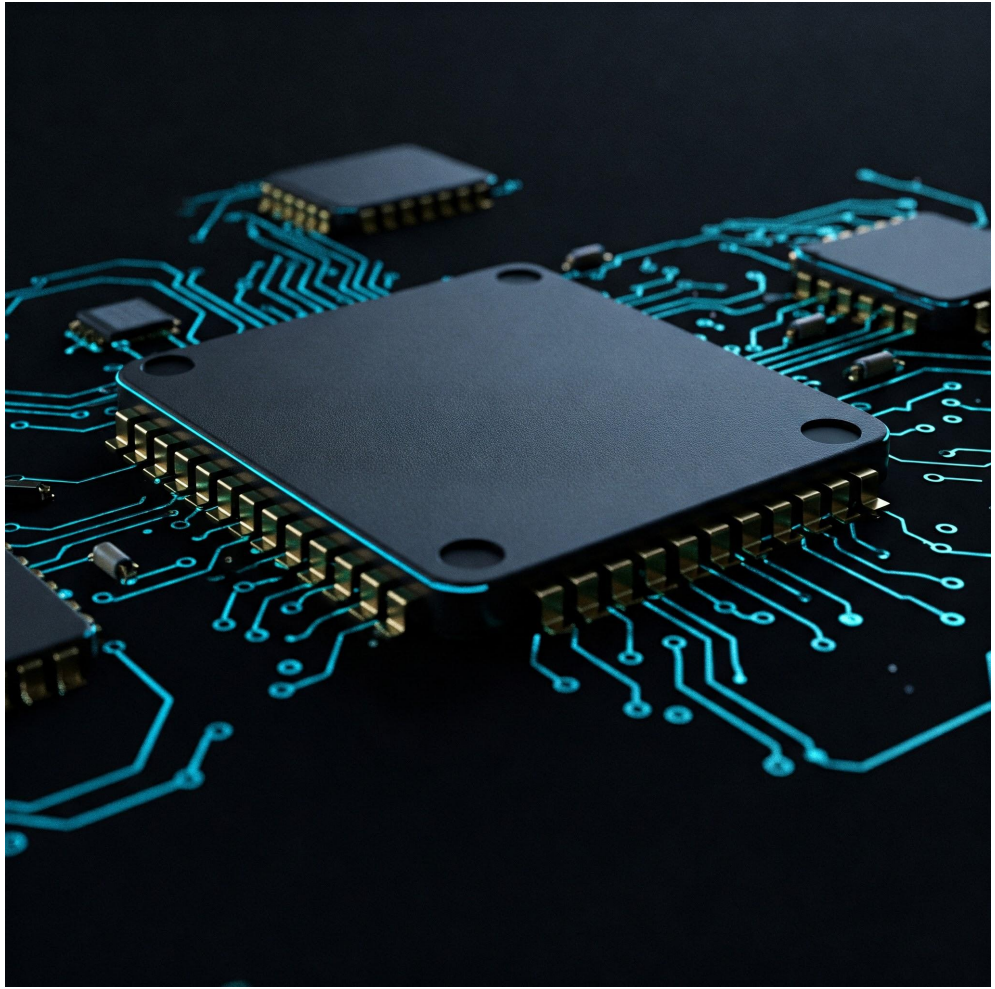
Sayısal Tasarım ve Bilgisayar Mimarisi

Giriş

Suhap Şahin

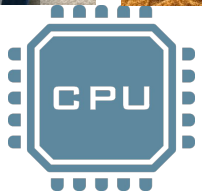


Mikroişlemci Çağı

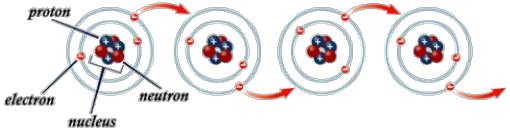
2024

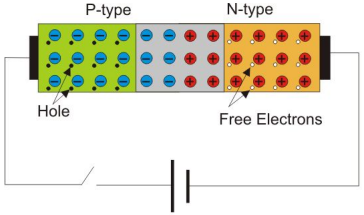
Yarı-iletken satışları ~ 627 milyar $

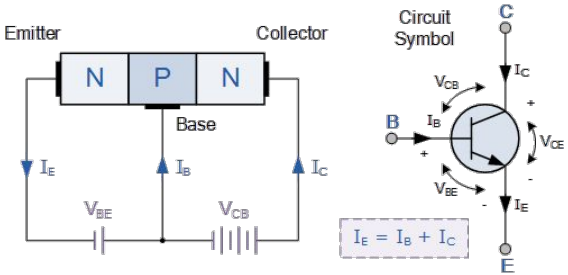
Satışların %34 mikroişlemciler



Karmaşıklık Yönetimi



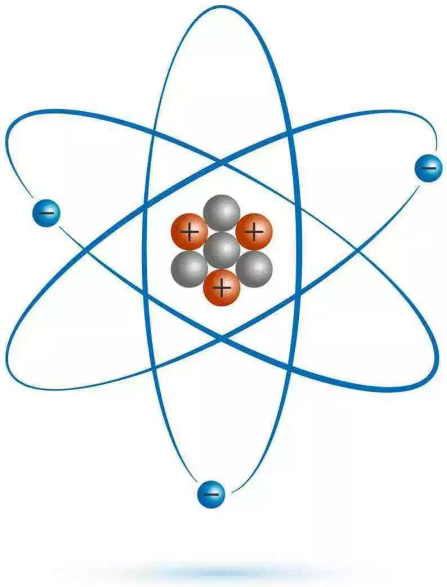




- Modern sayısal sistemler milyonlarca veya milyarlarca transistör içerir.

- Karmaşıklık Yönetimi, elektronların hareket denklemlerine odaklamak yerine sayısal sistem geliştirmeye odaklanmamızı sağlar.

Soyutlama



Atom structure

- Proton
- Neutron
- Electron

Maxwell's Equations

Differential form

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$$

$$\nabla \times \vec{E} = \boxed{-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}}$$

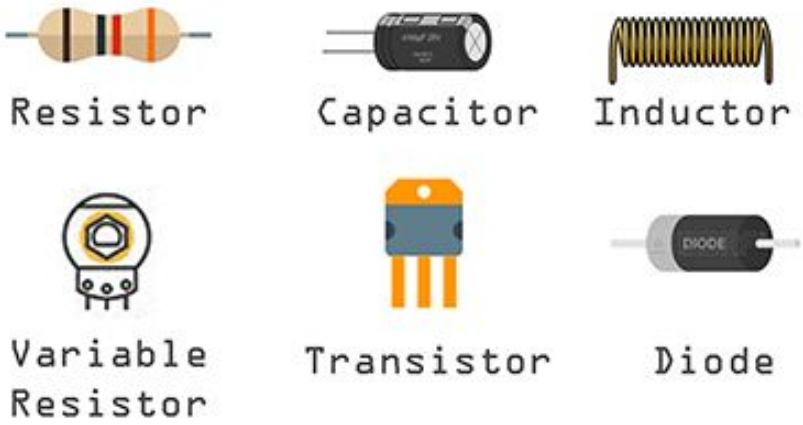
$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

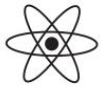
$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \boxed{\mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}}$$

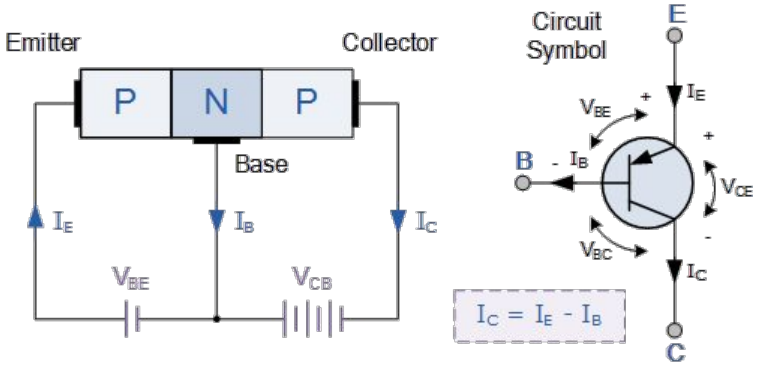
Physics

Electrons

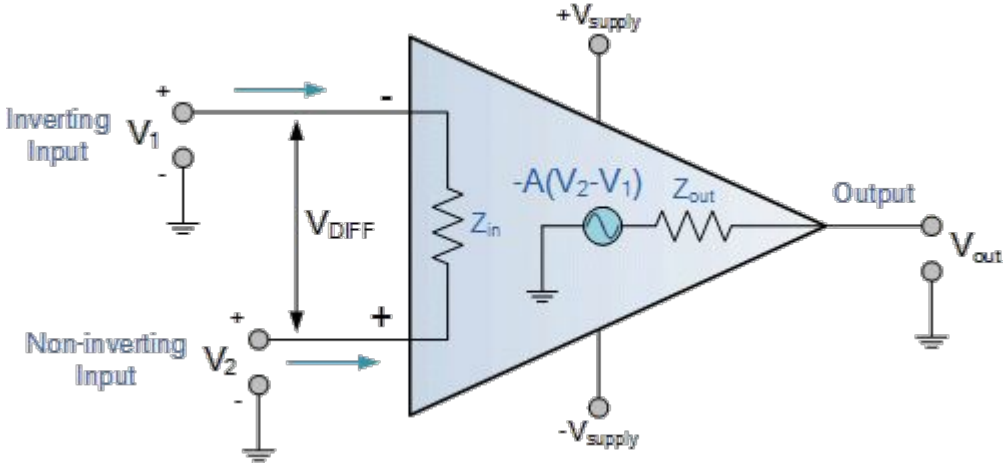
Soyutlama

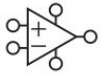
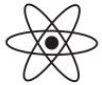


Devices		Transistors Diodes
Physics		Electrons



Soyutlama



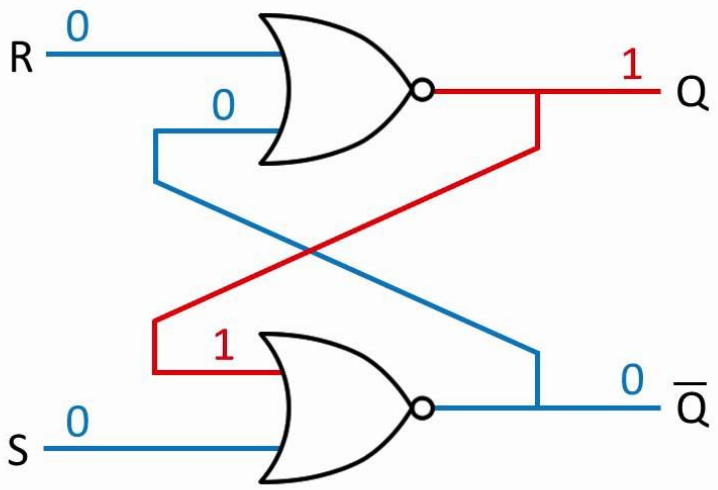
Analog Circuits		Amplifiers Filters
Devices		Transistors Diodes
Physics		Electrons

Soyutlama

Digital Circuits	AND Gates NOT Gates
Analog Circuits	Amplifiers Filters
Devices	Transistors Diodes
Physics	Electrons

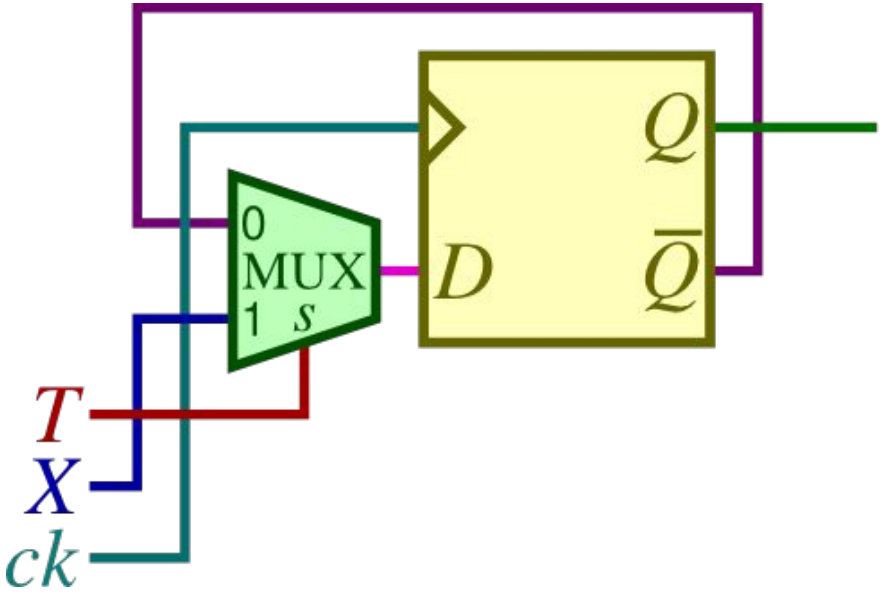
SR Latch

S	R	Q	$\overline{Q}$
0	0	1 0	0 1
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0



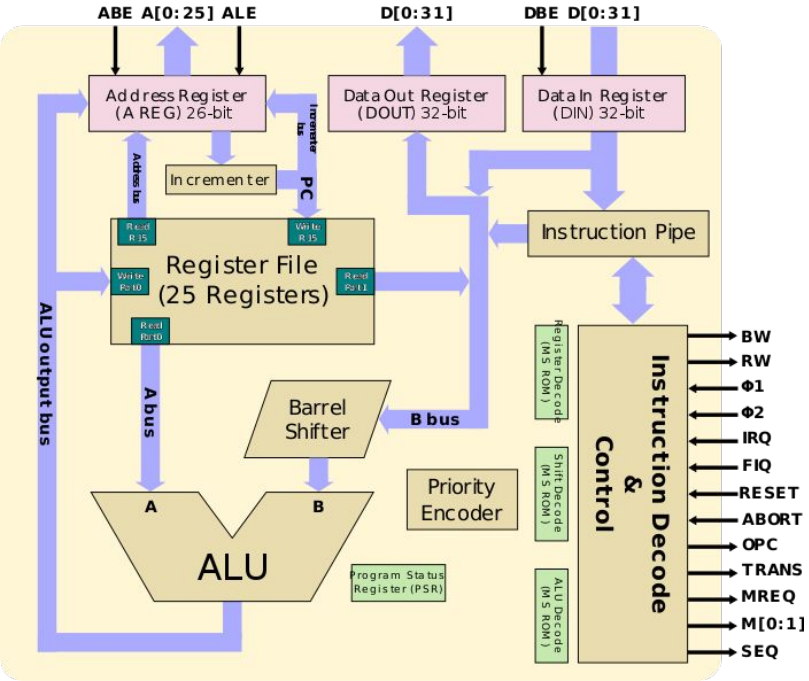
Soyutlama

Logic	Adders Memories
Digital Circuits	AND Gates NOT Gates
Analog Circuits	Amplifiers Filters
Devices	Transistors Diodes
Physics	Electrons



Soyutlama

Micro-architecture	Datapaths Controllers
Logic	Adders Memories
Digital Circuits	AND Gates NOT Gates
Analog Circuits	Amplifiers Filters
Devices	Transistors Diodes
Physics	Electrons



