PREDICCIÓN HARDWARE DE BIFURCACIONES

- Predicción dinámica, es decir, en tiempo de ejecución, de las bifurcaciones: más acertada y costosa que la estática
- **Efectividad** esquema de predicción dinámica depende de
  - Porcentaje de aciertos en las predicciones
  - Tiempo medio adicional consumido por el esquema de predicción dinámica
- Se precisa más efectividad cuanto mayor sea la frecuencia de las instrucciones de bifurcación
- **Imprescindible** en procesadores que emiten más de una instrucción por ciclo (=> más bifurcaciones por ciclo)
  - Un elevado porcentaje de fallos en la predicción de bifurcaciones limitaría el rendimiento de esos procesadores

TABLA DE PREDICCIÓN DE BIFURCACIONES

- *Branch prediction buffer* o *branch history table* (**BHT**)
- Tabla indexada por la parte menos significativa del PC
- Campo de predicción
  - Versión más simple: 1 bit indica si la última vez se saltó o no
    - ✓ Se predice lo mismo que ocurrió la última vez

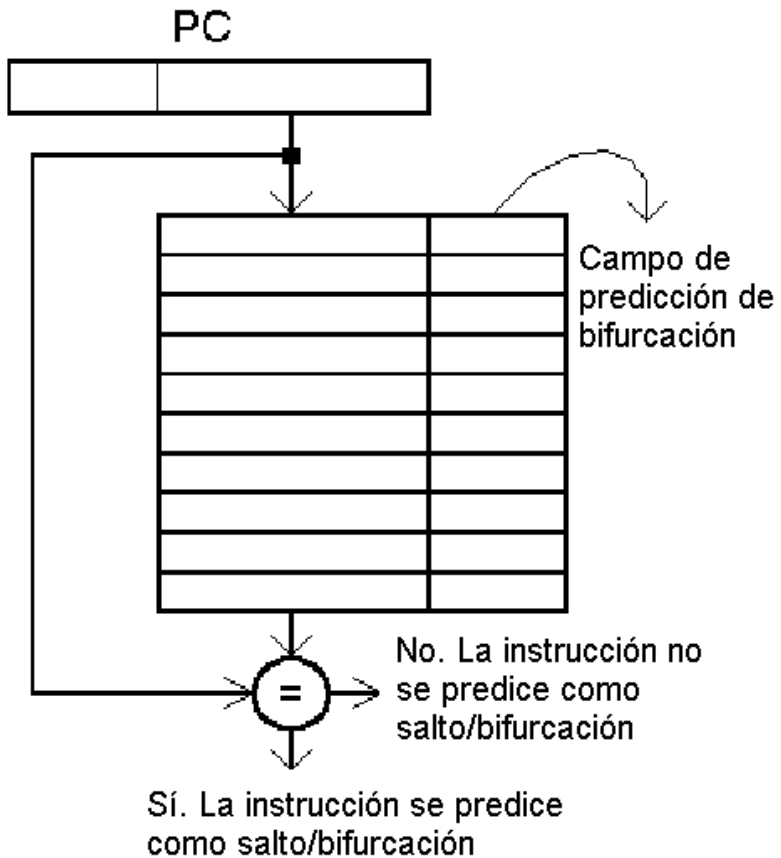
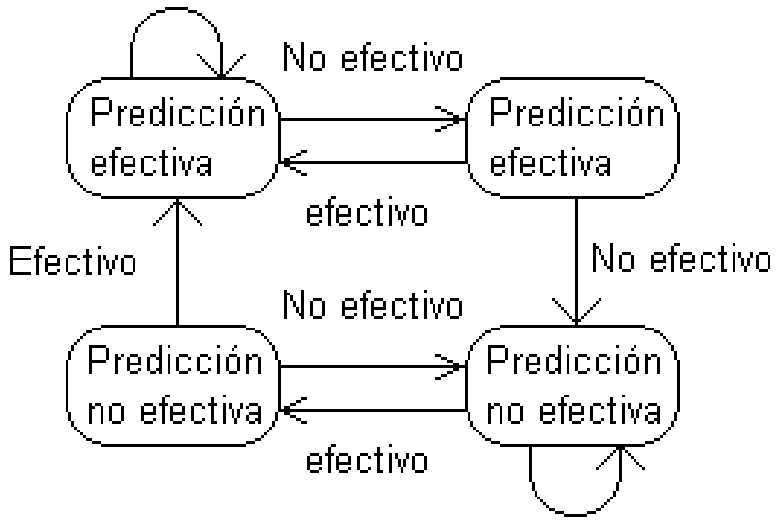


TABLA DE PREDICCIÓN DE BIFURCACIONES (cont.)

