实习报告 - 基础图形绘制软件使用设计模式实现

姓名：张涵之　学号：191220154　日期：2022/5/22

1. 引言

开发任务简介 - 功能需求：

1. 设计良好的图形用户界面，有三角形、方框、圆形、椭圆、连接线五种元素可供用户选择后，通过拖拽鼠标，绘制到画布上。
2. 绘制图形时，各有五种填充颜色、线条粗细和背景透明度供用户选择。
3. 有文字描述和阴影两种装饰可供用户选择后，点击图形添加，其中文字描述经文本框输入，阴影可选左上、左下、右上、右下四种不同的方向。
4. 采用键盘快捷键和鼠标操作组合的方式为用户提供以下功能：单个图形的选中和拖拽改变位置；批量图形的选中、复制、删除和组合；组合后的图形和普通图形一样支持拖拽、选中、复制、删除、添加装饰操作。
5. 支持撤销和重做多步操作，支持一键清空画布。
6. 支持画布文件的新建、打开、保存、另存为，还可导出 JPG 格式。

开发任务简介 - 其他要求：

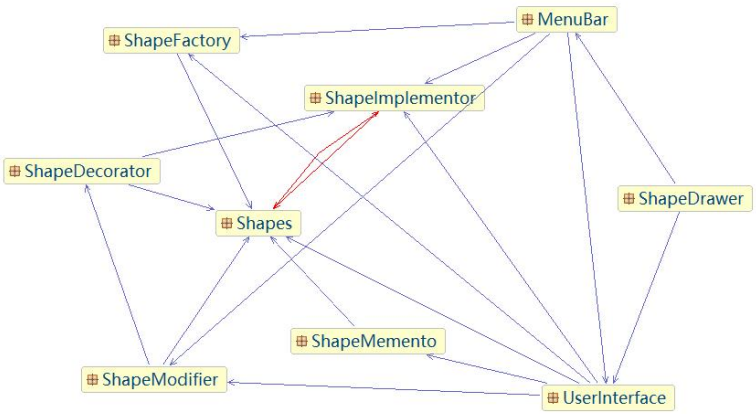
通过面向对象的语言实现，最终通过图形界面与用户进行交互。在设计和实现的过程中要求使用设计模式（不少于 4 种），在具体实现中应有所体现。

核心技术简介：

采用 Java 语言编写代码，图形界面主要通过 java.awt 和 java.swing 提供的方法实现。设计和实现涉及的模式包括工厂方法、装饰模式、原型模式、组合模式、桥接模式、备忘录模式以及不完全的状态模式（借用了部分思想）。

