Язык программирования

Знакомство

расскажет Михаил В. Шохирев

Клуб программистов
Шадринск
2024-2025

О чём поGOворим

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

Цели: зачем создавался язык. Улучшение *технологии 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.

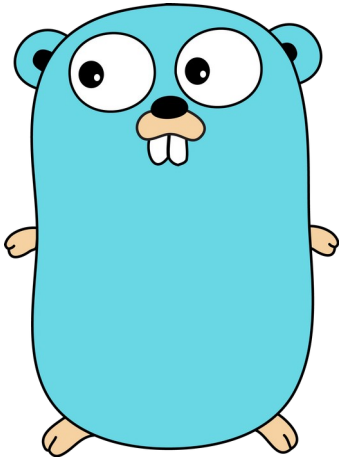
Интерфейсы: типы для действий (contracts), ограничения (constraints) для generics.

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

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

Применение: где, как и почему лучше использовать Go. Рейтинги.

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, Rob Pike, Ken Thompson – *в течение года им никто не мешал спокойно проектировать язык. В язык включалось только то, что было одобрено всеми тремя создателями, каждый из которых имел ценный опыт разработки разных языков программирования.*

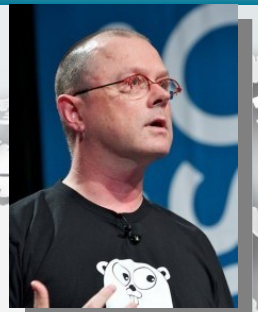
Разработчики: команда в Google + Go community.

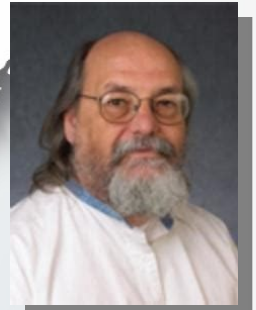
Цель: система программирования для разработки больших надёжных высоконагруженных быстро работающих серверных программных комплексов с распараллеливанием выполнения, которые будут развиваться в течение длительного времени большой командой разработчиков.

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: создатели

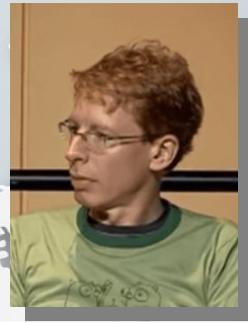




Ken Thompson, *США*
(«старая инженерная школа»):
разработчик языка C, ОС Unix, Plan 9, Inferno, grep, ed, QED, UTF-8.

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

«Нашей изначальной целью было не разработать новый язык программирования, а создать лучший способ писать программы.»

Rob Pike

Go: как достигнуты 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 распределённая *система управления внешними пакетами* с идентификацией по URL;
- мощный набор *стандартных инструментов* всегда под рукой: `go` *`command`*, `go tool` *`command`*;
- заложены *широкие возможности для 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 improvement of compiled code.
2015-08-19	go1.5: compiler & runtime written in Go (+ a little assembler); dynamic libraries.
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.
2025-08-12	go1.**25**: experimental GC (10-40% faster), many changes in the standard library.

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/
```

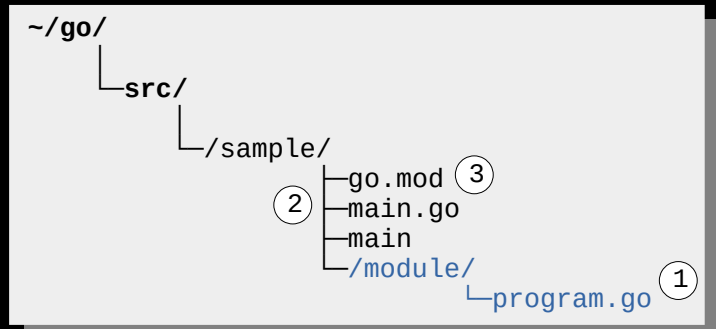
Пример *с приветом*

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

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 доступны вне пакета
  }
  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
```

Каталоги и пути

```
$ echo $GOROOT
/usr/local/go
$ echo $GOPATH
~/go

$ cd $GOPATH/src

$ mkdir sample && mkdir sample/module
$ cd sample/module

# 1. Напишите program.go, которая будет использоваться в main.go.

$ cd $GOPATH/src/sample
# 2. Напишите main.go, которая делает import "sample/module"

# 3. Объявите модуль sample в go.mod
$ go mod init sample

$ go run main.go

$ go build main.go
$ ./main
```



