Algoritmy a programování

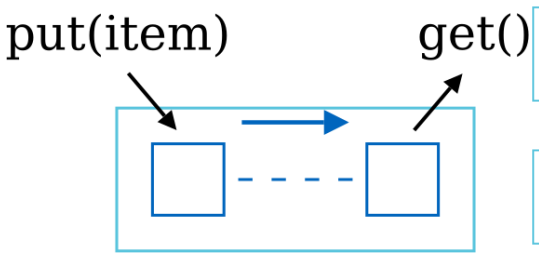
Abstraktní datové struktury: fronta, zásobník

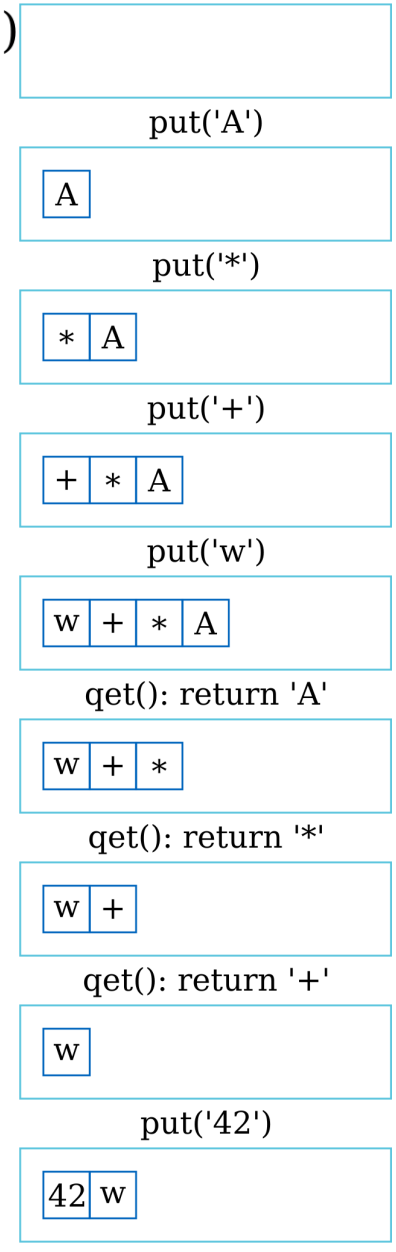
Vojtěch Vonásek

Department of Cybernetics
Faculty of Electrical Engineering
Czech Technical University in Prague

Fronta

- Složená datová struktura
- Je to kolekce položek (typicky stejného datového typu)
- Počet položek není dopředu znám
- Požadované operace:
  - přidání položky (push, add, put, enqueue)
  - odebrání položky (pop, get, dequeue)
  - test na prázdnost (isEmpty)
- FIFO — Firt In First Out
- Položky jsou odebírány **v tom pořadí, v jakém byly vloženy**
- Typická implementace používá pole, kde prvky jsou vkládány na jeden konec, a odebírány z druhého konce
- Další užitečné operace
  - čtení z konce
  - počet položek





Fronta: implementace

- Vytvoříme třídu pro reprezentaci fronty
- Vnitřně budou data organizována v poli
- `put(item)`: přidá prvek do fronty (vnitřně na 0. pozici pole)
- `get()`: odebere prvek z fronty (vnitřně z poslední pozice pole)

```
1  class ALP_Queue:
2      def __init__(self):
3          self.items = []
4
5      def put(self, item):
6          self.items.insert(0, item)
7
8      def get(self):
9          return self.items.pop()
10
11     def isEmpty(self):
12         return self.items == []
13
14     def size(self):
15         return len(self.items)
```

Fronta: příklad použití

- Tato fronta implementována jako pole, tj. lze do ní vkládat prvky různých datových typů

```
1 from alpQueue import ALP_Queue
2
3 q = ALP_Queue()
4 q.put("first")
5 q.put("2")
6 q.put(3.0)
7
8 while not q.isEmpty():
9     print(q.get())
```

```
first
2
3.0
```

Fronta: použití Pythonovské fronty

- Standardní knihovna Pythonu nabízí modul `queue`
- I tato fronta umožňuje pracovat s prvky různých datových typů

```
1 from queue import Queue
2 q = Queue()
3 q.put(1)
4 q.put("ahoj")
5 q.put(3/4)
6 while not q.empty():
7     print(q.get())
```

