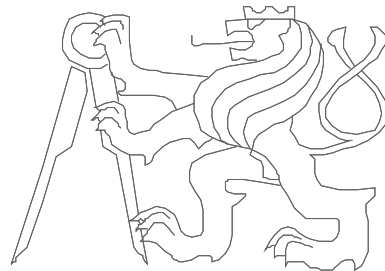


# Pokročilé architektury počítačů

06

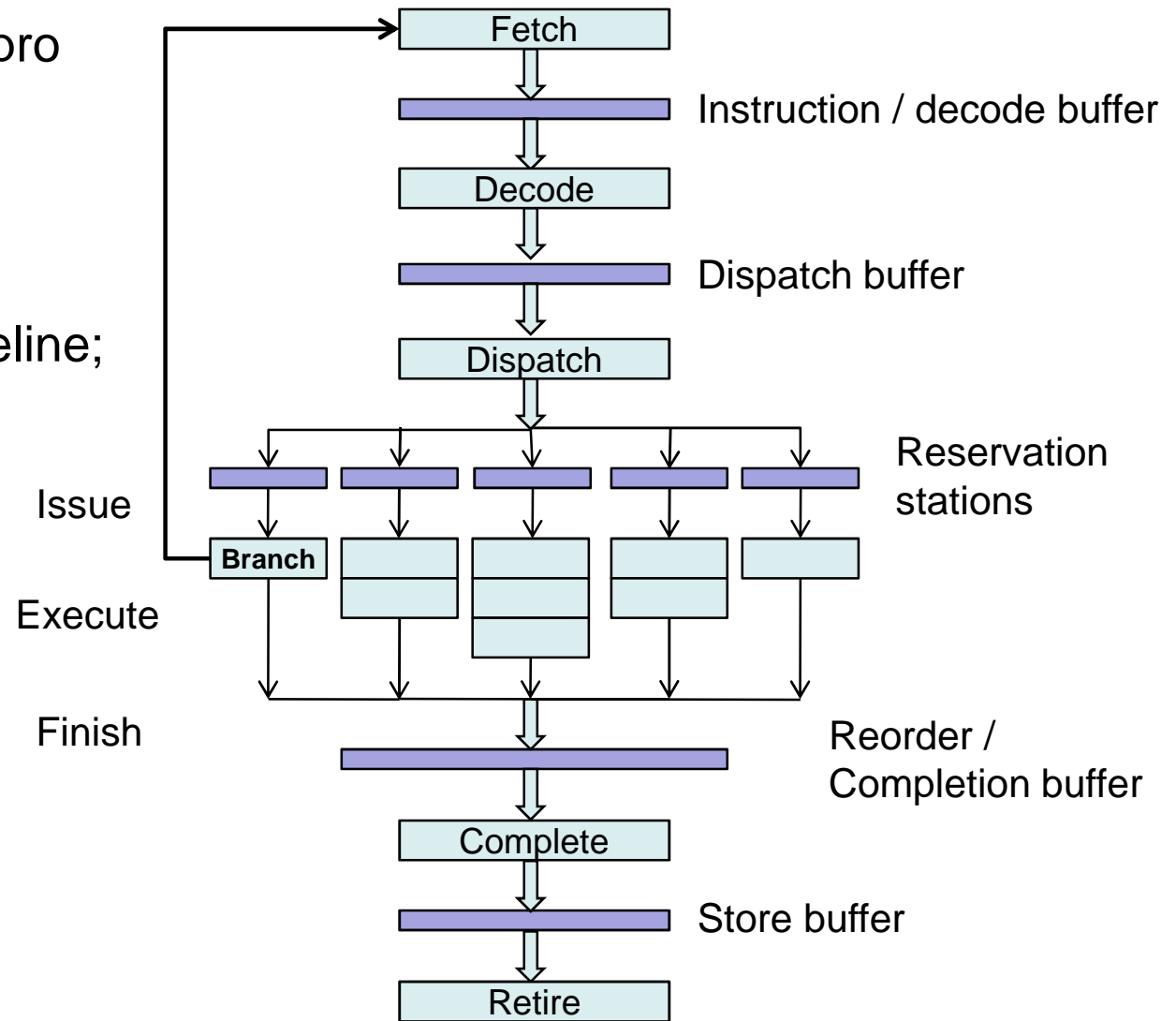
Predikce větvení



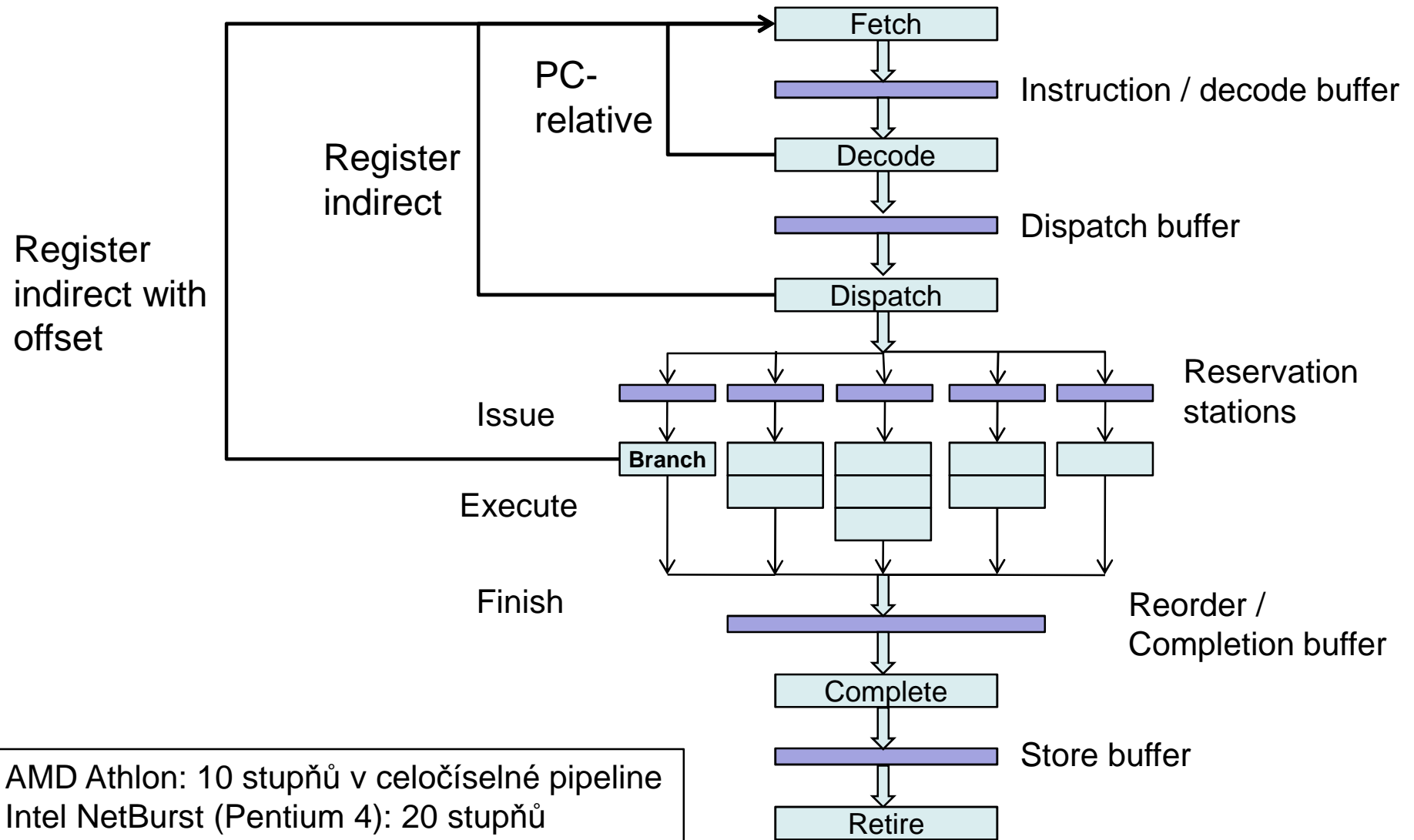
České vysoké učení technické, Fakulta elektrotechnická

# Predikce větvení - motivace

- Penalizace 3 cykly pro vybrání následující instrukce;
- Počet prázdných instrukčních slotů násoben šířkou pipeline;
- Amdahlův zákon..



# Predikce větvení - motivace



AMD Athlon: 10 stupňů v celočíselné pipeline  
 Intel NetBurst (Pentium 4): 20 stupňů

