



Ad	Soyad	Öğrenci Numarası	Bölüm

Açıklamalar

1. Sınavı çözmeye başlamadan önce tüm açıklamaları ve soruları okuyun. Sınavda toplam 4 soru vardır ve soruların toplam değeri 100 puandır. Bütün soruların değeri köşeli ayraç ile belirtilmiştir. Zamanınızı tek bir soru üzerinde harcamayın; tüm soruları yanıtlamaya çalışın. Sınav süresi 120 dakikadır (2 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 (30)	3 (30)	4 (30)	Toplam (100)
Not					

1. [10 Puan] Başarım

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

TABLO 1: Alfa ve Beta İşlemci Özellikleri

İşlemci	Alfa	Beta
Saat Vuruş Sıklığı	100 MHz	250 MHz
Toplama Buyruğu Başına Çevrim	12	4
Çarpma Buyruğu Başına Çevrim	5	10
Bellek Buyruğu Başına Çevrim	15	20

120 toplama, 500 çarpma ve 750 bellek buyruğundan oluşan Gama programının;

a-) [5 Puan] Alfa ve Beta işlemcilerinde yürütülmesi kaç nanosaniye sürer? Hangi işlemci diğerinin yaklaşık kaç katı kadar hızlıdır?

b-) [5 Puan] İki işlemcide de aynı başarıyı gösterebilmesi için Alfa işlemcisinin saat frekansının yaklaşık kaç MHz kadar artması gerekir?

2. [30 Puan] İşlemci Tasarımı

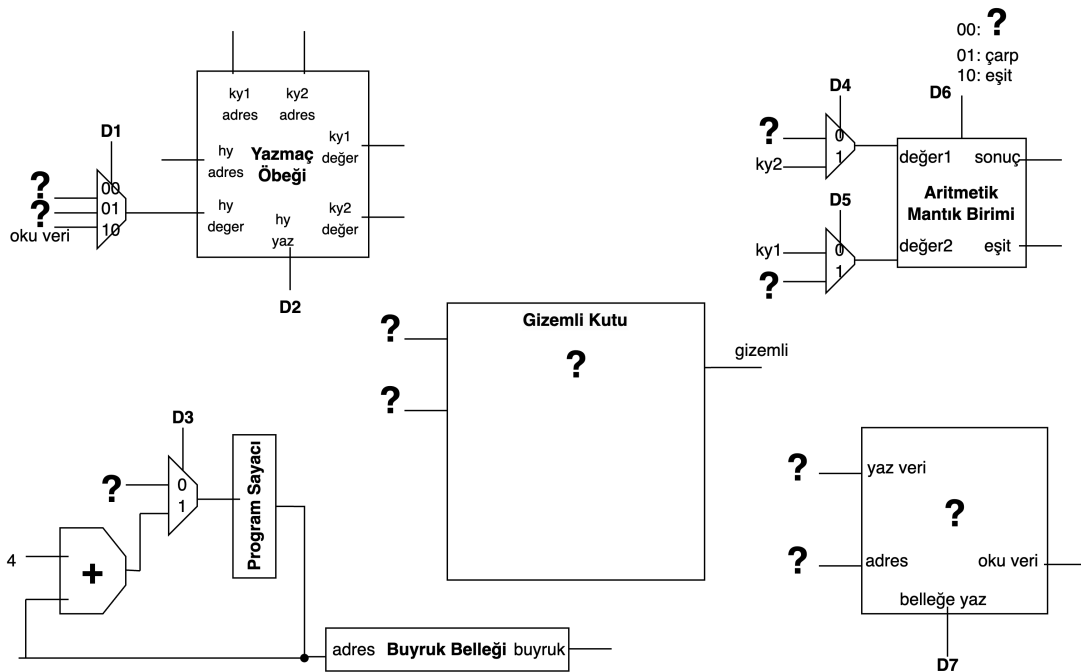
Tablo 2’de *Mayfaıf* buyruk kümesindeki buyruklar ve buyruklara işlemci çiziminde karşılık gelen denetim sinyalleri, Şekil 1’de ise bu buyruk kümesine uygun işlemci çizimi gösterilmiştir. (*hy*: *hedef yazmacı*, *ky*: *kaynak yazmacı*) (Anlık değerlerin genişletildiği biliniyor.)

