Microfluidic Chip Simulation GUI

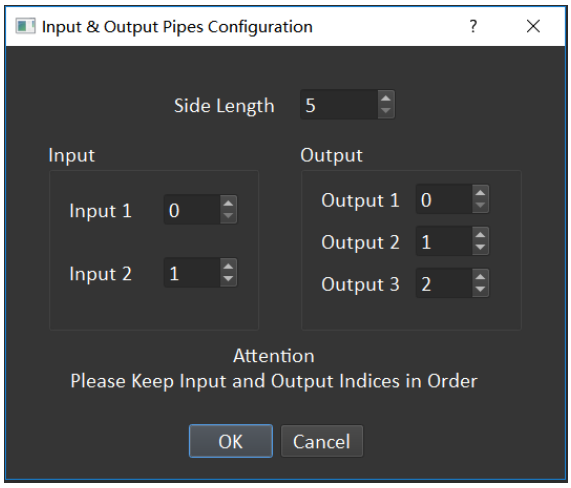
Designer: 计 73 李家昊

程序功能

基础功能

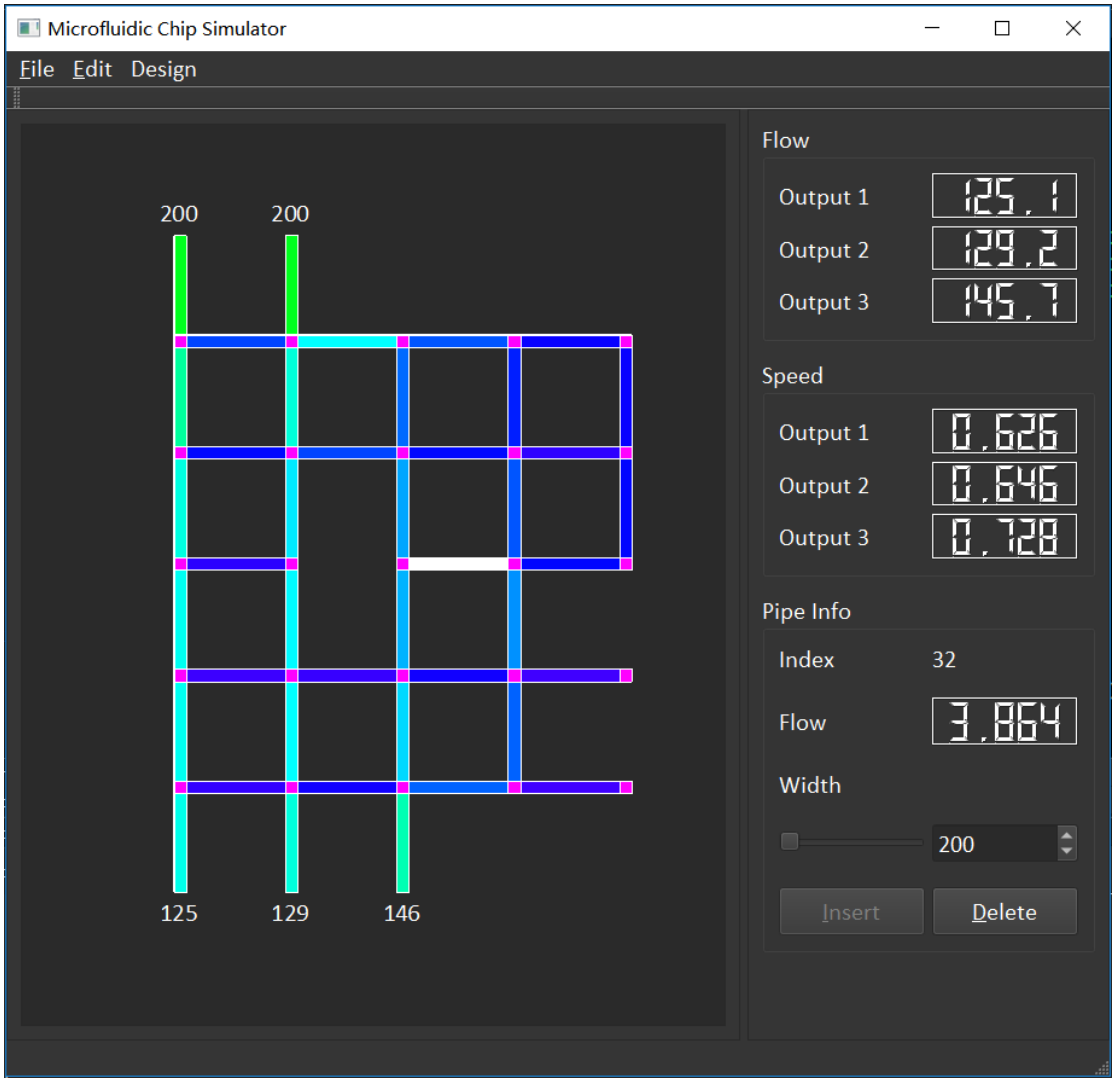
设置行列数

程序启动时，弹出对话框获取用户设置，用户可设置芯片行列数、输入管道位置和输出管道位置。对话框设有输入数据检查功能，当用户输入的数据不合法（如输入管道的位置发生重合），对话框的 ok 按钮会被禁用。