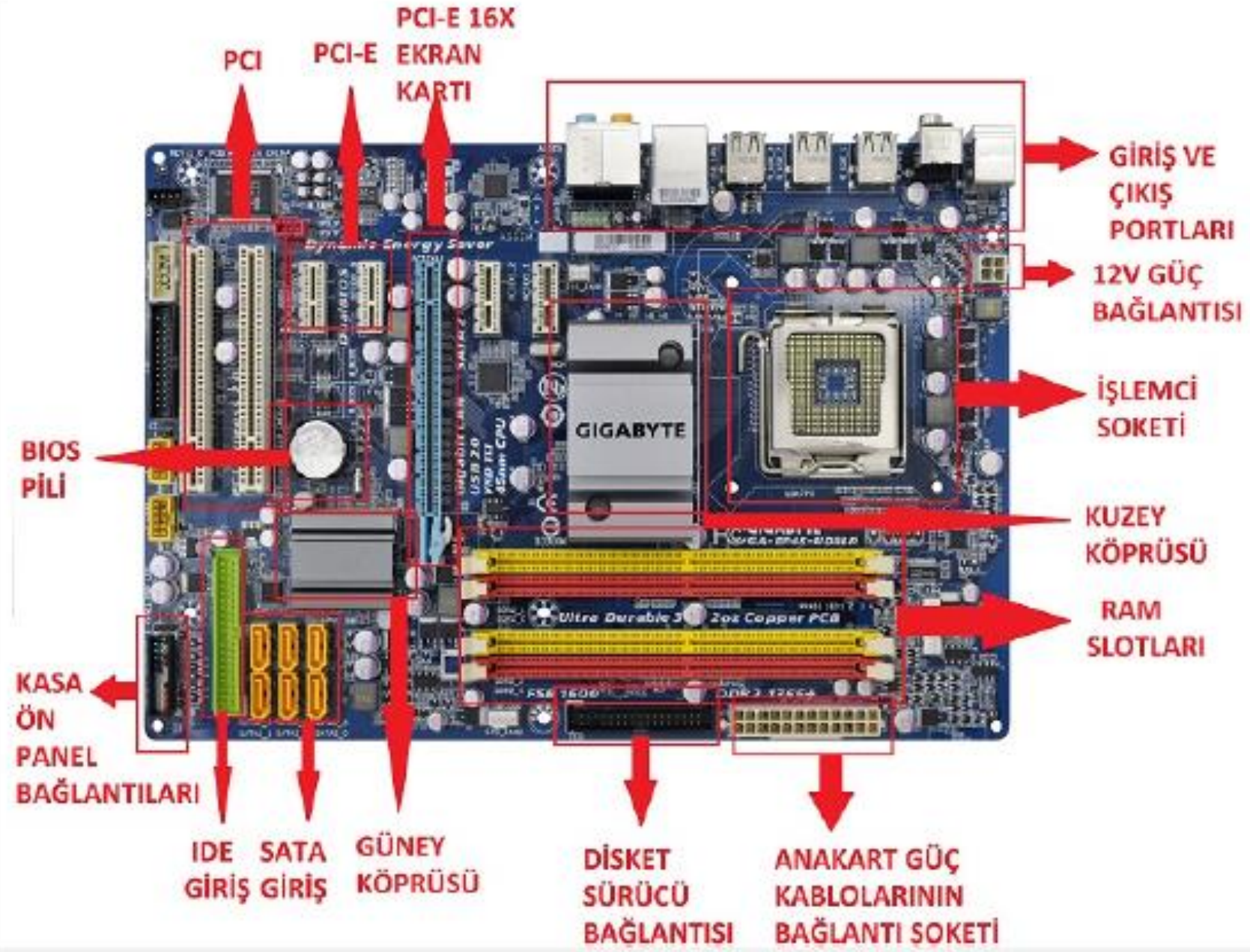




Computer Organization

“Mikroişlemci Mimari Yapısı”

Dr. Cahit Karakuş
Esenyurt Üniversitesi



Mikroişlemcilerin Gelişimi

Mikroişlemci (CPU-Central Processing Unit)

- Bilgisayar sisteminde veri işleyen elektronik devreye işlemci adı verilir. Bilgisayarlarda merkezi işlem birimi; kişisel bilgisayarlarda ise mikroişlemci olarak adlandırılır. İşlemci, veriyi enformasyona (Bilgi) dönüştürürken yazılım komutlarını yürütür.
- Bilgisayarlarda işlemci entegre devresi, baş parmak tırnağı büyüklüğünde veya biraz daha büyük silikon yonga üzerine basılmıştır. Bu yonga, sistem kartı olarak adlandırılan bilgisayarın ana devre kartının üstündeki sokete, pin adı verilen metal ayaklarla yerleştirilir.
- İşlemcilerin temel birim elemanı **transistörler**dir. Elektronik devrelerden transistörün üretilmesinde silisyum adı verilen kil ve toprakta çok bulunan ucuz bir element kum kullanılır.
- **Transistor**, elektron akışını kontrol eder. Transistör yarı iletken bir devre elemanıdır ve iletkenlerle beraber kullanıldığında elektronik tümleşik devreler elde edilir. **Tüm işlemler devreler arasında elektrik sinyalleri ile yürütülür.**

Mikroişlemci (CPU-Central Processing Unit)

- İşlemci, temel olarak kontrol birimi (CU) ve aritmetik - mantık biriminden (ALU) oluşur. Bu iki bileşen, sistem yolu (System Bus) adı verilen bir çeşit elektronik haberleşme hatları ile birleştirilir. Herbir hat üzerinde elektrik sinyal bulunur. Sembol olarak bitleri (1/0) temsil ederler. Sistem iletişim yolu aynı zamanda bilgisayarın diğer bellek ve giriş- çıkış birimlerine bağlanır.
- İşlemci veriyi işlerken, ana belleği oluşturan ROM bellek üzerindeki komutları ve verileri okur. ROM bellek salt okunan bellektir. Elektrik kesildiğinde ya da reset (Tüm işlemleri sıfırlama) atıldığında veriler kaybolmaz. Önceden bilgisayar mühendisleri tarafından içeriği hazırlanır ve yüklenir.
- Ana belleği oluşturan RAM bellek okunup yazılan bellektir, elektrik kesildiğinde ya da reset atıldığında içerik kaybolur.
- CPU'nun içinde bulunan Özel Amaçlı Geçici Saklayıcıları (Register) kullanılarak veriler üzerinde aritmetik işlemler yapılır, karşılaştırılır, isteğe bağlı olarak yönlendirilir, veriler transfer edilir. Bu işlevleri yerine getirirken veriler, ana belleğin diğer bileşeni olan RAM belleğe yazılır ve okunur.

Bilgisayarlarda Kullanılan İşlemciler

- Bilgisayarlarda kullanılan işlemciler ağırlıklı olarak iki tiptir: Intel ve Motorola şirketlerinin ürettiği yongalar.
- Intel işlemci yongaları: IBM bilgisayarlar için üretilen yongalardır. Intel yongalarının benzerleri AMD ve Cyrix adlı şirketler tarafından da üretilmektedir. Intel şirketi 1981 yılından beri kişisel bilgisayarlarda kullanılan 8086, 8088, 80286, 80386, 80486, Pentium, Pentium Pro, Pentium MMX, Pentium II, Pentium III, Pentium 4, Core i7, Core i9 yonga ailelerini çıkarmıştır. **Intel işlemci yongaları temelde x86 mimarisinde çalışırlar.**
- Motorola yongaları: Apple Macintosh bilgisayarları için üretilen yongalardır. Motorola şirketi 68000, 68020, 68030, 68040 yongalarını çıkarmıştır. Daha sonra Motorola, IBM ve Apple şirketleri ile birlikte PowerPC yonga ailesini çıkarmaya başlamıştır.
- **Her işlemcinin kendi makine dili vardır (Assemble).** Eski işlemci için hazırlanmış yazılım, yeni çıkarılan işlemciler tarafından da çalıştırılabilir. Ancak yazılımların yeni çıkan işlemcilerin veriminden tam olarak yararlanabilmesi için, yeni işlemci için yeni sürümünün çıkarılması gerekir.

Types of Microprocessors

Intel

- Pentium
- Celeron
- Xeon and Itanium

Intel-compatible

- Cyrix
- AMD

Early Intel Microprocessors

- Intel 8080 (1972)
 - 64K addressable RAM
 - 8-bit registers
 - CP/M operating system
 - 5,6,8,10 MHz
 - 29K transistors
- Intel 8086/8088 (1978)
 - IBM-PC used 8088
 - 1 MB addressable RAM
 - 16-bit registers
 - 16-bit data bus (8-bit for 8088)
 - separate floating-point unit (8087)
 - used in low-cost microcontrollers now

The IBM-AT

- Intel 80286 (1982)
 - 16 MB addressable RAM
 - Protected memory
 - several times faster than 8086
 - introduced IDE bus architecture
 - 80287 floating point unit
 - Up to 20MHz
 - 134K transistors

Intel IA-32 Family

- Intel386 (1985)
 - 4 GB addressable RAM
 - 32-bit registers
 - paging (virtual memory)
 - Up to 33MHz
- Intel486 (1989)
 - instruction pipelining (Komutların parçalara bölünmesi ile CPU'nun tüm birimlerinin aynı anda yüksek verimde çalışmasının sağlanması)
 - Integrated FPU (Floating Point Unit)
 - 8K cache (Ön bellek)
- Pentium (1993)
 - Superscalar (two parallel pipelines)

Intel P6 Family

- Pentium Pro (1995)
 - advanced optimization techniques in microcode
 - More pipeline stages
 - On-board L2 cache
- Pentium II (1997)
 - MMX (multimedia) instruction set
 - Up to 450MHz
- Pentium III (1999)
 - SIMD (streaming extensions) instructions (SSE)
 - Up to 1+GHz
- Pentium 4 (2000)
 - NetBurst micro-architecture, tuned for multimedia
 - 3.8+GHz
- Pentium D (2005, Dual core)

Intel x86 Evolution: Milestones

<i>Name</i>	<i>Date</i>	<i>Transistors</i>	<i>Clock - MHz</i>
• 8086	1978	29K	5-10
– First 16-bit Intel processor. Basis for IBM PC & DOS			
– 1MB address space			
• 386	1985	275K	16-33
– First 32 bit Intel processor , referred to as IA32			
– Added “flat addressing”, capable of running Unix			
• Pentium 4F	2004	125M	2800-3800
– First 64-bit Intel processor, referred to as x86-64			
• Core 2	2006	291M	1060-3500
– First multi-core Intel processor			
• Core i7	2008	731M	1700-3900 MHz

Intel x86 Processor Family

Processor	Integer Width (bits)	Physical Address (bits)	Year	Features
8086	16	20	1978	16-bit data I/O bus
8088	16	20	1979	8-bit data I/O bus Used in IBM PC-XT
286	32	24	1984	Used in IBM PC-AT
386	32	32	1985	First IA-32 processor Intel design standard Extensive OS support
486	32	32	1989	FPU + cache
Pentium	32	32	1993	Dual ALUs
Pentium II – III – 4	32 or 64	36 to 64	1995 to 2000	Multiple ALUs Reorders instructions for optimum efficiency
Multicore	32 or 64	36 to 64	2005	Multiple P4s on one chip

Processor	Year	Feature Size (μm)	Transistors	Frequency (MHz)	Word Size	Power (W)	Cache (L1 / L2 / L3)	Package
4004	1971	10	2.3k	0.75	4	0.5	none	16-pin DIP
8008	1972	10	3.5k	0.5–0.8	8	0.5	none	18-pin DIP
8080	1974	6	6k	2	8	0.5	none	40-pin DIP
8086	1978	3	29k	5–10	16	2	none	40-pin DIP
80286	1982	1.5	134k	6–12	16	3	none	68-pin PGA
Intel386	1985	1.5–1.0	275k	16–25	32	1–1.5	none	100-pin PGA
Intel486	1989	1–0.6	1.2M	25–100	32	0.3–2.5	8K	168-pin PGA
Pentium	1993	0.8–0.35	3.2–4.5M	60–300	32	8–17	16K	296-pin PGA
Pentium Pro	1995	0.6–0.35	5.5M	166–200	32	29–47	16K / 256K+	387-pin MCM PGA
Pentium II	1997	0.35–0.25	7.5M	233–450	32	17–43	32K / 256K+	242-pin SECC
Pentium III	1999	0.25–0.18	9.5–28M	450–1000	32	14–44	32K / 512K	330-pin SECC2
Pentium 4	2000	180–65 nm	42–178M	1400–3800	32/64	21–115	20K+ / 256K+	478-pin PGA
Pentium M	2003	130–90 nm	77–140M	1300–2130	32	5–27	64K / 1M	479-pin FCBGA
Core	2006	65 nm	152M	1000–1860	32	6–31	64K / 2M	479-pin FCBGA
Core 2 Duo	2006	65–45 nm	167–410M	1060–3160	32/64	10–65	64K / 4M+	775-pin LGA
Core i7	2008	45 nm	731M	2660–3330	32/64	45–130	64K / 256K / 8M	1366-pin LGA
Atom	2008	45 nm	47M	800–1860	32/64	1.4–13	56K / 512K+	441-pin FCBGA

INTEL® CORE™ X-SERIES PROCESSOR FAMILY PRODUCT FEATURES

i9

INTEL® CORE™

i9-7980XE
PROCESSOR
EXTREME EDITION

INTEL® CORE™
i9-7960X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7940X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7920X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7900X
PROCESSOR

	INTEL® CORE™ i9-7980XE PROCESSOR EXTREME EDITION	INTEL® CORE™ i9-7960X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7940X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7920X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7900X PROCESSOR
Base Clock Speed (GHz)	2.6	2.8	3.1	2.9	3.3
Number of Processor Cores / Threads	18 / 36	16 / 32	14 / 28	12 / 24	10 / 20
Intel® Turbo Boost Max Technology 3.0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel® Turbo Boost Technology 2.0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel® Turbo Boost Frequency ² (GHz)	4.2	4.2	4.3	4.3	4.3
Memory Support	4 channels DDR4-2666	4 channels DDR4-2666	4 channels DDR4-2666	4 channels DDR4-2666	4 channels DDR4-2666
PCI Express Lanes	44	44	44	44	44
PCI Express 3.0	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Unlocked Core Multiplier	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

INTEL® CORE™ X-SERIES PROCESSOR FAMILY PRODUCT FEATURES

i9

INTEL® CORE™

i9-7980XE
PROCESSOR
EXTREME EDITION

INTEL® CORE™
i9-7960X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7940X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7920X
PROCESSOR

INTEL® CORE™
i9-7900X
PROCESSOR

	INTEL® CORE™ i9-7980XE PROCESSOR EXTREME EDITION	INTEL® CORE™ i9-7960X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7940X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7920X PROCESSOR	INTEL® CORE™ i9-7900X PROCESSOR
Intel® Smart Cache	24.75 MB L3 shared	22 MB L3 shared	19.25 MB L3 shared	16.5 MB L3 shared	13.75 MB L3 shared
AES New Instructions (AES-NI)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Overclocking Enabled	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Intel® Virtualization Technology	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Recommended Intel® Chipset	X299	X299	X299	X299	X299
TDP	165W	165W	165W	140W	140W
Socket (LGA)	2066	2066	2066	2066	2066

Why Study the x86?

- The root of the Intel processor family that is commonly referred to as the 8086 family.
- 8086 (x86) ailesi olarak anılan Intel işlemci ailesinin mimari tasarım köküdür.

Processor	Data bus width	Address bus width	Size of address space
80186	16	20	$2^{20} = 1 \text{ Meg}$
80286	16	24	$2^{24} = 16 \text{ Meg}$
80386SX	16	24	$2^{24} = 16 \text{ Meg}$
80386DX	32	32	$2^{32} = 4 \text{ Gig}$
80486	32	32	$2^{32} = 4 \text{ Gig}$
80586 "Pentium"	64	32	$2^{32} = 4 \text{ Gig}$

Basic Bus Architecture

Bus Architecture:- Three buses:

○Address:

If I/O, a value between 0000H and FFFFH is issued.

If memory, it depends on the architecture:

20-bits (8086/8088)

24-bits (80286/80386SX)

25-bits (80386SL/SLC/EX)

32-bits (80386DX/80486/Pentium)

36-bits (Pentium Pro/II/III)

○Data:

8-bits (8088)

16-bits (8086/80286/80386SX/SL/SLC/EX)

32-bits (80386DX/80486/Pentium)

64-bits (Pentium/Pro/II/III)

○Control:

Most systems have at least 4 control bus connections (active low).

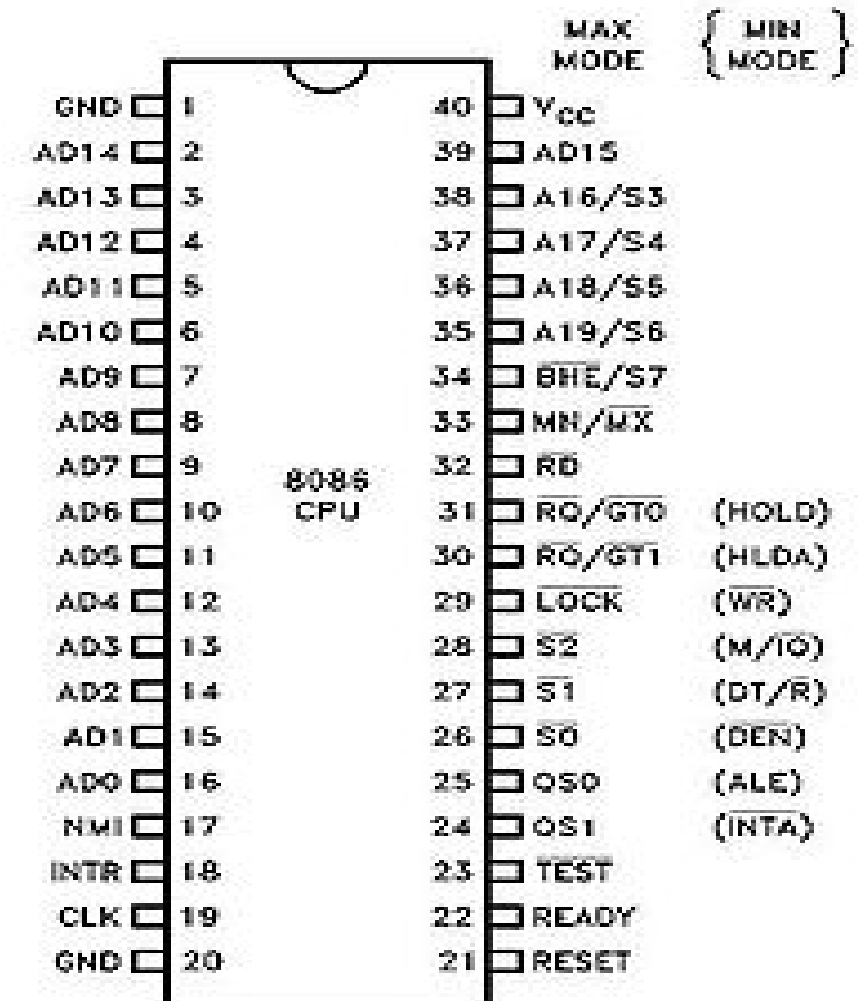
MRDC (Memory Read Control), *MWRC*, *IORC* (I/O Read Control), *IOWC*.



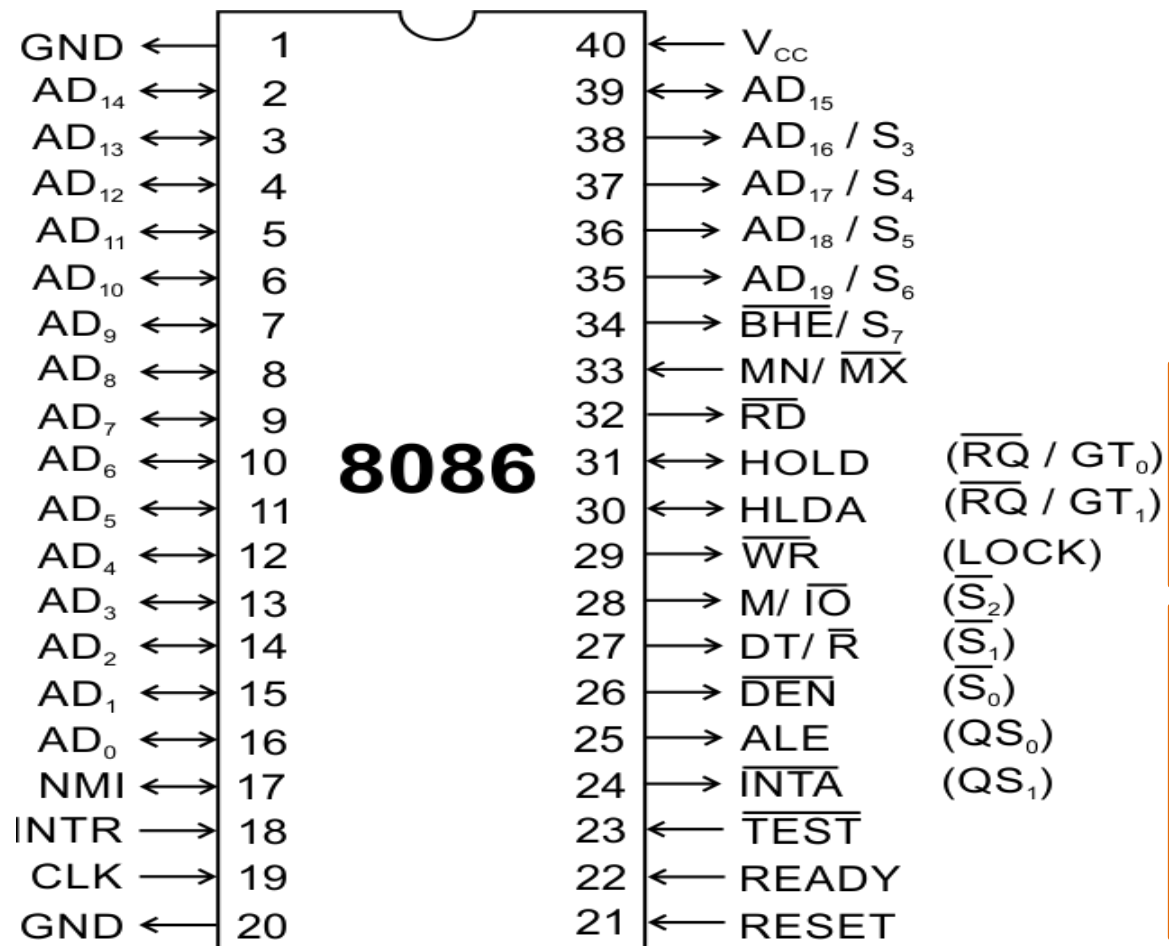
“x86-Microprocessor Pins”

8086

- The 8086 is a 16-bit microprocessor chip designed by Intel, which gave rise to the x86 architecture; development work on the 8086 design started in the spring of 1976 and the chip was introduced to the market in the summer of 1978.
- The Intel 8088, released in 1979, was a slightly modified chip with an external 8-bit data bus (allowing the use of cheaper and fewer supporting logic chips and is notable as the processor used in the original IBM PC.



Common signals



AD0 – AD15: Adres ve Data hatları aynıdır. Önce adres hatları aktif olur; böylece bellek ve bellek gözü seçilir; ardından okunacak ya da yazılacak veri aktif olur.

AD₀-AD₁₅ (Bidirectional)

Address/Data bus

- Low order address bus; these are multiplexed with data.
- When AD lines are used to transmit memory address the symbol A is used instead of AD, for example A₀-A₁₅.
- When data are transmitted over AD lines the symbol D is used in place of AD, for example D₀-D₇, D₈-D₁₅ or D₀-D₁₅.

A₁₆/S₃, A₁₇/S₄, A₁₈/S₅, A₁₉/S₆

High order address bus. These are multiplexed with status signals

BHE (Active Low)/S₇ (Output)

Bus High Enable/Status

It is used to enable data onto the most significant half of data bus, D₈-D₁₅. 8-bit device connected to upper half of the data bus use BHE (Active Low) signal. It is multiplexed with status signal S₇.

MN/ MX - MINIMUM / MAXIMUM

This pin signal indicates what mode the processor is to operate in.

RD (Read) (Active Low)

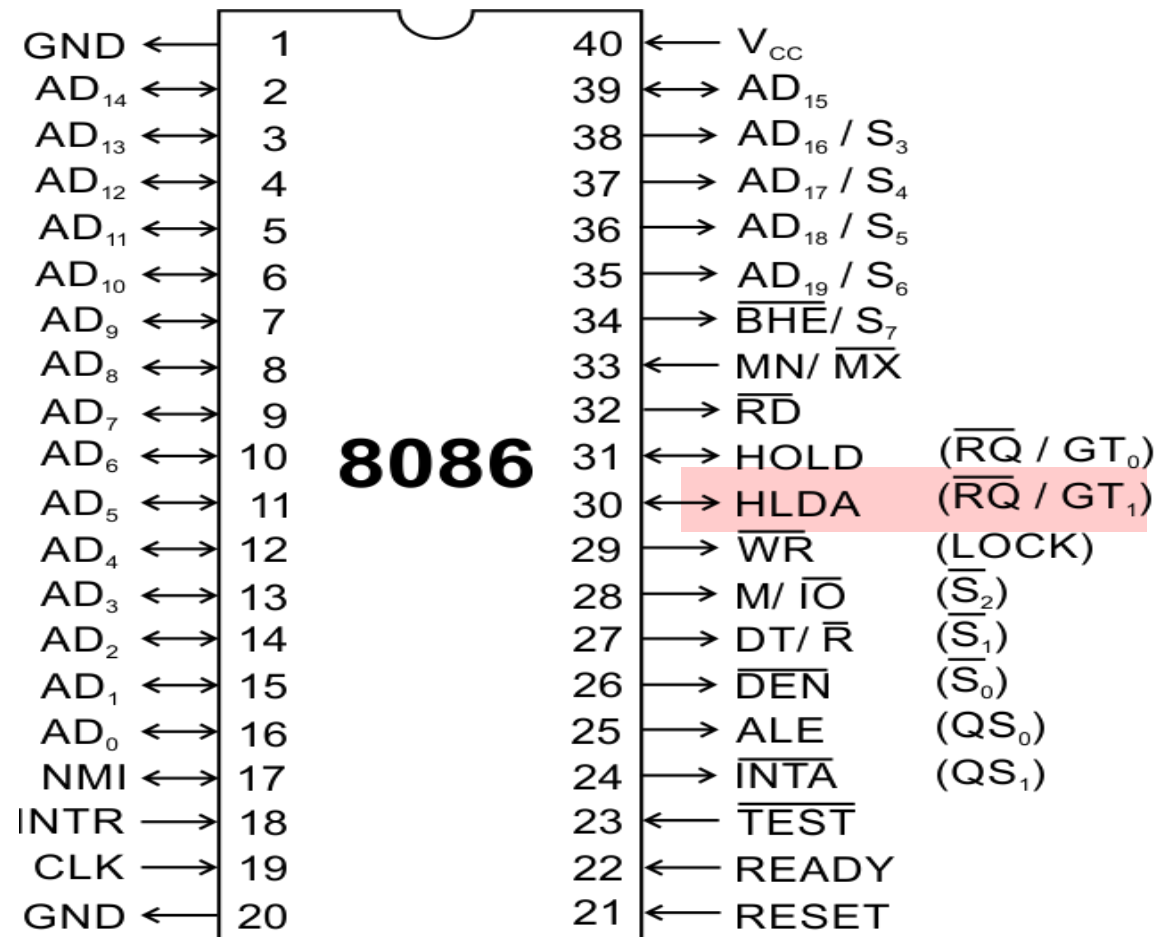
The signal is used for read operation. It is an output signal. It is active when low.

Adres – Data Bus hatları

Soru: Bir mikroişlemcinin adres ve data bus hatları AD0, AD1, AD2, ... , AD15, A16, A17, A18, A19 olarak verilmiş ise

- a) Data bus hat sayısı nedir? Açıklayınız.
- b) Adres Bus hat sayısı nedir? Bellek ve bellek gözü erişim kapasitesi nedir? Açıklayınız.
- c) Data bus hatları ile adres bus hatları neden aynıdır?
 - Data bus hat sayısı: 16 bit. İndisleme: AD0, AD1, AD2, ... , AD15. 1 Clock peryodunda 16 bit bellek gözüne yazılır ve okunur.
 - Adres bus hat sayısı: 20 bit. AD0, AD1, AD2, ... , AD15, A16, A17, A18, A19 . Bellek ve bellek gözü erişim kapasitesi: 2^{20} byte=1Mbyte.
 - CPU'da işlemler clock cevrimi ile yerine getirilmektedir.

Common signals



TEST

- $\overline{TEST}$ input is tested by the 'WAIT' instruction.
- 8086 will enter a wait state after execution of the WAIT instruction and will resume execution only when the $\overline{TEST}$ is made low by an active hardware.
- This is used to synchronize an external activity to the processor internal operation.

READY

- This is the acknowledgement from the slow device or memory that they have completed the data transfer.
- The signal made available by the devices is synchronized by the 8284A clock generator to provide ready input to the 8086.
- The signal is active high.

RESET (Input)

- Causes the processor to immediately terminate its present activity.
- The signal must be active HIGH for at least four clock cycles.

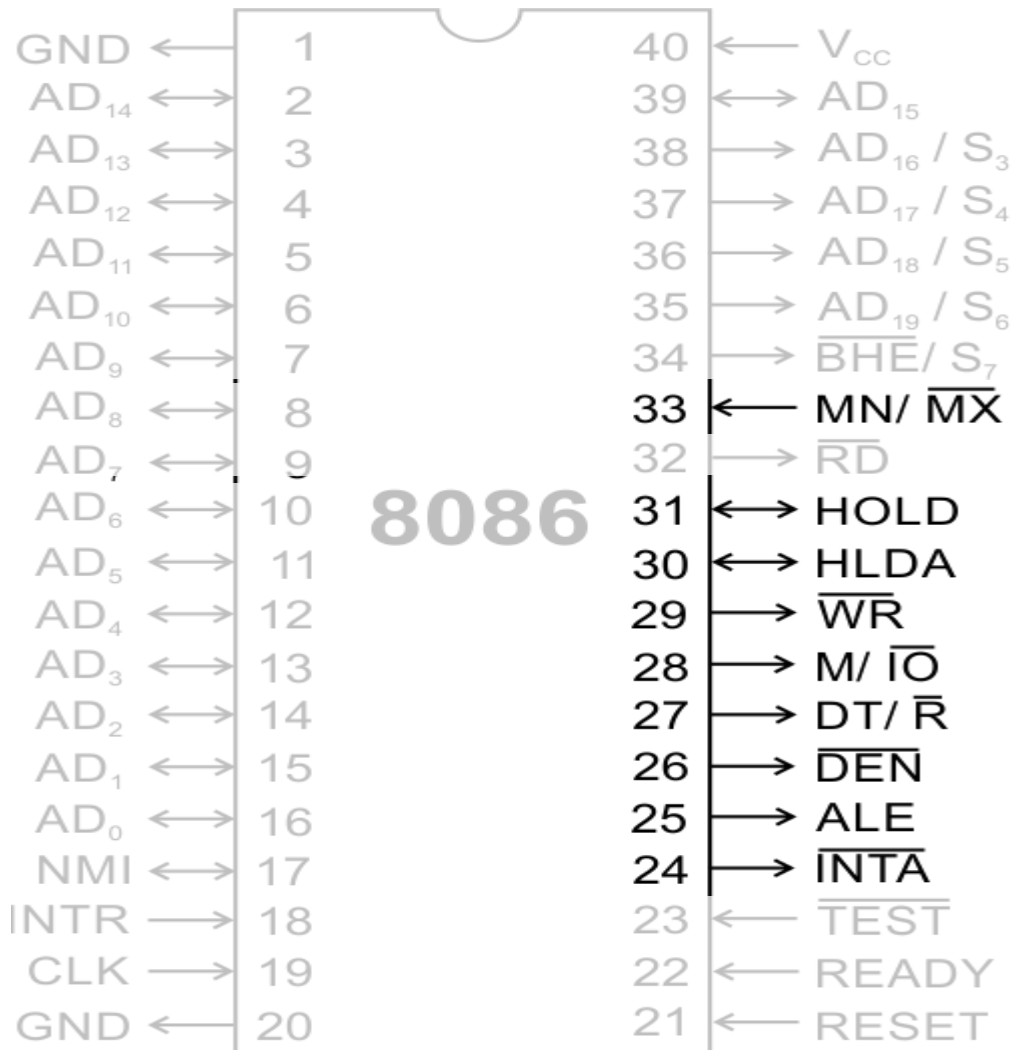
CLK

The clock input provides the basic timing for processor operation and bus control activity. Its an asymmetric square wave with 33% duty cycle.

INTR Interrupt Request

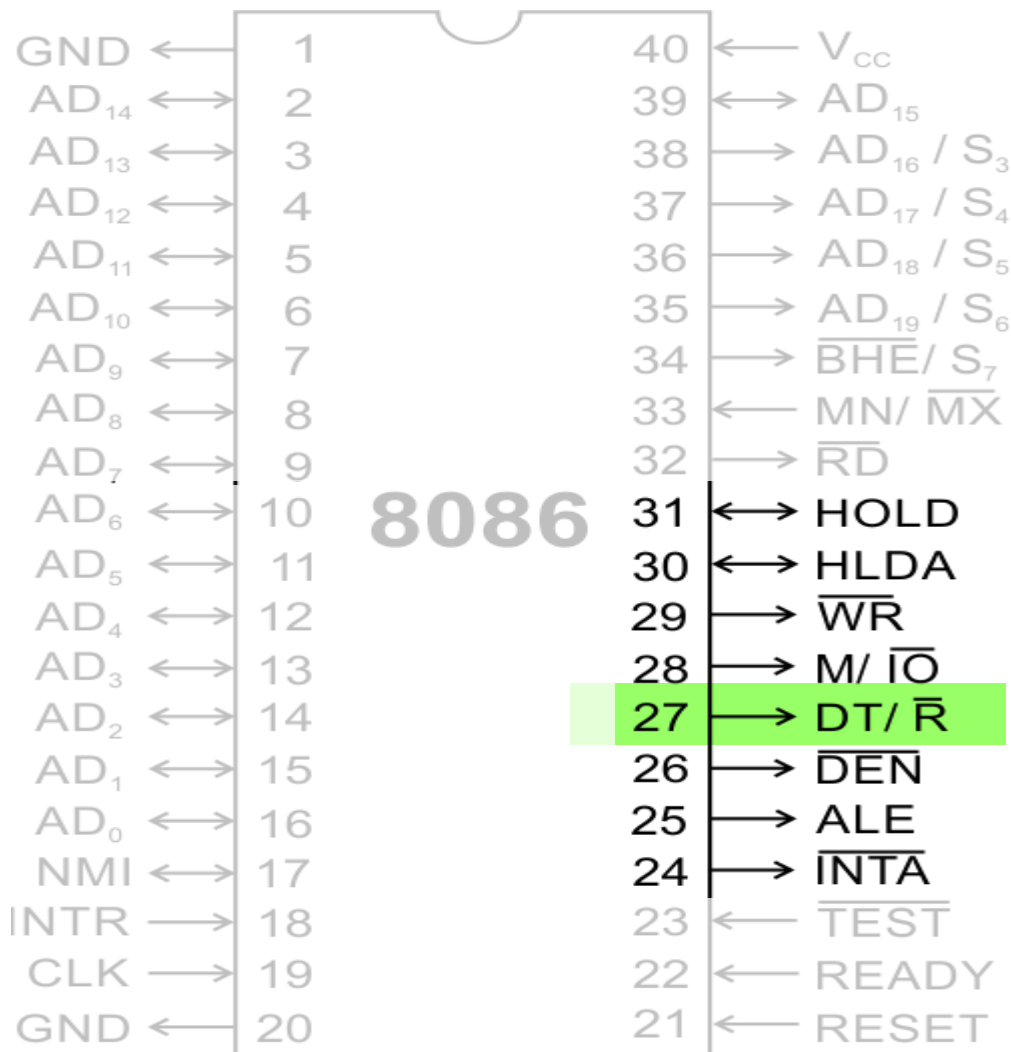
- This is a triggered input. This is sampled during the last clock cycles of each instruction to determine the availability of the request. If any interrupt request is pending, the processor enters the interrupt acknowledge cycle.
- This signal is active high and internally synchronized.

Min/ Max Pins



- The 8086 microprocessor can work in two modes of operations : **Minimum mode** and **Maximum mode**.
- In the minimum mode of operation the microprocessor do not associate with any co-processors and can not be used for multiprocessor systems.
- In the maximum mode the 8086 can work in multi-processor or co-processor configuration.
- Minimum or maximum mode operations are decided by the pin MN/MX(Active low).
- When this pin is high 8086 operates in minimum mode otherwise it operates in Maximum mode.

Minimum mode signals

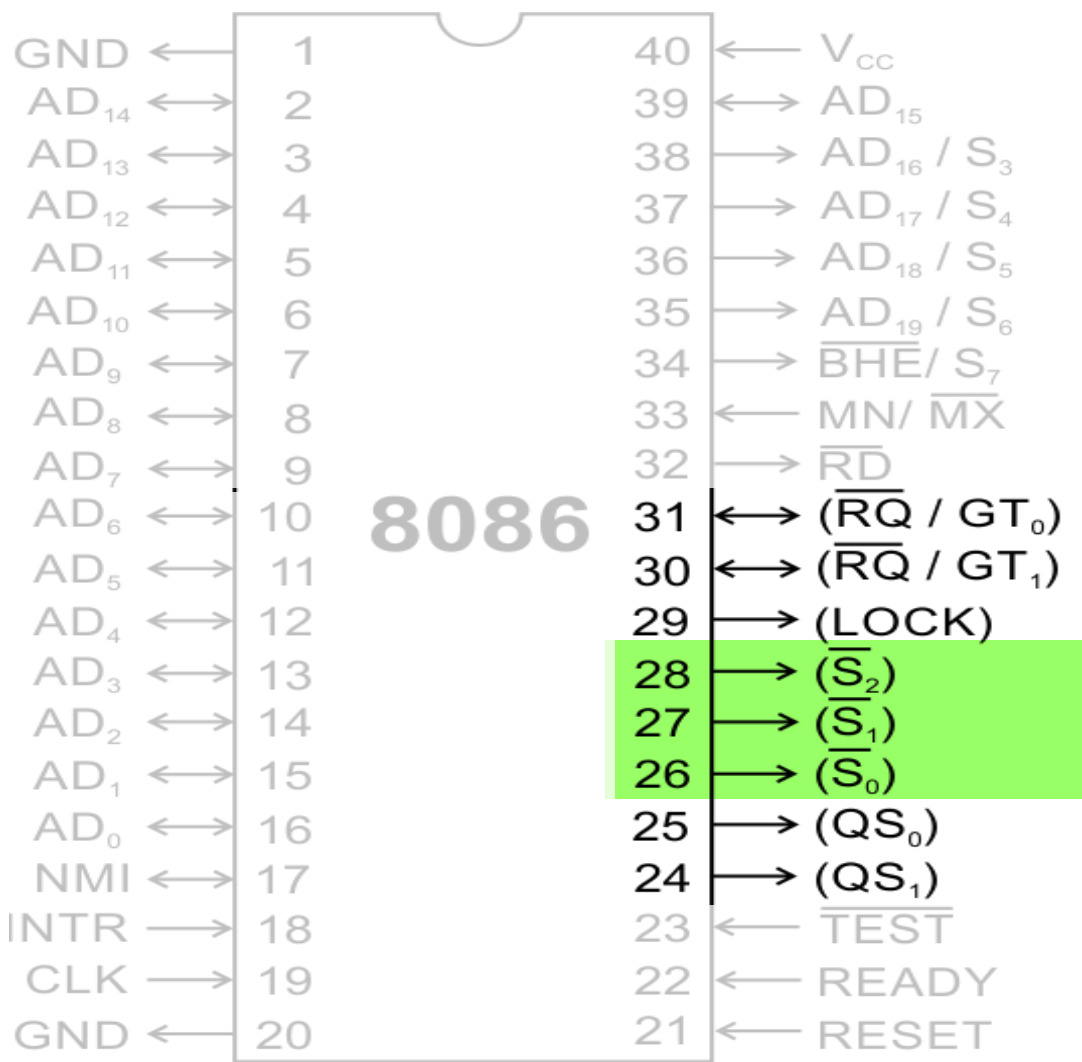


Pins 24 -31

- For minimum mode operation, the MN/ $\overline{MX}$ is tied to VCC (logic high)
- 8086 itself generates all the bus control signals

DT/ $\overline{R}$	(Data Transmit/ Receive) Output signal from the processor to control the direction of data flow through the data transceivers
$\overline{DEN}$	(Data Enable) Output signal from the processor used as out put enable for the transceivers
ALE	(Address Latch Enable) Used to demultiplex the address and data lines using external latches
M/ $\overline{IO}$	Used to differentiate memory access and I/O access. For memory reference instructions, it is high. For IN and OUT instructions, it is low.
$\overline{WR}$	Write control signal; asserted low Whenever processor writes data to memory or I/O port
$\overline{INTA}$	(Interrupt Acknowledge) When the interrupt request is accepted by the processor, the output is low on this line.
HOLD	Input signal to the processor form the bus masters as a request to grant the control of the bus. Usually used by the DMA controller to get the control of the bus.
HLDA	(Hold Acknowledge) Acknowledge signal by the processor to the bus master requesting the control of the bus through HOLD. The acknowledge is asserted high, when the processor accepts HOLD.

