



Estrutura do tema ISA do IA32

1. Desenvolvimento de programas no IA32 em Linux
2. Acesso a operandos e operações
3. Suporte a estruturas de controlo
4. Suporte à invocação/retorno de funções
5. Acesso e manipulação de dados estruturados
6. Análise comparativa: IA-32 (CISC) e MIPS (RISC)



- Por omissão, as instruções são sempre executadas sequencialmente, i.e., uma após outra (em HLL & em ling. máq.)
- Em HLL o fluxo de instruções poderá ser alterado:
 - na execução de estruturas de controlo (adiante...)
 - na invocação / retorno de funções (mais adiante...)
 - na ocorrência de excepções / interrupções (mais adiante?)
- Em linguagem máquina isso traduz-se na alteração do IP, de modo **incondic/condicional**, por um valor **absoluto/relativo**
 - **jump / branch**
 - **call** (com salvaguarda do endereço de retorno) e **ret**
 - em excepções / interrupções . . .

Codificação das condições no IA32 para utilização posterior



• Condições codificadas em registos de 1 bit -> *Flag*

CF *Carry Flag* SF *Sign Flag*
ZF *Zero Flag* OF *Overflow Flag*

• As *Flags* podem ser implícita / explicitamente alteradas:

– Implícitamente, por operações aritméticas/lógicas

`addl Src, Dest` **Equivalente em C:** `t = a + b`
Flags afectadas: CF ZF SF OF

– Explicitamente, por instruções de comparação e teste

`cmpl Src2, Src1` **Equivalente em C...** apenas calcula `Src1-Src2`
Flags afectadas: CF ZF SF OF

`testl Src2, Src1` **Equivalente em C...** apenas calcula `Src1&Src2`
Flags afectadas: CF ZF SF OF

Utilização das *Flags* no IA32



A informação das *Flags* pode ser:

– Colocada directamente num de 8 registos de 8 bits; **ou...**

`setcc Dest` `Dest %al %ah %dl %dh %ch %cl %bh %bl`

Nota: não altera restantes 3 bytes; usada com `movzbl`

– Usada numa instrução de salto condicional:

`jcc Label` `Label` endereço destino **ou** distância para destino

Interpretação das *Flags*:

(set/j) <i>cc</i>	Descrição	Flags
(set/j) <i>e</i>	Equal	ZF
(set/j) <i>ne</i>	Not Equal	~ZF
(set/j) <i>s</i>	Sign (-)	SF
(set/j) <i>ns</i>	Not Sign (-)	~SF

(set/j) <i>g</i>	> (c/ sinal)	~(SF^OF)&~ZF
(set/j) <i>ge</i>	>= (c/ sinal)	~(SF^OF)
(set/j) <i>l</i>	< (c/ sinal)	(SF^OF)
(set/j) <i>le</i>	<= (c/ sinal)	(SF^OF) ZF
(set/j) <i>a</i>	> (s/ sinal)	~CF&~ZF
(set/j) <i>b</i>	< (s/ sinal)	CF

• Estruturas de controlo do C

- if-else statement
- do-while statement
- while statement
- for loop
- switch statement

Análise de um exemplo

```
int absdiff(int x, int y)
{
    if (x < y)
        return y - x;
    else
        return x - y;
}
```

C original

```
Corpo {
    movl 8(%ebp),%edx
    movl 12(%ebp),%eax
    cmpl %eax,%edx
    jl .L3
    subl %eax,%edx
    movl %edx,%eax
    jmp .L5
.L3:
    subl %edx,%eax
.L5:
```

```
int goto_diff(int x, int y)
{
    int rval;
    if (x < y)
        goto then_statement;
    rval = x - y;
    goto done;
then_statement:
    rval = y - x;
done:
    return rval;
}
```

Versão goto

```
# edx = x
# eax = y
# compare x : y
# if <, goto then_statement
# edx = x - y
# return value = edx
# goto done
# then_statement:
# return value = y - x
# done:
```

Generalização

```
if (expressão_de_teste)
    then_statement
else
    else_statement
```

Forma genérica em C

```
cond = expressão_de_teste
if (cond)
    goto true;
else_statement
goto done;
true:
    then_statement
done:
```

Versão com goto, ou assembly com sintaxe C

Generalização

```
do
    body_statement
while(expressão_de_teste);
```

Forma genérica em C

```
loop:
    body_statement
    cond = expressão_de_teste
    if (cond)
        goto loop;
```

Versão com goto, ou assembly com sintaxe C

Análise de um exemplo

- série de Fibonacci: $F_1 = F_2 = 1$
 $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, n \geq 3$

```
int fib_dw(int n)
{
    int i = 0;
    int val = 0;
    int nval = 1;

    do {
        int t = val + nval;
        val = nval;
        nval = t;
        i++;
    } while (i < n);

    return val;
}
```