Soyutlama

Architecture	Instructions Registers
Micro-architecture	Datapaths Controllers
Logic	Adders Memories
Digital Circuits	AND Gates NOT Gates
Analog Circuits	Amplifiers Filters
Devices	Transistors Diodes
Physics	Electrons

MIPS32 Instruction Set

Instructions that machine executes

```
blez  $a2, done
move  $a7, $zero
li    $t4, 99
move  $a4, $a1
move  $v1, $zero
li    $a3, 99
lw    $a5, 0($a4)
addiu $a4, $a4, 4
slt   $a6, $a5, $a3
movn  $v0, $v1, $a6
addiu $v1, $v1, 1
movn  $a3, $a5, $a6
```

MIPS32 Add Immediate Instruction

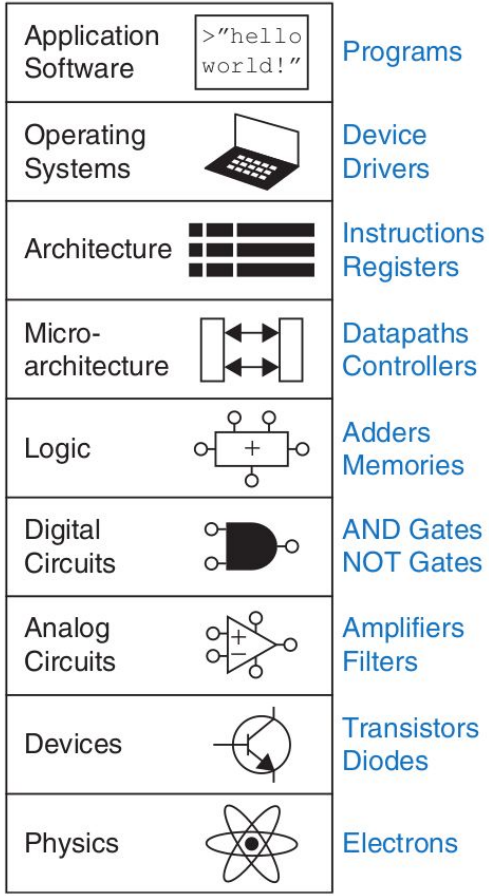
001000	00001	00010	0000000101011110
OP Code	Addr 1	Addr 2	Immediate value

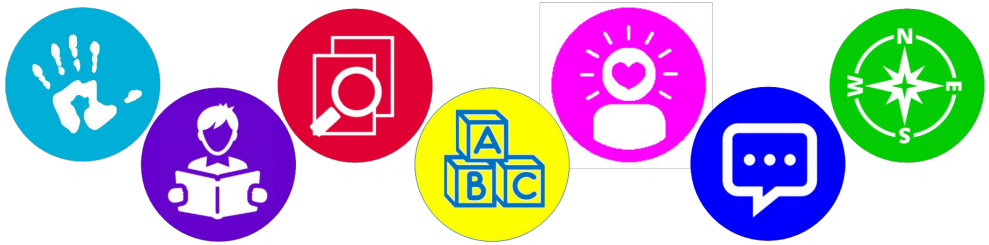
Equivalent mnemonic: **addi** $r1, $r2, 350

Soyutlama

Operating Systems	Device Drivers
Architecture	Instructions Registers
Micro-architecture	Datapaths Controllers
Logic	Adders Memories
Digital Circuits	AND Gates NOT Gates
Analog Circuits	Amplifiers Filters
Devices	Transistors Diodes
Physics	Electrons

Soyutlama

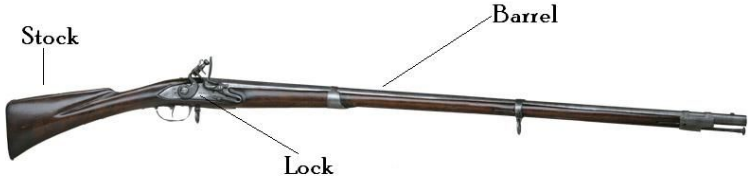

Application Software
>"hello world!"
Programs
Operating Systems
Device Drivers
Architecture
Instructions Registers
Micro-architecture
Datapaths Controllers
Logic
Adders Memories
Digital Circuits
AND Gates NOT Gates
Analog Circuits
Amplifiers Filters
Devices
Transistors Diodes
Physics
Electrons


A
B
C
N
W
E
S

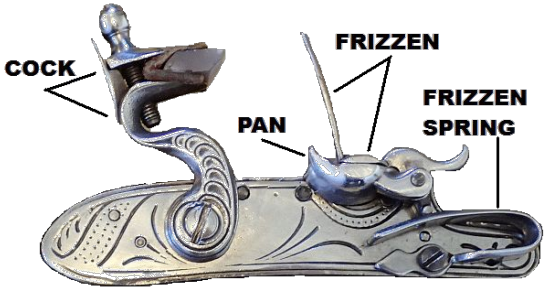
Disiplin

- 19. yüzyılın başlarına kadar tüfekler, farklı ustalar tarafından elle üretiliyordu.
- Değiştirilebilir parçalar tüfek üretiminde devrim yarattı.
- Bu sayede tüfek montajı ve tamiri daha hızlı ve az beceri ile gerçekleştirildi.
- Yüksek soyutlama düzeyinde çalışmak için tasarım seçeneklerini kısıtlamak
- Değiştirilebilir parçalar kullanmak

Üç başlıkta karmaşıklık yönetimi

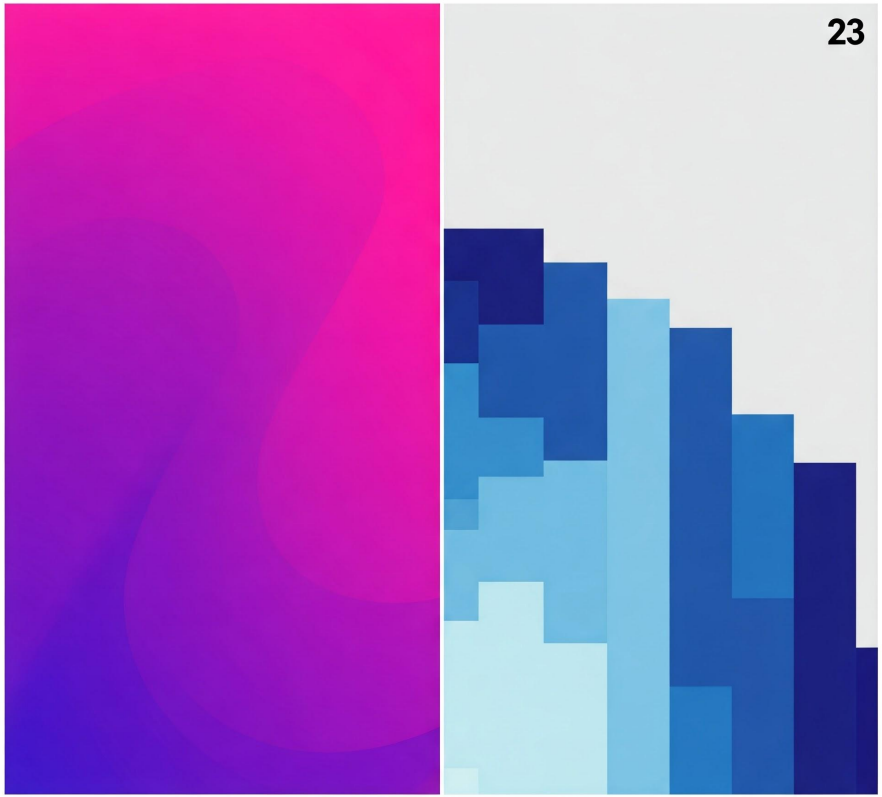


- Hiyerarşi: Sistemin modüllere ayırılabilmesi



- Modülerlik: Modüllerin iyi tanımlanmış işlevlere ve giriş çıkışlara sahip olması

- Düzenlilik: Modüller arasında tekdüzelik olması



Digital vs Continnoous Values

Sayısal Soyutlama

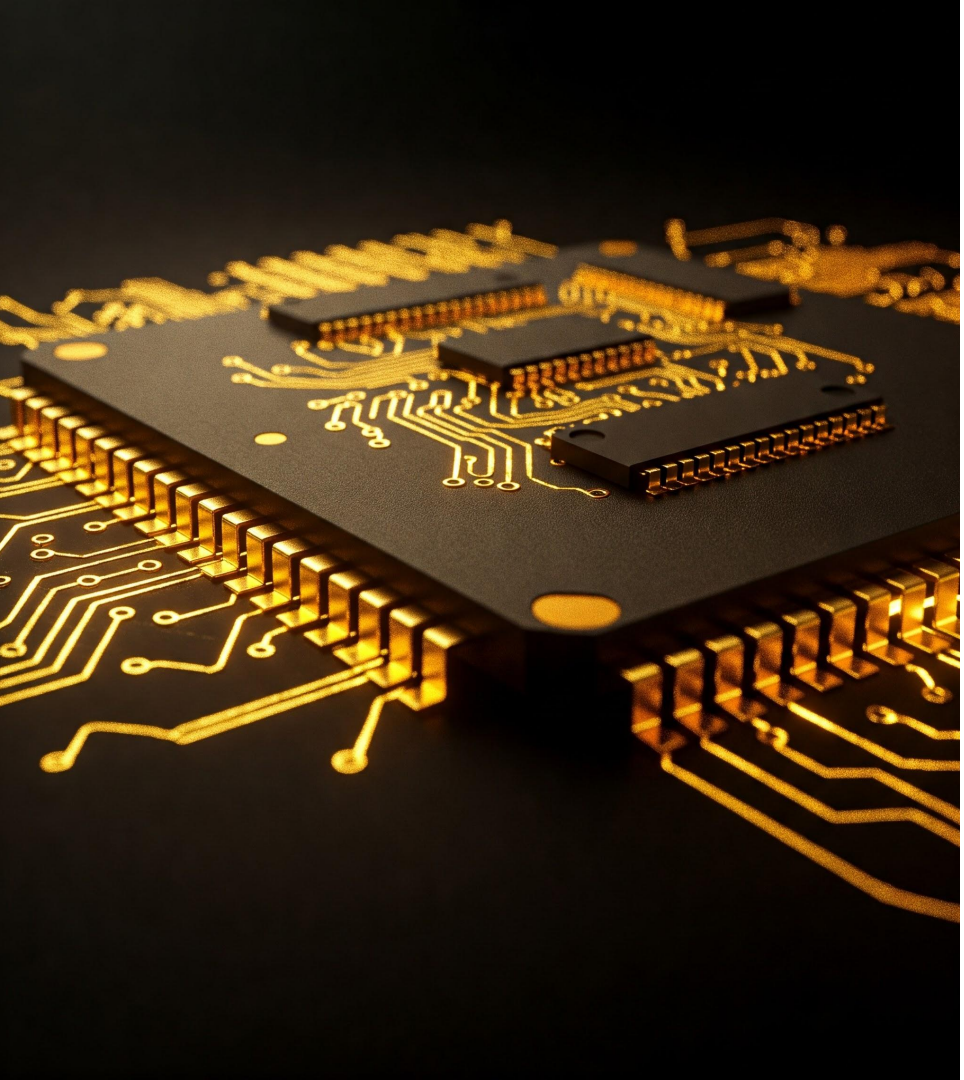
01 — Fiziksel değişkenler süreklidir: gerilim, frekans, konum.

02 — Dijital sistemler ayrık değerli değişkenler kullanır.

03 — Ayrık değerli değişkenler sonlu sayıda farklı değere sahiptir.

Sayısal Soyutlama

- Charles Babbage'ın Analitik Motoru (1834-1871) erken bir dijital sistemdi.
- Ayrık değerleri temsil etmek için on konumlu (0-9) dişliler kullanmıştır.
- Babbage bu mekanik bilgisayarı tasarlamış ve inşa etmeye çalışmıştır.



Sayısal Soyutlama

- Ayrık değerli değişkenler sonlu sayıda farklı değere sahiptir.
- N farklı duruma sahip ayrık değerli değişkenin bilgi miktarı; $D = \log_2 N$ bit.
  - İkili bir değişken bilgi: $1 = \log_2 2$
  - Babbage'ın motoru: $3.322 = \log_2 10$
- Sürekli bir sinyal teorik olarak sonsuz miktarda bilgi içerir.
- Gürültü ve ölçüm hatası, çoğu sürekli sinyal için bilgiyi yalnızca 10 ila 16 bitle sınırlar.

Sayısal Soyutlama

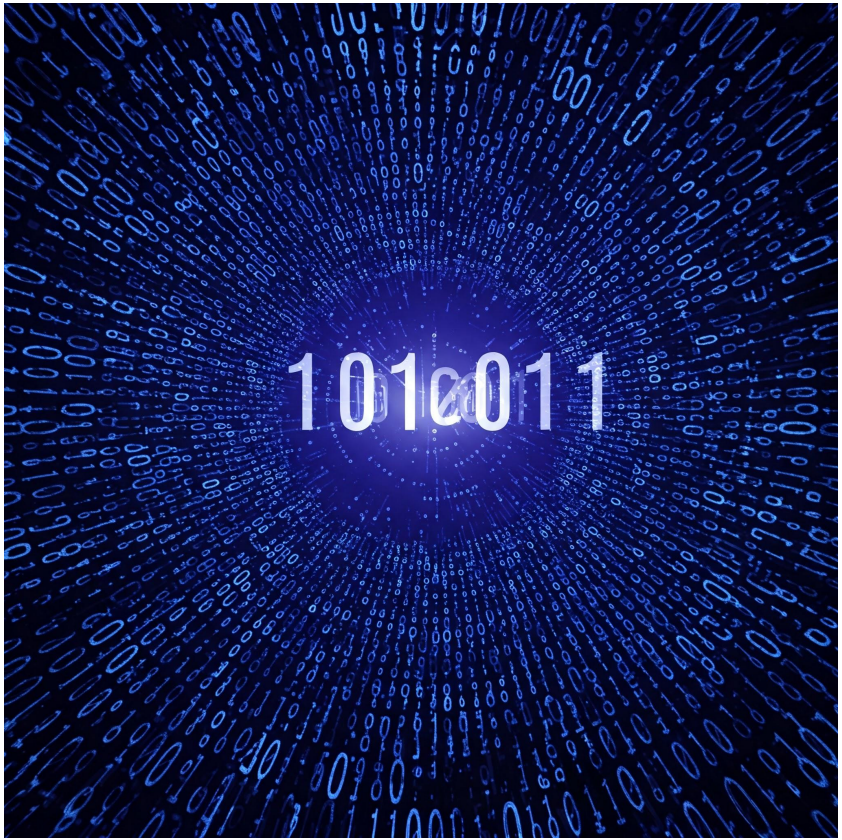
- George Boole tarafından icat edilen Boole mantığı, ikili değişkenler için bir mantık sistemidir
- Değişkenler TRUE veya FALSE durumlarından birine sahip olabilir
- '1' DOĞRU'yu ve '0' YANLIŞ'ı temsil eder
- Boolean mantığı bir soyutlama örneğidir. Yani tasarımcıların donanımdan bağımsız olarak 1'lere ve 0'lara odaklanmasını sağlar

Onluk Sayı Sistemi

- Onluk sayılar sayma ve aritmetik için kullanılır.
- 0'dan 9'a kadar 10 basamaklı.
- Her sütun bir önceki sütunun on katı ağırlığındadır.
- N basamaklı bir ondalık sayı 10^N olasılığı temsil eder.