2. 对目标系统的分析和设计

UML 建模



Package 的设计如上，class 的 UML 图将在具体实现方案中展示。

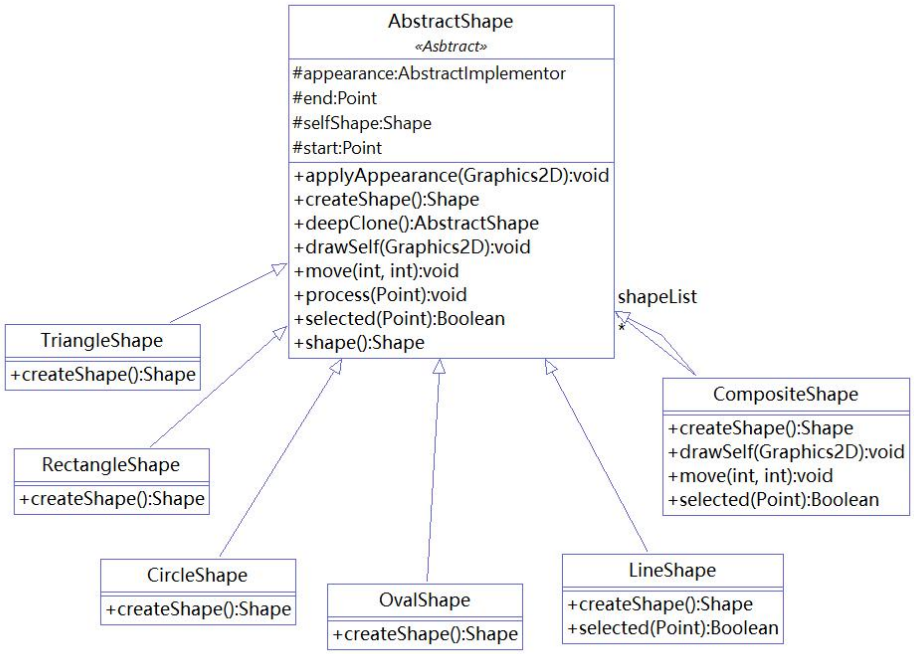
设计模式

- 工厂方法：在不同图形的创建（绘制）过程中使用工厂方法模式，从而将图形的选择（菜单点选）和绘制（鼠标事件的交互）解耦，负责绘制的模块不需要知道具体绘制什么图形，只需要调用传入的工厂即可。
- 原型模式：用于各种图形（简单和组合）的拷贝复制。
- 桥接模式：使图形的颜色、粗细和透明度这几个维度可以独立变化。
- 装饰模式：扩展图形功能，可以添加文字描述和阴影装饰。
- 组合模式：提供一种容器对象，使简单图形可以递归地组成复杂图形，且复杂图形在调用移动、复制、删除等方法时可以一视同仁。
- 备忘录模式：提供对多步 undo 和 redo 操作的支持。
- 状态模式（*借用其思想，具体实现有一定差异）：为同一个交互界面（画布）提供拖拽绘制、点击装饰、配合键盘移动/复制/删除/组合这三种不同的状态，不同状态下对相同鼠标和键盘事件的响应也有所区别。

3. 实现方案

下面将具体介绍每个 package 中类的设计和实现思路

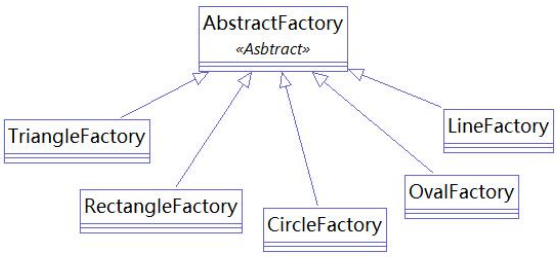
Shapes: abstract shape, concrete shapes, composite shape



Shapes 中定义了抽象图形类、五种基础图形和组合图形类。
其中 start 和 end 表示绘制时的对角线两个顶点，决定图形的大小，后续拖拽移动时也用于标记位置；selfShape 是 java.awt 中定义的图形类，用于具体的绘制。appearance 是外观（颜色/粗细/透明度）控制接口，后面还会提到。
Abstract Shape 的接口有：applyAppearance（设置外观）、createShape（用于创建/更新图形）、deepClone（用于图形拷贝复制）、drawSelf（绘制）、move（移动）、process（用于拖拽绘制过程中不断刷新图形位置大小）、selected（用

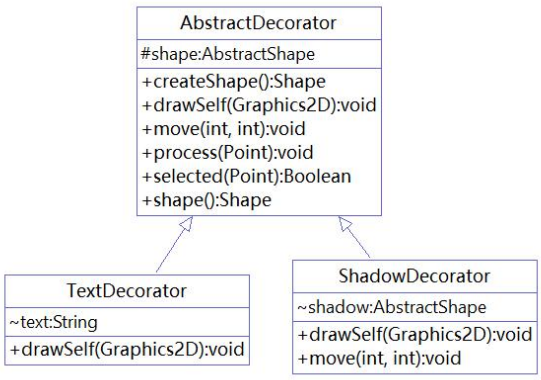
于判断鼠标点击是否选中图形）、shape（返回 selfShape）。
每个具体/组合图形都对 createShape 进行了 override，Line 和 Composite 还重载了 selected，因为抽象图形中默认的选中是判断鼠标点击处是否落在图形范围内，连接线是判断点击处和线段的距离是否满足一定范围，而对于组合图形递归调用其 component 的 selected 方法，只要有一个被选中即返回 true。
组合图形还重载了 drawSelf 和 move，均以递归处理 component 实现。
这个 package 内的 class 主要用到了原型模式（模仿课程示例代码进行深拷贝以实现复制）和组合模式（Composite 维护一个 Abstart 类型的 shapeList）。

