Insper

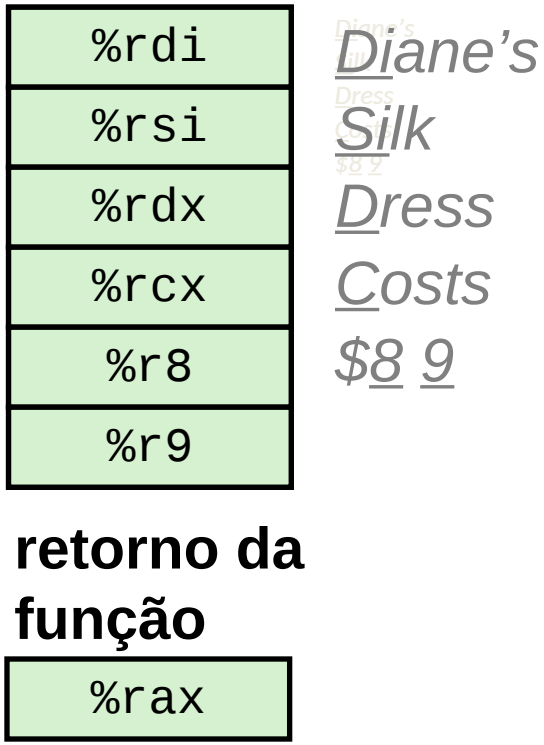
Sistemas Hardware-Software

Aula 8 – Variáveis na pilha

Engenharia
Fabio Lubacheski
Maciel C. Vidal
Igor Montagner
Fábio Ayres

Funções e seus argumentos¶

Argumentos inteiros ou ponteiros são passados nos registradores (**nesta ordem**):
6 primeiros argumentos

