MIPS32 R2000/R3000 INTRODUCCIÓ

- EL MIPS R2000 és l'original
  - Apareix cap el 1985 i funcionava a 8 Mhz
  - L'R3000 és idèntic però funcionant a més velocitat
- És una màquina de 32 Bits
  - És *Bi-Endian (es pot escollir)*
    - En un SGI és Big-Endian
    - L'*Spim* utilitzat sota un *ix86* és *Little-Endian*
  - Pot adreçar fins a 4 GBytes de memòria

MIPS32 R2000/R3000 ARQUITECTURA

- RISC
  - 32 Registres de propòsit general
  - Arquitectura *Load/Store*
  - Caché controlable per Software
  - No té paraula d'estat (*PSW*)
- Exemples
  - SGI (MIPS32, MIPS64)
  - PlayStation
  - Nintendo 64 (MIPS64)

CONTINGUT (I)

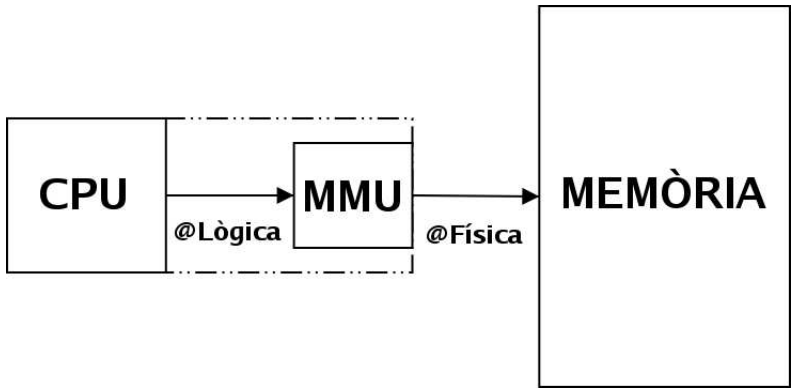
- MODEL DE MEMÒRIA
- REGISTRES
- INSTRUCCIONS
  - Tipus i Codificació (*R, I, J*)
  - Load / Store (Accés L/E a memòria)
  - Control de fluxe (Estructures Iteratives, Condicionals)
  - Aritmètiques (Càlculs Aritmètics: suma, resta, etc...)
  - Lògiques (Càlculs Lògics: AND, OR, etc...)
- MODES D'ADREÇAMENT
- CRIDES A SUBRUTINES

CONTINGUT (II)

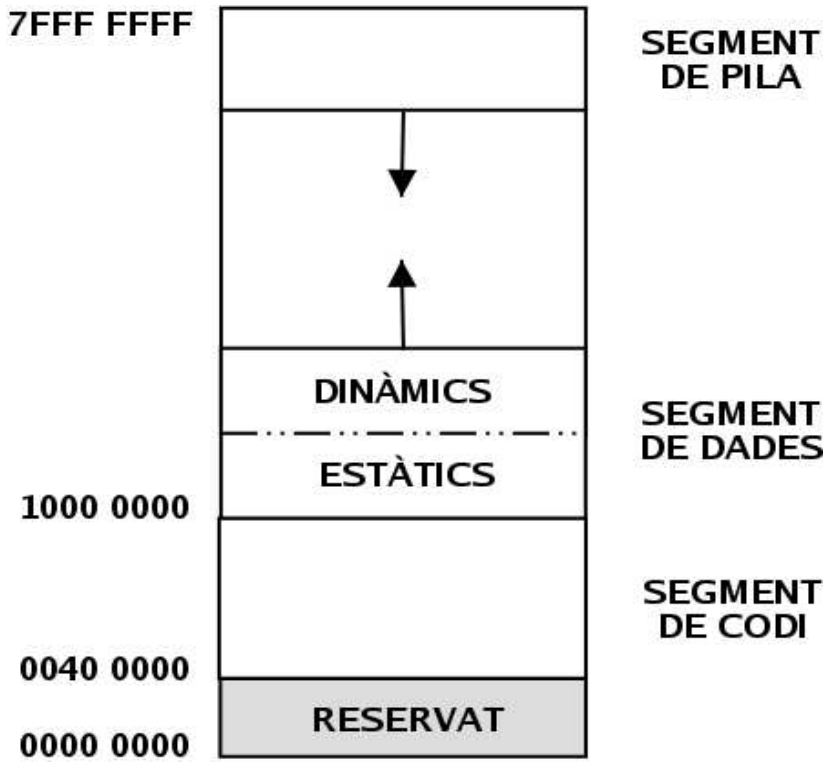
- EXCEPCIONS
- INTERRUPCIONS
- ENTRADA / SORTIDA

