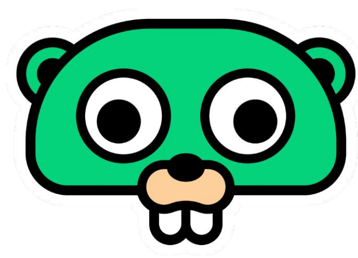
Понимание ассемблера

Go

Панасюк Игорь

Бэкенд-разработчик
Яндекс Финтех



GoFunc

Яндекс

О чем поговорим

1. $go:string."Зачем?"[58]

О чем поговорим

1. $go:string."Зачем?"[58]
2. $go:string."Предыстория"[58]

Я

О чем поговорим

1. $go:string."Зачем?"[SB]
2. $go:string."Предыстория"[SB]
3. $go:string."Умные слова"[SB]

О чем поговорим

1. $go:string."Зачем?"[SB]
2. $go:string."Предыстория"[SB]
3. $go:string."Умные слова"[SB]
4. $go:string."Синтаксис"[SB]

О чем поговорим

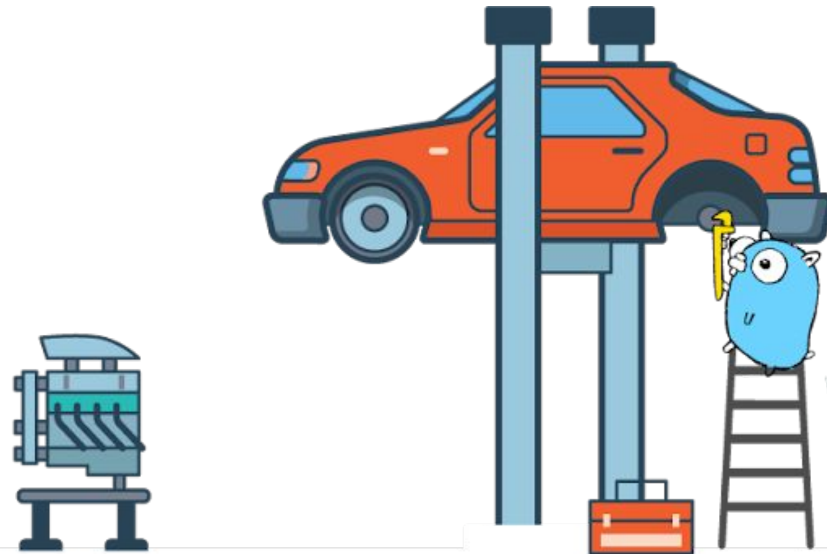
1. $go:string."Зачем?"[SB]
2. $go:string."Предыстория"[SB]
3. $go:string."Умные слова"[SB]
4. $go:string."Синтаксис"[SB]
5. $go:string."Примеры"[SB]

О чем поговорим

1. $go:string."Зачем?"[SB]
2. $go:string."Предыстория"[SB]
3. $go:string."Умные слова"[SB]
4. $go:string."Синтаксис"[SB]
5. $go:string."Примеры"[SB]
6. go:string."Выводы" SRODATA dupok size=12

Wikipedia

Ассемблер — это **низкоуровневый язык** программирования, который представляет собой промежуточное звено между **машинным кодом** и **высокоуровневыми** языками программирования



01;

Зачем нам вообще этот ваш ассемблер

Мотивация

```go
func SliceContainsV0(s []uint8, target uint8) bool {
    return slices.Contains(s, target)
}
```

Мотивация

```go
func SliceContainsV0(s []uint8, target uint8) bool {
    return slices.Contains(s, target)
}

func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
```

Мотивация

```go
func SliceContainsV0(s []uint8, target uint8) bool {
   return slices.Contains(s, target)
}

func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
```

```
go test -bench=. -benchmem -cpu=1
goos: darwin
goarch: arm64
pkg: asm/simd/slice_contains
cpu: Apple M3 Pro
BenchmarkSliceContains/SliceContainsV1     63768     18330 ns/op     0 B/op     0 allocs/op
BenchmarkSliceContains/SliceContainsV0      4381    256653 ns/op     0 B/op     0 allocs/op
```

Мотивация

DEG · RAD

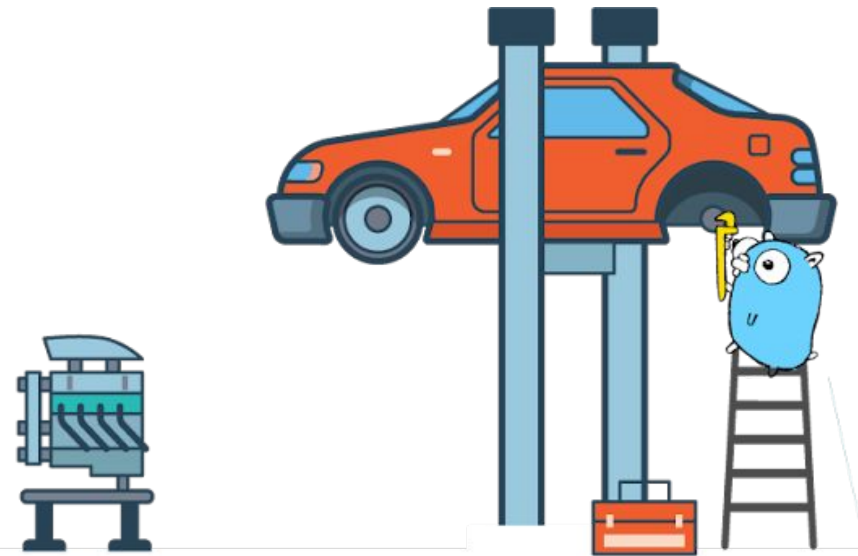
256653 / 18330 = 14,0018003273

14,0018003273

x^y	x!	±	C	( )	%	÷
asin	sin	1/x	7	8	9	×
acos	cos	√	4	5	6	−
atan	tan	ln	1	2	3	+
lg	π	e	0		,	=

Rob Pike

Also, perhaps most important: it is how we talk about the machine. Knowing assembly, even a little, means understanding computers better.