ShapeFactory: abstract shape factory, concrete shape factory



ShapeFactory 中定义了抽象图形类和五种基础图形的工厂。
每个具体工厂调用自己对于图形的 getShape 方法。由于这些工厂只在绘制阶段使用，故只定义了五种基础图形的工厂，而不需要提供组合图形的。
MenuBar 的 ShapeMenu 可以让用户选择自己接下来想要绘制的图形，并把对应的具体工厂传到 UserInterface 的 DrawInterface 中。DrawInterface 维护一个抽象工厂类，并总是在响应鼠标操作时调用该工厂的 getShape 创建图形。这里用到了工厂方法模式，使 ShapeMenu 和 DrawInterface 可以分开处理“通过窗体下拉菜单选中图形”和“通过鼠标拖拽在画布上绘制图形”两件事。

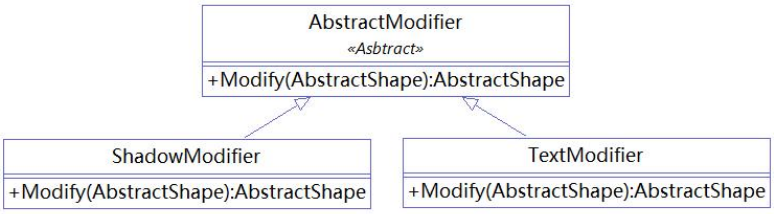
ShapeDecorator: abstract decorator, text decorator, shadow decorator



ShapeDecorator 中定义了文字描述和阴影两种装饰（装饰模式）。
装饰器中包含一个 shape，即被它装饰的图形的引用，Text 额外保存了文字描述内容，Shadow 则有一个原图形的副本，其位置信息与原图形略有区别（取决于用户设定阴影位于原图形的左上/左下/右上/右下），其他信息都一样，移动时需与原图形一同移动，两个装饰器都重写了 drawSelf 方法，调用被装饰

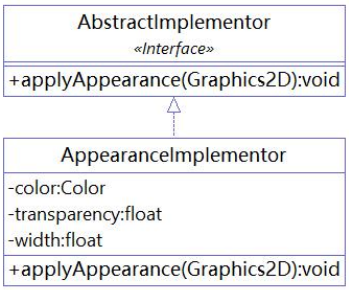
图形的 drawSelf 同时 Text 还要在图形旁边（本来想实现为正中间，但是要根据图形大小、形状和文字内容长度来调整居中，很难做到效果美观，故直接在图形 start point 旁边的角落输出文字描述）；Shadow 要用预先设定的一种较高透明度画一遍副本图形，再画原图形，以实现一种影子的效果。

ShapeModifier: abstract modifier, text modifier, shadow modifier



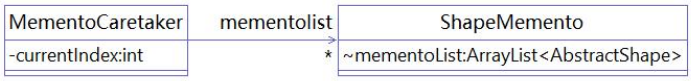
ShapeModifier 中定义了对应 Decorator 的 Modifier，其实类似工厂方法，调用对应的装饰器对图形进行装饰。此外，TextModifier 会产生一个弹窗供用户输入或修改文字描述，ShadowModifier 则通过弹窗供用户选中阴影的方向。MenuBar 中的 ModifiyMenu 可以将用户选定的 Modifier 传入 UserInterface 的 ModifyInterface，这个 Interface 用于判断用户是否点击选中了哪个图形，然后对这个图形调用传入 Modifier 的 Modify 方法即可实现图形的装饰。

