

EOB127 Sayısal Elektronik

Maktık Kapıları

Öğr. Gör. Gökhan MANAV

Maktık Kapıları

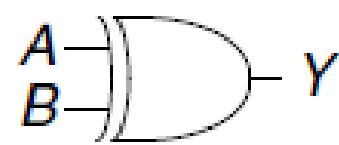
XNOR



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

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

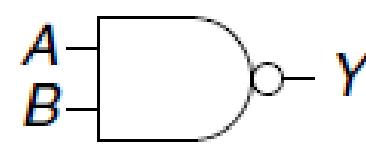
XOR



$$Y = A \oplus B$$

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

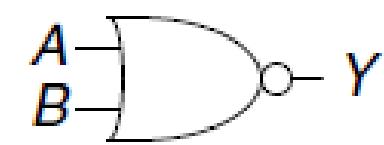
NAND



$$Y = \overline{AB}$$

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

NOR



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

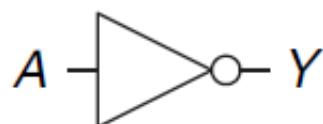
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Maktık Kapıları

* Mantık kapıları bir veya daha fazla sayısal girişe bağlı sayısal çıkış üreten temel sayısal elektronik devreleridir.

DEĞİL

NOT

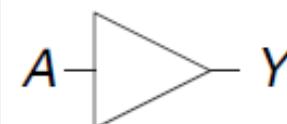


$$Y = \bar{A}$$

A	Y
0	1
1	0

TAMPON

BUF



$$Y = A$$

A	Y
0	0
1	1

VE

AND

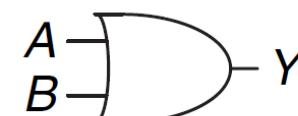


$$Y = AB$$

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

VEYA

OR



$$Y = A + B$$

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

Sayısal Soyutlama

- * Sayısal sistemler ayrık değerli değişkenlerdir. Fakat gerilim gibi sürekli bir nicelikle temsil edilir. Sonuç olarak ayrık değerle sürekli nicelik arasındaki bağlantı ortaya konulmalıdır.
 - * Örneğin; 0V => sayısal 0
5V => sayısal 1
 - * Sistemdeki en düşük gerilimin 0V (GND) olduğu varsayıılır. 1970'ler ve 1980'ler teknolojisindeki kullanılan VDD gerilimi genel olarak 5V'tu.
 - * Teknoloji ilerledikçe VDD güç tasarrufu sağlamak ve transistörlerin aşırı yüklenmesini önlemek için daha da düşüktü (3.3V, 2.5V, 1.8V, 1.5V, 1.2V gibi).
- Problem: 4.97 V muhtemelen sayısal 1 olarka düşünülecektir. Peki bu değer 4.3V veya 2.8V veya 2.5V olursa?**

