

# Programovací jazyky a paradigmata, SWIG a práce se starším kódem

Dominika Regéciová

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta informačních technologií  
Božetěchova 1/2. 612 66 Brno - Královo Pole  
iregociova@fit.vutbr.cz  
Praktické aspekty vývoje software (IVS) 2022



# JAZYKY A PARADIGMATA

Jazyk je systém sloužící jako základní prostředek lidské komunikace.

- Lingvisté uvádí, že existuje zhruba 7 tisíc jazyků
- Z toho 5-6 tisíc jazyků ovládá pouze 5% populace

Jazyky ovlivňují, jak myslíme a jak se chováme.

- Sapir-Whorfova Hypotéza: pojetí reálného světa je vystavěno na jazykových zvyklostech konkrétní dané komunity, jež pak předurčuje určitý výběr interpretace reality

Učením jazyků se dozvídáme více i o kultuře a zvyklostech dané skupiny.

When Americans say...	It means...
Awesome	Good
Fabulous	Good
Amazing	Good
Great	Fine
Fine	Bad
OK	Bad
Not so great	Really bad
Challenging	Driving me completely nuts
Hilarious	Unexpected
For sure	Probably
Forever	30 minutes
Let's get coffee sometime	Goodbye; I like you
Let's stay in touch	Goodbye; I don't like you that much
My friend	A person I know
My best friend	A person I know and also like



gerrycanavan

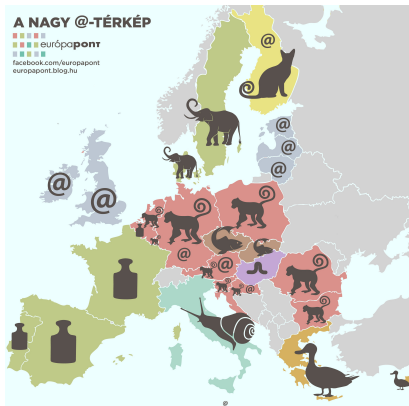
I'm afraid of Americans



lindsayribar

This is super real.

finština	miukumauku	mňau mňau
dánština	snabel-a	chobotové a
italština	chocciola	šnek
španělština	arroba	měřice (stará dutá míra)
řečtina	papaki	kachňátko



Nemáme jednu striktní definici programovacího jazyka:

- Systém kódování, které umožňuje vytvořit program, představující určitý úkol, který má vykonávat počítač.

Široké spektrum programovacích jazyků

- různé perspektivy, vlastnosti, konstrukce, způsoby zápisu, ...
- [Wikipedia: List of programming languages](#) → cca 700
- [HOPL kolekce jazyků](#): uvádí skoro 9 tisíc jazyků

Jaký jazyk zvolit?

Na úrovni HW velmi komplikovaný proces a velmi primitivní prostředky – instrukce.

Pro člověka je přirozenější pracovat na vyšší úrovni.

Některé jazyky více reflektují povahu počítače, jiné více způsob uvažování člověka.

Proč neprogramujeme v angličtině: [The Exact Instructions Challenge](#)



Je třeba zvážit, co je důležitější:

- rychlejší program
- rychlejší / pohodlnější vývoj

Vhodný jazyk či prostředí může výrazně zvýšit efektivitu vývoje.

Mnohdy je lepší srozumitelnější a přehlednější program, i když je o trochu pomalejší.

Někdy je levnější koupit výkonnější HW, než zaplatit více za vývojáře.



## Nízkoúrovňové

- strojový kód, assembler
- velmi malá abstrakce od HW
- snadný překlad do instrukcí pro procesor
- mohou být rychlejší a méně náročné na prostředky
- složitější vývoj

## Vysokoúrovňové

- větší míra abstrakce
- srozumitelnější, jednodušší vývoj → méně chyb
- přenositelné mezi platformami

Imperativní = specifikace, jak se problém řeší

- sekvence kroků, které mění stav programu a tím provádějí výpočet

Deklarativní = specifikace, co se má řešit

- popis problému vhodnými konstrukty
- řešení najde vyhodnocovací mechanismus
- funkcionální a logické paradigma, SQL, ...

```
output = []  
for N in input:  
    if N > 10:  
        output.append(N * N)
```

```
SELECT N * N  
FROM input  
WHERE N > 10
```

Statické (C, C++, Java, ...)

- co se bude dít, se rozhoduje při překladu
- je obtížné zkoumat a měnit stav programu
- nelze za běhu měnit a přidávat funkce, objekty či typy
- optimalizace při překladu
- edit → compile → run → debug

Dynamické (PHP, Python, JavaScript, ...)

- co se bude dít se rozhoduje za běhu
- je jednoduché zkoumat, rozšiřovat, manipulovat
  - monkey patching
- optimalizace při běhu programu

Soubor `cool_package.py`

```
class MonkeyPatch:
    def __init__(self, num):
        self.num = num

    def addition(self, other):
        raise Exception('Something went wrong', self.num, other)
```

Interaktivní mód v Pythonu

```
>>> obj = MonkeyPatch(10)
>>> obj.addition(20) # Exception

>>> def addition(self, other):
>>>     return self.num + other

>>> MonkeyPatch.addition = addition
>>> obj.addition(32) # 42
```

Silně typované (Java, Python, ...)

- každá proměnná či operace má striktně určený datový typ, který se nemění

Slabě typované (Perl, PHP, ...)

