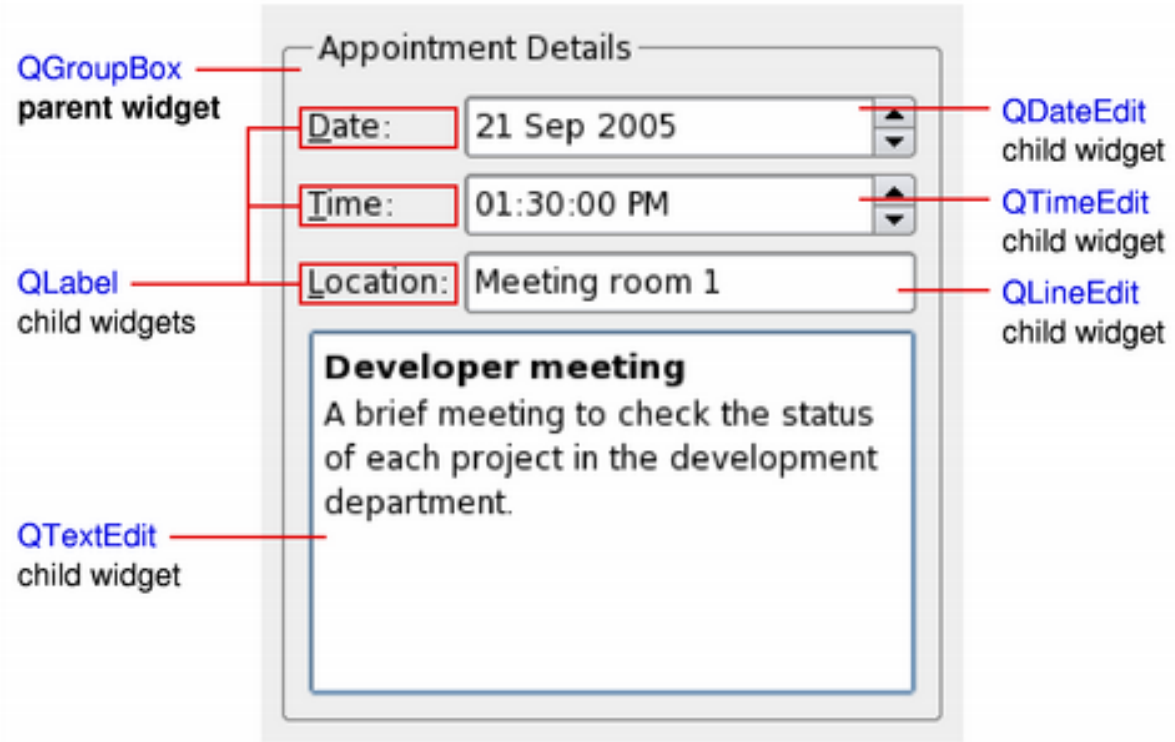


Obrázek: Signály a sloty v Qt

```
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
}
```

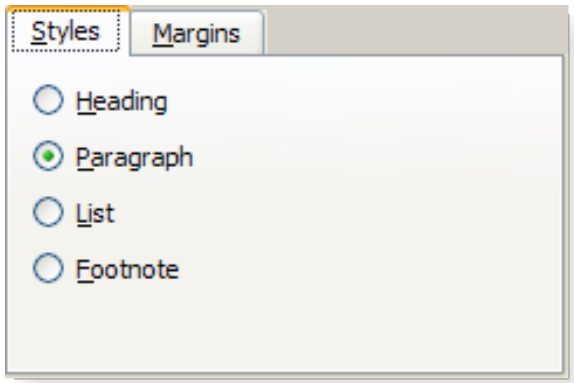
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní

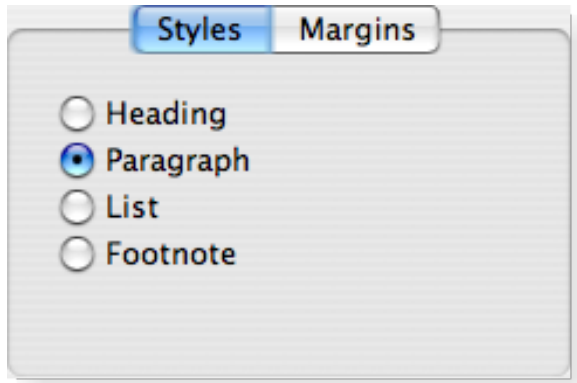
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- QWidget – základní třída pro prvky grafického rozhraní



