

# Go (Golang)

GOLANG



Peter Borovanský, KAI, I-18,  
borovan(a)ii.fmph.uniba.sk

## Jazyky:

- 1991, **Python**, Guido van Rossum,
- 1995, **Ruby**, Yukihiro Matsumoto,
- 2003, **Scala**, Martin Odersky,
- 2009, **Go**, Rob Pike, Ken Thompson

<http://www.python.org/>

<http://www.ruby-lang.org/en/>

<http://www.scala-lang.org>

<http://golang.org/>

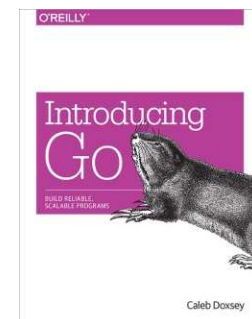
AN INTRODUCTION TO  
PROGRAMMING  
IN GO



CALEB DOXSEY

## Literatúra:

- <https://www.golang-book.com/>
- <https://github.com/golang/go/wiki>
- <http://golang.org/ref/spec> - špecifikácia jazyka
- <http://talks.golang.org/2010/ExpressivenessOfGo-2010.pdf>
- <http://www.abclinuxu.cz/clanky/google-go-1.-narozneniny> (česky)



# IDEs and Plugins

for Go



<https://github.com/golang/go/wiki/IDEsAndTextEditorPlugins>

LiteIDE (X37.1)

<https://github.com/visualfc/liteide>

GoLand od IntelliJ (2023.2)

<https://www.jetbrains.com/go/nextversion/>

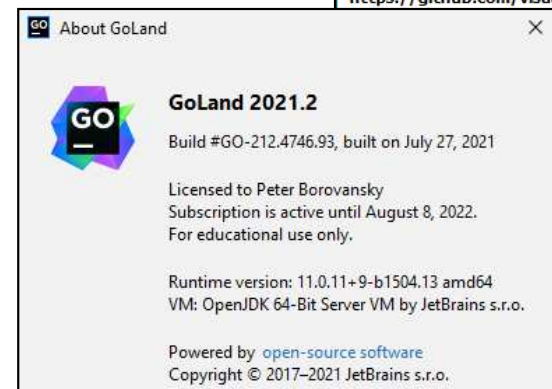
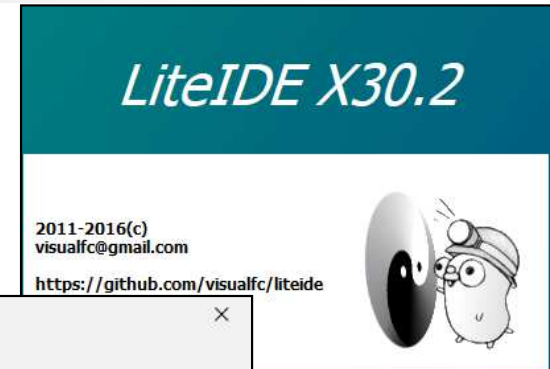
Online/repl/tutorials na

<https://repl.it/>

<https://golang.org/>

VSCode

<https://code.visualstudio.com/docs/languages/go>



Try Go

Pop-out

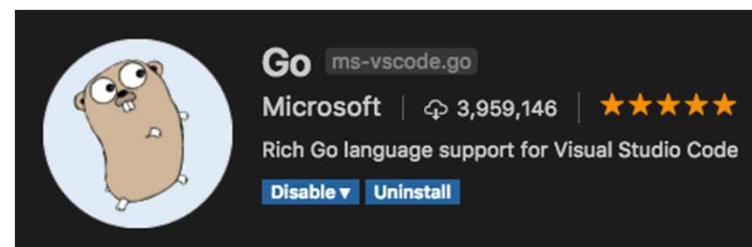
```
// You can edit this code!  
// Click here and start typing.  
package main  
  
import "fmt"  
  
func main() {  
    fmt.Println("Hello, 世界")  
}
```

Hello, World!

Run

Share

Tour

























# Prečo Go

- procedurálny, **staticky a striktne typovaný** jazyk (ako Java)
- **poskytuje** možnosti/**pohodlie** dynamicky typovaných jazykov, (ako JavaScript, Python, Ruby, ...)
- je natívne **kompilovaný** (žiadna virtuálna mašina)
- je objektový, ale **nepozná** (pod)**triedy**, abstraktné metódy ani dedičnosť
- podporuje tzv. **implicitný interface** (ak objekt má predpísané metódy)
- **nepodporuje preťažovanie** (metód ani operátorov)
- *zatiaľ* (Go-1) nepodporuje generics/templates, Go-2 už roky v nedohľadne...
- ... má len "metódy", ale aj pre základné typy (int, string,...), tzv. extension f.
- podporuje **funkcionálnu paradigmu**, podobne ako Lisp, Python, či Haskell
- ale hlavne podporuje **konkurentú paradigmu**
- nemá predprocesor
- má **garbage collector** (... aj pre konkurentné rutiny nazývané gorutiny)
- nemá hlavičkové súbory, viditeľnú informáciu z modulu exportuje do .a

| Year | Winner         |
|------|----------------|
| 2020 | 🏆 Python       |
| 2019 | 🏆 C            |
| 2018 | 🏆 Python       |
| 2017 | 🏆 C            |
| 2016 | 🏆 Go           |
| 2015 | 🏆 Java         |
| 2014 | 🏆 JavaScript   |
| 2013 | 🏆 Transact-SQL |
| 2012 | 🏆 Objective-C  |
| 2011 | 🏆 Objective-C  |
| 2010 | 🏆 Python       |
| 2009 | 🏆 Go           |
| 2008 | 🏆 C            |