// go.mod

```
module sample
go 1.25.1
```

// main.go

```
package main

import "sample/module"

func main() {
    object := module.Type{}
    object.Method()
}
```

// module/program.go

```
package module

type Type struct {
}

func (t Type) Method() {
    println("Method() of Type")
}
```

Синтаксис: особенности

Простой синтаксис. Минимум синтаксических конструкций. Однозначное выражение действий (без TIMTOWTDI).
Каждое утверждение (statement) начинается с ключевого слова (25 keywords). Исходники в UTF-8.

Ошибки – это тип данных **`error`**. Нет исключений (exceptions). Есть `panic()` и `recover()`.
Нет классов, но в `struct` описываются поля, и для всех типов данных можно определять методы: `func (o T)m()`.
`inteface` описывает тип с набором методов, другие типы могут неявно соответствовать интерфейсу, реализуя этот набор.

`;` 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 — полноценные типы: multiple return values, named return values, bare return, variadic functions, anonymous functions.
`func init() { }` // инициализирующие функции в файлах пакета.
`defer` f() // отложенное исполнение действий перед завершением функции: появилось в Go.
`go f()` // запустить любую функцию как goroutine.
Каналы: `channel` <- value; value <- channel; `select / case / default` // переключение каналов

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!

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()
}
```

```
if выражение; условие { // if x:=f(); x > 0
    действие1()
} else {
    действие2()
}
```

```
switch выражение; условие {
    case значение1:
        действие1()
    case значение2, значение3:
        действие23()
        fallthrough
    case значениеN:
        действиеN()
        break
    default:
        действиеПоУмолчанию()
}
```

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

```
switch значение := интерфейс.(type) {
    case значениеТипа1:
        действие1()
    case значениеТипаN:
        действиеN()
}
```

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)
}
```

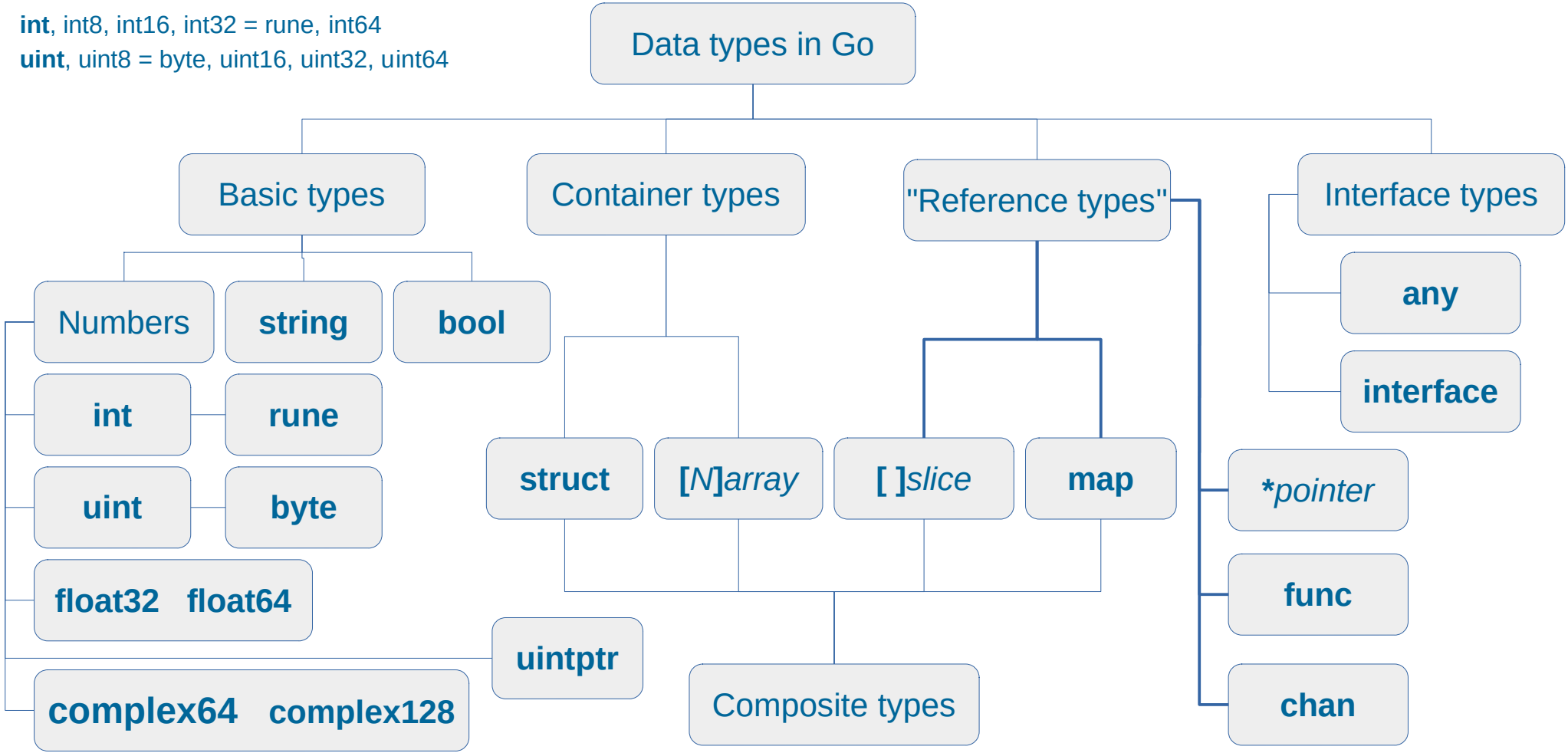
```
// перебор array или slice
for индекс, элемент := range коллекция {
    обработка(данных)
}
```

