Insper

Sistemas Hardware-Software

Aula 05 – Condicionais

Engenharia
Fabio Lubacheski
Maciel C. Vidal
Igor Montagner
Fábio Ayres

Aula passada !

Questão referente a aula passada !

Qual a seguinte instrução na arquitetura x86-64 está correta para calcular: **`%rax=9*%rdi`** ?

A. `leaq (,%rdi,9), %rax`
B. `movq (,%rdi,9), %rax`
C. `leaq (%rdi,%rdi,8), %rax`
D. `movq (%rdi,%rdi,8), %rax`
E. **Não faço ideia ...**

Aula de hoje !

Instruções de comparação **condicional**

Instruções de comparação realizam uma **operação aritmética** com o propósito de **guiar a execução** condicional de um programa.

Instrução	Significado
`cmp A, B`	Compara **B** com **A**, ou seja, calcula **B - A**
`test A, B`	Calcula **A & B**, ou seja, executa **AND** bit a bit

`cmp` e `test` **não modificam** o registrador de destino.

Em vez disso, ambas as instruções modificam uma série de valores **de um bit** conhecidos como **sinalizadores de código de condição** (**FLAG de estado**).

Exemplos

```c
int func(int a ) {
    return a == 5 ;
}
```

```
func:
        cmpl    $5, %edi
        sete    %al
        movzbl  %al, %eax
        ret
```

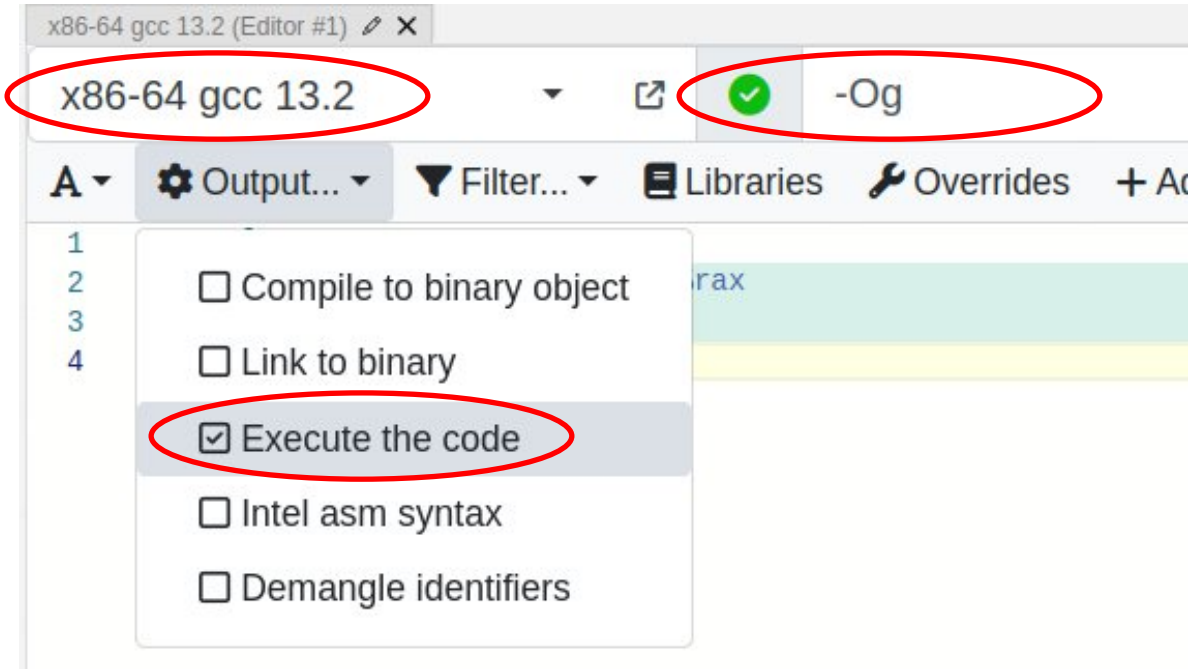
```c
int func(int a ) {
    return a == 0 ;
}
```

```
func:
        testl   %edi, %edi
        sete    %al
        movzbl  %al, %eax
        ret
```

Tradução de função **`assembly => C`**

Para ajudar na **tradução reversa de programas em Assembly para C**. podemos usar a ferramenta **Compiler Explorer.**

Para acessar Compiler Explorer: https://godbolt.org/ e configure conforme abaixo:



