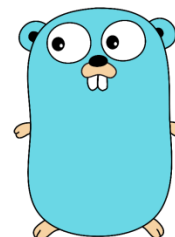


Go (Golang)

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/>

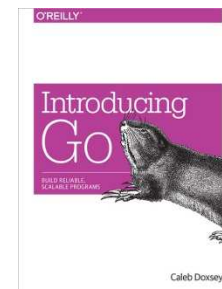
AN INTRODUCTION TO
PROGRAMMING
IN GO



CALEB DOXSEY

Literatúra:

- <https://www.golang-book.com/>
- <http://www.golangbootcamp.com/book/>
- <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)

<http://liteide.org/en/>

GoLand od IntelliJ (2020.3)

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

Online/repl/tutorials na

<https://repl.it/>

<https://golang.org/>

VSCode

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

LiteIDE X30.2

2011-2016(c)
visualfc@gmail.com

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



Try Go

Pop-out ↗

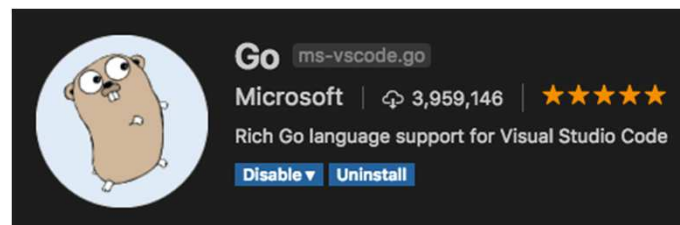
```
// You can edit this code!  
// Click here and start typing.  
package main  
  
import "fmt"  
  
func main() {  
    fmt.Println("Hello, 世界")  
}
```

Hello, World! ▾

Run

Share

Tour





Prečo Go

- procedurálny, **staticky a striktné 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 **konkurentnú paradigmu**
- nemá predprocesor
- má **garbage collector** (... aj pre konkurentné rutiny nazývane 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 2020

Sep 2020	Sep 2019	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	2	⬆	C	15.95%	+0.74%
2	1	⬇	Java	13.48%	-3.18%
3	3		Python	10.47%	+0.59%
4	4		C++	7.11%	+1.48%
5	5		C#	4.58%	+1.18%
6	6		Visual Basic	4.12%	+0.83%
7	7		JavaScript	2.54%	+0.41%
8	9	⬆	PHP	2.49%	+0.62%
9	19	⬆	R	2.37%	+1.33%
10	8	⬇	SQL	1.76%	-0.19%
11	14	⬆	Go	1.46%	+0.24%
12	16	⬆	Swift	1.38%	+0.28%
13	20	⬆	Perl	1.30%	+0.26%
14	12	⬇	Assembly language	1.30%	-0.08%
15	15		Ruby	1.24%	+0.03%
16	18	⬆	MATLAB	1.10%	+0.04%
17	11	⬇	Groovy	0.99%	-0.52%
18	33	⬆	Rust	0.92%	+0.55%
19	10	⬇	Objective-C	0.85%	-0.99%
20	24	⬆	Dart	0.77%	+0.13%

36	Logo
37	LabVIEW
38	Prolog
39	Haskell
40	Scheme
41	Kotlin

<https://www.tiobe.com/tiobe-index/>

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 (roky sľúbené v Go-2)



Hello world

jednoduchosť a čitateľnosť

Prvý program v Go:

```
package main
import "fmt"
```

```
func main() {
    fmt.Println("Hello " + "world !")
}
```

// 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()

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

```
>go run hello.go
Hello world !
```