Maximum mode signals



During maximum mode operation, the MN/ $\overline{MX}$ is grounded (logic low)

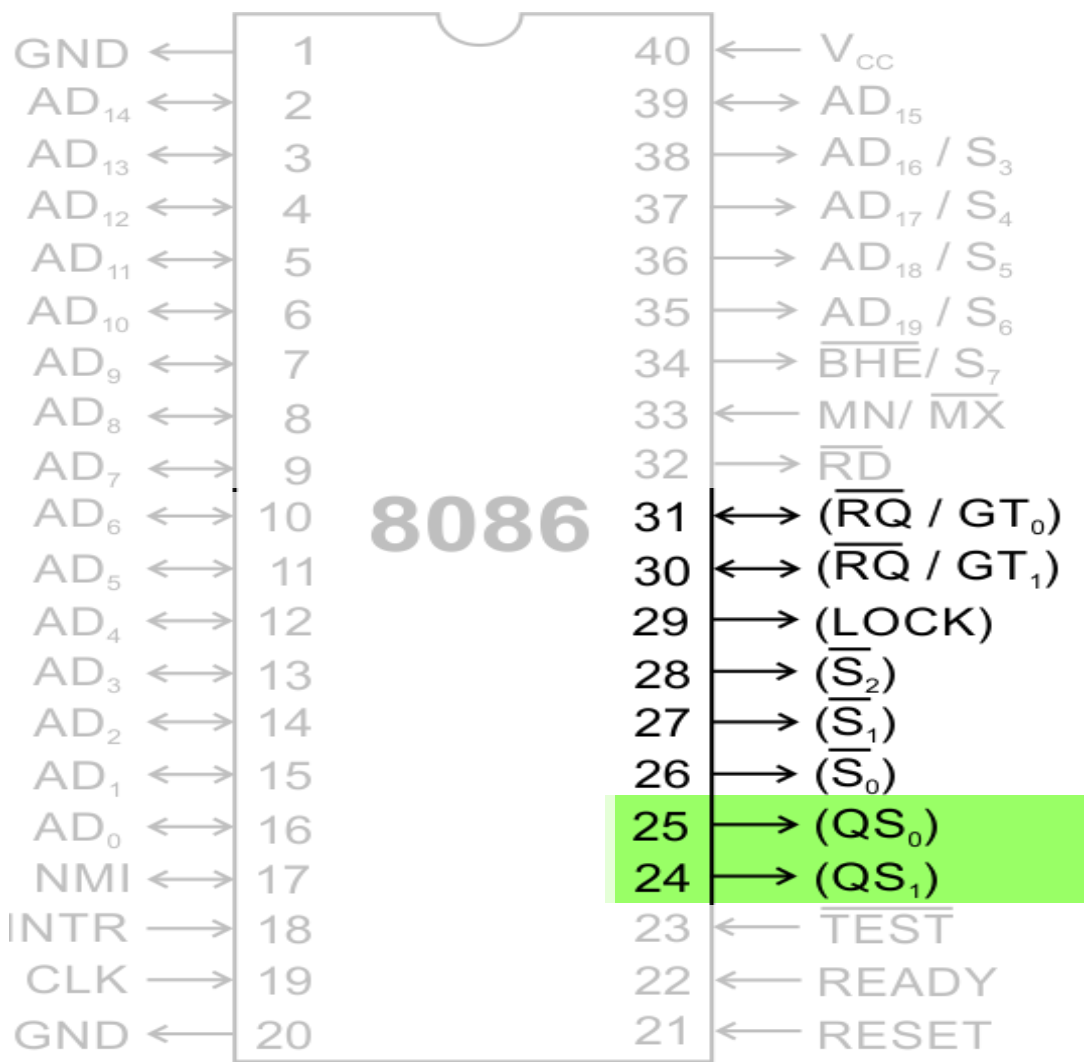
Pins 24 -31 are reassigned

$\overline{S_0}, \overline{S_1}, \overline{S_2}$

Status signals; used by the 8086 bus controller to generate bus timing and control signals. These are decoded as shown.

Status Signal			Machine Cycle
$\overline{S_2}$	$\overline{S_1}$	$\overline{S_0}$	
0	0	0	Interrupt acknowledge
0	0	1	Read I/O port
0	1	0	Write I/O port
0	1	1	Halt
1	0	0	Code access
1	0	1	Read memory
1	1	0	Write memory
1	1	1	Passive/Inactive

Maximum mode signals



During maximum mode operation, the MN/ $\overline{MX}$ is grounded (logic low)

Pins 24 -31 are reassigned

$\overline{QS_0}, \overline{QS_1}$

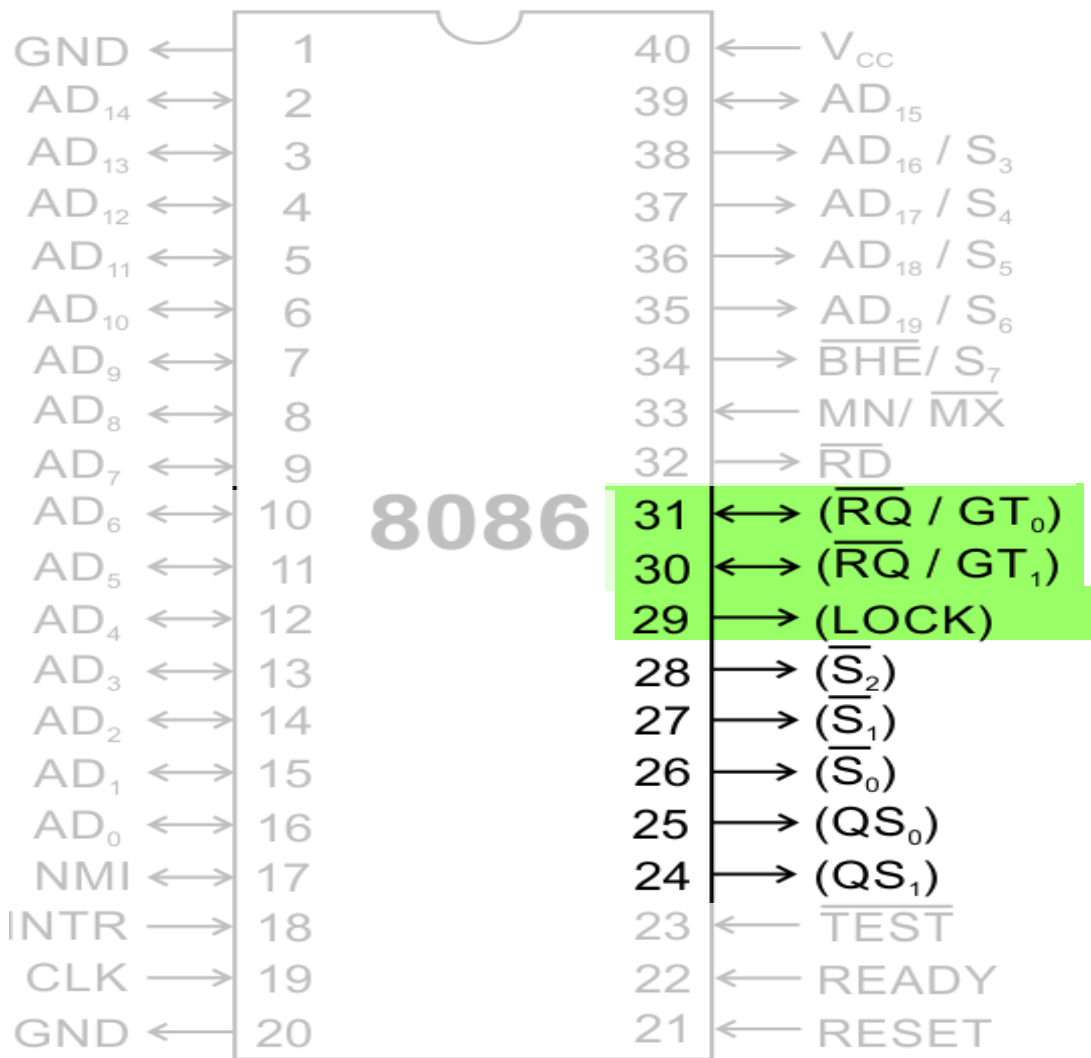
(Queue Status) The processor provides the status of queue in these lines.

The queue status can be used by external device to track the internal status of the queue in 8086.

The output on QS₀ and QS₁ can be interpreted as shown in the table.

Queue status		Queue operation
QS ₁	QS ₀	
0	0	No operation
0	1	First byte of an opcode from queue
1	0	Empty the queue
1	1	Subsequent byte from queue

Maximum mode signals



During maximum mode operation, the MN/ $\overline{MX}$ is grounded (logic low)

Pins 24 -31 are reassigned

$\overline{RQ}/\overline{GT_0}$,
 $\overline{RQ}/\overline{GT_1}$

(**Bus Request/ Bus Grant**) These requests are used by other local bus masters to force the processor to release the local bus at the end of the processor's current bus cycle.

These pins are bidirectional.

The request on $\overline{GT_0}$ will have higher priority than $\overline{GT_1}$

$\overline{LOCK}$

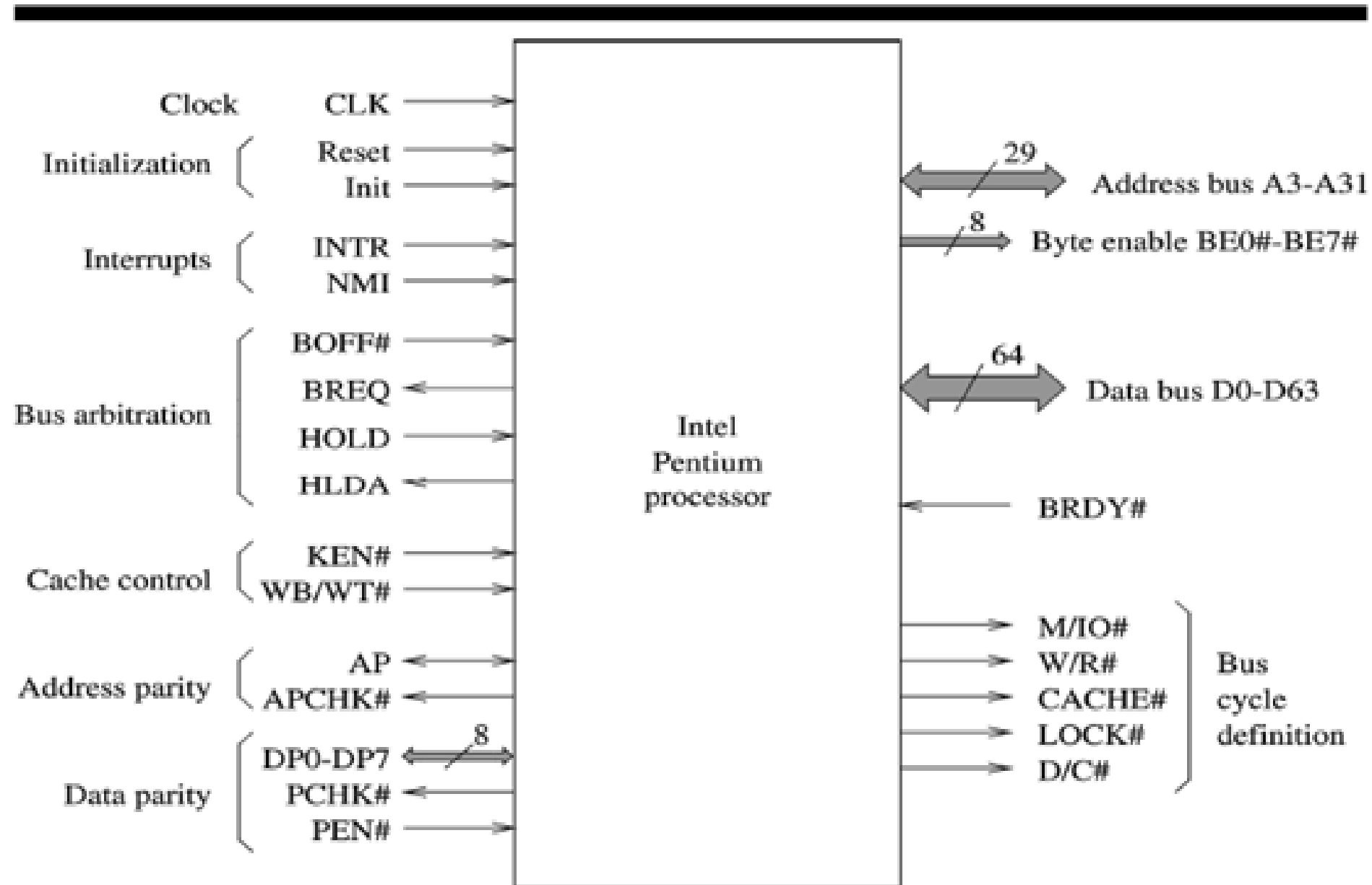
An output signal activated by the LOCK prefix instruction.

Remains active until the completion of the instruction prefixed by LOCK.

The 8086 output low on the $\overline{LOCK}$ pin while executing an instruction prefixed by LOCK to prevent other bus masters from gaining control of the system bus.

Pentium Processor

Pentium Processor



Örnek:

- Adres bus hat sayısı 29, Data bus hat sayısı 64 bit ise sistemi yorumlayınız.
- $64/8=8$ byte; 1 clock peryodunda 8 byte yazar.
- O halde bellek boyutu = $8 * 2^{29} = 2^{32}$ byte = 4 Gyte
- Kaç bittir? $2^{32} * 8$ bit (1 byte=8bit) 2^{35} bit.
- CPU frekansı 1GHz ise 64bitlik bilgi kaç saniyede yazılıp okunur? $f=1 * 10^9$ Hz, Peryod $T=1/f= 10^{-9}$ saniye.
- 10^{-9} saniyede 64 bitlik bilgi yazılır ya da okunur.



**“CPU - Central Processing
Unit”**

The CPU: The Real Computer

- CPU genellikle "işlemci" olarak adlandırılır
- Girdinin çıktıya dönüşümlerini gerçekleştirir
- Programlardaki komutları yorumlar ve yürütür
- Aritmetik ve mantıksal veri manipülasyonları gerçekleştirir
- Bellek aracılığıyla dolaylı olarak bilgisayar sisteminin diğer bölümleriyle iletişim kurar.

Modern Microprocessor

- Elektronik devrelerin karmaşık koleksiyonudur.
- Devre kartındaki diğer yongalarla birlikte CPU'da bulunur.
- Bilgisayarın CPU'sunu içeren devre kartına **anakart** denir.

İşlemci

- İşlemci, komutları yorumlayan ve yerine getiren işlevsel bir birimdir.
- Merkezi İşlem Birimi (CPU) olarak da adlandırılır.
- Bu işlem kümesine komut kümesi denir.
- Makine talimatları olarak da anılır.
- Yazıldıkları ikili dile (bit: 0/1) makine dili denir.
- Bu adım adım işlem, saniyenin milyonda biri olarak ölçülen hızlarda defalarca tekrarlanır.
- Clock hızı veri işlemeyi yönetir: her adım, clock periyodunun başlaması için tetiklemenin 'tıklamasını' beklemelidir, 300 MHz'lik bir işlemci saniyede 300 000 000 kez çalışan bir clock kullanacaktır.
- işlemcinin görevi
 - Komutları bellekten alır
 - Bellekten veri (işlenenler) alır
 - İşlemi gerçekleştirir
 - Sonucu hafızada saklar
 - Sonraki komutu alır.

Mikroişlemci Nedir?

- Mikroişlemciler, bilgisayar sisteminde bir bilgisayar mühendisinin beynidir. Dönüşümü sağlayan bilgisayar mühendisinin yazdığı komutlardır.
- Bilgisayar operasyonlarını kontrol ederek veri işleme işlevlerini yerine getirir. Kısaca işlemci veya CPU (Central Process Unit-Merkezi İşlem Birimi), kullanıcı ya da programcı tarafından yazılan programları meydana getiren komutları veya bilgileri yorumlamak ve yerine getirmek için gerekli olan tüm mantıksal devreleri kapsar.
- İlk mikroişlemci 1971 yılında hesap makinasında kullanmak amacıyla üretilen Intel firmasının 4004 adlı ürünüdür. Bir defada işleyebileceği verinin 4-bit olmasından dolayı 4-bitlik işlemci denilmekteydi.

Mikroişlemci

- Mikroişlemci: ROM bellekten komutları alan, komut kodu çözen, komuta göre işleri yürüten (işlemler: Toplama, Öteleme, Karşılaştırma, Mantıksal), belleğe yazma ya da çıkış üreten program kontrollü yarı iletken cihazdır (Semiconductor Device, IC: Integrated Circuit). Bilgisayarlarda CPU (Central Processing Unit: Merkezi İşlem Birimi) olarak kullanılır.
- Mikroişlemcinin en küçük temel elektronik devre elemanı transistör. Transistörlerden lojik kapı; lojik kapılardan mikroişlemci, bellek, I/O birimler vesaire yapılır. Transistörler atomik yapıda üretilirler.
- Geleneksel bilgisayarlar elektrik sinyali ile çalışır.
- Quantum hesaplama da elektronlar kullanılır; CPU'nun ALU'su (Aritmetik – Lojik birimi) olarak görev yapar.

Mikroişlemcilere Genel Bakış

- İşlemci veya CPU, kullanıcı ya da programcı tarafından yazılan programları meydana getiren komutları veya bilgileri yorumlamak ve işlemek için gerekli olan tüm matematik ve mantıksal devreleri kapsar.
- İlk mikroişlemci 1971 yılında hesap makinası amacıyla üretilen Intel firmasının 4004 adlı ürünüdür. Bir defada işleyebileceği verinin 4-bit olmasından dolayı 4-bitlik işlemci denilmekteydi.
- Mikroişlemci temel bileşenleri: Registers (Geçici kayıt ediciler), ALU (Aritmetik Lojik birimi), Kontrol birimi, Sistem Bus (Adres, data ve kontrol)
- Mikroişlemcinin en küçük temel elektronik devre elemanı transistör. Günümüzde **Transistörler (1947) atomik boyutta üretilmektedir.**

Mikroişlemci Özellikleri -1

- 1) Mikro işlemcinin bir saat darbesinde (Clock peryodunda) işlem yapabileceği ve transfer edeceği bit sayısı: Transfer edilen veriler işlemcinin özelliğine göre 4-bit, 8-bit, 16-bit, 32-bit, 64-bit ve 128 bit uzunluğunda olabilir. Veri yolu uzunluğuna eşittir (Data Bus).
- 2) Komut İşleme Hızı: Mikro işlemcilerin çalışması için clock sinyallerine ihtiyaç vardır. İşlemci (CPU) her clock sinyalinde bir sonraki işlem basamağına geçer. Clock frekansı mikro işlemciye dışardan uygulanan ya da işlemcinin içinde bulunan osilatörün frekansıdır. Komut çevrim süresi ise herhangi bir komutun görevini tamamlayabilmesi için geçen süredir.
- 3) Adresleme Kapasitesi: Bir işlemcinin adresleme kapasitesi, adresleyebileceği veya doğrudan erişebileceği bellek alanının büyüklüğüdür. Bu büyüklük işlemcinin adres hattı sayısına bağlıdır. **Bu hattın sayısı tasarlanacak sistemde kullanılabilecek bellek miktarını da belirlemektedir. Bir bilgisayar sisteminde erişilebilecek ana bellek boyutu, adres bus hat sayısı ile belirlenir.**

Mikroişlemci Özellikleri -2

- 1) **Register Sayısı ve boyutları:** Mikro işlemcilerde geçici kaydediciler (Registers), genel amaçlı kaydediciler ve özel amaçlı kaydediciler olmak üzere iki grupta toplanır.
- 2) Bu kaydediciler 8, 16, 32 ve 64-bitlik olabilir. Kaydedicilerin sayısının programcının işinin kolaylaştırmasının yanında programın daha sade ve anlaşılır olmasını da sağlar.
- 3) Her mikro işlemcinin kendine has yapısı ve kaydedici isimleri vardır. **Herhangi bir mikro işlemciyi programlamaya başlamadan önce mutlaka bu kaydedicilerin isimlerinin ve ne tür işlevlere sahip olduklarının iyi bilinmesi gerekir.**

Farklı Adresleme Modları: Bir komutun işlenmesi için gerekli verilerin bir bellek bölgesinden alınması veya bir bellek bölgesine konulması ya da bellekteki veriyi –Register’a, Register 2daki veriyi - belleğe veya Register’daki veriyi –Register’A transfer edilmesi için farklı erişim yöntemleri kullanılır. Mikro işlemcinin işleyeceği bilgiye farklı erişim şekilleri, "adresleme yöntemleri" olarak ifade edilir. Kısaca adres tarif yollarıdır.

Mikroişlemci Özellikleri -4

- İlave Edilecek Devrelere Uyumluluk: Bilgisayar sistemlerine eklenecek donanımlar ve yazılımların en azından işlemci hızında çalışması ve yeterli donanım alanı ve yerleşkesi olmalıdır gerekir.
- Sisteme ilave edilecek belleklerin hızları işlemci ile aynı hızda olması tercih edilmelidir.
- Aynı şekilde sisteme takılan giriş çıkış birimlerinin hızları ve performansları mikro işlemci ile aynı veya çok yakın olmalıdır.
- Sisteme takılan birimlerin hızları mikro işlemciye göre düşükse mikro işlemcinin hızı ve performansı diğer elemanlardaki yavaşlıktan dolayı düşer.
- Örneğin bir sensör ile ortam sıcaklığını ölçtüğümüzü düşünelim. Eğer sensörümüz geç ısınıp, soğuyorsa mikroişlemci ile sensörümüzü hızlı okumanın bir anlamı olmaz.

Bir mikroişlemcinin iç yapısı

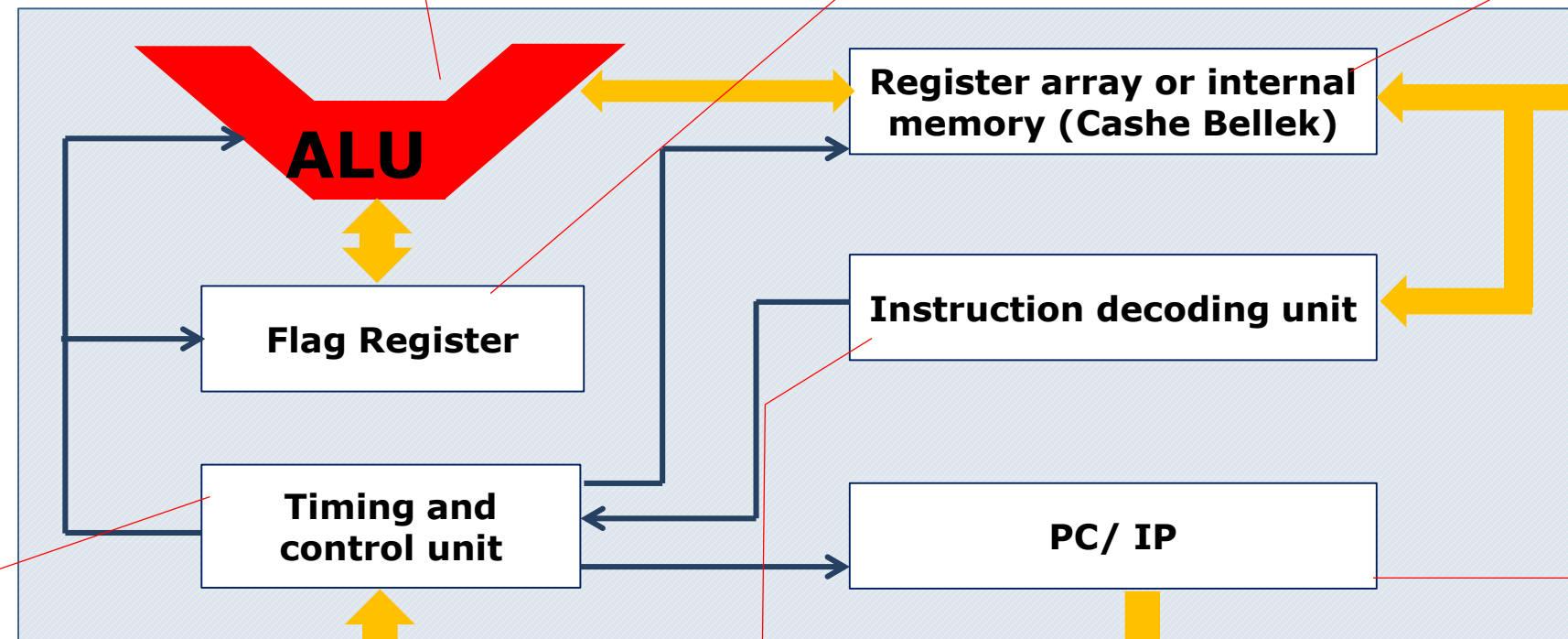
- **Internal structure of a microprocessor:**
 - **Register sets (Komut ve verilerin işlenmek üzere saklandığı kayıt ediciler),**
 - Arithmetic and logic unit (ALU),
 - Control Unit,
 - System Bus (adres, Data, Control),
 - Zamanlama ve senkron : Clock.
- Register sets: Accumulator, Flag register, Program counter, Segment, Pointer and Index registers
- System Bus (veri yolu): data bus (hatların tümü grup olarak çalışır, iki yönlü bit olarak veri taşır), address bus (hatların tümü grup olarak çalışır, tek yönlüdür, bellek ve bellek gözü seçer) and control bus.
- Microprocessor clock and Timing system: verileri işlemede senkronize eder.

Microprocessor Functional blocks

Computational Unit; performs arithmetic and logic operations

Various conditions of the results are stored as status bits called flags in flag register

Internal storage of data



Generates the address of the instructions to be fetched from the memory and send through address bus to the memory

PC/IP: Program Counter/ Instruction Pointer

Generates control signals for internal and external operations of the microprocessor

Decodes instructions; sends information to the timing and control unit

CPU - Central Processing Unit

- Bir programının talimatlarını yerine getiren bir bilgisayar sisteminin parçasıdır.
- Bilgisayarın işlevlerini yerine getiren birincil öğedir.
- Program komutlarını okuyan, yürüten ve yazan birimdir.
- Komutlar (Program) işlemciye ne yapması gerektiğini söyler.
 - Bilgisayar sisteminde bir programın kodlarını işler.
 - Program kodlarını çözen ve çalıştıran birimdir.
 - CPU tüm bu işlemleri Özel Amaçlı Geçici Kayıtediciler (Registers) ve ALU üzerinden bellekler ile birlikte yerine getirir.



Pentium D dual core processors

Three criteria in Choosing a Microprocessor

- Bilgi işlem ihtiyaçlarını verimli ve uygun maliyetli bir şekilde karşılamak
 - Hız,
 - ROM ve RAM kapasitesi,
 - G / Ç bağlantı noktası ve zamanlayıcı sayısı,
 - güç tüketimi
 - Yükseltme (upgrade), Güncelleme (Update) kolay
- Yazılım geliştirme araçlarının kullanılabilirliği
 - Derleyiciler (assemblers),
 - Hata ayıklayıcılar (debuggers),
 - C derleyicileri,
 - Emulator: Yönetilebilir sinyal üreticileri (1/0)),
 - Simülatör: Donanım benzerini yazılım olarak oluşturma
 - Optimizasyon: En iyileme (Katsayıların değişkenliklerindeki hassasiyetlere göre beklenen çıkış değerinin kaotik değişmemesi)
 - Teknik destek
- Kullanılabilirliği ve güvenilir kaynakları

İşlemcide Veri İşlem Türleri

- Veri Transfer İşlemleri
 - verileri bellekten CPU'ya (Register ya da Cache bellek) transfer
 - verileri CPU'dan (Register ya da Cache bellek) belleğe transfer
 - verileri bellekten belleğe (Ram to ram, rom to ram, ...) transfer
 - verileri giriş ve çıkışa transfer
- Aritmetik ve Mantıksal İşlemler
 - Tamsayı aritmetiği
 - İki verinin karşılaştırılması
 - Mantıksal işlemler
 - Bitleri kaydırma, döndürme
 - Bitleri test etme, karşılaştırma ve dönüştürme

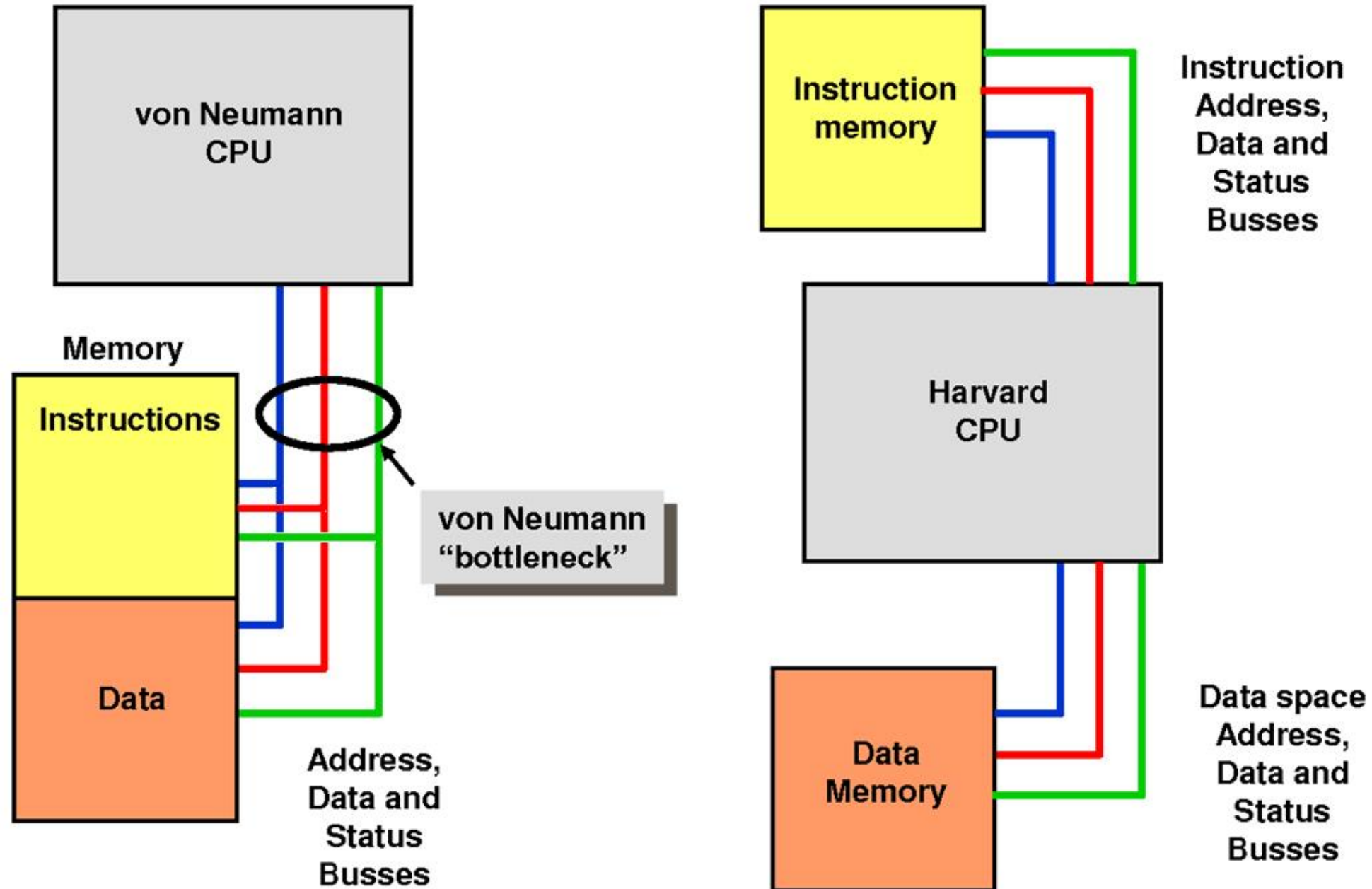
CPU temel işlevler

- Veri transferi
- Aritmetik
- Mantıksal
- Karşılaştırma

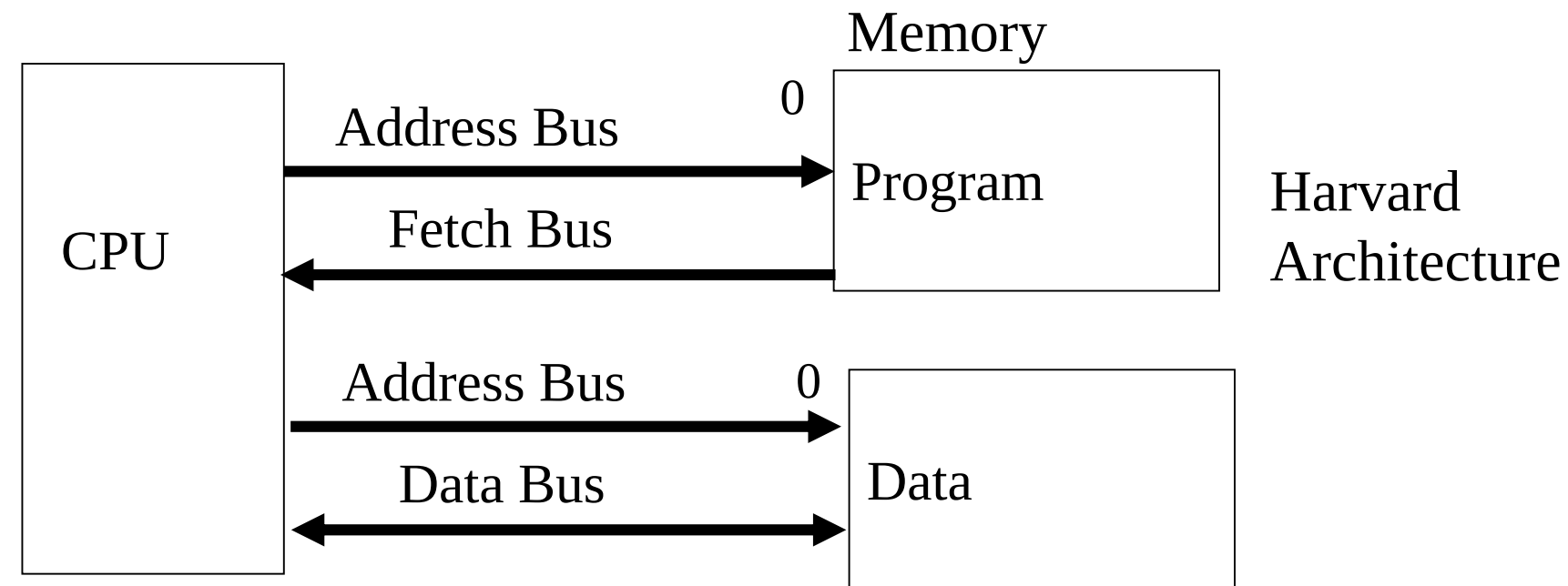
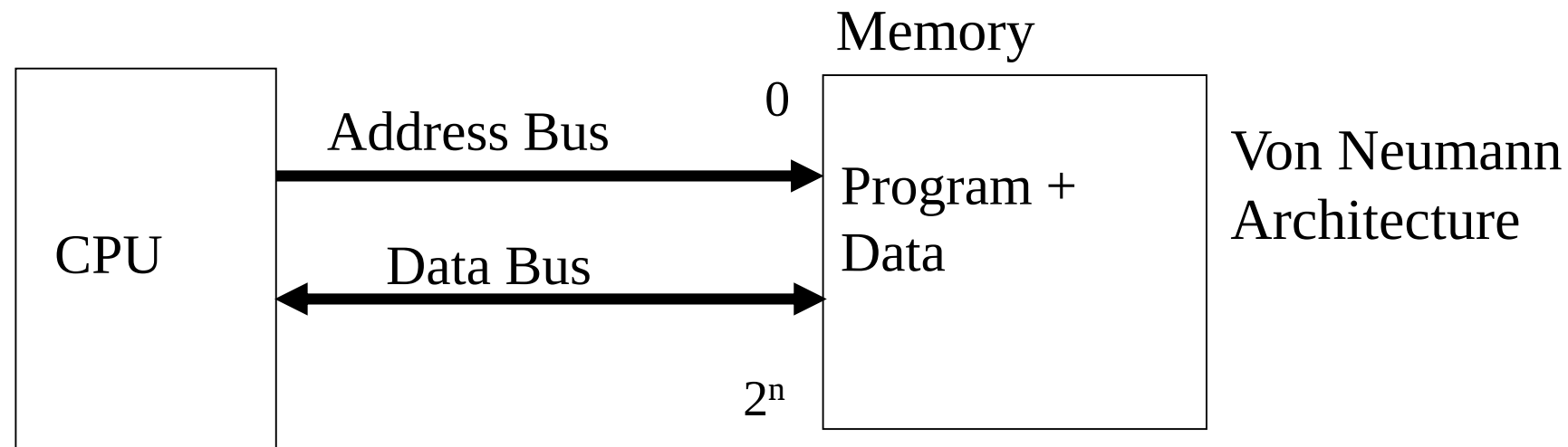


“Mikroişlemci Mimari Kavramları”

von Neumann and Harvard Architectures



CPU Architecture



RAM ve ROM bellek tipleri nasıl ifade edilir?

