

熟练Qt特性，快速开发含GUI的应用程序。

- [为什么使用Qt开发应用程序](#)
- [基本文件构成](#)
- [Qt程序的实际运行流程](#)
- [让对象关联起来——信号槽](#)
- [简化信号槽传参——Lambda表达式](#)
- [更宽泛的对象联动——事件](#)

## 为什么使用Qt开发应用程序

Qt 是一个著名的 C++ 应用程序框架。Qt 的功能十分强大，即使你没有学过C++的STL库，或者没有接触过XML等也不用担心，因为Qt已经帮你内置好了各种技术，你只需要会调用即可。Qt 是一个跨平台的开发框架，在各个平台上都具有良好的兼容性。选择Qt无论是从上手难度和后期维护难度来说，都是非常优秀的。

### ○ 警告

即使Qt已经封装了很多功能，但不可否认的是，学习Qt仍然需要一定的C++基础，以及面向对象编程的思想。还需要对**指针**的相关知识有非常清晰的理解。

## 基本文件构成

### .pro 文件

.pro 文件，又称**项目文件**。

项目文件是用来告诉qmake为这个应用程序创建makefile所需要的细节。  
简单来说就是对项目的一些基本配置。

- 添加Qt模块
- 指定了编译器所要使用的选项和所需要被连接的库
- 项目使用的模板类型
- 指定使用的编译器类型
- 指定文件的位置
- 指定链接到项目中的库列表
- ...

### .h 文件

.h 文件，又称**头文件**。

头文件是写类的声明（包括类里面的成员和方法的声明）、函数原型、宏定义等。

### ⚠ 注意

不要在头文件中实现函数与方法。

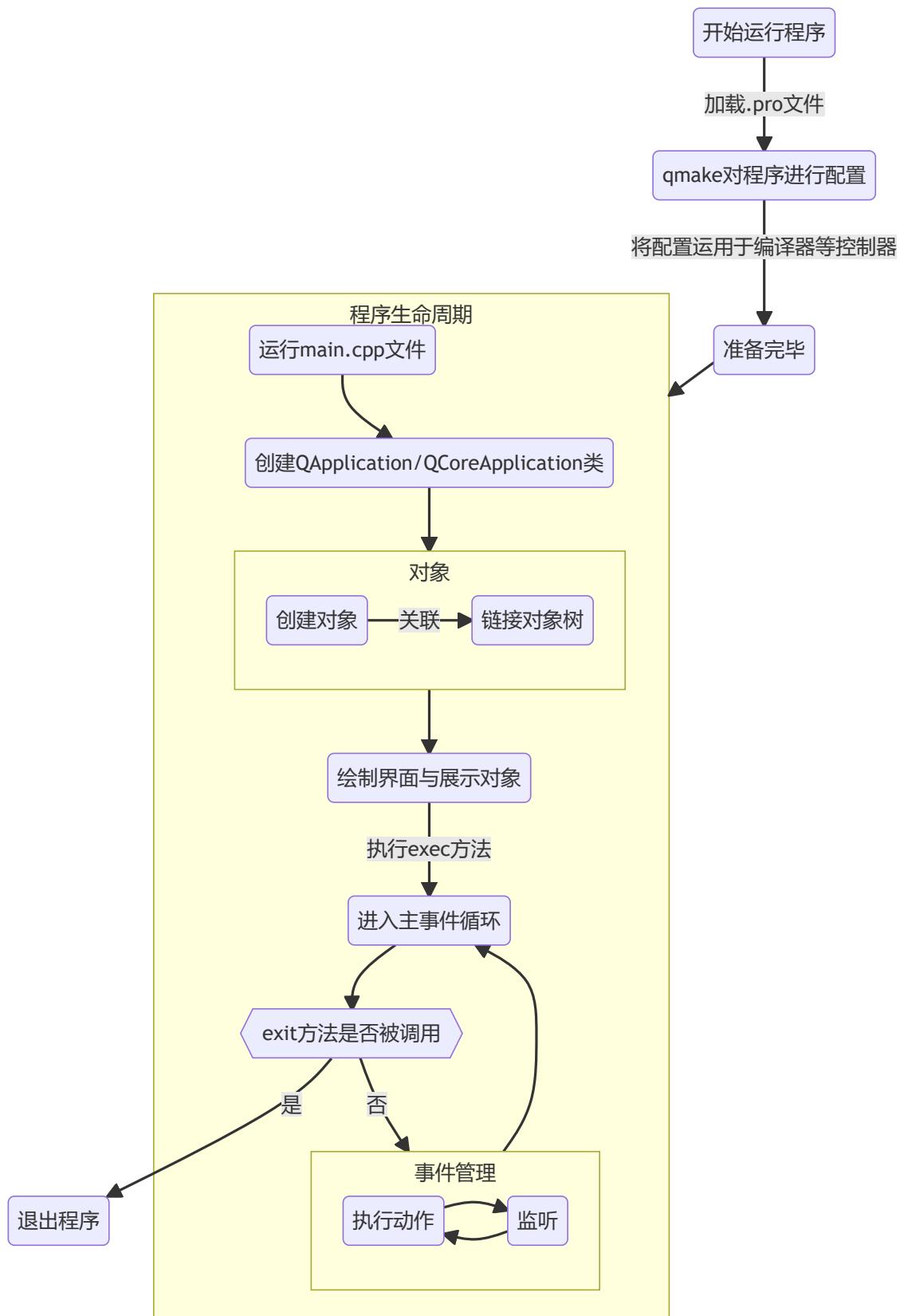
### .cpp 文件

.cpp 文件，又称**C++源文件**。

C++源文件主要实现头文件中声明的函数的具体实现代码。

# Qt程序的实际运行流程

Qt使用C++作为编程语言，C++是一种面向过程编程的语言，运行完毕后的代码不可能再次执行，所以Qt使用了一种特殊的运行方式来对应用程序进行管理。



通过上述方法，就可以保证在**主事件**运行前能进行程序的全部配置和对象管理。

## 让对象关联起来——信号槽

信号槽是Qt的核心机制，熟练使用信号槽，可以将程序中的各个对象进行解耦，写出具有优秀维护性的应用程序。如果一上来就讲一堆定义和概念，读者也许会觉得无聊，我们从一个简单的例子来说起。

