



Arquitectura de Computadores

SEGMENTACIÓN DE CAUCE RIESGOS DE CONTROL

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 de Control

- Cambios en el flujo de instrucciones perturban el cauce
 - lo más frecuente es un flujo de instrucciones **consecutivas**
 - un salto lo cambia y hay que desechar las instrucciones posteriores captadas hasta el momento del salto
- Estos son los Riesgos de Control
- Veremos algunas técnicas para lidiar con ellos
 - Estáticas: compilador
 - Dinámicas: tiempo 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



Resolución del Salto

- La instrucción de salto requiere hacer una suma para obtener la dirección del destino del salto
 - PC + desplazamiento en modo inmediato
- Para un salto condicional tb evaluar la condición
 - Lectura de un GPR (o lectura del PSW)
- EL PC se carga (o no) con la nueva dirección
- Todo esto es lo que llamamos “Resolución del salto”

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



Magnitud de la perturbación

- Depende de la etapa en que se resuelve el salto.
- Contra más tarde, más instrucciones habrán entrado en el cauce
 - Se le llaman "Huecos de Retardo" (HR)
 - EX: 2 HR
 - DE: 1 HR (DLX)
 - Recordar que resolver en DE requiere HW extra:
 - detector precoz de saltos en el propio fetch
 - Sumador extra en DE
- Las instrucciones en los HR deben descartarse cuando el salto se toma

