

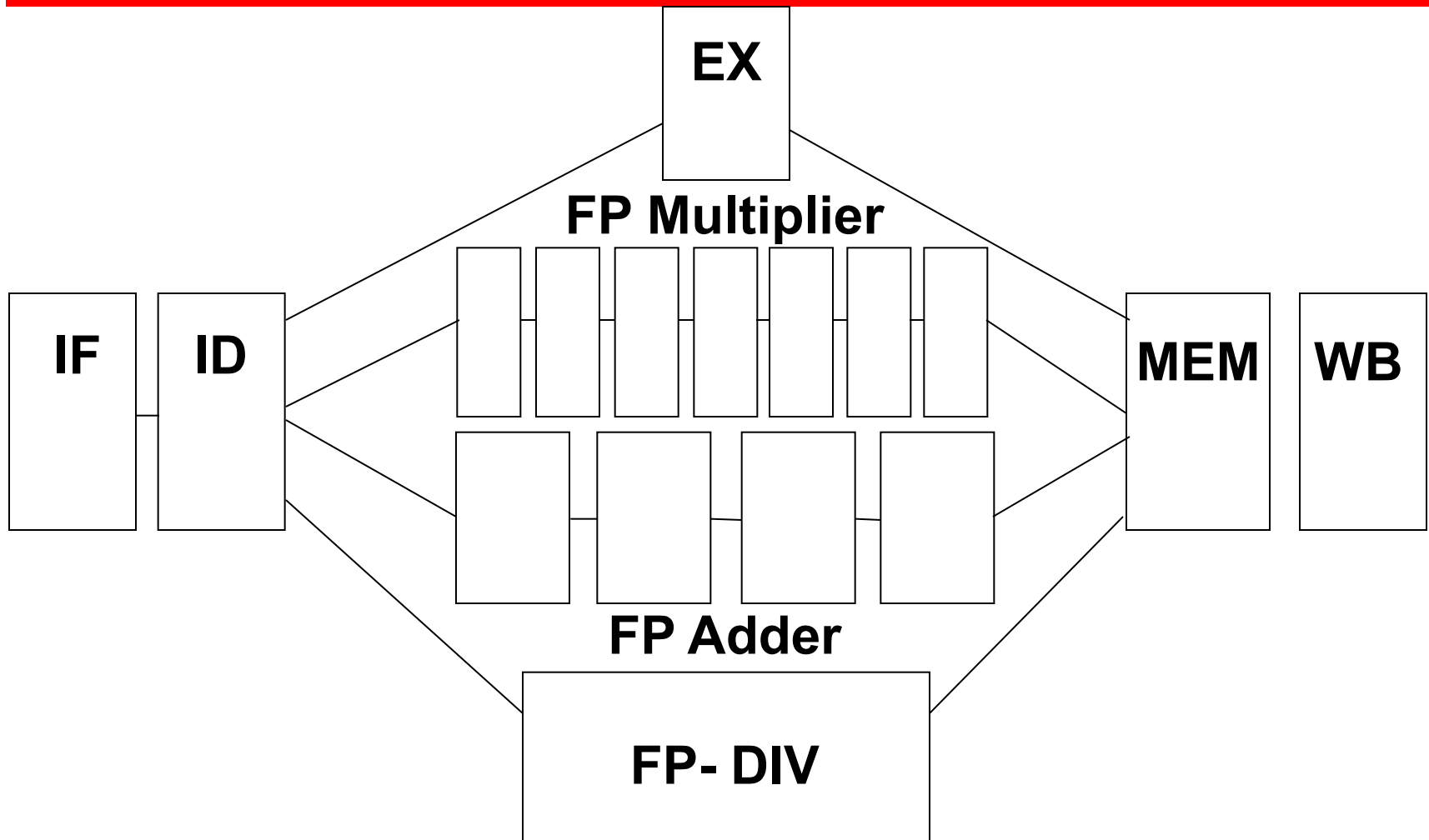
Arquitectura de Computadoras

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 / Búsqueda 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 $R1 \neq R2$ saltar a offset