- automaticky přetypuje hodnoty dle potřeby

Dynamické typování  $\neq$  slabé typování (a naopak)

Pozor: Jazyk C není silně typovaný jazyk!

## Automatická

- programátor paměť jen alokuje
- nepoužívanou paměť uvolňuje
  - počítání referencí – nevolní cykly
  - sledovací algoritmy – přeruší běh programu

## Manuální

- programátor paměť alokuje i uvolňuje
- obtížné ve složitějších programech – *memory leaks*

- Imperativní
- Objektivě orientované
- Funkcionální
- Logické
- Konkurentní
- Metaprogramování
- ...

Dnes často jeden jazyk umožňuje kombinovat více paradigmat.

- C, Pascal, Java, Python, ...
- Základní prostředky:
  - cykly
  - větvení
  - ukazatele
  - struktury
  - funkce
- Explicitní stav programu měněn sekvencí příkazů
- Reflektuje architekturu počítačů
- Nadstavby: procedurální, strukturované, modulární

```
output = []  
for N in input:  
    if N > 10:  
        output.append(N * N)
```



- Haskell, Lisp, Clojure, F#, Scala, ...
- Základ v lambda kalkulu
- Základní prostředky:
  - funkce (v matematickém smyslu)
- Specifikace problému v podobě funkcí
- Data proplouvají funkcemi, které je transformují
- Žádná explicitní manipulace s daty
- Žádné vedlejší efekty (kromě I/O)
- Vyhodnocování v libovolném pořadí
- Lze snáze ukázat korektnost programu

```
output = [N for N in input
          if N > 10]
```

- Pseudokód pro řadící algoritmus Quicksort:

```
procedure quicksort(List values)
```

```
  if values.size <= 1 then
```

```
    return values
```

```
  pivot = nahodny prvek z values
```

```
  list1 = { prvky vetsi nez pivot }
```

```
  list2 = { pivot }
```

```
  list3 = { prvky mensi nez pivot }
```

```
  return quicksort(list1) + list2 + quicksort(list3)
```

- Stejný algoritmus v jazyce Haskell:

```
qsort [] = []
```

```
qsort (x:xs) = qsort small ++ pivot ++ qsort large
```

```
  where
```

```
    small = [y | y <- xs, y < x]
```

```
    pivot = [y | y <- xs, y == x] ++ [x]
```

```
    large = [y | y <- xs, y > x]
```

- Prolog
- založeno na matematické logice
- program = konečná množina axiomů
- výpočet důkaz dotazu uživatele

```
muz(honza). muz(jirka). muz(vilik).  
zena(monika). zena(jana).  
jeDite(honza, jirka). jeDite(jana, monika).  
jeDite(vilik, monika).  
jeSyn(X,Y) :- jeDite(X,Y), muz(X).
```

```
>>> jeSyn(X, monika).
```

X = vilik

- Erlang, Elixir, ...
- programy jsou popsány jako procesy, které spolu komunikují
- nemusí nutně běžet paralelně

```
-module(tut15).  
-export([start/0, ping/2, pong/0]).  
  
ping(0, Pong_PID) ->  
    Pong_PID ! finished,  
    io:format("ping finished~n", []);  
  
ping(N, Pong_PID) ->  
    Pong_PID ! {ping, self()},  
    receive  
        pong ->  
            io:format("Ping rcvd. pong~n", [])  
    end,  
    ping(N - 1, Pong_PID).
```

```
pong() ->  
    receive  
        finished ->  
            io:format("Pong finished~n", []);  
    {ping, Ping_PID} ->  
        io:format("Pong rcvd. ping~n", []),  
        Ping_PID ! pong,  
        pong()  
    end.  
  
start() ->  
    Pong_PID = spawn(tut15, pong, []),  
    spawn(tut15, ping, [3, Pong_PID]).
```

- Program vytváří/modifikuje program (klidně sám sebe)
- Generování kódu
- Šablony v C++
- Anotace v Javě
- Dekorátory v Pythonu
- eval()
- Překladače

```
template <int N>
struct Factorial {
    enum { value = N * Factorial<N - 1>::value };
};

template <>
struct Factorial<0> {
    enum { value = 1 };
};

void foo() {
    int x = Factorial<4>::value; // == 24
    int y = Factorial<0>::value; // == 1
}
```

**Imperativně:**

```
output = 0
for N in input:
    if N > 10:
        output += N*2
```

**Funkcionálně:**

```
output = sum(
    N*2 for N in input if N > 10
)
```

**Funkcionálně:**

```
from functools import reduce
sum = lambda x, y: x + y
mul = lambda x: x*2
cmp = lambda x: x > 10
output = reduce(sum, map(mul, filter(cmp, input)))
```

- Metoda pro paralelizaci výpočtu (i pro big data)
- Inspirace funkcionálními jazyky
- Založeno na funkcích *map* a *reduce*
  - $map(in\_key, in\_value) \rightarrow list(out\_key, intermediate\_value)$
  - $reduce(out\_key, list(intermediate\_value)) \rightarrow list(out\_value)$
- Programátor dodá jen funkce *map* a *reduce*
- O distribuci mezi výpočetní uzly a tok dat se stará runtime
- Ale ne každý výpočet lze převést na MapReduce

## The overall MapReduce word count process

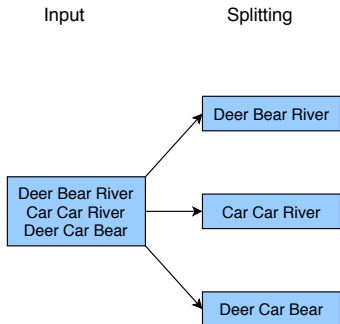
Input

```
Deer Bear River  
Car Car River  
Deer Car Bear
```