[The Design of the Go Assembler by Rob Pike]

02;

Предыстория

Или что за зверь такой Plan 9

Предыстория

Bell Labs

- Plan 9 operation system

Предыстория

Bell Labs

- Plan 9 operation system
- Plan 9 assembler

Go ассемблер

- На первой же странице документации ссылается на Plan 9

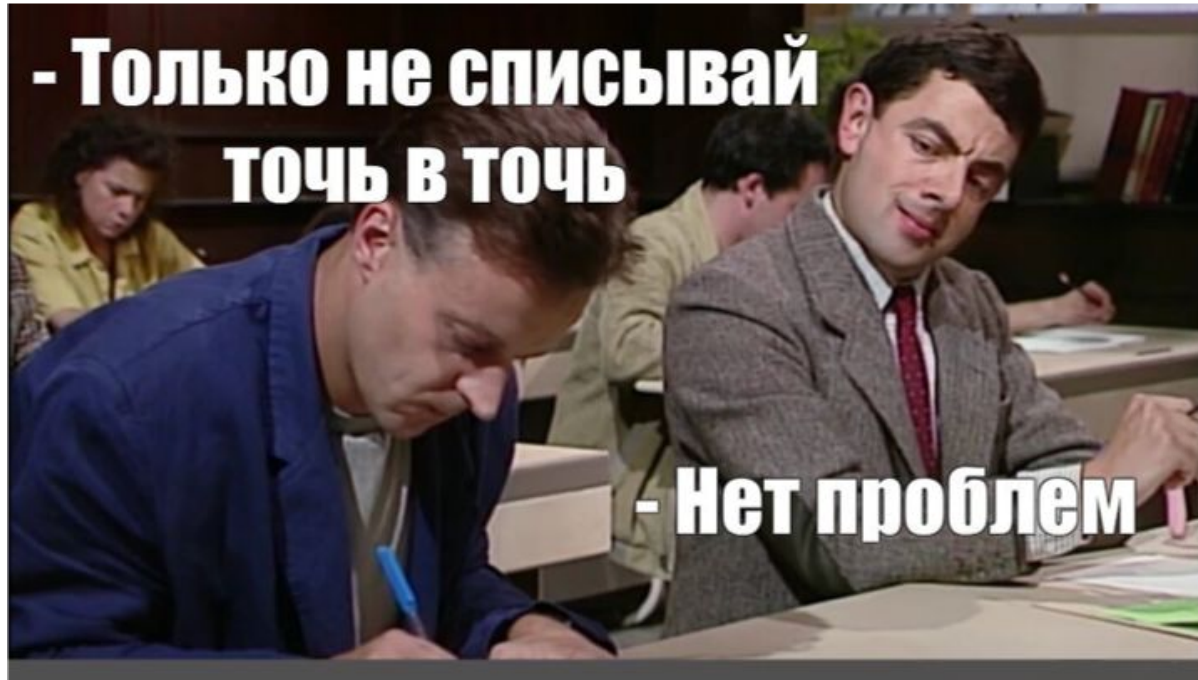
A Manual for the Plan 9 assembler

Rob Pike

rob@plan9.bell-labs.com

https://golang.google.cn/doc/asm

Plan 9 and Go assemblers




```
// go assembler
TEXT sum(SB), NOSPLIT, $0
   MOVD first+0(FP), R0
   MOVD second+8(FP), R1
   ADD R0, R1
   MOVD R1, ret+16(FP)
   RET

// Plan 9 assembler
TEXT sum(SB), $0
   MOVL    arg1+0(FP), R0
   ADDL    arg2+4(FP), R0
   RTS
```

Стандартная библиотека

- math
- crypto
- reflect
- runtime
- sync
- syscall
- internal packages

Предыстория

Go assembler

- Базируется на Plan 9 assembler

Предыстория

Go assembler

- Базируется на Plan 9 assembler
- Является частью Go toolchain

Предыстория

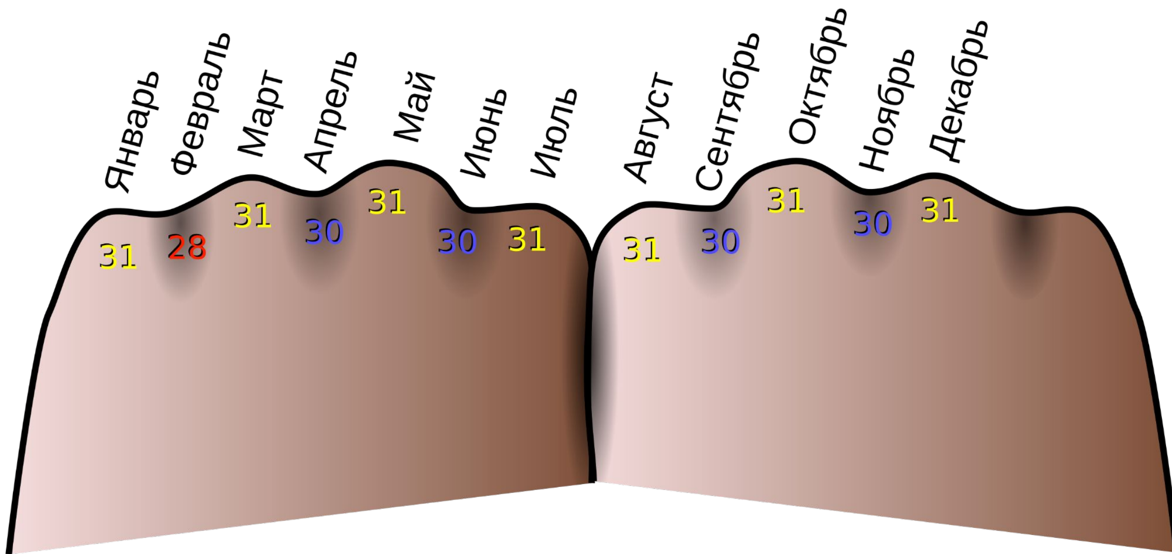
Go assembler

- Базируется на Plan 9 assembler
- Является частью Go toolchain
- Изначально был добавлен в язык для рантайма

03;