当用户点击确认键时，程序根据用户输入的边长和输入输出管道信息，产生一个正方形网格芯片，每条边存在的概率为 10%，输入输出管道除外。



增删管道

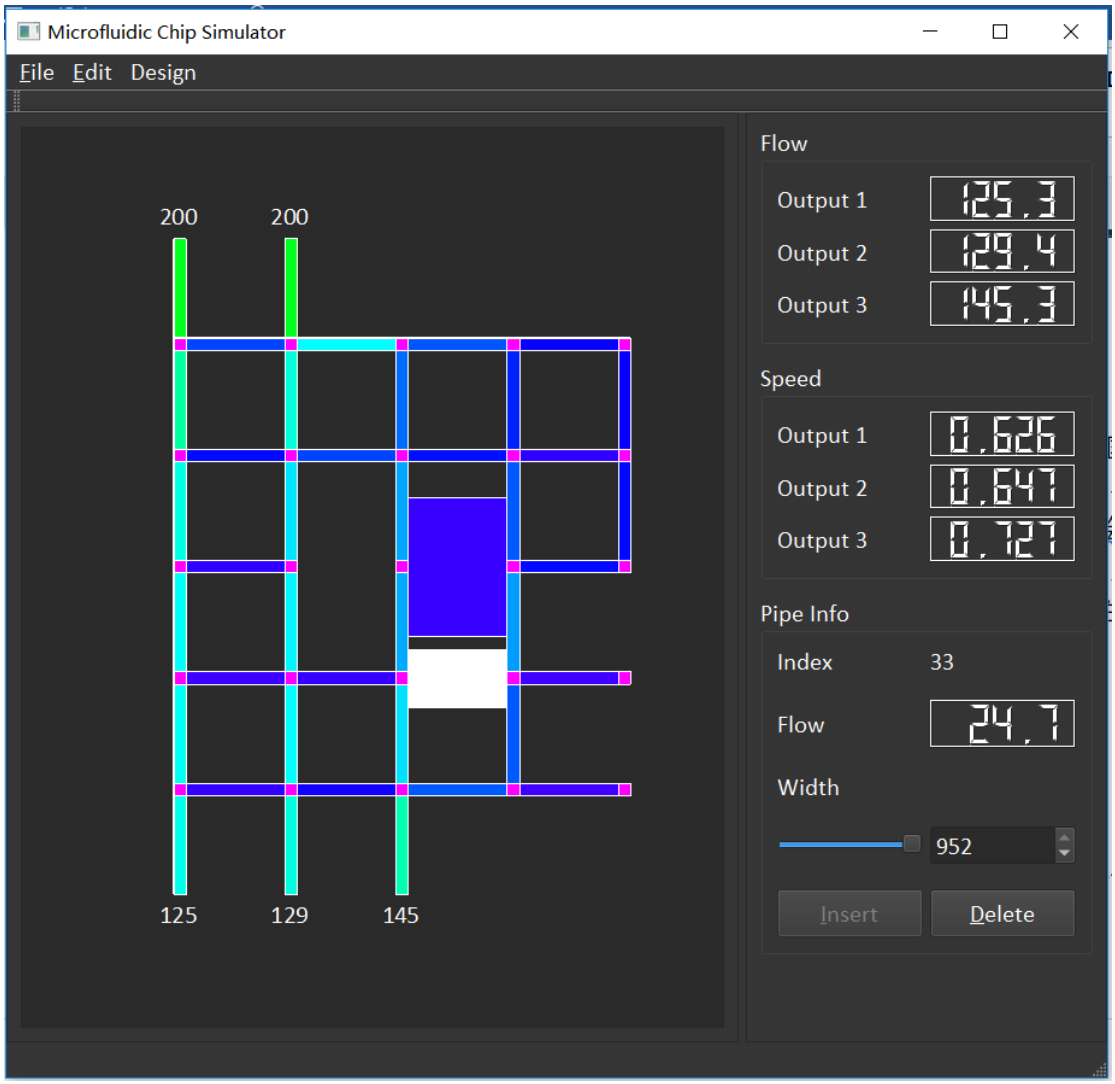
用户选中某一管道时，管道高亮，若管道不存在，则用白色虚线边框表示高亮，若管道存在，则将其填充为白色。选中管道时，界面右侧的功能区中能显示管道信息，Insert 和 Delete 按钮其中之一会被启用，当用户点击 Insert 或 Delete 按钮时，管道会立刻显示或消失在屏幕中，同时后台开始重新计算每条管道的流量和流速，并实时更新在屏幕上。



