Язык программирования

Обзор

расскажет Михаил В. Шохирев

Клуб программистов
Шадринск
2024-2025

О чём поGOворим

История: кем, когда, где и как создавался язык.

Цели: зачем создавался язык. Технология разработки.

Особенности: чем Go отличается от других языков. Корни языка.

Компиляция (для разных платформ) и выполнение.

Синтаксис: правописание и стиль. Управляющие конструкции. Данные.

Модульность: функции, методы. Пакеты. Объектное программирование.

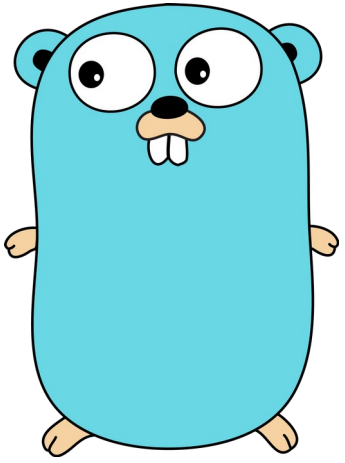
Интерфейсы: типы для действий (contracts), ограничения (constraints) для generics.

Мно*Go*задачность: concurrency (goroutines, channels).

Инструменты: `gofmt`, go command. Go tools. IDE и редакторы.

Применение: где, как и почему лучше использовать Go.

Критика: недостатки Go и альтернативы ему.



Шустрый суслик
Gopher

(автор: Renée French)

Go = "C for the 21st century"

Go — простой быстро компилируемый многопоточный язык программирования со статической типизацией, ориентированный на высокопроизводительную работу в сети и эффективное многопоточное выполнение (в виде “родных” исполняемых файлов), легко осваиваемый, с многочисленными надёжными *стандартными* библиотеками, удобный для сопровождения.

Проектировщики:

Robert Griesemer *(разработчик V8 JS engine, Java HotSpot VM, Sawzall; его учитель – Niklaus Wirth)*
Rob Pike *(разработчик window system for Unix; Plan 9, Inferno, UTF-8, языка Sawzall)*
Ken Thompson *(разработчик Unix, C, grep, ed, Plan 9, Inferno, UTF-8)*

Разработчики:

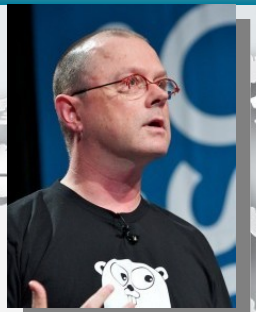
Команда в Google + Go community.

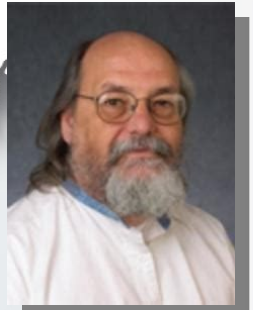
Цель: система программирования для разработки больших надёжных высоконагруженных быстро работающих серверных программных комплексов с распараллеливанием выполнения, которые будут развиваться в течение длительного времени большой командой разработчиков.

На проектирование Go **повлияли языки** *C, Oberon-2, Active Oberon, Oberon, Modula-2, Modula, Pascal, Alef, Newsqueak, Squeak, CSP, Smalltalk, Limbo, APL, BCPL, occam.*

Разработчиков первоначально объединило их общее недовольство языком C++. Кроме того, они хотели сделать язык с простым синтаксисом, но отвечающий современным требованиям к разработке программ.

Go: creators

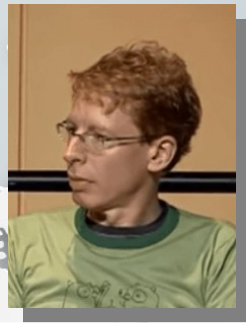




Ken Thompson, *США*
(«старая инженерная школа»):
разработчик языка C, ОС Unix, Plan 9, Inferno, grep, ed, QED, UTF-8.

Rob Pike, *Канада*
(«следующее поколение», специалист по concurrency):
разработчик window system for Unix; ОС Plan 9, Inferno, UTF-8, sam, acme, языков Sawzall, Limbo, Newsqueak.

Go = C tokens +
Oberon structure
(& strictness)



Robert Griesemer, *Швейцария*
(«ученик Никласа Вирта (Pascal, Modula, Oberon), европейская школа»):
разработчик V8 JS engine, Java HotSpot VM, языка Sawzall, a programming language for vector computers, системы Strongtalk.

«Our original goal was not to create a new programming language, it was to create a better way to write programs.»

Rob Pike

Go: цели создания языка

Разработчики хотели не просто создать новый язык, но разработать лучшую технологию разработки программ (большой командой разработчиков в течение длительного времени):

- язык спроектирован для надёжного программирования больших программных комплексов;
- *стабильная спецификация языка*: совместимость с предыдущими и последующими версиями:
- краткий и логичный *синтаксис*: легко освоить и однозначно понимать в команде;
- *строгая типизация, объявления, импорты*: компилятор контролирует программистов;
- *быстрый компилятор*: минимизирует время сборки больших программных систем;
- *легко компилировать для разных ОС и архитектур* одни и те же исходники;
-
- *интерфейсы* с неявным соответствием: позволят расширять готовые системы;
- *композиция* вместо наследования: обеспечит независимое развитие компонентов;
- легковесные *goroutine*-ы: структурируют программу для параллельного выполнения;
- *каналы* обеспечат удобную синхронизацию и обмен данными между процессами;
- тип данных *error*: даёт все средства языка для явной обработки ошибок;
- *единый стиль* оформления исходников: задаётся утилитой **`go fmt`**;
-
- богатая и надёжно работающая *стандартная библиотека*: предоставит готовые компоненты;
- удобная *система управления внешними пакетами* с идентификацией по URL;
- мощный набор стандартных инструментов: `go` *`command`*, `go tool` *`command`*;
- *открытая возможность автоматизации* за счёт расширения набора инструментов;
-
- *открытый исходный код*: привлекает сообщество для развития системы программирования.