İkilik Sistem

- İki basamaklı 2 tabanı: 0 ve 1
- Her sütun bir önceki sütunun iki katı ağırlığındadır.
- Sütun ağırlıkları 1, 2, 4, 8, 16, ... şeklindedir.
- N bitlik bir ikili sayı 2^N olasılığı temsil eder.
- Bayt adı verilen 8 bitlik grup $2^8 = 256$ olasılığı temsil eder.



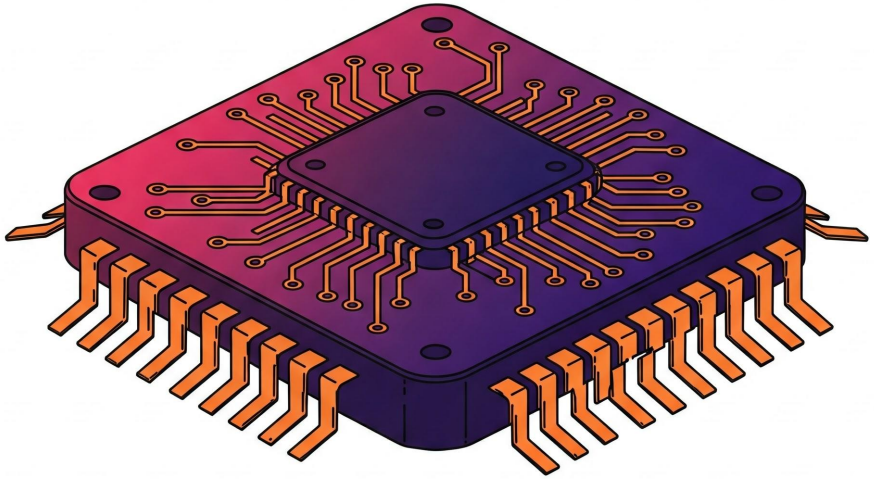
İkilik Sistem

$84_{10} = (?)_2$

$84_{10} = (1010100)_2$

- $84 \geq 64 \rightarrow 1$
- $20 < 32 \rightarrow 0$
- $20 \geq 16 \rightarrow 1$
- $4 < 8 \rightarrow 0$
- $4 \geq 4 \rightarrow 1$
- $0 < 2 \rightarrow 0$
- $0 < 1 \rightarrow 0$

Onaltılık Sayı Sistemi



- 0'dan 9'a ve A'dan F'ye kadar 16 basamaklı 16 tabanı
- Her sütun bir önceki sütunun 16 katı ağırlığındadır
- Sütun ağırlıkları 1, 16, 256, 4096...
- N basamaklı onaltılık bir sayı 16^N olasılığı temsil eder
- 2 onaltılık basamak 2^8 = 256 olasılığı temsil eder

Onaltılık Sayı Sistemi

1's column
16's column
256's column

$$2ED_{16} = 2 \times 16^2 + E \times 16^1 + D \times 16^0 = 749_{10}$$

two
two hundred
fifty six's

fourteen
sixteens

thirteen
ones

Hexadecimal Digit	Decimal Equivalent	Binary Equivalent
0	0	0000
1	1	0001
2	2	0010
3	3	0011
4	4	0100
5	5	0101
6	6	0110
7	7	0111
8	8	1000
9	9	1001
A	10	1010
B	11	1011
C	12	1100
D	13	1101
E	14	1110
F	15	1111

Onaltılık Sayı Sistemi

$(1111010)_2 = (?)_{16}$

$(1111010)_2 = (0111\ 1010)_2$

$(0111\ 1010)_2 = (7A)_{16}$

Onaltılık Sayı Sistemi

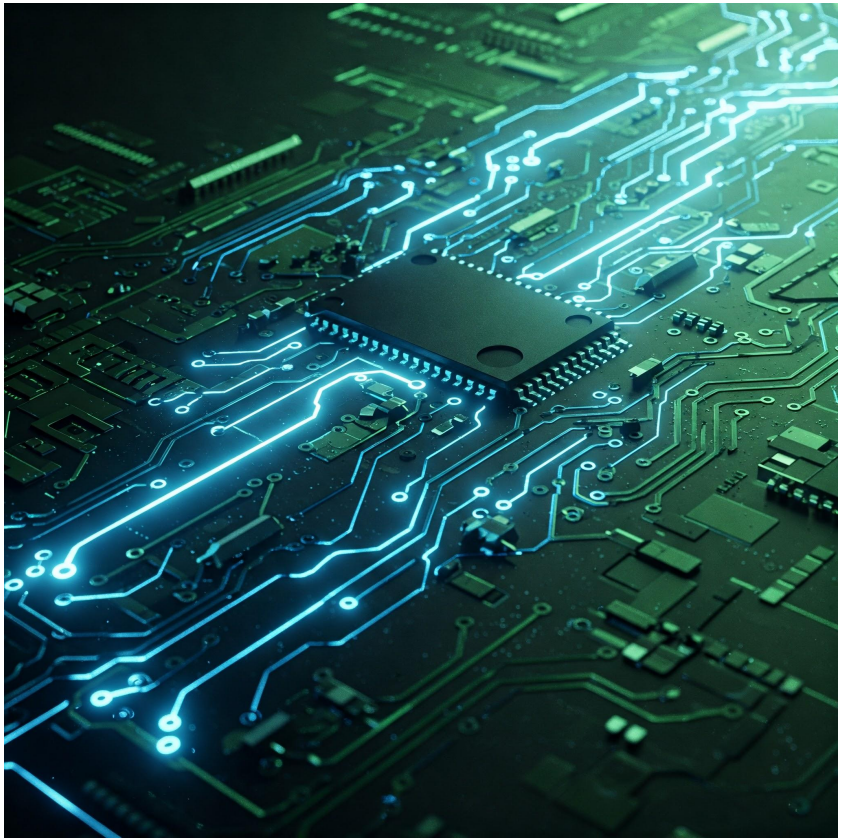
$333_{10} = (?)_{16}$

$333_{10} = (14D)_{16}$

$333 \geq 256$	1
$77 < 16$	4
$13 \geq 1$	D

Bytes, Nibbles

- Bayt adı verilen 8 bitlik grup $2^8 = 256$ olasılığı temsil eder.
- Çoğu bilgisayar belleği baytlara göre düzenlenir ve boyutlandırılır
- Nibble adı verilen 4 bitlik grup (yarım bayt) $2^4 = 16$ olasılığı temsil eder.
- Kelime boyutu işlemci mimarisine bağlıdır
- 64 bit işlemci -> 64 bit sözcük



Bytes, Nibbles

$2^{10} = 1024 \approx 10^3$

2^{10} (10^3) = 1 Kilobit (1KB)

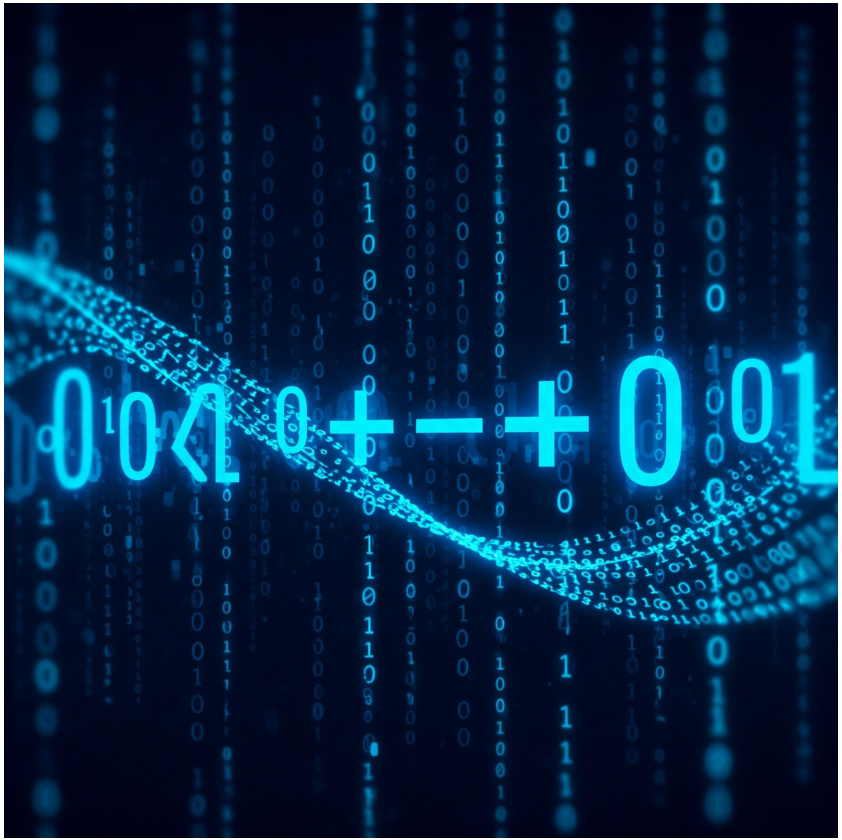
2^{20} (10^6) = 1 Megabit (1MB)

2^{30} (10^9) = 1 Gigabit (1GB)

2^{24}	=	?
2^{24}	=	$2^{20}\ 2^4$
2^{20} x 2^4 milyon	=	2^4x 1
2^4x 1 milyon	=	16 milyon

İkilik Toplama

- 0 + 0 = 0
- 1 + 0 = 1
- 0 + 1 = 1
- 1 + 1 = 0 (taşma 1)
- 1 + 1 + taşma 1 = 1 (taşma 1)



İkilik Toplama

11	← carries →	11
4277		1011
+ 5499		+ 0011
9776		1110

İkilik Toplama
Taşma

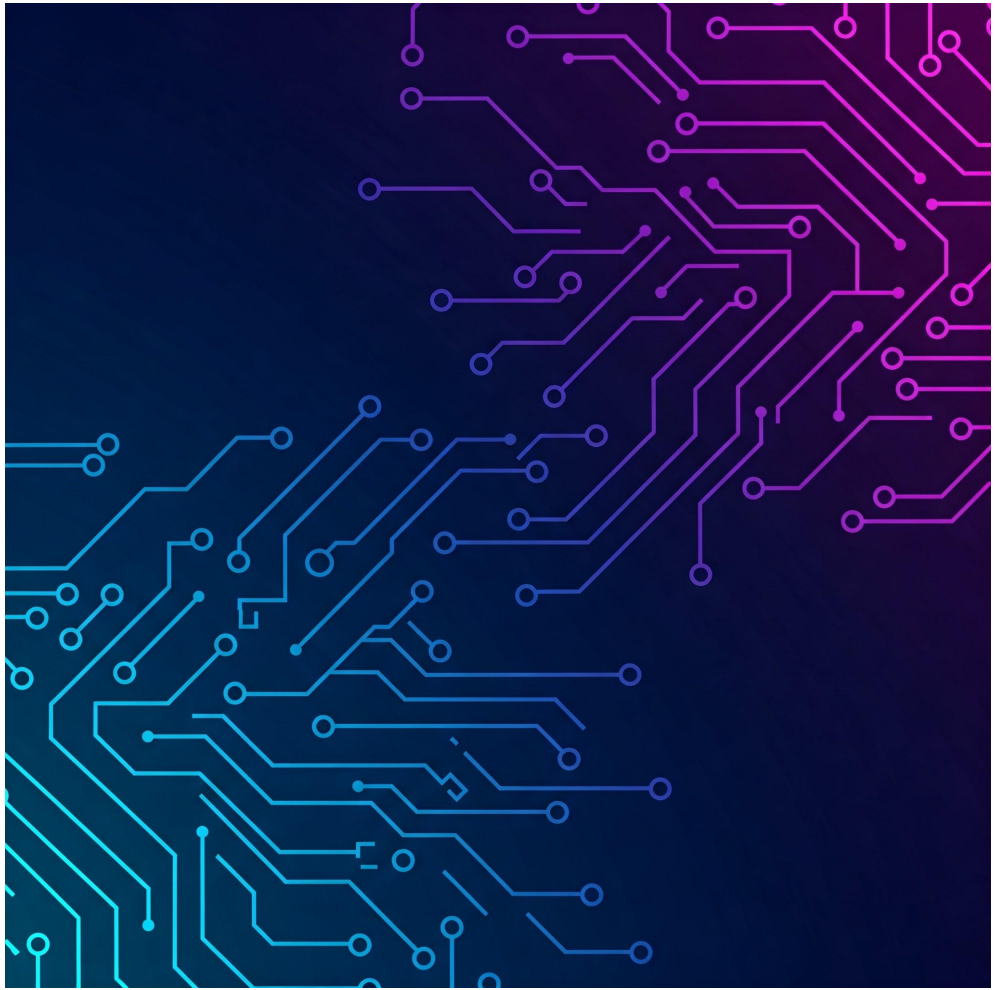
$$
\begin{array}{r}
111 \\
1101 \\
+\ 0101 \\
\hline
10010
\end{array}
$$

Taşma

- Ariane 5 roketi fırlatıldıktan 40 saniye sonra infilak etti.
- 16-bitlik kontrol bilgisayarı, Ariane 5'in hızlı motoru tarafından üretilen büyük değerleri işleyememiştir.
- Aynı kod daha yavaş olan Ariane 4'te kusursuz çalışıyordu.
- Bu hata, potansiyel değer aralıklarının ve sistem sınırlamalarının hesaba katılmasının önemini vurgulamaktadır.