# TIOBE Programming Community Index Sept 2023

| Sep 2023 | Sep 2022 | Change | Programming Language   | Ratings | Change |
|----------|----------|--------|--|---------|--------|
| 1        | 1        |        |  Python                 | 14.16%  | -1.58% |
| 2        | 2        |        |  C                      | 11.27%  | -2.70% |
| 3        | 4        | ▲      |  C++                    | 10.65%  | +0.90% |
| 4        | 3        | ▼      |  Java                   | 9.49%   | -2.23% |
| 5        | 5        |        |  C#                     | 7.31%   | +2.42% |
| 6        | 7        | ▲      |  JavaScript             | 3.30%   | +0.48% |
| 7        | 6        | ▼      |  Visual Basic           | 2.22%   | -2.18% |
| 8        | 10       | ▲      |  PHP                    | 1.55%   | -0.13% |
| 9        | 8        | ▼      |  Assembly language      | 1.53%   | -0.96% |
| 10       | 9        | ▼      |  SQL                  | 1.44%   | -0.57% |
| 11       | 15       | ▲      |  Fortran              | 1.28%   | +0.26% |
| 12       | 12       |        |  Go                   | 1.19%   | +0.03% |
| 13       | 14       | ▲      |  MATLAB               | 1.19%   | +0.13% |
| 14       | 22       | ▲      |  Scratch              | 1.08%   | +0.51% |
| 15       | 13       | ▼      |  Delphi/Object Pascal | 1.02%   | -0.07% |
| 16       | 16       |        |  Swift                | 1.00%   | +0.02% |
| 17       | 26       | ▲      |  Rust                 | 0.97%   | +0.47% |
| 18       | 18       |        |  R                    | 0.97%   | +0.02% |
| 19       | 20       | ▲      |  Ruby                 | 0.95%   | +0.30% |
| 20       | 34       | ▲      |  Kotlin               | 0.90%   | +0.59% |

|    |                 |
|----|-----------------|
| 27 | (Visual) FoxPro |
| 28 | Haskell         |
| 29 | Objective-C     |
| 30 | Lisp            |
| 31 | Prolog          |
| 32 | Lua             |
| 33 | Dart            |

# Prečo Go

Odporúčam prejsť článok Beauty of Go

<https://hackernoon.com/the-beauty-of-go-98057e3f0a7d>

## Plusy:

- staticky typovaný jazyk
- rýchlosť kompilácie
- rýchlosť exekúcie programu
- portovaný na iné platformy (win, linux, freebsd, OS X)
- konkurencia na modeli Communicating Sequential Processes, Tony Hoare
- interfaces
- garbage collection
- no exceptions handling - *do it yourself*

## Mínusy:

- nemá parametrizované typy (navrhnuté v Go-2)



# Hello world

jednoduchosť a čitateľnosť

Prvý program v Go:

```
package main
```

```
import "fmt"
```

```
func main() {
```

```
    fmt.Println("Hello " + "world !") //viac na golang.org/pkg/fmt/
```

```
}
```

// package je povinne 1.príkaz modulu

// spustiteľný package musí mať package main

// konvencia: package name je najhlbší podadresár

// fmt implementuje formátované I/O

// hlavná spustiteľná metóda main()

← spustenie v command line

```
>go run hello.go
```

```
Hello world !
```

← kompilácia v command line

```
>go build hello.go
```

```
>dir hello.*
```

```
09/26/2021 05:30 PM
```

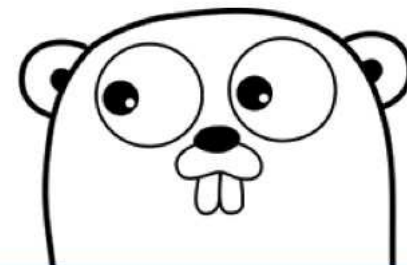
```
09/26/2021 04:38 PM
```

```
2,062,336 hello.exe
```

```
84 hello.go
```

```
>hello.exe
```

```
Hello world !
```

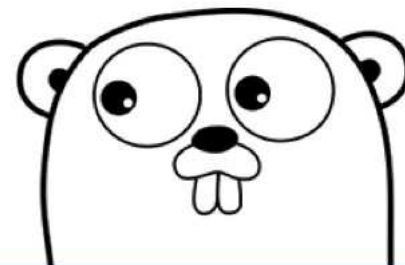


Hello/hello.go

# Hello world v Repl.it



<https://repl.it/@mercury/helloW#main.go>



Hello/hello.go

# Základné typy a literály

orientovaný na reálny HW

Aby sme vedeli niečo programovať, potrebujeme aspoň základné dátové typy

- `uint` (`uint8=byte`, `uint16`, `uint32`, `uint64`)

- `int` (`int8`, `int16`, `int32=rune`, `int64`)

- `28`, `0100`, `0xdeda`, `817271910181011`

// int = int32 alebo int64 podľa

// konkrétnej implementácie

- `float` (`float32`, `float64`)

- `3.1415`, `7.428e-11`, `1E6`

- `complex` (`complex64`, `complex128`)

- `5i`, `1.0+1i`

- `bool`

- `true`, `false`

- `string`

- ``hello` = "hello"`

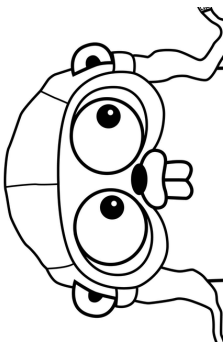
- ``\n``

- `\n` = "\\n\n\\n"`

- `"你好世界"`

- `"\xff\u00FF"`

// reťazec cez niekoľko riadkov





# Operátory a pretypovanie

uznáva svet C++/Java

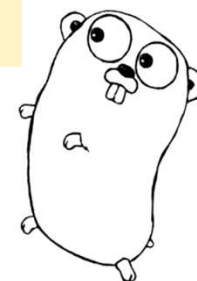
Priority pre binárne operátory:

- `*, /, %, <<, >>, &, &^` (bitový clear, t.j. and-xor)
- `+, -, |, ^` (xor)
- `==, !=, <, <=, >, >=`
- `&&`
- `||`

Unárne operátory:

- `^` bitová negácia int
- `!` not pre bool

```
0b1100
&^ 0b1010
-----
0b0100
```



Konverzie (ani medzi číselnými typmi) **nie sú implicitné**  
syntax na pretypovanie **typ(výraz)**

- `float32(3.1415) // 3.1415 typu float32`
- `complex128(1) // 1.0 + 0.0i typu complex128`
- `float32(0.49999999) // 0.5 typu float32`

# Premenné a ich deklarácie

```
package main
```

```
import ("fmt" "strconv")
```

```
func main() {
```

```
    var hello string = "Hello"    // hello:string, bez :
```

```
    world := "world" // deklarácia world s inicializáciou  
                    // jej typ sa inferuje z výrazu v pravo
```

```
    const dots = `...` // konštanta typu string
```

```
    fmt.Println(hello + dots + world + strconv.Itoa(123))
```

```
    fmt.Println(hello + string(dots[0]) + world)
```

```
    str, err := strconv.Atoi("3.4") // str:string, err:error
```

```
    if err == nil { fmt.Println(str) }
```

```
    else {
```