Salto condicional que compara con cero:

- BEQZ R1, offset ; si $R1 = 0$ saltar a offset
 - BNEZ R1, offset ; si $R1 \neq 0$ saltar a offset

Otras instrucciones

- NOP ; No Operación
- HALT ; Detiene el Simulator

Formato Instrucciones Tipo-R

aritmético-lógicas

Op.	Rs	Rt	Rd	Shamnt	funct
6	5	5	5	5	6

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

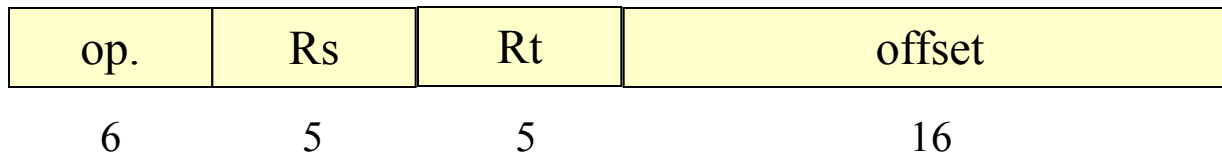
op	17	18	8	0	funct
6	5	5	5	5	6

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

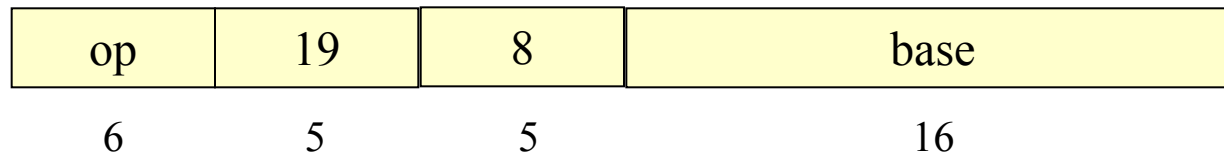
op	2	3	1	0	funct
6	5	5	5	5	6

Formato Instrucciones Tipo-I

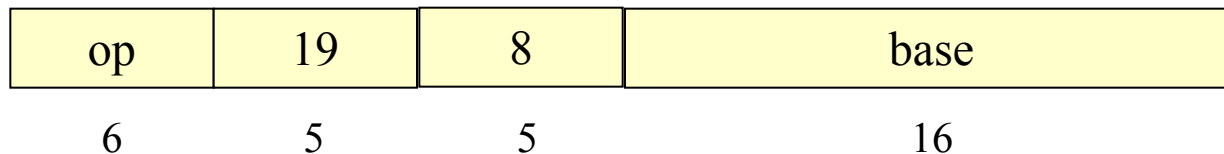
inmediatas



Ej: LD R8, base (R19) $R8 = M[\text{base} + R19]$



Ej: SD R8, base (R19) $M[\text{base} + R19] = R8$

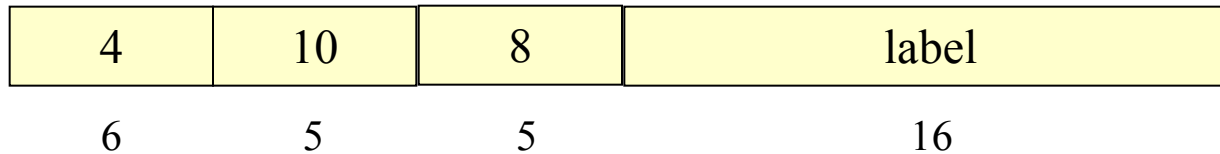


Formato Instrucciones Tipo-I (2)