- RAM: Data Bellek
- ROM: Program Bellek

Data Bellek: Hem yazılır, hem okunur.

Program bellek sadece okunur.

Harvard mimarisinde data bellekte data bus kaç yönlüdür?

- Çift yönlüdür.

Harvard mimarisinde program bellekte data bus kaç yönlüdür?

- tek yönlüdür.

Von Neumann Mimarisinde data bus kaç yönlüdür?

- iki yönlüdür.

Adres bus bellek ve bellek gözünü seçer.

CPU işlev döngüsü:

- Address Decoding Unit
- Fetching and execution cycles
- Microprocessor clock system

Temel Mikroişlemci Mimari Kavramları

- Mikroişlemci mimarileri en yaygın olarak ***bellek organizasyonu*** ve ***komut işleme teknikleri*** olarak iki şekilde sınıflandırılır.
- Bellek Organizasyonu Açısından: Von Neumann ve Harvard
- Bellek= Data Bellek, Komut Bellek
- Komut bellek tek yönlüdür. Sadece okunur.
- Data bellek iki yönlüdür. Hem yazar hem okur.

Günümüz tipik bilgisayarlar Von-Neumann Mimarisine sahip Mikroişlemciler kullanırken (Intel x86, Pentium, AMD Athlon..) , Özellikle Görüntü, ses işleme, yüksek hız gerektiren uygulamalarda Harvard mimarisine sahip mikroişlemciler (DSP'ler, ARM Cortex..) kullanılır.

⌘ Von Neumann: one memory access per cycle



⌘ Harvard: two memory access per cycle



Von Neumann

- John von Neumann
- Tek depolama belleği (veri ve program). Aynı veri yolları.
- Bellekten tam komut çıkarmak için daha fazla bellek döngüsü gerektirir.
- Özel "Tablo okuma" komutları gerekli değildir.
- Ardışık düzende komut işleme mümkün değildir (**Pipelining is not possible**).
- Daha az verimli.

Harvard

- Kodları saklama ve veri için ayrı hafızalar ve ayrı veri yolları kullanılır.
- Bellekten tam komutu çıkarmak için daha az bellek döngüsü gerektirir.
- Özel "Tablo okuma" komutları gereklidir.
- Doğru stratejilerle (**Pipelining**) ardışık düzende komut işleme mümkündür.
- Daha verimli.

John von Neumann

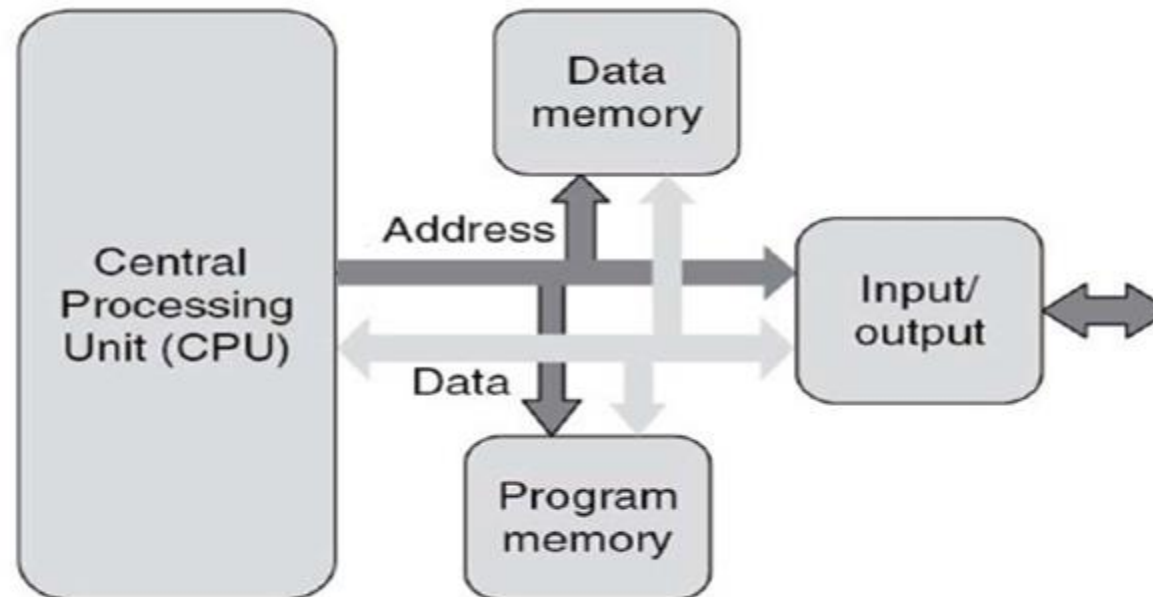
- John von Neumann, 28 Aralık 1903 ila 8 Şubat 1957 tarihleri arasında yaşamış olan Macar asıllı Amerikalı matematikçi ve bilgisayar bilimcisidir.
- 23 yaşındayken ilk eseri “Kuantum Mekaniğinin Matematik Temelleri”ni yayınladı.
- “Oyunlar Teorisi”ni geliştirdi. (şans faktörü ile aynı zamanda oyuncunun stratejisi de önemli) Bu yaklaşımı sadece şans ve strateji oyunlarına değil, aynı zamanda ekonomi, askeri strateji ve sosyoloji gibi önemli alanlara da uygulandı.
- Uzun araştırmalar sonucu onun harika makinesi “MANIAC” (Matematiksel Analizci, Nümerik Integralci ve Computer), insanların hizmetine hazırды. Öyle ki bu makine önceleri birkaç yıl alan bir problemi bir saatte tamamlayabiliyordu.
- NORC (Naval Ordinance Research Computer – Askeri Düzeni Araştırma Bilgisayarı) von Neumann’ın ikinci bilgisayarıydı. Bu hünerli makine yirmi dört saatlik bir hava tahminini birkaç dakikalık zamanda verebiliyor, yerkürenin özü hakkında bilgi kaydedebiliyordu.

Von Neuman (Princeton) Architecture

- Bilgisayarın yalnızca bir adres yolu ve bir veri yolu vardır.
- Aynı adres ve veri yolları hem program hem de veri hafızalarına hizmet eder
- Basit ve mantıklıdır ve belirli bir tür esneklik sağlar

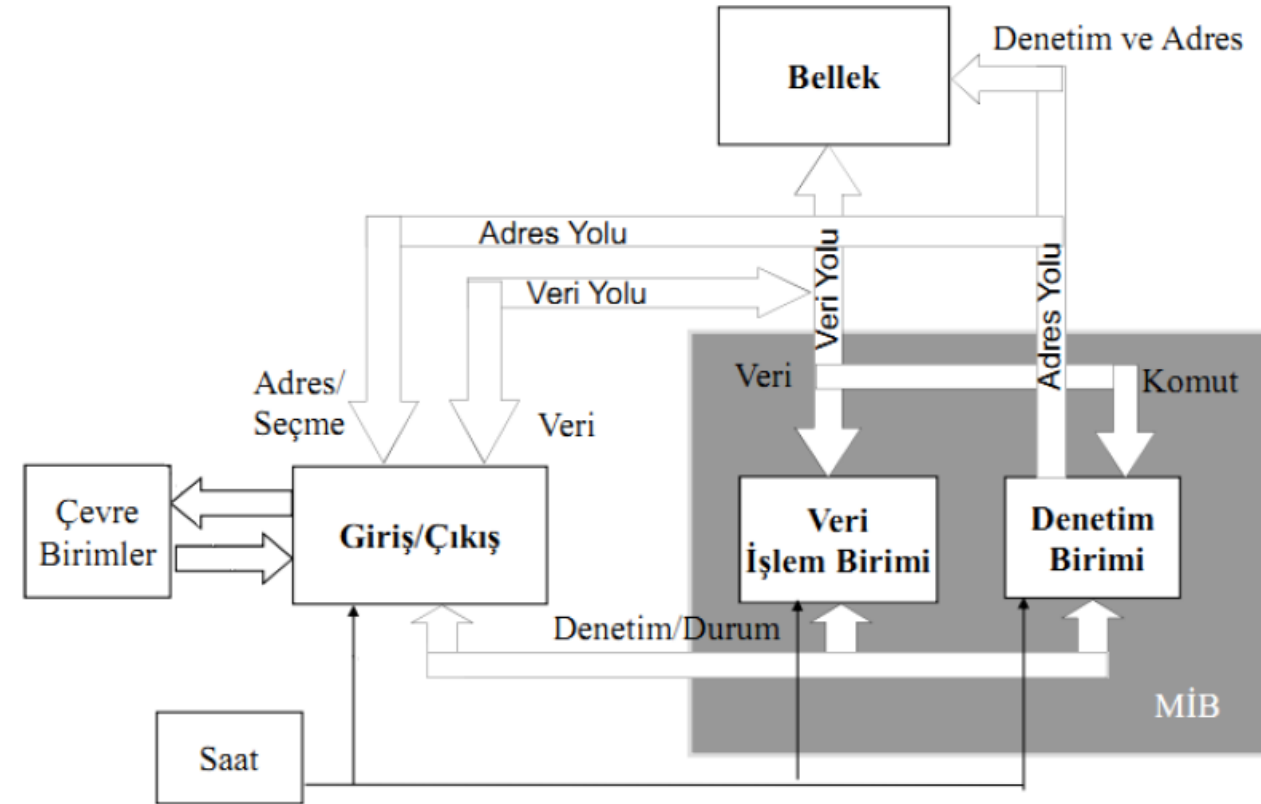
Ancak, iki dezavantajı vardır:

- Bir alan büyük veri hatsayısı, diğeri küçük veri hat sayısı ile uğraşmak istese bile, belleğin tüm alanları için aynı veri yolu kullanılır.
- Aynı zamanda paylaşılan her şeyin sorunu var - CPU program belleğine erişiyorsa, veri belleği boşta olmalıdır ve bunun tersi de geçerlidir.



Von Neumann Mimarisi

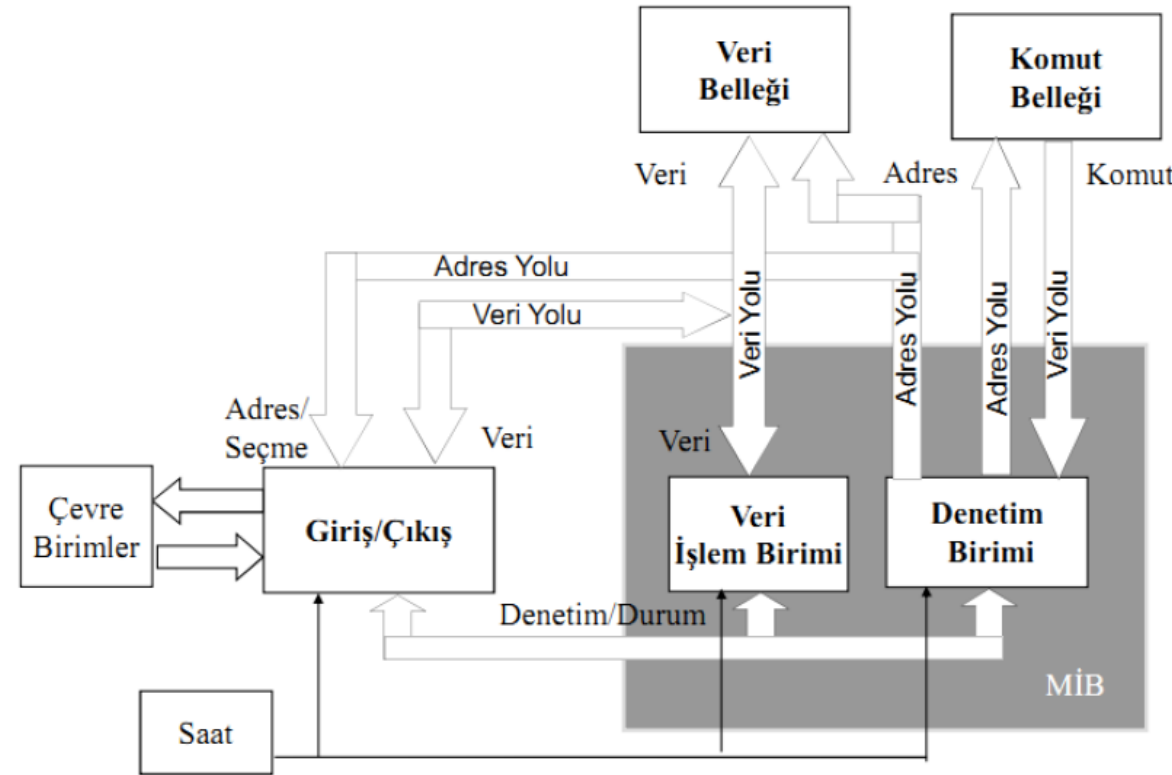
- Komut ve verilerin aynı bellek yapısında saklandığı donanım mimarisidir.
- Komut ve verilere erişim aynı veri yolları üzerinden olduğundan, belleğe bağlı bir adres yolu ve bir veri yolu ile yazma ve okuma işlemleri yürütebilmektedir. Komut ve veriler bellekten farklı saat darbelerinde okunur.
- Von Neumann mimarisindeki örnek bir bilgisayar yapısının blok diyagramı Şekilde verilmiştir.



Von Neumann Mimarisi Blok Diyagramı

Harvard Mimarisi

- Komut ve verilerin farklı bellek birimlerinde saklandığı donanım mimarisidir.
- Dolayısıyla Harvard mimarisinde, Von Neumann mimarisindeki aksine komut ve verilere erişim sağlanması için ayrı veri ve adres yolları mevcuttur.
- Bu mimarinin sağladığı avantaj, aynı anda veri ve komutlara erişilebilmesidir. Harvard mimarisinin örnek bir blok yapısı Şekilde verilmiştir.



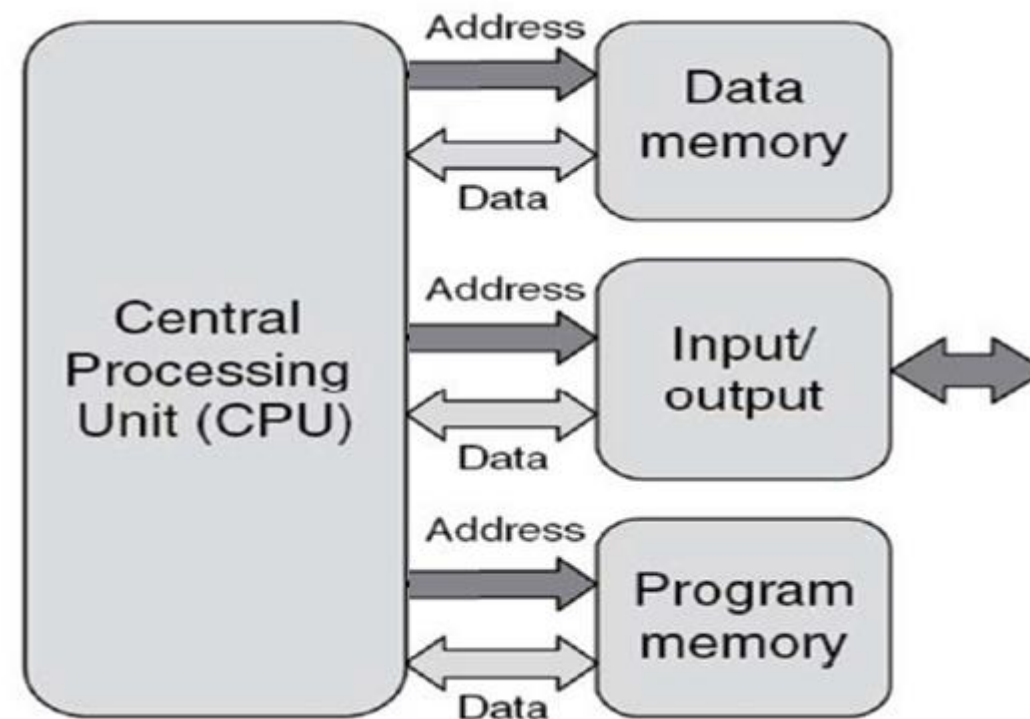
Harvard Mimarisi Blok Diyagramı

Harvard Architecture

- Every memory area gets its own address bus and its own data bus
- Different program and data bus widths (size) are possible, allowing program and data memory to be better optimized to the architectural requirements
- Data and program can be accessed simultaneously

Example (PIC 8-bit MPU):

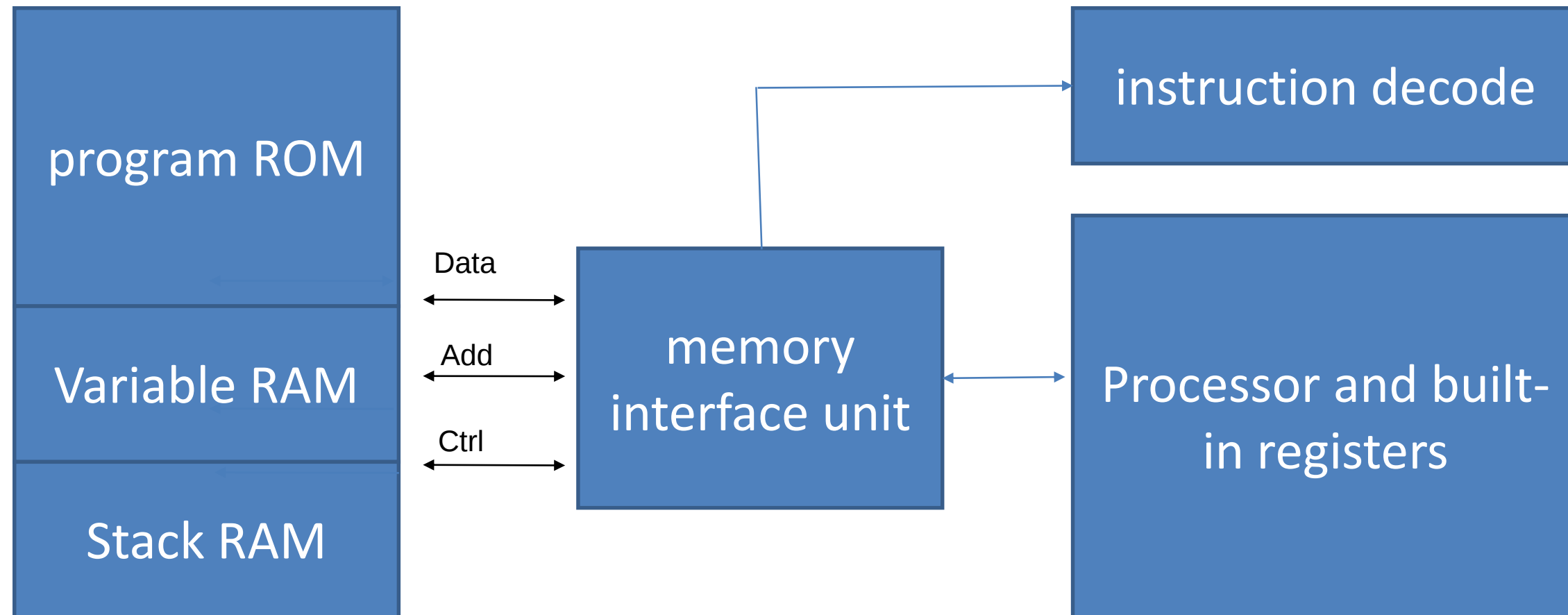
- If the instruction format requires 14 bits then program bus and memory can be made 14-bit wide,
- while the data bus and data memory remain 8-bit wide



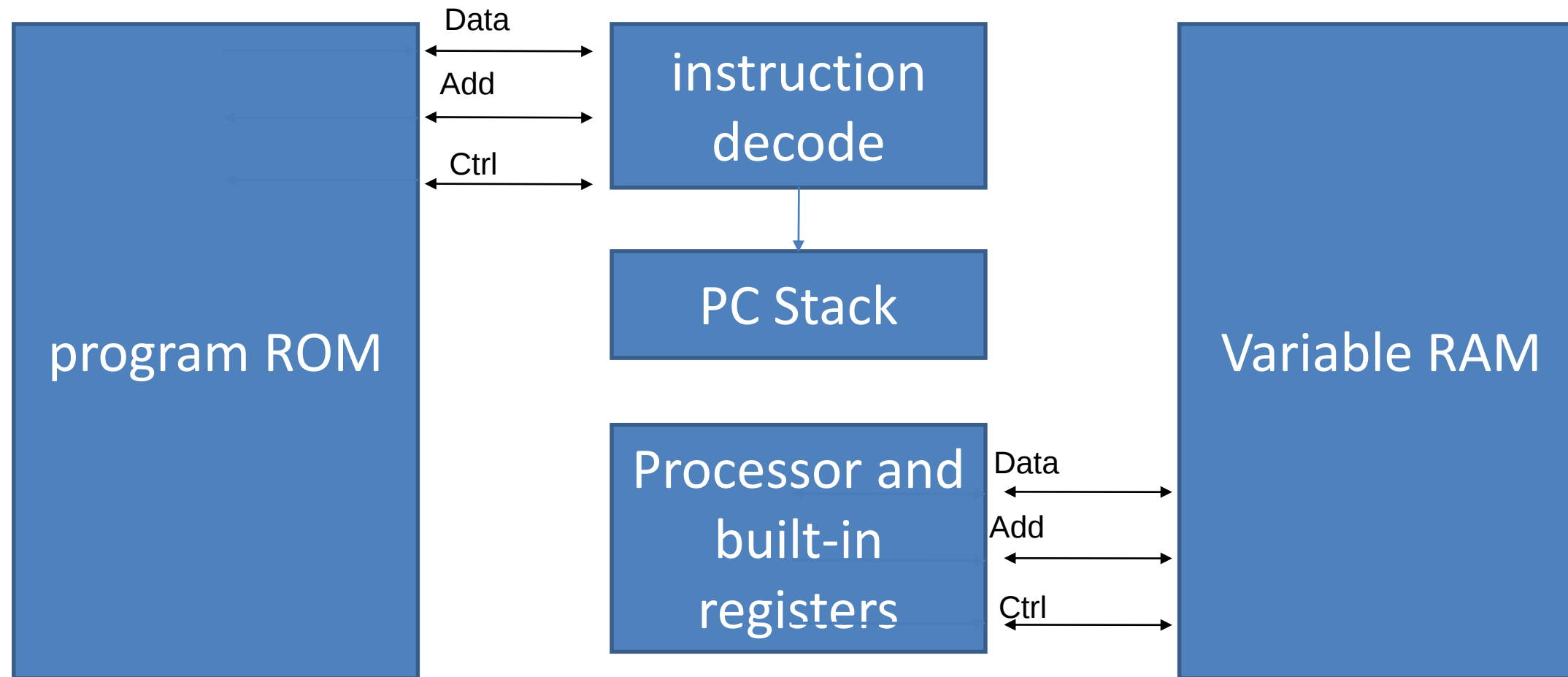
Princeton Architecture

- Princeton, program ve verileri depolamak için ortak bellek alanının kullanıldığı "Von Neumann" mimarisini sağladı.
- Bellek birimi, komutların okunması, işlemci ve dahili yazmaçları (Registers) ile verilerin ileri geri iletilmesi arasındaki bellek boşluğuna keyfi erişimden sorumludur.
- Avantajlar: basit bellek arabirimi ve yönetimi.
- Harvard, program depolama, işlemci yığını ve değişken RAM için ayrı bellek bankaları kullanan bir tasarım önerir.
- Avantaj: komutu Von Neumann'dan daha az döngüde yürütür.

Princeton architecture block diagram



Harvard architecture block diagram

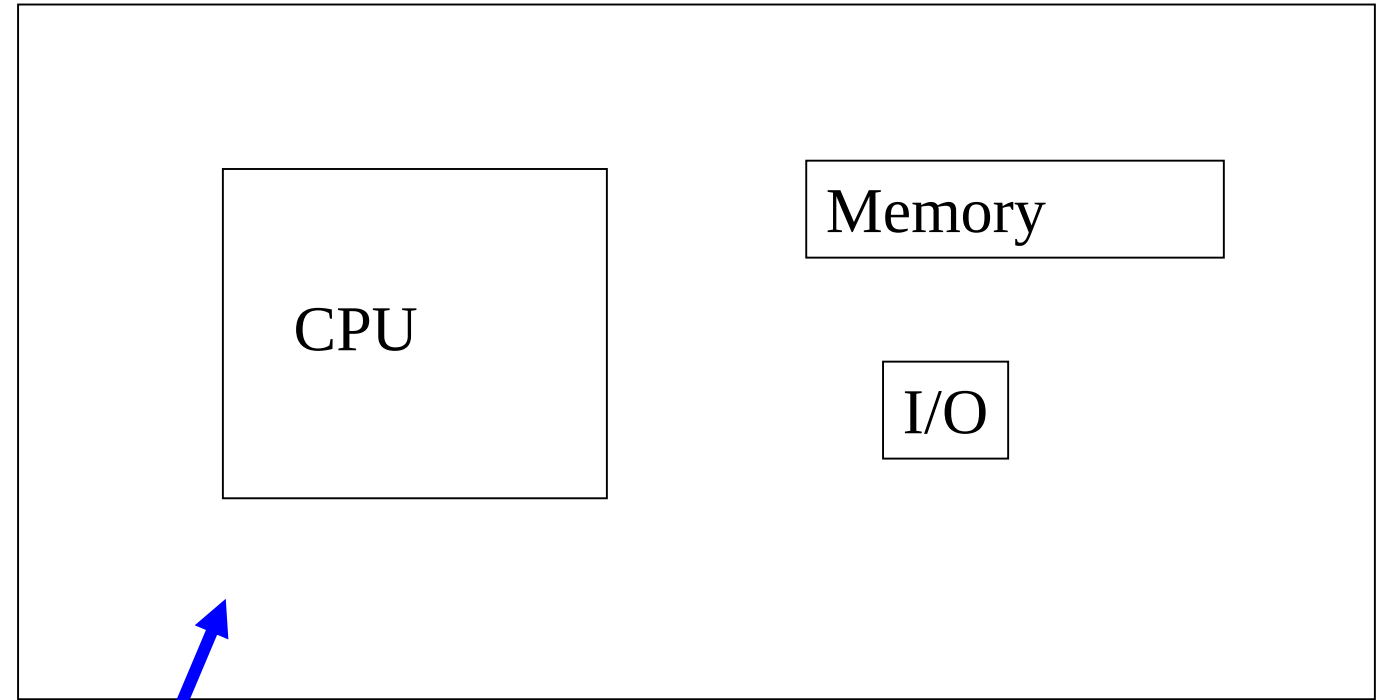




“Gömülü Sistemler”

Bir bilgisayarın temel bileşenleri

- CPU
- Memory
- I/O
- Haberleşme Yolları (System Bus)
- Timing and Clock



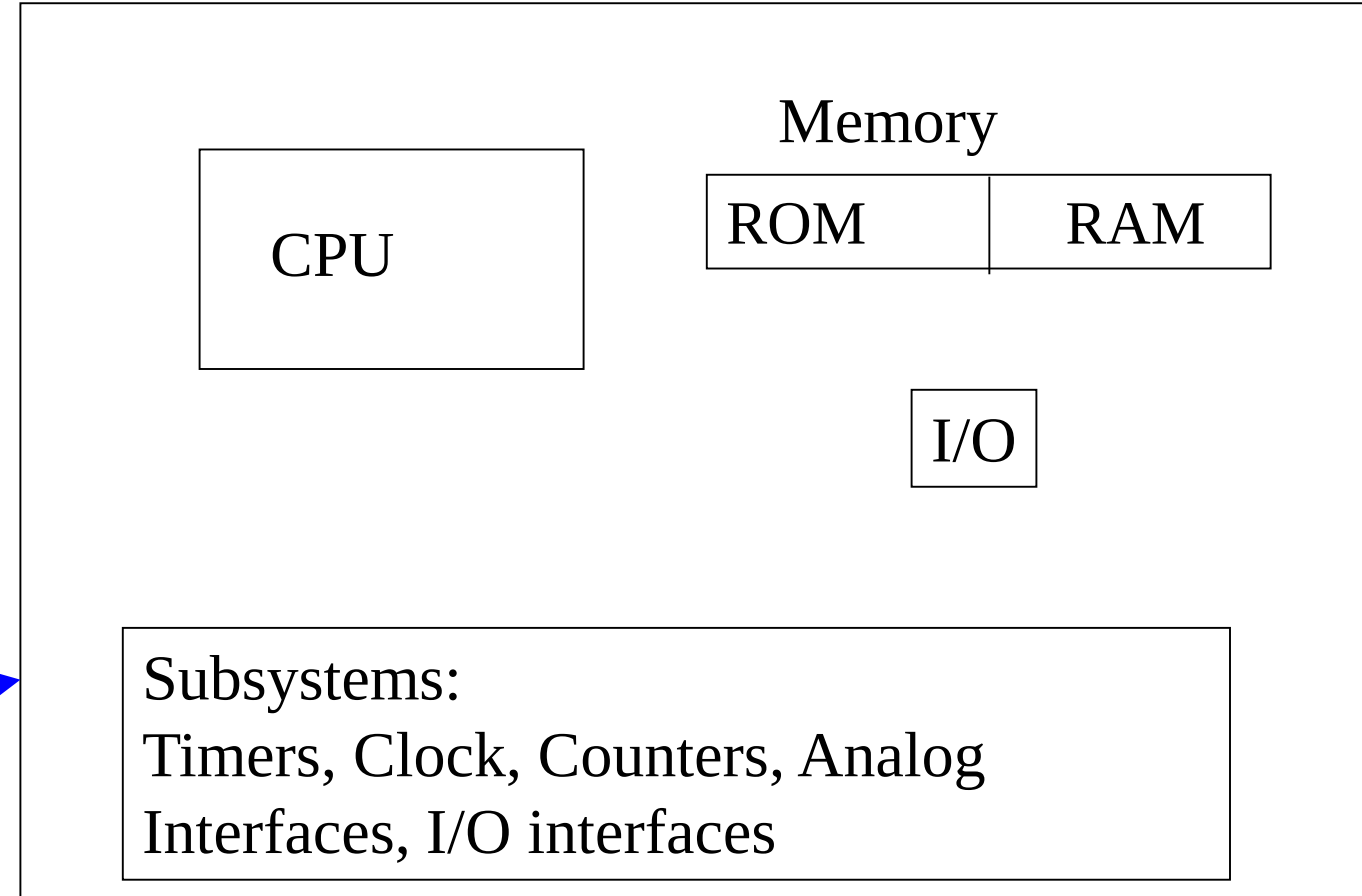
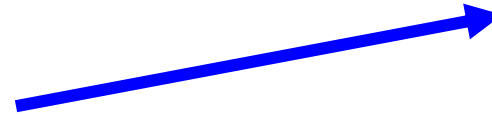
Farklı yongalar (chip) aynı board üzerinde bütünleşmiştir.

Gömülü (Embedded) Sistem (IoT)

İşletim sistemi, Ofis,
yapay zeka
uygulamaları;
uygulamaya yönelik
yazılımların tümü
içindedir.

Cep telefonları
Otomasyon

A single chip



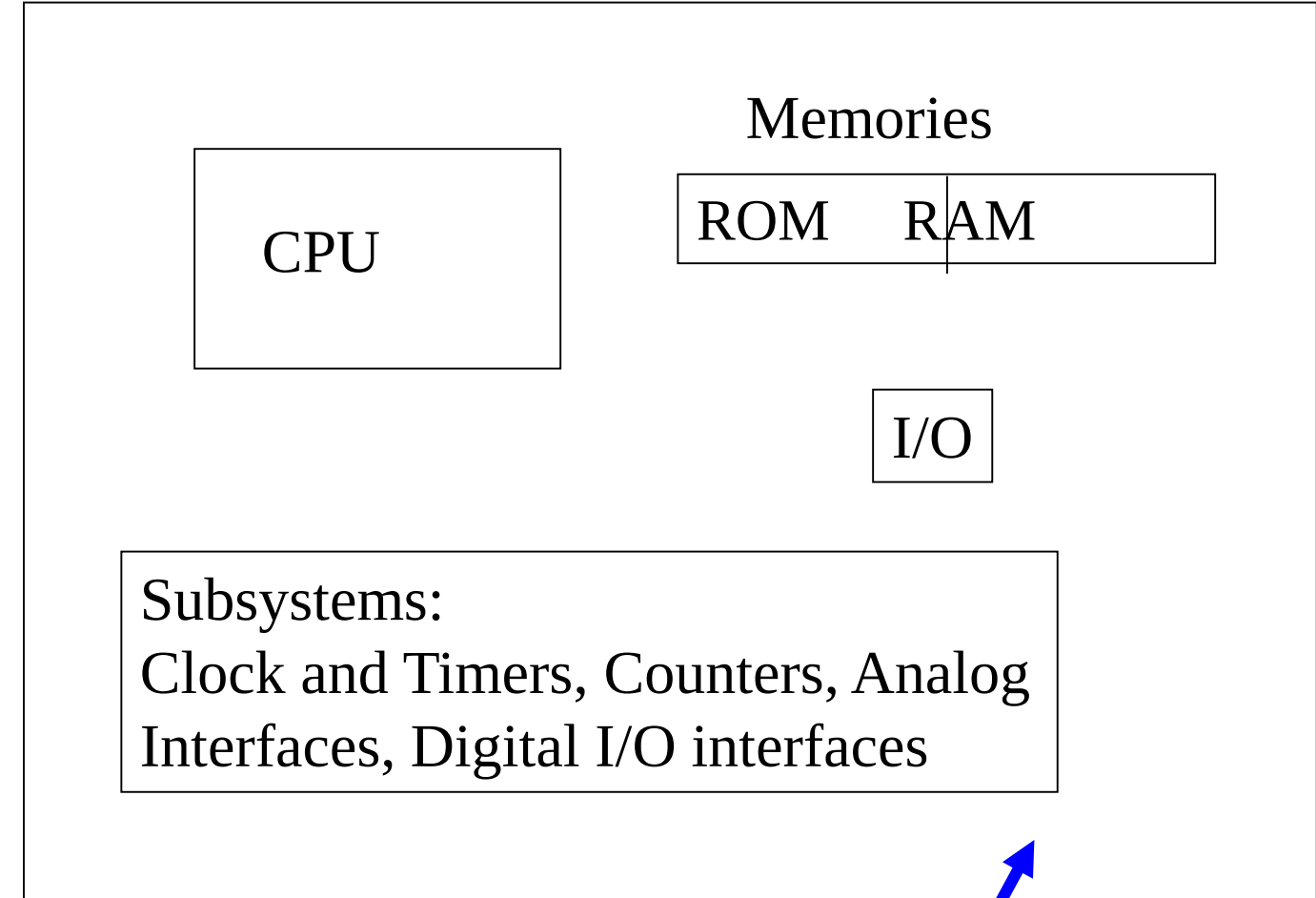
Bilgisayar sisteminin temel bileşenlerin üzerinde toplandığı özel tasarlanmış, mikroişlemci tabanlı bir donanım ve yazılım sistemidir.

Gömülü Sistemler

Bir mikroişlemci çekirdeğine ilave olarak, ortak bellek alanlarını kullanan, özelleştirilmiş görevler ile donatılmış çevrebirimlerin eklenmesi ile ortaya çıkan yapıya mikrodenetleyici denir. Denetim teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikro işlemcilere göre çok **daha basit ve ucuzdur**. Mikroişlemcili sistemin tasarımı ve kullanımı mikrodenetleyicili sisteme göre daha karmaşık ve masraflıdır.

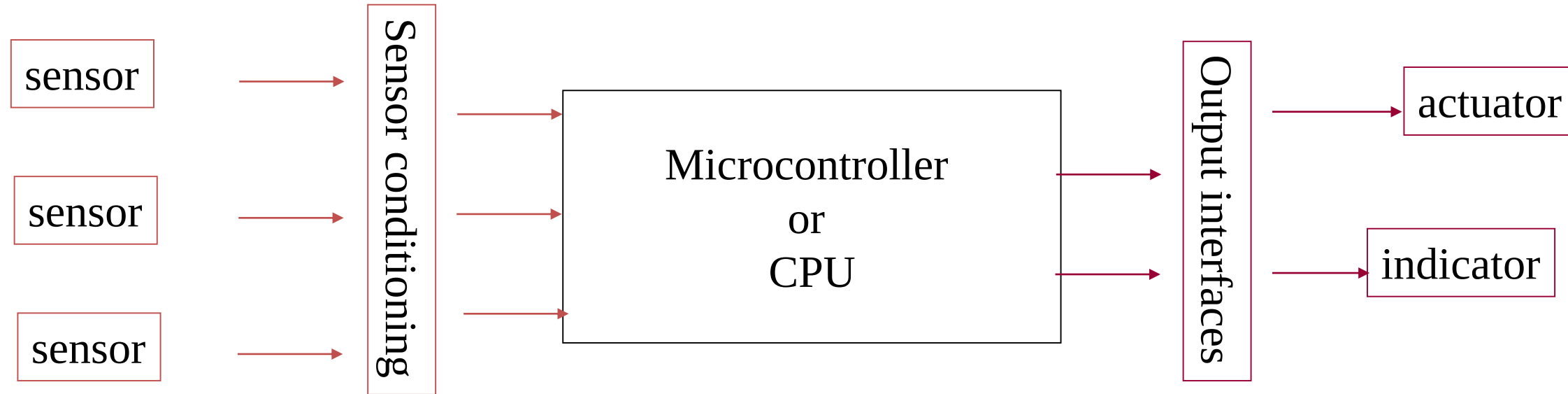
Mikrodenetleyicili bir sistemin çalışması için elemanın kendisi ve bir osilatör kaynağının olması yeterlidir.

Mikrodenetleyicilerin küçük ve ucuz olmaları, bunların tüm elektronik kontrol devrelerinde kullanılmasını sağlamaktadır.



A single chip

Embedded System General Block Diagram



Algılayıcı: Dış ortamdan (İnsan, makine, kainatı oluşturan tüm bileşenler sinyaller üretir) gelen sinyallerdeki değişim fark eder.

Aktüatör ya da eyleyici: Bir mekanizmayı veya sistemi kontrol eden veya hareket ettiren bir tür motordur. Bir enerji kaynağı tarafından çalıştırılır. Bu kaynak genellikle elektrik akımı, hidrolik akışkan basıncı veya pnömatik basınçtır ve bazı tür hareketlerle enerjiye dönüşür.

Indicator: Gösterge.

Output interface: Sürücü kartlar.

Mikrodenetleyici Seçimi

Mikrodenetleyiciler ile tasarım yapmadan önce tasarlanan sisteme uygun bir denetleyici seçmek için o denetleyicinin taşıdığı özelliklerin bilinmesi gereklidir. Mikrodenetleyicinin hangi özelliklere sahip olduğu kataloglarından anlaşılabilir. Aşağıda sıralanan özellikler bunlardan bazılarıdır;

- Programlanabilir dijital paralel giriş/çıkış.
- Programlanabilir analog giriş/çıkış.
- Seri giriş/çıkış (senkron, asenkron ve cihaz yönetimi).
- Motor veya servo kontrol için pals sinyali çıkışı.
- Harici giriş vasıtasıyla kesme.
- Harici bellek arabirimi.
- Harici veri yolu arabirimi.
- Dahili bellek tipi seçenekleri (ROM, EPROM, PROM, EEPROM).
- Dâhilî RAM seçeneği.
- Kayan nokta hesaplaması.