Určení počtu jednotlivých slov v kolekci dokumentů

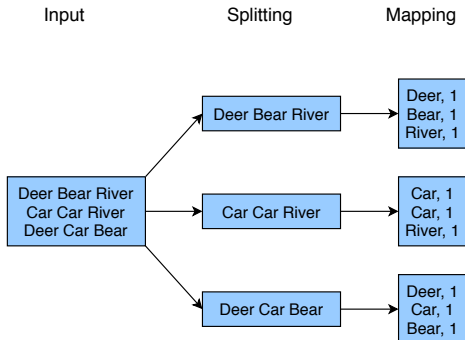


## The overall MapReduce word count process



1. Vstupní data (dokumenty) jsou rozdělena mezi výpočetní uzly

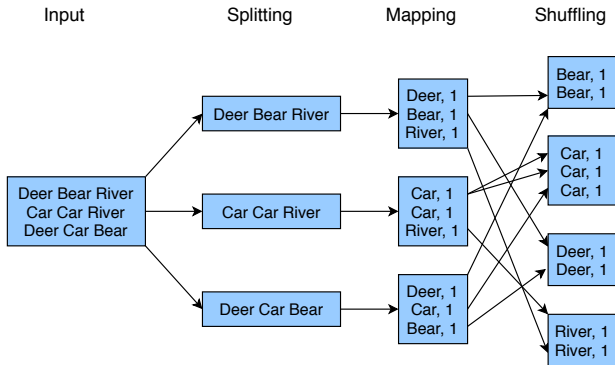
## The overall MapReduce word count process



2. Každý uzel provede:

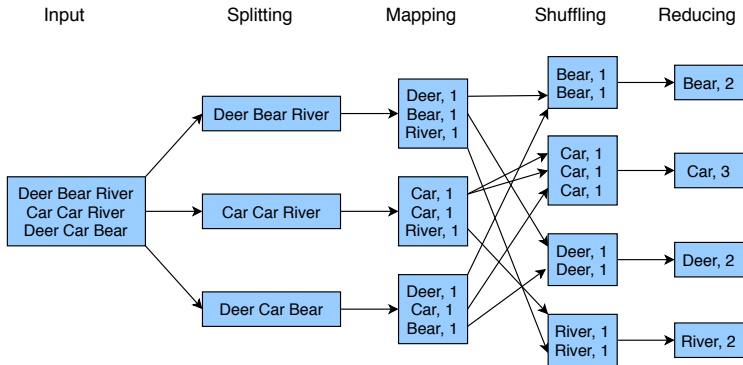
$map(\langle \text{klíč} \rangle, \text{dokument}) \rightarrow [(\text{slovo}, 1), (\text{slovo}, 1), (\text{slovo}, 1), \dots]$

## The overall MapReduce word count process



3. Mezivýsledky jsou rozděleny mezi uzly dle klíčů *out\_key* (zde slovo)

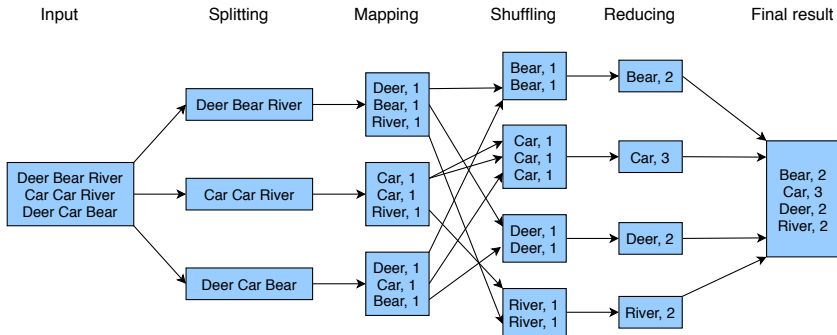
## The overall MapReduce word count process



4. Každý uzel provede:

*reduce(slovo, [počet, počet, počet, ...]) → (slovo, počet)*

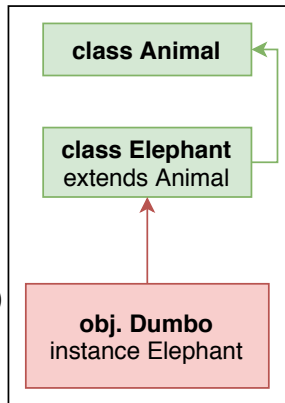
The overall MapReduce word count process



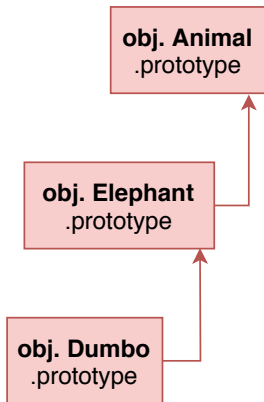
5. Výsledky se sesbírají a uloží na výstup

- C++, Java, Python, Ruby, JavaScript
- Prakticky všechny moderní imperativní jazyky
- Objekty (zapouzdření) a zprávy (komunikace)
- Objekty = data + kód
- Dva přístupy
  - třídy – nejčastější
  - prototypy

