



| Ad | Soyad | Öğrenci Numarası | Bölüm |
|----|-------|------------------|-------|
|    |       |                  |       |

## Açıklamalar

1. Sınavı çözmeye başlamadan önce tüm açıklamaları ve soruları okuyun. Sınavda toplam 6 soru vardır ve soruların toplam değeri 105 puandır. Bütün soruların değeri köşeli ayraç ile belirtilmiştir. Zamanınızı tek bir soru üzerinde harcamayın; tüm soruları yanıtlamaya çalışın. Sınav süresi 240 dakikadır (4 saat).
2. Tüm sınav kâğıtlarını sıralı şekilde geri vermeyi unutmayın. Adınızı tüm sayfalara yazın.
3. Başkasının kâğıdına bakma ve başkasıyla konuşma kopya olarak değerlendirilecektir.
4. Hesap makinesi, cep telefonu, bilgisayar vb. elektronik araç-gereçlerin kullanımı yasaktır.
5. Sonucu yanlış olan yanıtlar puan alamayabilir. Gidiş yolunun ayrıntılı gösterilmesi sorudan puan alınması için gereklidir ancak yeterli değildir. Açıklamasız işlem yapmamaya özen göstermeniz alacağınız puanı artıracaktır.
6. Herhangi bir soruda hata ya da eksik olduğunu düşünüyorsanız varsayarak yapın, varsayımınızı açıklayın.
7. Aşağıda verilen namus sözünü imzalayın (isteğe bağlı).

|   |       |
|---|-------|
| Bu sınavda kimseye yardım etmedim, kimseden yardım almadım ve kimseyi yardım alırken ya da başkasına yardım ederken görmedim. | İmza: |
|---|-------|

| Soru | 1 (10) | 2 (23) | 3 (20) | 4 (20) | 5 (20) | 6 (12) | Toplam (105) |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------|
| Not  |        |        |        |        |        |        |              |

## 1. [10 Puan] Başarım

Tablo 1’de, K0 ve K1 işlemcilerinin özellikleri listelenmiştir. Soruda verilen bilgilere göre şıkları cevaplayın.

TABLO 1: K0 ve K1 İşlemci Özellikleri

| Buyruk                         | K0    | K1    |
|--------------------------------|-------|-------|
| Saat Vuruş Sıklığı             | 2 GHz | 1 GHz |
| Toplama Buyruğu Başına Çevrim  | 3     | 4     |
| Bölme Buyruğu Başına Çevrim    | 3     | 6     |
| Bellek Buyruğu Başına Çevrim   | X     | 15    |
| Dallanma Buyruğu Başına Çevrim | 8     | 7     |

[5 Puan] a-)  $X=19$  için; 400 toplama, 700 çarpma, 100 dallanma ve 650 bellek buyruğundan oluşan Ka-Fa programının K0 ve K1 işlemcilerinde yürütülmesi kaç nanosaniye sürer? Hangi işlemci diğerinden kaç kat hızlıdır?

[5 Puan] b-) K0 ve K1 işlemcisinde çalışan programların ortalama %5 toplama, %60 çarpma, %20 dallanma ve %15 bellek buyruklarından oluştuğu biliniyor. Buna göre aynı programları yürüten bu işlemcilerden K0 işlemcisinin başarımı K1 ile aynı olabilir mi, olabiliyorsa K1 ile aynı olması için K0’ın bellek buyrukları başına çevrim sayısı (X) kaç olmalıdır?

