



Módulo 3: Diseño del procesador

Operaciones multicyclo



Tema 3.2 Segmentación

Índice

1. Introducción
2. Operaciones multicyclo
3. Operaciones multicyclo : riesgos estructurales
4. Operaciones multicyclo : riesgos de datos LDE
4. Operaciones multicyclo : ejecución fuera de orden
6. Operaciones multicyclo : riesgos de datos EDE
7. Operaciones multicyclo : riesgos de datos EDL

■ Bibliografía

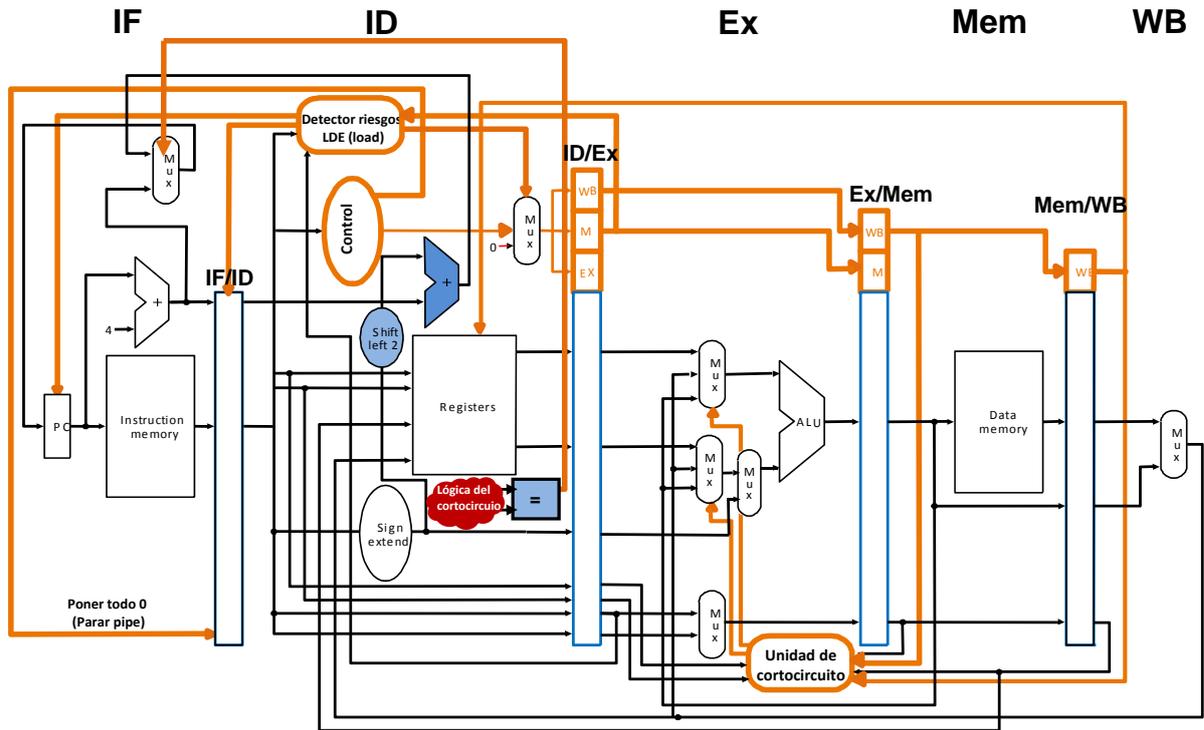
- Hennessy Patterson Apendice A, 4ª ed.

1. Introducción



Ruta datos completa del procesador segmentado

- Tiene implementadas las soluciones óptimas para solucionar los riesgos vistos hasta ahora
- **La entradas del comparador vienen de dos Mux los cuales eligen entre las salidas del B.R o el cortocircuito**



1. Introducción



Procesador segmentado

- ✓ Todas las instrucciones tienen igual duración
- ✓ Rendimiento ideal, una instrucción por ciclo CPI=1
- ✓ Riesgos estructurales y de datos EDE y EDL se resuelven por construcción
- ✓ Riesgos LDE en instrucciones tipo-R se solucionan con el cortocircuito
- ✓ Riesgos LDE en instrucciones de *load* implican paradas del procesador. Ayuda del compilador planificando las instrucciones
- ✓ Riesgos de control. Introducir instrucciones NOP y saltos retardados con ayuda del compilador
- ✓ **Las instrucciones empiezan y terminan en orden**

Representación en Punto flotante (p.f)



- Está basada en la notación científica y sigue estándar IEEE 754

Decimal	Binario
$+6,02 \times 10^{23}$	$+1,01110 \times 2^{1101}$

- Signo: indica el signo del número (0= positivo, 1=negativo)
- Mantisa: contiene la magnitud del número (en binario puro)
- Exponente: contiene el valor de la potencia de la base. La base queda implícita y es común a todos los números, la más usada es 2.