MODEL DE MEMÒRIA

- Tots els programes veuen la memòria de la mateixa manera
  - Memòria Virtual
  - S'utilitzen només 2^{31} bytes



Els programes poden estar a la mateixa @Lògica i a @Físiques diferents



ARQUITECTURA LOAD/STORE (I)

- L'arquitectura de MIPS és *Load/Store*
  - Totes les càlculs es realitzen en els registres
  - Hi haurà instruccions per **obtenir** dades de **memòria** i **copiar-les** als **registres** i viceversa
  - Exemple:
    - Sumar dos valors (*en C*): a = b + c;
      - Assemblador de tres adreces amb ordre natural dels operands

add a, b, c

- **a** és el registre destí
- **b** i **c** són els registres font

ARQUITECTURA LOAD/STORE (II)

- Traducció d'un tall de codi en *C*

a = b + c;	add a, b, c
d = a - e;	sub d, a, e

- Existeixen 32 registres (0..31)
  - Amb l'assemblador s'anomenen $0, $1, ..., $31
- *Com es calcula* ***f = (g + h) - (i + j)*** *?*

  (Suposant que les diferents variables són als registres)

ARQUITECTURA LOAD/STORE (III): SOLUCIÓ

- f = (g + h) - (i + j)

```
add   temp0, g, h          # Càlcul a temp0 del primer terme
add   temp1, i, j          # Càlcul a temp1 del segon terme
sub   f, temp0, temp1      # Càlcul final a f
```

- Utilització dels registres

  Es mapegen les variables ***f***, ***g***, ***h***, ***i***, ***j*** als registres ***16***, ***17***, ***18***, ***19*** i ***20***

```
add $8, $17, $18       # Registre 8 hi ha el càlcul g+h
add $9, $19, $20       # Registre 9 hi ha el càlcul i+j
sub $16, $8, $9        # Registre 16 conté (g+h) - (i+j)
```

ARQUITECTURA LOAD/STORE (IV)

- Copiar una dada de Memòria a un Registre
  - Load (Càrrega)
  - En MIPS la instrucció és ***lw***

- Copiar una dada d'un Registre a Memòria
  - Store (Emmagatzemament)
  - En MIPS la instrucció és ***sw***

ACCÉS A MEMÒRIA (I)

- MIPS pot adreçar a *byte*
  - *Pot accedir a mitjes paraules i bytes individuals (no amb **lw** i **sw**)*
  - *Pot accedir a la paraula (32 Bits) @0 - @3*
  - *Pot accedir a la mitja paraula (16 Bits) @2 - @3*

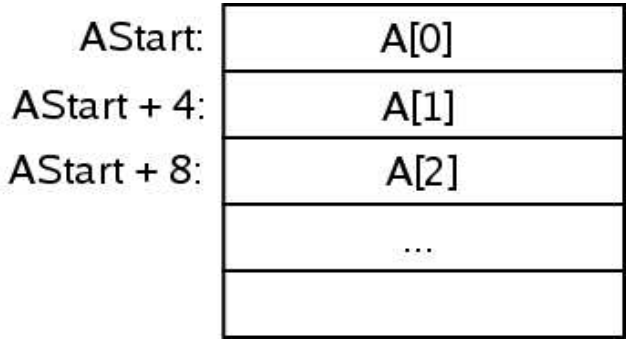
- *Com es tradueix la instrucció C: **g = h + A[i]**?*

```
lw   $8, AStart($19)
add  $17, $18, $8
```

ACCÉS A MEMÒRIA (II)

- **Instrucció *C*: g = h + A[i]**
  - **El registre $8 és temporal (contindrà *A[i]*)**
  - **Al registre $19 hi ha el valor de l'índex *i***
  - **Al registre $18 hi ha la variable *h***
  - **Al registre $17 correspon a la variable *g***

```
lw   $8, AStart($19)
add  $17, $18, $8
```