Mikroişlemci ve Mikrodenetleyiciler

Arasındaki Farklar

- Bir mikroişlemci görevini yerine getirebilmesi için mutlaka, verilerin saklanacağı bellek birimine, dış dünyadan veri alışverişinin düzenli yapılmasını sağlayan giriş/çıkış birimine ihtiyaç duyar. Bunlar bir mikroişlemcili sistemde ayrı ayrı birimler (entegreler) şeklinde yerini alır. Bundan dolayı mikroişlemcili sistemlere çok entegreli sistemler denilir.
- Bilgisayar gibi mikroişlemcili sistemlere verilen bir örnekte, bir bilgisayarın bir çamaşır makinesinde veya cep telefonunda kullanılması elbette mümkün olmayacaktır.
- Bilgisayar aynı anda milyonlarca işi yapabildiğinden ve çok yer kapladığından böyle yerlerde kullanılması mantıklı olmaz ve maliyetli olur. Bundan dolayı, sistemi meydana getiren elemanların birçok özelliklerinden feragat edilerek ve bir entegrede birleştirilerek mikroişlemcilerin yeni türevleri (mikrodenetleyiciler) oluşturulmuştur. Bir saydırma veya PWM sinyali üreteceğimizi düşünürsek mikroişlemci ile bunu yazılımsal olarak yapmamız gerekecektir. Ancak mikrodenetleyicinin özelleştirilmiş modülleri sayesinde bu işlemleri programa paralel olarak modüllerle yapabiliriz. Böylece ana programdaki yoğunluk azalır ve işlemcimiz hızlanmış olur.

Mikroişlemci Mimarisi

CPU - Central Processing Unit

CPU ya da İşlemci, komutları yorumlayan ve uygulayan işlevsel bir birimdir. Merkezi İşlem Birimi (CPU) olarak da adlandırılır. İki ana bölümden oluşur: Execution Unit ve Bus Interface Unit

- 1) **Execution Unit (EU):** EU executes instructions that have already been fetched by the BIU.
- 2) **Bus Interface Unit (BIU):** BIU fetches instructions, reads data from memory and I/O ports, writes data to memory and I/ O ports. (Komutları ya verileri git-al getir-işle; işlenmiş komutlara ait verileri al götür-yaz.) BIU and EU functions separately.

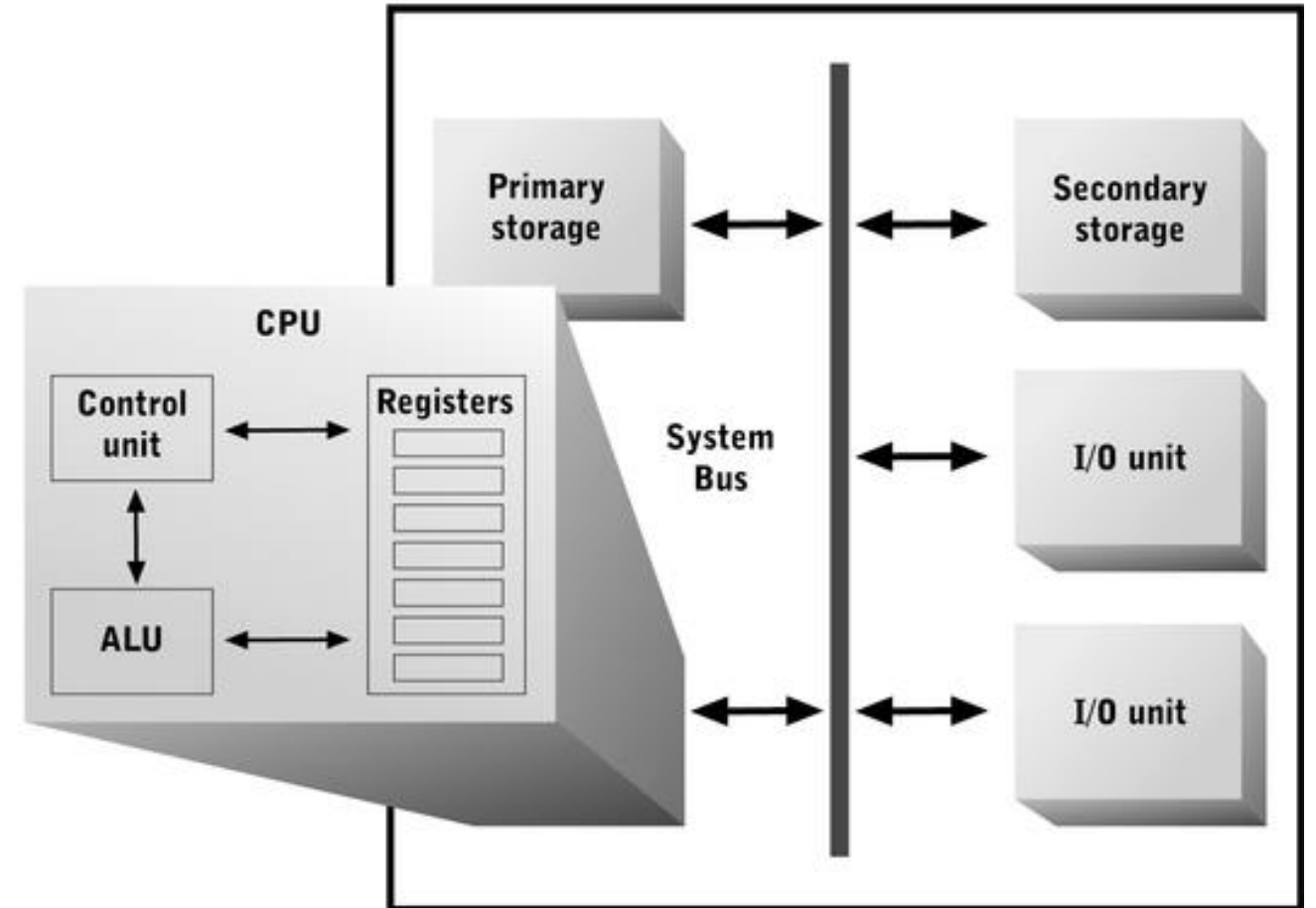
Execution Unit (EU) bölümündeki temel işlevler:

- **Kontrol birimi (CU):** Kontrol birimi bilgisayar sisteminin diğer bileşenlerine program komutlarını nasıl yürütmesi gerektiğini belirtir. **Ana bellek ve aritmetik/mantık birimi arasındaki elektronik sinyallerin hareketini yönetir.** Ayrıca, ana bellek ile giriş/çıkış aygıtları arasındaki elektronik sinyalleri de yönetir.
- **Aritmetik/mantık birimi (ALU):** Aritmetik/kontrol birimi, aritmetik işlemleri ve mantık işlemlerini yapar ve bu işlemlerin hızını kontrol eder. Aritmetik işlemler, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi temel matematiksel işlemlerdir. Mantık işlemleri karşılaştırmalardır. Bu birim, iki veriyi karşılaştırarak birbirine eşit, birinin diğerinden büyük ya da küçük olmasını kontrol eder. Bu karşılaştırmalar birleştirilerek büyük eşit veya küçük eşit olarak kullanılabilir. AND, OR, NOT...

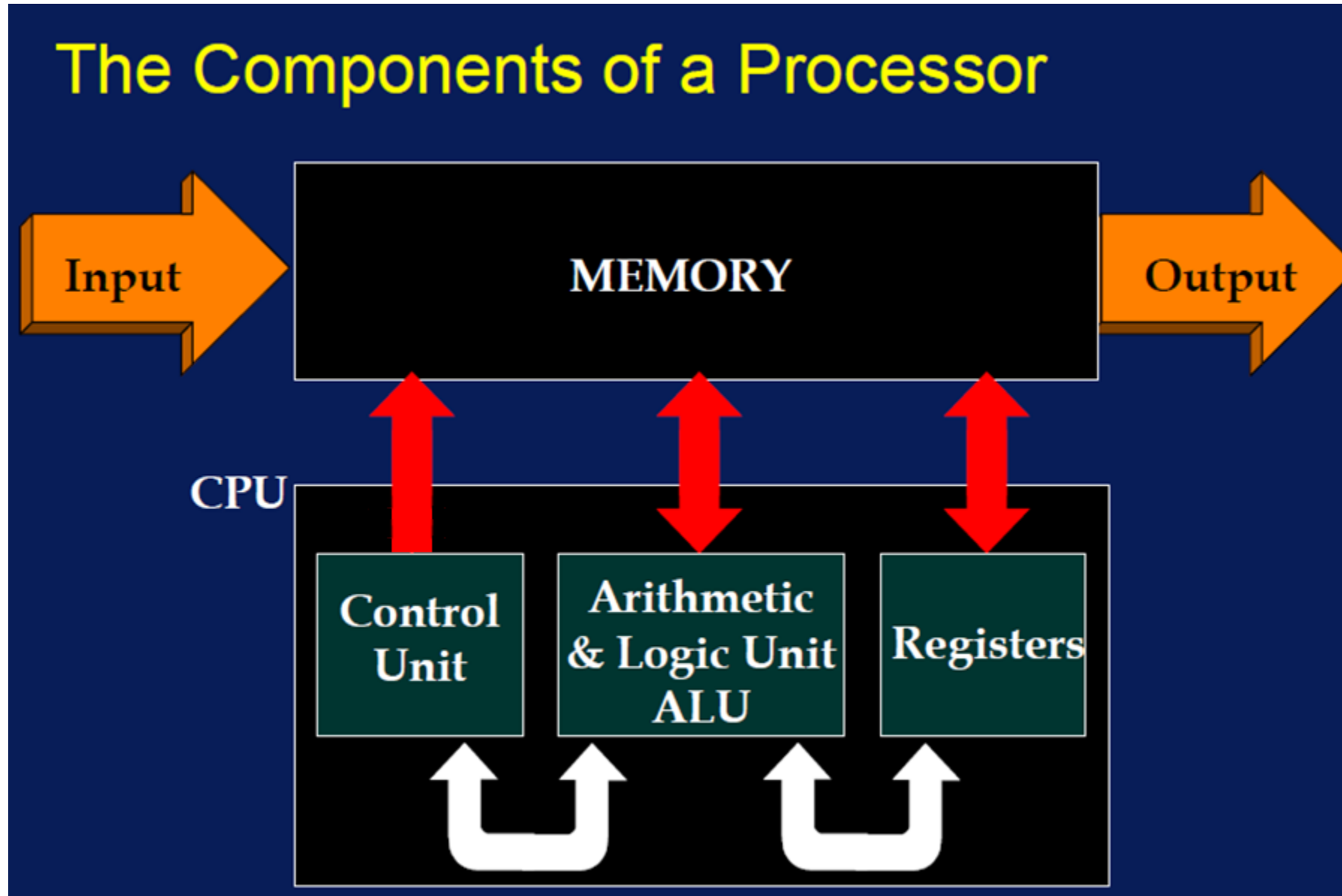
CPU - Central Processing Unit

CPU'nun bileşenleri :

- Kontrol birimi,
- ALU: Aritmetik lojik birimi,
- Özel Amaçlı Kaydediciler (Registers)
- Sistem Haberleşme Yolları (Sistem bus): Bitlerin (0/1) elektirksel sinyalleri olarak transfer edildiği su yolu.



Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler



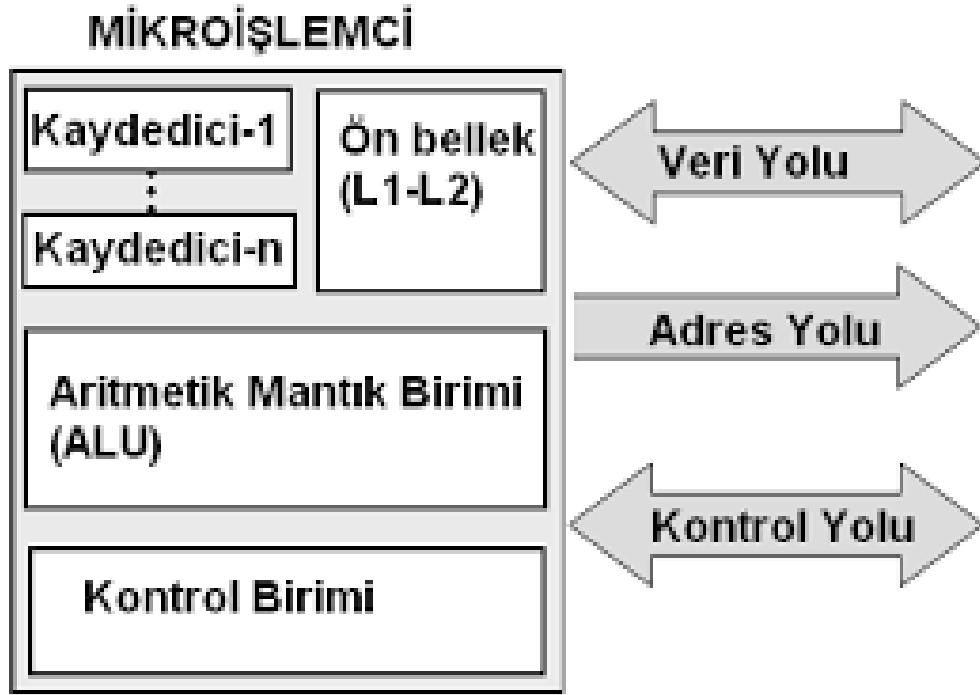
- Kırmızı oklar: Sistem Bus (Adres, Data, Kontrol Bus)
- Adres bus tek yönlüdür, CPU'dan çıkar, Adres Decoding Unit ve Belleklere gider.
- Adres Bus Ne iş yapar? Bellek seçer, Bellek gözü seçer. Bellek gözü çakışması önler.
- Bellek gözü minimum 1 byte. (Byte (8 bit), Word (16 Bit), double word (32 Bit), quword (64 Bit))
- Data Bus veri yazar ya da okur.
- Kontrol Bus: Eş güdüm, wr, rd, interrupt, clock, ...

CPU'yu Oluşturan Ana Bileşenler

İşlemcilerin içerisindeki donanım blokları, komutları uygun sırayla bellekten okur ve gerekli verilere erişip, bu veriler üzerinde komutta tanımlanan işleri yürütür.

- **Önbellekler (Cach):** İşlenecek verinin önceden getirilip CPU'da hazır edilmesinde kullanılır. Performans artırıcı özelliği vardır. Çünkü yazma ve okuma sürelerini hızlandırır.
- **Özel Amaçlı Saklayıcılar (Register):** Mikroişlemcide işlenecek ya da transfer edilecek verinin geçici olarak saklandığı, kontrol ve ALU birimlerinin doğrudan bağlandığı bellek birimidir. Özel Amaçlı Saklayıcılar verinin işlenmesinde ve geçici olarak tutulmasında görevlidirler. Veri işleme ve veri transfer ara yüzünde kullanılır. Yüksek hızlı veri işleme ve transfer etmede hızlı rol oynar. Geçici depolama alanıdır.
- **Aritmetik ve Mantık Birimi (Arithmetic Logic Unit -ALU):** Tüm matematik ve mantık işlemlerini gerçekleştirir, CU'dan komut dizisini alır. Mikro işlemcinin birinci derecede önem taşıyan bir birimidir
- **Kontrol Ünitesi (Control Unit -CU):** Donanımların çalışmasını düzenler. İşlem akışını düzenler, komutları yorumlar ve bu komutların yerine getirilmesini sağlar. CU, işlenen komuta göre mikroişlemci içerisindeki operasyon zamanlamasını ve sıralamayı kontrol eder.
- **Haberleşme Yolları (System Bus):** İşlemci iç mimarisindeki blokları birbirine bağlayan veri yolu yapılarıdır. Mikroişlemci ile bilgisayarın diğer birimleri arasındaki bağlantıları sağlayan iletkenlerdir. Sistem haberleşme yolları: Veri yolları (data bus), Adres yolları (address bus), Denetim yolları (control bus)

Mikroişlemci İç Yapısı



- Clock & Timing
- Flags
- Veri /KomutTransfer Kuyruğu

Aritmetik Mantık Birimi (ALU): Aritmetik ve mantıksal işlemleri yapar.

Kontrol Ünitesi: Komut bellekten (Rom) komutları alır ve kod çözer ve işleri yürütür

- Registers (Özel Amaçlı Saklayıcılar/Kaydediciler):
İşlenecek komutların ve verilerin transfer edildiği geçici saklayıcılardır:
 - Genel Data Registers: Verinin işlenmesinde ve transferinde kullanılır.
 - Segment registers: Belleklerin başlangıç adreslerini saklar.
 - Pointer and Index registers: Belleklerin başlangıç adresinden sonra verinin nerede olduğunu belirtir.
 - Program counter: İşlenecek bir sonraki komutun yerini işaret eder.
 - Flags: İşlem sonucunda değişen durumları saklar.

Mikroişlemcilerin İşlevsel Bölümleri

- **Program Sayıcılar (Counter):** Sayıcılar işlemi yapılacak komut ve verilerin adreslerini taşıyarak bilgisayarın çalışması sırasında hangi verinin hangi sırayla kullanılacağını belirlerler.
- **Giriş-Çıkış Devreleri:** Bu devreler mikroişlemcinin, yalnız giriş ve yalnızca çıkış yapan veya giriş-çıkış yapan birimleri ile bağlantı kurduğu devrelerdir.
- **Kayan Nokta Birimi (FPU):** Matematik işlemcisi olarak da bilinir. Mikroişlemcide yoğun matematik işlemleri yapan birimdir. Mikro işlemcinin işlem gücünü belirlemektedir.
- Grafik İşlem Birimlerinin (GPU).
- **Ön Bellek (Cache):** Mikroişlemcinin sonraki adımlarda işleyeceği verilerin önceden transfer edilip hazırlandığı kendi ön belleğidir.
- **Clock Darbe Katarı:** Mikro işlemcide temel parametre clock hızıdır. Clock darbe katarı, CPU işlemini senkronize (eş zamanlı) eder. Her bilgisayarın bir sistem clock sinyali vardır. Clock sinyali 1 ve 0 lardan oluşan darbe katarıdır. Bit olarak tanımlanan verileri tetiklemede yani işlemede kullanılır. Kişisel bilgisayarın hızları genellikle gigahertz (GHz) cinsinden ifade edilir. Clock'un periyodu veri uzunluğunda olmalıdır. Clock sürekli, sonsuzdur.

Mikroişlemcinin Görevleri

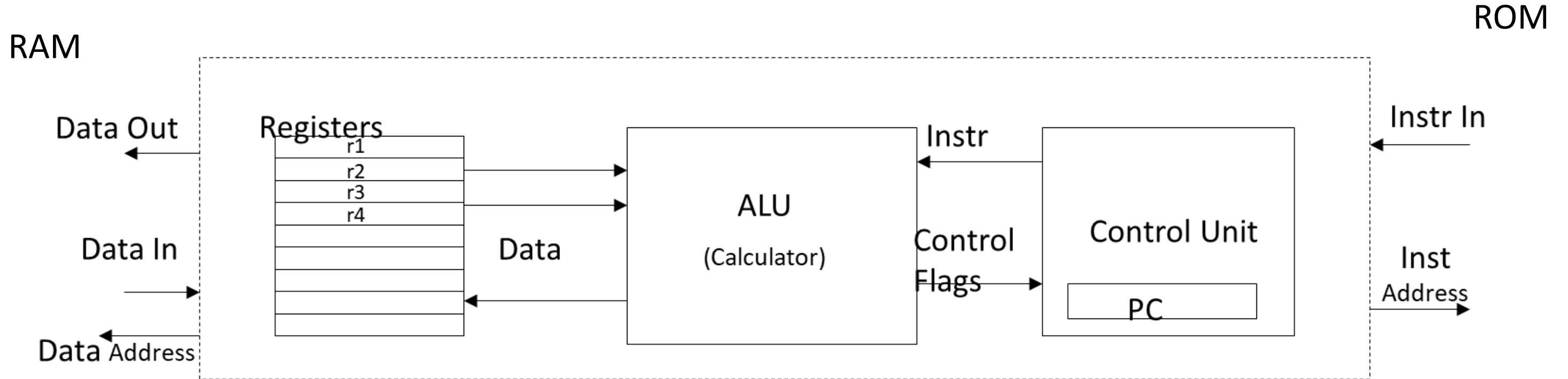
- Bilgisayar sistemindeki tüm elemanlar ve birimlere zamanlama ve kontrol sinyali sağlar.
- Bellek **başlangıç adreslerini** segment register'dadır. Program göstergesinden **işlenecek komutun yerini belirler.**
- **Komut bellek seçer,** Bellekten **komut alıp getirir.** Komutun **kodunu çözer.**
- **Ram ve Cache bellek ve genel data register'lar ile aritmetik ve mantık işlemlerini yürütür.**
- Komutun operandına göre, veriyi kendi iç yapısındaki **ALU birimine, bellekler veya G/Ç birimine aktarır.**
- Durum **değişikliklerini Flag register'da** saklar
- Program işlenirken, diğer donanım ve yazılım birimlerinden gelen **kesme taleplerine** cevap verir.

Donanım Mimarisi

- İşlemcileri birbirinden farklı kılan temel özellik, işlemci donanımlarının organizasyonu ile ilgilidir.
- Kullanıcının istediği şekilde çalışması veya istenilen değerler üzerinde işlem yapması için bir mikroişlemcinin kullandığı iki önemli bilgi kaynağı vardır: Komutlar ve verilerdir.
- Mikroişlemci birimi bu iki bilgi kaynağına erişerek çalışmasını sürdürmek durumundadır. Bu yüzden işlemci biriminin bu bilgi kaynaklarına ne şekilde ve ne hızda ulaşabildiği, ayrıca belirli bir anda bu bilgilerden ne boyutta okuyabildiği veya yazabildiği **mikroişlemcinin performans ve işlevselliğini** belirleyen önemli bir etkidir.
- Bazı işlemcilerde komut ve veriler aynı adres bus ve data bus üzerinden belleklere erişilirken (von Neumann) bazı işlemcilerde farklı adres bus ve data bus üzerinden belleklere (Harvard) erişilmektedir.

İşlemcinin İç Yapısı

- **Kontrol Birimi:** Komutları bellekten alır ALU'ya iletir
- ALU komutları Register'lar ile birlikte yürütür- yazar/okur, transfer eder ve yorumlar.
- **ALU:** Tüm hesaplamalar aritmetik lojik birimde yapılır.
- **Registers:** Komutlar ve Değişkenler işlenmek amacıyla geçici saklanır.
- İç haberleşme sistem yolları (Data, Address, Control)



Internal Components of Microprocessors

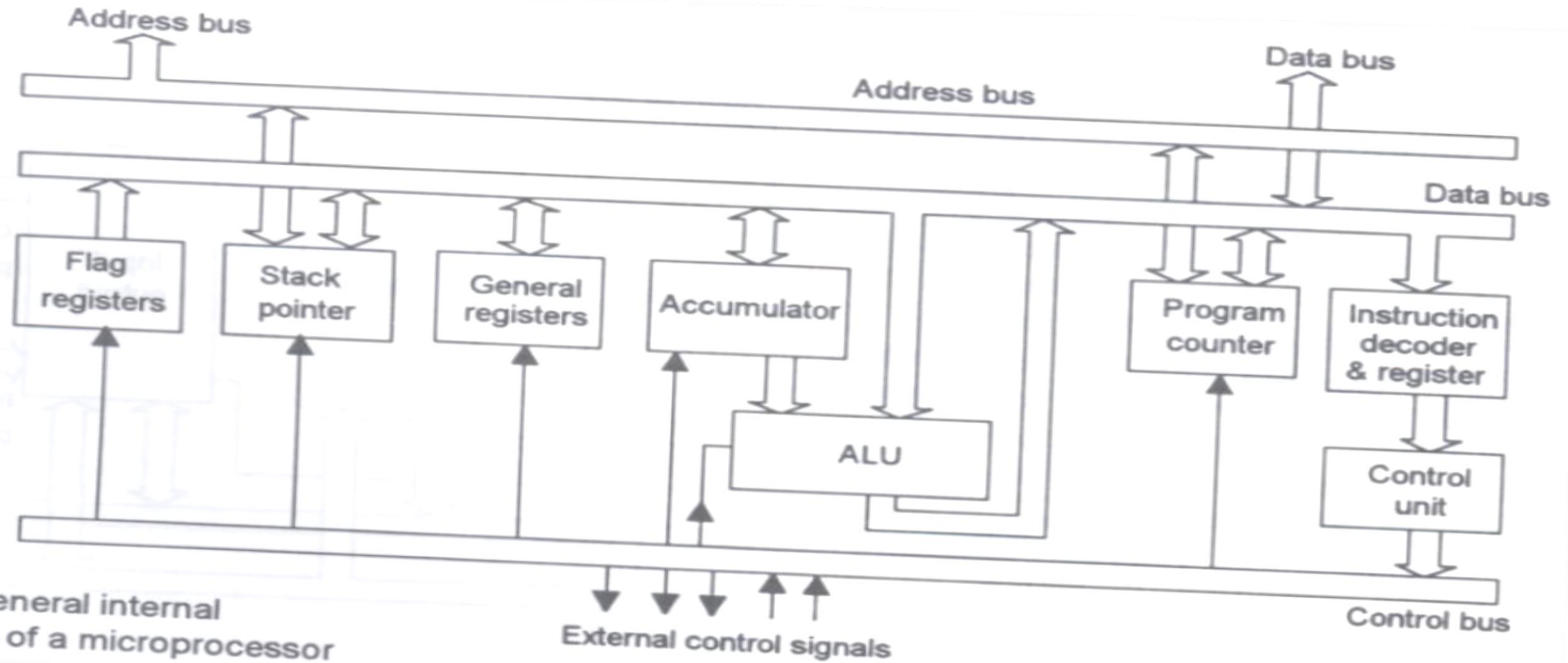


Fig. 1.3 General internal architecture of a microprocessor

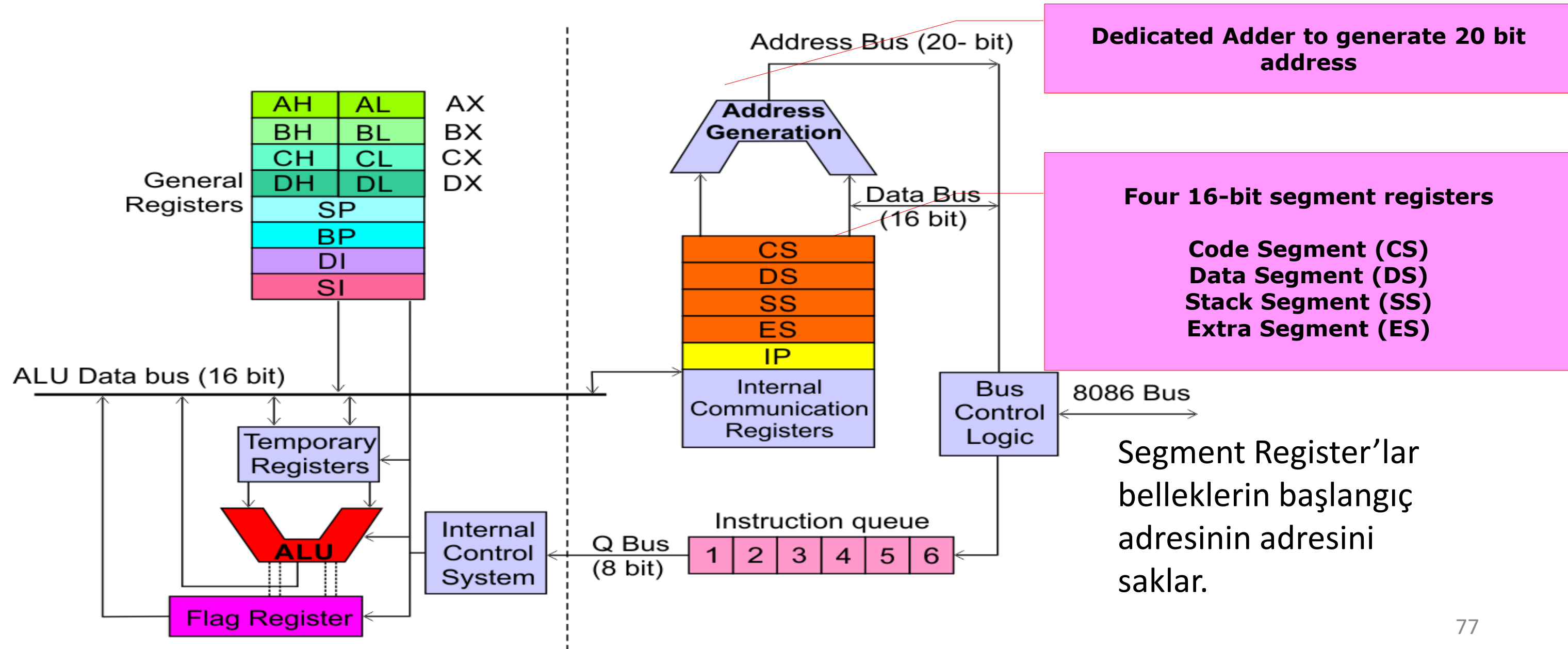
Execution Unit (EU)

EU executes instructions that have already been fetched by the BIU.

BIU and EU functions separately.

Bus Interface Unit (BIU)

BIU fetches instructions, reads data from memory and I/O ports, writes data to memory and I/O ports.



Bus Interface Unit (BIU)

- *Segment Register'ların fiziksel adresleri hesaplanırken, ilgili segment register'ın içeriğini ikili sayı sisteminde sağ tarafına 4 adet 0 bit eklenerek sola kaydırılır ve ardından da 16 bitlik Pointer, Ofset ya da index Register'ların içeriğini eklenerek 20 bitlik fiziksel adres hesaplanır.*
- **Code Segment Register**- 16-bit: CS, komutların yazılı olduğu belleğin başlangıç adresini içerir. Bir sonraki komutun yerini IP register'ın içeriği gösterir.
- **Data Segment Register** - 16-bit: Mevcut veri segmentine işaret eder; sağ tarafına 4bit 0 eklenerek 20 bitlik fiziksel adres elde edilir. Çoğu komut için işlenenler veriler bu segmentten alınır. Bx data register'ı, Kaynak Dizininin (SI) veya Hedef Dizininin (DI) 16 bitlik içerileri 20 bitlik fiziksel adres olarak hesaplamak için ofset olarak kullanılır.
- **Stack Segment Register** - 16-bit: Mevcut yığın belleğe işaret eder. 16 bitlik içeriğini 20 bitlik fiziksel adres olarak hesaplamak için sağ tarafına 4 bit eklenerek ofset olarak kullanılır. PUSH ve POP gibi yığın komutları için Yığın Segment(SS) ve Yığın İşaretçisi (SP) kullanılır.
- **Extra Segment Register** - 16-bit: Verilerin (DS tarafından işaret edilen 64K'dan fazla) depolandığı ekstra segmenti işaret eder. 16 bitlik içeriğini 20 bitlik fiziksel adres olarak hesaplamak için sağ tarafına 4 bit 0 eklenerek ofset adres elde edilir. Dize komutları, hedefin 20 bitlik fiziksel adresini belirlemek için ES ve DI kullanır.

Komutları İşlevsel Yürütme Biriminde (Execution Unit - EU) Data Register'lar

Accumulator Register – Geçici Saklayıcı (AX)

- 16 bitlik AX saklayıcı olarak kullanılabilen ya da iki adet 8-bitlik AL ve AH birbirinden bağımsız saklayıcılardan oluşur. Bu durumda AL, 16 bitlik Word'ün düşük sıralı baytı içerir ve AH, yüksek sıralı baytı içerir.
- G / Ç komutları, bir G / Ç bağlantı noktasına 16 veya 8 bitlik veri girişi / çıkışı için AX veya AL'yi kullanır.
- Çarpma ve Bölme komutları da AX veya AL kullanır.

Base Register-Saklayıcı (BX)

- 16 bitlik bir BX saklayıcı olarak kullanılabilen ya da iki adet 8 bitlik saklayıcı bloğu BL ve BH'den oluşur. Bu durumda BL, Word'ün düşük sıralı baytı içerir ve BH, yüksek sıralı baytı içerir.
- Bu saklayıcının içeriği bellek gözünü adreslemek için de kullanılabilen tek genel amaçlı saklayıcıdır. Bu kayıt içeriğini adresleme için kullanan tüm bellek referansları, varsayılan segment saklayıcı olarak DS'yi kullanır.

Komutları İşlevsel Yürütme Biriminde (Execution Unit - EU) Data Register'lar

Counter Register – Saklayıcı (CX)

- 16 bitlik bir CX saklayıcı olarak kullanılabilen ya da iki adet 8 bitlik saklayıcılar CL ve CH'den oluşur. Birleştirildiğinde, CL saklayıcı Word'ün düşük sıralı baytını içerir ve CH yüksek sıralı baytı içerir.
- SHIFT, ROTATE ve LOOP gibi döngüsel komutlar, CX'in içeriğini sayaç olarak kullanır.

Data Register – Saklayıcı (DX)

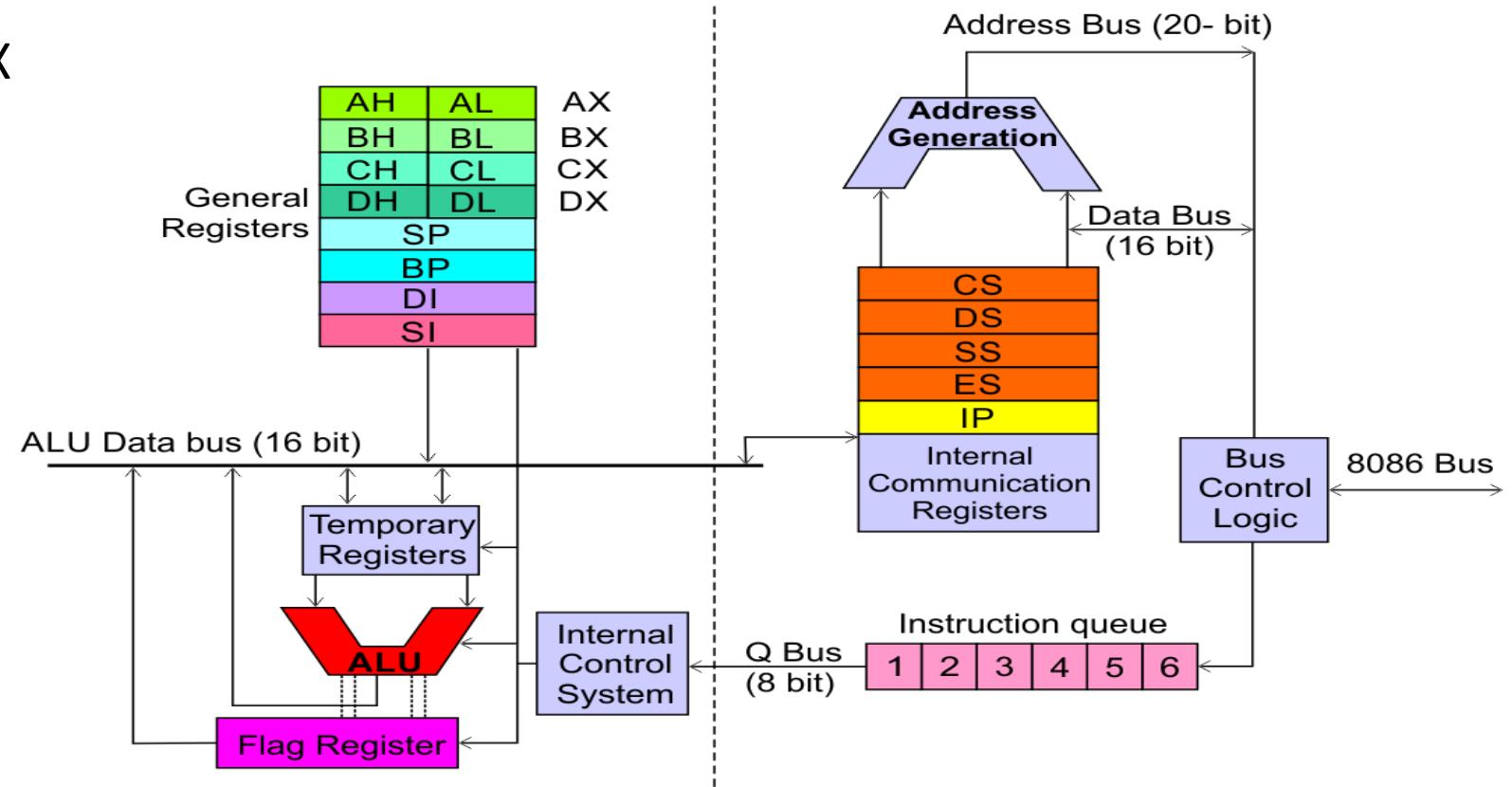
- 16 bitlik bir DX olarak kullanılabilen yada iki adet 8 bitlik saklayıcı DL ve DH'den oluşur. Birleştirildiğinde, DL saklayıcı Word'ün düşük sıralı baytını içerir ve DH yüksek sıralı baytı içerir.
- 16 X 16 çarpmada yüksek 16 bitlik sonucu (veri) veya $32 \div 16$ bitlik bölmeden önce yüksek 16 bitlik payı (veri) ve bölmeden sonra 16 bitlik saklayıcıda tutmak için kullanılır.
- Bu kayıt AX ile birlikte, 16 bitlik bir çarpmanın 32 bitlik bir sonucunun üst yarısını depolamak veya bir tamsayı bölmesinden sonra kalanı tutmak gibi şeylere izin veren özel aritmetik işlevler için kullanılır.
- Giriş / Çıkış adresleme işlemlerinde kullanılır.

CPU İç Mimarisi

- CPU'nun iç mimarisinin ana bileşenleri:EU, BIU, ALU, Kontrol Birimi, Komut Kuyruğu ve Register'lar.

Registers (Özel Amaçlı Saklayıcılar): Register'lar Özel Amaçlı Saklayıcılardır. Yüksek hızlı veri işler ve transfer ederler. Geçici depolama alanıdır. CPU içinde bulunur ve CPU'nun ana bileşenleridir. x86 mikroişlemcisinde toplam 14 adet 16bitlik register bulunmaktadır.

- Data Register: Matematiksel, mantıksal ve karşılaştırma; veri transfer işlemleri burada yapılır. AX (AH-AL), BX(BH-BL), CX(CH-CL), DX (DH_DL).
- Segment Register: CS, DS, SS, ES: belleklerin başlangıç adresleri burdadır.
- Pointer: SP, BP; işlenecek bellek gözlerini işaret ederler.
- Index: SI, DI; işlenecek bellek gözlerini işaret ederler.
- Flag, ALU komutları işlerken değişen durumlar hakkında bilgi verir.
- IP, CS'de işlenecek bir sonraki komutun yerini işaret eder.