- Ejemplo de predicción con dos bits
  - ✓ Primer bit: predicción actual. Segundo bit: lo que ocurrió la última vez =>
    - La predicción se cambia al fallar dos veces seguidas
  - ✓ Más acierto que la predicción con un bit



Predicción del salto con dos bits de estado

TABLA DE PREDICCIÓN DE BIFURCACIONES (cont.)

- La BHT es accedida en la etapa de búsqueda
  - Si se predice salto efectivo, el PC se actualiza en cuanto se conozca la dirección de salto
    - ✓Cuanto antes se conozca menor penalización en los saltos efectivos acertados
  - Más adelante, una vez evaluada la condición de salto, puede ser necesario **actualizar la BHT**
- Claramente, la BHT sólo tiene sentido en cauces en que se conoce la **dirección de salto antes** de evaluar la condición de salto

MEJORAS DEL ESQUEMA DE PREDICCIÓN

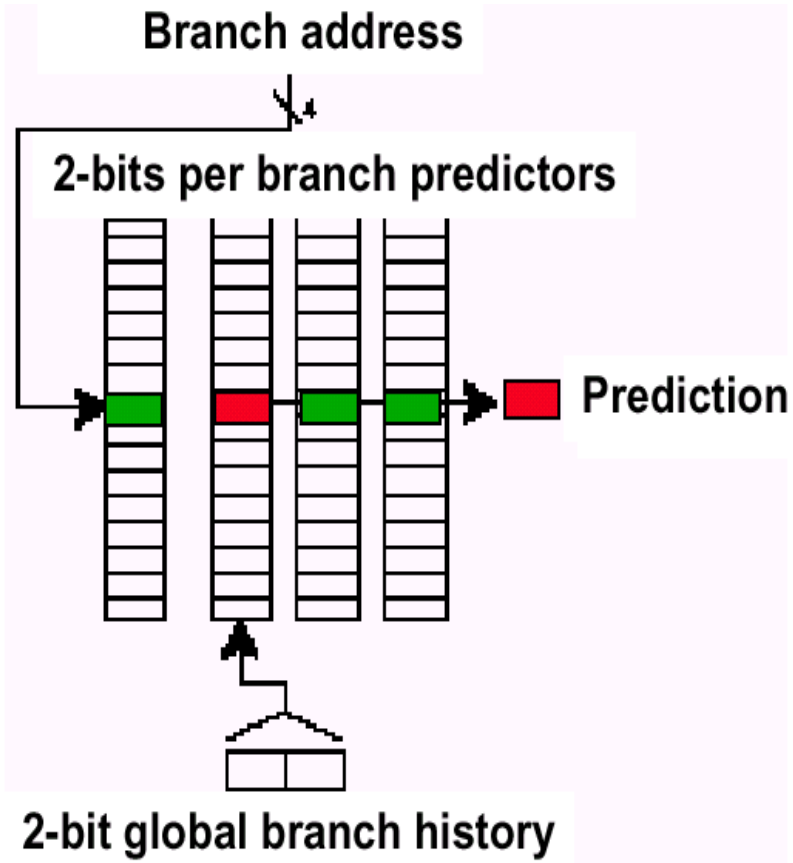
- *Correlating predictor* o *two-level predictor*
- El comportamiento de una bifurcación está relacionado con el de las bifurcaciones ejecutadas poco antes
- Idea: considerar dos niveles de historia para hacer la predicción:
  - Global: comportamiento de las k últimas bifurcaciones ejecutadas
  - Local: comportamiento de la bifurcación teniendo en cuenta como se ha comportado las últimas veces que ocurrió un determinado comportamiento de las k últimas bifurcaciones

MEJORAS DEL ESQUEMA DE PREDICCIÓN (cont.)

