Web Frameworks

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

Hugo Pacheco
hpacheco@di.uminho.pt

The Web: O que usamos?

- 3 tecnologias / standards essenciais
  - HTML Living Standard by WHATWG
  - CSS Snapshot by W3C®
  - ECMAScript by ecma INTERNATIONAL
- Largamente suportados pela vasta maioria dos browsers

…

The Web: Foi sempre assim?

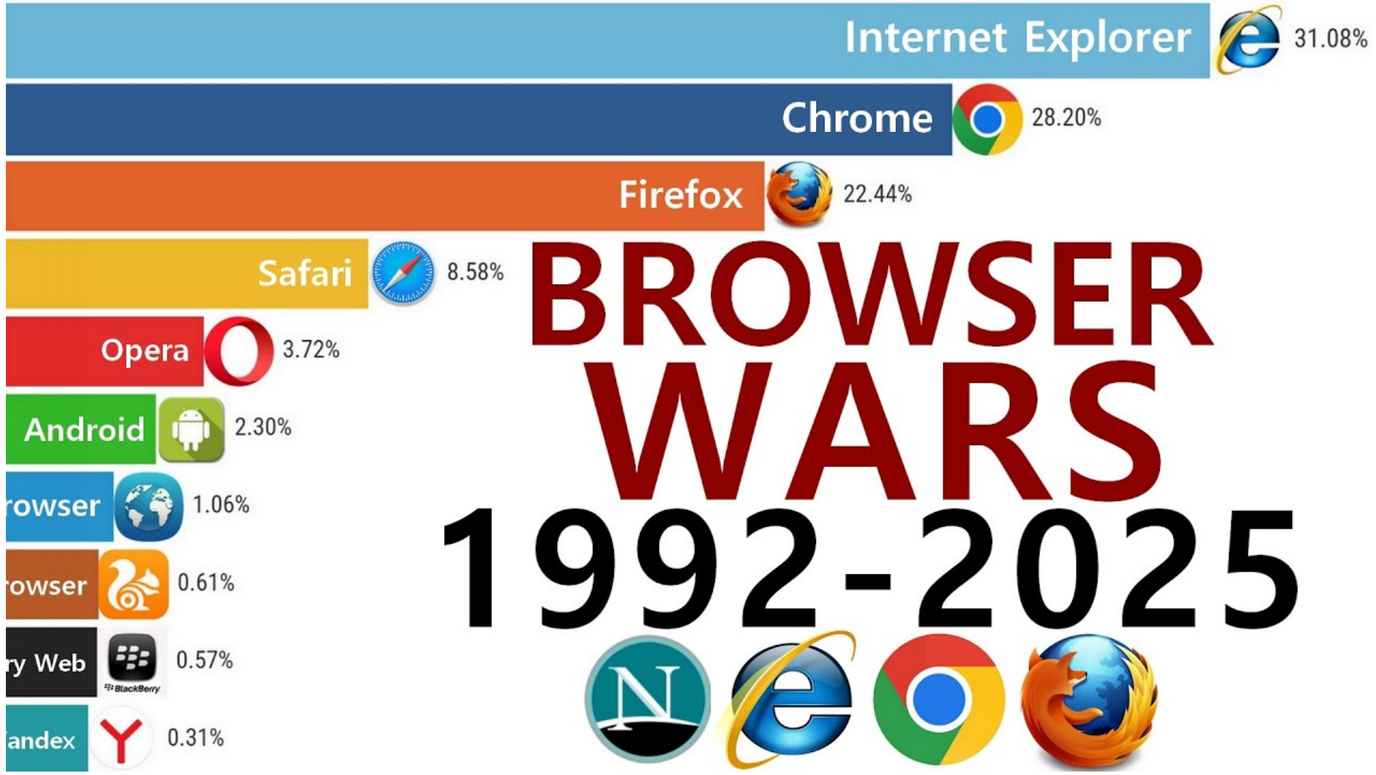
- W3C® fundado em 1994 por Tim Berners-Lee, criador da Web
  - Propósito de standardizar HTML, DOM, CSS, …
- ecma INTERNATIONAL fundada em 1994 (renaming de agências anteriores)
  - Primeiro standard de ECMAScript (core de JS) lançado em 1997
- WHATWG fundado em 2004 como reação ao W3C
  - Atual maintainer de HTML, DOM, …
- Standards relativamente estáveis desde 2015
  - Mas a Web nasceu em 1990…

1995: Início das Browser Wars

Browsers freneticamente a “inovar” e a lançar funcionalidades incompatíveis, sem consideração por W3C e developers

2025: Browsers

- Pelo caminho…
  - defunto ⇒
  - descontinuado ⇒
- Hoje…
  - domina
  - Web engines open-source
- Fim da história?



