



**Yıldız Teknik Üniversitesi,  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,  
2021-2022 Öğretim Yılı Bahar yy.,  
BLM2022 Bilgisayar Donanımı,  
Ödev – 2**

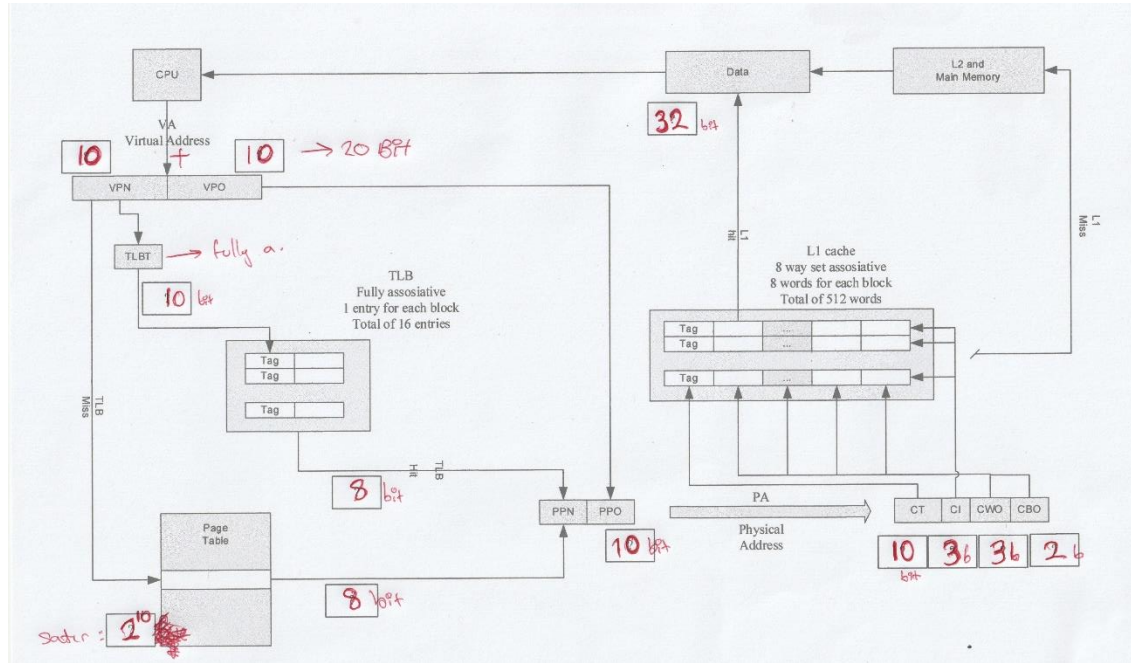
**İlan Tarihi: 31/05/2022 17:00  
Teslim Tarihi: 13/06/2022 16:40**

**Buse Nur PEKMEZCİ  
20011001  
Grup - 2**

**Konu: Cache ve Virtual Memory yapısı**

### Soru 1)

Şekil ile verilen virtual memory, TLB, page table, cache yapısı için Page size 1KB, Veri yolu genişliği 32 bit, Virtual address genişliği 20 bit, Physical address genişliği 18 bit olarak veriliyor. Buna göre sistem adres dönüşümünde oluşan adres parçalarının kaç bit uzunlukta olduğunu ve page table satır sayısını şekil üzerinde soru işaretli alanlara yazınız. (Hesaplamalarınızı gösterin)



$$\text{Page size} = 1\text{KB} = 2^{10}\text{B}$$

$$\text{Page offset} = \log_2 2^{10} = 10\text{ bit}$$

$$\text{Virtual Page Num} = 20 - 10 = 10\text{ bit}$$

$$\text{Physical offset} = 18 - 10 = 8\text{ bit}$$

TLB Fully associative olduğu için VPN tamamen TAG'a eşit.

$$\text{TLB Tag} \rightarrow 10\text{ bit}$$

PPN 8 bit olduğu için page table ve TLB'den çıkan datalar da 8 bit.

$$\text{Veri yolu genişliği } 32\text{ bit} \Rightarrow \text{data} = 32\text{ bit}$$

Page Table boyutu : (Satır sayı)

$$2^{\text{VPN}} = 2^{10} \text{ satır sayısı}$$

L1 cache

8 way set associative

8 words for each block

Tot. of 512 words

her set 8 word ise 1 satırda  $8 \times 8 = 64$

64 word var.