- $(-1)^s \cdot V(m) \cdot 2^{V(e)}$

- Se añade un banco de registros para guardar datos en punto flotante
 - 32 registros (F0-F31)
 - Tamaño del registro de 32 bits
- Se añaden nuevas instrucciones para trabajar con datos en punto flotante
 - Load cargar en un registro de p.f
- Se añaden nuevas unidades funcionales
 - Sumador/restador en punto flotante
 - Multiplicador
 - Divisor

5

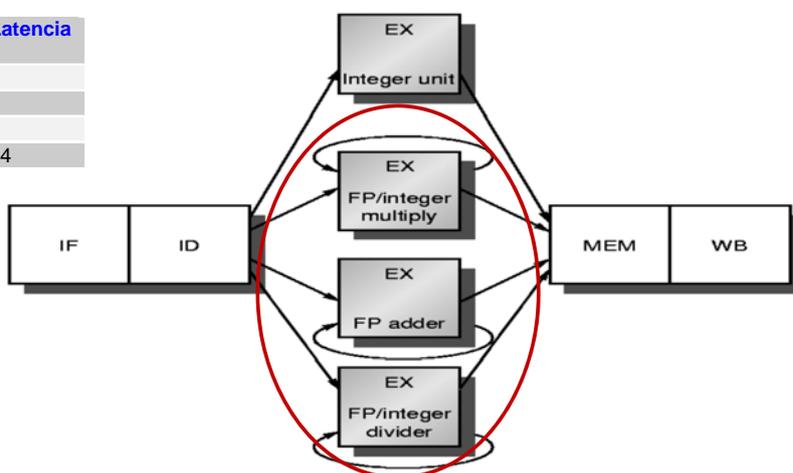
2. Operaciones Multiciclo



¿ Qué ocurre si las **instrucciones** tienen **diferente duración**?

- Esto ocurre cuando la operaciones requieren más de un ciclo de ejecución
 - Las operaciones en punto flotante
 - La multiplicación y división de enteros

Unidad Funcional	Latencia
ALU entera	1
FP add	4
FP multiplica	7
FP división	24



Latencia de las UF : Número de ciclos de duración de una instrucción en una UF

6

2. Operaciones Multiciclo



Problemas

- Riesgos estructurales
- **Mayor penalización** de los riesgos LDE
- Aparecen riesgos EDE y EDL
- Problemas con la **finalización fuera de orden**

3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales

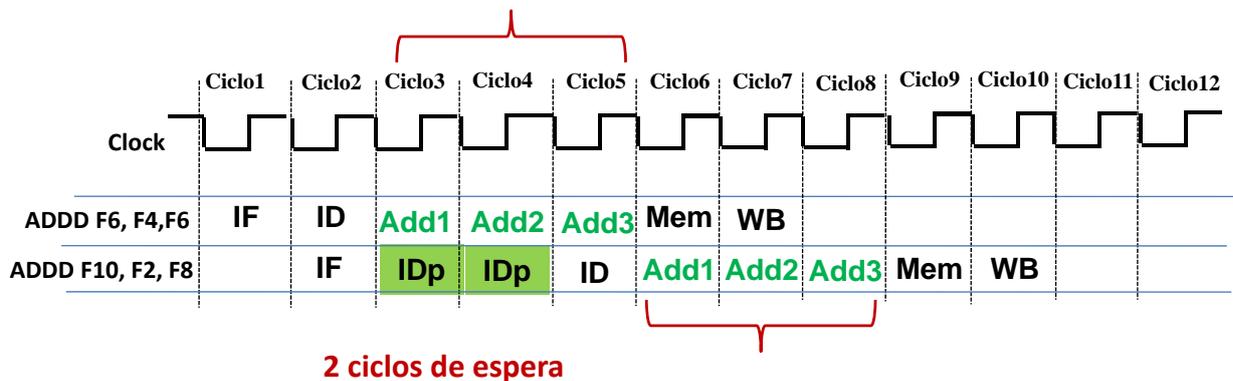


Riesgo estructural: dos instrucciones necesitan la misma UF

- Hay que **esperar que la UF haya acabado** la operación de la primera instrucción

