

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Математико-механический факультет

Кафедра системного программирования

Гудиев Артур Владимирович

Реализация примитивов и оконного менеджера  
для построения пользовательских интерфейсов  
на языке PostScript

Дипломная работа

Допущена к защите.

Зав. кафедрой:

д.ф.-м.н., проф. А.Н. Терехов

Научный руководитель:

к.ф.-м.н. Д.Ю. Булычев

Рецензент:

Д.В. Кознов

Санкт-Петербург

2015

SAINT-PETERSBURG STATE UNIVERSITY

Mathematics & Mechanics Faculty

Department of Software Engineering

Artur Gudiev

# Window manager and GUI primitives for user interface implementation in PostScript

Graduation Thesis

Admitted for defence.

Head of the chair:  
professor Andrey Terekhov

Scientific supervisor:  
Dmitri Boulytchev

Reviewer:  
Dmitri Koznov

Saint-Petersburg

2015

# Оглавление

<b>Введение</b>	<b>2</b>
<b>1 Обзор</b>	<b>4</b>
1.1 Описание существующих решений . . . . .	4
1.2 Описание используемых инструментов . . . . .	5
1.3 Проект рабочей группы интерпретатора PostScript . . . . .	6
<b>2 Прimitives графической библиотеки</b>	<b>8</b>
<b>3 Реализация оконного менеджера</b>	<b>13</b>
3.1 Оконная система . . . . .	13
3.2 Архитектура оконного менеджера . . . . .	13
<b>4 Тестирование и демонстрационный пример</b>	<b>15</b>
<b>Заключение</b>	<b>17</b>

# Введение

PostScript - это графический интерпретируемый язык программирования, создававшийся с целью представления графики в машинезависимой форме. Посредством графических операторов языка PostScript можно отобразить на экране прямые и кривые линии, залить цветом область, определить область рисования, задать графические параметры.

Графический интерфейс пользователя - это разновидность пользовательского интерфейса, в котором элементы интерфейса представлены в виде графических примитивов. Визуальные интерфейсы пользователя упрощают работу с программами, делая ее наглядной. Язык PostScript обладает базовыми графическими возможностями для отображения внешнего вида графических интерфейсов.

Оконный менеджер — это приложение, управляющее размещением окон и определяющая их внешний вид в оконной системе графического интерфейса. Оконные менеджеры работают на основе существующей оконной системы. Кроме того оконный менеджер включает в себя и визуальные эффекты, проявляющиеся во время работы с окнами. Обычно оконный менеджер привязан к конкретной операционной системе. Язык PostScript позволяет нарисовать такие объекты, как элементы графического интерфейса пользователя и визуальные эффекты оконного менеджера.

Ранее в рамках проекта лаборатории JetBrains был реализован интерпретатор графического языка PostScript. Однако с его помощью было трудно создавать графические интерфейсы и оконный менеджер из-за того, что, например, в PostScript не поддерживается механизм обработки событий. Для упрощения реализации этой возможности планируется расширить язык PostScript. Данная работа ведется по трем направлениям: оптимизация интерпретатора (Д. Поз-

дин), обработка событий (Р. Макулов) и реализация графических примитивов и оконного менеджера (А. Гудиев).

Целью данной дипломной работы является реализация графических примитивов и оконного менеджера для создания пользовательских интерфейсов на языке PostScript.

# 1 Обзор

## 1.1 Описание существующих решений

### Qt Quick

Пользовательские интерфейсы разработанные в Qt Quick создаются как прямоугольные элементы в визуальном дереве. Технология ограничена набором элементов сфокусированных на взаимодействии через прикосновения и жесты. Qt Quick вводит новую концепцию логики моделирования приложений, используя иерархическую машину состояний. Кроме того, переходы и богатый набор анимаций (tweens) облегчают создание богатых пользовательских интерфейсов.

Большой проблемой для дизайнеров было участие в процессе разработки с Qt и C++. C, в конце концов, является языком низкого уровня ориентированным на системное программирование. Qt Quick был разработан с нуля, чтобы заполнить этот пробел. Как предметно-ориентированный язык он специально ориентирован на создание пользовательских интерфейсов. Это устанавливает декларативный слой поверх JavaScript, который похож на каскадные таблицы стилей (CSS). В Qt не будут беспокоить приведение типов, указатели и время жизни объектов. Вместо этого, в центре внимания находится создание богатых пользовательских интерфейсов.

### Java Swing

Компания Sun разработала набор графических компонентов под названием Swing. Компоненты Swing полностью написаны на Java. Для отрисовки используется 2D, что принесло с собой сразу несколько преимуществ. На Swing легко создавать новые компоненты, наследуясь от существующих. Стала возможной поддержка различных стилей и скинов.