ShapeImplementor: abstract implementor, appearance implementor



ShapeImplementor 中只定义了一个具体类 AppearanceImplementor，维护了颜色 color、线条粗细 width、填充透明度 transparency 三个维度的变化。程序使用 java.awt 中的 Graphics2D 画图，这个 Implementor 提供 applyAppearance 方法对传入的 Graphic2D 进行 setPaint、setStroke、setComposite 操作。上面提到的各个 Shape 类维护一个 AppearanceImplementor 的引用，在 drawSelf 中调用 applyAppearance 方法。这个引用有默认值，此外也可以通过 MenuBar 中的 ColorMenu、WidthMenu 和 TransparencyMenu 设定全局 Appearance，设置成功后，新画的图形都会以新的颜色、粗细和透明度绘制（桥接模式）。

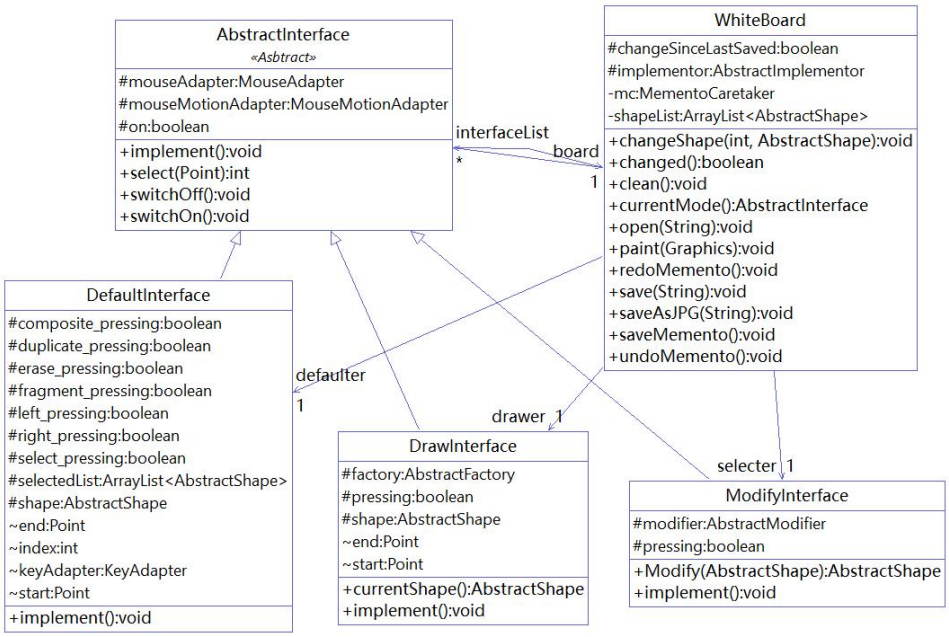
ShapeMemento: shape memento, memento caretaker



ShapeMemento 定义了 memento 和 caretaker，其中 memento 保存当前画布上所有图形的 ArrayList 的一个副本。caretaker 保存一个 memento 的列表，还要记录当前列表所读到的 index 下标，提供 addMemento 方法清除 index 后面的项目、向列表添加记录并更新 index，提供 getLeftMemento、getRightMemento 分别向左和向右读列表，从而实现 undo 和 redo 操作（备忘录模式）。

MenuBar: abstract, file/edit/shape/modify/color/width/transparency menu
MenuBar 定义了许多不同的 MenuBar，FileMenu 负责文件的新建、打开、保存、另存、导出；Edit Menu 提供撤销、重做、清空三个操作；在 ShapeMenu 选中一个图形可以在画布上进行一次拖拽绘制；在 ModifyMenu 选中一种装饰可以点击一个画布上的图案添加装饰；Color、Width、Transparency 设置全局画笔属性。这些 Menu 最后都会展示在窗口的顶部，依次排列。
这个 package 里的 class 比较简单，也没用到什么设计模式，就不赘述了。

UserInterface: abstract, default/draw/modify interface, whiteboard



UserInterface 定义了三种与用户交互的接口和一个“白板”类。这里用到了类似状态模式的思想，白板维护一个判断上次保存后是否进行了新的操作的布尔值，一个全局 Implementor，一个 memento caretaker 和一个 shape list，是最综合的模块，此外还有 Default、Draw 和 Modify 三个 Interface 的引用。这三个与用户交互的接口都能响应鼠标和键盘的事件，状态转换由 WhiteBoard 来操控，保证同一时刻只能有一个在工作。但在具体的实现上，其实是每个引用维护了一个自己的状态值 on，根据这个状态值来控制各自的 mouse 或 key event listener 是否工作，并提供 switchOn 和 switchOff 方法供白板调用。这样和课件中讲到的状态模式实现应该还是有一定的出入，由于我对 java.awt 里面的各种 event 使用不怎么熟练，故而暂时没有想到更好的方法。