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3

El sumador de P.F tiene una latencia de 3 ciclos



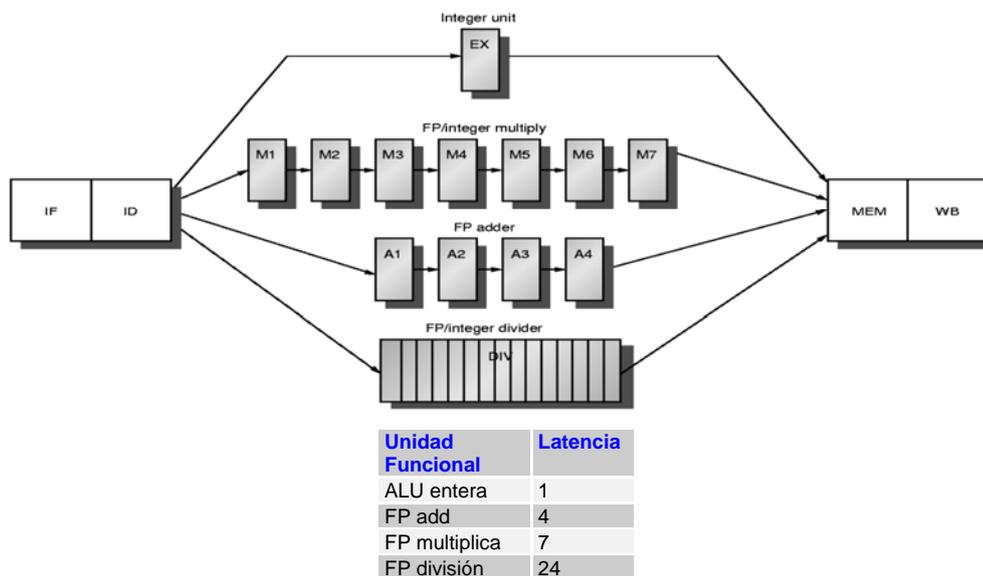
IDp parada por **riesgo estructural**, se necesita el sumador y no está disponible

3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales



Solución: Segmentar las UF con latencia > 1

- **Intervalo de iniciación:** Nº de ciclos que tiene que esperar una instrucción para poder utilizar una UF que está utilizando otra
- La división no suele estar segmentada
 - En este caso **se tiene que detectar el riesgo y realizar paradas**



9

3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales

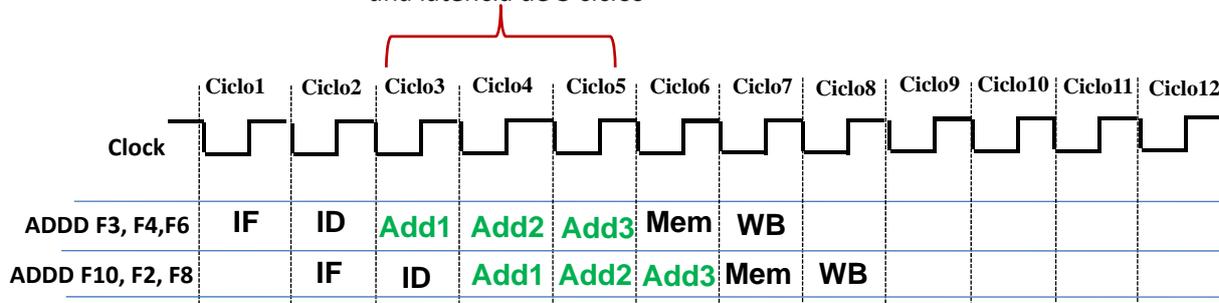


Solución: Segmentar las UF con latencia > 1

- Sólo hay que **esperar que la UF haya acabado** la operación asociada al primer ciclo de ejecución de la primera instrucción

