



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 vermemi umutmayın. 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 varsayıarak yapın, varsayıminizi 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					

a-) 1. [10 Puan] Başarım

Tablo 1'de, Alfa ve Beta işlemcilerinin özelliklerini 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

a-) [5 Puan] 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 hızıdır?

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

$$\begin{aligned}A &\rightarrow 120 \cdot 12 + 500 \cdot 5 + 750 \cdot 15 = 15190 \text{ Çevrim} \\B &\rightarrow 120 \cdot 4 + 500 \cdot 10 + 750 \cdot 20 = 20480 \text{ Çevrim}\end{aligned}$$

2. [30 Puan] İşlemci Tasarımı

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

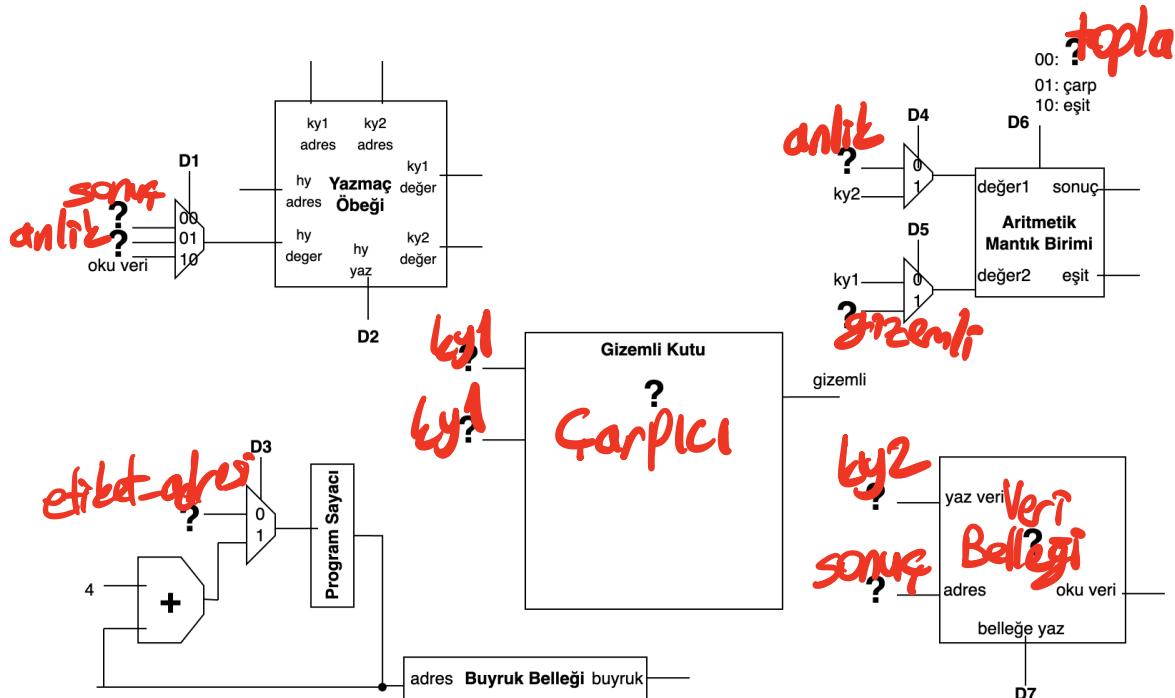
a-) [27 Puan] Tablo 2 ve Şekil 1'deki soru işaretleri (?) ile belirtilen tüm boşlukları doldurun. (Toplam doldurmanız gereken 27 soru işaretleri olduğuna dikkat edin.) (Cevapları soru işaretlerinin olduğu yerlere yazın, kablo çizmeyin, sadece isimler) (Gizemli Kutunun ne olduğunu yazın ya da içeriğini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

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

12 bit adresleme

TABLO 2: *Mayfayf* Buyruk Kümelerindeki Buyruklar ve Denetim Sinyalleri

Buyruk	Açıklama	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
topla hy, ky1, ky2	hy = ky1 + ky2	00	1	1	1	0	00	0
carp hy, ky1, ky2	hy = ky1 * ky2	00	1	1	1	0	01	0
anlik_yukle hy, anlik	hy = anlik	01	1	1	X	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 + 4 değilse; program_sayacı = etiket_adresi	XX	0	esit	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	1	00	?	