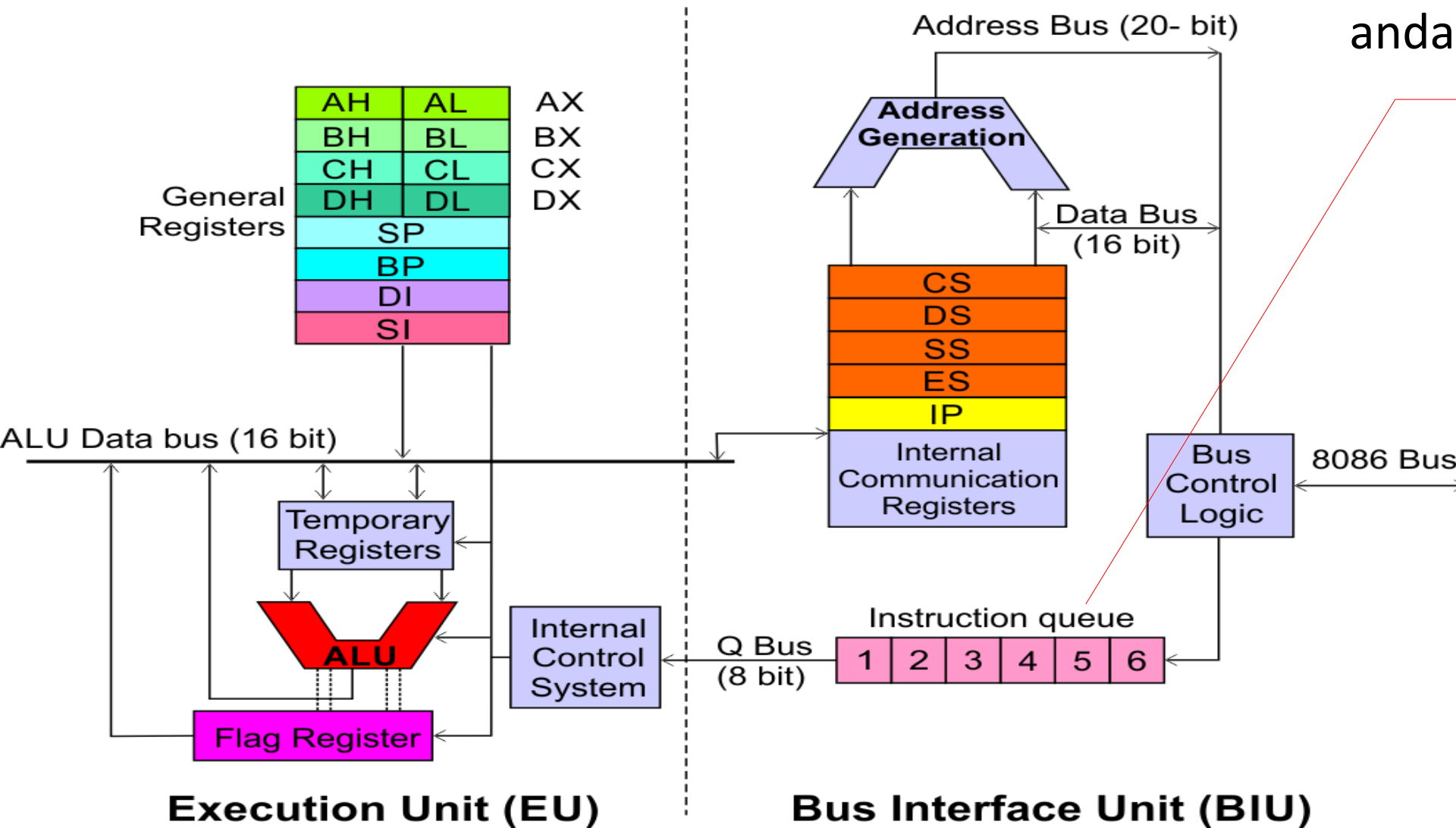


CPU İç Mimarisi

- Genel Amaçlı Register'lar: AX, BX, CX, DX
- Flags
- Kuyruk
- Cache Bellek
- Pipeline
- Belleklerin Başlangıç Adresleri:
 - Segment registers (SR - 16bit): CS, DS, ES, SS
- Bellek gözlerine erişim – Ofset registers – Pointers and Indexs (16 bit):
 - CS: IP
 - DS ve ES: BX, SI, DI
 - SS: BP, SP
- Fiziksel adres (20 bit)= $SR * 10h + \text{Ofset registers}$

Instruction Queue

Çok sayıda komutun parçalanarak bir anda farklı parçaların işlenmesi.



Instruction queue

- A group of First-In-First-Out (FIFO) in which up to 6 bytes of instruction code are pre fetched from the memory ahead of time.
- This is done in order to speed up the execution by overlapping instruction fetch with execution.
- This mechanism is known as pipelining (ardışık düzende komut işleme).

Register

- CPU'nun parçası olan veriyi işlemek, transfer etmek amacıyla kayıt edildiği veri tutma yerleri kümesidir.
- Bir komutu, bir bellek adresini veya herhangi bir tür veri kayıt edilebilir.
- Bir komutu tutacak kadar bit boyutu büyük olmalıdır - örneğin, 64 bit bir bilgisayarda, bir register 64 bit uzunluğunda olmalıdır.
- İşlemci tasarımına ve dil kurallarına bağlı olarak, register'lar numaralandırılabilir veya isteğe bağlı adlara sahip olabilir.
- Genel amaçlı veri register'larının herbiri genel amaçlı işlevler için kullanılabildiği gibi, herbirinin kendine özel amaçlı işlevsellik özellikleri de vardır.

Accumulator

- Accumulator is a register in which intermediate arithmetic and logic results are stored.
- example for accumulator use is summing a list of numbers.
 - The accumulator is initially set to zero, then each number in turn is added to the value in the accumulator.
 - Only when all numbers have been added is the result held in the accumulator written to main memory or to another, non-accumulator, CPU register.

Program counter (PC)

- a 16 bit register, used to store the next address of the operation code to be fetched by the CPU.
- Not much use in programming, but as an indicator to user only.
- Purpose of PC in a Microprocessor
 - to store address of tos (top of stack)
 - to store address of next instruction to be executed.
 - count the number of instructions.
 - to store base address of the stack.

Özel Amaçlı Saklayıcılar - Registers

- İşlemci içerisinde ham bilgi girdisinin hızlı biçimde işlenerek kullanılabilir çıktıya dönüştürülmesi için sistemde verileri geçici olarak üzerinde tutacak bir grup Register olarak adlandırılan Özel Amaçlı Saklayıcılara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Özel Amaçlı Saklayıcılar (Register): Mikroişlemcide işlenecek verinin geçici olarak saklandığı, kontrol ve ALU birimlerinin doğrudan bağlandığı bellek birimidir.
- Özel Amaçlı Saklayıcılar verinin manevrasında ve geçici olarak tutulmasında görevlidirler.

Mikroişlemcinin iç yapısında, işlenecek komutların içeriğine bağlı olarak, Özel Amaçlı Saklayıcılar :

- Veri işleme ve veri iletişim ara yüzünde kullanılır.
- Özel amaçlı saklayıcıdır.
- Yüksek hızlı veri işlemde ve transfer etme hızlı rol oynar.
- Geçici depolama alanıdır.
- CPU içinde bulunur. CPU'nun ana bileşenidir.

Özel Amaçlı Saklayıcılar İkiye Ayrılır

Kullanıcı Saklayıcıları

- Veri ve adreslerini saklarlar
 - Program komutları tarafından manipüle edilir
 - Birden çok saklayıcı
 - Muhtemelen veri ve adres saklayıcılarına bölünmüştür
- **Özel amaçlı saklayıcılar** genellikle bilgisayarın Word boyutundadır.
 - Bugünlerde 8, 16, 32 veya 64 bit register'lar kullanılmaktadır.

Kontrol Saklayıcıları

- Getir-yürüt-götür döngüsünü gerçekleştirmek için kontrol birimi tarafından kullanılan bilgileri saklayan saklayıcılar.
 - **PC**: Sonraki komutun bellekteki konumu
 - **IR**: Geçerli yürütülen komutun saklandığı saklayıcı
 - **Status flags**: Yürütülen son komutun sonuçları hakkında bilgi (bir taşma oldu mu, sonuç pozitif mi, sıfır mı yoksa negatif mi?)

Pointer Register'lar

Stack Pointer (SP) and Base Pointer (BP)

- SP ve BP, veri yığın segmentindeki (SS) verilere erişmek için kullanılır.
- SP, harici bellekteki yığın segmentini içeren komutların yürütülmesi sırasında mevcut SS'de bir ofset adresi olarak kullanılır.
- POP veya PUSH komutunun yürütülmesi sırasında, SP içerikleri otomatik olarak güncellenir (artırılır / azaltılır).
- BP, SS'de, adresleme modunu kullanan komutlar tarafından kullanılan bir ofset adresi içerir.

Stack pointer (SP)

- The stack is configured as a data structure that grows downward from high memory to low memory.
- At any given time, the SP holds the 16-bit address of the next free location in the stack.
- The stack acts like any other stack when there is a subroutine call or on an interrupt. ie. pushing the return address on a jump, and retrieving it after the operation is complete to come back to its original location.

Index Register'lar - Instruction Pointer

Source Index (SI) and Destination Index (DI)

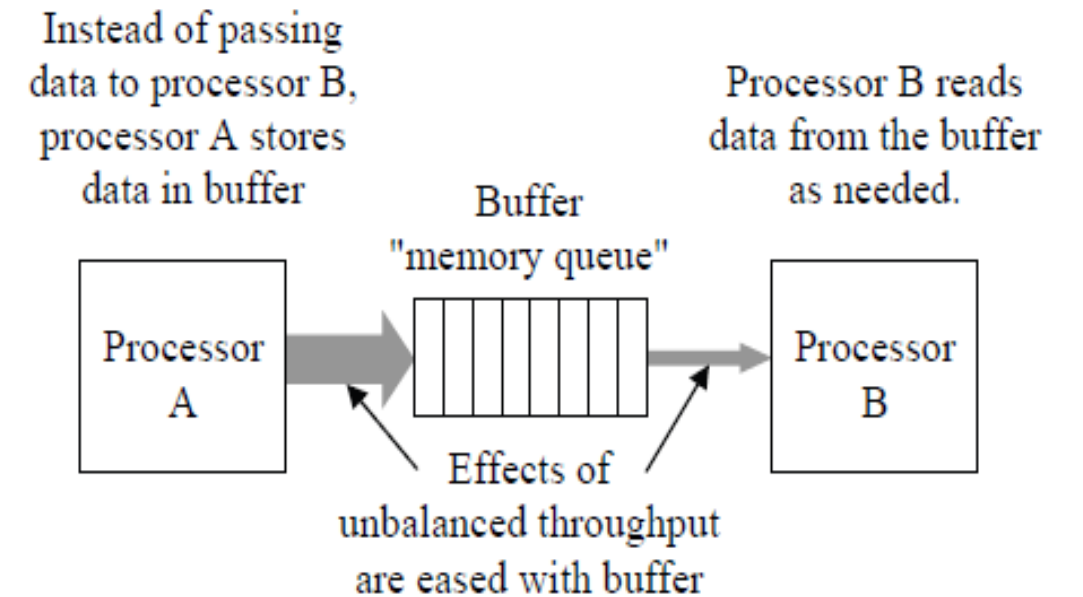
- Endekslenmiş adreslemede kullanılır.
- Veri dizilerini işleyen komutlar, kaynak ve hedef adresleri ayırt etmek için sırasıyla DS ve ES ile birlikte SI ve DI saklayıcılarını kullanır.

Instruction Pointer (IP)

- Kod segmentin (CS) gösterdiği bellek içinde yürütülecek bir sonraki komutu işaret eder.
- Kod segment alanının bellek içindeki bir sonraki komut kodunu işaret eden 16 bitlik ofset adresini içerir.
- Bir sonraki komutun yürütülmesi sırasında içerik otomatik olarak artar.

Buffers

- Bir işlemci nadiren tek başına çalışır.
- Tipik olarak, ana işlemcinin çalışmasını destekleyen birden çok işlemci vardır. Bunlar arasında video işlemcileri, klavye ve fare arabirim işlemcisi ve sabit sürücülerden ve CDROM'lardan veri sağlayan işlemciler bulunur.
- USB, Firewire ve Ethernet ağları gibi iletişim arayüzlerini kontrol etmek için işlemciler de vardır. Bu işlemcilerin tümü bağımsız olarak çalışır ve bu nedenle, ikinci bir işlemci sonuçları almaya hazır olmadan önce bir işlem bitirilebilir. Bir işlemci diğerinden daha hızlıysa veya bir işlemci, ikinci bir işlemden veri almasını engelleyen bir sürece bağlıysa, verilerin kaybolmaması için yerinde bir mekanizma olması gerekir.
- Bu mekanizma, alınmaya hazır olana kadar verileri tutabilen bir bellek bloğu biçimini alır. Bu bellek bloğuna tampon adı verilir.
- Arabellek kavramı burada sunulmuştur, çünkü bir işlemcinin dahili yapısı, harici bir aygıtın kullanılabilir olmasını beklerken verileri depolamak için genellikle arabelleklere dayanır.



Sistem Haberleşme Yolları (System BUS)

- Sistem kaynaklarının iyi kullanılabilmesi için bilgisayarı içinde bileşenler arasında iletişim gerekir. İşte bu anlamda, bilgisayarın veriyi taşıdığı kanallara haberleşme yolu (bus) denir.
- Bilgisayar içinde değişik türde haberleşme yolları kullanılır. Veri yolları 8, 16, 32 ve 64 bit gibi kapasitelere sahiptir.

Üç tip veri yolu bulunur:

- a- Data Bus: CPU ile bellek arasında yada CPU ile girdi/çıkırtı aygıtı arasında veri taşır.
- b- Control Bus: CPU'dan bilgisayarın diğer parçalarına gönderilen komutları taşır.
- c- Address Bus: Bilgisayarın belleğindeki yerlerin her birini tanımlayan sayıları (adresleri) taşır. 32 bit sistemin adres kapasitesi 2^{32} dir.

İşlemci Bellek İlişkisi

- İşlemci içerisinde önbellekte fazla miktarda bilgi saklanamaz ve saklayıcılarda ise veri manipule (Transfer, Kontrol, ALU) işlevleri yerine getirilir.
- İşlemci gerekli verileri RAM'den okur ve işlem sonuçlarını RAM belleğe yazar.
- İşlemcinin işleyeceği verilerin RAM'in hangi bellek gözünden okunacağı ve işlem sonuçlarının hangi bellek gözüne yazılacağı programda verilmiş adreslerle belirlenir.
- Ram bellekte her bilgi programlarda belirlenen bir adreste bulunur.
- Ram bellek işlemcinin hesap defteri gibidir. Devamlı buradan bir şeyler okur, siler, yazar...
- CPU, hangi verinin hangi RAM bellek ile ilişkili olduğu yazılan program tarafından verilen adres hatları üzerinden Address Decoding Unit tarafından belirlir.

ALU & Kontrol Birimi - ALU

- **Aritmetik - Mantık birimi (ALU):** Aritmetik mantık birimi, aritmetik işlemleri ve mantık işlemlerini yapar ve bu işlemlerin hızını kontrol eder. **Aritmetik işlemler, toplama, çıkarma, çarpma ve bölme gibi temel matematiksel işlemlerdir. Mantık işlemleri ve, veya, ot gibi lojiksel işlemlerdir. Karşılaştırma işlemlerinde iki veri karşılaştırılarak birbirine eşit, birinin diğerinden büyük ya da küçük olmasını kontrol edilir. Bu karşılaştırmalar birleştirilerek büyük eşit veya küçük eşit olarak kullanılabilir.**
- **Kontrol Birimi:** Bilgisayar sisteminin bileşenlerine program komutlarını nasıl yürütmesi gerektiğini belirtir. Ana bellek ve aritmetik - mantık birimi (ALU) arasındaki elektronik sinyallerin hareketini yönetir. Ayrıca, ana bellek ile Giriş/Çıkış aygıtları arasındaki elektronik sinyalleri de yönetir.
- **Noktalı ondalıklı sayılar ile işlemlerde FLU birimi kullanılır.**

Kontrol Birimi

- Getir-yürüt-götür işlevsel döngüsünü (Fetch) yönetmekten sorumludur.
- Mikroişlemcinin tüm bileşenlerine kontrol sinyalleri gönderir.
- Bir kontrol sinyali, mikroişlemcinin bileşenlerinin işlevini etkinleştirmesi veya gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtir.
- Örneğin Komut okuma işlevi gerektiğinde:
 - Program Sayma(PC) değerini ana belleğe gönderir.
 - Belleğe okuma sinyalini gönderir.
 - Veri, Ram bellekten okunduğunda, onu Komut Register'lara (Instruction Registers - IR) taşır.
 - PC'yi bir sonraki talimatı gösterecek şekilde artırır.
- Bu işlemler kontrol ünitesi tarafından kontrol edilir.
- Kontrol birimi, uygun ALU devresinde ya da devrelerinde komutları yürütmek için komut sinyallerinin kodunu çözer. Durum değişikliklerini belirler, bayrakları aktif eder.

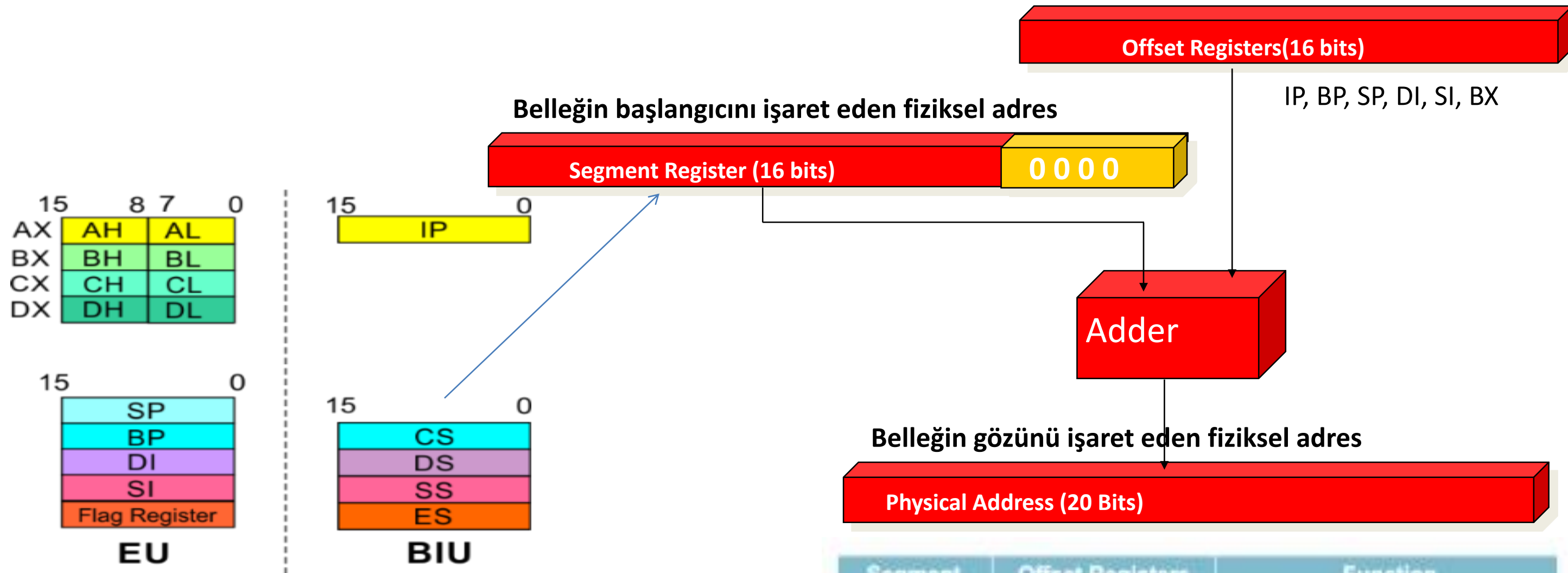


“Bellek Gözü Fiziksel Adresleme”

CS'in stratejisi

- Bilgisayar ilk açıldığında, reset (yeniden başlat) atıldığında CPU ne iş yapar?
- Code Segment register'ında kayıtlı 16 bitlik veriden 20 bitlik fiziksel adres hesaplar. 20 bitlik fiziksel adres noktasından çalışmaya başlar.
- Örneğin, CS içeriği (C000)h = (1100 0000 0000 0000)b
- 20 bitlik fiziksel adres hesaplanır: (C000**0**)h = (1100 0000 0000 0000 **0000**)b

Addressing Modes Memory Access



- Data Segment Register'ın Offset Register'ları nedir?
- Code Segment Register'ın Offset Register'ları nedir?
- Stack Segment Register'ın Offset Register'ları nedir?
- Extra Segment Register'ın Offset Register'ları nedir?

Segment	Offset Registers	Function
CS	IP	Address of the next instruction
DS	BX, DI, SI	Address of data
SS	SP, BP	Address in the stack
ES	BX, DI, SI	Address of destination data (for string operations)

Örnek

- CS içeriği (A000)h ve bir sonraki komutun içeriği IP deki (1000)h gösterdiği gözündeki komut yerini adresi yazılı ise 20 bitlik fiziksel adresi hesaplayınız.
- Hex sayısı 4 bitlidir. İkili sayı sisteminde: 0000, 0001, 0010, ... 1111; Hex: 0...9, A...F.
- CS: (A000)h, $4 \times 4 \text{ bit} = 16 \text{ bit}$
- (A000)h = (1010 0000 0000 0000)b
- IP: (1000)h = (0001 0000 0000 0000)b
- CS: 1010 0000 0000 0000 0000 (20 bit elde edilir.)
- IP: 0001 0000 0000 0000
- Rom Belleğin gözünün fiziksel adresi: (1010 0001 0000 0000 0000)b = (A1000)h

Örnek

- DS içeriği (B000)h ve SI'nın içeriğindeki 214h verisinin gösterdiği bellek gözünün 20 bitlik fiziksel adresi hesaplayınız.
- Hex sayısı 4 bitliktir. DS: (B000)h, $4 \times 4 \text{ bit} = 16 \text{ bit}$
- İkili sayı sisteminde: 0000, 0001, 0010, ... 1111; Hex: 0...9, A...F; Ondalık: 0,1,2, ...,15
- DS: (B000)h=(1011 0000 0000 0000)b
- SI: (0214)h=(0000 0010 0001 0100)b

- DS: 1011 0000 0000 0000 0000 (20 bit elde edilir.)
- SI : 0000 0010 0001 0100 (16 bit aynen korur.)
- Ram belleğin gözünün fiziksel adresi: (1010 0000 0010 0001 0100)b=(B0214)h



Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

“Registers”

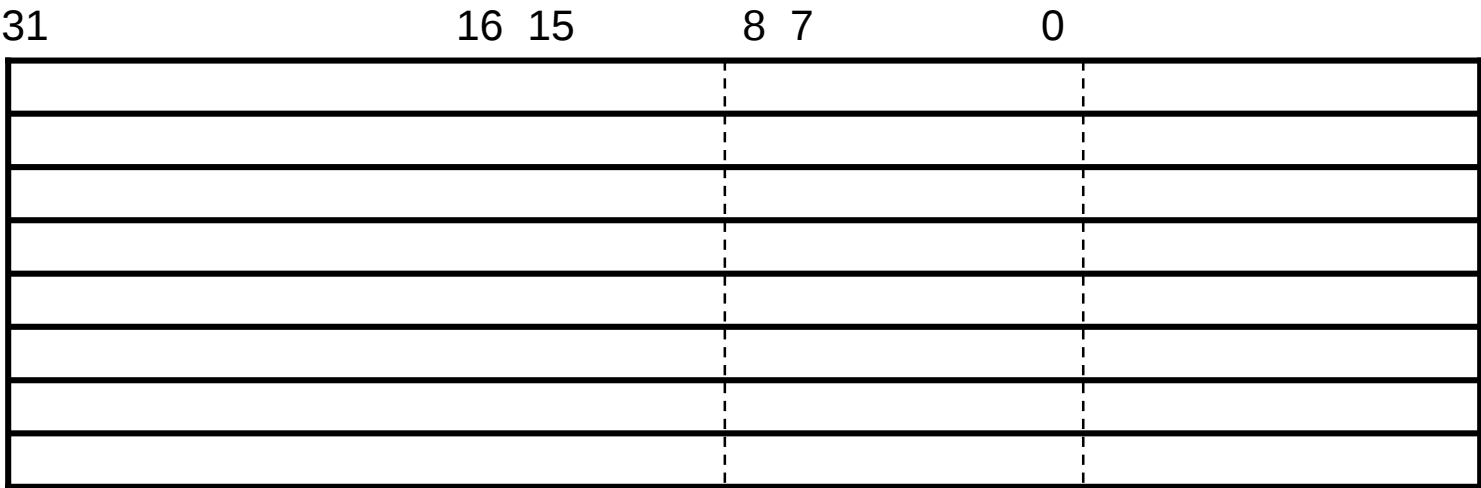
Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

- 1) **Registers (Kaydediciler):** Genel ve özel amaçlı olmak üzere iki gruba ayrılır. Bunlardan başka programcıya gözükmeyen (ilgilendirmeyen) kaydediciler de vardır. Genel amaçlılara akümülatör, indis kaydedicileri denmektedir. Özel amaçlılar ise program sayıcı, yığın işaretçisi, bayraklar gibi kaydediciler denmektedir.
 - a) Özel amaçlı saklayıcıdır. Yüksek hızlı veri işlemde ve transfer etmede kullanılır. Geçici depolama alanıdır. CPU içinde bulunur.
 - b) Akümülatör: Akümülatörler, işlemcinin aritmetik ve mantık işlemleri sırasında depo görevi yapan önemli bir kaydedicidir. **Ara değerlerin üzerinde tutulması**, sisteme gelen verinin ilk alındığı yer, belleğe veya dış dünyaya gönderilecek verilerin tutulduğu yer olarak görev yapar. Bazı işlemcilerde yardımcı akümülatör de kullanılmaktadır.
 - c) Indis Kaydedicileri: Indis kaydedicilerinin temelde üç görevi vardır. Hesaplamalarda **ara değerlerin geçici tutulmasında, program döngülerinde** ve zamanlama uygulamalarında **bir sayıcı olarak** ve bellekte depolanmış bir dizi verinin üzerinde bir **indisçi** olarak kullanılmaktadır.

Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

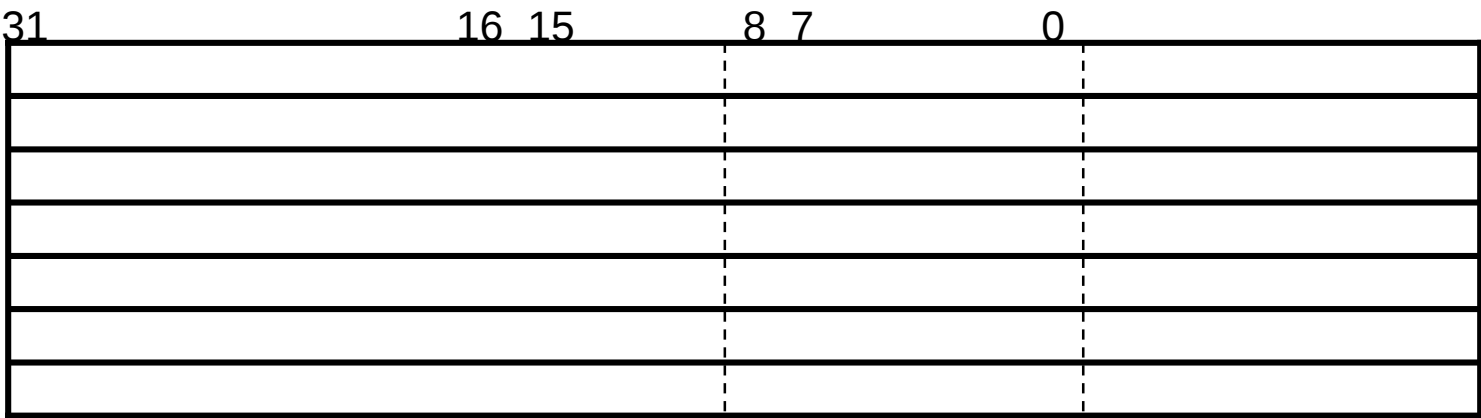
- d) Program Sayıcı (PC, Program Counter) :Mikro işlemcinin yürütmekte olduğu program komutlarının adres bilgisini tuttuğu özel amaçlı bir kaydedicidir. Mikroişlemcinin çalışması sırasında hangi komutun hangi sırada kullanılacağını bilmesi gerekir. Bu görevi program sayıcı (PC) yerine getirir. Bellekten alınan her komut kodundan sonra alınacak yeni komut kodunun adresi program sayıcıya otomatik olarak işlemci tarafından yüklenir. Komut çevrimi, PC'nin yeni adresi adres yoluna koyması ile başlar. Bunun ardından da ilgili kontrol sinyali gönderilir. Bellekten gelen her bilgiden sonra PC, kontrol devresinden aldığı işarete uyarak adres satırını 1 arttırır. Böylece bilgilerin bellekten işlemciye düzenli bir şekilde gelmesi sağlanır.
- e) Durum Kaydedicileri (Bayraklar): Mikro işlemci içinde veya dışardan yapılan herhangi aritmetiksel, mantıksal veya kesmelerle ilgili işlemlerin sonucuna göre bitleri değeri değiştirir. Bir işlem sonucunda bu bitlerin aldığı değere göre program yön bulur. Programcı bu bitlerde oluşacak değerlere göre programa yön verebilir. Elde Bayrağı-C, Sıfır Bayrağı-Z, Ondalık Bayrağı-D, Taşma Bayrağı-V, Negatif Bayrağı-N gibi çeşitleri vardır.

Register in motorola 68000 microprocessor



D0
D1
D2
D3
D4
D5
D6
D7

DATA REGISTERS



A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7

ADDRESS REGISTERS



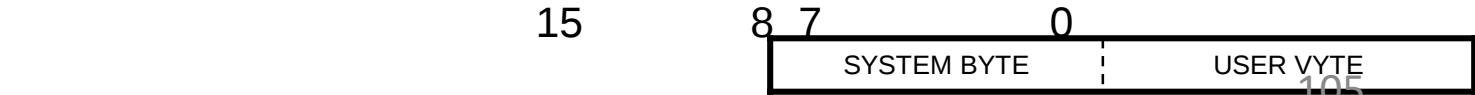
A7

STACK POINTER



PC

PROGRAM CONTER



SR

STATUS REGISTER

Microprocessor Register Organizations

Data registers	
D0	
D1	
D2	
D3	
D4	
D5	
D6	
D7	

Address registers	
A0	
A1	
A2	
A3	
A4	
A5	
A6	
A7	

Program status	
Program counter	
Status register	

(a) MC68000

General registers

AX	Accumulator
BX	Base
CX	Count
DX	Data

Pointers & index

SP	Stack ptr
BP	Base ptr
SI	Source index
DI	Dest index

Segment

CS	Code
DS	Data
SS	Stack
ES	Extrat

Program status

Flags
Instr ptr

(b) 8086

General Registers

EAX	AX
EBX	BX
ECX	CX
EDX	DX

ESP	SP
EBP	BP
ESI	SI
EDI	DI

Program Status

FLAGS Register
Instruction Pointer

(c) 80386 - Pentium 4

Figure 14.3 Example Microprocessor Register Organizations



“X86 to Pentium Registers”

8086 Microprocessor

First 16- bit processor released by INTEL in the year 1978

Originally HMOS, now manufactured using HMOS III technique (Transistorler atomik yapıda üretilmektedir.)

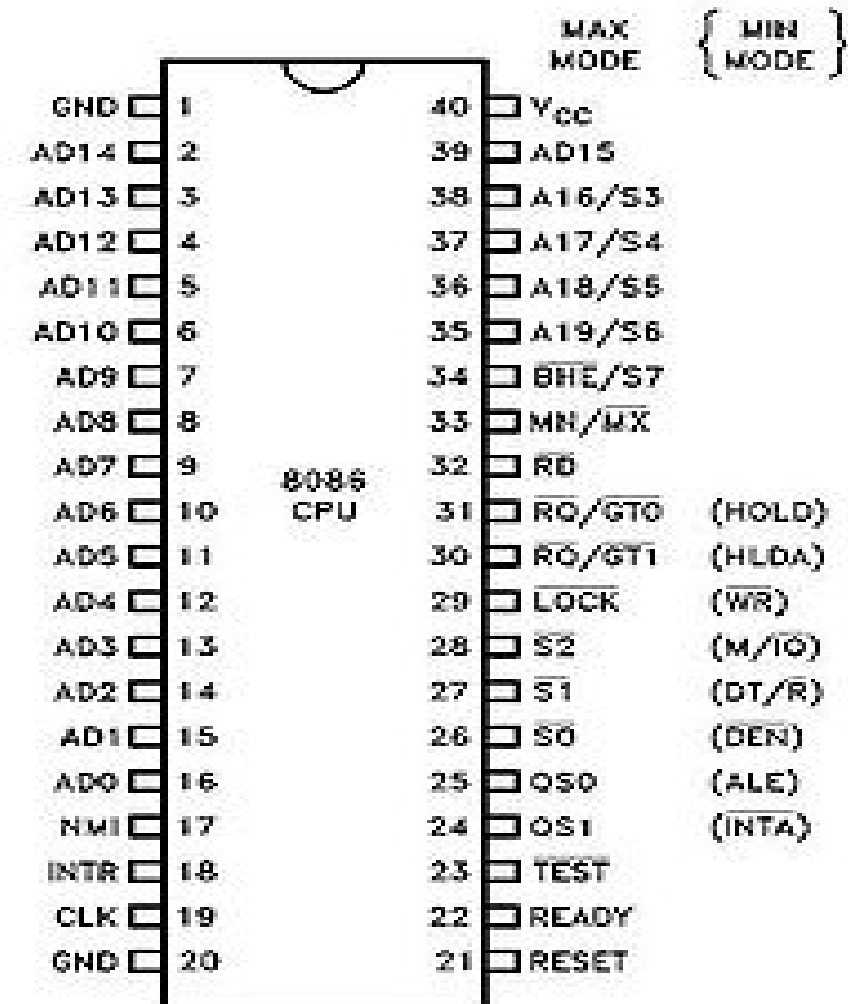
Approximately 29, 000 transistors, 40 pin DIP, 5V supply

Does not have internal clock; external asymmetric clock source with 33% duty cycle

20-bit address to access memory $\Rightarrow$ can address up to $2^{20} = 1$ megabytes of memory space.

8086

- The 8086 is a 16-bit microprocessor chip designed by Intel, which gave rise to the x86 architecture; development work on the 8086 design started in the spring of 1976 and the chip was introduced to the market in the summer of 1978.
- The Intel 8088, released in 1979, was a slightly modified chip with an external 8-bit data bus (allowing the use of cheaper and fewer supporting logic chips and is notable as the processor used in the original IBM PC.



The Intel 8086 Microprocessor

It is a 16-bit microprocessor chip available in speeds of 8MHz, 10MHz, and 12MHz. It can address 1 Mb of data with only 16-bit address. This is accomplished by segmenting memory into separate 64K groups of data. Hardware and instructions integral to the 8086 control each 64K group.

- Memory Structure
- Data storage in 8086 memory
- Paragraphs
- Program Segmentation and Segment Registers
- Hardware Registers
- Flags
- Input/Output (I/O) Structure

Intel 386 Microprocessor

It is an entry-level 32-bit microprocessor designed for single-user applications and operating systems such as MS-DOS and Windows.

Base Architecture the Intel 386 consists of three major components:

- **a central processing unit (CPU)**
- **a memory management unit**
 - **segmentation unit**
 - **the paging mechanism**

the Intel has two modes of operation: Real Address Mode (Real Mode), and Protected Virtual Address Mode (Protected Mode).

- **a bus interface**

Intel 386 Microprocessor *(continued)*

Registers

31	16 15	0
	AX	EAX
	BX	EBX
	CX	ECX
	DX	EDX
	SI	ESI
	DI	EDI
	P	EBP
	SP	ESP

General Data and Address Registers

Intel 386 Microprocessor *(continued)*

15	0
	CS
	SS
	DS
	ES
	FS
	GS

Selector Registers

31	16	15	0
	IP		EIP
	FLAGS		EFLAGS

Instruction Pointer and Flags Register

Intel 386 Base Architecture Register

Intel 386 Microprocessor *(continued)*

- ***Instruction Set***

The instruction set is divided into nine categories of operations

- ***Addressing Modes***

The Intel 386 provides a total of 11 addressing modes for instructions to specify operands

- ***Memory organization***

- **I/O Space**
- **Real Mode Architecture**
- **Protected Mode Architecture**

Intel 486 microprocessor

The Intel 486 CPU offers the highest performance for DOS, OS/2, Windows, and UNIX system V/Intel 386 applications. Its 100% binary compatible with the Intel 386 CPU.

- ***Architectural Overview***
- ***Real Mode Architecture.***
- ***Protected Mode Architecture***
- ***On-Chip Cache***

Pentium II Microprocessor

The Pentium II processor features and benefits can enhance user's computing experience:

Introduction, Product Highlights, Dynamic Execution Technology, Intel MMX Technology, **Testing and Performance Monitoring Features.**

- *Introduction*
- *Product Highlights*
- ***Testing and Performance Monitoring Features***

Summary

- ***The Intel 8086*** It is a 16-bit architecture, with all internal registers 16 bits wide.
- ***The Intel 80386*** were included a 32-bit data bus structure and the ability to address up to 4GB of memory.
- ***The Intel 80486*** was a 32-bit data bus structure, and the ability to address up to 64GB of memory.
- ***The Pentium II processor*** was a 7.5 million-transistor, it incorporates the Pentium pro and the Intel MMX technology, which is designed specifically to process video, audio and graphics data efficiently.