Index number bit sayısı için:

$$\frac{\text{toplam}}{\text{top. satır}} = \frac{512}{64} = 8 \xrightarrow{\text{satır sayı}} \log_2 8 = 3 \text{ bit}$$

$$CI = 3 \text{ bit}$$

Word offset<sup>32</sup> hesabı:

1 block = 8 word

$$CWO = \log_2 8 = 3 \text{ bit}$$

Byte offset hesap:

$$\text{Data genişliği} = 32 \text{ bit} = 32/8 = 4 \text{ Byte}$$

1 word = 4 Byte

$$CBO = \log_2 4 = 2 \text{ bit}$$

CT hesap:

$$PA = 18 \text{ bit}$$

$$CT = PA - CI - CWO - CBO$$

$$CT = 18 - 3 - 3 - 2 = 10 \text{ bit}$$

## Soru 2)

### Hazırlık:

CPU modelinizi <https://www.computerhope.com/issues/ch000046.htm> adresinde verilen şekilde belirleyiniz. Cevabınıza CPU modeline dair ekran çıktısını da ekleyiniz.

<https://www.cpu-world.com/> adresinden CPU modelinizi arayarak, CPU'nun farklı seviyelerdeki veri ve komut önbellek (data and instruction cache) boyutlarını ve haritalama tiplerini not ediniz. Cevabınıza cache boyutlarına ve haritalama tiplerine dair ekran çıktısını da ekleyiniz.

Ekte verilen 1.c, 2.c ve 3.c dosyalarında matris çarpımına ilişkin farklı sıradaki döngü değişkenlerinin kullanımı ile oluşan hafıza ve komut adreslemeden doğan cache erişim durumlarını inceleyiniz.

CPU'nun özelliklerini inceleyerek bulduğunuz cache boyut ve haritalama tiplerini dikkate alarak, boş bir cache ile başlandığı durumda, yürütülen kodlar için hem veri hem de komut açısından **L1 seviye** cache hit ve miss oranlarını hesaplayınız. Elde ettiğiniz sonuçları valgrind çıktıları ile karşılaştırınız.

İşlemleri kod içindeki **dimension** sabiti 64 ve 256 değerlerindeyken tekrarlayınız.

Kodları çalıştırarak gerçekleşen matris çarpım işlem sürelerini not ediniz. Oluşan süreler ile cache hit miss oranlarını karşılaştırarak değerlendiriniz.

## Sistem > Sistem bilgisi



### Cihaz özellikleri

Kopyala



|               |  |
|---------------|--|
| Cihaz adı     | DESKTOP-4JQC2FO                                    |
| İşlemci       | Intel(R) Core(TM) i7-9750HF CPU @ 2.60GHz 2.59 GHz |
| Takılı RAM    | 16,0 GB  |
| Cihaz Kimliği | 02E8D0B1-E88C-491C-94EA-1D7DC16F8FA9               |
| Ürün Kimliği  | 00328-00800-19723-AA885                            |
| Sistem türü   | 64 bit işletim sistemi, x64 tabanlı işlemci        |

### Cache details

| Cache:         | L1 data               | L1 instruction        | L2                          | L3                                 |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Size:          | 6 x 32 KB             | 6 x 32 KB             | 6 x 256 KB                  | 12 MB                              |
| Associativity: | 8-way set associative | 8-way set associative | 4-way set associative       | 16-way set associative             |
| Line size:     | 64 bytes              | 64 bytes              | 64 bytes                    | 64 bytes                           |
| Comments:      | Direct-mapped         | Direct-mapped         | Non-inclusive Direct-mapped | Inclusive Shared between all cores |



dimension = 256

Not: Kod ve data refs toplamı her kod için yaklaşık sabit

Kod  $\approx$  746 MB

Data  $\approx$  292 MB

1.c

kod miss  $\approx$  1192 B

$$\text{miss ratio} = \frac{1192 \text{ B}}{746 \cdot 2^{20} \text{ B}} \times 100 = \% 0,00$$

