

Лабораторная работа №3

«Рисование точки по щелчку мышью»

Оглавление

«Рисование точки по щелчку мышью»	1
Введение	1
Регистрация обработчиков событий.....	1
Обработка события щелчка мышью.....	3
Задание для самостоятельной работы.....	5
Изменение цвета точки.....	5
Uniform-переменные	5
Получение ссылки на uniform-переменную.....	6
Присваивание значения uniform-переменной	6
Семейство методов <code>gl.uniform()</code>	7

Введение

Программа из л.р. №2 способна передавать координаты точки в вершинный шейдер из программного кода на JavaScript. Однако координаты все еще жестко «зашиты» в код.

В этой лабораторной работе мы добавим еще гибкости и реализуем передачу в шейдер координат точки, где был выполнен щелчок мышью. На рис. 1 показан скриншот работы программы.

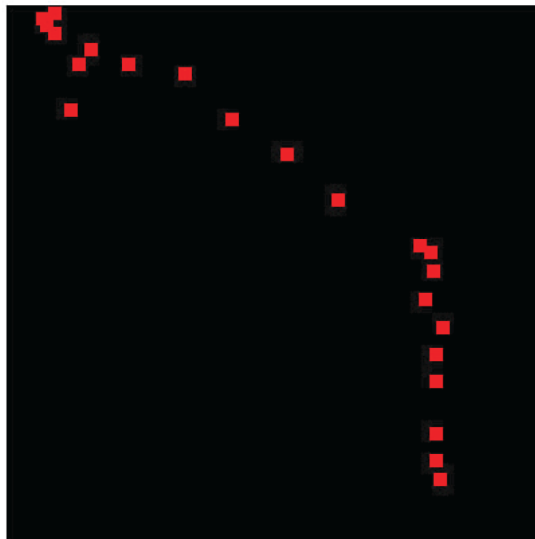


Рис. 1. Результат работы программы

Регистрация обработчиков событий

Обработчик события - это асинхронная функция обратного вызова, обрабатывающая события ввода от пользователя, такие как щелчки мышью или нажатия клавиш на клавиатуре.

Возможность определения обработчиков позволяет создавать динамические веб-страницы и изменять их содержимое в соответствии с вводом пользователя. Чтобы задействовать обработчик, его нужно зарегистрировать (то есть, сообщить системе, что она должна вызывать функцию-обработчик при появлении указанного события). Элемент `<canvas>` поддерживает специальные свойства для регистрации обработчиков, которые и используются в данном примере.

Например, чтобы получить возможность обрабатывать события щелчков мышью, нужно присвоить свойству `onmousedown` элемента `<canvas>` ссылку на функцию, которая будет обрабатывать щелчки, как показано ниже. Для регистрации обработчика используется определение анонимной функции, то есть функции, не имеющей имени, что очень удобно, когда требуется определить функцию, не требующую уникального имени.

Например, в следующей строке программного кода определяется переменная `thanks`:

```
const thanks = function(){ alert(' Thanks a million!'); }
```

Эту переменную можно вызвать как функцию:

```
thanks(); // Выведет: 'Thanks a million!'
```

Как видите, переменная `thanks` может выступать в роли функции. Эти строки можно переписать иначе:

```
function thanks() { alert('Thanks a million!'); }  
thanks(); // Выведет: 'Thanks a million!'
```

С какой целью здесь используется анонимная функция? Дело в том, что для рисования точки нам нужны три константы: `gl`, `canvas` и `a_Position`. Эти три переменные являются локальными и определяются в функции `main()`. Но, когда возникает событие щелчка, браузер автоматически вызовет функцию, зарегистрированную в свойстве `onmousedown` элемента `<canvas>` с единственным предопределенным параметром - объектом события, содержащем информацию о щелчке. Обычно в программах на JavaScript сначала объявляется функция, а затем она регистрируется как обработчик события:

```
function mousedown(ev) { // Обработчик события: принимает один  
                        // параметр 'ev'  
...  
}  
...  
  
canvas.onmousedown = mousedown; // Зарегистрировать 'mousedown' как  
обработчик
```

Однако, такая функция не сможет получить доступ к локальным переменным `gl`, `canvas` и `a_Position`. Анонимная функция решает эту проблему, так как будучи объявленной в области видимости этих переменных, может обращаться к ним:

```
canvas.onmousedown = function(ev) { click(ev,gl,canvas,a_Position); };
```

В этом случае, когда возникает событие щелчка мышью, сначала вызывается анонимная функция `function(ev)`, которая затем выполняет вызов и передает локальные переменные, объявленные в `main()`. Такой прием позволяет избежать необходимости использовать глобальные переменные.

