



Ejercicios Boletin1

Estructura de computadores (Universitat Politecnica de Valencia)

ESTRUCTURA DE COMPUTADORES

Ejercicios Tema 2: Segmentación básica. Curso 2012/2013

1. Considere la siguiente secuencia de instrucciones,

```

etiqueta :   lw $3, 100($4)      (1)
              or $6, $5, $4      (2)
              add $4, $6, $3     (3)
              beq $5, $4, etiqueta (4)
              add $1, $4, $8     (5)
              and $6, $3, $5     (6)
              sw $5, 100($6)     (7)
    
```

a. Rellene la siguiente tabla para indicar los riesgos por dependencia de datos que se encuentran en este fragmento de código.

(En las casillas “Se escribe en” y “Se lee en” indique el número de instrucción, que se encuentra a la derecha de las instrucciones entre paréntesis, en la cual se escribe o lee el registro.)

| | Registro | Se escribe en | Se lee en |
|----------|----------|---------------|-----------|
| Riesgo 1 | \$3 | (1) | (3) |
| Riesgo 2 | \$6 | (2) | (3) |
| Riesgo 3 | \$4 | (3) | (4) |
| Riesgo 4 | \$4 | (3) | (5) |
| Riesgo 5 | \$6 | (6) | (7) |

b. Realice el diagrama **instrucciones/tiempo** considerando que la instrucción de salto **NO** realiza el salto. Utilice todas las técnicas que considere necesarias (detención, cortocircuitos, ...) para conseguir la **mayor productividad** posible.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | | | | | | |
|---------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|--|--|--|--|--|--|--|
| etiqueta lw \$3, 100(\$4) | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | | | | | | |
| or \$6, \$5, \$4 | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | | | | | |
| add \$4, \$6, \$3 | | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | | | | |
| beq \$5, \$4, etiqueta | | | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | | | |
| add \$1, \$4, \$8 | | | | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | | |
| and \$6, \$3, \$5 | | | | | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | | |
| sw \$5, 100(\$6) | | | | | | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | | |

A continuación rellene la siguiente tabla para describir la técnica que se ha utilizado para solucionar cada riesgo (Si es cortocircuito indique su nombre o, en su caso indique cuantos ciclos se detiene).

Descripción de las técnica empleadas

Riesgo 1 Cortocircuito ER a EX

| | |
|-----------------|-----------------------|
| Riesgo 2 | Cortocircuito M a EX |
| Riesgo 3 | Cortocircuito M a EX |
| Riesgo 4 | Cortocircuito ER a EX |
| Riesgo 5 | Cortocircuito M a EX |

2. Considérese ahora que el programa anterior se ha ejecutado en la ruta de datos segmentada de cinco etapas (LI, DI, EX, M, ER) estudiada en clase y supóngase que las etapas tienen un retardo de 90, 40, 70, 120, 55 ns respectivamente y que el tiempo necesario para escribir en los registros de segmentación es de 5ns.

- a. ¿Cuál es la frecuencia de la señal de reloj a emplear en esta ruta de datos? Justifique la respuesta.

$$Frec = \frac{1}{125 \text{ ns}} = 8 \text{ Mhz}$$

- b. ¿Cuál es la productividad máxima que se puede alcanzar con esta ruta de datos? Justifique la respuesta.

$$X_{MAX} = \frac{1}{125 \text{ ns}} = 8 \text{ MOPS}$$

- c. ¿Cuál es la productividad conseguida realmente al ejecutar el programa del **ejercicio 1**, utilizando para ello el resultado del apartado **1.b**? Justifique la respuesta. .

$$X_{REAL} = \frac{7 \text{ instruccio nes}}{11 \text{ ciclos} \times 125 \text{ ns}} = 5.09 \text{ MOPS}$$

- d. ¿Cuál es la aceleración máxima que se puede alcanzar? Justifique la respuesta.

$$S_{MAX} = \frac{Tns}{Ts} = \frac{375 \text{ ns}}{125 \text{ ns}} = 3$$

3. Se dispone de un procesador que ha sido segmentado en 5 etapas cuyos retardos son 40ns, 25ns, 20ns, 40ns y 25ns. Asumiendo que el retardo de los registros de segmentación es de 10ns, se pide:

- a) Calcular la frecuencia de reloj del procesador segmentado.

