

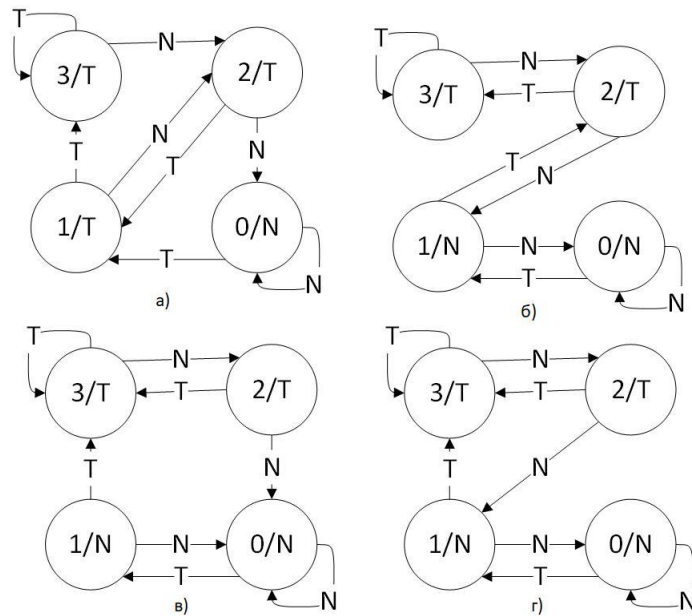
Предвиђање скока



Садржај

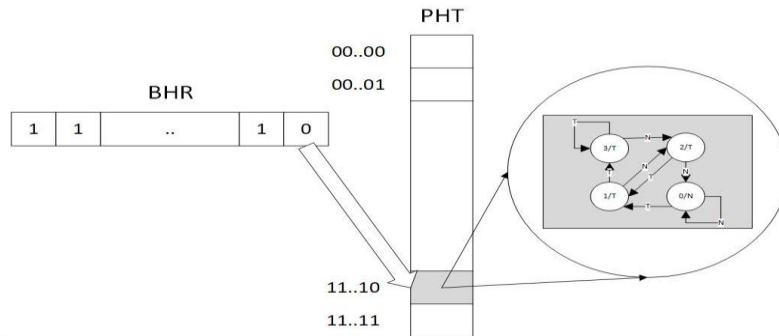
- Дво-нивовски предиктор
- Корелисани предиктор
- gshare предиктор
- tournament предиктор
- Bimodal предиктор
- TAGE предиктор
- YAGS предиктор
- gskew предиктор
- LVQ предиктор
- Perceptrons предиктор
- LTP предиктор
- BMP предиктор

Шема за предвиђање 2 бита



Дво-нивовски предиктор

- *Branch History Register* (BHR) померачки регистар у коме се памти историју раније извршених скокова. Представља први ниво предиктора.
- *History Pattern Table* (PHT) регистарски фајл у коме се памти аутомат стања на основу кога се одређује предикција. Представља други ниво предиктора.



Дво-нивовски предиктор

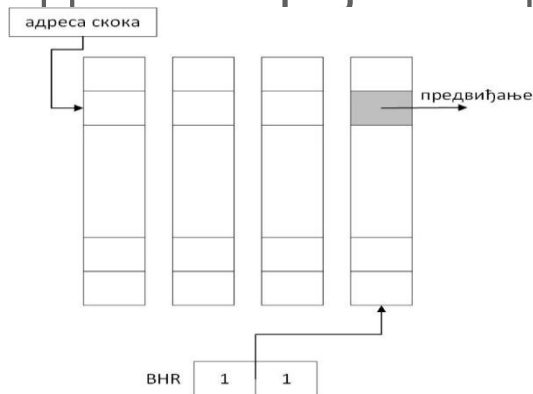
- Поред глобалног BHR овај систем може имати и више BHR. Постоје две варијанте са више BHR.
 - Код прве варијанте један BHR памти историју само једног скока (*per address*)
 - Код друге варијанте један BHR памти историју скокова који припадају истој групи (*per set*). Припадност групи се одређује на основу неких битова из адресе инструкције скока.