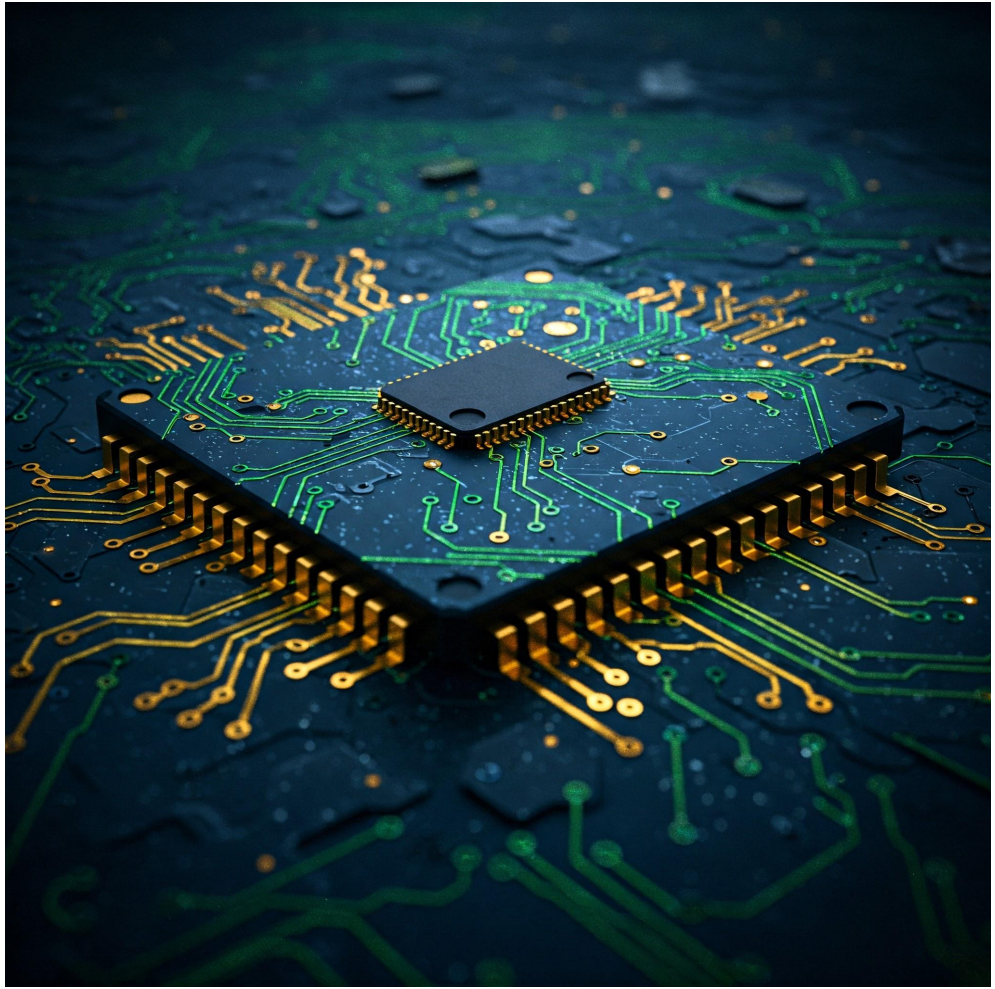
İşaretli İkilik Sayılar

- İşaretsiz ikili sayılar pozitif büyüklükleri temsil eder.
- İşaretli ikili sayılar hem pozitif hem de negatif sayıları temsil eder.
- En yaygın kullanılan sistemler:
  - işaret/büyüklük
  - ikiye tümleyen.



İşaret/Büyüklük Sayıları

- İşaret olarak en anlamlı biti kullanır.
- 0 pozitif, 1 negatif olduğunu gösterir.
- Kalan bitler büyüklüktür.
- Negatif sayıları yazma şeklimizle eşleşir.



İşaret/Büyüklük Sayıları

$+5_{10} = 0101_2$

$-5_{10} = 1101_2$

$-5_{10} + 5_{10}$

$= 1101_2 + 0101_2$

$= 0010_2$

$-0_{10} = 1000_2$

$+0_{10} = 0000_2$

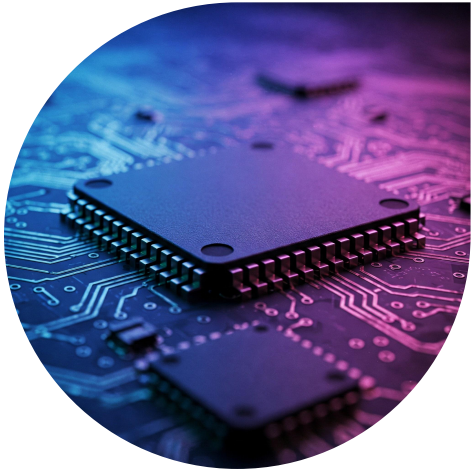
İkiye Tümleyen Sayı Sistemi

01 En anlamlı bit konumunun $2^{(N-1)}$ yerine $-2^{(N-1)}$ ağırlığına sahip olması dışında, işaretsiz ikili sayılarla aynıdır

02 N-bit ikiye tümleyen sayılar $-2^{(N-1)}$ ile $2^{(N-1)} - 1$ arasında değerlere sahiptir

03 Sıfırın tek gösterimi vardır

04 Standard toplama işlemi çalışır



İkiye Tümleyen Sayı Sistemi

$+2_{10} = 0010_2$

$$
\begin{aligned}
-2_{10} &= 0010_2 \\
&= 1101_2 \\
&= 1101_2 + 1_2 \\
&= 1110_2
\end{aligned}
$$

İkiye Tümleyen Sayı Sistemi

4bit isaretsiz sayılar

16 deger: 0 → 15

4bit ikiye tümleyen sayılar

16 deger: -8 → 7 (0 pozitif)

N bit ikiye tümleyen sayılar

2^N deger: $-2^{N-1} \rightarrow 2^{N-1} -1$

Toplama

$$-2_{10} + 1_{10}$$
$$= 1110_2 + 0001_2$$
$$= 1111_2$$
$$= -1_{10}$$

$$-7_{10} + 7_{10}$$
$$= 1001_2 + 0111_2$$
$$= 10000_2$$
$$= 0000_2$$
$$= 0_{10}$$

Çıkarma

$5_{10} - 3_{10}$

$= 5_2 + (-3_{10})$

$= 0101_2 + 1101_2$

$= 0010_{10}$

$= 2_2$

$+ \ 3_{10} = 0011_2$

$1100_2 + 0001_2$

$- 3_{10} = 1101_2$

İşaret Düzeltme

$+3_{10} = 0011_2$ $\quad$ $-3_{10} = 1101_2$

$+3_{10} = 000011_2$ $\quad$ $-3_{10} = 1111101_2$

Karşılaştırma

System	Range
Unsigned	$[0, 2^N - 1]$
Sign/Magnitude	$[-2^{N-1} + 1, 2^{N-1} - 1]$
Two's Complement	$[-2^{N-1}, 2^{N-1} - 1]$

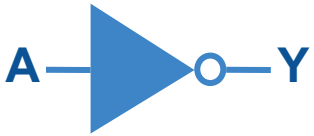
Karşılaştırma

	–8	–7	–6	–5	–4	–3	–2	–1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Unsigned									0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
Two's Complement	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111								
Sign/Magnitude		1111	1110	1101	1100	1011	1010	1001	0000 1000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111								

weird number

NOT (Değil Kapısı)

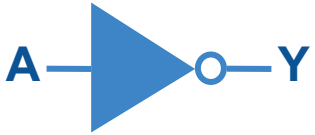
- Bir NOT geçidinin bir girişi (A) ve bir çıkışı (Y) vardır.
- Çıkış, girişin tersidir.
- Boolean denklemi: $Y = \bar{A}$
- İnvertör olarak da adlandırılır



$$Y = \bar{A}$$

A	Y
0	1
1	0

Buffer (Copycat Kapısı)



Y= A

A	Y
0	0
1	1

- Girdiyi çıktıya kopyalar

AND Lojik Kapısı

Y= AB

- Bir VE geçidinin iki girişi (A, B) ve bir çıkışı (Y) vardır
- Y çıktısı yalnızca A ve B'nin her ikisi de DOĞRU ise DOĞRU'dur
- Boole denklemi: Y = A*B
- Diğer Boole denklem gösterimleri: Y = A - B, Y = A ∩ B

A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

OR Lojik Kapısı

- Bir VEYA geçidinin iki girişi (A, B) ve bir çıkışı (Y) vardır
- Y çıktısı yalnızca A ve B'nin her ikisi de YANLIŞ ise YANLIŞ'tır.
- Boole denklemi: Y = A + B
- Diğer Boole denklemi gösterimleri: Y = A ∪ B

Y= A+B

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Diğer Lojik Kapılar

$Y = A \oplus B$

XOR

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Y = \overline{AB}$

NAND

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$Y = \overline{A+B}$

NOR

A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

XNOR Gate

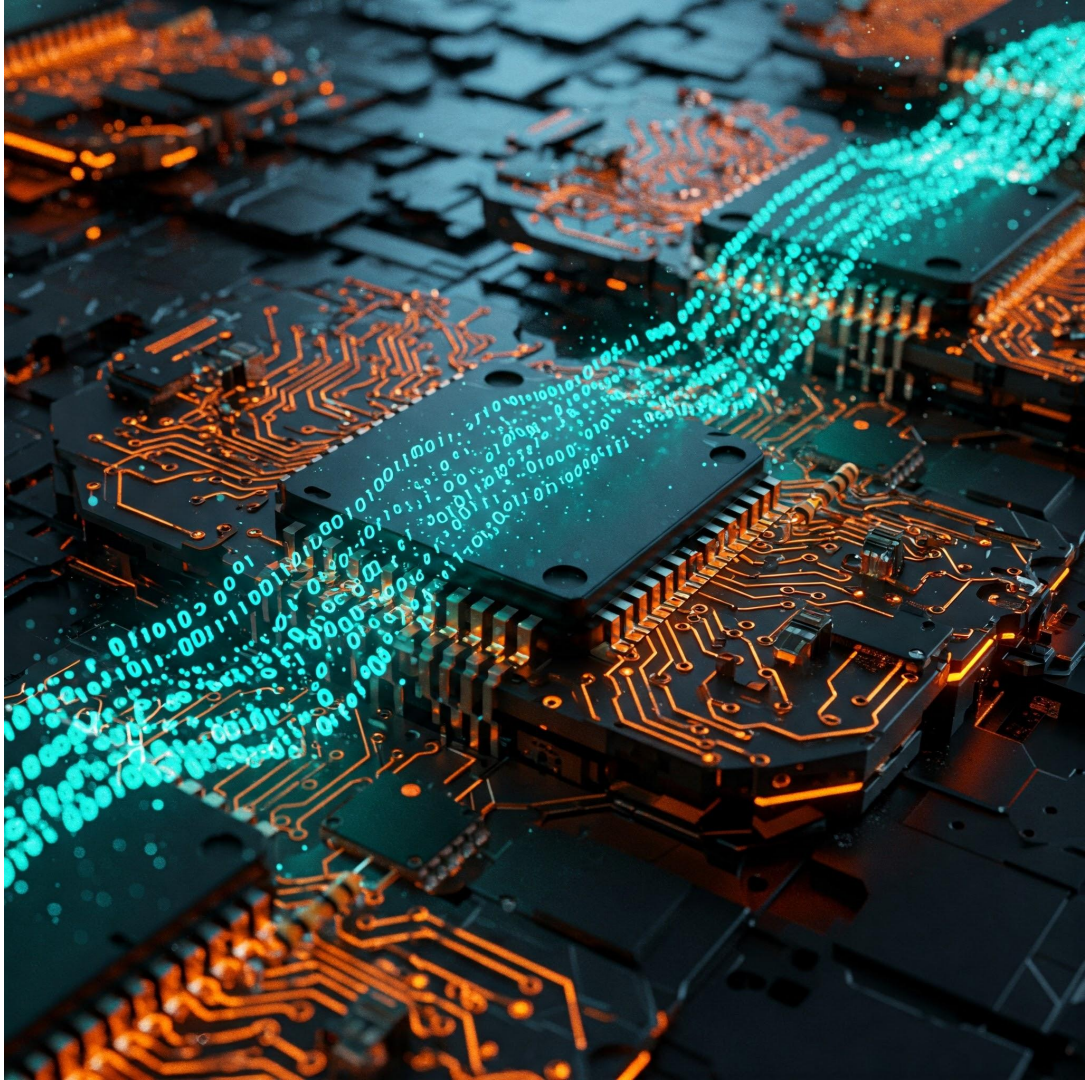
$$Y = \overline{A \oplus B}$$

- Bir XNOR kapısı XOR'un tersini gerçekleştirir.
- Boole denklemi: $Y = A \odot B$
- Her iki giriş de YANLIŞ veya her iki giriş de DOĞRU ise çıkış DOĞRU olur
- İki girişli XNOR geçidine eşitlik geçidi de denir

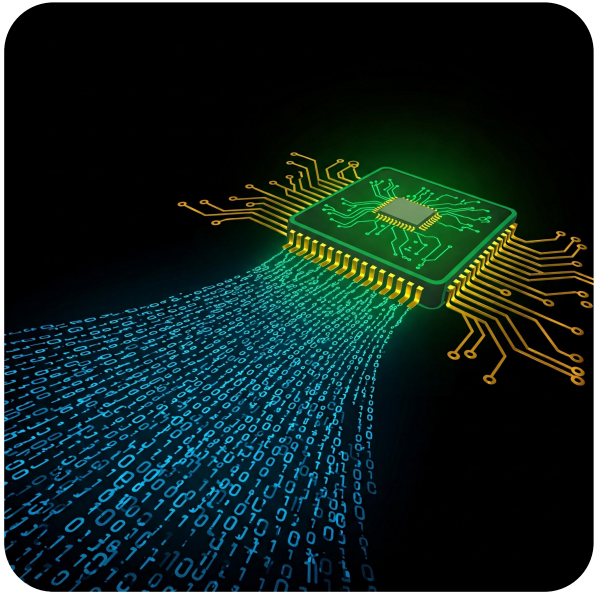
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Sayısal Soyutlama

- Sayısal Sistemler fiziksel büyüklükleri göstermek için ayrık değişkenler kullanır.
    - V = 0 volt => A = 0,
    - V = 5 volt => A = 1
- Sistemin Gürültü toleransı nedir
    - V = 4.97 volt => A = ?
    - V = 4.3 volt => A = ?
    - V = 2.8 volt => A = ?
    - V = 2.5 volt => A = ?



Besleme Gerilimi



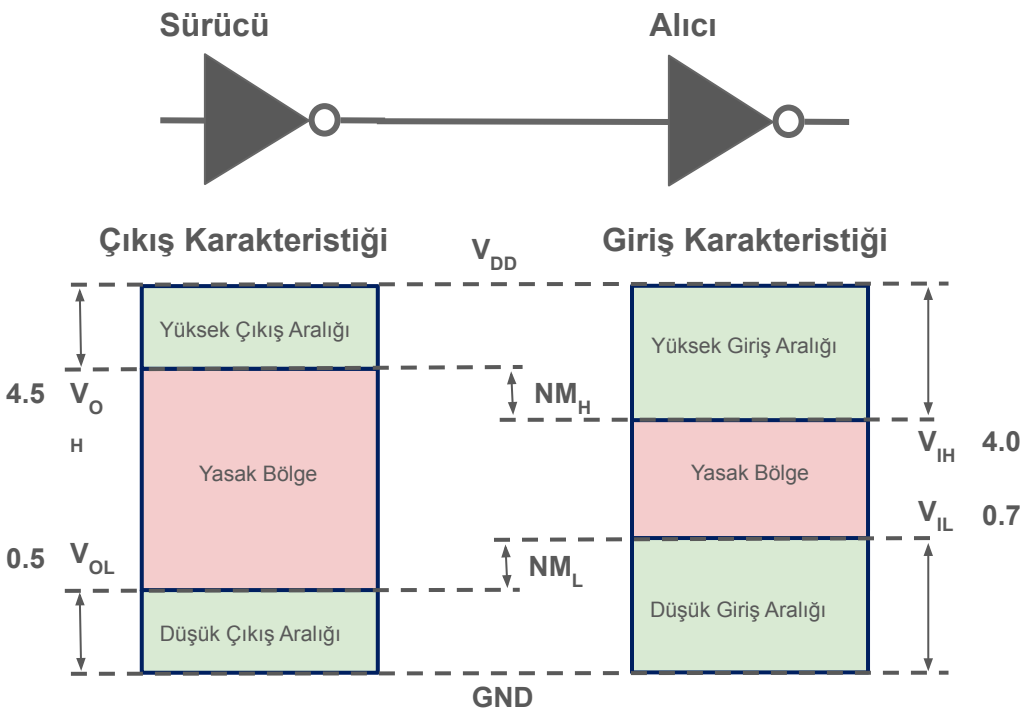
- Bir sistemdeki en düşük voltaj, toprak veya GND olarak da bilinen 0 V'dir.
- En yüksek voltaj olan VDD, güç kaynağından gelir.
- 1970'lerin ve 1980'lerde VDD gerlilimi 5V idi.
- Transistörler küçüldükçe, VDD: 3,3 V, 2,5 V, 1,8 V, 1,5 V, 1,2 V veya daha düşük değerlere düşmüştür.