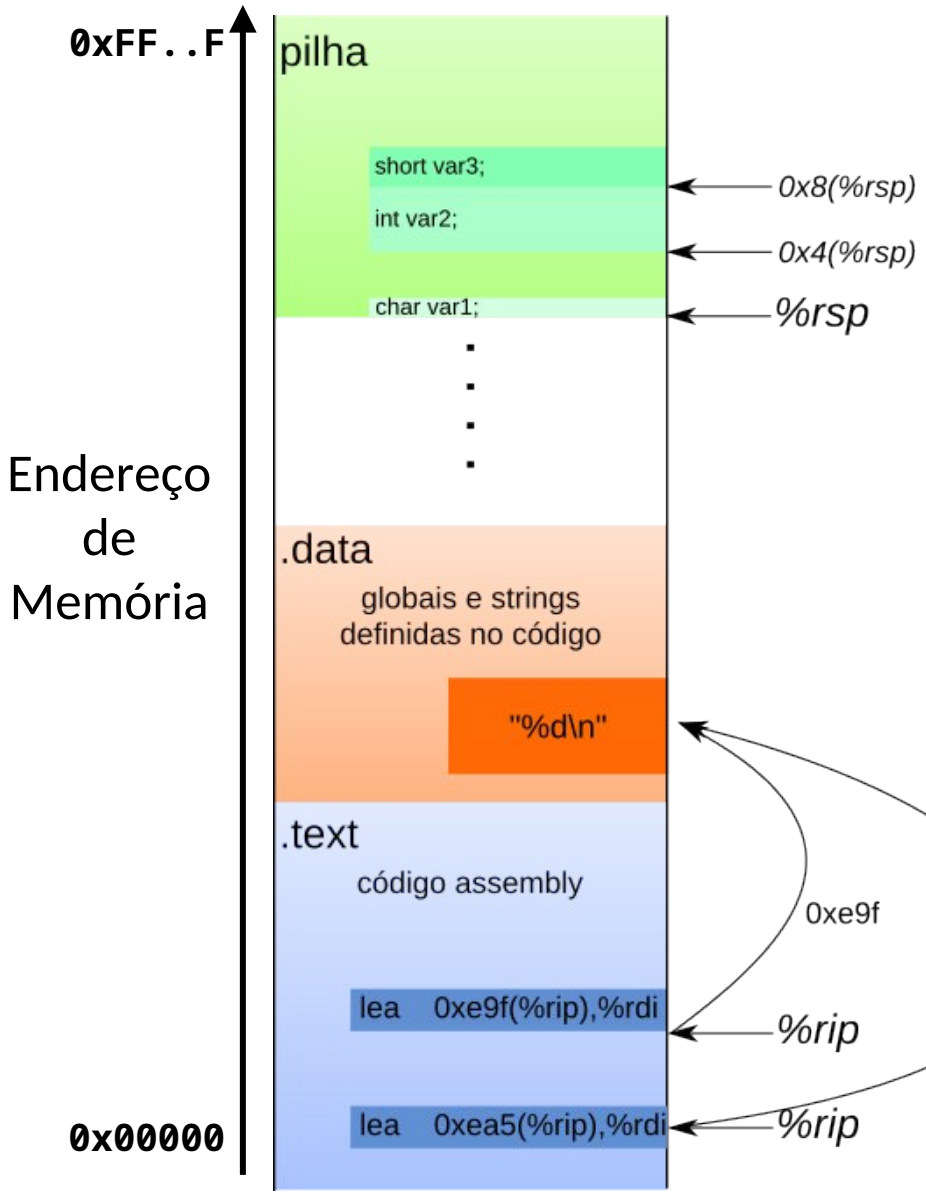


Os registradores **não estão na memória.**

Questões:

- Os ponteiros apontam para região de memória, mas qual região na memoria?
- Só dá pra passar 6 argumentos para funções ? e se tiver mais que 6 ?

Executável na memória - variáveis



Variáveis locais

- **Na maioria do tempo** são colocadas em **registradores**
- Se não for possível colocamos na pilha
- Uso **`&var`** requer uso da pilha.
- Acessadas via deslocamentos relativos a **`%rsp`** (*stack pointer*) – **topo da pilha**

Variáveis globais / strings constantes

- Acessadas usando pulos relativos a **`%rip`** (*instruction pointer*)
- Como **`%rip`** muda a cada instrução, o deslocamento usado muda também
- É necessário fazer o cálculo para chegar ao endereço final

Uso da pilha para **&variável**

```
long incremento(long *p, long val) {
    long x = *p;
    long y = x + val;
    *p = y;
    return x;
}
```

```
incremento:
  movq    (%rdi), %rax // x = *p;
  addq    %rax, %rsi // y = x + val
  movq    %rsi, (%rdi) // *p = y;
  ret
```

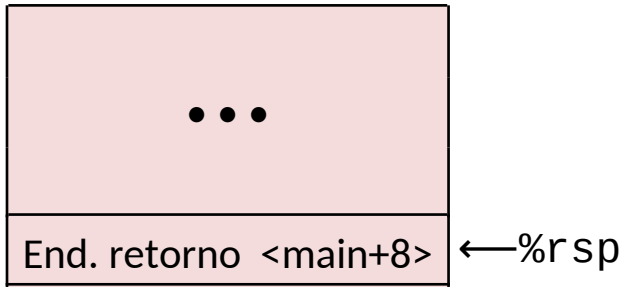
registrador	valor
%rdi	1o arg (p)
%rsi	2o arg (val), y
%rax	x, retorno

Chamada de funções (Estado inicial)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

Estado inicial Stack (pilha)



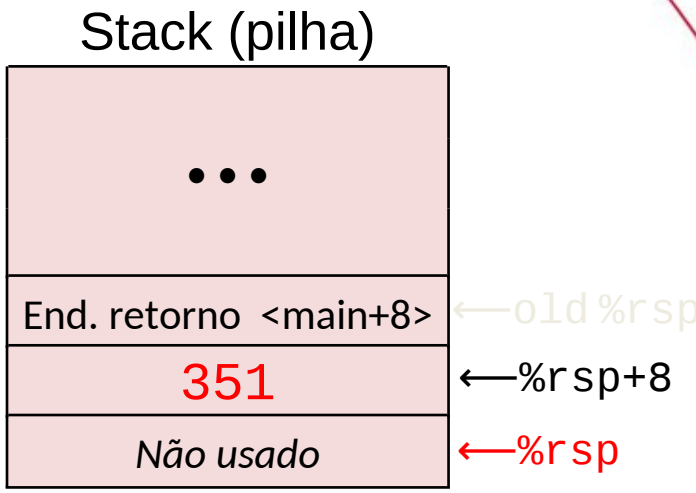
O valor apontado por **%rsp** é o endereço da instrução imediatamente após a chamada para **call_incr** na função **main**().