Дво-нивовски предиктор

- Поред глобалне РНТ овај систем може имати и више РНТ. Постоје две варијанте са више РНТ.
 - Код прве варијанте једна РНТ чува предвиђање (аутомат стања) само једног скока (*per address*),
 - Код друге варијанте једна РНТ памти историју скокова који припадају истој групи (*per set*).

Корелисани предиктори

- Претпоставка је да на исход неког скока утичу и исходи инструкција скокова које су се извршиле пре посматраног скока. Систем користи један глобални померачки регистар који памти историју свих скокова, BHR. На основу садржаја тог регистра одабира се једна од табела која представља један део историје исхода скокова.



Корелисани предиктори

- Систем се означава као (M, N) корелациони предиктор. M представља ширину у битовима глобалног регистра историје, док N представља број бита који се користе за означавање стања аутомата. Величина параметра M може бити произвољна и на основу ње се одређује број табела које постоје у систему као 2^M . Величина параметра N је најчешће два.

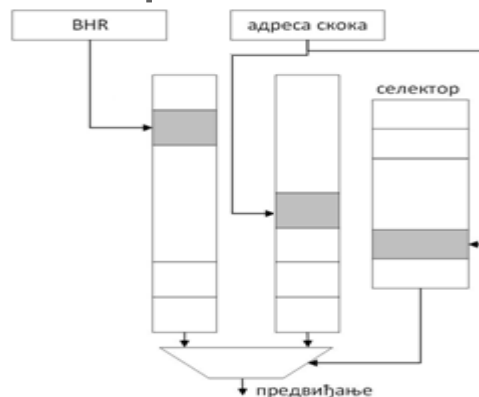
gshare предиктор

- Овај предиктор на основу BHR и адресе скока одређује групу која представља улаз у табели предвиђања у којој се памте аутомати стања на основу кога се одређује предикција.



tournament предиктор

- Овај предиктор се састоји из три дела. Први део користи глобално предвиђање (BHR), други део користи локално предвиђање (на основу адресе скока), а трећи део представља селектор.

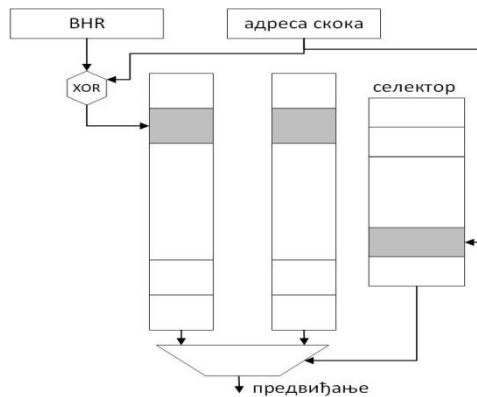


tournament предиктор

- Када се утврди коначан исход скока врши се ажурирање само оне табеле чије је предвиђање селектор одабрао као коначно. Селектор се ажурира након сваке инструкције скока.

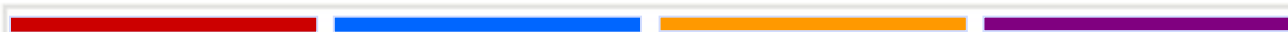
Bimodal предиктор

- Овај предиктор се састоји из три дела. Први део даје предвиђање ако услов често није задовољен, други део даје предвиђање ако је услов често задовољен, а трећи део представља селектор.



