

Apellidos _____ Nombre _____

Arquitectura de Computadores. Examen final 4/02/2014. Problemas.

1. (3 puntos) Disponemos de un procesador con planificación dinámica de instrucciones y especulación que utiliza un ROB suficientemente grande. Se dispone de las unidades funcionales que se muestran en la tabla siguiente:

UF	Cantidad	Latencia	Segmentación
FP ADD/SUB	2	3/3	No
FP MUL/DIV	1	5/10	No

Se supone que en un mismo ciclo no se puede escribir un dato en el bus común e iniciar la ejecución de una operación que estuviera en espera de ese dato, y que existe una estación de reserva por cada unidad funcional.

Para la secuencia de instrucciones de la tabla siguiente, indica en qué ciclo (o ciclos) de reloj se realiza cada una de sus fases. Indica qué tipos de riesgos se producen.

Instrucción	Issue Emisión	Ejecución	Escribe resultado	Commit
DIVD F2, F2, F6	1	2-11	12	13
ADDD F4, F6, F4	2	3-5	6	14
MULD F8, F2, F4	13 ^{E.R}	14-18	19	20
DIVD F0, F6, F4	20 ^{E.R}	21-30	31	32
ADDD F2, F4, F0	21	32-34 ^{LDE}	35	36
ADDD F8, F8, F10	22	23-25	26	37
MULD F0, F2, F8	32 ^{E.R}	36-40 ^{LDE}	41	42
SUBD F12, F2, F4	33	36-38 ^{LDE}	39	43

2. Supongamos que se desea calcular

$$C[i] = (A[i] + B[i]) * 3,5, \text{ para } i=0..249$$

donde A, B y C son vectores de 250 componentes almacenados en la memoria de un computador vectorial similar al VMIPS, pero con las siguientes diferencias.

- Ciclo de reloj: 2 ns
- 8 registros vectoriales de 32 componentes.
- 2 pipes de carga/almacenamiento segmentados en 15 etapas.

Se pide:

a) (2 puntos) Escribe un programa en el lenguaje ensamblador del VMIPS que realice el cálculo en el menor tiempo posible, construye el correspondiente diagrama de tiempo, determina el tiempo de cálculo total teniendo en cuenta la penalización de la ejecución por bloques (strip-mining) y calcula el rendimiento obtenido en MFLOPS.

b) (0,75 puntos) Calcula el rendimiento asintótico en MFLOPS para la anterior operación.

c) (1,25 puntos) Se desea completar el cálculo del apartado a) con la siguiente operación:

$$\text{IF } (A[i] > B[i]) \text{ D}[i] = C[i] * 4,7, \text{ para } i=0..249$$

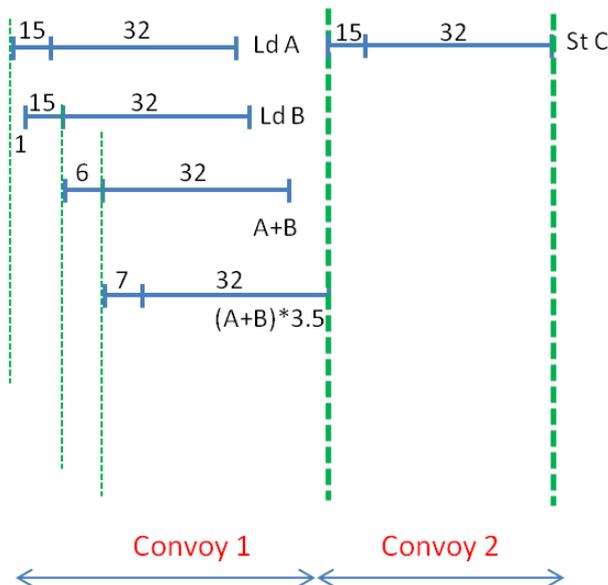
Completa el diagrama de tiempo del apartado a). Para el conjunto de operaciones de los dos apartados, calcula el nuevo tiempo total de ejecución y el nuevo rendimiento obtenido en MFLOPS, teniendo en cuenta que:

- Se supone que las operaciones de comparación de vectores se ejecutan en un pipe de cuatro etapas que no puede encadenarse.
- La operación CVM (poner todos los bits del registro de máscara a uno) se ejecuta en un ciclo de reloj.
- Los datos de entrada tienen los siguientes valores $A[i] = 60 + 2 \cdot i$ y $B[i] = 3 + 3 \cdot i$

a) LD F1, Cte 3.5 ; Cargamos en F1 el escalar 3.5
 ADDI R2,R0,#2000 ; Cargamos en R2 la long. Total del vector en bytes (250x8 =2000)
 ADD R2,R2,Rb ; Cargamos en R2 la dirección final del vector B
 ADDI R1,R0,#26 ; Cargamos en R1 el nº de elem. de la 1ª iteración (250%32 =26)
 MTC1 VLR,R1 ; Cargamos en VLR el valor 26
 ADDI R1,R0,#208 ; Cargamos en R1 el núm. de bytes de la 1ª iteración (26x8=208)
 ADDI R3,R0,#32 ; Cargamos en R3 el nº de elementos del resto de las iteraciones