a-) **[27 Puan]** Tablo 2 ve Şekil 1'deki soru işareti (?) ile belirtilen tüm boşlukları doldurun. (Toplam doldurmanız gereken 27 soru işareti olduğuna dikkat edin.)(Cevapları soru işaretlerinin olduğu yerlere yazın, kablo çizmeyin, sadece isimler) (Gizemli Kutunun ne olduğunu yazın ya da içeriğini çizin, sıgmasza başka yerde çizip gösterebilirsiniz.)

b-) **[3 Puan]** Bu işlemcideki buyruk genişliklerinin 48 bit olduğu biliniyorsa kaç bit veya bayt adresleme kullanılmaktadır?

TABLE 2: *Mayfayf* Buyruk Kümesindeki Buyruklar ve Denetim Sinyalleri

Buyruk	Açıklama	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
topla hy, ky1, ky2	hy = ky1 + ky2	00	1	1	?	0	00	0
carp hy, ky1, ky2	hy = ky1 * ky2	?	1	1	1	0	01	0
anlik_yukle hy, anlik	hy = anlik	01	1	1	X	X	?	0
anlik_topla hy, ky1, anlik	hy = ky1 + anlik	00	1	1	?	0	00	0
yukle hy, ? , anlik	hy = Bellek[?]	10	1	1	0	0	00	0
sakla ky2, ky1, ?	Bellek[ky1 + ?] = ky2	XX	0	1	0	0	00	1
esit_degilse_dallan ky1, ky2, ?	ky1 == ky2 ise; program_sayacı = program_sayacı + ? değilse; program_sayacı = etiket_adresi	XX	0	?	1	0	10	0
gizemli_buyruk ?	Örnek olarak r2 = 3 ve r4 = 7 iken; gizemli_buyruk r1, r2, r4 ->r1 yazmacına 16 yazar gizemli_buyruk r1, r4, r2 ->r1 yazmacına 52 yazar	00	?	1	1	?	00	?



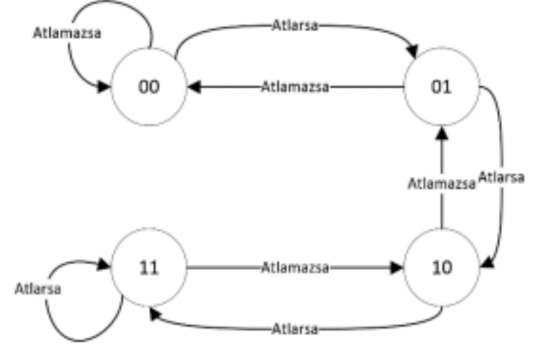
Şekil 1: *Mayfayf* İşlemci Çizimi

3. [30 Puan] Boru Hattı

İki sabit (Getir-Çöz (G), Yazmaç Yaz (Y)) ve bir değişken (Yürüt (Ü)) aşamalı boru hattına sahip olan Mayfayf işlemcisinin özellikleri aşağıdaki gibidir:

- İşlemci 2 GHz saat vuruş sıklığında çalışmaktadır.
- Buyruk kümesindeki çarpım buyruklarının yürütülmesi 3, bellek buyruklarının yürütülmesi 4, diğer buyrukların yürütülmesi ise 2 çevrim sürmektedir.
- Yürütme birimini tüm buyruklar ortak kullanmaktadır. Bir buyruk yürüt aşamasına geçtiğinde, peşinden gelen buyruklar bu buyruk yürüt aşamasından çıkana kadar getir-çöz (G) aşamasında beklemektedir.
- Yazmaç değerleri yazıldığı vuruşta okunabilmektedir.
- Dallanmalar ikinci yürüt aşamasında (Ü2) çözümlenmektedir. Boru hattına dallanma çözümlendikten bir çevrim sonra doğru adresten buyruk gelmektedir.
- Dallanma öngörüsü, Şekil 2'de durum makinesi görülen çift doruklu dallanma öngörücü ile yapılmaktadır. Öngörücü başlangıçta "00" (Güçlü Atlamaz) durumundan başlar. (00: Güçlü Atlamaz, 01: Zayıf Atlamaz, 10: Zayıf Atlar, 11: Güçlü Atlar)