← spustenie v command line

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

← kompilácia v command line

```
>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>



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

- float (float32, float64)

- 3.1415, 7.428e-11, 1E6

- complex (complex64, complex128)

- 5i, 1.0+1i

- bool

- true, false

- string

- `hello` = "hello"

- `\\n`

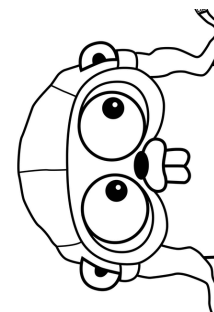
- `\\n` = "\\n\\n\\n"

- "你好世界"

- "\\xff\\u00FF"

// int = int32 alebo int64 podľa

// konkrétnej implementácie



// reťazec cez niekoľko riadkov

Operátory a pretypovanie

uznáva svet C++/Java

Priority pre binárne operátory:

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

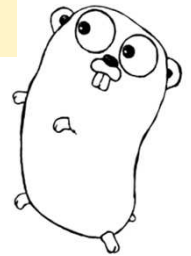
Unárne operátory:

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

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

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



Premenné a ich deklarácie

```
package main
import ("fmt" "strconv")
func main() {
```

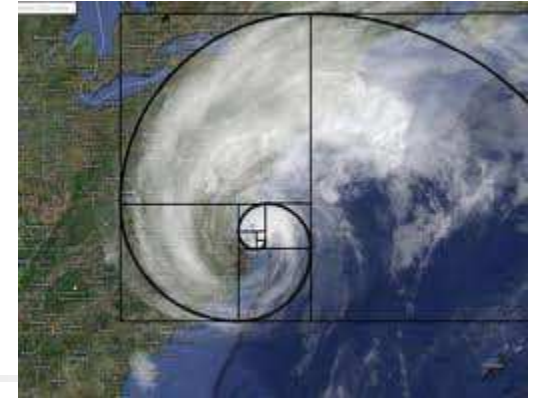
- inferencia typu premennej pri deklarácii z výrazu inicializácie
- premenná = výraz priradí do premennej
- premenná := výraz deklaruje premennú

```
    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())
    }
}
```



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, ...

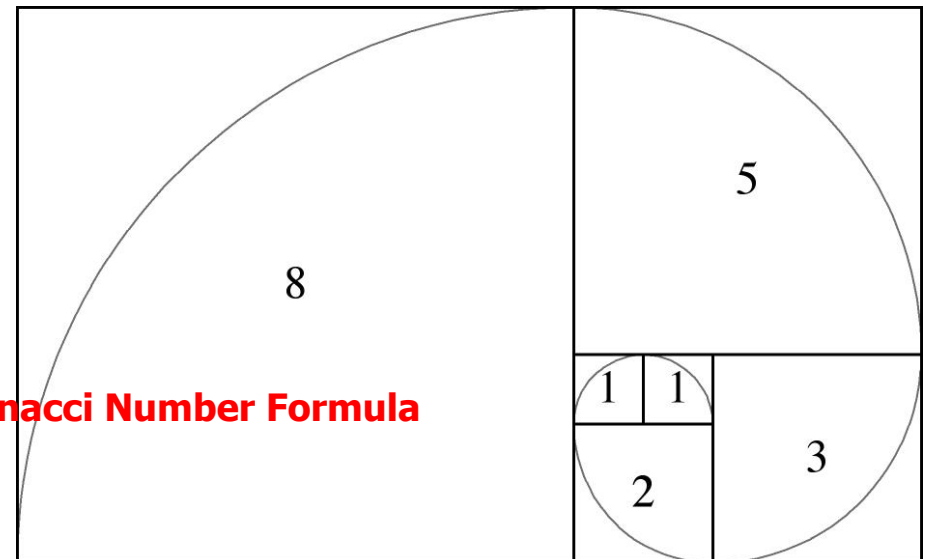
... exponenciálne rastie

Prejdeme:

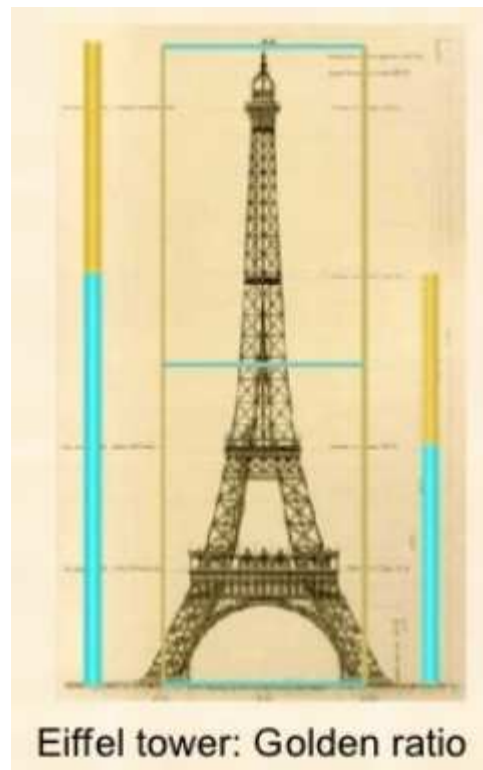
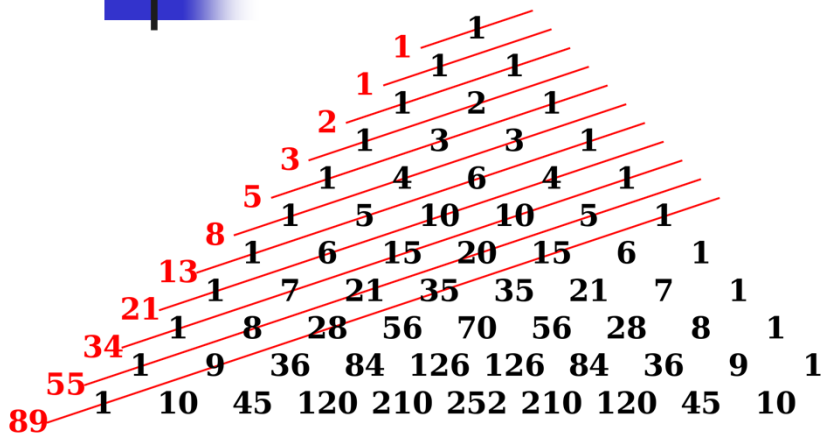
- od triviálnej implementácie,
- cez tabelizáciu,
- výpočet pomocou veľkých čísel,
- logaritmicкую metódu,
- až po konkurentnú metódu
 - naivnú
 - efektívnu

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

Binet's Fibonacci Number Formula



Fibonacci a zlatý rez



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
    )
```