- Abstrakce podstaty všech podobných objektů
- Předpis, jak vyrobit objekt
- Objekt = instance třídy
- V některých jazycích je třída zároveň objektem
  - třída = instance metatřídy
- Organizace do hierarchie dědičnosti
  - jednoduchá dědičnost (strom)
  - vícenásobná dědičnost (orientovaný acyklický graf)
  - v kořeni často obecná třída *object*
  - specializace, generalizace



- JavaScript, Self, Lua
- Každý objekt je jedinečný
- Objekty sdílejí určité rysy (traits)
- Delegace namísto dědičnosti
- <https://www.zdrojak.cz/clanky/oop-v-javascriptu-i/>





C Ruby LOLCODE brainfuck

JavaScript Chef Scala Haskell

Shakespeare

Malbolge Lisp Bash Whitespace

Prolog C++

Basic Java Swift Pascal

Clojure

PHP Erlang Intercal Mathematica Python

OSTRAJava

**C**      **Ruby**      LOLCODE      brainfuck

**JavaScript**      Chef      Shakespeare      **Scala**      Haskell

Malbolge      Prolog      Lisp      **Bash**      Whitespace

**C++**      **Basic**      **Java**      **Swift**      **Pascal**

Clojure      Erlang      Intercal      **Mathematica**      **Python**

**PHP**      OSTRAJava

**IMPERATIVNÍ JAZYKY**

- Statický, silně typovaný jazyk vytvořen firmou Google v roce 2007
- Podobný jazyku C, má řadu netypických vlastností:
  - bez dědičnosti, implicitní přetypování, podpora souběžnosti procesů přímo na úrovni jazyka
  - baličkovací manažer

```
package main

import "fmt"

func fce(a int) (int) {
    c := a * a
    return c
}

func main() {
    fmt.Println(fce(84))
}
```



C Ruby LOLCODE brainfuck  
JavaScript Chef Scala Haskell  
Malbolge Shakespeare Lisp Bash Whitespace  
Prolog C++ Basic Java Swift Pascal  
Clojure Erlang Intercal Mathematica Python  
PHP OSTRAJava

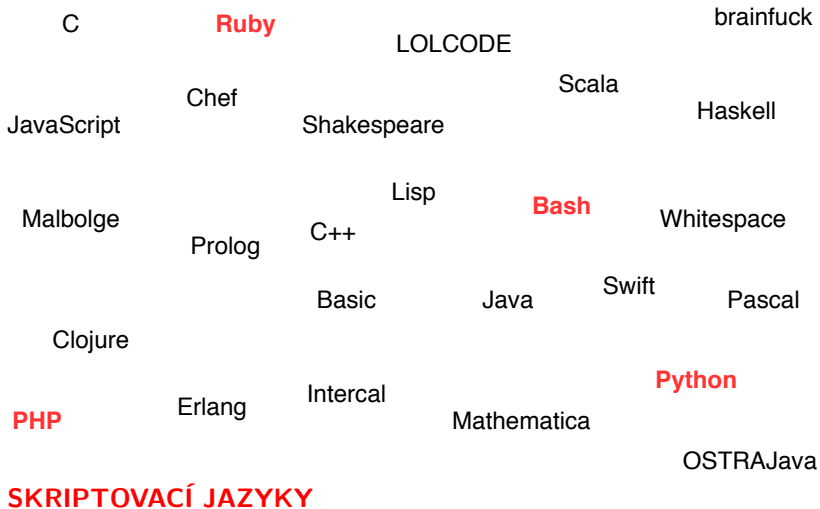
## OBJEKTOVĚ ORIENTOVANÉ JAZYKY

C  
Ruby  
LOLCODE  
brainfuck  
Scala  
Haskell  
JavaScript  
Chef  
Shakespeare  
Lisp  
C++  
Malbolge  
Prolog  
Basic  
Java  
Swift  
Bash  
Whitespace  
Pascal  
Clojure  
Erlang  
Intercal  
Mathematica  
Python  
PHP  
OSTRAJava

**FUNKCIONÁLNÍ JAZYKY**

C Ruby LOLCODE brainfuck  
JavaScript Chef Scala Haskell  
Malbolge Prolog Shakespeare Lisp Bash Whitespace  
C++ Basic Java Swift Pascal  
Clojure Erlang Intercal Mathematica Python  
PHP OSTRAJava

**LOGICKÉ JAZYKY**



C      **Ruby**      LOLCODE      brainfuck

**JavaScript**      Chef      Shakespeare      **Scala**      Haskell

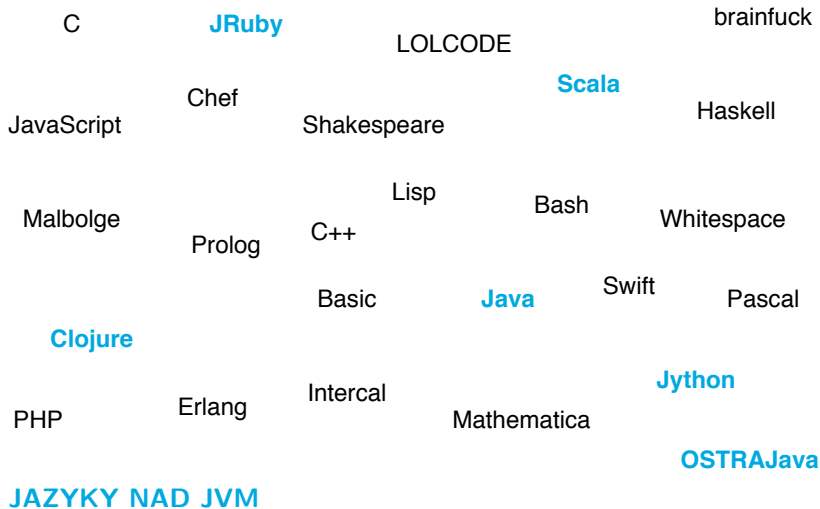
Malbolge      Prolog      C++      Lisp      Bash      Whitespace

