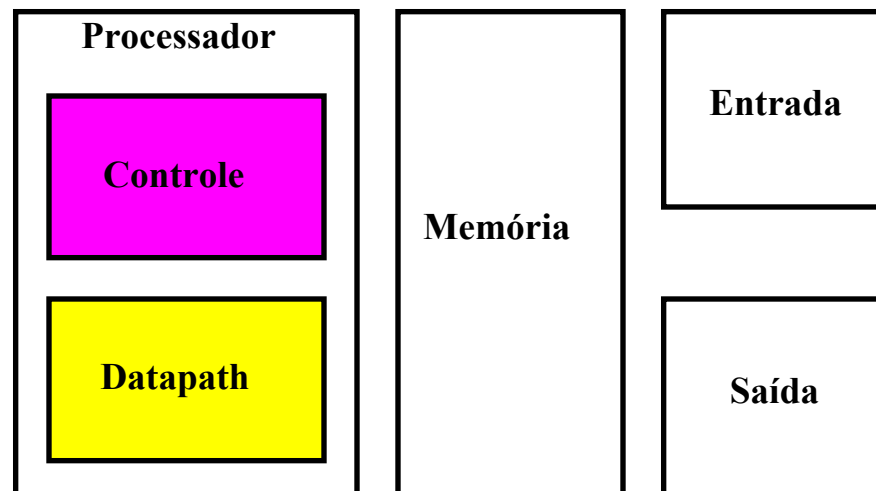


Previsão dinâmica de desvios



Previsão de desvios: ideia-base

- **Previsão:**
 - Uma hipótese (que se espera ser correta)
 - Antecipa busca de instruções na direção prevista
- **Objetivo:**
 - Não-degradação do desempenho
 - » Quando previsão correta
- **Garantia de correção:**
 - Código executado corretamente
 - » Quando previsão incorreta

Previsão de desvios: mecanismo

- **Resultado do teste**
 - **Previsão correta:**
 - » Instrução certa foi buscada, evitando a parada
 - **Previsão incorreta:**
 - » Instrução errada foi buscada: nova busca
 - » Penalidade
- **Impacto no desempenho**
 - **Depende da precisão**
 - » Frequência de previsões corretas
 - **Depende da penalidade de má previsão**
 - » Ciclos perdidos nas instruções mal previstas

Mecanismo sob hipótese incorreta

- **Garantia de correção do código executado**
 - Sequência de instruções buscadas é anulada
 - » *Flushing*
 - Sequência apropriada de instruções é buscada
 - » *(Re)Fetching*
- **Melhoria de futuras previsões**
 - Como?

Previsão de desvios: abordagens

- **Previsão estática**

- Assume-se direção preferencial para o desvio
 - » Por exemplo: desvio não-tomado (NT)
- Direção fixa
 - » “Hardwired” no projeto do controlador

- **Previsão dinâmica**

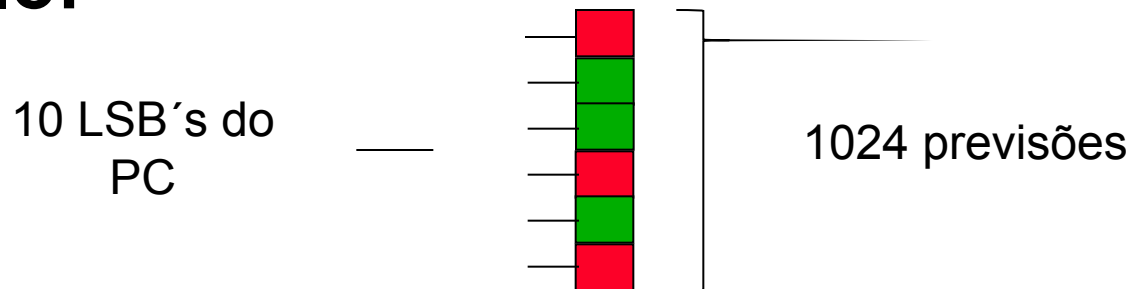
- Captura comportamento dinâmico dos desvios
 - » Em tempo de execução → HW
- Direção da previsão é alterável
 - » De acordo com a **história recente** dos desvios

Mecanismo sob hipótese incorreta

- **Garantia de correção do código executado**
 - Sequência de instruções buscadas é anulada
 - » *Flushing*
 - Sequência apropriada de instruções é buscada
 - » *(Re)Fetching*
- **Melhoria de futuras previsões**
 - Hipótese de previsão é invertida

Tabela de Histórico de Desvios

- “Branch History Table” (BHT)
 - LSB’s do PC endereçam BHT
 - Cada elemento da tabela contém 1 bit
 - » Desvio foi tomado (**T**) ou não (**NT**) na última vez
 - Se previsão incorreta
 - » Inverte bit e re-armazena
- Exemplo:



BHT: exemplo de limitação

- **Laço**

```
Loop:  ...  
      ...  
      ...  
      bne $s1, $s2, Loop
```

- **Suposição:**

- **Laço executa 10 iterações**

- » **Desvio tomado 9 vezes seguidas**

- » **Não tomado ao final da décima iteração**

BHT: exemplo de limitação

- **Previsões incorretas**
 - Última iteração
 - » Fim do laço
 - Primeira iteração
 - » Na próxima execução do código do laço
 - Frequência do desvio: 90%
 - Precisão: 80%
- **Taxa de previsões incorretas em laços**
 - 2 vezes (em média por execução)
 - Mesmo que desvio quase sempre tomado

