



# Arquitectura de Computadores

## SEGMENTACIÓN DE CAUCE

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Bibliografía

- Arquitectura de Computadores. Un enfoque cuantitativo" de Hennessy- Patterson, Mc Graw Hill, 1ª Edición 1993.
  - Cap.4, p. 172 (arquitect DLX), and Cap 6, p.273 en adelante (segmentación básica DLX)
- Arquitectura de Computadores, JULIO ORTEGA, MANCIA ANGUITA, ALBERTO PRIETO. Thomson-Paraninfo, 2005
  - Capítulo 2. Secciones: 2.1 a 2.3

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Segmentación de cauce (pipelining)

- Es una forma efectiva de organizar el **hardware** del computador para realizar más de una operación a la vez.
  - Es invisible al programador
- Consiste en descomponer el proceso de ejecución de las instrucciones en fases o etapas que permitan una ejecución simultánea de varias instrucciones.
- Cuando una instrucción ha completado una etapa, pasa a la siguiente etapa de modo que una nueva instrucción puede ocupar el sitio dejado por ésta (segmentación).
  - Ejemplo de similitud: cadena de montaje.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



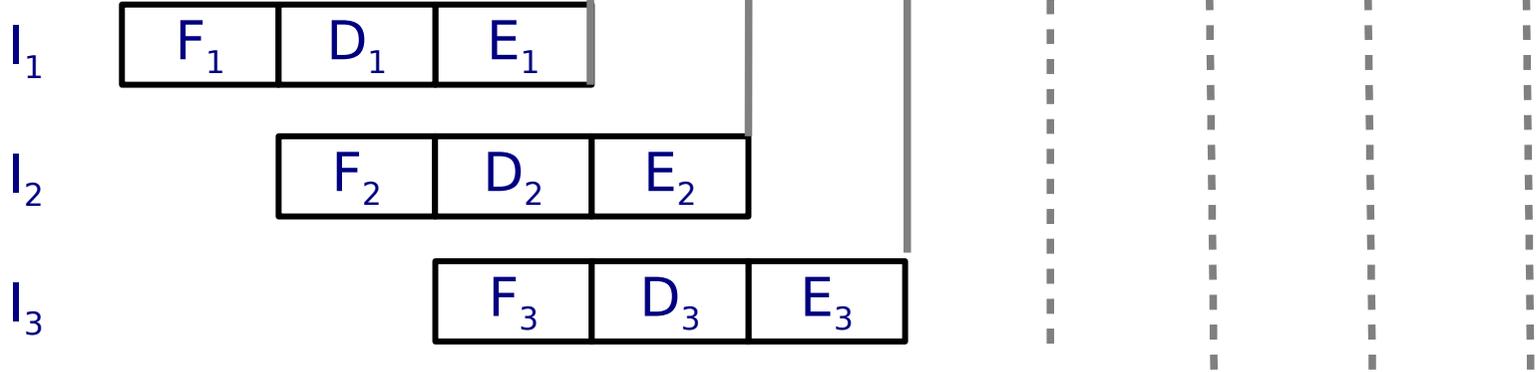
Sin segmentación

## Cauce segmentado en 3 fases:

Ciclos de reloj



Instrucciones



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



# Características

- Necesidad de uniformizar las etapas
  - Al tiempo de la más lenta
  - Al número de etapas máximo (instrucción más larga)
- Fases de ejecución de un solo ciclo de reloj.
- Si el cauce es de profundidad 4 significa que:
  - Una instrucción tarda 4 ciclos en completarse.
  - Se ha dividido la ejecución de una instrucción en 4 etapas.
  - Las etapas o fases son sucesivas y son mono-ciclo.
  - Puede haber hasta 4 instrucciones distintas simultáneamente en ejecución pero en **diferente fase** de ejecución