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3

El sumador de P.F tiene una latencia de 3 ciclos



0 ciclos de espera

10

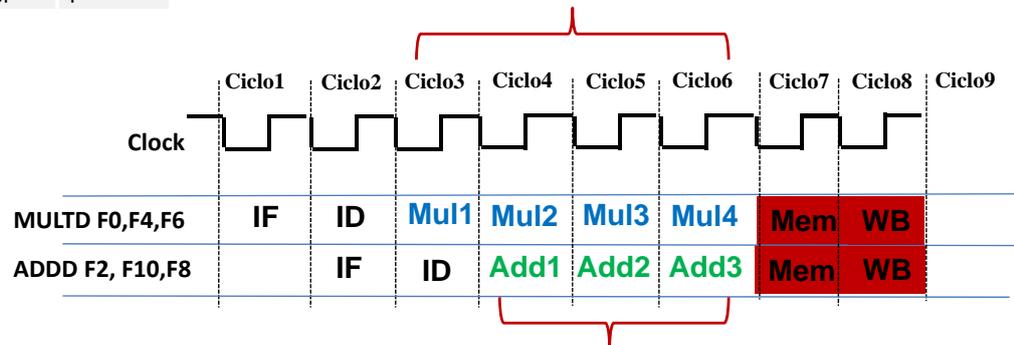
3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales



Riesgo estructural

- Dos instrucciones no pueden acceder a la vez a la etapa de Mem
- Dos instrucciones no pueden acceder a la vez a la etapa WB

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3
FP multiplicador	4



11

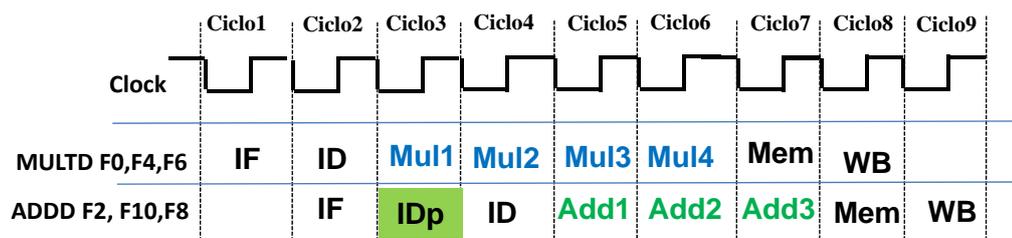
3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales



Solución 1:

- **Detener** la segunda instrucción en la **etapa de decodificación**

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3
FP multiplicador	4



IDp parada por **riesgo estructural**, dos instrucciones van a acceder a la vez a la memoria de datos

12

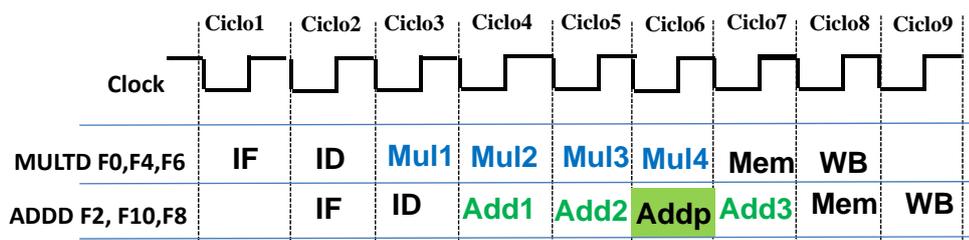
3. Operaciones Multiciclo: riesgos estructurales



Solución 2:

- **Detener** las instrucciones conflictivas **al final de ejecución**
 - Necesidad de establecer prioridades de acceso
 - Dar mayor prioridad a la unidad de mayor latencia
 - Lógica de detección y generación de paradas en dos puntos diferentes

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3
FP multiplicador	4



Addp parada por **riesgo estructural**, dos instrucciones van a acceder a la vez a la memoria de datos

