STU FIIT
SLOVAK UNIVERSITY OF TECHNOLOGY IN BRATISLAVA
FACULTY OF INFORMATICS AND INFORMATION TECHNOLOGIES

VGG
Vision & Graphics Group
Institute of Computer Engineering and Applied Informatics

Základy tvorby interaktívnych aplikácií

Objektovo Orientované Programovanie v jazyku JavaScript

Ing. Peter Kapec, PhD.

LS 2020-21

Obsah

- Objektovo Orientované Programovanie
  - Objekty, triedy, inštancie
  - Kompozícia objektov
  - Dedenie
- Objektovo orientovaný návrh
  - v kontexte počítačovej hry
- Počítačová grafika v HTML Canvas

Objektovo Orientované Programovanie v jazyku JavaScript

Objekty

- **Objekt**
  - entita, ktorá má **vlastnosti** (ktoré definujú jej stav) a **správanie** (mení jej stav, alebo stav iných objektov)
- Vlastnosti nazývame **atribúty** objektu
- Správanie
  - je definované cez **metódy** objektu, ktoré sú implementované ako funkcie vložené do objektu

- *Objektovo orientovaný návrh* - opísanie a dekompozícia problému pomocou spolupracujúcich objektov
- *Objektovo orientované programovanie* - implementácia pomocou objektov v konkr. OO program. jazyku

Objekty v JavaScript

Objekty definujeme nasledovným zápisom:

```
const person = {};
```

vlastnosti (atribúty) objektu zapisujeme v nasledovnom tvare, vždy ako dvojicu *member : value*

```
const objectName = {
  member1Name: member1Value,
  member2Name: member2Value,
  member3Name: member3Value,
  …,
  memberXName: memberXValue,
};
```

Atribúty objektu

Vytvorme objekt, ktorý bude reprezentovať osobu a jej vlastnosti:

```
const person = {
  name:
  age:
  gender:
  interests:
};
```

Atribúty objektu

Vytvorme objekt, ktorý bude reprezentovať osobu a jej vlastnosti:

```
const person = {
  name: ['Bob', 'Smith'],
  age: 32,
  gender: 'male',
  interests: ['music', 'skiing'],
};
```

Správanie objektu

Vytvorme objekt, ktorý bude reprezentovať osobu a pridajme správanie:

```
const person = {
  name: ['Bob', 'Smith'],
  age: 32,
  gender: 'male',
  interests: ['music', 'skiing'],
  bio: function() {
  },
  greeting: function() {
  }
};
```

Správanie objektu

Vytvorme objekt, ktorý bude reprezentovať osobu a pridajme správanie:

```
const person = {
  name: ['Bob', 'Smith'],
  age: 32,
  gender: 'male',
  interests: ['music', 'skiing'],
  bio: function() {
    alert(this.name[0] + ' ' + this.name[1] + ' is ' + this.age +
    ' years old. He likes ' + this.interests[0] + ' and ' +
    this.interests[1] + '.');
  },
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name[0] + '.');
  }
};
```

Úprava objektu *person*

zmeňme reprezentáciu mena z poľa na *vnorený* objekt

```
const person = {
  name : {
    first: 'Bob',
    last: 'Smith'
  },
  age: 32,
  gender: 'male',
  interests: ['music', 'skiing'],
  bio: function() {
    alert(this.name.first + ' ' + this.name.last + ' is ' + this.age
+ '
    years old. He likes ' + this.interests[0] + ' and ' +
    this.interests[1] + '.');
  },
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name.first + '.');
  }
};
```

Prístup/zmena atribútov/metód objektu

```
// pristup k atributom:
person.age
person.name.first
// alternativna notacia pre pristup k atributom
person['age']
person['name']['first']
```

```
// zapis do atributov
person.age = 45;
person['name']['last'] = 'Cratchit';
person['eyes'] = 'hazel';
person.bye = function() { alert("Bye everybody!"); }
```

Viacero objektov

```
const person1 = {
  name: 'Chris',
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name + '.');
  }
}

const person2 = {
  name: 'Deepti',
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name + '.');
  }
}
```

to ale asi nebude vhodný prístup pre veľké množstvo objektov (ktoré dynamicky počas behu programu vznikajú a zanikajú) ….

Konštrukcia nového objektu

vytvoríme funkciu, ktorá vytvára nové objekty

```
function createNewPerson(name) {
  const obj = {};
  obj.name = name;
  obj.greeting = function() {
    alert('Hi! I\'m ' + obj.name + '.');
  };
  return obj;
}
```

```
const John = createNewPerson('John');
John.name;
John.greeting();
```

Konštrukcia objektu pomocou funkcie

môžeme nastaviť atribúty a metódy pre funkciu

```
function Person(name) {
  this.name = name;
  this.greeting = function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name + '.');
  };
}
```

vytvorenie nového objektu sa vykoná volaním *new Person*

```
let person1 = new Person('Bob');
let person2 = new Person('Sarah');
```

Konštrukcia objektu pomocou funkcie - rozšírenie

pridáme ďalšie parametre do funkcie pre konštrukciu objektu

```
function Person(first, last, age, gender, interests) {
  this.name = {
     first : first,
     last : last
  };
  this.age = age;
  this.gender = gender;
  this.interests = interests;
  this.bio = function() {
    alert(this.name.first + ' ' + this.name.last + ' is ' + this.age +
    ' years old. He likes ' +this.interests[0]+' and ' + this.interests[1]
+ '.');
  };
  this.greeting = function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name.first + '.');
  };
}

let person1 = new Person('Bob', 'Smith', 32, 'male', ['music', 'skiing']);
```

Čo je *this*

kľúčové slovo *this* ukazuje na objekt, v ktorom je vykonávaný kód

```
const person1 = {
  name: 'Chris',
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name +
'.');
  }
}

const person2 = {
  name: 'Deepti',
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name +
'.');
  }
}
```

this ukazuje na *person1*

this ukazuje na *person2*

platí podobne aj pre triedy, ALE namiesto na triedu *this* ukazuje na inštanciu triedu

Triedy, inštancie, objekty

Class-based OOP

- napr. C++, Java, ...
- Trieda je šablóna pre objekt
- Objekt je inštanciou triedy
- po kompilácii a v run-time sú nemenné

```
class MyClass {       // The class
  public:   // Access specifier
    // Attribute (int variable)
    int myNum;
    // Attribute (string variable)
    string myString;
};
  // Create an object of MyClass
  MyClass myObj;
  // Access attributes and set values
  myObj.myNum = 15;
  myObj.myString = "Some text";
```

Prototype-based OOP

- napr. JavaScript, …
- objekt *Object* je prototyp
- Objekt je inštanciou prototypu
- v run-time možno meniť

```
let person1 = new Object(
{
  name: 'Chris',
  age: 38,
  greeting: function() {
    alert('Hi! I\'m ' + this.name + '.');
  }
}
);
```