$$\text{hit} \ll = 100 - 0 = \% 100$$

data miss  $\approx$  16 MB

$$\text{miss ratio} = \frac{16 \text{ MB}}{292 \text{ MB}} \times 100 = 5,47 \%$$

$$\text{hit ratio} = 100 - 5,47 = 94,53 \%$$

secs:2.522255

==9274==

==9274== I refs: 782,567,485

==9274== I1 misses: 1,192

==9274== LLi misses: 1,163

==9274== I1 miss rate: 0.00%

==9274== LLi miss rate: 0.00%

==9274==

==9274== D refs: 306,904,188 (288,803,349 rd + 18,100,839 wr)

==9274== D1 misses: 16,895,804 ( 16,870,548 rd + 25,256 wr)

==9274== LLd misses: 27,202 ( 2,064 rd + 25,138 wr)

==9274== D1 miss rate: 5.5% ( 5.8% + 0.1% )

==9274== LLd miss rate: 0.0% ( 0.0% + 0.1% )

2.c

kod miss  $\approx$  1192 B

$$\text{miss \%} \approx \% 0$$

$$\text{hit \%} \approx \% 100$$

data miss  $\approx$  2 MB

$$\text{miss \%} = \frac{2 \times 100}{292} \approx 0,68 \%$$

$$\text{hit} = 100 - 0,68 = 99,32 \%$$

secs:2.176931

==10836==

==10836== I refs: 782,567,485

==10836== I1 misses: 1,192

==10836== LLi misses: 1,163

==10836== I1 miss rate: 0.00%

==10836== LLi miss rate: 0.00%

==10836==

==10836== D refs: 306,904,188 (288,803,349 rd + 18,100,839 wr)

==10836== D1 misses: 2,141,756 ( 2,116,500 rd + 25,256 wr)

==10836== LLd misses: 27,202 ( 2,064 rd + 25,138 wr)

==10836== D1 miss rate: 0.7% ( 0.7% + 0.1% )

==10836== LLd miss rate: 0.0% ( 0.0% + 0.1% )

3.c

$$\text{kod miss} \approx 1192 \text{ B}$$

$$\text{miss \%} = 0 \%$$

$$\text{hit \%} = 100 \%$$

$$\text{data miss} \approx 18 \text{ MB}$$

$$\text{miss \%} = \frac{18 \times 100}{292} = \% 6,16$$

$$\text{hit \%} = 100 - 6,16 = 93,84 \%$$

```
secs:2.590764
==11583==
==11583== I refs:      782,567,497
==11583== I1 misses:    1,194
==11583== Lli misses:    1,165
==11583== I1 miss rate:  0.00%
==11583== Lli miss rate: 0.00%
==11583==
==11583== D refs:      306,904,192 (288,803,353 rd + 18,100,839 wr)
LibreOfficeImpress es:  18,968,122 ( 18,942,866 rd +   25,256 wr)
==11583== Lld misses:    27,202 (   2,064 rd +   25,138 wr)
==11583== D1 miss rate:  6.2% (   6.6% +   0.1% )
==11583== Lld miss rate: 0.0% (   0.0% +   0.1% )
```

$$\text{dimension} = 64$$

Not: Kod ve data refs toplamı her kod için yaklaşık sabit

$$\text{Kod} \approx 12 \text{ MB}$$

$$\text{Data} \approx 5 \text{ MB}$$

4.c

$$\text{kod miss} \approx 1223 \text{ B}$$

$$\text{miss ratio} = \frac{1223 \text{ B} \times 100}{12 \cdot 2^{20}} = \% 0,01$$

$$\text{hit ll} = 100 - 0,01 = \% 99,99$$

$$\text{data miss} \approx 52 \text{ KB}$$

$$\text{miss ratio} = \frac{52 \text{ KB}}{5 \times 10^3 \text{ KB}} \times 100 = 1,04 \%$$

