

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Arquitectura de Computadores I

Luis Alberto Chavarría-Zamora

ITCR

*lachavarria@tec.ac.cr*

24 de agosto de 2023

# Contenido

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

## Referencias

### 1 Riesgos

Definición

Unidades Funcionales - FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

### 2 Referencias

# Riesgos en la segmentación

## Riesgos

### Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

**Riesgo:** Situación que previene que la siguiente instrucción pueda ser ejecutada en el ciclo de reloj correspondiente.

- Riesgos estructurales: conflictos de hardware entre instrucciones.
- Riesgos de datos: Causado por dependencias **reales** entre datos de instrucciones
- Riesgos de control: Saltos y branches.

Los riesgos reducen el desempeño ideal ganado por la técnica de pipeline.

## Stalls

Los riesgos provocan que el pipeline se *detenga* (**stall**)

- Las instrucciones calendarizadas antes de la instrucción detenida deben terminar su ejecución.
- Las instrucciones calendarizadas después de la instrucción detenida deben ser detenidas igualmente.

Se debe tomar en cuenta el tiempo detención por instrucción:

$$\text{CPI pipelined} = \text{Ideal CPI} + \text{Pipeline stall clock cycles per instruction}$$

Si se toma Ideal CPI = 1:

$$\text{Speedup} = \frac{\text{CPI unpipelined}}{1 + \text{Pipeline stall clock cycles per instruction}}$$

# Unidades Funcionales - FU

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

Una unidad funcional es un elemento, dentro del hardware de un procesador, que realiza una función específica: Ejemplos:

- ALU
- fpALU
- Multiplicadores
- Comparadores
- Contadores
- Entre otros.

# Riesgos Estructurales

## Riesgos

### Definición

### Unidades Funcionales - FU

### Riesgos estructurales

### Riesgos de Datos Adelantamiento

## Referencias

En un procesador con pipeline se requieren unidades funcionales duplicadas para alojar recursos en todas las posibles combinaciones de instrucciones.

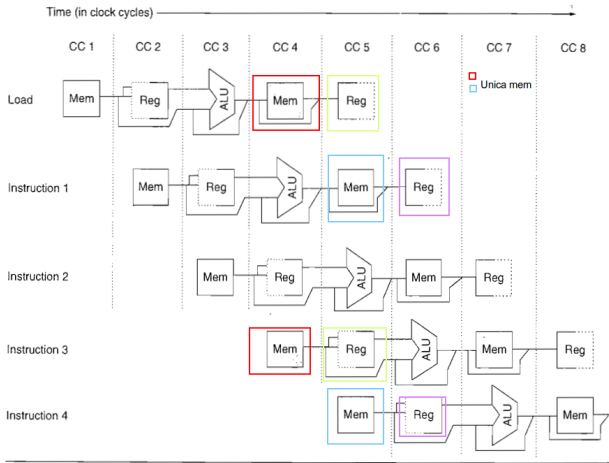
Cuando no hay recursos necesarios para evitar conflictos en uso de hardware se tiene un **riesgo estructural**.

# Riesgos Estructurales

## Riesgos

- Definición
- Unidades Funcionales - FU
- Riesgos estructurales
- Riesgos de Datos
- Adelantamiento

## Referencias



## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

### Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones



## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

Uso de stalls.

- Solución simple
- Disminuye el rendimiento -> 1 ciclo más

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

## Uso de stalls.

- Solución simple
- Disminuye el rendimiento  $\rightarrow$  1 ciclo más

## Duplicar hardware

- Solución más compleja. Puede requerir lógica de control adicional
- Puede ser cara (más hardware, más potencia)
- No disminuye el desempeño

