

- 1.) Aşağıdaki kod iki tane büyük dizi, a ve b, üzerinde çalışıyor. Kodda 5 tane dallanma bulunmaktadır(D1, D2, D3, D4, D5). Dallanmaların atlaması demek, süslü ayraç içindeki kodun çalıştırılması anlamına gelir. Kodun tamamen hatasız çalıştığı varsayılmıştır.

```
for(int i = 0; i < 1000; i++){ /* D1 */
    /* D1 atlarsa çalıştırılacak kısım */
    if( i % 2 == 0){ /* D2 */
        a[i] = b[i] * i; /* D2 atlarsa çalıştırılacak kısım */
    }
    if( i < 250 ){ /* D3 */
        a[i] = b[i] - i; /* D3 atlarsa çalıştırılacak kısım */
    }
    if( i < 500 ){ /* D4 */
        a[i] = b[i] + i; /* D4 atlarsa çalıştırılacak kısım */
    }
    if( i >= 500 ){ /* D5 */
        a[i] = b[i] / i; /* D5 atlarsa çalıştırılacak kısım */
    }
}
```

Dallanma öngörücüleri hariç her şeyi aynı olan 3 farklı makine verilmiştir.

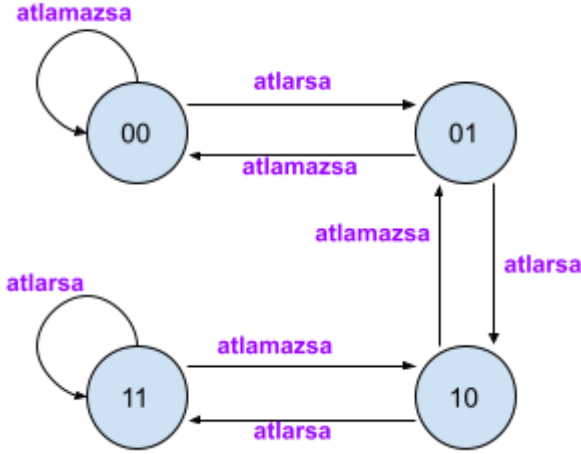
- S makinesi **durağan atlar** tahmini yapmaktadır.
- Z makinesi iki bitlik, **bütün dallanmalar tarafından paylaşılan genel(global) dinamik** öngörücü kullanmaktadır. Başlangıç durumu: zayıf atlar(2'b10).
- C makinesi ise iki bitlik **her bir dallanma için** ayrı tutulan **yerel(local) dinamik** öngörücüler kullanmaktadır. Başlangıç durumu: zayıf atlamaz(2'b01).

Öngörücülerin durum makinesi aşağıdaki şekilde verilmiştir. Durumlar için değerler:

- 2'b00 - Kuvvetli atlamaz (strongly not taken)
- 2'b01 - zayıf atlamaz (weakly not taken)
- 2'b10 - zayıf atlar (weakly taken)
- 2'b11 - kuvvetli atlar (strongly taken)

Buna göre:

- A. S makinesi için yukarıdaki kodun yanlış tahmin oranı(misprediction rate) kaçtır?
- B. Z makinesi için yukarıdaki kodun yanlış tahmin oranı kaçtır?
- C. C makinesi için yukarıdaki kodun yanlış tahmin oranı kaçtır?



### Çözüm:

a.) S makinesi durağan atlar. (doğru tahmin → yanlış tahmin)

D1 için, bütün tahminler doğrudur. (1000/1000 → 0/1000)

D2 için, tahminlerin yarısı doğrudur. (500/1000 → 500/1000)

D3 için, tahminlerin 250'si doğrudur. (250/1000 → 750/1000)

D4 için, tahminlerin yarısı doğrudur. (500/1000 → 500/1000)

D5 için, tahminlerin yarısı doğrudur. (500/1000 → 500/1000)

toplam yanlış tahmin →  $2250 / 5000 = 0.45$

b.) Z makinesi genel dinamik öngörücü, “zayıf atlar” ile başlıyor.

**ilk 250 döngüde(0-249):** D1, D3, D4 için doğru tahminler yapılır. D2'nin yarısı ve D5'in tamamı yanlış tahmin edilir.  $0 + 0 + 0 + 125 + 250 = \underline{375 / 1250}$

**ikinci 250 döngüde(250-499):**

- 251. döngüye başlarken öngörücü “zayıf atlar” durumundadır. Bu döngüde 2 yanlış tahmin yapar(D3 ve D5).
- 252.döngüye yine “10” durumunda başlar. Bu döngüde ise 4 yanlış yapar(D2, D3, D4, D5).
- 253. döngüye bu sefer “01” durumunda başlar. Bu döngüde 3 yanlış yapar(D2, D3, D5).
- 254. döngüye “10” durumunda başlar. Buradan sonra yapılan tahmin ve atlamalar tekrar eder.(252. ve 254. döngü aynıdır)

250-499 döngüleri yazarsak:

i=250: 2 yanlış tahmin

i=251: 4 “ “

i=252: 3 “ “

i=253: 4 “ “

i=254: 3 “ “

.