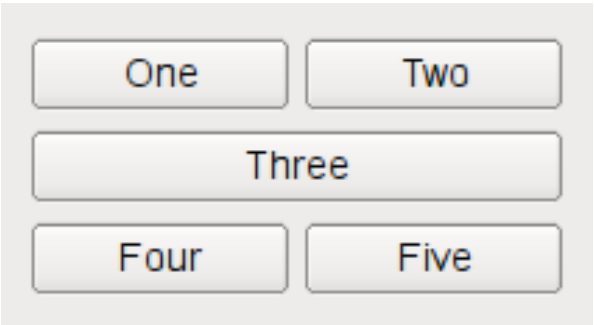
Obrázek: Základní prvky UI

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

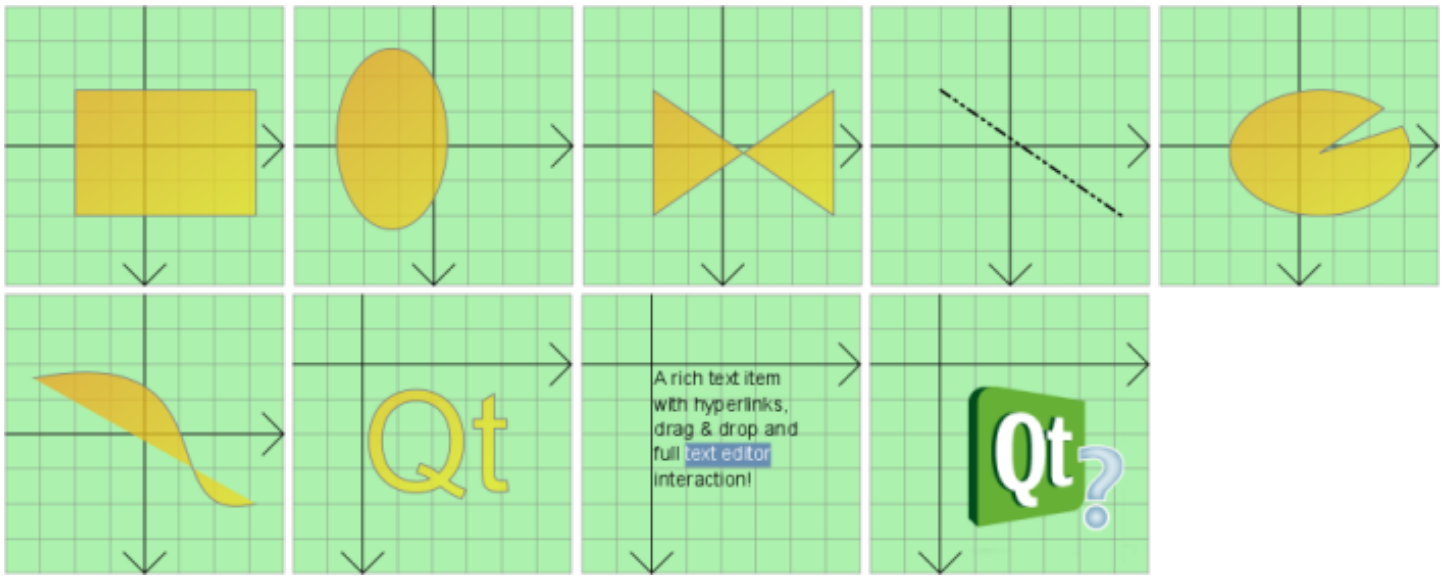




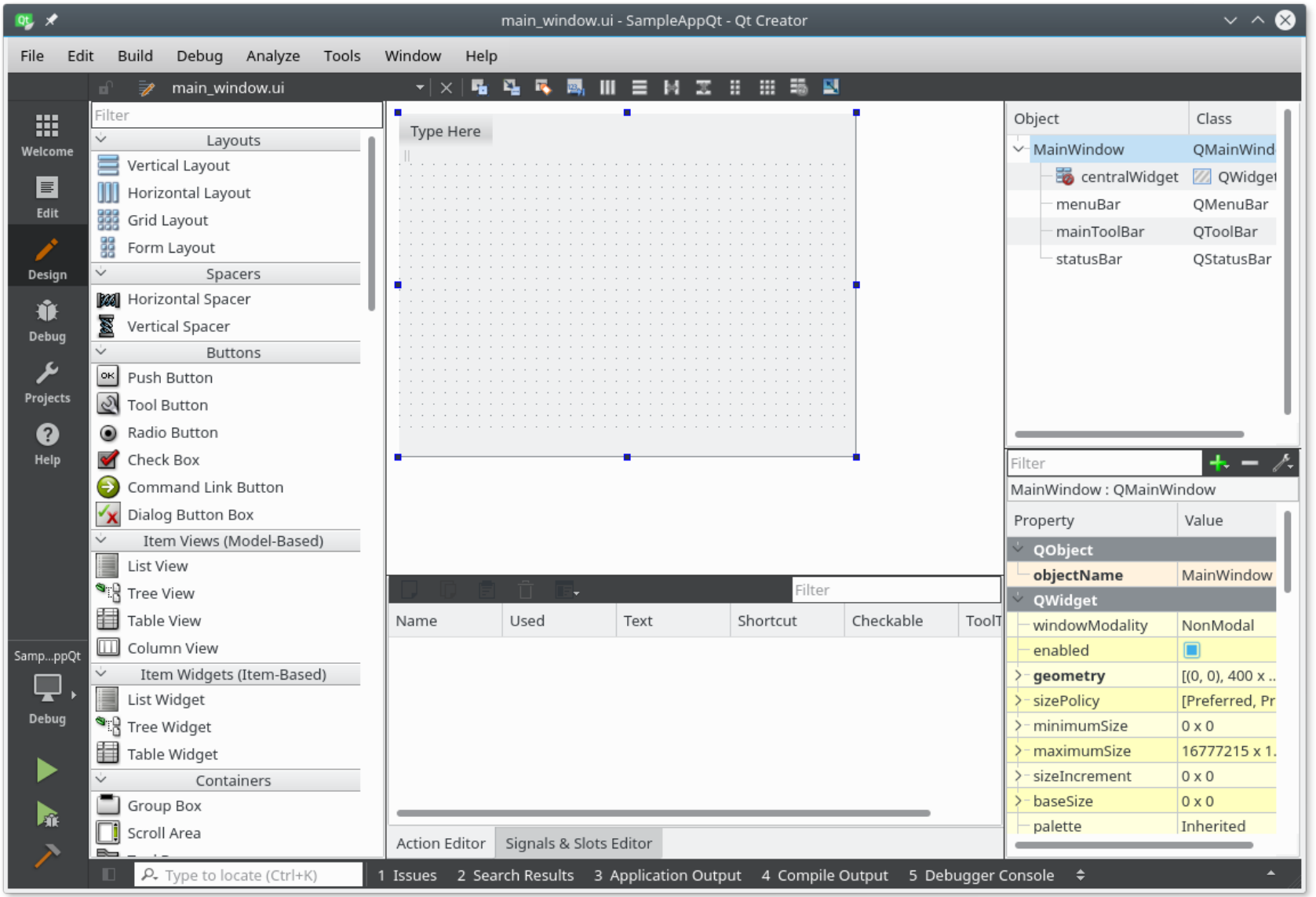
- Obsahuje základní prvky pro tvorbu uživatelských rozhraní
- QWidget – základní třída pro prvky grafického rozhraní
- QStyle – zajišťuje vykreslování prvků rozhraní
- QLayout – manažery rozložení prvků rozhraní