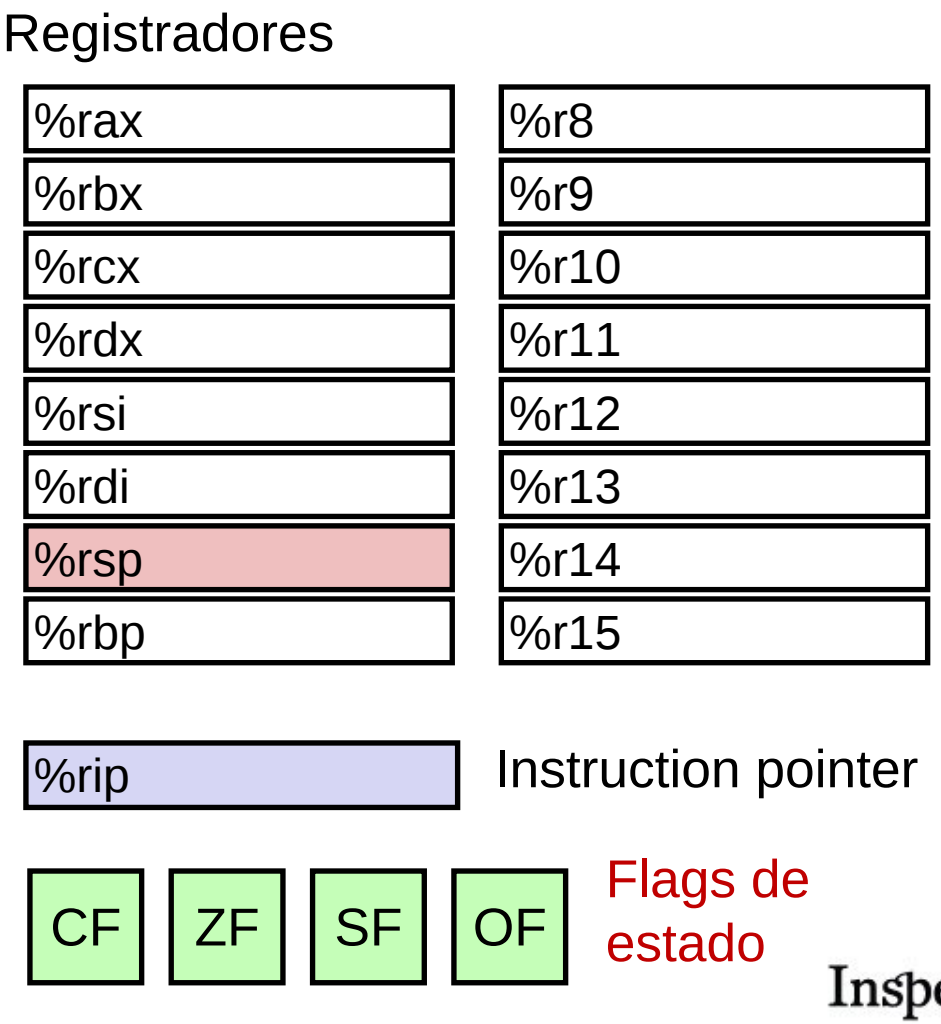
Insper

Estado do processador

Informação sobre o programa sendo executado:

- Dados temporários (%rax, ...)
- Topo da pilha (%rsp)
- Posição da instrução atual (%rip, ...)
- resultado testes recentes (**CF**, **ZF**, **SF**, **OF**)

Registrador de 1 bit



Insper

Instruções de comparação: `cmp`

- Instrução **`cmp A, B`**
  - Compara valores **`B`** com **`A`**, funciona como **`B–A`** **sem gravar resultado no destino**

Flag Setados	Significado
CF=1	Se Carry-out (vai um) em B – A (**unsigned**)
ZF=1	Se B == A
SF=1	Se (B – A) < 0 (MSB = 1), ou seja, B < A
OF=1	Overflow na subtração de complemento-de-2 (**signed**)

Não vamos realizar uma discussão aprofundada sobre **flags de estado**, nessa aula, maiores informação acessem o livro referência:
Computer Systems: A Programmer's Perspective (capítulo 3)

Instruções de comparação: `test`

- Instrução `test A, B`
  - Testa o resultado de **A & B**
  - Funciona como `and A, B` sem gravar resultado no destino
  - Útil para checar um dos valores, usando o outro como máscara
  - Normalmente usado com A e B sendo o mesmo registrador, ou seja: `test %rdi, %rdi`

Flag Setados	Significado
ZF=1	Se A & B == 0
SF=1	Se A & B < 0 (quando interpretado como signed)

Usando FLAGs - Instrução `set*`

Preenchem o **byte mais baixo** do destino com **0x00 ou 0x01**, dependendo de combinações dos FLAGs de estado. Não alteram os 7 bytes restantes

Instrução	Descrição
sete	Equal /Zero
setne	Not Equal / Not Zero
sets	(**signed**) Negativo
setns	(**signed**) Não-negativo
setl	(**signed**) Less than
setle	(**signed**) Less than or Equal
setge	(**signed**) Greater than or Equal
setg	(**signed**) Greater than
setb	(**unsigned**) Below
seta	(**unsigned**) Above

Atividade prática

Expressões booleanas

1. Identificar expressões booleanas a partir de código assembly
2. Reconstruir expressões booleanas em C a partir de sequências de instruções **cmp/test** e **set** (**até exercício 6**)

Desvios (ou saltos) condicionais

Instrução	Descrição
jmp	Incondicional
je	Equal /Zero
jne	Not Equal / Not Zero
js	(**signed**) Negativo
jns	(**signed**) Não-negativo
jl	(**signed**) Less than
jle	(**signed**) Less than or Equal
jge	(**signed**) Greater than or Equal
jg	(**signed**) Greater than
jb	(**unsigned**) Below
ja	(**unsigned**) Above