Clojure      Basic      **Java**      Swift      Pascal

**PHP**      Erlang      Intercal      Mathematica      **Python**

**WEBOVÉ JAZYKY**      OSTRAJava





C Ruby LOLCODE brainfuck

JScript Chef Scala Haskell

Shakespeare

Malbolge Lisp Bash Whitespace

Prolog C++

Basic Java Swift Pascal

ClojureCLR

PHP Erlang Intercal IronPython

Mathematica

OSTRAJava

**JAZYKY NAD .NET (CLI): C#**

C Ruby **LOLCODE** **brainfuck**

JavaScript **Chef** Scala Haskell

**Malbolge** **Shakespeare**

Prolog C++ Lisp Bash **Whitespace**

Basic Java Swift Pascal

Clojure

PHP Erlang **Intercal** Python

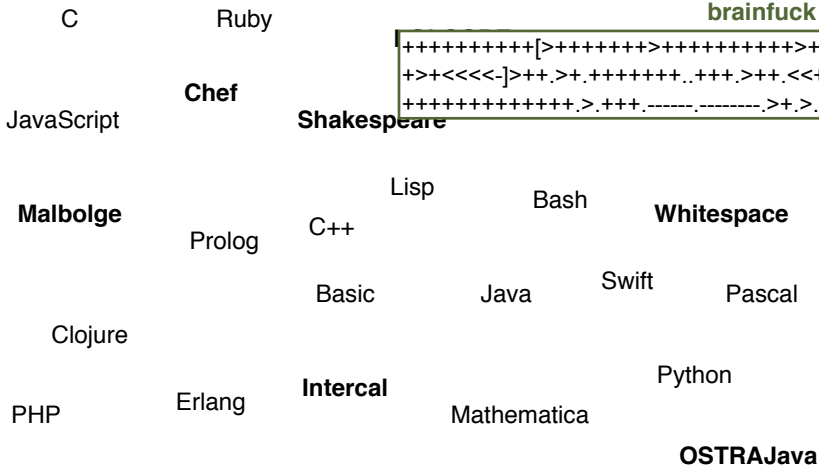
Mathematica

**OSTRAJava**

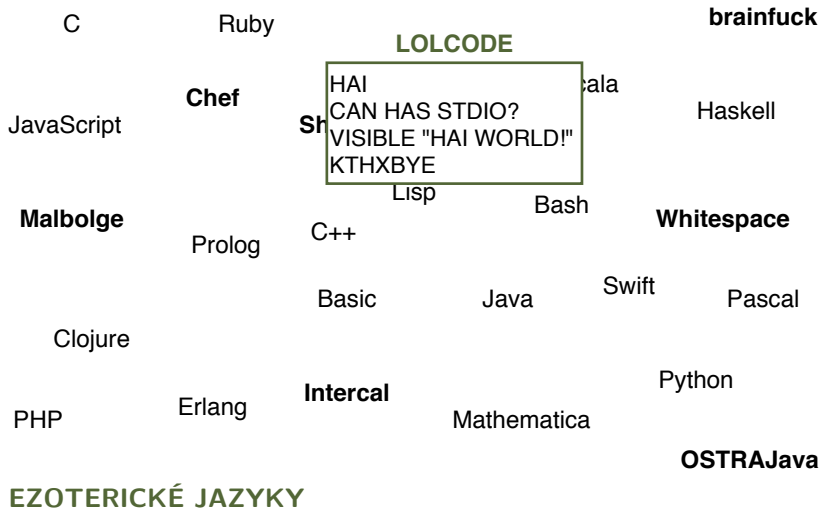
**EZOTERICKÉ JAZYKY**

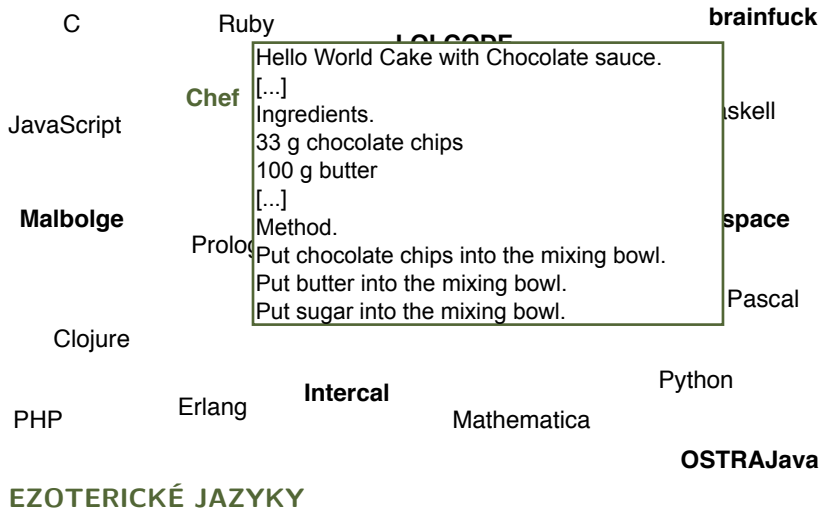
**brainfuck**

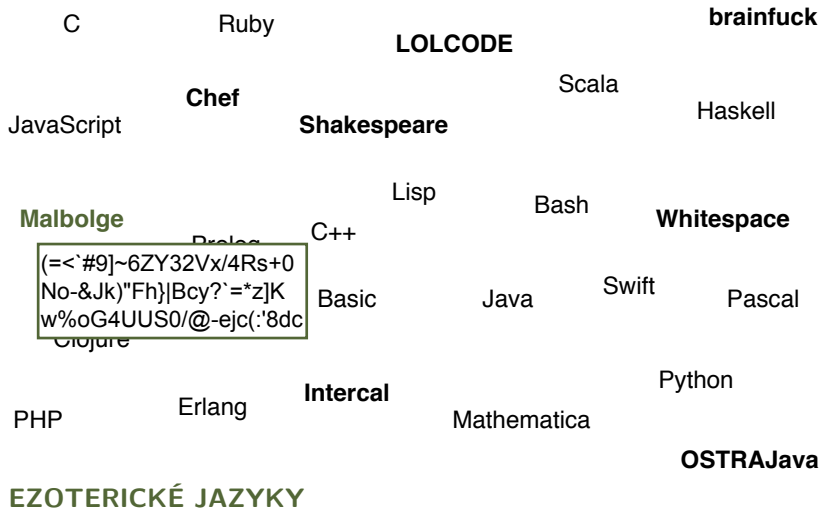
```
++++++++[>+++++>+++++++>+
+>+<<<<-]>+>+.+++++..+++>+<<+
+++++++>+.+++.....>+>.
```

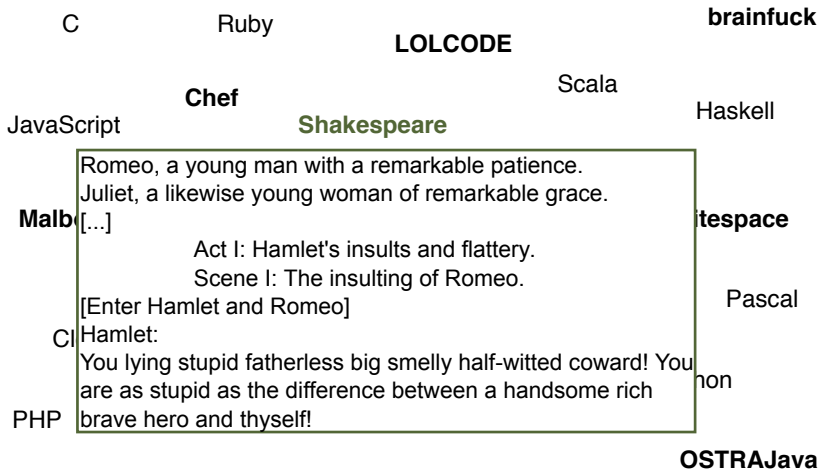


**EZOTERICKÉ JAZYKY**



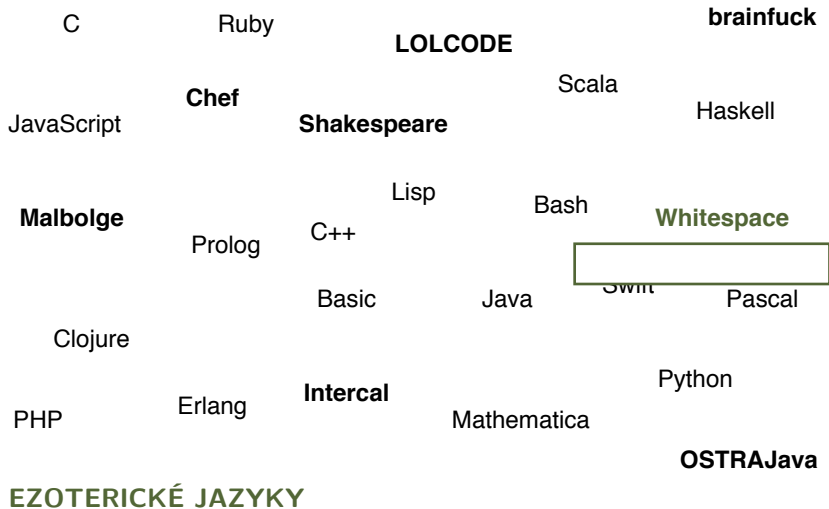


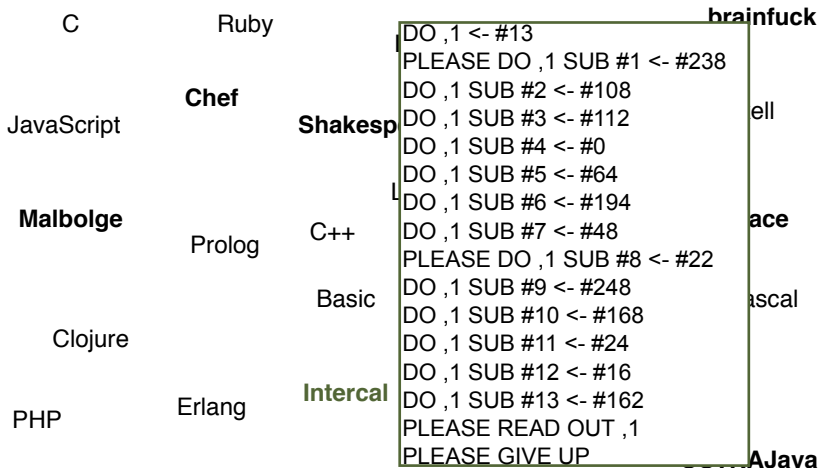




## EZOTERICKÉ JAZYKY







## EZOTERICKÉ JAZYKY

Podle úlohy

- web lze napsat i v Lispu, ale proč?