## 2. [20 Puan] İşlemci Tasarımı

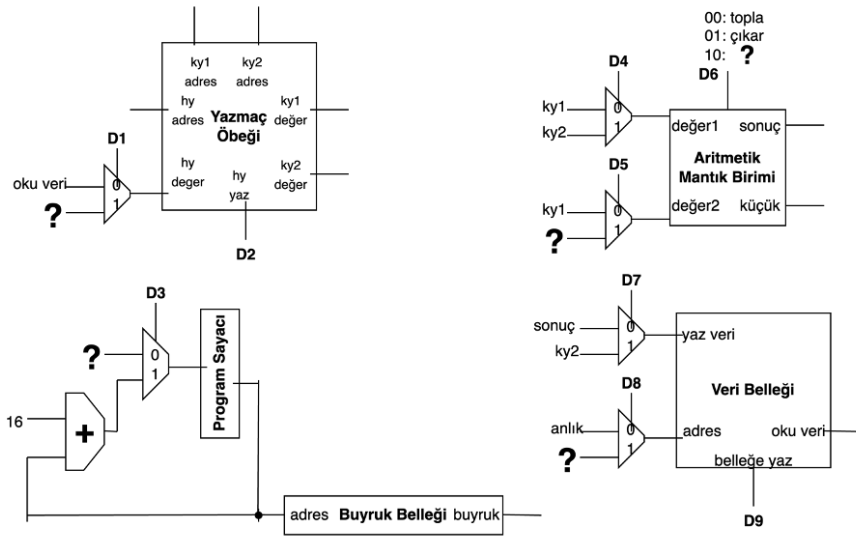
Tablo 2’de *Final* buyruk kümesindeki buyruklar, Şekil 1’de bu buyruk kümesine uygun işlemci çizimi ve Tablo 3’te ise buyruklara işlemci çiziminde karşılık gelen denetim sinyalleri kısmen gösterilmiştir. (*hy*: *hedef yazmacı*, *ky*: *kaynak yazmacı*) (Anlık değerlerin genişletildiği biliniyor.)

**[20 Puan] a-)** Tablo 2, Tablo 3 ve Şekil 1’deki soru işareti (?) ile belirtilen tüm boşlukları doldurun. (Toplam doldurmanız gereken 20 soru işareti olduğuna dikkat edin.)(Cevapları soru işaretlerinin olduğu yerlere yazın, kablo çizmeyin, sadece isimler)

**[Bonus] [3 Puan] b-)** Bu işlemcideki buyruk genişliklerinin 64 bit olduğu biliniyorsa kaç bit veya bayt adresleme kullanılmaktadır?

TABLO 2: *Final* Buyruk Kümesindeki Buyruklar

| Buyruk         | Açıklama  |
|----------------|---|
| topla ?        | ?   |
| katla hy, ky1  | $hy = ky1 * ky1$  |
| çıkla ky1, ky2 | $Bellek[ky2] = ky2 - ky1$   |
| kutla ?        | $ky1 < \text{anlık}$ ise; $\text{program\_sayacı} = ky1 * \text{anlık}$<br>değilse; $\text{program\_sayacı} = \text{program\_sayacı} + ?$ |
| boş.geç        | $\text{program\_sayacı} = \text{program\_sayacı} + ?$   |
| ?              | ?   |



Şekil 1: *Final* İşlemci Çizimi

TABLO 3: *Final* İşlemcisi Denetim Tablosu

| Buyruk  | D1 | D2 | D3     | D4 | D5 | D6 | D7 | D8 | D9 |
|---------|----|----|--------|----|----|----|----|----|----|
| topla   | 1  | 1  | ?      | 1  | 0  | 00 | X  | X  | 0  |
| katla   | 1  | 1  | 1      | 0  | 0  | 10 | X  | X  | ?  |
| çıkla   | X  | 0  | 1      | 1  | 0  | ?  | X  | X  | 1  |
| kutla   | ?  | 0  | !küçük | 0  | 1  | 10 | 0  | 1  | 0  |
| boş.geç | X  | 0  | 1      | X  | X  | XX | X  | ?  | 0  |
| tıkla   | 0  | 1  | 1      | ?  | ?  | ?  | X  | 0  | 0  |