Triedy v JavaScript

elegantnejšia notácia pre vytváranie tried a inštancií (na pozadí je ale stále prototype-based OOP)

```
class Person {
  constructor(first, last, age, gender, interests) {
    this.name = {
      first,
      last
    };
    this.age = age;
    this.gender = gender;
    this.interests = interests;
  }

  greeting() {
    console.log(`Hi! I'm ${this.name.first}`);
  };

  farewell() {
    console.log(`${this.name.first} has left the building. Bye for now!`);
  };
}
```

nastavenie atribútov pomocou konštruktora

Vytvorenie inštancií

rovnako ako v predch. prípadoch

```
let han = new Person('Han', 'Solo', 25, 'male', ['Smuggling']);
han.greeting();
// Hi! I'm Han

let leia = new Person('Leia', 'Organa', 19, 'female',
['Government']);
leia.farewell();
// Leia has left the building. Bye for now
```

Pokročilé OO prístupy

- Zapúzdrenie
- Dedenie
- Polymorfizmus
- Asociácia, Agregácia, Kompozícia objektov

Zapúzdrenie (ang. Encapsulation)

Schovanie atribútov a ich sprístupnenie cez *get-set* metódy

```
class Person {
  constructor(first, last, age, gender, interests) {
    this.name = {
      first : first,
      last : last
    };
    this._age = age;
    this.gender = gender;
    this.interests = interests;
  }

  get age() {
    return this._age + 5;
  }

  set age(newAge) {
    this._age = newAge;
  }
}
```

Dedenie (ang. Inheritance)

- Objekt získava dedením atribúty a metódy od iného objektu (platí rovnako aj pre triedy)
- **Dedenie slúži na konkretizáciu, špecializáciu objektov**: z abstrakného objektu, ktorý má nejaké vlastnosti, pridávaním ďalších vlastností dedený objekt konkretizujeme, napr.:
  - trieda *Person* je šablóna pre ľubovoľnú osobu (obsahuje atribúty, t.j. vlastnosti, ktoré sú spoločné pre všetky osoby)
  - trieda *Teacher* je špecializáciou triedy *Person*, t.j. obsahuje tie isté vlastnosti ako *Person*, ALE navyše obsahuje aj vlastnoti špecifické pre učiteľa (napr. aký predmet vyučuje)

Dedenie (ang. Inheritance)

vytvoríme triedu *Teacher*, ktorá dedí z triedy *Person* nasl. zápisom:

- *Teacher* obsahuje všetky atribúty (first name, last name, age, gender, interests) a metódy (greeting, farewell) z triedy *Person*
- pridáme ďalšie atribúty špecifické pre *Teacher: subject, grade*

```
class Teacher extends Person {
  constructor(subject, grade) {
    super(); // calling the parent constructor - 'this' is
initialized
    this.subject = subject;
    this.grade = grade;
  }
}
```

Dedenie (ang. Inheritance)

musíme zavolať konštruktor pôvodnej triedy volaním metódy *super()*

```
class Teacher extends Person {
  constructor(first, last, age, gender, interests, subject, grade)
{
    super(first, last, age, gender, interests);

    // subject and grade are specific to Teacher
    this.subject = subject;
    this.grade = grade;
  }
}
let Snow = new Teacher('John', 'Snow', 58, 'male', ['Potions'], 'Dark arts',
5);
Snow.greeting(); // Hi! I'm John.
Snow.farewell(); // John has left the building. Bye for now.
Snow.age // 58
Snow.subject; // Dark arts
```

Polymorfizmus

- zdedené triedy obsahujú rovnako pomenované metódy ako v pôvodnej triede, ale metódy v zdedených triedach majú odlišné telo (prípadne aj iné parametre)
- príklad:
  - trieda *Shape* reprezentuje generický geometrický objekt
  - trieda *Shape* má metódu *area()* na výpočet obsahu plochy geometrického objektu
  - triedy *Circle*, *Triangle*, *Rectangle* dedia z triedy *Shape*, ale majú vlastné implementácie metódy *area()* na výpočet obsahu plochy

Prínos: môžeme nad rôznymi objektmi volať rovnako nazvanú metódu, pričom každý objekt má vlastnú implementáciu

Polymorfizmus

```
class Shape {
    area() {
        return 0;
    }
}
```

```
class Circle extends Shape {
    constructor(r) {
        super();
        this.radius = r;
    }

    area() {
        return Math.PI * this.radius ** 2;
    }
}
```

Polymorfizmus

```
class Rectangle extends Shape {
    constructor(w, h) {
        super();
        this.width = w;
        this.height = h;
    }
    area() {
        return this.width * this.height;
    }
}
```

```
class Triangle extends Shape {
    constructor(b, h) {
        super();
        this.base = b;
        this.height = h;
    }
    area() {
        return this.base * this.height / 2;
    }
}
```

Asociácia, Agregácia, Kompozícia objektov

Agregácia - vzťah medzi 2 objektami, pričom *potomok* **môže** existovať bez *rodiča*

```
function Book(title, author) {
   this.title = title;
   this.author = author;
}
const book1 = new Book ('Hippie', 'Paulo
Coelho');
const book2 = new Book ('The Alchemist', 'Paulo
Coelho');
let publication = {
   "name": "new publication Inc",
   "books": []
}
publication.books.push(book1);
publication.books.push(book2);
```

Kompozícia - vzťah medzi 2 objektami, pričom *potomok* **nemôže** existovať bez *rodiča*

```
let Book = {
   "title": "The Alchemist",
   "author": "Paulo Coelho",
   "publication": {
      "name": "new publication Inc",
      "address": "chennai"
   }
}
```

Asociácia - vyjadruje, že medzi 2 objektami **je vzťah**, napr. objekt1 pristupuje k atribútu objektu2, alebo volá metódu objektu2

Návrh interaktívnej hry

Tvorba návrhu

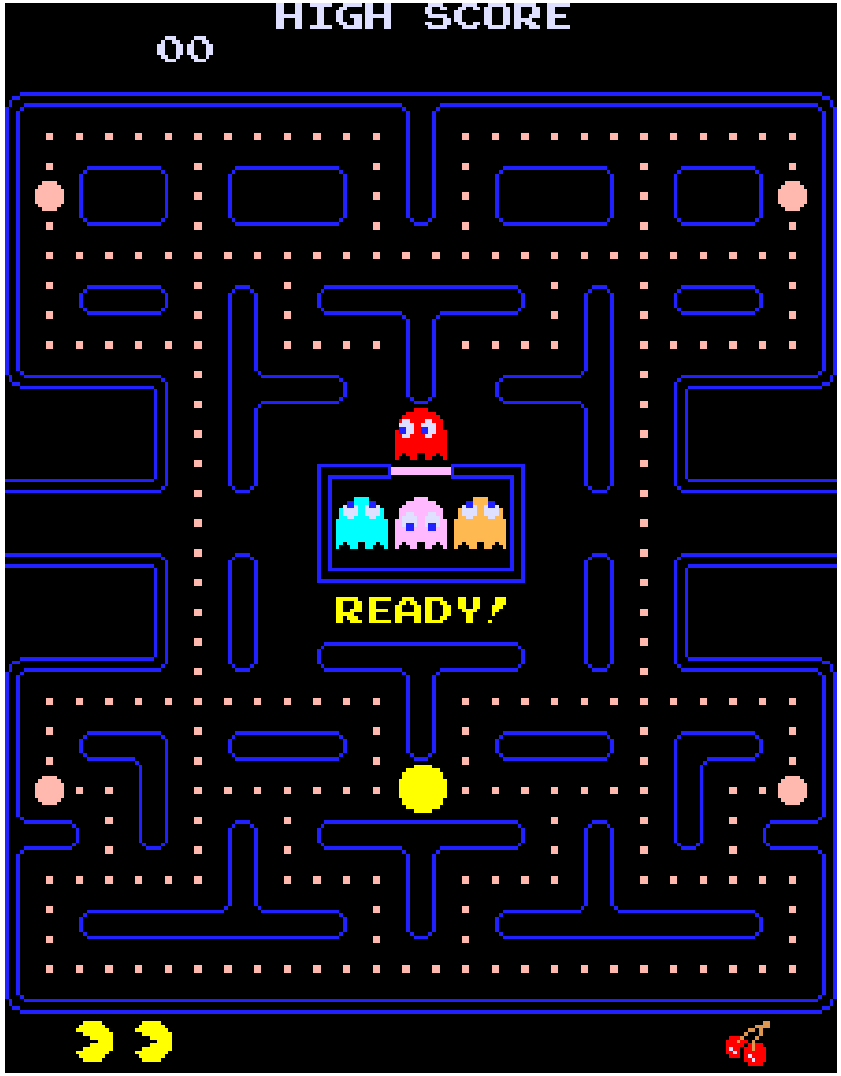
- Definuj GUI rozhranie
  - analýza predošlých podobných rozhraní
- Identifikuj **objekty**
- Definuj **udalosti** (ako reakcie na **akcie** používateľa), ktoré menia **stav** riešenia problematiky
- Možné situácie over na prototype resp. modeli