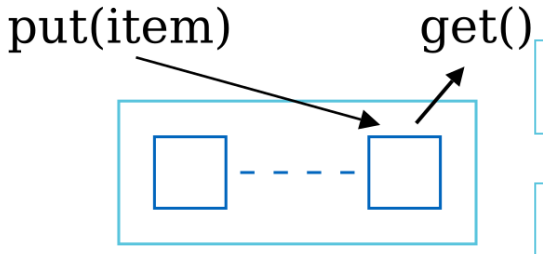
```
1
ahoj
0.75
```

Fronta: aplikace

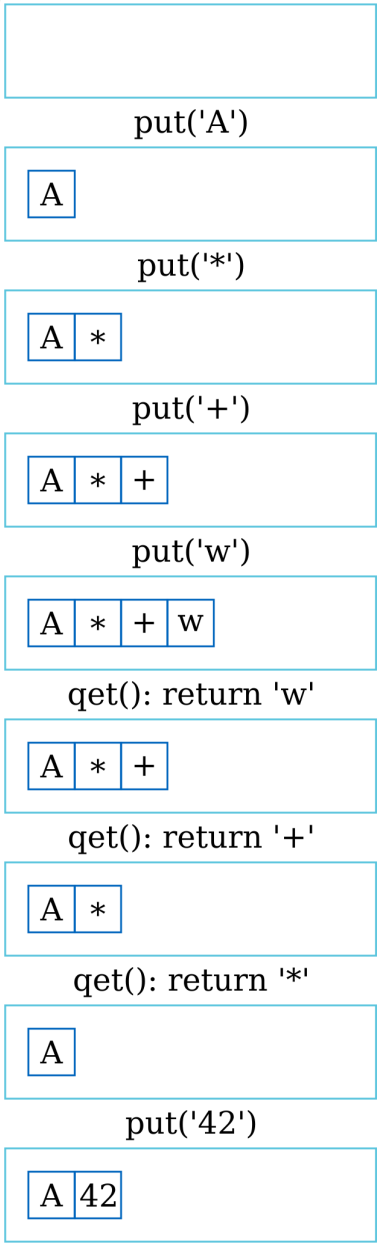
- Obecně problémy, kde se vyžaduje data zpracovávat ve FIFO režimu
- Tisková fronta (prvně zaslané soubory jsou vytištěny jako první)
- Zpracování událostí GUI (pořadí kliknutí na různá okna)
- Zpracování dat z periférií (klávesnice, myš)
- Grafové algoritmy (prohledávání do šířky)
- Prohledávání stavového prostoru

Zásobník (stack)

- Složená datová struktura
- Je to kolekce položek
- Počet položek není dopředu znám



- Požadované operace:
  - přidání položky (push, add, put)
  - odebrání položky (pop, get)
  - test na prázdnost (isEmpty)
- LIFO — Last In First Out
- Položky jsou odebírány **v opačném pořadí než v jakém byly vloženy**
- Položky mohou být organizovány v poli: přidáváme na konec, odebíráme z konce
- Další užitečné operace
  - čtení z konce
  - počet položek



Zásobník: implementace

- Zásobník lze jednoduše implementovat v klasickém Python poli
- `put(item)`: je realizována jako `append(item)`
- `get()`: je realizována jako `pop()`

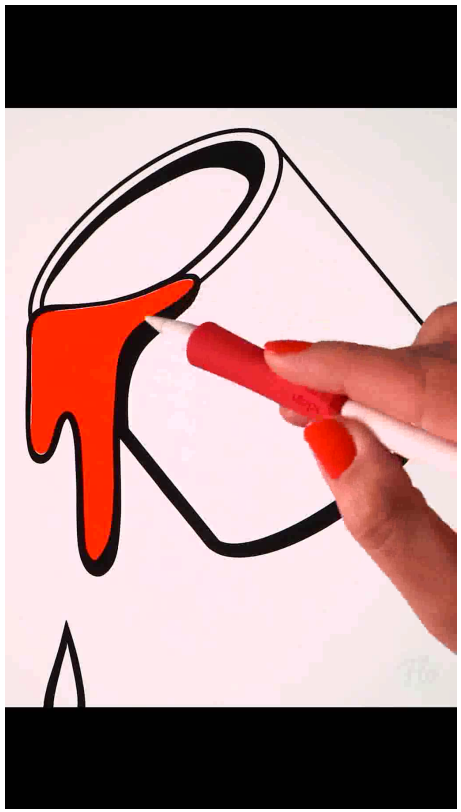
```
1 stack = []
2
3 stack.append('first')
4 stack.append(2)
5 stack.append('last')
6
7 while len(stack) > 0:
8     print( stack.pop() )
```

```
last
2
first
```