Cartagena99

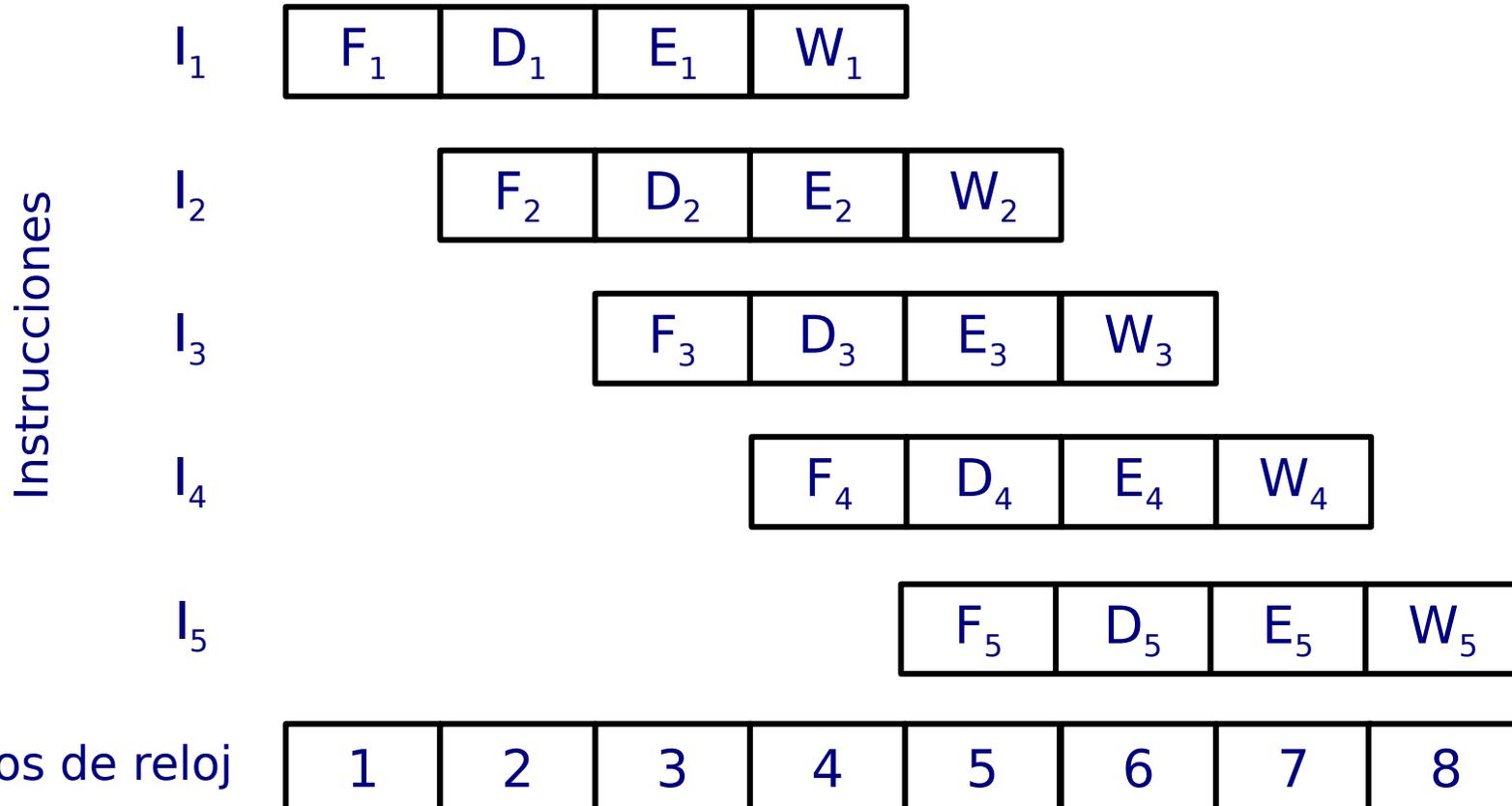
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



# Segmentación de cauce de profundidad 4



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## Etapas del cauce seg. profundidad 4

- Búsqueda (F) Fetch o Captación
  - Acceso a memoria cache (búsqueda de la instrucción)
  - Incremento del CP
- Decodificación (D)
  - Decodificación de la instrucción
  - Obtención de operandos
- Ejecución (E)
  - Procesamiento: ejecución en la ALU
  - Carga/Almacenamiento: Acceso a memoria (R/W)
  - Salto: cálculo del destino y decisión de salto (si/no)
- Actualización (W)
  - Almacenamiento del resultado (si lo hay)

Cartagena99

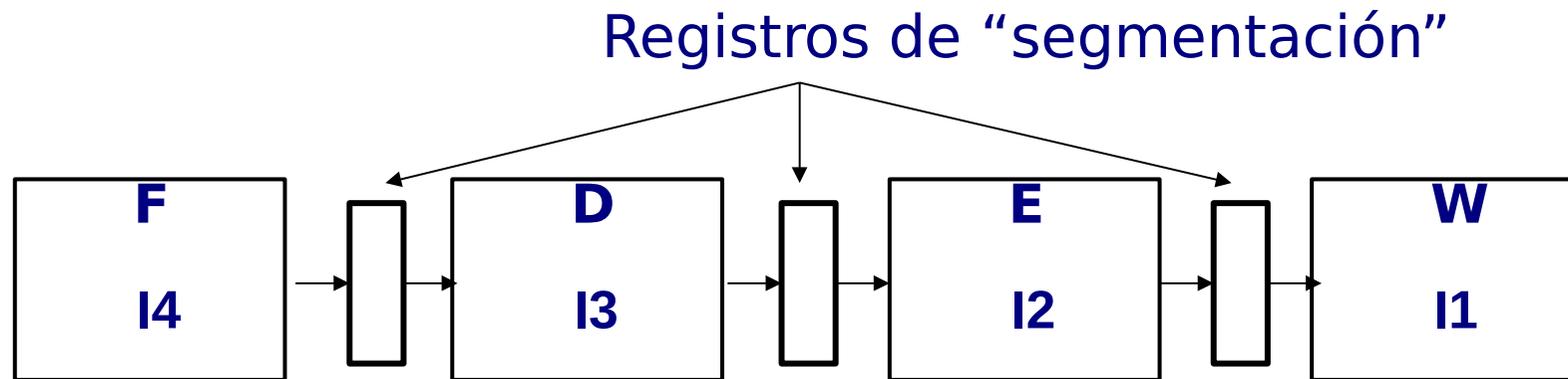
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Organización del Hardware