Objekty a akcie

- Ako identifikovať objekty a akcie?
  - Základ *objektovo-orientovanej dekompozície problému a objektovo-orientovaného návrhu a implementácie*
- ***Objekt***
  - Entita, ktorá má **vlastnosti** (ktoré definujú jej stav) a **správanie** (ktoré mení jej stav, alebo stav iných objektov)
- ***Akcie***
  - Zvyčajne príkaz na vykonanie správania objektu (môže iniciovať používateľ, alebo aj sám systém)

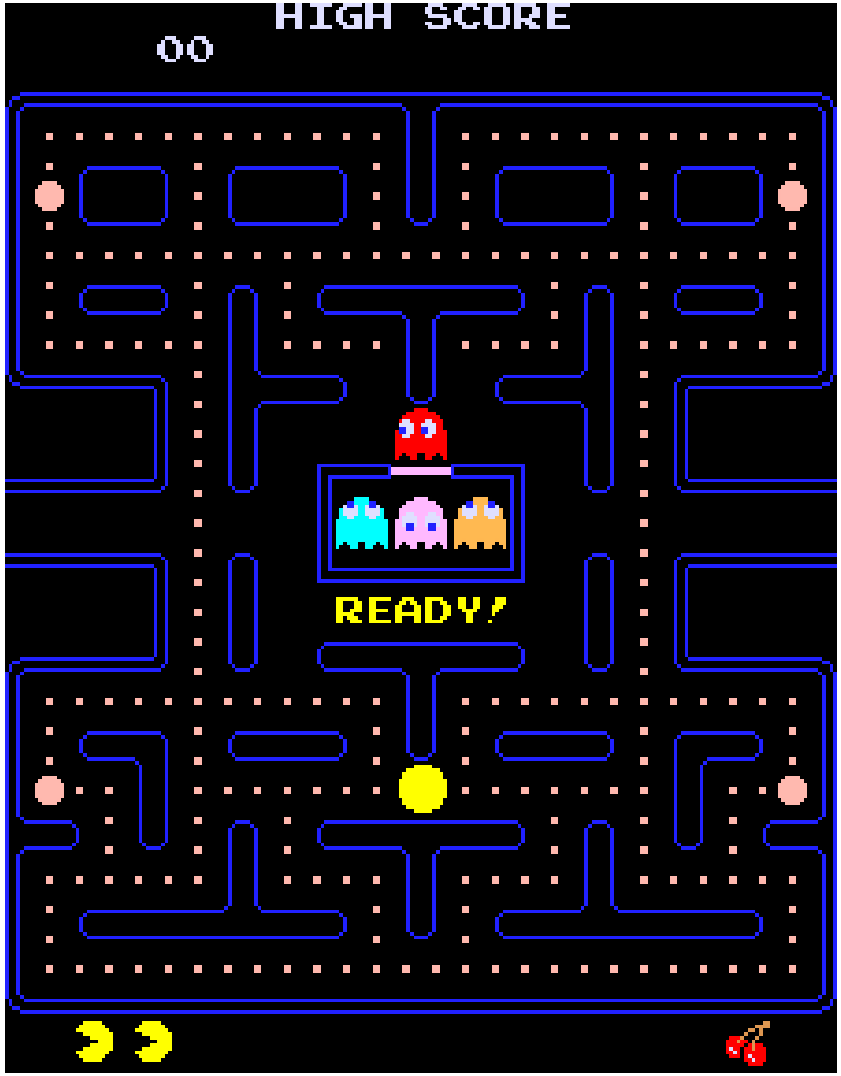
Objekty a akcie

- Aké objekty vieme identifikovať v hre Pac-man ?



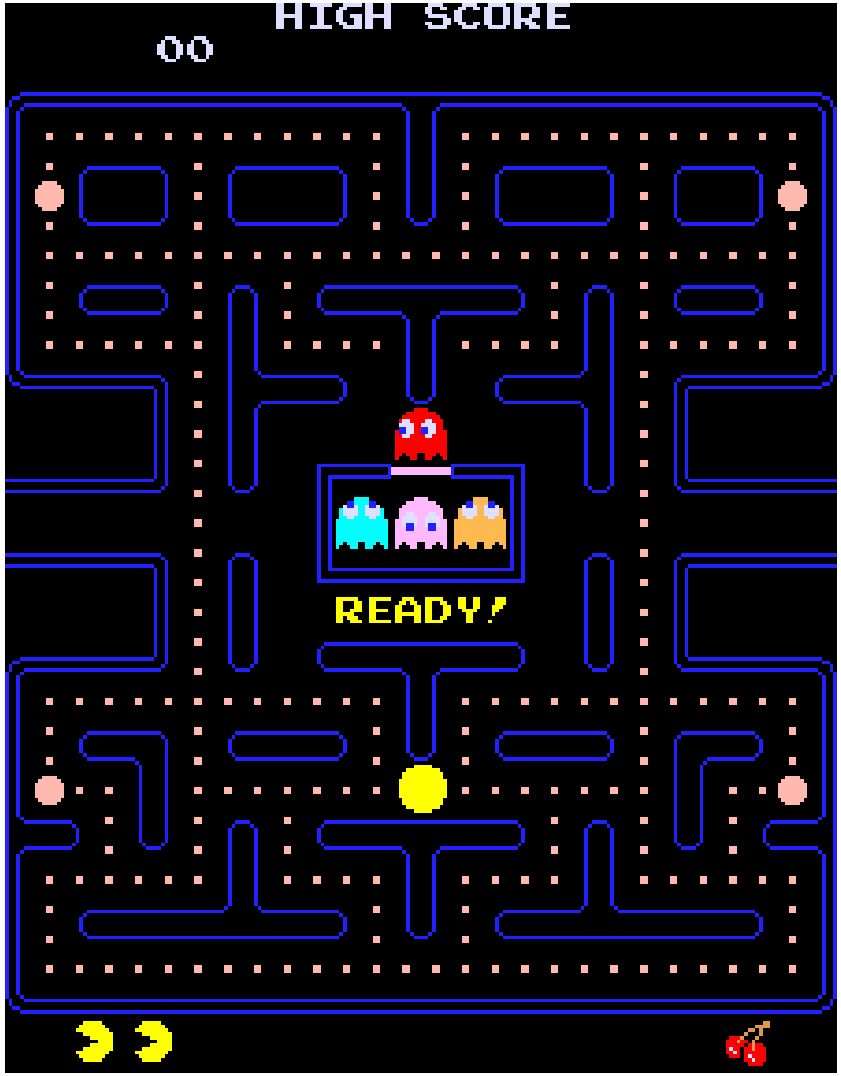
Objekty a akcie

- Aké objekty vieme identifikovať v hre Pac-man ?
  - Hráč
  - Duch
  - Potrava
  - PowerUp
  - Stena
  - Level (mapa)
  - Skóre, text
  - Počet životov



