Conceptos de Arquitectura de Computadoras
2012

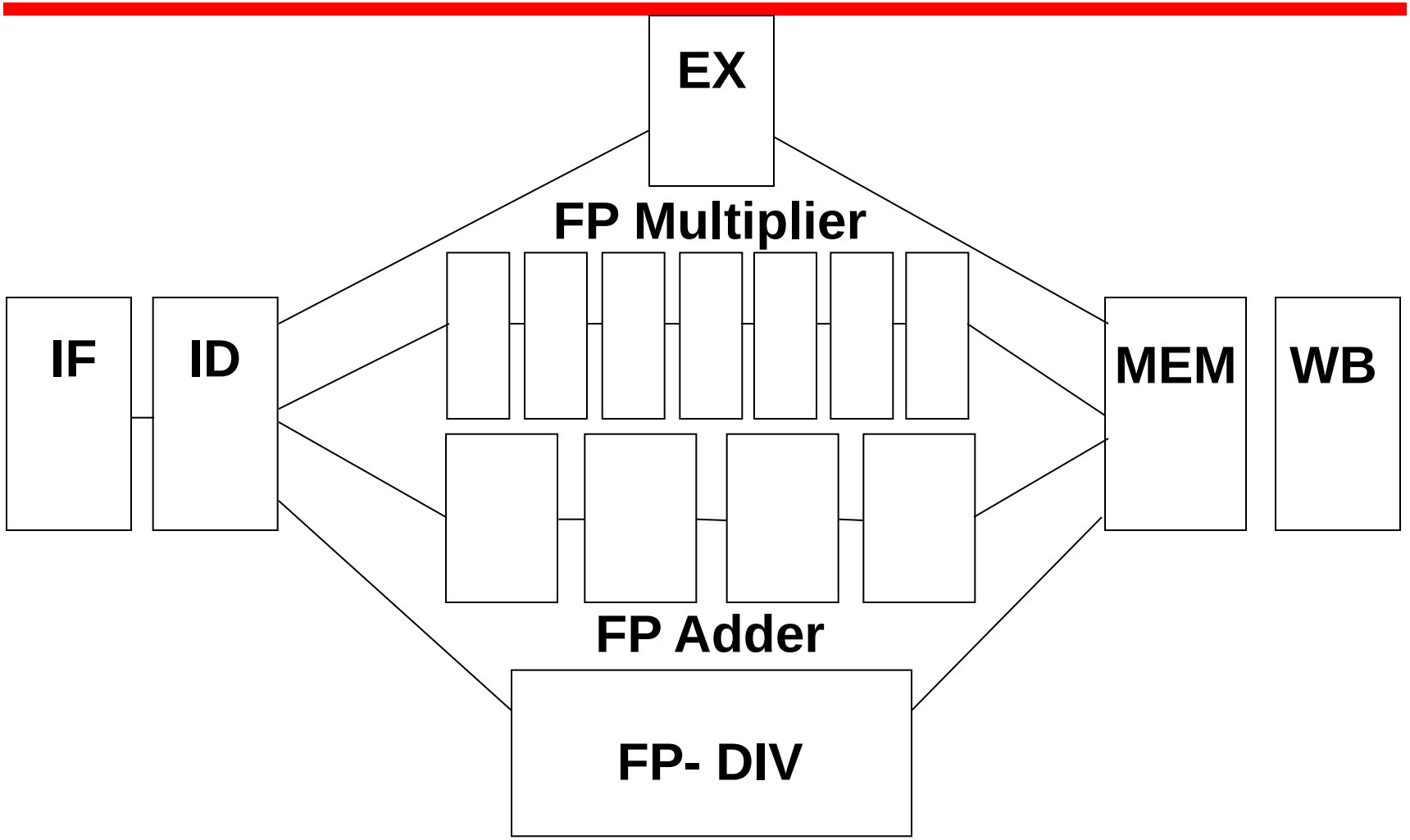
Simulador

WINMIPS64

Procesador MIPS

- 32 registros de uso general: r0 .. r31 (64 bits)
  - excepto r0 siempre igual a 0
- 32 registros de punto flotante: f0 .. f31 (64 bits)
- 2^{30} palabras de memoria (32 bits c/u)
- Instrucciones de 1 palabra de longitud (32 bits)
- Acceso a memoria limitado a 2 instrucciones
  - LOAD (carga de memoria en un registro)
  - STORE (almacena un registro en memoria)