Çok Girişli Kapılar,

Boolean fonksiyonları birden fazla girişe sahip olabilir

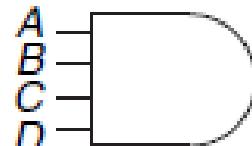
NOR3



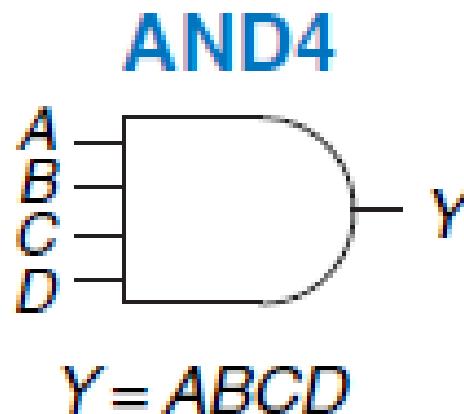
$$Y = \overline{A + B + C}$$

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

AND4



$$Y = ABCD$$

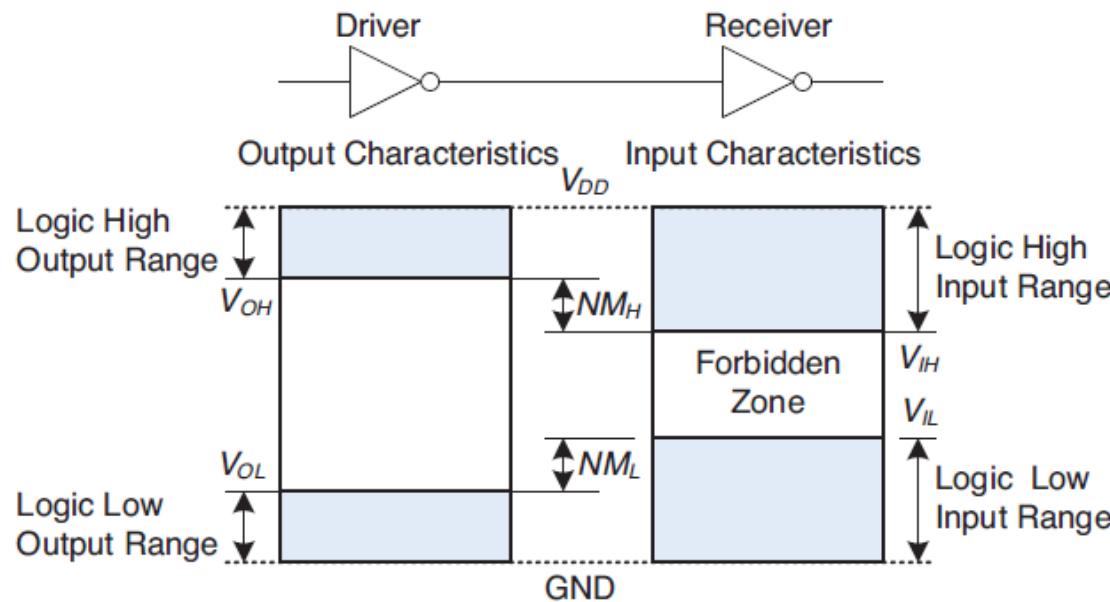


A	C	B	D	Y
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	0	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	0
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	1

Sayısal Gerilim Seviyeleri ve Gürültü Payı

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

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



ÖNEMLİ

- * Gürültü veya hatalı bileşenler gibi herhangi bir nedenden dolayı alıcının girişi V_{IL} ile V_{IH} arasındaki yasak bölgeye düşerse, kapının davranışını tahmin edilemez olur.
- * Gürültü payı, sinyalin geçerli bir giriş olarak yorumlanabilmesi için en kötü durum çıkışına eklenebilecek gürültü miktarıdır.
- * Sürücü çıkışının alıcı girişinde doğru şekilde yorumlanması için $V_{OL} < V_{IL}$ ve $V_{OH} > V_{IH}$ değerlerini seçmeliyiz.

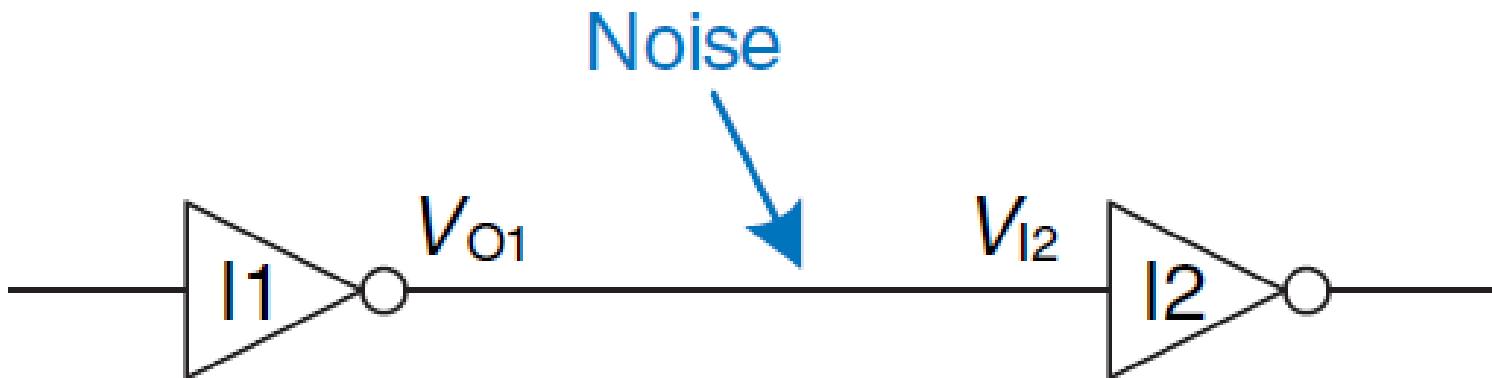


Sekildek DEĞİL-Kapılarını ele alalım. V_{O1} , I_1 'ın çıkış voltajı, V_{I2} ise I_2 'nın giriş voltajıdır. Her iki kapının de özellikleri şu şeklidedir:

