Yandex Crowd

Эффективный рендеринг SVG-стрелок: оптимизация для графов с сотнями объектов

Александр Мальцев
Yandex Crowd

О себе

Александр Мальцев

Разработчик интерфейсов в Yandex Crowd

- Разработчик интерфейсов в Яндексе **2+** года
- Интересуюсь статическим анализом кода и 2D-графикой в вебе
- Люблю фотографировать и космос

Задачи Yandex Crowd

Тестирование приложений

Текста и дизайн

Разметка данных

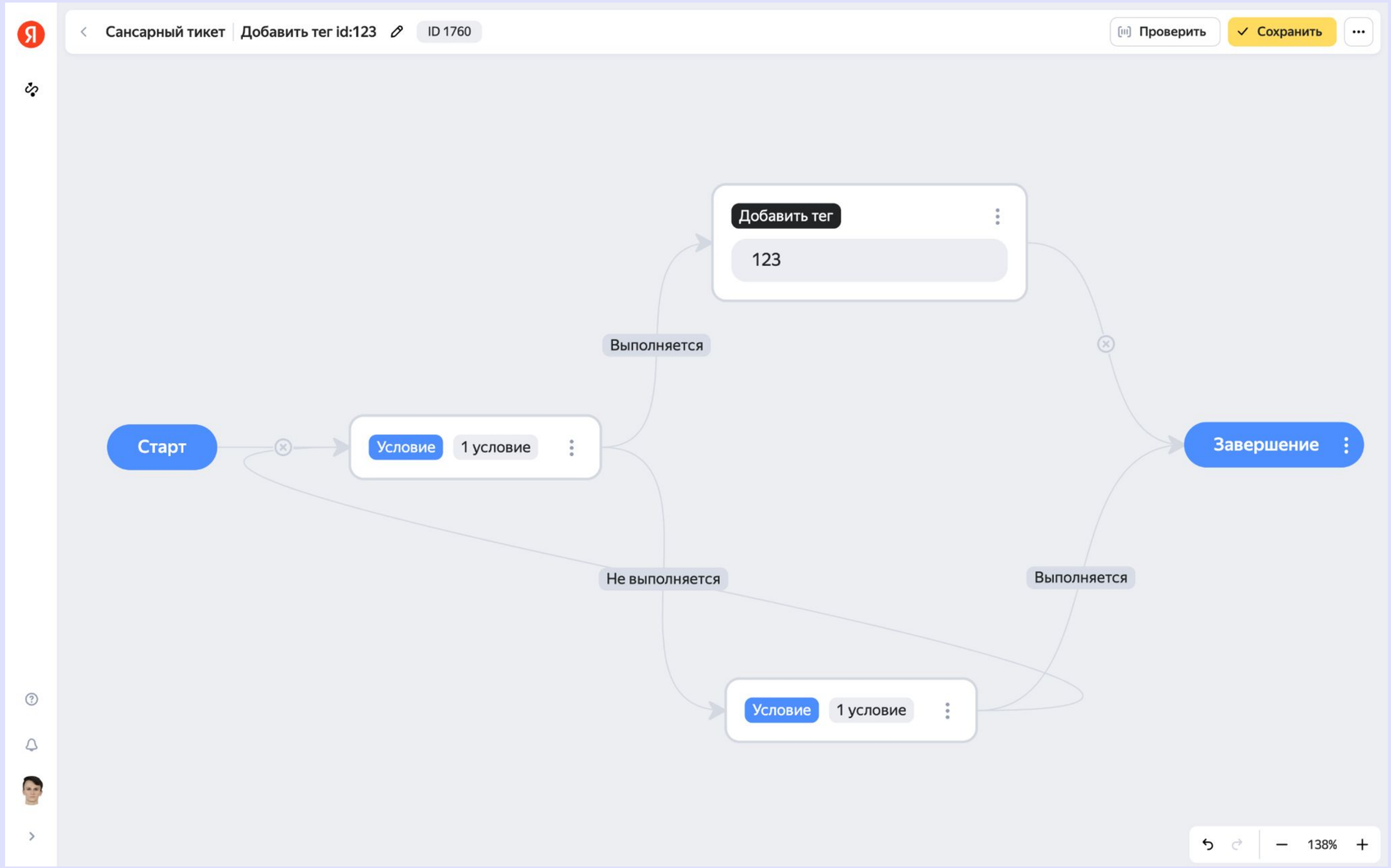
Модерация контента

Поддержка пользователей

Локализация и документирование

Полевые задачи

Тандава


Сансарный тикет
Добавить тег id:123
ID 1760
Проверить
Сохранить
Добавить тег
123
Выполняется
Старт
Условие
1 условие
Завершение
Не выполняется
Выполняется
Условие
1 условие
138%

Описание задачи

- Необходимо реализовать стрелки для однонаправленного графа
- Граф должен быть интерактивным
- Блоки могут иметь несколько входящих и исходящих связей
- Графы могут иметь большое количество элементов, 500+ вполне реальный случай
- Проект на React