C original

```
int fib_dw_goto(int n)
{
    int i = 0;
    int val = 0;
    int nval = 1;

loop:
    int t = val + nval;
    val = nval;
    nval = t;
    i++;
    if (i < n);
        goto loop;
    return val;
}
```

Versão com goto

Análise de um exemplo

- série de Fibonacci

Utilização dos registos		
Registo	Variável	Valor inicial
%ecx	i	0
%esi	n	n
%ebx	val	0
%edx	nval	1
%eax	t	1

Corpo (loop)

```
.L2:
    leal (%edx,%ebx),%eax
    movl %edx,%ebx
    movl %eax,%edx
    incl %ecx
    cmpl %esi,%ecx
    jl .L2
    movl %ebx,%eax
```

```
int fib_dw_goto(int n)
{
    int i = 0;
    int val = 0;
    int nval = 1;

loop:
    int t = val + nval;
    val = nval;
    nval = t;
    i++;
    if (i < n);
        goto loop;
    return val;
} Versão goto
```

```
# loop:
# t = val + nval
# val = nval
# nval = t
# i++
# compare i : n
# if <, goto loop
# return val
```

Generalização

```
while(expressão_de_teste)
    body_statement
```

Forma genérica em C

```
loop:
    cond = expressão_de_teste
    if (!cond)
        goto done;
    body_statement
    goto loop;
done:
```

Versão com goto

```
if (!expressão_de_teste)
    goto done;
do
    body_statement
while(expressão_de_teste);
done:
```

Conversão while em do-while

```
cond = expressão_de_teste
if (!cond)
    goto done;
loop:
    body_statement
    cond = expressão_de_teste
    if (cond)
        goto loop;
done:
```

Versão do-while com goto

Análise de um exemplo

- série de Fibonacci

```
int fib_w(int n)
{
    int i = 1;
    int val = 1;
    int nval = 1;

    while (i < n) {
        int t = val + nval;
        val = nval;
        nval = t;
        i++;
    }

    return val;
}
```

C original

```
int fib_w_goto(int n)
{
    int i = 1;
    int val = 1;
    int nval = 1;

    if (i >= n);
        goto done;

loop:
    int t = val + nval;
    val = nval;
    nval = t;
    i++;
    if (i < n);
        goto loop;
done:
    return val;
}
```

Versão do-while com goto

while statement (3)

Análise de um exemplo – série de Fibonacci

Utilização dos registos		
Registo	Variável	Valor inicial
%esi	n	n
%ecx	i	1
%ebx	val	1
%edx	nval	1
%eax	t	2

```
int fib_w_goto(int n)
{
    (...)
    if (i>=n);
    goto done;

loop:
    (...)
    if (i<n);
    goto loop;
done:
    return val;
}
```

Versão do-while com goto

Corpo

```
(...)
    cmpl %esi,%ecx
    jge .L7
.L5:
    (...)
    cmpl %esi,%ecx
    jl .L5
.L7:
    movl %ebx,%eax
    # esi=n, i=val=nval=1
    # compare i : n
    # if >=, goto done
    # loop:
    # compare i : n
    # if <, goto loop
    # done:
    # return val
```

Nota: Código gerado com gcc -O1 -S

for loop (1)

Generalização

```
for ( expr_inic; expr_test; act_expr )
    body_statement
```

Forma genérica em C

```
expr_inic;
while ( expr_test ) {
    body_statement
    act_expr ;
}
```

Conversão for em while

```
expr_inic ;
if (! expr_test)
    goto done;
do {
    body_statement
    act_expr ;
} while ( expr_test );
done:
```

Conversão para do-while

```
expr_inic ;
cond = expr_test ;
if (! cond)
    goto done;
loop:
    body_statement
    act_expr ;
    cond = expr_test ;
    if ( cond)
        goto loop;
done:
```

Versão do-while com goto

for loop (2)

Análise de um exemplo – série de Fibonacci

```
int fib_f(int n)
{
    int i;
    int val = 1;
    int nval = 1;

    for (i=1; i<n; i++) {
        int t = val + nval;
        val = nval;
        nval = t;
    }

    return val;
}
```

C original

```
int fib_f_goto(int n)
{
    int val = 1;
    int nval = 1;

    int i = 1;
    if (i>=n);
    goto done;

loop:
    int t = val + nval;
    val = nval;
    nval = t;
    i++;
    if (i<n);
    goto loop;
done:
    return val;
}
```

Versão do-while com goto
Nota: gcc gera mesmo código...

switch statement

"Salto" com escolha múltipla; alternativas de implementação:

- Sequência de if-else statements
- Com saltos "indirectos": endereços especificados numa tabela de salto (*jump table*)