Bimodal предиктор

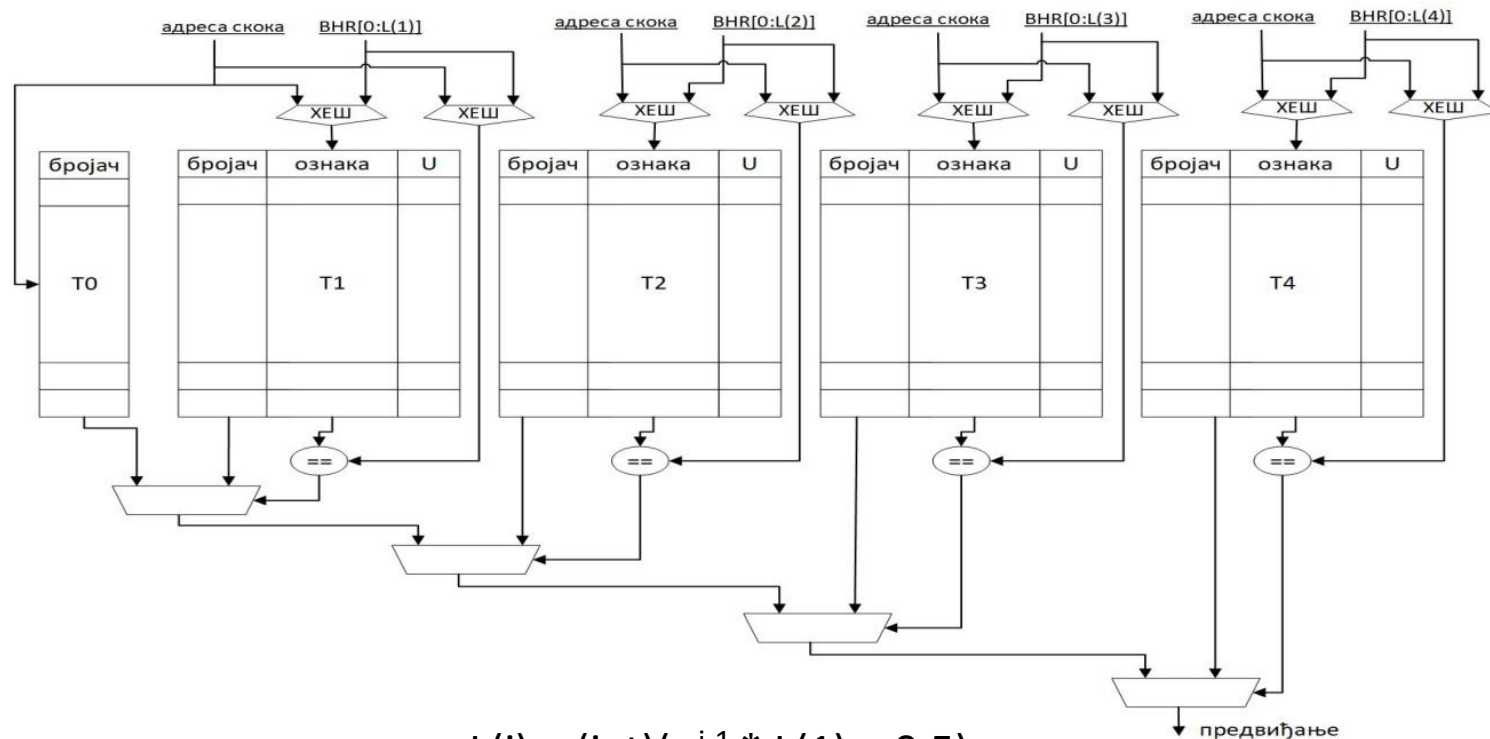
- Када се утврди коначан исход скока врши се ажурирање само оне табеле чије је предвиђање селектор одабрао као коначно. Селектор се ажурира након сваке инструкције скока.



TAGE предиктор

- Систем за предвиђање скокова који предвиђање рачуна на основу понашања скокова који су се скорије извршили, али и на основу скокова који су се давније извршили. Идеја TAGE (*T*Agged *GE*ometric *history length*) предиктора је да користи различити број битова из глобалног регистра приликом рачунања предвиђања. Овај предиктор има неколико табела чији улази садрже бројаче на основу којих се одређује предвиђање.

