The Web (JS)

Interface Pessoa-Máquina - 25/26 - LEI / UM

Hugo Pacheco
hpacheco@di.uminho.pt

The Web: uma tríade atual

Hierarquia, navegação, significado, conteúdo

Tipografia, cores, layout, efeitos visuais, animação

Interação e automação; linguagem general-purpose que corre no cliente

HTML: interação limitada

- **HTML** de uma página web pode efetuar HTTP requests adicionais para:
  - **CSS:** `<link href="presentation.css" rel="stylesheet">`
  - **JS:** `<script src="behavior.js"></script>`
  - **Media:**
    - `<img src="baby-yoda.jpg" alt="Description">`
    - `<video src="nyan-cat.mp4"></video>`
    - `<audio src="o-superman.mp3"></audio>`
  - **Outras páginas HTML:** `<iframe src="otherpage.html"></iframe>`

! Mas só o pode declarar estaticamente, executado “on page load”

JavaScript (JS)

- A única linguagem de programação que corre no browser **do lado do cliente**
- Qual o propósito?
  - **Interação:** “When click on button, validate the form and display errors”
  - **Automação:** “Add a `<time>` element inside every `<td>` in the schedule”
  - **APIs:**
    - **Externas (Web):** “Display latest Instagram posts in the sidebar”
    - **Internas (Browser):** “Get the geolocation of the mobile device”
  - …
- Uma implementação do standard ECMAScript (ES)

JavaScript = Java + Script?

- Criada em 1995 por Brendan Eich @ Netscape
- Bastante diferente de **Java**, mas alguma sintaxe similar
  - “I was under marketing orders to **make it look like Java** but not make it too big for its britches. It’s just this sort of silly little brother language, right?”
- Uma **scripting** language interpretada pelo browser
  - “When it started getting early traction, […] I was a little surprised. But I wasn’t shocked, because on reflection what happened was **the people that wrote the web page could now program** the web page.”

JavaScript (JS)

- Uma general-purpose language, desenvolvida para ter…
  - …the functional programming of **Scheme**
  - …the prototype-based dynamic object-oriented programming of **Self**
  - …the syntax and appearance of **Java**

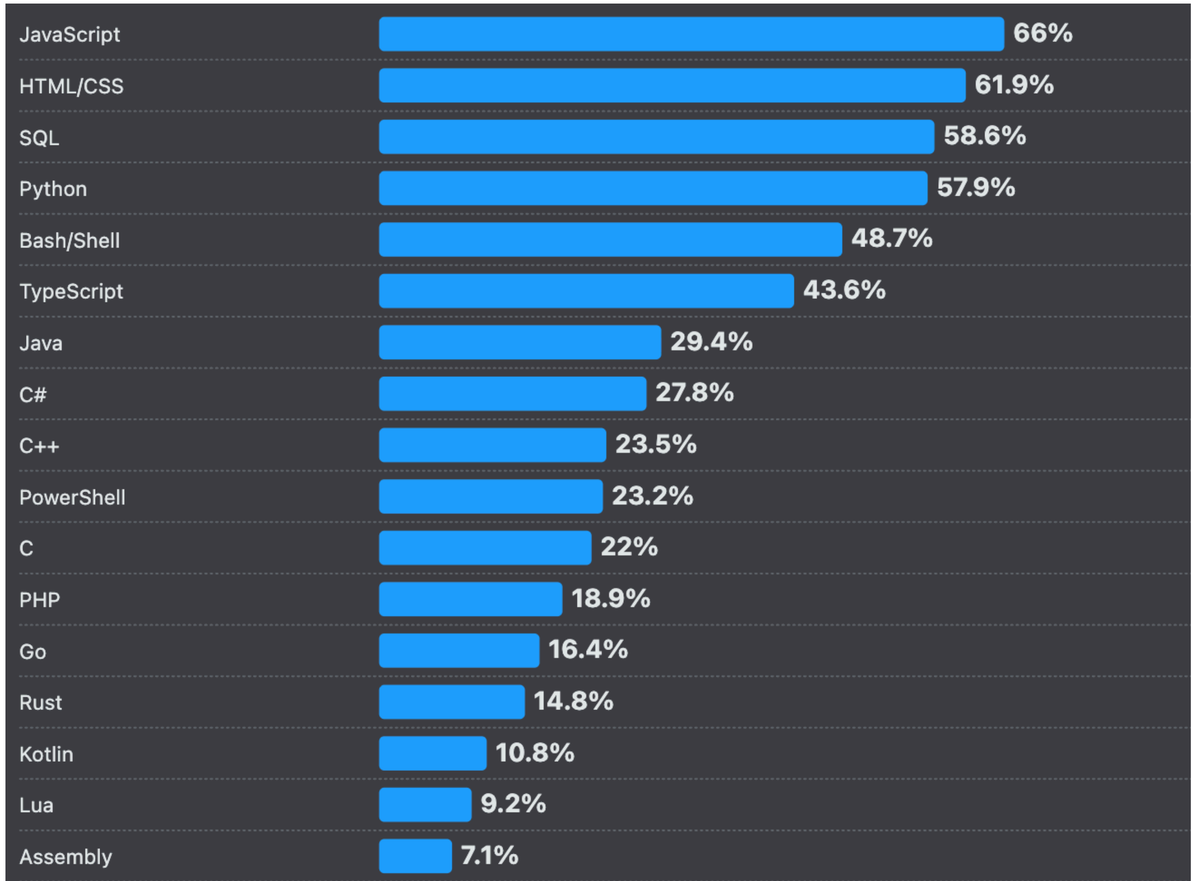
- Famosamente criada em apenas 10 dias!