// viacnásobná deklarácia

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

// čítanie do n

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

// java-like for bez ()

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

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

```
        a = a+b
```

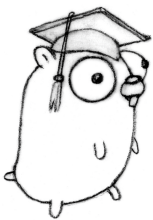
```
        b = a-b
```

```
    }
```

```
}
```

```
>fibonacci
10
1
1
2
3
5
8
13
21
34
55
```

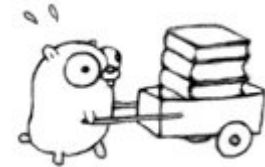
// paralelné priradenie



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 este 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:

4506 699 6

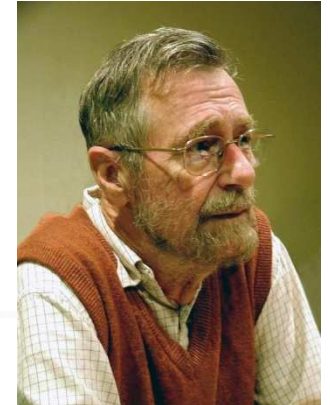
```

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 formulae

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

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

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

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

- $F_{1024} = F_{0b10000000000}$
 $(F_{512}, F_{513}) <- (F_{256}, F_{257}) <- (F_{128}, F_{129}) <- (F_{64}, F_{65}) <- (F_{32}, F_{33}) <- \dots (F_1, F_2) = (0, 1)$
... a ako bonus dostaneme aj F_{1025} :-)
- $F_{10} = F_{1010}$
 $(F_{10}, F_{11}) <- (F_5, F_6) <- (F_4, F_5) <- (F_2, F_3) <- (F_1, F_2) = (0, 1)$

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 rekurzcie (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 // snáď to niekto objaví ...  
}
```

