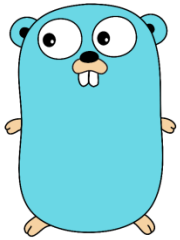
Go
(Golang)

GOLANG 

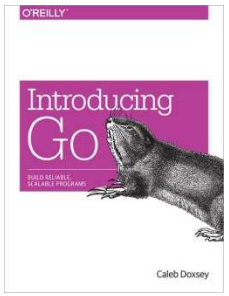
Peter Borovanský, KAI, I-18,
borovan(a)ii.fmph.uniba.sk

Jazyky:

- 1991, **Python**, Guido van Rossum, http://www.python.org/
- 1995, **Ruby**, Yukihiro Matsumoto, http://www.ruby-lang.org/en/
- 2003, **Scala**, Martin Odersky, http://www.scala-lang.org/
- 2009, **Go**, Rob Pike, Ken Thompson http://golang.org/

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.-narozeniny



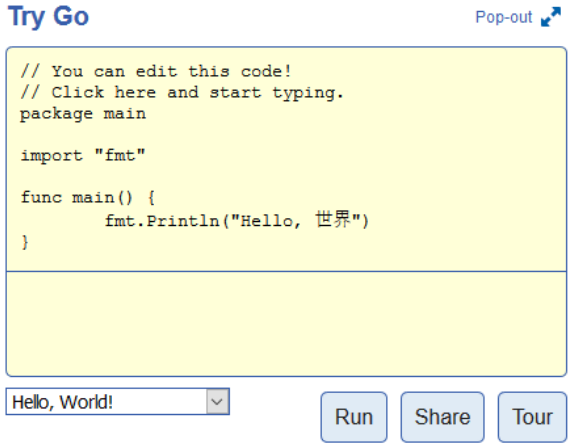
IDEs and Plugins
for Go

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

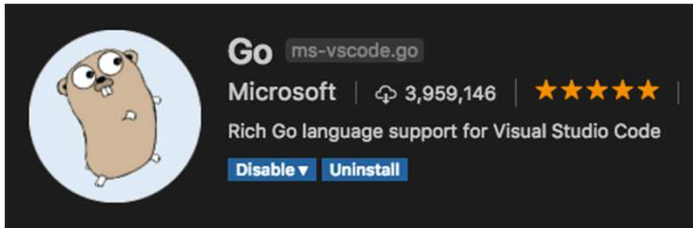
LiteIDE (X36.1)
http://liteide.org/en/

GoLand od IntelliJ (2019.3)
https://www.jetbrains.com/go/nextversion/

Online/repl/tutorials na
https://repl.it/
https://golang.org/



VSCode
https://code.visualstudio.com/docs/languages/go



Prečo Go

Year	Winner
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

- 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, float, ...)
- podporuje **funkcionálnu paradigmu**, podobne ako Lisp, Python, či Haskell
- ale hlavne podporuje **konkurentú paradigmu**
- nemá predprocesor
- má **garbage collector** (... aj pre konkurentné rutiny nazývane gorutiny)
- nemá hlavičkové súbory, viditeľnú informáciu z modulu exportuje do .a

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

TIOBE Programming Community Index Oct 2018

Oct 2018	Oct 2017	Change	Programming Language	Ratings	Change
1	1		Java	17.801%	+5.37%
2	2		C	15.376%	+7.00%
3	3		C++	7.593%	+2.59%
4	5	↑	Python	7.156%	+3.35%
5	8	↑	Visual Basic .NET	5.884%	+3.15%
6	4	↓	C#	3.485%	-0.37%
7	7		PHP	2.794%	+0.00%
8	6	↓	JavaScript	2.280%	-0.73%
9	-	⇈	SQL	2.038%	+2.04%
10	16	⇈	Swift	1.500%	-0.17%
11	13	↑	MATLAB	1.317%	-0.56%
12	20	⇈	Go	1.253%	-0.10%
13	9	⇊	Assembly language	1.245%	-1.13%
14	15	↑	R	1.214%	-0.47%
15	17	↑	Objective-C	1.202%	-0.31%
16	12	⇊	Perl	1.168%	-0.80%
17	11	⇊	Delphi/Object Pascal	1.154%	-1.03%
18	10	⇊	Ruby	1.108%	-1.22%
19	19		PL/SQL	0.779%	-0.63%
20	18	↓	Visual Basic	0.652%	-0.77%