TAGE предиктор



$$L(i) = (\text{int})(\alpha^{i-1} * L(1) + 0.5)$$

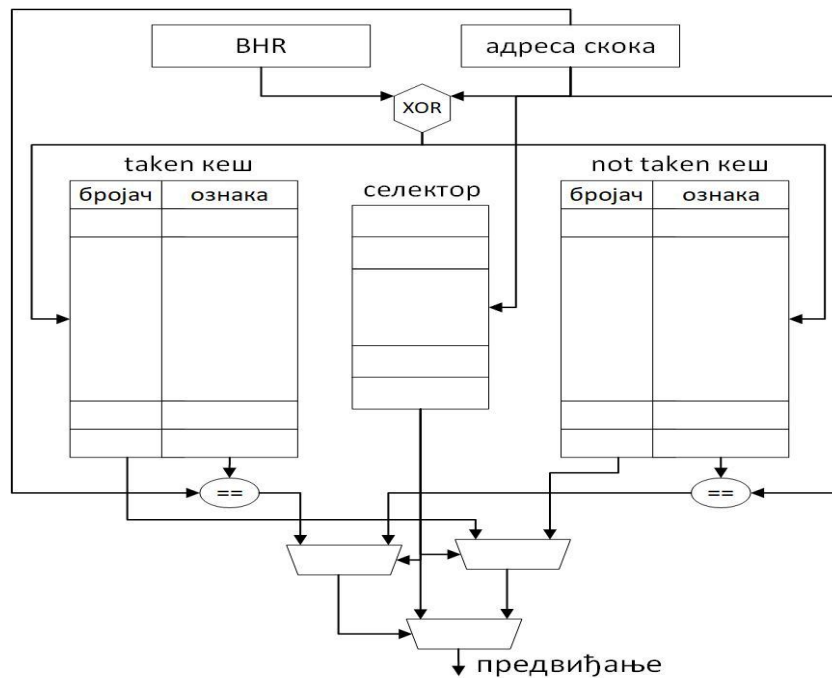
TAGE предиктор

- Приликом рачунања предвиђања табеле се претражују на основу израчунатих хеш функција. Уколико нека од табела садржи улаз са ознаком која има вредност једнаку израчунатој вредности хеш функције (погодак приликом претраге) онда се користи бројач из тог улаза и на основу њега одређује предвиђање. Уколико у више табела има погодака онда се предвиђање одређује на основу оне табела за чије је рачунање ознаке коришћено највише битова из глобалног регистра историје.

YAGS предиктор

- YAGS (*Yet Another Global Scheme*) представља комбинацију два предиктора *gshare* предиктора и *bimodal* предиктора. Идеја је да два *gshare* предиктора служе за две групе скокова, слично као код *bimodal* предиктора. Један *gshare* предиктор се назива *taken* кеш, а други *not taken* кеш. Ова два предиктора понашају се попут кеш меморије и сваки њихов улаз има и поље ознака (*tag*). Улога *bimodal* предиктора је улога селектора на основу тога да ли је често услов за скок био задовољен или не (да ли често долази до скока или не).

YAGS предиктор



YAGS предиктор

- Одабир коначног предвиђања започиње тако што се прво приступи *bimodal* предиктору и очита његово предвиђање. Ако је његово предвиђање да до скока долази тада се приступа *not taken* кешу како би се проверило да ли тај скок није имао скорије исход који се разликује од предвиђања које је очитано из *bimodal* предиктора. Ако постоји погодак унутар *not taken* кеша коначно предвиђање даје *not taken* кеш, а уколико нема поготка коначно превиђање је оно које је очитано из *bimodal* предиктора. Поступак је аналоган ако је очитано предвиђање *bimodal* предиктора да до скока не долази, само што се тада приступа *taken* кешу.

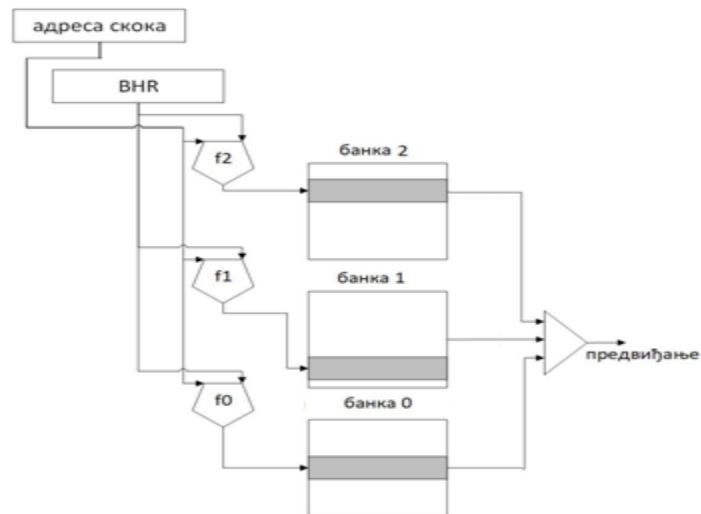
YAGS предиктор

- Приликом ажурирања овог система селектор се ажурира на исти начин као *bimodal*. *Not taken* кеш се ажурира ако је као коначно предвиђање коришћено предвиђање које је он дао. Још се *not taken* кеш ажурира ако је селектор предвидео да до скока долази, а коначан исход скока је био супротан. *Taken* кеш се ажурира на сличан начин.