Благодаря простоте использования, богатой документации и гибкости компонентов Swing стал, пожалуй, самым популярным графическим фреймворком в Java. На его базе появилось много расширений, таких как SwingX, JGoodies, которые значительно упрощают создание сложных пользовательских интерфейсов. Практически все популярные среды программирования Java включают графические редакторы для Swing-форм, что облегчает освоение Swing.

## **Недостатки существующих решений**

К недостаткам Swing можно отнести медленную работу при окнах с большим количеством элементов.

## **1.2 Описание используемых инструментов**

### **JVM**

Виртуальная машина Java (сокращенно JVM) - основная часть среды выполнения для Java, так называемой Java Runtime Environment (JRE). Программы на языке Java компилятором Java (javac) переводятся в байт-код Java. Виртуальная машина Java исполняет байт-код. В настоящее время JVM получила широкое распространение. Ее реализация есть для многих операционных систем, что делает программы, написанные на Java, кроссплатформенными. Интерпретатор PostScript, реализованный в рамках проекта JetBrains, написан на языке Java.

### **Java Swing и Java AWT**

Java Swing и Java AWT- это библиотеки языка Java, с помощью которых в реализованном интерпретаторе строится путь рисования, отображаются шрифты,

задаются параметры графической среды исполнения такие, как цвет, ширина линии, способ соединения отрезков.

## **Реализованный интерпретатор PostScript**

Интерпретатор PostScript, реализованный в рамках проекта JetBrains, написан на Java. Он состоит из следующих пакетов: парсер (parser), среда исполнения (runtime) и интерпретатор (interpreter).

Парсер разбивает входной поток на токены согласно синтаксису PostScript и записывает их в виде процедуры.

Среда исполнения содержит в себе реализацию основных операторов (например, add, show, if, for ...) и объектов, то есть их значений, типов и атрибутов. Среда исполнения содержит также и класс AVL-дерева, используемый в словарях, стеки, виртуальную память, в которой хранятся значения сложных объектов и графическую среду исполнения. В графической среде исполнения описаны классы отображения результата программы на экране, матрица преобразования системы координат, класс пути, с помощью которого строится изображение, класс снимка графического состояния, используемый при сохранении или восстановлении графического состояния и набор графических параметров (например, цвет, ширина линии, форма концов отрезка ... ).

Интерпретатор передает парсеру программу PostScript, получает в качестве результата процедуру, кладет ее на стек исполнения и запускает выполнение стека исполнения.

## **1.3 Проект рабочей группы интерпретатора PostScript**

Задача реализации интерпретатора графического языка PostScript решается в рамках проекта компании JetBrains.



Проект можно разделить на задачи:

- оптимизация интерпретатора;
- добавление механизма обработки событий;
- реализация примитивов и оконного менеджера.

## 2 Прimitives графической библиотеки

### Структура графических примитивов

Код графической библиотеки языка PostScript содержится в файле glib.ps. В нем создается словарь gelements. У каждого примитива есть свой номер, по которому он хранится в словаре gelements.

У графических примитивов реализовано отношение наследования. Общий предок у всех - объект сцена (scene). У каждого примитива есть дети-примитивы. Номера детей хранятся в поле-массиве children.

Каждому графическому примитиву соответствуют два файла - файл с описанием объекта и файл с процедурой отрисовки примитива. (Например, для кнопки - это button.ps и paintButton.ps).

В файле первом есть два конструктора - абсолютный и относительный. У каждого примитива есть свои координаты и размеры. Если координаты задаются относительно родителя, то вызывается относительный конструктор. Если примитив задается абсолютными координатами, тогда вызывается абсолютный. Например, пусть есть окно с левым нижним концом в точке (0,0), высотой 1000 и шириной 1000. Пусть от окна наследуется кнопка с левым нижним концом в (200, 300), длиной 400 и шириной 500.

Тогда абсолютный конструктор - 200 300 400 500 ... button

А относительный - 0.2 0.3 0.4 0.5 ... relButton.

Относительные координаты хороши тем, что при изменении размеров или сдвиге родителя, они не изменяются.

Каждому примитиву можно добавить событие - процедуру PostScript. Их может быть несколько. У каждого графического объекта есть словарь eventProcDict, в нем хранятся процедуры, которые вызываются при событии у объекта.

## Кнопка

Кнопка - примитив, у которого вызывается заданное событие по нажатию. У кнопки есть два варианта отрисовки: с обычной и с нажатой кнопкой. В процедуре рисования проверяется, нажата ли кнопка. Если да, то рисуется затемненная кнопка без тени, а иначе светлая с тенью.



