

a) El mejor código vectorial será aquel que aproveche la posibilidad del encadenamiento. De acuerdo con esto, el código vectorial sería:

```

Convoy 1:  LV      V2, R2    // Carga de B
Convoy 2:  LV      V1, R1    // Carga de A
           MULTSV  V3, F0, V2 // B := x * B
           ADDV   V1, V1, V2 // A := A+B
Convoy 3:  SV      R1, V1    // Almacenamiento de A
Convoy 4:  SV      R2, V3    // Almacenamiento de B
    
```

Observe que ya que primero se realiza la multiplicación y para evitar un riesgo WAR es necesario renombrar el registro destino de la operación de multiplicación. De esta forma, la instrucción de suma lee el valor correcto de B (el almacenado en V2) y no el B resultante de la multiplicación (el V3).

b) La secuencia temporal de ejecución sería la siguiente:

Convoy	Comienza	Termina	Comentario
LV V2, R2	0	12+64=76	Latencia sencilla
LV V1, R1 MULTSV V3, F0, V2 ADDV V1, V1, V2	76	76+12+6+64=158	Espera por convoy 1
SV R1, V1	158	158+12+64=234	Espera por convoy 2
SV R2, V3	234	234+12+64=310	Espera por convoy 3

Es decir, el tiempo en ejecutar ese conjunto de 6 instrucciones vectoriales para un vector de longitud 64 sería 310 ciclos. No serían necesarios ciclos adicionales por costes de seccionamiento dado que, si se conoce a priori que el número de elementos a procesar es 64, no sería necesario aplicar la técnica de seccionamiento por parte del compilador.

El *Telemento* es 4 ciclos dado que se tienen 4 convoyes. El *Tarranque* total se obtiene de sumar los tiempos de arranque visibles de las unidades funcionales. Si se analiza la tabla anterior, se obtiene

$$Tarranque = 2 * Tarranque LV + Tarranque MULTSV + 2 * Tarranque SV$$

$$Tarranque = (2 * 12 + 7 + 2 * 12) \text{ ciclos} = 55 \text{ ciclos}$$

Con estos valores la expresión del tiempo total de ejecución queda

$$T_n = 10 + \left\lceil \frac{n}{64} \right\rceil \cdot (15 + 55) + 4 \cdot n$$

que para el caso particular de  $n=1000$

$$T_{1000} = 10 + \left\lceil \frac{1000}{64} \right\rceil \cdot (15 + 55) + 4 \cdot 1000$$

$$T_{1000} = 10 + 16 \cdot (15 + 55) + 4 \cdot 1000$$

$$T_{1000} = 5130 \text{ ciclos}$$

que expresado en segundos

$$T_{1000} = \frac{5130 \text{ ciclos}}{500 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 10,26 \text{ mseg}$$

Dado que

$$Rn = (\text{Operaciones en coma flotante} \cdot n \text{ elementos}) / Tn$$

el rendimiento para un vector de 1000 elementos sería

$$R1000 = (2 \text{ FLOP} \cdot 1000 \text{ elementos}) / 5130 \text{ ciclos}$$

$$R1000 = 0,389 \text{ FLOP/ciclo}$$

que expresado en segundos

$$R1000 = 0,389 \text{ FLOP/ciclo} \cdot 500 \text{ MHz}$$

$$R1000 = 194,5 \text{ MFLOPS}$$

En lo que respecta al rendimiento de un vector de longitud infinita expresado en FLOP por ciclo

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{T_n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{10 + \left\lceil \frac{n}{64} \right\rceil \cdot (15 + 55) + 4 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{10 + \left( \frac{n}{64} + 1 \right) \cdot (15 + 55) + 4 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{80 + 5,0937 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = 0,3926 \text{ FLOP/ciclo}$$

Para expresar  $R_{\infty}$  en FLOPS ha que multiplicar el valor anterior por la frecuencia del procesador. Se tiene así

$$R_{\infty} = 0,3926 \text{ FLOP/ciclo} \cdot 500 \text{ MHz}$$

$$R_{\infty} = 196,3 \text{ MFLOPS}$$

c) Dada la existencia de dos unidades de carga/almacenamiento, ya no existen riesgos estructurales entre las instrucciones LV y SV lo que permite reducir el número de convoyes a dos.