Los registros de segmentación contienen los datos de la instrucción que se encuentra en cada etapa

**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

 ATC



## Ejemplo: Segmentación de un procesador lineal

- Sea una máquina serie cuya ejecución de instrucciones tiene 5 fases que pueden segmentarse, convirtiéndose entonces en una máquina segmentada de 5 etapas.
- La duración de cada etapa es de 50ns., excepto la de la tercera que tarda 60ns.
- Suponer que el tiempo que es necesario añadir para implementar la segmentación (registros de segmentación etc.) es de 5 ns. en cada etapa.
- Calcular la Ganancia obtenida en la ejecución de instrucciones.

$$G = 260 / 65 = 4$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



## Ejemplo: Segmentación de un procesador lineal

- Sea una máquina serie cuya ejecución de instrucciones tiene 5 fases que pueden segmentarse, convirtiéndose entonces en una máquina segmentada de 5 etapas.
- La duración de cada etapa es de 50ns., excepto la de la tercera que tarda 60ns.
- Suponer que el tiempo que es necesario añadir para implementar la segmentación (registros de segmentación etc.) es de 5 ns. en cada etapa.
- Calcular la Ganancia obtenida en la ejecución de instrucciones.

Cartagena99

$C = 260 / 65 = 4$   
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



## Etapa más lenta

Tiempo extra para cargar Registros de Segmentación

--> Reloj más lento

$$T = I *CPI*/f$$

65	65	65	65	65	65	65	
50+5	50+5	60+5	50+5	50+5			Instrucción i
	50+5	50+5	60+5	50+5	50+5		Instrucción i+1
		50+5	50+5	60+5	50+5	50+5	Instrucción i+2

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Arquitectura e Ingeniería de Computadores