Segmentación en el MIPS



Segmentación en MIPS (2)

- **Búsqueda (IF)**
  - Se accede a memoria por la instrucción
  - Se incrementa el PC
- **Decodificación / Búqueda de operandos (ID)**
  - Se decodifica la instrucción
  - Se accede al banco de registros por los operandos
  - Se calcula el valor del operando inmediato con extensión de signo (si hace falta)
  - Si es un salto, se calcula el destino y si se toma o no
- **Ejecución / Dirección efectiva (EX)**
  - Si es una instrucción de proceso, se ejecuta en la ALU
  - Si es un acceso a memoria, se calcula la dirección efectiva
  - Si es un salto, se almacena el nuevo PC
- **Acceso a memoria / terminación del salto (MEM)**
  - Si es un acceso a memoria, se accede
- **Almacenamiento (WB)**
  - Se almacena el resultado (si lo hay) en el banco de registros

Directivas al assembler (MIPS64)

.data - comienzo de segmento de datos
.text - comienzo de segmento de código
.code - comienzo de segmento de código (= .text)
.org <n> - dirección de comienzo
.space <n> - deja n bytes vacios
.asciiz <s> - entra string ascii terminado en cero
.ascii <s> - entra string ascii

donde <n> es un número como 24 y <s> denota un string como "fred".

Directivas al assembler (2)

.word <n1>,<n2>.. - entra word(s) de dato (64-bits)

.byte <n1>,<n2>.. - entra bytes

.word32 <n1>,<n2>.. - entra número(s) de 32 bit

.word16 <n1>,<n2>.. - entra número(s) de 16 bit

.double <n1>,<n2>.. - entra número(s) en floating-point

donde <n1>,<n2>.. son números separados por comas.

E/S del MIPS64

E/S mapeada en memoria.

Dirección de CONTROL= 0x10000 y DATA=0x10008

Si CONTROL = 1, Set DATA con Entero S/S para sacar

Si CONTROL = 2, Set DATA con Entero C/S para sacar

Si CONTROL = 3, Set DATA con Punto Flotante para sacar

Si CONTROL = 4, Set DATA con dirección comienzo de string para sacar

Si CONTROL = 5, Set DATA+5 con coordenada X, DATA+4 con coordenada Y y DATA con color RGB para sacar

Si CONTROL = 6, limpia la pantalla terminal

Si CONTROL = 7, limpia la pantalla gráfica

Si CONTROL = 8, leer DATA (sea un entero o pto fte) del teclado

Si CONTROL = 9, leer un byte de DATA, sin eco de caracter.

Instrucciones Load/Store

- LD R1, offset(R2) ; Load Doubleword (64 bits)
  - LB R1, offset(R2) ; Load Byte
    - LBU R1, offset(R2) ; Load Byte s/signo
  - LH R1, offset(R2) ; Load Halfword (16 bits)
    - LHU R1, offset(R2) ; Load Halfword s/signo
  - LW R1, offset(R2) ; Load Word (32 bits)
    - LWU R1, offset(R2) ; Load Word s/signo
- SD R1, offset(R2) ; Store Doubleword
  - SB R1, offset(R2) ; Store Byte
  - SH R1, offset(R2) ; Store Halfword
  - SW R1, offset(R2) ; Store Word

Instrucciones ALU inmediatas

- DADDI R1,R2,7 ; R1= R2 + Inmediato
  - DADDUI R1,R2,7 ; R1= R2 + Inmediato s/signo
- SLTI R1,R2,7 ; si R2<Inmediato then R1=1
- ANDI R1,R2,7 ; R1= R2 And Inmediato
- ORI R1,R2,7 ; R1= R2 Or Inmediato
- XORI R1,R2,7 ; Exclusive Or Immediate

Instrucciones ALU en registros

- DADD R1,R2,R3 ; R1= R2 Add R3
  - DADDU R1,R2,R3 ; R1= R2 Add R3 s/signo
- DSUB R1,R2,R3 ; R1= R2 Subtract R3
  - DSUBU R1,R2,R3 ; R1= R2 Subtract R3 s/signo

- SLT R1,R2,R3 ; Si R2<R3 then R1=1

- AND R1,R2,R3 ; R1= R2 And R3
- OR R1,R2,R3 ; R1= R2 Or R3
- XOR R1,R2,R3 ; R1= R2 Exclusive Or R3