Şekil 2: Çift Doruklu Dallanma Öngörücü Durum Makinesi



TABLO 3: Yürütülen Program

Buyruklar	Açıklamalar
anlik_yukle r1, N	$R1 \leftarrow N$
anlik_yukle r2, #2	$R2 \leftarrow 2$
carp r3, r1, r2	$R3 \leftarrow R1 * R2$
anlik_yukle r4, #1	$R4 \leftarrow 1$
dongu:	<i>dallanma etiketi</i>
yukle r5, #0(r4)	$R5 \leftarrow Bellek[R4 + 0]$
anlik_topla r5, r5, #3	$R5 \leftarrow R5 + 3$
sakla r5, #-2(r4)	$Bellek[R4 - 2] \leftarrow R5$
anlik_topla r4, r4, #1	$R4 \leftarrow R4 + 1$
esit_degilse_dallan r4, r3, dongu	$PS \leftarrow R4 \neq R3 ? dongu : PS + 4$
anlik_yukle r0, #0	$R0 \leftarrow 0$, program bu buyrukta biter

Tablo 3'te verilen program yürütüldüğünde;

a-) [14 Puan] $N=2$ için oluşacak boru hattı diyagramını çizin, her döngüdeki dallanma öngörüsünü atlar ya da atlamaz olarak belirtin.

b-) [4 Puan] a şıkında çizdiğiniz diyagrama göre çevrim sayısını ve yürütme zamanını hesaplayın.

c-) [6 Puan] Programdaki hangi buyrukların gereksiz (program akışına etki etmeyen ya da kullanılmayan) olduğunu düşünüyorsunuz gösterin. Bu buyrukları kaldırdığınızda, $N=2$ için çevrim sayısı ne kadar azalır?

d-) [6 Puan] $N=5$ için dallanma öngörücüsünün başarımlarını hesaplayın.

4. [30 Puan] Önbellek

```
int32_t* A = (int32_t*) 0x80000000;
int32_t* B = (int32_t*) 0x81000000;
int32_t* C = (int32_t*) 0x82000000;

for (int i = 0; i < N; i++) {
    for (int j = 0; j < N; j++) {
        if (j % 2 == 0) {
            C[i * N + j] = A[i * N + j / 2];
        }
        else {
            C[i * N + j] = B[i * N + (N + j - 1) / 2];
        }
    }
}
```

Yukarıda verilen kod parçası aşağıdaki özellikleri belirtilmiş sistem üzerinde çalıştırılacaktır:

- Sanal bellek kullanılmamaktadır.
- Bayt adresleme yapılmaktadır.
- `int32_t` değişken tipi 4 bayt büyüklüğündedir.
- Veri öbekleri 64 bayt genişliğindedir.
- Bellek erişimleri sağdan sola doğru yapılmaktadır. Örneğin, if bloğu içerisinde bellekten önce A, daha sonra C okunur.
- A, B ve C dizilerinin kod parçasında ilgili işaretçi (-ing, pointer) ile gösterilen adreslerde olduğunu ve bu işaretçilerin üzerinden soru kapsamındaki adreslere erişiminizin sorun olmayacağını varsayın.
- Önbellekte A, B ve C dizilerinin elemanları dışında başka herhangi bir şey saklanmayacağını varsayın.

Not: A işaretçisi üzerinden "`A[0]`" ile dizinin ilk elemanına erişilmektedir.

4 KiB boyutunda doğrudan eşlemeli önbellek bulunan ve **yaz ve yerini ayır politikası** uygulanan bir sistemde $N = 32$ için:

- a-) [10 Puan] Verilen kod içerisindeki for döngüleri için önbellekte bulma oranları nedir?
- b-) [5 Puan] Verilen kod içerisindeki for döngüleri tamamlandıktan sonra önbelleğin son durumunu çiziniz.

4 KiB boyutunda 2 yollu kümeli ilişkili önbellek bulunan ve **en uzun süredir kullanılmayanı çıkar (EUZK)** ile **yaz ve yerini ayır** politikaları uygulanan bir sistemde $N = 32$ için:

- c-) [10 Puan] Verilen kod içerisindeki for döngüleri için önbellekte bulma oranları nedir?
- d-) [5 Puan] Verilen kod içerisindeki for döngüleri tamamlandıktan sonra önbelleğin son durumunu çiziniz.