Обработка события щелчка мышью.

Функция `click()` выполняет следующие действия:

1. Получает координаты указателя мыши в момент щелчка и сохраняет их в массиве.
2. Очищает `<canvas>`.
3. Для каждой пары координат в массиве рисует точку.

Координаты указателя мыши в момент щелчка хранятся в объекте события, который передается браузером в аргументе `ev`. Извлечь координаты из объекта `ev` можно обратившись к свойствам `ev.clientX` и `ev.clientY`. Однако эти координаты нельзя использовать непосредственно по двум причинам:

1. Координаты соответствуют положению указателя мыши в клиентской области окна браузера, а не в элементе `<canvas>` (см. рис. 2).

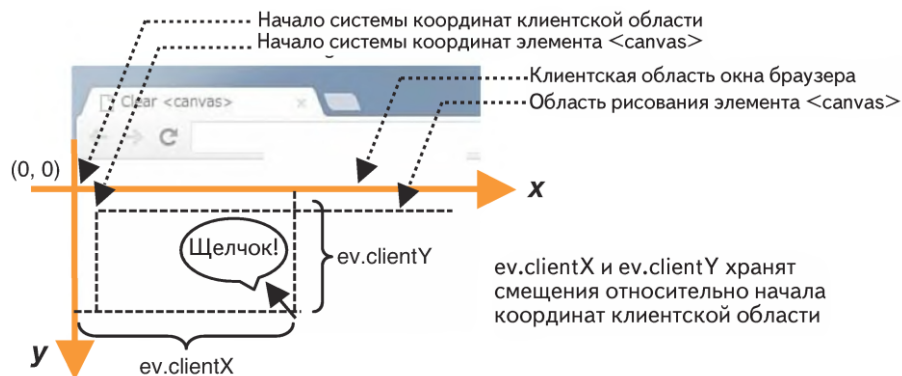


Рис. 2. Система координат клиентской области окна браузера и координаты элемента `<canvas>`

2. Система координат элемента `<canvas>` отличается от системы координат WebGL (см. рис. 2) - начало системы координат и направление оси `Y` не совпадают.

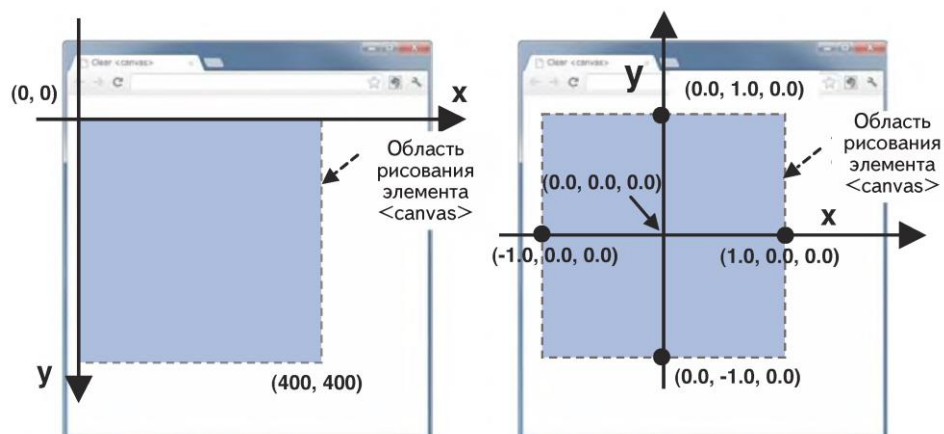


Рис. 2. Система координат элемента `<canvas>` (слева) и система координат WebGL в элементе `<canvas>` (справа)

Прежде всего нужно преобразовать координаты из системы координат клиентской области окна браузера в систему координат элемента `<canvas>`, а затем - в систему координат WebGL.

Значения `rect.left` и `rect.top` - это координаты верхнего левого угла `<canvas>` в клиентской области окна браузера (см. рис. 1). То есть, выражение $(x - \text{rect.left})$ и

выражение $(y - \text{rect.top})$ смещают начало координат в позицию верхнего левого угла элемента `<canvas>`.

Далее нам нужно преобразовать координаты в элементе `<canvas>` в систему координат WebGL, как показано на рис. 2. Для этого требуется определить координаты центра элемента `<canvas>`. Получить высоту и ширину элемента `<canvas>` можно с помощью свойств `canvas.height` (в данном случае имеет значение 400) и `canvas.width` (так же имеет значение 400). Таким образом, центр элемента `<canvas>` будет иметь координаты $(\text{canvas.width}/2, \text{canvas.height}/2)$.