ramificación o salto condicional

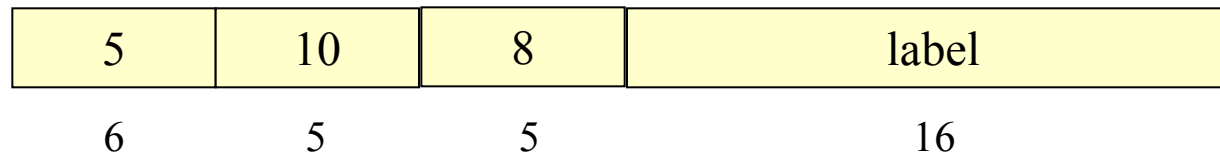
Ej: BEQ R8, R10, label

if R8 = R10 goto label



Ej: BNE R8, R10, label

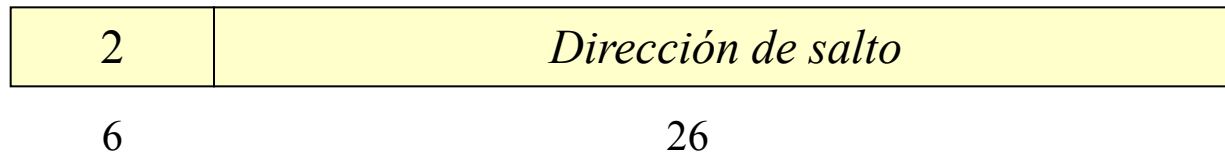
if R8 \neq R10 goto label



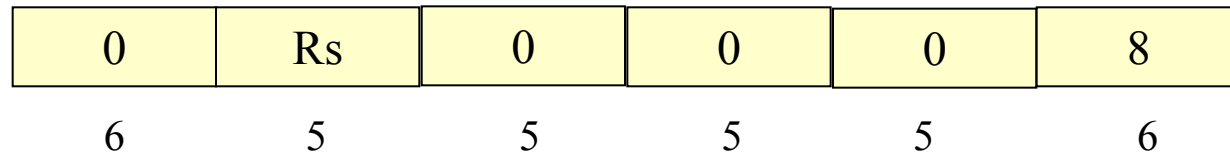
Formato Instrucciones de control

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 SUBROUTINA (Jump And Link)