### 3. [20 Puan] Önbellek Tutarlılığı

4 adet çekirdek bulunan, her çekirdeğin doğrudan eşlemeli 256 bayt kendi önbelleği olduğu, veri öbeklerinin 64 bayt olduğu, bayt adresleme ve MESI protokolünün kullanıldığı bir sistemde; başlangıçta önbellekler Tablo 4'teki durumdayken Tablo 5'teki buyruklar ilgili çekirdeklerde çalıştırılıyor. Önbelleklerin durumunu adım adım tabloları çizerek gösterin. (Her buyruk bitiminde) (*M: Modified, E: Exclusive, S: Shared, I: Invalid*)

TABLO 4: Önbelleklerin Başlangıç Durumu Tablosu

| Önbellek 0 |             | Önbellek 1 |             |
|------------|-------------|------------|-------------|
| Etiket     | MESI Durumu | Etiket     | MESI Durumu |
| 0x444FED   | E           | 0x123123   | S           |
| 0x1230AB   | S           | 0x111111   | I           |
| 0xBBBBBB   | S           | 0xBBBBBB   | S           |
| 0x77DE88   | I           | 0x77DE88   | M           |
| Önbellek 2 |             | Önbellek 3 |             |
| Etiket     | MESI Durumu | Etiket     | MESI Durumu |
| 0x161022   | M           | 0x161022   | I           |
| 0xBBBBBB   | S           | 0xBBBBBB   | S           |
| 0x217217   | E           | 0x123123   | S           |
| 0x1230AB   | S           | 0x1230AB   | S           |

TABLO 5: Sırasıyla Çalıştırılan Buyruklar

| Çalıştırılan Çekirdek | Buyruk                |
|-----------------------|-----------------------|
| Ç[1]                  | Sakla R1, 0x1230AB07  |
| Ç[0]                  | Yükle R2, 0x1610227B  |
| Ç[3]                  | Yükle R3, 0x444FEDAA  |
| Ç[0]                  | Yükle R4, 0xBBBBBBBFF |
| Ç[2]                  | Yükle R5, 0xBBBBBBBF8 |
| Ç[3]                  | Sakla R6, 0xBBBBBBBF7 |
| Ç[0]                  | Sakla R7, 0xBBBBBBBF7 |
| Ç[3]                  | Yükle R8, 0xBBBBBBBF0 |
| Ç[3]                  | Yükle R9, 0x1610227B  |
| Ç[0]                  | Yükle R10, 0x444FEDAA |

## 4. [20 Puan] Sanal Bellek

Sanal bellek kullanılan bir sistemde;

- Bayt adresleme kullanılmaktadır.
- Dört yollu kümeli ilişkili bir önbellek kullanılmaktadır ve başlangıçta boştur.
- Dört elemanlı tam ilişkili bir etkin sayfalar önbelleği (ESÖ) kullanılmaktadır ve başlangıçta boştur.
- Önbellekte etiketler 10 bit boyutundadır.
- Önbellekte ve etkin sayfalar önbelleğinde (ESÖ) En Uzun Zamandır Kullanılmayana Çıkar (EUKZ) protokolü kullanılmaktadır.
- Sanal adresler 21 bittir.
- Sayfa boyutu X KB'dir.
- Önbellekteki veri öbekleri Y bayt genişliğindedir.

[3 Puan] a-) Etkin sayfalar önbelleği (ESÖ) ve önbelleğe aynı anda erişim gerçekleştirmek için X'in kaç olması gerekir?

[4 Puan] b-) Bulduğunuz X değerine göre fiziksel adresler en az kaç bit olmalıdır?

[4 Puan] c-) Bulduğunuz X değerine göre önbellekteki tüm etiketler 240 bit yer kaplıyorsa Y kaç olmalıdır?