Далее нам нужно реализовать это преобразование путем смещения начала координат в центр элемента `<canvas>`, где находится начало системы координат WebGL. Необходимое преобразование выполняется с помощью выражений $(x - \text{rect.left}) - \text{canvas.width}/2$ и $(\text{canvas.height}/2 - (y - \text{rect.top}))$.

Наконец, как показано на рис. 2, диапазон значений по оси X в элементе `<canvas>` изменяется от 0 до `canvas.width` (400), а диапазон значений по оси Y - от 0 до `canvas.height` (400). Но, так как диапазон значений по осям координат в WebGL изменяется от -1.0 до 1.0, на последнем шаге преобразования системы координат `<canvas>` в систему координат WebGL необходимо разделить координату X на `canvas.width/2`, а координату Y - на `canvas.height/2`.

Преобразованные координаты указателя мыши сохраняются в массиве `g_points`, с помощью метода `push()`, который добавляет данные в конец массива.

Каждый раз, когда возникает событие щелчка, координаты указателя мыши добавляются в конец массива, как показано на рис. 3. (Длина массива при этом автоматически увеличивается.) Нумерация элементов массива начинается с 0, поэтому первый элемент доступен как `g_points[0]`.



Рис. 3. Содержимое массива `g_points`

Далее выполняется очистка элемента `<canvas>`. После этого инструкция `for` последовательно переписывает координаты из массива `g_points` в переменную-атрибут `a_Position` вершинного шейдера. Затем `gl.drawArrays()` рисует точку.

Так же, как было в программе `02.js`, для передачи координат точки в переменную-атрибут `a_Position` используется метод `gl.vertexAttrib3f()`.

Массив `g_points` хранит координаты X и Y указателя мыши в момент щелчков, как показано на рис. 3. То есть, если `g_points[i]` хранит координату X, то `g_points[i+1]` хранит координату Y, поэтому переменная `i` цикла `for` увеличивается на 2.

Теперь, когда все готово к рисованию точки, осталось только нарисовать ее, что и делается вызовом `gl.drawArrays()`.

Задание для самостоятельной работы

Сейчас координаты X и Y хранятся в массиве `g_points` по отдельности. Требуется сохранять их вместе, в виде массива. В этом случае в каждом элементе массива `g_points` будет сохраняться новый, двухэлементный массив `[x, y]`.

Извлечь отдельные координаты из массива можно следующим образом: сначала из массива извлекается элемент с парой координат, а так как сам элемент так же является массивом с парой координат (X, Y), чтобы получить их, достаточно извлечь первый и второй элементы из этого массива. Благодаря этому приему можно хранить координаты X и Y вместе, что упростит программу и повысит ее читаемость.

Изменение цвета точки

Теперь напишем более сложную программу, которая рисует точки цветом, зависящим от их координат в элементе `<canvas>`.

Как изменить цвет точки, мы узнали в л.р.№ 2. Там мы изменяли сам фрагментный шейдер, подставляя выбранное значение цвета. Теперь мы напишем программу, которая будет задавать цвет каждой точки из программного кода на JavaScript. Ранее мы уже передавали координаты точки из программы JavaScript в вершинный шейдер. Разница лишь в том, что здесь нам нужно будет передавать данные во фрагментный шейдер, а не в вершинный.

Для передачи данных во фрагментный шейдер можно использовать `uniform`-переменные (объявленные со спецификатором `uniform`) и реализуя те же шаги, что и при использовании переменных-атрибутов, только на этот раз целью является фрагментный шейдер, а не вершинный:

1. объявить `uniform`-переменную во фрагментном шейдере;
2. присвоить встроенной переменной `gl_FragColor` значение `uniform`-переменной;
3. присвоить данные `uniform`-переменной.

Uniform-переменные

Переменные-атрибуты используются для передачи данных из программного кода на JavaScript в вершинные шейдеры. К сожалению, переменные-атрибуты доступны только вершинным шейдерам, а во фрагментных шейдерах следует использовать `uniform`-переменные. Существует также альтернативный механизм – `varying`-переменные, мы рассмотрим его в одной из следующих лабораторных работ.

`Uniform`-переменные служат для передачи «одинаковых» («`uniform`»), не изменяющихся данных в вершинный или фрагментный шейдеры.