Lojik Sevye

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL}$$

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH}$$

- Sürücü (1. kapı) çıkışı alıcı (2. kapı) girişine bağlanır.
- Sürücü çıkışı:
  - DÜŞÜK (0) = GND - V_{OL}
  - YÜKSEK (1) = V_{OH} - VDD
- Alıcı girişi:
  - DÜŞÜK (0) = GND - V_{IL}
  - YÜKSEK (1) = V_{IH} - VDD
- V_{IL} ve V_{IH} arasındaki değerler yasak bölge

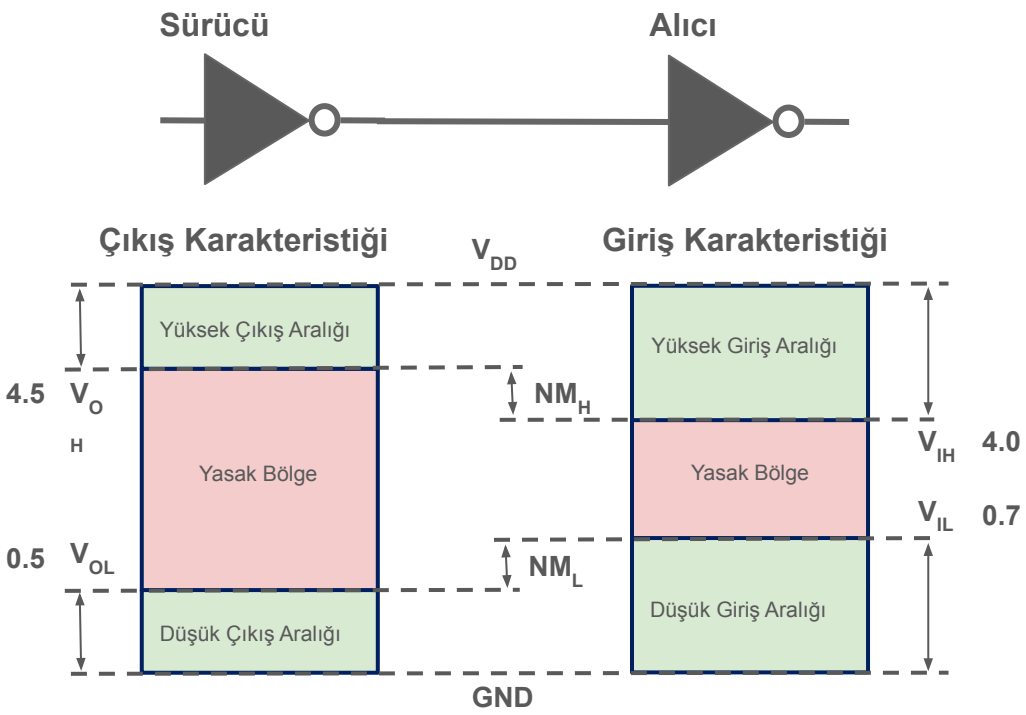


Gürültü Aralığı

Çıkış sinyalinin yorumlanmasını etkilemeyen gürültü.

VOH > VIH

VOL < VIL



Gürültü Aralığı Örneği

Devre Sürücü ve Alıcı arasındaki 1V'luk gürültüyü tolere edebilir mi?

Çıkış DÜŞÜK ise devre 1V gürültüyü tolere edebilir (NML = 1,02 V)

Çıkış YÜKSEK ise devre 1V gürültüyü tolere edemez (NMH = 0,69V)

Interterlerin en yüksek ve en düsük gürültü sınırı nedir?

V_{DD} = 5V,

V_{IL} = 1.35V,

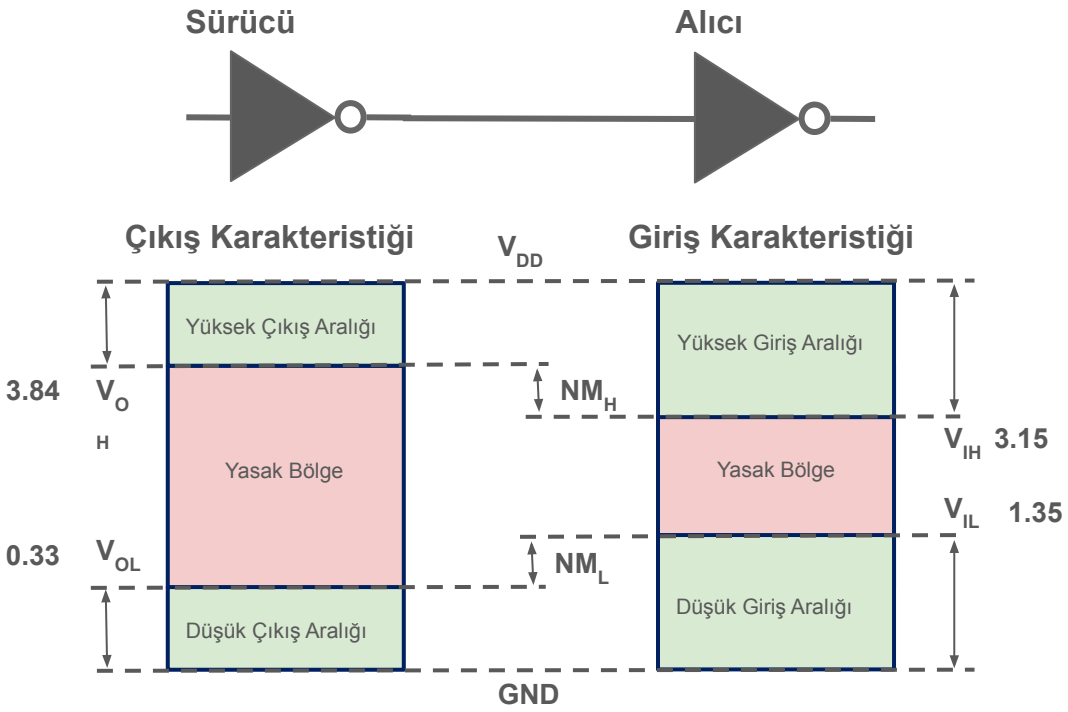
V_{IH} = 3.15V,

V_{OL} = 0.33V,

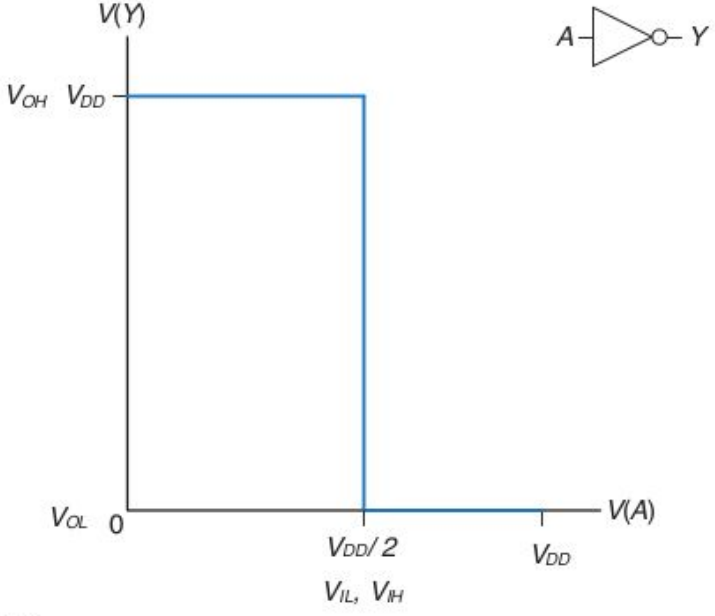
V_{OH} = 3.84V

$NM_L = V_{IL} - V_{OL} = 1.35V - 0.33V = 1.02V$

$NM_H = V_{OH} - V_{IH} = 3.84V - 3.15V = 0.69V$

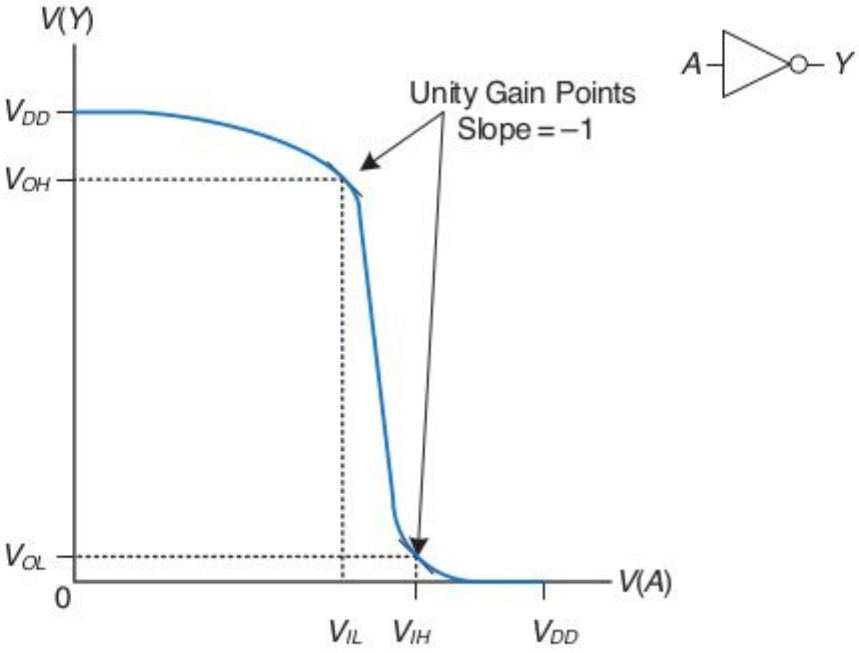


DC İletim Karakteristiği



- DC İletim karakteristikleri çıkış gerilimini giriş geriliminin bir fonksiyonu olarak tanımlar.
- İdeal bir invertör VDD/2'de ani bir anahtarlama eşiğine sahiptir.

DC iletim karakteristiği

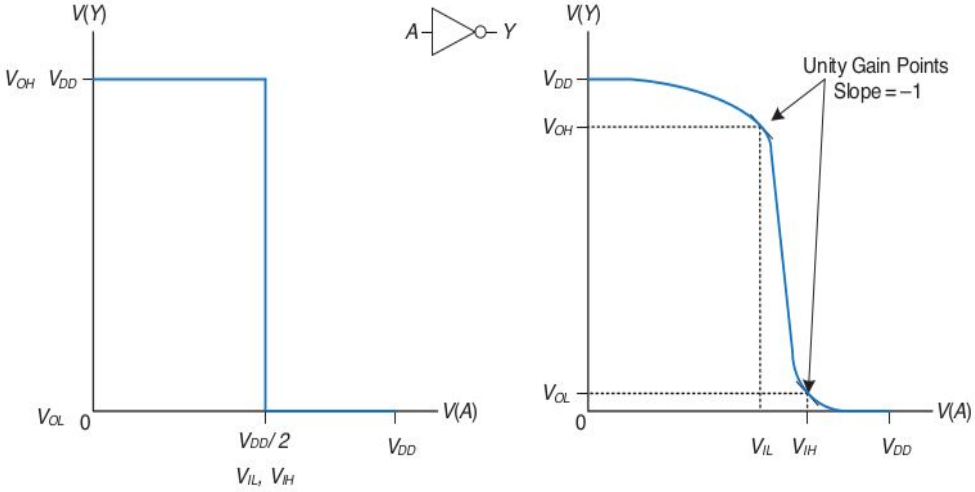


- Gerçek bir invertör uç noktalar arasında yumuşak bir geçişe sahiptir.
- Lojik seviyeler, transfer karakteristiği eğiminin dV(Y)/dV(A) = -1 olduğu yerlerde seçilir.
- Bu noktalar birlik kazanç noktaları olarak adlandırılır ve genellikle gürültü aralığını maksimize eder.

The Statik Disiplin

Dört büyük Lojik aile (70 ~ 90):

- Transistör-Transistör Logic (TTL)
- Complementary Metal-Oxide-Semiconductor Logic (CMOS)
- Low Voltage TTL Logic (LVTTL)
- Low Voltage CMOS Logic (LVCMOS)



Lojik Aileler

Logic Family	V_{DD}	V_{IL}	V_{IH}	V_{OL}	V_{OH}
TTL	5 (4.75–5.25)	0.8	2.0	0.4	2.4
CMOS	5 (4.5–6)	1.35	3.15	0.33	3.84
LVTTL	3.3 (3–3.6)	0.8	2.0	0.4	2.4
LVCMOS	3.3 (3–3.6)	0.9	1.8	0.36	2.7

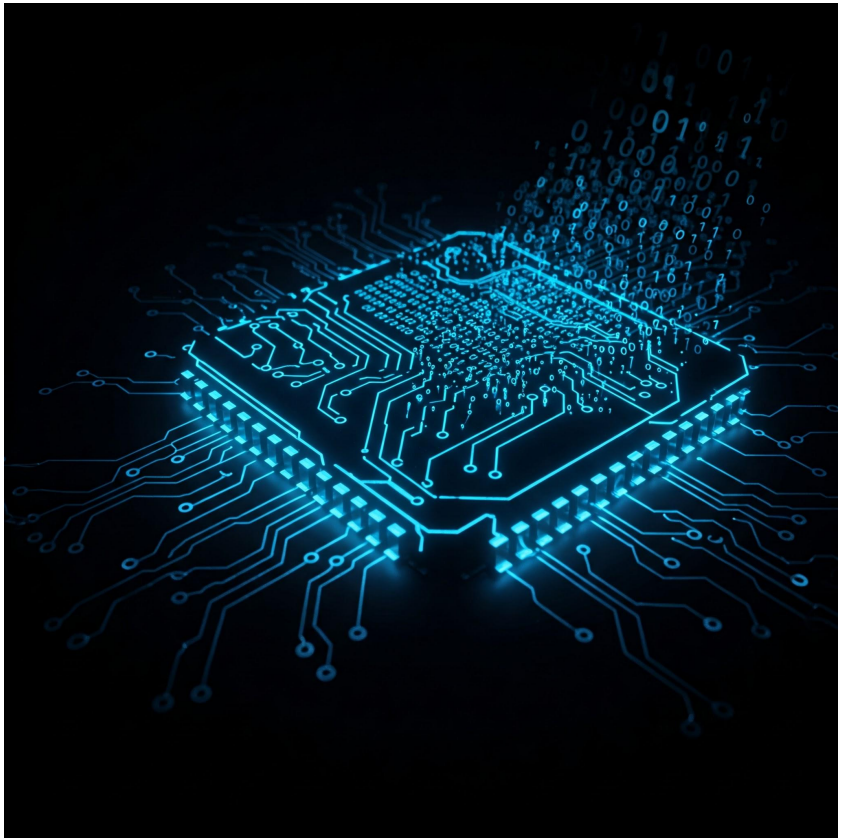
Lojik Aileler

		Receiver			
		TTL	CMOS	LVTTL	LVCMOS
Driver	TTL	OK	NO: $V_{OH} < V_{IH}$	MAYBE[a]	MAYBE[a]
	CMOS	OK	OK	MAYBE[a]	MAYBE[a]
	LVTTL	OK	NO: $V_{OH} < V_{IH}$	OK	OK
	LVCMOS	OK	NO: $V_{OH} < V_{IH}$	OK	OK