Resumo de instruções para condição

		cmp a,b	test a,b
je	"Equal"	b == a	b&a == 0
jne	"Not equal"	b != a	b&a != 0
js	"Sign" (negative)	b-a < 0	b&a < 0
jns	(non-negative)	b-a >=0	b&a >= 0
jg	"Greater"	b > a	b&a > 0
jge	"Greater or equal"	b >= a	b&a >= 0
jl	"Less"	b < a	b&a < 0
jle	"Less or equal"	b <= a	b&a <= 0
ja	"Above" (unsigned >)	b > a	b&a > 0U
jb	"Below" (unsigned <)	b < a	b&a < 0U

```
cmp 5,b
je:  b == 5
jne: b != 5
jg:  b >  5
jl:  b <  5
```

```
test a, a
je:  a == 0
jne: a != 0
jg:  a >  0
jl:  a <  0
```

Desvios (ou saltos) condicionais

Permitem saltar para outra parte do código dependendo dos códigos de condição. **Finalmente vamos ter `if` !!!**

Equivalem ao código C:

```
if (x < 3) {
  return 1;
}
return 2;
```

```
  cmpq $3, %rdi
  jge T2
T1: # x < 3:
  movq $1, %rax
  ret
T2: # !(x < 3):
  movq $2, %rax
  ret
```

O comando **goto** na Linguagem C

Definimos um *label* usando a sintaxe `nome:`

goto desvia o fluxo para a linha de código abaixo do label

```
int main(int argc, char **argv) {
    goto pula_para_ca;
    printf("Este printf não aparece!\n");
pula_para_ca:
    printf("Print2!\n");
}
```

goto só funciona dentro de uma mesma função

O par de comandos **if-goto**

O par de comandos if-goto é equivalente às instruções **cmp/test** seguidas de um j**ump condicional**

```
cmp 0x4, %rdi
jle label
(bloco 1)
label:
...
```

```
if (a <= 4) { // a-4 <= 0
    goto label;
}
(bloco1)
label:
. . .
```

O par de comandos **`if-goto`**

O par de comandos if-goto é equivalente às instruções **cmp/test** seguidas de um j**ump condicional**

Código **Assembly**

```
cmp 0x4, %rdi
jle label
(bloco 1)
label:
...
```

Código **gotoC**

```
if (a <= 4) {
    goto label;
}
(bloco1)
label:
. . .
```

Código na **linguagem C**

```
if (a > 4) {
    (bloco1);
}

. . .
```

Vamos chamar código **C** que use somente `if-goto` de **gotoC**!

Padrões de geração de código

Compiladores transformam o código **C** de diversas maneiras durante geração de código.

C

```
if (cond) {
        (bloco1)
}
. . .
```

gotoC

```
if (!cond)
        goto depois;

(bloco1)

depois:
. . .
```

Padrões de geração de código

Compiladores transformam o código **C** de diversas maneiras durante geração de código.

C

```
if (cond) {
        (bloco1)
} else {
        (bloco2)
}
. . .
```

gotoC

```
if (!cond)
        goto else;

(bloco1)
goto fim;

else:
(bloco2)

fim:
. . .
```

Código C com **goto**

Para entender o código assembly, devemos traduzir código C normal em código C com **goto**

```
long foo(long x, long y) {
  long result;
  if (x > y) {
    result = x - y;
  }
  else {
    result = y - x;
  }
  return result + 1;
}
```

```
long foo_j(long x, long y) {
  long result;

  int ntest = x <= y;
  if (ntest) goto Else;
  result = x - y;
  goto Done;

Else:
  result = y - x;

Done:
  result = result + 1;
  return result;
}
```

Código C com **goto**

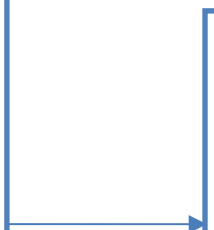
```
long foo_j(long x, long y) {
  long result;

  int ntest = x <= y;
  if (ntest) goto Else;

  result = x - y;
  goto Done;

Else:
  result = y - x;

Done:
  result = result + 1;
  return result;
}
```



```
0000000000000000 <foo>:
   0:   48 39 f7        cmp    %rsi,%rdi
   3:   7e 08           jle    d <foo+0xd>
   5:   48 29 f7        sub    %rsi,%rdi
   8:   48 89 fe        mov    %rdi,%rsi
   b:   eb 03           jmp    10 <foo+0x10>
   d:   48 29 fe        sub    %rdi,%rsi
  10:   48 8d 46 01     lea    0x1(%rsi),%rax
  14:   c3              retq
```

Atividade prática

Condicionais: if e if/else

1. Identificar as expressões booleanas testadas em instruções de pulo condicional
2. Reconstruir o fluxo de controle de um programa em C a partir de sua versão compilada

Insper

www.insper.edu.br