Обзор существующих решений

Технология

Canvas

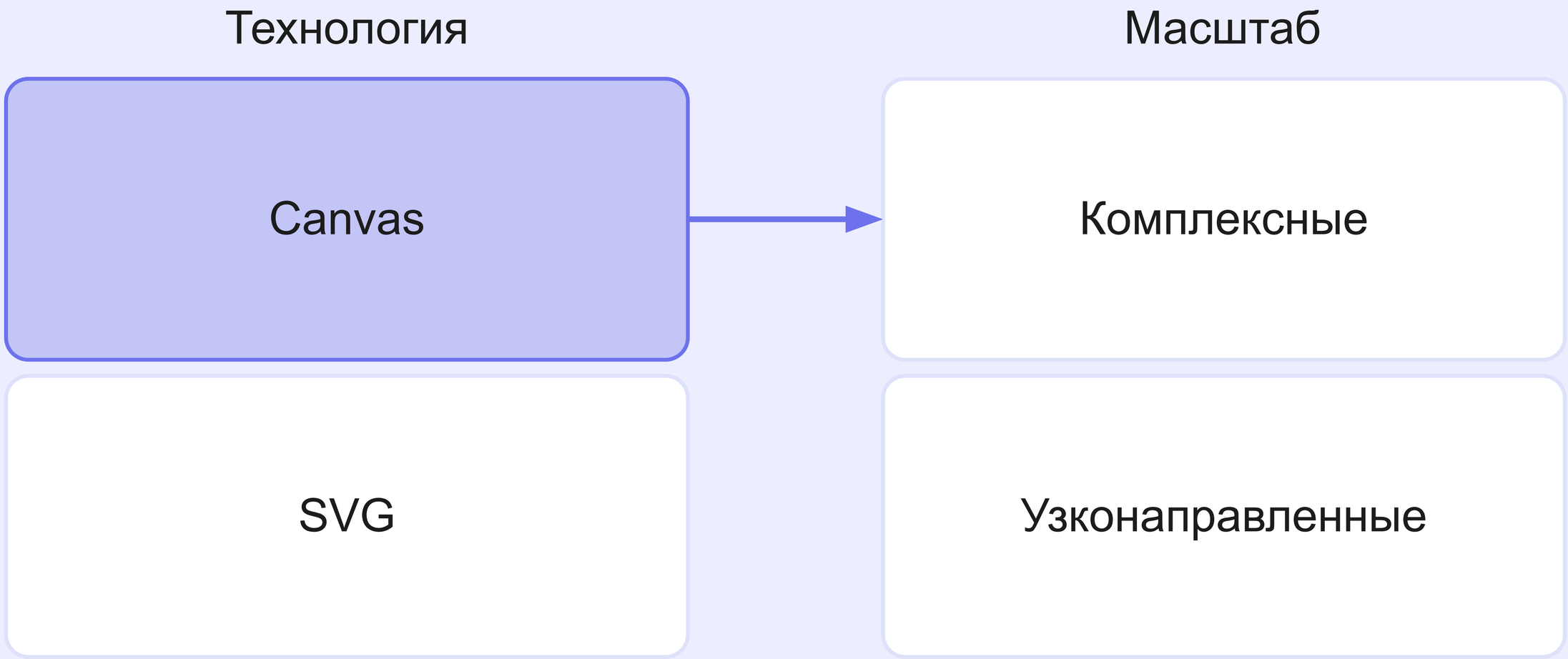
SVG

Масштаб

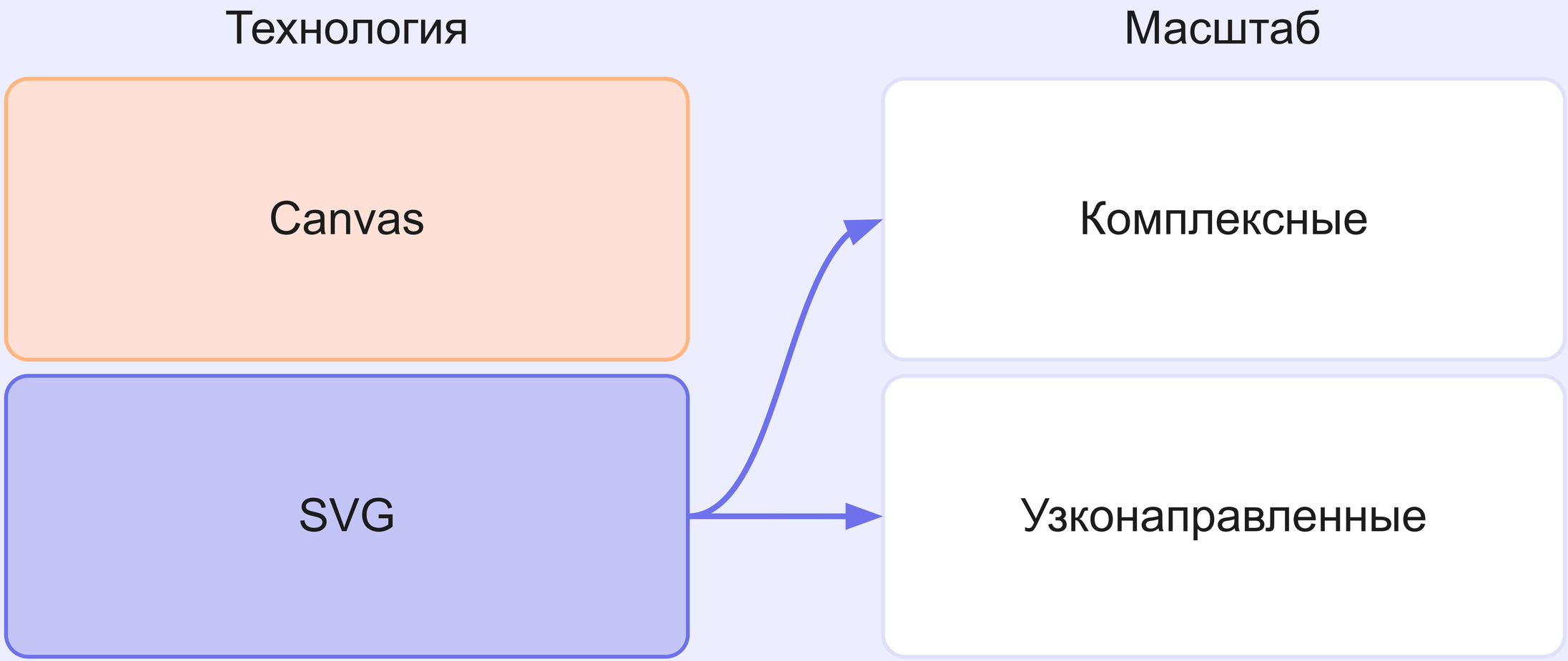
Комплексные

Узконаправленные

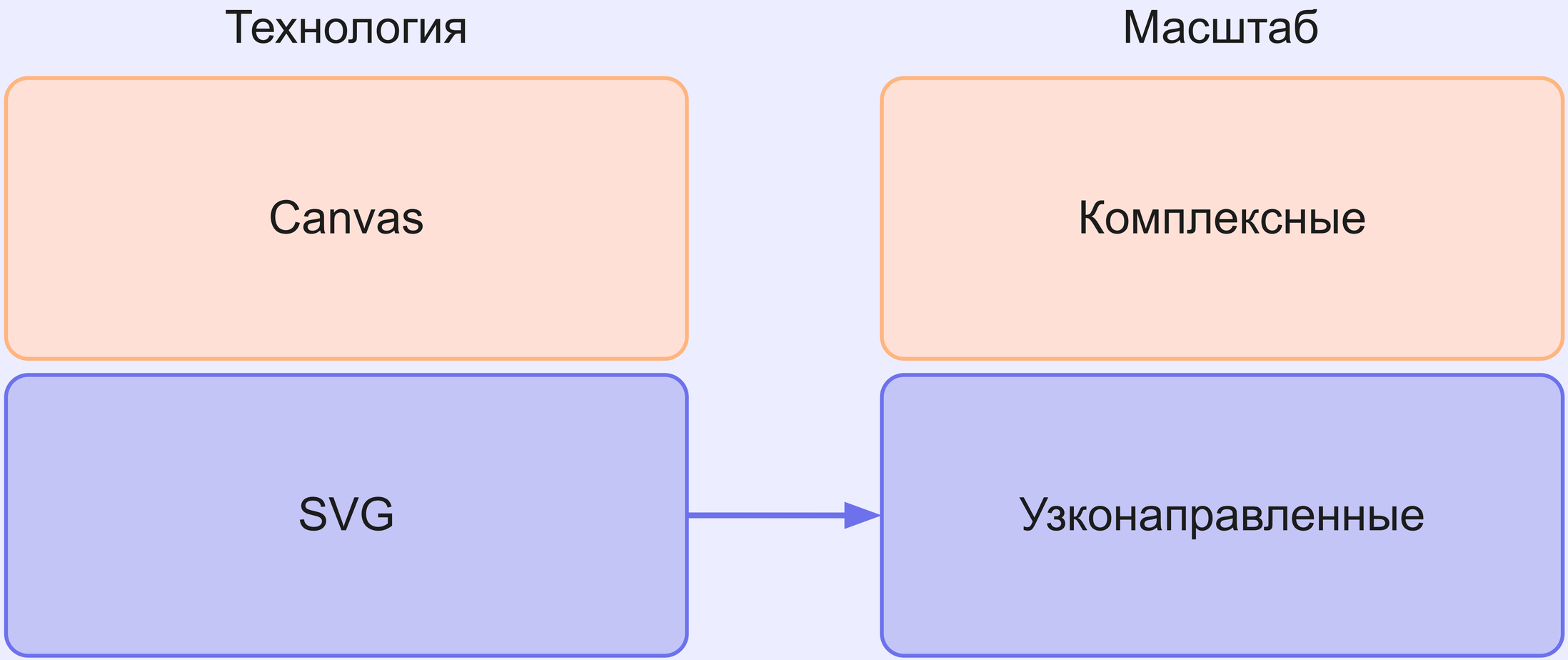
Обзор существующих решений



Обзор существующих решений



Обзор существующих решений



SVG vs Canvas

- Меньше реализовывать самостоятельно
- Проще кастомизация
- Меньше вес

Преимущества SVG

- Могут возникнуть трудности с оптимизацией на большом количестве элементов

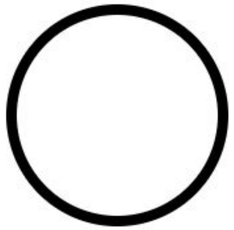
Недостатки SVG

SVG line, rect, circle, ellipse

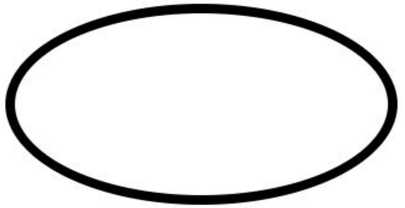
```
<line x1="10" y1="10" x2="90" y2="30" />
```

```
<rect x="10" y="10" width="90" height="30" />
```

```
<circle cx="50" cy="20" r="10" />
```

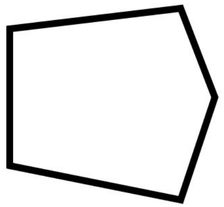


```
<ellipse cx="50" cy="20" rx="20" ry="10" />
```

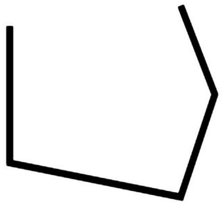


SVG polygon & polyline

```
<polygon points="5,5 5,25 30,30 35,15 30,2" />
```

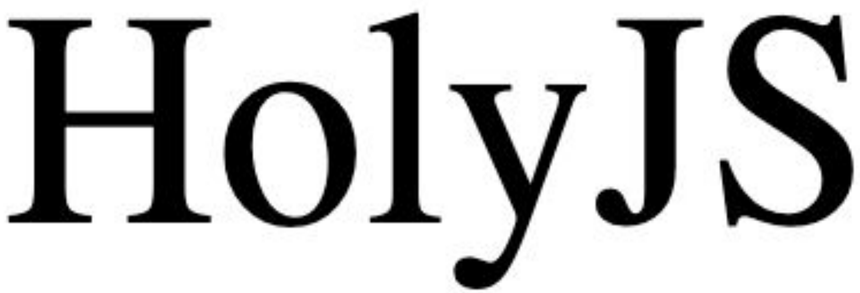


```
<polyline points="5,5 5,25 30,30 35,15 30,2" />
```



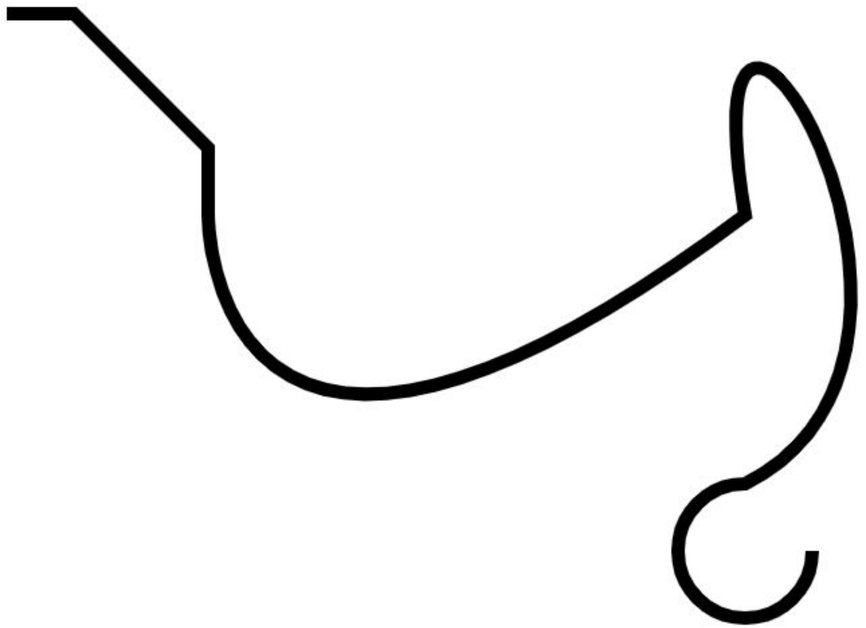
SVG text

```
<text x="20" y="20">HolyJS</text>
```



SVG path

```
<path d="M 5,5 h 5 l 10,10 v
5 s 0,30 40,0 c -5,-30 20,10
0,20 a 5 5 180 1 0 5,5" />
```



Синтаксис прямых линий и окружности

Команда	Действие	Параметры
m	move to	x,y
v	vertical line	y
h	horizontal line	x
l	line	x,y
a	arc	rx ry angle large-arc-flag sweep-flag dx dy

Синтаксис кривых Безье

Команда	Действие	Параметры
`c`	cubic bezier	x1,y1 x2,y2 x,y
`s`	smooth cubic bezier	x2,y2 x,y
`q`	quadratic bezier	x1,y1 x,y
`t`	smooth quadratic bezier	x,y

3 важных правила синтаксиса path

Начинается всегда с **M / m**

01

Заглавная буква команды — **абсолютные координаты**

Строчная буква команды — **относительные координаты**

02

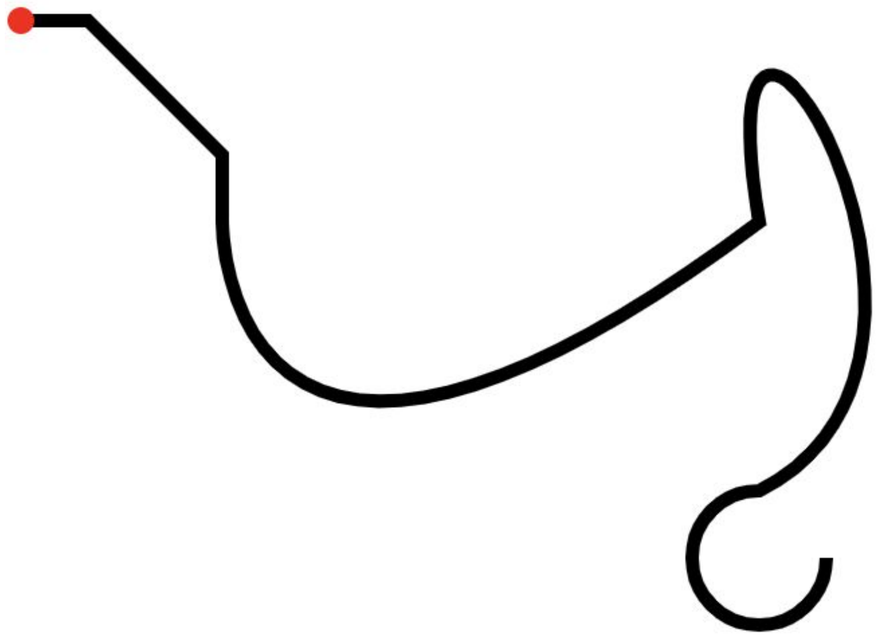
Одна команда продолжает другую (использует последнюю точку предыдущей как свою первую)

Например, `M 5,5 L 10,10` — переместить в (5, 5), нарисовать прямую из (5, 5) в (10, 10)

03

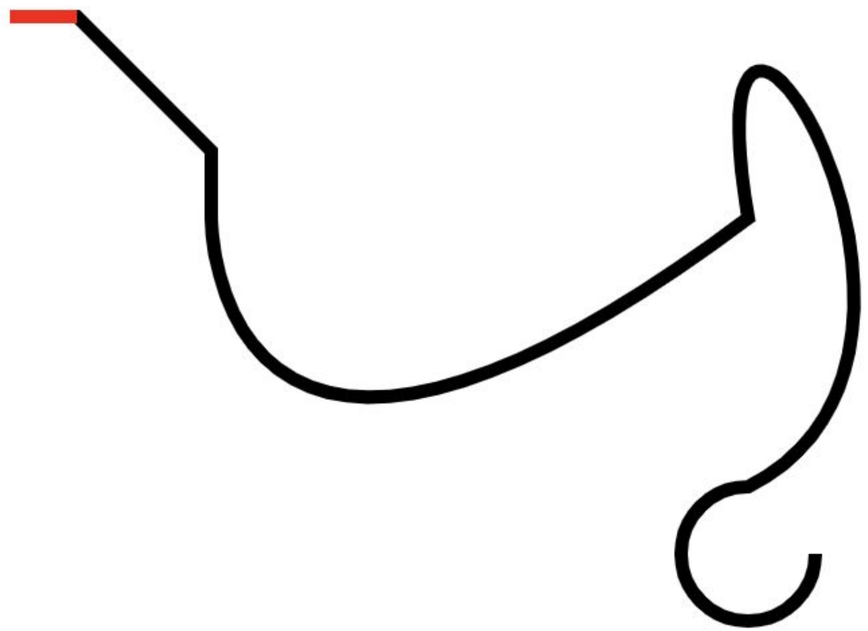
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



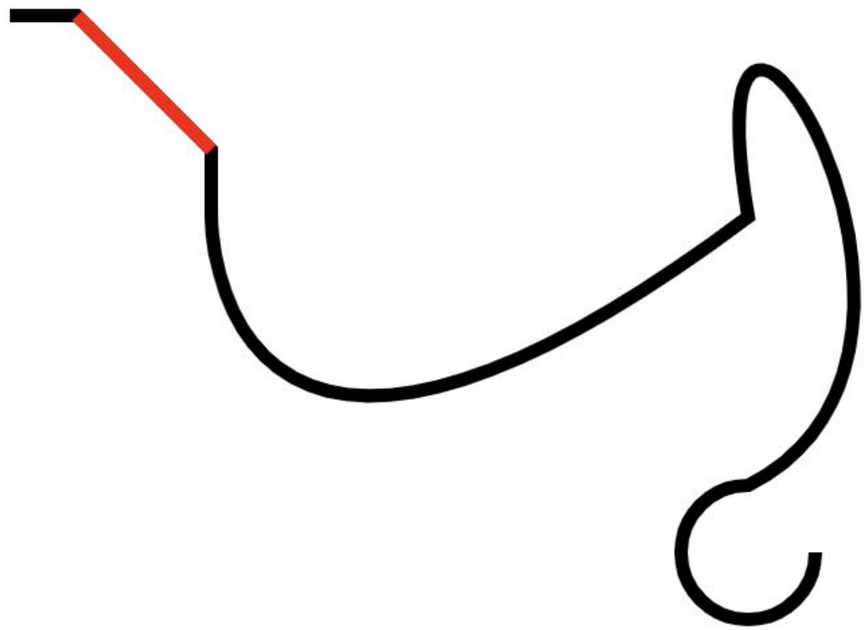
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