Умные слова

Мнемоника



Способ легче запоминать информацию

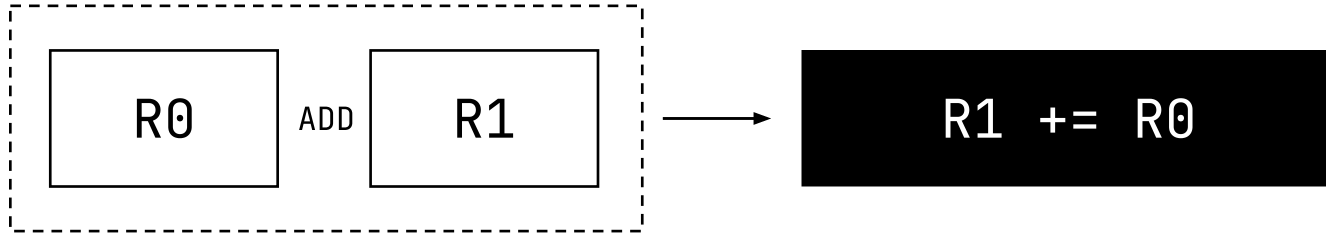
CALL - 0xf

MOVD - 0x123

ADD - 0x777

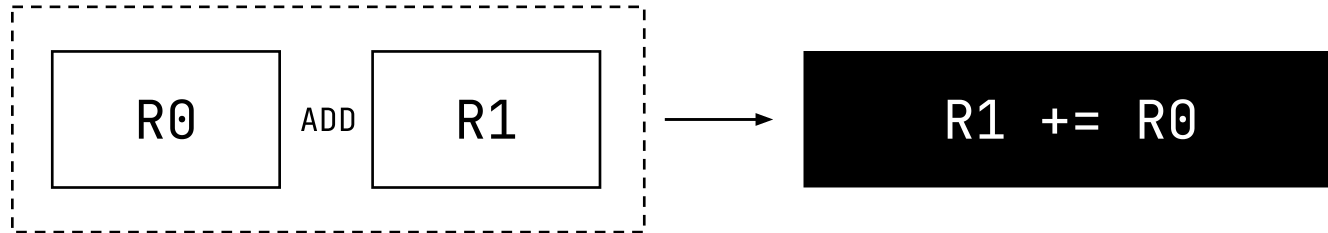
RET - 0x444

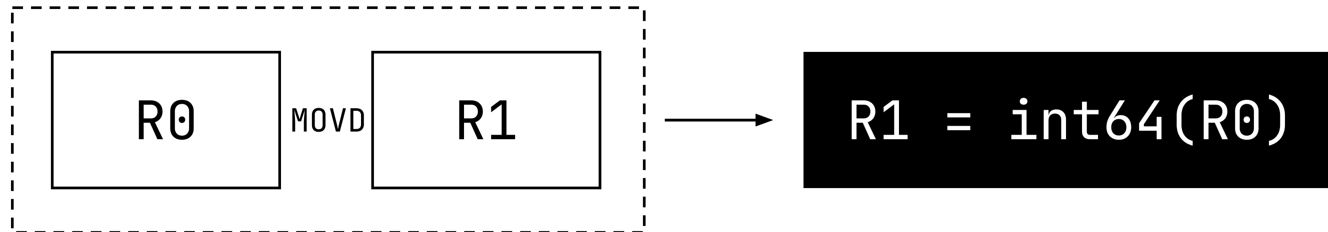
Регистр и память



[Difference Between SRAM and DRAM]

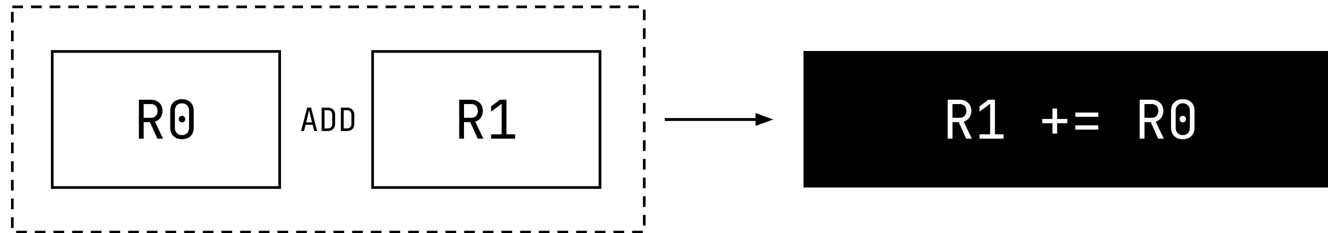
Регистр и память

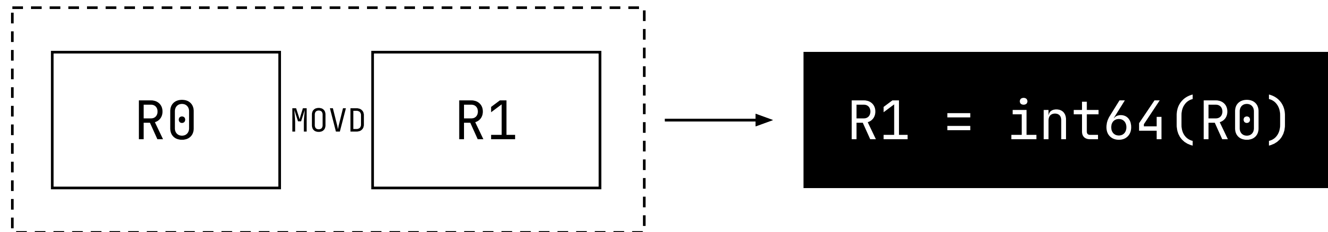


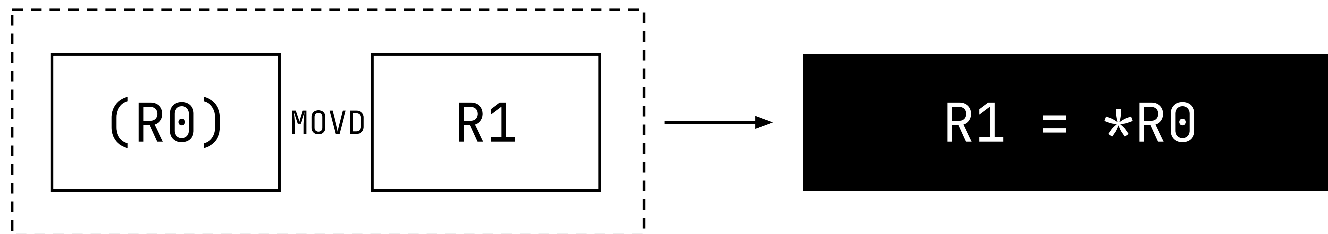


[Difference Between SRAM and DRAM]

Регистр и память







Difference Between SRAM and DRAM

Архитектура

```go
func main() {
    println(runtime.GOOS)   // darwin
    println(runtime.GOARCH) // arm64
}
```

Архитектура

```go
func main() {
    println(runtime.GOOS)   // darwin
    println(runtime.GOARCH) // arm64
}
```

GOOS: aix, android, darwin, dragonfly, freebsd, illumos, ios, js, linux, netbsd, openbsd, wasip1, plan9, solaris, wasip1, windows...

GOARCH: 386, amd64, arm, arm64, loong64, mips, mips64, mips64le, mipsle, ppc64, ppc64le, riscv64, s390x, wasm...

Машинное слово

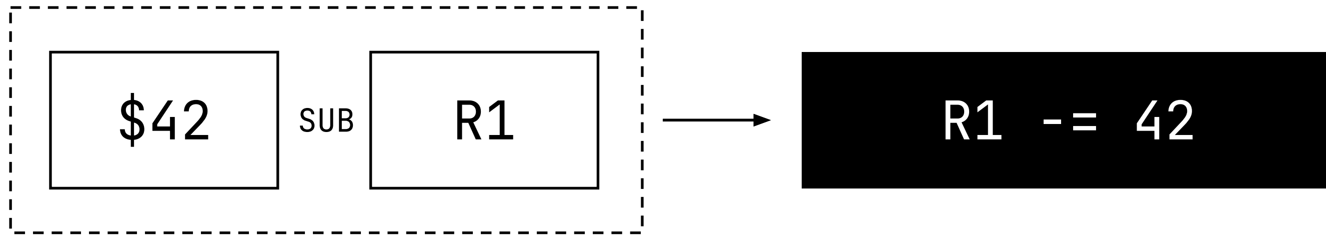
В вычислительной и иной программируемой технике машинным словом называется единица данных, которая выбрана естественной для данной архитектуры процессора