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

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

Типы данных

int, int8, int16, int32 = rune, int64
uint, uint8 = byte, uint16, uint32, uint64



Константы: const

Безтиповые константы (untyped constants): // математически точные, не требуются указания типа (-42LL, 7UL, etc.)

```
const (
    e  = 2.71828182845904523536028747135266249775724709369995957496696763
    π  = 3.14159265358979323846264338327950288419716939937510582097494459
    π2 = π * π
)
var pi2 float32 = π2 // при использовании значение константы усекается до размера типа
```

Константы с заданным типом (typed constants):

```
const (
    b byte = 0Xf                                    // байт
    x complex128 = 2+5i                             // комплексное число
    Big float64 = 1 << 100                          // с плавающей точкой: 1 со 100 нулями
    i int32 = -273                                  // целое
    Go rune = '碁'                                  // символ
    language string = "Go"                          // строка
)
```

Предопределённые константы (predefined constants):

```
var zeroPointer *int = nil                          // nil нельзя присвоить константе
const t, f bool = true, false                       // логические значения

type Weekday int                                    // авто-увеличение значений
const ( Sun Weekday = iota; Mon; Tue; Wed; Thu; Fri; Sat ) // 0;1;2;3;4;5;6
```

Объявление и присваивание: var

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

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

// объявление новой переменной и присваивание значения (в функции)
    j := 25                   // 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 User struct {                      // объявление типа Structure1
        id int                              // с полями
        name, password string               // разных типов
    }

    u := User {                             // объявление переменной и
        name: "Ken Thompson",               // инициализация полей значениями
        id: 42,                             // по именам (не всех) полей
    }

    var u2 User                             // объявление переменной
    u2 = u                                  // присваивание значения

// объявление переменной и инициализация полей значениями по порядку
    u3 := User{u.id, u.name, u.password} // следования полей

    var u4 User = User{}                    // инициализация пустой структурой
```

"Ссылочные типы": ~reference types

pointer ~ указатель:

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

Эти типы ведут себя как ссылочные:

slice ~ срез = динамический массив (переменной длины):

```
    s1 := []string{"Ken", "R.Pike", "R.Griesemer"}
    s2 := s1
    s2[0] = "K.Thompson"              // s1 и s2 ссылаются на ["K.Thompson", "R.Pike", "R.Griesemer"]
```

map ~ хэш = ассоциативный массив = словарь = отображение = «карта»:

```
    h1 := map[string]float64{"latest": 1.24}
    h2 := h1
    h2["latest"] = 1.25               // h1 и h2 ссылаются на {"latest": 1.25}.
```

channel ~ канал для синхронизации и обмена данными