  - **Què passa amb la variable *i* ($19)?**
    - **Cal que s'incrementi de 4 en 4.**

REGISTRES DE PROPÒSIT GENERAL

- REGISTRES DE PROPÒSIT GENERAL
  - Significa que amb qualsevol registre es pot realitzar qualsevol de les operacions

add $1, $2, $3

add $3, $4, $5

lw $8, 50($9)

lw $9, 50($8)

sw $1, 50($9)

  - En realitat tots els registres, tenen un nom i, en algun moment donat, una funció específica
    - **$0** és el registre **número 0**, s'anomena **z0** i **sempre val la constant 0** i, per tant, **no s'hi pot escriure**

REPRESENTACIÓ DE LES INSTRUCCIONS

- **TOTES** LES INSTRUCCIONS DE MIPS32 OCUPEN 32 BITS
  - Una instrucció codificada a llenguatge màquina té un **format**
  - El *format d'instrucció* descomposa la instrucció en diferents **camps** amb significat propi
  - Existeixen 3 formats diferents d'instrucció
    - **Format *R***
    - **Format *I***
    - **Format *J***

FORMAT *R* DE LES INSTRUCCIONS (I)

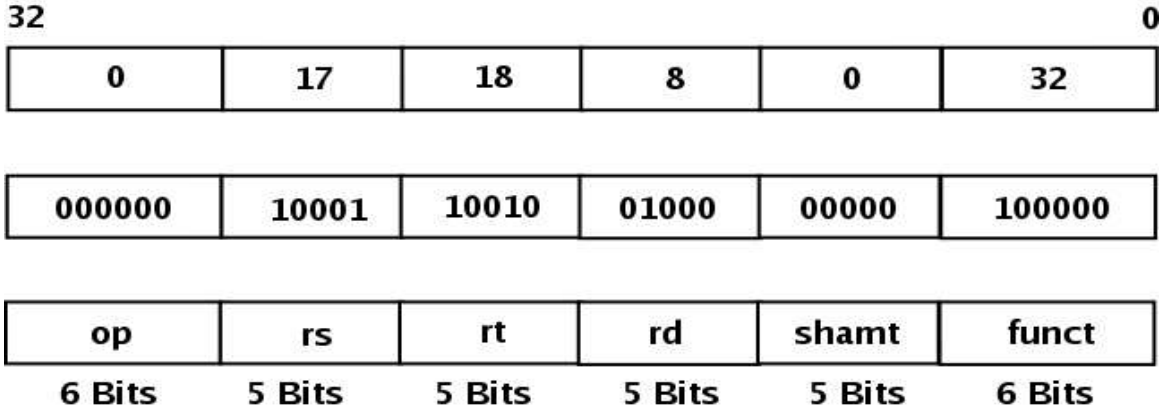
- Format d'instrucció ***R***

add $8, $17, $18

0	17	18	8	0	32
000000	10001	10010	01000	00000	100000
6 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	6 Bits

FORMAT *R* DE LES INSTRUCCIONS (II)

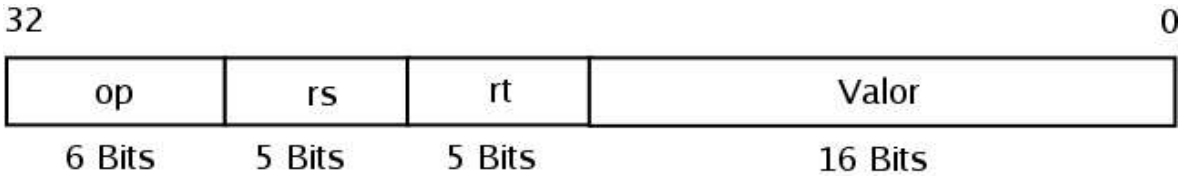
add $8, $17, $18



- **op** : Codi d'operació de la instrucció
- **rs** : Codi del registre del primer operand font
- **rt** : Codi del registre del segon operand font
- **rd** : Codi del registre de l'operand destí
- **shamt** : *Quantitat de desplaçament (no usat a add)*
- **funct** : Funció (variant de l'operació)