Podle cílové platformy, přenositelnosti

- pokud to má běžet pod JVM, nebudu psát v C++

Podle složitosti vývoje

- některé věci se rychleji naprogramují v C, jiné v PHP

Podle požadavků na výkon programu

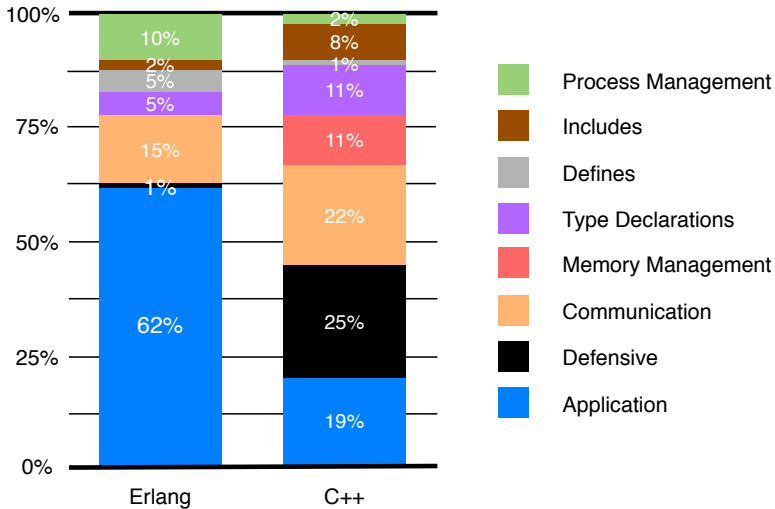
- JavaScript bude nejspíš pomalejší než C

Podle velikosti komunity ("popularity")

- čím je větší, tím spíš už někdo řešil můj problém

Podle osobních preferencí

- někdo má rád Haskell, někdo Python, ...



Simplified Wrapper and Interface Generator

**SWIG**

Někdy se kombinuje více jazyků v jedné aplikaci

Například:

- uživatelské rozhraní ve vyšším jazyce
- časově kritické operace v C/C++

Mnoho jazyků podporuje moduly napsané v C/C++

- ale je třeba vytvořit rozhraní na míru vyššímu jazyku
- nebo jej lze (polo)automaticky vygenerovat

- Simplified Wrapper and Interface Generator
- [Oficiální dokumentace](#)
- Propojení kódu v C/C++ s vysokoúrovňovými jazyky
- Generuje adaptéry (wrappers) nad deklaracemi z hlavičkových souborů C/C++

Podpora pro 23 jazyků:

<i>Allegro CL</i>	<i>Go</i>	<i>Mzscheme</i>	<i>R</i>
<i>C#</i>	<i>Guile</i>	<i>OCAML</i>	<i>Ruby</i>
<i>CFFI</i>	<i>Java</i>	<i>Octave</i>	<i>Scilab</i>
<i>CLISP</i>	<i>Javascript</i>	<i>Perl</i>	<i>Tcl</i>
<i>Chicken</i>	<i>Lua</i>	<i>PHP</i>	<i>UFFI</i>
<i>D</i>	<i>Modula-3</i>	<i>Python</i>	

```
/* example.c */  
  
#include <time.h>  
  
double My_variable = 3.0;  
  
int fact(int n) {  
    if (n <= 1) return 1;  
    else return n * fact(n-1);  
}  
  
int my_mod(int x, int y) {  
    return (x % y);  
}  
  
char *get_time() {  
    time_t ltime;  
    time(&ltime);  
    return ctime(&ltime);  
}
```

```
/* example.i */  
  
%module example  
%{  
extern double My_variable;  
extern int fact(int n);  
extern int my_mod(int x, int y);  
extern char *get_time();  
%}  
  
extern double My_variable;  
extern int fact(int n);  
extern int my_mod(int x, int y);  
extern char *get_time();
```



```
/* example.c */
```