13

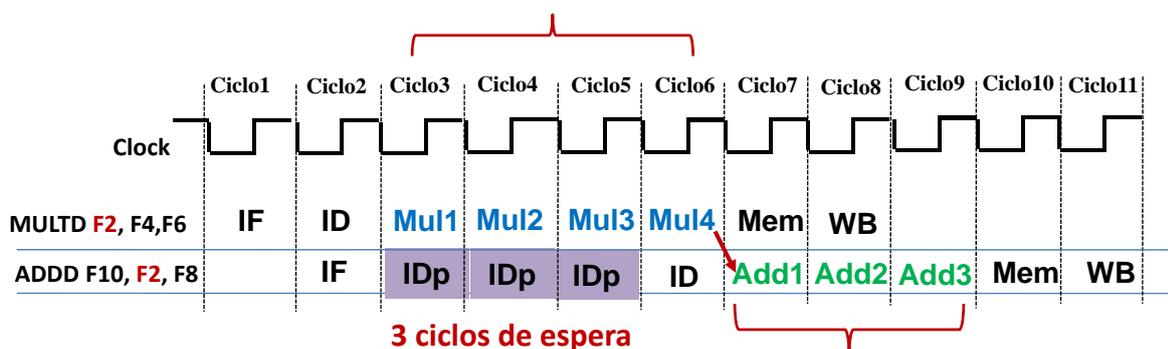
4. Operaciones Multiciclo: riesgos LDE



Qué pasa cuando hay Riesgo LDE y el dato lo proporciona una instrucción Aritmético-Lógica

- El cortocircuito **NO elimina las paradas**

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3
FP multiplicador	4



IDp parada por **riesgo LDE** entre instrucción 1 e instrucción 2

14

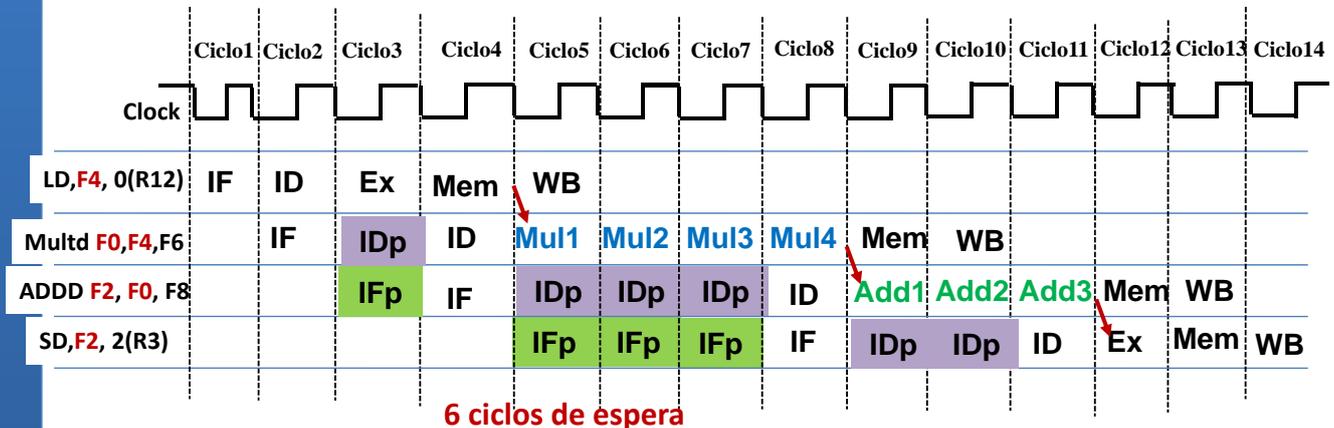
4. Operaciones Multiciclo: riesgos LDE



Qué pasa cuando hay Riesgo LDE y el dato lo proporciona un load

- La instrucción que depende del load además tiene una parada
- El cortocircuito **NO elimina las paradas**

Unidad Funcional	Latencia
FP add	3
FP multiplicador	4



IDp parada por **riesgo LDE** entre instrucción 1 e instrucción 2

IFp parada por **fallo estructural**, la etapa está ocupada por la instrucción anterior