Машинное слово

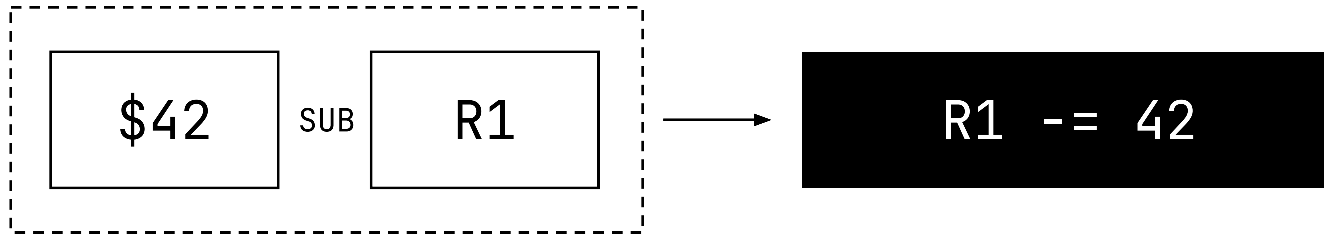
В вычислительной и иной программируемой технике машинным словом называется единица данных, которая выбрана естественной для данной архитектуры процессора

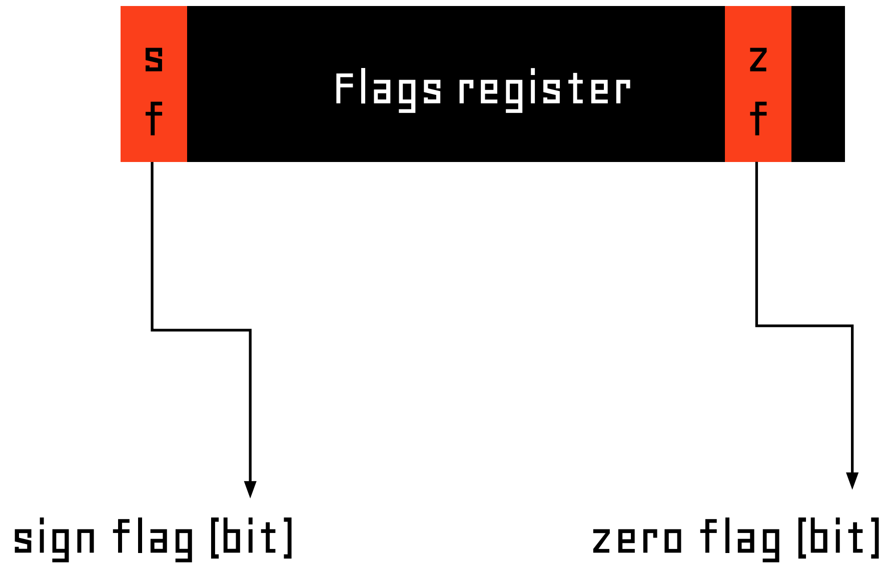
- arm64 - 4 bytes
- amd64 (x86-64) - 2 bytes

Flags register



Flags register



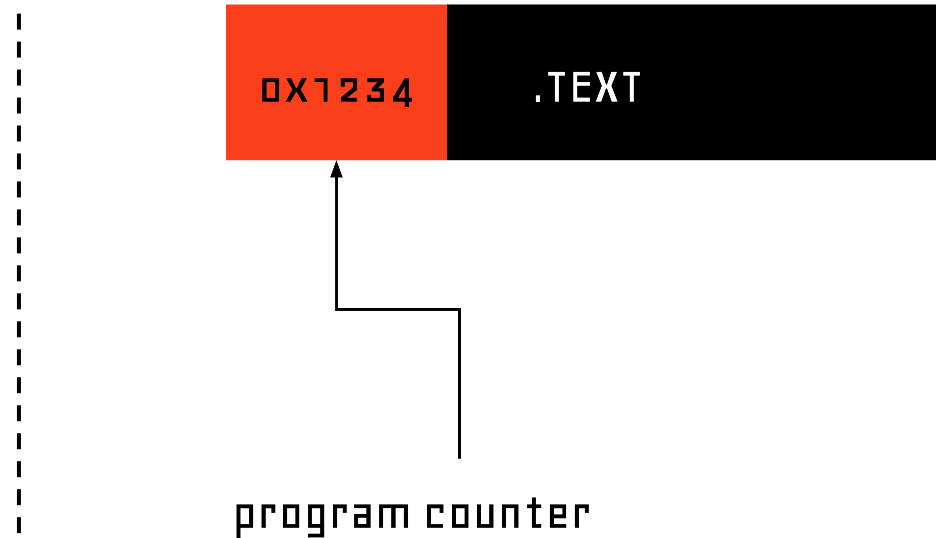


Program counter

PC = program counter (IP = instruction pointer, IAR = instruction address register) — регистр процессора, который указывает, какую команду нужно выполнять следующей

Program counter

PC = program counter (IP = instruction pointer, IAR = instruction address register) — регистр процессора, который указывает, какую команду нужно выполнять следующей



04;

Синтаксис

Различие в мнемониках

```
// arm64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVD - MOV double word
    MOVD first+0(FP), R0
    MOVD second+8(FP), R1
    ADD R0, R1
    MOVD R1, ret+16(FP)
    RET

// amd64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVQ - MOV quad word
    MOVQ first+0(FP), AX
    MOVQ second+8(FP), DX
    ADDQ AX, DX
    MOVQ DX, ret+16(FP)
    RET
```

В презентации arm64, код для amd64 (x86-64) в репозитории

Различие в мнемониках

```
// arm64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVD - MOV double word
    MOVD first+0(FP), R0
    MOVD second+8(FP), R1
    ADD R0, R1
    MOVD R1, ret+16(FP)
    RET

// amd64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVQ - MOV quad word
    MOVQ first+0(FP), AX
    MOVQ second+8(FP), DX
    ADDQ AX, DX
    MOVQ DX, ret+16(FP)
    RET
```

Go assembly language x86 complementary reference

Различие в мнемониках

```
// arm64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVD - MOV double word
    MOVD first+0(FP), R0
    MOVD second+8(FP), R1
    ADD R0, R1
    MOVD R1, ret+16(FP)
    RET

// amd64
TEXT ·sum(SB), NOSPLIT, $0
    // MOVQ - MOV quad word
    MOVQ first+0(FP), AX
    MOVQ second+8(FP), DX
    ADDQ AX, DX
    MOVQ DX, ret+16(FP)
    RET
```

Go assembly language x86 complementary reference

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1       // R1 += R0
SUB R0, R1, R7 // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0     // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7 // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6      // R6 = ^R6
AND $1, R6      // R6 &= 1
```

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1       // R1 += R0
SUB R0, R1, R7 // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0      // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7 // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6       // R6 = ^R6
AND $1, R6       // R6 &= 1
```