读者看过动画片《猫和老鼠》吧，汤姆总是想要抓到杰瑞，但每当杰瑞听到汤姆的动静时，他总能溜走，这是因为：**汤姆通过发出声音，向杰瑞传递了一个信号，这个信号让杰瑞跑了起来。**

不妨让我们用类的方式来描述这两个对象：

```
1 // 抽象猫类🐱
2 abstract class Cat {
3     abstract void say();
4 }
5
6 // 抽象鼠类🐭
7 abstract class Mouse {
8     abstract void run();
9 }
10 // 汤姆
11 class Tom extends Cat {
12     void say() {
13         System.out.println("我汤姆要来抓人啦！");
14     }
15 }
16
17 // 杰瑞
18 class Jerry extends Mouse {
19     void run() {
20         System.out.println("汤姆来啦，快溜快溜！");
21     }
22 }
```

接下来模拟一下场景：

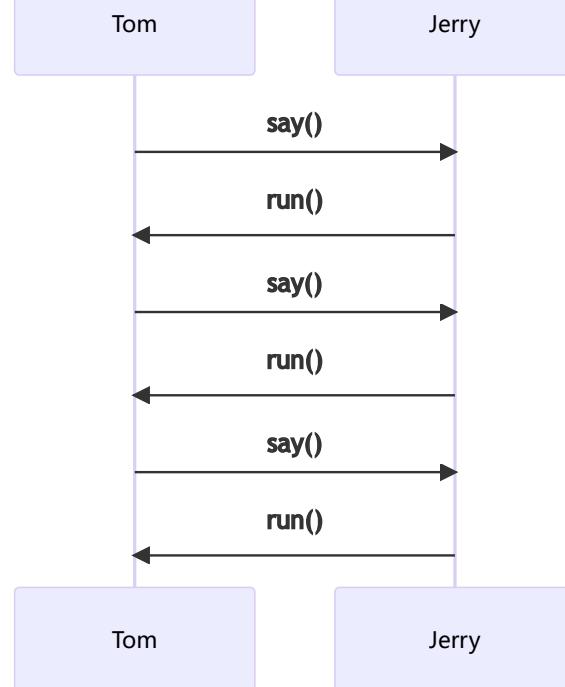
```
1 public class Client {
2     public static void main(String[] args) {
3         Tom tom = new Tom();
4         Jerry jerry = new Jerry();
5
6         // 汤姆发出声音，杰瑞开始跑路
7         tom.say();
8         jerry.run();
9     }
10 }
```

执行结果

```
我汤姆要来抓人啦！
汤姆来啦，快溜快溜！
```

这个场景比较简单，而且Tom与Jerry之前的关联只是**人为用代码执行顺序的方式**进行了连接，耦合度极强。

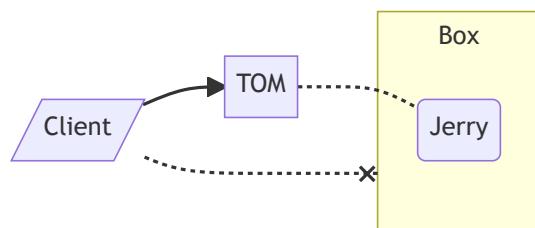
我们再看几种稍微复杂的场景：



## 场景一

假如Jerry逃跑后又回来偷吃东西。Tom再次发出叫声，Jerry再次逃跑，然后Jerry逃跑后又回来偷吃东西，Tom又发出叫声.....如此往复。

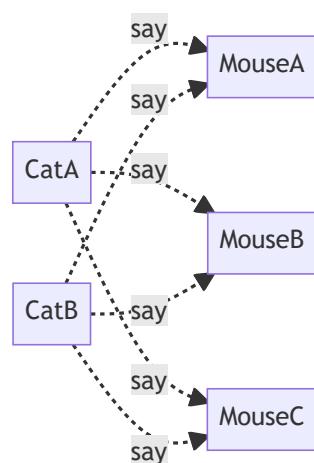
我们能否实现只要Tom执行 say 方法，Jerry总能**自动**执行 run 方法？