Chromium

WebKit

Gecko

2015: Início das Framework Wars

- Proliferação de “right framework for the job”

2025: Frameworks

- A guerra continua…
  - Longe de consenso, continuam a nascer muitas frameworks novas
- Como escolher uma framework?
  - Popularidade, suporte comunitário, preferências pessoais, evangelização
  - Funcionalidade (abstrações e ênfases diferentes)
  - Investimento (devido a baixa interoperabilidade no geral)
- Vale a pena usar uma framework?
  - Estamos em 2025…
  - Algumas lições comuns

Web Frameworks: O que são?

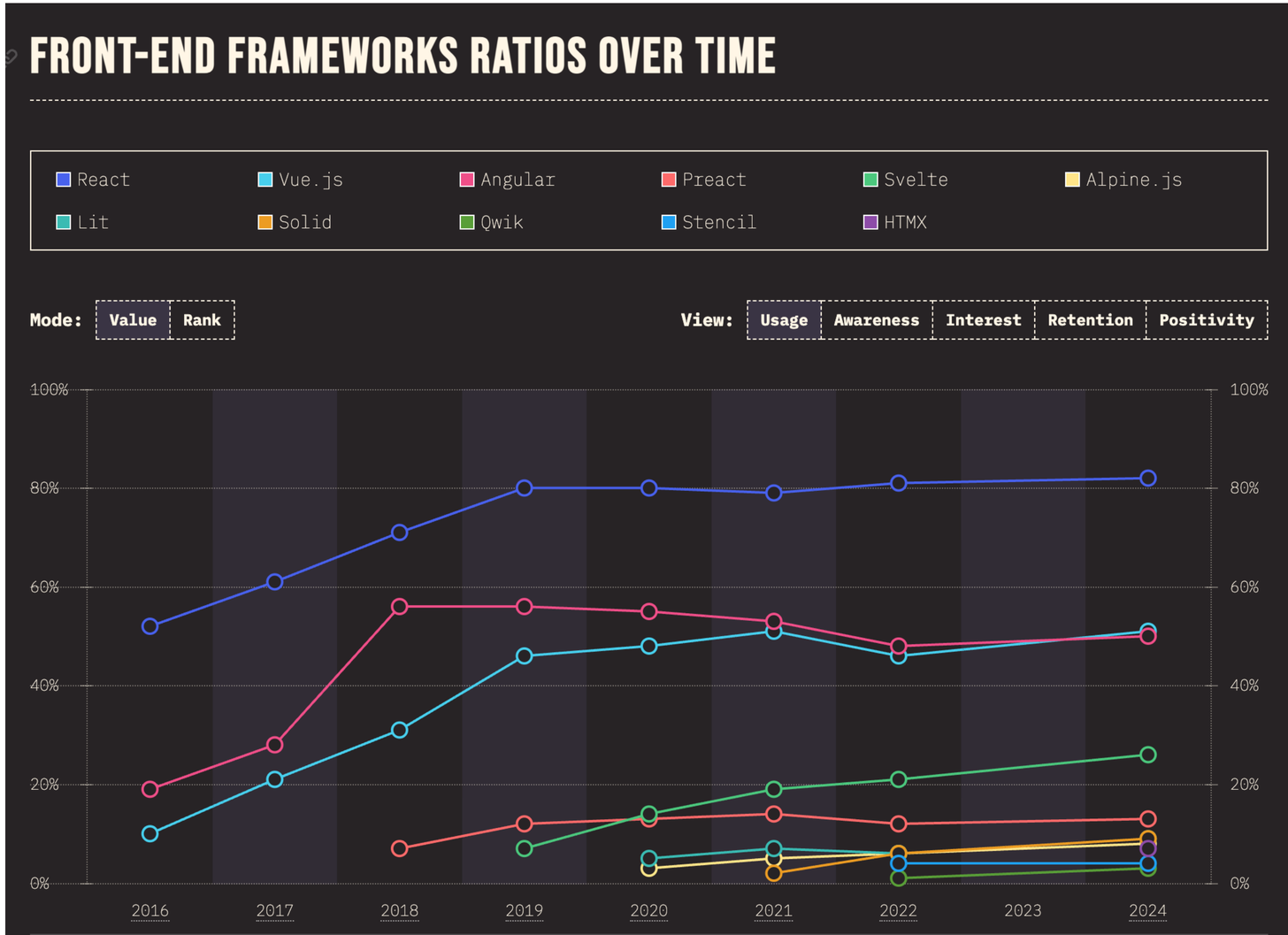
- Pre-written code libraries or collections of code modules that provide developers with a structured approach to building web applications. Streamline the development process by abstracting common tasks and promote code reuse.
- **Todos os exemplos anteriores são frameworks JS! Backend?**
  - Disseminado com node
  - Não há grandes razões, para além de aproveitar familiaridade de developers e evangelização
  - Muitas outras backend frameworks, por exemplo:

ASP.NET django Flask RAILS CakePHP Laravel

Web Frameworks (Frontend)

- Vamos considerar apenas **frontend development**
  - Tipicamente Single-Page Applications (SPAs)
    - Um só ficheiro HTML
    - Maioria da lógica executada (em JS) do lado do cliente
  - Reduzir (exposição a) detalhes de implementação
    - Developers escrevem o “mínimo” de JS possível

https://2024.stateofjs.com/en-US/libraries/front-end-frameworks/



Web Frameworks: Funcionalidades

- Desenvolver web apps completas, não apenas parte comportamental
- **Trend principal**
  - Promover separação entre
    - **modelo da aplicação** (anteriormente inexistente)
    - **visualização** (HTML + CSS)
  - “So you don't want to structure your **data** like your **UI**, that would be terrible. It would mean every time you want to move a widget from one panel to another, you have to change your entire **data model** end-to-end.” (Steven Wittens)

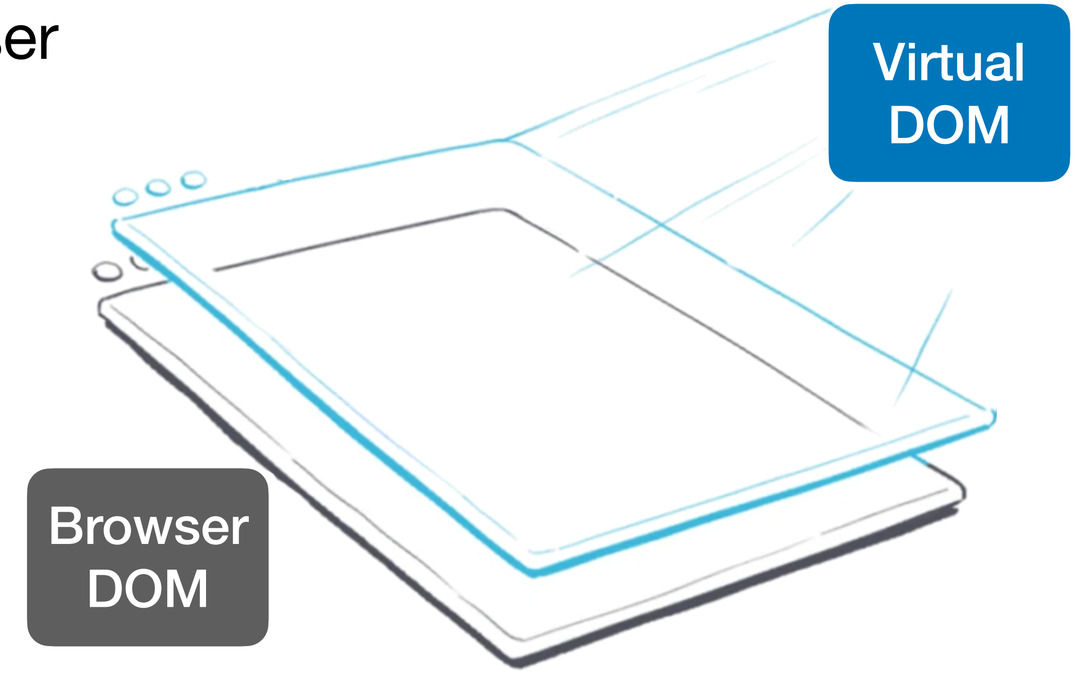
https://acko.net/blog/model-view-catharsis/

Web Frameworks: Funcionalidades

- Tentam abstrair e simplificar tarefas clássicas
  - DOM manipulation
    - Anteriormente feito com JS
  - Data binding
    - Ligação entre o modelo da aplicação e DOM
    - Unidirecional / one-way ou bidirecional / two-way
  - Routing
    - Mapeamento de URLs em páginas
    - Anteriormente um ficheiro HTML por página
  - State management
    - Como forma de comunicação entre diferentes páginas