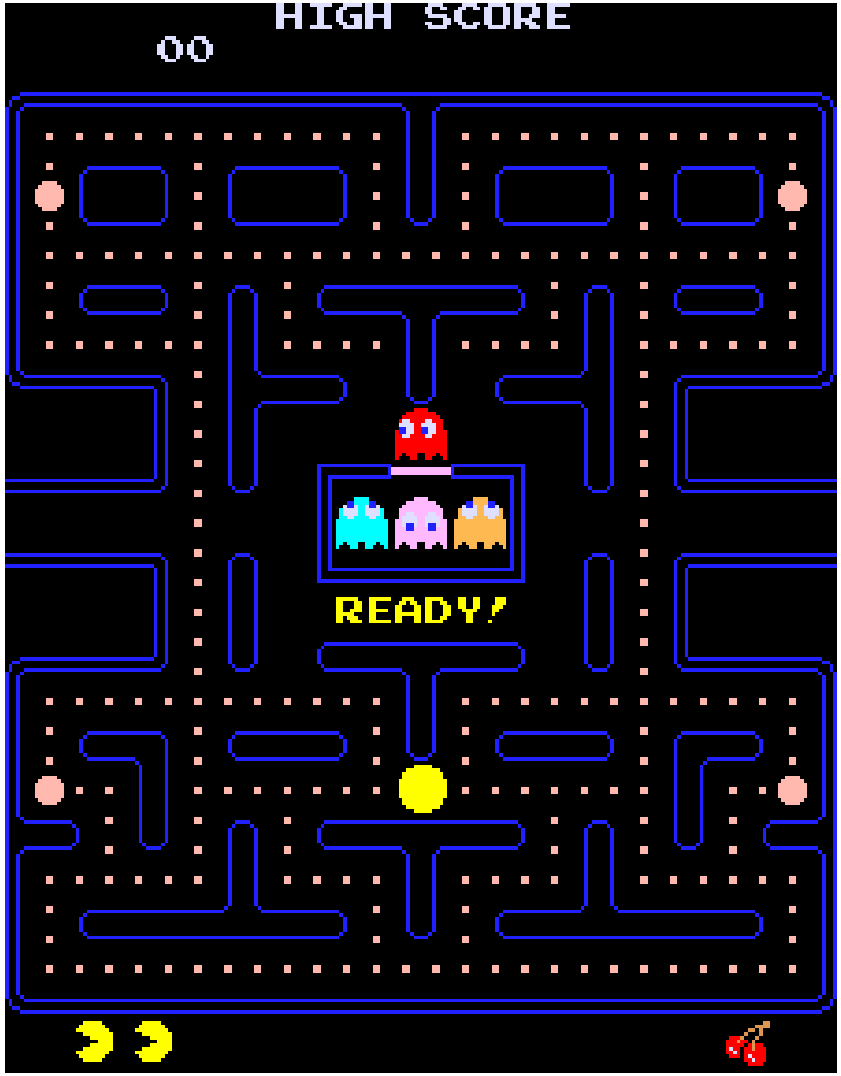
Objekty a akcie

- Aké akcie vieme identifikovať v hre Pac-man ?



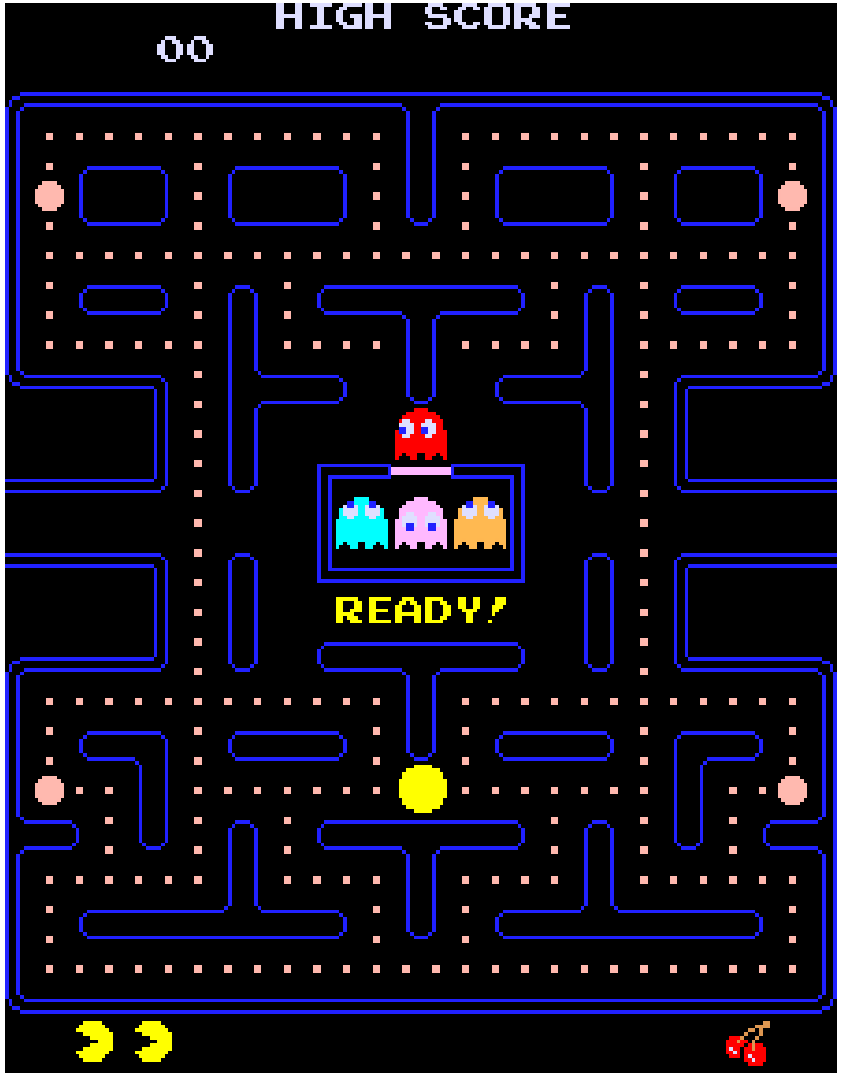
Objekty a akcie

- Aké akcie vieme identifikovať v hre Pac-man ?
  - Hráč
    - Vstup od používateľa za účelom presunu postavy hráča v priestore
    - ...