## 场景二

假如Jerry藏在箱子里面。即无法获得Jerry这个对象，无法调用它的方法，

我们能否将Tom与Jerry之间的关系连接起来？



### 场景三

假如有许多只不同种类的猫和很多只不同种类的鼠，当一只猫调用 `say` 方法，所有的鼠都会调用 `run`。

我们能否将多个对象之间建立起联系？

通过上述思考，我们要提供一种对象之间的**通信机制**。这种机制，要能够给两个不同对象中的方法建立映射关系，前者被调用时后者也能被自动调用。

更进一步，即使两个对象都互相不知道对方的存在，仍然可以建立联系。甚至一对一的映射可以扩展到多对多。

使用**场景三**图示中展现的这种简单连接方式，修改代码的数量会非常之多，每当有一个关系需要连接的时候，就要修改一次类内部的代码，非常不利于维护。

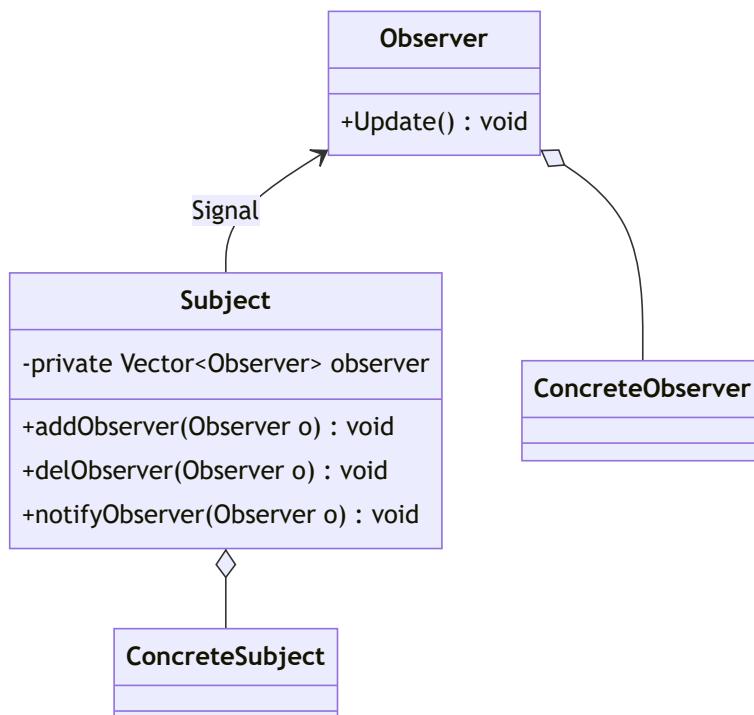
如果Cat们事先知道哪些Mouse需要被通知这个信号，那么就只需遍历一次**需要通知的Mouse列表**不就可以了吗？

为了解决这个问题，我们可以采用一种设计模式——**观察者模式**来解决这个问题。

观察者模式（Observer Pattern）也称**发布订阅模式**（Publish）它的定义如下：

将对象之间使用一对多的依赖关系，使得当一个对象改变状态，则所有依赖于它的对象都会得到通知（信号）并自动更新。

我们先来解释一下观察者模式的几个角色名称：



- **Subject (被观察者)**

类内部含有**观察者列表**，存储着所有关联被观察者的名单，同时还有增加、删除、和通知的方法。

- **Observer (观察者)**

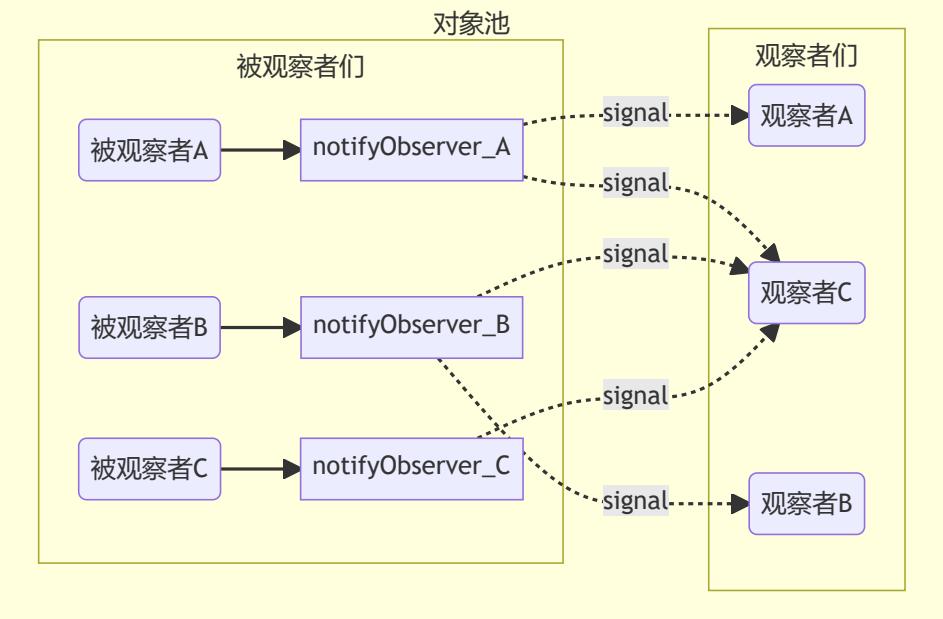
类内部含有**接受消息更新方法**，当被观察者的通知方法被调用时，这个方法会自动执行并更新。

- **ConcreteSubject (具体的被观察者)**

定义被观察者自己的业务逻辑，同时定义**对哪些事件进行通知**

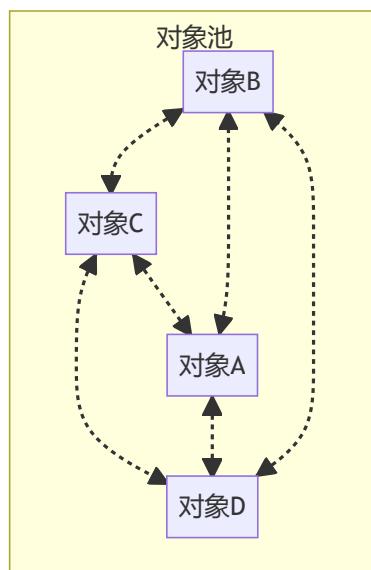
- **ConcreteObserver (具体的观察者)**

定义观察者自己的业务逻辑，同时定义**接受消息后的处理逻辑**。



所有的被观察者会将需要连接的观察者放入自己的列表，当自己的 `notifyObserver` 方法被调用时，就会发出信息，通知所有的观察者执行自己的 `update` 方法来更新状态。

通过观察者模式，我们就可以将类与类之间进行解耦，观察者模式也非常符合**单一职责原则**，每个类都尽可能的只管自己的事情，当一方的代码进行修改时，只要不涉及信号发送与信号处理的方法，程序基本不会受到任何影响。