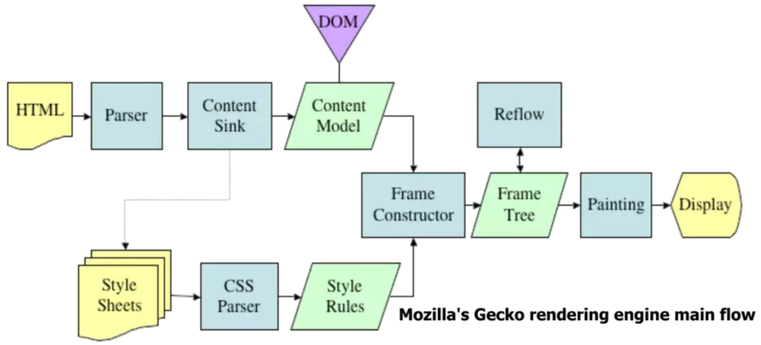
Trend: Virtual DOM

- Popularizado pela framework React em 2013. Hoje utilizado pela maioria das frameworks.
- Essencialmente uma optimização
  - DOM tree construída e mantida pelo browser
  - 💡 Aplicação mantém, em memória, uma representação “virtual” do DOM (VDOM)
    - Interação do utilizador toda feita com o VDOM
    - Sincronização automática do estado do VDOM com o DOM

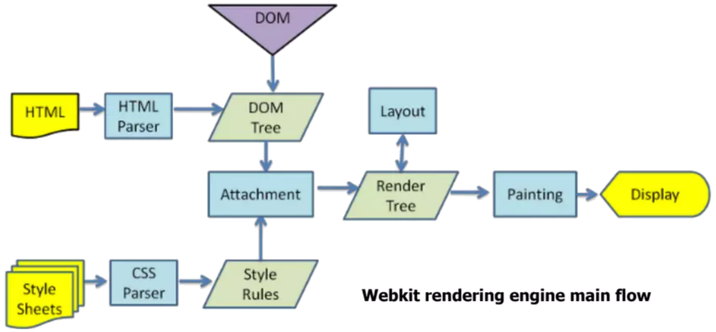


Trend: Virtual DOM

- No browser, a renderização completa do DOM é bastante rápida



Mozilla's Gecko rendering engine main flow



Webkit rendering engine main flow

- Modificações no DOM despoletam `Reflow/Layout` ⇒ bastante mais lento
- VDOM mitiga o problema, reduzindo o número de modificações do DOM
  1. *Diffing algorithm* calcula eficientemente modificações no VDOM
  2. *Batching optimizations* agregam várias modificações do DOM

