

# **Arquitectura de Computadoras**

---

Simulador  
**WINMIPS64**

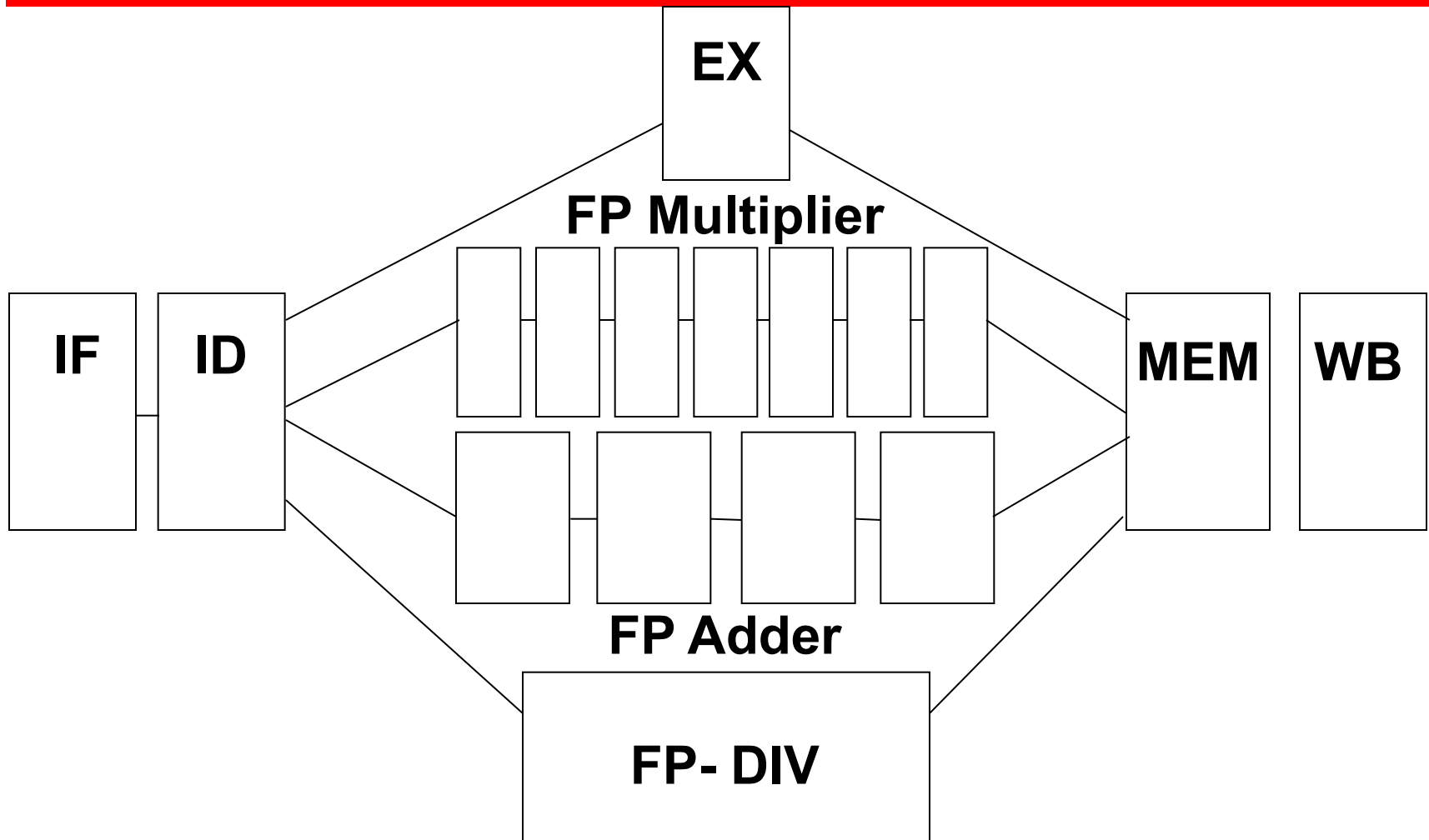
# Procesador MIPS

---

- 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       $R8 = R17 + R18$

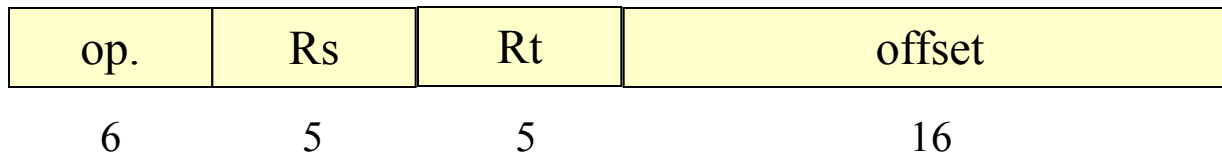
op	17	18	8	0	funct
6	5	5	5	5	6

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

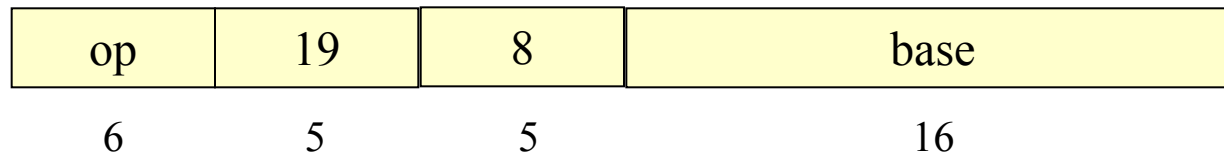
op	2	3	1	0	funct
6	5	5	5	5	6

# Formato Instrucciones Tipo-I

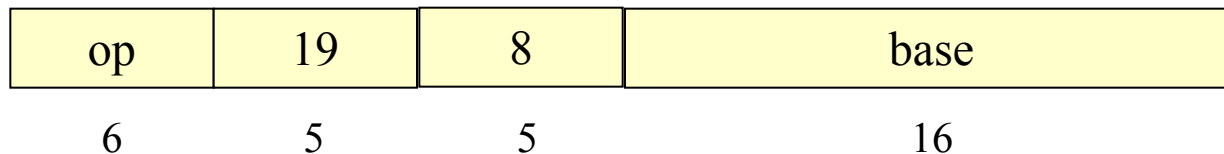
inmediatas



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



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

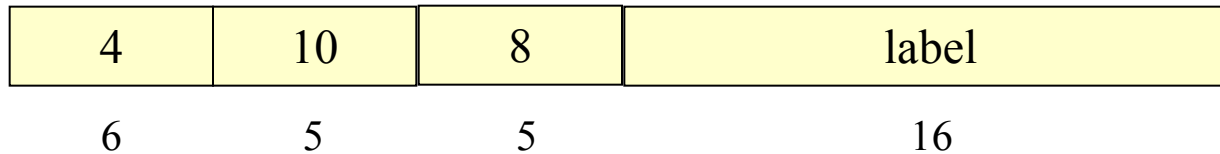