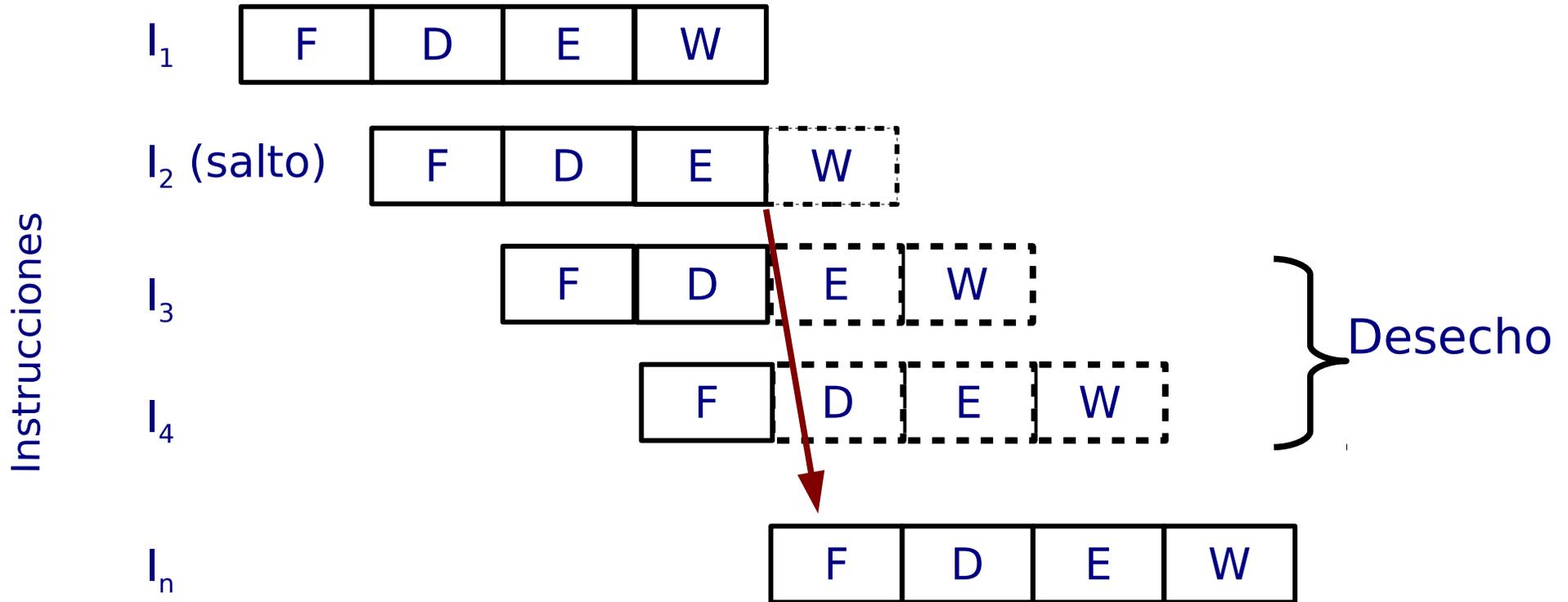
Cartagena99

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



Etapa de Ejecución: 2 huecos de retardo



Cartagena99

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

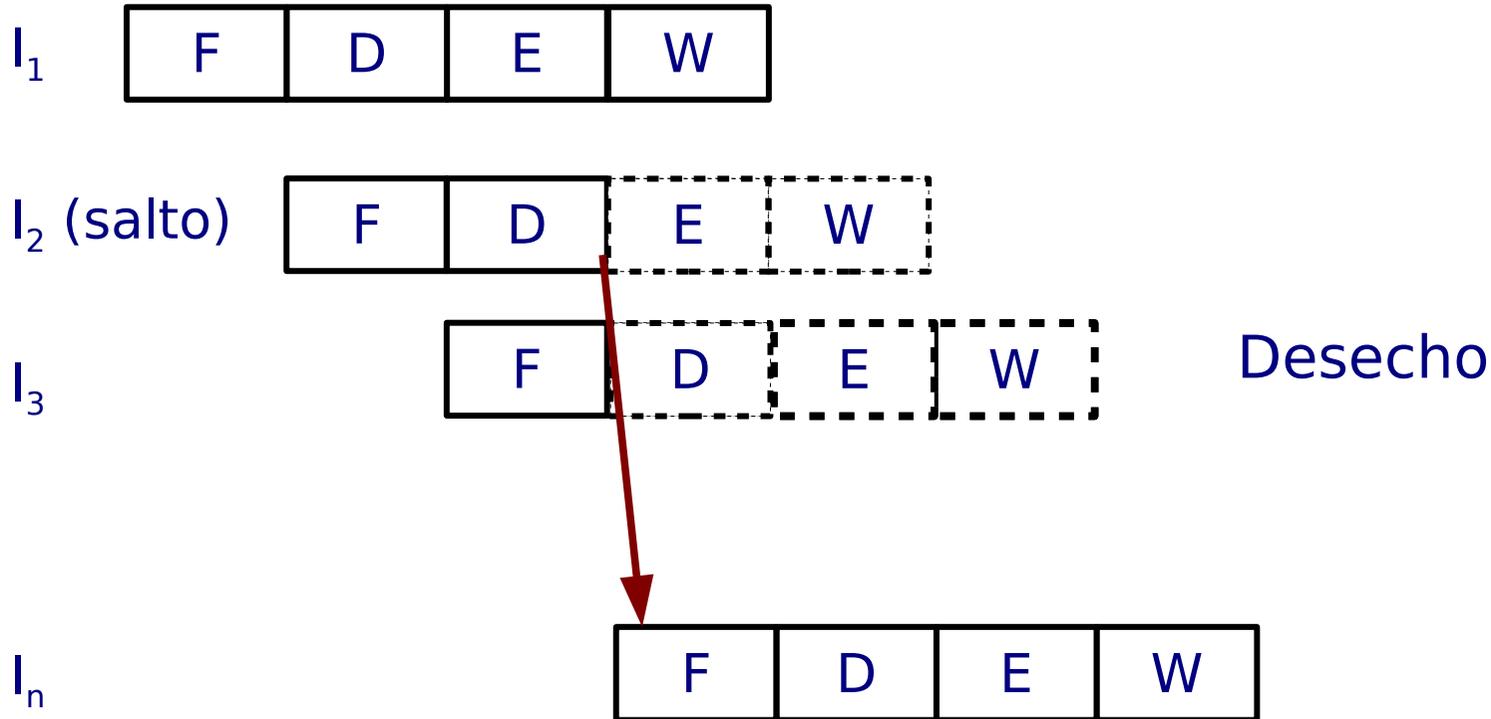
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

ATC



Etapa de Decodificación: Un hueco

Instrucciones



1 2 3 4 5 6 7 8 9

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



Técnicas para reducir estos efectos

- Salto retardado
 - Confía en que el compilador sitúe una instrucción después de la del salto que siempre ha de ejecutarse y completarse, se salte o no.
- Técnicas especulativas
 - Predicción:
 - de que el salto se va a tomar y buscar instrucciones del destino del salto, O
 - de que NO se va a tomar y buscar las inmediatas al salto
 - Si se falla la predicción no se permite completar la(s) instrucciones en progreso en el cauce y se pierden ciclos

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



Salto retardado

- Dejar que se completen las instrucciones captadas situadas tras el salto que normalmente habría que desechar
- Reordenar instrucciones: poner instrucciones de "antes del salto" justo después para que sean éstas las que se completen
 - Se aprovecha el/los huecos de retardo con instrucciones "útiles"
- Esta reordenación la hace el compilador (estática)
- No siempre se encuentran
 - A veces no hay instrucciones que puedan sacarse de la secuencia normal debido a dependencias de datos