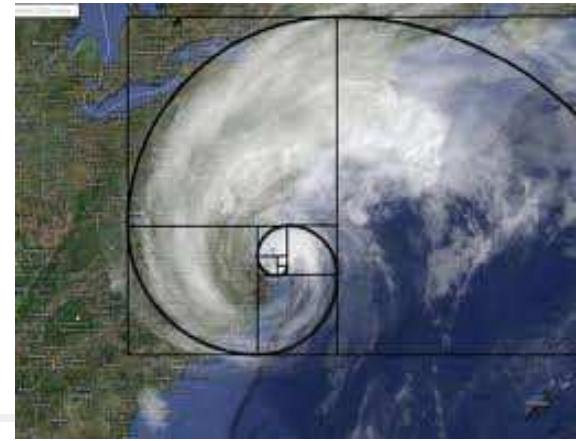
```
        fmt.Println("chyba: " + err.Error())
```

```
}
```

- inferencia typu premennej pri deklarácii z výrazu inicializácie
- premenná = výraz priradí do premennej
- premenná := výraz deklaruje premennú



# Fibonacci



V ďalšom ilustrujeme jazyk Go na triviálnom príklade  
Fibonacciho postupnosti (Leonardo de Pisa, Pisano, 1170-1250)

1, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ...

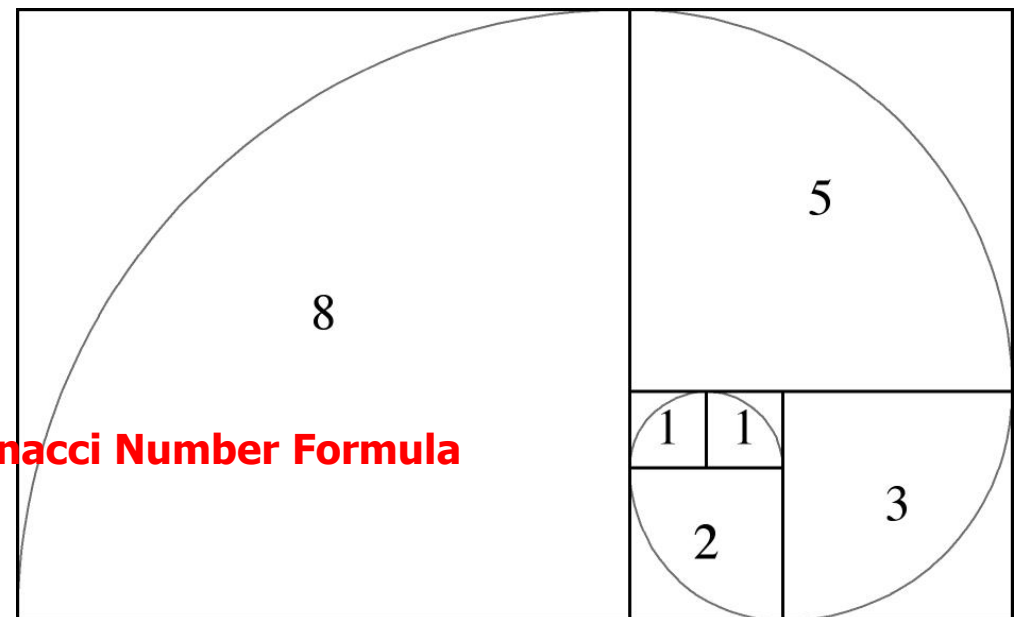
... exponenciálne rastie

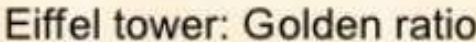
Prejdeme:

- od triviálnej implementácie,
- cez tabelizáciu,
- výpočet pomocou veľkých čísel,
- logaritmicnú metódu,
- až po konkurentnú metódu
  - naivnú
  - efektívnu

$$\frac{\left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^n - \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^n}{\sqrt{5}}$$

**Binet's Fibonacci Number Formula**





# Fibonacci a cyklus

- for výraz {...} je while
- for ...; ...; ... {...} podobne ako v Java
- Go má "paralelné priradenie"

```
package main
```

```
import "fmt"
```

```
func main() {
```

```
    var (
```

```
        a = 1
```

```
        b int = 1
```

```
        n int          )
```

```
    _, _ = fmt.Scanf("%d", &n)
```

```
    for ; n>0; n-- {
```

```
        fmt.Println(b)
```

```
        //a, b = a+b, a
```

```
        a = a+b
```

```
        b = a-b
```

```
    }
```

```
}
```

**// viacnásobná deklarácia**

**// čítanie do n**

**// java-like for bez ( )**

**// paralelné priradenie**

>fibonacci

10

1

1

2

3

5

8

13

21

34

55



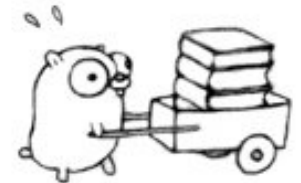
# Fibonacci a rekurzia

func meno(argumenty) výsledný typ {...}

```
package main
import "fmt"
func Fib(n int) int {
    if n <= 2 {
        return 1
    } else {
        return Fib(n-2)+Fib(n-1)
    }
}
```

```
func main() {
    var n int
    _, _ = fmt.Scanf("%d", &n)
    for j:=1; j <= n; j++ {
        fmt.Println(Fib(j))
    }
}
```

// čítanie do n



# Fibonacci a pole

(memoizácia)

typ pole je [element  
Indexovanie 0 .. len()

```
var tabulka []int // array[] of int, inic [0,0,0...]
func FibPole(n int) int { // tabulka[i] = fib(i+1)
    if tabulka[n] == 0 { // ak sme hodnotu ešte nepočítali
        tabulka[n] = FibPole(n-2) + FibPole(n-1) // počítajme
    } // a zapamätajme do tabuľky
    return tabulka[n] // inak ju len vyberme z tabuľky
}

func main() {
    var n int    _, _ = fmt.Scanf("%d", &n)
    tabulka = make([]int, n) //alokácia array[0..n-1] of int
    tabulka[0] = 1 // fib(1) = 1
    tabulka[1] = 1 // fib(2) = 1
    for j := 0; j < len(tabulka); j++ {
        fmt.Println(FibPole(j))
    }
}
```



```

type Int struct {
    neg bool    // sign
    abs []uintptr // array of digits of a
                          multi-precision unsigned int.
}