gskew предиктор

- *gskew* предиктор се састоји од три банке (табеле). Три банке су табеле чији улази садрже аутомате стања на основу којих ове табеле дају предвиђање. *gskew* предиктор коначно предвиђање даје простим гласањем између банки (нпр. ако су две банке дале предвиђање да до скока долази, а једна да не долази, као коначно предвиђање се узима да ће до скока доћи).
- За приступ банкама као индекси улаза се користе резултати различитих функција које као параметре користе адресу скока и вредност глобалног регистра историје.

gskew предиктор

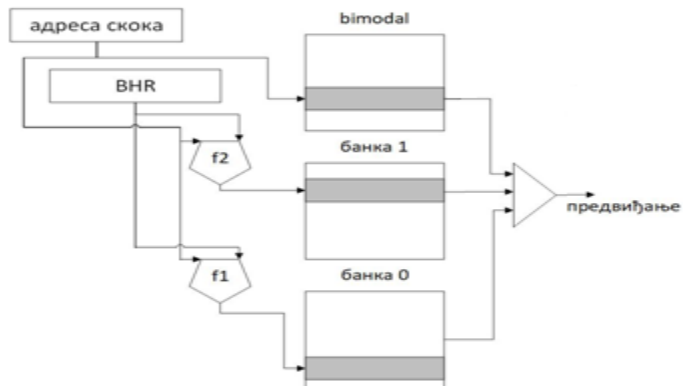


- Ажурирају све банке чије је предвиђање једнако коначном предвиђању.

e-gskew предиктор

- *e-gskew* предиктор се састоји од три банке (табеле). Једну банку представља *bimodal* предиктор, док друге две банке су табеле чији улази садрже аутомате стања на основу којих ове табеле дају предвиђање. *E-gskew* предиктор коначно предвиђање даје простим гласањем између банки.

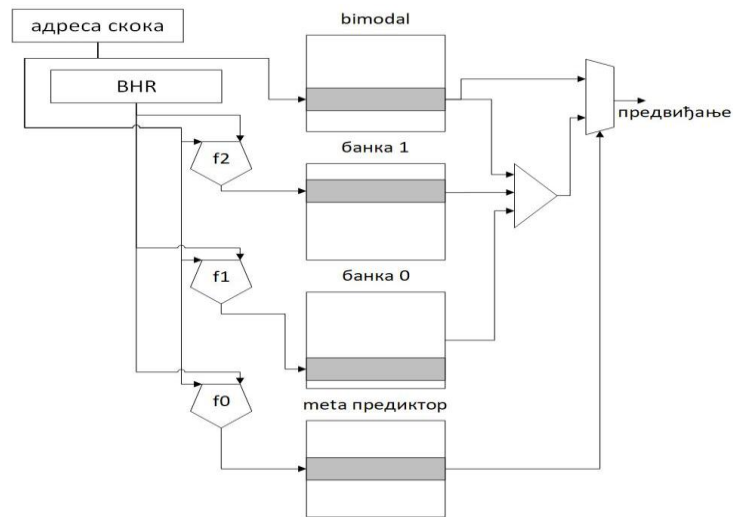
e-gskew предиктор



- Ажурирају све банке чије је предвиђање једнако коначном предвиђању.

2bc-gskew предиктор

- Овај систем за предвиђање скокова представља хибридни предиктор који се састоји *e-gskew* предиктора и *meta* предиктора.



2bc-gskew предиктор

- Ажурирање овог система се обавља на такав начин да се ажурира само банка која је дала коначно предвиђање. Уколико је *meta* предиктор одабрао предвиђање које је дао *bimodal* предиктор, тада се ажурира само *bimodal* предиктор. Уколико је *meta* предиктор одабрао предвиђање које је дао *e-gskew* предиктор, тада се ажурирају све банке чије је предвиђање једнако коначном предвиђању. *Meta* предиктор се ажурира када су предвиђања *bimodal* предиктора и *e-gskew* предиктора различита.