Execução da função **call_incr** (passo 1)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

aloca espaço na pilha para variável v1



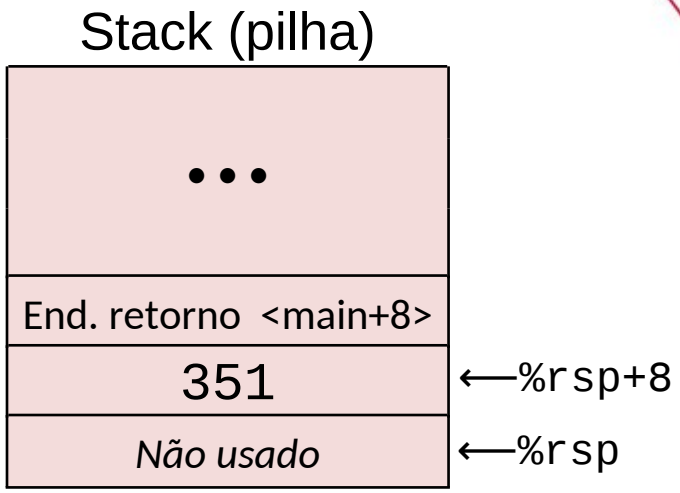
Apenas a variável local **v1** precisa de espaço na pilha.
Compilador alocou espaço extra, isso pode acontecer por vários motivos, como por alinhamento na memória.

Execução da função **call_incr** (passo 2)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

prepara os argumentos para chamar a função incremento



registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	100

movl é usado porque 100 é um valor que cabe em um registrador de 32 bits **%esi**. Registrador **%rdi** recebe o endereço da variável **v1** na Stack.

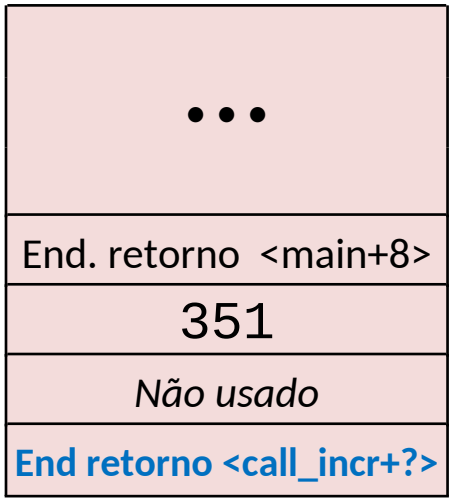
Execução da função **call_incr** (passo 3)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

```
incremento:
  movq    (%rdi), %rax
  addq    %rax, %rsi
  movq    %rsi, (%rdi)
  ret
```

Stack (pilha)



Execução dentro da função **incremento**
O endereço de retorno no topo da pilha é o endereço da instrução **addq** imediatamente após a chamada da função **incremento**

registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	100
%rax	

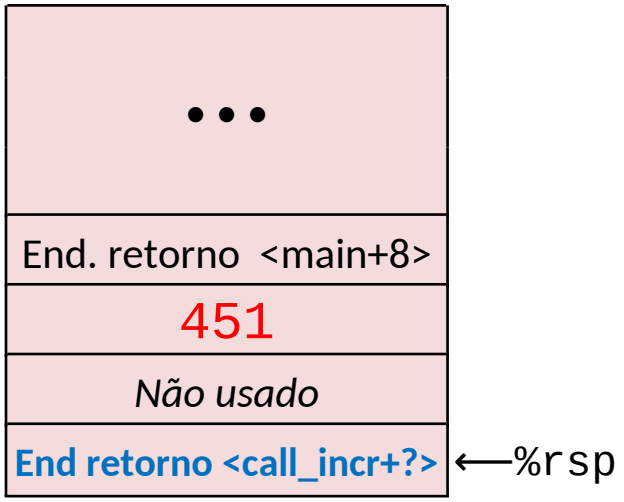
Execução da função **incremento** (passo 4)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

```
incremento:
  movq    (%rdi), %rax // x = *p
  addq    %rax, %rsi // y = x+100
  movq    %rsi, (%rdi) // *p = y
  ret
```

Stack (pilha)



Estado da execução após executar o corpo da função **incremento**.