vše uvnitř `%{ ... %}`  
bude zkopírováno

deklarace, ke kterým se  
vygeneruje wrapper

```
time_t ltime;
time(&ltime);
return ctime(&ltime);
}
```

```
/* example.i */
```

```
%module example
%{
extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
%}
```

```
extern double My_variable;
extern int fact(int n);
extern int my_mod(int x, int y);
extern char *get_time();
```

```
/* example.c */  
  
#include <time.h>  
  
double My_variable = 3.0;  
  
int fact(int n) {  
    if (n <= 1) return 1;  
    else return n * fact(n-1);  
}  
  
int my_mod(int x, int y) {  
    return (x % y);  
}  
  
char *get_time() {  
    time_t ltime;  
    time(&ltime);  
    return ctime(&ltime);  
}
```

```
/* example.i */  
  
%module example  
%{  
    /* Include the header  
       in the wrapper code */  
    #include <example.h>  
    %}  
  
/* Parse the the header file  
   to generate wrappers */  
#include <example.h>
```

```
# vytvoreni wrapperu swigem (vznikne example_wrap.c)
```

```
$ swig -python example.i
```

```
# preklad modulu
```

```
$ gcc -c example.c example_wrap.c -fPIC -I/usr/local/include/python3.8/
```

```
# linkovani do dynamicke knihovny _example.so
```

```
$ ld -shared example.o example_wrap.o -o _example.so
```

```
# import z pythonu a spustetni
```

```
$ python
```

```
[...]
```

```
>>> import example
```

```
>>> example.get_time()
```

```
'Mon Apr 17 12:00:44 2017\n'
```

```
>>> exit
```

```
# vytvoreni wrapperu swigem (vznikne example_wrap.c)
```

```
$ swig -perl example.i
```

```
# preklad modulu
```

```
$ gcc -c example.c example_wrap.c \  
    $(perl -MConfig -e 'print join(" ", {qw(ccflags optimize ccldflags)}),  
    "-I$Config{archlib}/CORE")'
```

```
# linkovani do dynamicke knihovny example.so
```

```
$ ld -shared example.o example_wrap.o -o example.so
```

```
# import z perlu a spusteni
```

```
$ perl
```

```
use example;
```

```
printexaple::get_time();
```

# LEGACY CODE

Kód, který:

- je těžké upravovat
- nepřehledný
- bez testů
- je zděděný po někom jiném
- bychom nejradši nechali zmizet
  - ale nemůžeme, protože je důležitý a užitečný
  - pokud by nebyl důležitý, už by se dávno nepoužíval

Nemusí to být každý kód, který:

- vypadá škaredě
- napsal někdo jiný
- je starý

Výhody „starého“ kódu?

- program je ověřen praxí jako funkční
- uživatelé jsou na něj zvyklí

Ale co když je do něj třeba zasáhnout?

- nová funkcionalita
- oprava chyby
- refactoring
- optimalizace

Metoda č. 1 - dát výpověď

Metoda č. 2 - hodit to na někoho jiného (konzultanty, původní autory)

Metoda č. 3 - začít úplně znova (vše staré bez milosti zahodit)





## Metoda č. 4 - Edit and Pray

- pořádně se seznámit se současným kódem
- pečlivě rozmyslet nutné změny
- začít měnit
- průběžně kontrolovat, jestli se něco nerozbilo
- nasadit na produkci
- čekat na odezvu zákazníků

Metoda č. 5

- 1 Najdi místa, která je třeba změnit
- 2 Najdi místa, kde je otestovat
- 3 Zlikviduj závislosti
- 4 Napiš testy
- 5 Udělej změny

Zádrhel:

- je třeba mít testy, aby šlo (bezpečně) změnit kód
- je třeba změnit kód, aby šlo vytvořit testy

- Je třeba být velmi opatrný
- Pokud možno nezhoršit situaci
- Nový kód co nejvíce izolovat od starého a otestovat

Sprout method:

- vytvořit novou funkci a pokrýt ji testy
- do starého kódu přidat volání této funkce

Wrap method:

- původní funkci přejmenovat
- namísto ní vytvořit wrapper, který volá starý kód

```
public void postEntries(List entries) {  
    for (Entry entry : entries) {  
        entry.postDate();  
    }  
    transaction.getListManager().addAll(entries);  
}
```

```
public void postEntries(List entries) {  
    List entriesToAdd = new LinkedList();  
    for (Entry entry : entries) {  
        if(!transaction.getListManager().contains(entry)) {  
            entry.postDate();  
            entriesToAdd.add(entry);  
        }  
    }  
  
    transaction.getListManager().addAll(entriesToAdd);  
}
```

```
public void postEntries(List entries) {  
    for (Entry entry : entries) {  
        entry.postDate();  
    }  
    transaction.getListManager().addAll(entries);  
}
```

```
public void postEntries(List entries) {  
    List<Entry> filteredEntries = uniqueEntries(entries);  
    for (Entry entry : filteredEntries) {  
  
        entry.postDate();  
  
    }  
  
    transaction.getListManager().addAll(filteredEntries);  
}
```



```
public void postEntries(List entries) {  
    for (Entry entry : entries) {  
  
        entry.postDate();  
  
    }  
  
    transaction.getListManager().addAll(entries);  
}
```

```
public void doPostEntries(List entries) {  
    for (Entry entry : entries) {  
  
        entry.postDate();  
  
    }  
  
    transaction.getListManager().addAll(entries);  
}  
  
public void postEntries(List entries) {  
    doPostEntries(uniqueEntries(entries));  
}
```

# PODIVNÉ VLASTNOSTI

- JavaScript: BaNaNaN
- JavaScript podruhé: The Top 10 Things Wrong with JavaScript
- JavaScript potřetí: A list of funny and tricky JavaScript examples
- Quirks of C
- Python: Common Gotchas



# THE ART OF CODE

Vřele doporučuji podívat se na video [The Art of Code](#)

- Programovací jazyky, se kterými možná nenapíšete svůj projekt do našich předmětů, které ale **rozhodně** chcete znát
- Game of Life, Deep Dreaming, Quine a mnohem víc
- Are you a Rockstar developer?



- Repositář s příklady z dnešní přednášky
- Video: The Art of Code
- Symbol @ není vždy zavináč, aneb jak to mají jinde ve světě?
- Kniha: Working Effectively. with Legacy Code
- Prezentace: Working With Legacy Codebase
- Prezentace: Working Effectively With Legacy Code
- Working Effectively With Legacy Code