```
    ch1 := make(chan int)
    ch2 := ch1                        // ch1 и ch2 ссылаются на один и тот же канал
```

function ~ тип функция как значение переменной

```
    f1 := func() { println("Go") }
    f2 := f1                          // f1 и f2 ссылаются на одну и ту же функцию
```

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 (переменной длины):

```
primes := []int{2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23}
messages := make([]string, 0, 1024)
messages = append(messages, "OK")
```

map[*KeyType*]*ValueType* // 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.
package main

func main() {
   обработка(данных)
}

// в каждом пакете может быть несколько «инициализирующих» функций,
func init() {
    инициализация(&данных)
}
// которые выполняются при загрузке пакета в порядке их описания
func init() {
    инициализация_других(&данных)
}
// и могут располагаться в разных файлах этого пакета
```

Функции: func

```
// функция без возвращаемого значения = процедура
    func debug(m string) { println(m) }
    debug("побочный эффект")

// функция с одним возвращаемым значением
    func save(u User) (error) { e := database.update(u); return e }
    err := save(newUser)

// функция с одним именованным возвращаемым значением
    func save(u User) (e error) { e = database.update(u); return }
    err := save(newUser)

// функция с несколькими возвращаемыми значениями: возможно, именованными
    func add(u User) (id int, e error) { id, e = database.insert(u); return id, e }
    userId, err := add(newUser)

// функция с переменным списком параметров = variadic function
    func saveAll(users ...User) (e []error) { e = database.updateAll(users); return s }
    arguments := []User{user1, user2, user3}
    result1 = saveAll(arguments...)
    result2 = saveAll(user4, user5, user6)

// в функции передаются копии значений аргументов
```

Типы-функции: func type

type *ИмяТипа* **func**(*типы, параметров*) (*типы, возвращаемых, значений*)

```
    type F1 func(int, int) int            // тип функции = её сигнатура

// у любой функции есть тип, например: func(int, int) int
    func add(x, y int) int { return x+y } // соответствует типу F1

// функция как значение переменной
    var f1 F1 = add                       // присваивание объявленной функции
    fa := func() { println("anonymous") } // анонимная функция типа func()

// функция как возвращаемое значение
    func returnsFunc() F1 { return add }  //
    f2 := returnsFunc()
    y := f2(40, 2)

// функция как параметр
    func receivesFunc(a, b int, f F1) (r int) { 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() { 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) valueType { /* body */ }
```

```
type Celsius float32
func (t Celsius) String() string { return fmt.Sprintf("%g°C", t) }
var t Celsius = 37.0
println(t.String())    // 37°C


type Album struct { name, artist string; year, length int; media string }
a := Album{"Pink Floyd", "Dark Side of the Moon", 1973, 44, "катушка 18 см"}

type TapeRecorder struct {
    Model string
}
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{model: "Нота 203-1 стерео"}
recorder.play(a)
```

Объектное программирование: type struct + func

```
// Нет классов, но можно описывать типы объектов на основе struct:
package user
type User struct {
    login, 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 обычная функция, которую можно назвать New или NewUser
func New(l, e string) (u User) { u = User{login: l, email: e}; return u }

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

«Object- but not type-oriented»
D.Griesmer

Интерфейсные типы: interface types

interface – это абстрактный тип данных для описания поведения: описывает набор функций (set of method signatures):

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

    var icq, skype, whatsapp, viber, signal, discord Messenger
// Объявлены переменные абстрактного типа, которым можно присваивать значения типов,
// соответствующих контракту (интерфейсу);
// но пока у них нет конкретного типа (реализации), а значение = nil

// Конкретный тип будет неявно соответствовать ранее описанному  интерфейсу,
// если реализует все методы этого интерфейса
    type Telegram struct { api TelegramAPI }
    func (t Telegram) Send(u, m string) (e error) { e = api.send(u, m); return e }
    func (t Telegram) Receive() (m string, e error) { m, e = api.receive(); return m, e }

// у абстрактного типа динамически появляется конкретный тип (underlying type) и значение
    var telegram Messenger = Telegram{ api: tg.NewClient(userID) }
    telegram.Send("@pirogov", "Знакомство с языком Go")   // вызывается реализованный метод
```