LVQ предиктор

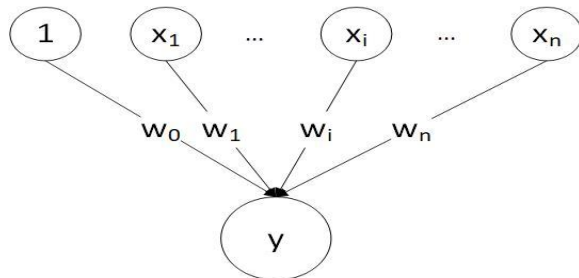
- LVQ (*Learning Vector Quantisation*) представља предиктор који користи неуралну мрежу. Користи два вектора, где један одговара скоковима чији је услов за скок испуњен V_t , док други одговара скоковима чији услов за скок није испуњен V_{nt} . Приликом рачунања предвиђања формира се вектор X чији су чланови најнижи битови из адресе скока и битови из глобалног регистра историје. Након тога се рачунају модификована Хамингових растојања (*Hamming distance*).
 - $HD_t = \sum (X_i - V_{t_i})^2$
 - $HD_{nt} = \sum (X_i - V_{nt_i})^2$
 - Мања дистанца одређује предвиђање.

LVQ предиктор

- Ажурирање овог система се обавља тако што се ажурира само онај V вектор чија је Хамингова дистанца била мања, тј. онај вектор на основу кога је одређено предвиђање. Ажурирање вектора се обавља по формули.
- $V(t+1) = V(t) \# a(t)[X(t) - V(t)]$
- где је $a(t)$ константа која представља фактор учења и има вредност мању од 0,1. Уместо знака $\#$ примењује се или операција сабирања или операција одузимања у зависности од тога да ли је предвиђање исправно или погрешно, респективно.

Perceptrons предиктор

- Овај систем за предвиђање скокова је заснован на коришћењу неуралне мреже са перцептронима (*perceptrons*). Ова мрежа се користи због лаке имплементације у хардверу. Перцептрон се може представити вектором чији су елементи тежине (*weights*) $w_{0..n}$ које служе да на основу улазног вектора x одреде излазну вредност перцептрона y .



Perceptrons предиктор

- Ажурирање перцептрона се обавља када буде познат коначан исход скока ако је један од два услова задовољен. Први услов је да се предвиђање разликује од коначног исхода скока, а други услов је да је апсолутна вредност у мања од границе која означава да ли је неурална мрежа довољно научила. Ажурирају се сви елементи вектора w према формули
- $w_i = w_i + t * x_i, i=0..n$
- Са t је означен исход скока и има вредност један или минус један у зависности да ли је услов скока био задовољен или не.

LTP (Loop Termination Predictor)

- LTP (*Loop Termination Predictor*) је систем за предвиђање завршетка програмских петљи. Идеја је да се повећа прецизност главног предиктора тако што би LTP предиктор давао предвиђање о томе када се завршава петља (тренутак када се искаче из петље).



LTP (Loop Termination Predictor)

- Предиктор се састоји из једне табеле. Два поља су бројачи који броје колико се пута скок десио (колико је пута услов био задовољен), један се назива спекулативни (*speculative iter*), а други неспекулативни (*non-speculative iter*). Затим поље које чува број који представља колико је пута услов за скок био задовољен од последњег пута када није био задовољен (*trip counter*). Једно поље које чува информацију о томе да ли се два пута за редом исти број пута (*trip counter* садржи тај број) поновио скок (*confidence bit*). Пошто се у табели чувају информације о више различитих скокова, постоји поље које представља ознаку (*tag*) тих инструкција скока на основу којих се табела претражује.

BMP предиктор

- Систем за предвиђање скокова BMP (*Branch Misprediction Predictor*) представља помоћни предиктор. Идеја је да овај предиктор врши предвиђање оних скокова који умањују перформансе процесора, тј. оних скокова за које главни предиктор често даје погрешна предвиђања. Овај предиктор прати историју погрешних предвиђања и на основу ње предвиђа који ће бити следећи скок чије ће предвиђање главни предиктор да одреди погрешно.

ВМР предиктор

- Користи бројаче који воде евиденцију о томе колико се инструкција скока извршило између два погрешна предвиђања главног предиктора.

Питања?

Електротехнички Факултет
Универзитет у Београду