Trend: Virtual DOM

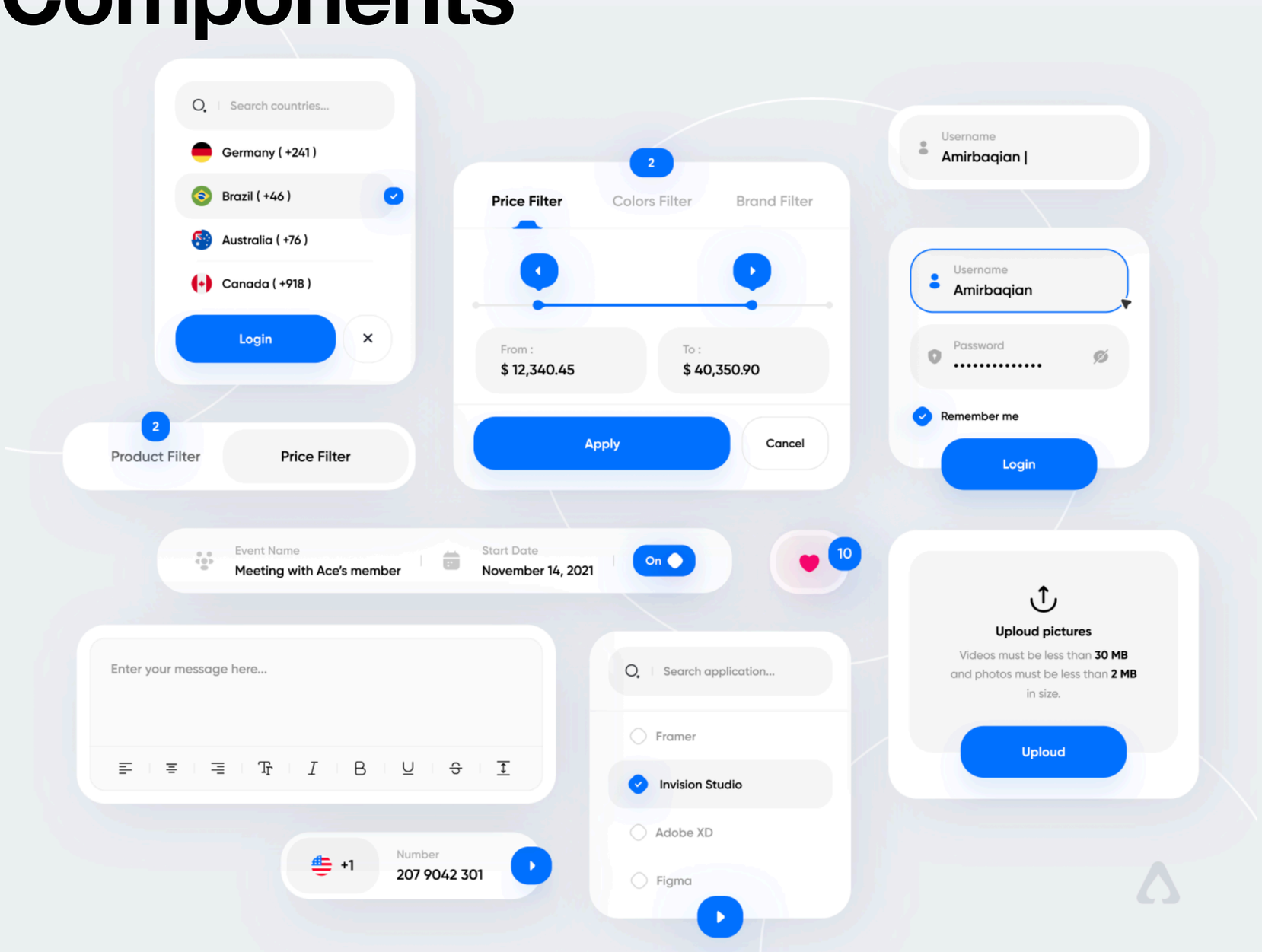
- Uma **revolução declarativa**. O developer:
  - **Não tem que especificar** quais nodos no (V)DOM foram modificados
  - **Apenas declara** como o modelo da aplicação deve ser visualizado
- Paradigma conhecido como **reactive programming**
  - Programador escreve funções que mapeiam input em output
  - Linguagem regista dependências entre input e output
  - Output é automaticamente atualizado quando input muda

💡 Técnica tão mais poderosa quanto mais informação estática (tipos, compilador) a framework oferecer

Web Frameworks: Modularização

- Procuram oferecer abstrações programáticas para organização interna de web apps e promover reutilização
- Frequentemente “opinionated”: definem um conjunto de convenções e boas práticas
- Explosão de frameworks = explosão de jargão. Dois termos recorrentes:
  - **Templates:** tipicamente excertos de HTML estático com anotações para dados dinâmicos
  - **Components:** unidades “independentes” dentro de uma web app
- Usam frequentemente diferentes termos e técnicas para modelar o mesmo conceito ⇒ **componentes parametrizáveis**