IA-32 architecture

- Lots of architecture improvements, pipelining, superscalar, branch prediction, hyperthreading and multi-core.
- From programmer's point of view, IA-32 has not changed substantially except the introduction of a set of high-performance instructions

Modes of operation

- Protected mode
 - native mode (Windows, Linux), full features, separate memory
- Virtual-8086 mode
 - hybrid of Protected
 - each program has its own 8086 computer
- Real-address mode
 - native MS-DOS
- System management mode
 - power management, system security, diagnostics

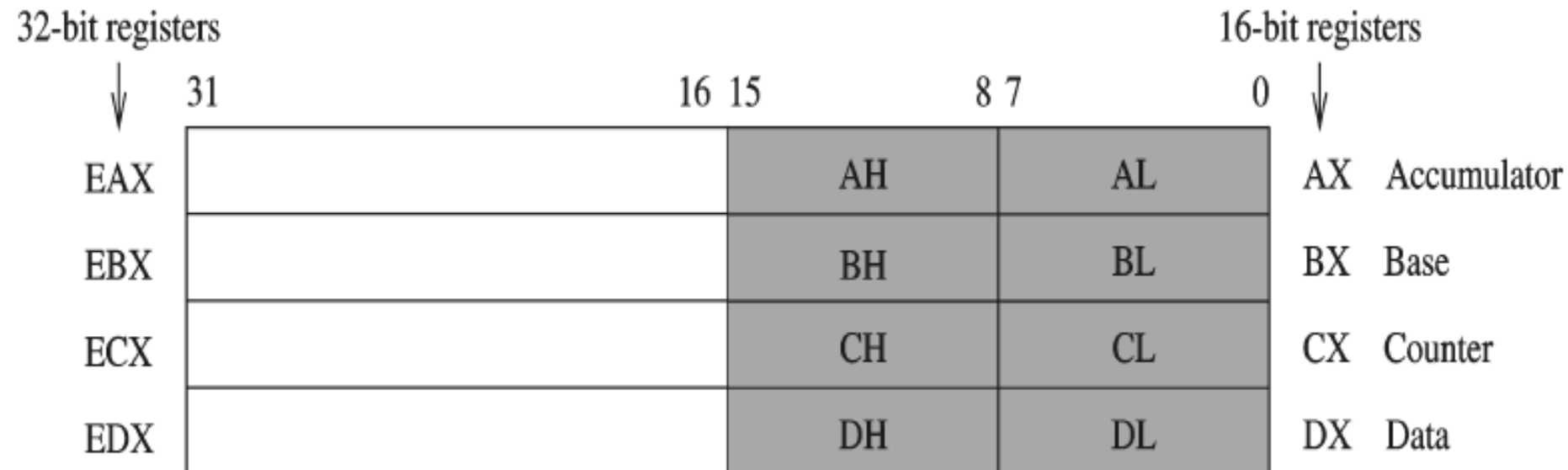
Addressable memory

- Protected mode
 - 4 GB
 - 32-bit address
- Real-address and Virtual-8086 modes
 - 1 MB space
 - 20-bit address

Pentium General Registers

Pentium Registers

- Four 32-bit registers can be used as
 - * Four 32-bit register (EAX, EBX, ECX, EDX)
 - * Four 16-bit register (AX, BX, CX, DX)
 - * Eight 8-bit register (AH, AL, BH, BL, CH, CL, DH, DL)
- Some registers have special use
 - * ECX for count in loop instructions



General-purpose registers

32-bit General-Purpose Registers

EAX
EBX
ECX
EDX

EBP
ESP
ESI
EDI

16-bit Segment Registers

EFLAGS
EIP

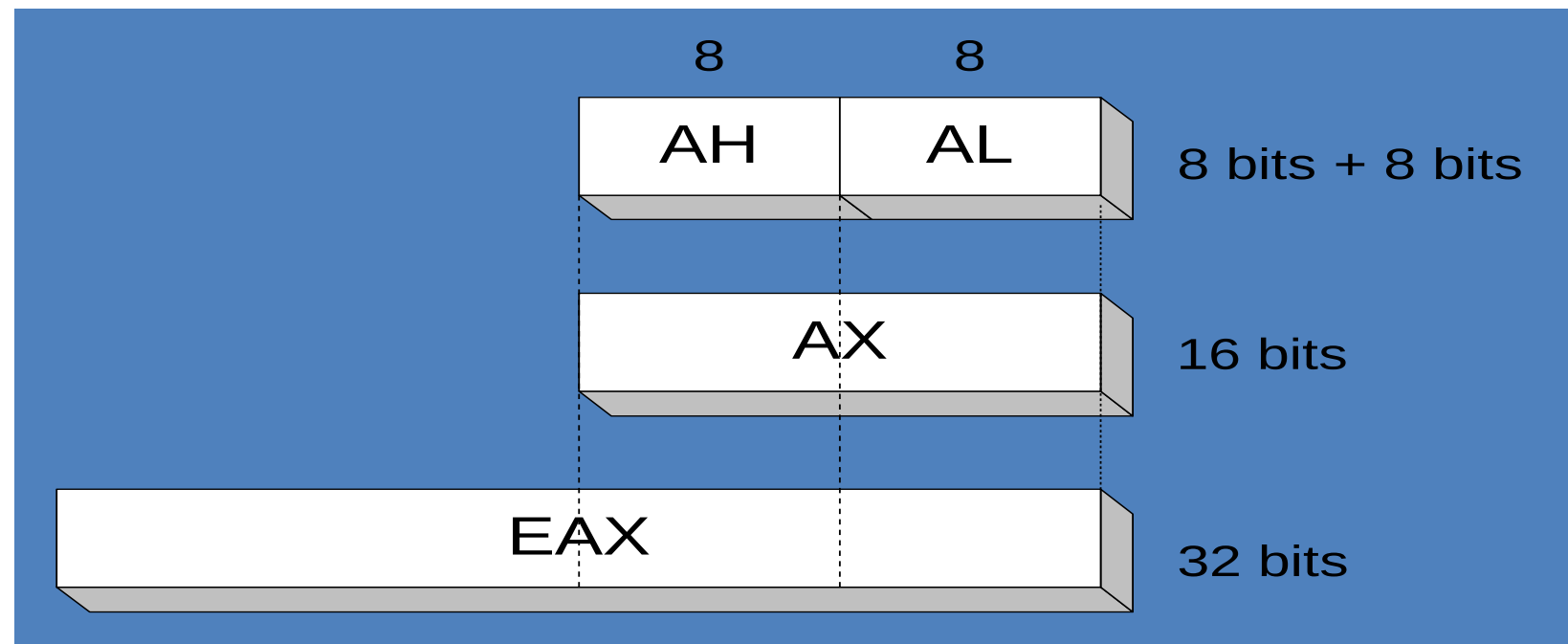
CS	ES
SS	FS
DS	GS

Pentium – Segment Register

- Pentium Segment Register boyutu: 32 bit ise bellek kapasitesi nedir?
- Bir segment register i.eğinden bellek fiziksel adres: 36 bit, $2^{36}=64\text{Gigbyte}$ fiziksel adresleme
- Toplam $64\text{Gbyte} * 4=256 \text{ GByte}$

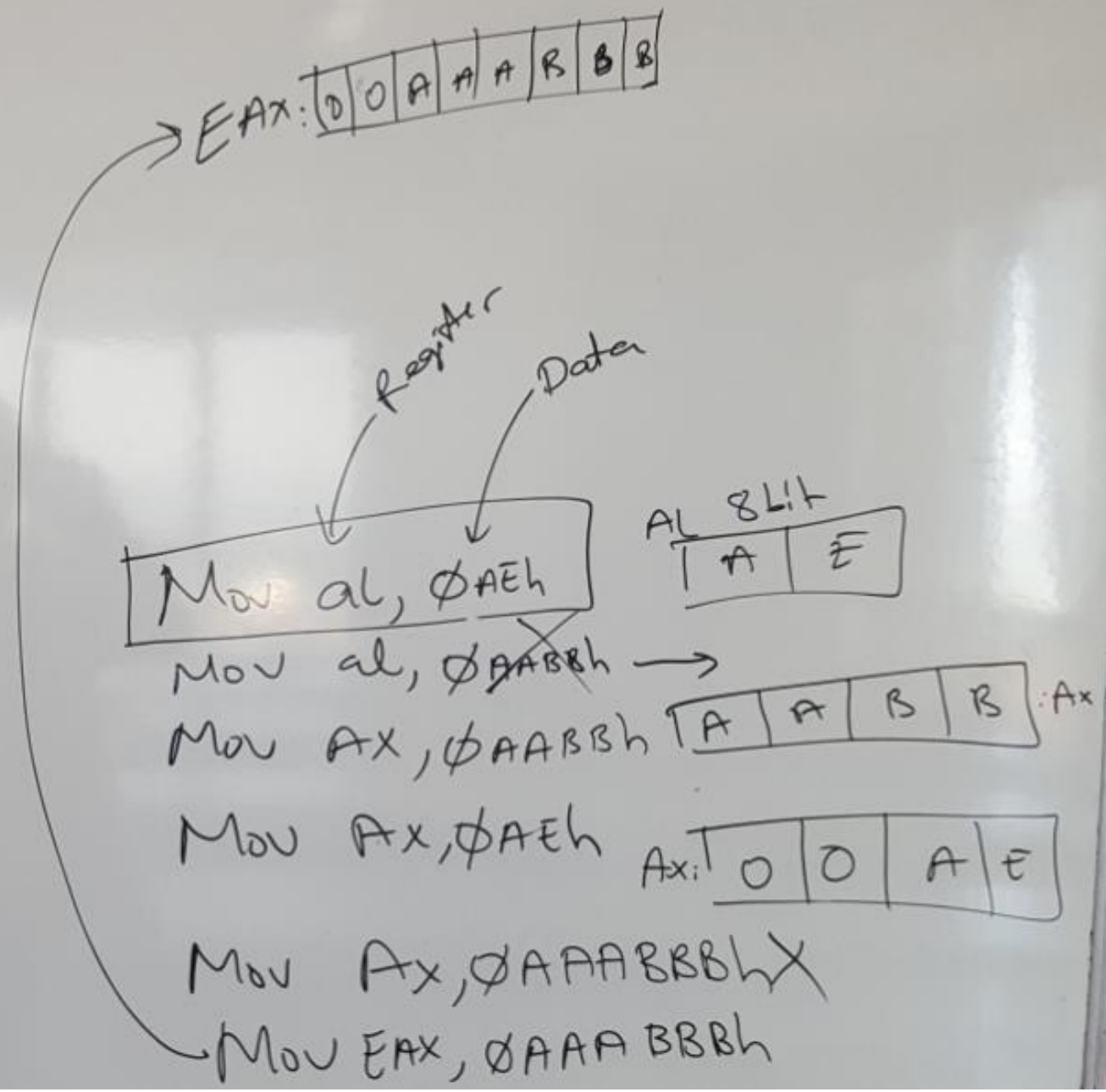
Accessing parts of registers

- Use 8-bit name, 16-bit name, or 32-bit name
- Applies to EAX, EBX, ECX, and EDX



32-bit	16-bit	8-bit (high)	8-bit (low)
EAX	AX	AH	AL
EBX	BX	BH	BL
ECX	CX	CH	CL
EDX	DX	DH	DL

8bit: AL, AH, BL, BH, CL, CH, DL, DH
 16bit: AX, BX, CX, DX
 32bit: EAX, EBX, ECX, EDX



Index and base registers

- Some registers have only a 16-bit name for their lower half (no 8-bit aliases). The 16-bit registers are usually used only in real-address mode.

32-bit	16-bit
ESI	SI
EDI	DI
EBP	BP
ESP	SP

Some specialized register uses (1 of 2)

- General-Purpose
 - EAX – accumulator (automatically used by division and multiplication)
 - ECX – loop counter
 - ESP – stack pointer (should never be used for arithmetic or data transfer)
 - ESI, EDI – index registers (used for high-speed memory transfer instructions)
 - EBP – extended frame pointer (stack)

Some specialized register uses (2 of 2)

- Segment
 - CS – code segment
 - DS – data segment
 - SS – stack segment
 - ES, FS, GS - additional segments (E'den sonrası harf olarak devam ediyor: F, G)
- EIP – instruction pointer
- EFLAGS
 - status and control flags
 - each flag is a single binary bit (*set* or *clear*)
- Some other system registers such as IDTR, GDTR, LDTR etc.

Status flags

- Carry
 - unsigned arithmetic out of range
- Overflow
 - signed arithmetic out of range
- Sign
 - result is negative
- Zero
 - result is zero
- Auxiliary Carry
 - carry from bit 3 to bit 4
- Parity
 - sum of 1 bits is an even number



Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

“Flags”

Flag	Name	Description
Z	Zero flag	Indicates that the result of a mathematical or logical operation was zero.
C	Carry flag	Indicates that the result of an operation produced an answer greater than the number of available bits. (This flag may also be set before a mathematical operation as an extra operand to certain instructions, e.g. "add with carry".)
X	Extend flag	<i>Masks the XIRQ request when set. It is set by the hardware and cleared by the software as well is set by unmaskable XIRQ.</i>
N	Negative/ Sign flag	Indicates that the result of a mathematical operation is negative. In some processors, the N and S flags have different meanings: the S flag indicates whether a subtraction or addition has taken place, whereas the N flag indicates whether the last operation result is positive or negative.
V	Overflow Flag	Indicates that the result of an operation has overflowed according to the CPU's word representation, similar to the carry flag but for signed operations.
I	interrupts	Interrupts can be enabled or disabled by respectively setting or clearing this flag. Modifying this flag may be restricted to programs executing in supervisor mode

Flag Register: Komutlar işlenirken değişen durumları gösterir

Auxiliary Carry Flag

This is set, if there is a carry from the lowest nibble, i.e, bit three during addition, or borrow for the lowest nibble, i.e, bit three, during subtraction.

Carry Flag

This flag is set, when there is a carry out of MSB in case of addition or a borrow in case of subtraction.

Sign Flag

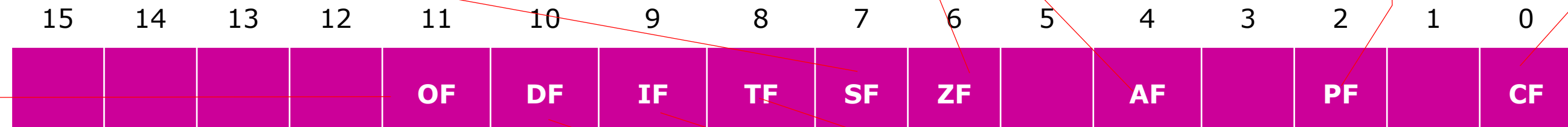
This flag is set, when the result of any computation is negative

Zero Flag

This flag is set, if the result of the computation or comparison performed by an instruction is zero

Parity Flag

This flag is set to 1, if the lower byte of the result contains even number of 1's ; for odd number of 1's set to zero.



Over flow Flag

This flag is set, if an overflow occurs, i.e, if the result of a signed operation is large enough to accommodate in a destination register. The result is of more than 7-bits in size in case of 8-bit signed operation and more than 15-bits in size in case of 16-bit sign operations, then the overflow will be set.

Tarp Flag

If this flag is set, the processor enters the single step execution mode by generating internal interrupts after the execution of each instruction

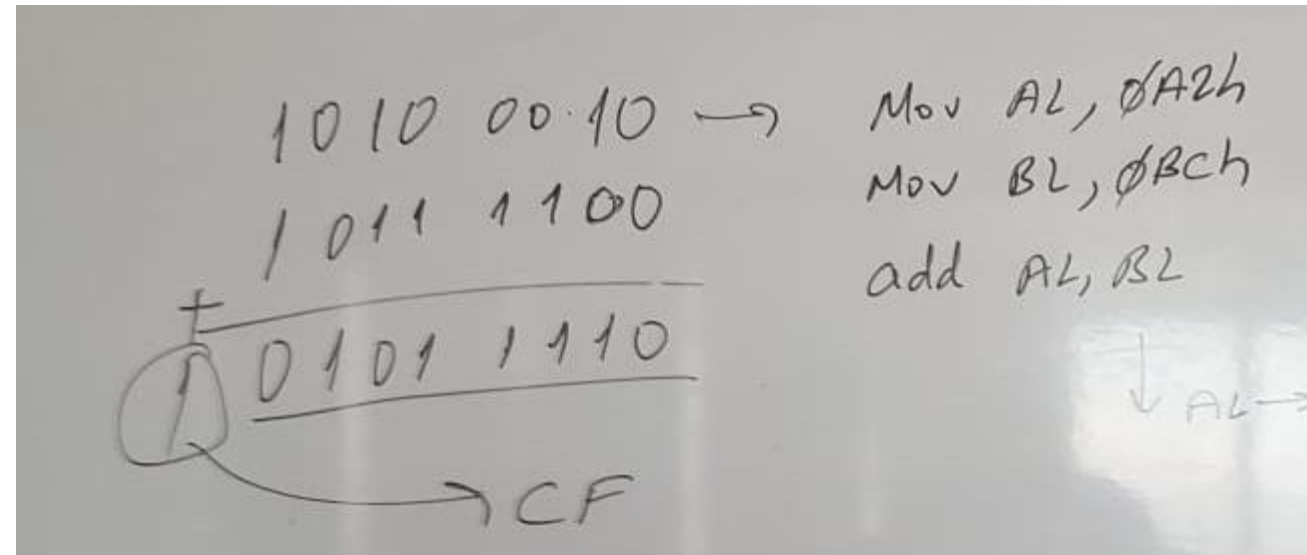
Direction Flag

This is used by string manipulation instructions. If this flag bit is '0', the string is processed beginning from the lowest address to the highest address, i.e., auto incrementing mode. Otherwise, the string is processed from the highest address towards the lowest address, i.e., auto decrementing mode.

Interrupt Flag

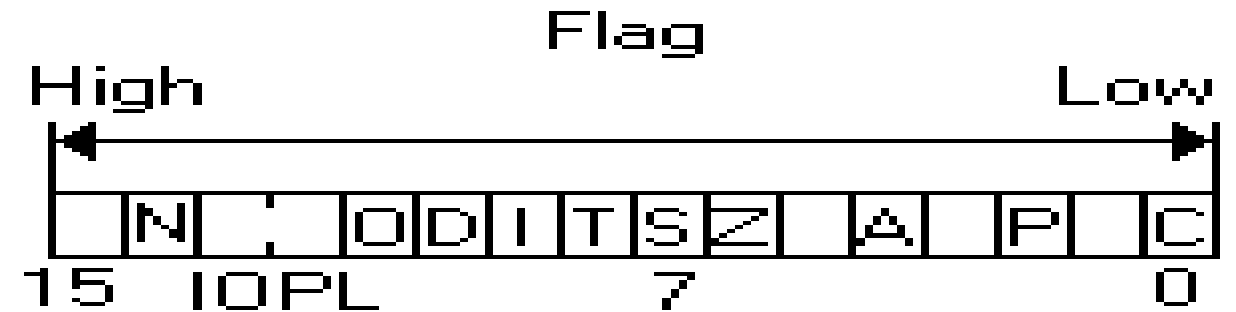
Causes the 8086 to recognize external mask interrupts; clearing IF disables these interrupts.

Carry Flag



Flag register

- Flag is a register that contains processor status
 - No direct access to it



- C: carry flag (bit 0). Turns to 1 whenever the last arithmetical operation has carry or borrow, otherwise 0.
 - P: parity flag (bit 2). It is set to 1 if the last operation result has even number of 1's.
 - A: auxiliary flag (bit 4). It is set in Binary Coded Decimal (BCD) operations.
 - Z: zero flag (bit 6). Is 1 if the last operation result is zero.
 - S: sign flag (bit 7). It is set to 1 if the most significant bit of the last operation is 1.
 - T: trap flag (bit 8). It is only used in debuggers to turn on the step-by-step feature.
 - I: interrupt flag (bit 9). Disables or enables interrupts.
 - D: direction flag (bit 10). If set, all string operations are done backward.
 - O: overflow flag (bit 11). If the bit is set, the last arithmetic operation resulted in overflow.
 - IOPL: I/O Privilege Level flag (bit 12 to 13). It is used to denote the privilege level of the running programs.
 - N: Nested Task flag (bit 14). Used to detect whether multiple tasks (or exceptions) occur.
- Most often used flags are O, D, I, S, Z, and C.

Flag register

- Zero Flag

- Is set if result obtained after an operation is 0
- Is set following an increment or decrement operation of that register

```
    10110011
+   01001101
-----
1  00000000
```

- Carry Flag

- Is set if there is a carry or borrow from arithmetic operation

```
    1011 0101
+   0110 1100
-----
Carry 1 0010 0001
```

```
    1011 0101
-   1100 1100
-----
Borrow 1 1110 1001
```

- Sign Flag

- Used for indicating the sign of the data in the accumulator
- The sign flag is set if negative (1 – negative)
- The sign flag is reset if positive (0 – positive)

- Auxillary Carry Flag

- Is set if there is a carry out of bit 3

- Parity Flag

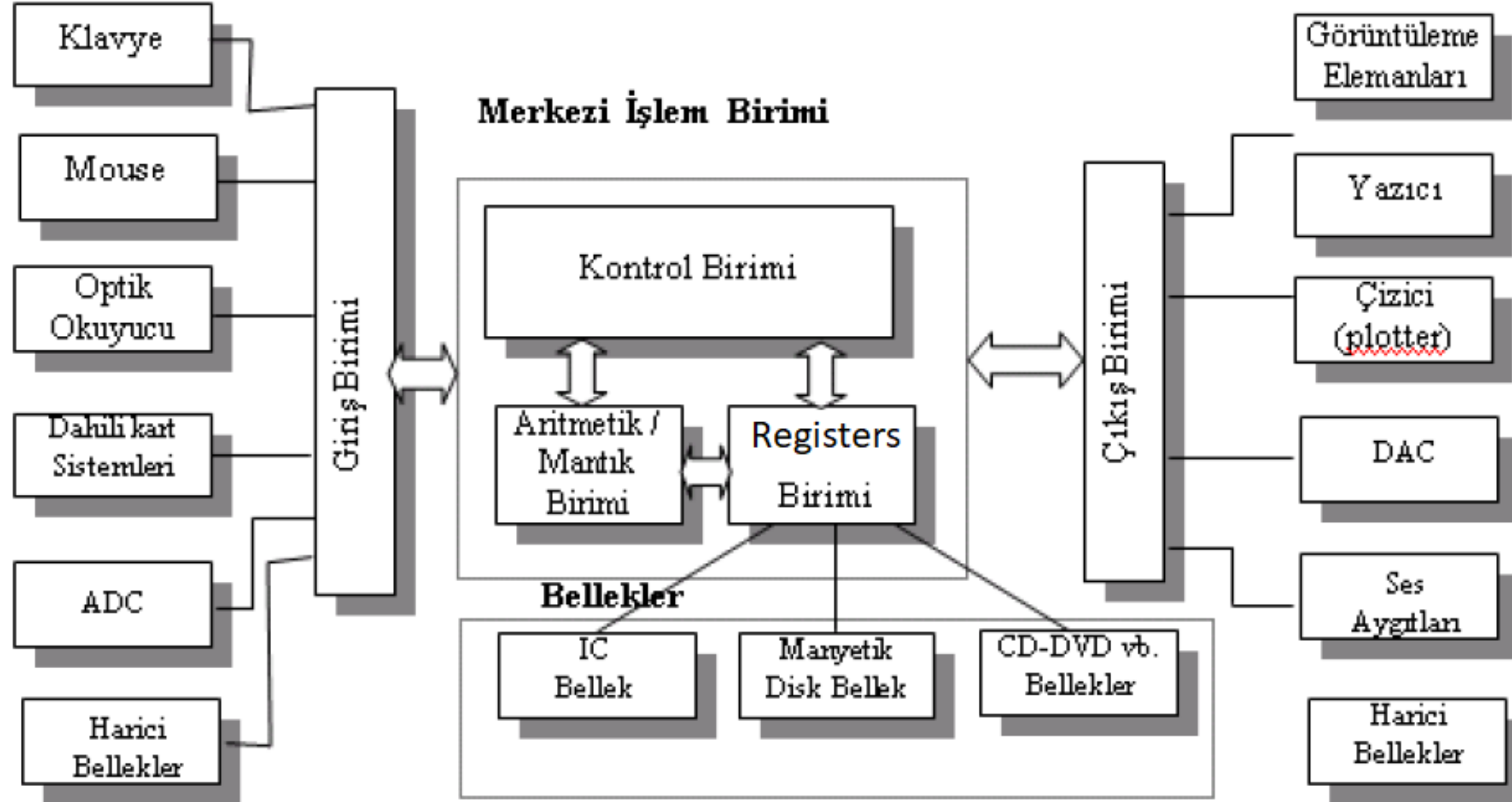
- Is set if parity is even
- Is cleared if parity is odd



Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

“Kontrol Birimi”

Bilgisayar Sistemi



CPU'nun giriş çıkış birimleri

Mikroişlemcinin Yapısı

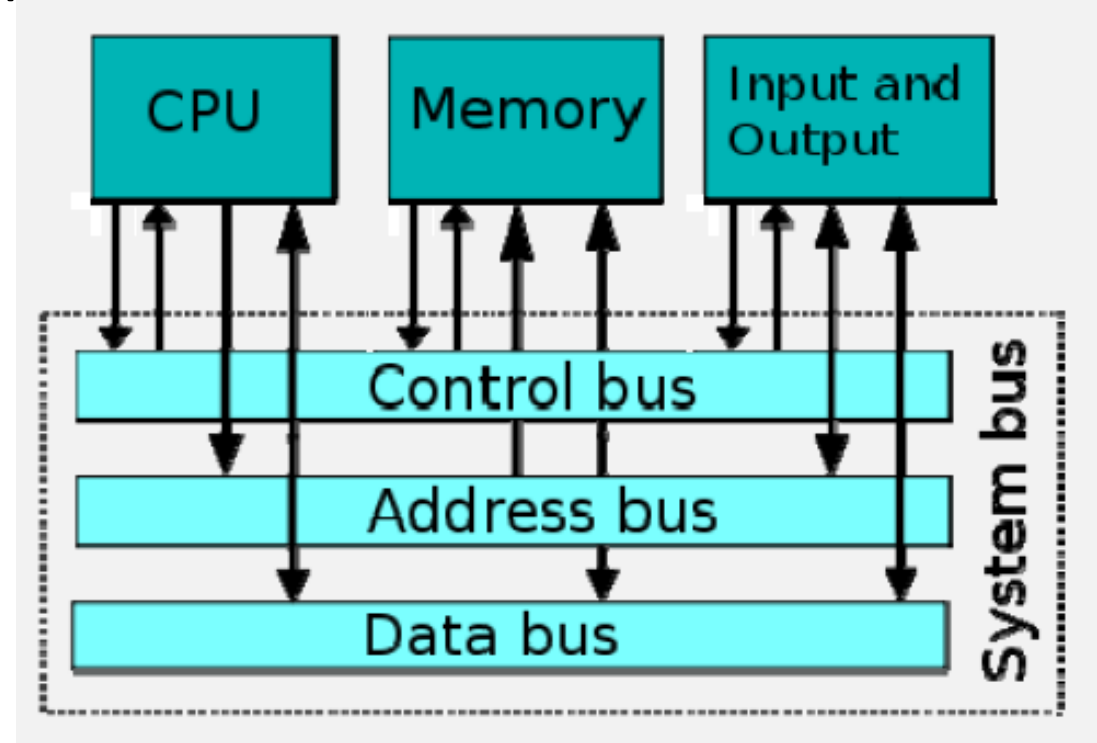
CPU iki bileşene sahiptir: - Kontrol Ünitesi: hafızadan komutları çıkarır ve kod çözer ve yürütür. - Aritmetik Mantık Birimi (ALU): aritmetik ve mantıksal işlemleri yönetir.

Mikroişlemcilerin yapısında aşağıdaki birimler bulunmaktadır.

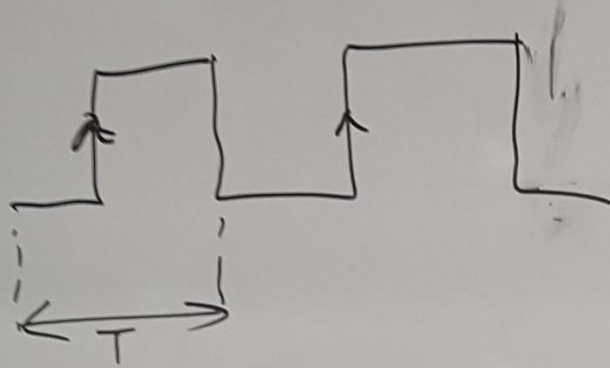
- Kaydediciler (Registers)
- Aritmetik Mantık Birimi (ALU)
- Zamanlama ve Kontrol Birimi

Mikroişlemcinin Görevleri

- Sistemdeki tüm elemanlar ve birimlere zamanlama ve kontrol sinyali sağlar.
- Bellekten komut alıp getirir.
- Komutun kodunu çözer.
- Komutun operandına göre, veriyi kendisine veya G/Ç birimine aktarır.
- Aritmetik ve mantık işlemlerini yürütür.
- Program işlenirken, diğer donanım birimlerinden gelen kesme taleplerine cevap verir.



Bilgisayar Sistemi



DB: n hat / n bit / Paralel / Grup.

Bir clock periyodu n bit yazar/okur.
iki yönün (W/R)

AB: Tek yönün / Paralel / Grup
Bellek ve bellek görü seçer (W/R)
Toplam kapasite = 2^m byte m : hat sayısı.

CB: Paralel, Grup değil - Bir yönlü / (I/O)

AD: hat sayısı = 4k bit ise.
Kapasite kaç byte.

$$2^{4k} = 2^4 \times 2^{40} = 16 \text{ Tbyte.}$$

DB: hat sayısı = 32 bit ise
a) Kaçar byte yazar.

$$\frac{32}{8} = 4 \text{ byte.}$$

b) clock periyodu.

2 GHz ise 1 saniye.

Kaç bit yazar.

$$T = \frac{1}{2 \text{ GHz}} = \frac{1}{2 \cdot 10^9} = 0.5 \cdot 10^{-9} \text{ sec}$$

$$0.5 \cdot 10^{-9} \text{ sec} \rightarrow 32 \text{ bit}$$

$$X = \frac{32}{0.5 \cdot 10^{-9}}$$

$$= 64 \cdot 10^9 \text{ bit/sec.}$$

$$= 64 \text{ Giga bit/sec.}$$

Kontrol Birimi

- Kontrol birimi ve ya diğer adıyla denetim birimi, işlemci içerisindeki donanım birimlerinin çalışmasının düzenlenmesinden ve senkronizasyonundan (eş zamanlı) sorumludur.
- Bir işlemci mimarisi içerisinde saklayıcıların içeriği saklayıcıların güncellenmesi, ortak veri yoluna yazma işlemleri denetim sinyalleri tarafından yetkilendirildiğinde gerçekleşir. Denetim sinyalleri kontrol birimi tarafından üretilir.
- Kontrol birimi, ürettiği yetkilendirme sinyallerinin yanında yürütülecek olan işlemlerin zamanlamasını da uygun bir şekilde düzenlemek durumundadır.
- İşlemcinin bellekten bir buyruğu alıp çözdükten sonra gerekli işlemleri yerine getirmesi birden fazla saat darbesi gerektirebilir. Bu yüzden kontrol birimi hangi saat darbesinde hangi birimlerin denetim sinyalleri ile aktif edileceğini bilmelidir.

Kontrol Birimi

- Kontrol birimi, sistemin tüm işleyişinden ve işlemin zamanında yapılmasından sorumludur. Kontrol birimi, bellekte program bölümünde bulunan komut kodunun alınıp getirilmesi, kodunun çözülmesi, ALU tarafından işlenmesi ve sonucun geri belleğe konulması için **gerekli olan kontrol sinyalleri üretir.**
- İşlemcinin çalışmasını denetler, çeşitli bileşenler arasında bağlantılar kurar, her bileşenin çalışmasını başlatır, kesmeye(interrupt) uğrayabilir!
- Kesme, kontrol ünitesine mevcut komut dizisini (A) yürütmesini askıya almasını ve (B) ile bittiğinde orijinal diziyi (A) sürdürerek başka bir diziye (B) aktarmasını söyleyen bir sinyaldir.
- Kontrol Ünitesi bellekten komutları alır, bunları çözer (türlerini belirler), her komutu ayrı eylemler dizisine böler (bundan sonra daha fazlası) ve bunu yaparken bilgisayarın çalışmasını kontrol eder.

Kontrol Birimi

- Kontrol ünitesi (CU), bir bilgisayarın bir bileşeni olan merkezi işlem birimi işlemcisinin çalışmasını yönetir (CPU). Bilgisayarın belleğine, aritmetik mantık birimine ve giriş ve çıkış cihazlarına işlemciye gönderilen komutlara nasıl yanıt vereceğini söyler. Zamanlama ve kontrol sinyalleri sağlayarak diğer birimlerin çalışmasını yönlendirir.
- CPU ile diğer cihazlar arasındaki veri akışını yönlendirir. John von Neumann , von Neumann mimarisinin bir parçası olarak kontrol ünitesini dahil etti . Modern bilgisayar tasarımlarında, kontrol birimi tipik olarak CPU'nun dahili bir parçasıdır ve genel rolü ve işlevi tanıtıldığından beri değişmeden kalır.
- Kontrol birimi, sistemin tüm işleyişinden ve işlemin zamanında yapılmasından sorumludur. Kontrol birimi, bellekte program bölümünde bulunan komut kodunun alınıp getirilmesi, kodunun çözülmesi, ALU tarafından işlenmesi ve sonucun geri belleğe konulması için gerekli olan kontrol sinyalleri üretir.

Control unit

- İşlemci aracılığıyla bilgi akışını kontrol eden ve içindeki diğer birimlerin faaliyetlerini koordine eden devredir.
- Bir bakıma, işlemcinin içinde ne olduğunu kontrol ettiği için "beyin içindeki beyindir" ve bu da bilgisayarın geri kalanını kontrol eder.
- Normal bir işlemcide, kontrol birimi getirme, kod çözme, yürütmeyi yönetme ve ardından sonuçları saklama görevlerini yerine getirir.

Kontrol ünitesi

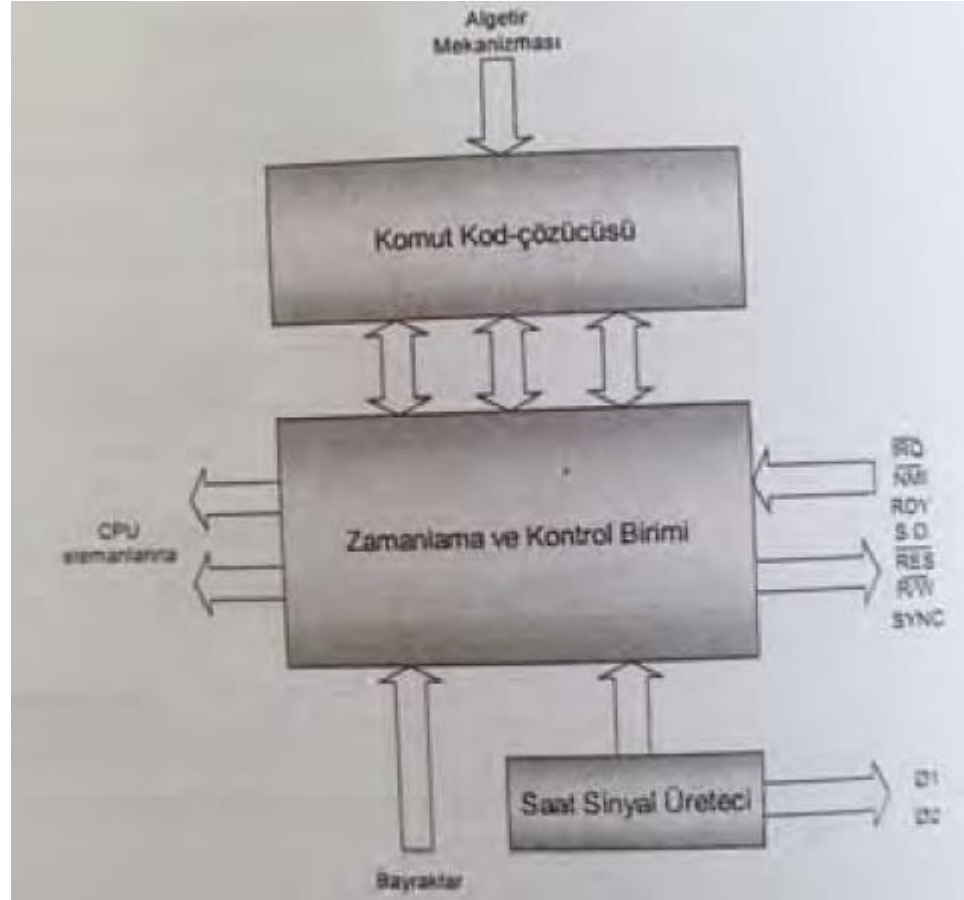
- İşlemciye gönderilen komutların çözülüp (komutun ne anlama geldiğinin tanımlanması) işletilmesini sağlar. İşlemci içindeki birimlerin ve dışındaki birimlerin eş zamanlı olarak çalışmasını sağlayan kontrol sinyalleri bu birim tarafından üretilir. Kontrol Ünitesinde Komut kaydedici (Instruction Register-IR) ve Komut çözücü (Instruction Decoder –ID) bulunur.
- Bir bilgisayarda, kontrol ünitesi genellikle Von Neumann Döngüsünden geçer : komutu getir, İşlenenleri getir, komutu yap, sonuçları yaz.
- Çok döngülü kontrol üniteleri tipik olarak kare dalga zamanlama saatlerinin hem yükselen hem de düşen kenarlarını kullanır.

Bilgisayar organizasyonu açısından bir kontrol ünitesini gerçekleştirmenin 2 farklı yolunu tanımlayınız.

Avantaj/ dezavantajları nelerdir?

- Kontrol üniteleri, iki şekilde tasarlanabilir. Hızlı bir yanıt önemliyse, bir kontrol ünitesi, kesintiyi ele almak için işi bırakacak şekilde tasarlanmıştır. Bu durumda, tamamlanan son komuttan sonra devam eden çalışma yeniden başlatılacaktır.
- ardışık düzende komut işleme (Pipeline) kontrol üniteleri ekonomisi ve hızı nedeniyle popülerdir. Boru hatlı bir bilgisayarda, kontrol ünitesi akışın bir program komutu olarak başlaması, devam etmesi ve durması için düzenler. komut verileri genellikle boru hattı kayıtlarında bir aşamadan diğerine, her aşama için ayrı bir kontrol mantığı parçasıyla aktarılır.

Zamanlama (Clock Timing) ve Kontrol Birimi



Zamanlama ve kontrol birimi, bellekte program bölümünde bulunan komut kodunun alınıp getirilmesi, kodunun çözülmesi, ALU tarafından işlenilmesi ve sonucunun alınıp belleğe geri konulması için gerekli olan kontrol sinyalleri üretir. Bilgisayar sisteminde bulunan dahili ve harici bütün elemanlar bu kontrol sinyalleri ile denetlenir. Basit bir mikro işlemcide bu 3 değişik işlevi yerine getirir:

1. Zamanlama Kontrolü: İşlemci, harici saat sinyali üreten bir birimden giriş alan içsaat devresine sahiptir. Bir sinyal alınarak talebe göre zaman sinyallerine çevrilerek sisteme dağıtılır.
2. Komut kod çözücüsü: Bu devre komut kaydedicisinde tutulan komutları yorumlar ve ALU'ya kaydedicilerle çalışması için uygun sinyaller gönderilir.
3. Kesme ve Mantık Birimi: Bu birim diğer kontrol elemanlarına benzer. Gerekli durumlarda kesme sinyallerini alarak işlemciyi uyarır.