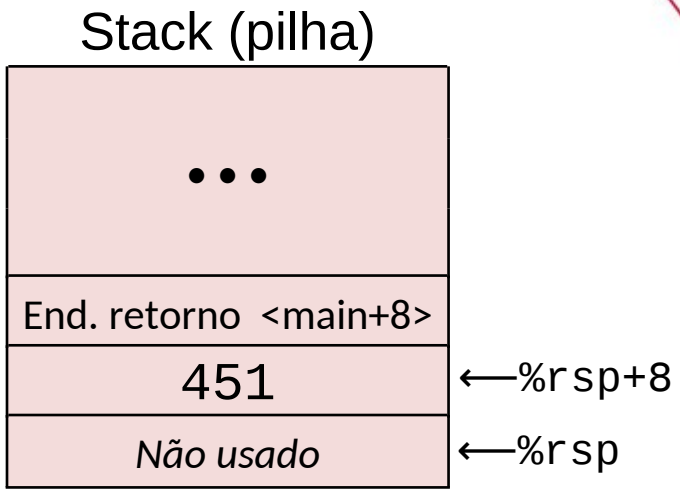
registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	351

Insper

Execução da função **call_incr** (passo 5)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = increment(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```



Depois de retornar da função para **incremento**
Os registros e a memória foram modificados e o **endereço de retorno foi retirado da pilha**

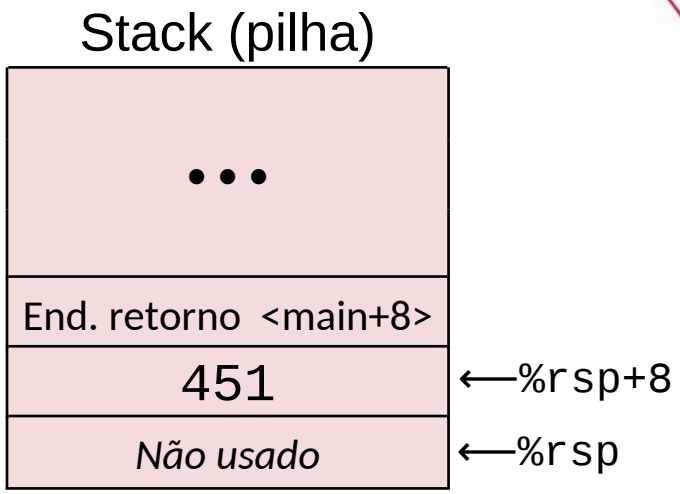
registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	351

Execução da função **call_incr** (passo 6)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremenot(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

← Atualiza %rax com v1+v2



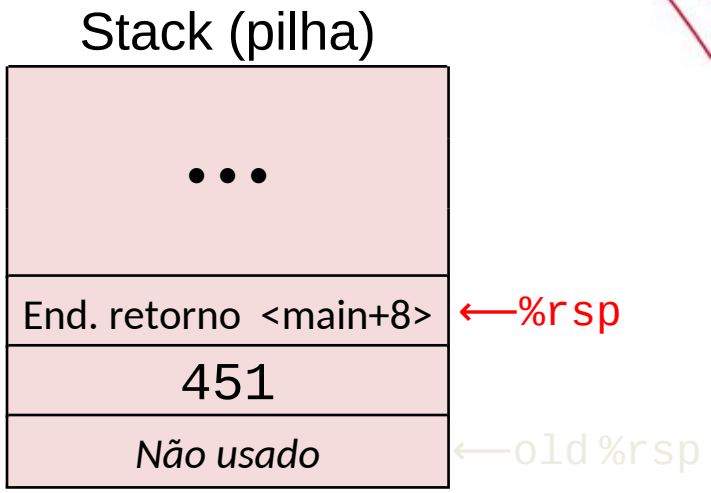
registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	451+351