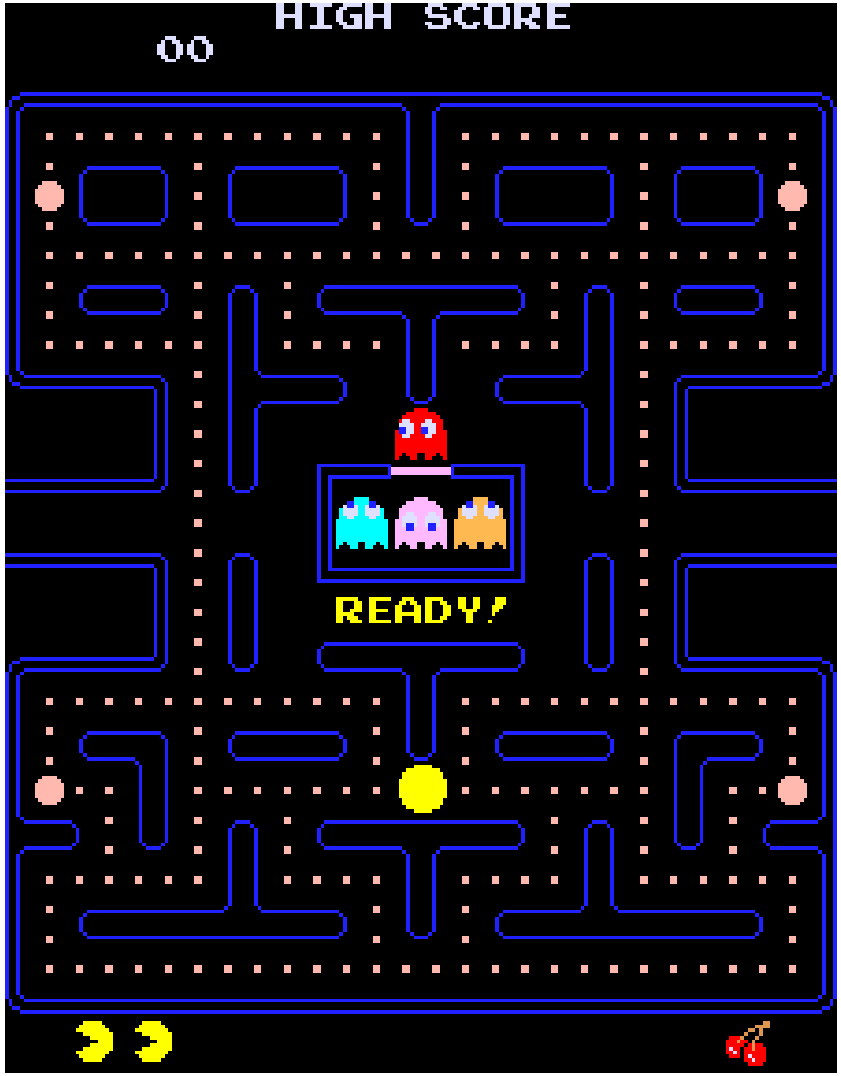
Objekty a akcie

- Aké udalosti a stavy vieme identifikovať v hre Pac-man ?



Objekty a akcie

- Aké udalosti a stavy vieme identifikovať v hre Pac-man ?
  - Zmena pozície (hráč, duch)
  - Zmena textu
  - Zmena skóre, počtu životov
  - Zobrazenie potravy
  - ...



Objekty a akcie

- Aké objekty vieme identifikovať v hre Super Mario ?

Objekty a akcie

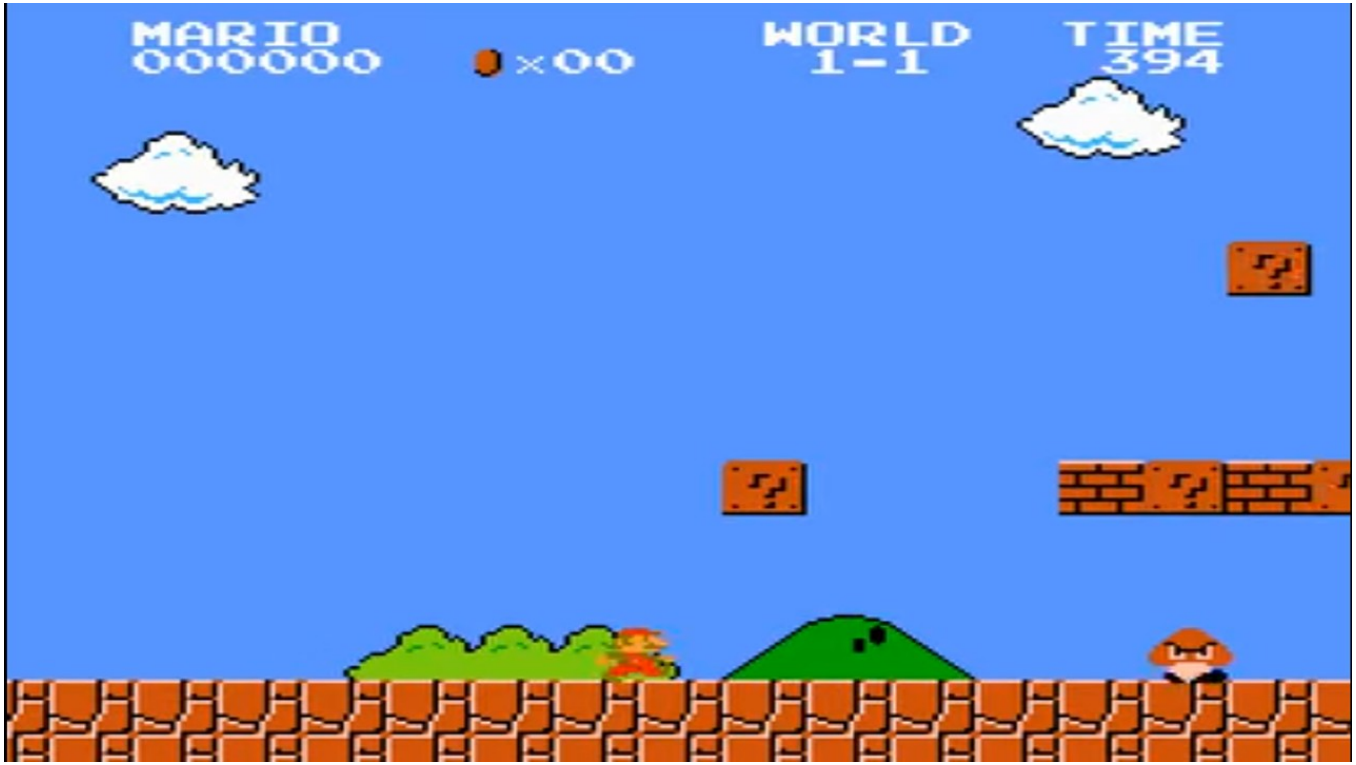
- Aké objekty vieme identifikovať v hre Super Mario ?
  - Hráč
  - Nepriateľ
  - Kocka
    - „?“
    - rozbitelná
    - nerozbitelná
  - Pozadie
  - Level
  - Minca
  - Rúra
  - Texty
    - Skóre, čas,…
  - ...