FORMAT *I* DE LES INSTRUCCIONS (I)

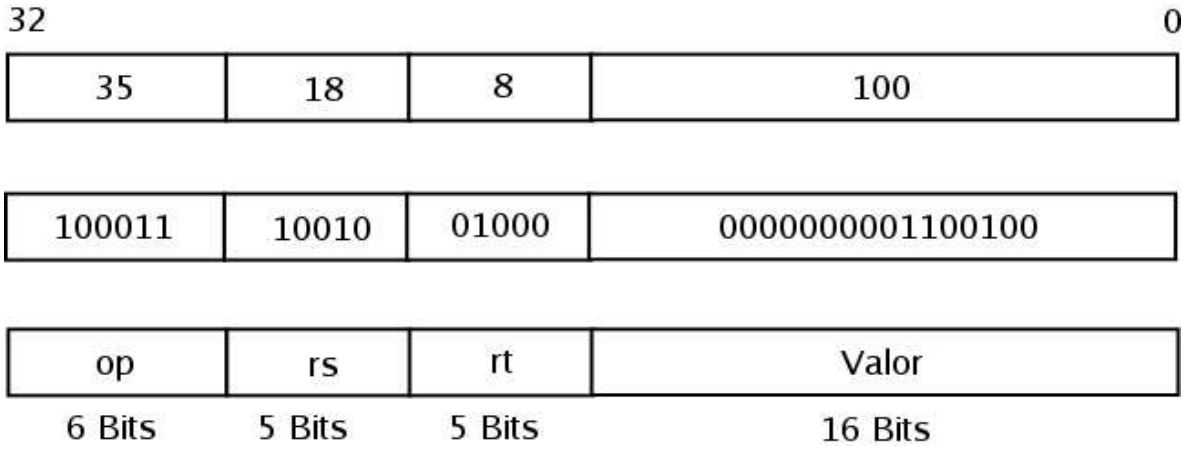
- Què passa amb ***`lw $8,AStart($19)`***?
  - No necessita el registre destí
  - Hi ha un *valor immediat*
- ***Per tant, cal un nou format d'instrucció: I***



  - Els camps *rs* i *rt* continuen indicant registres
  - El camp valor té significat diferent segons la instrucció (un *valor*, un *offset*, ...)

FORMAT *I* DE LES INSTRUCCIONS (II)

lw $8, 100($18)



- **op** : Codi d'operació de la instrucció
- **rs** : Codi de registre (varia de significat segons la instrucció)
- **rt** : Codi de registre (varia de significat segons la instrucció)
- **valor** : Varia segons instrucció: normalment un *offset* o un *valor*

FORMATS D'INSTRUCCIÓ DE MIPS32 (I)

