内容摘要：文章中主要介绍了Qt中的信号槽, 主要内容包括: `信号槽的本质` ， `信号槽的关系` ， `标准信号槽的使用` ， `自定义信号槽的使用` ， `信号槽的拓展` ， `Lambda表达式` 。文章中除了关于知识点的文字描述、代码演示, 还有相关的视频讲解，赶紧学起来吧。

1. 信号和槽概述

信号槽是 Qt 框架引以为豪的机制之一。所谓信号槽，实际就是观察者模式(发布-订阅模式)。当某个 `事件` 发生之后，比如，按钮检测到自己被点击了一下，它就会发出一个信号（signal）。这种发出是没有目的的，类似广播。如果有对象对这个信号感兴趣，它就会使用连接（connect）函数，意思是，将想要处理的信号和自己的一个函数（称为槽（slot））绑定来处理这个信号。也就是说，当信号发出时，被连接的槽函数会自动被回调。这就类似观察者模式：当发生了感兴趣的事件，某一个操作就会被自动触发。

1.1 信号的本质

信号是由于用户对窗口或控件进行了某些操作，导致窗口或控件产生了某个特定事件，这时候Qt对应的窗口类会发出某个信号，以此对用户的挑选做出反应。

因此根据上述的描述我们得到一个结论 – `信号的本质就是事件` ，比如：

- 按钮单击、双击
- 窗口刷新
- 鼠标移动、鼠标按下、鼠标释放
- 键盘输入

那么在Qt中信号是通过什么形式呈现给使用者的呢？

- 我们对哪个窗口进行操作, 哪个窗口就可以捕捉到这些被触发的事件。
- 对于使用者来说触发了一个事件我们就可以得到Qt框架给我们发出的某个特定信号。
- 信号的呈现形式就是函数， 也就是说某个事件产生了， Qt框架就会调用某个对应的信号函数， 通知使用者。

`在QT中信号的发出者是某个实例化的类对象，对象内部可以进行相关事件的检测。`

1.2 槽的本质

在Qt中 `槽函数是一类特殊的功能的函数` ，在编码过程中 `也可以作为类的普通成员函数来使用` 。之所以称之为槽函数是因为它们还有一个职责就是对Qt框架中产生的信号进行处理。

```TEXT
举个简单的例子：

    女朋友说：“我肚子饿了！”，于是我带她去吃饭。
```

上边例子中相当于女朋友发出了一个信号， 我收到了信号并其将其处理掉了。

实例对象	角色	描述
女朋友	信号发出者	信号携带的信息: `我饿了`
我	信号接收者	处理女朋友发射的信号: `带他去吃饭`

`在Qt中槽函数的所有者也是某个类的实例对象。`

1.3 信号和槽的关系

在Qt中信号和槽函数都是独立的个体，本身没有任何联系，但是由于某种特性需求我们可以将二者连接到一起，好比牛郎和织女想要相会必须要有喜鹊为他们搭桥一样。在Qt中我们需要使用 `QOjbect类` 中的 `connect` 函数进二者的关联。

连接信号和槽的 `connect()` 函数原型如下, 其中 `PointerToMemberFunction` 是一个指向函数地址的指针

C++

```
QMetaObject::Connection QObject::connect(
        const QObject *sender, PointerToMemberFunction signal,
        const QObject *receiver, PointerToMemberFunction method,
                Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection);
参数:
  - sender:   发出信号的对象
  - signal:   属于sender对象，信号是一个函数，这个参数的类型是函数
              指针，信号函数地址
  - receiver: 信号接收者
  - method:   属于receiver对象，当检测到sender发出了signal信号，
              receiver对象调用method方法 · 信号发出之后的处理动作

//  参数 signal 和 method 都是函数地址，因此简化之后的 connect() 如下:
connect(const QObject *sender, &QObject::signal,
        const QObject *receiver, &QObject::method);
```

使用connect()进行信号槽连接的注意事项:

- connect函数相对于做了信号处理动作的注册
- 调用conenct函数的sender对象的信号并没有产生，因此receiver对象的 method也不会被调用
- method槽函数本质是一个回调函数，调用的时机是信号产生之后，调用是Qt框架来执行的
- connect中的sender和recever两个指针必须被实例化了，否则conenct不会成功