Aplikace fronty/zásobníku: algoritmus Floodfill

Úloha

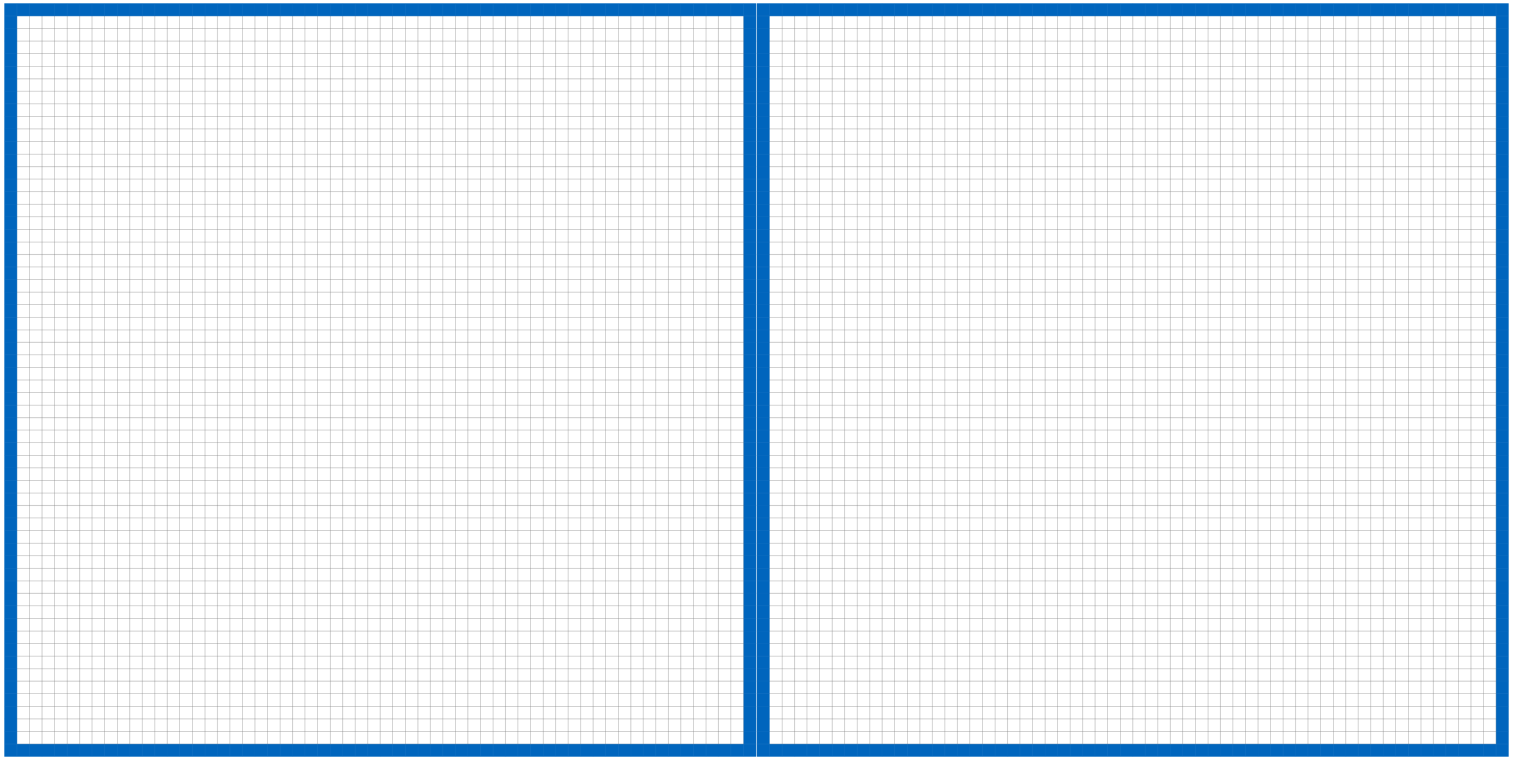
- Vstup je 2D pole, obsahuje 0 a 1 (1=zeď, 0=volný prostor) a souřadnice (x_0, y_0)
- Cílem je vyplnit všechny prázdné buňky dosažitelné ze startu