当然这里的观察者与被观察者并不是一个绝对的概念，很多对象既是观察者，又充当被观察的角色，形成相互联动的关联特性。

再回到Qt来说，所谓**信号槽**，实际就是观察者模式的一种实现。

### ⚠ 注意

Qt的信号槽即使与观察者模式非常类似，但**并不是经典的观察者模式的实现方式**，读者无需了解具体的实现原理，只需要知道如何使用信号槽即可

下面我们先来看看 `connect` 函数最常用的一般形式：

```
connect(sender, signal, receiver, slot);
```

`connect()`函数一般使用四个参数的重载形式，

- `sender` 是发出信号的对象。

- `signal` 是发送对象发出的信号。
- `receiver` 是接收信号的对象。
- `slot` 是接收到信号之后所需要调用的函数。
- 

当某个事件发生之后，`sender` 就会发出一个 `signal`（信号）。这种发出是一种广播。如果有 `receiver` 对这个信号感兴趣，这个对象就会通过 `connect`（连接函数），用自己的一个 `slot`（槽函数）来处理这个信号。被连接的槽函数会自动被回调。

## 原生信号槽

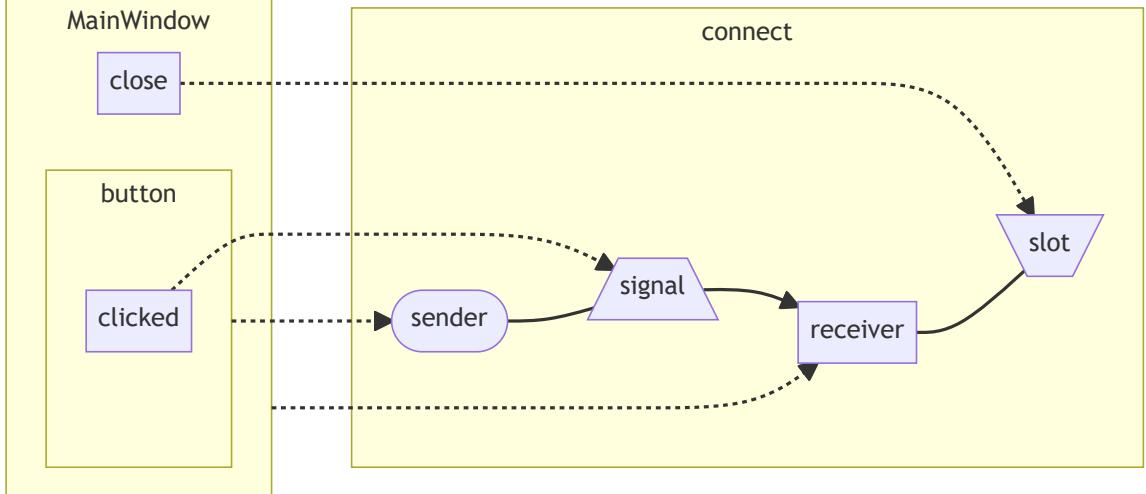
Qt为每一个Object都预先写好了一些信号与槽函数，可以直接使用他们来进行对象之间的连接。

下面这个例子是在主窗口创建一个按钮，当用户点击这个按钮时，窗口便会关闭。

```

1 //-----mainwindow.cpp-----
2 #include<QPushButton.h>
3 #include "mainwindow.h"
4 // 构造函数
5 MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) : QMainWindow(parent) {
6
7     // 创建一个按钮
8     // 文本内容是“点击关闭该窗口”， 其父对象是this，即该窗口所指的具体对象
9     QPushButton *button = new QPushButton("点击关闭该窗口", this);
10
11    // 设置按钮的位置和大小
12    button -> move(0, 0);
13    button -> resize(200, 100);
14
15    // 使用connect函数连接
16    connect(button, &QPushButton::clicked, this, &QMainWindow::close);
17 }
18
19 MainWindow::~MainWindow() {
20 }
21
22 //-----main.cpp-----
23 #include "mainwindow.h"
24 #include < QApplication>
25
26 int main(int argc, char *argv[]) {
27
28     // 创建QApplication, 用来初始化与管理所有对象
29     QApplication a(argc, argv);
30
31     // 创建主窗口，并显示
32     MainWindow w;
33     w.show();
34
35     // 进入主事件循环
36     return a.exec();
37 }
38

```



代码中最重要的是 `connect` 函数，下面就来解释下这几个参数：

- `button`: 类型是 `QPushButton *`, 由于发出信号的是按钮, 所以 `sender` 处填入`button`对象的指针。
- `&QPushButton::clicked`: 类型是 `void *`, `clicked`是`QPushButton`类的成员函数, 这个函数已经使用 `Q_SIGNALS` 转化为了信号, 所以 `signal` 处填入`button`对象的`clicked`函数的指针。
- `this`: 实际是该类所指具体的窗口, 由于做出动作的对象是窗口, 所以 `receiver` 处填窗口对象的指针。
- `&QMainWindow::close`: 类型是 `bool *`, `close`是`QMainWindow`类的成员函数, 这个函数已经使用 `Q_SLOTS` 转化为了信号, 所以 `slot` 处填入窗口对象的`close`函数的指针。