“Ten Days That Shook the World” Wide Web

- **“Back then**, the pace of Web innovation was furious […]”

- **Hoje**, a linguagem mais popular do mundo

2025 Developer Survey



JS: uma revolução ~~de usabilidade?~~

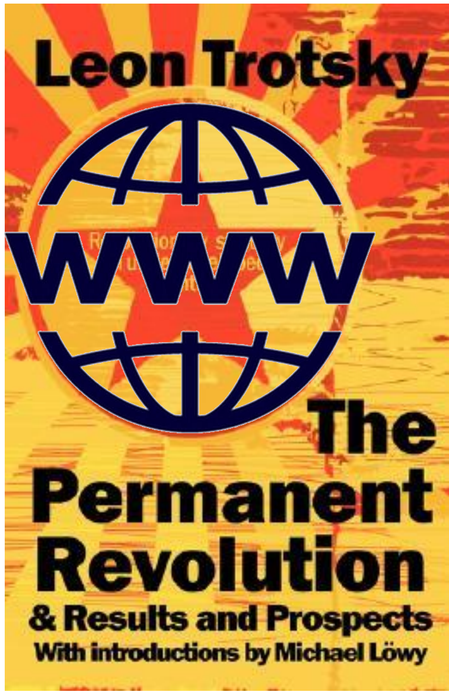
- “One of the notorious **first in-house testers** was, ‘I’d like to compare a number to a string that contains that numeral. And I don’t want to have to change my code to convert the string to a number, or the number to a string. I just want it to work.’”
  - “And I did it. And that’s a **big regret**, because that breaks an important mathematical property […] It led to the addition of a second kind of equality operator when we standardized JavaScript.”
    - https://dorey.github.io/JavaScript-Equality-Table/
  - ! Grupo não heterogéneo de utilizadores durante prototipagem
  - ! Sem tempo para avaliar a solução

JS: uma revolução ~~de usabilidade?~~

- “We all know that JavaScript is quite a funny language with tricky parts. Some of them can quickly turn our everyday job into hell, and some of them can make us laugh out loud.”
  - https://github.com/denysdovhan/wtfjs
- “JavaScript's popularity is almost completely independent of its qualities as a programming language” (Douglas Crockford, JavaScript: The Good Parts)
  - ! Não é a linguagem com melhor usabilidade para web developers
- `4 * "2" ** 3 + 10 = 4 * 8 + 10 = 32 + 10 = 42`
- `4 * 2 ** 3 + “10" = 4 * 8 + “10” = 32 + “10” = “3210”`
- `[] == ![] = true`

permanente

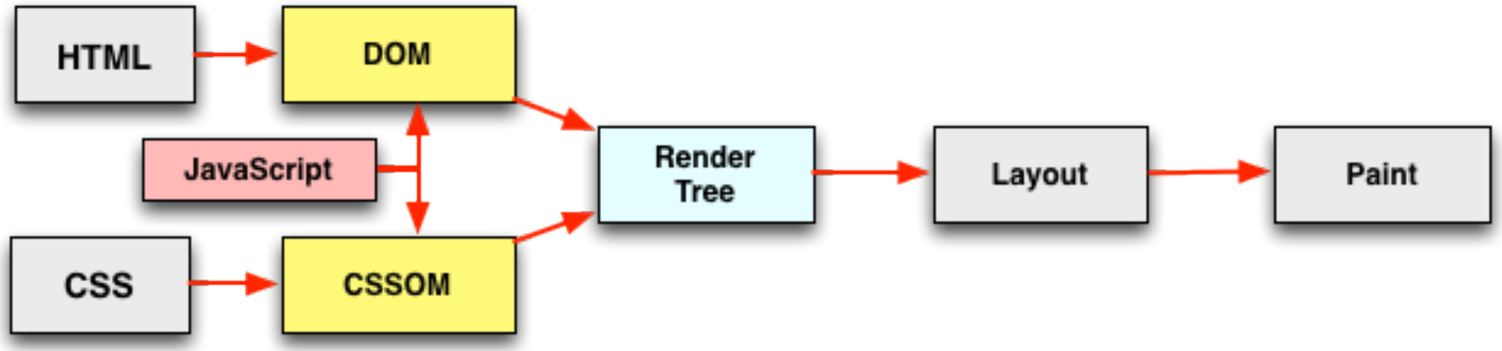
JS: uma revolução de funcionalidade



- **Backward Compatibility**
  - “Once something is released into the wild, bugs or imperfections quickly become essential features and are **nearly impossible to change**.” (Brendan Eich)
  - “Don’t break the web” (ECMAScript’s TC39)
- **Essential JS subset for JS-only tasks**
  - “There is a beautiful, elegant, highly expressive language that is buried under a steaming pile of good intentions and blunders. […] JavaScript is a block of marble, and I **chip away the features that are not beautiful** until the language's true nature reveals itself.” (Douglas Crockford, JavaScript: The Good Parts)
  - “JavaScript should only do what only JavaScript can do.” (Jeremy Keith)