```

# Fibonacci a big

```

package main

import ( "fmt" "math/big" )

func FibBig(n int) *big.Int {
    if n < 2 {
        return big.NewInt(1)
    }
    a := big.NewInt(0)
    b := big.NewInt(1)
    for n > 0 { // while
        a.Add(a, b) // a = a+b
        b.Sub(a, b) // b = b-a
        n--
    }
    return a
}

```

pozri <http://golang.org/pkg/math/big/>

<https://www.wolframalpha.com/input/?i=fibonacci+1024>

 WolframAlpha

fibonacci 1024

Result:

45066996...

```

fibBig(1024) =
450669963367781981310438323572888604936786059621860483080
302314960003064570872139624879260914103039624487326658034
501121953020936742558101987106764609420026228520234665586
8899711089246778413354004103631553925405243

```

Fibo/fiboBig.go



# Fibonacci logaritmicky



Základný hint pochádza odtiaľto ( $F_j$  je alias pre  $\text{Fib}(j)$ ):

<http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/ewd06xx/EWD654.PDF>

Eventually I found a way of deriving these schemes. For  $k = 2$ , the normal Fibonacci numbers, the method leads to the well-known formulas

$$F_{2j} = F_j^2 + F_{j+1}^2$$

$$F_{2j+1} = (2F_j + F_{j+1}) * F_{j+1} \quad \text{or} \quad F_{2j-1} = (2F_{j+1} - F_j) * F_j$$

!!! Domáca úloha: dokážte to (indukciou :-)

Logaritmická idea ako vypočítať  $F_j$ , resp.  $\text{Fib}(j)$ , pre veľké  $j$ !

- $F_{1024} = F_{0b1000000000}$   
 $(F_{512}, F_{513}) < -(F_{256}, F_{257}) < -(F_{128}, F_{129}) < -(F_{64}, F_{65}) < -(F_{32}, F_{33}) < \dots (F_1, F_2) = (0, 1)$   
... a ako bonus dostaneme aj  $F_{1025}$  :-)
- $F_{10} = F_{1010}$   
 $(F_{10}, F_{11}) < -(F_5, F_6) < -??? (F_4, F_5) < -(F_2, F_3) < -(F_1, F_2) = (0, 1)$

# Alan Kay vs. Edgar Dijkstra

at OOPSLA 1997



<https://www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD06xx/EWD611.html>

# Viac výstupov funkcie

`func meno(argumenty) (typ1, ... typN) {...}`

Funkcia môže mať viac výstupných hodnôt :-) :-) :-)

```
func FibPair(Fj int, Fj1 int) (int, int) {  
    return Fj*Fj + Fj1*Fj1, (Fj + Fj + Fj1) * Fj1  
}
```

$$\begin{aligned} F_{2j} &= F_j^2 + F_{j+1}^2 \\ F_{2j+1} &= (2 * F_j + F_{j+1}) * F_{j+1} \end{aligned}$$

```
func FibLog(n int) (int, int) {// funguje pre n = 2^i  
    if n < 2 { // return pre viac hodnôt  
        return 0, 1 // F1 = 0, F2 = 1  
    } else {  
        fj, fj1 := FibLog(n / 2) // výstup rekurzie (dvojicu)  
        return FibPair(fj, fj1) // môžeme priamo poslať  
    }  
}
```

`Fibo/fibLog.go` **// return FibPair(FibLog(n/2))**

# FibLog pre párne aj nepárne

Doriešime prípad, ak  $n$  nie je mocnina 2

`func meno(argumenty) (typ1, ... typN) {...}`

```
func FibLog(n int) (int, int) {  
    if n < 2 {  
        return 0, 1  
    }  
    else if n%2 == 1 { // pre n nepárne  
        x, y := FibPair(fibLog(n / 2))  
        return y, y + x  
    } else { // pre n párne  
        return FibPair(fibLog(n / 2))  
    }  
}
```

ako  $(F_5, F_6) <^{???} (F_4, F_5)$

Idea:

$(F_5, F_6) = (F_5, F_5 + F_4)$

```
func FibLog1(n int) int { // vráť druhý z výsledkov  
    _, y := FibLog(n) // neviem to šikovnejšie urobiť  
    return y // snád' to niekto objaví ...  
}
```

# FibLogBig

$$\begin{aligned} F_{2j} &= F_j^2 + F_{j+1}^2 \\ F_{2j+1} &= (2 * F_j + F_{j+1}) * F_{j+1} \end{aligned}$$

Jednoduchým spôsobom upravíme FibPair z int na \*big.Int,

```
func FibPair(Fj int, Fj1 int) (int, int) {  
    return Fj*Fj + Fj1*Fj1, (Fj + Fj + Fj1) * Fj1  
}
```

modul math/big **z.Add(x,y)** je **z = x+y**, **z.Mul(x,y)** je **z = x\*y**,  
detaily k math/big hľadať v <http://golang.org/pkg/math/big/>

```
func FibPairBig(Fj *big.Int, Fj1 *big.Int)  
    (*big.Int, *big.Int) {  
    tmp := new(big.Int)           // pomocná prem :: big  
    F2j1 := new(big.Int)          // - ... - F2j+1  
    F2j1.Mul(tmp.Add(tmp.Add(Fj, Fj), Fj1), Fj1)  
    F2j := new(big.Int)           // - ... - F2j  
    F2j.Add(Fj.Mul(Fj, Fj), Fj1.Mul(Fj1, Fj1))  
    return F2j, F2j1  
}
```