Хронология и совместимость

2007-09	началась **разработка** Go в компании Google; проектированием занимались: Robert Griesemer, Rob Pike и Ken Thompson (~ в течение 1 года).
2008-03	1-й проект (draft) спецификации языка.
2009-11-10	был официально **представлен** язык Go.
2011-03-16	go r56: based on release weekly.2011-03-07.1
2012-03-28	**go1.0**: language & a set of core libraries.
2013-05-13	go1.1: ~30%-40% performance improvementof compiled code.
2015-08-19	go1.5: compiler & runtime written entirely in Go (with a little assembler).
2017-08-24	go1.9: type aliases.
2020-02-25	go1.14: Go modules.
2022-03-15	go1.**18**: generics. Built-in fuzz testing.
2023-08-08	go1.21: min, max, clear built-in functions.
2024-02-06	go1.22: *math/rand/v2* package; PGO (Profile-guided Optimization) in compiler.
2024-08-13	go1.**23**: range over function types; *iter, unique, structs* packages.
2025-02-11	go1.**24**: generic type aliases; weak pointers; post-quantum cryptography; FIPS mode.
2025-08	go1.**25** *(upcoming release)*.

Спецификация языка и стандартной библиотеки обратно совместимы с версиями Go 1.x.
Поэтому многие крупные компании, выждав время, убедились в долговременной поддержке языка и стали применять его в своих важных проектах.

Установка

Реализации:

1. Официальный компилятор (Google) для ОС AIX, Android, *BSD, iOS, Linux, macOS, Plan 9, Solaris, Windows (на разных аппаратных архитектурах) и для WebAssembly (WASM).
2. gofrontend + libgo для GCC и других компиляторов.
3. **TinyGo** для embedded systems и WebAssembly.
4. **GopherJS** – кросс-компилятор из Go в JavaScript.

Поддерживаются практически все **архитектуры**: i386, amd64, ARM, RISC-V, MIPS, ppc64, …

```
go tool dist list
```

Лёгкая кросс-компиляция!

Установка (описание `https://golang.org/doc/install`):

```
sudo apt-get install golang
```

Обновление:

```
go get go@1.24.3 # или go get go@latest
```

The Go **Playground** ~ интерактивное выполнение программ в браузере:

```
https://go.dev/play/
```

Пример *с приветом*

```
package main                          // все программы принадлежат к своему пакету
import (                              // подключить...
  "fmt"                               // ... пакет форматированного вывода
  "os"                                // ... и взаимодействия с ОС
)
const world = "世界"                  // UTF-8 для исходного кода и литералов

func main() {                         // с main() начинается выполнение программы
  var s string = world                // var переменная тип = значение
                                      // len() — встроенная функция определения размера
  if len(os.Args) > 1 {               // в os.Args[0] — имя программы
    s = os.Args[1]                    // имена с заглавной буквы экспортируются
  }
  fmt.Printf("Привет, %s!\n", s) // вызов функции из импортированного пакета
}
```

```
$ go run helloWorld.go
Привет, 世界!
$ go build helloWorld.go
$ ./helloWorld мир
Привет, мир!
$ GOOS=windows GOARCH=amd64 go build helloWorld.go
$ ls helloWorld*
helloWorld helloWorld.exe helloWorld.go
```

Пример: *web-server*

```
package main                                    // на основе примера, который привёл Rob Pike:
                                                // полноценный многопоточный web-сервер
import (                                        // импортировать пакеты:
    "fmt"                                       // форматированная печать
    "log"                                       // протоколирование
    "net/http"                                  // сетевая магия – в этом пакете
)

                          // во всех идентификаторах можно использовать символы UTF-8
func こんにちは Мир(w http.ResponseWriter, req *http.Request) {
    fmt.Fprintf(w, "Привет, мир!!!\n")              // вывод ответа прямо в сеть 8-)
}                                                    // точнее: в любой Writer

func main() {
    http.HandleFunc("/", こんにちは Мир)             // подключить функцию-обработчик
    // слушать порт на хосте
    log.Fatal(http.ListenAndServe("localhost:12345", nil))
    // обработать ошибку и// записать в протокол
}                                                          // бесконечный цикл
// аргумент nil означает, что надо использовать HandleFunc
// https://pkg.go.dev/net/http#ListenAndServe
```

Синтаксис: особенности

Простой синтаксис. Минимум синтаксических конструкций. Однозначное выражение действий (no TIMTOWTDI).
Каждое утверждение (statement) начинается с ключевого слова. Исходники в UTF-8.

Ошибки – это тип данных **`error`**. Нет исключений (exceptions). Есть panic() и recover().
Нет классов, но в `struct` можно описывать поля, и для всех типов данных можно определять методы.
Есть интерфейсы (абстрактные наборы действий), и типы могут неявно соответствовать этим интерфейсам, реализуя их.

`;` служит переводом строки (line feed) — автоматически вставляется компилятором, где необходимо.
`,` запятая обязательна в конце строки в списке, если нет `)` как завершителя списка.
_ “пустая переменная“ (blank identifier) для игнорирования значения.
`:=` простое объявление с выводом типа из значения (inferred type) и инициализация переменной в функции.
Все объявленные переменные получают начальное zero value (`0`, `false`, `""`, `nil` для интерфейсов и ссылочных типов).

Имена с заглавной буквы (Capitalized) экспортируются (видны вне пакета). Область видимости имён — пакет (package).
Все имена со строчной буквы видны во всех файлах внутри одного пакета. 1 пакет = 1 каталог.

Функции: multiple return values, named return values, bare return, variadic functions (с переменным списком параметров).
`func init() { }` // инициализирующие функции в файлах пакета.
`defer` f() // отложенное исполнение функции перед завершением функции: появилось в Go.
`go f()` // запустить функцию как goroutine. channel <- value; value <- channel;

Безтиповые константы (untyped constants) в языке со строгой типизацией!
`rune` // тип данных для ”символа” (code point) в кодировке UTF-8.
`iota` // перечисление (enumerator) именованных целых значений.

`import "package"; var declared` // если не используются — программа не скомпилируется!