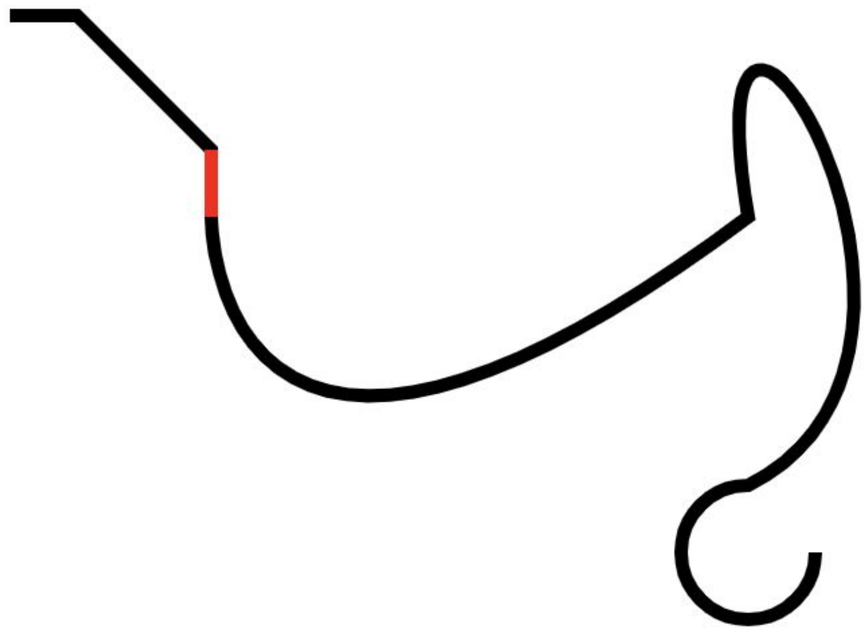
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



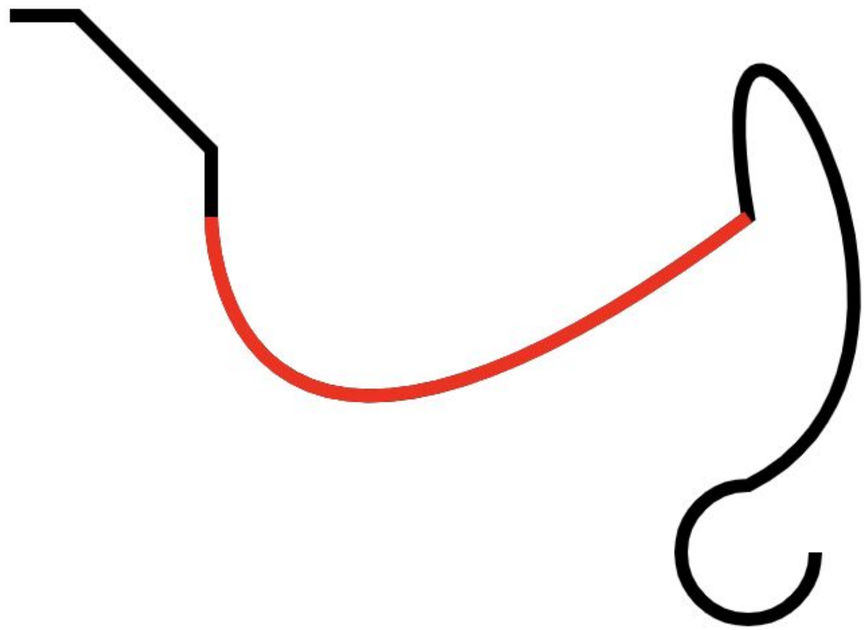
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



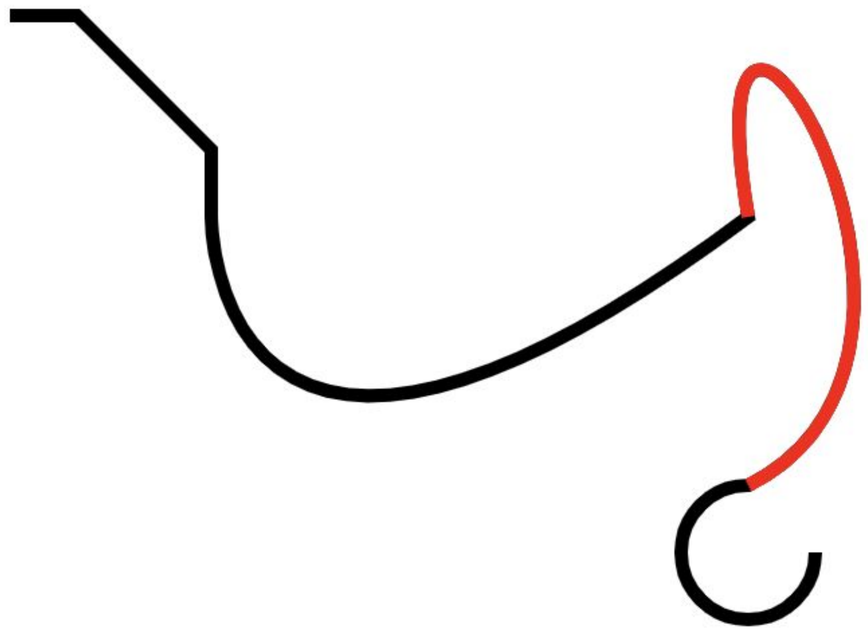
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



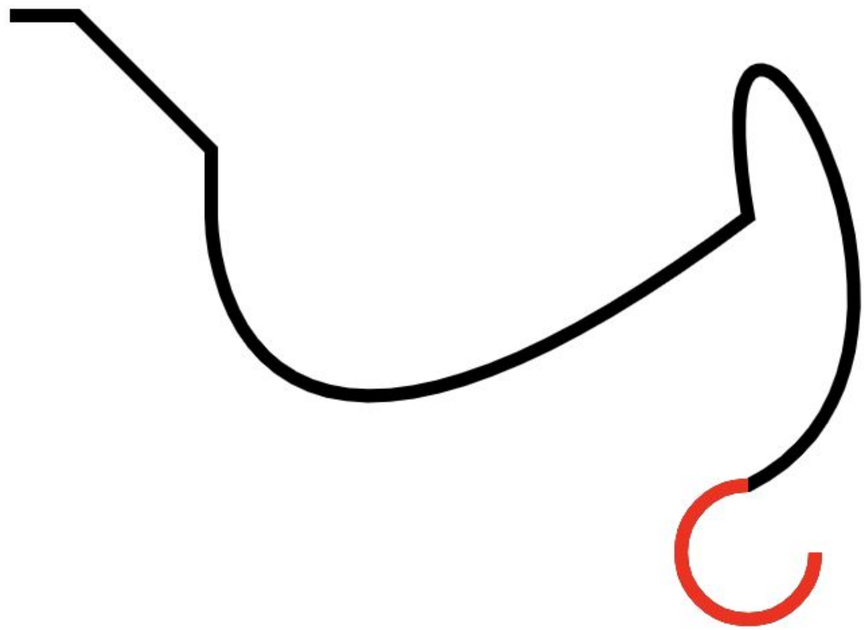
SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



SVG path

```
<path d="
  M 5,5
  h 5
  l 10,10
  v 5
  s 0,30 40,0
  c -5,-30 20,10 0,20
  a 5 5 180 1 0 5,5"
/>
```



Маркеры в SVG

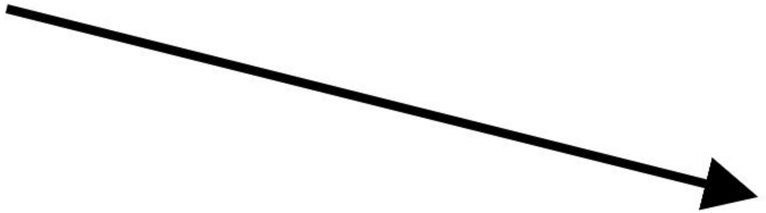
Элемент `<marker>` определяет графический элемент, используемый для рисования стрелок или полимаркеров на элементах `<path>`, `<line>`, `<polyline>` или `<polygon>`

Маркеры можно прикреплять, используя свойства `marker-start`, `marker-mid` и `marker-end` *

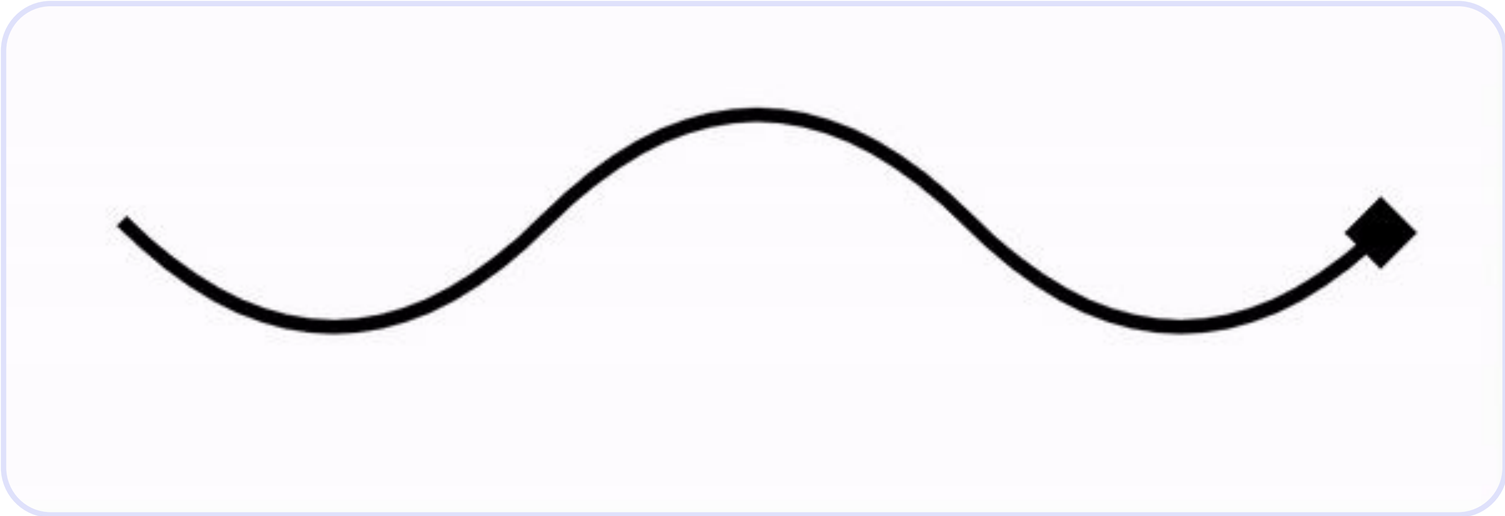
*** — Определение с MDN**

Маркеры в SVG

```
<marker
   id="arrow" viewBox="0 0 10 10" refX="5" refY="5"
   markerWidth="6" markerHeight="6" orient="auto"
>
   <path d="M 0 0 L 10 5 L 0 10 z" />
</marker>
<line
   x1="10" y1="10"
   x2="90" y2="30"
   stroke="black"
   marker-end="url(#arrow)"
/>
```