WhiteBoard 除了控制状态切换，因为它是当前画布上所有图案 shape list 的维

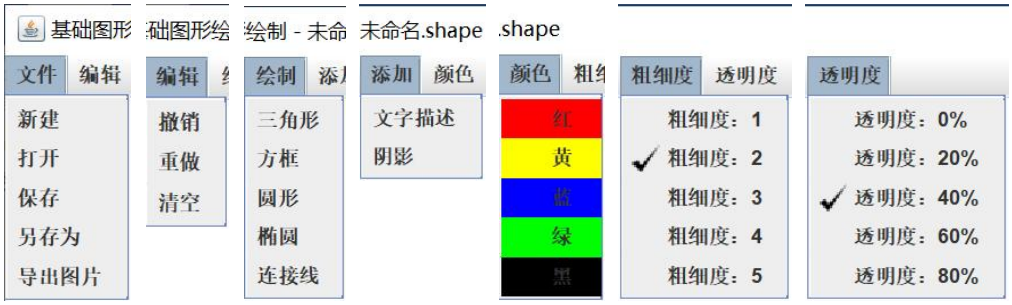
护者，因此还要处理文件存取、图形绘制（每次有更改时刷新画布），并且要和 memento 的 caretaker 进行交互，提供当前 shape list 进行暂存，或者取出存储的 memento 进行覆盖。具体到文件存取，虽然手册提出可以“设计一种硬盘文件存储格式保存和加载用户绘制的图形”，但是试了一下用 Java 内置的 ObjectInput/OutputStream，发现效果意外地好，就偷了这个懒。

ShapeDrawer: the shape drawer itself
ShapeDrawer 定义了整个程序的主类，对 JFrame 进行 extend 实现窗口。

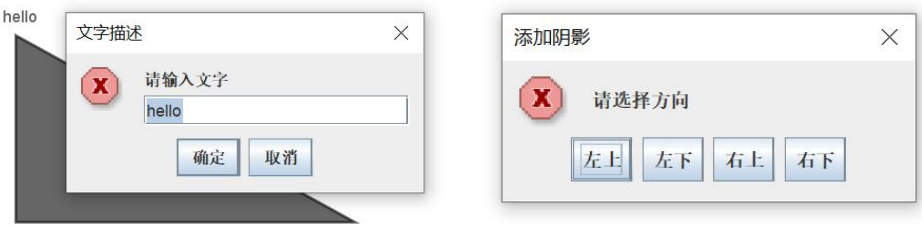
4. 实现功能介绍

1. 有三角形、方框、圆形、椭圆、连接线五种元素可通过鼠标绘制。
2. 有五种填充颜色、线条粗细和背景透明度可进行全局设置。
3. 有文字描述和阴影两种装饰可添加到图形。
4. 单个图形可右键选中拖拽移动位置；批量图形可左键选中，结合键盘快捷键进行复制、删除和组合；组合图形和普通图形一样支持各类操作。
5. 支持撤销和重做多步操作，支持一键清空画布。
6. 支持画布文件的新建、打开、保存、另存，可导出 JPG 格式。