En ese caso hay que poner NOP y se desaprovecha el

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



Ejemplo de salto retardado (DLX-1HR)

```
...
bucle:
lw    r1, a(r4);
lw    r2, b(r4);
subi  r3,r3,#1
add   r5, r1,r2
add   r6, r6,r5
sw    c(r4), r5
addi  r4,r4,#4
unez r3, bucle
nop
...
```

HR despeditado con NOP

Cartagena99

```
...
bucle:
lw    r1, a(r4);
lw    r2, b(r4);
subi  r3,r3,#1
add   r5, r1,r2
add   r6, r6,r5
addi  r4,r4,#4
unez r3, bucle
sw  c-4(r4), r5
...
```

Tras reordenar:

8·100=800 ciclos sin paradas

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



Técnicas especulativas: Pred. estática

- Fija: siempre se predice lo mismo para todo salto
- Indicada por el compilador
 - Mediante un bit añadido al código de la instrucción
 - Repertorio permite indicar si ha de ser 1 o 0 para predicción de salto tomado (1) o no tomado (0)
 - Dinámicamente, cuando se ejecute el programa, el procesador buscará instrucciones para el/los HR:
 - (1) del destino del salto
 - (0) las inmediatas a la instrucción de salto
- Si la predicción
 - Se falla: no se permite completar la(s) instrucciones en progreso en el cauce y se pierden ciclos

Cartagena99

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



Predicción Estática (DLX-1HR)

```
...
bucle:
lw    r1, a(r4);
lw    r2, b(r4);
subi  r3,r3,#1
add   r5, r1,r2
add   r6, r6,r5
sw    c(r4), r5
addi  r4,r4,#4
bnez r3, bucle
...
```

Predicción de Salto NO-tomado:

- Se fallan todas las iteraciones menos la última
- $T_f = n-1/n$ (n iteraciones)
- 99 fallos: $8+1$ ciclos/it = 891 ciclos;
- 1 acierto: 8 ciclos. Total = 899 ciclos

Predicción de Salto Tomado:

- Solo se falla la última iteración
- $T_f = 1/n$ (n iteraciones)
- 99 aciertos: $8*99 = 792$ ciclos
- 1 fallo: 9 ciclos. Total = 801 ciclos

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



Técnicas especulativas: Pred. Dinámica

- El procesador incorpora un hardware que evalúa la probabilidad de que el salto se tome o no cada vez que se ejecuta
- Se utiliza un Buffer de destino de saltos BTB (Branch Target Buffer) que guarda información de saltos recientes
- Asocia a **cada instrucción de salto** una historia de las ejecuciones recientes de dicha instrucción
 - ello le sitúa en un ESTADO en un autómata
 - el estado inicial se asigna por predicción estática
- En bucles visitados varias veces se puede lograr una única predicción errónea --> solo 1 o 2 ciclos perdidos