Execução da função **call_incr** (passo 7)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

← Desaloca espaço para variável local (v1)

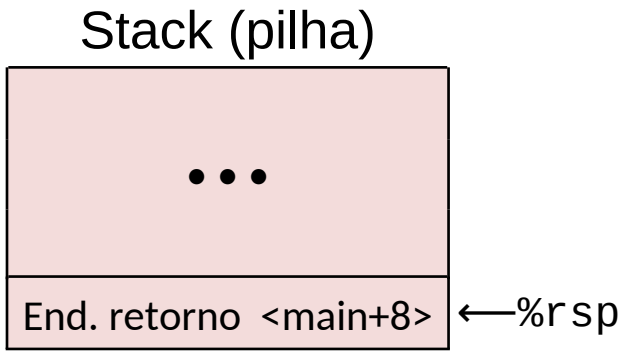


registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	802

Execução da função **call_incr** (passo 8)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```

```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

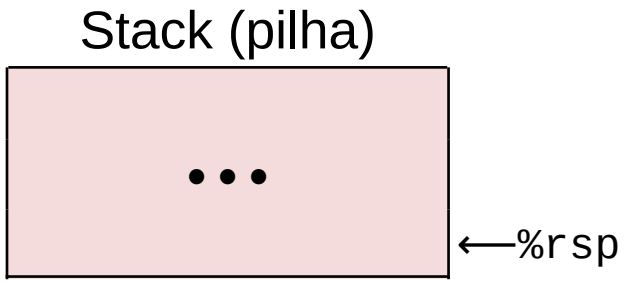


Estado antes de retornar da chamada para **`call_incr`**

registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	802

Execução da função **call_incr** (passo 9)

```
long call_incr() {
    long v1 = 351;
    long v2 = incremento(&v1, 100);
    return v1+v2;
}
```




```
call_incr:
  subq    $16, %rsp
  movq    $351, 8(%rsp)
  movl    $100, %esi
  leaq    8(%rsp), %rdi
  call    incremento
  addq    8(%rsp), %rax
  addq    $16, %rsp
  ret
```

Estado imediatamente após retornar da chamada da função **`call_incr`**
O endereço de retorno foi retirado da pilha
O controle retornou para a instrução imediatamente após a chamada para **`call_incr`**

registrador	valor
%rdi	&v1
%rsi	451
%rax	802

Uso da pilha para função com mais de 6 argumentos

Quando uma função possui mais de 6 argumentos, também é usada a pilha para passar os valores dos argumentos.

```
int call_proc()
{
    int v1=1,v2=2,
        v3=3,v4=4,
        v5=5,v6=6,
        v7=7,v8=8;

    return  proc(v1,v2,v3,v4,v5,v6,v7,v8);
}
```

```
call_proc:
    pushq $8
    pushq $7
    movl  $6, %r9d
    movl  $5, %r8d
    movl  $4, %ecx
    movl  $3, %edx
    movl  $2, %esi
    movl  $1, %edi
    call  proc
    addq  $16, %rsp
    ret
```

Exemplo de função com mais 6 argumentos

```
int proc(int r1, int r2,int r3, int r4,
         int r5, int r6,int p7,int p8)
{
    int resp;
    resp = r1+r2+r3+r4+r5+r6+p7+p8;
    return resp;

}
```

```
proc:
   addl  %esi, %edi
   addl  %edx, %edi
   addl  %ecx, %edi
   addl  %r8d, %edi
   leal  (%rdi,%r9), %eax
   addl  8(%rsp), %eax
   addl  16(%rsp), %eax
```

Atividade prática

Exercícios de aula

1. Identificar funções que usem variáveis locais
2. Listar todas as variáveis locais de uma função que foram alocadas na pilha

Atividade prática

Exercícios para entrega

1. Identificar funções que usem variáveis locais
2. Listar todas as variáveis locais de uma função que foram alocadas na pilha
3. Está no seu repositório de atividade

Correção dos exercícios 2 e 3

Ex2