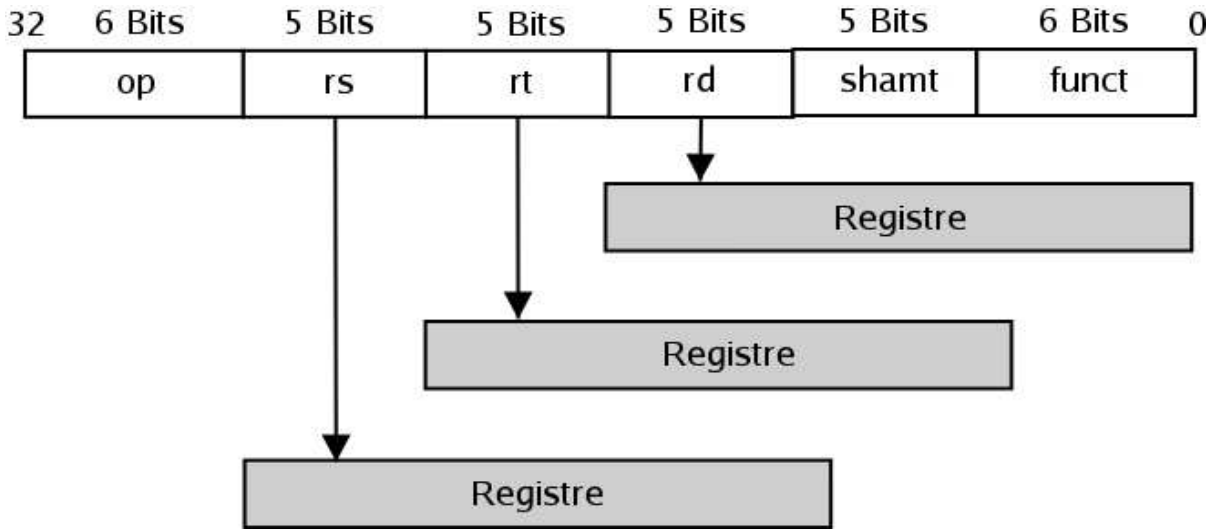
- RESUM DELS FORMATS CONEGUTS

Instrucció	Format	6 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	6 Bits
	R	**op**	**rs**	**rt**	**rd**	**shamt**	**funct**
	I	**op**	**rs**	**rt**	**Offset**		
add	R	0	Reg.	Reg.	Reg.	0	32
sub	R	0	Reg.	Reg.	Reg.	0	34
lw	I	35	Reg.	Reg.	Offset		
sw	I	43	Reg.	Reg.	Offset		

- Quina restricció produeix el **camp** *Offset*?
- Com es decideix el format d'instrucció?

MODES D'ADREÇAMENT (I)

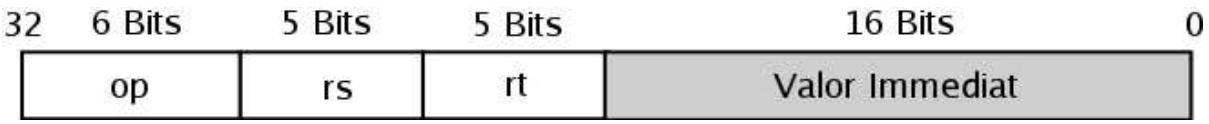
1. ADREÇAMENT A REGISTRE



add $8, $17, $18

MODES D'ADREÇAMENT (II)

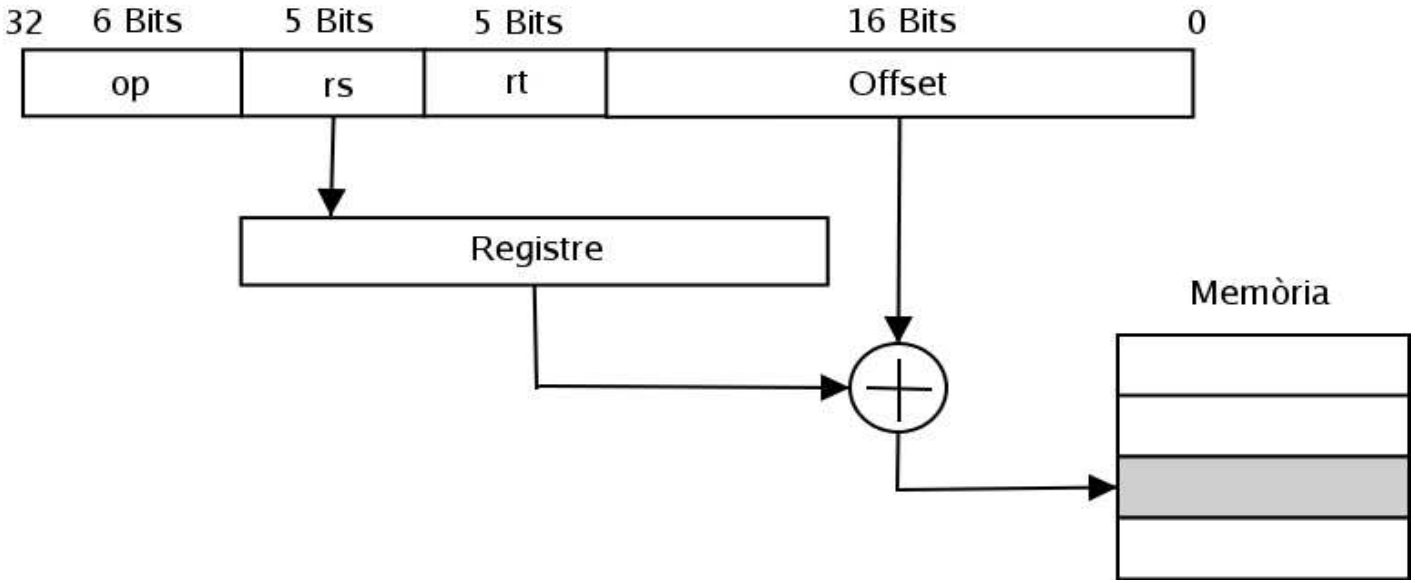
2. ADREÇAMENT IMMEDIAT



addi $8, $17, 100

MODES D'ADREÇAMENT (III)