Arquitectura de uma página no browser

- Conteúdo da página web guardado no DOM
- Browser faz o rendering do DOM (considerando HTML + CSS)
- JS consegue manipular (entre muitos outros):
  - DOM: querying and manipulating the DOM tree, events
  - CSSOM: reading and manipulating stylesheets
  - Fetch: Sending HTTP requests



https://calendar.perfplanet.com/2012/deciphering-the-critical-rendering-path/

Exemplo: JS minimal

```
<script>
        alert('Hello world!');
</script>
```

1. Abrir `Developer Tools > Console`
2. Inspecionar o ambiente da página atual (diferente para cada window/tab)
3. E modificá-lo (variáveis globais no código, logging, …):

```
myName = “Hugo”;
console.log(myName);
```

JS: aparência de 

- Classes, getters/setters, métodos, encapsulamento, …

```
class Game {
  #name; #year;
  constructor() {
    this.#name = "test";
    this.#year = 2025;
  }
  get name() {
    return this.#name;
  }
  set name(v) {
    this.#name = v;
  }
  toString() {
    return "Games(" + this.#name + ", " + this.#year + “)”;
  }
```

JS: sintaxe

- “JavaScript borrows most of its syntax from Java, C, and C++, but it has also been influenced by Awk, Perl, and Python.”

```
// Declare variables
let x = 10;
const y = 20;
z = 30;

// Some types
let dqstr = “Hello"; // string
let sqstr = ‘Hello'; // string
let num = 42; // number
let fpnum = 42.5; // number
let bool = true; // boolean
let person = {name: "Alice", age: 25}; // object
let arr = [1, 2, 3]; // array
let undef; // undefined
let n = null; // object

// Conditionals
if (x > 5) {
  console.log("Greater");
} else {
  console.log("Smaller");
}
switch (x) {
  case 10: console.log("Ten"); break;
  case 20: console.log("Twenty"); break;
  default: console.log("Unknown");
}
// Loops
let nums = [10, 20, 30];
for (let i = 0; i < nums.length; i++) {
  console.log(nums[i]);
}
nums.forEach(num => console.log(num));
for (let key in person) {
    console.log(key + ": " + person[key]);
```

JS: objetos de 

- Orientação a objetos baseada em *prototypes*
  - Objetos herdam diretamente de outros objetos
  - **Classes são apenas açúcar sintáctico**
    - Métodos e atributos são funções partilhadas pela *prototype chain*, não são copiados entre classes
    - Possível criar novos objetos sem classes
    - Possível adicionar dinamicamente novos métodos e atributos

+ Abstração, modularidade, isolamento

```
let o = {
    name: "José",
    dizOla: function()
{ console.log("Olá
"+this.name); }
};

let oo =
Object.create(o);
console.log(oo);
o.dizAdeus = function()
{ console.log("Adeus
"+this.name); };

oo.dizAdeus();
```

JS: tipos de 

- Tipagem dinâmica, como em Python
  - **Tipos associados a valores, não a variáveis**: uma variável pode ter valores de tipos diferentes em instantes diferentes
  - Variáveis (globais ao script por definição) vs `let` (no contexto de um bloco) vs `const` (não podem ser redefinidas)

```
let x = 10;    // x is a number
x = "Hello";   // x is a string
x = true;      // x is a boolean
```

  - **Conversões implícitas de tipos**
    - Em muito similar a Python (+, *, …), mas ainda mais imprevisível
    - Conversão para `boolean` de *falsy* (`false`, `0`, “ ”, `null`, `undefined`) ou *truthy values*
  - Propriedades não existentes de objetos retornam simplesmente `undefined`

+ Flexibilidade: reporta menos erros, não exige anotações de tipos

JS: funções de λ

- Suporte de *first-class functions*
  - **Funções são objetos**
    - Podem ser criadas e manipuladas dinamicamente
    - Podem ser passadas como argumentos ou o retorno de outras funções
- ✚ Abstração, modularidade
- ✚ Callbacks: código executado pelo browser
- ✚ Execução assíncrona: *events*, *promises*

```
// Regular function
function add(a, b) {
  return a + b;
}

// Anonymous function
const add = function (a, b) {
  return a + b;
}
// Arrow function
const add = (a, b) => a + b;
```

JS: modelo de execução

- A linguagem é *single-threaded; o* browser controla a *thread* de execução
- HTML declara um conjunto de scripts
- Scripts executados por ordem de declaração, “on page load”

```
<script src=“lib.js”>
<script>console.log(“Hello”);</script>
```

- Tag `defer` atira o script para o fim da ordem, quando a página acabar de carregar (útil se e.g. depender de elementos do DOM)