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1      // R1 += R0
SUB R0, R1, R7  // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0     // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7  // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6      // R6 = ^R6
AND $1, R6      // R6 &= 1
```

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1      // R1 += R0
SUB R0, R1, R7  // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0     // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7  // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6      // R6 = ^R6
AND $1, R6      // R6 &= 1
```

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1      // R1 += R0
SUB R0, R1, R7  // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0     // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7  // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6      // R6 = ^R6
AND $1, R6      // R6 &= 1
```

Арифметические и логические операции

```
ADD R0, R1      // R1 += R0
SUB R0, R1, R7  // R7 = R1 - R0
MUL $42, R0     // R0 *= 42
LSR R0, R4, R7  // R7 = R4 >> R0
MVN R6, R6      // R6 = ^R6
AND $1, R6      // R6 &= 1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1             // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1             // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1           // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1       // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1      // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)         // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ≤ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1                // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1                // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1              // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1          // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1         // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)            // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ⩽ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1              // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1              // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1            // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1        // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1       // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)          // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ≤ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1              // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1              // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1            // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1        // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1       // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)          // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ⩽ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1                // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1                // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1              // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1          // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1         // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)            // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ≤ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

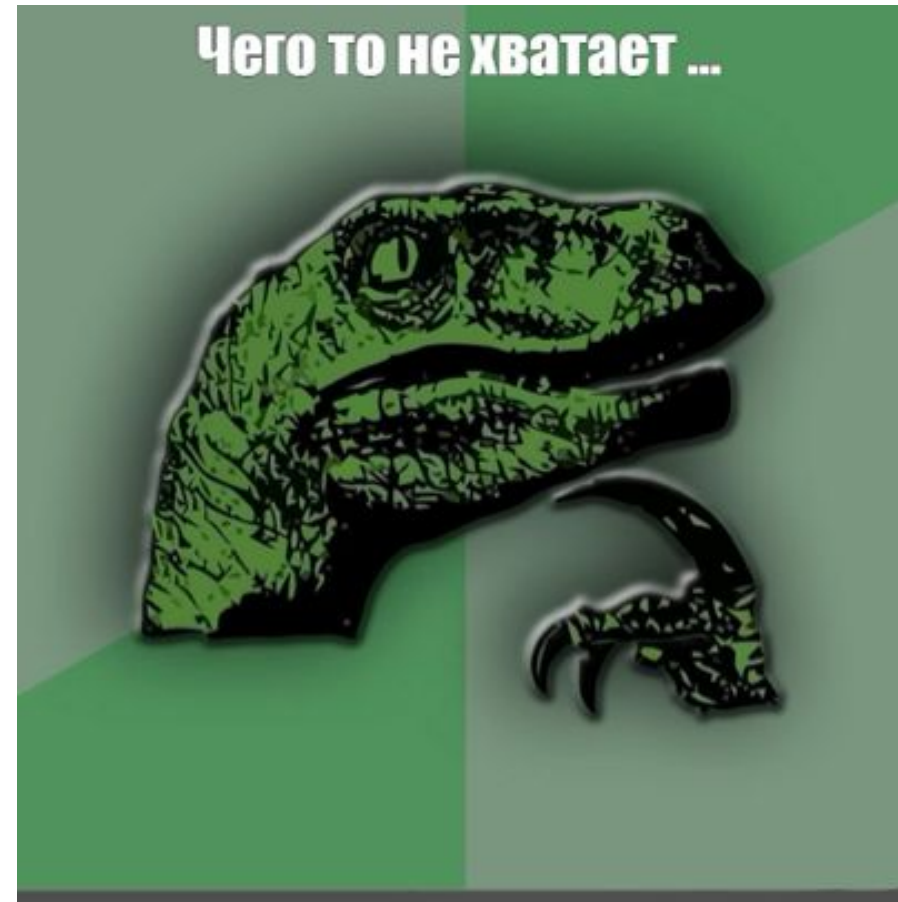
```
MOVD R0, R1                // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1                // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1              // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1          // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1         // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)            // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ⩽ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1                // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1                // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1              // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1          // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1         // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)            // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ⩽ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```

Инструкции для работы с памятью

```
MOVD R0, R1             // R1 = R0 (64-bit operation)
MOVW R0, R1             // R1 = R0 (32-bit operation)
MOVD (R0), R1           // R1 = *R0
MOVD.P 16(R0), R1       // R1 = *R0; R0 += 16
MOVD.W -16(R0), R1      // R0 -= 16; R1 = *R0
MOVD (R0), (R1)         // *R0 = *R1 - INVALID

LDP a+0(FP), (R0, R1)

// if R5 ⩽ R2 {
//      R3 = R13
// }
// if R5 > R2 {
//      R1 = R13
// }
CSEL LE, R13, R3, R3
CSEL GT, R13, R1, R1
```



Инструкции управления

Labels [goto]

```
    CMP $1, R4      // Branch less equal (LE)
    BLE L0          // if R4 ⩽ 1 { L0 code }
    B L1


L0:
                    // branch
L1:
                    // another branch
```

Инструкции управления

Labels [goto]

```
    CMP $1, R4    // Branch less equal (LE)
    BLE L0        // if R4 ⩽ 1 { L0 code }
    B L1


L0:
                  // branch
L1:
                  // another branch
```

Инструкции управления

Labels [goto]

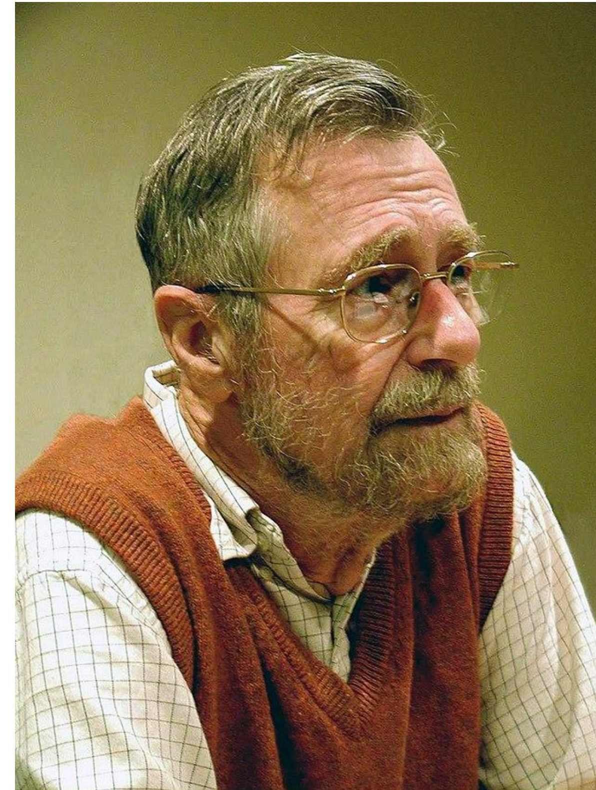
```
CMP $1, R4    // Branch less equal (LE)
BLE L0        // if R4 ⩽ 1 { L0 code }
B L1