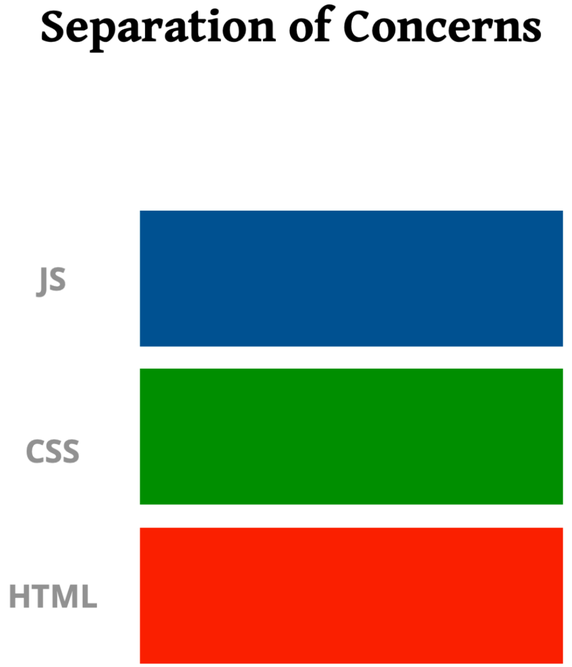
Trend: Components



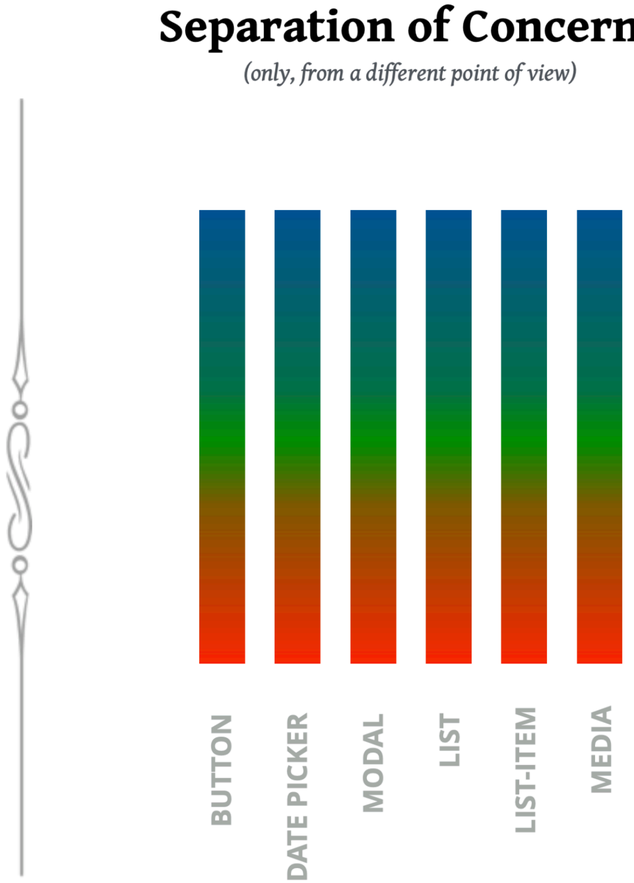
Trend: Components

- “Rather than separating concerns by languages, we are working towards a model of **separating concerns at the component level**.” (GitHub)
- “…but that **doesn’t mean we have to stop separating structure, presentation, and behaviour**!”

Arquitectura Web tradicional (Vertical)



Padrão arquitectural emergente (Horizontal+Vertical)



https://adactio.com/journal/14103

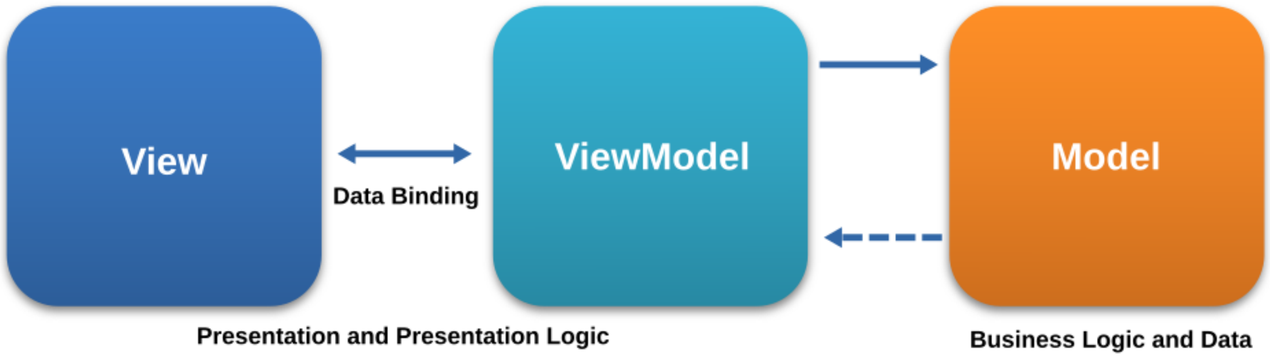
Trend: Components

- **Components instanciam/implementam Concepts**
  - “I like to think of **components** as encapsulating UI structure, behavior (perhaps even state), and styling (ideally, too), based on a **single unifying concern**. It’s like the atomic building blocks that make up a UI.” (Magne, a React developer)
  - Refinam **concepts** ao definirem UI concretas
- Design deve seguir o mesmo princípio de mapeamento “**purpose → component**”
- Overloading do termo **components**, por vezes apenas formas de modularização de código
  - “But they don’t really represent parts of the UI. They don’t denote WHAT is there, but HOW (something else) is there. That’s why I call “control-flow components” for logic-posing-as-markup, or imperative-posing-as-declarative constructs.” (Magne, a React developer)

https://dev.to/redbar0n/what-happened-to-components-being-just-a-visual-thing-22hc

Web Frameworks: Architectures

- Arquitectura mais comum é talvez **Model**-**View**-**ViewModel** (MVVM)
  - Uma evolução para frontends de MVC (tipicamente utilizado em backends)
  - Aliada a uma separação horizontal entre components
- **Model:** armazena dados e business logic (operações sobre dados)
- **View:** define a UI, que representa os dados do model
- **ViewModel:**
  - Define propriedades que são lidas e atualizadas pela view (data binding)
  - Efetua updates no model



Qual o padrão arquitectural da framework?