$V_{DD} = 5 \text{ V}$,
 $V_{IL} = 1,35 \text{ V}$, $V_{IH} = 3,15 \text{ V}$, $V_{OL} = 0,33 \text{ V}$ ve $V_{OH} = 3,84 \text{ V}$.
DEĞİL-Kapısının düşük ve yüksek gürültü sınırları nelerdir?
Devre, V_{O1} ve V_{I2} arasında 1 V'luk gürültüye dayanabilir mi?

ÖNEMLİ

- * Gürültü veya hatalı bileşenler gibi herhangi bir nedenden dolayı alıcının girişi VIL ile VIH arasındaki yasak bölgeye düşerse, kapının davranışları tahmin edilemez olur.
- * Gürültü payı, sinyalin geçerli bir giriş olarak yorumlanabilmesi için en kötü durum çıkışına eklenebilecek gürültü miktarıdır.
- * Sürücü çıkışının alıcı girişinde doğru şekilde yorumlanması için VOL < VIL ve VOH > VIH değerlerini seçmeliyiz.



Şekildeki DEĞİL-Kapılarını ele alalım. V_{O1} , I1'in çıkış volajı, V_{I2} ise I2'nin giriş volajıdır. Her iki kapınının de özelliklerini şu şekildededir:

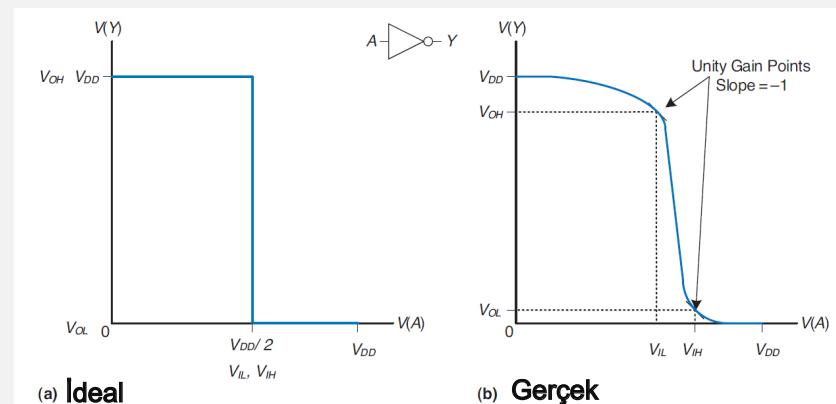
$$VDD = 5 \text{ V},$$

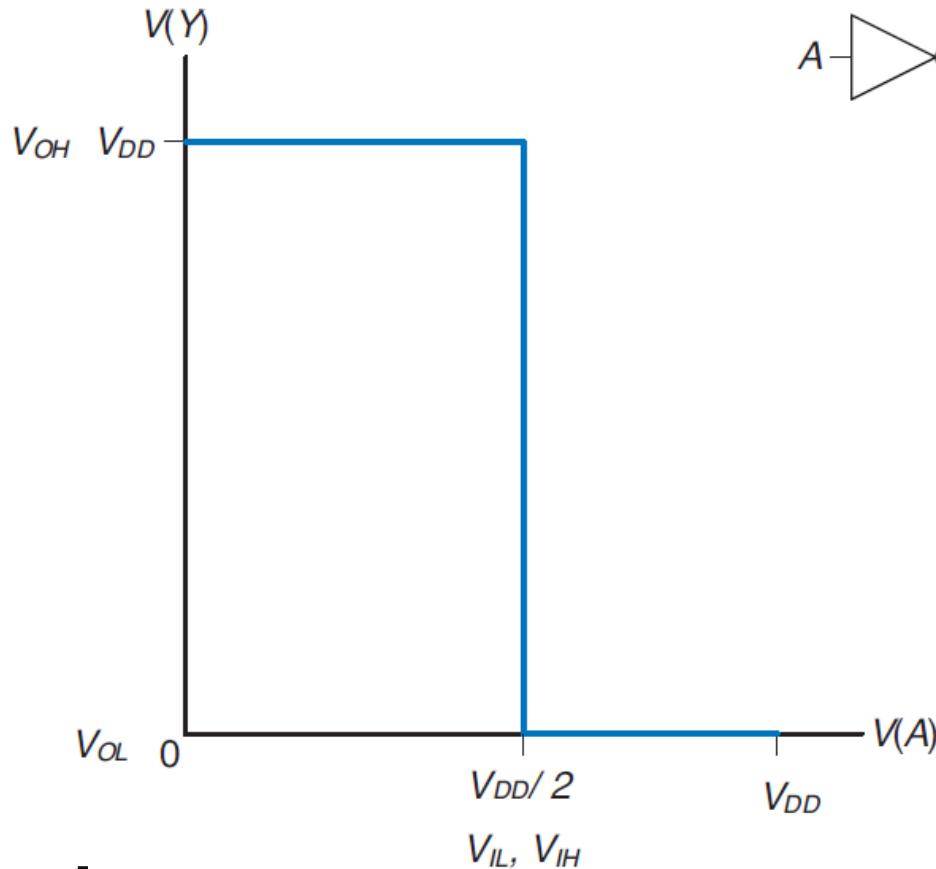
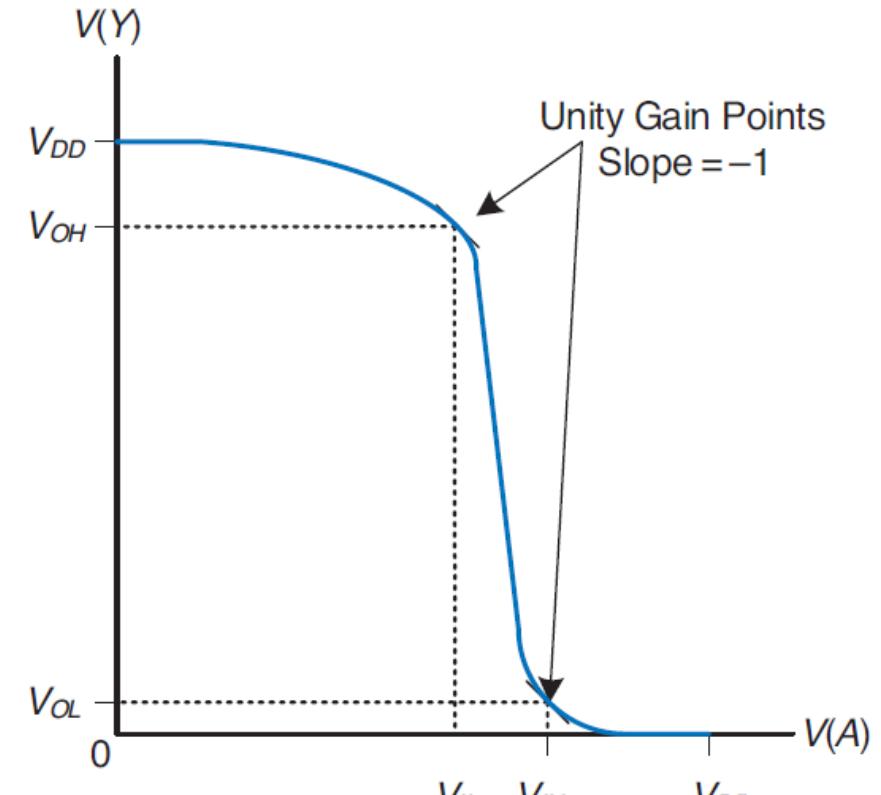
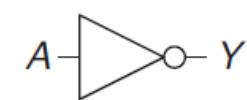
$$VIL = 1,35 \text{ V}, VIH = 3,15 \text{ V}, VOL = 0,33 \text{ V} \text{ ve } VOH = 3,84 \text{ V}.$$

**DEĞİL-Kapısının düşük ve yüksek gürültü sınırları nelerdir?
Devre, V_{O1} ve V_{I2} arasında 1 V'luk gürültüye dayanabilir mi?**

DA Transfer Karakteristikleri

- * Sayısal soyutlamadan sınırlarını anlamak için, bir kapının analog davranışını derinlemesine incelenmesi gereklidir.
- * DA Transfer karakteristikleri, giriş gerilimine bağlı kapının oluşturduğu çıkış çıkış gerilimidir.