3. ADREÇAMENT BASE O DESPLAÇAMENT (INDEXAT)



lw $8, 100($19)

ELS SALTS

- L'assemblador necessita poder realitzar **salts**
  - Trencar la seqüencialitat del programa
  - Implementar estructures de control de fluxe pels llenguatges d'alt nivell
    - Alternatives (***if-then-else***)
    - Alternatives de múltiples casos (***switch-case***)
    - Iteratives (***for***, ***while-do***, ***do-while***, ***repeat-until***)
- Dos tipus bàsics de salts
  - Salts incondicionals (bifurcacions de programa)
  - Salts condicionals

SALTS CONDICIONALS(I)

- El MIPS no utiliza una paraula d'estat (***PSW***)
  - No té *flags* de *Zero*, de *Més Gran* ni de *Més Petit*
- Cada salt condicional opera amb registres
  - Saltar si el contingut del registre **$8** és el mateix que el contingut del registre **$9**:

beq $8, $9, 100

  - Saltar si el contingut del registre **$8** és diferent que el contingut del registre **$9**:

bne $8, $9, 200

SALTS CONDICIONALS(II)

- Els salts condicionals del MIPS
  - Utilitzen adreçament immediat per especificar l'adreça destí
  - Les instruccions de salt condicional són del ***format I***
  - El valor immediat és un *offset relatiu* al PC
    - Mode d'adreçament relatiu al PC
- La distancia del salt és limitada: 16 bits
  - Per poder saltar endavant i endarrera: **Offset** en $\mathbf{C_2}$
- Totes les instruccions son fixes de 32 bits
  - L'***offset*** s'especifica en paraules (***valor offset * 4***).

SALTS INCONDICIONALS

- Els salts incondicionals del MIPS
  - Poden utilitzar adreçament a registre (*format **R***)

jr $1

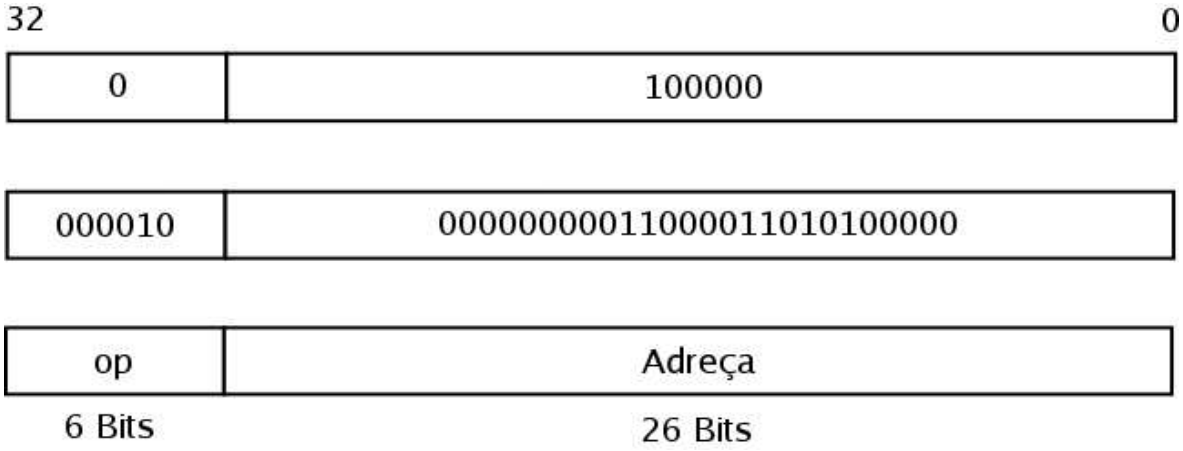
  - Poden utilitzar adreçament immediat

j 100000

  - Cal poder saltar més lluny del que es pot especificar utilitzant 16 bits en C_2
    - Nou format d'instrucció: *format **J***

