

1. (3 puntos) En una aplicación los tipos de saltos se distribuyen de la siguiente forma:

- **Salto incondicionales.** Saltan siempre. Representan aproximadamente un 33 % de todos los saltos.
- **Salto condicionales correspondientes a bucles.** Representan otro 33 % y se puede asumir que prácticamente todos saltan.
- **Salto condicionales correspondientes a estructuras *if-then*.** Representan el 34 % restante y, en general, la mitad de ellos saltan (son efectivos) y la otra mitad no.

Teniendo esto en cuenta, responde a las siguientes preguntas:

- a) Para un procesador MIPS segmentado en 5 etapas, similar al estudiado en clase, que actualiza el PC en caso de salto al final de la etapa MEM, y que para resolver los riesgos de control utiliza *predict-not-taken*, copia la siguiente tabla:

tipo de salto	%	Acierto/Fallo	CPI
incondicional	33		
bucles	33		
<i>if-then</i> efectivos	17		
<i>if-then</i> no efectivos	17		

Completa las últimas dos columnas, donde:

- En la columna **Acierto/Fallo** debe indicarse si *predict-not-taken* **acierta** ó **falla** para cada tipo de salto.
- En la columna **CPI** debe indicarse el CPI para cada tipo de salto.

Una vez completada la tabla, desarrolla el cálculo del CPI medio de las instrucciones de salto.

- b) Se plantea una modificación de diseño del procesador que resuelve los riesgos de control mediante *predict-taken*. Cuando se decodifica un salto en la etapa ID, *predict-taken* predice que saltará y actualiza el PC con el destino del salto al final de ID. Así, cuando se decodifica un salto pueden ocurrir dos casos:

- **Acierto.** El salto es efectivo y por tanto *predict-taken* acierta.
- **Fallo.** El salto no es efectivo y por tanto *predict-taken* falla.

Los siguientes diagramas instrucciones-tiempo muestran ambos casos:

Acierto						Fallo									
<salto>	IF	ID	EX	ME	WB	<salto>	IF	ID	EX	ME	WB				
<siguiente>	IF	X				<siguiente>	IF	X							
<destino>			IF	ID	EX	ME	WB	<destino>		IF	ID	X			
								<destino>			IF	X			
								<siguiente>			IF	ID	EX	ME	WB

Como en el primer apartado, copia y completa la tabla para esta modificación del diseño del procesador. Una vez completada la tabla, desarrolla el cálculo del CPI medio de las instrucciones de salto para el nuevo diseño.

- c) Algunos procesadores fabricados por ARM resuelven los riesgos de control mediante una técnica híbrida que se comporta como *predict-not-taken* para saltos *if-then*, y como *predict-taken* para saltos incondicionales y bucles. Desarrolla el cálculo del CPI medio de las instrucciones de salto si se modifica el diseño del procesador aplicando esta técnica.
- d) Considera un procesador que utiliza la técnica híbrida para resolver los riesgos de control y cortocircuitos para los riesgos de datos. Dicho procesador ejecuta el siguiente bucle:

```

loop: ld r11,V(r10)
      daddi r10,r10,8
      bnez r11,fi
      daddi r12,r12,1
      sd r12,W(r10)
fi:   dsub r14,r13,r10
      bnez r14,loop
      trap 0

```

Muestra el diagrama instrucciones-tiempo para una **iteración intermedia** del bucle. En la iteración que se pide, la predicción del salto `bnez r11, fi` es *not-taken* y falla, mientras que la del salto `bnez r14, loop` es *taken* y acierta. Incluye en el diagrama la primera instrucción de la siguiente iteración.

- e) Sabiendo que el salto `bnez r11, fi` se predice como *not-taken* y es efectivo en el 65 % de los casos, calcula el tiempo de ejecución del bucle en función del número de iteraciones  $n$ . Supóngase que el bucle tiene un alto número de iteraciones  $n$ , por lo que puede descartar el comportamiento de la última iteración y suponer que en todas las iteraciones el salto `bnez r14, loop` se predice como *taken* y acierta.