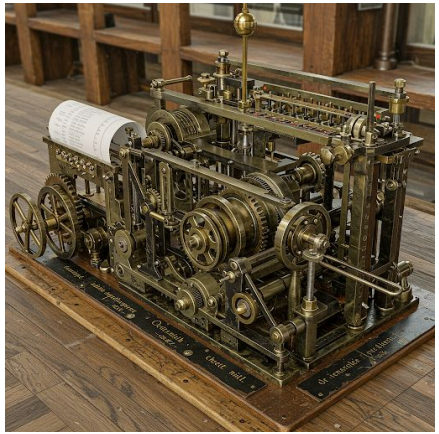
[a] As long as a 5 V HIGH level does not damage the receiver input

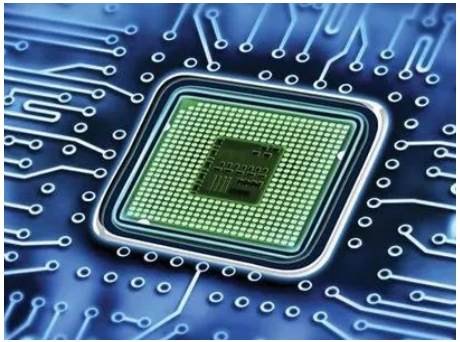
MOSFET'ler: Modern Bilgisayarların Yapı Taşları

- 1958: Jack Kilby iki transistörlü ilk entegre devreyi gerçekledi.
- 1959: Robert Noyce, tek bir silikon çip üzerinde çok sayıda transistörü birbirine bağlamak için bir yöntemin patentini aldı.
- İlk transistörlerin maliyeti: Her biri ~10$.
- Bugün ise: 1 cm2 silikon çip üzerinde 1 milyar MOSFET.
- Kapasite ve maliyet her 8 yılda bir ikiye katlanıyor.

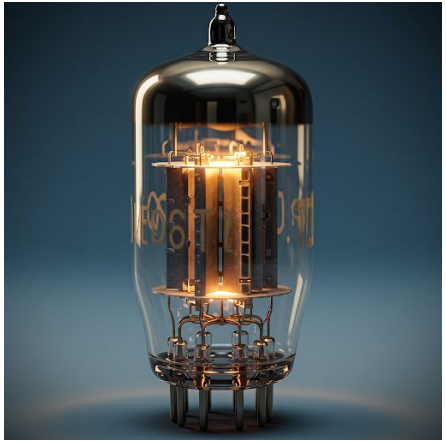


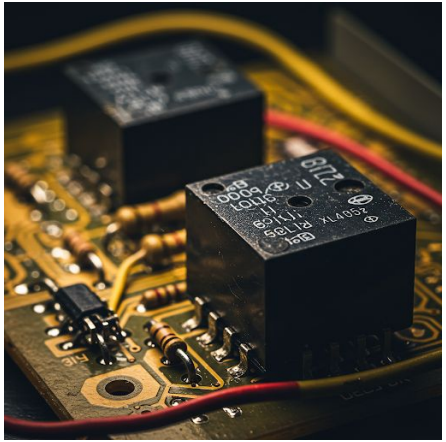
CMOS Transistörler: Ucuz, Küçük, Güvenilir



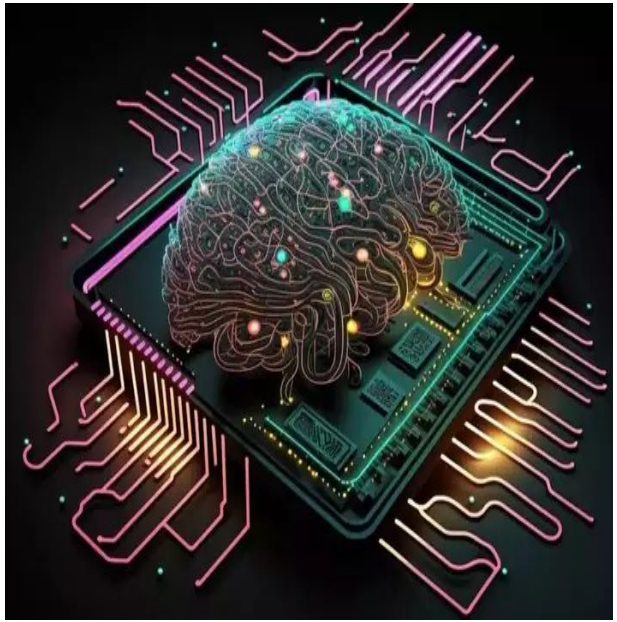


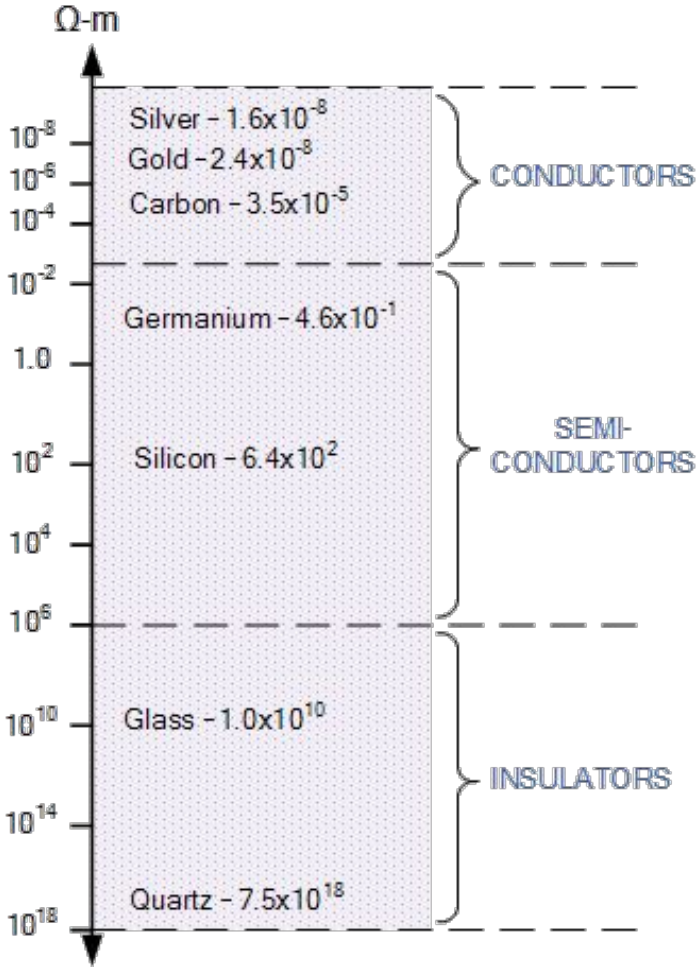
- Babbage'ın Analitik Motoru -> dişliler
- İlk elektrikli bilgisayarlar -> röleler veya vakum tüpleri
- Modern bilgisayarlar -> transistörler (ucuz, küçük, güvenilir)