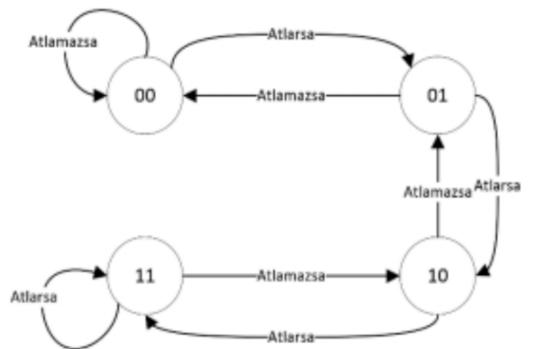
Şekil 1: *Mayfayf* İşlemci Çizimi

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. → 0,5 ns
- Buyruk kümelerindeki çarpım buyruklarının yürütülmesi 3, bellek buyruklarının yürütülmesi 4, diğer buyrukların yürütülmesi ise 2 çevrim sürmektedir.
- Yürütmeye birimini tüm buyruklar ortak kullanmaktadır. Bir buyruk yürütme aşamasına geçtiğinde, peşinden gelen buyruklar bu buyruk yürütme aşamasından çıkışa kadar getir-çöz (G) aşamasında beklemektedir.
- Yazmaç değerleri yazıldığı vuruşta okunabilmektedir.
- Dallanmalar ikinci yürütme 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	$PS \leftarrow R4 != R3 ? dongu : PS + 4$
anlik_yukle r0, #0	$R0 \leftarrow 0, program\ bu\ buyrukta\ biter$

Tablo 3'te verilen program yürütüldüğünde;

- [14 Puan] $N=2$ için oluşan boru hattı diyagramını çizin, her döngüdeki dallanma öngörüsünü atlarsa da atlamaz olarak belirtin.
- [4 Puan] a şıkkında çizdiğiniz diyagrama göre çevrim sayısını ve yürütme zamanını hesaplayın.
- [6 Puan] Programdaki hangi buyrukların gereksiz (program akışına etki etmeyen ya da kullanılmayan) olduğunu düşünüyorsunuz gösterin. Bu buyrukları kaldırıldığınızda, $N=2$ için çevrim sayısı ne kadar azalırdı?
- [6 Puan] $N=5$ için dallanma öngörücüsünün başarısını hesaplayın.

geleneksel

Wet-OL

adatpoli

tahtumuzda a tafsi

OL-OL

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

aynileş = $r_5 = R_5 = 0$

aynileş = $r_4 = R_4 = 2$

aynileş = $r_3 = R_3 = 2$

aynileş = $r_2 = R_2 = 2$

aynileş = $r_1 = R_1 = 2$

aynileş = $R_1 = r_1 = 2$

O nüanslar

birinci hiz

parasal

değerlendirme

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

adatpoli

aynileş = $r_5 = R_5 = 0$

aynileş = $r_4 = R_4 = 2$

aynileş = $r_3 = R_3 = 2$

aynileş = $r_2 = R_2 = 2$

aynileş = $r_1 = R_1 = 2$

aynileş = $R_1 = r_1 = 2$

Değerlendirmeler

* Zwei, benötigt Ligatur zwischen getrennten (G) zusammenhängenden (G)

3HIS nungsartige =

2 G H₂ → O₂ N₂

69 Geurim (O₂H₂)

b Silber

a Silber

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

attas $\xrightarrow{\text{attas}}$ attamaz

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

attamaz $\xrightarrow{\text{attamaz}}$

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

attamaz $\xrightarrow{\text{attamaz}}$

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

attamaz $\xrightarrow{\text{attamaz}}$

Eger $\xrightarrow{\text{Eger}}$ hat nützen

dedizenez $\xrightarrow{\text{dedizenez}}$

21 Geurim

1 2 3 4 5 6 7 8 9 ...

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

Güntü $\xrightarrow{\text{Güntü}}$ attamaz

gülle

gülle

gülle

gülle

gülle

gülle

gülle

gülle

gülle

İçindekiler

Thin

Tıpkıda

Seyirin N=2-3 döngüsü

Sayıda 3 tane ayrı adadır.