JAL dir-de-salto

$R31 = PC$

J dir-de-salto

- RETORNO DE SUBROUTINA

JR R31

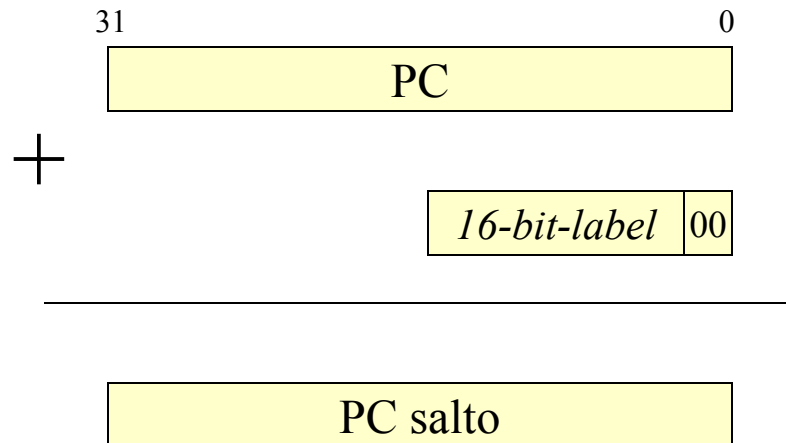
$PC = R31$

Comparación de los saltos

- **BEQ**: salto corto dentro de página

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

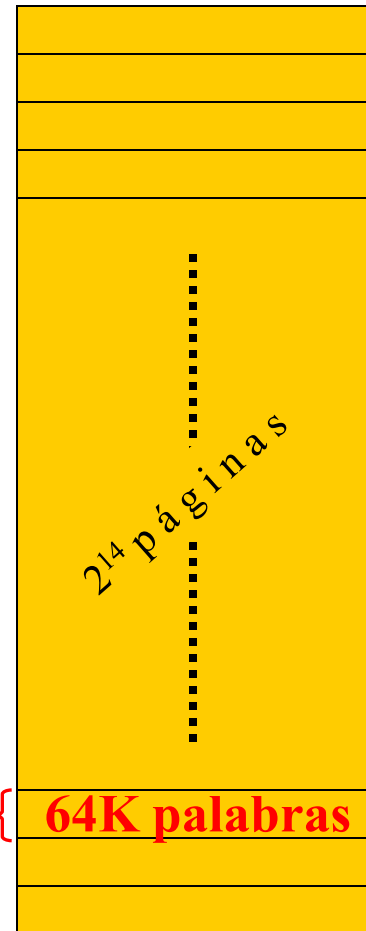
If (R4==R5) PC = PC + (*16-bit-label* << 2)



Rango de salto

RAM

2^{30}



64K palabras

0

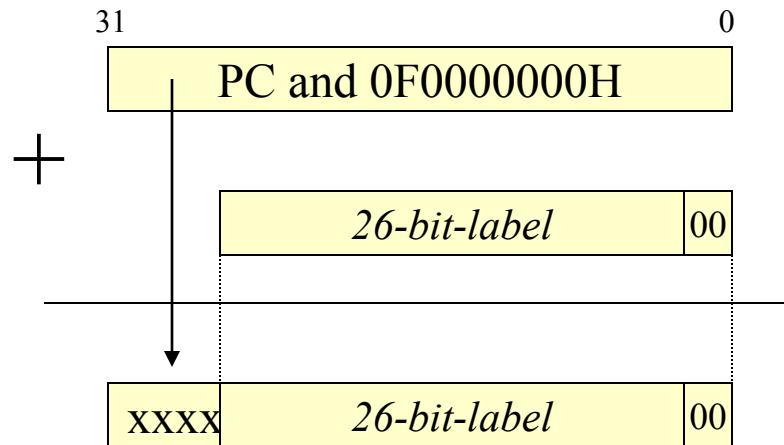
23

Comparación de los saltos (2)

- **J**: salto largo dentro de bloque

J 26-bit-label

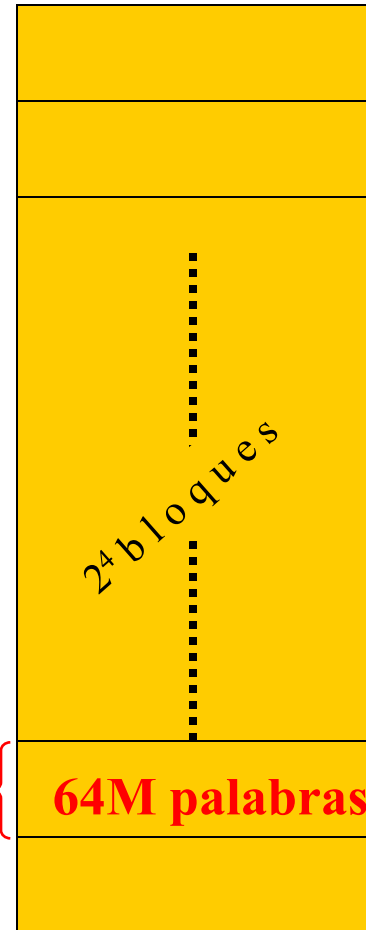
$$PC = (PC \text{ and } 0F0000000H) + (26\text{-bit-label} \ll 2)$$



Rango de salto

RAM

2^{30}



0

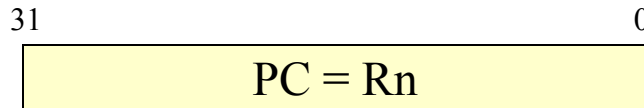
24

Comparación de los saltos (3)

- **JR:** salto largo a toda la memoria

JR R_n

PC = R_n



Rango de salto



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
```