Instrucciones ALU en registros (2)

de desplazamiento:

- DSLL R1,R2,4 ; Shift Left Logical
  - DSLLV R1,R2,R3 ; idem anterior Variable
- DSRL R1,R2,4 ; Shift Right Logical
  - DSRLV R1,R2,R3 ; idem anterior Variable
- DSRA R1,R2,4 ; Shift Right Arithmetic
  - DSRAV R1,R2,R3 ; idem anterior Variable

Instrucciones Punto Flotante

Movimiento:

- L.D F1, offset(R0) ; Load Double precision float
- S.D F1, offset(R0) ; Store Double precision float

- MTC1 F1, R1 ; Move Word a Floating Point
- MOV.D F1, F2 ; Move Floating Point

Instrucciones Punto Flotante (2)

Aritméticas:

- ADD.D F1, F2, F3 ; Floating Point Add
- DIV.D F1, F2, F3 ; Floating Point Divide
- MUL.D F1, F2, F3 ; Floating Point Multiply
- SUB.D F1, F2, F3 ; Floating Point Subtract

Instrucciones Punto Flotante (3)

Conversión:

- CVT.L.D F1,F2 ; Floating Point a entero
  ; (64bits)
- CVT.W.D F1,F2 ; Floating Point a entero
  ; (32bits)

Instrucciones de control de flujo

Salto incondicional:

- J offset ; Jump a offset
- JAL offset ; Jump and Link a offset
- JR R1 ; Jump a dir. en Registro

Instrucciones de control ... (2)

Salto condicional que compara 2 registros:

- BEQ R1, R2, offset ; si R1= R2 saltar a offset
  - BNE R1, R2, offset ; si R1<> R2 saltar a offset

Salto condicional que compara con cero:

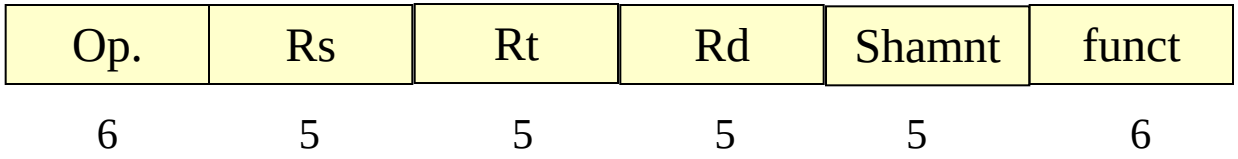
- BEQZ R1, offset ; si R1=0 saltar a offset
  - BNEZ R1, offset ; si R1<>0 saltar a offset

Otras instrucciones

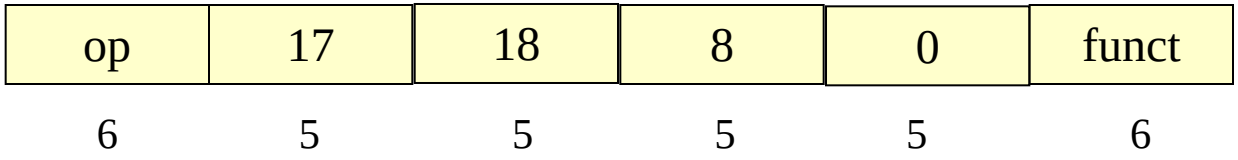
- NOP ; No Operación
- HALT ; Detiene el Simulator