(a) **Ideal**(b) **Gerçek**

Sayısal Entegre Aileleri

* 1970'lerden 1990'lara kadar baskın olan dört ana mantık ailesi şunlardır:

- Transistor-Transistor Mantığı (TTL)
- Tamamlayıcı Metal-Oksit-Yarıiletken Mantığı (CMOS)
- Düşük Voltaj TTL Mantığı (LVTTL)
- Düşük Voltaj CMOS Mantığı (LVCMOS)

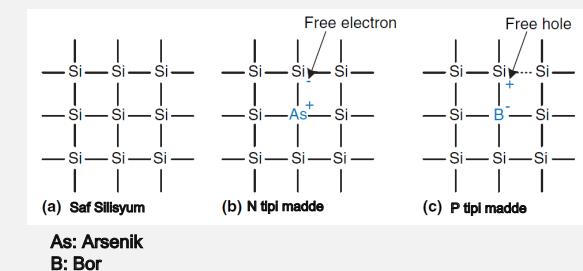
Logic Family	V_{DD}	V_{IL}	V_{IH}	V_{OL}	V_{OH}
TTL	5 (4.75–5.25)	0.8	2.0	0.4	2.4
CMOS	5 (4.5–6)	1.35	3.15	0.33	3.84
LVTTL	3.3 (3–3.6)	0.8	2.0	0.4	2.4
LVCMOS	3.3 (3–3.6)	0.9	1.8	0.36	2.7

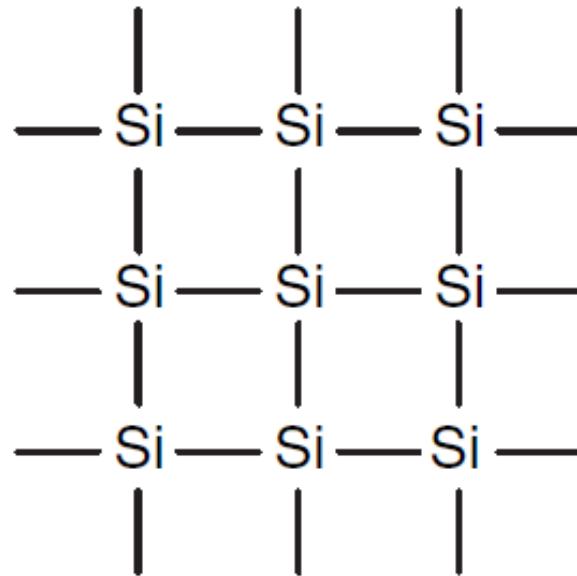
Sayısal Soyutlama - Önemi

- * Soyutlama düzeyini analogdan sayısala yükseltilmesi, gereksiz ayrıntıları gizler ve tasarım verimliliğini artırırlar.
- * Bu nedenle, kapılar mantık ailelerine gruplandırılır; böylece bir mantık ailesindeki tüm kapılar, ailedeki diğer kapılarla birlikte kullanıldığında statik discipline uyar.