3 Gevrek → Tüt ceza
3 Gevrek → Ota
3 Gevrek → Tır dezi

N=3 döngü tam 3 adadı
ve döngü basıca 13 gevrek

* Döngüdeki ilk 3 hizmeti baldırıca 3 adadı
dönmesine enel dezi! ve
yukarıda, **3 gevrek adadı!**

* Sondaki enlik-yukle gevreklerin taktirlerinin 3 gevrek adadı!

İçindekiler

3 gevrek adadı!

C sibki * Döngüde enlik-yukle 3 gevrek adadı
yukarıda, N sayısi 3'e tek bir enlik-yukle butunuya
göllerde verilebilir, -> **3 gevrek adadı!**

3 gevrek adadı!

Fikret
N tane döngü $2N-1$ kere dönüyor.
 $N=5$ tane döngü kere döner.

X 1-) $r_h=2$ iken oturan takımları edildi ve attadı \rightarrow $00 \rightarrow 01$ gefts

X 2-) $r_h=3$ iken oturan takımları edildi ve attadı \rightarrow $00 \rightarrow 10$ gefts

$\sqrt{3}$ -) $r_h=4$ iken oturan takımları edildi ve attadı \rightarrow $00 \rightarrow 11$ gefts
 $\sqrt{5}-6-7-8-\sqrt{11} \rightarrow$ onuncu 2 gizli HANDA

X 9-) $r_h=10$ iken oturan takımları edildi ve attadı \rightarrow $11 \rightarrow 10$ gefts

9 döngüde 6 döşen / 3 yanlış takımlar

$\frac{2}{3}$

$\frac{6}{9}$

Önyönlük basınum

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 erişmenizin sorun olmayacağı varsayıncı.
- Önbellekte A, B ve C dizilerinin elemanları dışında başka herhangi bir şey saklanmayacağı varsayıncı.

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

4 KiB boyutunda doğrudan eşlemeli önbellek bulunan ve yaz ve yerini ayırmayı 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 yolu kümeli ilişkili önbellek bulunan ve en uzun süredir kullanılmayanı çıkar (EUZK) ile yaz ve yerini ayırmayı 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.

A dresler

A: 0x80000000

B: 0x81000000

C: 0x82000000

0- \rightarrow 4 KiB Logrden

i) Ver übergi 64 bayt \rightarrow 6 bit schr seim

$2^{12} / 2^6 = 2^6$ sohr \rightarrow 6 bit schr seim

Adres:

...	6	6
etiket	sohr	bayt

ii) Matrix sohr kri N=32, yore her
sohre $32 * 4 = 128$ bayt veri
(int32t)
ver. Her sohr $128 / 64 = 2$ doek eder.

iii) A ve C enzmler sohren boxn der sonne
B'ye enzmler sohren sonnen boxn

Erwörter ve 'In' bellesi Juru

$A[0] \times \rightarrow$

$A[0 \dots 1^{\wedge}]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{20}

$C[0] \times \rightarrow$

$C[0 \dots 1^{\wedge}]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{20}

$D[16] \times \rightarrow$

$C[0 \dots 1^{\wedge}]$
$D[16 \dots 31]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{21}

$C[1] \checkmark \rightarrow$

$C[0 \dots 1^{\wedge}]$
$D[16 \dots 31]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{21}

$A[1] \times \rightarrow$

$A[0 \dots 1^{\wedge}]$
$D[16 \dots 31]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{22}

$C[2] \times \rightarrow$

$C[0 \dots 1^{\wedge}]$
$D[16 \dots 31]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{22}

$D[17] \checkmark \rightarrow$

$C[0 \dots 1^{\wedge}]$
$D[16 \dots 31]$

 0. satr i^{20}
1. satr j^{-3}

$C(3) \checkmark \rightarrow$	<table border="1"> <tr><td>$C(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$\Delta C(6 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=3$</td></tr> </table>	$C(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=3$
$C(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=3$					

son \hookrightarrow einem Sonderfall $J=16'$ ya
koder davon oder $J=16$ soncas
einzel C matrix übersichtsketten