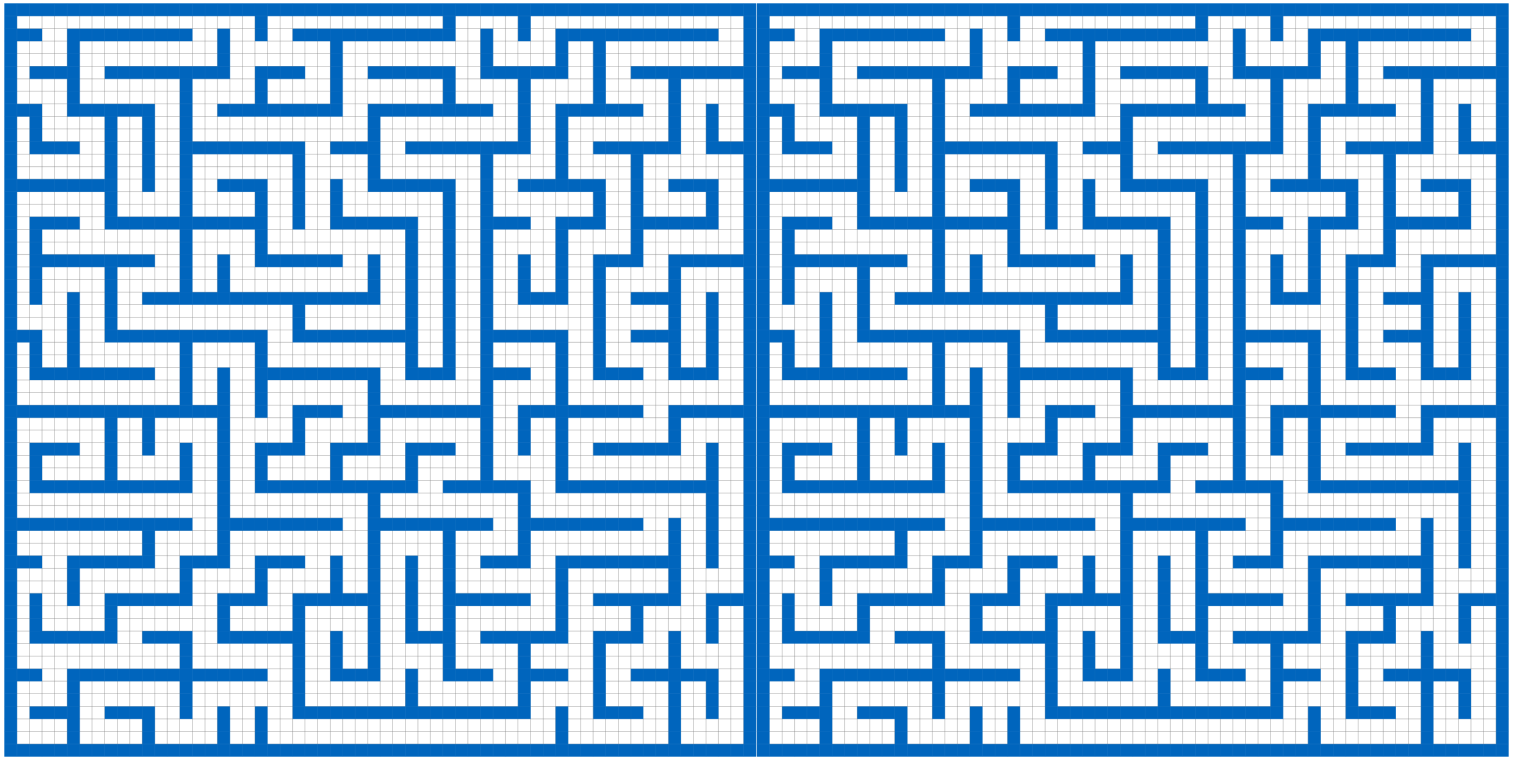
Floodfill

- Vlož (x_0, y_0) na zásobník
- Dokud není zásobník prázdný:
  - Vezmi prvek (x_i, y_i) ze zásobníku (pop), označ jeho pozici za obsazenou
  - Vlož do zásobníku všechny sousedy (x_i, y_i), kteří jsou v poli a mají hodnotu 0
- Sousedi jsou bud prvky v 4-okolí nebo 8-okolí
- Úlohu lze řešit i s frontou
- Implementace na cvičeních

Visualizace



Visualizace



Převod rekurzivního na nerekurzivní řešení

- Rekurzivní řešení lze počítat bez rekurze s využitím zásobníku
- Místo rekurzivního volání se ukládají na zásobník příslušné argumenty

```
1 def sumRecursively(x): #x is list
2     if len(x) == 0:
3         return 0
4     if len(x) == 1:  #basic case
5         return x[0]
6     return sumRecursively(x[:-1]) + x[-1]
7
8 a = [2,4,6]
9 print( sumRecursively(a) )
```

```
12
```