总结一下，在Qt中让对象之间连接起来，只需要传入以上四个参数即可实现，相比于经典的观察者模式来说，已经很简单了。

## 自定义信号槽

Qt 的信号槽机制不仅仅是使用系统提供的那部分，还会允许我们自己设计自己的信号和槽，用于设计解耦的程序。

继续使用之前提到《猫和老鼠》的例子来作为演示：

```

1 //-----tom.h-----
2 class Tom : public QObject {
3     Q_OBJECT
4     public:
5         explicit Tom(QObject *parent = 0);
6     signals:
7         // 声明一个信号函数
8         void say();
9 };
10 //-----tom.cpp-----
11 // 无实现
12
13 //-----jerry.h-----
14 class Jerry : public QObject {
15     Q_OBJECT
16     public:
17         explicit Jerry(QObject *parent = 0);
18     public slots:
19         // 声明一个槽函数
20         void run();
21 };
22
23 //-----jerry.cpp-----
24 // 槽函数的实现
25 void Jerry::run() {
26     qDebug() << "溜了溜了\n" ;
27 }
28 //-----mainwindow.h-----
29 #include "tom.h"
30 #include "jerry.h"
```

```

31 class MainWindow : public QMainWindow {
32     Q_OBJECT
33     public:
34         // 定义两个对象指针，把Tom和Jerry变成自己的成员
35             Tom *tom;
36             Jerry *jerry;
37             MainWindow(QWidget *parent = 0);
38             ~MainWindow();
39         // 声明一个函数，用来发起信号
40             void JerryEatFood();
41 };
42
43 //-----mainwindow.cpp-----
44 #include "mainwindow.h"
45 #include "tom.h"
46 #include "jerry.h"
47 #include <QDebug>
48 MainWindow::MainWindow(QWidget *parent) : QMainWindow(parent) {
49     // 创建Tom和Jerry
50         this -> tom = new Tom();
51         this -> jerry = new Jerry();
52
53     // 使用connect函数连接
54         connect(tom, &Tom::say, jerry, &Jerry::run);
55         JerryEatFood();
56 }
57
58 void MainWindow::JerryEatFood() {
59     // 调用该函数时，发现杰瑞在吃东西，同时Tom发起say的信号
60         qDebug() << "发现杰瑞在吃东西! \n";
61         emit tom -> say();
62 }
63

```

## 执行结果

发现杰瑞在吃东西！  
溜了溜了

下面我们来分析下自定义信号槽的代码。

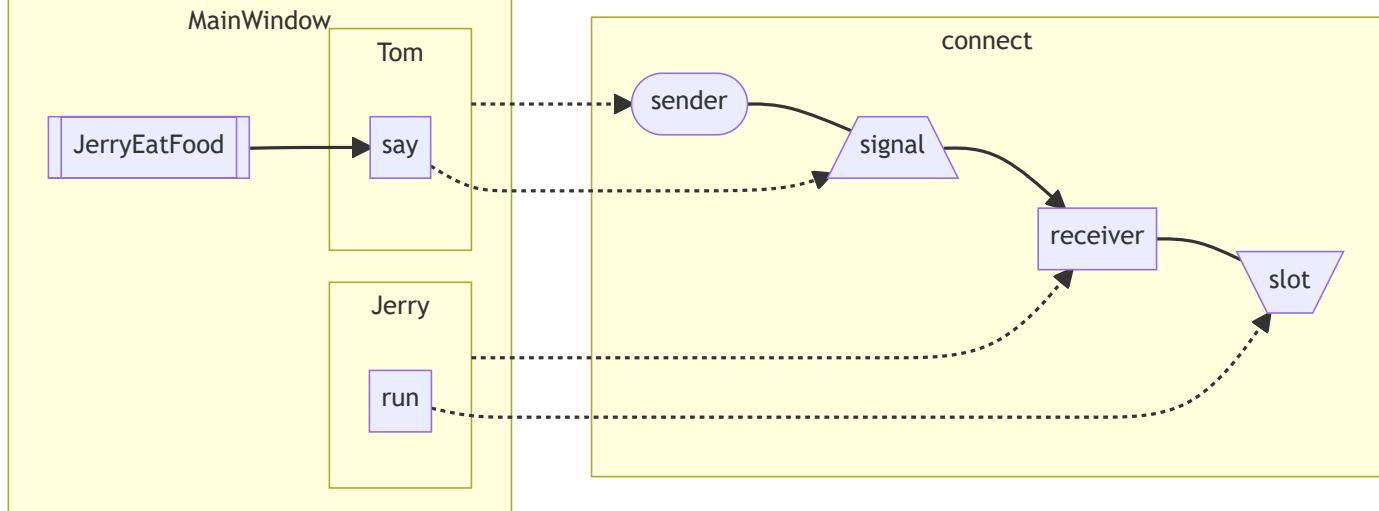
对于Jerry和Tom来说，他们继承了QObject，只要继承了QObject了，都需要在头文件中的第一行写上 **Q\_OBJECT** 宏定义。

### ○ 警告

即使不添加**Q\_OBJECT**宏定义在一些情况下也是可以运行的，但为了避免任何一个BUG产生的可能，无论是否需要，都不要省略**Q\_OBJECT**。

Tom类新加了一个 `signals`。`signals` 是用来定义该类的信号。信号本质是一个返回值为void的函数，不能在 cpp 中实现。  
Jerry类新加了一个 `slots`。`slots` 是用来定义该类的槽函数，槽函数本质是一个返回值为void的函数，可以在源文件中实现这个函数。

MainWindow类的 `JerryEatFood` 比较简单，只有两个语句，第一句是向控制台输出文本，第二个 `emit tom -> say();` 是关键。  
`emit` 是 Qt 对 C++ 的扩展关键字宏。`emit` 的含义就是发出信号，后面只需跟一个对象的信号就可以了，无需关心这个信号是如何广播的。



如上图所示，整个程序的执行过程是这样的：首先 MainWindow 的构造函数先创建两个对象，之后用 connect 函数连接，最后调用 JerryEatFood 函数。由于我们的连接，当这个信号发出时，会自动调用 Jerry 的槽函数，打印出语句。

读者如果细心发现，在自定义信号槽中我们手动执行了 JerryEatFood 函数，而原生信号槽却没有这个行为，这是因为：**原生信号槽已经自动写好了对于窗口的动作，只需用 connect 函数连接完毕即可。**

我们的示例程序讲解完了。基于 Qt 的信号槽机制，我们不需要观察者的容器，也不需要注册对象，就实现了观察者模式。还是非常方便的。

下面总结一下自定义信号槽需要注意的事项：

1. 发送者和接收者都需要是 QObject 的子类（Lambda 表达式等无需接收者的时候除外）；
2. 使用 signals 标记信号函数，信号是一个函数声明，返回 void，不需要实现函数代码；
3. 槽函数是普通的成员函数，作为成员函数，会受到 public、private、protected 的影响；
4. 使用 emit 在恰当的位置发送信号；
5. 使用 connect 函数连接信号和槽。