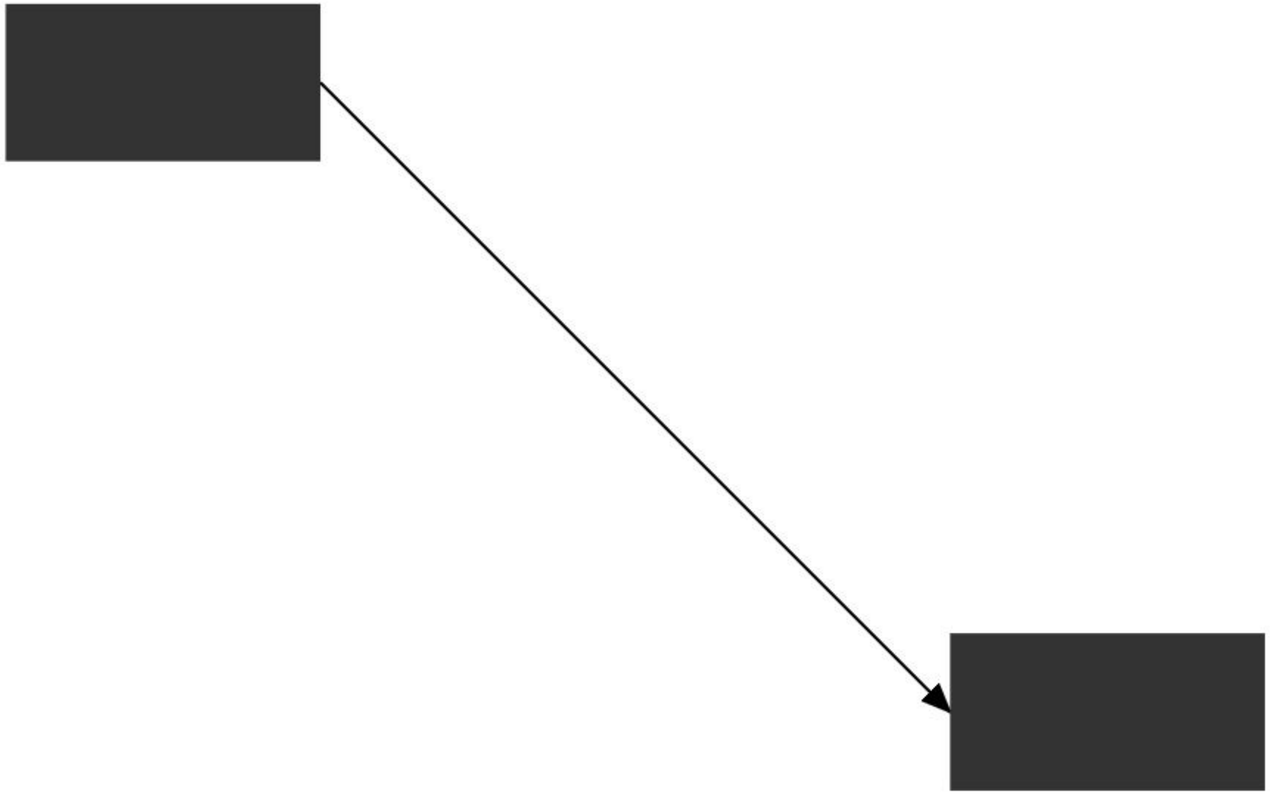


Маркеры в SVG

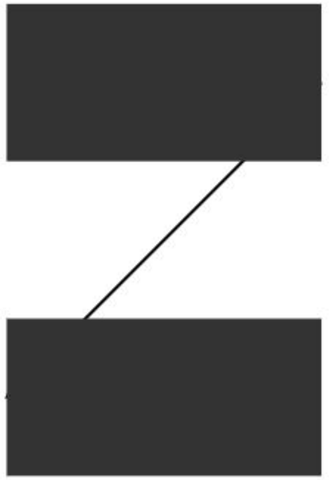


Маркеры можно даже анимировать, если возникнет такая необходимость

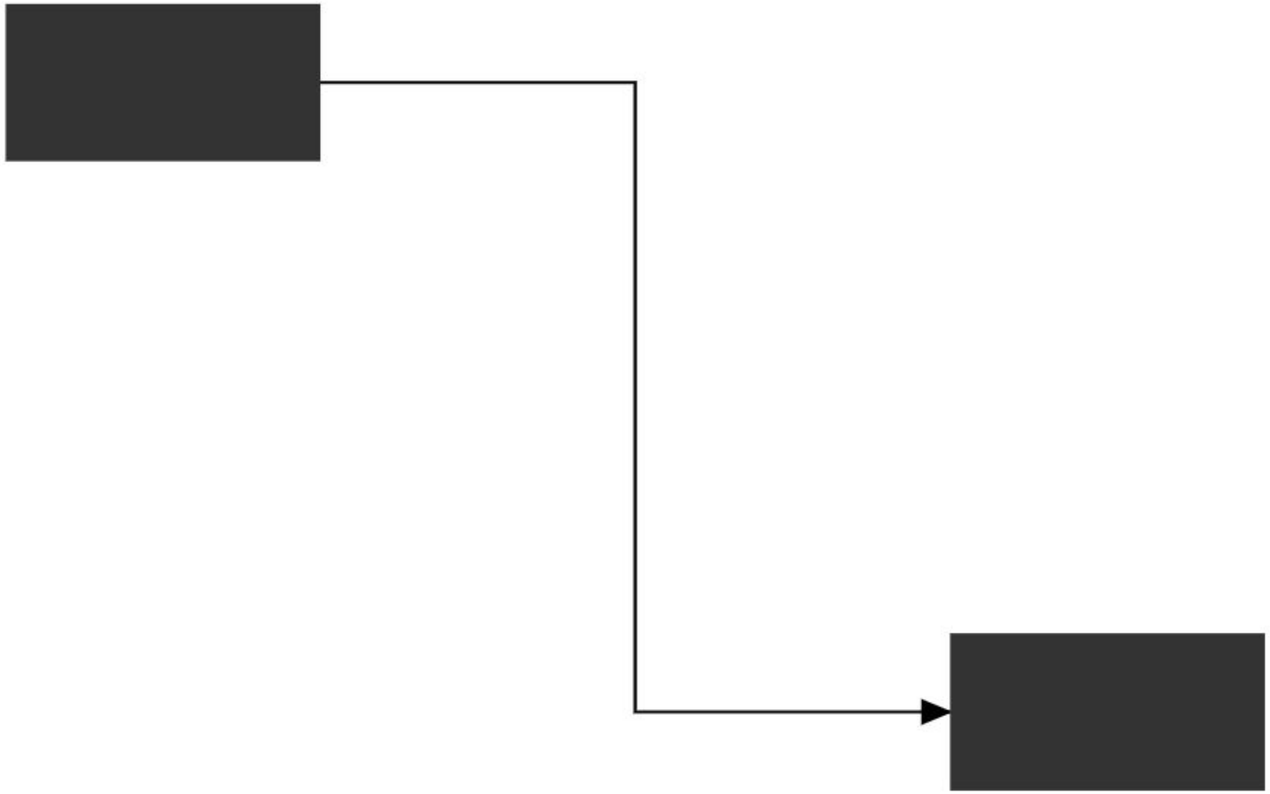
Как нарисовать «красивую» стрелку?



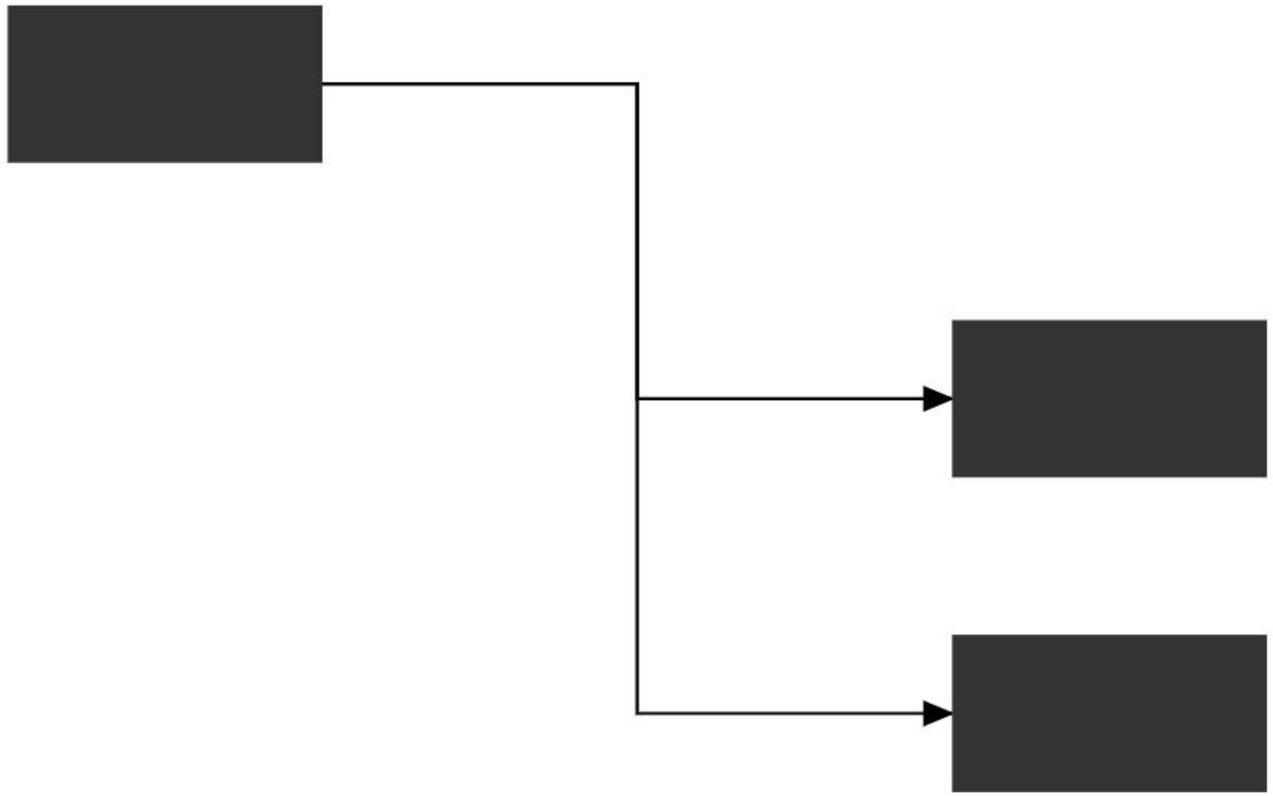
Как нарисовать «красивую» стрелку?



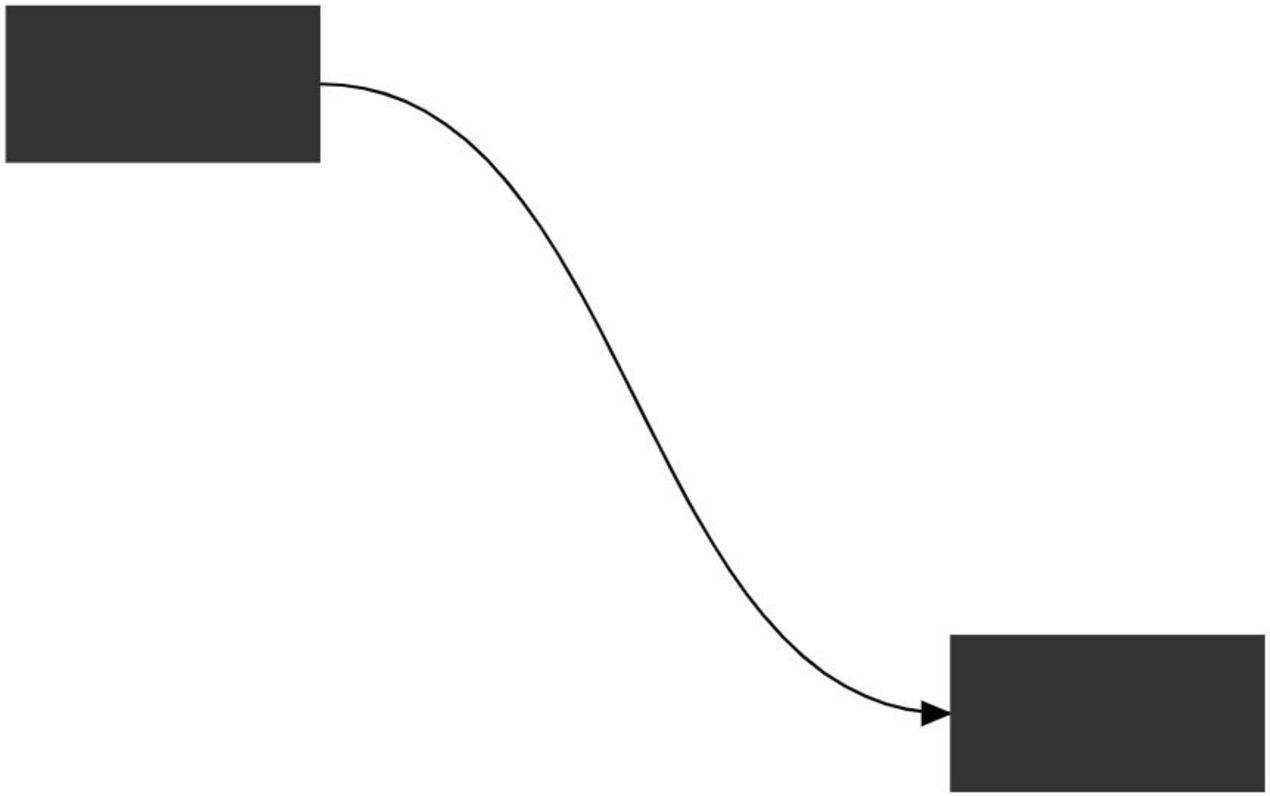
Как нарисовать «красивую» стрелку?