.

i=498: 3 “ “

i=499: 4 “ “

yanlış tahmin oranı →  $(7*125) - 1 / 1250 = 874 / 1250$

**Son 500 döngüde(500-999):**

501.döngüye(i=500) “zayıf atlar”(10) durumunda başlanır. Bu döngüde 3 yanlış yapılır(D3, D4, D5).

502.döngüye(i=501) yine “10” durumunda başlanır. Bu döngüde de 3 yanlış yapılır(D2, D3, D5).

503.döngüde(i=502) bu sefer “01” durumunda başlanır. Bu döngüde 4 yanlış yapılır(D1, D3, D4, D5).

504.döngüde(i=503) “10” durumunda başlanır. Buradan sonra tahminler ve atlamalar tekrar eder.

500-999 döngüleri yazarsak:

i=500: 3 yanlış tahmin

i=501: 3 “ ”

i=502: 4 “ ”

i=503: 3 “ ”

i=504: 4 “ ”

.

.

i=998: 4 “ ”

i=999: 3 “ ”

yanlış tahmin oranı  $\rightarrow (7 \cdot 250) - 1 / 2500 = 1749 / 2500$

$$\text{TOPLAM} = \frac{375 + 874 + 1749}{5000} = 2998 / 5000 = \underline{\underline{0.5996}}$$

c.) C makinesi yerel dinamik öngörücü, “zayıf atlamaz” ile başlar.

D1 için; sadece ilk tahmin yanlış olur  $\rightarrow 1/1000$

D2 için; tüm tahminler yanlış olur  $\rightarrow 1000/1000$  (öngörücü “10” ile “01” arasında gider gelir)

D3 için; i = {0, 250, 251} değerlerinde yanlış tahmin yapar.  $\rightarrow 3/1000$

D4 için; i = {0, 500, 501} değerlerinde yanlış tahmin yapar.  $\rightarrow 3/1000$

D5 için; i = {500, 501} değerlerinde yanlış tahmin yapar.  $\rightarrow 2/1000$

toplam yanlış  $\rightarrow 1009 / 5000 = \underline{\underline{0.2018}}$

- 1.) Bir buyruk kümesi mimarisi(BKM) 8-bitlik, bayt adreslemeli bir sanal adres uzayını desteklemektedir. Bu BKM'yi kullanan bir işlemci 128 bayt büyüklüğünde bir fiziksel bellek ile çalışmaktadır. Her sayfa 16 bayt büyüklüğündedir. Tek seviyeli sayfa dönüşümü yapısı kullanılmaktadır ve sayfa tablosu fiziksel bellekte bulunmaktadır. Fiziksel belleğin sayfa büyüklüklerindeki bölgelere ayrıldığını varsayarsak, belleğin başlangıçtaki görüntüsü aşağıdaki gibidir.

Bölge Numarası	Bölge İçeriği
0	boş
1	sayfa 12
2	sayfa 4
3	sayfa 1
4	boş
5	sayfa 15
6	boş
7	sayfa tablosu

Least Recently Used (LRU) politikası kullanan 3 satırlık tam ilişkili bir etkin sayfalar ön belleği (ESÖ, translation lookaside buffer - TLB) sisteme eklenmiştir. Başlangıç durumunda ESÖ satırlarında 15, 1, ve 12 bulunmaktadır. Aşağıdaki sırada sayfa erişimleri yapılması istenildiğine göre:

Sayfa erişimleri: 15 12 4 1 13 13 12 5 5 12 14 13 14 12 3 2

- ESÖ'de isabet (hit) edecek sayfaları çember içine, sayfa hatası (page fault) verecek olanları da kare içine alın. Sayfaların ESÖ'de bulunma oranı kaç olur?
- Bu erişimler sonrasında ESÖ'de hangi 3 sayfa bulunur?
- Erişimler sonucu fiziksel belleğin bölgelerinde hangi sayfalar bulunur?

Not: Fiziksel bellek de veri değişimleri için LRU politikasını kullanmaktadır.

**Çözüm:**

Sayfa erişimleri: 15 12 4 1 13 13 12 5 5 12 14 13 14 12 3 2

ESÖ	ESÖ
15	3
1	12
12	2

**sayfaların ESÖ'de bulunma oranı = 7/16**

fiziksel bellek

0		0	13
1	12	1	12
2	4	2	2
3	1	3	1
4		4	5
5	15	5	3
6		6	14
7	sayfa tb.	7	sayfa tb.