Интерфейсы: embedding

```
// Интерфейс также может включать в себя (embed) другие интерфейсы:

    type Reader interface { Read(b []byte) (int, error) }
    type Writer interface { Write([]byte) (int, error) }

    type File interface{
        Reader                  // embedded interfaces
        Writer
        Seeker
        ReaderAt
        WriterAt
        Closer
    }

// Конкретный тип может соответствовать (satisfy) нескольким интерфейсам
    type Telegram struct { /* ... */ }
    func (t Telegram) Read(b []byte) (int, error) { /* ... */ }


// any == interface{}                   // пустой интерфейс
    type AnyTypeSatisfyMe interface{}   // ему соответствует объект любого типа
```

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())
    }
```

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 до модуля (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-club.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.

МноGoзадачность: concurrency

- **concurrency** ~ одновременность = взаимодействие множества процессов, которые могут выполняются одновременно, если позволяет «железо» и ОС

"**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**.

If you have only one processor, your program can still be concurrent but it cannot be parallel.

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* [аргументы...] # в одну команду **go** интегрированы все команды:

bug	оформить отчёт об ошибке (bug report)
build	собрать исполняемую программу со всеми зависимостями
clean	удалить объектные файлы и почистить файлы в кэше
doc	показать документацию на пакет
env	вывести информацию о переменных окружения для Go
fix	обновить пакеты с изменениями в API
fmt	переформатировать исходники к стандартному виду
generate	сгенерировать файлы Go по указаниям в исходниках
get	скачать и установить пакеты, импортированные в этом модуле
install	скомпилировать и установить пакеты и зависимости
list	вывести список пакетов или модулей
mod	подкоманды для обслуживания файла go.mod
work	подкоманды для обслуживания workspace
run	скомпилировать и сразу выполнить программу на Go
telemetry	управлять настройками и данными телеметрии
test	выполнить тесты для пакетов: ./... # для всех
tool	запустить указанный инструмент
version	вывести версию Go
vet	сделать отчёт о потенциально ошибочных конструкциях в пакетах

Инструменты: go tool

go tool [-n] *command* [*arguments*...] # запускает такие инструменты:

addr2line читает адреса и выводит имена функций & место в исходнике (file:line)
asm ассемблирует *x.go* в *x.o*, чтобы объединить с другими объектами в архив пакета
buildid выводит или перезаписывает (с *-w*) *build ID* в указанном файле
cgo преобразует исходные Go файлы в несколько исходных Go и C файлов
compile компилирует файлы пакета в один объектный файл
covdata генерирует отчёты из выходных файлов coverage testing (2-го поколения)
cover анализирует данные покрытия сгнерированные '*go test -coverprofile=cover.out*'
doc == *go doc*
fix находит программы со старыми API и исправляет их для использования новых API
link объединяет главный объектный файл и зависимости в исполняемый двоичный файл
nm выводит список символов из объектного / исполняемого файла или архива
objdump дизассемблирует исполняемые файлы
pack простая версия традиционной Unix-команды *ar* с нужными для Go операциями
pprof средство визуализации и анализа метрик о выполнении (performance profile)
preprofile делает промежуточное представление данных pprof для применения в PGO
test2json преобразует вывод *go test* в машинно-читаемый поток JSON
trace средство просмотра файлов трассировки, сгнерированных *go test -trace*
vet изучает исходники на Go и делает отчёт о подозрительных конструкциях

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, ByteDance (TikTok/Douyin), Canonical, Capital One, CERN, **Cloudflare**, Cockroach Labs, Curve, DataDog, Dailymotion, **Docker**, DropBox *(Python→Go)*, GitHub, **Google**, gov.uk, Heroku, Huawei, **IBM**, InfluxDB, Intel, K8s, Kubernetes, **Meta**, **Microsoft**, Monzo Bank, **Mozilla** (*Rust & Go*), Netflix (*Java→Go*), New York Times, **Oracle**, PayPal, Pinterest, Qiniu, **Reddit**, RedHat, Riot Games, Slack, Salesforce *(Python, C→Go)*, SendGrid, Stream *(Python→Go)*, SoundCloud, Terraform, The Economist, The New York Times, **Twitch**, Uber, Walmart, YouTube, **X / Twitter**, *многих других организациях и проектах* ***open-source***.