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
- gargabge collection
- no exceptions handling - *do it yourself*

Mínusy:

- nemá parametrizované typy (roky sľúbené v Go-2)

Hello world

Prvý program v Go:

```
package main          // spustiteľný package musí mať package main
import "fmt"          // konvencia: package name je najhlbší podadresár
                      // fmt implementuje formátované I/O
func main() {         // hlavná spustiteľná metóda main()
   fmt.Println("Hello " + "world !") //viac na golang.org/pkg/fmt/
}
```

← spustenie v command line

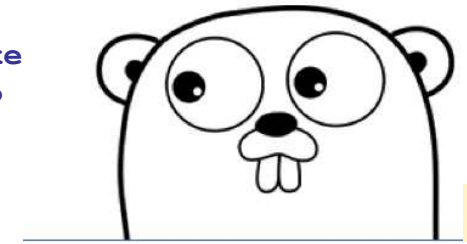
```
>go run hello.go
Hello world !
```

← kompilácia v command line

```
>go build hello.go

>dir hello.*
09/27/2019  05:30 PM         2,062,336 hello.exe
09/26/2019  04:38 PM                84 hello.go

>hello.exe
Hello world !
```



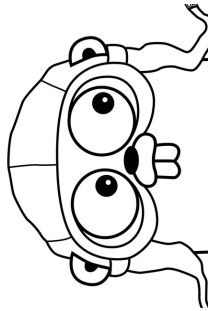
Hello/hello.go

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) // int = int32 alebo int64 podľa
  - 28, 0100, 0xdeda, 817271910181011 // 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" // reťazec cez niekoľko riadkov
  - "你好世界"
  - "\xff\u00FF"



Hello/hello.go

Operátory a pretypovanie

uznáva svet C++/Java

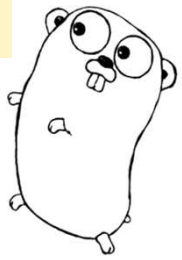
```
    0b1100
&^ 0b1010
-------------
    0b0100
```

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

Premenné a ich deklarácie

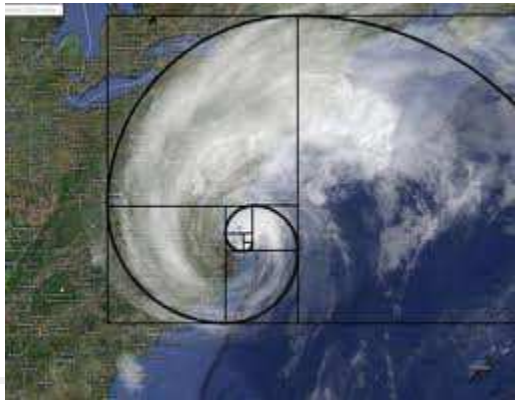
- inferencia typu premennej pri deklarácii z výrazu inicializácie
- premenná = výraz priradí do premennej
- premenná := výraz deklaruje premennú

```
package main
import ("fmt" "strconv")
func main() {
    var hello string = "Hello"    // hello:string, bez :
    world := "world"// deklarácia world s inicialializáciou
                    // 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())
    }
```

Variables/hello1.go

Fibonacci



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

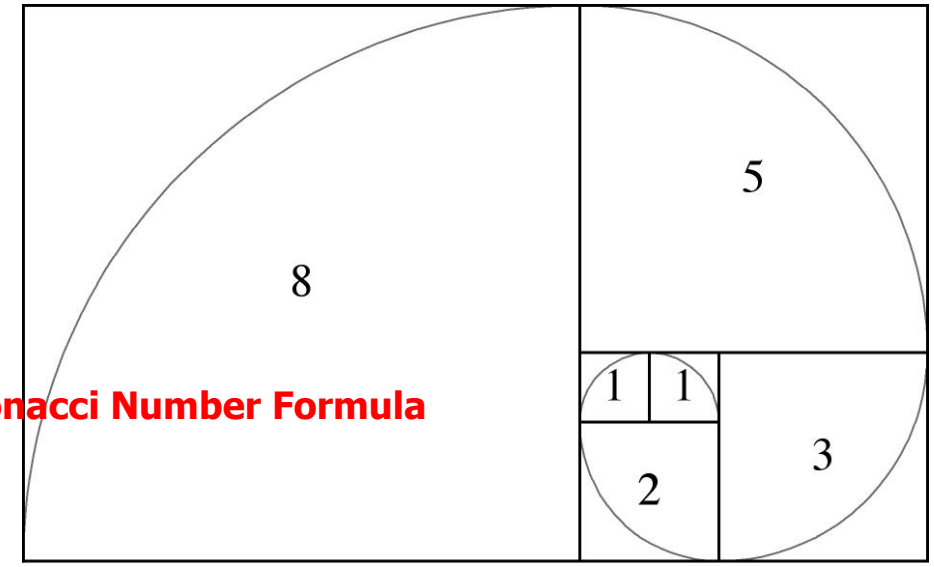
1, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, … ... exponenciálne rastie