扩展功能

管道宽度可调

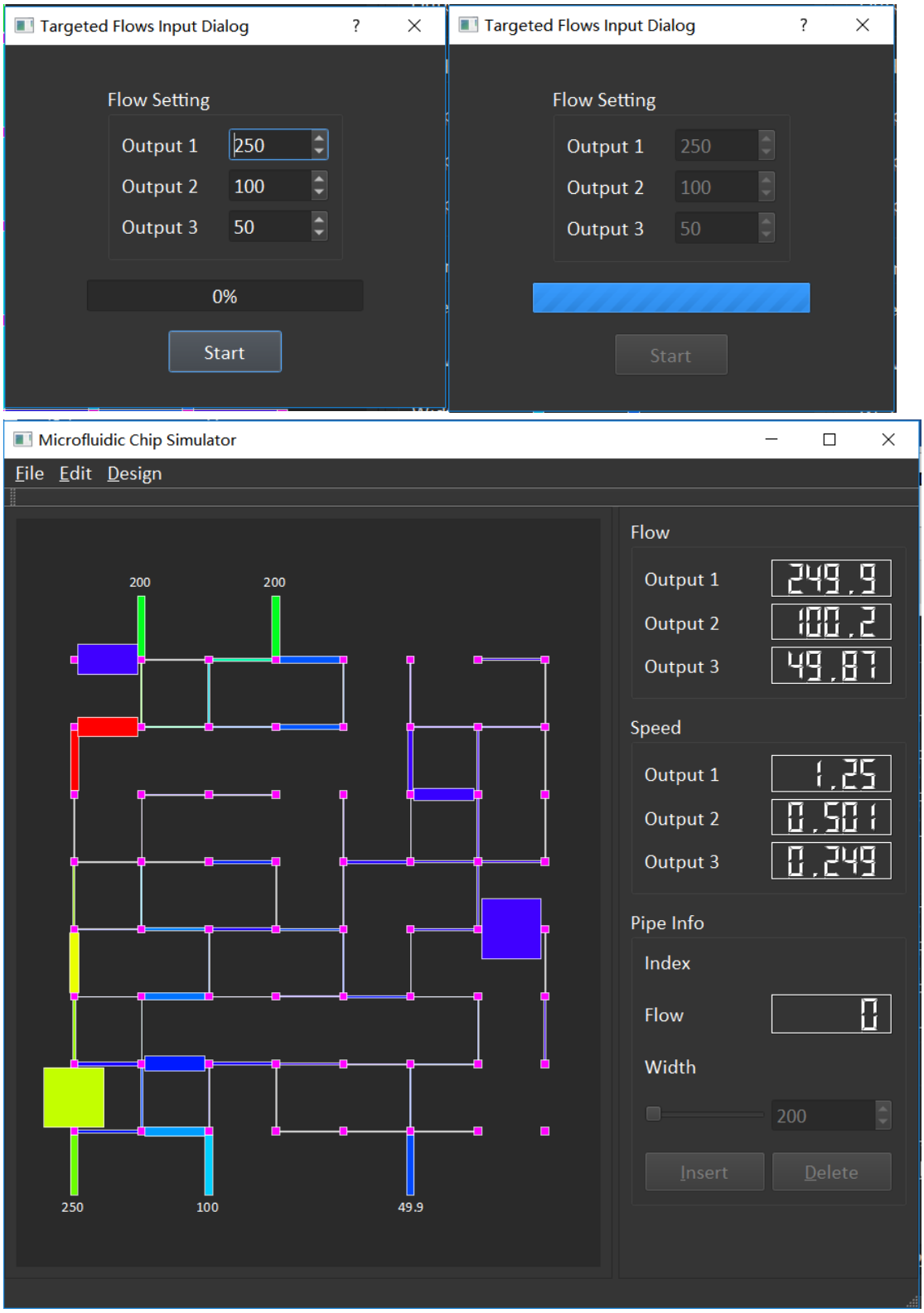
当用户选中某一管道时，若该管道存在且可操作，右侧功能区的宽度滑块和输入框即被启用，用户可通过拖动滑块，调节管道宽度，此时程序检测到宽度改变的信号，会实时在绘图区中更新该管道的形状，并重新计算各个管道的流量和流速，实时更新在功能区和绘图区上。滑块和输入框带有合法性检查功能，在用户点击管道时，程序计算得出该管道的宽度能达到的最大值，并将此最大值设为滑块和输入框的最大值，以保证输入数据的合法性。