Прежде чем задействовать `uniform`-переменную, ее необходимо объявить. Объявление должно следовать стандартному шаблону (рис. 4):

Спецификатор
класса хранения Тип Имя переменной

uniform vec4 u_FragColor;

Рис. 4. Объявление `uniform`-переменной

В этом примере программы `uniform`-переменная `u_FragColor` получила свое имя по переменной `gl_FragColor`, потому что значение этой `uniform`-переменной будет присваиваться переменной `gl_FragColor`. Префикс `u_` в имени `u_FragColor` является частью

наших соглашений об именовании и указывает, что данная переменная является `uniform`-переменной. Тип переменной `u_FragColor` должен соответствовать типу переменной `gl_FragColor`.

С помощью спецификатора точности (`precision`) определяется диапазон и точность представления значений переменными - в данном случае выбрана точность `medium` (средняя) - более подробно мы рассмотрим это на лекции.

Далее выполняется присваивание значения `uniform`-переменной `u_FragColor` переменной `gl_FragColor`, что вызывает окрашивание рисуемой точки в переданный цвет. Передача цвета через `uniform`-переменную напоминает использование переменных-атрибутов - нужно получить ссылку на переменную и затем в программе JavaScript записывать данные по этой ссылке.

Получение ссылки на `uniform`-переменную

Получить ссылку на `uniform`-переменную можно с помощью метода:

<code>gl.getUniformLocation(program, name)</code>
Возвращает ссылку на <code>uniform</code> -переменную, определяемую параметром <code>name</code> .

Параметры

`program` объект программы, хранящий вершинный и фрагментный шейдеры;
`name` определяет имя `uniform`-переменной, ссылку на которую требуется получить.

Возвращаемое значение:	
непустое значение	Ссылка на указанную <code>uniform</code> -переменную
<code>null</code>	Указанная <code>uniform</code> -переменная не найдена или ее имя начинается с зарезервированного префикса <code>gl_</code> или <code>webgl_</code> .

Назначение и параметры этого метода полностью совпадают с назначением и параметрами метода `gl.getAttribLocation()`. Но, если запрошенная `uniform`-переменная не существует или имя начинается с зарезервированного префикса, этот метод возвращает `null`, а не `-1`. По этой причине возвращаемое значение следует проверять, сравнивая его со значением `null`. В логическом контексте значение `null` в языке JavaScript интерпретируется как `false`, поэтому для проверки результата можно использовать оператор `!`.

Присваивание значения `uniform`-переменной

После получения ссылки на `uniform`-переменную, ей можно присвоить значение с помощью метода `gl.uniform4f()`. Он имеет то же назначение и параметры, что и методы `gl.vertexAttrib[1234]f()`.

<code>gl.uniform4f(location, v0, v1, v2, v3)</code>
Присваивает данные (<code>v0</code> , <code>v1</code> , <code>v2</code> и <code>v3</code>) <code>uniform</code> -переменной, определяемой аргументом <code>location</code> .

Параметры:

location	Ссылка на uniform-переменную, которой требуется присвоить указанное значение.
v0	Значение, используемое как первый элемент для uniform-переменной.
v1	Значение, используемое как второй элемент для uniform-переменной.
v2	Значение, используемое как третий элемент для uniform-переменной.
v3	Значение, используемое как четвертый элемент для uniform-переменной.

Пусть в первом квадранте точки должны быть нарисованы красным цветом; в третьем квадранте - зеленым; в остальных квадрантах - белым (см. рис. 5).



Рис. 5. Нумерация квадрантов в системе координат и соответствующие им цвета

Цвет точки сохраняется в массив `g_colors`. Далее программа выполняет обход точек в цикле и записывает в uniform-переменную `u_FragColor` соответствующее значение цвета. Для этого используется одна из функций из семейства методов `gl.uniform4f`.

Семейство методов `gl.uniform()`

Используются для присвоения значения uniform-переменной.

<code>gl.uniform1f(location, v0)</code>	Присваивает единственное значение и используется для изменения первого элемента вектора uniform-переменной. Второму и третьему элементам вектора будут присвоены значения <code>0.0</code> , а четвертому - значение <code>1.0</code> .
<code>gl.uniform2f(location, v0, v1)</code>	Присваивает значения первым двум элементам, третьему присваивает значение <code>0.0</code> , а четвертому - значение <code>1.0</code> .
<code>gl.uniform3f(location, v0, v1, v2)</code>	Присваивает значения первым трем элементам, а четвертому - значение <code>1.0</code> .
<code>gl.uniform4f(location, v0, v1, v2, v3)</code>	Присваивает значения всем четырем элементам вектора.

Параметры:

location	Ссылка на uniform-переменную, которой требуется присвоить указанное значение.
v0, v1, v2 и v3	Значения, которые должны быть присвоены первому, второму, третьему и четвертому элементам переменной-атрибута.

Возвращаемое значение: нет