$$\text{hit ratio} = 100 - 1,04 = 98,96 \%$$

```
secs:0.033339
==14170==
==14170== I refs:      12,919,355
==14170== I1 misses:    1,223
==14170== Lli misses:    1,196
==14170== I1 miss rate:  0.01%
==14170== Lli miss rate: 0.01%
==14170==
==14170== D refs:      5,084,838 (4,728,397 rd + 356,441 wr)
==14170== D1 misses:    53,625 ( 51,436 rd +   2,189 wr)
==14170== Lld misses:    4,172 (   2,073 rd +   2,099 wr)
==14170== D1 miss rate:  1.1% (   1.1% +   0.6% )
==14170== Lld miss rate: 0.1% (   0.0% +   0.6% )
```



2.c

$$\begin{array}{l|l} \text{kod miss} \approx 1223 \text{ B} & \text{data miss} \approx 15 \text{ KB} \\ \text{miss \%} \approx \%0,01 & \text{miss \%} = \frac{15 \text{ KB} \times 100}{5 \times 2^{10} \text{ KB}} = 0,29 \% \\ \text{hit \%} \approx \%99,99 & \text{hit \%} = 100 - 0,29 = 99,71 \% \end{array}$$

```
secs:0.030451
==15909==
==15909== I refs:      12,919,355
==15909== I1 misses:    1,223
==15909== LLi misses:    1,196
==15909== I1 miss rate:  0.01%
==15909== LLi miss rate: 0.01%
==15909==
==15909== D refs:      5,084,838 (4,728,397 rd + 356,441 wr)
==15909== D1 misses:    15,186 ( 12,997 rd + 2,189 wr)
==15909== LLd misses:    4,172 ( 2,073 rd + 2,099 wr)
==15909== D1 miss rate:  0.3% ( 0.3% + 0.6% )
==15909== LLd miss rate: 0.1% ( 0.0% + 0.6% )
```

3.c

$$\begin{array}{l|l} \text{kod miss} \approx 1223 \text{ B} & \text{data miss} \approx 76 \text{ KB} \\ \text{miss \%} = 0,01\% & \text{miss \%} = \frac{76 \text{ KB} \times 100}{5 \times 2^{10} \text{ KB}} = \%1,48 \\ \text{hit \%} = 99,99\% & \text{hit \%} = 100 - 1,48 = 98,52 \% \end{array}$$

```
secs:0.033415
==17894==
==17894== I refs:      12,919,355
==17894== I1 misses:    1,223
==17894== LLi misses:    1,196
==17894== I1 miss rate:  0.01%
==17894== LLi miss rate: 0.01%
==17894==
==17894== D refs:      5,084,838 (4,728,397 rd + 356,441 wr)
==17894== D1 misses:    77,790 ( 75,601 rd + 2,189 wr)
==17894== LLd misses:    4,172 ( 2,073 rd + 2,099 wr)
==17894== D1 miss rate:  1.5% ( 1.6% + 0.6% )
==17894== LLd miss rate: 0.1% ( 0.0% + 0.6% )
```

### Süreleri karşılaştırma:

|              | dimension = 256 |          |          |
|--------------|-----------------|----------|----------|
|              | 1.c             | 2.c      | 3.c      |
| Saniye       | 0.086335        | 0.056059 | 0.090638 |
| I1 miss rate | 0%              | 0%       | 0%       |
| D1 miss rate | 5.5%            | 0.7%     | 6.2%     |

|              | dimension = 64 |          |          |
|--------------|----------------|----------|----------|
|              | 1.c            | 2.c      | 3.c      |
| Saniye       | 0.000519       | 0.000993 | 0.000994 |
| I1 miss rate | 0.01%          | 0.01%    | 0.01%    |
| D1 miss rate | 1.1%           | 0.3%     | 1.5%     |

Yukarıdaki tablolarda da görüldüğü gibi cache miss oranı arttıkça yani hit oranı azaldıkça programın çalışma hızı da azalıyor. Yani programın çalışma hızı, hit oranıyla doğru; miss oranıyla ters orantılı. Bunun dışında ulaşılması gereken bellek miktarı azalınca da miss oranı azalıyor ve böylece program çalışma süresi azalmış oluyor.