- 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 překladu pomocí `QMake` a `UIC` na kód v C++
  - Za běhu aplikace pomocí `QUiLoader`
- Zpracováním za překladu 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;
};
```

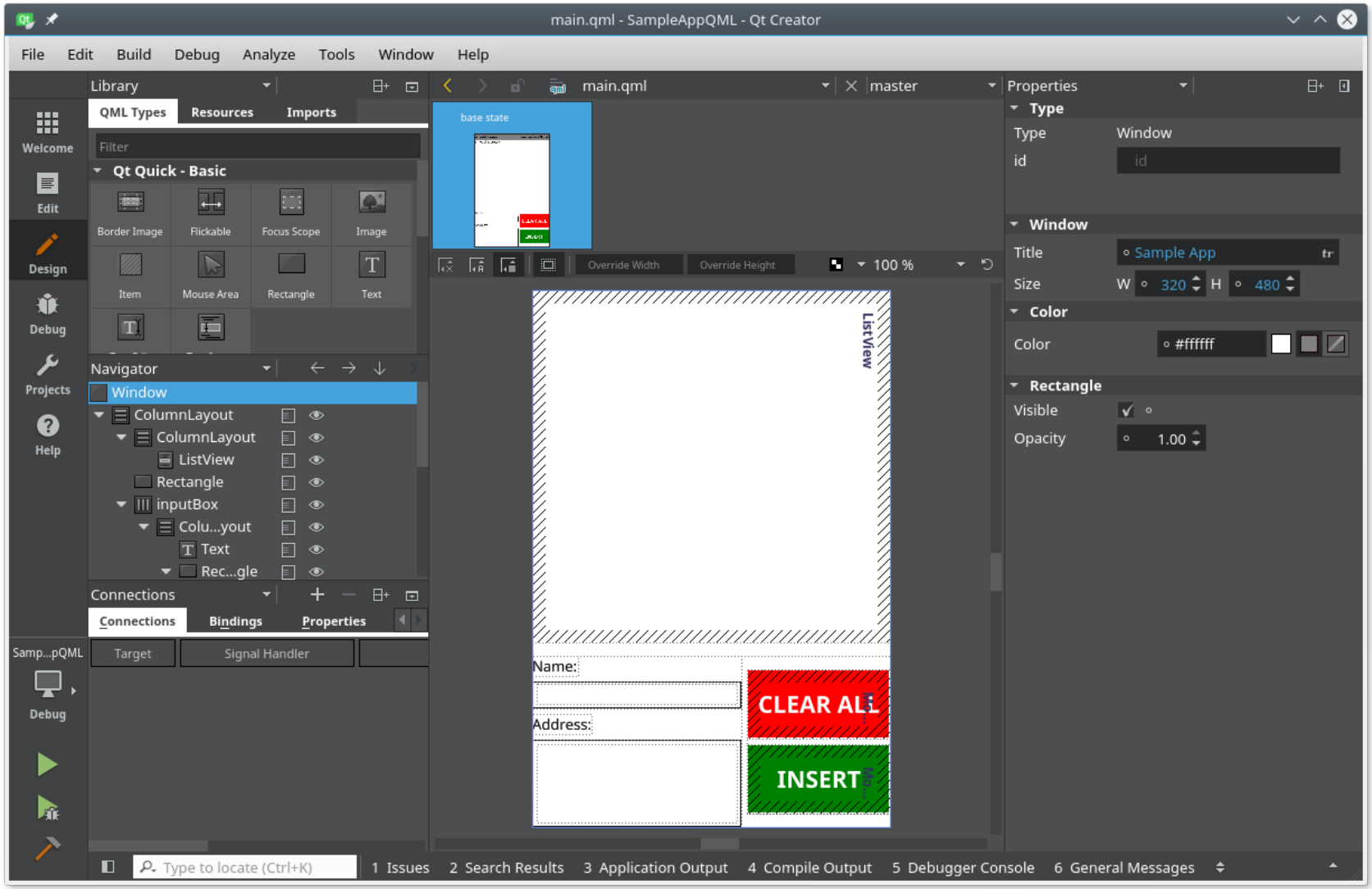
`main_window.cpp`

```
#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;
}
```

- 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)

```
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 C++ typy 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: { /* ... */ }
}
```

- Přídavné 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
}
```

- Součást překladového 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 QML skripty, obrázky, soubory jazykových mutací atd.