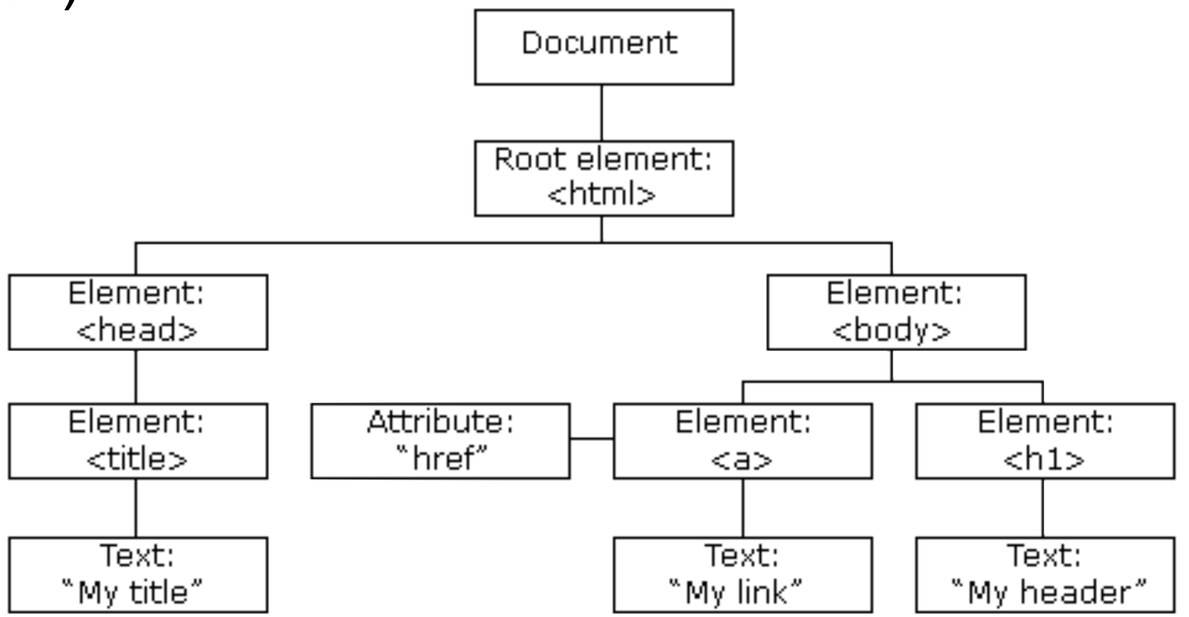
```
<script defer src=“handler.js”>
```

- Tag `async` executa o script em qualquer ordem, depois de outros scripts (útil para acelerar carregamento da página)

```
<script async src=“pretty.js”>
```

JS: ambiente de execução

- Scripts de uma página correm num ambiente definido para a janela
- Dado pela variável global `window` (atributos são também vistos como variáveis globais: `window.attr` ≡ `attr`)
  - Contém informação sobre a janela (`innerWidth`, `innerHeight`, ...)
  - Contém a raiz da DOM tree (`document`)
- Cada elemento da página é um objeto na DOM tree



JS: ambiente de execução

- Identificadores de elementos criam variáveis globais

```
<button id=“submit">Submit</button>

console.log(submit);
console.log(window.submit);
console.log(window[‘submit’]);
```

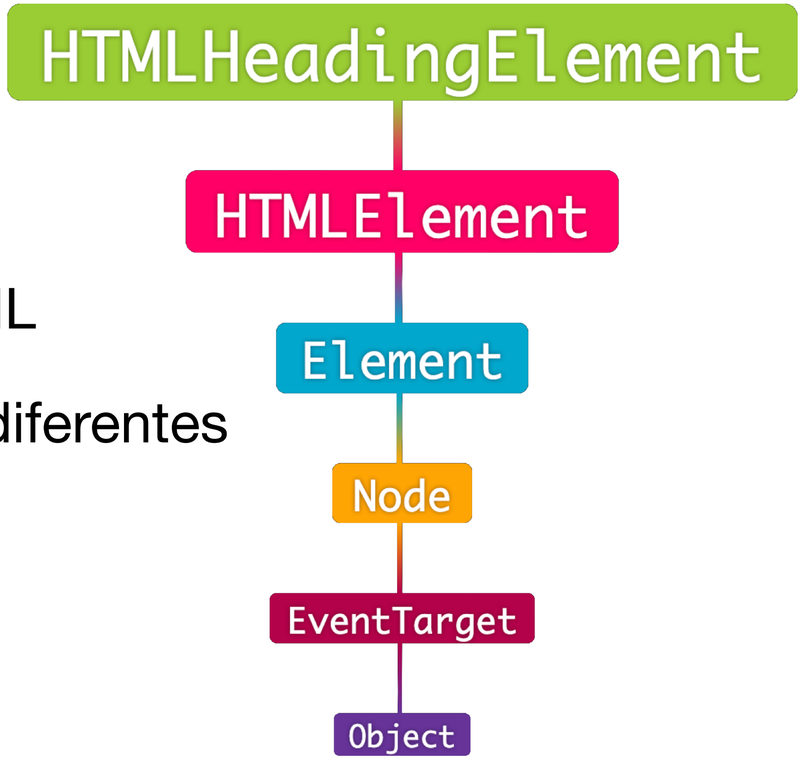
- O que acontece neste caso?

```
<button id=“submit”>Submit1</button>
<button id=“submit”>Submit2</button>
```