Objekty a akcie

- Aké akcie vieme identifikovať v hre Super Mario ?

Objekty a akcie

- Aké akcie vieme identifikovať v hre Super Mario ?
  - Hráč
    - Vstup od používateľa za účelom presunu postavy hráča v priestore
  - ...



Objekty a akcie

- Aké udalosti a stavy vieme identifikovať v hre Super Mario ?

Objekty a akcie

- Aké udalosti a stavy vieme identifikovať v hre Super Mario ?
  - Zmena pozície (hráč, nepriateľ)
  - Zmena textu
  - Zmena skóre, počtu životov
  - ...

Celkový pohľad

- **Stav** aplikácie (Model) je reprezentovaný **stavom objektov**
  - **zmena stavu** objektov sa dosiahne **volaním** (t.j. vykonaním) metód objektov
- **Udalosti** v aplikácii
  - sú inicializované **akciou** používateľa (napr. reakcia na vstup)
  - sú inicializované samotnou aplikáciu (napr. autonómny pohyb nepriateľa)
  - menia **stav** aplikácie volaním metód objektov

Počítačová grafika a HTML Canvas

2D Grafika

- Rastrová a vektorová reprezentácia
- Založené na vykresľovaní
  - základných geom. útvarov
  - rastrových obrázkov
- farebný model RGBA
  - kompozícia na základe priesvitnosti

3D Grafika

- Založená na vykresľovaní povrchovej reprezentácie (najčastejšie polygóny a trojuholníky)
- Objekty sú osvetlené a otextúrované
- Oveľa výkonovo náročnejšia
- Viac na predmete
  Princípy počítačovej grafiky a spracovania obrazu
- V HTML5 možno použiť *Canvas* a *WebGL*
  - knižnica three.js

HTML Canvas

- Štandardný HTML5 element, ktorý reprezentuje voľne manipulovateľný obraz (2D frame buffer)
- Poskytuje kontext, cez ktorý možno kresliť do plochy priamo z JavaScriptu
- Objekt *Context* poskytuje základné funkcie pre kreslenie
- **Nie je nutné manipulovať DOM**
- Rýchlejšie a vhodnejšie pre tvorbu hier

HTML Canvas

- Poskytuje:
  - kreslenie textu
  - kreslenie geometrických telies
  - kreslenie obrázkov
- Umožňuje:
  - animácie
  - interakciu

Canvas element v HTML

- vytvorenie *Canvas*-u

```
<canvas id="canvas" height="100" width="100">
Sorry no Canvas :(
</canvas>
```

- práca s *Canvas*-som

```
var canvas = document.getElementById("canvas")
var context   = canvas.getContext("2d")
```

Vytvorenie kontextu

- Na prácu so samotným *Canvas* potrebuje získať jeho *Context* objekt

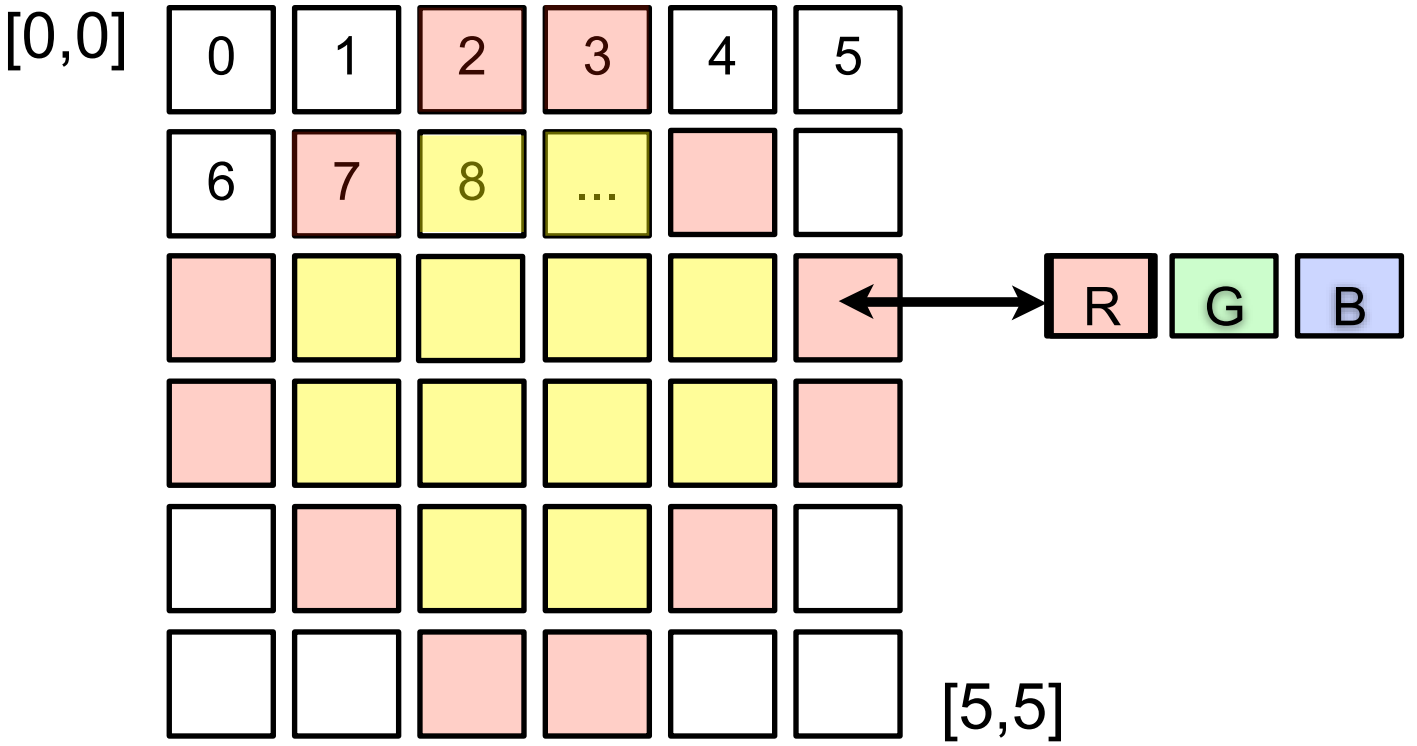
```
var canvas = document.getElementById("canvas")
var context = canvas.getContext("2d")
```

- *Context* objekt poskytuje
  - atribúty - nastavenie farby, typ čiary, výplne, ...
  - metódy - vykreslenie čiary, kruhu, krivky, obrázka,...