JavaScript JS (Calculadora)

- Relembrar como construímos uma calculadora bidirecional só com JS
  - Alterar número → Atualizar soma
  - Atualizar números (divide por 2) ← Alterar soma

- Variáveis DOM mapeiam cada elemento HTML
- Event listeners para cada `input` event de cada `input` field

Angular 

- A framework mais antiga e uma das mais populares, desenvolvida pela Google
- Difícil curva de aprendizagem
- Não tem propriamente uma arquitectura, inclinação para MVMM
- Funcionalidades principais:
  - Components
  - Templates + Directives + Pipes
  - Two-way data binding (DOM atualiza automaticamente quando modelo muda + modelo atualiza automaticamente quando DOM muda)
  - Services + Dependency Injection

Angular (Calculadora)

React

- A framework mais popular, desenvolvida pelo Facebook
- Não tem propriamente uma arquitectura = fusão de conceitos dentro de cada component
- Funcionalidades principais:
  - Virtual DOM
  - One-way data binding (modelo não atualiza automaticamente)
  - Components
  - Hooks (state management para components)
  - JSX (fusão de HTML tags com JS)

React ⚛ (Calculadora)

Component

Model

JSX

View

Hooks

```
function Equalizer() {
  const [a, setA] = React.useState(0);
  const [b, setB] = React.useState(0);
  const [c, setC] = React.useState(0);
  …
  return (
    <div>
      <input
        type="number"
        step="0.1"
        value={a}
        onInput={handleAChange}
      />
      {" + "}
      <input
        type="number"
        step="0.1"
        value={b}
        onInput={handleBChange}
      />
      {" = "}
      <input
        type="number"
        step="0.1"
        value={c}
        onInput={handleCChange}
      />
      <button onClick={doEqualize}>
        Equalize
      </button>
    </div>
  );
}
```

One-way data binding

ViewModel

Vue.js 

- Uma das frameworks mais populares, celebrada pela sua simplicidade e flexibilidade
- Desenhada para ser adoptada incrementalmente
- Arquitectura assumidamente MVVM
- Funcionalidades principais:
  - Virtual DOM
  - Reactivity system
    - One-way data binding, suporte limitado (syntactic sugar) para two-way
  - Single-File Components
  - Computed Properties + Watchers (reactive programming)

Vue.js (Calculadora)

View

```
<template>
  <div>
    <input v-model.number="a"
type="number" step="0.1" />
    +
    <input v-model.number="b"
type="number" step="0.1" />
    =
    <input
      v-model.number="c"
      type="number"
      step="0.1"
      @input="doEqualize"
    />
    <button @click="doEqualize">
      Equalize</button>
  </div>
</template>
```

Two-way data binding

ViewModel

Model

```
<script setup>
…
const a = ref(0);
const b = ref(0);

const c = computed(() => a.value +
b.value);
</script>
```

Reactivity

Computed Property

Até agora… um dogma

- **Funcionalidades úteis e poderosas, mas podemos ser mais declarativos?**
  - E.g., é necessário separar variáveis mutáveis e não mutáveis?
- **As frameworks são desenhadas para JS web developers**
  - “Some frameworks choose to overcome such limitations by implementing reactivity during compilation. The Vue team did explore this direction via an experimental feature called Reactivity Transform”. “Some users have expressed strong objections [..] This is a valid concern because Reactivity Transform entails a different mental model that **distorts JavaScript semantics** (variable assignments being able to trigger reactive effects).” (Vue Documentation)

https://vuejs.org/guide/extras/reactivity-in-depth

Svelte 

- Uma framework que prima pela elegância e simplicidade
- A arquitectura mais parecida com web development tradicional (HTML* + CSS + JS*)
- Curva de aprendizagem mais pequena, em particular para developers com experiência limitada com outras frameworks
- Funcionalidades principais:
  - Compilador que gera JS optimizado
    - Ao contrário das frameworks anteriores, executa grande parte das decisões (e.g. updates incrementais do DOM) durante a compilação
  - Sem Virtual DOM
  - Reactivity with Simplicity

*com extensões

Svelte (Calculadora)