## Riesgos de datos

### Riesgos

#### Definición

#### Unidades Funcionales

#### - FU

#### Riesgos estructurales

#### Riesgos de Datos

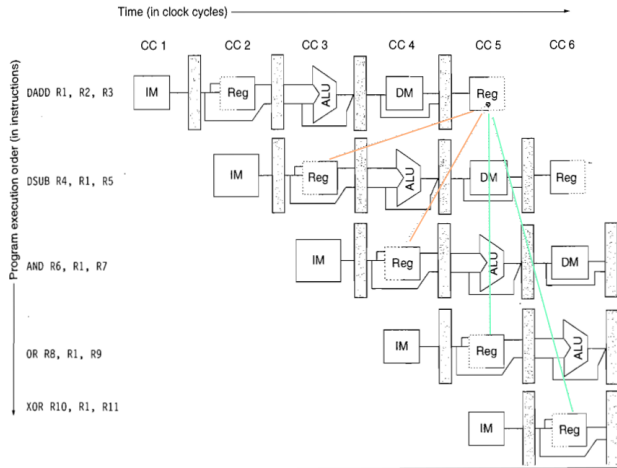
#### Adelantamiento

### Referencias

Los **riesgos de datos** ocurren cuando en el pipeline se cambia el orden de acceso a lectura/escritura de operandos, de forma que el orden difiere de la ejecución secuencial en un procesador sin pipeline.

DADD	R1,R2,R3
DSUB	R4,R1,R5
AND	R6,R1,R7
OR	R8,R1,R9
XOR	R10,R1,R11

# Riesgos de datos



## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

**Riesgos de Datos**

Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

Uso de stalls.

- Solución simple
- Disminuye el rendimiento -> requiere más de 1 ciclo adicional

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

Uso de stalls.

- Solución simple
- Disminuye el rendimiento -> requiere más de 1 ciclo adicional

**Adelantamiento:** Consiste en mover el resultado de un registro directamente hacia la siguiente etapa donde se necesita, si esperar al WB.

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Adelantamiento

- El resultado de la ALU de los registros EX/MEM y MEM/RB se realimenta a las entradas de la ALU.
- El control selecciona, en caso de detectar adelantamiento, las entradas correctas de la ALU.
- No es solución definitiva, en algunos casos no funciona. Esto es común en instrucciones LD, donde la carga se realiza al final del ciclo.

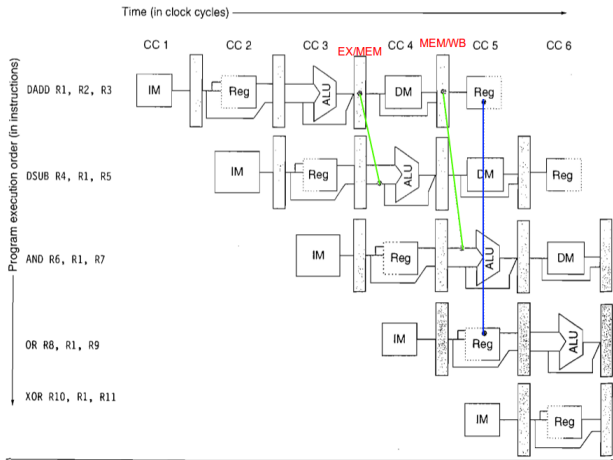


# Adelantamiento

## Riesgos

- Definición
- Unidades Funcionales - FU
- Riesgos estructurales
- Riesgos de Datos
- Adelantamiento