## Predikce větvení

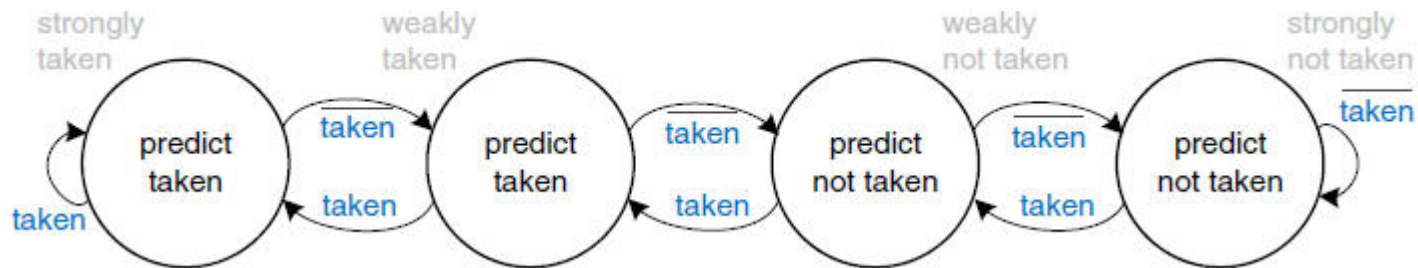
- Dvě fundamentální složky:
  - branch target speculation (kde),
  - branch condition speculation (zda vůbec).
- Predikce cíle větvení:
  - BTB (Branch Target Buffer) – asociativní cache obsahující dvě položky: BIA (Branch Instruction Address) a BTA (Branch Target Adress) – přistupuje se do ní současně při výběru instrukce hodnotou PC
  - pokud se BIA shoduje s PC, je vybrána BTA a v případě, že se skok predikuje mění PC

## Predikce větvení

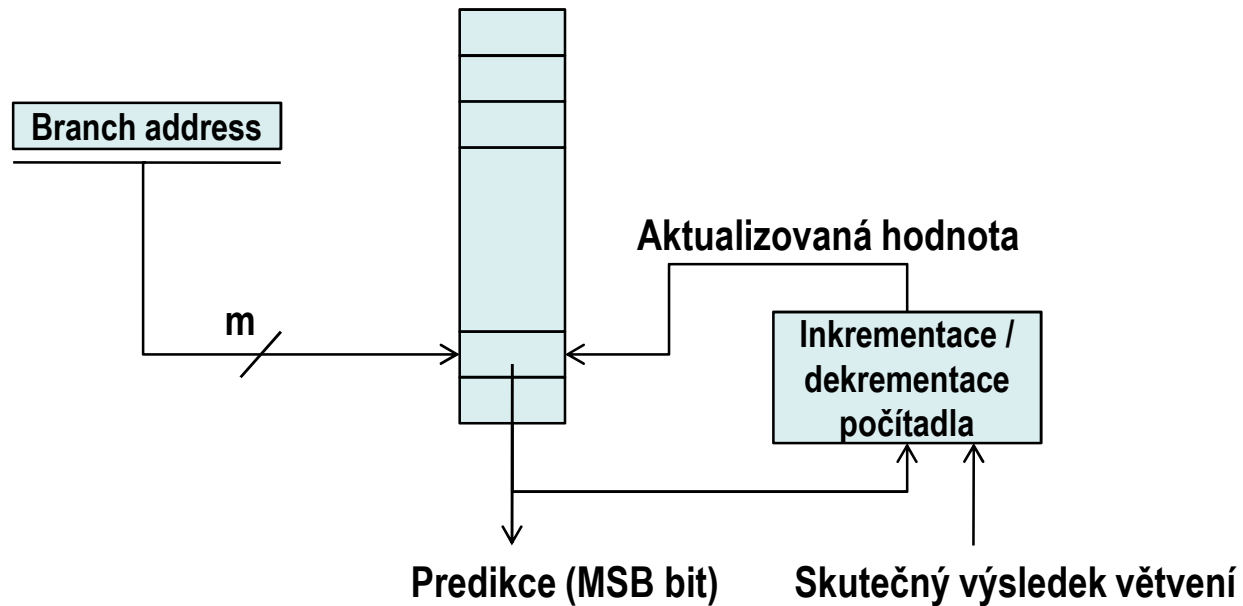
- Predikce splnění podmínky větvení:
  - statická predikce (70%-80%)
    - BTFNT (Backwards Taken / Forwards Not-Taken) – cyklus for, while, do-while,.. - relativně k PC, branch delay slot...
    - Heuristiky analyzující program (NULL pointer, porovnávání na shodu čísla, vnořené funkce...) – výsledky se předávají jako tipy (branch hints) kódované v skokových instrukcích (podpora ISA)
    - Profilace – vykonávání programu s různými vstupy - statistiky
  - dynamická predikce (80%-95%)
  - hybridní (predikuje se dynamicky, pokud však není informace o predikci dostupná, použije se statická predikce..)