Prejdeme:

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

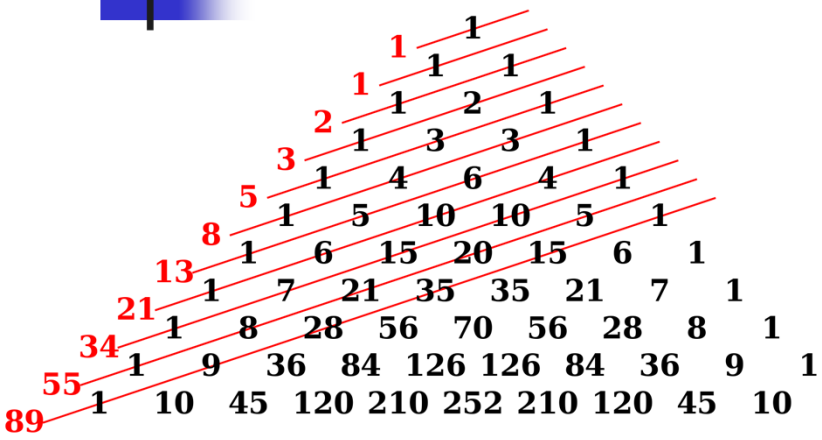
$$\frac{(\frac{1+\sqrt{5}}{2})^n - (\frac{1-\sqrt{5}}{2})^n}{\sqrt{5}}$$

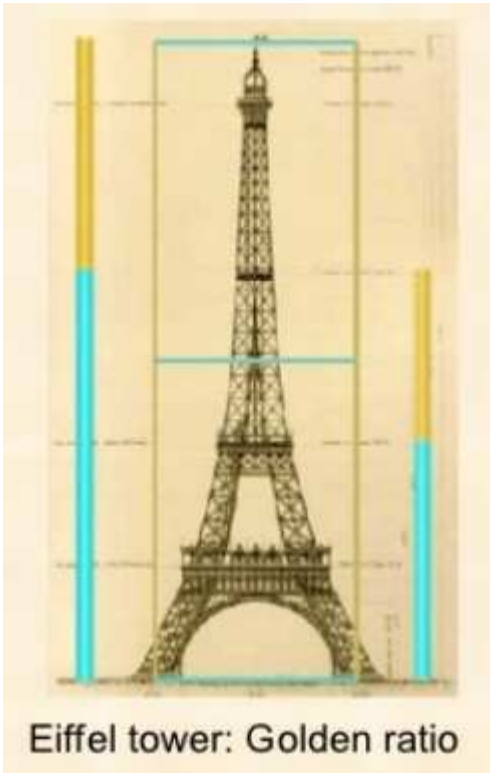
Binet's Fibonacci Number Formula



https://mathlesstraveled.com/2007/09/10/golden-powers/

Fibonacci a zlatý rez

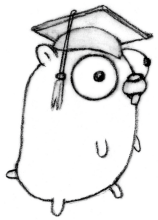




Fibonacci a cyklus

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

```
package main
import "fmt"
func main() {
    var (                       // viacnásobná deklarácia
        a = 1
        b int = 1
        n int           )
    _, _ = 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                    // paralelné priradenie
    }
}
```