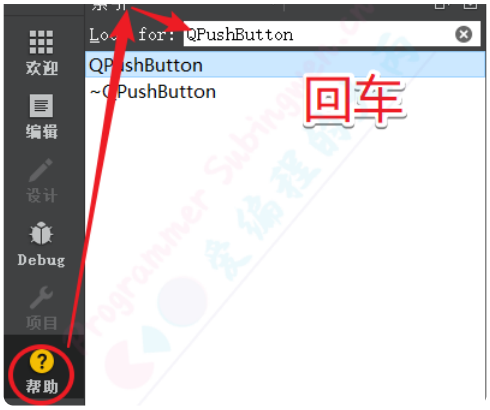
2. 标准信号槽使用

2.1 标准信号/槽

在Qt提供的很多标准类中都可以对用户触发的某些特定事件进行检测, 因此当用户做了这些操作之后, 事件被触发类的内部就会产生对应的信号, 这些信号都是Qt类内部自带的, 因此称之为标准信号。

同样的，在Qt的很多类内部为我了提供了很多功能函数，并且这些函数也可以作为触发的信号的处理动作，有这类特性的函数在Qt中称之为标准槽函数。

系统自带的信号和槽通常如何查找呢，这个就需要利用帮助文档了，比如在帮助文档中查询按钮的点击信号，那么需要在帮助文档中输入 `QPushButton`



首先我们可以在 `Contents` 中寻找关键字 `signals` ，信号的意思，但是我们发现并没有找到，这时候我们应该看当前类从父类继承下来了哪些信号

Contents 这个类中有哪些信息

- Properties
- Public Functions
- Reimplemented Public Functions
- Public Slots 槽函数
- Protected Functions
- Reimplemented Protected Functions
- Detailed Description

没有信号，并不是没有信号，看当前类的父类

QPushButton Class

The QPushButton widget provides a command button

Header: #include <QPushButton>

qmake: QT += widgets

Inherits: QAbstractButton 父类

Inherited By: QCommandLinkButton

因此我们去他的父类 `QAbstractButton` 中就可以找到该关键字，点击signals索引到系统自带的信号有如下几个

Contents 先看信号和槽函数，再看公共成员

- Properties
- Public Functions 公共成员函数
- Public Slots 槽函数
- Signals 信号
- Protected Functions
- Reimplemented Protected Functions
- Detailed Description

QAbstractButton Class

The QAbstractButton class is the abstract base class
More...

Header: #include <QAbstractButton> 父类

qmake: QT += widgets

Inherits: QWidget

2.2 使用

掌握标准信号、槽的查找方式之后以及 `connect()` 函数的作用之后，下面通过一个简单的例子给大家讲解一下他们的使用方式。

```TEXT
功能实现： 点击窗口上的按钮，关闭窗口
功能分析：
        - 按钮：信号发出者          -> QPushButton 类型
        - 窗口：信号的接收者和处理者  -> QWidget 类型
```

需要使用的标准信号槽函数

```C++
// 单击按钮发出的信号
[signal] void QAbstractButton::clicked(bool checked = false)
// 关闭窗口的槽函数
[slot] bool QWidget::close();
```

对于上边的需求只需要一句代码，只需要写一句代码就能实现了

```C++
// 单击按钮关闭窗口
connect(ui->closewindow, &QPushButton::clicked, this, &MainWindow::close);
```

`connect()`操作一般写在窗口的构造函数中，相当于在事件产生之前在qt框架中先进行注册，这样在程序运行过程中假设产生了按钮的点击事件，框架就会调用信号接收者对象对应的槽函数了，如果信号不产生，槽函数也就一直不会被调用。

3. 自定义信号槽使用

Qt框架提供的信号槽在某些特定场景下是无法满足我们的项目需求的，因此我们还设计自己需要的的信号和槽，同样还是使用connect()对自定义的信号槽进行连接。

如果想要在QT类中自定义信号槽，需要满足一些条件，并且有些事项也需要注意：

- **要编写新的类并且让其继承Qt的某些标准类**
- **这个新的子类必须从QObject类或者是QObject子类进行派生**
- **在定义类的头文件中加入 `Q_OBJECT` 宏**

```C++
// 在头文件派生类的时候，首先像下面那样引入Q_OBJECT宏：
class MyMainWindow : public QWidget
{
    Q_OBJECT
    ......
}
```