L0:
              // branch
L1:
              // another branch
```

Инструкции управления

Labels [goto]

```
    CMP $1, R4    // Branch less equal (LE)
    BLE L0        // if R4 ⩽ 1 { L0 code }
    B L1


L0:
                  // branch
L1:
                  // another branch
```

Edgar Dijkstra: Go To Statement Considered Harmful



Инструкции управления

Program counter

```
// cycle
// for {
//     R0 += 1
//     R0 *= 2
// }
//
test:
   ADD $1, R0
   MUL $2, R0
   B -2(PC)
```

Глобальные переменные

```
DATA data<>+0(SB)/20,$"Hello, GoFunc-2024!\n"
GLOBL data<>(SB),NOPTR,$20

// inside function
MOVD $text<>+0(SB), R0
```

Глобальные переменные

```
DATA data<>+0(SB)/20,$"Hello, GoFunc-2024!\n"
GLOBL data<>(SB),NOPTR,$20

// inside function
MOVD $text<>+0(SB), R0
```

Глобальные переменные

```
DATA data<>+0(SB)/20,$"Hello, GoFunc-2024!\n"
GLOBL data<>(SB),NOPTR,$20

// inside function
MOVD $text<>+0(SB), R0
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//  Data uintptr
//  Len  int
//  Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//  Data uintptr
//  Len  int
//  Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0-24
...
```

Объявление функций

```
// slice_sum.go file
func SumSlice(x []int32) int64

// slice_sum_arm64.s file
// Include standard directives
#include "textflag.h"

// type SliceHeader struct {
//   Data uintptr
//   Len  int
//   Cap  int
//}

// NOSPLIT - Don't insert the preamble to check if the stack must be split
// $0-24 (0 - stack frame size, 24 - arguments size), “-24” is optional here
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
...
```

Синтаксис

Go assembler

- Платформозависимый, за исключением нескольких мнемоник [RET, TEXT, CALL...]

Синтаксис

Go assembler

- Платформозависимый, за исключением нескольких мнемоник [RET, TEXT, CALL...]
- Нестандартное название регистров и порядок аргументов

Синтаксис

Go assembler

- Платформозависимый, за исключением нескольких мнемоник [RET, TEXT, CALL...]
- Нестандартное название регистров и порядок аргументов
- Нестандартные разделители в сигнатуре функции

Синтаксис

Go assembler

- Платформозависимый, за исключением нескольких мнемоник [RET, TEXT, CALL...]
- Нестандартное название регистров и порядок аргументов
- Нестандартные разделители в сигнатуре функции
- Отсутствие некоторых инструкций из коробки

Синтаксис

Виртуальные регистры

- PC (program counter)

Синтаксис

Виртуальные регистры

- PC [program counter]
- SB [static base pointer]
  - нужен для обращения к глобальным переменным и функциям

Синтаксис

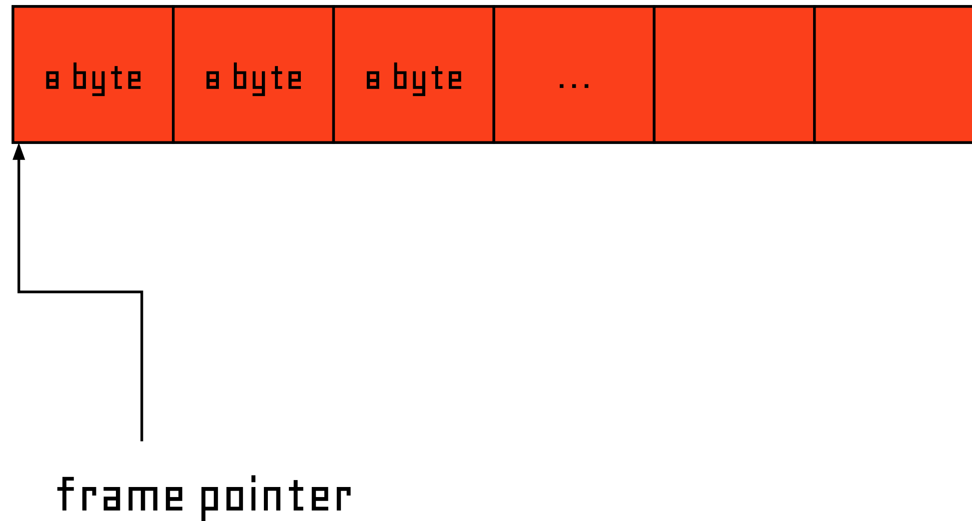
Виртуальные регистры

- PC [program counter]
- SB [static base pointer]
  - нужен для обращения к глобальным переменным и функциям
- SP [stack pointer]
  - указывает на конец памяти, выделенной под стек
  - по семантике взаимодействия похож на frame pointer

Виртуальные регистры

Frame pointer

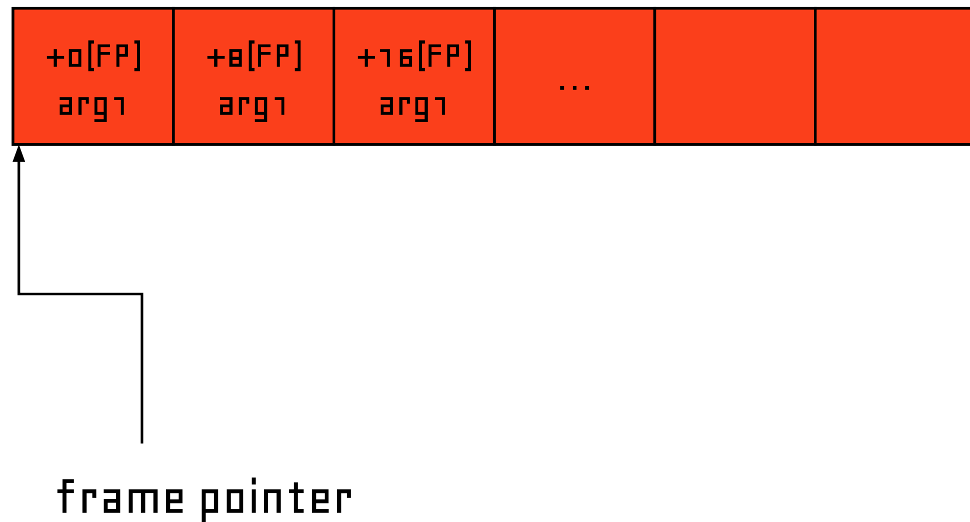
- Указывает на начало списка аргументов
- Абстракция для программистов



Виртуальные регистры

Frame pointer

- Обращаемся к аргументам, используя положительное смещение
  - a+0[FP] – первый аргумент функции [8 byte]
  - a+8[FP] – второй аргумент функции

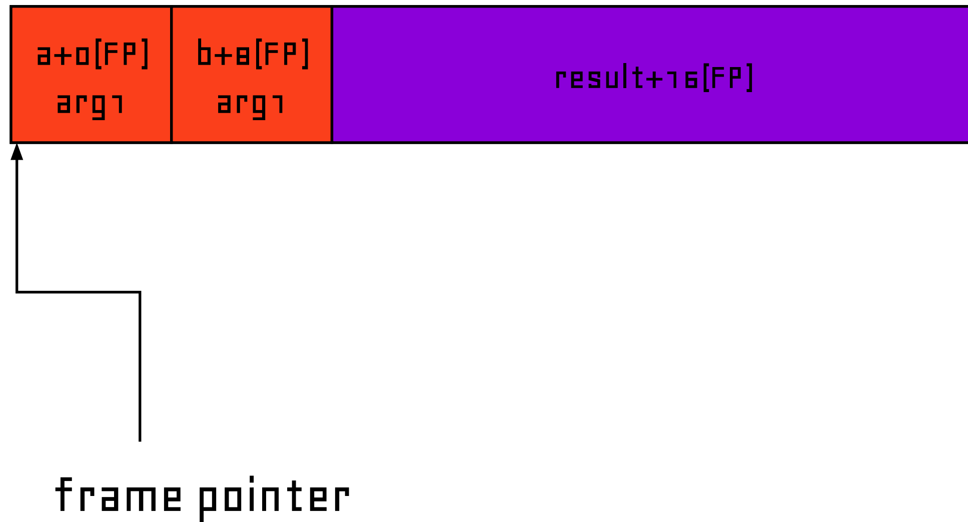


Виртуальные регистры

- Обязательный нейминг аргументов
  - lolkek+0[FP] – valid
  - +16[FP] – invalid

Виртуальные регистры

- Результат функции должен быть размещен после аргументов



Соглашение о вызовах

ABI stable

- Стабильный ABI для разработчиков

Соглашение о вызовах

ABI stable

- Стабильный ABI для разработчиков

ABI internal

- Внутренний ABI компилятора [go tool compile -S -S]

Синтаксис

Директивы компилятора

- NOSPLIT
- ABIInternal
- NOPTR [for DATA and GLOBL]
- NEEDCTXT [for closures]

...