Синтаксис: go.dev/ref/spec

```
const START, STOP = 10, 16

type PointerToInt *int

var i int = START
var (
    p1 *int = &i
    p2 PointerToInt
)
p2 = p1

loop:
for i := i; i < STOP; i++ {
  *p1++; *p2 += 2
  if i < 0 { break loop }
  fmt.Printf("i=%d outer i=%d \n", i, *p1)
}
```

Синтаксис похож на языки C и Pascal

тип `*int` – указатель на `int`

`&i` – получить адрес `i`

`for` – единственная форма цикла
“ `;` ” == перевод строки
в `if`, `for`, `switch` – нет скобок при условии
в `Printf` – много удобных %verb и #adverb

Почти всё в синтаксисе стало понятно, когда прочитал статью про Go в Википедии. 8-)

```
i=10 outer i=13
i=11 outer i=16
i=12 outer i=19
i=13 outer i=22
i=14 outer i=25
i=15 outer i=28
```

Пунктуация

```
() список: импортов, констант, параметров,
   возвращаемых значений, ...
```
```
import ( "fmt" ); const ( answer = 42 ); var ( five = 42 )
func f(x float64) float64 { return 0.0 }
```

```
[] размер массива, показатель среза
   элемент массива, среза, словаря
[] тип параметра в generics
```
```
array [size]int;     slice []string
array[index];        slice[index];        value = map[key]
func f[T any](a []T) T { return a[0] }; f[int](someSlice))
```

```
{} блок определения
{} блок начальных значений
{} блок кода
```
```
type struct Point { x, y int32 }
ipAddress = [4]int{127, 0, 0, 1}
func answer() int { return 42 }
```

```
: отделяет индекс или ключ от значения
```
```
gender := [2]string{ 0:  "Female", 1: "Male" }
language := map[string]int { "Go": 2007 }
```

```
: ставится после метки
```
```
label:
```

```
... размер массива вычисляется по значениям
... список параметров переменной длины
... список аргументов переменной длины
```
```
shadrinsk := [...] float32 { 56.05, 63.38 }
func sum(numbers ...int) (sum int) { /* range numbers */ }
integers := []int{1,2,3,4,5}; sum(integers...)
```

```
; разделитель выражений в for и if
; перевод строки (разделитель утверждений)
```
```
for i := 0; i < n; i++ { if y := f(i); y > 0 { println(y) } }
version := 1.0; released := 2012; fmt.Println(version)
```

```
:= объявление и присваивание (в функции)
```
```
site := "https://go.dev/"
```

```
, разделитель в списке
```
```
place = findLocation(latitude, longitude)
```

```
. разделитель объекта и метода
```
```
result = object.method()
```

```
<- запись в канал и чтение из канала
```
```
channel <- value; value = <-channel
```

Управление выполнением: ветвление

```
if условие {
    действие1()
} else {
    действие2()
}
```

```
switch выражение {
    case значение-1, значение-2:
        действие1()
        fallthrough
    case значение-N:
        действиеN()
        break
    default:
        действиеПоУмолчанию()
}
```

```
if выражение; условие {
    действие1()
} else {
    действие2()
}
```

```
switch {
    case условие1:
        действие1()
    case условиеN:
        действие1()
}
```

```
switch выражение; значение := интерфейс(type) {
    case Тип1:
        действие1()
    case ТипN:
        действие1()
}
```

Управление выполнением: циклы

```
// итерационный: (i := 0; i < n; i++)
for инициализация; условие; изменение {
    обработка(данных)
}
```

```
// == while
for условие {
    обработка(данных)
}
```

```
// бесконечный цикл
метка:
for {
    обработка(данных)
    if условие { continue }
    if условие { break метка }
}
```

*«One **for** to rule them all.»*

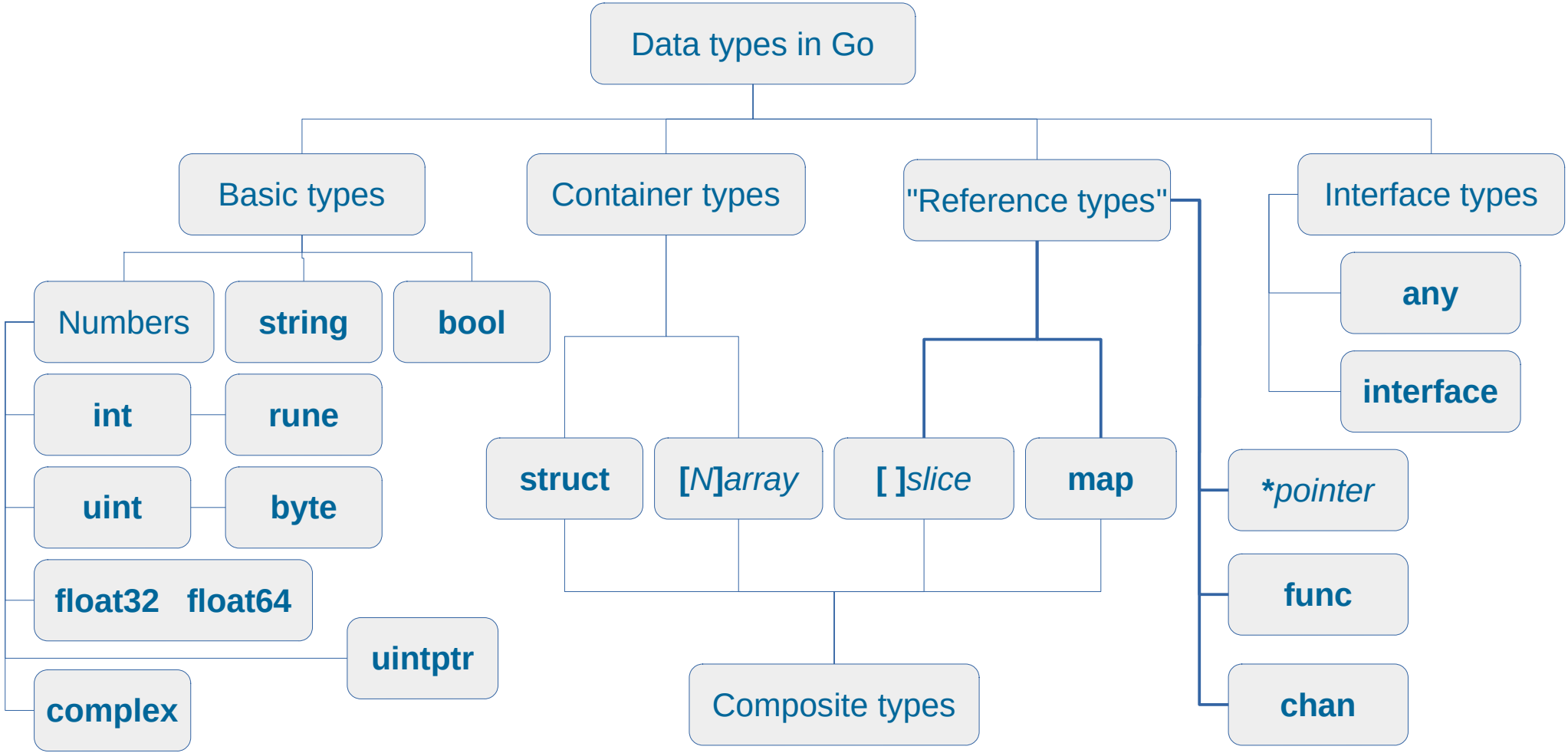
```
// перебор целых чисел от 0 до < число
for значение := range число {
    обработка(данных)
}
```

```
// перебор array или slice
for индекс, элемент := range коллекция {
    обработка(данных)
}
```

```
// перебор хэша
for ключ, значение := range map {
    обработка(данных)
}
```

```
// получение из channel
for значение := range канал {
    обработка(данных)
}
```