Fibo/fibLog.go

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  
}
```



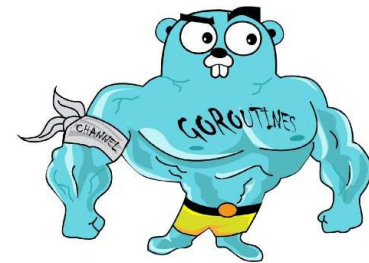
FibLogBig

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) // F1=0, F2=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

(príklad z Java)



```
package main
```

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

```
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)
```

```
    }}
```

```
func main() {
```

```
    for i := 0; i < 5; i++ {
```

```
        go f(i)
```

```
    }
```

```
var input string
```

// toto čaká 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:

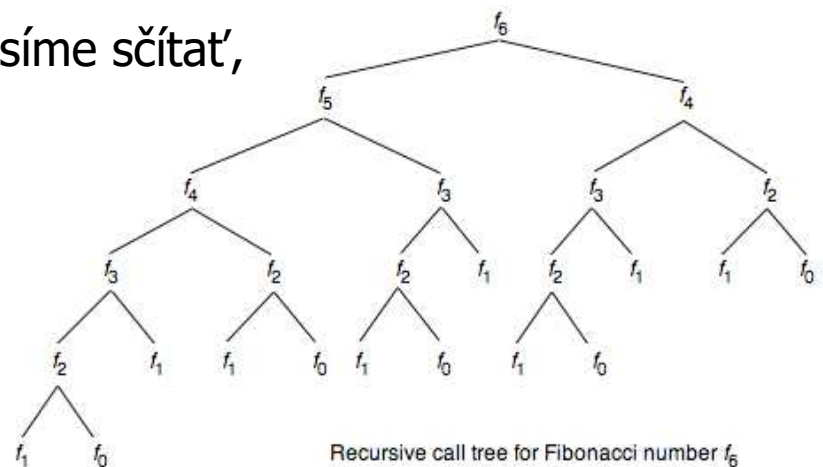
- každý triviálny prípad má hodnotu +1
- ak fib 10 = 55, koľko jednotiek musíme sčítať, aby sme dostali 55 ?
- koľko sčítaní vykonáme ?

■ 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

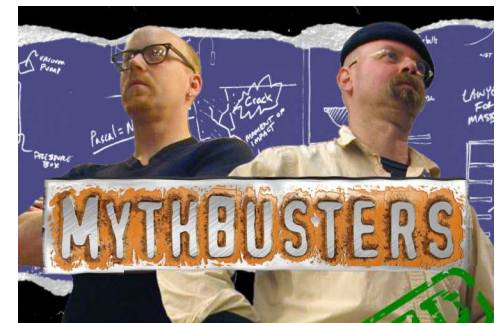
- rôzne výsledky FibPara

```
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 semafór/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
```



`o/fibParaMutex.go`

Prívetá 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

Podľa 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)
}
```

Fibo/fibPara.go

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, // hardcode-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