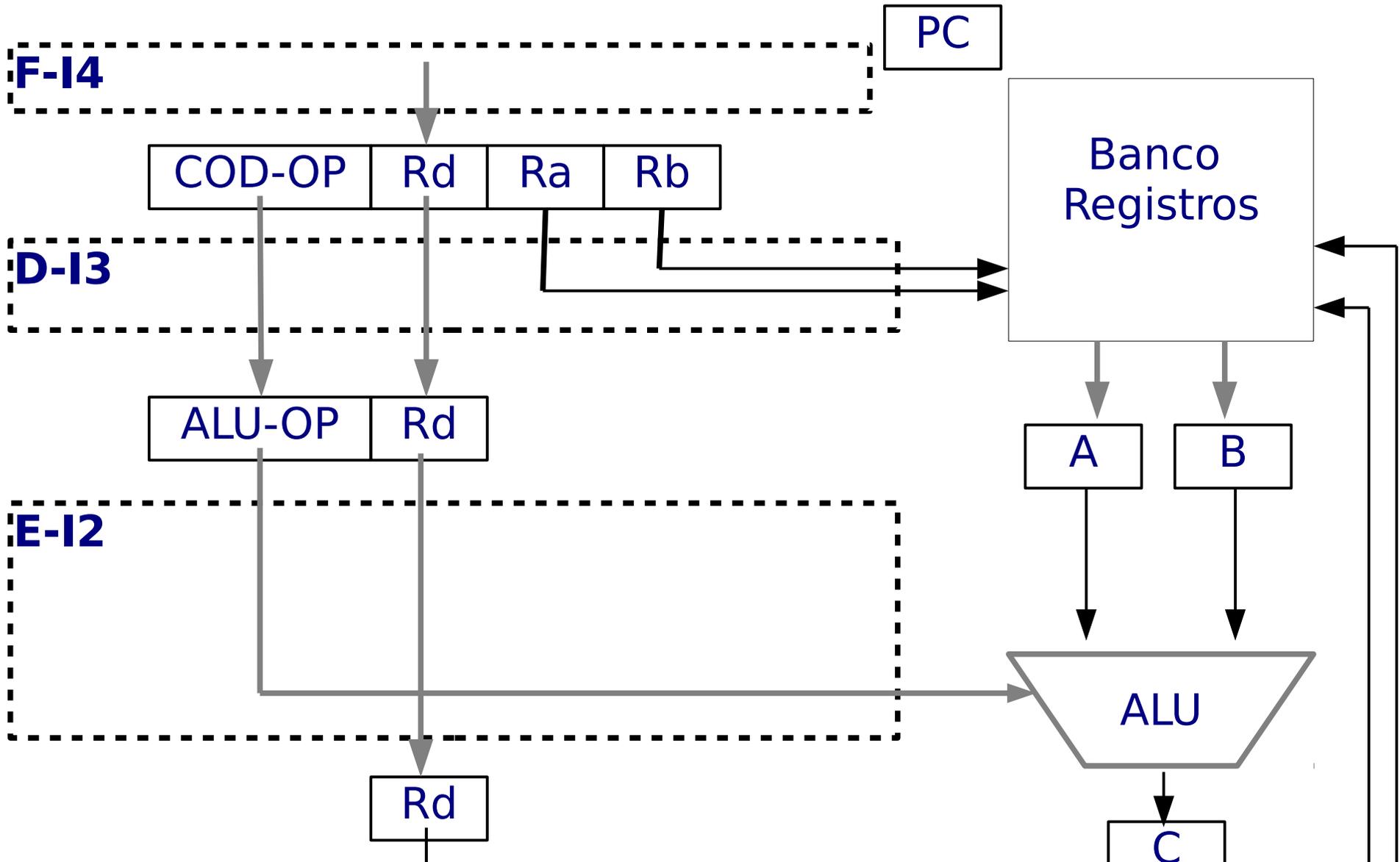
## SEGMENTACIÓN DE CAUCE Funcionamiento

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



**Cartagena99**

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Ejemplo

Supongamos que  $R1=1$ ,  $R2=2$ ,  $R3=3...$

Veamos cómo se ejecuta en el cauce

I1: ADD R1,R2,R3 ( $R1 \leftarrow R2 + R3$ )

I2: sub r5,r0,r9

I3: and r2,r3,r4

I4: ...

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

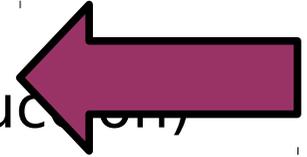
---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



## Etapas del cauce seg. profundidad 4

- Búsqueda (F) Fetch o Captación
  - Acceso a memoria cache (búsqueda de la instrucción)
  - Incremento del CP
- Decodificación (D)
  - Decodificación de la instrucción
  - Obtención de operandos
- Ejecución (E)
  - Procesamiento: ejecución en la ALU
  - Carga/Almacenamiento: Acceso a memoria (R/W)
  - Salto: cálculo del destino y decisión de salto (si/no)
- Actualización (W)
  - Almacenamiento del resultado (si lo hay)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



F-I1

PC+  
1



ADD R1 R2 R3

Banco  
Registros

[ ] [ ]

A

B

E-

ALU

[ ]

[ ]

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

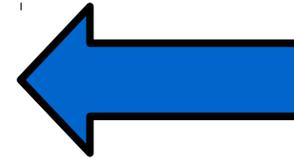
Cartagena99

ATC



## Etapas del cauce seg. profundidad 4

- Búsqueda (F) Fetch o Captación
  - Acceso a memoria cache (búsqueda de la instrucción)
  - Incremento del CP
- Decodificación (D)
  - Decodificación de la instrucción
  - Obtención de operandos
- Ejecución (E)
  - Procesamiento: ejecución en la ALU
  - Carga/Almacenamiento: Acceso a memoria (R/W)
  - Salto: cálculo del destino y decisión de salto (si/no)
- Actualización (W)
  - Almacenamiento del resultado (si lo hay)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



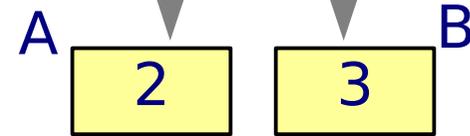
F-I2



D-I1



E-



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

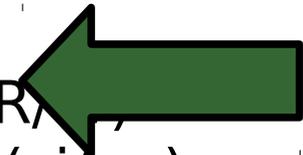
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



## Etapas del cauce seg. profundidad 4

- Búsqueda (F) Fetch o Captación
  - Acceso a memoria cache (búsqueda de la instrucción)
  - Incremento del CP
- Decodificación (D)
  - Decodificación de la instrucción
  - Obtención de operandos
- Ejecución (E)
  - Procesamiento: ejecución en la ALU
  - Carga/Almacenamiento: Acceso a memoria (R)
  - Salto: cálculo del destino y decisión de salto (si/no)
- Actualización (W)
  - Almacenamiento del resultado (si lo hay)



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



F-13



D-12



E-11



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



## Etapas del cauce seg. profundidad 4

- Búsqueda (F) Fetch o Captación
  - Acceso a memoria cache (búsqueda de la instrucción)
  - Incremento del CP
- Decodificación (D)
  - Decodificación de la instrucción
  - Obtención de operandos
- Ejecución (E)
  - Procesamiento: ejecución en la ALU
  - Carga/Almacenamiento: Acceso a memoria (R/W)
  - Salto: cálculo del destino y decisión de salto (si/no)
- Actualización (W)
  - Almacenamiento del resultado (si lo hay)