# Predikce splnění podmínky větvení

- Smithův algoritmus

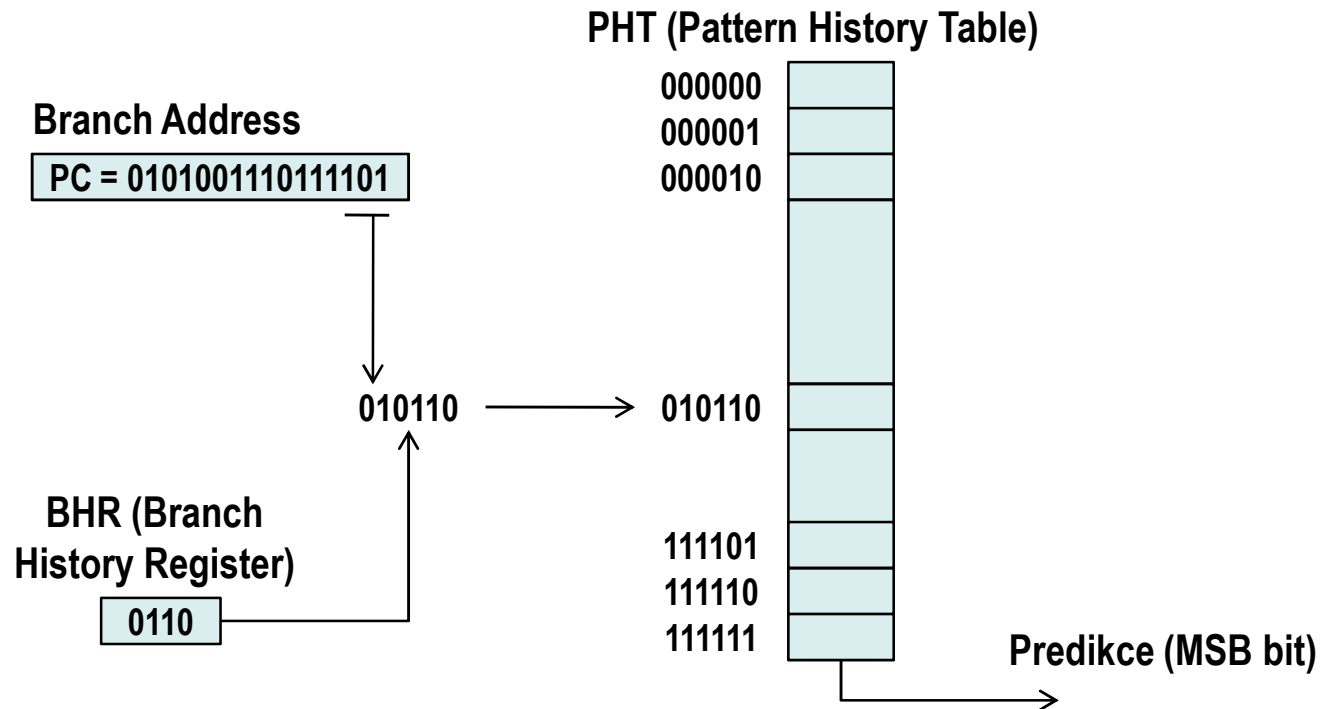


$2^m$  k-bitových počítadel



## Predikce splnění podmínky větvení

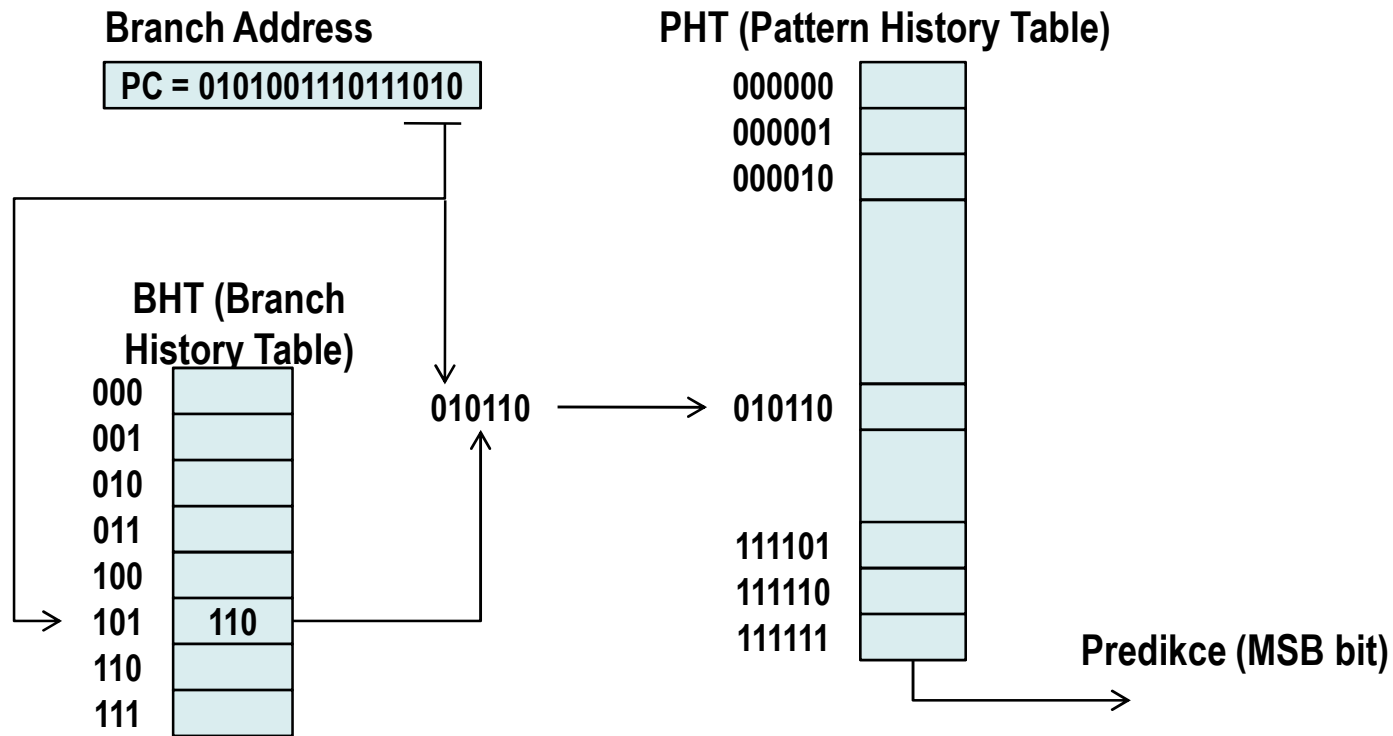
- Dvou-úrovňový prediktor s globální historií větvení a 4-bitovým registrem historie