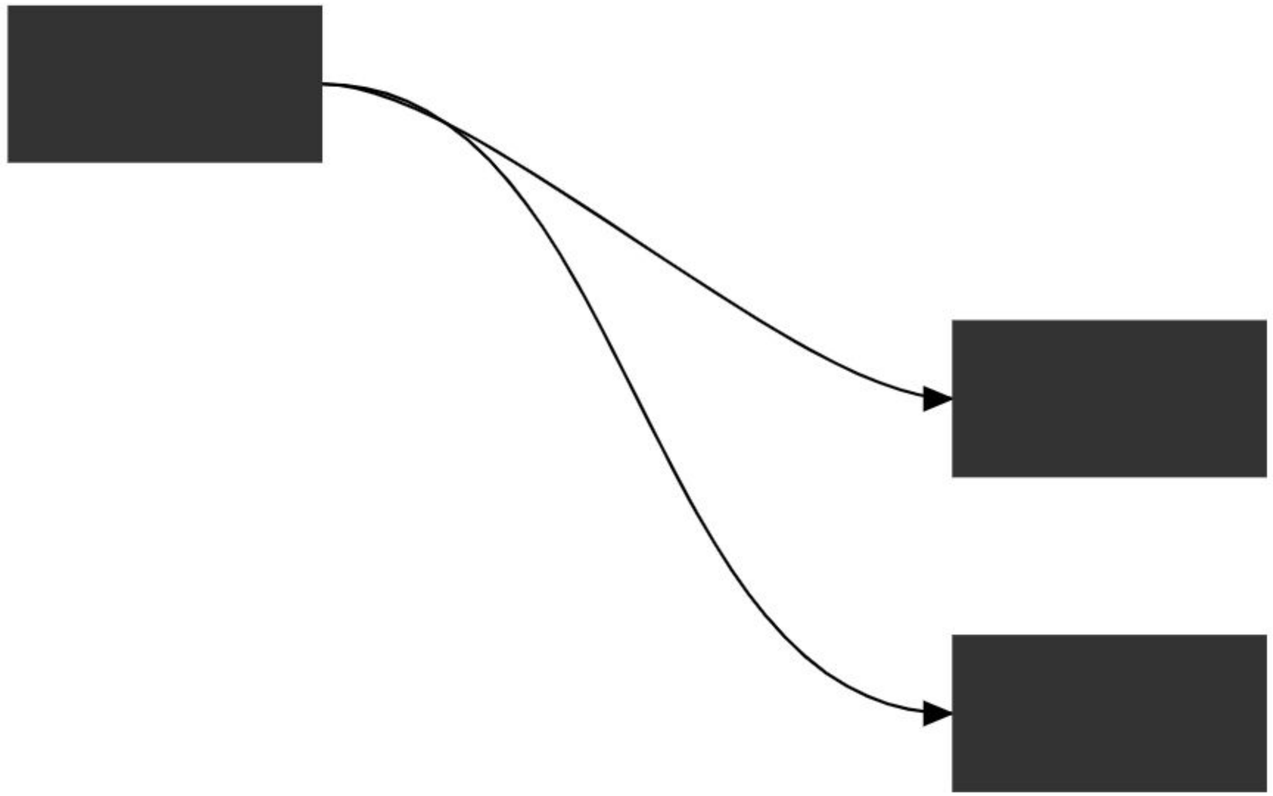
Как нарисовать «красивую» стрелку?



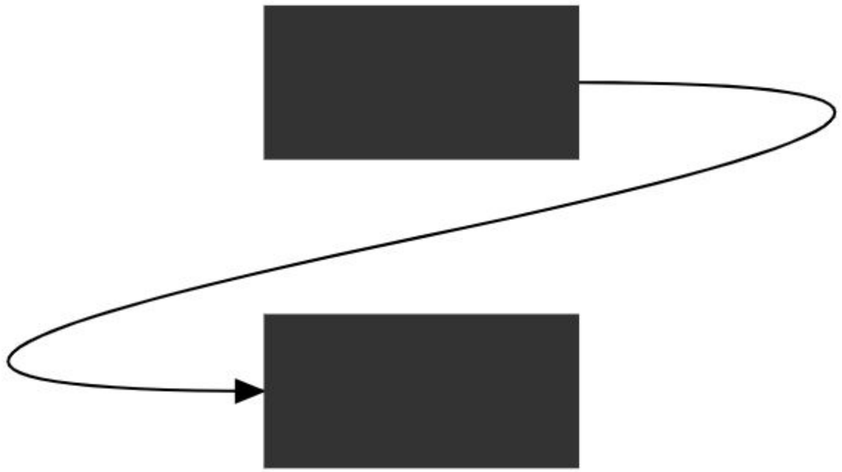
Как нарисовать «красивую» стрелку?



Как нарисовать «красивую» стрелку?



Как нарисовать «красивую» стрелку?



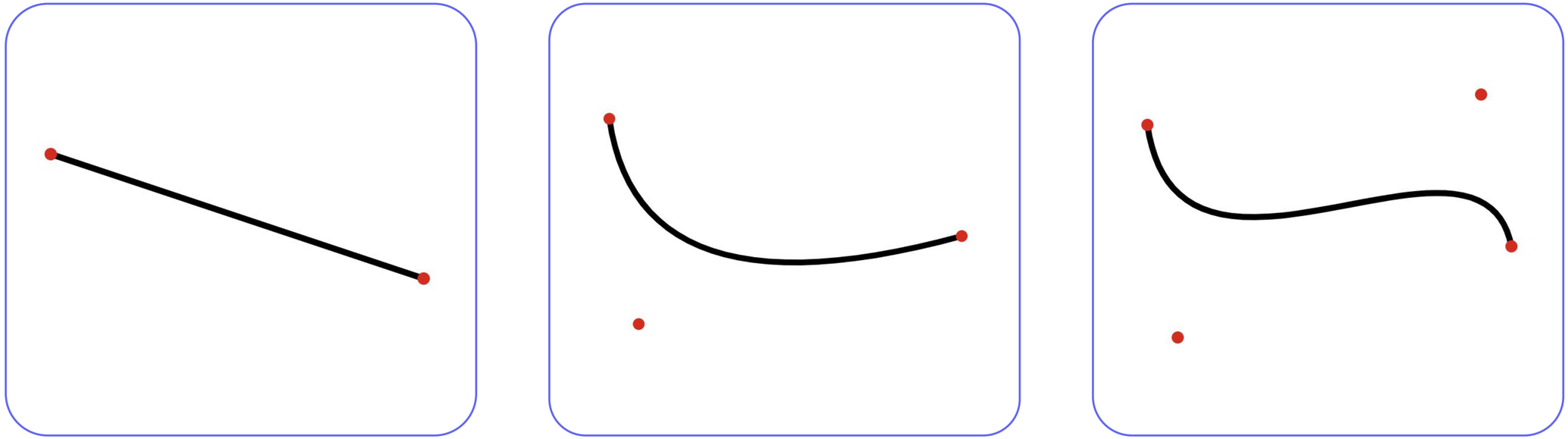
Что такое кривые Безье?

Кривая Безье — это математически описанная кривая, задаваемая **2+** опорными точками

Используется в:

- компьютерной графике
- шрифтах
- анимации

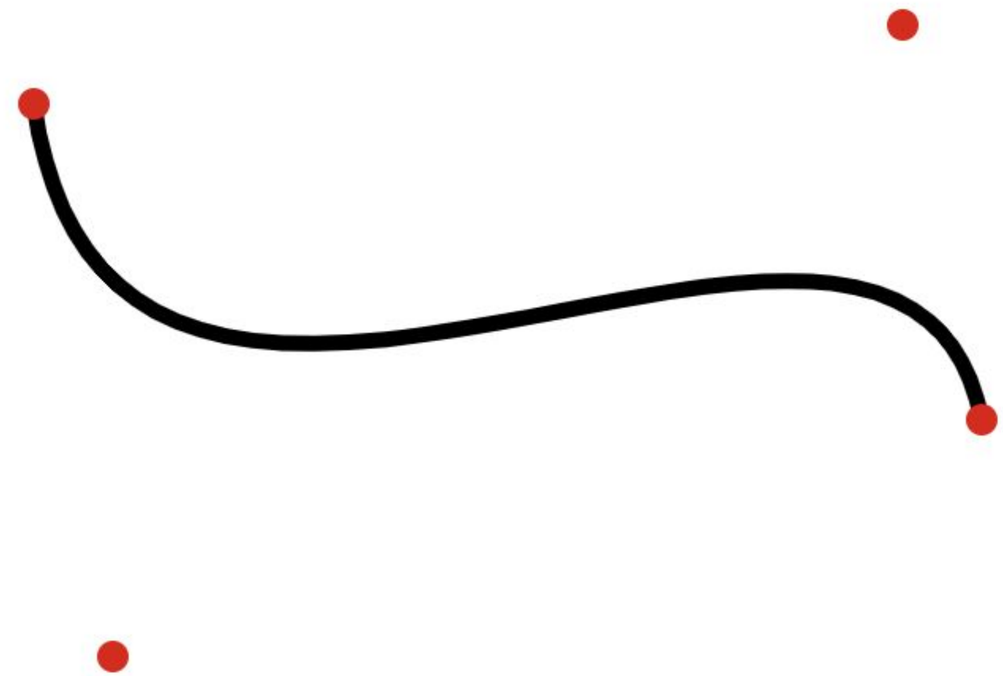
Виды кривых Безье



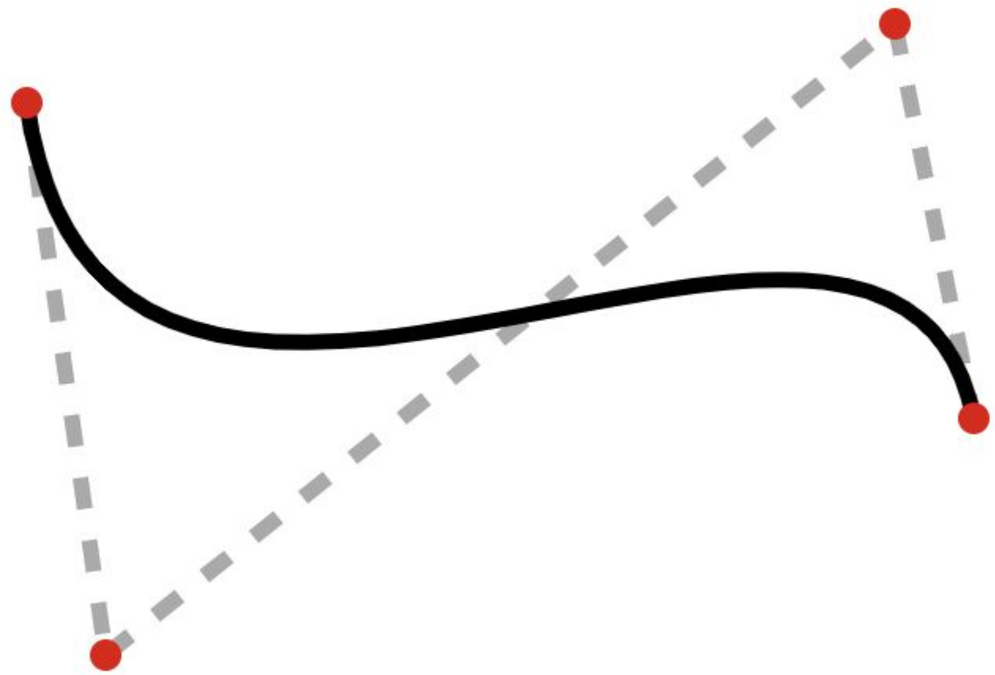
Уравнение кривой Безье

$$\mathbf{B}(t) = (1-t)^3\mathbf{P}_0 + 3t(1-t)^2\mathbf{P}_1 + 3t^2(1-t)\mathbf{P}_2 + t^3\mathbf{P}_3, \quad t \in [0,1].$$