- Sestavte pole, kdy tento způsob selže

Převod rekurzivního na nerekurzivní řešení

- Rekurzivní řešení lze počítat bez rekurze s využitím zásobníku
- Místo rekurzivního volání se ukládají na zásobník příslušné argumenty

```
1 def sumRecursively(x): #x is list
2     if len(x) == 0:
3         return 0
4     if len(x) == 1:  #basic case
5         return x[0]
6     return sumRecursively(x[:-1]) + x[-1]
7
8 a = [i for i in range(1100) ]
9 print( sumRecursively(a) )
```

```
    return sumRecursively(x[:-1]) + x[-1]
  [Previous line repeated 995 more times]
  File "../alpStack//sumRecursivelyLarge.py", line 2, in
      sumRecursively
    if len(x) == 0:
RecursionError: maximum recursion depth exceeded while calling a
    Python object
```

Převod rekurzivního na nerekurzivní řešení

- Rekurzivní řešení lze počítat bez rekurze s využitím zásobníku
- Místo rekurzivního volání se ukládají na zásobník příslušné argumenty

```
1  def sumRecursivelyWithStack(x): #x is list
2      result = 0
3      stack = [ x ]
4      while len(stack) > 0:
5          a = stack.pop() #a is array
6          if len(a) == 0:
7              break
8          result += a.pop() #a.pop = last item of a
9          stack.append(a)
10     return result
11
12 a = [1,2]
13 print( sumRecursivelyWithStack(a) )
14
15 a = [i for i in range(1100) ]
16 print( sumRecursivelyWithStack(a) )
```

```
3
604450
```

Zásobník: kontrola uzávorkování

- Program zjistí, jestli je výraz uzávorkován správně
- `a*(a+b)*(a-b)` → správně `a[ len(b]` → nesprávně
- Postup: pokud přijde levá závorka, dáme ji na zásobník.
- Pokud přijde pravá závorka, vyjmeme ze zásobníku a zkontrolujeme, že párují
- Levých a pravých závorek musí být stejný počet, tj. na konci musí být zásobník prázdný

```
1  def checkParsSimple(x):
2      stack = []
3      for c in x:
4          if c=="(":
5              stack.append(c)
6          elif c == ")":
7              if len(stack) == 0:
8                  return False
9              leftPar = stack.pop()
10             if leftPar != "(":
11                 return False
12     return len(stack) == 0
```

Zásobník: kontrola uzávorkování


```
1  def checkParsSimple(x):
2      stack = []
3      for c in x:
4          if c=="(":
5              stack.append(c)
6          elif c == ")":
7              if len(stack) == 0:
8                  return False
9              leftPar = stack.pop()
10             if leftPar != "(":
11                 return False
12     return len(stack) == 0
13
14 print( checkParsSimple("␣a*(a+b)␣" ) )
15 print( checkParsSimple("␣(1+(a+b))+(2-3)␣" ) )
16 print( checkParsSimple("␣1*(a+b␣" ) )
17 print( checkParsSimple("␣)a+b(␣" ) )
```

```
True
True
False
False
```

Zásobník: kontrola uzávorkování

- Rozšíření předchozího programu o všechny typy závorek

```
1  def checkPars(x):
2      left = "({["
3      right = ")}]"
4      stack = []
5      for c in x:
6          if c in left:
7              stack.append(c)
8          else:
9              for i in range(len(right)):
10                 if c == right[i]:
11                     #we expect left[i] in stack
12                     if len(stack)==0:
13                         return False
14                     lastLeft = stack.pop()
15                     if lastLeft != left[i]:
16                         return False
17     return len(stack) == 0
```

Zásobník: kontrola uzávorkování


```
1 from checkPars import *
2
3 print(checkPars("␣(a+b)␣") )
4 print(checkPars("␣(a+b)*[a-b]+{}␣") )
5 print(checkPars("␣(␣[␣)␣]␣") )
6 print(checkPars("␣()[␣") )
7 print(checkPars("␣{␣a*[1-2]+(3/4)␣␣}␣") )
```

```
True
True
False
False
True
```

Vyhodnocení výrazů: notace

Infixová notace:

- Operátor je mezi operandy
- Pořadí operací určují závorky (a priorita operátorů)
- `a*(b+c)`

Postfixová notace:

- Operátor je po operandech
- Není třeba závorkování
- `a*(b+c)` $\rightarrow$ `a b c + *`

Prefixová notace:

- Operátor je před operandy
- Není třeba závorkování
- Též tzv. polská notace (autor J. Łukasiewicz)
- `a*(b+c)` $\rightarrow$ `* a + b c`

Infix	Postfix
$12/4$	`12 4 /`
$3*4+2$	`3 4 * 2 +`
$3*(4-2)$	`3 4 2 - *`
$(a-b)*c/d$	`a b - c * d /`

Vyhodnocení výrazů

- Vyhodnocení postfixového výrazu s využitím zásobníku
- Procházíme řetězec (výraz) zleva doprava
- Pokud přijde číslo (operand), vložíme ho do zásobníku
- Pokud přijde operátor (uvažujeme +−∗/), vezmene ze zásobníku dva poslední operandy, spočítáme výsledek a uložíme na zásobník

```
1  def evalPostfix(x):
2      """ x is correct postfix notation """
3      stack = []
4      for arg in x.split():
5          if arg == "+": #last+prev
6              stack.append( stack.pop() + stack.pop() )
7          elif arg == "-": #prev-last
8              stack.append( -stack.pop() + stack.pop() )
9          elif arg == "*": #prev*last
10             stack.append( stack.pop() * stack.pop() )
11         elif arg == "/": #prev/last
12             second = stack.pop()
13             first = stack.pop()
14             stack.append( first / second )
15         else:
16             stack.append(float(arg))
17     return stack.pop()
```

Vyhodnocení výrazů


```
1 from evalPostfix import *
2
3 print( evalPostfix("3 4 *") )
4 print( evalPostfix("3 4 +") )
5 print( evalPostfix("3 4 -") )
6 print( evalPostfix("3 4 /") )
7 print( evalPostfix("3 4 * 2 - ")) #3*4 -2
8 print( evalPostfix("3 4 2 - * ")) #3*(4-2)
```

```
12.0
7.0
-1.0
0.75
10.0
6.0
```

Převod infix na postfix

- Chceme převést `(a + b)*(c - d)` na `a b + c d - *`
- Procházíme zleva doprava, čísla předáváme na výstup
- Operátor se přidá na zásobník
- Je-li v zásobníku operátor s vyšší precedencí, přesuň tento nejdřív na výstup
- Otevírací závorka se přidá do zásobníku
- Pokud přijde uzavírací závorka, přesouvej ze zásobníku dokud se nenarazí na otevírací závorku (závorky na výstup nejdou)
- Přesuň ze zásobníku zbývající operátory
- `infixToPrefix.py`

Převod infix na postfix


```
1 from stack import Stack
2 from evalPostfix import *
3 from infixToPostfix import *
4
5 print(infixToPostfix("32+4"))
6 print(infixToPostfix("3*4-2"))
7 print(infixToPostfix("3*(4-2)"))
8 print(infixToPostfix("(62-32)*5/9"))
```

```
32 4 +
3 4 * 2 -
3 4 2 - *
62 32 - 5 * 9 /
```

Vyhodnocení infix výrazu

- Provedeme kontrolu uzávorkování
- Pokud je v pořádku, převedeme infix na postfix
- Vyhodnotíme postfix

```
1  # Jan Kybic
2  from stack import Stack
3  from evalPostfix import *
4  from infixToPostfix import *
5
6  def evalInfix(s):
7    return evalPostfix(infixToPostfix(s))
8
9  print(evalInfix("32+4"))
10 print(evalInfix("3*4-2"))
11 print(evalInfix("3*(4-2)"))
12 print(evalInfix("(62-32)*5/9"))
```

```
36.0
10.0
6.0
16.666666666666668
```

Funkce `eval()`

- Vyhodnocení (Pythonovských) výrazů

```
1 print( eval("3*(5-1)") )
2 b = 10
3 print( eval("2**b") )
4 arr = [1,2,3]
5 print( eval("arr[0]*b") )
```

```
12
1024
10
```

- Při vyhodnocení se využívají globální proměnné a funkce

```
1 def add(a,b):
2     return a+b
3
4 x = 10
5 print( eval("add(x,1)" ) )
```

```
11
```

Funkce `eval()`

- Vstup do funkce `eval()` musí být syntakticky validní
- Nesmí nastat chyba běhu (runtime error)

```
1 a = 10
2 print( eval("a*b") )
```

```
    print( eval("a*b") )
  File "<string>", line 1, in <module>
NameError: name 'b' is not defined
```