Formato Instrucciones Tipo-R

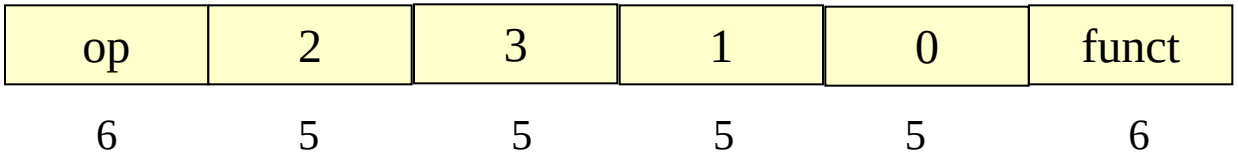
aritmético-lógicas



Ej: DADD R8, R17, R18 R8 = R17 + R18

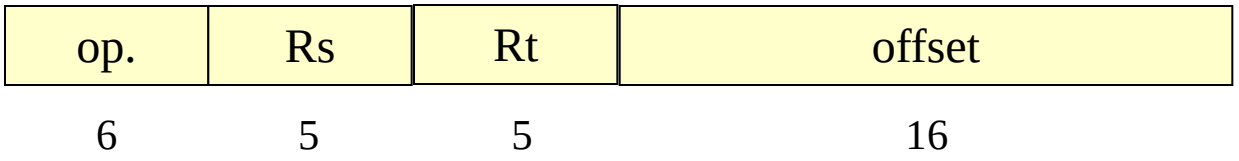


Ej: SLT R1, R2, R3 if R2<R3 then R1=1 else R1=0

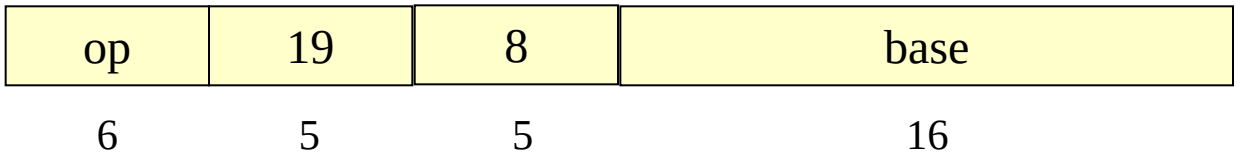


Formato Instrucciones Tipo-I

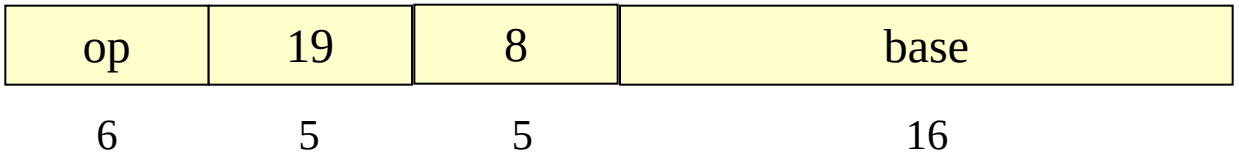
inmediatas



Ej: LD R8, base (R19) R8 = M[base + R19]



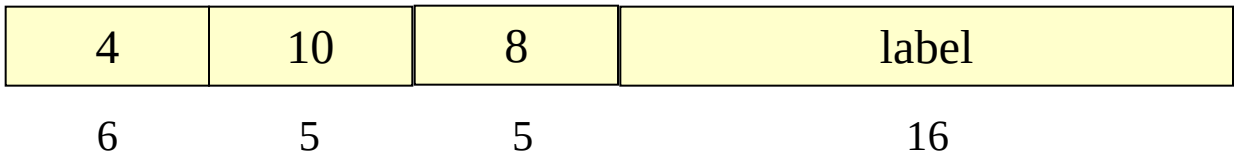
Ej: SD R8, base (R19) M[base + R19] = R8



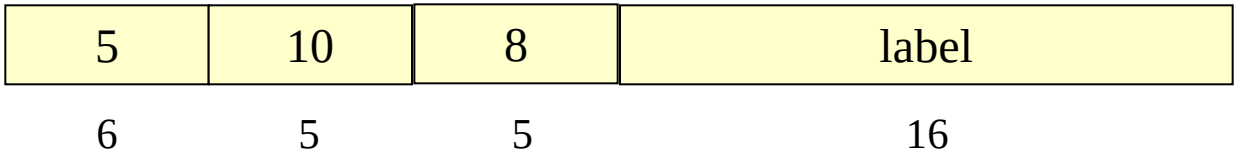
Formato Instrucciones Tipo-I (2)

ramificación o salto condicional

Ej: BEQ R8, R10, label if R8 = R10 goto label



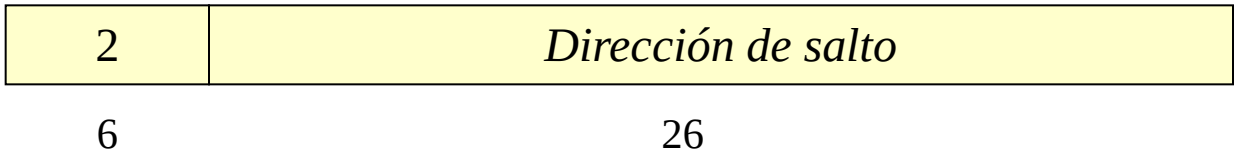
Ej: BNE R8, R10, label if R8 <> R10 goto label