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

Яндекс, ЦУМ, УГМК-Телеком, Точка, Т-Банк, Совкомбанк Технологии, Ситимобил, **СберТех**, Ростелеком, Онлайн-кинотеатр Иви, **МТС**+MWS, МойОфис, Магнит.Tech, **Лаборатория Касперского**, Купер, ИТ-Холдинг Т1, ИнГосСтрах Банк, Домклик, Группа Астра, ГНИВЦ, АйТи Инновация, YADRO, X5 Digital, Wildberries, **VK**, Viasat Tech, Tutu, **Tele2**, Selectel, S8.Capital, **Ozon**, Okko, **Mail.ru** Group, Lamoda Tech, iSpring, IBS, Delivery Club, 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*, bilibili *(online video sharing)*, Buffalo *(web framework)*, Caddy *(web server)*, CockroachDB, Digger *(IaC)*, **Docker**, Drone *(CD)*, **DropBox** *(backend)*, ent @ *Meta*, GenKit *(AI)* @ *Google*, Flamingo *(web framework)*, Gin *(web framework),* Gitlab Runner, **Google Cloud**, Gorgonia *(ML)*, 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: **#8** (Aug 2025) ← #13 (Nov 2023)
- Highest Position (before): #7 (Apr 2024)
- Lowest Position: #122 (May 2015)
- Language of the Year: 2009, 2016

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

Cloudflare Radar ▲ API Client Language popularity: **#1** (2024)
JetBrains ▲ Top-paid employees by programming language: **#2** (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**

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

Go: критика

При критике языка Go упоминаются следующие недостатки:

- Синтаксис слишком простой, мало syntactic sugar.
- Синтаксис непривычный: использование [ ] в типах параметров и в описании ограничений для generics снижает читабельность.
- Нет полноценного ООП.
- Ограниченный вывод типов (inference): явное указание типов параметров снижает простоту и выгоды от шаблонного кода.
- 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).
- Нет перегрузки операций (operator overloading) или добавления ключевых слов (keyword extensibility).
- Нет возможности объявить неизменяемость (immutability declarations), кроме const.
- Не хватает значений по умолчанию для параметров функций (default values for arguments).
- Использование nil и weak type safety?
- Диспетчер сопрограмм (goroutines scheduler) управляет их выполнением, что может привести к недетерминированному поведению.
- Сборщик мусора иногда вносит недопустимые задержки при выполнении программ.
- Странный шаблон при форматировании даты и времени: "Mon Jan 2 15:04:05 -0700 2006".
- Нет проверки значений на соответствие перечислению, объявленному через iota.
- В некоторых случаях требуется более низкоуровневое управление распределением памяти, как в Rust.

По-моему, эти претензии предъявляют те, кто не понял, для чего создавался Go, и хотят сделать из него другой язык.

Во многих проектах разработчики сочетают применение Go с использованием других новых языков: Rust vs. Go: Why They're Better Together ▲.

Мои впечатления от Go

Синтаксис лаконичный, 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, но современный и более надёжный.
Очень быстро компилируется. Удобно сразу выполнить: `go run program.go`
Легко скомпилировать исполняемую программу для другого «железа» и ОС.
Действительно очень быстро выполняется: переписал на Go с Python и Ruby, сравнил скорость.

Очень много *стандартных* библиотек – на все случаи жизни.
Легко подключать и обновлять сторонние модули.
Хорошая документация на библиотеки (с исполняемыми примерами).
Много сайтов с примерами – изучать легко.
Хорошие инструменты в комплекте — можно писать без IDE.

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

Книг много *(лучше читать на английском: свежие версии и без ошибок перевода)*

Ссылки ▲

- **go.dev/** // Официальный сайт языка
- **go.dev/play/** // Go Playground ~ выполнение в браузере
- **go.dev/ref/spec** // **Спецификация языка** (!!!)
- **github.com/golang/go** // Исходники
- **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** // Подборка библиотек и инструментов: для всего

- **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
- **start.practicum.yandex/go-basics/** // Яндекс-практикум: Основы Go
- **Книги по Go** @codelibs.ru // Учебники по Go

- **tinygo.org** // TinyGo: Go on embedded systems & WebAssembly

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