# FibLogBig

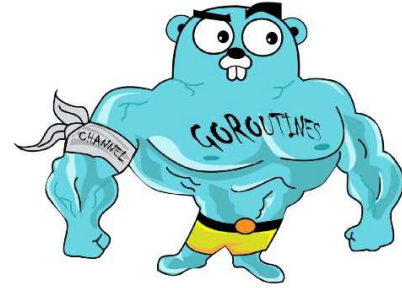
---

Potom už logaritmický Fibonacci s veľkými číslami dostaneme priamočiaro z rekurzie nad int:

```
func FibLogBig(n int) (*big.Int, *big.Int) {  
    if n < 2 {  
        return big.NewInt(0), big.NewInt(1) //  $F_1=0$ ,  $F_2=1$   
    } else if n%2 == 1 {  
        x, y := FibPairBig(FibLogBig(n / 2))  
        return y, x.Add(y, x)  
    } else {  
        return FibPairBig(FibLogBig(n / 2))  
    }  
}
```

# Go rutiny

(příklad z Java)



```
package main

import (    "fmt"        "math/rand"        "time")

func f(n int) {
    for i := 5; i > 0; i-- {
        fmt.Println("#", n, ":", i)
        time.Sleep(
            time.Duration(rand.Intn(500)) * time.Millisecond)
    }
}
```

go f(args) spustí extra vlákno na výpočet f()

```
func main() {
    for i := 0; i < 5; i++ {
        go f(i)
    }

    var input string        // toto čeká na input, v opačnom
    fmt.Scanln(&input)      // prípade, keď umrie hlavné
    fmt.Println("main stop") // vlákno, umrú všetky ostatné
}
```

Concurrency/main.go



# Recap prednášky 02

---

- kódili sme prekvapivo efektívnu implementáciu Fibonacciho ( $10^8$ )
- škoda, že `big.Int` nie sú build-in v jazyku GO, kód stratil eleganciu
- objavili sme GO rutiny – light-weight threads
- komunikácia cez kanály je forma synchronizácie, zdieľania dát
- prepísali sme fibo paralelne, idea:
  - nech sa počítajú `fib(n-2)` a `fib(n-1)` paralelne
- narazili sme na explóziu počtu gorutín, kanálov, ...
- okrem toho, kód nám pri každom behu zrátal inú hodnotu počtu GO rutín
- koľko GO rutín, triviálnych prípadov, kanálov sa vytvorí pri naivnej paralelizácii Fib
- dohodli sme sa, že každá hodina skončí hrou, ktorú raz budeme programovať, teda budete, lebo ja už som...



Do not communicate by sharing memory;  
instead, share memory by communicating.

# Kanály

- `make(chan int)` // nebufrovaný kanál int-ov
- `make(chan *big.Int, 100)` // bufrovaný kanál veľkosti 100 pre \*big.Int

Nebufrovaný kanál `ch` typu `chan e` umožňuje

- komunikovať medzi go-rutinami,
  - `ch <- val` je synchronizovaný zápis do kanálu, kde `val` je typu `e`
  - `val <- ch` je synchronizované čítanie z kanála, kde `val` je typu `e`

My použijeme jednoduchý pattern:

```
ch := make(chan int)           // vytvorí nebufrovaný kanál s int-ami
go PocitajNieco(..., ch)      // spustí nezávislé vlákno
...                             // hlavné vlákno počíta ďalej
vysledok := <-ch              // čaká na výsledok, blokujúca operácia

func PocitajNieco(..., ch chan int) {
    trápenie, veľa trápenia, ..., inferno ...
    ch <- vysledok              // koniec ťažkého výpočtu, pošle do ch
                                // tiež blokujúca operácia, kým to neprežítá
}
```

# Poučenie z prednášky 02

- predstavte si, že toto je strom výpočtu fib
- koľko je triviálnych prípadov, alias listov fibo stromu
- koľko je sčítaní, alias vnútorných vrcholov
- koľko je rekurzívnych volaní fib, listy+vnútorné vrcholy

Odpovede:

- každý triviálny prípad má hodnotu +1
- ak  $\text{fib } 10 = 55$ , koľko jednotiek musíme sčítať, aby sme dostali 55 ?
- koľko sčítaní vykonáme ?

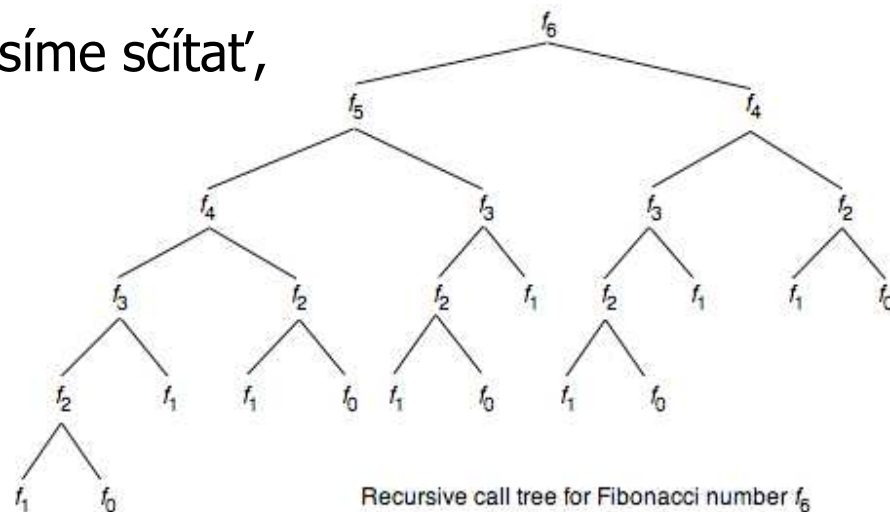
- Hint: medzi 5 prstami sú 4 medzery

Akoby vám to vysvetlili na DM:

Lema: každý binárny strom s  $n$

listami má  $n-1$  vnútorných vrcholov

Dôkaz: M.I.



Recursive call tree for Fibonacci number  $f_6$



# FibPara

---

```
func FibPara(n int, ch chan int) {  
    if n < 2 {  
        ch <- 1  
    } else {  
        ch1 := make(chan int)  
        go FibPara(n-2, ch1)  
        ch2 := make(chan int)  
        go FibPara(n-1, ch2)  
        n1 := <-ch1           // čakáme na Fib(n-2)  
        n2 := <-ch2           // čakáme na Fib(n-1)  
        ch <- n1 + n2         // spočítame a kanalizujeme  
    }  
}
```

„Elegantný“, navyše konkurentný, kód... ale ???

Ale, zamyslime sa, koľko vlákien sa vytvorí na výpočet, napr. Fib(20) ???