Алгоритм де Кастельжо

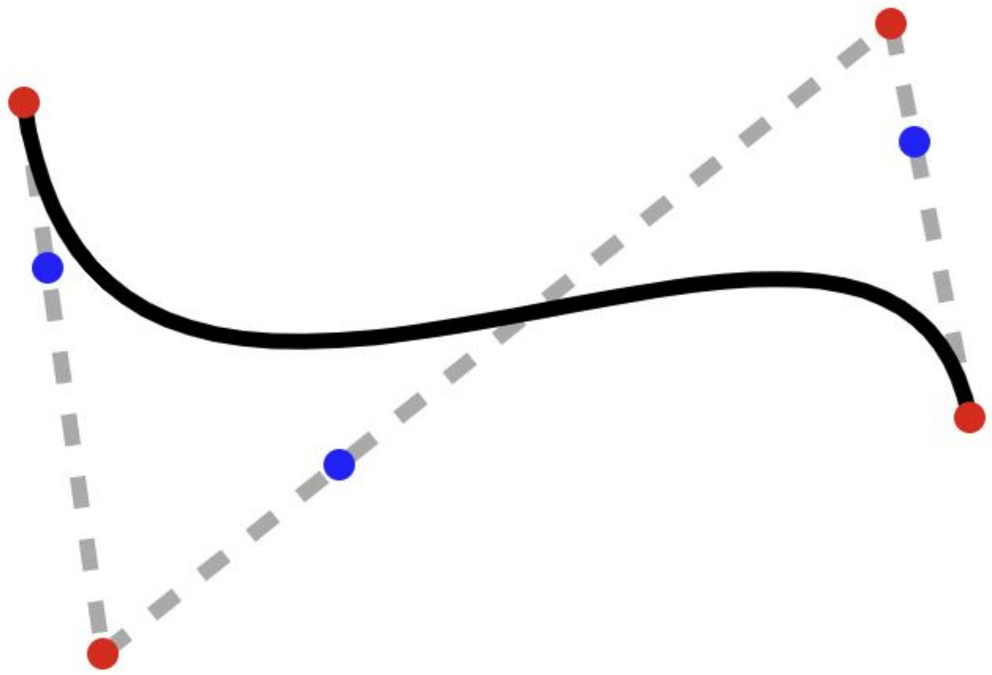


Алгоритм де Кастельжо



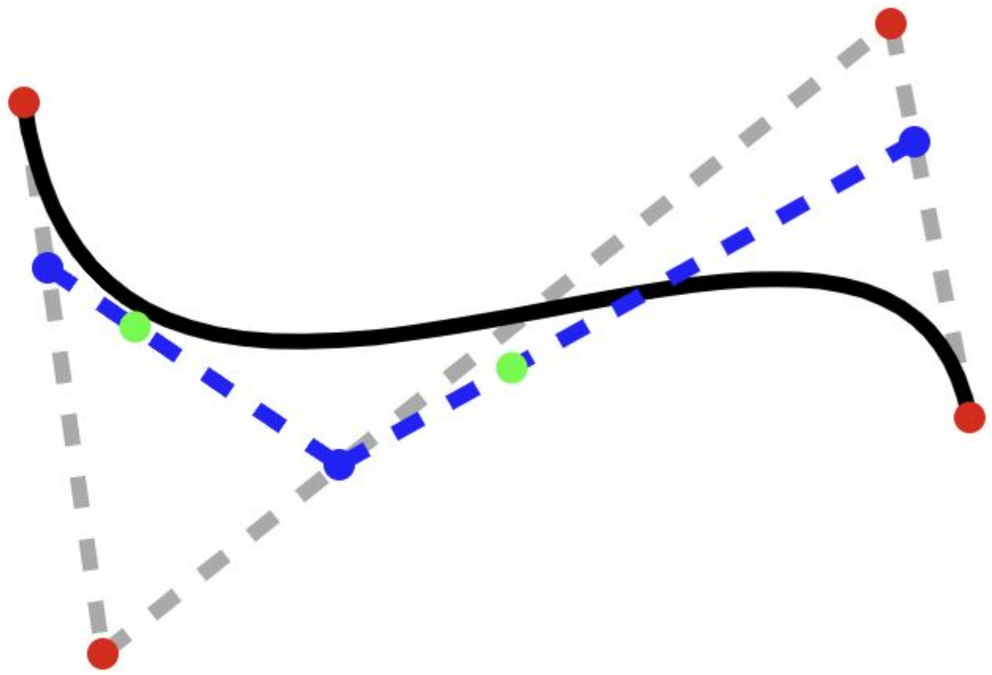
Алгоритм де Кастельжо

t=0.3



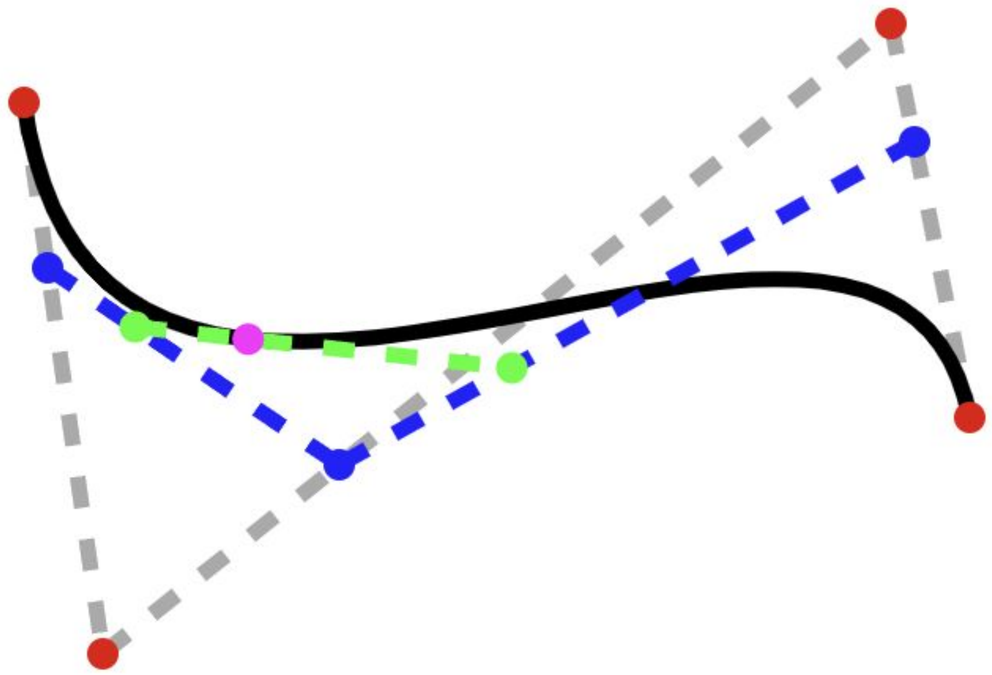
Алгоритм де Кастельжо

t=0.3

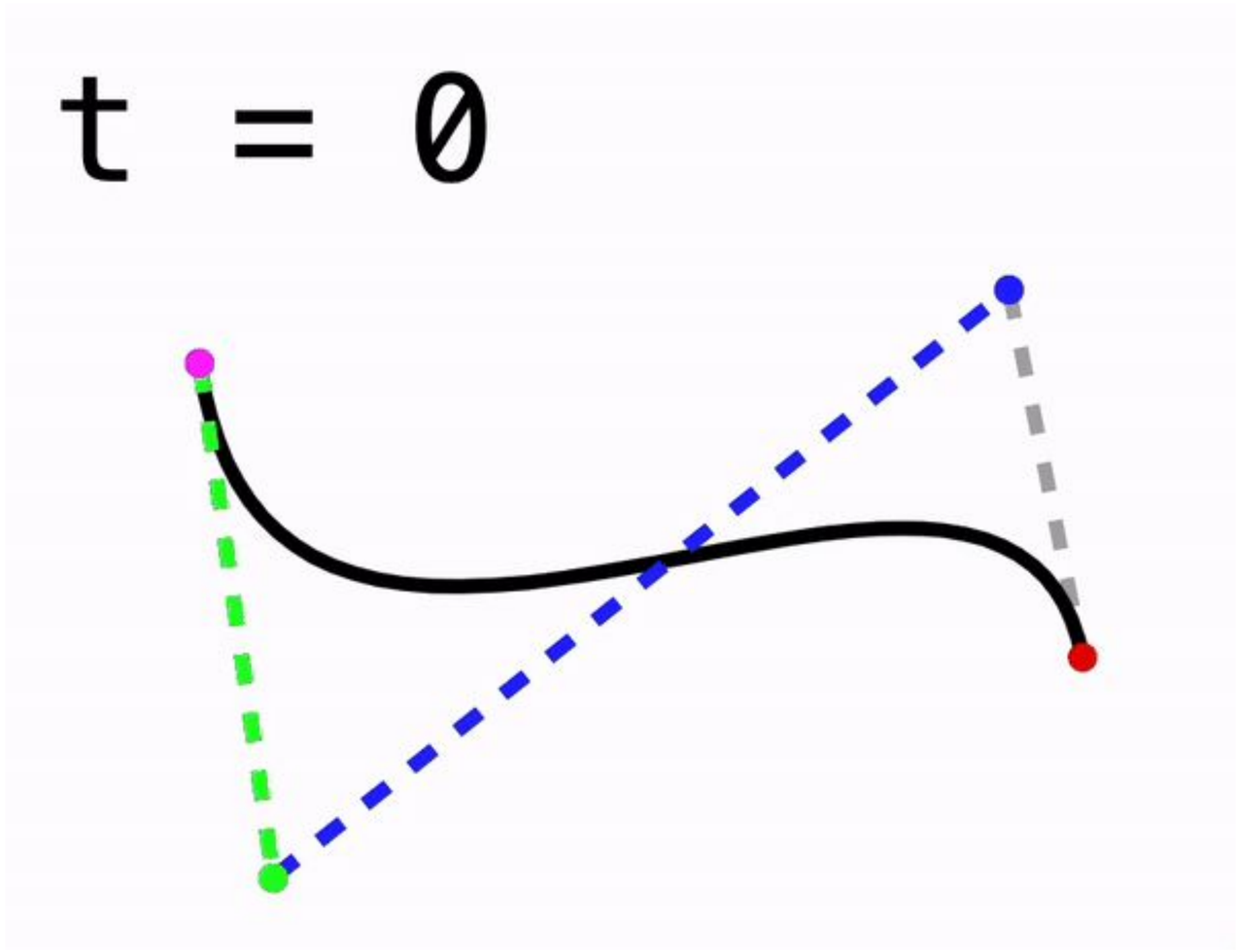


Алгоритм де Кастельжо

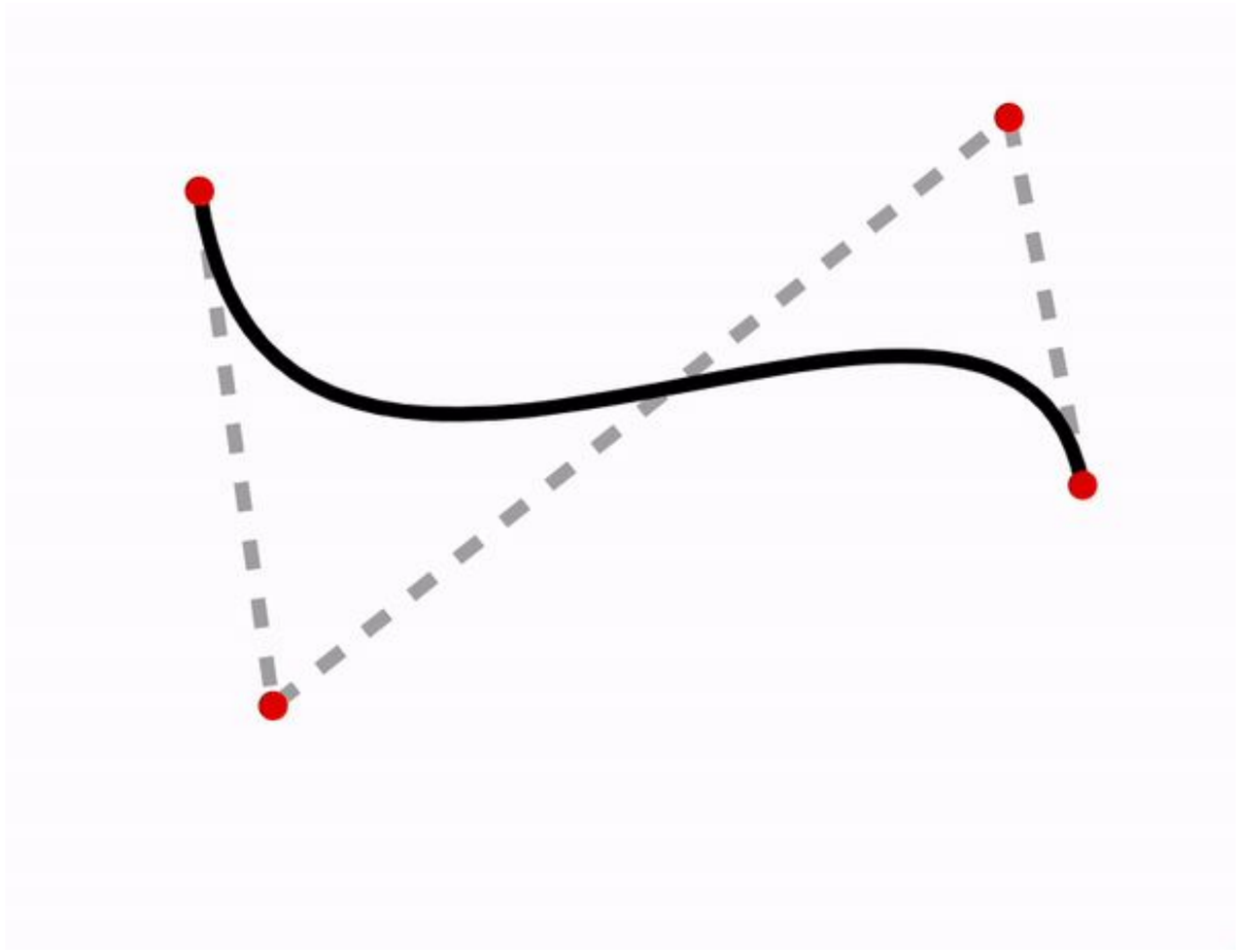
t=0.3