# Formato Instrucciones Tipo-I (2)

ramificación o salto condicional

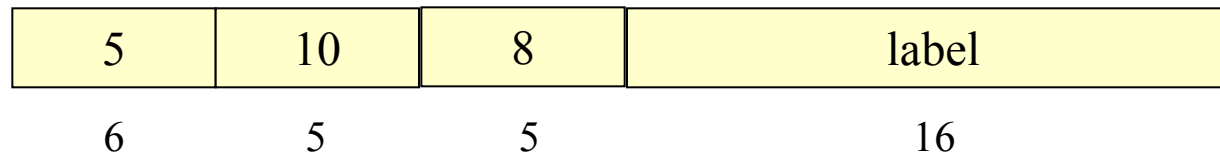
Ej: BEQ R8, R10, label

if R8 = R10 goto label



Ej: BNE R8, R10, label

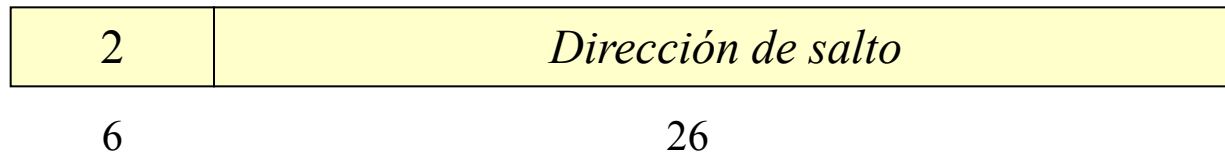
if R8  $\neq$  R10 goto label



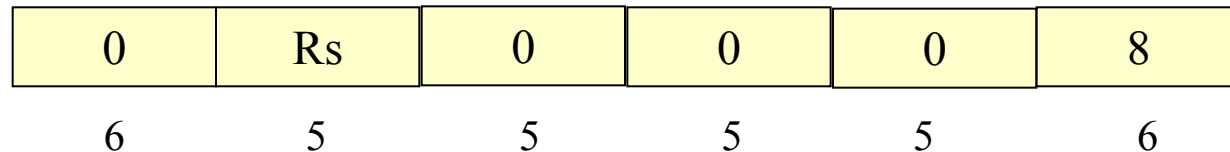
# Formato Instrucciones de control

## instrucciones de salto

Ej:      $J \text{ dir-de-salto}$               $PC = \text{dir-de-salto}$



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*

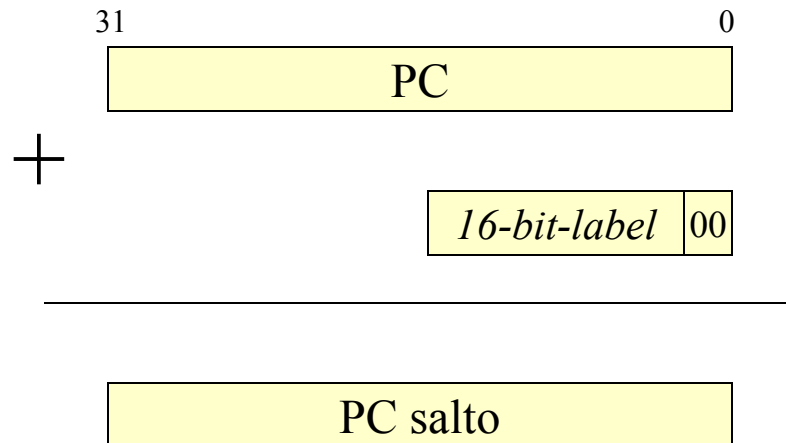
$PC = R31$

# Comparación de los saltos

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