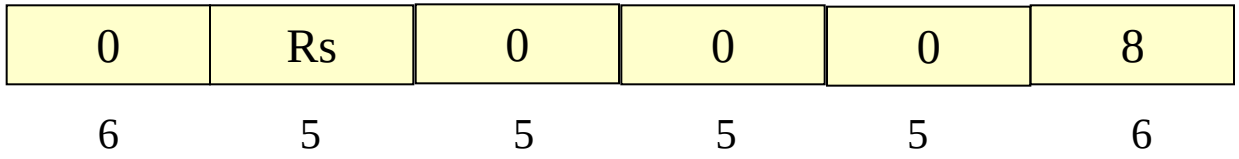
Formato Instrucciones de control

instrucciones de salto

Ej: J *dir-de-salto* PC = *dir-de-salto*



Ej: JR R3 PC = R3



Llamadas a procedimientos

EL MIPS no tiene pila de hardware, almacena la dirección de retorno **siempre** en R31

- SALTO A SUBRUTINA (Jump And Link)

JAL *dir-de-salto*	R31 = PC J *dir-de-salto*

- RETORNO DE SUBRUTINA

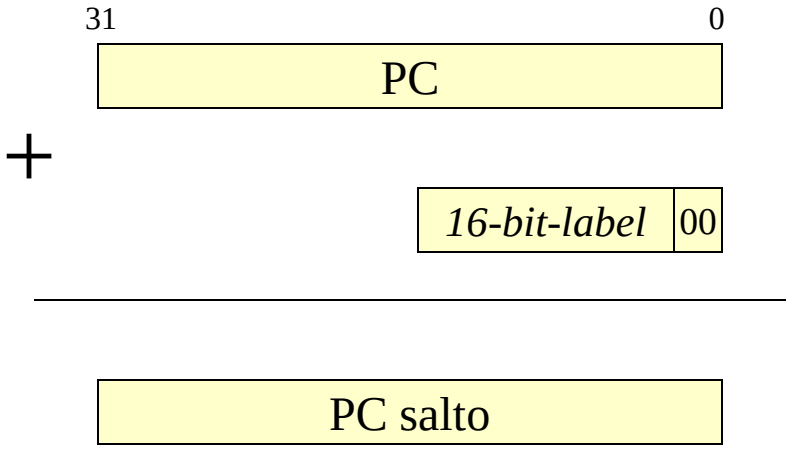
JR R31	PC = R31

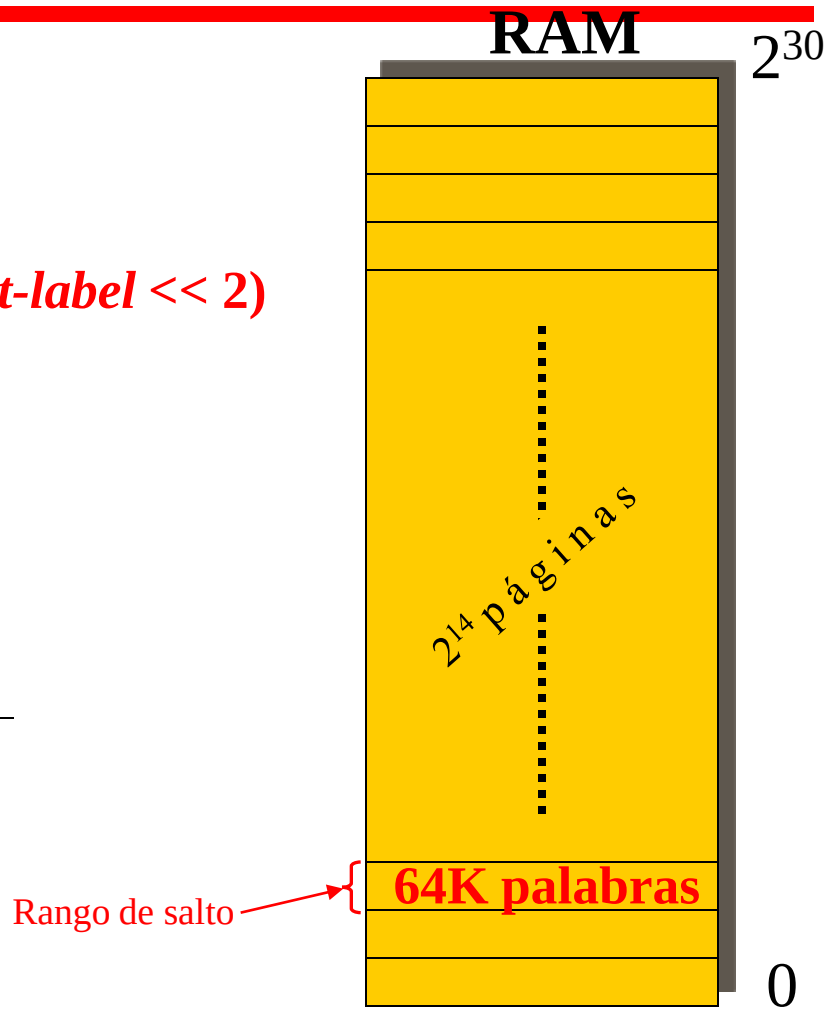
Comparación de los saltos

- BEQ: salto corto dentro de página

BEQ R4, R5, *16-bit-label*

If (R4==R5) PC = PC + (*16-bit-label* << 2)



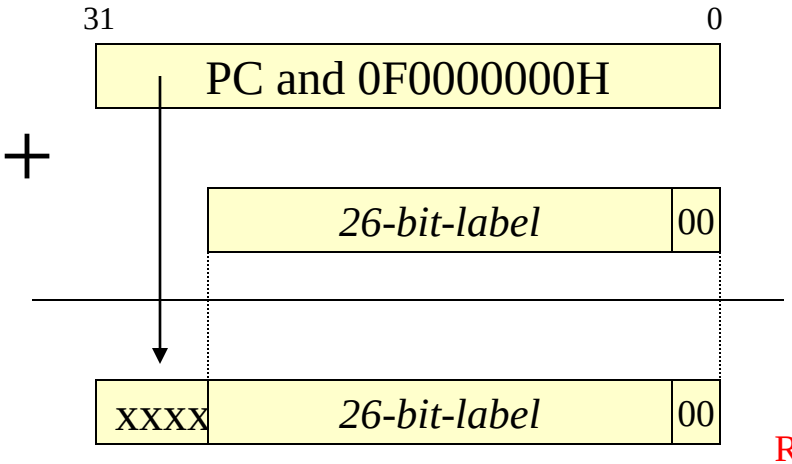


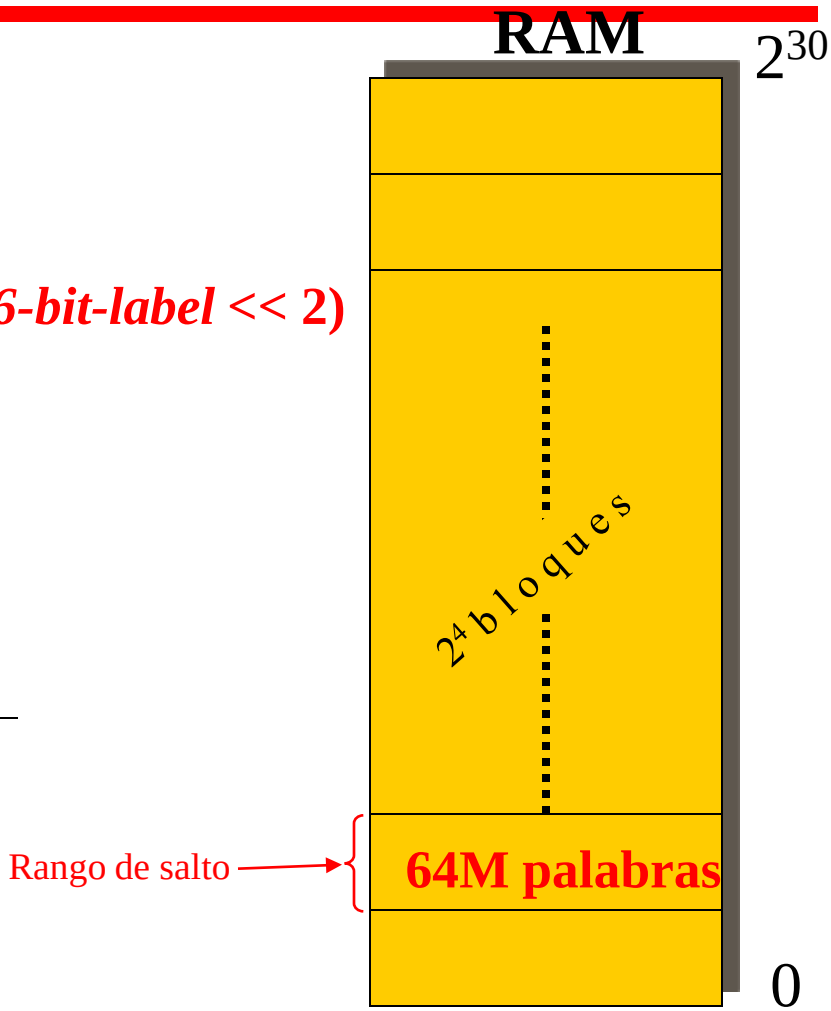
Comparación de los saltos (2)