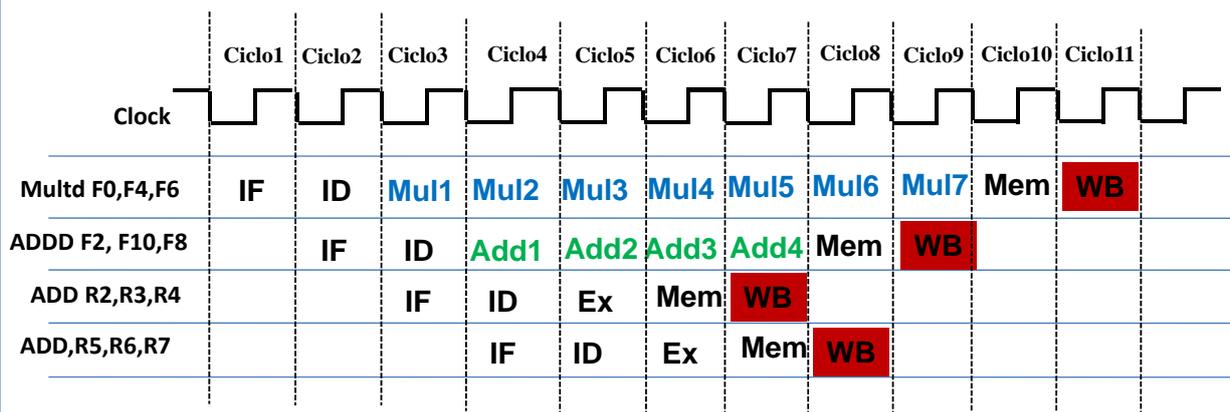
15

5. Operaciones Multiciclo: Finalización fuera de orden



- Las instrucciones pueden acabar en un orden diferente al de lanzamiento
- **Problemas:**
 - Conflictos por escritura simultánea en el banco de registros (riesgo estructural)
 - Aparecen riesgos de escritura después de escritura (EDE)

Unidad Funcional	Latencia
FP add	4
FP multiplicador	7



16

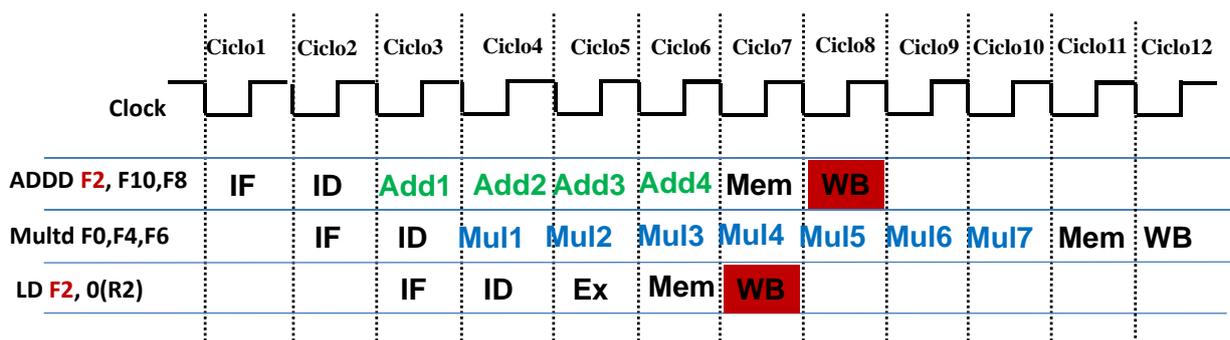
6. Operaciones multiciclo: riesgos EDE



Qué pasa cuando hay Riesgo EDE

- Cuando acaba de ejecutarse el código, la información que queda almacenada en F2 es la que genera la suma, no la que genera el load
- Situación muy poco común: la instrucción ADDD F2, F10,F8 es semánticamente inútil