# Poučenie z prednášky 02

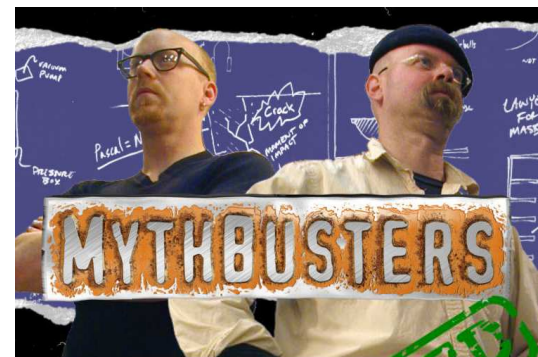
- rôzne výsledky FibPara

```
zadaj N: 25
75025
#channels: 136857
#goRutines: 138351
#trivialCases: 72017
```

```
zadaj N: 25
75025
#channels: 139439
#goRutines: 140555
#trivialCases: 72450
```

```
zadaj N: 25
75025
#channels: 137021
#goRutines: 138375
#trivialCases: 72036
```

- ak je Pravda, že všetky GO rutiny asynchrónne šahajú do premenných
- jeden (?) globálny semafor/mutex to porieši
- `var mutex = &sync.Mutex{}`
- `ch2 := make(chan int)`  
`mutex.Lock();channelCount++; mutex.Unlock()`  
`go FibParaMutex(n-1, ch2)`  
`mutex.Lock(); goRoutinesCount++; mutex.Unlock()`



```
zadaj N: 25
75025
#channels: 150048
#goRutines: 150049
#trivialCases: 75025
```

```
zadaj N: 25
75025
#channels: 150048
#goRutines: 150049
#trivialCases: 75025
```

```
zadaj N: 25
75025
#channels: 150048
#goRutines: 150049
#trivialCases: 75025
```

APPROVED

# Prívet'a vlákien



```
ch := make(chan int)
go FibPara(20, ch)
res := <-ch
fmt.Printf("FibPara(20) %v\n", res)
```

Koľko vlákien to vygeneruje (kvíz) ??

- 10
- 100
- 1000
- 10000

Pod'me teda radšej paralelizovať viaceré násobenia veľkých čísel:

Fib( $10^5$ ) má cca 25tis. cifier, násobenie takých čísel nie je elementárna operácia

```
func multiplicator(a *big.Int, b *big.Int, ch chan *big.Int) {
    tmp := new(big.Int)
    ch <- tmp.Mul(a, b)
}
```

# Paralelizuj s rozvahou

```
func FibPairBigPara(Fj *big.Int, Fj1 *big.Int) (*big.Int,
    *big.Int) {
    tmp := new(big.Int)
    tmp.Add(tmp.Add(Fj, Fj), Fj1)
    ch1 := make(chan *big.Int)
    go multiplicator(tmp, Fj1, ch1) // spusti 1.násobenie v 1.vlákn
    F2j := new(big.Int)
    ch2 := make(chan *big.Int)
    go multiplicator(Fj, Fj, ch2) // spusti 2.násobenie v 2.vlákn
    ch3 := make(chan *big.Int)
    go multiplicator(Fj1, Fj1, ch3) // spusti 3.násobenie v 3.vlákn
    F2j.Add(<-ch2, <-ch3) // čakaj na 2. a 3. výsledok
    return F2j, <-ch1 // a potrebuješ aj 1.výsledok
}
```

$$\begin{aligned} F_{2j} &= F_j^2 + F_{j+1}^2 \\ F_{2j+1} &= (2 * F_j + F_{j+1}) * F_{j+1} \end{aligned}$$

# Fibonacci a matice

(Nestihnuté z prednášky 02)

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}^n = \begin{bmatrix} F(n+1) & F(n) \\ F(n) & F(n-1) \end{bmatrix}$$

!!! A opäť domáca úloha:  
dokážte to (indukciou :-)

```
package main

type Matrix struct {           // struct ako v C++
    a11, a12, a21, a22 int}    // reprezentácia matice 2x2

func (m *Matrix) multiply(n *Matrix) *Matrix {
    var c = &Matrix{           // konštruktor struct
        m.a11*n.a11 + m.a12*n.a21, // násobenie matíc 2x2,
        m.a11*n.a12 + m.a12*n.a22, // hardcoded-žiadne cykly
        m.a21*n.a11 + m.a22*n.a21,
        m.a21*n.a12 + m.a22*n.a22}

    return c                    // vráti pointer na maticu
}                               // teda Go má pointre, operátory &, * skoro ako C++

func FibMatrix(n int) int {
    m := &Matrix{a11: 1, a12: 1, a21: 1, a22: 0}
    p := m.power(n)
    return p.a12}

Fibo/fibMatrix.go
```

# Softvéry tretích strán

$\{\{1,1\},\{1,0\}\} * \{\{1,1\},\{1,0\}\}$

 Extended Keyboard

Input:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$$

Result:

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$\{\{1,1\},\{1,0\}\} ^ 6$

 Extended Keyboard

Input:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}^6$$

Result:

$$\begin{pmatrix} 13 & 8 \\ 8 & 5 \end{pmatrix}$$

Dimensions:

2 (rows) × 2 (columns)

$\{\{1,1\},\{1,0\}\} ^ 100$

 Extended Keyboard

 Upload

Input:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}^{100}$$

Result:

$$\begin{pmatrix} 573147844013817084101 & 354224848179261915075 \\ 354224848179261915075 & 218150947510920360780 \end{pmatrix}$$

fibonacci 100

Result:

354224848 179 261 915 075

<https://www.wolframalpha.com/input/?i=%7B%7B1%2C1%7D%2C%7B1%2C0%7D%7D+%5E+100>

<https://www.wolframalpha.com/input/?i=fibonacci+100>





# Mocnina logaritmicky

---

- $a^{16} = a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a * a$
- naivné riešenie  $O(n)$
- ak sa zamyslíme, tak  $a^{16} = a^8 * a^8$
- a čo  $a^{19}$