$J=16$ bona subellel:	<table border="1"> <tr><td>$C(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$\Delta C(6 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=16$</td></tr> </table>	$C(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=16$
$C(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=16$					

$A(8) \times \rightarrow$	<table border="1"> <tr><td>$A(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$\Delta C(6 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=16$</td></tr> </table>	$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=16$
$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=16$					

$C(16) \times \rightarrow$	<table border="1"> <tr><td>$A(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$C(16 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=16$</td></tr> </table>	$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$C(16 \dots 31)$	1. schr	$J=16$
$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$C(16 \dots 31)$	1. schr	$J=16$					

$D(2n) \times \rightarrow$	<table border="1"> <tr><td>$A(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$\Delta C(6 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=17$</td></tr> </table>	$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=17$
$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$\Delta C(6 \dots 31)$	1. schr	$J=17$					

$C(17) \times \rightarrow$	<table border="1"> <tr><td>$A(0 \dots 15)$</td><td>0. schr</td><td>i^{20}</td></tr> <tr><td>$C(16 \dots 31)$</td><td>1. schr</td><td>$J=17$</td></tr> </table>	$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}	$C(16 \dots 31)$	1. schr	$J=17$
$A(0 \dots 15)$	0. schr	i^{20}					
$C(16 \dots 31)$	1. schr	$J=17$					

Bei rechteckigen Sonder gift J' für alle
Ave C gelte, Bve C belaste.

Blätter weiß:

$$\begin{array}{ll}
 J_{20} \rightarrow 012 & J_{216} \rightarrow 012 \\
 J_{21} \rightarrow 112 & J_{217} \rightarrow 012 \\
 J_{22} \rightarrow 012 & J_{218} \rightarrow 212 \\
 J_{23} \rightarrow 212 & J_{219} \rightarrow 012 \\
 J_{24} \rightarrow 012 &
 \end{array}
 \quad \left\{ \begin{array}{l} 18 \\ 20 \\ 22 \\ 24 \\ 26 \\ 28 \\ 30 \end{array} \right.$$

$$\frac{1 + 2 \cdot 7 + 2 \cdot 7}{64} = \frac{29}{64}$$

her ist kein günstiger Wert $\rightarrow \frac{29.32}{64.32}$

$\xrightarrow{\text{b)}$ in Bell-Estim. darum:

- ① her ist kein schlechter Wert
sonst kein Bell-Estim. (ist ja nur 2)
 - ② Sonder Sonder ist so:
- | |
|--------------|
| ACG ... 15] |
| CAG ... 31] |

Bei den 32 bit worden es 8 Register:

AC0 - 15	0
AC16 - 31	1
AC32 - 47	2
AC48 - 63	3

i.e. 31 bit worden 62 + 63

Ellentw., so beide einer silizium

Symbol agieren über aber.

(Standard der Systembusse gibt)
heissen eigentlich geistig

c) 4 KiB 2 Werte kann

Ver steht 64 bit \rightarrow 6 bit logisch

Hier nur 2 KiB *

$2^{16}/2^6 \rightarrow 2^5$ werte, 5 bit sehr wen

Adress:

...	15	16
-----	----	----

etwa sehr leicht

İndeks servde problemler A/C ve

B/C i̇stiklilikin bi-birin gibinmişdir.

Braket otlu birbirlerini gösterir.

D nedenle her J için \hookrightarrow mis

dır. $A[N.i \dots N.i+15]$, $B[N.i+16 \dots N.i+31]$

$C[N.i \dots N.i+15]$, $C[N.i+16 \dots N.i+31]$

$$32 \rightarrow \frac{60}{64} \rightarrow \frac{15}{16}$$

her i için ayrı $\rightarrow \frac{15 \cdot 32}{16 \cdot 32} \not\sim$

L)

- ① A ve B otlu gibinmiş
- ② C de istek getirir
- ③ 32 ekranda, yani 12..15 cosa silinecektir

i = 0 sonnde 6nbellet:

2. w1

1. w1

ACD - 15)
B(16 - 31)

(CD - 15)
C(16 - 31)

2. sehr

1. sehr

ogn symb deen, i = 16 o. ve 1.
sctrum osbre ystet iker.