Типы данных


Data types in Go
Basic types
Container types
"Reference types"
Interface types
Numbers
string
bool
int
rune
uint
byte
float32 float64
uintptr
complex
struct
[N]array
[ ]slice
map
Composite types
*pointer
func
chan
any
interface

Константы: const

Предопределённые константы (predefined constants):

```
true false nil iota
```

Безтиповые константы (untyped constants):

```
const constant = expression
const constant1, constant2 = value1, value2
const ( constant1 = value1, constant2 = value2 )

const (
    e  = 2.71828182845904523536028747135266249775724709369995957496696763
    pi = 3.14159265358979323846264338327950288419716939937510582097494459
)
```

Константы с заданным типом (typed constants):

```
const constant Type = expression

const b byte = 0Xf                  // байт
const x complex128 = 2+5i           // комплексное число
const Big float64 = 1 << 100        // binary 1 with 100 zeros
const i int32 = -273                // целое
const Go rune = '碁'                // символ
const language string = "Go"        // строка
```

Операции: объявление и присваивание

`var` *переменная* ***Type***

При объявлении новой переменной **всегда** есть начальное значение (zero value).

```
    var i       int          // 0
    var G, o    rune         // 0, 0
    var s       string       // ""
    var (
        tube    chan string  // nil
        ok      bool         // false
        f       float64      // 0.0
    )
    var answer = 42          // тип int выведен из присвоенного значения

// объявление новой переменной и присваивание значения (в функции)
    j := 0                   // тип выводится из присваиваемого значения
    t, f := true, false      // параллельное присваивание

// присваивание значения уже объявленным переменным
    s = "Go"                  //
    G, o = 'G', 'o'          // параллельное присваивание (tuple assignment)
    i, j = j, i              // обмен значений i и j
```

Типы данных: struct

Структура (**struct**) — набор разнотипных полей

```
    type Structure1 struct {                // объявление типа
        field1 Type1
        field2, field3 Type2
    }

    s := Structure1 {                       // объявление переменной и
        field1: initial_value1_of_Type1,    // инициализация полей значениями
        field2: initial_value2_of_Type2,    // по именам (не всех) полей
    }

    var s2 Structure1                       // объявление переменной
    s2 = s1

// объявление переменной и инициализация полей значениями по порядку
    s3 := Structure1{s2.field1, s2.field2, s2.field3} // следования полей

    var s4 Structure1 = Structure1{}        // инициализация пустой структурой
```

Ссылочные типы: reference types

Когда переменные-указатели передаются в функции, их значения могут быть изменены.

pointer ~ указатель:

```
    var v BaseType     // переменная типа BaseType
    var p *BaseType    // указатель на переменную типа BaseType
    p = &v             // ссылка на значение переменной типа BaseType
    *p                 // значение переменной типа BaseType по ссылке на v
```

slice ~ динамический массив может изменять свой размер:

```
    s := []Type
```

map ~ хэш | ассоциативный массив | словарь | отображение | «мапа»:

```
    m := map[KeyType]ValueType{ key: value }
```

function ~ функция:

```
    func f(parameter Type) returnValueType { /* код */ }
```

channel ~ канал:

```
    ch chan Type
```

Контейнерные типы: container types

```
[размер]Type // массив (array) определённой длины:
    var punchCard [80]rune // 80 * 0
    localhost := [4]int {127, 0, 0, 1}
    gender    := [2]string { 0:"Female", 1:"Male" }
    location  := [...]float32 { 56.05, 63.38 }

[]Type // срез (slice) — динамический массив:
    primes := []int{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23}
    messages := make([]string, 0, 1024)
    messages = append(messages, "OK")

map[KeyType]ValueType // map = хэш = ассоциативный массив = словарь:
    languages := map[string]int { "Go": 2007 }
    languages["Kotlin"] = 2011

    type Coordinates map[[2]float32]string
    places := make(Coordinates)
    places[location] = "Шадринск"
    places[[2]float32{33.54,-118.05}] = "Norwalk"
```

Функции: func main(), func init()

```
// Главная функция в пакете main, с которой начинается выполнение программы.
packge main
func main() {
    /*

    */
}

// в каждом пакете может быть несколько «инициализирующих» функций,
func init() {
    /*

    */
}
// которые выполняются при загрузке пакета в порядке их описания
func init() {
    /*

    */
}
```