FORMAT *J* DE LES INSTRUCCIONS

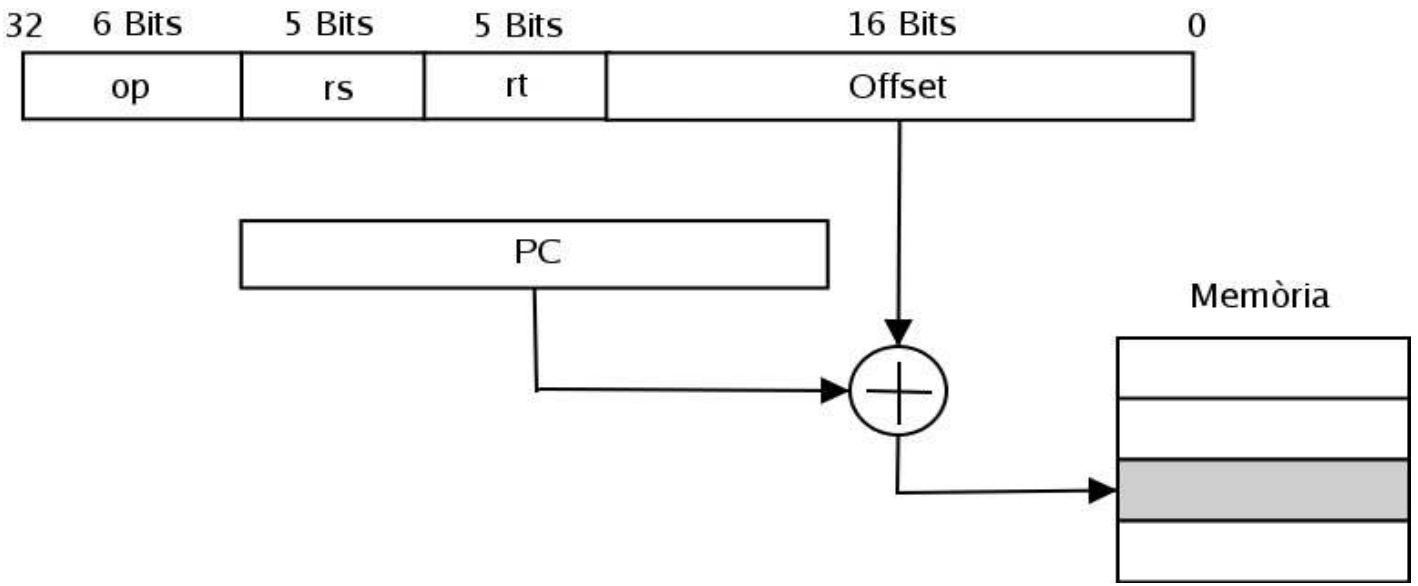
j 100000



- **op** : Codi d'operació de la instrucció
- **rs** : Adreça destí absoluta de memòria

MODES D'ADREÇAMENT (IV)