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



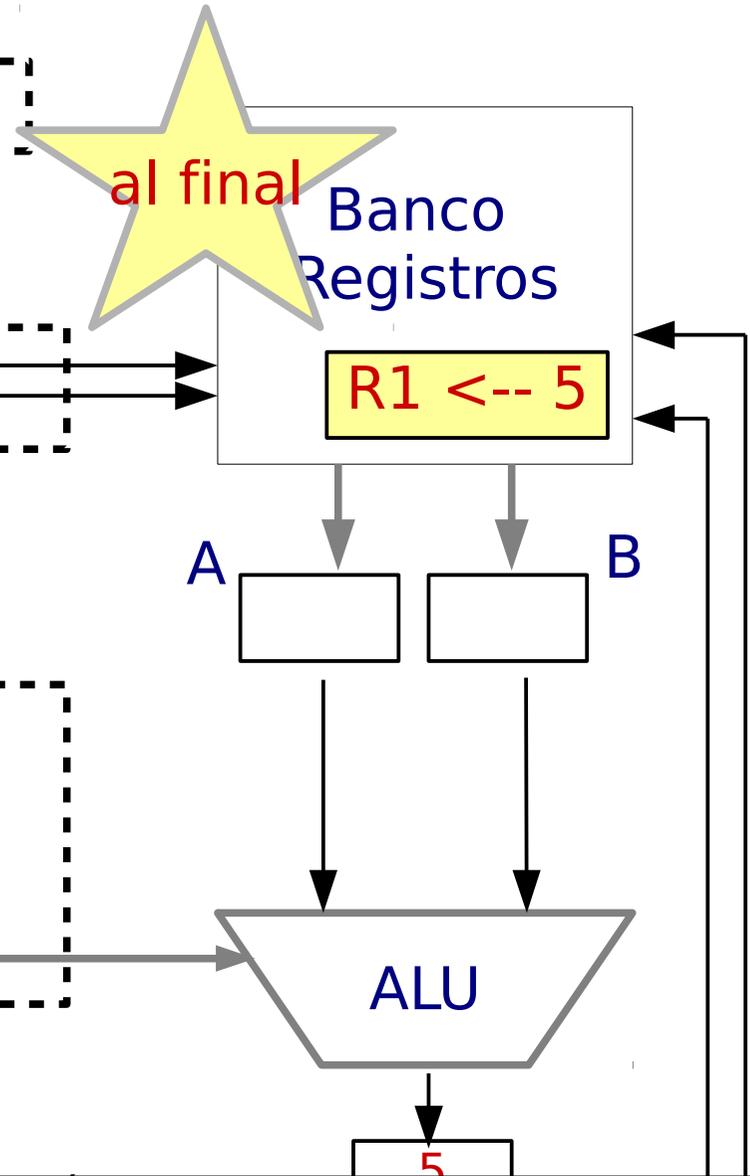
**F-14**



**D-13**



**E-12**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



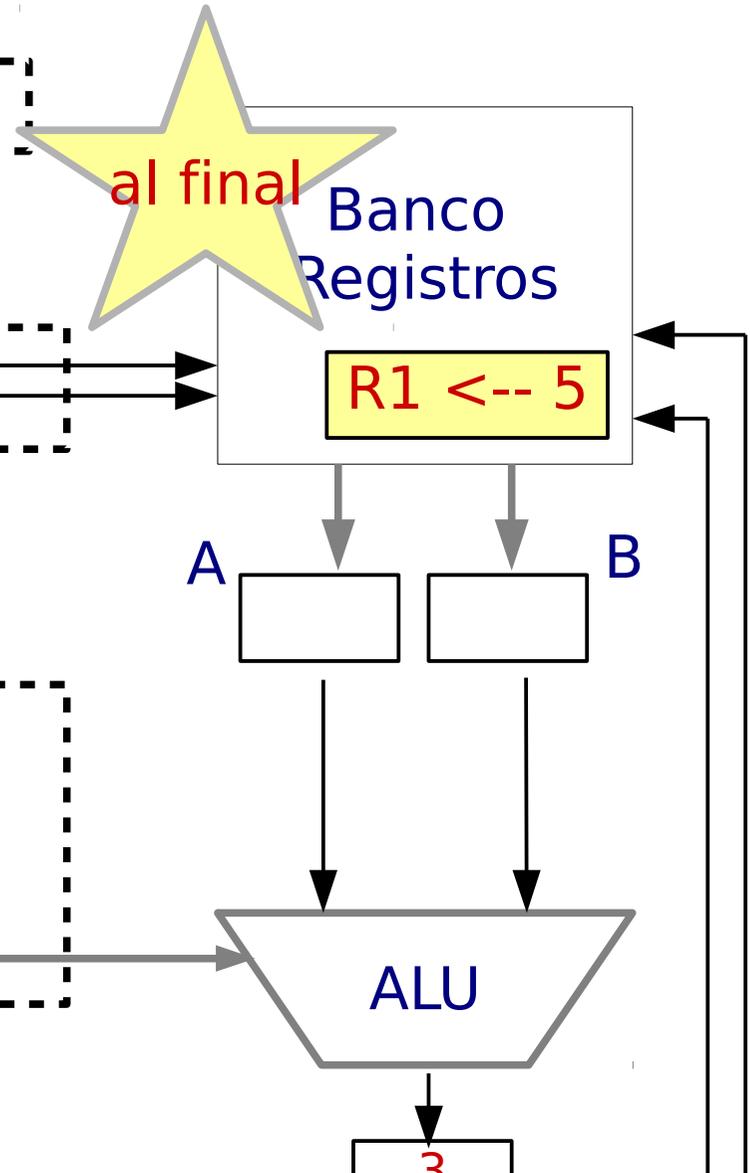
**F-14**



**D-13**



**E-12**



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

# Cartagena99



# Rendimiento

- Todas las unidades funcionales del computador están activas a la vez y se mejora el rendimiento.
- El máximo rendimiento teórico es completar una instrucción cada ciclo de reloj
  - Máximo rendimiento teórico 1 CPI
- Si  $N$  es el nº de etapas del cauce, idealmente:
  - Velocidad proc. segmentado = Velocidad secuencial  $\times N$
  - ACELERACIÓN = ciclos no-segm / ciclos segm  $\sim N$  (para la ejecución de las mismas instrucciones)
- En la práctica, existen RIESGOS de que esto no sea así

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Riesgos en Segmentación:

- El diseño de procesadores segmentados tiene gran dependencia del repertorio de instrucciones (RISC / CISC)
- **Riesgos de Datos**