3.1 自定义信号

在Qt中信号的本质是事件，但是在框架中也是以函数的形式存在的，只不过信号对应的函数只有声明，没有定义。如果Qt中的标准信号不能满足我们的需求，可以在程序中进行信号的自定义，当自定义信号对应的事件产生之后，认为的将这个信号发射出去即可（其实就是调用一下这个信号函数）。

下边给大家阐述一下，自定义信号的要求和注意事项：

1. 信号是类的成员函数
2. 返回值必须是 void 类型
3. 信号的名字可以根据实际情况进行指定
4. 参数可以随意指定，信号也支持重载
5. 信号需要使用 signals 关键字进行声明，使用方法类似于public等关键字
6. 信号函数只需要声明，不需要定义(没有函数体实现)
7. 在程序中发射自定义信号：发送信号的本质就是调用信号函数
    - 习惯性在信号函数前加关键字：emit，但是可以省略不写
    - emit只是显示的声明一下信号要被发射了，没有特殊含义
    - 底层 emit == #define emit

C++

```cpp
// 举例：信号重载
// Qt中的类想要使用信号槽机制必须要从QObject类派生(直接或间接派生都可以)
class Test : public QObject
{
    Q_OBJECT
signals:
    void testsignal();
        // 参数的作用是数据传递，谁调用信号函数谁就指定实参
        // 实参最终会被传递给槽函数
    void testsignal(int a);
};
```

3.2 自定义槽

槽函数就是信号的处理动作，在Qt中槽函数可以作为普通的成员函数来使用。如果标准槽函数提供的功能满足不了需求，可以自己定义槽函数进行某些特殊功能的实现。自定义槽函数和自定义的普通函数写法是一样的。

下边给大家阐述一下，自定义槽的要求和注意事项：

1. 返回值必须是 void 类型
2. 槽也是函数，因此也支持重载
3. 槽函数需要指定多少个参数，需要看连接的信号的参数个数
4. 槽函数的参数是用来接收信号传递的数据的，信号传递的数据就是信号的参数
    - 举例:
        - 信号函数: void testsig(int a, double b);
        - 槽函数: void testslot(int a, double b);
    - 总结:
        - 槽函数的参数应该和对应的信号的参数个数, 从左到右类型依次对应
        - 信号的参数可以大于等于槽函数的参数个数 == 信号传递的数据被忽略了
            - 信号函数: void testsig(int a, double b);
            - 槽函数: void testslot(int a);
5. Qt中槽函数的类型是多样的

Qt中的槽函数可以是 类的成员函数 、 全局函数 、 静态函数 、 Lambda表达式 （匿名函数）

6 槽函数可以使用关键字进行声明：`slots (Qt5中slots可以省略不写)`

- public slots:
- private slots: –> 这样的槽函数不能在类外部被调用
- protected slots: –> 这样的槽函数不能在类外部被调用

C++

```cpp
// 槽函数书写格式举例
// 类中的这三个函数都可以作为槽函数来使用
class Test : public QObject
{
    public:
    void testSlot();
    static void testFunc();

    public slots:
    void testSlot(int id);
};
```

根据特定场景自定义信号槽:

TEXT

```
还是上边的场景：
        女朋友说：“我肚子饿了！”，于是我带她去吃饭。
```

C++

```cpp
// class GirlFriend
class GirlFriend : public QObject
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit GirlFriend(QObject *parent = nullptr);

signals:
    void hungry();                  // 不能表达出想要吃什么
    void hungry(QString msg);   // 可以通过参数表达想要吃什么
};

// class Me
class Me : public QObject
{
    Q_OBJECT
public:
    explicit Me(QObject *parent = nullptr);

public slots:
    // 槽函数
    void eatMeal();             // 不能知道信号发出者要吃什么
    void eatMeal(QString msg);  // 可以知道信号发出者要吃什么
};
```

4. 信号槽拓展

4.1 信号槽使用拓展

- 一个信号可以连接多个槽函数, 发送一个信号有多个处理动作
  - 需要写多个 `connect ( )` 连接

- 槽函数的执行顺序是随机的, 和connect函数的调用顺序没有关系
- 信号的接收者可以是一个对象, 也可以是多个对象

- 一个槽函数可以连接多个信号, 多个不同的信号, 处理动作是相同的
  - 需要写多个 `connect ( )` 连接
- 信号可以连接信号

  信号接收者可以不处理接收的信号, 而是继续发射新的信号，这相当于传递了数据, 并没有对数据进行处理

```C++
connect(const QObject *sender, &QObject::signal,
        const QObject *receiver, &QObject::siganl-new);
```