Kolik bitů použijeme pro BHR a kolik pro BA?

## Predikce splnění podmínky větvení

- Dvou-úrovňový prediktor s lokální historií větvení a 3-bitovou tabulkou historie

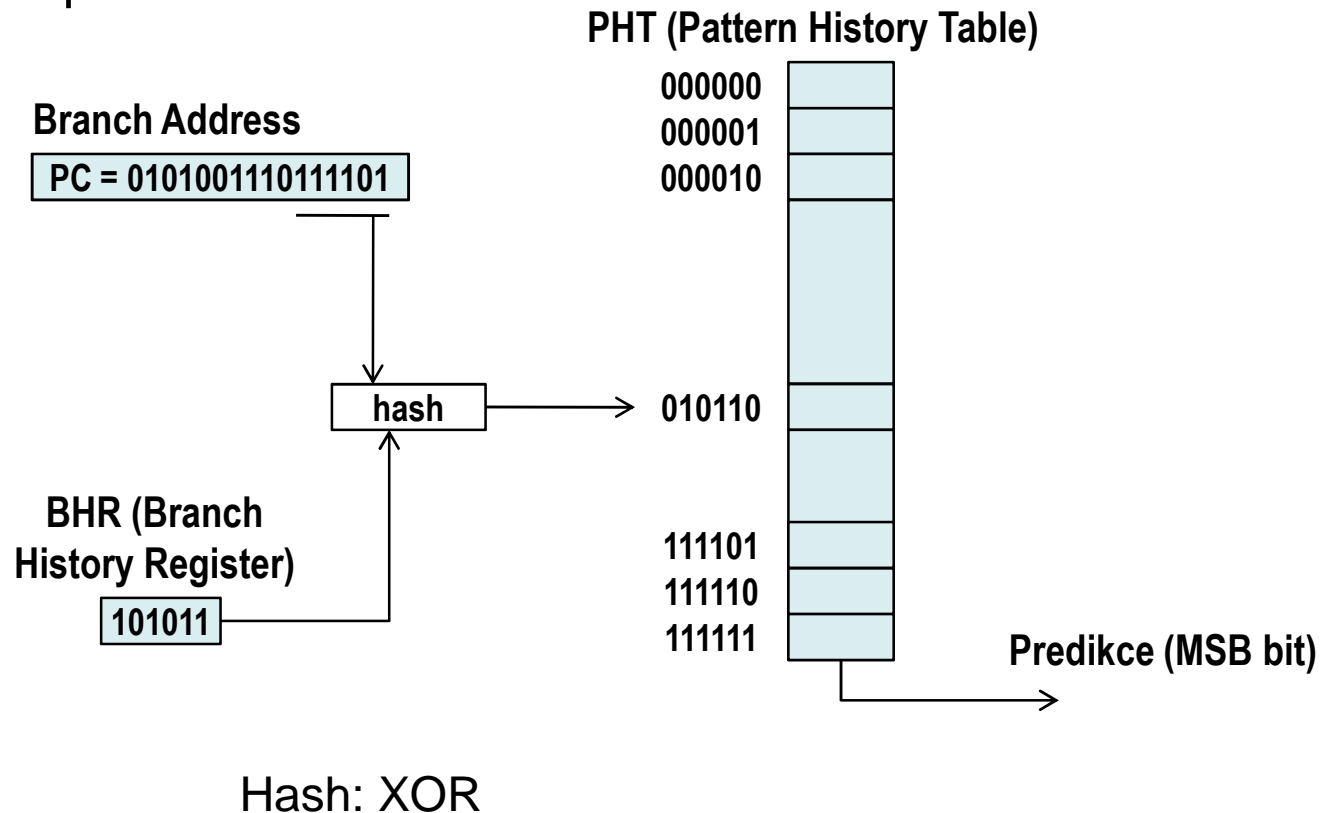


Intel P6 používá 4 bity pro BHR



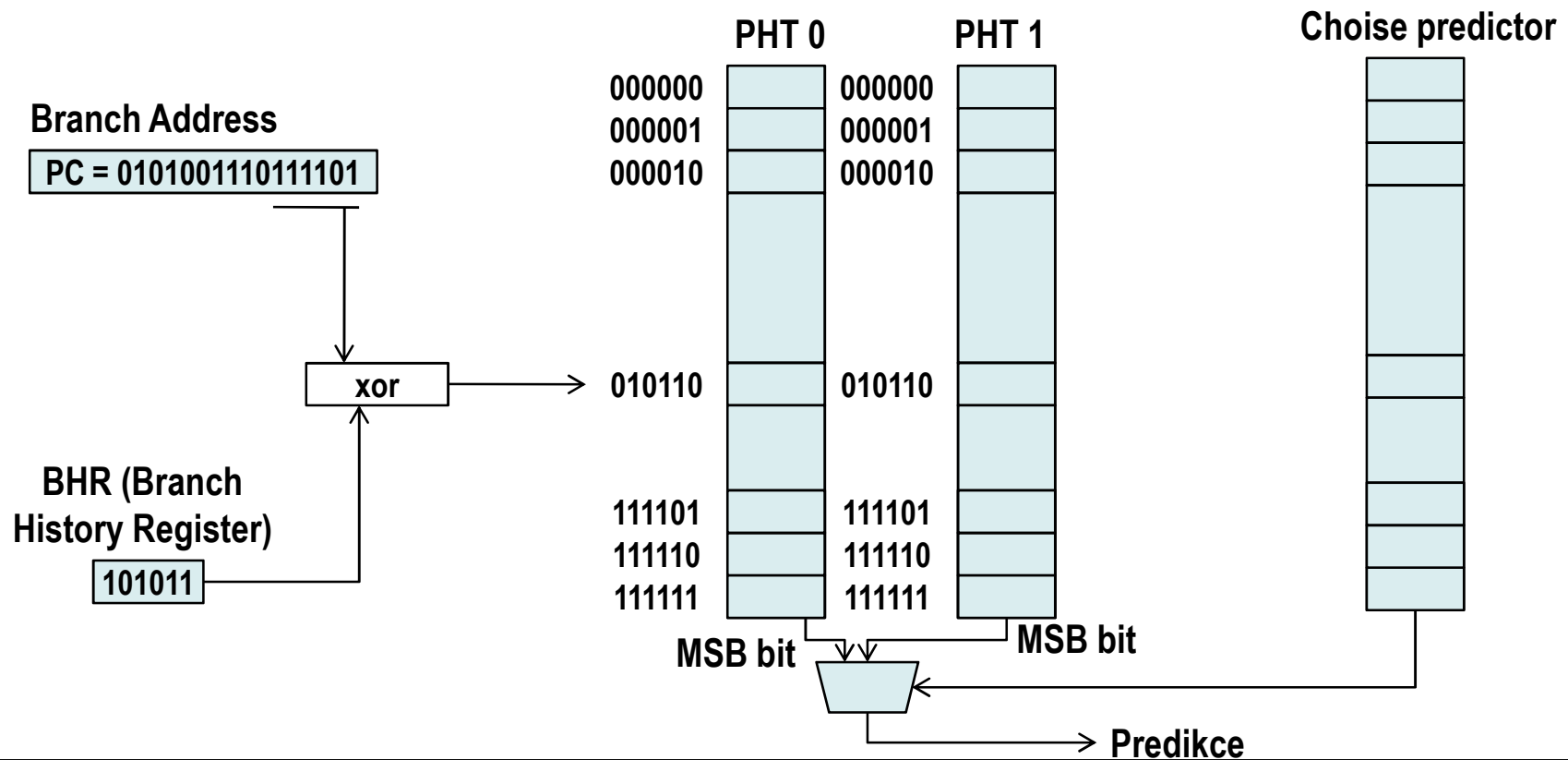
## Predikce splnění podmínky větvení

- Index-sharing prediktory... (hashují BHR a PC) – lepší využití bitů (větší historie..)
- gshare predictor:



# Predikce splnění podmínky větvení

- Index-sharing prediktory... (hashují BHR a PC) – lepší využití bitů (větší historie..)
- dvou-módový prediktor (bi-Mode) – dvě oddělené PHT – stejný hash:



## Predikce splnění podmínky větvení

- Sofistikovanější prediktory berou v potaz negativní a neutrální interferenci (bi-Mode prediktor a další...)