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

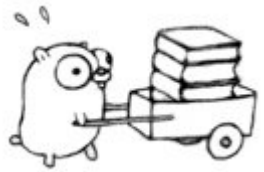
Fibo/fibCyklus.go

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)      // čítanie do n
   for j:=1; j <= n; j++ {
        fmt.Println(Fib(j))
}}
```



Fibo/fibRek.go

Fibonacci a pole

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))
}}
```

Fibo/fiboPole.go

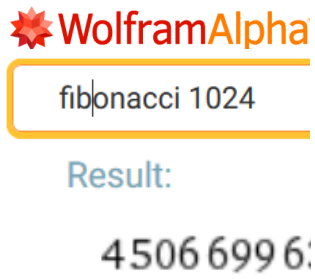
```
type Int struct {
    neg bool       // sign
    abs []uintptr // array of digits of a
                  multi-precision unsigned int.
}
```

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



fibBig(1024) =
450669963367781981310438323572888604936786059621860483080
302314960003064570872139624879260914103039624487326658034
501121953020936742558101987106764609420026228520234665586
889971108924677841335400410363155392540524 3

Fibo/fiboBig.go

Fibonacci logaritmicky

Základný hint pochádza odtiaľto (F_j je alias pre 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. Fib(j), pre veľké j!

- $F_{1024}=F_{0b10000000000}$
  $(F_{512}, F_{513})<-(F_{256}, F_{257})<-(F_{128}, F_{129})<-(F_{64}, F_{65})<-(F_{32}, F_{33})<-\ldots(F_1, F_2) =(0,1)$
  ... 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
```

$$F_{2j} = F_j^2 + F_{j+1}^2$$
$$F_{2j+1} = (2 * F_j + F_{j+1}) * F_{j+1}$$

```
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
}}                              // return FibPair(FibLog(n/2))
```

Fibo/fibLog.go

FibLog pre párne aj nepárne

func meno(argumenty) (typ1, … typN) {…}

Doriešime prípad, ak n nie je mocnina 2

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

ako $(F_5, F_6) <-^{???} (F_4, F_5)$
Idea:
$(F_5, F_6) = (F_5, F_5 + F_4)$

Fibo/fibLog.go

FibLogBig

$$F_{2j} = F_j^2 + F_{j+1}^2$$
$$F_{2j+1} = (2 * F_j + F_{j+1}) * F_{j+1}$$

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
}
```

Fibo/fibLogBig.go

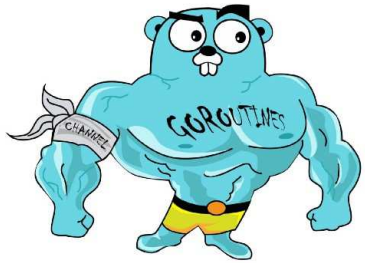
FibLogBig

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))
    }
}
```

Fibo/fibLogBig.go

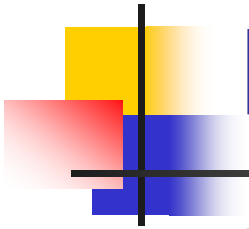
Go rutiny
(príklad z Java)



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

```
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)
}}
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



Kanály

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

- `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` umožnuje

- 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 neprežíta
```

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) ???

Fibo/fibPara.go

Priveľa 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

Poďme teda radšej paralelizovať viaceré násobenia veľkých čísel:

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

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

Fibo/fibLogPara.go

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

Fibonacci a matice

!!! 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

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)
}}
```

Fibo/fibMatrix.go

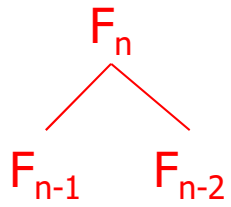
Trúfame si

počítať veľký

- faktoriál, napr. 1.000.000!
- koľko má cifier ?
- log(a*b) = log a+log b
- log 1 + log 2 + … + 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)
- partion 1.000.000 =