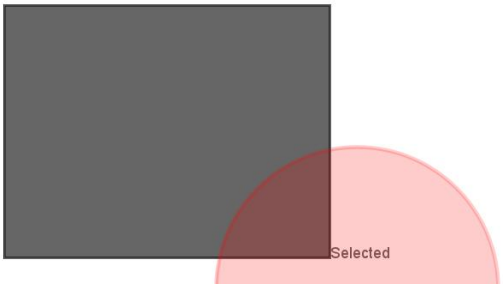
界面展示



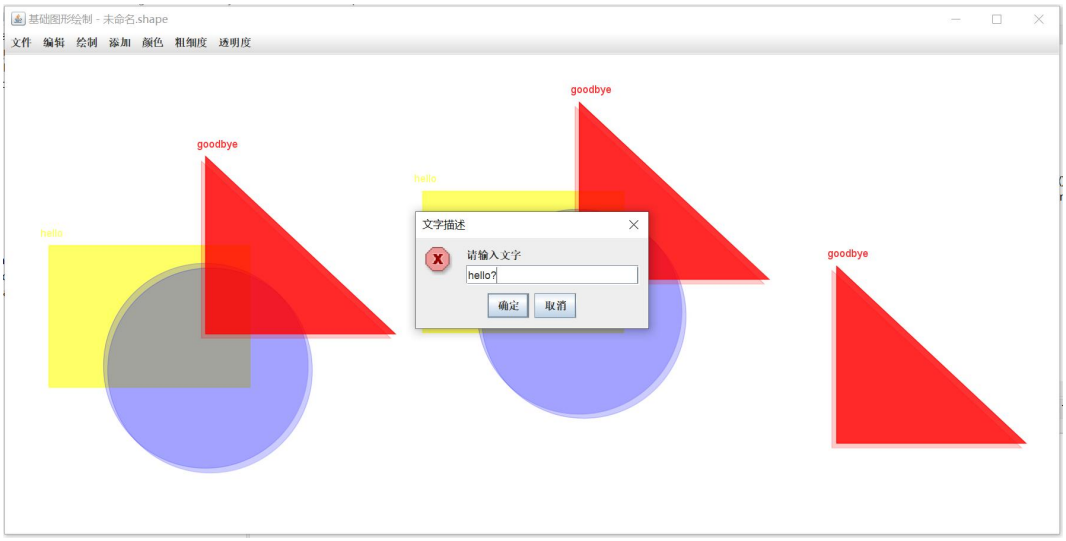
界面顶部工具栏如图。其中“颜色”、“粗细度”、“透明度”为全局设置，默认为黑色、粗细度 2 和透明度 40%。在“绘制”下点选一种图形后，可以通过点击拖拽（不分左右键）在画布上绘制一个对应的图案。在“添加”下点选一种装饰后，可以点击画布上的一个图形进行装饰，其中“文字描述”会提供弹窗编辑或修改文字描述，“阴影”则弹窗选择阴影方向。



除了点选绘制或添加后等待用户操作的状态，画布大多数时间都处于默认模式。该模式下鼠标右键点击拖拽实现单个图形（含组合图形）的移动。提供五种键盘快捷键 S(select)、X(cross)、D(duplicate)、C(composite)、F(fragment)和 E(erase)。长按 S（类似 ctrl 键使用逻辑）可通过鼠标左键依次单击，对画布上的图案进行多选，选中的图形右下角会出现 Selected 标识（如下图），按 X 可取消当前所有选中。对于选中的图形，按 D 批量复制，按 C 组合，按 F 取消组合（对选中的所有组合图形，取消最顶层的组合），按 E 批量删除。



注：出于某些不为我知的原因，使用快捷键时必须切成英文输入法，如果中文输入法的取词框出现了，那么这个时候按下任何快捷键都是没有用的。



5. 小结

本次实验中最大的困难有两个，一是将多个设计模式结合使用时，类的设计和不同类之间的通信。我感觉我在使用工厂方法、组合模式、备忘录模式这几个设计模式时，对其优缺点和适用环境的把握相对更到位一些，而对装饰模式和桥接模式的使用比较生硬，没有较好的融合到整个项目中去。
二是这门课是我第一次接触 Java 这一编程语言。由于感觉纯粹的面向对象语言很有趣，也比较适合应用各种设计模式，就选择了用 Java 来完成实验。然而我之前编程，尤其是写图形界面的经验主要都在 C++，对 Java 内置的各种窗口控件如何使用、如何响应鼠标键盘事件、如何绘图等都不是很了解，需要在短期内进行学习，主要靠写到的时候再去搜索引擎或者查手册。