- b) Productividad máxima del procesador segmentado.
- c) Calcular la aceleración (speedup) del procesador segmentado respecto al no segmentado ¿Cuál sería la aceleración ideal?
- d) ¿Cómo se podría incrementar la productividad máxima del procesador segmentado? ¿Qué factores pueden impedir que se alcance la productividad máxima?
- e) Suponiendo que se dispone de un procesador superescalar de 4 vías, cuyos cauces segmentados son similares al especificado en el enunciado ¿qué tiempo se requeriría para ejecutar 8000 instrucciones en dicho procesador?
- f) Los ingenieros encargados del diseño de un procesador, al tratar de segmentar una de sus unidades de ejecución de instrucciones, se encuentran con que los retardos asociados a cada uno de los 4 suboperadores que integran el cauce son 10-10-30-10 ns, con un tiempo de escritura en registro despreciable. Por más que lo intentan, no hay forma de reducir el retardo del tercer suboperador ni tampoco es posible subdividirlo en etapas. Finalmente, uno de los ingenieros propone una solución que permite trabajar al procesador con una frecuencia de reloj de 100MHz sin penalizar la productividad máxima. ¿cómo es posible? Razone la respuesta.
4. Los siguientes fragmentos de código contienen riesgos cuando se ejecutan en un procesador segmentado como el visto en clase. Completa el cronograma tiempo-etapas e indique claramente los riesgos rodeando los registros que producen el riesgo así como la solución empleada para resolver dicho riesgo.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Solución empleada |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| add \$1,\$2,\$3 | | | | | | | | | | | |
| or \$3,\$2,\$1 | | | | | | | | | | | |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Solución empleada |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| lw \$1,100(\$2) | | | | | | | | | | | |
| and \$2,\$1,\$0 | | | | | | | | | | | |

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Solución empleada |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| sub \$4,\$3,\$2 | | | | | | | | | | | |
| sw \$3,100(\$4) | | | | | | | | | | | |

Considera que **SI** que se produce el salto.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | Solución empleada |
|------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|-------------------|
| lw \$6,50(\$7) | | | | | | | | | | | |
| beq \$7,\$8,L | | | | | | | | | | | |
| and \$1,\$2,\$3 | | | | | | | | | | | |
| nop | | | | | | | | | | | |
| nop | | | | | | | | | | | |
| L:or \$6,\$7,\$8 | | | | | | | | | | | |

5. Considere la siguiente secuencia de instrucciones,

| | | |
|-----------|------------------------|-----|
| | lw \$1, 100(\$2) | (1) |
| | beq \$1, \$2, etiqueta | (2) |
| | and \$3, \$1, \$4 | (3) |
| etiqueta: | lw \$1, 50(\$3) | (4) |
| | sw \$1, 100(\$2) | (5) |
| | sub \$5, \$1, \$2 | (6) |
| | lw \$1, 10(\$5) | (7) |

- a) Realice el diagrama **instrucciones/tiempo** considerando que la instrucción de salto **SI** realiza el salto. En este caso asuma la resolución de conflictos de control por medio de la técnica predict not taken y latencia de salto de tres ciclos. Utilice todas las técnicas que considere necesarias (detención, cortocircuitos, ...) para conseguir la **mayor productividad** posible.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| lw \$1, 100(\$2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| beq \$1, \$2, etiqueta | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| and \$3, \$1, \$4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| etiqueta: lw \$1, 50(\$3) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sw \$1, 100(\$2) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sub \$5, \$1, \$2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| lw \$1, 10(\$5) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

- b) Rellene la siguiente tabla para indicar los riesgos por dependencia de datos que se encuentran en este fragmento de código, así como la técnica empleada para resolver cada uno de ellos (Si es cortocircuito indique su nombre o, en su caso indique cuantos ciclos se detiene)

(En las casillas “*Se escribe en*” y “*Se lee en*” indique el número de instrucción, que se encuentra a la derecha de las instrucciones entre paréntesis, en la cual se escribe o lee el registro.)

| | Registro | Se escribe en | Se lee en | Técnica de solución |
|----------|----------|---------------|-----------|---------------------|
| Riesgo 1 | | | | |
| Riesgo 2 | | | | |
| Riesgo 3 | | | | |
| Riesgo 4 | | | | |
| Riesgo 5 | | | | |