  - Variável `submit` torna-se uma `HTMLCollection`

JS: DOM tree

- Cada objeto de cada elemento HTML tem uma classe específica
  - `HTMLDocument`: o HTML document da raiz
  - `HTMLHeadingElement`: cabeçalhos (`<h1>`,`<h2>`,...)
  - `HTMLImageElement`: imagens (`<img>`)
  - `HTMLElement`: partilhada por todos os elementos HTML
- Objetos herdam hierarquia de classes com propriedades diferentes
  - E.g., `Element`: `parentNode`, `appendChild()`, `removeChild()`
  - E.g., `Node`: `innerHTML`



JS: uma linguagem orientada a eventos

- ***Events*** sinalizam um acontecimento que acabou de ocorrer
- Scripts podem registar ***event handlers***: código executado assincronamente pelo browser quando um evento acontece
- Duas classes de eventos
  - **Browser*:*** página acabou de carregar, redimensionamento da janela, mudança na conexão de rede
  - **User*:*** click num botão, movimento do rato

! Eventos não são despoletados nem processados instantaneamente

  ! São colocados numa *event queue* e potencialmente *coalesced* ou limitados a *framerate* controlada pelo browser

JS: Event object

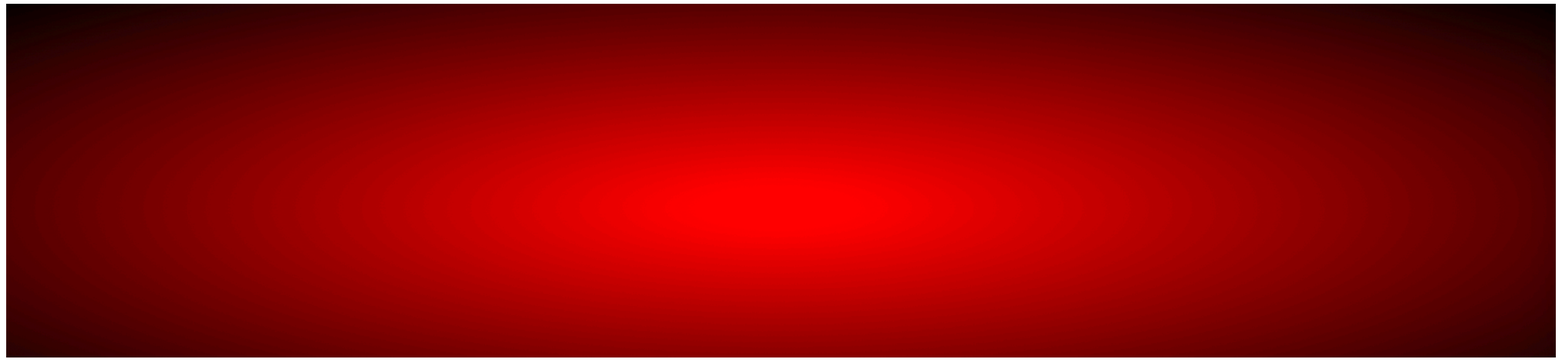
- Event handlers recebem um objeto com o evento associado
- `Event` object fornece metadados associados ao evento em causa:
  - target element (para o qual o evento foi disparado)
  - mouse position
  - mouse button
  - keyboard modifiers
  - keys pressed
  - …

JS: User events

- Exemplo de um user event (mouse) que manipula o DOM

```css
//CSS
body {
  background-repeat: no-repeat;
  background-size: 100% 100%;
  background-attachment: fixed;
  background-color: red;
  background-image: radial-gradient(
    at calc(var(--mouse-x, .5) * 100%)
       calc(var(--mouse-y, .5) * 100%),
       transparent, black
    );
}
```

```js
// JS
document.addEventListener("mousemove", evt => {
  let x = evt.x / innerWidth;
  let y = evt.y / innerHeight;
  let root = document.documentElement;
  root.style.setProperty("--mouse-x", x);
  root.style.setProperty("--mouse-y", y);
});
```



JS: User events (primitive)

- Key pressed (`keydown`) or released (`keyup`)
- Mouse moved (`mousemove`)
- Mouse button pressed (`mousedown`) or released (`mouseup`)
- Mouse enters (`mouseover`) or leaves (`mouseout`) an element
- Element gained focus (`focus`), lost focus (`blur`), or was modified (`change`)
- Form was submitted (`submit`)
- …

JS: User events (composite)

- Eventos compostos que combinam eventos primitivos
  - Mais complexos do que parecem
  - Usar preferencialmente aos eventos primitivos
- Clicking (`click`)
- Double-clicking (`dblclick`)
- Character held down (`keypress`)
- Form element value changed (`input`)
- Entering (`mouseenter`) or exiting (`mouseleave`) an object's bounding box

JS: Browser events

- Eventos para além de interação com a UI
  - `HTMLElement`:
    - `error`: loading de recurso falhou
    - `load`: loading de recurso terminou com sucesso
  - `Window`:
    - `online`: browser ganhou acesso à rede
    - `offline`: browser perdeu acesso à rede
    - `message`: nova mensagem colocada na consola, e.g. usando `postMessage()`
    - `close`: janela fechada
    - `load`: loading da página completa terminou

Exemplo (Animação)

- Podemos criar uma animação usando JS (https://tgdwyer.github.io/html/)
  1. Criando um rectângulo em SVG (gráficos declarativos como tags HTML)

     ```
     <svg><rect id=“rect” x="10" y="5" width="20"
     height=“20"/></svg>
     ```