Mikroişlemciyi Oluşturan Birimler ve Görevleri

“ALU”

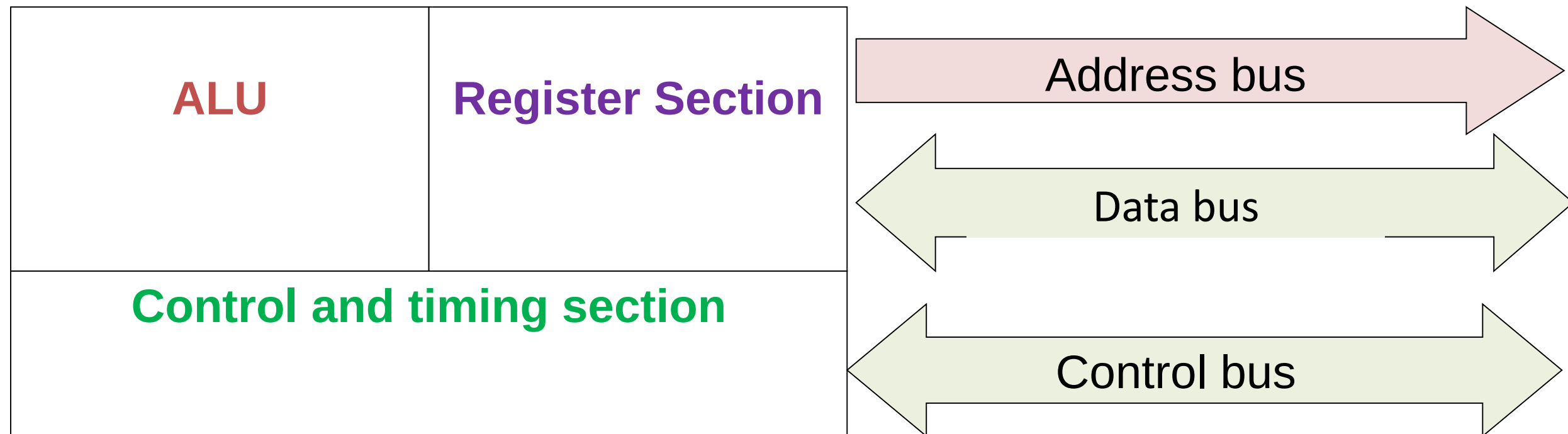
Aritmetik ve Mantık Birimi (ALU)

- Mikroişlemcinin en önemli kısmını aritmetik ve lojik birimi (ALU) oluşturur. Bu ünite kaydediciler üzerinde toplama, çıkarma, karşılaştırma, kaydırma ve döndürme işlemleri yapar. Yapılan işlemin sonucu kaydediciler üzerinde saklanır. Bazen de yalnızca durum kodu kaydedicisini etkiler. ALU'daki bir işlem sonucunda durum kodu kaydedicisindeki bayrakların birkaçı etkilenebilir veya hiçbiri etkilenmez.
- Programcı için çoğu zaman ALU'da yapılan işlemin sonucunda etkilenen bayrakların durumu daha önemlidir. Gelişmiş mikro işlemcilerin içindeki ALU'lar çarpma ve bölme işlemlerini yapabilmektedir. ALU'nun işlem yapabileceği en büyük veri, mikro işlemcideki kaydedicilerin veri büyüklüğü ile sınırlıdır.
 - Aritmetik İşlemler : ALU'da yapılan aritmetiksel işlemler mikro işlemcinin yapısına göre çeşitlilik gösterebilir. Toplama, Çıkarma, Çarpma, Bölme, Sağa veya sola kaydırma, içerik artırma veya azaltma ve döndürme işlemleri gibi işlemleri kapsar. Gelişmiş işlemcilerde büyük ondalıklı sayılarla işlem yapmak için ayrıca matematik işlemci mevcuttur.
 - Mantıksal İşlemler : VE, VEYA, Özel VEYA (XOR), Değil (NOT), Karşılaştırma (=, =<, =>, <> gibi) gibi işlemleri kapsar.
 - Bütün bu işlemler teknolojik yapısı değişik kapı ve flip-flop'lardanoluşan bir sistem tarafından yürütülmektedir.

ALU

- ALU provided the computer with its computational capabilities
- Data are brought to the ALU by the control unit
- ALU performs the required operation
- Arithmetic operations: addition, subtraction, multiplication, division
- Logic operations
 - make a comparison (CMP a, b)
 - and take action as a result (BEQ same)

Internal structure and basic operation of microprocessor

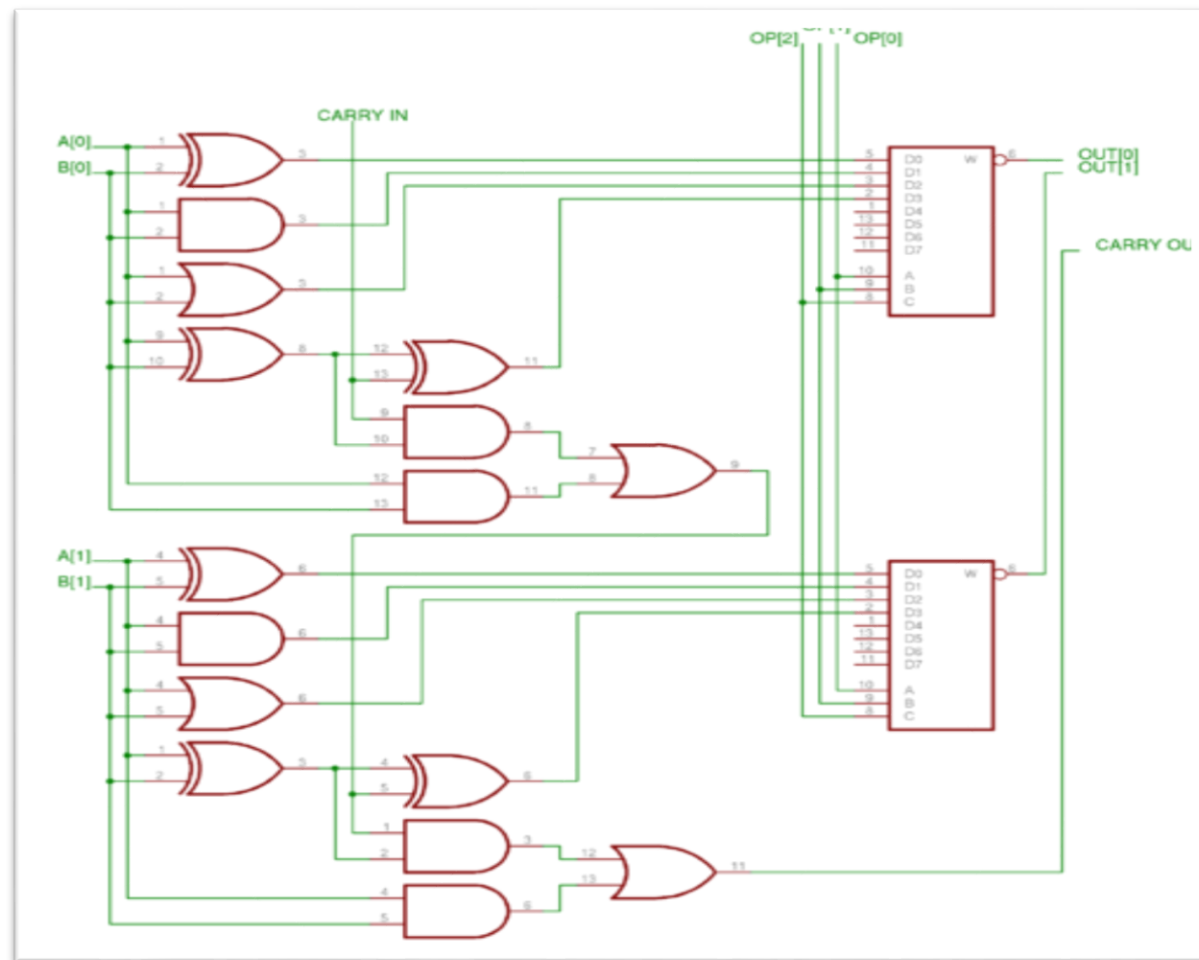


Block diagram of a microprocessor

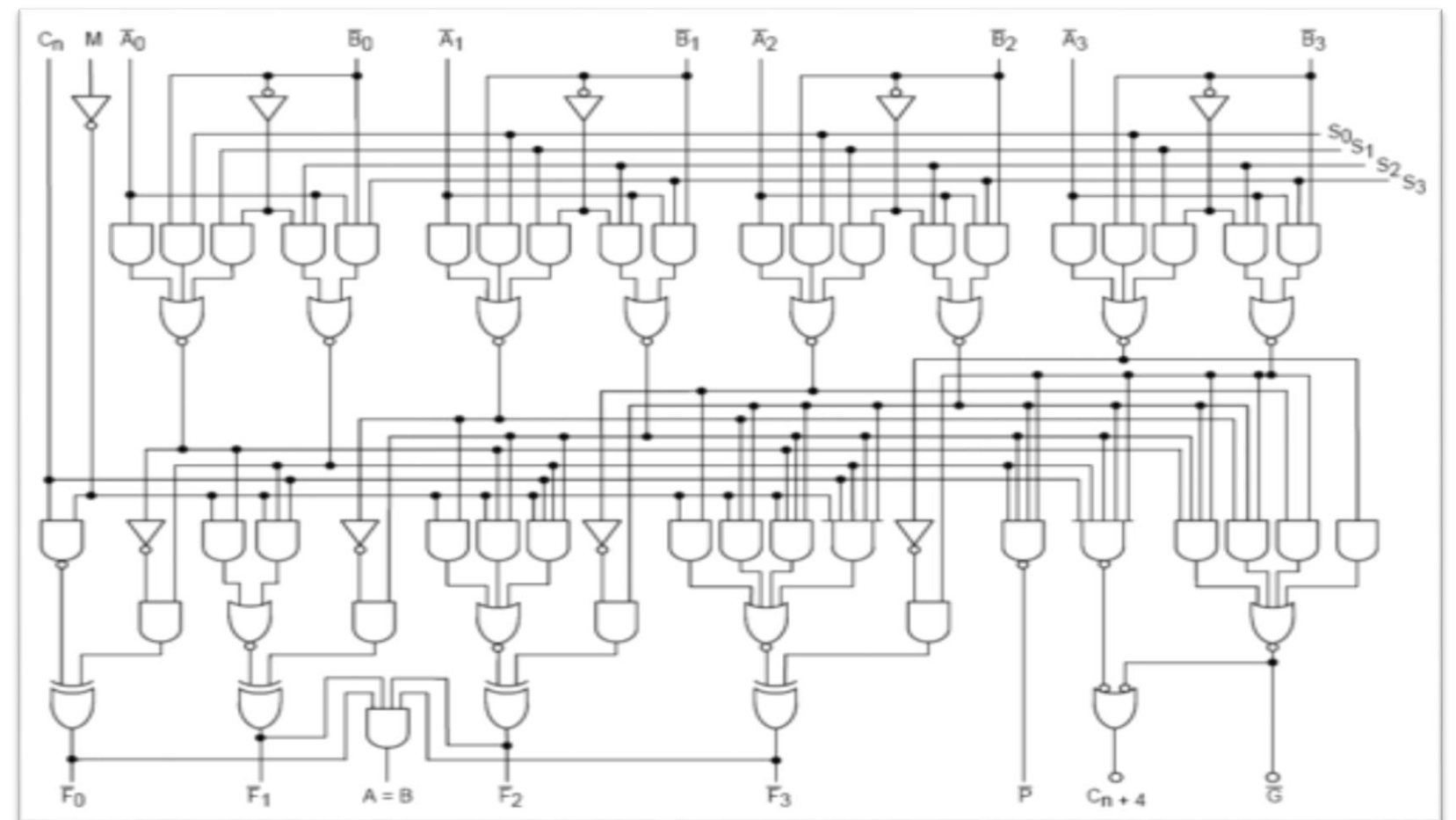
Arithmetic and logic unit (ALU)

- The component that performs the arithmetic and logical operations
- the most important components in a microprocessor, and is typically the part of the processor that is designed first.
- able to perform the basic logical operations (AND, OR), including the addition operation.
- The inclusion of inverters on the inputs enables the same ALU hardware to perform the subtraction operation (adding an inverted operand), and the operations NAND and NOR.

Internal structure of ALU



2 bits of ALU



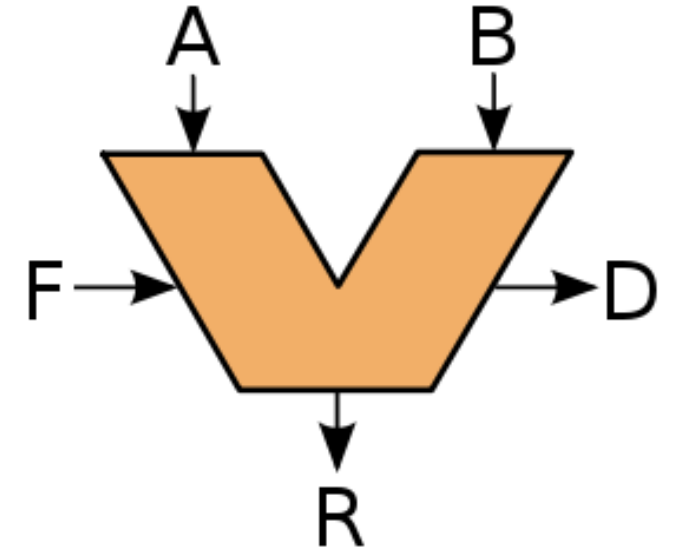
4 bits of ALU

ALU

- Consists of circuits to perform arithmetic and logic operations
 - Adder
 - Multiplier
 - Shifter
 - Comparator
 - Operations in the ALU set status flags (carry, overflow, positive, zero, negative)
- Also, possibly, temporary registers before moving results back to register or memory

Aritmetik Mantık Birimi

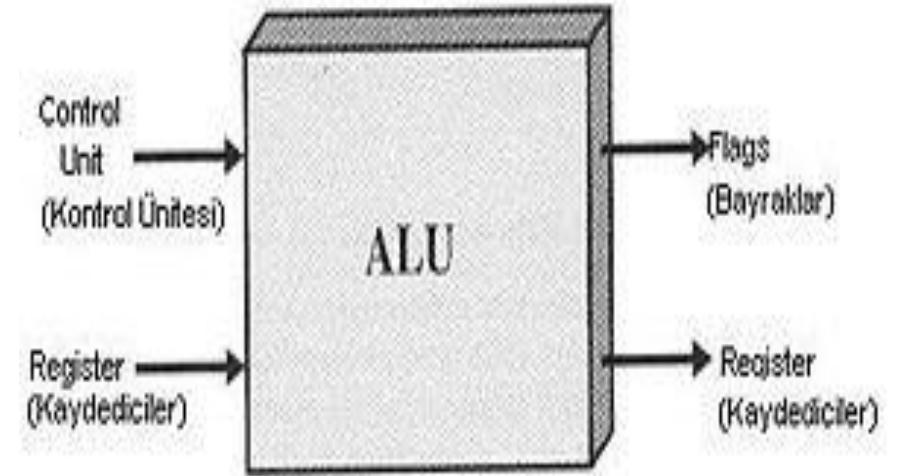
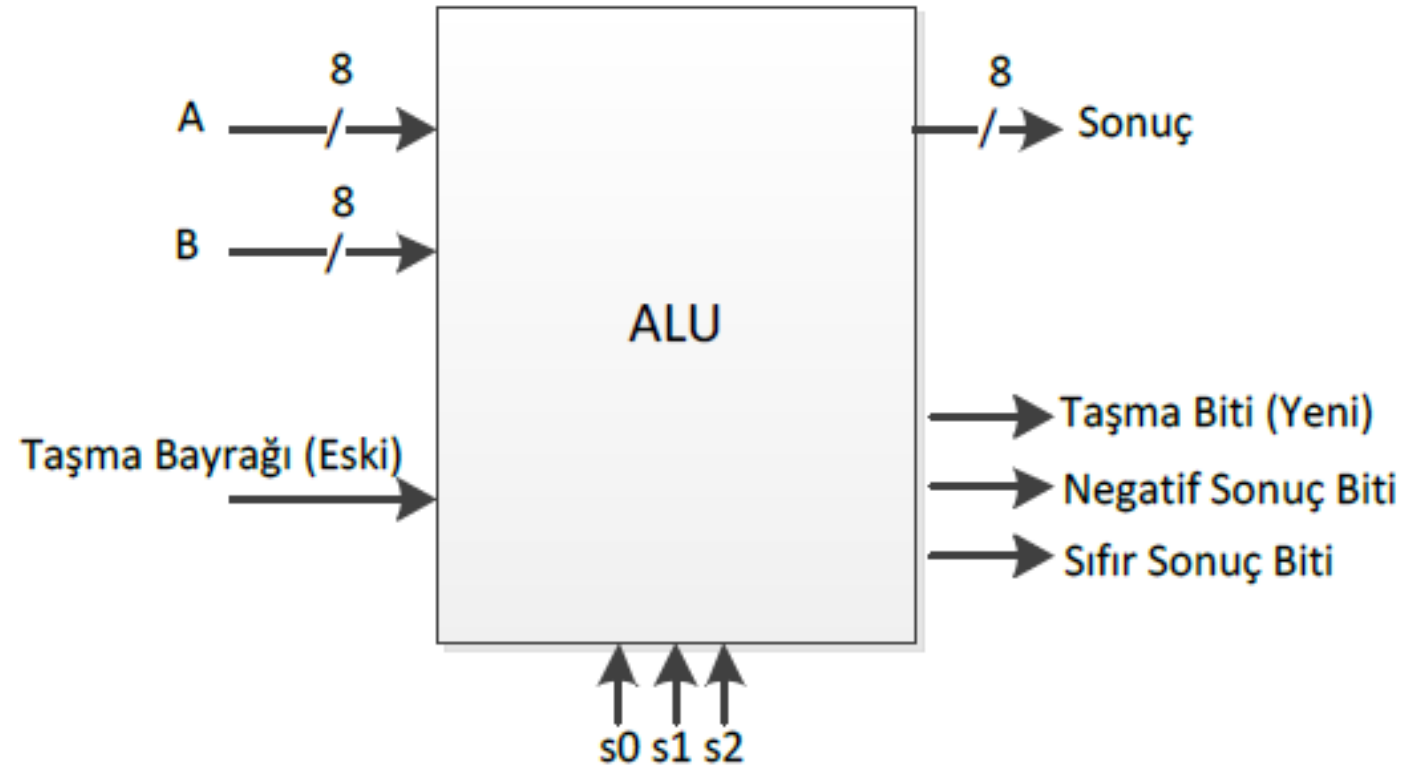
- Aritmetik Mantık Birimi (ALU) aritmetik ve mantık işlemlerini gerçekleştiren bir dijital devredir.
- ALU en basit işlemi gerçekleştiren mikro denetleyiciden, en karmaşık mikro işlemciye sahip bir bilgisayara kadar tüm işlemcilerin yapıtaşısıdır.
- Modern bilgisayarların içinde bulunan mikro işlemcilerin ve ekran kartlarının içinde çok karışık ve güçlü ALU'ler bulunmaktadır.
- ALU kavramına ilk olarak 1945 yılında matematikçi John von Neumann EDVAC adlı yeni bir bilgisayar üzerine bulgularını anlatan raporunda değinmiştir.
- İşlemcilerin tamamına yakını İkiye Tömleyen gösterimini kullanmaktadır.
- İkiye tümleyen gösterimi işaretli ve işaretli sayıları kolay ve verimli bir şekilde gösterebildiğinden ALU'ler için işlem kolaylığı sağlamaktadır.
- İşlemciler birçok işlemi bir veya daha çok ALU ile gerçekleştirilir. ALU veriyi giriş yazmaçlarından (Registers) alır, işletir ve sonucu bir çıkış yazmacına kaydeder.
- Kontrol birimi ALU'nin veriye hangi işlemi yapacağını seçer. İşlemcinin diğer mekanizmaları yazmaçlar ve hafıza arasında verileri taşır.



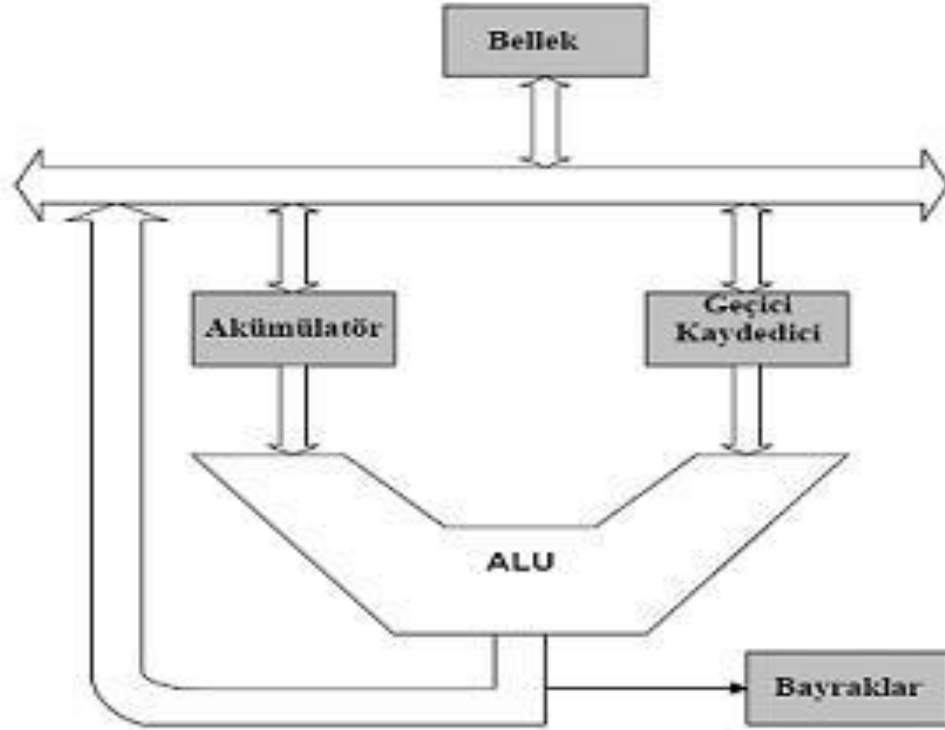
Genel ALU gösterim şekli: A ve B işlenen; R çıkış; F denetim biriminden gelen giriş; D ise durum bildiren çıkış

Aritmetik Mantık Birimi (ALU)

- ALU bir kombinezonsal devredir, dolayısıyla saat darbesi gerektirmez ve işlem süresi, kapı ve yolların oluşturduğu gecikmeler ile belirlenir.
- ALU girişine işlemlerde kullanılacak saklayıcılar ile yapılacak işlemleri ve hangi çıkışın sonuca aktarılacağını belirleyecek seçim girişleri uygulanır. ALU bu seçim girişlerine göre belirlenen işlemi gerçekleştirerek çıkışa yazar.
- ALU işlemleri ile oluşan sonuca göre durum bayraklarının güncellenmesi sağlanmaktadır.



Aritmetik Mantık Birimi (ALU)



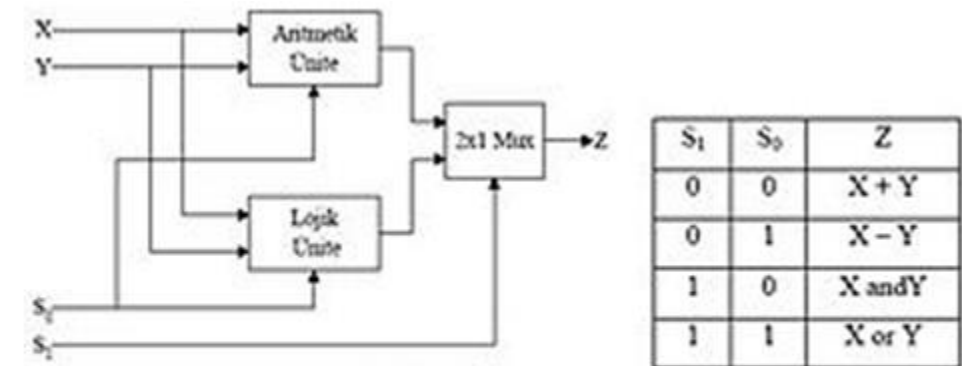
- ALU mikroİşlemcide aritmetik ve mantık işlemlerinin yapıldığı en önemli birimlerden birisidir.
- Aritmetik işlemler denilince başta toplama toplama, çıkarma, çarpma, bölme, mantık işlemleri denilince AND, OR, EXOR ve NOT gibi işlemler akla gelir. Komutlarla birlikte bu işlemleri mantık kapılarının oluşturduğu toplayıcılar, çıkarıcılar ve kaydıran kaydediciler gerçekleştirirler.
- ALU'da gerçekleşen bütün bu işlemler kontrol sinyalleri vasıtasıyla Zamanlama ve Kontrol Biriminin gözetiminde eş zamanlı olarak yapılır.
- ALU'da basit matematik komutlar zorlanmadan işlenebilir fakat karmaşık aritmetik işlemleri (doğrudan bir komutla çarpma, bölme, karekök alma) gerçekleştirmek için ayrı altıyordam gruplarına veya ek elektronik devrelere ihtiyaç duyulur. Eğer ek devre konulmamışsa mevcut devrelerle bu işlemleri gerçekleştirmek için birbiri ardına aynı komutu defalarca işlemek gereklidir, bu da zaman kaybı demektir. Gelişmiş mikroİşlemcilerde bu devreler yerleşik vaziyettedir.
- Gelişmiş işlemlerde kayan noktalı aritmetik işlemleri gerçekleştirmek üzere FPU (Floating Point Unit) bir işlemci daha yerleştirilmiştir. Bu sayede küçük haneli veya küçük kesirli sayılarla işlem yapılabilir. Eğer sistemde FPU mevcutsa ağır matematiksel işlemler bu işlemci tarafından yapılırken ana işlemci diğer işlemlerle meşgul olacağından sistemde yavaşlama yok denecek kadar az olur.

Aritmetik Mantık Birimi

- ALU işlemleri ADDER (toplayıcı) ve SHIFTER (kaydırıcı) denilen iki esas devre ile gerçekleştirilir. Genelde, bu esas devreler ALU olarak anılmaktadır. Ancak bilgileri depolayıcı ve değerlendirici bazı yardımcı devrelerden de yararlanır. Bu yardımcı devreler:
- **Akümülatör:** Başlangıç ve sonuç bilgilerini depolamak için akümülatör kullanılır. Bazı mikroişlemcilerde akümülatör yerine VERİ KAYDEDİCİ (data reg) kullanılmıştır.
- **Geçici kaydedici (temporary register):** Bellekten alınan işlem bilgilerinin ilk durak yeri: geçici kaydedicidir.
- **Bayrak kaydedici (flag register):** ALU tarafından yapılan işlemlerin sonucunu gösteren ve bu sonuçları değerlendirme ortamını yaratan devredir. Bu sonuçlara göre bazı düzeltmeler gerekiyorsa bilgisayar bunları kendi kendine yapabildiği gibi bayrak ekrana çağrılarak bazı yarılarının dışarıdan yapılması da mümkün olmaktadır. Durum kaydedici veya Koşul kodu kaydedici değişimleri de kullanılır. Aritmetik lojik işlem birimi ve bu yardımcı devrelerinin tümüne birden ALU grubu denir. Yalnızca ALU denildiğinde ise asıl işlem yürütücü kısım olan ADDER ve SHIFTER amaçlanır.
- **Kontrol birimi:** İşlemciye gönderilen komutların çözülüp (komutun ne anlama geldiğinin tanımlanması) işletilmesini sağlar. İşlemci içindeki birimlerin ve dışındaki birimlerin eş zamanlı olarak çalışmasını sağlayan kontrol sinyalleri bu birim tarafından üretilir.

Aritmetik Mantık Biriminin Fonksiyonları

- Aritmetik işlemler denilince başta toplama, çıkarma, bölme ve çarpma; mantık işlemleri denilince AND, OR EXOR ve NOT gibi işlemler akla gelir.
- Komutlarla birlikte bu işlemleri, mantık kapılarının oluşturduğu toplayıcılar, çıkarıcılar ve kaydıran kaydediciler gerçekleştirirler. Bloklaştırılmış bu devreler bir dâhili veri yolu vasıtasıyla birbirlerine, bir başka veri yolu ve tamponlar vasıtasıyla kaydedicilere ve zamanlama-kontrol birimine bağlanmıştır.
- ALU' da gerçekleşen bütün bu işlemler kontrol sinyalleri vasıtasıyla Zamanlama ve Kontrol Biriminin gözetiminde eşzamanlı olarak yapılır. Mikroişlemcinin temel elemanlarından biridir. ALU iki parçadan oluşur: Aritmetik ve lojik üniteler.
- a) Aritmetik ünite: Toplama, çıkarma, artırma, azaltma gibi işlemleri yapar.
- b) Lojik ünite: AND, OR, NOT gibi işlemleri gerçekleştirir



ALU'de gerçekleşen Aritmetik ve Lojik İşlemler

Aritmetik Mantık Birimi Temel İşlevler

ALU'lerin çoğu aşağıdaki işlemleri gerçekleştirebilir.

- Toplama, çıkarma ve bazı durumlarda çarpma ve bölme işlemleri (çarpma ve bölme ALU'nin bir birimi olacağı gibi ALU'den bağımsız bir birimde olabilir. ALU'de ne kadar çok birim varsa yapısı da o kadar karmaşık olmaktadır.)
- Mantıksal işlemler, VE (AND), DEĞİL (NOT), VEYA (OR), ÖZELVEYA (XOR)
- Bit kaydırma işlemleri. Bir sayıyı belirtilen bit sayısı kadar sağa veya sola, işaret genişletilerek veya genişletilmeyerek, kaydırmak veya döndürmek.
- Kaydırmalar sayıyı 2 ile çarpma veya bölme olarak da düşünülebilir.
- Çarpma ve bölme işlemlerinde olduğu gibi bu işlemlerde ALU'den bağımsız birim tarafından üstlenilebilir.
- ALU'nin girişleri işlenecek veriler ve denetim biriminden gelen hangi işlemin yapılacağını belirten değerlerdir. Çıkışı ise yapılan işlemin sonucudur. Çoğu ALU tasarımında belirli durumlara göre farklı değerler alan bitler bulunmaktadır bunlara bayraklar denir. Bu bayraklar elde ,taşma, sıfıra bölme gibi olabilir ve ALU'ye giriş ya da çıkış olabilir.
- Kayan nokta birimi de ALU gibi iki değer arasında belirli işlemleri gerçekleştirir fakat üzerinde çalıştığı değerler ikiye tümleyen, BCD'den daha karmaşık olan kayan nokta gösterimine sahip değerlerdir. Bu işlemleri gerçekleştirmek için kayan nokta biriminin de içinde ALU'ler bulunabilir. Kayan nokta veya karmaşık sayı gibi daha çok bitle gösterilen biçimlerle işlem yapan birimlere daha yaratıcı isimler verilmektedir.

Karmaşık İşlemler

- ALU'lerde işlemler ne kadar karmaşıksa maliyet artar. Bu maliyet işlemcide kullandığı yer, harcadığı enerji vs. olabilir.
- Tek vuruşluk hesaplama (calculation in single cycle)
- Boru hattı ile hesaplama
- Etkileşimli hesaplama
- İşlemcide basit bir ALU'nun yansıra yukarıdaki seçeneklerden herhangi birini gerçekleştiren ikinci işlemci, sisteme eklenebilir.
- İkinci bir işlemci veya emülatör algoritmalar kullanmak
- Bir kesme yaratarak işletim sistemini işlevi herhangi bir yazılımla gerçekleştirmesine yazılım taklidi denir.
- Intel Core veya AMD64 gibi güçlü işlemcilerde çok karmaşık ALU'ler bulundurulur.

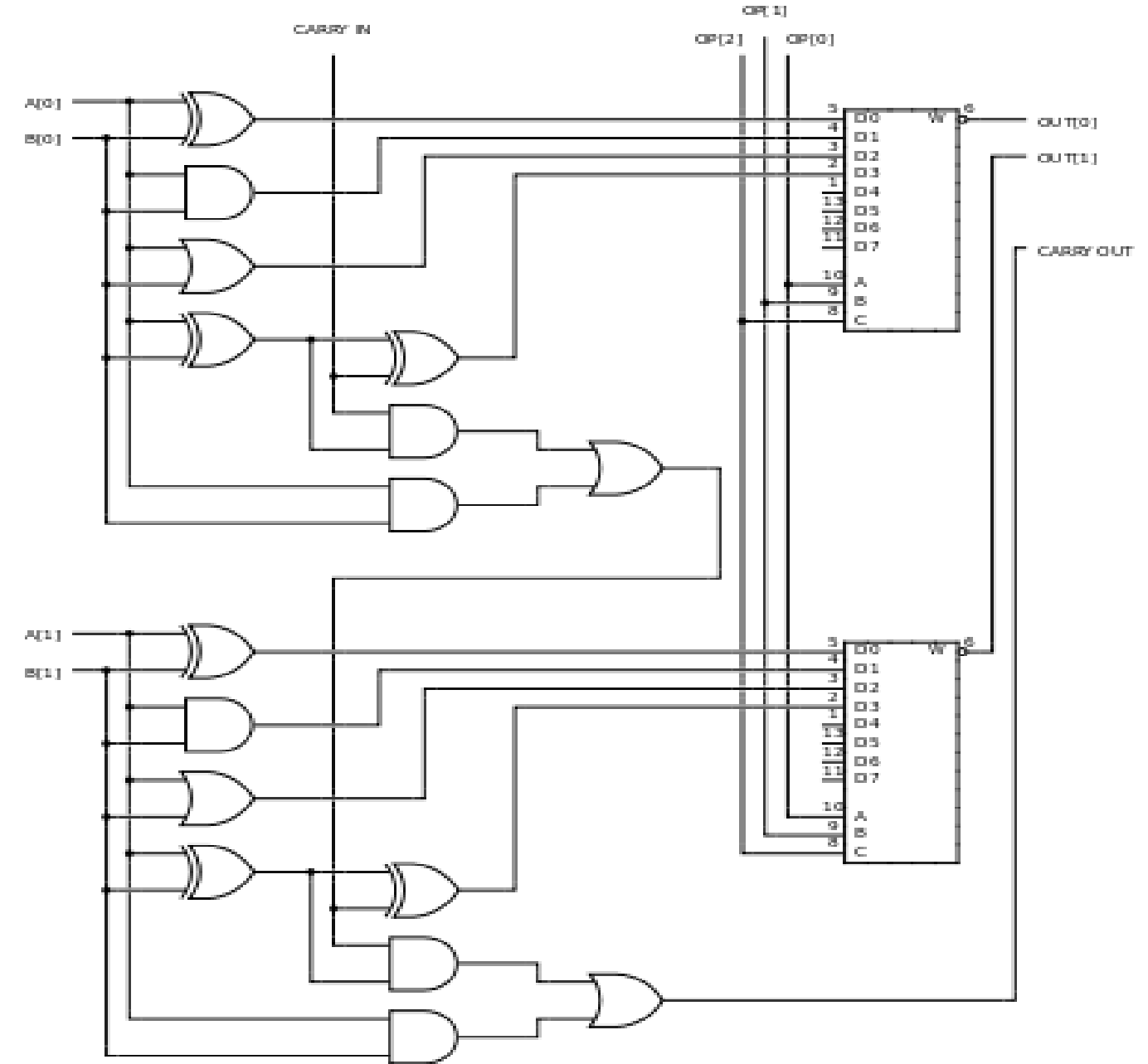
Örnek: Aritmetik Mantık Birimi

- Şekilde görülen 2-bit ALU'nin A ve B isminde iki tane girişi bulunmaktadır. A0, B0 en anlamsız biti (basamak değeri en düşük biti), A1, B1 en anlamlı biti (basamak değeri en yüksek biti) göstermektedir.
- A ve B girişleri soldaki 4 tane mantık kapısına (yukarıdan aşağıya) yönlendirilmektedirler: XOR , VE, VEYA ve XOR.
- XOR, VE ve VEYA işlemini gerçekleştirirken en son XOR kapısı tam toplayıcının (full adder) giriş kapısıdır.
- Son adımda ise istenilen sonuç çoklayıcı yardımıyla seçilir.

Denetim biriminden gelen 3 bitlik işlem kodu (OP) çoklayıcıya hangi girişi seçmesini gerektiğini belirtir.

- İşlem kodu = 000 → XOR
- İşlem kodu = 001 → VE
- İşlem kodu = 010 → VEYA
- İşlem kodu = 011 → Toplama

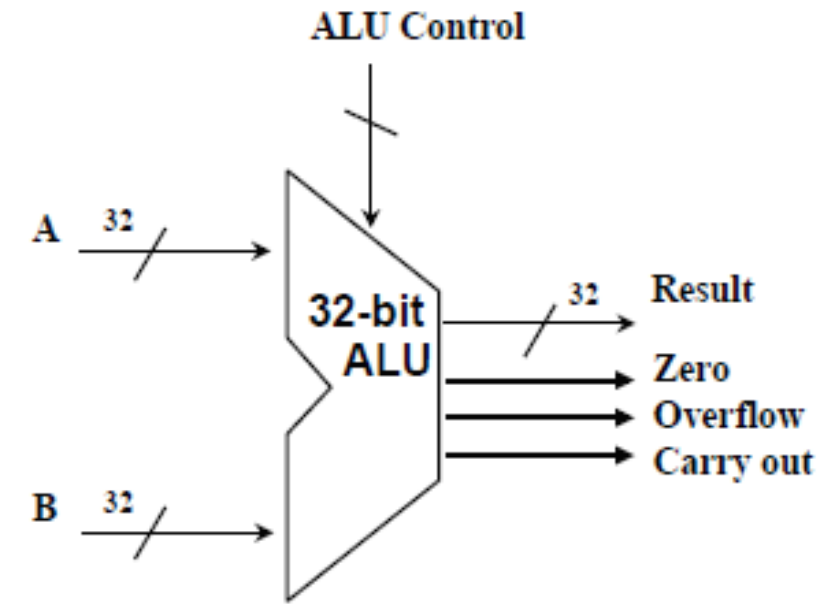
Çoklayıcının geri kalan 4 çıkışı farklı işlemler (çıkarma, çarpma vs.) için boş durumda beklemektedir. Gelen elde (carry-in) ve çıkan elde (carry-out) bir çeşit durum yazmacına bağlanmıştır.



32-bit ALU

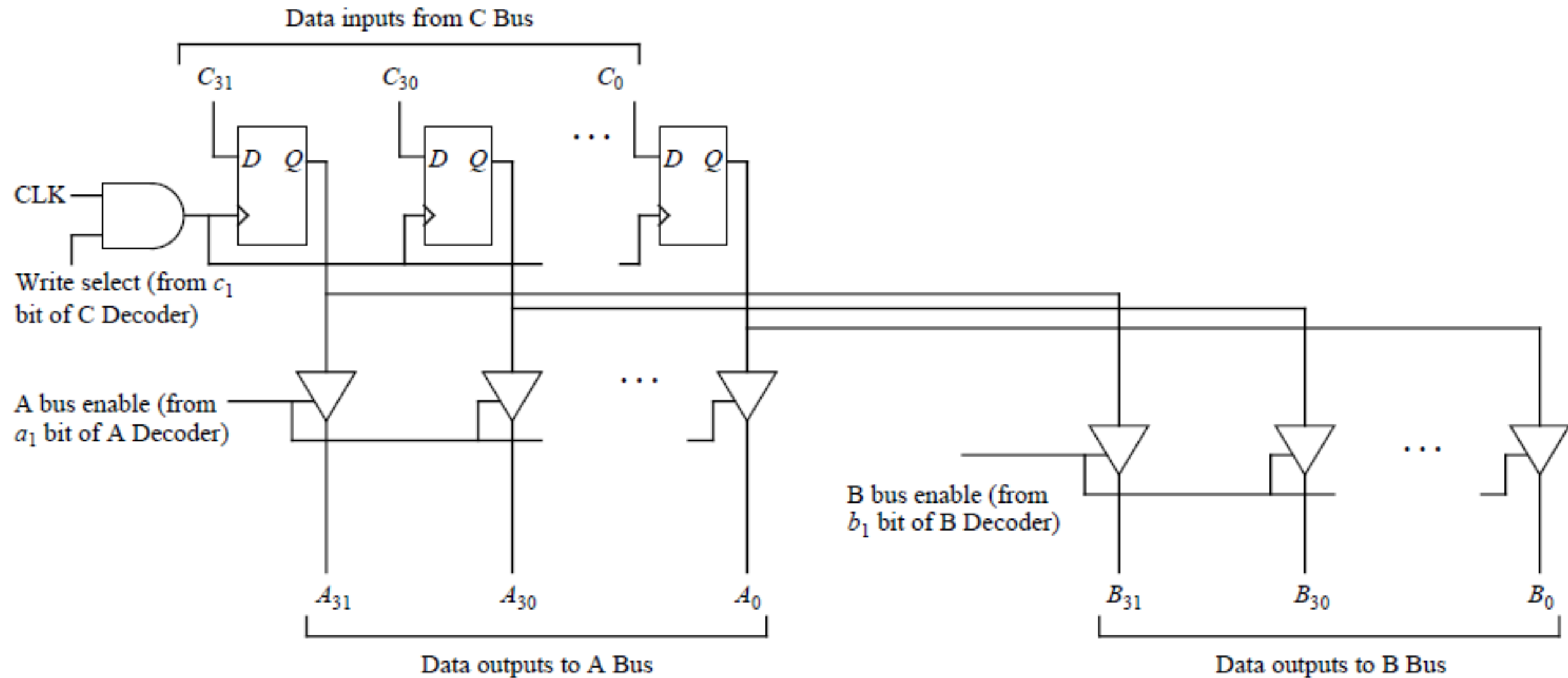
ALU şu işlevleri gerçekleştirebilmelidir:

- Mantıksal VE işlev
- Mantıksal VEYA işlev
- Aritmetik toplama işlevi
- Aritmetik çıkarma işlevi
- Aritmetik slt (set-less-then) işlevi
- Mantıksal ne de işlev



ALU kontrol çizgileri, A ve B üzerinde gerçekleştirilecek bir işlevi tanımlar.