## 简化信号槽传参——Lambda 表达式

Lambda 表达式 (lambda expression)，即**匿名函数**（没有函数名的函数）。

Lambda 表达式基于数学中的 λ 演算得名，通过 Lambda 表达式可以不用创建匿名类就使用匿名方法，Lambda 表达式可以使代码变得更加简洁紧凑。

C++11 提供了对 Lambda 表达式的支持，Lambda 表达式把函数看作对象。Lambda 表达式可以像对象一样使用，比如可以将它们赋给变量和作为参数传递，还可以像函数一样对其求值。

Lambda 表达式具体形式如下：

```
[capture] (parameters) specifiers -> return_type { body }
```

### capture 捕获参数列表

捕获的外部变量列表，通过逗号分隔，可进行传值捕获或者引用捕获

```

1 class CppLambda
2 {
3     public:
4         void Test1(int InValue) {
5             int Value = 0;
6             auto a1 = [](<int> x) {/*仅访问外部全局变量*/};
7             auto a2 = [Value](int x) {/*值传递局部变量Value*/};
8             auto a3 = [this](int x) {/*值传递this指针*/};

```

```
9 auto a4 = [&Value](int x) /*引用传递局部变量Value*/;
10 auto a5 = [=](int x) /*值传递所有可访问的外部变量*/;
11 auto a6 = [&](int x) /*引用传递所有可访问的外部变量*/;
12 auto a7 = [=, &Value](int x) /*引用传递局部变量Value,
13                                     值传递所有其他可访问的外部变量*/;
14 auto a8 = [&, Value](int x) /*值传递局部变量Value,
15                                     引用传递所有其他可访问的外部变量*/;
16 }
17 };
```

## parameters 传入参数列表

匿名函数也支持通过外部传入参数，例如：

```
int answer = [](int x){ cout << "answer = " << answer; }(100);
```

执行结果为

```
answer = 100
```

如果没有需要传入的参数，可以连带()一同省略。

## specifiers 可选参数

说明符，可选。

值传递捕获的外部变量是在默认情况下是只读的，若想修改该副本，需要在Lambda表达式上添加 `mutable` 关键字，例如：

```
auto a2 = [Value](int x) mutable {Value++;};
```

此时执行 `Value++`；后，`Value` 的副本 值就会增加1。

### ⚠ 注意

此处修改的只是副本，**该变量的值依旧不会改变**，请读者注意。

## return\_type 匿名函数返回类型

用来指定匿名函数的返回类型，当返回值为 `void`，或函数体中只有一处 `return`（即编译器可以自动推导出返回值类型），这部分可以省略。

## body 函数体

匿名函数的执行过程体。

使用Lambda表达式，我们可以修改猫和老鼠的代码：

```
1 //-----jerry.cpp-----
2 void Jerry::run() {
3     qDebug() << "Jerry跑了\n" ;
4 }
5 //-----mainwindow.cpp-----
6 #include "mainwindow.h"
7 #include "tom.h"
8 #include "jerry.h"
9 #include <QDebug>
10 MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
11     : QMainWindow(parent)
```

```

12 {
13     this -> tom = new Tom();
14     this -> jerry = new Jerry();
15     tom->setParent(this);
16     jerry->setParent(this);
17     connect(tom, &Tom::say, jerry, [=]{
18         qDebug() << "Jerry跑了\n" ;
19     });
20     JerryEatFood();
21 }
22
23 void MainWindow::JerryEatFood() {
24     qDebug() << "发现杰瑞在吃东西！" ;
25     emit tom -> say();
26 }
```

执行结果为

发现杰瑞在吃东西！

Jerry跑了

```

1 // -----
2 void Jerry::run() {
3     qDebug() << "Jerry跑了\n" ;
4 }
5 connect(tom, &Tom::say, jerry, &Jerry::run);
6 // -----
7 |
8 |
9 |
10   v
11 // -----
12     connect(tom, &Tom::say, jerry, [=]{
13         qDebug() << "Jerry跑了\n" ;
14     });
15 // -----
```

通过使用Lambda表达式，我们将槽函数定义，槽函数引用两个部分的内容使用一句代码就概括了，并且Lambda表达式执行完毕后会自动释放内存，达到**随时随地使用**的效果。