- J: salto largo dentro de bloque

  J *26-bit-label*

PC = (PC and 0F0000000H) + (*26-bit-label* << 2)



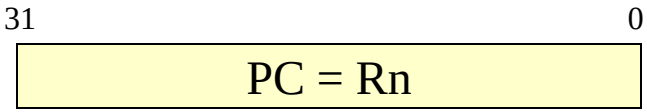


Comparación de los saltos (3)

- JR: salto largo a toda la memoria

  JR *Rn*

  PC = Rn



Nombres de registros (MIPS)

- $0 **zero** ,siempre retorna 0
- $1 **at** ,reservado para uso por el ensamblador
- $2,$3 **v0,v1** ,valor retornado por subrutina
- $4-$7 **a0-a3** ,argumentos para una subrutina
- $8-$15 **t0-t7** ,temporarios para subrutinas
- $16-$23 **s0-s7** ,variables de subrutinas. Preservar sus valores
- $24,$25 **t8,t9** ,temporarios para subrutinas
- $26,$27 **k0,k1** ,usados por manejador de interrupciones/trap
- $28 **gp** ,puntero global (acceso a var static/extern)
- $29 **sp** ,puntero de pila
- $30 **s8/fp** ,noveno registro de variable o frame pointer
- $31 **ra** ,retorno de subrutina

Ejemplo 1

```
; C=A+B
        .data
A:      .word 10
B:      .word 8
C:      .word 0
        .text
main:   ld    r4, A(r0)       ; A en r4
        ld    r5, B(r0)       ; B en r5
        dadd  r3, r4, r5      ; r3 = r4+r5
        sd    r3, C(r0)       ; resultado en C
        halt
```

Ejemplo 2

```
for i =1 to 1000 do
    A[i]:=B[i]+5;
```

```
        .data
base_B: .word 1,2,3,4,5,6, ...,1000
base_A: .space 1000
        .text
        DADDI  R2, R0, 1          ; variable I = 1 (en R2)
        DADDI  R5, R0, 5          ; R5 = 5
        DADDI  R10, R0, 1001      ; límite del FOR (en R10)
ciclo:  LD     R1, base_B(R2)     ; R1 = B[I]
        DADD   R1, R1, R5         ; R1 = B[I] + 5
        SD     R1, base_A(R2)     ; A[I] = R1
        DADDI  R2, R2, 1          ; I = I + 1
        BNE    R2, R10, ciclo     ; I <> 1001 => ir a ciclo
        HALT
```

Ejemplo 3

```
        .data
busca:  .word 7
vect:   .word 1,4,8,10,7
largo:  .word 5
```

```
        .text
        dadd    R10,R0,R0       ; registro R10 puesto en '0'
        dadd    R1,R0,R0        ; registro R1 elegido como indice
        ld      R2,largo(R0)    ; calculamos la dimension del vector vect.
        dsll    R2,R2,3         ; multiplico R2 x 8
        ld      R3,busca(R0)    ; elemento buscado
loop:   ld      R4,vect(R1)     ; elemento del vector a comparar
        beq     R3,R4,found     ; salgo de loop si son iguales
        daddi   R1,R1,8         ; R1++ (8 byte)
        slt     R5,R1,R2        ; comparo (resultado en R5)
        bnez    R5,loop         ; continuo el ciclo?
        j       end             ; el valor buscado no se encontró
found:  daddi   R10,R0,1        ; coloco TRUE en R10
end:    halt                    ; comando winmips de cierre
```