- 信号槽是可以断开的

```C++
disconnect(const QObject *sender, &QObject::signal,
        const QObject *receiver, &QObject::method);
```

4.2 信号槽的连接方式

- Qt5的连接方式

```C++
// 语法:
QMetaObject::Connection QObject::connect(
        const QObject *sender, PointerToMemberFunction signal,
        const QObject *receiver, PointerToMemberFunction method,
                Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection);

// 信号和槽函数也就是第2,4个参数传递的是地址, 编译器在编译过程中会对数据的正确性进
connect(const QObject *sender, &QObject::signal,
        const QObject *receiver, &QObject::method);
```

- Qt4的连接方式

  这种旧的信号槽连接方式在Qt5中是支持的, 但是不推荐使用, 因为这种方式在进行信号槽连接的时候, 信号槽函数通过宏 `SIGNAL` 和 `SLOT` 转换为字符串类型。

  因为信号槽函数的转换是通过宏来进行转换的，因此传递到宏函数内部的数据不会被进行检测， 如果使用者传错了数据，编译器也不会报错，但实际上信号槽的连接已经不对了，只有在程序运行起来之后才能发现问题，而且问题不容易被定位。

```C++
// Qt4的信号槽连接方式
[static] QMetaObject::Connection QObject::connect(
    const QObject *sender, const char *signal,
    const QObject *receiver, const char *method,
    Qt::ConnectionType type = Qt::AutoConnection);

connect(const QObject *sender,SIGNAL(信号函数名(参数1, 参数2, ...)),
        const QObject *receiver,SLOT(槽函数名(参数1, 参数2, ...)));
```

`Qt4中声明槽函数必须要使用 slots 关键字, 不能省略。`

- 应用举例

```plaintext
场景描述：
        - 我肚子饿了，我要吃东西。
 分析：
        - 信号的发出者是我自己，信号的接收者也是我自己
```

我们首先定义出一个Qt的类。

```cpp
class Me : public QObject
{
    Q_OBJECT
    // Qt4中的槽函数必须这样声明，qt5中的关键字 slots 可以被省略
public slots:
    void eat();
    void eat(QString somthing);
signals:
    void hungury();
    void hungury(QString somthing);
};

// 基于上边的类写出解决方案
// 处理如下逻辑：我饿了，我要吃东西
// 分析：信号的发出者是我自己，信号的接收者也是我自己
Me m;
// Qt4处理方式
connect(&m, SIGNAL(hungury()), &m, SLOT(eat()));
connect(&m, SIGNAL(hungury(QString)), &m, SLOT(eat(QString)));

// Qt5处理方式
connect(&m, &Me::hungury, &m, &Me::eat);        // error
```

Qt5处理方式错误原因分析：

上边的写法之所以错误是因为这个类中信号槽都是重载过的，信号和槽都是通过函数名去关联函数的地址，但是这个同名函数对应两块不同的地址，一个带参，一个不带参，因此编译器就不知道去关联哪块地址了，所以如果我们在这种时候通过以上方式进行信号槽连接，编译器就会报错。

解决方案：

- 可以通过定义函数指针的方式指定出函数的具体参数，这样就可以确定函数的具体地址了。
- 定义函数指针指向重载的某个信号或者槽函数，在connect（ ）函数中将函数指针名字作为实参就可以了。

```cpp
// 举例：
void (Me::*func1)(QString) = &Me::eat;  // func1指向带参的槽函数
void (Me::*func2)() = &Me::hungury;     // func2指向不带参的信号
```

Qt正确的处理方式:

```cpp
// 定义函数指针指向重载的某一个具体的槽函数地址
void (Me::*myslot)(QString) = &Me::eat;
// 定义函数指针指向重载的某一个具体的信号地址
void (Me::*mysignal)(QString) = &Me::hungury;
// 使用定义的函数指针完成信号槽的连接
connect(&m, mysignal, &m, myslot);
```