芯片反向设计

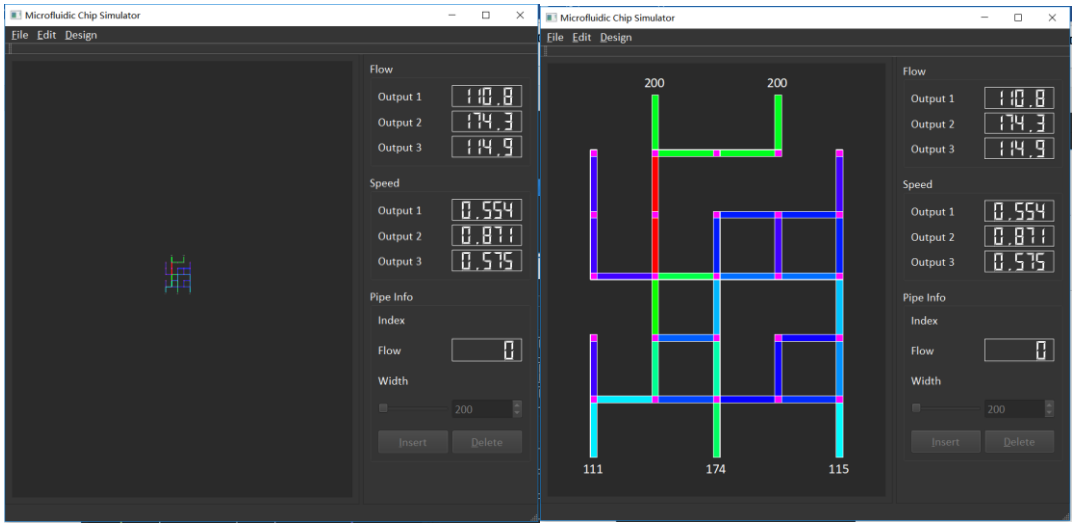
采用遗传算法，将所有管道的宽度信息编码成基因，设置种群大小为 100，每一轮淘汰中，选出前 20 个最适应个体，使他们随机交配产生下一代，并设置变异概率。对于 8*8 的芯片，能在数秒内产生结果，且误差方差不超过 3。