  - Debidos a dependencias que existen entre los datos que manipulan las instrucciones
- **Riesgos de Instrucciones o de Control**
  - Debidos a cambios en el flujo de los programas
- **Riesgos Estructurales**
  - Debidos a conflictos de utilización de los elementos de la estructura de la máquina

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

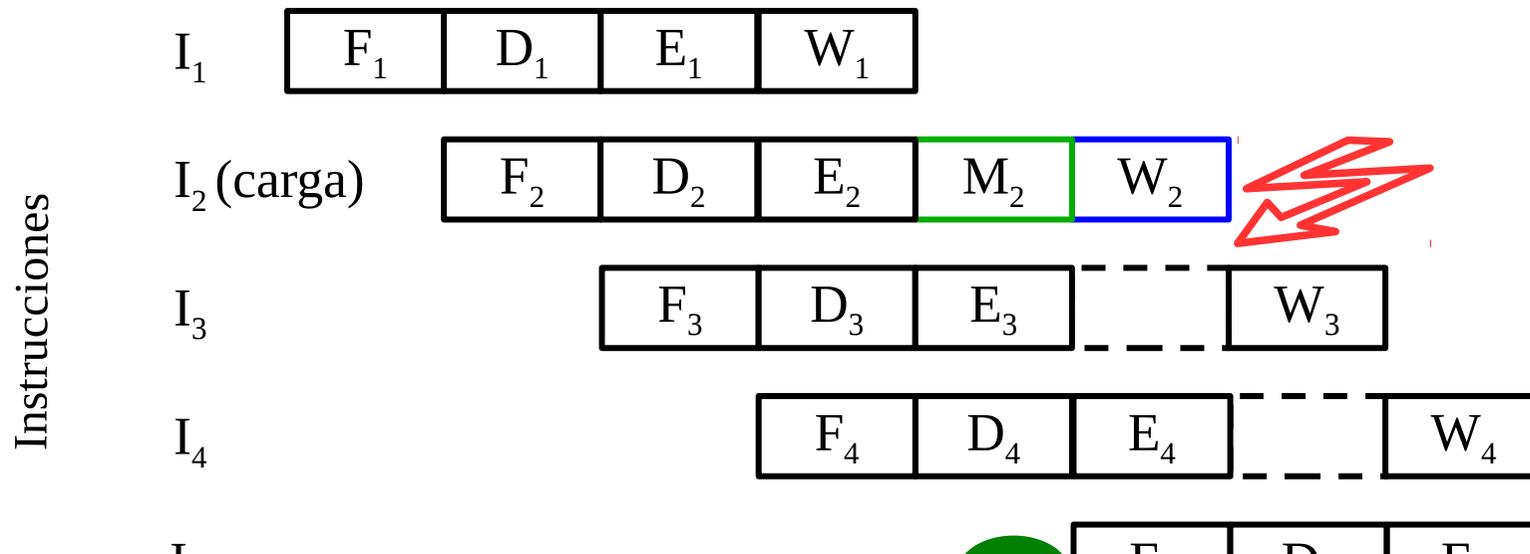


# Riesgos Estructurales

Dos instrucciones necesitan utilizar el mismo recurso

$I_2$  e  $I_5$  acceden a memoria en el ciclo 5 (sin caches separadas)

$I_2$  e  $I_3$  acceden al Banco de Registros en ciclo 6 (en cauces no homogéneos)



CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



## Conclusión: Diseño estructura

- Cachés diferenciadas de Datos e Instrucciones
  - Obvio...
- Más de un puerto de acceso al banco de registros
  - para obtener los dos operandos de una inst. proceso
- Cauce homogéneo
  - Todas las instrucciones pasen las mismas fases para evitar coincidir en el uso de recursos
  - Aún a costa de que en algunos casos, para una instrucción no se haga nada en una fase
  - Depende del Repertorio también...