Unidad Funcional	Latencia
FP add	4
FP multiplicador	7



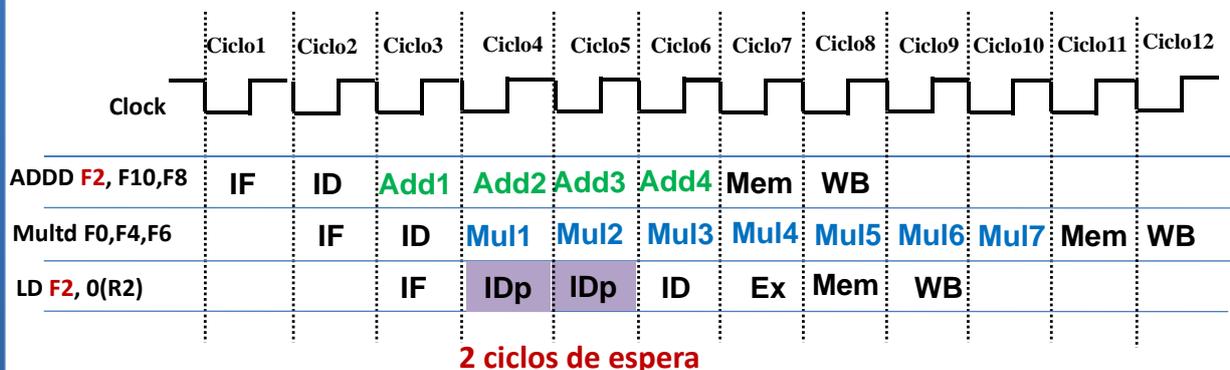
17

6. Operaciones multiciclo: riesgos EDE



Solución 1

- Detener la instrucción que provoca el riesgo (la segunda)
- El número de paradas depende de la longitud de la primera instrucción y de la distancia entre ambas



IDp parada por riesgo EDE entre instrucción 1 e instrucción 2

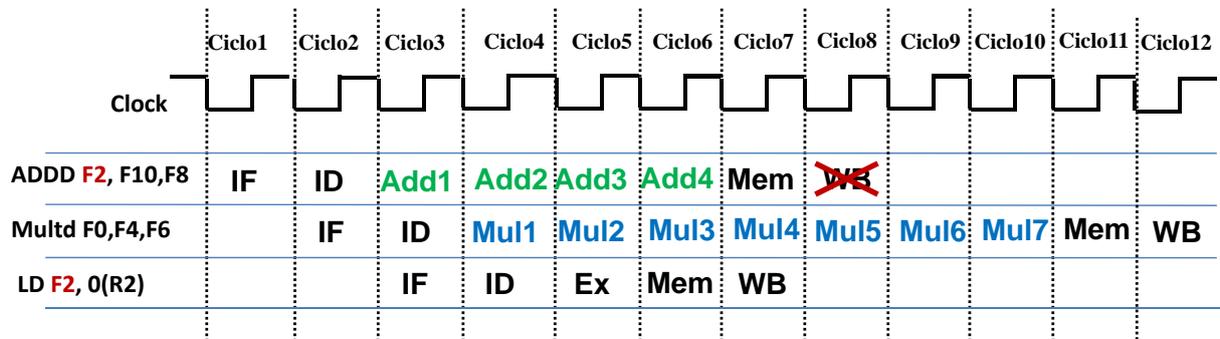
18

6. Operaciones multiciclo: riesgos EDE



Solución 2

- Inhibir la escritura de la primera instrucción



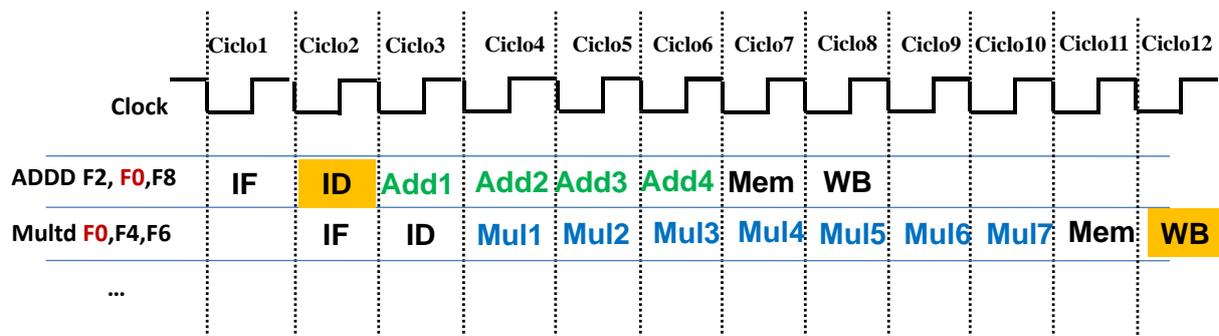
19

7. Operaciones multiciclo: riesgos EDL



Estos riesgos **no se producen** por construcción del pipeline

- La lectura siempre se realiza en la etapa de decodificación
- La escritura siempre se realiza en la última etapa



20