Рис. 1: Кнопка

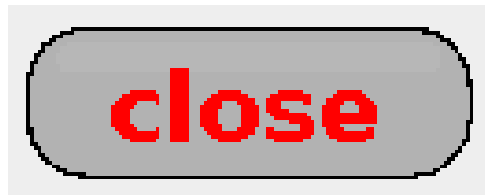


Рис. 2: Нажатая кнопка

## Флажок

Примитив флажок позволяет вызывать заданные процедуры при снятии и задании флага. В процедуре отрисовки проверяется, стоит ли флаг. Если стоит, то рисуется квадратик в области.



Рис. 3: Флажок



Рис. 4: Отмеченный флажок

## Поле со списком

Примитив поле со списком позволяет выбрать один из заданных вариантов. Данный примитив состоит из поля, в котором отображается выбранный вариант, и списка со всеми вариантами. Изначально список свернут, отображается только поле. При нажатии на поле список раскрывается, отображаются все варианты. При следующем нажатии по координатам клика проверяется, был ли выбран какой-нибудь вариант, и если да, то вычисляется, какой именно. После этого список сворачивается.

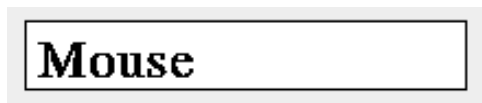


Рис. 5: Поле со списком

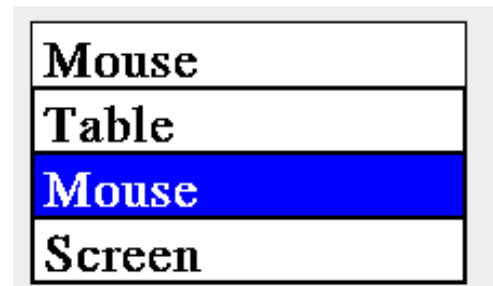


Рис. 6: Раскрытое поле со списком

## Список

Список также предоставляет возможность выбора одного из имеющихся вариантов. Отличие списка от поля со списком в том, что в первом список всегда развернут, то есть все варианты постоянно отображаются. Выбранный вариант рисуется на синем фоне. При нажатии на список проверяется, на каком варианте произошел клик. Затем старый выбранный вариант уже отображается на белом фоне, а новый выбранный - на синем.



Рис. 7: Список

## Метка

Примитив метка отображает текст на экране. При необходимости можно самостоятельно задать размер шрифта и цвет. Для этого нужно в словаре метки поставить по ключу `isAttached` значение `true`, и задать необходимые значения ключам `kegel` и `color`.

A rectangular box with a light gray background. Inside the box, the text 'Hello, World!' is written in a large, bold, black serif font.

Рис. 8: Метка

## Поле редактирования

Поле редактирования - это примитив, предназначенный для ввода текста. Изначально в поле ничего не отображается. При нажатии на поле, появляется курсор. Сразу после ввода символы появляются на экране. Курсор можно сдвигать влево и вправо, в начало и конец строки. Напечатанные символы можно удалять. Если введенная строка превышает ширину поля, то вычисляется, какая подстрока отображается на экране.

A rectangular box with a light gray background. Inside the box, the text 'What is your name?' is written in a black serif font. At the end of the text, there is a small vertical line representing a cursor.

Рис. 9: Поле редактирования

## Радиокнопка

Радиокнопка - это кнопка, которая может находиться в включенном или выключенном состоянии. При отрисовке радиокнопки проверяется, в каком она состоянии, и в зависимости от этого отображается включенная или выключенная радиокнопка.



Рис. 10: Включенная радиокнопка



Рис. 11: Выключенная радиокнопка

## Окно

Примитив окно позволяет хранить и отображать в себе другие примитивы. У окна можно динамически изменять размеры. Для этого нужно подвести курсор к границе окна, курсор при этом должен поменяться, затем нажать и растянуть или сжать окно до нужных размеров. При этом у окон задан минимальный размер, меньше которого сжать не получится. Для изменения курсора был введен новый оператор `cursor`. Окно также можно и перемещать. Для этого нужно зажать верхнюю область окна, и перенести курсор вместе с окном в нужное место. К окну автоматически добавляются служебные примитивы: метка-надпись в верхней части окна и кнопка закрытия. Кнопка закрытия удаляет из словаря графических притивов `gelements` само окно и всех его потомков.



Рис. 12: Окно

## 3 Реализация оконного менеджера

### 3.1 Оконная система

В программе может быть несколько окон, перекрывающих друг друга. Изначально все окна отображаются в том порядке, в каком они создавались. Но далее, если нажать на произвольное окно, то оно оказывается в фокусе. В графической библиотеке `glib.ps` в словаре `gelements` создается элемент `focusedElement`. Изначально это сцена. Но потом при нажатии на произвольный примитив, `focusedElement` становится равным выбранному примитиву. Если на окно нажали, то оно помимо того, что становится в фокусе, ещё и в списке детей родителя ставится последним. Это означает, что оно будет отображаться поверх остальных детей родителя, так как они рисуются в порядке списка.