[9 Puan] d-) Bulduğunuz X değerine göre, sistemde önbellek bulunmasaydı, aşağıdaki C kodu için ESÖ'de bulma oranını bulun. (Dizilerin her elemanı 4 bayttır. A dizisinin başlangıç adresi **0xCEDA1200**, B dizisinin başlangıç adresi **0xED675900**)

```
int k = 0;
for (int i = 0 ; i < 100 ; i++)
    for (int j = 0 ; j < 5 ; j++)
        k += A[i * 1024] - B[j % 5];
```

## 5. [20 Puan] Sırasız Yürütüm

Toplama (add) ve çarpma (mul) buyruklarını sırasız yürüten bir işlemci için Şekil 2’de yazmaç yeniden adlandırma tablosu ve Şekil 3’te toplama ve çarpma birimlerinin bekleme alanları verilmiştir. Toplama 2 çevrimde, çarpma 4 çevrimde yürütülmektedir.

Aşağıda gösterilen kod parçasını yürüttüğünüzde;

**[7 Puan] a-)** Oluşacak sırasız yürütüm boru hattı diyagramını çizin. (Toplama işlemlerinde T1, T2; çarpma işlemlerinde Ç1, Ç2, Ç3, Ç4 ifadelerini kullanabilirsiniz. Buyruk beklemek zorundaysa T1 ve Ç1’de beklediğini, toplama buyruklarının T2’de, çarpma buyruklarının Ç4’te bittiğini varsayabilirsiniz.)

**[13 Puan] c-)** Yazmaç yeniden adlandırma, toplama birimi bekleme alanı ve çarpma birimi bekleme alanları tablolarını adım adım çizerek gösterin. (Her buyruk bitiminde) (Bekleme alanlara baştan başlanarak doldurulur. Bekleme alanında yer kalmadığında o buyruk için boş çevrimler geçtiğini varsaymalısınız.)

**ADD** R3 <- R1 R1  
**MUL** R2 <- R0 R0  
**MUL** R2 <- R3 R2  
**ADD** R1 <- R0 R1  
**ADD** R1 <- R0 R1  
**MUL** R2 <- R3 R2  
**ADD** R1 <- R0 R2

|        | YAT     |        |       |
|--------|---------|--------|-------|
| Yazmaç | Geçerli | Etiket | Değer |
| R0     | 1       | 0      | 1     |
| R1     | 1       | 0      | 1     |
| R2     | 1       | 0      | 1     |
| R3     | 1       | 0      | 1     |

Şekil 2: Yazmaç Yeniden Adlandırma Tablosu

|        | TBBA    | KY1    |       |        |         | TBBA   | KY2   |        |         |        |       |        |         | CBBA   | KY1   |        |         |        |       |        |         |        |       |        |         | CBBA   | KY2   |        |         |        |       |        |         |        |       |
|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|--------|---------|--------|-------|
| Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer | Numara | Geçerli | Etiket | Değer |
| A      | 0       | 0      | 0     | A      | 0       | 0      | 0     | X      | 0       | 0      | 0     | X      | 0       | 0      | 0     | X      | 0       | 0      | 0     | X      | 0       | 0      | 0     | Y      | 0       | 0      | 0     | Y      | 0       | 0      | 0     | Y      | 0       | 0      | 0     |
| B      | 0       | 0      | 0     | B      | 0       | 0      | 0     | Y      | 0       | 0      | 0     | Y      | 0       | 0      | 0     |        |         |        |       |        |         |        |       |        |         |        |       |        |         |        |       |        |         |        |       |

Şekil 3: Toplama ve Çarpma Birimleri Bekleme Alanları

## 6. [12 Puan] Boşluk Doldurma

Şıklarda verilen boşlukları doldurun.

**[5 Puan] a-)** Bilgisayarın beş ana bileşeni ....., ....., ....., ....., .....

**[2 Puan] b-)** Giriş-çıkış aygıtlarından bilgi almak için çokça kullanılan iki yöntem vardır. Bunlar ..... ve .....

**[1 Puan] c-)** Giriş-çıkış aygıtlarına yol atama önceliği ..... yönteminde donanımda sabittir.

**[2 Puan] d-)** Bellekten hassas verileri çalmaya yönelik güncel iki saldırı çeşidi ..... ve .....

**[Bonus] [2 Puan] e-)** Giriş-çıkış aygıtlarına yol ataması sırasında dikkat edilen iki faktör ..... ve .....