另外，由于计算耗时较长，程序采用多线程技术，将遗传算法放进另一个线程中执行，避免了程序卡死的问题。



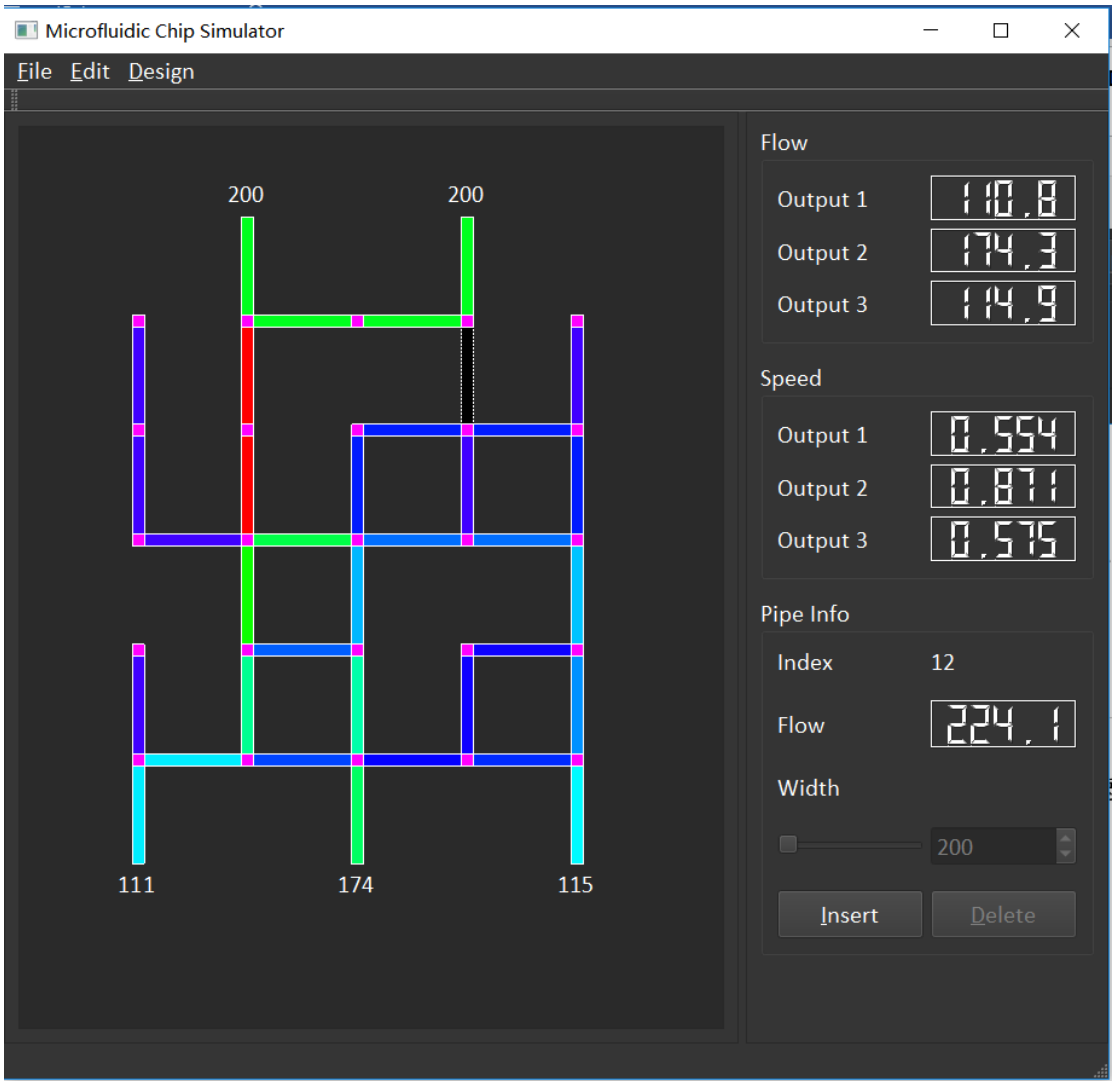
放缩绘图区

绘图区实时监听鼠标滚轮事件，当用户在绘图区滑动鼠标滚轮时，绘图区以鼠标为中心缩放图像，(类似 CAD 软件的缩放操作)，方便操作。



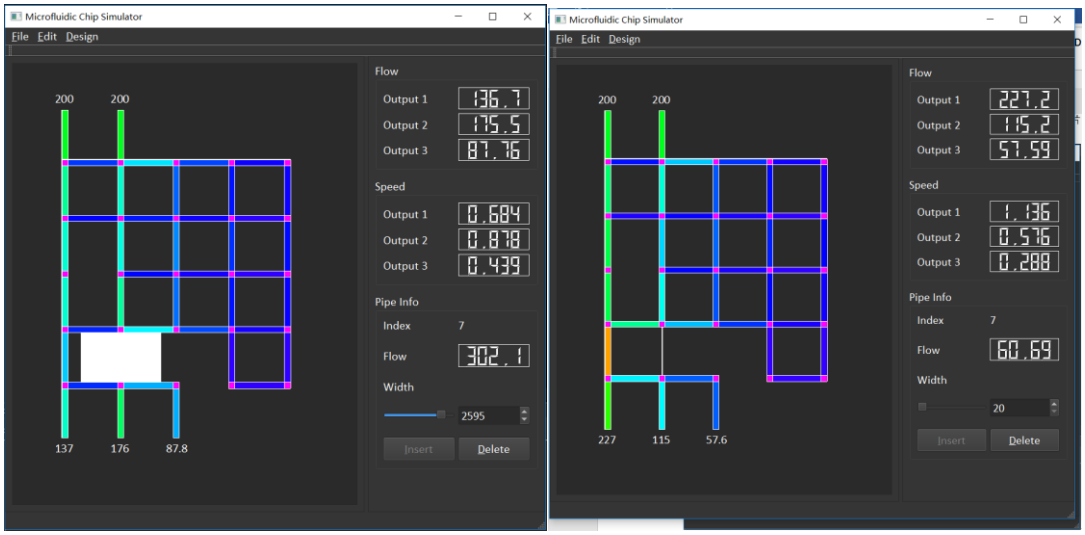
流速可视化

绘制管道时采用 HSV 颜色填充，将不同大小的流量映射到不同的 Hue 值，即可见光谱的不同位置，并实时显示在界面中。颜色可表示所有流量范围(0-400)，红色表明流速大，蓝色表明流速小。



实时计算流速

当用户增删管道，或者拖动宽度调节滑块时，无需重新手动刷新，屏幕就已经显示出更新后的流速。管道流速是动态变化的，绘图区管道的颜色也会动态改变，实时计算和更新为芯片设计者提供了极大的便利。



保存和导入文件

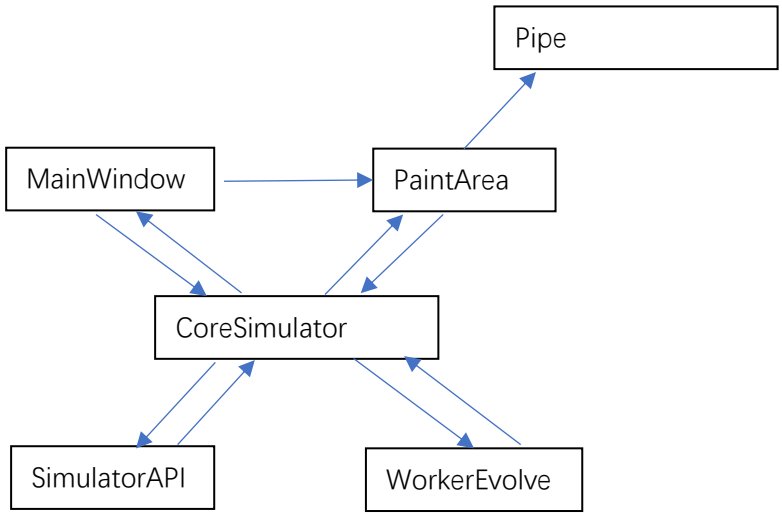
自定义了 AllData 类，其中存放了边长、管道宽度、长度、进出管道位置等信息，并重写了 QDataStream 的 operator<<()和 operator>>()函数，实现通过 QDataStream 写入和读取二进制数据的功能。保存时将 AllData 数据写入后缀为.sim 的二进制文件中，读取时通过 QDataStream 将.sim 内数据读入 AllData，并重新初始化界面和模拟器。

界面风格

在 Qt 官网下载了基于 CSS 设计的 DarkStyle 风格，将其作为全局风格，同时设置了 Calibri 全局字体，使界面更加美观。风格预览页面如下：
https://wiki.qt.io/Gallery_of_Qt_CSS_Based_Styles

程序逻辑

整个程序以 MainWindow 为入口，以 CoreSimulator 为中心控制，显示部分为 MainWindow 和 PaintArea，核心的流量模拟运算则由 CoreSimulator 调用给定的算法 API，遗传算法在自定义的 WorkerEvolve 线程中运行，各个类通过与 CoreSimulator 通信，从而彼此连接起来。