  2. Atualizando os seus atributos para mover o rectângulo
     1. Definindo um ciclo que incrementa uma variável `x` com uma dada *framerate*
     2. Atualizando o atributo do rectângulo com o valor de `x`

        ```
        rect.setAttribute('x', x);
        ```

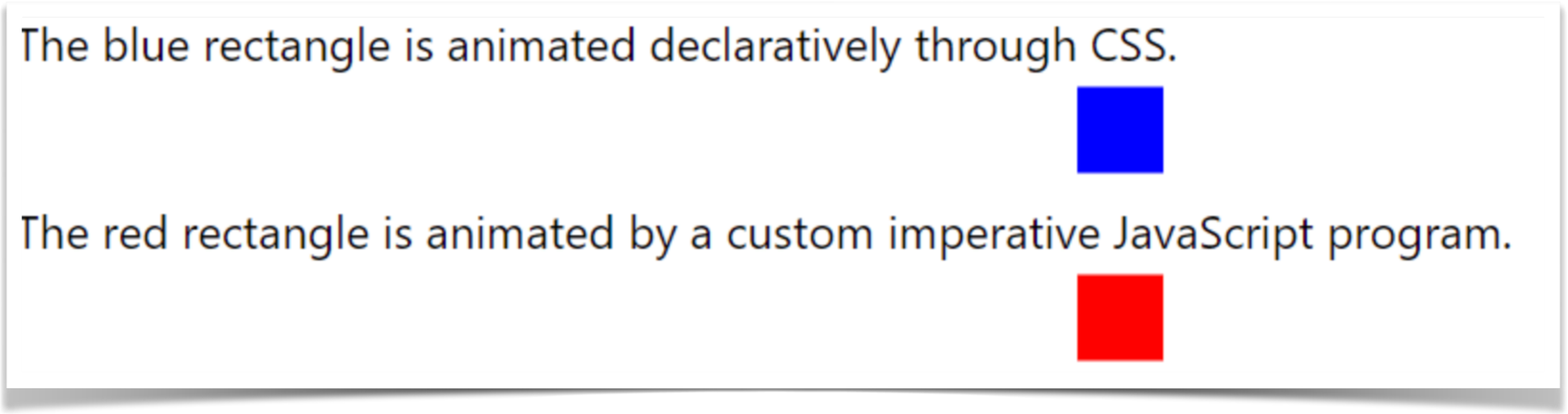
Exemplo (Animação)

- Podemos criar a mesma animação usando CSS

? Quais as vantagens ou desvantagens?

  - ✚ Bastante mais simples
  - ✚ Declarativo

```
#rect {
   animation-name: moveX;
 }
@keyframes moveX {
   0% { x: 0; }
   100% { x: calc(100vw - 40px);}
}
```



Rule of Thumb 

- **“JavaScript should only do what only JavaScript can do”**
- **HTML** + **CSS**
  - “Declarative approaches can feel like giving up control: I’m going to leave the details to the web browser.”
- **JS**
  - “But I feel like this control comes at a cost. I’m not sure you really gain control. I think you get the feeling of control. But it always involves making assumptions, whereas a declarative mindset is about avoiding assumptions.”

(Jeremy Keith)

https://adactio.com/articles/21110

No geral

- **Promover a separação de conceitos**
  - Evitar manipular elementos **HTML** a partir de **JS**
    - ! Por detrás de várias vulnerabilidades de segurança Web, e.g. XSS
    - Se possível, manter a estrutura **HTML**
      - Apenas modificar valores, e.g., `textContent` em vez de `innerHTML`
      - Apenas alterar `visiblity` de elementos com **JS**
  - Evitar manipular propriedades **CSS** a partir de **JS**
    - Se for uma questão de estilo estático, organizar com classes **CSS**
    - Se for uma questão de estilo dinâmico, utilizar variáveis **CSS**

Exemplo (click 😊)

- Se o botão for clickado, muda o seu conteúdo textual para “Thank you 😊”

```
<button id=clickme>Click me</button>

clickme.addEventListener("click", function (event)
{
        event.target.textContent = "Thank you 😊";
        });
```

? Igual ao seguinte?

```
<button onclick="this.textContent = 'Thank you 😊'">Click me</button>
```

- Sim, formulação mais simples
- ! Diferenças em quando o *event handler* é registado

Exemplo (click 😊)

- ? Solução HTML melhor?
  - ⊗ Não, mistura comportamento com estrutura
  - Algumas limitações comportamentais
    - Só permite registar um *event handler* de cada tipo
    - Não permite especificar características do *event handler*

```
dom.addEventListener(type, handler, options)

options = { capture : bool, once : bool, passive :
bool }
```

Exemplo (click 🦄)

- Novamente, um botão com um *event handler* “on click”

```
<button id=button>Click <mark>me</mark>!!</button>

button.addEventListener("click", evt => {
    evt.target.innerHTML += "🦄";
});
```