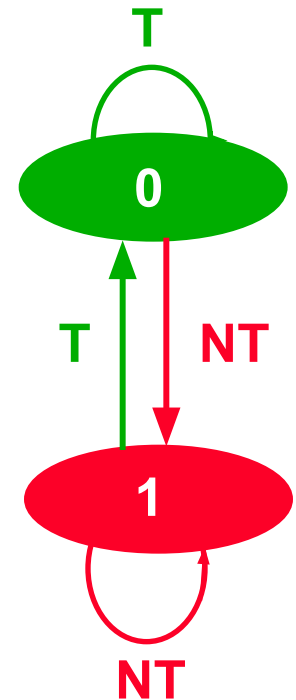
BHT: relaxando a limitação

- Inversão da hipótese de previsão

- Dois cenários de previsão
- 1 bit por entrada da BHT

Predict
Taken

Predict Not
Taken

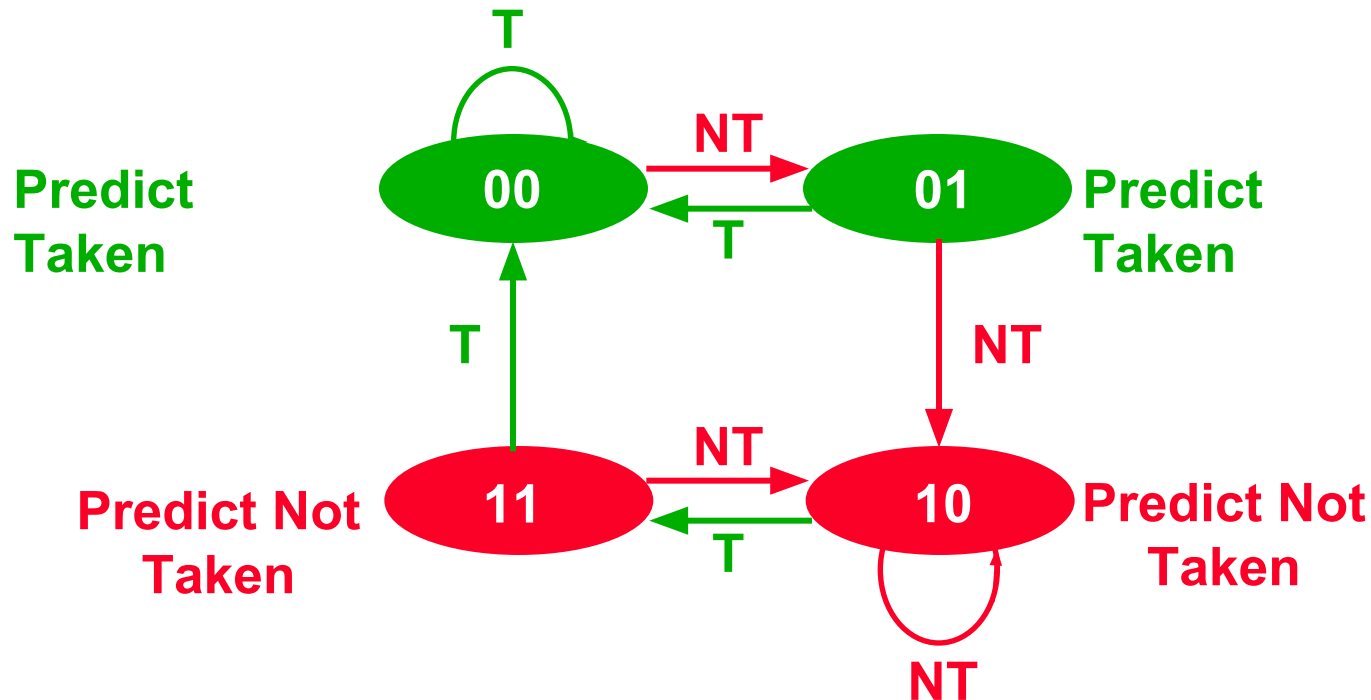


- Aumento para 4 cenários de previsão

- Altere direção só depois de 2 previsões incorretas
- 2 bits por entrada da BHT

BHT com 2 bits

- Altere direção só depois de 2 previsões incorretas



BHT: implementação

- **Alternativa 1: BHT em cache dedicada**
 - Indexada pelos LSBs do endereço do desvio
 - Acesso no estágio IF
- **Alternativa 2: BHT embutido na I-cache**
 - Par de bits extras nela armazenados

BHT: causas de previsão incorreta

- **Direção errada para um dado desvio**
- **Obteve-se a história do desvio errado**
 - **Quando se indexou a tabela**
 - **Pois índice contém só os LSBs do endereço**

BHT em pipelines curtos

- **Pequeno impacto**
 - BHT é eficiente quando:
 - » Endereço-alvo pré-calculado e ...
 - » Resultado do teste é **antecipado** pelo BHT
 - Mas eventos são (quase) simultâneos
 - » Endereço-alvo (ID é o estágio o mais cedo possível);
 - » Teste (ID ou EX)
 - Exemplos: beqz ou ble
- **Previsão estática suficiente para 5 estágios**
 - Previsão de desvio não-tomado
 - “ Flushing” do pipeline se previsão incorreta

BHT em pipelines longos

- **Crucial**
 - **Distância entre estágios envolvidos aumenta**
 - **Penalidade de má previsão aumenta**
 - » **Mais instruções foram buscadas indevidamente**
 - » **Até o teste se resolver**
 - **Várias instruções anuladas**
 - » **Degradação do CPI**

Conclusão e perspectivas

- **Previsores dinâmicos**
 - Reduzem degradação do CPI
 - » Devida a “hazards” de controle
 - Prevêm o resultado do teste
 - » BHT
 - » **Previsores correlatados** (estudados em INE 5436)
- **Previsores de endereço-alvo**
 - **Branch target buffers** (estudados em INE 5436)
 - Armazenam o endereço-alvo dos últimos desvios previstos
 - » Para evitar seu cálculo e antecipar a busca