Cartagena99

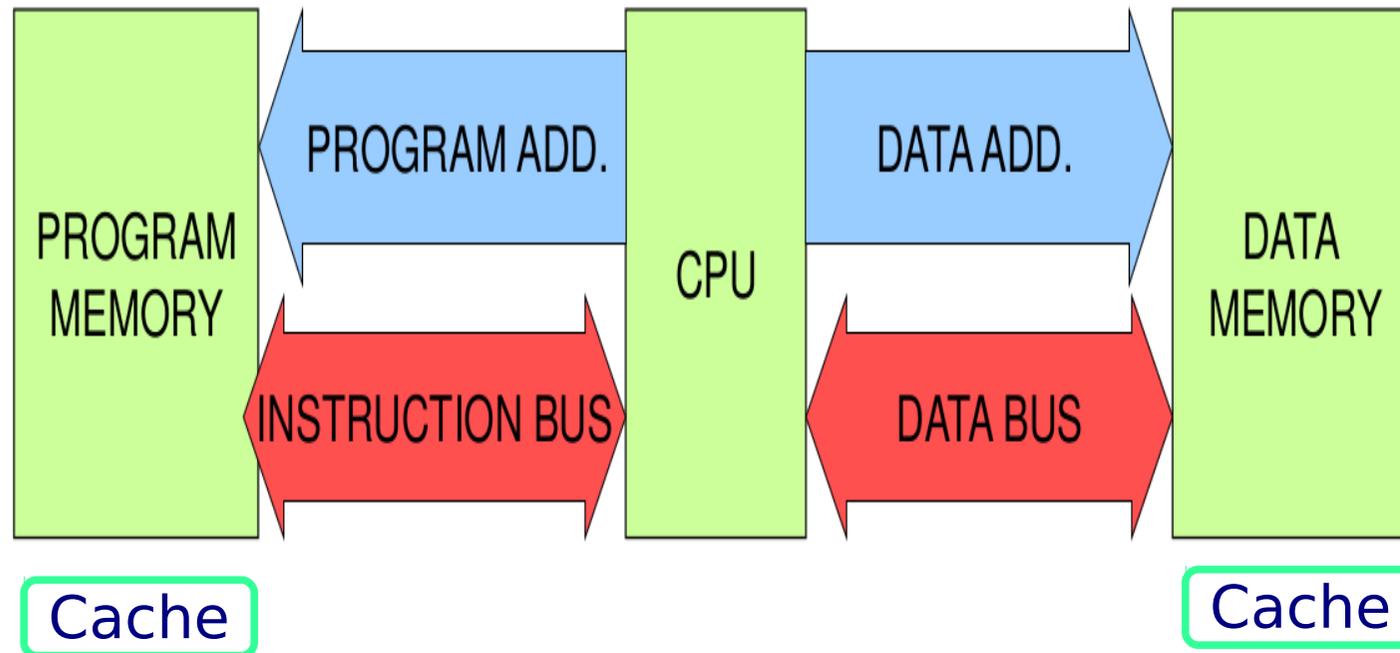
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Arquitectura Harvard