Функции: func

```
// функция без возвращаемого значения = процедура
func f1(param1 T1) { /* ... */ } // no return value
    f1(arg1)

// функция с одним возвращаемым значением
func f2(p1, p2 T1, p3 Type3) ReturnType1 { /* ... */ return res }
    result = f2(a1, a2, a3)

// функция с одним именованным возвращаемым значением
func f3(p1, p2, p3 T3)  (returnValue1 RT1) { /* ... */ return }
    result = f3(a1, a2, a3)

// функция с несколькими возвращаемыми значениями: возможно, именованными
func f4(p1 T1, p2 T2) (rV1 RT1, rV2 RT2) {
    /* ... */ return res1, res2
}
    result1, result2 = f4(a1, a2)

// функция с переменным списком параметров
func f5(p ...T) ReturnType { /* ... */ } // variadic function
    arguments := []siceOfValues{v1, v2, v3, v4, v5}
    result = f5(arguments...)
    result = f5(a1, a2, a3)
```

Функции: func type

```
// функция как тип
// type FuncType func(ParamerType1, PT2) ReturnValueType
    type F1 func(int, int) int

// у любой функции есть тип, например: func(int, int) int
    func add(x, y int) int { return x+y }

// функция как значение переменной
    var f0 F1 = add
    fn := func() { fmt.Println("anonymous") } // анонимная функция типа func()

// функция как возвращаемое значение
    func returnsFunc() F1 { return add }
    f1 := returnsFunc()
    y := f1(4, 2)

// функция как параметр
    func receivesFunc(a, b int, f F1) (r ReturnType) { r:= f(a, b); return r }
    sum = receivesFunc(21, 21, add)
    production = receivesFunc(21, 21, func(x, y int) int { return x*y } )

// определение и вызов анонимной функции
    func() { fmt.Println("lambda") }() // lambda типа func()
```

Методы: func (t T) f()

К любому типу данных можно присоединить поведение с помощью методов:
`func (object Type) method(parameters) { /* body */ }`

```
type Temperature float32
func (t Temperature) Celsius() Temperature { return (t-32.0)*(5.0/9.0) }
var f Temperature = 37.0
c := f.Celsius() // 2.777778

type Album struct { name, artist string; year, length int }
a := Album{"Pink Floyd", "Dark Side of the Moon", 1973, 44}
type TapeRecorder struct {
    // ...
}
func (r TapeRecorder) play(a Album) {
    fmt.Printf("Playing album '%s' by '%s' for %d minutes...\n",
    a.name, a.artist, a.length)
}
recorder := TapeRecorder{/* начальные значения */}
recorder.play(album)
```

Объектное программирование: type struct + func

```
// Нет классов, но можно описывать типы объектов на основе struct:
package user
type User struct {
    login string
    email string
}
// К такому типу можно присоединить поведение с помощью методов:
func (u User) Login() string { return u.login }
func (u User) Email() string { return u.email }
func (u *User) SetEmail(mailbox string ) { u.email = mailbox }
    // Это не конструктор, а просто обычная функция,которую назвали New
func New(l, e string) (u User) { u = User{login: l, email: e}; return u }
////////////////////////////////////////////////////////////////////////

package main
import "github.com/mike-shock/go/sample/oop/user"
func main() {
    mike := user.New("mshock", "mshock@caiman-club.org")
    mike.SetEmail("librarian@caiman-club.org")
    fmt.Printf("'%v' '%v'\n", mike.Login(), mike.Email())
}
```

Интерфейсные типы: interface types

interface – это абстрактный тип данных, у которого может быть набор методов (set of method signatures):

```
    type Messenger interface  {          // Basic interface
        Send(message string) error
        Receive() string
    }

// объявление корректно: это переменные абстрактного типа,
// которым можно присваивать значения, соответствующие контракту (интерфейсу);
// но пока у них нет конкретного типа (реализации), а значение = nil
    var icq, skype, whatapp, viber, signal Messenger

// Конкретный тип будет неявно соответствовать ранее описанному  интерфейсу,
// если реализует все методы этого интерфейса
    type Telegram struct { }
    func (t Telegram) Send(m string) error { return nil }
    func (t Telegram) Receive() (m string) { return m }

// у абстрактного типа динамически появляется конкретный тип (underlying type)
// и конкретное значение
    var telegram Messenger = Telegram{}
    telegram.Send("Интерфейсы в Go")            // вызывается реализованный метод
```

Интерфейсные типы: interface types

```
// Интерфейс также может включать в себя (embed) другие интерфейсы:
    type File interface{
        Reader                  // Embedded interfaces
        Writer
        Seeker
        ReaderAt
        WriterAt
        Closer
    }

    type Reader interface {
            Read(b []byte) (n int, err error)
    }

// Конкретный тип может соответсвовать (implement) нескольким интерфейсам
    func (t Telegram) Read(b []byte) (int, error) { return 0, nil }

// any == пустой интерфейс
    type AnyObjectSatisfyMe interface{} // ему соответствует любой объект
```

Интерфейсы: пример

```
type Flyer interface { fly() string }              // 1-й интерфейс с методом
// все типы, которые реализуют метод fly(), будут соответствовать типу Flyer

type Bird struct { Name string }                   // пользовательский тип Bird
func (b Bird)fly() string {                        // соответствует интерфейсу Flyer
    return "flying..."
}

type Swimmer interface { swim() string }           // 2-й интерфейс с методом

type Penguin struct { Name string }                // пользовательский тип Penguin
func (f Penguin)swim() string { return "swimming..." }          // соответствует сразу
func (b Penguin)fly() string { return "I can fly under water!" } // двум интерфейсам

    var s = Bird{"Sparrow"}
    var p = Penguin{"Gentoo"}

    birds := []Flyer{s, p, Bird{"Dove"}}           // Flyer – это тип данных
    for _, b := range birds {                      // polymorphism
        fmt.Println(b, b.fly())
    }
```