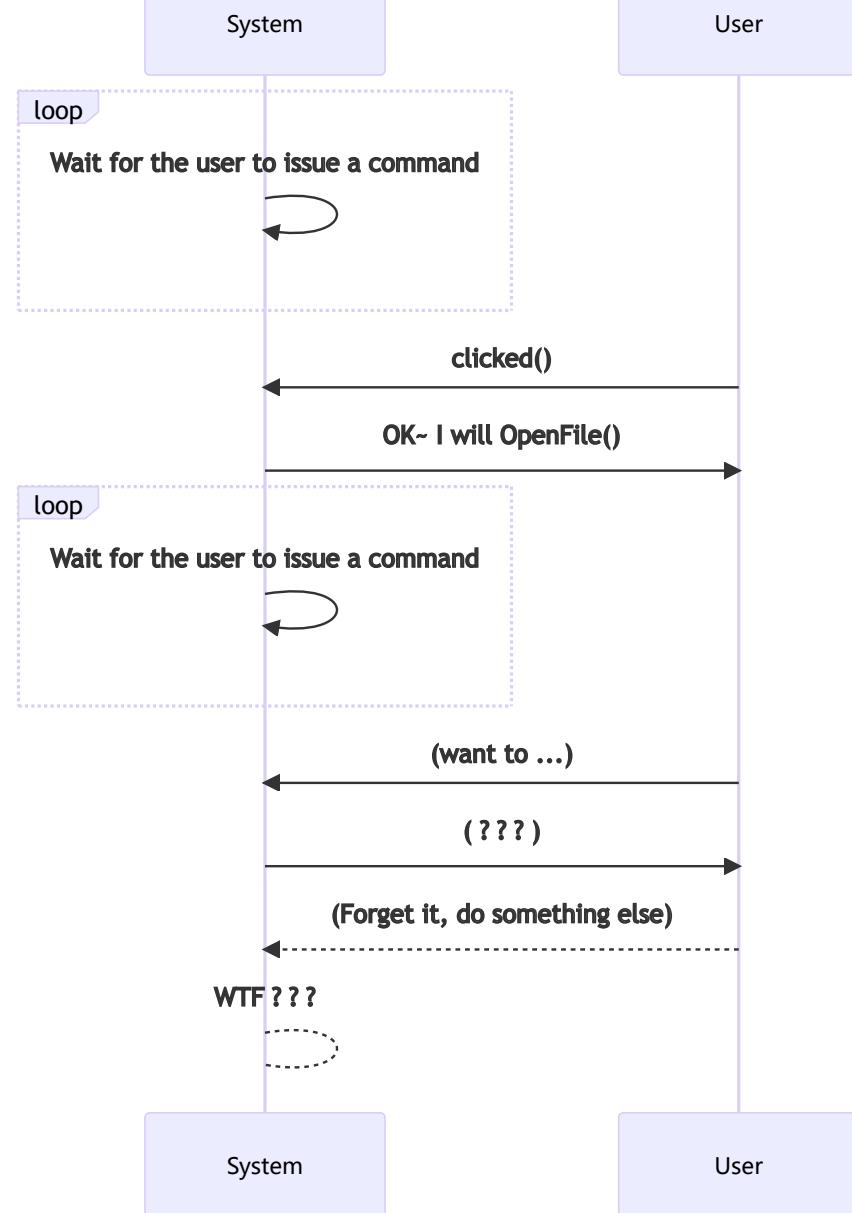
## 更宽泛的对象联动——事件

事件（event）是由系统或 Qt 本身在不同的时刻发出的。

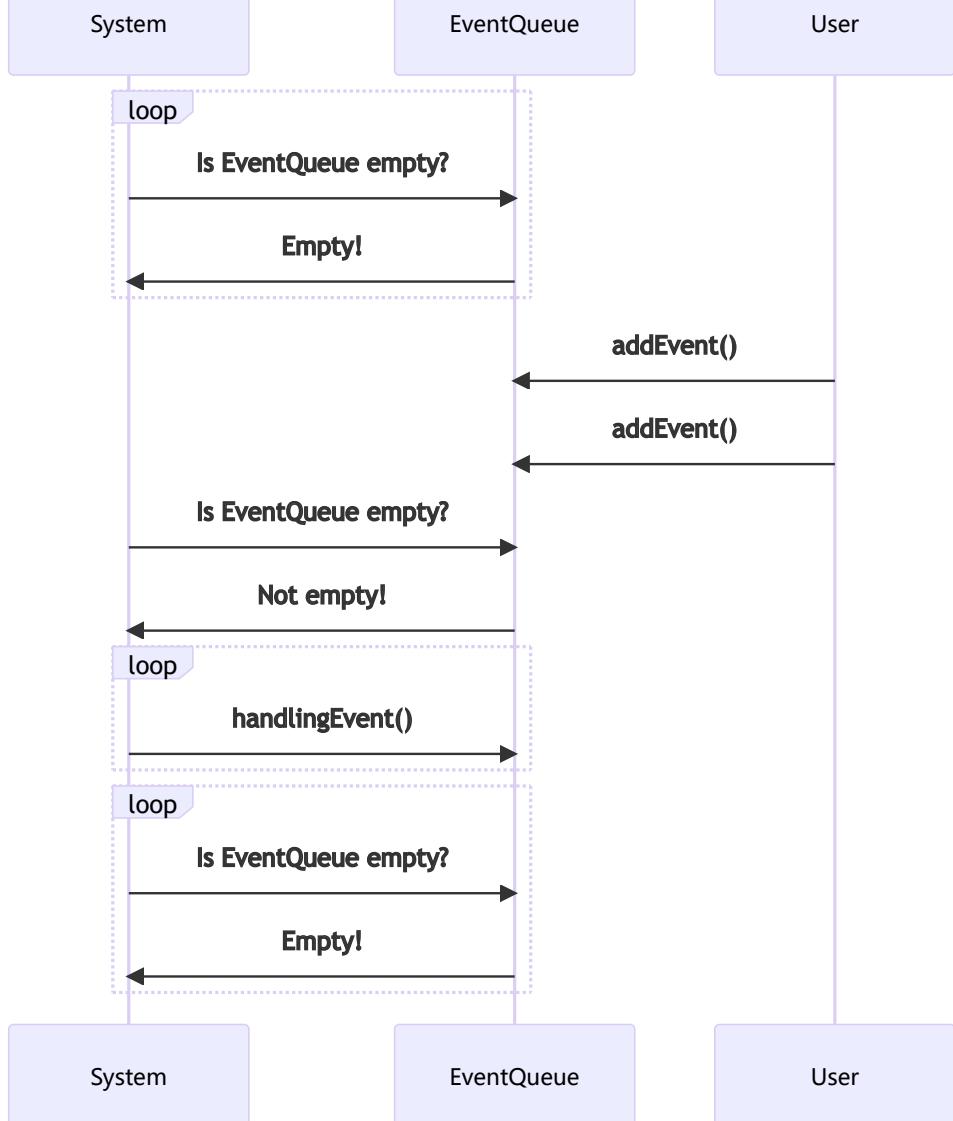
当用户点击鼠标、按下键盘等操作时，或者计时器达到规定时限，都会发出一个相应的事件。