设计感想

本次设计中遇到了很多问题，通过查资料和上机实践我已经解决了绝大部分。下面列举几个比较有意义的问题。

Qt 图形视图框架的坐标变换问题

Qt 图形视图框架主要有三个类：QGraphicsView, QGraphicsScene, QGraphicsItem。
对于 Item，要实例化一个 Item，必须重写 paint()和 boundingRect()两个虚函数，paint()函数负责绘制这个 Item，boundingRect()函数返回一个 QRectF 对象（通常是传给 paint 绘制），那么这个 QRectF 到底是在哪个坐标系中定义的呢？查资料发现，如果一个 Item 没有父对象，那么默认这个 Item 的坐标系是自己的坐标系，如果 Item 没有调用过 setPos()函数，则将自己的坐标系原点设置在 Scene 的(0,0)处，如果调用过，则将自己的坐标原点固定在了 Scene 上的某个点处，接下来 Item 处理的坐标都是基于自己的坐标原点的，正因为这一点，除了一些必要的坐标变换之外，每个 Item 处理起来非常方便。
对于坐标变换，Qt 提供了几个常用的函数，如

```
QGraphicsView::mapFromScene()     // 将 Scene 下的坐标转换到 View 下的坐标
QGraphicsView::mapToScene()       // 将 View 下的坐标转换到 Scene 下的坐标
QGraphicsItem::mapFromScene()     // 将 Scene 下的坐标转换到 item 下的坐标
QGraphicsItem::mapToScene()       // 将 Item 下的坐标转换到 Scene 下的坐标
QGraphicsScene::itemAt()          // 检测 Scene 坐标下对应的是哪个 Item
```

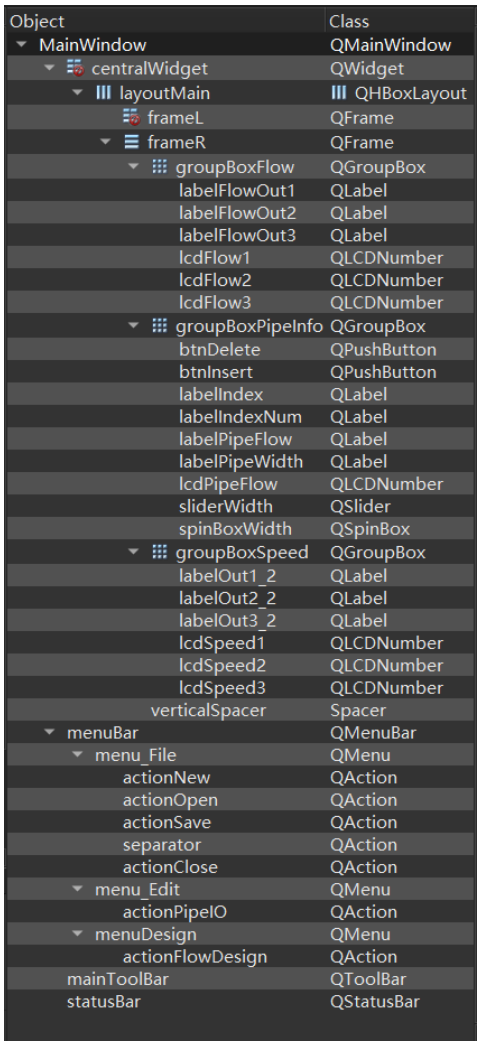
实际应用：当需要检测一个管道时，可以在 view 的函数中，先从 View 下坐标转到 Scene 下的坐标，再动态转型检查是否是一个管道 Item，再判断需要做的事情，最后 update Scene 即可触发 paint()函数。

```
    QPointF pos = this->mapToScene(event->pos());
    if(QGraphicsItem *item = scene.itemAt(pos, QTransform()))
    {
        if(Pipe* pipeItem = dynamic_cast<Pipe*>(item))
        {
            //do something
        }
```

```
    }
    else
    {
        // do something
    }
    scene.update();
```

UI 设计问题

以前我使用 Qt 时是不会用 Qt Designer 创建界面的，都是纯代码控制，现在发现使用 Designer 能节省很多时间，修改起来也很方便，还能预览界面。比如下面 MainWindow 的界面，如果用代码方式控制，将会非常麻烦。当然也可以用代码和 Designer 搭配，设计出更美观的界面。



MVC 模式的尝试

模型(model) – 视图(view) – 控制器(controller)
本次设计尝试使用 MVC 模式，基本保证了 MVC 的分离，M 为给定的 API，充当核心模型，C 为 CoreSimulator，它基本不参与显示计算任务，只负责调用 Model，读取计算数据，再

传递参数给 View(MainWindow, PaintArea)，而 MainWindow 和 PaintArea 除了坐标、尺寸等显示相关的计算，也同样没有参与任何核心计算。这种模式让整个程序结构更加清晰，增强了可维护性和可拓展性。