- Implementación (*k-m predictor*):
  - *Branch History Register* (BHR): registro de desplazamiento de k bits para la historia global
  - Hay **2^k tablas** de predicción de salto, con **entradas de m bits** (para la historia local)
  - El BHR determina la tabla a la que hay que acceder
  - También puede entenderse que hay una sola tabla que se direcciona concatenando los bits menos significativos del PC con los del BHR

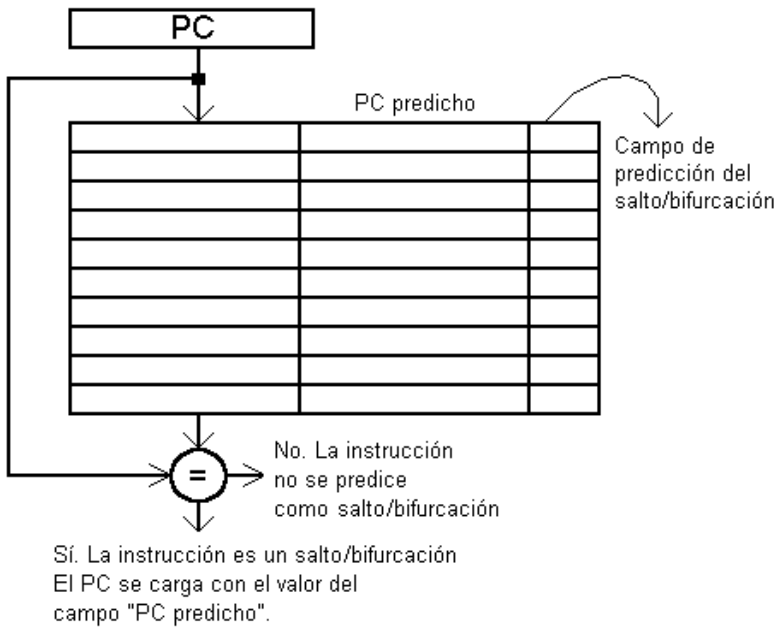
MEJORAS DEL ESQUEMA DE PREDICCIÓN (cont.)

- En transparencia 2, si el campo de predicción es de m bits tendríamos un *0-m predictor*
- En la fig. de la dcha. Se tiene un *2-2 predictor*
- Se ha comprobado que un *2-2 predictor* con tablas de 1K entradas consigue más aciertos que un 0-*2 predictor* con tablas de 4k entradas (igual tamaño total) e incluso mayores



BUFFER DE DESTINOS DE LA BIFURCACIONES

- *Branch-target buffer* (BTB) o *branch-target cache*
- El BTB es accedido en la etapa FETCH usando la **dirección completa** del PC
- **Si** la **predicción** es **acertada**, la **penalización** de la bifurcación es **nula**



BUFFER DE DESTINOS DE LA BIFURCACIONES (cont.)

- Bifurcación resuelta → Verificar si la bifurcación fue correcta =>
  - A menudo será preciso actualizar el BTB => **Detención en** la fase **FETCH**
- Campo de predicción de la bifurcación: opciones
  - Dos bits
    - ✓Inconveniente: Puede ser preciso actualizar el BTB incluso aunque la predicción hubiese sido correcta

BUFFER DE DESTINOS DE LA BIFURCACIONES (cont.)

- Un solo bit
  - ✓Sólo se cambia la predicción cuando no ha sido acertada => En los aciertos la penalización por la predicción dinámica es nula
- Suprimirlo y sólo colocar en el BTB las bifurcaciones que se predicen como efectivas
  - ✓ Modificar el BTB sólo cuando se predice bifurcación efectiva y no lo es o cuando no se predice y lo es

PREDICCIÓN DE SALTOS INDIRECTOS

- La dirección de destino varía en tiempo de ejecución. Caso típico: retorno de subrutinas
- Un simple BTB no predecirá bien estos saltos
- Varios procesadores de alto rendimiento usan una pila de direcciones de retorno de subrutinas
  - Al saltar a la subrutina se coloca la dirección de retorno en esa pila
  - Al retornar, se recoge la dirección de la pila
- Una alternativa, de menor coste, es usar una BTB normal en la que se elimina cualquier entrada que produzca varias predicciones consecutivas fallidas (sin determinar la causa)