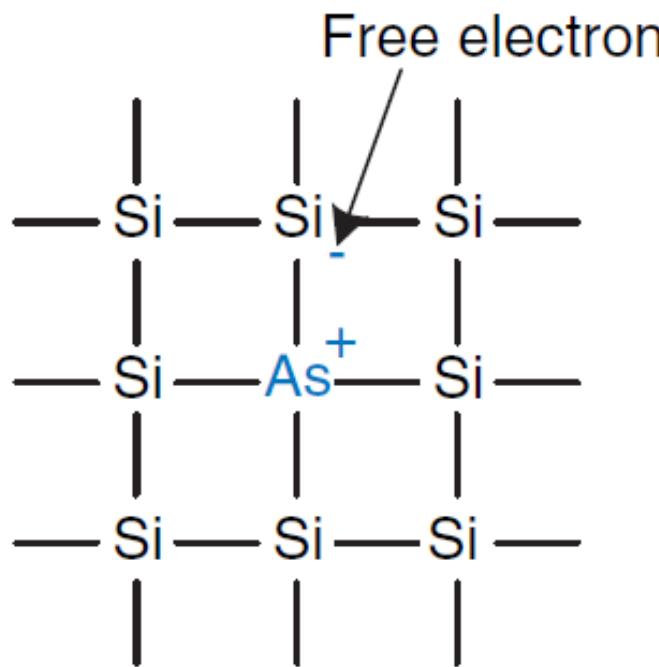
Yarı-İletkenler

- * Transistorler, kaya ve kumdaki baskın atom olan silisyumdan üretilir. Silisyum (Si), IV. grup bir atomdur, bu nedenle değerlik kabuğunda dört elektron bulunur ve dört bitişik atomla kovalent bağ oluşturarak kristal bir kafes oluşturur.
- * Saf silisyum aslında kötü bir iletkendir. Fakat küçük bir katkılandırma sonunda iletkenliği büyük ölçüde değiştirilebilmektedir.