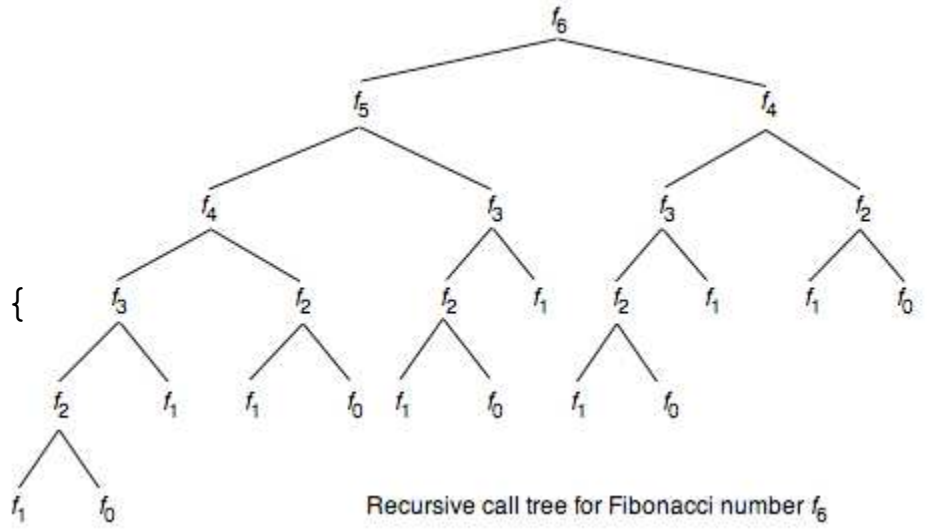
1 471 684 986 358 223 398 631 004 760 609 895 943 484 030 484 439 142 125 334 612 ⋱
747 351 666 117 418 918 618 276 330 148 873 983 597 555 842 015 374 130 600 288 ⋱
095 929 387 347 128 232 270 327 849 578 001 932 784 396 072 064 228 659 048 713 ⋱
020 170 971 840 761 025 676 479 860 846 908 142 829 356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

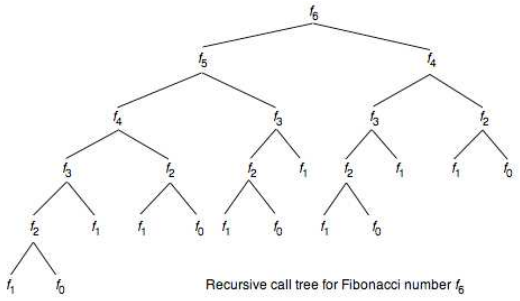
BinTree.go

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>>>



BinTree.go

Logaritmický power

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

func power(n int, f realnaFunckia) 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) ∘(f^n/2),pre n párne
        }
    } else {                    // f^n = f ∘ (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)) }
    }
}
```

funkcionaly.go

Logaritmický power

(z cvičení)

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

func power(n int, f realnaFunckia) 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) )
    }
}
```

funkcionaly.go

GO cheatsheet

- https://www.programming-idioms.org/cheatsheet/Go

1 Print Hello World
Print a literal string on standard output

```
fmt.Println("Hello World")
```

2 Print Hello 10 times
Loop to execute some code a constant number of times

```
for i := 0; i < 10; i++ {
        fmt.Println("Hello")
}
```

3 Create a procedure
Like a function which doesn't return any value, thus has only side effects (e.g. Print to standard output)

```
func finish(name string) {
  fmt.Println("My job here is done. Good bye " + name)
}
```

4 Create a function which returns the square of an integer

```
func square(x int) int {
  return x*x
}
```

5 Create a 2D Point data structure
Declare a container type for two floating-point numbers ***x*** and ***y***

```
type Point struct {
    x, y float64
}
```

6 Iterate over list values
Do something with each item ***x*** of an array-like collection ***items***, regardless indexes.

```
for _, x := range items {
    doSomething( x )
}
```

http://golang.org/ref/spec

Go heľpovník

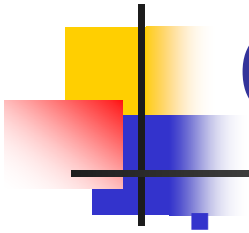
- **package & import**

```
package id                          // prvý riadok v module
import "path"
import ( "path" "path" ... )        // import viacerých
```

- **const, type, var, func**

```
const id ,... type = value, ...// deklarácia konštánt s
                                   explicitným typom
const id ,... = value ,...          // deklarácia konštánt s
                                   implicitným typom
type id different_type              // typové synonymum
var id ,... type = value ,...       // deklarácia premenných
                                   s explicitným typom
var id ,... = value ,...            // deklarácia premenných
                                   s implicitným typom
const|type|var ( spec; ... )       // viacnásobná deklarácia
```

http://golang.org/ref/spec



Go heľpovník

- **if-then[-else]**

```
if [statement;] condition { block } [else if-or-block]
```