Única framework em que o código cabe no slide

Variáveis reativas

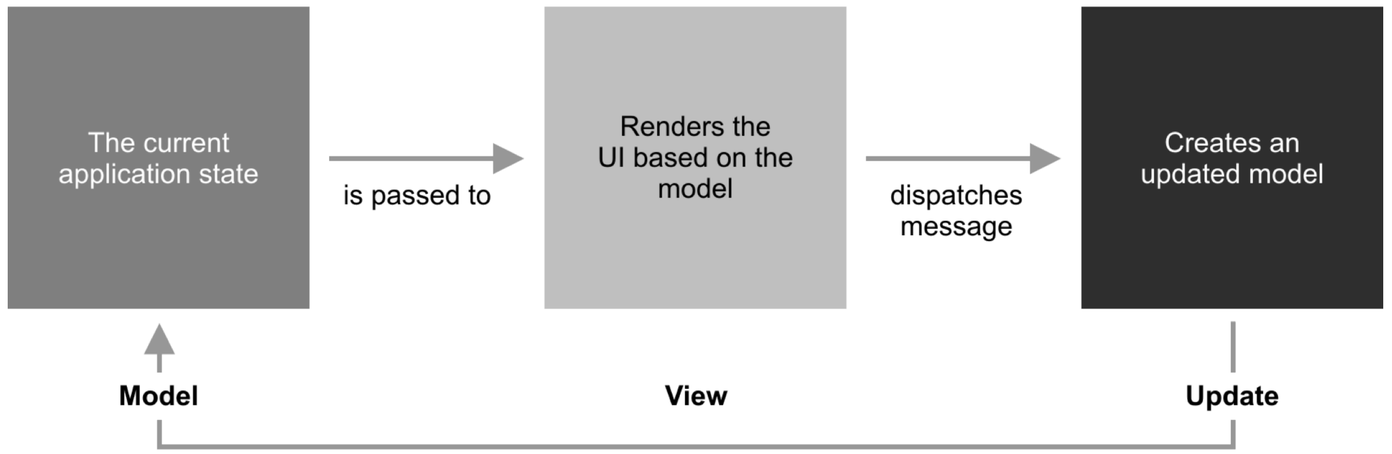
Variável auxiliar computada

```
<script>
  let a = 0;
  let b = 0;

  $: c = a + b;

  function doEqualize() {
    const r = c / 2;
    a = r;
    b = r;
  }
</script>
```

```
<div>
  <input type="number"
step="0.1" bind:value={a}> +
  <input type="number"
step="0.1" bind:value={b}> =
  <input
    type="number"
    step="0.1"
    bind:value={c}
    on:input={doEqualize}
  >
  <button
on:click={doEqualize}
>Equalize</button>
</div>
```

Elm

- Uma linguagem puramente funcional (Haskell simplificado)
- Arquitectura **Model**-**View**-**Update**, simplificação de MVVM com fluxo unidirecional
- Funcionalidades Principais:
  - Compilador gera JS optimizado e reporta erros anteriormente de runtime
  - Static types (em oposição a tipos dinâmicos de frameworks anteriores)
  - Immutability
  - Referential Transparency
  - Virtual DOM



Elm (Calculadora)

```
module Main exposing (..)

import Browser
import Html exposing (Attribute, Html, button, div, input, text)
import Html.Attributes exposing (step, type_, value)
import Html.Events exposing (onClick, onInput)
import String

type alias Model = { a : Float, b : Float, c : Float }

init : Model
init = { a = 0, b = 0, c = 0 }

type Msg
    = UpdateA Float
    | UpdateB Float
    | UpdateC Float
    | Equalize

update : Msg -> Model -> Model
update msg model = case msg of
    UpdateA aVal -> { model | a = aVal, c = aVal + model.b }
    UpdateB bVal -> { model | b = bVal, c = model.a + bVal }
    UpdateC cVal -> let r = cVal / 2 in { model | a = r, b = r, c = cVal }
    Equalize -> let r = model.c / 2 in { model | a = r, b = r, c = model.c }

number : Float -> Attribute msg
number f = value <| String.fromFloat f

onInputNumber : (Float -> msg) -> Attribute msg
onInputNumber h = onInput (\str -> String.toFloat str |> Maybe.withDefault 0 |> h)
```

Model

Update

```
view : Model -> Html Msg
view model =
    div []
        [ input
            [ type_ "number"
            , step "0.1"
            , number model.a
            , onInputNumber UpdateA
            ]
            []
        , text " + "
        , input
            [ type_ "number"
            , step "0.1"
            , number model.b
            , onInputNumber UpdateB
            ]
            []
        , text " = "
        , input
            [ type_ "number"
            , step "0.1"
            , number model.c
            , onInputNumber UpdateC
            ]
            []
        , button [ onClick Equalize ] [ text "Equalize" ]
        ]

main = Browser.sandbox { init = init, update = update, view = view }
```

View

MVU