### 3.2 Архитектура оконного менеджера

Оконный менеджер хранит в себе очередь событий (`EventQueue`), очередь примитивов (`PrimitiveQueue`), время последней перерисовки (`lasttime`). Оконный менеджер принимает запросы на перерисовку и решает, стоит ли рисовать

заново все примитивы. Это помогает избежать частых перерисовок.

К оконному менеджеру можно добавить процедуры PostScript для отображения визуальных эффектов. В частности, сейчас добавлено событие волна: при нажатии правой кнопки мыши происходит эффект волны.



## 4 Тестирование и демонстрационный пример

Ниже приведен демонстрационный пример, содержащий в себе примитивы.

```
(graphicsEngine/basics/glib.ps) (r) file run

300 750 250 50 (Welcome! ) scene <<>> labelField pop
150 700 250 50 (Fill in this form, please. ) scene <<>> labelField pop

30 555 250 35 (Your name ) scene <<>> labelField pop
175 550 300 35 (TextField) scene <<>> textField pop

30 505 250 35 (Group ) scene <<>> labelField pop
175 500 100 35 (TextField) scene <<>> textField pop

30 435 250 35 (Education ) scene <<>> labelField pop
215 430 100 50 [ (Full-time) (Part-time) ] 1 scene <<>> listBox pop

30 365 250 35 (Faculty ) scene <<>> labelField pop
200 365 350 30 [(Mathematics and Mechanics) (Physics) (Applied Mathematics)
                (Chemistry) ] 0 scene <<>> comboBox pop

190 300 16 ( I want to get results) scene <<>> checkBox pop

30 105 250 35 (Error checking) scene <<>> labelField pop
50 40 116 50 (On) (Off) scene <<>> toggleButton pop

500 25 120 40 (close) scene <</CLICK [{

/messageWindow 370 140 250 150 scene <<>> window def
messageWindow /wLabel get /label (message) put
390 215 250 30 (Do you want to save? ) messageWindow <<>> labelField pop
```

```
430 165 50 25    (yes) messageWindow <</CLICK [{pop quit}][] >> button pop
500 165 50 25    (no)  messageWindow
<</CLICK [{/CLOSE findAncestorWithEventType}][] >> button pop

                                }[] >> button pop
repaintAll
showpage
```

В начале подключается библиотека графической библиотеки. Затем создается надпись "Welcome!" и "Fill in this form, please."

После этого создаются надпись "Your name" и поле для ввода своего имени.

Также вызывается конструктор для надписи "Group" и поле для ввода номера своей группы.

Затем создается надпись "Education" и список для выбора формы обучения.

Аналогично с надписью "Faculty" и полем со списком для выбора факультета.

Ниже создается флажок с текстом "I want to get results" для подтверждения того, что пользователь хочет получить результат.

После этого создается надпись "Error checking" и радиокнопка с надписями On и Off.

В конце создается кнопка Close, при нажатии которой появляется окно с вопросом, хочет ли пользователь сохранить результат.

Код программы можно посмотреть в Приложении 1.

Welcome!  
 Fill in this form, please.

Your name   
 Group   
 Education    
 Faculty   
☐ I want to get results

Error checking ☐ Off

Рис. 13: Пустая форма

Welcome!  
 Fill in this form, please.

Your name   
 Group   
 Education    
 Faculty   
☒ I want to get results

Error checking ☐ On

message

Do you want to save?

Рис. 14: Заполненная форма

## Заключение

В рамках дипломной работы получены результаты, перечисленные ниже.

- Добавлены следующие примитивы в графическую библиотеку PostScript: кнопка, флажок, поле со списком, список, метка, поле редактирования, радиокнопка, окно.
- Реализован оконный менеджер, интегрированный с графической библиотекой.
- Проведено тестирование оконного менеджера на демонстрационном примере.

## Список литературы

- [1] Спецификация языка Postscript. PostScript Language reference.  
Adobe Systems. 1999  
<http://www.adobe.com/products/postscript/pdfs/PLRM.pdf>
- [2] Tim Lindholm, Frank Yellin, Gilad Bracha, Alex Buckley. The Java Virtual Machine Specification. Java SE 7 Edition, 2013.  
[docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se7/jvms7.pdf](http://docs.oracle.com/javase/specs/jvms/se7/jvms7.pdf)
- [3] Томас Х. Кормен, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. Алгоритмы: построение и анализ. Второе издание, 2006