事件的出现，使得程序代码可以按照**事件驱动**的方式来执行。

在本教程一开始的时候便说明了，C++ 以线性的顺序执行代码，这种**顾前不顾后**的程序设计风格显然不适合于处理复杂的用户交互。



如上图所示，使用程序的人是用户，我们并不清楚用户什么时候会使用某一功能。例如打开文件，我们既不能一直关心用户是否想要打开文件，也不能完全不理睬用户的各种行为。



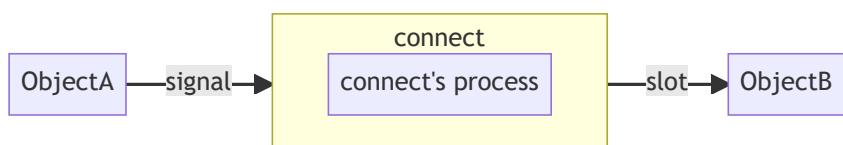
如上图所示，我们可以将事件抽象成为一个对象，当某个行为被捕捉到了以后，就把对应的事件加入事件队列，在事件队列的事件会被一次处理，这样，只需要关系事件队列里是否还有事件未处理就行了。

没有事件，程序将阻塞在那里，不执行任何代码。

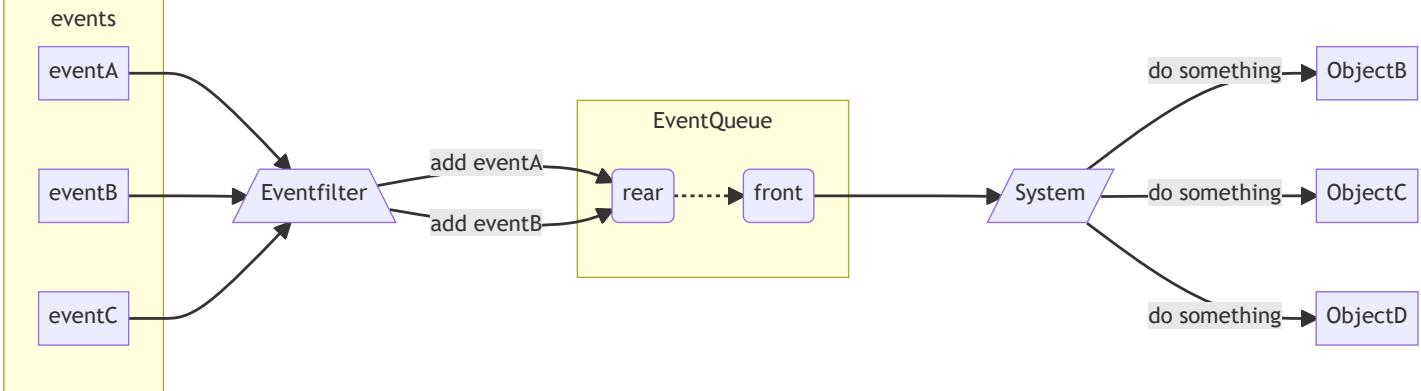
### 提示💡

上述两个方式，System都会进入循环并一直监听，但对于监听多种事件和只监听事件队列来说，显然后者的复杂性会更低一些，同时效率也会更高。

读者也许会有疑问在 Qt 中，事件与信号槽如此相似，他们有什么区别呢？



信号由具体的对象发出，然后会马上交给由 connect 连接的对象的槽函数进行处理。使用 Qt 组件的信号槽时，我们并不会把主要精力放在事件上，我们关心更多的是该对象关联的一个信号，只关心它的信号怎么发出，发出给谁。



而对于事件，Qt 使用一个事件队列对所有发出的事件进行维护，当新的事件产生时，会被追加到事件队列的尾部。前一个事件完成后，取出后面的事件进行处理。必要时，Qt 的事件也可以不进入事件队列，而是直接处理。信号一旦发出，对应的槽函数一定会被执行。但是，事件则可以使用事件过滤器进行过滤。

在所有组件的父类 `QWidget` 中，定义了很多事件处理的回调函数：

#### 事件回调函数

```

keyPressEvent()
keyReleaseEvent()
mouseDoubleClickEvent()
mouseMoveEvent()
mousePressEvent()
mouseReleaseEvent()

```

这些函数都是 Protected Virtual 的，也就是说，我们可以在子类中重新实现这些函数。

所以，在Qt中想要使用事件，需要让类继承 `QWidget` 类及其子类，然后在定义时重写他们的事件回调函数即可。

下面来看一个例子：

```

1 //-----EventLabel.cpp-----
2 class EventLabel : public QLabel {
3     protected:
4         void mouseMoveEvent(QMouseEvent *event);
5         void mousePressEvent(QMouseEvent *event);
6         void mouseReleaseEvent(QMouseEvent *event);
7     };
8
9 void EventLabel::mouseMoveEvent(QMouseEvent *event) {
10     this->setText(QString("<center><h1>Move: (%1, %2)</h1></center>"))
11         .arg(QString::number(event->x()), QString::number(event->y()));
12 }
13
14 void EventLabel::mousePressEvent(QMouseEvent *event) {
15     this->setText(QString("<center><h1>Press: (%1, %2)</h1></center>"))
16         .arg(QString::number(event->x()), QString::number(event->y()));
17 }
18
19 void EventLabel::mouseReleaseEvent(QMouseEvent *event) {
20     QString msg;
21     msg.sprintf("<center><h1>Release: (%d, %d)</h1></center>",
22             event->x(), event->y());
23     this->setText(msg);
24 }
25 //-----main.cpp-----
26 int main(int argc, char *argv[]) {
27     QApplication a(argc, argv);
28
29     EventLabel *label = new EventLabel;

```

```
30     label->setWindowTitle("MouseEvent Demo");
31     label->resize(300, 200);
32     label->show();
33
34     return a.exec();
35 }
```

EventLabel继承了QLabel，重写了 `mousePressEvent()`、`mouseMoveEvent()` 和 `MouseReleaseEvent()` 三个函数。我们在鼠标按下 (press)、鼠标移动 (move) 和鼠标释放 (release) 的时候，把当前鼠标的坐标值显示在这个Label上面。由于QLabel是支持 HTML 代码的，因此我们直接使用了 HTML 代码来格式化文字。通过 `event` 对象的 `x()` 和 `y()` 函数，可以获得坐标值。