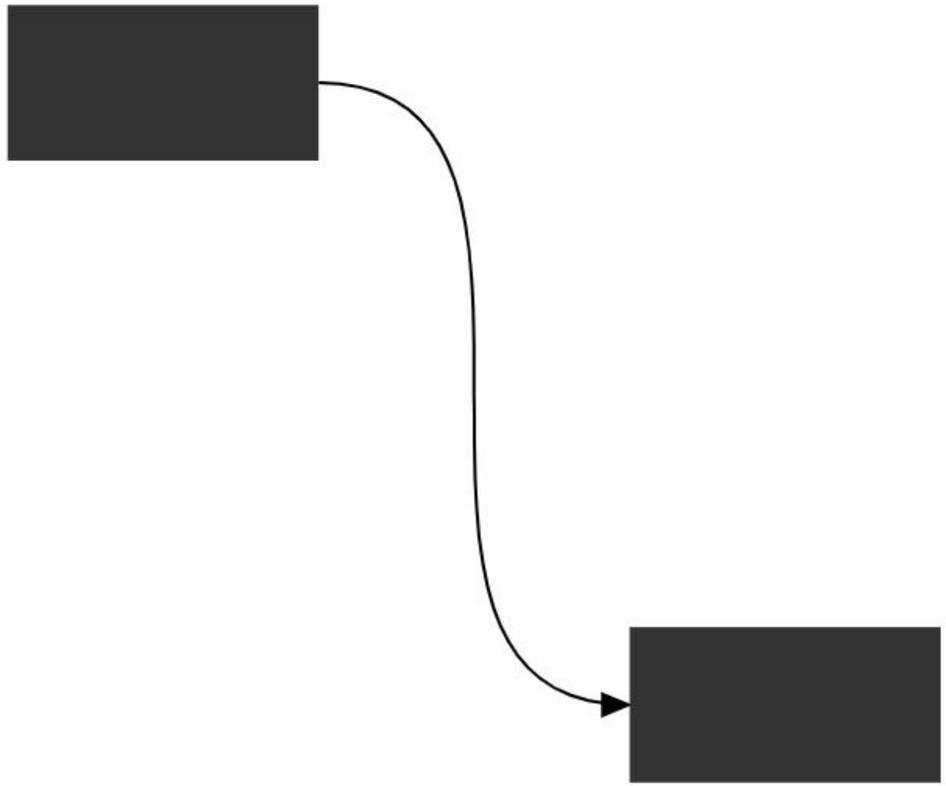
Алгоритм де Кастельжо

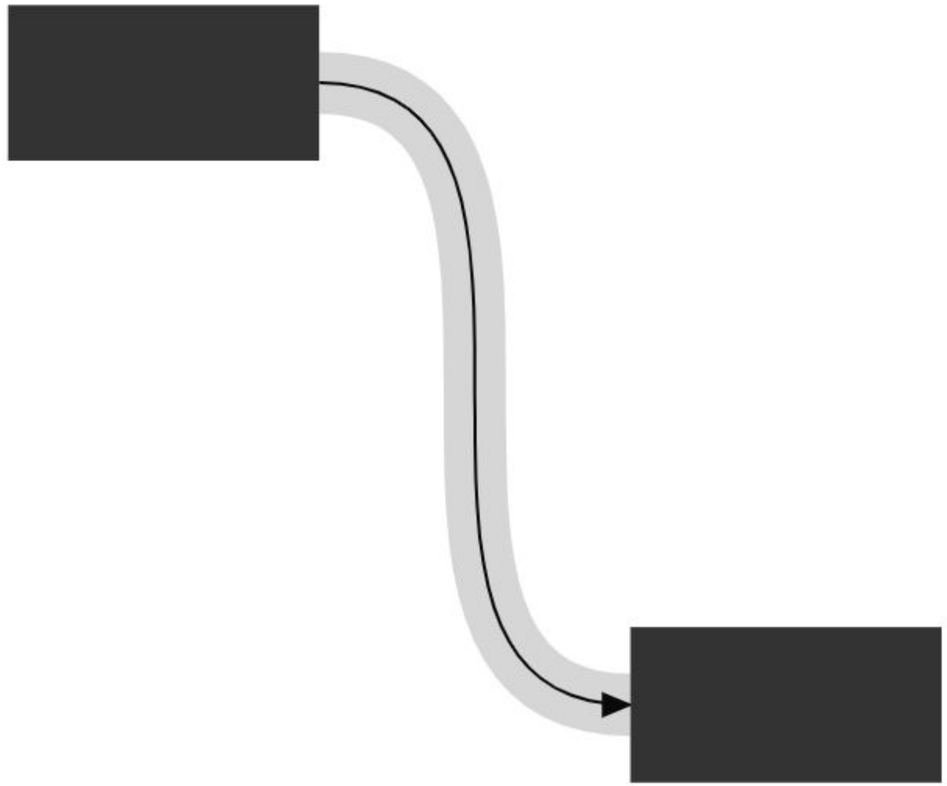


Как кривая Безье меняется от положения опорных точек?

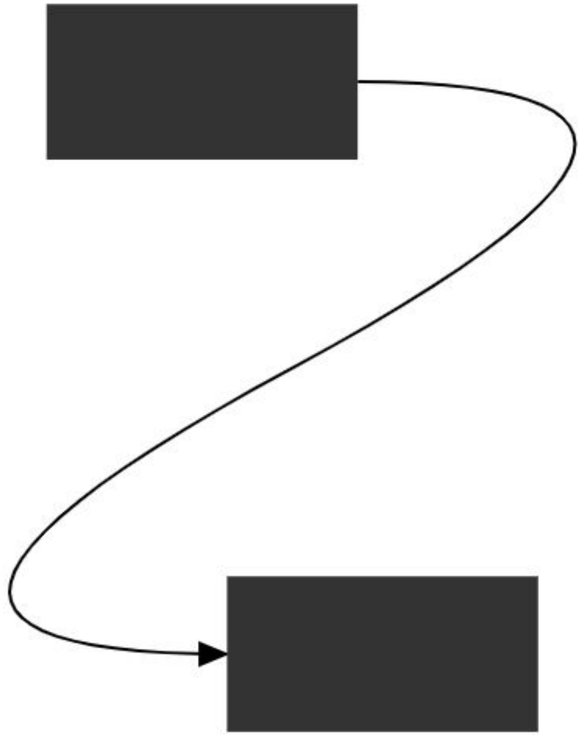


Улучшение удобства стрелок

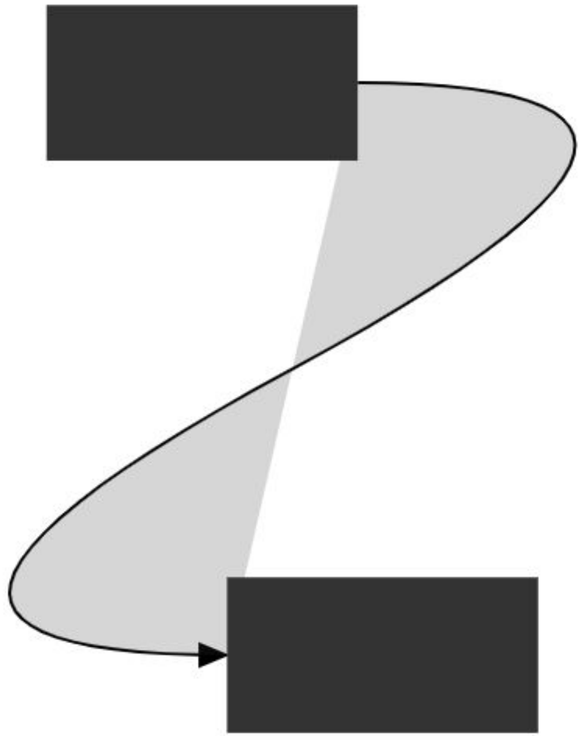




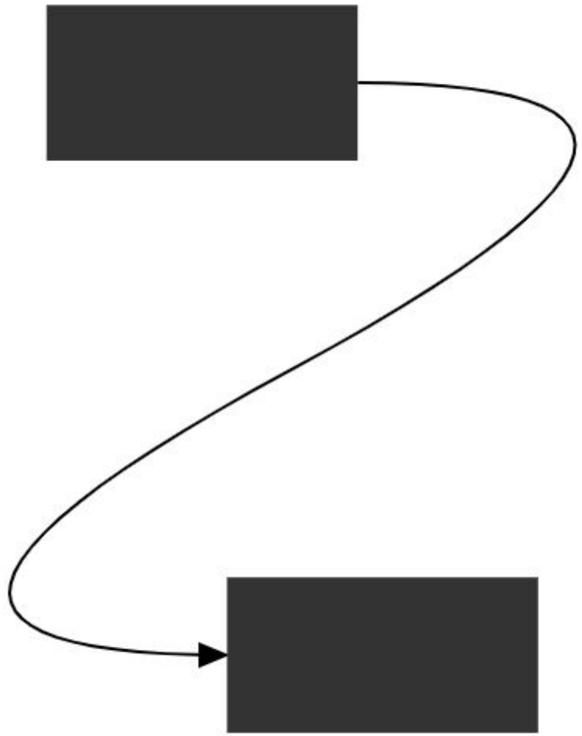
Проблема незакрытого пути стрелки и ее решение