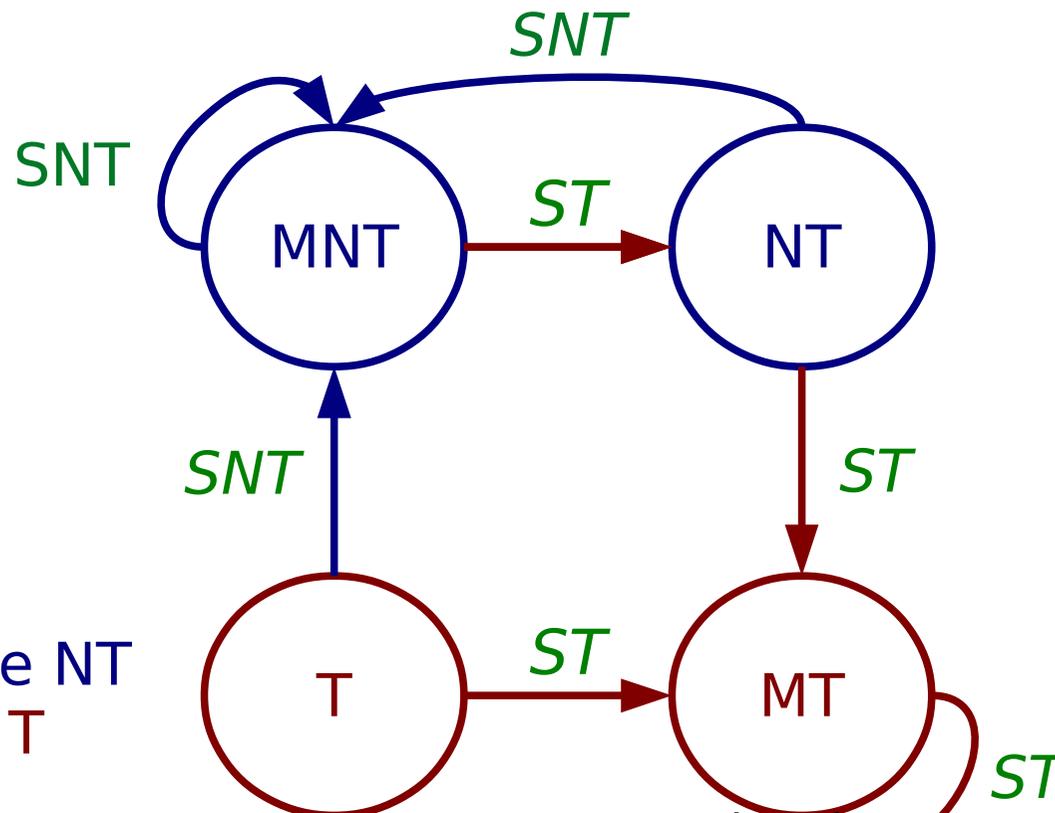
Cartagena99

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 de predicción dinámica -2 bits



Predicciones:

NT= No Tomado

T= Tomado

MNT= Muy posible NT

MT= Muy posible T

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



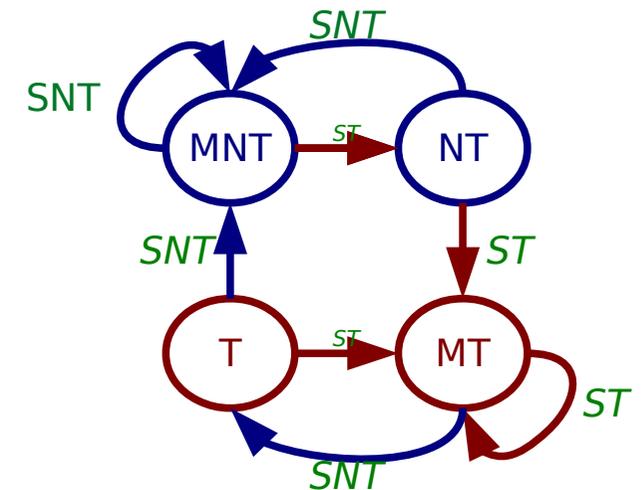
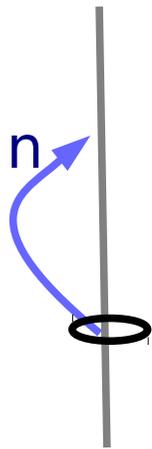
Bucle simple n iteraciones

- Pred. inicial: NT.
 - 1º: ST Fallo (NT → MT)
 - 2º → n-1: ST Acierto (MT → MT)
 - n: SNT Fallo (MT → T)
 - Total : 2 fallos

---> Tasa de Fallos $T_f = 2/n$

---> Ciclos de penalización
2 para 1 HR, 4 para 2 HR

- Supuesto de Pred. inicial: T.
 - > Deberías obtener $T_f = 1/n$



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



Contraste Dinámica - Estática

...

bucle:

lw r1, a(r4);

lw r2, b(r4);

subi r3,r3,#1

add r5, r1,r2

add r6, r6,r5

sw c(r4), r5

addi r4,r4,#4

bnez r3, bucle

sw suma(r0), r6

Ej: Pred. inicial NT:

Total : 2 fallos (Tasa fallos = 2%)

Penal = 2 cicles DLX (DS)

- Total = $8 \cdot 100 + 2 = 802$ cicles

Comparar con la misma pred. estática.

Cartagena99

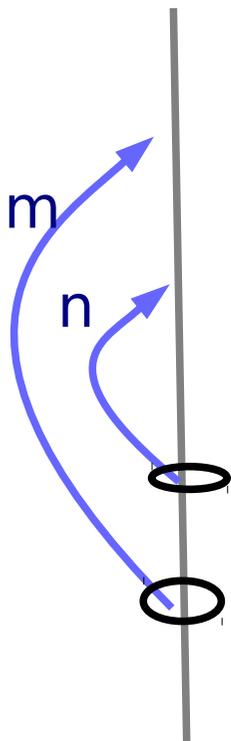
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

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



Bucles anidados

Bucle interior: PEI (Predicción Estática Inicial) NT
Bucle exterior: PEI MNT



Tasa de fallo global?

$$T_f = \Sigma \text{fallos} / \text{total saltos}$$

$$\text{Total saltos} = mn + m = m(n+1)$$

Bucle interior:

1ª visita: n iter. 2 fallos. Salida: T

2ª a m: c/u: n iters 1 fallo, salida T

$$= 2 + (m-1)*1 \text{ fallos}$$

Bucle exterior:

m iters. MNT → NT → MT → T **3 fallos**

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