```
Dump of assembler code for function func1:
   0x05fe <+0>:     sub    $0x10,%rsp
   0x0602 <+4>:     movl   $0xa,0xc(%rsp)
   0x060a <+12>:    movl   $0xb,0x8(%rsp)
   0x0612 <+20>:    lea    0xc(%rsp),%rdi
   0x0617 <+25>:    callq  0x5fa <func2>
   0x061c <+30>:    addl   $0x1,0x8(%rsp)
   0x0621 <+35>:    lea    0x8(%rsp),%rdi
   0x0626 <+40>:    callq  0x5fa <func2>
   0x062b <+45>:    add    $0x10,%rsp
   0x062f <+49>:    retq
```

Ex2

Variáveis auxiliares:
int *p1, *p2;

```
Dump of assembler code for function func1:
   0x05fe <+0>:     sub    $0x10,%rsp
   0x0602 <+4>:     movl   $0xa,0xc(%rsp)
   0x060a <+12>:    movl   $0xb,0x8(%rsp)
   0x0612 <+20>:    lea    0xc(%rsp),%rdi
   0x0617 <+25>:    callq  0x5fa <func2>
   0x061c <+30>:    addl   $0x1,0x8(%rsp)
   0x0621 <+35>:    lea    0x8(%rsp),%rdi
   0x0626 <+40>:    callq  0x5fa <func2>
   0x062b <+45>:    add    $0x10,%rsp
   0x062f <+49>:    retq
```

→ int a = 10;
→ int b = 11;
→ p1 = &a;
→ func2(p1);
→ b++;
→ p2 = &b;
→ func2(p2);

Ex3

```
Dump of assembler code for function main:
   0x1149 <+0>:     sub    $0x18,%rsp
   0x114d <+4>:     lea    0xc(%rsp),%rsi
   0x1152 <+9>:     lea    0xeab(%rip),%rdi        # 0x2004
   0x1159 <+16>:    mov    $0x0,%eax
   0x115e <+21>:    callq  0x1040 <__isoc99_scanf@plt>
   0x1163 <+26>:    cmpl   $0x0,0xc(%rsp)
   0x1168 <+31>:    js     0x1180 <main+55>
   0x116a <+33>:    lea    0xe9f(%rip),%rdi        # 0x2010
   0x1171 <+40>:    callq  0x1030 <puts@plt>
   0x1176 <+45>:    mov    $0x0,%eax
   0x117b <+50>:    add    $0x18,%rsp
   0x117f <+54>:    retq
   0x1180 <+55>:    lea    0xe80(%rip),%rdi        # 0x2007
   0x1187 <+62>:    callq  0x1030 <puts@plt>
   0x118c <+67>:    jmp    0x1176 <main+45>
```

Ex3

```
Dump of assembler code for function main:
   0x1149 <+0>:     sub    $0x18,%rsp
   0x114d <+4>:     lea    0xc(%rsp),%rsi
   0x1152 <+9>:     lea    0xeab(%rip),%rdi        # 0x2004
   0x1159 <+16>:    mov    $0x0,%eax
   0x115e <+21>:    callq  0x1040 <__isoc99_scanf@plt>
   0x1163 <+26>:    cmpl   $0x0,0xc(%rsp)
   0x1168 <+31>:    js     0x1180 <main+55>
   0x116a <+33>:    lea    0xe9f(%rip),%rdi        # 0x2010
   0x1171 <+40>:    callq  0x1030 <puts@plt>
   0x1176 <+45>:    mov    $0x0,%eax
   0x117b <+50>:    add    $0x18,%rsp
   0x117f <+54>:    retq
   0x1180 <+55>:    lea    0xe80(%rip),%rdi        # 0x2007
   0x1187 <+62>:    callq  0x1030 <puts@plt>
   0x118c <+67>:    jmp    0x1176 <main+45>
```

```
int n;
scanf("%d", &n);

if (n<0) {
    goto negativo;
}

printf("Positivo\n");

retorno:
    return 0;

negativo:
    printf("Negativo\n");
    goto retorno;
```

Insper

www.insper.edu.br