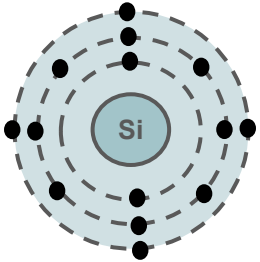
Yarı İletkenler



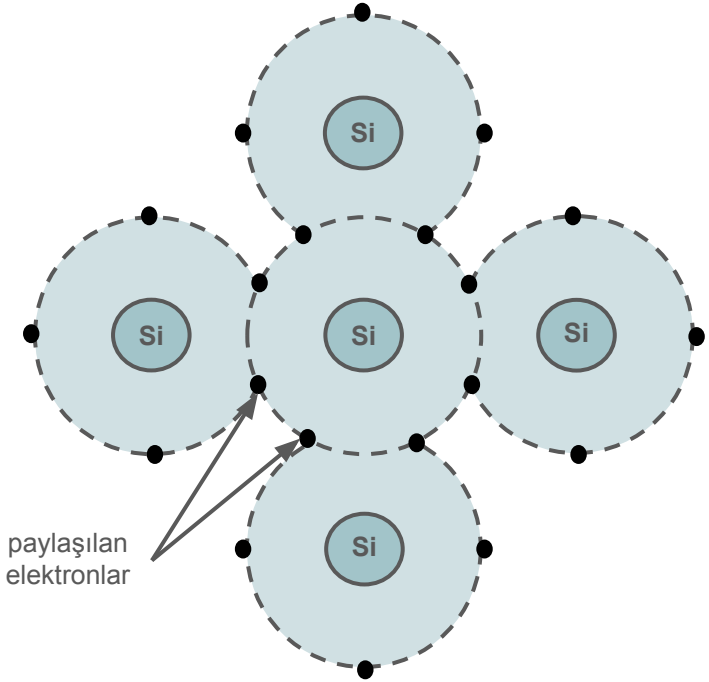


Yarı İletkenler

Silikon Atomu
Atomik Numarası = 14



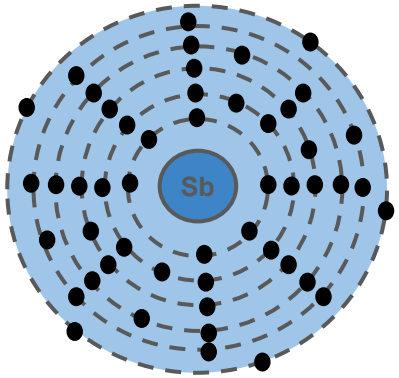
Dış kabukta 4 elektron



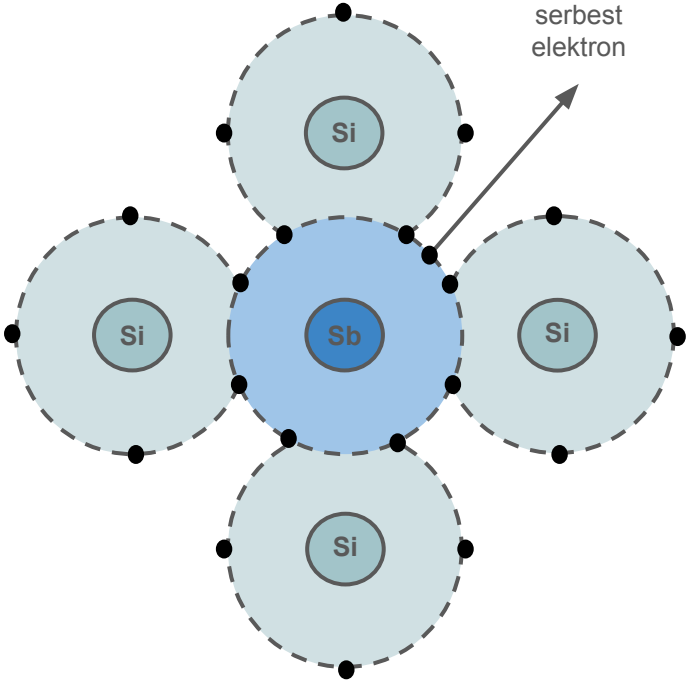
silikon kirstal kafes

Yarı İletkenler

Silikon Atomu
Atomik Numarası = 51



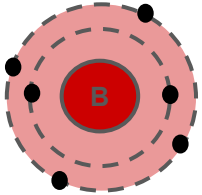
Dış kabukta 5 elektron



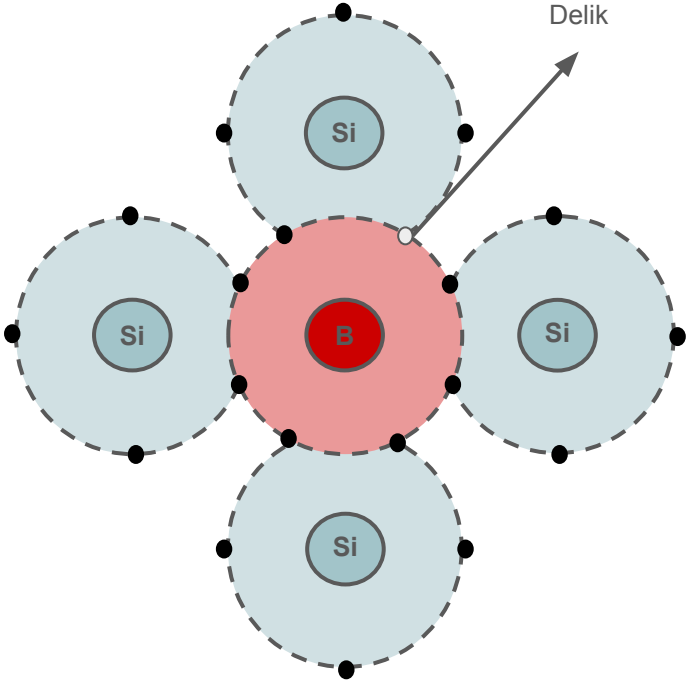
N Tipi Yarı İletken

Yarı İletkenler

Boron Atomu
Atomik Numarası = 5

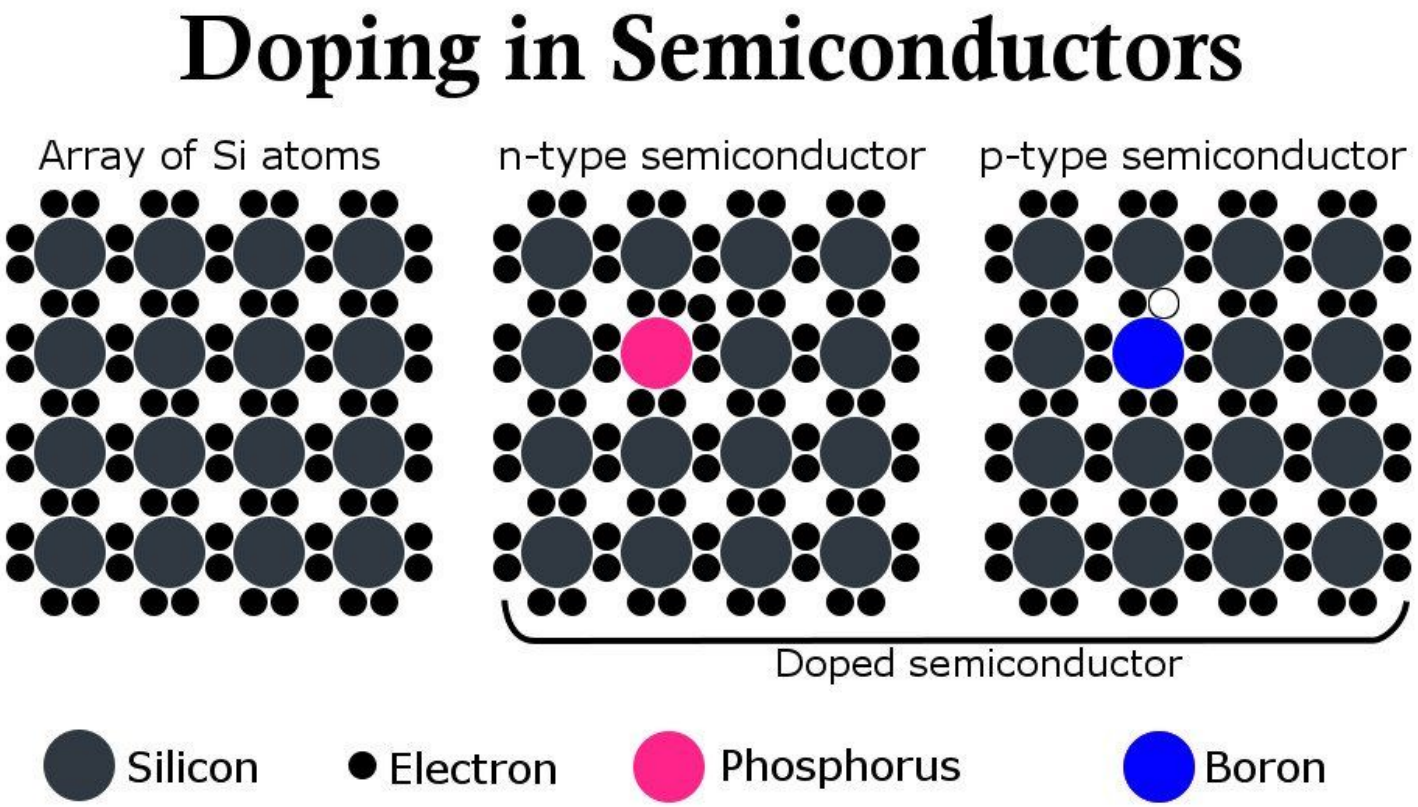


Dış kabukta 3 elektron

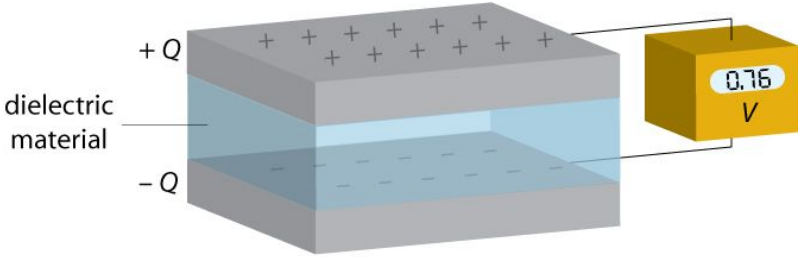


P Tipi Yarı İletken

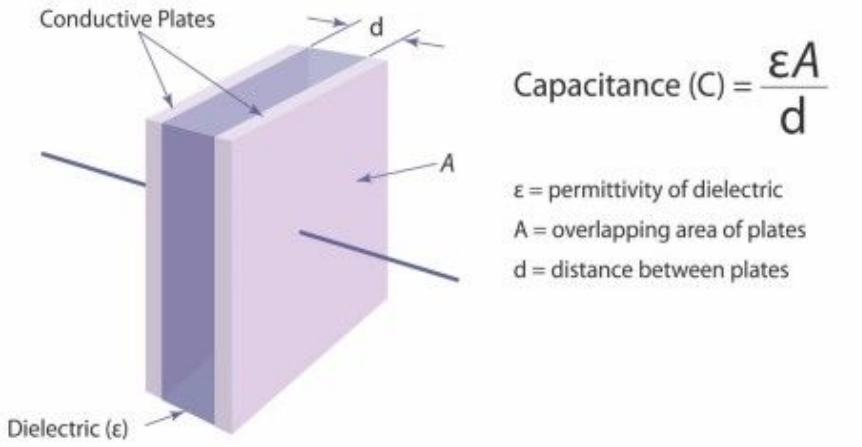
Yarı İletkenler



Kondansatör

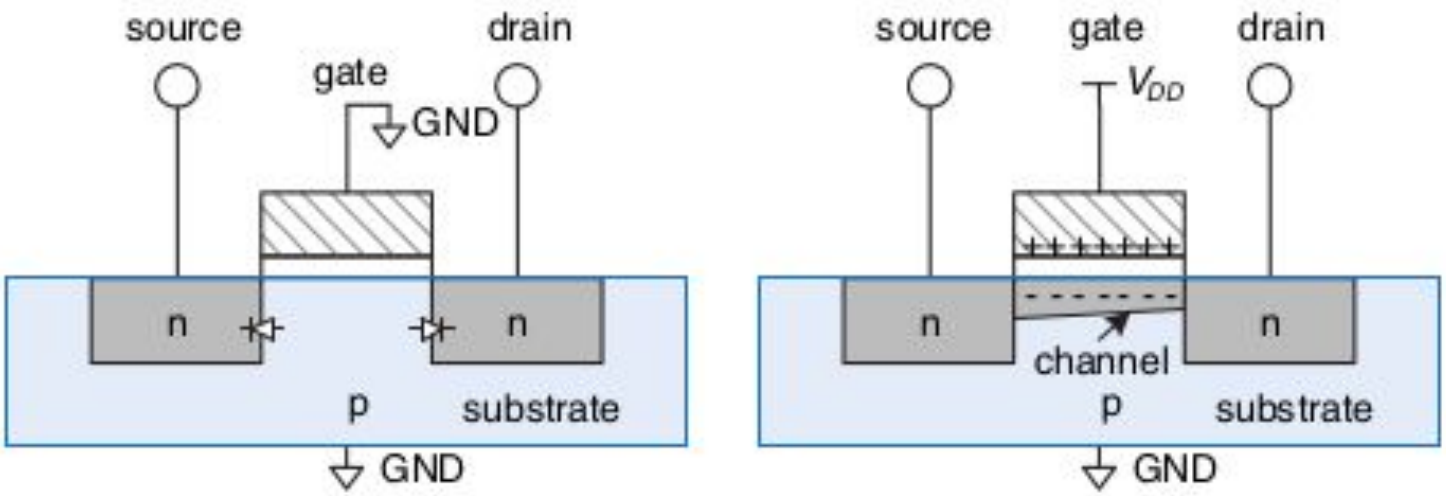


$$Q = CV$$



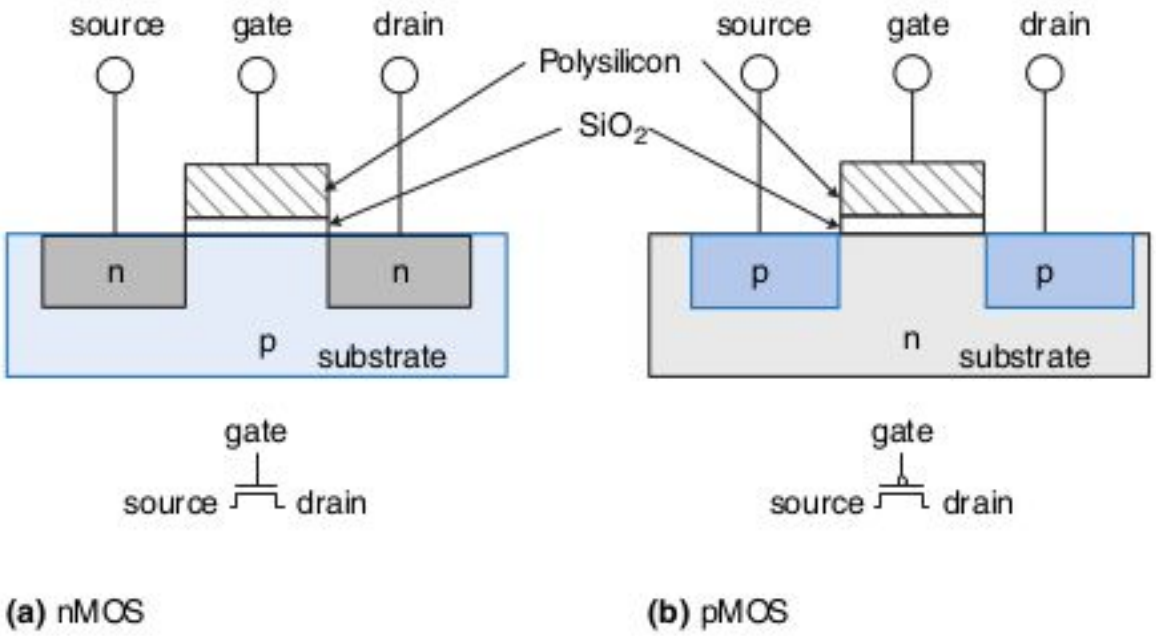
https://www.youtube

MOSFET (nMOS & pMOS)



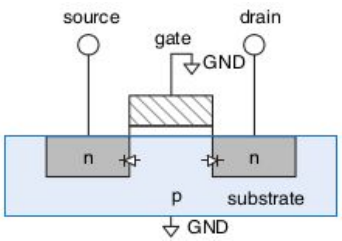
https://www.youtube.com/watch?v=stM8dgcY1CA

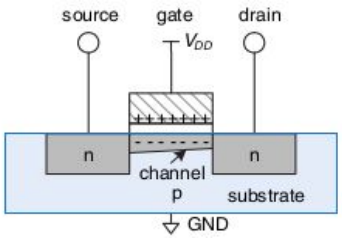
MOSFET (nMOS & pMOS)



https://www.youtube.com/watch?v=aCOyq4YzBtY

MOSFET (nMOS & pMOS)



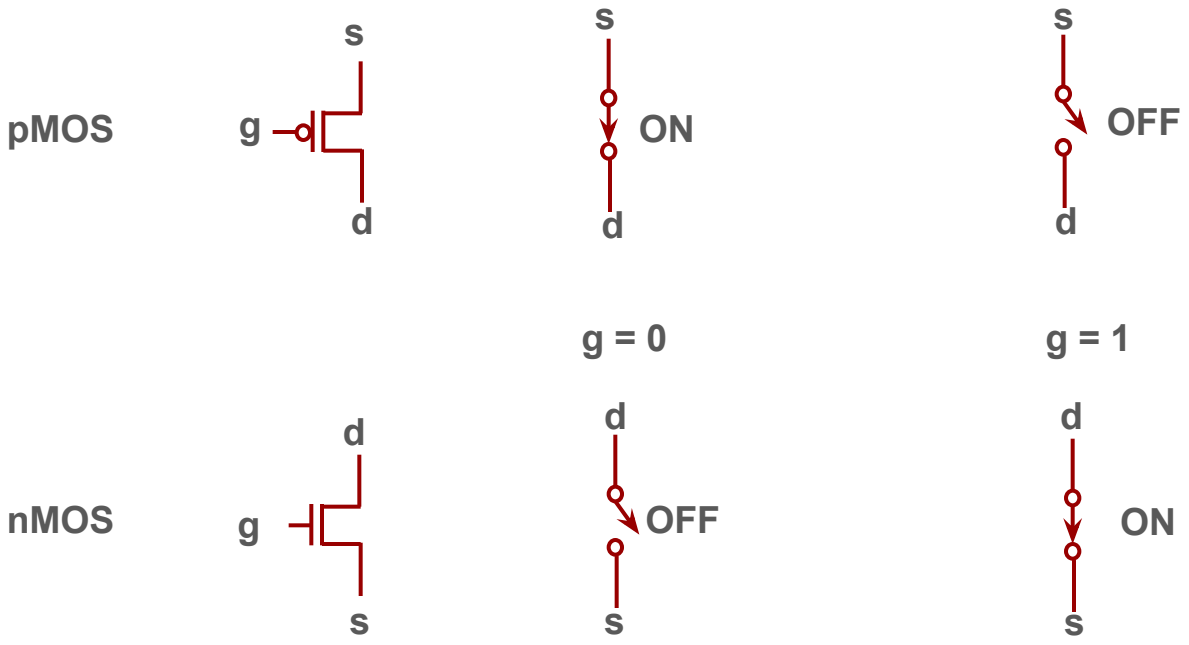


g = 0

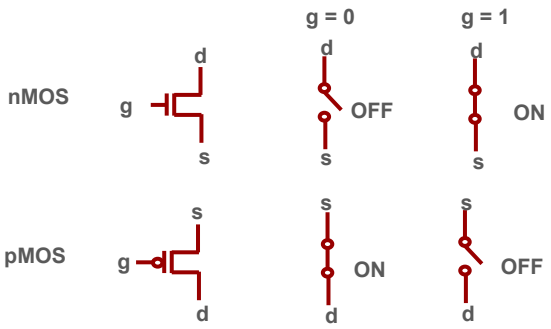
g = 1

nMOS

MOSFET (nMOS & pMOS)

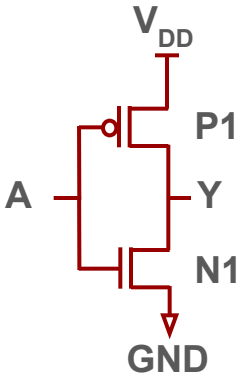


CMOS NOT Kapısı



NOT

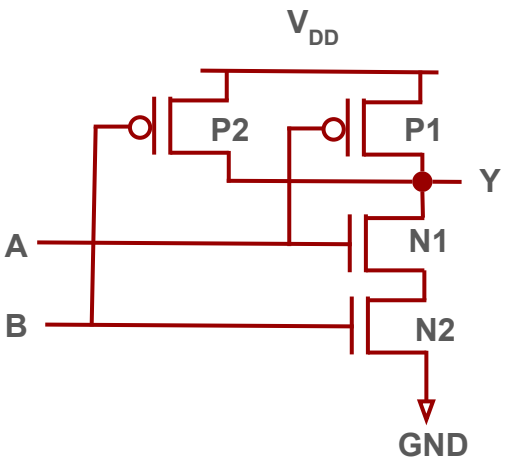
A = 0 → Y = 1
A = 1 → Y = 0

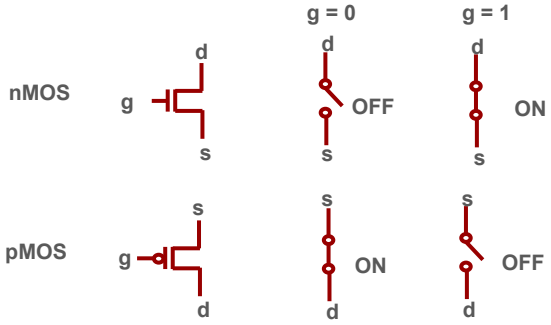


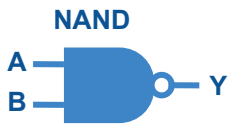
A = 0 → NMOS = OFF & PMOS= ON
Y = 1 (VDD)

A = 1 → NMOS = ON & PMOS= OFF
Y = 0 (GND)