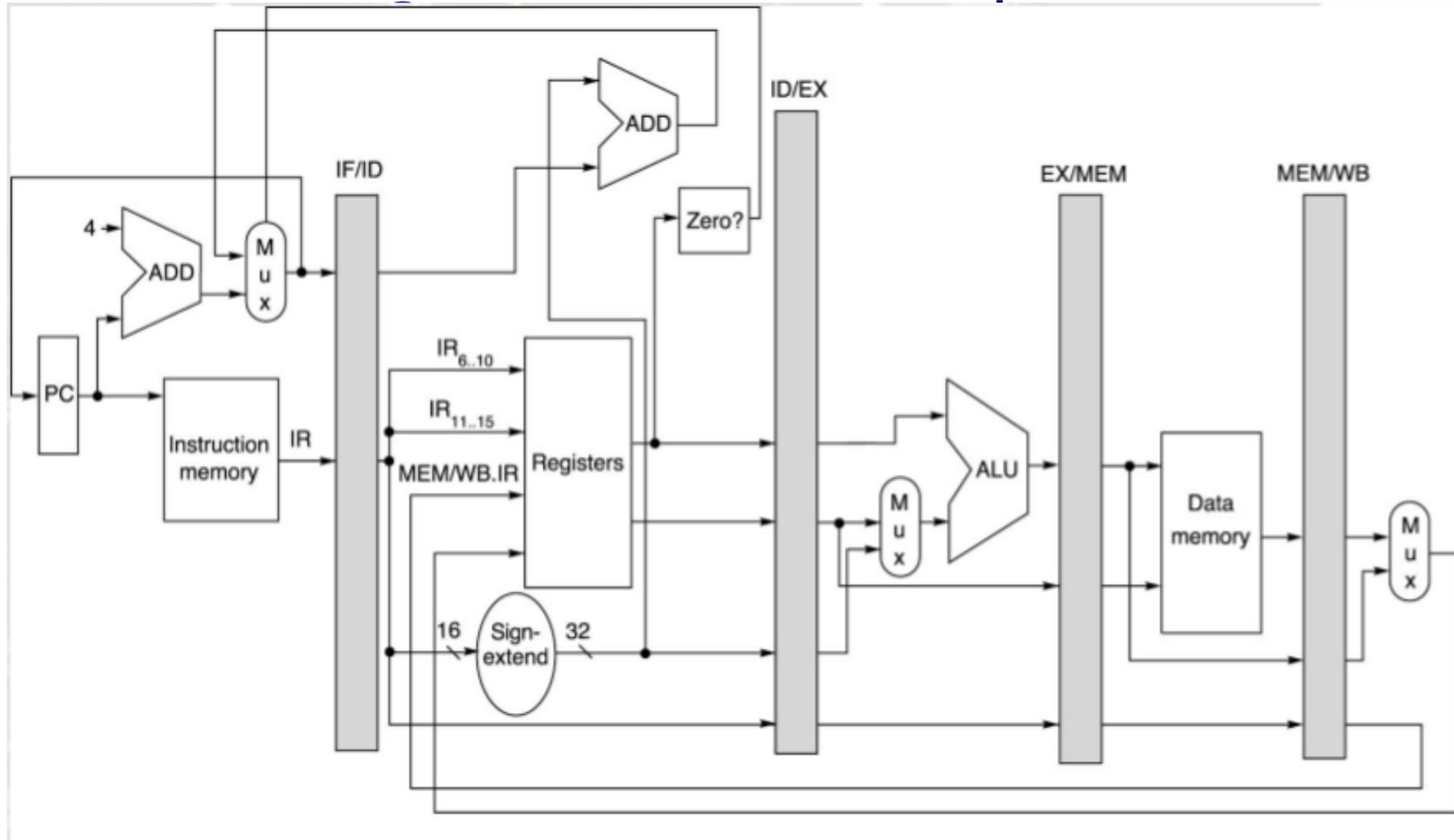
## Memoria Principal

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



# Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Influencia Repertorio: Modos Dir.

- Modos de direccionamiento ... a memoria, claro
  - Número de ciclos (accesos a memoria y cálculos)
  - Efectos colaterales (auto-incremento/decremento)
- Direccionamientos complejos requieren más ciclos para obtener la dirección efectiva o para completar la instrucción.
  - `lw R6, [n(R1)],R2`  $R6 \leftarrow M(M(R1+n))$  2 accesos a memoria
  - `lw R3, (R2)R1++`  $R5 \leftarrow M(R2+R1)$  ;  $R1 \leftarrow R1+4$  post-incremento, un nuevo uso de la ALU
  - Propio de CISC
- Direccionamientos sencillos requieren más instrucciones
  - Pero se pueden ejecutar en un cauce homogéneo

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Conclusiones Modos Dir.

- Son convenientes las siguientes características:
  - Que sólo las instrucciones de Load/Store accedan a memoria
  - Obtención del operando con un sólo acceso a memoria
  - Modos de direccionamiento sin efectos colaterales
- Direccionamientos “recomendados” (RISC)
  - Direccionamiento a registro. No necesita cálculo (en CPU)
  - Direccionamiento Inmediato. En la propia instrucción (en CPU)
  - Direccionamiento indirecto con registro. No necesita cálculo.
  - Direccionamiento indexado (o “relativo a Registro”)

Cartagena99

CLASES PARTICULÁRES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



# Códigos de Condición

- Modificados por muchas instrucciones
- Consultados para saltos condicionales
- Fuerzan a que el salto se ubique inmediatamente después de la instrucción en cuestión
  - Ej: contador de un bucle o la operación de un “if”
  - ¡¡Codigo “acoplado”!!
- Reducen la flexibilidad del compilador para “reordenar” las instrucciones y aprovechar mejor el flujo en el cauce sin paradas como veremos en breve
  - Opción 1: el compilador indica cuándo han de afectarse (Alpha)

Opción 2: la condición es el valor de un Registro GPR

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE  
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

---

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS  
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99