- 总结
  - Qt4的信号槽连接方式因为使用了宏函数，宏函数对用户传递的信号槽不会做错误检测，容易出bug
  - Qt5的信号槽连接方式，传递的是信号槽函数的地址，编译器会做错误检测，减少了bug的产生
  - 当信号槽函数被重载之后，Qt4的信号槽连接方式不受影响
  - 当信号槽函数被重载之后，Qt5中需要给被重载的信号或者槽定义函数指针

5. Lambda表达式

Lambda表达式是 C++ 11 最重要也是最常用的特性之一，是现代编程语言的一个特点，简洁，提高了代码的效率并且可以使程序更加灵活，Qt是完全支持c++语法的， 因此在Qt中也可以使用Lambda表达式。

5.1 语法格式

Lambda表达式就是一个匿名函数， 语法格式如下：

C++

```
[capture](params) opt -> ret {body;};
    - capture: 捕获列表
    - params: 参数列表
    - opt: 函数选项
    - ret: 返回值类型
    - body: 函数体
```

关于Lambda表达式的细节介绍:

1. 捕获列表: 捕获一定范围内的变量
   - `[]` - 不捕捉任何变量
   - `[&]` - 捕获外部作用域中所有变量, 并作为引用在函数体内使用（ 按引用捕获 ）
   - `[=]` - 捕获外部作用域中所有变量, 并作为副本在函数体内使用（ 按值捕获 ）
     - 拷贝的副本在匿名函数体内部是只读的
   - `[=, &foo]` - 按值捕获外部作用域中所有变量, 并按照引用捕获外部变量 foo
   - `[bar]` - 按值捕获 bar 变量, 同时不捕获其他变量
   - `[&bar]` - 按引用捕获 bar 变量, 同时不捕获其他变量
   - `[this]` - 捕获当前类中的this指针
     - 让lambda表达式拥有和当前类成员函数同样的访问权限
     - 如果已经使用了 & 或者 =, 默认添加此选项
2. 参数列表: 和普通函数的参数列表一样
3. opt 选项 –> 可以省略
   - mutable: 可以修改按值传递进来的拷贝（注意是能修改拷贝，而不是值本身）
   - exception: 指定函数抛出的异常，如抛出整数类型的异常，可以使用throw();
4. 返回值类型:
   - 标识函数返回值的类型，当返回值为void，或者函数体中只有一处return的地方（此时编译器可以自动推断出返回值类型）时，这部分可以省略

5 函数体:

- 函数的实现，这部分不能省略，但函数体可以为空。

5.2 定义和调用

因为Lambda表达式是一个匿名函数, 因此是没有函数声明的, 直接在程序中进行代码的定义即可, 但是如果只定义匿名函数在程序执行过程中是不会被调用的。

C++

```cpp
// 匿名函数的定义, 程序执行这个匿名函数是不会被调用的
[](){
    qDebug() << "hello, 我是一个lambda表达式...";
};

// 匿名函数的定义+调用:
int ret = [](int a) -> int
{
    return a+1;
}(100);  // 100是传递给匿名函数的参数
```

在 `Lambda` 表达式的捕获列表中也就是 `[]` 内部添加不同的关键字, 就可以在函数体中使用外部变量了。

C++

```cpp
// 在匿名函数外部定义变量
int a=100, b=200, c=300;
// 调用匿名函数
[](){
    // 打印外部变量的值
    qDebug() << "a:" << a << ", b: " << b << ", c:" << c;  // error, 不能使用任
}

[&](){
    qDebug() << "hello, 我是一个lambda表达式...";
    qDebug() << "使用引用的方式传递数据: ";
    qDebug() << "a+1:" << a++ << ", b+c= " << b+c;
}();

// 值拷贝的方式使用外部数据
[=](int m, int n)mutable{
    qDebug() << "hello, 我是一个lambda表达式...";
    qDebug() << "使用拷贝的方式传递数据: ";
    // 拷贝的外部数据在函数体内部是只读的, 如果不添加 mutable 关键字是不能修改这些只
    // 添加 mutable 允许修改的数据是拷贝到函数内部的副本, 对外部数据没有影响
    qDebug() << "a+1:" << a++ << ", b+c= " << b+c;
    qDebug() << "m+1: " << ++m << ", n: " << n;
}(1, 2);
```

6. 视频讲解

以上知识点对应的视频讲解可以关注 B站-爱编程的大丙

视频地址: https://www.bilibili.com/video/BV1Jp4y167R9

苏丙榅

知识分享