```
#include "textflag.h"
```

05;

Примеры

Или откуда можно выключать x2 воспроизведение

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
    MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                        // Header слайса 24 байта
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)      // R0 - data pointer, R1 - length
    ZERO(R2)

loop:
    CBZ R1, done                        // for R1 ≠ 0 {}
    MOVW (R0), R9                       // R9 = s[i]
    ADD R9, R2                          // R2 += R9
    ADD $4, R0                          // R0++
    SUB $1, R1                          // R1--
    B loop

done:
    MOVD R2, ret+24(FP)
    RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                         // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)        // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                          // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                         // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                            // R2 += R9
   ADD $4, R0                            // R0++
   SUB $1, R1                            // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                            // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)           // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                             // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                            // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                               // R2 += R9
   ADD $4, R0                               // R0++
   SUB $1, R1                               // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                        // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)       // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                         // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                        // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                           // R2 += R9
   ADD $4, R0                           // R0++
   SUB $1, R1                           // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                        // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)       // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                         // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                        // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                           // R2 += R9
   ADD $4, R0                           // R0++
   SUB $1, R1                           // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                        // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)       // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                         // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                        // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                           // R2 += R9
   ADD $4, R0                           // R0++
   SUB $1, R1                           // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                         // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)        // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                          // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                         // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                            // R2 += R9
   ADD $4, R0                            // R0++
   SUB $1, R1                            // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

Slice sum

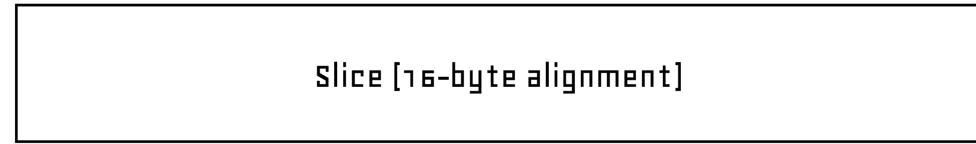
```
#define ZERO(r) \
   MOVD $0, r

// func SumSlice(s []int32) int64
TEXT ·SumSlice(SB), NOSPLIT, $0
                                        // Header слайса 24 байта
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)       // R0 - data pointer, R1 - length
   ZERO(R2)

loop:
   CBZ R1, done                         // for R1 ≠ 0 {}
   MOVW (R0), R9                        // R9 = s[i]
   ADD R9, R2                           // R2 += R9
   ADD $4, R0                           // R0++
   SUB $1, R1                           // R1--
   B loop

done:
   MOVD R2, ret+24(FP)
   RET
```

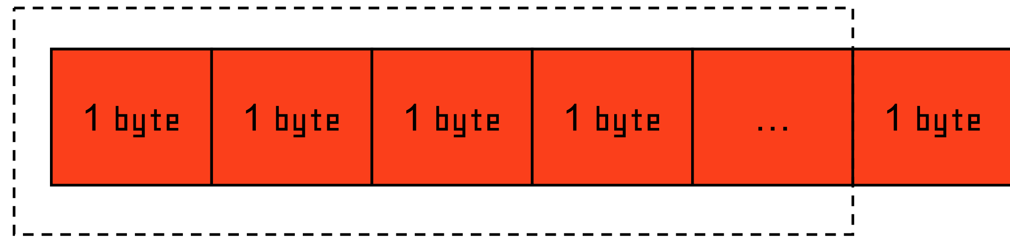
Slice contains in Go

```go
// 16-bit alignment for example
func Contains(s []uint8, target uint8) bool {
    for _, e := range s {
        if e == target {
            return true
        }
    }

    return false
}
```

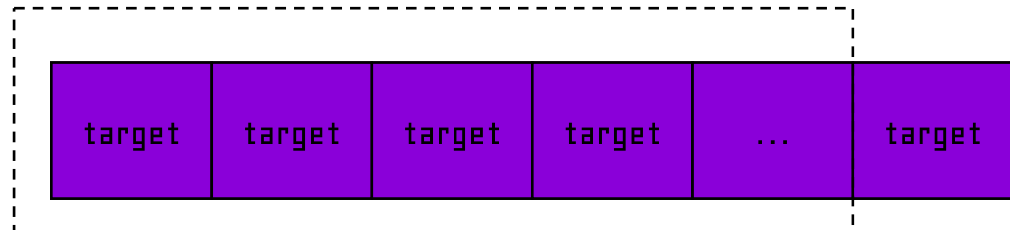
Slice contains with SIMD instructions

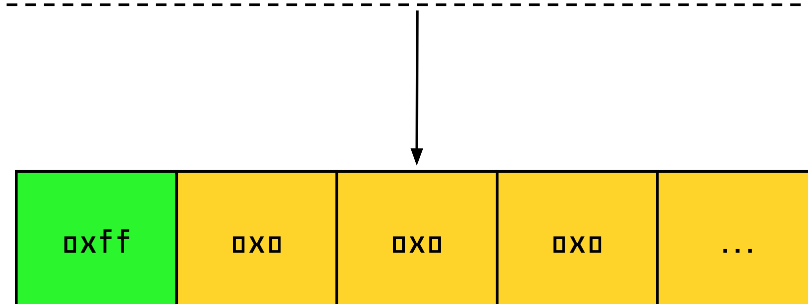
```go
// 16-bit alignment to simplify
func ContainsSIMD(s []uint8, target uint8) bool {
    for i := 0; i < len(s); i += 16 {
        if compare(
                s[i:i+16],
                Duplicate(target, 16),
          ) ≠ 0 {
            return true
        }
    }