Některé další dynamické prediktory:

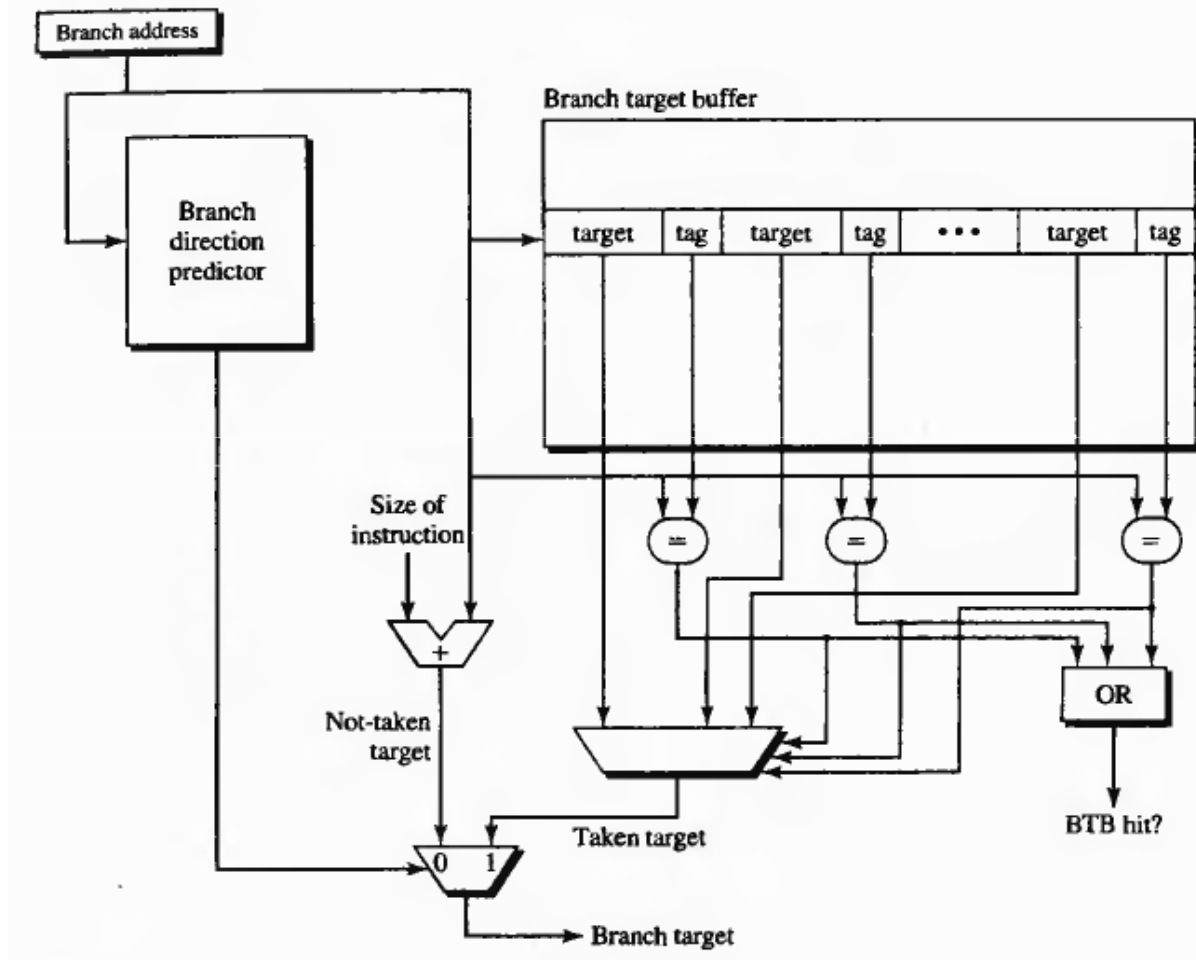
- gskewed prediktor (různé hašovací funkce pro přístup k alespoň třem PHT – garance nekonfliktního přístupu k alespoň dvěma PHT)
- agree prediktor
- YAGS prediktor
- Loop counting prediktory (dlouhý vzor) – ale vždy v kombimaci..
- Perceptronové prediktory (větší historie, odhalí korelované skoky)
- Data flow prediktory – explicitně sledují meziregistrové závislosti

Hybridní:

- Tournament prediktor – dva prediktory P0 a P1 a metaprediktor M (Smithův).