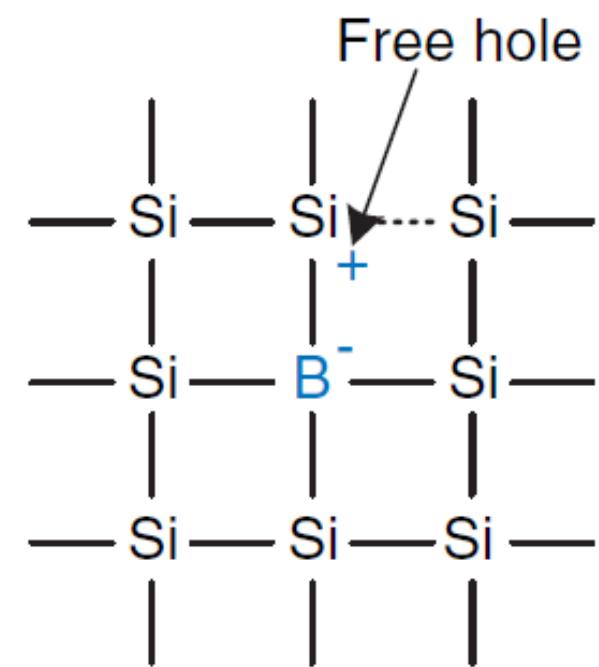




(a) Saf Silisyum



(b) N tipi madde



(c) P tipi madde

As: Arsenik

B: Bor

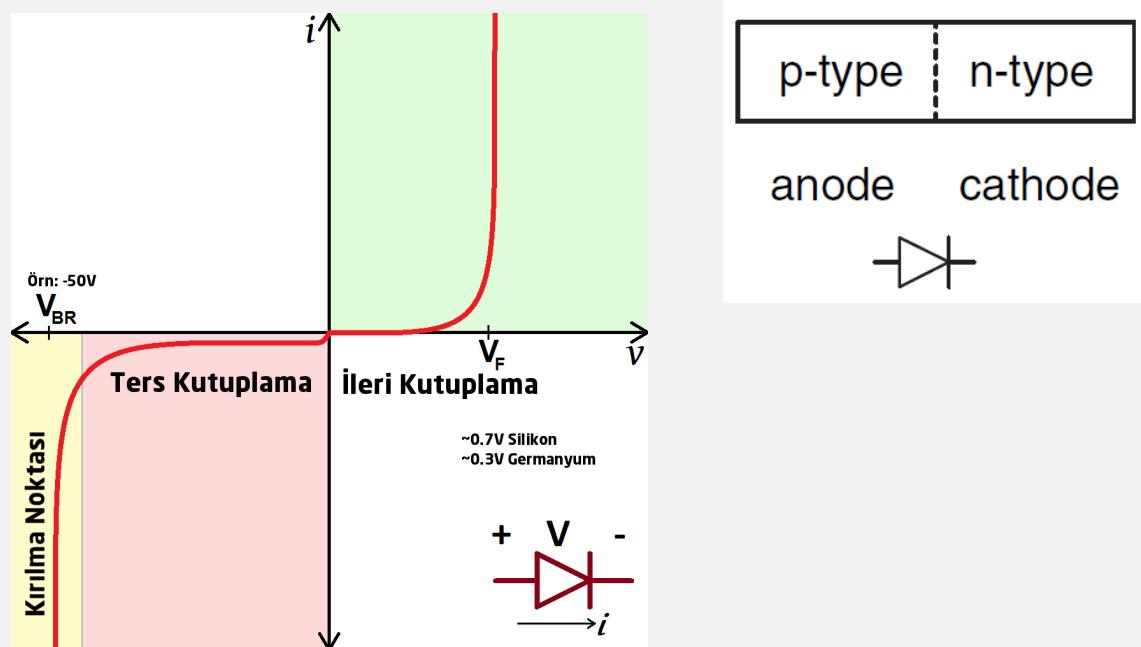
Transistörler

- * Babbage'ın Analitik Motoru dışlilerden inşa edilmişti ve ilk elektrikli bilgisayarlar röleleri veya vakum tüplerini kullanıyordu.
- * Modern bilgisayarlarda ucuz, küçük ve güvenilir olduğu için transistörler kullanılmaktadır.
- * Bu aşamada transistörleri, bir kontrol terminaline gerilim veya akım uygulandığında açılıp kapanan elektrik kontrollü anahtar gibi düşünebilirsiniz.
- * Bipolar Junction Transistor - BJT ve Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistör - MOSFET olmak üzere iki temel transistör türü bulunmaktadır.

Transistörün Anahtar Modunda

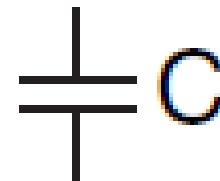
Diyotlar

* p-tipi ve n-tipi silikonun birleştirilmesi ile oluşturulan temel devre elemanına diyot denir.



Kapasiteler

* Kapasite iki iletkenin bir yalıtkanla ayrılması ile elde edilir.



$$C = Q / V$$

C: Kapasite (Farat)

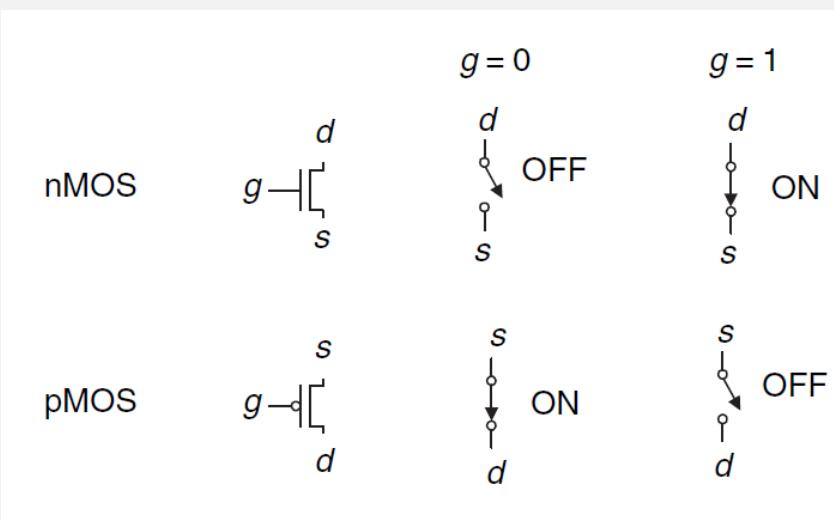
Q: Yük (Coulomb)

V: Gerilim (Volt)

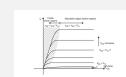
* Kapasite önemlidir çünkü şarj veya deşarj işlemi zaman ve enerji gerektirir. Daha fazla kapasite daha yavaş şarj olacağı ve çalışması için daha fazla enerji gerektireceği anlamına gelir.

Transistörün Anahtar Modunda Kullanılması

* CMOS bizlere iki çeşit elektriksel olarak kontrol edilebilen devre elemanı oluşturma imkanı verir.