NAND Kapısı





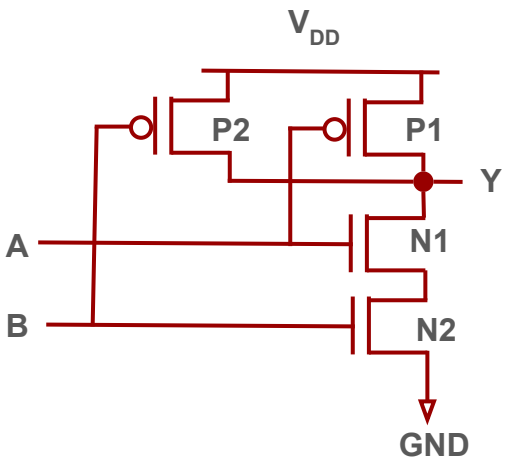


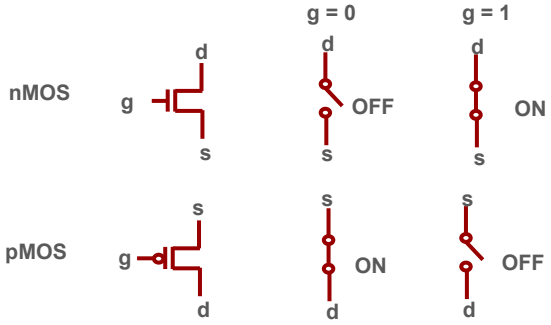
Y= (AB)'

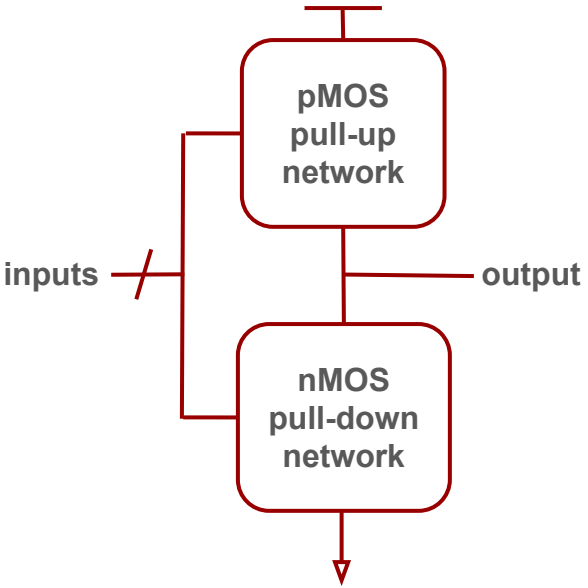
A	B	Pull-Down Network	Pull-Up Network	Y
0	0	OFF	ON	1
0	1	OFF	ON	1
1	0	OFF	ON	1
1	1	ON	OFF	0

A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

NAND Kapısı

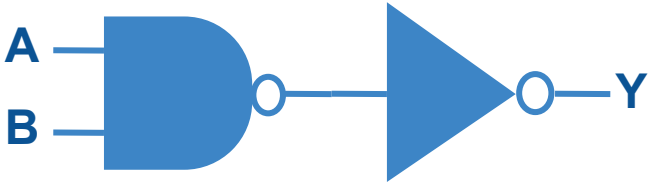




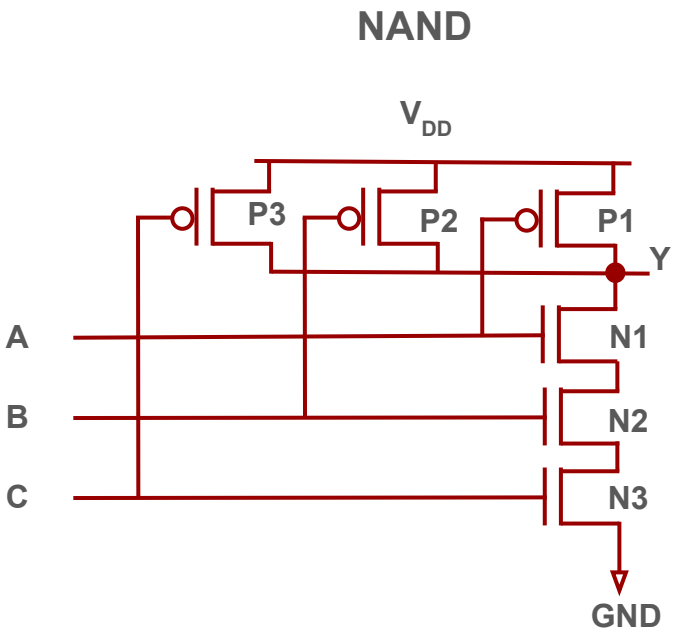


A	B	Pull-Down Network	Pull-Up Network	Y
0	0	OFF	ON	1
0	1	OFF	ON	1
1	0	OFF	ON	1
1	1	ON	OFF	0

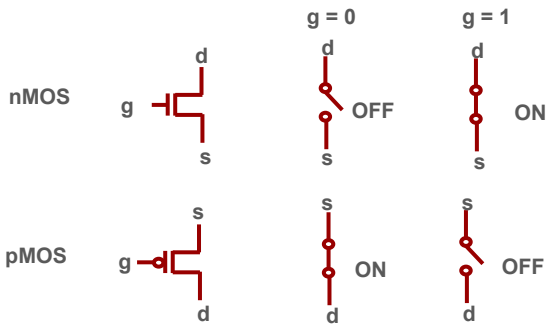
NAND → AND Kapısı

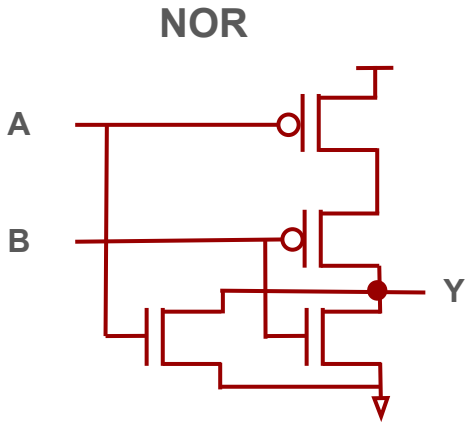


Üç Girişli NAND Kapısı

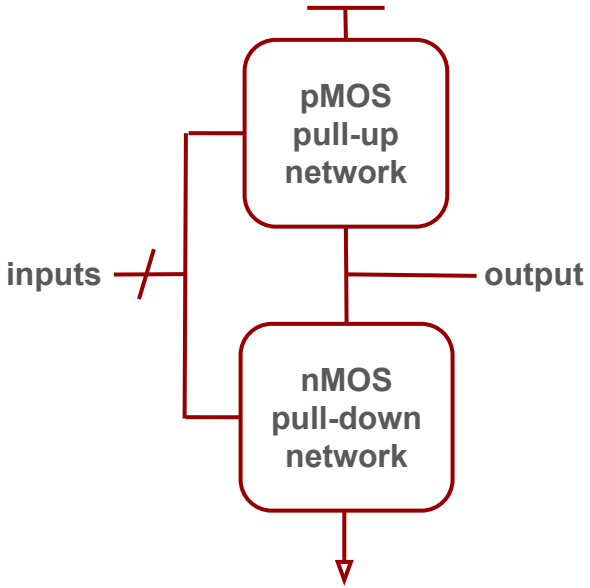


NOR Kapısı



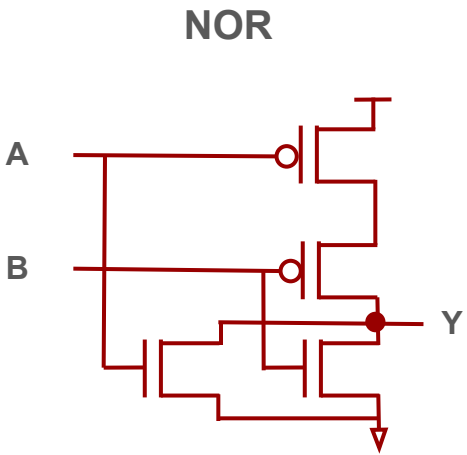


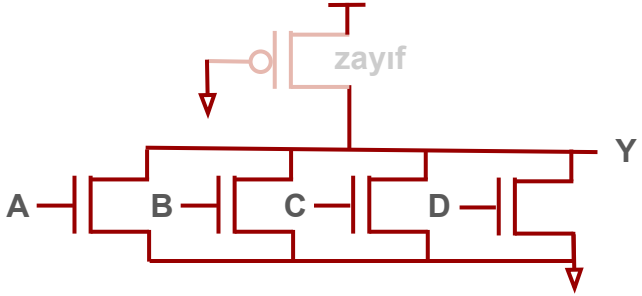
A	B	Pull-Down Network	Pull-Up Network	Y
0	0	OFF	ON	1
0	1	ON	OFF	0
1	0	ON	OFF	0
1	1	ON	OFF	0

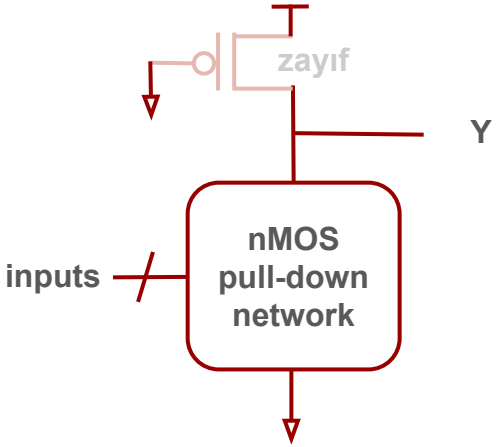


Pseudo-nMOS Lojik

A	B	Pull-Down Network	Pull-Up Network	Y
0	0	OFF	ON(zayıf)	1
0	1	ON	ON(zayıf)	0
1	0	ON	ON(zayıf)	0
1	1	ON	ON(zayıf)	0







Seri baglı devre elemanları paralel baglı devre elemanlarına göre daha yavastırlar.
pMOS transistörler nMOS transistörlere göre daha yavastır.

Güç Tüketimi
(Aktif Pasif Güç)

$$P_{dinamik} = \frac{1}{2}(C\,V_{DD}^{2}\,f)$$

$$P_{statik} = I_{DD}V_{DD}$$

6 watt saatlik (W-hr) bataryaya sahip 1,2 V'da çalışan bir cep telefonun kullanıldıgı ve kullanılMAdıgı durumlarda Pil Ömrü Nedir?

Güç Tüketimi (Aktif Pasif Güç)

Batarya: 6 watt saat (W-hr)
Güç: 1,2 V

Aktif kullanıldıgı durumda;

Frakansı: 300 MHz
Yonga içindeki kapasitans: 10 nF (10^{-8} Farads)
Anten gücü: 3 W
Sakin Akım: 40 mA

$P_{dinamik} = (0.5)\,(10^{-8}F)\,(1.2V)^2\,(3 \times 10^8 Hz)$
$= 2.16\ W$

Toplam güç $= 2.16\ W + 0.048\ W + 3\ W$
$= 5.2\ W$

Bateri ömrü $= 6\ Whr/5.2\ W$
$= 1.15$ saat

$P_{dinamik} = \frac{1}{2}(C\,V_{DD}^2\,f)$

$P_{statik} = I_{DD}V_{DD}$

Güç Tüketimi (Aktif Pasif Güç)

Batarya: 6 watt saat (W-hr)

Güç: 1,2 V

Aktif kullanılMAdıgı durumda;

Sakin Akım: 40 mA

P_{static} = (0.040 A)(1.2 V)

= 48 mW

Bateri ömrü = 6 (Whr)/(0.048 W)

= 125 saat (Yaklasık 5 gün)

$$P_{dinamik} = \frac{1}{2}(C\,V_{DD}^{2}\,f)$$

$$P_{statik} = I_{DD}V_{DD}$$

Dizüstü Bilgisayar Güç Tüketimi

Bir dizüstü bilgisayar, 60 watt-saat (W-hr) kapasiteli bir bataryaya sahiptir ve 19 V gerilimle çalışmaktadır.

2.5 GHz hızında çalışam işlemci içindeki anahtarlanan ortalama kapasitans 50 nF (5×10^{-8} Farad) seviyesindedir.

Aynı zamanda bilgisayar ekranı ve diğer donanımlar toplamda 20 W güç tüketmektedir.

Bilgisayar bekleme modunda (standby) olduğunda, işlemcinin dinamik gücü neredeyse sıfıra iner (işlemci uyur)

Ancak bilgisayarın geri kalan bileşenleri (ekran kapalı, RAM ve bazı kontrol birimleri) sabit olarak 100 mA akım çeker.

Dizüstü Bilgisayar Güç Tüketimi

Bilgisayar yalnızca bekleme modunda çalışıyorsa batarya ömrü ne kadar olur?

Bilgisayar tam kapasiteyle (sürekli işlem yapıyor ve ekran açık) çalışıyorsa batarya ömrü ne kadar olur?

Veriler:

- Batarya kapasitesi: **60 W-hr**
- Çalışma gerilimi: **19 V**
- İşlemci frekansı: **2.5 GHz**
- Anahtarlanan kapasitans: **50 nF**
- Diğer donanımların güç tüketimi (ekran vb.): **20 W**
- Bekleme modu akımı: **100 mA**

Dizüstü Bilgisayar Güç Tüketimi

Bekleme modunda güç tüketimi:

Bekleme akımı = 100 mA

Gerilim = 19 V

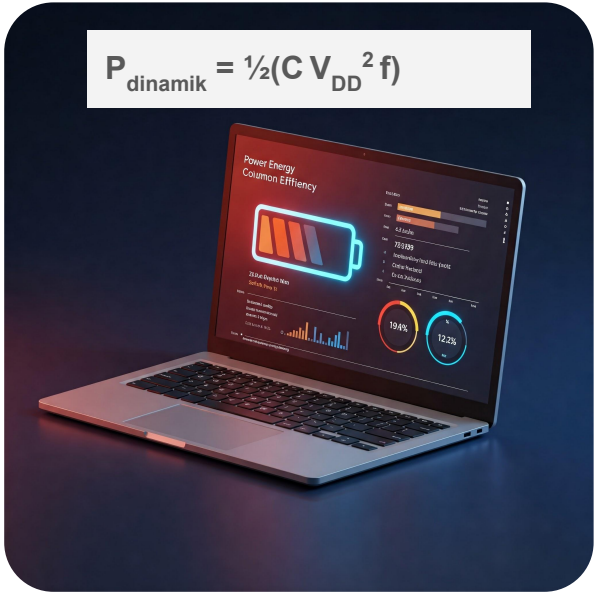
P_{statik} = 19 V × 0.1 A

= 1.9 W

Batarya ömrü = 60 W-hr / 1.9 W

≈ 31.6 saat

Dizüstü Bilgisayar Güç Tüketimi



Aktif kullanımda güç tüketimi:

$P_{dinamik} = (0.5)(50\times10^{-8}F)(19V)^2\ 2.5\times10^{9}Hz$
$\approx 45.1\ W$

Toplam güç tüketimi:

P_{toplam} = İşlemci gücü + Diğer donanımlar
$P_{toplam} = 45.1\ W + 20\ W$
$= 65.1\ W$

Batarya ömrü:

Batarya kapasitesi = 60 W-hr
Batarya ömrü = 60 W-hr / 65.1 W
≈ 0.92 saat (~55 dakika)