Toolkit GTK+

- 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
  - Přetypování objektu `GtkButton` na `GtkObject`

    ```
    GTK_OBJECT(button)
    ```

- 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);
```

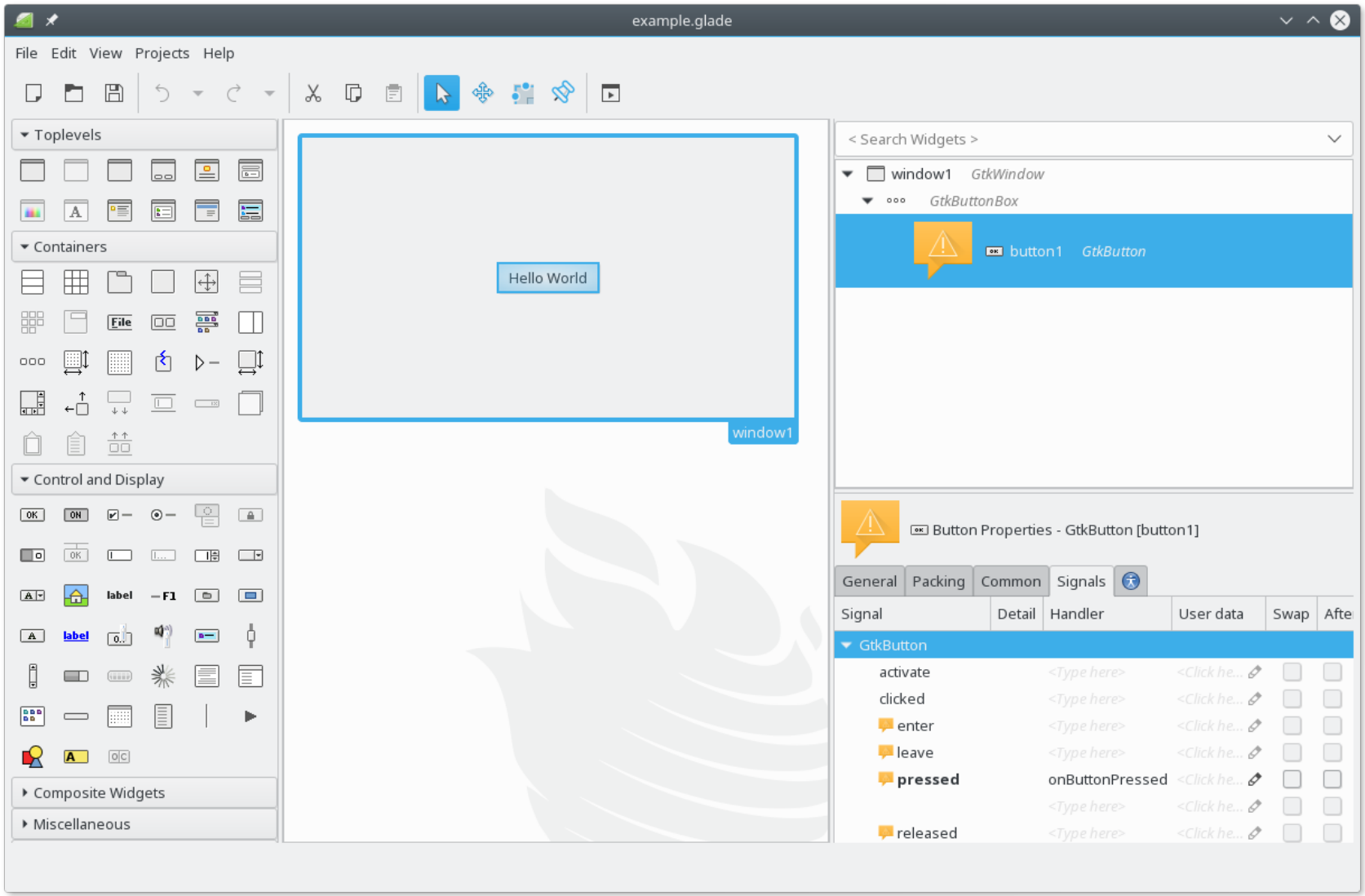
- Metodu jiného objektu je také možné použít jako slot

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

```c
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 onButtonPressed(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/

ivaverka@fit.vutbr.cz