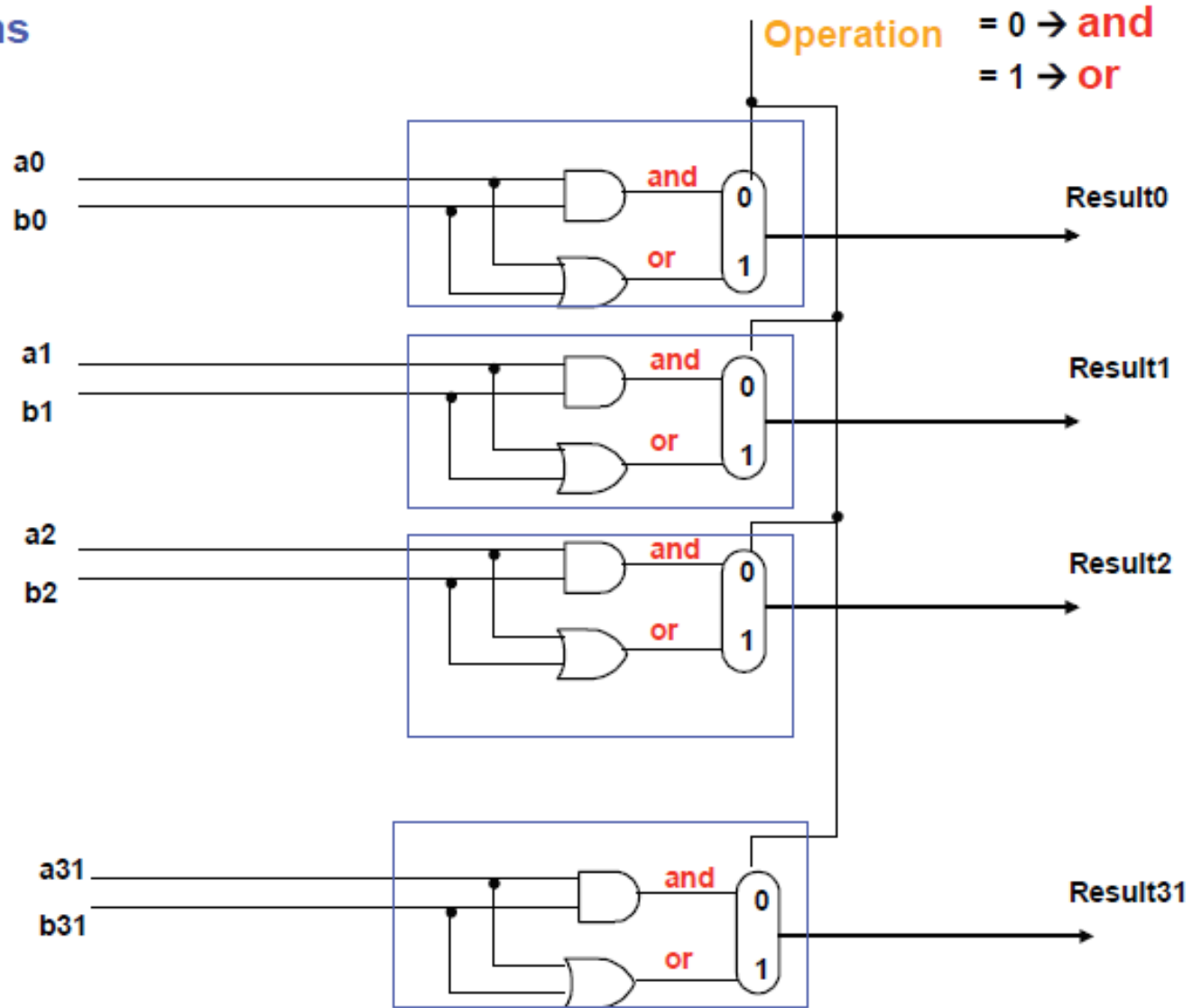
Design of Register



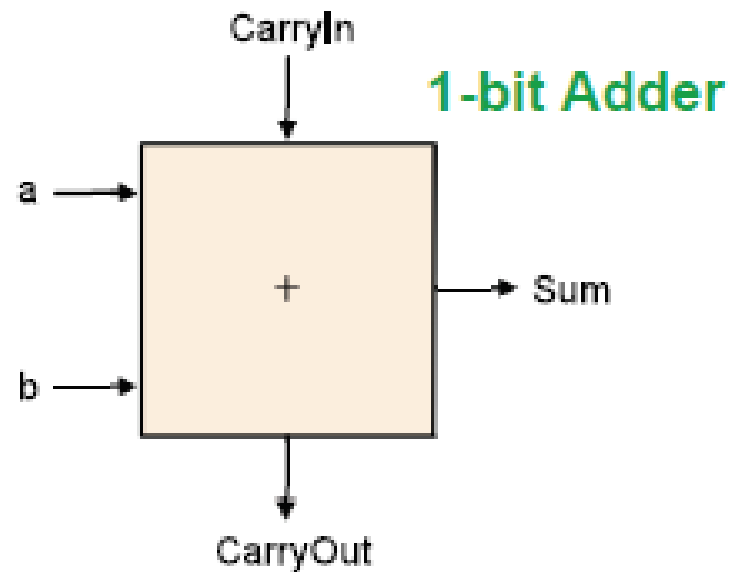
Designing 32-bit ALU: Principles

- A number of functions are performed internally, but only one result is chosen for the output of ALU

- 32-bit ALU is built out of 32 identical 1-bit ALU's



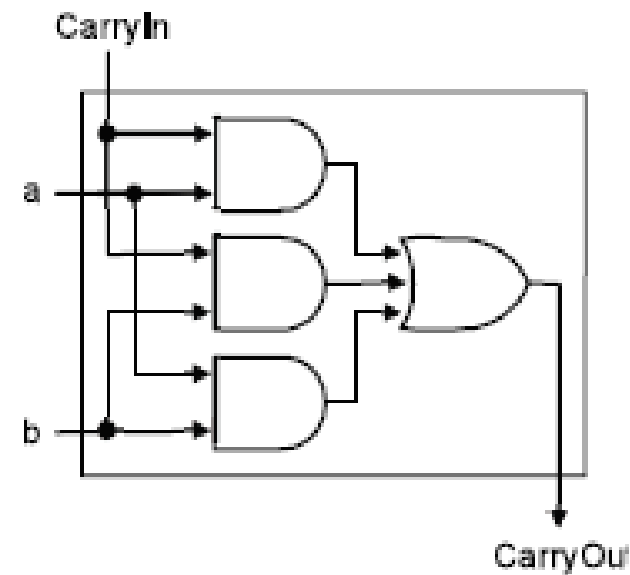
Designing the Adder



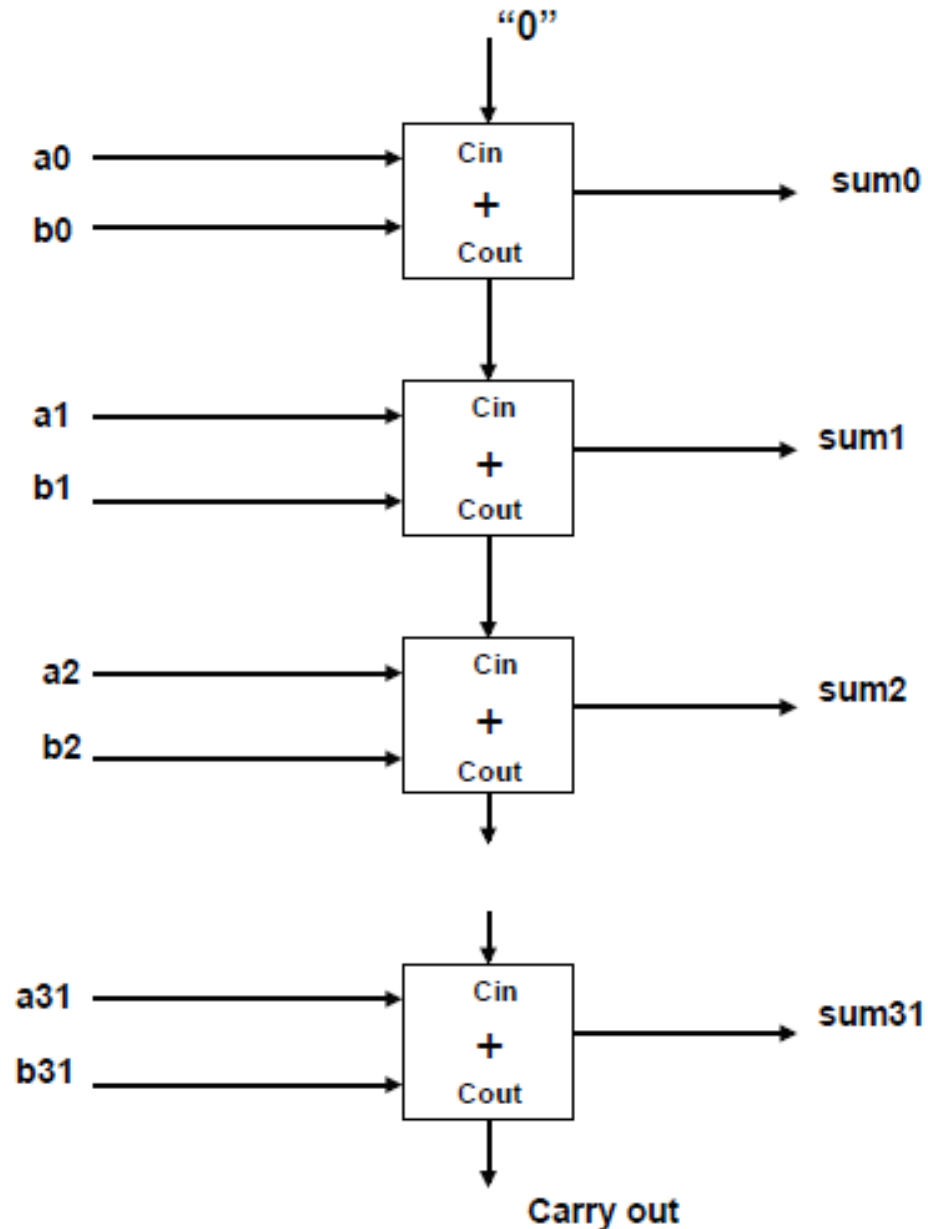
1-bit Adder Truth Table

Input			Output	
a	b	Carry In	Sum	Carry Out
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

From the truth table and after minimization, we can have this design for CarryOut



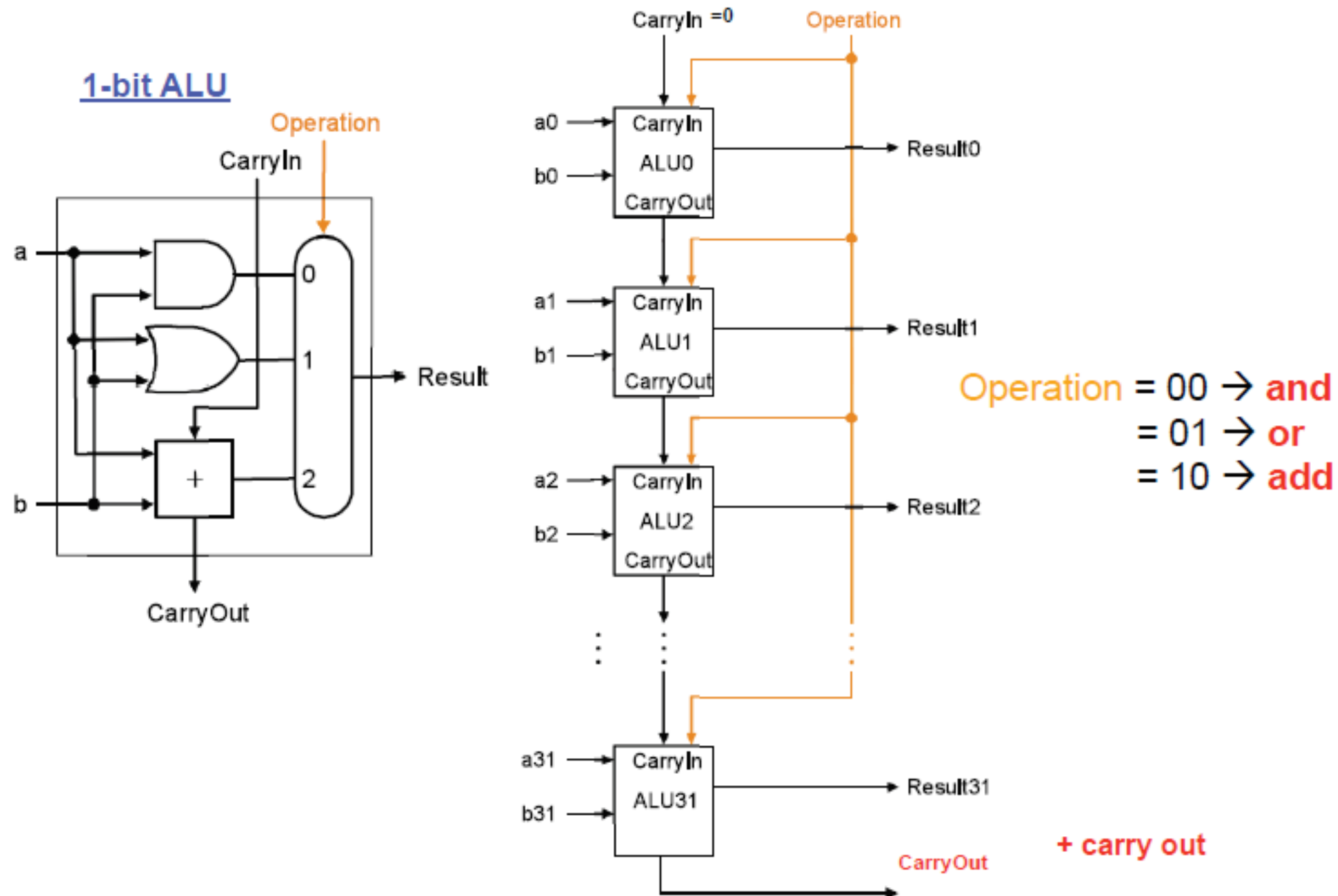
32-bit Adder



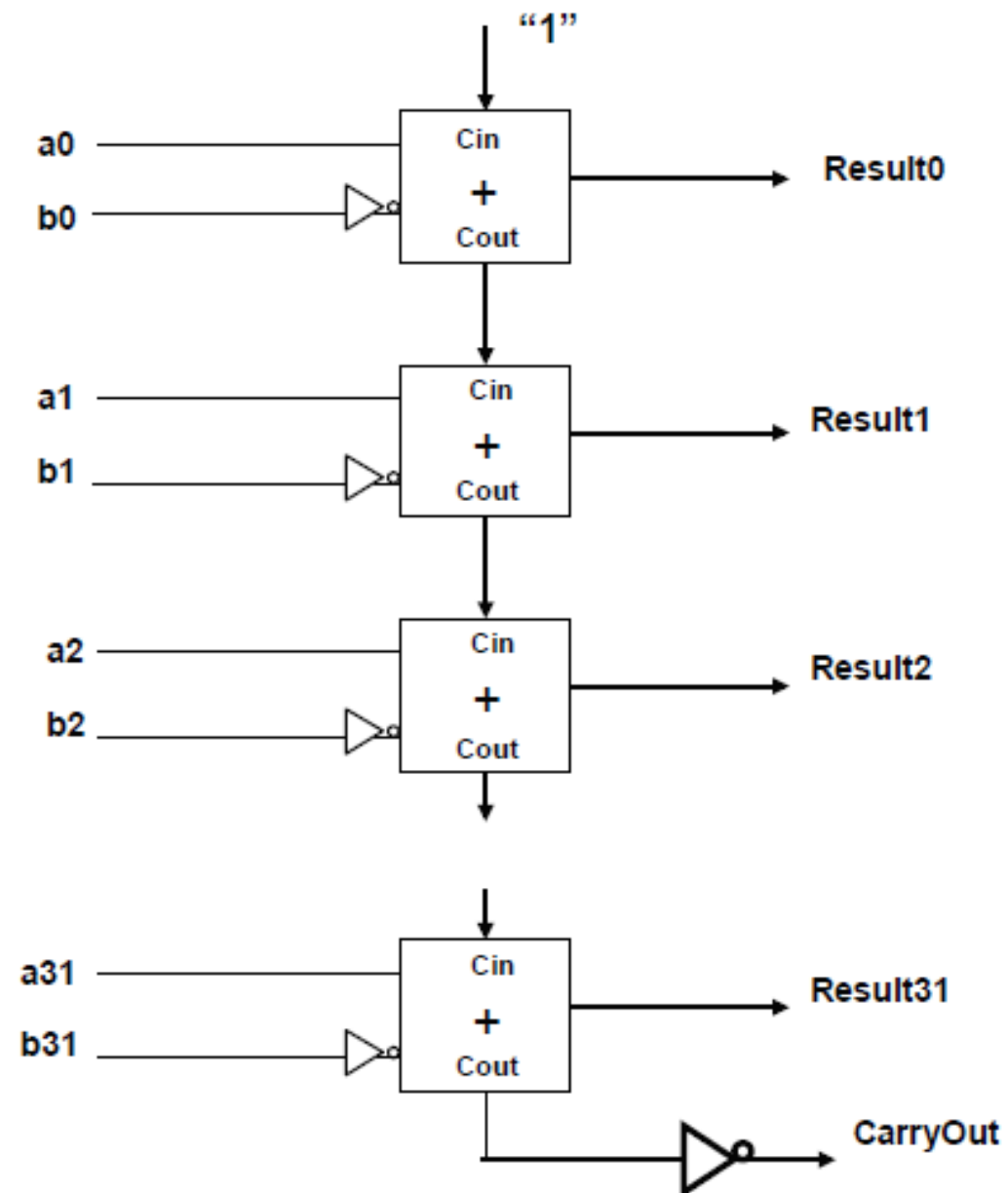
This is a ripple carry adder.

The key to speeding up addition is determining carry out in the higher order bits sooner.
Result: **Carry look-ahead adder**.

32-bit ALU With 3 Functions

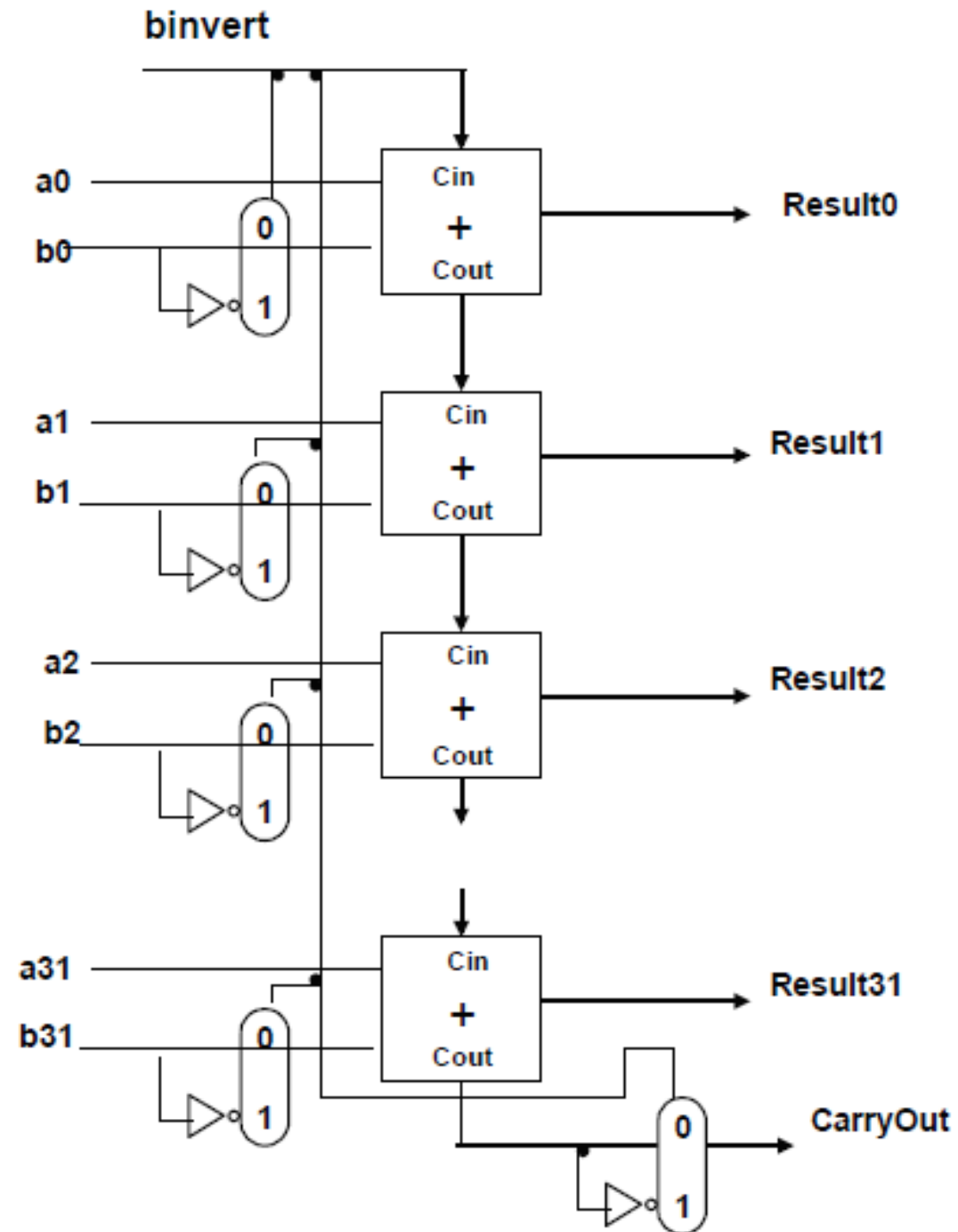


32-bit Subtractor



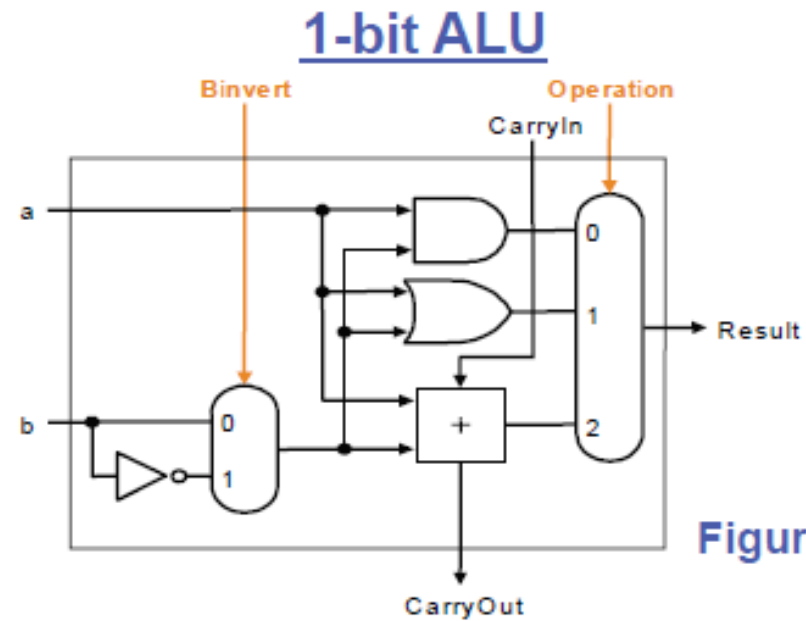
$$\begin{aligned} A - B &= A + (-B) \\ &= A + \overline{B} + 1 \end{aligned}$$

32-bit Adder / Subtractor

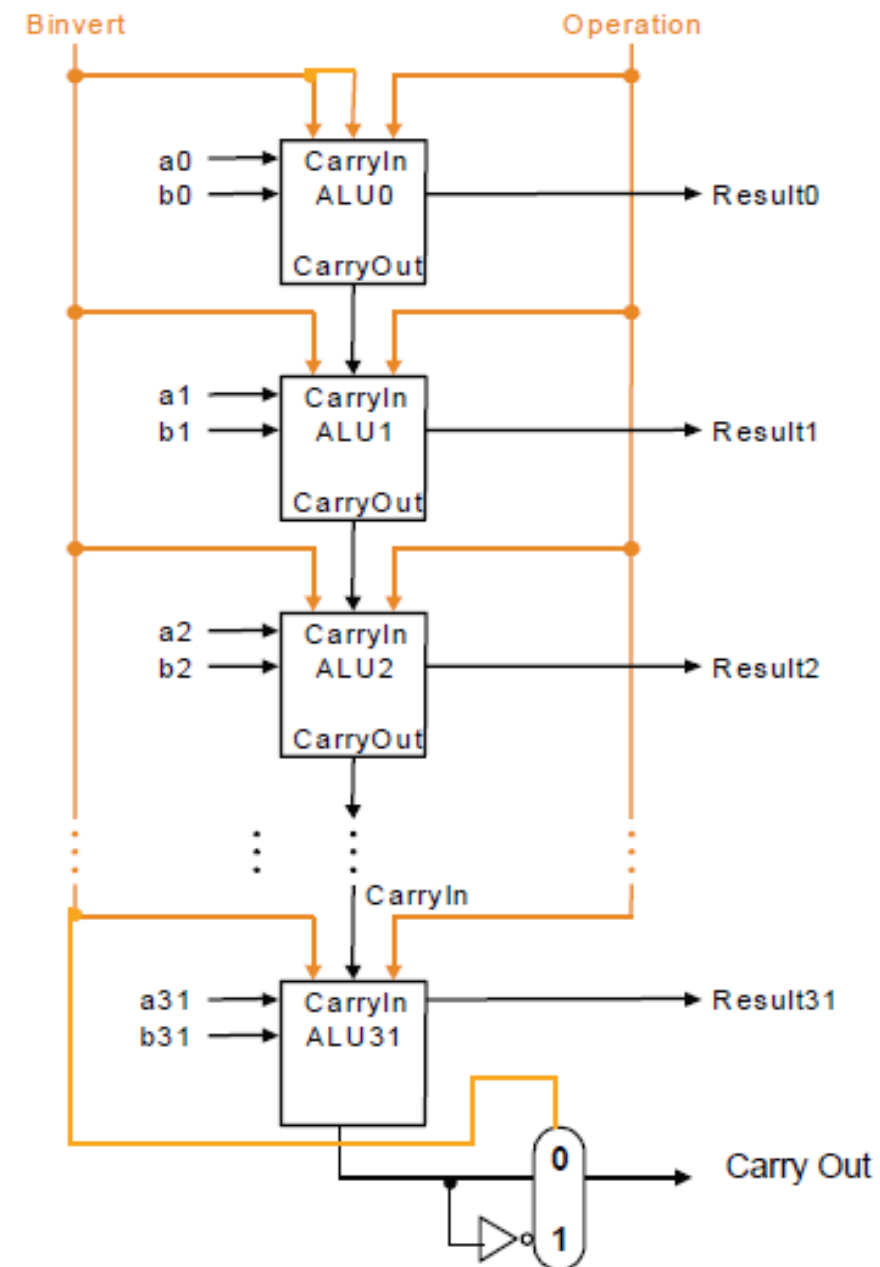


Binvert = 0 → addition
= 1 → subtraction

32-bit ALU With 4 Functions

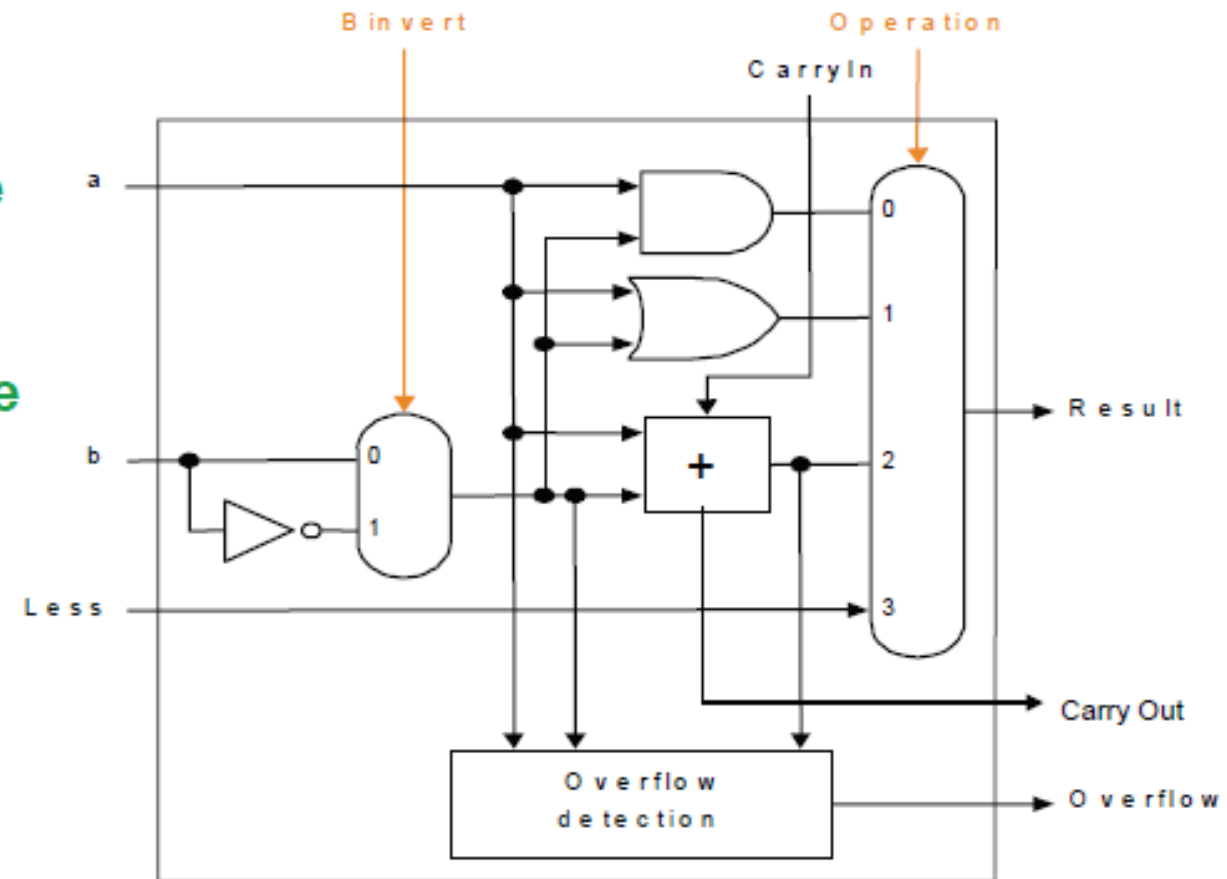


Control lines		
Function	Binvert (1 line)	Operation (2 lines)
and	0	00
or	0	01
add	0	10
subtract	1	10



2's Complement Overflow

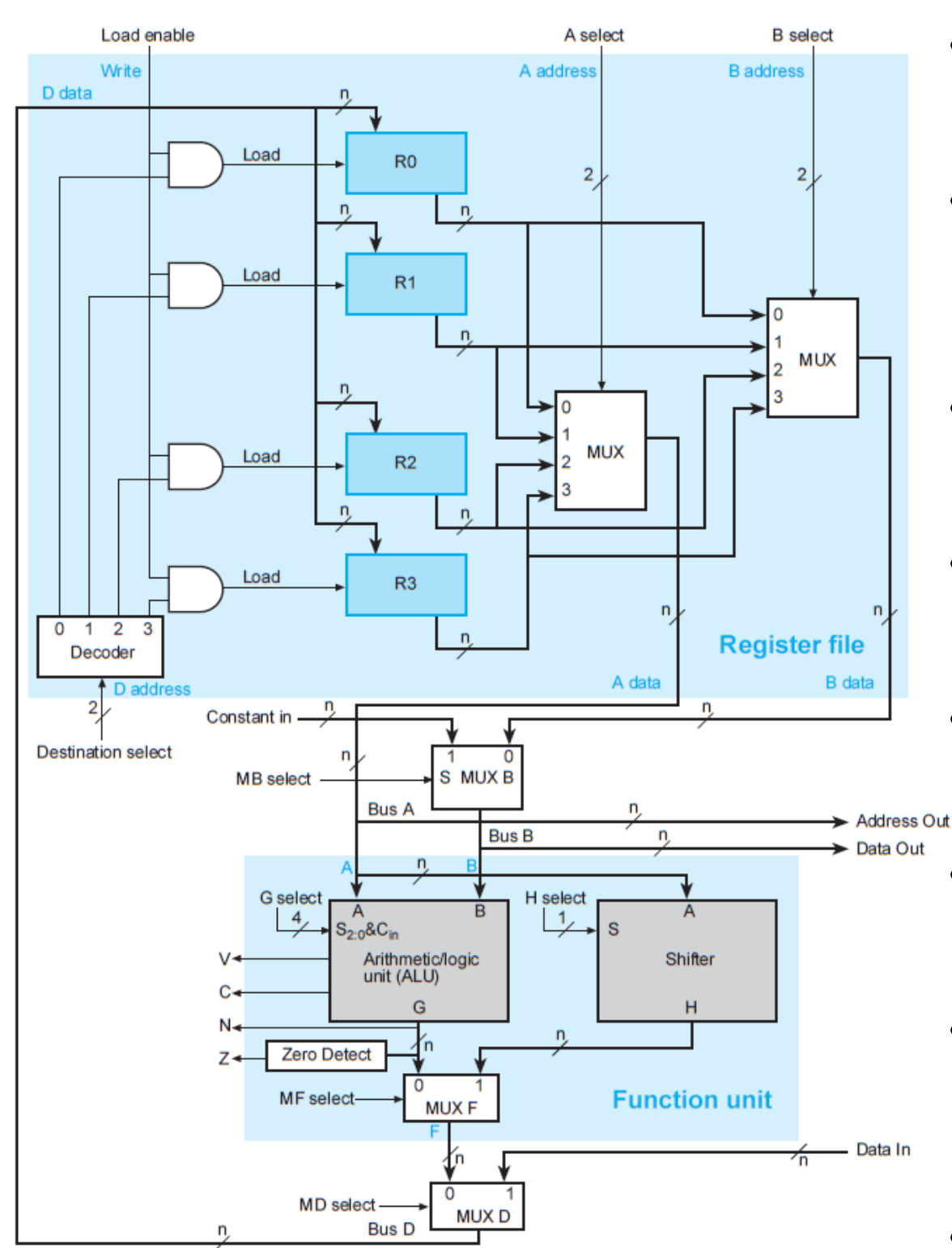
- 2's complement overflow happens:
 - if a sum of two positive numbers results in a negative number
 - if a sum of two negative numbers results in a positive number



1-bit ALU for the most significant bit

Other 1-bit ALUs, i.e. non-most significant bit ALUs, are not affected.

Datapath



- Datapath ve Control unit bir işlemcinin (CPU) iki parçasıdır. Datapath iki temel kısımdan oluşur, register ve function unit. Genel olarak bir datapath'ın block diagramı yandaki şekildeki gibidir.
- $R1 \leftarrow R2 + R3$ ifadesi, R2 ve R3 register'larındaki dataları toplayıp R1 register'ına yazma işlemini anlatır. R1 register'ına yükleme Load Enable girişinin aktif olması ile mümkündür. Load enable girişi 1, Destination select decoderinin R1'e giden çıkışında 1 olması gerekir.
- A select'in bağlı bulunduğu Mux'dan R2'yi B selectin bağlı bulunduğu Mux'dan R3'ü seçilir (A select=10, B select=11 olmalıdır.). Böylece A select'e bağlı olan Mux'dan çıkan R2 register'ındaki data yoluna devam ederek ALU'ya kadar ulaşır.
- B select'e bağlı olan Mux'dan çıkan R3 register'ı ise MUXB'ye ulaşır. Bu Mux'da dışarıdan herhangi bir sabitle işlem yapılmayacağı için R3'ün yoluna devam etmesi için MB select=0 yapılır.
- Şimdi R2 ve R3 register'larındaki dataların ikisi de ALU'ya ulaşmış olur. Bu durumda ne işlem yapılacağı seçilir. ALU, aritmetik ve logic işlemleri gerçekleyebilen bir yapıdır. Burada G select girişinden toplama işlemini yapan kod seçilir.
- İşlem sonucu ALU'dan çıkış yaptıktan sonra MUXF'ye ulaşır. Burada MUXF'ye shifter'dan gelen bir giriş var. Eğer bir shift(kaydırma) işlemi olsaydı bu Mux'da 1 seçilir ancak ALU'dan gelen bilgi kullanılacağı için MF select =0 olmalıdır.
- MUXF'den çıkış yapan bilgi MUXD'ye ulaşır. Bu Mux'un görevi ise dışarıdan bir datanın direk olarak bir register'a yazılması gerektiğinde 1 ucuna bağlı olan data in girişinden bilgiyi aldıktan sonra istenilen register'a yazar. Burada MUXF'den gelen data kullanılacağı için MD select=0 olmalıdır.
- En sonunda MUXD'den çıkan data yolu takip ederek Load enable'ı aktif olan R1 register'ına yazılır.

Kaynaklar

- Dandamudi S., 2003. Fundamentals of Computer Organization and Design, Springer-Verlag, Heidelberg
- Mano, M.M., 2007. Bilgisayar Sistemleri Mimarisi, Literatür Yayıncılık, İstanbul
- Buzluca F., “Bilgisayar Mimarisi Ders Notları”, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İTÜ Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi
- https://tr.wikipedia.org/wiki/Aritmetik_mant%C4%B1k_birimi
- CSE 675.02: Introduction to Computer Architecture, Slides by Gojko Babić