- Obraz sa nemení pokiaľ ho neupravíme

Canvas, framebuffer, pixely

- *Canvas* poskytuje framebuffer - 2D pole pixelov
  - ľavý horný roh [0,0], pravý dolný roh [height, width]
- Každý pixel možno priamo meniť
  - súradnica [x,y], alebo index v rozsahu 0 až *img.data.length*



Prístup k pixelom

- Možno priamo pracovať s pixelom
  - zmena farby prvého pixela

```
// nacitanie obrazu 100x100 pixelov zo suradnice [0,0]
var img = canvas.getImageData(0,0,100,100)
img.data[0] = 255; // R
img.data[1] = 0; // G
img.data[2] = 0; // B
img.data[3] = 0; // A
canvas.putImageData(img, 0, 0)  // zapisanie obrazu 100x100
                                // pixelov na
                                // suradnicu [0,0]
```

Kreslenie textu

- Vykreslenie textu do stredu plochy

```
var x = canvas.width / 2;
var y = canvas.height / 2;
context.font = '30pt Calibri';
context.textAlign = 'center';
context.fillStyle = 'blue';
context.fillText('Hello World!', x, y);
```

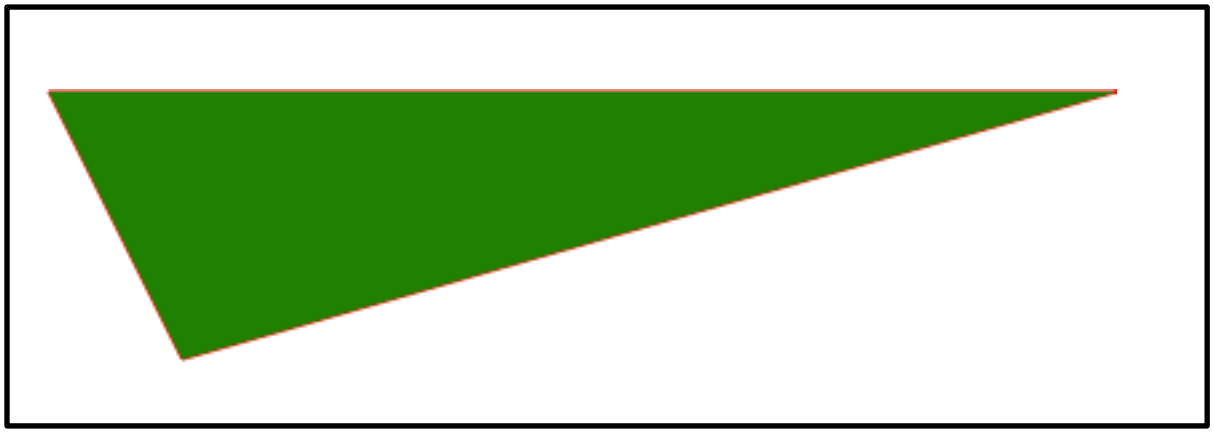
Kreslenie čiar a geom. tvarov

- Canvas podporuje kreslenie čiar a tvarov

```
context.beginPath();                // zacni kreslit tvar
context.strokeStyle = "red";        // nastav farbu ciary
context.fillStyle = "green";        // nastav farbu vyplne
context.moveTo(100, 150);           // presun sa na poziciu
context.lineTo(450, 50);            // nakresli ciaru na poziciu
context.lineTo(50, 50);
context.lineTo(100, 150);
context.closePath();                // spoj posledny bod s prvym
context.stroke();                   // vykresli
```

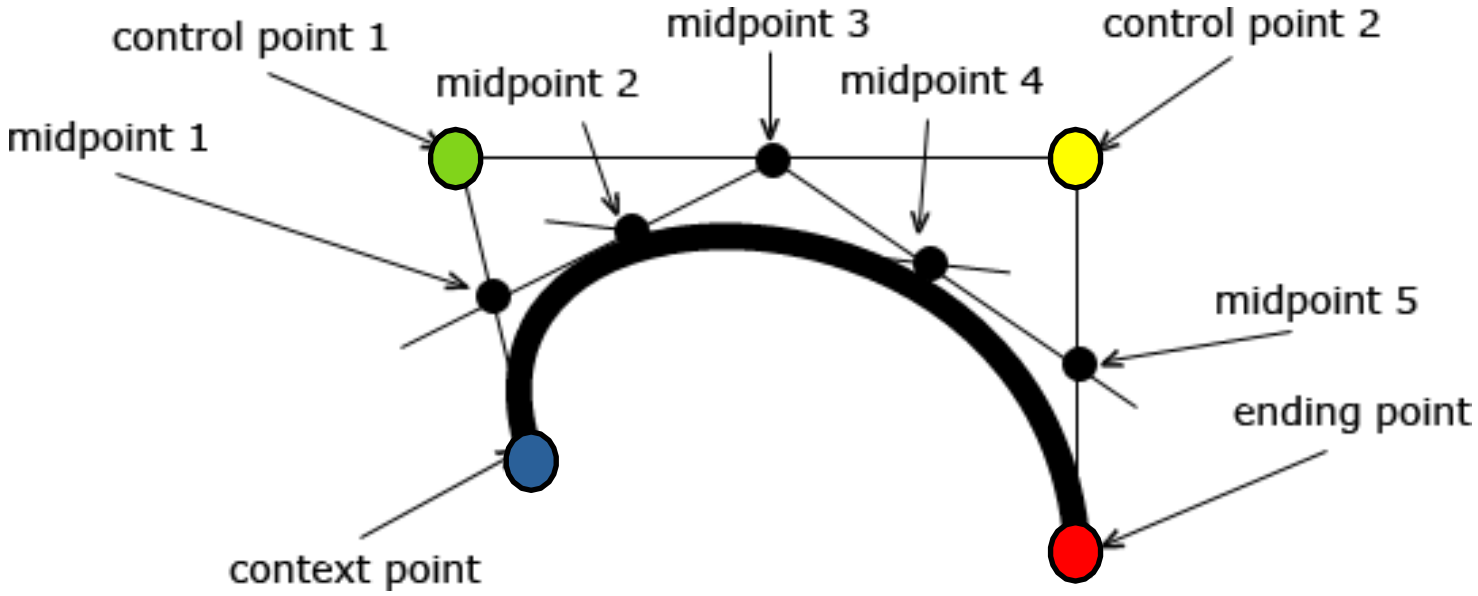
Kreslenie čiar a geom. tvarov

- Canvas podporuje kreslenie čiar a tvarov



Kreslenie kriviek

- Možno kresliť Bezierove krivky




```
context.beginPath();
context.moveTo(188, 130);
context.bezierCurveTo(140, 10, 388, 10, 388, 170);
context.lineWidth = 10;
context.strokeStyle = "black";
context.stroke();
```