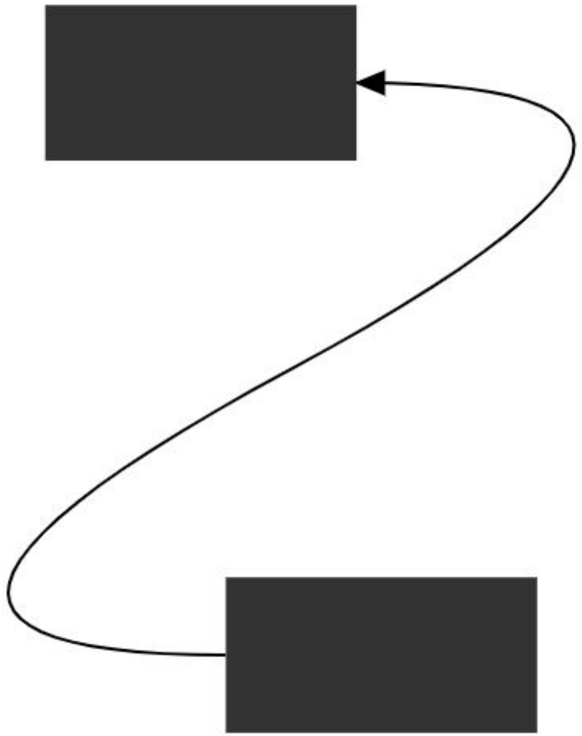


Проблема незакрытого пути стрелки и ее решение



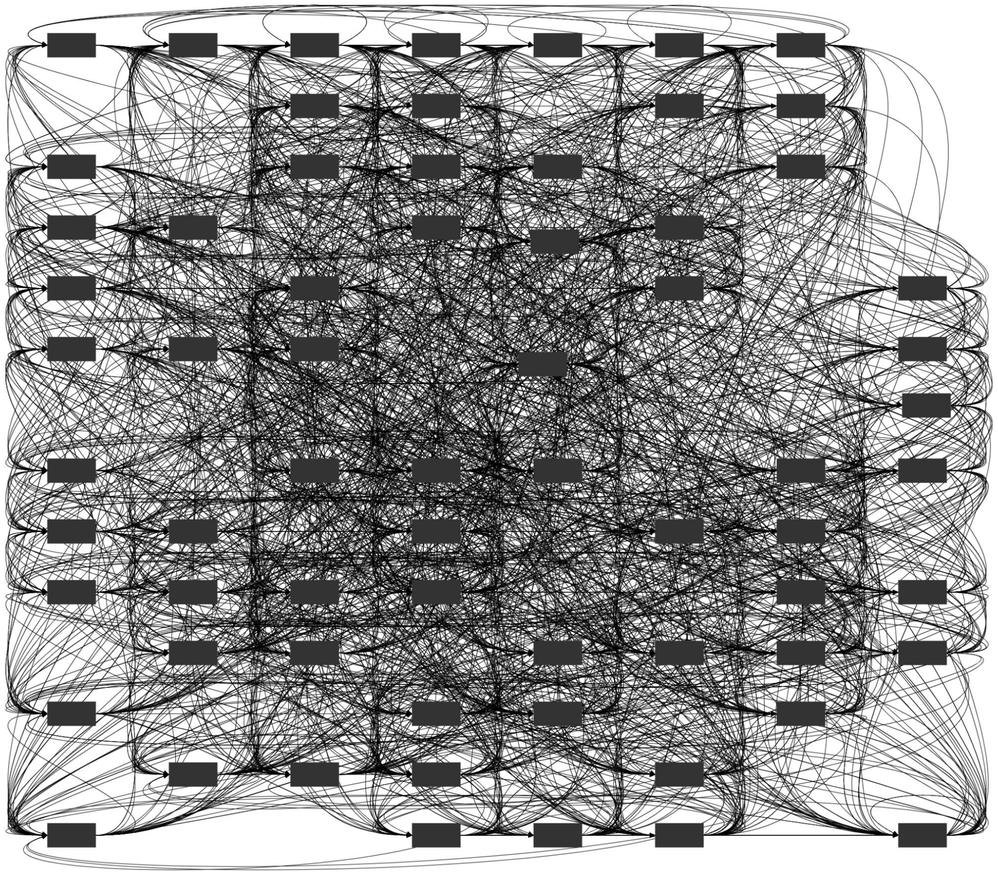
Проблема незакрытого пути стрелки и ее решение





Оптимизация рендеринга стрелок

- ~70 блоков
- 2000 стрелок



Оптимизация рендеринга стрелок

5 FPS

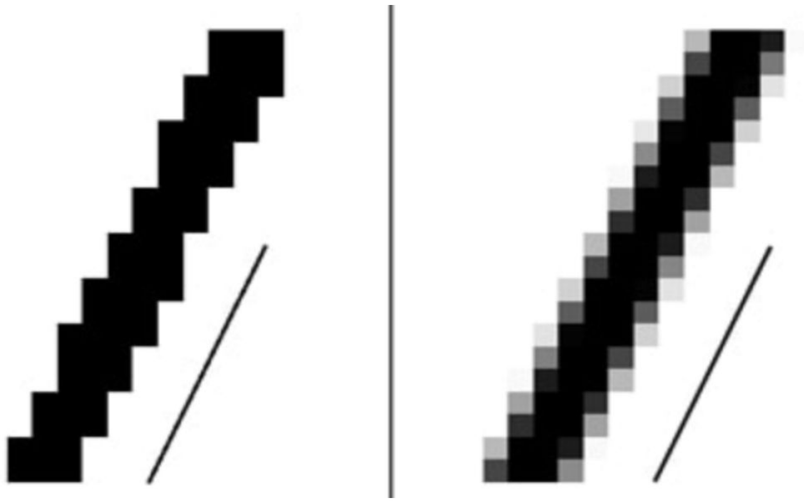
```
shape-rendering: optimizeSpeed;
```

113 FPS

Что делает optimizeSpeed?

Согласно спецификации SVGWG…

Indicates that the user agent shall emphasize rendering speed over geometric precision and crisp edges. This option will sometimes cause the user agent to turn off shape anti-aliasing.



Anti-aliasing

Поддержка в браузерах

	Chrome	Edge	Firefox	Opera	Safari	Chrome Android	Firefox for Android	Opera Android	Safari on iOS	Samsung Internet	WebView Android	WebView on iOS
`shape-rendering`	✓ 80	✓ 80	✓ 72	✓ 67	✓ 13.1	✓ 80	✓ 79	✓ 57	✓ 13.4	✓ 13.0	✓ 80	✓ 13.4

Возвращаем качество, когда ничего не происходит

```
const onSomeAction = () => {
   activateOptimizeSpeed();
   ...
}

const onSomeActionEnd = () => {
   deactivateOptimizeSpeed();
   ...
}
```

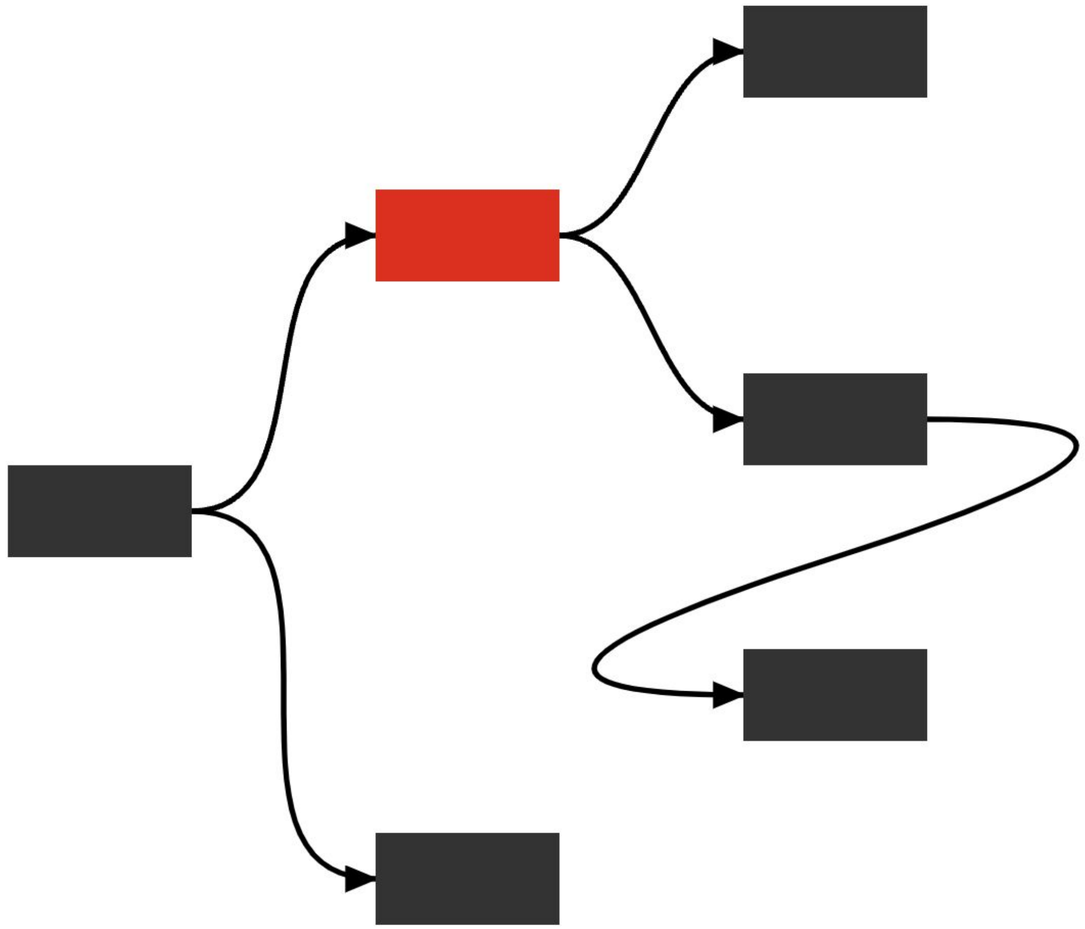
Вариант 1

Возвращаем качество, когда ничего не происходит

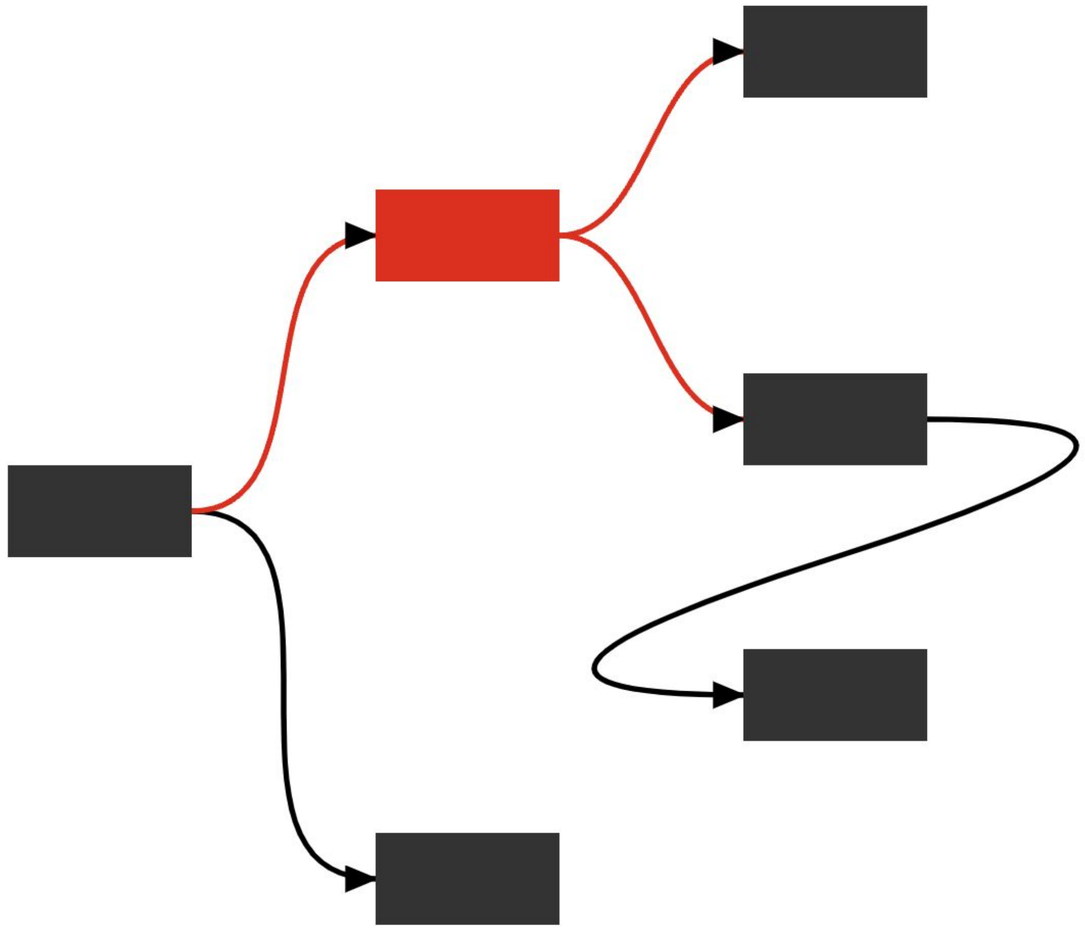
```
const optimizeGraphics = () => {
   activateOptimizeSpeed();
   debounce(() => deactivateOptimizeSpeed(), 400);
}

...

const someAction = () => {
   optimizeGraphics();

   ...
}
```

Вариант 2

Оптимизация нагрузки на CPU



Оптимизация нагрузки на CPU



Оптимизация нагрузки на CPU

```
const targetsWeakMap = new WeakMap<HTMLElement, Set<() => void>>();
```

Оптимизация нагрузки на CPU

```
const targetsWeakMap = new WeakMap<HTMLElement, Set<() => void>>();


...


const update = (target) => {
   if (target && targetsWeakMap.current.get(target)) {
       targetsWeakMap.current.get(target)?.forEach((handler) => handler());
   } else {
       updateAll();
   }
}
```

Оптимизация нагрузки на CPU

```
const targetsWeakMap = new WeakMap<HTMLElement, Set<() => void>>();

...

const update = (target) => {
   if (target && targetsWeakMap.current.get(target)) {
       targetsWeakMap.current.get(target)?.forEach((handler) => handler());
   } else {
       updateAll();
   }
}

...

const handleUpdate: DraggableEventHandler = (mouseEvent, dragEvent) => {
   update(dragEvent.node);
};
```

npm baana-react