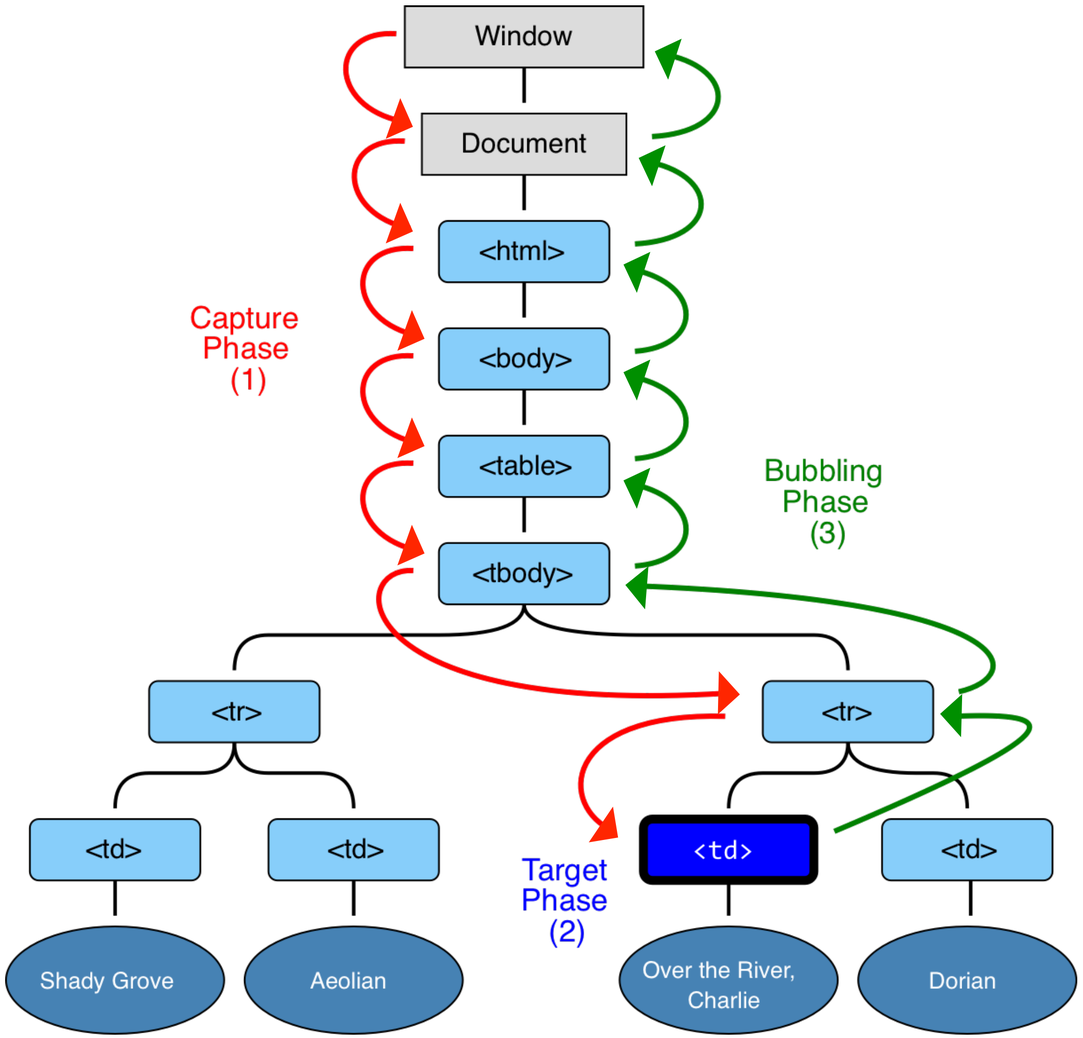
- ? Mesmo comportamento que o exemplo anterior?
  - ⊗ Não, há dois comportamentos possíveis para um só evento!
  - ? De quem é a culpa?

Bug Browser JavaScript `innerHTML`

JS: Event processing

1. **Capture:** Evento é disparado para a janela e propagado, descendo a DOM tree até ao target element
2. **Target:** Evento atinge o target element
3. **Bubbling:** Evento sobe a DOM tree, executando event handlers para cada elemento

- Variável `target` guarda o elemento atual
- Variável `currentTarget` guarda o elemento para o qual o event handler foi registado



https://javascript.info/bubbling-and-capturing

Exemplo (click 🦄)

- Agora utilizando `currentTarget`

```
<button id=button>Click <mark>me</mark>!!</button>

button.addEventListener("click", evt => {
    evt.currentTarget.innerHTML += "🦄";
});
```

❓ Qual o comportamento esperado?

- ✅ Só há um comportamento para um evento: alterar o botão
- ❗ Notem que o evento é na mesma processado sobre o elemento `mark`

Exemplo (click 🦄)

- Considerem agora outro tipo de evento (rato dentro de elemento)

```
<button id=button>Click <mark>me</mark>!!</button>

:hover {background: red;}

button.addEventListener("mouseenter", evt => {
    evt.currentTarget.innerHTML += "🦄"; });
```

- ? Qual o comportamento esperado?
  - ✕ O elemento `mark` está *hovered* no **CSS** mas evento **JS** não reage?
  - ? E se trocarmos `mouseenter` por `mouseover`? (link)
    - ✓ *Hovered* effects de **CSS** e **JS** consistentes