## Referencias



# Limitación Adelantamiento

## Riesgos

### Definición

### Unidades Funcionales

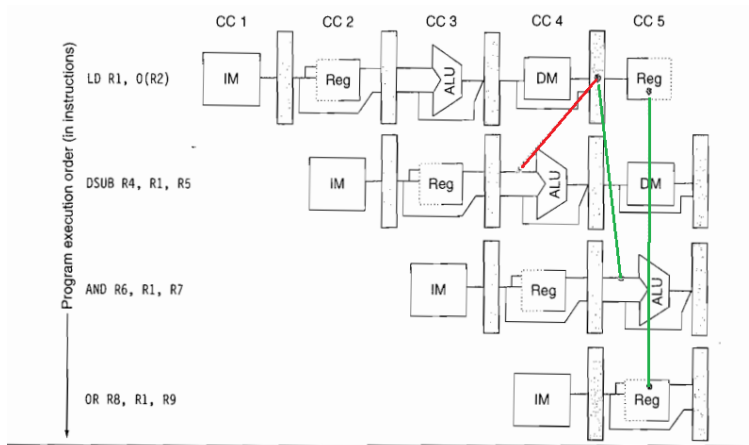
### - FU

### Riesgos estructurales

### Riesgos de Datos

### Adelantamiento

## Referencias



# Adelantamiento + Stall

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

LD	R1,0(R2)	IF	ID	EX	MEM	WB				
DSUB	R4,R1,R5		IF	ID	EX	MEM	WB			
AND	R6,R1,R7			IF	ID	EX	MEM	WB		
OR	R8,R1,R9				IF	ID	EX	MEM	WB	
LD	R1,0(R2)	IF	ID	EX	MEM	WB				
DSUB	R4,R1,R5		IF	ID	stall	EX	MEM	WB		
AND	R6,R1,R7			IF	stall	ID	EX	MEM	WB	
OR	R8,R1,R9				stall	IF	ID	EX	MEM	WB

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos  
Adelantamiento

## Referencias

# Riesgos de control

Los **riesgos de control** ocurren cuando al tener la ejecución de una instrucción *branch* se puede modificar o no el valor del PC, alterando el flujo de ejecución del programa.

- Dependiendo de si el salto se toma o no (etapa ID), la siguiente instrucción será o no la correcta.

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

**Adelantamiento**

## Referencias

# Posibles Soluciones

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

Stall de un ciclo.

- Después de cada salto se realiza dos IF.

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Posibles Soluciones

Stall de un ciclo.

- Después de cada salto se realiza dos IF.

**Predicción de salto:** Estrategia basada en métodos estadísticos o probabilistas para tratar de predecir el si salto es tomado o no. En caso de fallar la predicción, se debe vaciar (flush) el pipeline.

## Riesgos

### Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Riesgos de control

## Stall

Branch instruction	IF	ID	EX	MEM	WB		
Branch successor		IF	IF	ID	EX	MEM	WB
Branch successor + 1				IF	ID	EX	MEM
Branch successor + 2					IF	ID	EX

## Predicción

Untaken branch instruction	IF	ID	EX	MEM	WB		
Instruction $i + 1$		IF	ID	EX	MEM	WB	
Instruction $i + 2$			IF	ID	EX	MEM	WB
Instruction $i + 3$				IF	ID	EX	MEM
Instruction $i + 4$					IF	ID	EX

Taken branch instruction	IF	ID	EX	MEM	WB		
Instruction $i + 1$		IF	idle	idle	idle	idle	flush
Branch target			IF	ID	EX	MEM	WB
Branch target + 1				IF	ID	EX	MEM
Branch target + 2					IF	ID	EX



# Referencias

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias



J. Hennesy y D. Patterson (2012)

Computer Architecture: A Quantitative Approach. 5th Edition.  
Elsevier – Morgan Kaufmann.



J. González y R. García (2019)

Notas de clase de los profesores: Jeferson González y Ronald García.



ARMv8

ARMv8-A Architecture Reference Manual



Intel

Intel® 64 and IA-32 architectures software developer's manual  
combined volumes: 1, 2A, 2B, 2C, 2D, 3A, 3B, 3C, 3D, and 4

## Riesgos

Definición

Unidades Funcionales  
- FU

Riesgos estructurales

Riesgos de Datos

Adelantamiento

## Referencias

# Arquitectura de Computadores I

Luis Alberto Chavarría-Zamora

ITCR

*lachavarria@tec.ac.cr*

24 de agosto de 2023