4. ADREÇAMENT RELATIU AL PC



beq $8, $9, 100

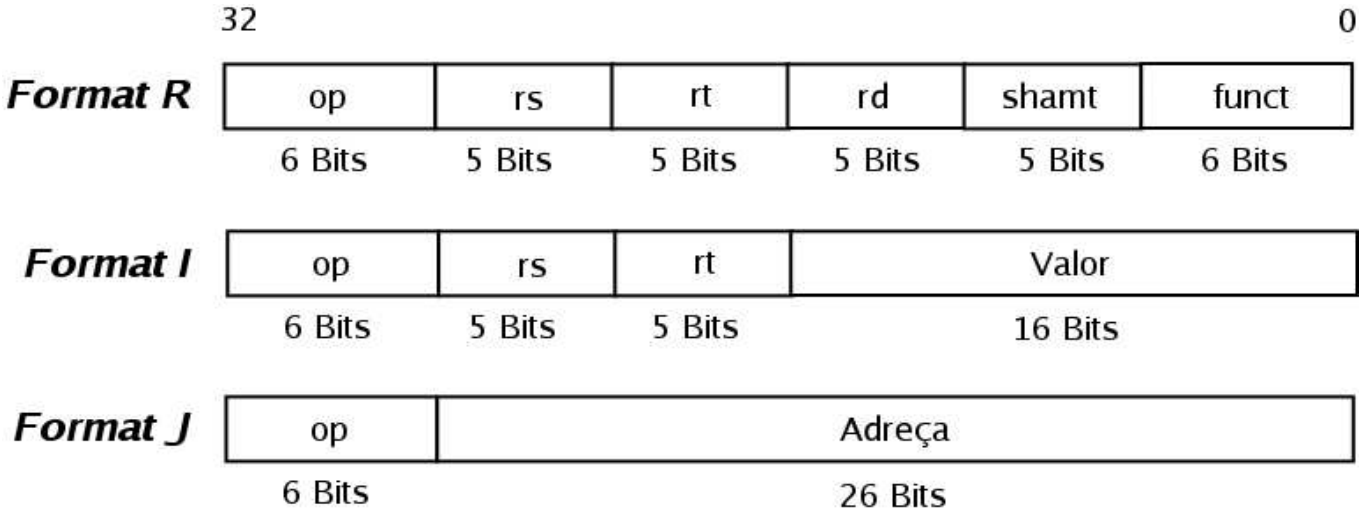
FORMATS D'INSTRUCCIÓ DE MIPS32 (II)

- RESUM DELS FORMATS DEL MIPS

Instrucció	Format	6 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	5 Bits	6 Bits
	R	**op**	**rs**	**rt**	**rd**	**shamt**	**funct**
	I	**op**	**rs**	**rt**	**Offset**		
	J	**op**	**Adreça absoluta**				
add	R	0	Reg.	Reg.	Reg.	0	32
sub	R	0	Reg.	Reg.	Reg.	0	34
lw	I	35	Reg.	Reg.	Offset		
sw	I	43	Reg.	Reg.	Offset		
j	J	2	Adreça				

FORMATS D'INSTRUCCIÓ vs. MODES D'ADREÇAMENT (I)

		Modes d'Adreçament			
		Registre	**Immediat**	**Base o desplaçament**	**Relatiu al PC**
Formats d'Instrucció	**R**	**add** $1, $2, $3 **sub** $4, $5, $6	**ssl** $10, $11, 8	-	-
	I	-	**addi** $1, $2, 100 **ori** $1, $2, 200	**lw** $8, 100($9) **sw** $4, 40($16)	**beq** $25, $26, 100 **bne** $18, $20, 80
	J	-	**j** 100000	-	-



FORMATS D'INSTRUCCIÓ vs. MODES D'ADREÇAMENT (II)

- El ***mode d'adreçament*** fa referència a ***com s'accedeix als operands*** de la instrucció
- Els modes d'adreçament es poden combinar en una mateixa instrucció
  - Per exemple, adreçaments a **registre** i **immediats**

addi $1, $2, 100

- En MIPS les instruccions de desplaçament de bits (com ***sll***) utilitzen el camp ***shamp*** del *format R* per especificar un *valor immediat de 5 bits*

ADREÇAMENTS INVÀLIDS EN MIPS

- Cal accedir a memòria de forma alineada
  - Una paraula (*lw*, *sw, ...*) a **adreces múltiples de 4**
  - Mitja paraula (*lh*, *sh, ...*) a **adreces parelles**
  - Un byte (*lb*, *sb, ...*) a **qualsevol adreça**
  - En els salts (*beq*, *bne*, *j*, ...) a **adreces múltiples de 4**
- Les instruccions permeten generar adreces invàlides

lw $8, 3($0)
lh $8, 1($0)

- Un adreçament invàlid provoca una excepció

PSEUDOINSTRUCCIONS

- Les ***pseudoinstruccions*** són instruccions que **no existeixen** en el **llenguatge màquina** de MIPS però l'assemblador les **interpreta** i **traduеix**

li $8, Immediat$_{15..0}$

ori $8, $0, Immediat$_{15..0}$

la $8, Immediat$_{31..0}$

lui $8, Immediat$_{31..16}$

ori $8, $8, Immediat$_{15..0}$