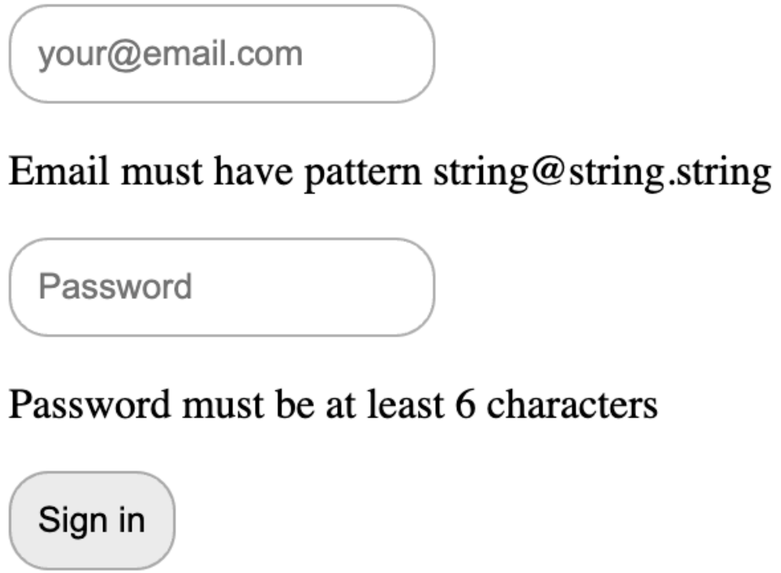
JS: Event processing

- Por defeito, nem todos os eventos são sujeitos a *bubbling*
- Sem *bubbling*, event handler é apenas disparado para o elemento para o qual foi registado
  - Em termos de comportamento: `target` = `currentTarget`

Sem bubbling	Com bubbling
`focus`	`focusin`
`blur`	`focusout`
`mouseenter`	`mouseover`
`mouseleave`	`mouseout`
`load`	
`error`	

Exemplo (Form validation)

- **HTML** oferece algumas funcionalidades para validação de forms
  - Form fields podem ter input types diferentes (`text`, `email`, `url`, `date`, ...)
  - Form fields podem usar atributos (`placeholder`, `required`, `minlength`, `maxlength`, ...)
- **CSS** oferece pseudo-class `:invalid`
  - Permite visualizar campos inválidos de forma distinta
- Validação efetuada “on submit”
  - Browser reporta mensagens de erro

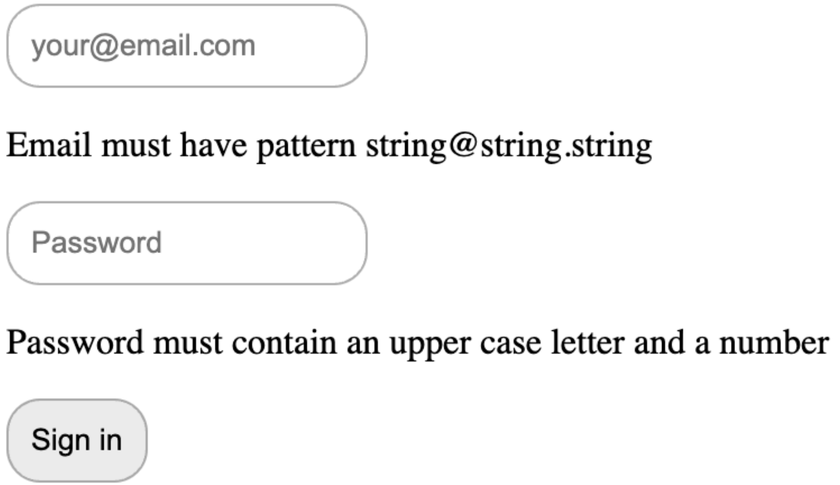


DOM tree

- Elementos **HTML** na DOM tree são objetos ⇒ **têm estado interno!**
  - Registar event handlers
    - Ao remover um elemento, removem-se todos os seus event handlers
  - Guardar meta-informação de validação (form fields)
    - Atributo `validity : ValidityState` contém estado de validação detalhado
    - `checkValidity()`: retorna um booleano com validade
    - `reportValidity()`: reporta validade ao utilizador
    - `setCustomValidity(message)`: corre validação definida pelo utilizador, string não vazia = inválido
  - …

Exemplo (Form validation)

- Separação de conceitos
  - Validação pode ser toda efetuada do lado do **JS** ⇒ mais flexibilidade
    - Implementar lógica de validação arbitrária (e.g., combinar múltiplos campos)
    - Integração e aspeto nativo utilizando a Constraint Validation API
- Para comportamentos simples, tradeoff entre modularidade e conveniência



! Mais tarde, ao utilizar web frameworks, estado interno do **HTML** pode entrar em conflito com estado da framework ⇒ validação é um exemplo clássico

Exemplo (Calculadora)

- Queremos construir uma calculadora bidirecional
  - Alterar número → Atualizar soma
  - Atualizar números (divide por 2) ← Alterar soma

? Precisamos do botão “Equalize”?
  - Apenas se não quisermos fazer retype do número do lado direito

Exemplo (Semaforo)

- Queremos construir um semáforo
  - Tem 3 cores (verde, amarelo, vermelho), apenas uma ativa
  - Botão “Mudar” avança o semáforo
    - verde → amarelo → vermelho → verde
  - Botão “Modo teste” ativa/desativa animação automática
    - Semáforo avança a cada 1 segundo
  - Botão “Mudar” inativo se “Modo teste” ativo