- **statement**

```
expression                          // výraz, napr. 5*6
function call                       // exp(2.71)
target ,... = expression ,...       // parallelné priradenie
target op= expression               // a += 5
target ++, target --                // !!! nie je to výraz
id ,... := expression ,...          // skrátená deklarácia
```

- **for cyklus**

```
for { block }                       // for ;; {}, resp. while (true) {}
for condition { block }             // while
for init; condition; post { block } // ako v Jave
for index, value = range expression { block }
                                    // cyklus cez pole, slice, kanál, ...
```

http://golang.org/ref/spec

Go heľpovník

- **arrays**

```
type id [ length ] type                  // typ poľa s konštantou dĺžkou
type id [ length ] [ length ] type       // matica 2, 3-dimen.
len( array )                             // veľkosť poľa
expression [ expression ]                // indexovanie od 0..len(array)-
new([ length ] type )                    // vytvorenie pola s dĺžkou length
[ length ] type { expression ,... }      // konštanta typu pole s dĺžkou
[ ] type { expression ,... }             // konštanta typu pole bez dĺžky
```

- **slices**

```
[] type                                  // slice type (without length)
make([] type, length)                    // construction, slice and array
make([] type, length, capacity)
len( slice ), cap( slice )               // length and capacity
expression [low : high]                  // construction from array or slice
expression [low :]
expression [ expression ]                // element, index from 0
```

http://golang.org/ref/spec

Go heľpovník

- **function**

```
func id ( parameters ) { body }          // procedúra
func id ( parameters ) result { body }   // fcia s výstupným typom
func id ( parameters ) ( results ) { body }  // viac výstupov
func ( parameters ) ( results ) { body }     // anonymná funkcia
func ( types ) ( types ) // type          // funkčný typ
id ,... type                             // parametre, výstupné premenné
id ... Type                              // neurčený počet argumentov
```

- **methods**

```
func (id type) id ( parameters ) ( results ) { body }
func (id *type) id ( parameters ) { body }   // definícia
func ( type ,... ) ( results )               // typ
expression . id ( arguments )                // volanie metódy
type . id                                    // metóda ako funkcia
(* type ). id
```

http://golang.org/ref/spec

Go heľpovník

- **switch**

```
switch statement; expression {
    case expression ,...: statement; ...
    default: statement; ...
}
switch statement; id := expression .(type) {
    case type ,...: statement; ...
    default: statement; ...
}
```

- **maps**

```
var id map [ type1 ] type2    // deklarácia zobrazenia type1 -> type2
make(map[type1 ] type2 )      // vytvorenie zobrazenia type1 -> type2
make(map[type1] type2, initial-size)
map [ key ] = value           // pridanie (key -> value)
map [ key ] = dummy, false    // zmazanie key
map [ key ]                   // vyhľadanie value pre key
value, ok = map[ key ]        // ok je true alebo false
```

http://golang.org/ref/spec

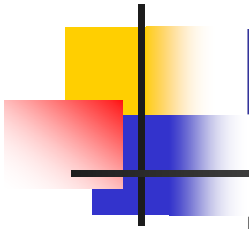
Go heľpovník

- **struct**

```
type id struct {                                    // deklarácia
    id ,... type // named field
}
```

- **new-make-nil**

```
new( type )                                 // alokuje štruktúru a vráti *type
make([] type, capacity )                    // pre slice, alokuje []type
make([] type, length, capacity )
make(chan type )                            // pre kanál, alokuje chan type
make(chan type, capacity )
make(map[ type ] type )                     // pre map, alokuje map[type]type
make(map[ type ] type, initial-capacity )
```



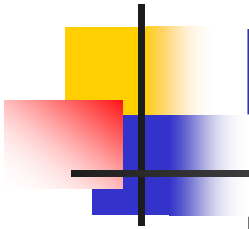
Rekordy

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

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)

print(*(fib(n) for n in range(10)))
t1 = time.perf_counter()
print(fib(12345))
t2 = time.perf_counter()
print('Seconds:', t2 - t1)
```

MemoryError: Stack overflow

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