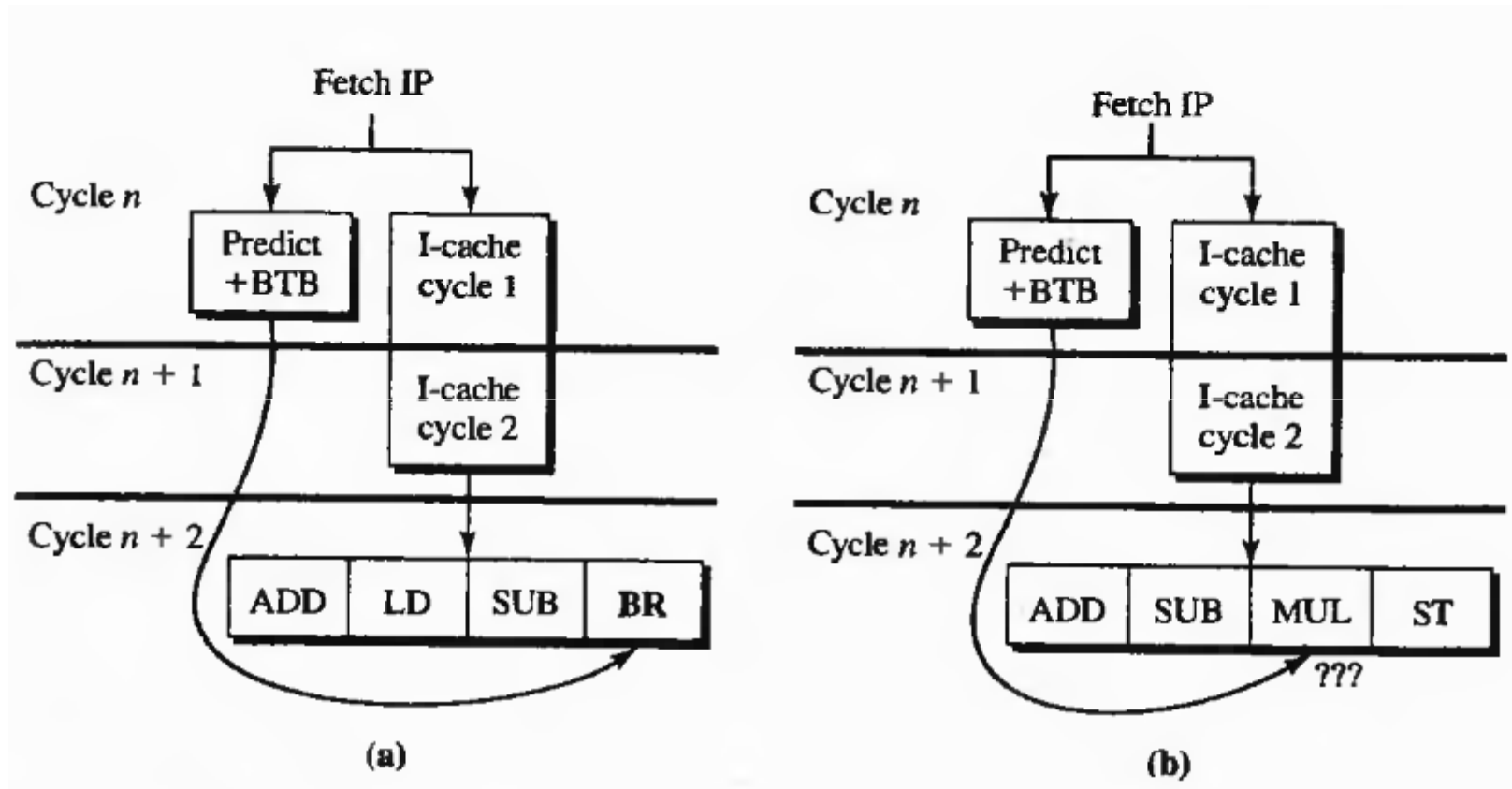
# Predikce cíle větvení

- **Cíl skoku:** PC-relativní nebo nepřímý (adresa je určena za běhu)



The Branch Target Buffer, a Generic Branch Predictor, and the Target Selection Logic.

# Phantom branch / bogous branch



Literatura: Shen, J.P., Lipasti, M.H.: Modern Processor Design : Fundamentals of Superscalar Processors, First Edition, New York, McGraw-Hill Inc., 2005