Loop: LV V1,Ra
 LV V2,Rb
 ADDV V3,V1,V2
 MULVS V4,V3,F1
 SV Rc,V4

ADD Ra,Ra,R1 ; Cargamos en Ra la dirección. del 1er elem. de A de la sig. iteración
 ADD Rb,Rb,R1 ; Cargamos en Rb la dirección. del 1er elem. de B de la sig. iteración
 ADD Rc,Rc,R1 ; Cargamos en Rc la dirección. del 1er elem. de C de la sig. iteración
 ADDI R1,R0,#256 ; Cargamos en R1 el nº de bytes de la siguiente iteración
 MTC1 VLR,R3 ; Cargamos en VLR el valor 32
 SUB R4,R2,Rb ; ¿Hemos llegado al final del vector B?
 BNEZ R4,Loop ; Si no hemos llegado al final, volver a Loop

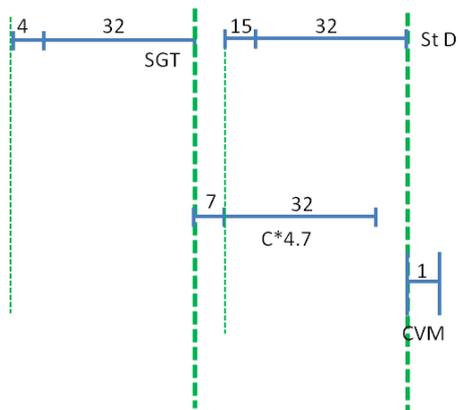


$$T_n = \lceil n/MVL \rceil \times (T_{loop} + T_{start}) + n \times T_{chime} = \lceil 250/32 \rceil \times (15 + (15 + 1 + 6 + 7 + 15)) + 250 \times 2 = 8 \times 59 + 500 = 972 \text{ ciclos} = 1944 \text{ ns}$$

$$R_{to} = (2 \text{ ops en PF} \times 250) / (1944 \times 10^{-9} \text{ s}) \rightarrow 257.2 \text{ MFLOPS}$$

b) $T_n = (n/32) \times 59 + 2n = 3.84n \text{ ciclos} = 7.69n \text{ ns}$
 $R_\infty = \lim_{n \rightarrow \infty} (2n \text{ ops}) / (7.69n \text{ ns}) = 260 \text{ MFLOPS}$

- c) SGT V1,V2
 MULDVS V5,V4,F2
 SV Rd,V5
 CVM



$$T_n = 8 \times (59 + 4 + 7 + 15 + 1) + 4 \times 250 = 1688 \text{ ciclos} = 3376 \text{ ns}$$

Rto: $A[i] > B[i]$ para $i = 0, 1, 2, \dots, 56 \rightarrow 57$ elementos

* Suma y multiplicación para 250 elementos

* Otra multiplicación adicional para 57 elementos

$$(2 \times 250 + 1 \times 57 \text{ ops en PF}) / (3376 \text{ ns}) = 165 \text{ MFLOPS}$$

3. Averigua el tiempo de transmisión de un mensaje de 1024 bits a través de una red de interconexión multietapa, cuyos canales tienen un ancho de banda de 2 GBytes/s, y que utiliza conmutación de paquetes mediante “cut-through”, en los siguientes casos:

- a) (1 punto) Red Butterfly de 256 entradas implementada con conmutadores de grado 4.
- b) (1 punto) Red Omega de 512 entradas implementada con conmutadores de grado 8.
- c) (1 punto) Red Benes de 2048 entradas con conmutadores de grado 2.

Se supone que no existe contención en la red. El tiempo que tarda un conmutador de grado 2 en decidir la ruta y establecer la comunicación con el canal de salida adecuado es de 3 ns, para uno de grado 4 es de 5 ns y para uno de grado 8 es de 8 ns.

$$T_{CT}(n,h) = h\Delta + n/B = h\Delta + (1024 \text{ bits}) / (2 \text{ GB/s}) = h\Delta + 64 \text{ ns}$$

- a) $N = K^n \rightarrow 2^8 = 4^n \rightarrow n = 4; T_{CT} = 4 \times 5 \text{ ns} + 64 = 84 \text{ ns}$
- b) $N = K^n \rightarrow 2^9 = 8^n \rightarrow n = 4; T_{CT} = 3 \times 8 \text{ ns} + 64 = 88 \text{ ns}$
- c) $n = ((2 \log_2 N) - 1) = 21 \text{ etapas}; T_{CT} = 21 \times 3 \text{ ns} + 64 = 127 \text{ ns}$