Интерфейсные типы: constraints

Интерфейсные типы также могут описывать ограничения (constraints):

```
type Numeric interface { // non-basic: has a type set (union)
    ~int | ~int8 | ~int16 | ~int32 | ~int64 | ~uint | ~uint8 | ~uint16 | ~uint32 |
    ~uint64 | ~uintptr | ~float64 | ~float32       // General interface
}

// Интерфейс может сочетать ограничения, основные (basic) и
// пользовательские (non-basic) типы и интерфейсы, а также методы
type SpecialNumber interface {
    Number
    IsSpecial() bool
}

type ComaprableTypes interface {
    comparable
    SomeOtherType
}
```

Обобщённые типы: generics

```
// Generics описываются с помощью ограничений (constraints) на обобщённый тип в функции:

func First[T any](a []T) (result T, err error) {
    if len(a) == 0 {
        return result, errors.New("Slice is empty!") // пустой результат и ошибка
    }
    return a[0], err  // 1-й элемент и nil (ошибки нет)
}
func Last[T any](a []T) (result T, err error) {
    if len(a) == 0 {
        return result, errors.New("Slice is empty!")
    }
    return a[len(a)-1], err    // последнийй элемент и nil
}

    sliceOfIntegers := []int{1, 2, 3, 4, 5}

    // если тип параметра можно вывести из переменной, то его можно не указывать
    first, err := First[int](sliceOfIntegers)
    last, err := Last(sliceOfIntegers)

    sliceOfStrings := []string{"Вышел", "зайчик", "погулять"}

    fmt.Println(First(sliceOfStrings))
    fmt.Println(Last[string](sliceOfStrings))
```

Пакеты: package

Пакет — это набор (логически связанных) исходных файлов, расположенных в одном каталоге. В начале каждого файла должно описываться его принадлежность к пакету фразой

```
package packageName     // site/path/packageName
```

Пакет — единица видимости имён (типов, констант, переменных, полей, функций):

- Все имена видны во всех файлах одного пакета.
- Имена в пакете, начинающиеся *с Заглавной буквы* экспортируются: они видны в программе, которая импортировала пакет фразой

```
import "packageName"  // это строка

var result packageName.Type = packageName.Func(packageName.Const, packageName.Var)
```

Пакет **main** — это специальное имя пакета, которое означает, что этот пакет содержит код, который будет скомпилирован в двоичный исполняемый файл. В одном из файлов (обычно, в `main.go`) этого пакета должна быть функция **`main()`**.

Пакеты (не из стандартной библиотеки) могут располагаться где угодно, их полные адреса (локальные пути или URL) содержатся в файле

`go.mod`

Модули

Модуль — это набор пакетов, которые распространяются (с определённым номером версии) как единое целое. Модули могут загружаться прямо из систем управления версиями исходников или с общедоступных серверов.

Модуль идентифицируется путём к модулю (module path), который объявляется в файле **go.mod** вместе с информацией о зависимостях модуля.

```
# создать файл go.mod с именем модуля
go mod init path/to/module/moduleName
```

Например:

```
go mod init caiman.org/go/mshock/presentation
```

Главный каталог модуля (module root directory) — это каталог, содержащий файл **go.mod**. Когда модуль состоит из нескольких пакетов, они располагаются в подкаталогах главного каталога модуля.

Модули: go mod <command>

Главный каталог модуля (module root directory) — это каталог, содержащий файл **go.mod**. Когда модуль состоит из нескольких пакетов, они располагаются в подкаталогах главного каталога модуля.

```
go mod init path/to/module/moduleName
```

```
module path/to/module/moduleName

go 1.24.4
```

Файл **go.sum** содержит контрольные суммы для тех версий модулей, от которых прямо или косвенно зависит этот модуль.

```
go mod tidy         #
go mod download     #
go mod verify       #
go mod graph        #
go mod why          #
```

МноGoзадачность: concurrency

- **concurrency** ~ одновременность = взаимодействие множества процессов, которые (в какие-то моменты) выполняются одновременно

"**Concurrency** is the *composition* of independently execution things." *– Rob Pike*

Concurrency — это способ структурировать программу, согласовывая взаимодействие процессов (возможно, выполняющихся одновременно).

Concurrency — это о том, как ***организовать*** одновременную обработку многих вещей («***dealing*** with a lot of things at once»).

В программе, спроектированной на основе **concurrency**, процессы не обязательно будут автоматически выполняться параллельно (например, из-за аппаратных ограничений).

- **parallelism** ~ параллелизм = параллельное выполнение множества процессов

"**Parallelism** is the simultaneous *execution* of multiple things." *– Rob Pike*

Parallelism — это параллельное выполнение нескольких (независимых, возможно, взаимосвязанных) процессов.

Parallelism — это о том, как ***выполнить*** обработку многих вещей параллельно («***doing*** a lot of things at once»).

Программа, спроектированная на основе concurrency, организует взаимодействие процессов, учитывая их возможный **параллелизм**.

МноGoзадачность: средства

Многозадачность в Go реализована на основе CSP (communicating sequential processes, C. A. R. Hoare, 1978).

Для управления многозадачностью в язык встроено несколько механизмов:

- Сопрограммы (goroutines) для распаралелливания выполнения:

```
go f()                  // запустить любую функцию как процесс
```

- Каналы (channel) для обмена данными и синхронизации выполнения:

```
channel <- value    // отправить значение в канал и ждать
value = <-channel   // ждать и получить значение из канала
```

- Выбор (select) для обработки нескольких потоков данных череез каналы:

```
select {
case <-ch2:          // ожидать, когда что-то появится в канале #1
case v2 := <-ch2:    // ждать и получить значение из канала #2
case ch3 <- v3:      // отправить в канал #3
default:             // обработать другое событие
}
```

МноGoзадачность: goroutines

Сопрограммы (goroutines) — это легковесные потоки, которые выполняются одновременно и управляются главным потоком (main go thread).

```
func f(n int) { println(n) }

func main() {
    for n := range 5 {
        go f(n+1) // запустить 5 экземпляров f() параллельно с main()

        // можно запустить анонимные функции
        go func () { println(n+1) }()

    }

    time.Sleep(1 * time.Second)
    println("Вышел зайчик погулять.")
}
```