# Logaritmický power ?

A už len to nezabiť tým, že power(), alias mocninu urobíme lineárnu...  
Lepšia bude logaritmická verzia

```
func (m *Matrix) power(n int) *Matrix {  
    if n == 1 {  
        return m  
    } else if n%2 == 0 { //  $m^n = (m^{n/2})^2$ , pre n párne  
        m2 := m.power(n / 2)  
        m3 := m.power(n / 2)  
        return m2.multiply(m3)  
    } else { //  $m^n = m * (m^{n-1})$ , pre n nepárne  
        return m.power(n - 1).multiply(m)  
    }  
}
```



# Logaritmický power

A už len to nezabiť tým, že power(), alias mocninu urobíme lineárnu...  
Lepšia bude logaritmická verzia

```
func (m *Matrix) power(n int) *Matrix {  
    if n == 1 {  
        return m  
    } else if n%2 == 0 { //  $m^n = (m^{n/2})^2$ , pre n párne  
        m2 := m.power(n / 2)  
        return m2.multiply(m2)  
    } else { //  $m^n = m * (m^{n-1})$ , pre n nepárne  
        return m.power(n - 1).multiply(m)  
    }  
}
```

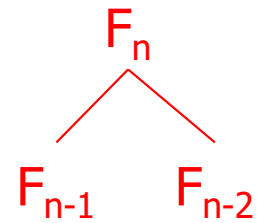


# Trúfame si

počítať veľký

- faktoriál, napr. 1.000.000!
- koľko má cifier ?
- $\log(a*b) = \log a + \log b$
- $\log 1 + \log 2 + \dots + \log 1.000.000 = 5.565.709$  cifier...
- Kombinačné číslo  $\binom{1\,000\,000}{500\,000} = 7.89957877227697084177023790317911268498339598305112 \times 10^{301026}$
- Partície n
- počet rôznych súčtov dávajúcich n
- partition 1.000.000 =  
1 471 684 986 358 223 398 631 004 760 609 895 943 484 030 484 439 142 125 334 612 5  
747 351 666 117 418 918 618 276 330 148 873 983 597 555 842 015 374 130 600 288 5  
095 929 387 347 128 232 270 327 849 578 001 932 784 396 072 064 228 659 048 713 5  
020 170 971 840 761 025 676 479 860 846 908 142 829 356 706 929 785 991 290 519 5  
899 445 490 672 219 997 823 452 874 982 974 022 288 229 850 136 767 566 294 781 5  
887 494 687 879 003 824 699 988 197 729 200 632 068 668 735 996 662 273 816 798 5  
266 213 482 417 208 446 631 027 428 001 918 132 198 177 180 646 511 234 542 595 5  
026 728 424 452 592 296 781 193 448 139 994 664 730 105 742 564 359 154 794 989 5  
181 485 285 351 370 551 399 476 719 981 691 459 022 015 599 101 959 601 417 474 5  
075 715 430 750 022 184 895 815 209 339 012 481 734 469 448 319 323 280 150 665 5  
384 042 994 054 179 587 751 761 294 916 248 142 479 998 802 936 507 195 257 074 5  
485 047 571 662 771 763 903 391 442 495 113 823 298 195 263 008 336 489 826 045 5  
837 712 202 455 304 996 382 144 601 028 531 832 004 519 046 591 968 302 787 537 5  
418 118 486 000 612 016 852 593 542 741 980 215 046 267 245 473 237 321 845 833 5  
427 512 524 227 465 399 130 174 076 941 280 847 400 831 542 217 999 286 071 108 5  
336 303 316 298 289 102 444 649 696 805 395 416 791 875 480 010 852 636 774 022 5  
023 128 467 646 919 775 022 348 562 520 747 741 843 343 657 801 534 130 704 761 5  
975 530 375 169 707 999 287 040 285 677 841 619 347 472 368 171 772 154 046 664 5  
303 121 315 630 003 467 104 673 818

# Štruktúry a smerníky



Program, ktorý generuje fibonacciho strom definovaný štruktúrou:

```
type FibTree struct {  
    left  *FibTree  
    right *FibTree  
}
```

```
func generate(n int) *FibTree  
    if n < 2 {  
        return nil  
    } else {
```

```
        return &FibTree{generate(n - 1), generate(n - 2)}
```

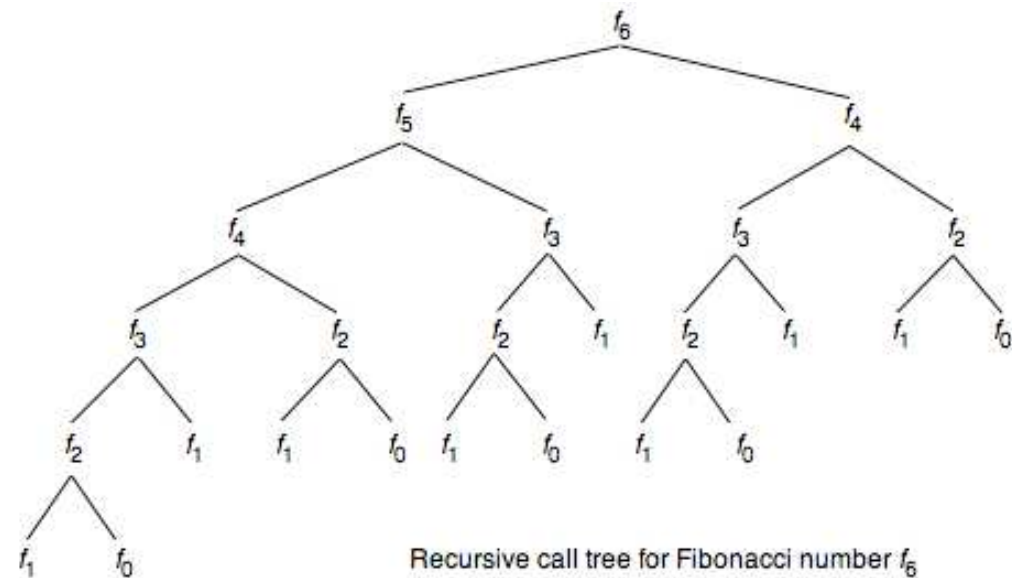
```
    alebo return &FibTree{left:generate(n-1),right:generate(n-2)}
```

```
    alebo bt := new(FibTree)           // alokuje krabicu pre FibTree
```

```
    bt.left = generate(n - 1)
```

```
    bt.right = generate(n - 2)
```

```
    return bt    } }
```



Recursive call tree for Fibonacci number  $f_6$

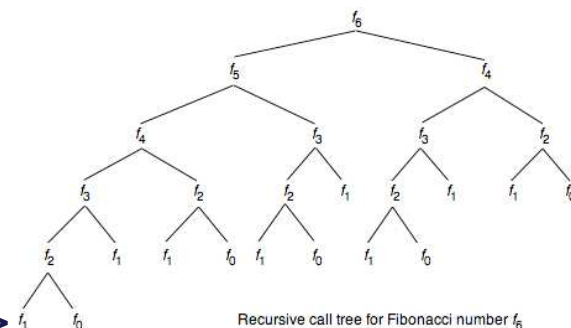
# Metódy

Nie je žiadne `this`, ani `self`, ako v iných jazykoch.