6. Se dispone de un sistema digital el cual se ha procedido a segmentar en 4 etapas secuenciales sin solapamiento entre ellas, y cuyos retardos son 33ns, 35ns, 22ns, 30ns. Se pide:

- a) Retardo máximo permitido para los registros de segmento a fin garantizar una productividad máxima de 20 MOPS. Justificar la respuesta.

para conseguir la mayor productividad posible, indicando claramente la técnica utilizada en cada momento.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
|--------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| lw \$1,50(\$4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| beq \$1,\$2,etiqueta | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| or \$3,\$5,\$6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sw \$3,50(\$4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| add \$4,\$4,\$1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sw \$4,100(\$6) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Etiqueta and \$3,\$5,\$6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| sw \$3,100(\$4) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

10. Considerando la ruta de datos de cinco etapas vista en clase, y suponiendo que la duración de las etapas es LI=60ns, DI=40ns, EX=50ns, M=70ns, ER=45ns, y un retardo por los registros de segmentación de 5ns, se pide:

- ¿Cuál es el tiempo de ciclo para este procesador?
- Suponiendo que se ejecuta este fragmento de código, identifique los riesgos existentes indicando cómo se pueden solucionar en cada caso.

```

sw $2,0($3)
sw $3,0($2)
beq $2,$3, etiqueta
add $4,$1,$2
lw $5,100($4)
sw $5,50($4)
etiqueta : or $1,$2,$3

```

- Rellene el diagrama instrucciones/tiempo correspondiente a la ejecución del siguiente código, suponiendo que el salto NO tiene lugar y buscando la mayor eficiencia en la solución.
- ¿Cuál es la productividad conseguida con la ejecución de dicho código?
- ¿Cuál es la máxima productividad alcanzable en este procesador?

| Instrucción | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
|-------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | |

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| sw | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | |
| lw | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | |
| beq | | | LI | DI | DI | EX | M | ER | | | |
| sub | | | | | LI | DI | EX | M | ER | | |
| and | | | | | | LI | DI | EX | M | ER | |
| sw | | | | | | | LI | DI | EX | M | ER |
| | | | | | | | | | | | |

Asumimos el empleo de “predicción de salto no efectivo”

d) Diagrama instrucciones/tiempo suponiendo que el salto SI tiene lugar

Dos soluciones posibles ...

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| sw | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | |
| lw | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | |
| beq | | | LI | DI | DI | EX | M | ER | | | | |
| sub | | | | | LI | DI | EX | ✖ | ✖ | | | |
| and | | | | | | LI | DI | ✖ | ✖ | ✖ | | |
| -- | | | | | | | LI | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | |
| and | | | | | | | | LI | DI | EX | M | ER |

Asumimos el empleo de “predicción de salto no efectivo”

| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| sw | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | | |
| lw | | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | |
| beq | | | LI | DI | DI | EX | M | ER | | | | |
| sub | | | | | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | ✖ | | | |
| and | | | | | | | | LI | DI | EX | M | ER |

Asumimos el empleo de “BURBUJA” para solucionar riesgo de control

13. Considérese la siguiente secuencia de programa en ensamblador de MIPS R2000, el cual se ejecuta en cierta ruta de datos que se halla segmentada en cinco etapas (LI, DI, EX, M, ER):

```
lw $2, 0($4)
beq $2, $3, etiqueta
add $1, $2, $3
sub $4, $1, $3
lw $5, 100($4)
```

```

sw    $5,50 ($4)
    ...
etiqueta : ...

```

Se pide:

- a) Qué tipo de riesgos aparecen, dónde aparecen y cómo pueden solucionarse

Riesgos por dependencias de datos y control (marcados en colores en código)

- b) Diagrama instrucciones/tiempo suponiendo que el salto NO tiene lugar, especificando el mecanismo de solución empleado y el tiempo de ejecución del fragmento de código. Se valorará el que la solución propuesta sea la más eficiente.

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|
| lw | LI | DI | EX | M | ER | | | | | | |
| beq | | LI | DI | DI | EX | M | ER | | | | |
| add | | | | LI | DI | EX | M | ER | | | |
| sub | | | | | LI | DI | EX | M | ER | | |
| lw | | | | | | LI | DI | EX | M | ER | |
| sw | | | | | | | LI | DI | EX | M | ER |
| | | | | | | | | | | | |
| | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 |

Asumimos el empleo de “predicción de salto no efectivo”