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

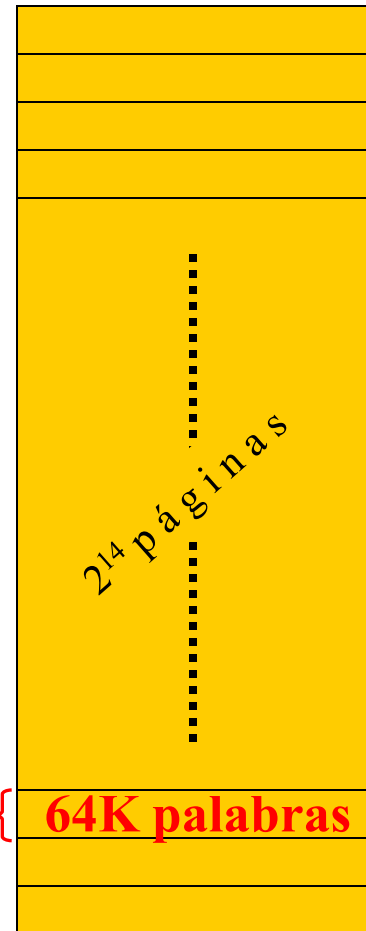
**If (R4==R5) PC = PC + (*16-bit-label* << 2)**



Rango de salto

RAM

$2^{30}$



0

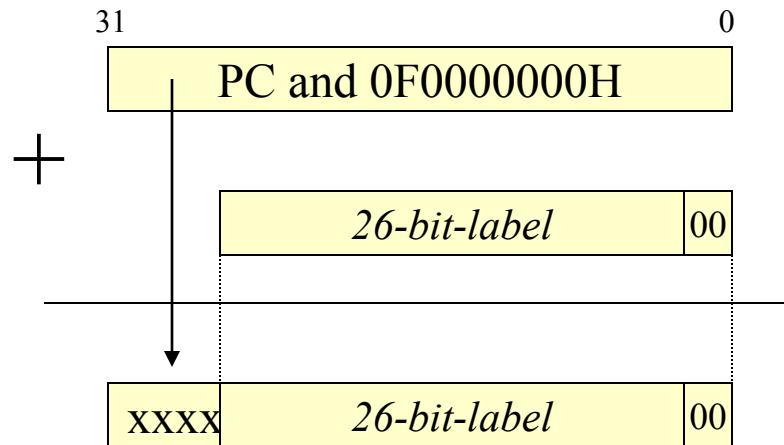
23

# Comparación de los saltos (2)

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

*J 26-bit-label*

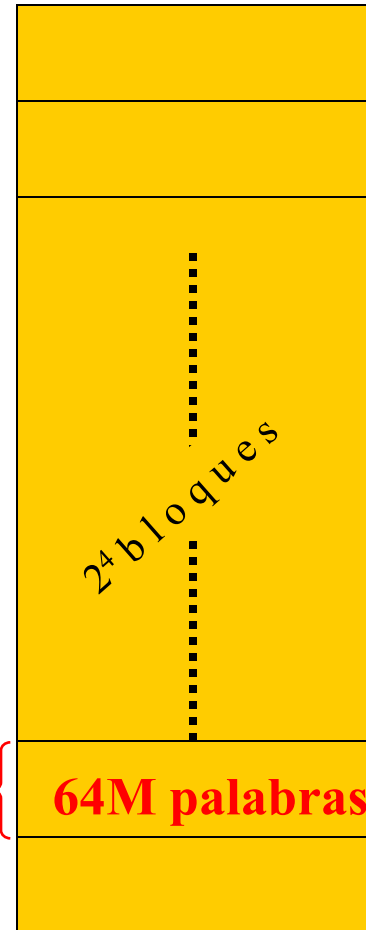
$$PC = (PC \text{ and } 0F0000000H) + (26\text{-bit-label} \ll 2)$$



Rango de salto

RAM

$2^{30}$



0

24

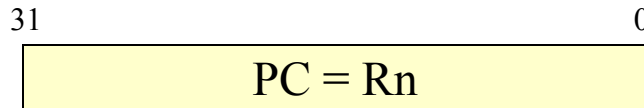


# Comparación de los saltos (3)

- **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
```