Obrázky

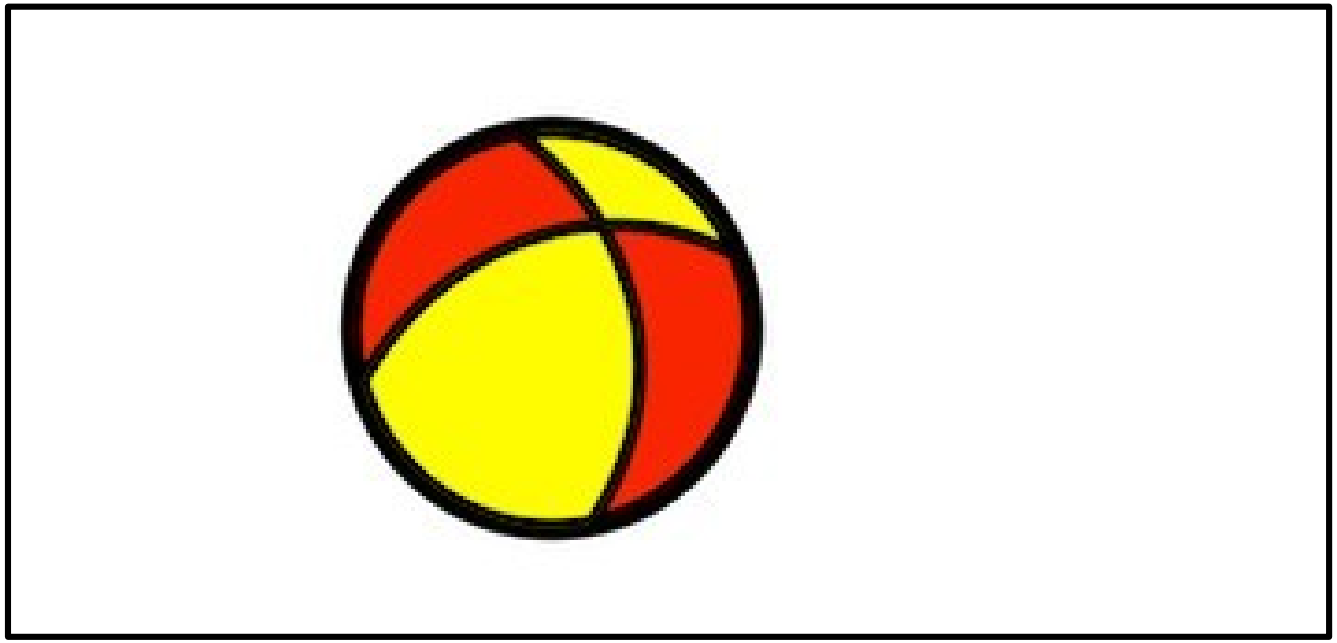
- Obrázky je možné kresliť pomocou objektu *Image*
- Je možné použiť <img> element z DOM

```
var imageObj = new Image();
imageObj.src = "ball.png"

// Obrazok sa vykresli az po nacitani
imageObj.onload = function () {
    context.drawImage(imageObj, x, y, width, height);
}
```

Obrázky

- Obrázky je možné kresliť pomocou objektu *Image*
- Je možné použiť <img> element z DOM



Manažment stavov

- *Context* dokáže uchovať a obnoviť svoj stav
  - užitočné pri kreslení viacerých nezávislých objektov
  - stav sa ukladá-vyberá zo zásobníka

```
// vykresli objekt1
context.save()                          // uloz akt. stav
// vykonaj transformacie nad objekt1
context.drawImage(imageObj1,0,0)// vykresli transformovany obr.

context.restore()                       // obnov stav

// vykresli objekt2
context.save()                          // uloz akt. stav
// vykonaj transformacie nad objekt2
context.drawImage(imageObj2,0,0)// vykresli transformovany obr.

context.restore()                        // obnov stav
```

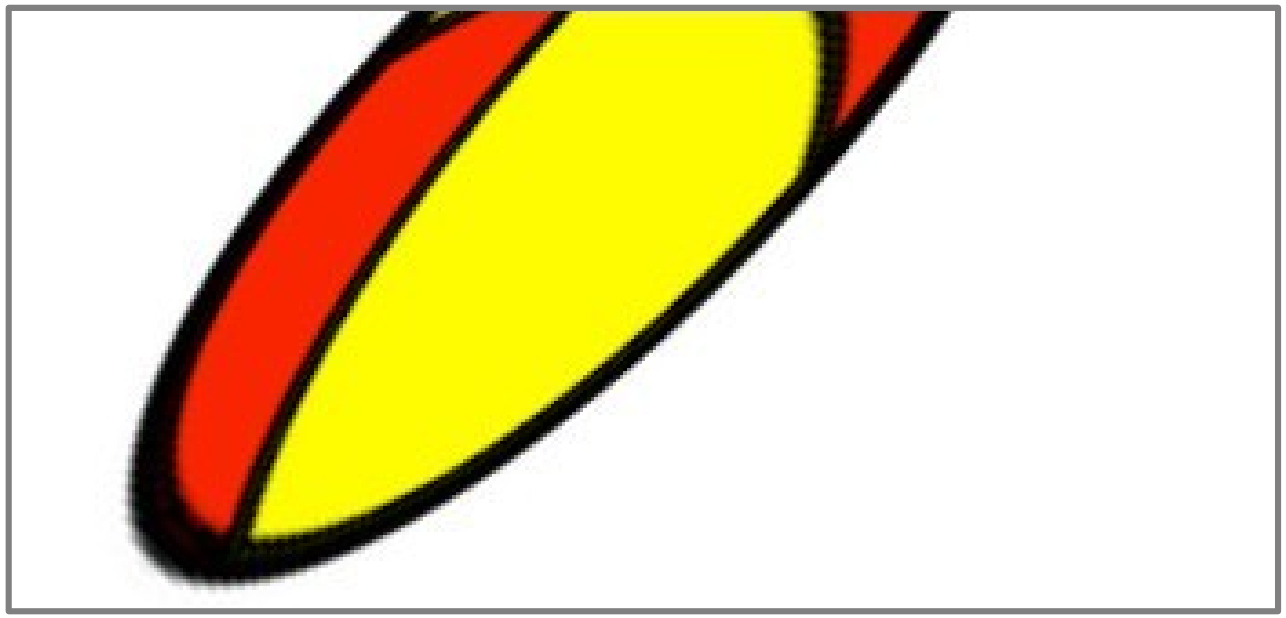
Transformácie

- Je možné aplikovať základné geometrické transformácie

```
// kresli objekt
context.save()                          // ulozenie akt. stavu
context.translate(40,120)               // posun
context.rotate(-45*Math.PI/180.0)       // rotacia
context.scale(3.0,1.0)                  // skalovanie
context.drawImage(imageObj,0,0)         // vykreslenie
                                        // transformovaneho obr.
context.restore()                       // obnovenie stavu
```

Transformácie

- Je možné aplikovať základné geometrické transformácie



Ako vytvoriť celý obraz?

Street Fighter

Earthworm Jim

Základné princípy

- Každý obraz vytvárame celý z prázdneho obrazu
- Každý obraz kreslíme od pozadia k popredu ako kompozíciu viacerých častí
- Ak vykresľujeme aspoň 24 obrázkov za sekundu tak vytvárame ilúziu plynulej animácie
- Animáciu vytvárame zmenou parametrov **Modelu** a jeho následným vykreslením cez **View**

Kompozícia obrazu

Ďalšie zdroje ku HTML Canvas

- http://www.html5canvastutorials.com/
- https://www.w3schools.com/graphics/canvas_reference.asp
  - podrobný opis všetkých atribútov a metód

Zhrnutie

- Klúčové poznatky z prednášky
  - Objektovo-orientovaná paradigma
    - Čo sú triedy, objekty, inštancie
    - Čo sú atribúty a metódy objektu
    - Kompozícia objektov, dedenie
  - Ako pristupovať k objektovo-orientovanému návrhu
    - Ako rozpoznať objekty, ich atribúty a metódy
  - HTML Canvas
    - Prístup k framebuffer-u a modifikácia pixel-ov
    - Kreslenie základných geom. telies
    - Zobrazenie obrázka
    - Vykresľujeme scénu od pozadia k popredu

Nabudúce

- Hlavné komponenty int. web. aplikácií
- Návrhové vzory MVC a MVP
- Ukážka využitia vzoru MVC v implementácii

Ďakujem za pozornosť