МноGoзадачность: каналы

```
// объявить переменную для канал обмена данными указанного типа
    var channel chan T

// создать канал
    channel = make(chan T, размерБуфера)

// отправить значение в канал
    channel <- value
// и ждать, пока не будет прочитано значение из канала

// ждать, пока не будет записано значение в канал
// прочитать значение из канала в переменную
    value := <-channel

// прочитать из канала, игнорируя значение
    <-channel

close(channel)  // закрыть канал
```

Каналы: пример

```
    var club chan string          // объявить канал для строк, значение nil
    club = make(chan string)      // выделить память каналу для строк

// club <- "Разговор о Go"        // будет deadlock !!!
// отправить в канал значение параллельно
    go func() { club <- "Предложен разговор о языке Go" }()
    received := <-club            // получить значение из канала в переменную

    go sendMessage(club, "Разговор о языке Go запланирован.")
    go sendMessage(club, "Разговор о языке Go состоялся.")

    m2, m1 := <-club, <-club      // получить 2 сообщения
    close(club)
    message, ok := <-club         // проверить доступность канала
    if !ok {                      // канал закрыт
        fmt.Println("Разговор завершился.")
    }
```

```
func sendMessage(ch chan<- string, s string) {
    ch <-s
}
```

Инструменты: go *command*

```
    go command [arguments...]
The commands are:
    bug         start a bug report
    build       compile packages and dependencies
    clean       remove object files and cached files
    doc         show documentation for package or symbol
    env         print Go environment information
    fix         update packages to use new APIs
    fmt         gofmt (reformat) package sources
    generate    generate Go files by processing source
    get         add dependencies to current module and install them
    install     compile and install packages and dependencies
    list        list packages or modules
    mod         module maintenance
    work        workspace maintenance
    run         compile and run Go program
    telemetry   manage telemetry data and settings
    test        test packages
    tool        run specified go tool
    version     print Go version
    vet         report likely mistakes in packages
```

Инструменты: IDEs

▲ IDEs And Text Editor Plugins @ go.dev:

- **Visual Studio Code** + plug-in (Microsoft)
- **GoLand** (IDE by JetBrains)
- **LiteIDE** (open source and cross-platform Go IDE)
- **Komodo IDE** (cross-platform IDE with built-in Go support)

- **Komodo Edit** + plug-in (cross-platform text editor)
- **jEdit** (open-source, cross-platform text editor: Java)
- **Geany** (free cross-platform programmer's text editor)
- **Notepad++** (text & source code editor: Windows)
- **Kate** (cross-platform text editor with Go support out-of-the-box: KDE)
- **Sublime Text** (commercial text editor: macOS, Windows, Linux)
- **TextMate** (commercial text editor: macOS)
- **vim** & **Neovim**+ vim-go plugin (open-source, cross-platform text editor)

... Atom, BBEdit, Chime, CodeLobster IDE, Coding Rooms, emacs, Gitpod, IDEone, Jdoodle, OneComplier, OnlineGDB, Micro, Nova, zed, Zeus IDE, ...

Распространение

Go **применяется** в *(> 40% IT technology companies worldwide)*:

Alibaba, Amazon, American Express, **Apple**, Armut (*C#→Go*), **Baidu**, BBC, bitly, Canonical, Capital One, CERN, Cloudflare, Cockroach, DataDog, Docker, DropBox *(Python→Go)*, GitHub, **Google**, gov.uk, **IBM**, InfluxDB, Intel, K8s, Kubernetes, **Meta**, **Microsoft**, Monzo, **Mozilla** (*Rust & Go*), Netflix (*Java→Go*), New York Times, **Oracle**, PayPal, Pinterest, Reddit, Slack, Salesforce *(Python, C→Go)*, SendGrid, Stream *(Python→Go)*, SoundCloud, Terraform, The Economist, Twitch, **Twitter**, Uber, Walmart, YouTube, *многих других организациях и проектах open-source.*

В **России** (всеми крупными компаниями):

Яндекс, ЦУМ, УГМК-Телеком, Точка, Т-Банк, Совкомбанк Технологии, **СберТех**, Ростелеком, Онлайн-кинотеатр Иви, **МТС**+MWS, Магнит.Tech, Лаборатория Касперского, ИТ-Холдинг Т1, ИнГосСтрах Банк, Домклик, Группа Астра, ГНИВЦ, АйТи Инновация, YADRO, X5 Digital, **VK**, Viasat Tech, Tutu, **Tele2**, Selectel, S8.Capital, **Ozon**, Okko, **Mail.ru**, Lamoda Tech, iSpring, IBS, Cloud.ru, Boxberry: IT, **Beeline**, **Avito**, 2GIS *и многие другие...*

Применение

Области применения ▲ Go:

- DevOps & SRE ▲ (Development Operations & Site Reliability Engineering)
- Cloud & Distributed Network Services ▲
- Web Development ▲ (frameworks, toolkits, engines, servers)
- System Automation & CLIs ▲, Utilities & Stand-Alone Tools
- ... multi-platform GUI apps (fyne.io)
- ... AI clients via API & libraries (TensorFlow in Go, etc.)
- … IoT & embedded systems (TinyGo)

Software на Go:

Allegro *(eCommerce)*, **AmneziaWG**, **AKS** [Azure Container Service] @ Microsoft, AresDB @ *Uber*, Buffalo *(web framework)*, Caddy *(web server)*, CockroachDB, Digger *(IaC)*, **Docker**, Drone *(CD)*, **DropBox** *(backend)*, ent @ *Meta*, Genkit, Flamingo *(web framework)*, Gin *(web framework),* Gitlab Runner, **Google Cloud**, Gorilla *(web toolkit)*, **Grafana**, Hugo *(website engine)*, InfluxDB, JuiceFS, **Kubernetes**, LangChainGo, **LocalAI**, LXD @ *Canonical*, **Mattermost** *(messaging platform),* Monzo *(banking app)*, **Ollama** (89%), **PayPal**, **Prometheus** *(monitoring & alerting toolkit)*, Rend *(large scale data caching @ Netflix)*, **SoundCloud**, Soundscape *(music streaming server)*, **Terraform** *(IaC)*, Timesheets *(project management),* Twitch *(live-streaming)*, VITESS @ *YouTube*, **Zabbix** agent2, …