$\{\{1,1\},\{1,0\}\} * \{\{1,1\},\{1,0\}\}$	$\{\{1,1\},\{1,0\}\} ^ 6$	$\{\{1,1\},\{1,0\}\} ^ 100$
 Extended Keyboard	 Extended Keyboard	 Extended Keyboard  Upload
Input: $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$	Input: $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}^6$	Input: $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}^{100}$
Result: $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$	Result: $\begin{pmatrix} 13 & 8 \\ 8 & 5 \end{pmatrix}$	Result: $\begin{pmatrix} 573\,147\,844\,013\,817\,084\,101 & 354\,224\,848\,179\,261\,915\,075 \\ 354\,224\,848\,179\,261\,915\,075 & 214\,748\,364\,551\,984\,019\,092\end{pmatrix}$
	Dimensions: 2 (rows) × 2 (columns)	
		fibonacci 100
		Result: 354224848 179261 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)  
    }  
}
```

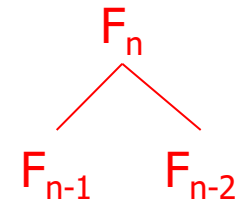


Trúfame si

počítať veľký

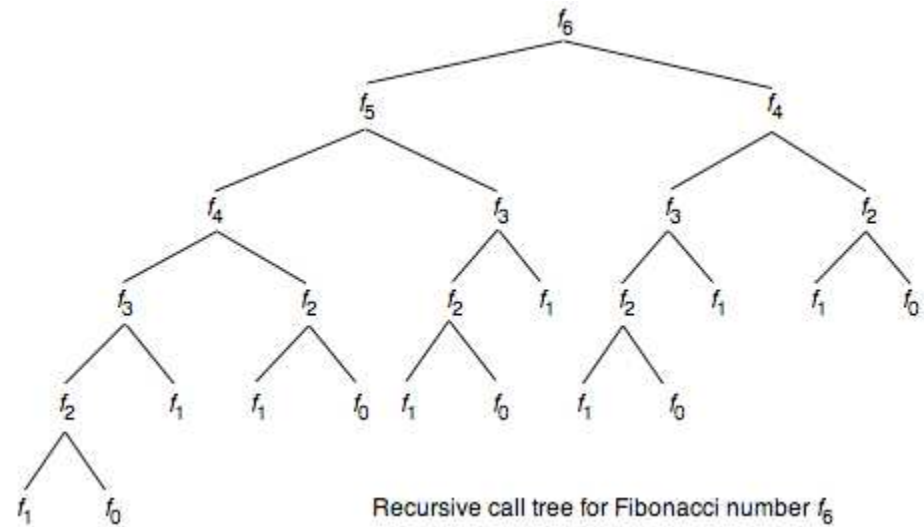
- faktoriál, napr. 1.000.000!
- koľko má cifier ?
- $\log(a*b) = \log a + \log b$
- $\log 1 + \log 2 + \dots + \log 1.000.000 = 5.565.709$ cifier...
- Kombinačné číslo $\binom{1\,000\,000}{500\,000} = 7.89957877227697084177023790317911268498339598305112 \times 10^{301026}$
- Partície n
- počet rôznych súčtov dávajúcich n
- partition 1.000.000 =
1471684986358223398631004760609895943484030484439142125334612%
747351666117418918618276330148873983597555842015374130600288%
095929387347128232270327849578001932784396072064228659048713%
020170971840761025676479860846908142829356706929785991290519%
899445490672219997823452874982974022288229850136767566294781%
887494687879003824699988197729200632068668735996662273816798%
266213482417208446631027428001918132198177180646511234542595%
026728424452592296781193448139994664730105742564359154794989%
181485285351370551399476719981691459022015599101959601417474%
075715430750022184895815209339012481734469448319323280150665%
384042994054179587751761294916248142479998802936507195257074%
485047571662771763903391442495113823298195263008336489826045%
837712202455304996382144601028531832004519046591968302787537%
418118486000612016852593542741980215046267245473237321845833%
427512524227465399130174076941280847400831542217999286071108%
336303316298289102444649696805395416791875480010852636774022%
023128467646919775022348562520747741843343657801534130704761%
975530375169707999287040285677841619347472368171772154046664%
303121315630003467104673818

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    } }
```



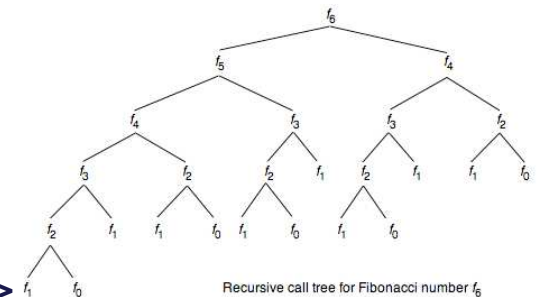
Metódy

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>>>



Recursive call tree for Fibonacci number f_6



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

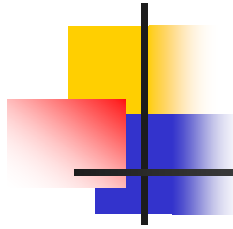
FibLogBigPara(12345678) has length 2580094, time=17.0839772s

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)
def fib(n):
    if n < 2:
        return n
    return fib(n-1) + fib(n-2)
```

dekorátor

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(1010)**
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