    return false
}
```





COMPARE [16 byte]





Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)      // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2              // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                     // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                          // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]             // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16        // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                    // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                    // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)     // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2             // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                    // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                         // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]            // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16       // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                   // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                   // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)     // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2             // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                    // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                         // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]            // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16       // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                   // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                   // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
   LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)     // R0 - data pointer, R1 - length
   MOVB target+24(FP), R2             // R2 = target
   VDUP R2, V1.B16                    // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
   CBZ R1, no                         // if R1 == 0 {no code}
   VLD1.P 16(R0), [V2.B16]            // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
   VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16       // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
   VADDV V3.B16, V2                   // V2 = sum(V3)
   VMOV V2.H[0], R4                   // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
   CBNZ R4, yes
   SUB $16, R1
   B loop

no:
   MOVD $0, R5
   MOVD R5, ret+32(FP)
   RET
yes:
   MOVD $1, R5
   MOVD R5, ret+32(FP)
   RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

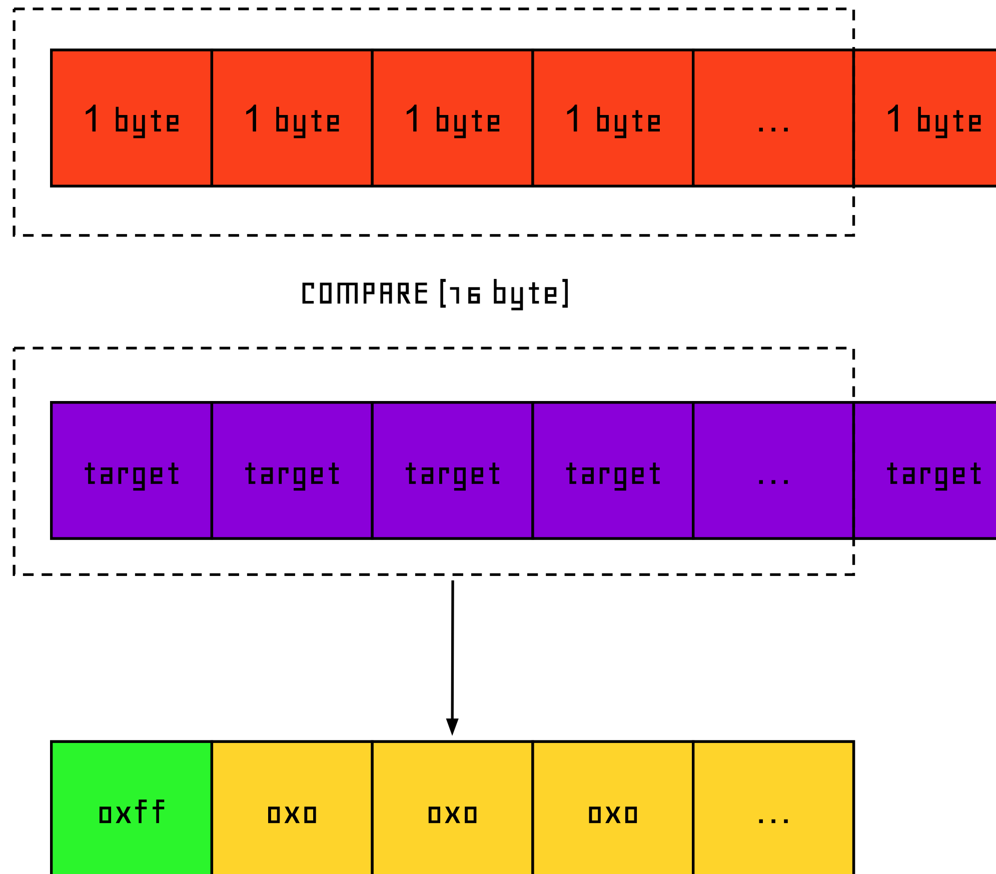
Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)     // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2             // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                    // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                         // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]            // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16       // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                   // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                   // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)
    MOVB target+24(FP), R2
    VDUP R2, V1.B16

loop:
    CBZ R1, no
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16
    VADDV V3.B16, V2
    VMOV V2.H[0], R4  // Half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```



https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)     // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2             // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                    // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                         // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]            // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16       // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                   // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                   // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

Slice contains with SIMD instructions

```
//func SliceContainsV1(s []uint8, target uint8) bool
TEXT ·SliceContainsV1(SB), NOSPLIT, $0
    LDP slice_base+0(FP), (R0, R1)      // R0 - data pointer, R1 - length
    MOVB target+24(FP), R2              // R2 = target
    VDUP R2, V1.B16                     // V1 = [R2, R2, R2....R2]

loop:
    CBZ R1, no                          // if R1 == 0 {no code}
    VLD1.P 16(R0), [V2.B16]             // V2 = *(R0)[:16]; R0 += 16
    VCMEQ V1.B16, V2.B16, V3.B16        // compare V1 and V2. V3 = [0000000 111111 000000...]
    VADDV V3.B16, V2                    // V2 = sum(V3)
    VMOV V2.H[0], R4                    // V2=[int16,int16,int16...]; R4 = V2[0], H - half precision
    CBNZ R4, yes
    SUB $16, R1
    B loop

no:
    MOVD $0, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
yes:
    MOVD $1, R5
    MOVD R5, ret+32(FP)
    RET
```

https://github.com/IgorWalther/gofunc-2024/tree/master/slice_contains

06;

Выводы

Выводы

- У ассемблера из `Go toolchain` нестандартный синтаксис

Выводы

- У ассемблера из `Go toolchain` нестандартный синтаксис
- При использовании ассемблера теряется портативность

Выводы

- У ассемблера из `Go toolchain` нестандартный синтаксис
- При использовании ассемблера теряется портативность
- Ассемблер стоит использовать, если вы знаете, что делаете

Спасибо за внимание!

Панасюк Игорь

Бэкенд-разработчик
Яндекс Финтех

Яндекс