Top 60+ Open-source Apps Written with Golang in 2024 ▲

Популярность: рейтинги

TIOBE index ▲ (since 2009):
- Now: **#7** (Apr 2025) ← #13 (Nov 2023)
- Highest Position (before): #7 (Apr 2024)
- Lowest Position: #122 (May 2015)
- Language of the Year: 2009, 2016

Cloudflare Radar ▲ API Client Language popularity: **#1** (2024)
GitHub Octoverse ▲ Top 10 fastest growing languages in 2024: **#3**
JetBrains ▲ Language Promise Index: **#4** (2024)
IEEE Spectrum ▲ Top Programming Languages: **#8** (2024)
Crossover ▲ Top 10 In-Demand Programming Languages for 2025: **#10**
ZDnet ▲ The most popular programming languages in 2025: **#10**
StackOverflow ▲ **#11** Most popular techs: language (professionals) (2024)
PYPL ▲: **#12** (May 2025)
RedMonk ▲ Programming Language Rankings: **#12** (Jun 2024)
Statista ▲ Most used programming languages among developers (2024): **#12**
GeeksForGeeks ▲ 20 Best Programming Languages to Learn in 2025: **#13**

Is Golang Still Growing? Go Language Popularity Trends in 2024 @ JetBrains

** я не учитывал в индексах позицию HTML/CSS*

Go: критика

При разработке и развитии программных комплексов, написанных на Go, выделяют следующие недостатки:

- Синтаксис слишком простой, мало syntactic sugar.
- Синтаксис непривычный: использование [] в типах параметров и в интерфейсах при ограничениях снижает читабельность.
- Нет настоящего ООП.
- Ограниченный вывод типов (inference): явное указание типов параметров: reduces the simplicity and reduces boilerplate code benefits.
- Ограничения (constraints) задаются только интерфейсами и могут ограничивать гибкость generics в определённых сценариях работы.
- Явная обработка ошибок: смущает разработчиков, кто привык к исключениям (многословность, нет прерывания потока выполнения).
- Нет перегрузки функций (function overloading).
- no support operator overloading or keyword extensibility, no support immutability declarations.
- Не хватает значений по умолчанию для параметров функций (default values for arguments).
- Использование nil и weak type safety?
- Диспетчер сопрограмм (goroutines scheduler) управляет выполнением goroutines, что может привести к недетерминированному поведению.
- Сборщик мусора иногда вносит недопустимые задержки при выполнении программ.
- Странный шаблон при форматировании даты и времени.
- Нет проверки значений на соответствие перечислению, объявленному через iota.
- В некоторых случаях требуется более низкоуровневое управление распределением памяти, как в Rust.
-

Многие компании сочетают применение Go с использованием других новых языков, таких как Rust (Rust vs. Go: Why They’re Better Together ▲).

Мои впечатления от Go

Синтаксис простой, но с некоторыми непривычными конструкциями.
Логично спроектирован, предсказуем. Исходники хорошо понимаются.
Непривычно после динамического Ruby: все объявления и преобразования надо делать явно.

Очень строгий: переменная не используется – код компилироваться не будет!
Strong typing и другие строгости важны для надёжности больших программ.
Явная работа с ошибками дисциплинирует программиста: о них надо думать постоянно.
Убедился в преимуществах отказа от традиционного ООП в пользу объектного подхода в Go.
Интерфейсы в Go — основа динамичности и гибкости при разработке.

Довольно низкоуровневый: напоминает Си – вспомнил молодость!
Очень быстро компилируется. Удобно сразу выполнить: `go run program.go`
Легко скомпилировать исполняемую программу для другого «железа» и ОС.
Действительно очень быстро выполняется: переписывал на Go с Python и Ruby.

Много *стандартных* библиотек – на все случаи жизни.
Легко подключать сторонние модули.
Хорошая документация на библиотеки (с исполняемыми примерами).
Много сайтов с примерами – изучать легко.

Наверное, это последний язык, разработанный «классиками», которые создали Unix.

Книг много *(лучше читать на английском)*

Ссылки ▲

- **go.dev/** // Официальный сайт языка
- **go.dev/play/** // Go Playground ~ выполнение в браузере
- **go.dev/ref/spec** // **Спецификация языка** (!!!)
- **go.dev/doc/** // Документация
- **go.dev/doc/code** // How to Write Go Code
- **pkg.go.dev/std** // стандартная библиотека
- **gobyexample.com** // Go в примерах
- **go.dev/doc/modules/layout** // Структура каталогов
- **github.com/golang-standards/project-layout** // Стандартный макет [большого] Go проекта

- **tour.golang.org** // Экскурсия по возможностям Go
- **golangdocs.com** // примеры конструкций
- **appliedgo.net/why-go/** // 15 Reasons I Love Go
- **awesome-go** // libraries for everything...

- **go.dev/doc/effective_go** // "Effecive Go" бесплатная web-книга
- **gopl.io** // "The Go Programming Language" by A.A.A.Donovan & B.W.Kernighan

- **w3schools.com/go/** @ w3schools // Справочник
- **Самоучитель по Go для начинающих** @ proglib.io // Самоучитель
- **Дорожная карта Go-разработчика** @ proglib.io // План изучения
- **lyceum.yandex.ru/go** // Яндекс-лицей: Программирование на Go
- **Книги по Go** @codelibs.ru //

- **tinygo.org** // TinyGo

Готов ответить на вопросы

Ссылка на презентацию

???

Словарик

communicating sequential processes ~ взаимодействие последовательных процессов
concurrency ~ свойство программы, допускающее одновременное выполнение нескольких вычислительных процессов
CSP = communicating sequential processes
gopher ~ программист на Go
goroutine ~ подпрограмма, возможно, выполняемая параллельно
multitasking ~ многозадачность
parallelism ~ параллелизм = параллельное выполнение вычислений
process ~ процесс
subprocess ~ подпроцесс
subtask ~ подзадача
task ~ задача