Convoy 1:    LV            V1, R1        // Carga de A  
                   LV            V2, R2        // Carga de B  
                   ADDV        V1, V1, V2   // A := A+B  
                   MULTSV    V2, F0, V2   // B := x \* B  
 Convoy 2:    SV            R1, V1        // Almacenamiento de A  
                   SV            R2, V2        // Almacenamiento de B

La secuencia temporal de ejecución sería la mostrada en la tabla siguiente.

Convoy	Comienza	Termina	Comentario
LV V1, R1 LV V2, R2 ADDV V1, V1, V2 MULTSV V2, F0, V2	0	12+7+64=83	Latencia sencilla
SV R1, V1 SV R2, V2	83	83+12+64=159	Espera por convoy 1

Ahora, gracias a las 2 unidades de carga/almacenamiento el tiempo en ejecutar ese conjunto de seis instrucciones vectoriales para un vector de longitud 64 ha pasado a ser de 159 ciclos. El *Telemento* es 2 ciclos ya que hay dos convoyes. El *Tarranque* total si se analiza la tabla anterior es

$$\text{Tarranque} = \text{Tarranque LV} + \text{Tarranque MULTSV} + \text{Tarranque SV}$$

$$\text{Tarranque} = (12+7+12) \text{ ciclos} = 31 \text{ ciclos}$$

Con estos valores la expresión del tiempo total de ejecución queda

$$T_n = 10 + \left\lceil \frac{n}{64} \right\rceil \cdot (15 + 31) + 2 \cdot n$$

que para el caso particular de  $n=1000$

$$T_{1000} = 10 + \left\lceil \frac{1000}{64} \right\rceil \cdot (15 + 31) + 2 \cdot 1000$$

$$T_{1000} = 10 + 16 \cdot (15 + 31) + 2 \cdot 1000$$

$$T_{1000} = 2746 \text{ ciclos}$$

que expresado en segundos

$$T_{1000} = \frac{2746 \text{ ciclos}}{500 * 10^6 \text{ Hz}} = 5,492 \text{ mseg}$$

Dado que

$$Rn = (\text{Operaciones en coma flotante} * n \text{ elementos}) / Tn$$

el rendimiento para un vector de 1000 elementos sería

$$R1000 = (2 \text{ FLOP} * 1000 \text{ elementos}) / 2746 \text{ ciclos}$$

$$R1000 = 0,7283 \text{ FLOP/ciclo}$$

que expresado en segundos

$$R1000 = 0,7283 \text{ FLOP/ciclo} * 500 \text{ MHz}$$

$$R1000 = 364,15 \text{ MFLOPS}$$

En lo que respecta al rendimiento de un vector de longitud infinita expresado en FLOP por ciclo

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{T_n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{10 + \left\lceil \frac{n}{64} \right\rceil \cdot (15 + 31) + 2 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{10 + \left( \frac{n}{64} + 1 \right) \cdot (15 + 31) + 2 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left( \frac{2 \cdot n}{80 + 2,7187 \cdot n} \right)$$

$$R_{\infty} = 0,7356 \text{ FLOP/ciclo}$$

Para expresar  $R_{\infty}$  en FLOPS ha que multiplicar el valor anterior por la frecuencia del procesador. Se tiene así

$$R_{\infty} = 0,7356 \text{ FLOP/ciclo} \cdot 500 \text{ MHz}$$

$$R_{\infty} = 367,8 \text{ MFLOPS}$$

d) Si se considera la posibilidad de solapamiento entre convoyes, los tiempos de arranque queden ocultos con la excepción de los del primer convoy:

<b>Convoy</b>	<b>Comienza</b>	<b>Termina</b>	<b>Comentario</b>
LV V1, R1 LV V2, R2 ADDV V1, V1, V2 MULTSV V2, F0, V2	0	$12+7+64=83$	Latencia sencilla
SV R1, V1 SV R2, V2	64	$64+12+64=140$	Solapamiento con el convoy 1