Parameter označujúci objekt, na ktorý sa metóda aplikuje, je explicitne prítomný v jej hlavičke, a to v zátvorkách **pred** menom metódy

```
func (bt *FibTree) size() int {  
    if bt == nil { // metódu možno aplikovať na nil !!!  
        return 1  
    } else {  
        return bt.left.size() + bt.right.size()  
    }  
}
```

size = 1 nil  
size = 1 nil  
size = 2 <nil,nil>  
size = 3 <<nil,nil>,nil>  
size = 5 <<<nil,nil>,nil>,<nil,nil>>  
size = 8 <<<<nil,nil>,nil>,<nil,nil>>,<<nil,nil>,nil>  
size = 13 <<<<<nil,nil>,nil>,<nil,nil>>,<<nil,nil>,nil>>,<<<nil,nil>,nil>,<nil,nil>>>





# Logaritmický power

```
type realnaFunkcia /*=*/ func(float64) float64

func power(n int, f realnaFunkcia) realnaFunkcia {
    if n == 0 {
        return func(x float64) float64 { return x }
    } else if n%2 == 0 {
        // return kompozicia(power(n / 2, f), power(n / 2, f) )
        return func(x float64) float64 {
            rf := power(n / 2, f) // rf : realnaFunkcia
            return rf(rf(x))      //  $f^n = (f^{n/2}) \circ (f^{n/2})$ , pre n párne
        }
    } else {
        //  $f^n = f \circ (f^{n-1})$ , pre n nepárne
        // return kompozicia(f, power(n-1, f) )
        rf := power(n - 1, f) // rf : realnaFunkcia
        return func(x float64) float64 { return f(rf(x)) }
    }
}
```



# Logaritmický power

(z cvičení)

```
type realnaFunkcia /*=*/ func(float64) float64

func power(n int, f realnaFunkcia) realnaFunkcia {
    if n == 0 {
        return func(x float64) float64 { return x }
    } else if n%2 == 0 {
        rf := power(n / 2, f)
        return kompozicia(rf, rf )
    } else {
        return kompozicia(f, power(n-1, f) )
    }
}
```





# Rekordy

---

FibBig(123456) has length 25801, time=165.0094ms

FibLogBig(123456) has length 25801, time=3.0002ms

FibLogBigPara(123456) has length 25801, time=5.0003ms

FibMatrixBig(123456) has length 25801, time=5.0003ms

FibLogBig(1234567) has length 258009, time=206.0118ms

FibLogBigPara(1234567) has length 258009, time=184.0105ms

FibMatrixBig(1234567) has length 258009, time=263.015ms

FibLogBig(12345678) has length 2580094, time=17.9820285s

FibLogBigPara(12345678) has length 2580094, time=17.0839772s

FibMatrixBig(12345678) has length 2580094, time=20.1881547s

FibLogBig(123456789) has length 25800943, time=50m24.5339934s

FibLogBigPara(123456789) has length 25800943, time=49m29.7948626s

FibMatrixBig(123456789) has length 25800943, time=51m36.7321229s



# Rekordy 2019 (2x)

---

FibBig(123456) has length 25801, time=83.7793ms

FibLogBig(123456) has length 25801, time=1.9572ms

FibLogBigPara(123456) has length 25801, time=2.0199ms

FibMatrixBig(123456) has length 25801, time=3.0083ms

FibLogBig(1234567) has length 258009, time=124.6259ms

FibLogBigPara(1234567) has length 258009, time=111.738ms

FibMatrixBig(1234567) has length 258009, time=160.5684ms

FibLogBig(12345678) has length 2580094, time=11.2339694s

FibLogBigPara(12345678) has length 2580094, time=10.6081299s

FibMatrixBig(12345678) has length 2580094, time=12.5923135s

FibLogBig(123456789) has length 25800943, time=24m24.6244977s

FibLogBigPara(123456789) has length 25800943, time=24m57.1693336s

FibMatrixBig(123456789) has length 25800943, time=28m4.0541394s



# Život v nevedomí

---

#input.sk/struct2017/08.html

```
import functools
import time
import sys
```

```
sys.setrecursionlimit(2*10**9)
```

```
@functools.lru_cache(maxsize=None)
```

# dekorátor

```
def fib(n):
```

```
    if n < 2:
```

```
        return n
```

```
    return fib(n-1) + fib(n-2)
```

MemoryError: Stack overflow

```
print(*(fib(n) for n in range(10)))
```

```
t1 = time.perf_counter()
```

```
print(fib(12345))
```

```
t2 = time.perf_counter()
```

```
print('Seconds:', t2 - t1)
```

**sys.setrecursionlimit(10\*\*10)**

OverflowError: Python int too large to  
convert to C long



# Rekordy.PY

---

FibIterativne(123456), time=3.1216s

FibIterativne(1234567), time=208s

Faktor 1000x ?

A to si ešte priznajme, že bigNums v .py sú napísané vlastne v C++

Epilóg:

Za vaše štúdium si možno kúpite 2 notebooky, nach každý bude 2x rýchlejší ako váš maturitný desktop, takže HW-speedup počas štúdia matfyzu je max. 4x

O to viac by ste mali premýšľať, ako ovplyvniť váš SW-speedup, najmä, ak o niečo ide

- kompilovať a nie intepretovať
- po prvej chodiacej verzii programu sa zamyslieť a prepísať ho efektívnejšie
- neignorovať matematiku, nie je to zlo programátora
- učiť sa algoritmy a chodiť na eaz
- chcieť poraziť [wolframalpha.com](http://wolframalpha.com)