ÖNEMLİ

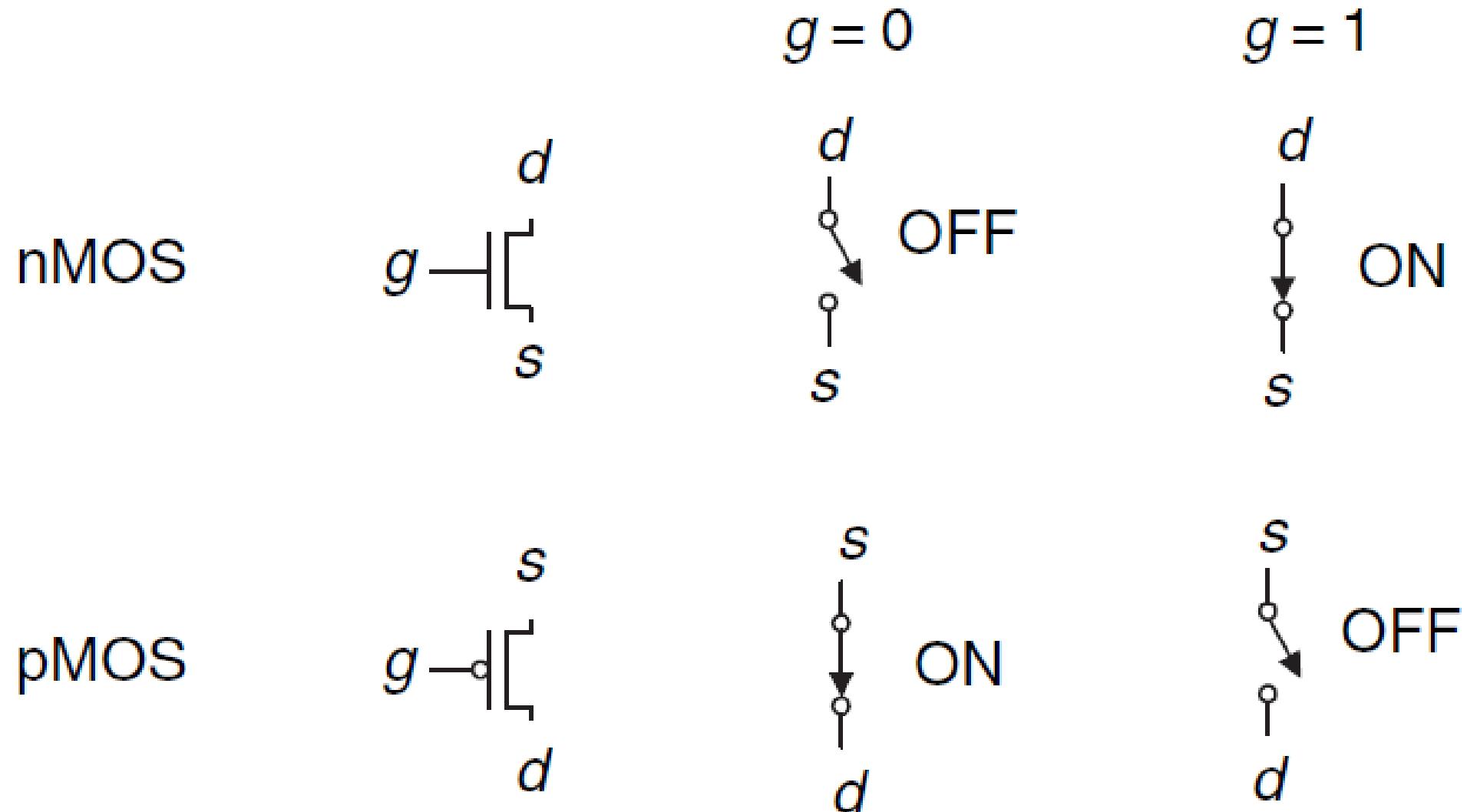


Transistör kelimesi trans-resistör kelimelerinden türetilmiş yapay bir kelimedir. Aslen iki terminali arasındaki direnç kontrol terminalinden kontrol edilir.

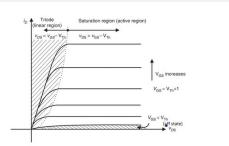
Örneğin nMOS'da gate terminaline source göre daha pozitif gerilim uygularsak n kanal genişler, böylece drain-source arası direnç düşer. Transistör direncinin kontrol edildiği bölgeye aktif bölge denir.

Bu bölgedeki çalışmalar Analog Elektronluğun konusudur.

Sayısal elektronikte ise transistörün doyum durumları (saturation states) olarak bilinen kesim ve iletim halindeki kullanımını ele alınır.



ÖNEMLİ

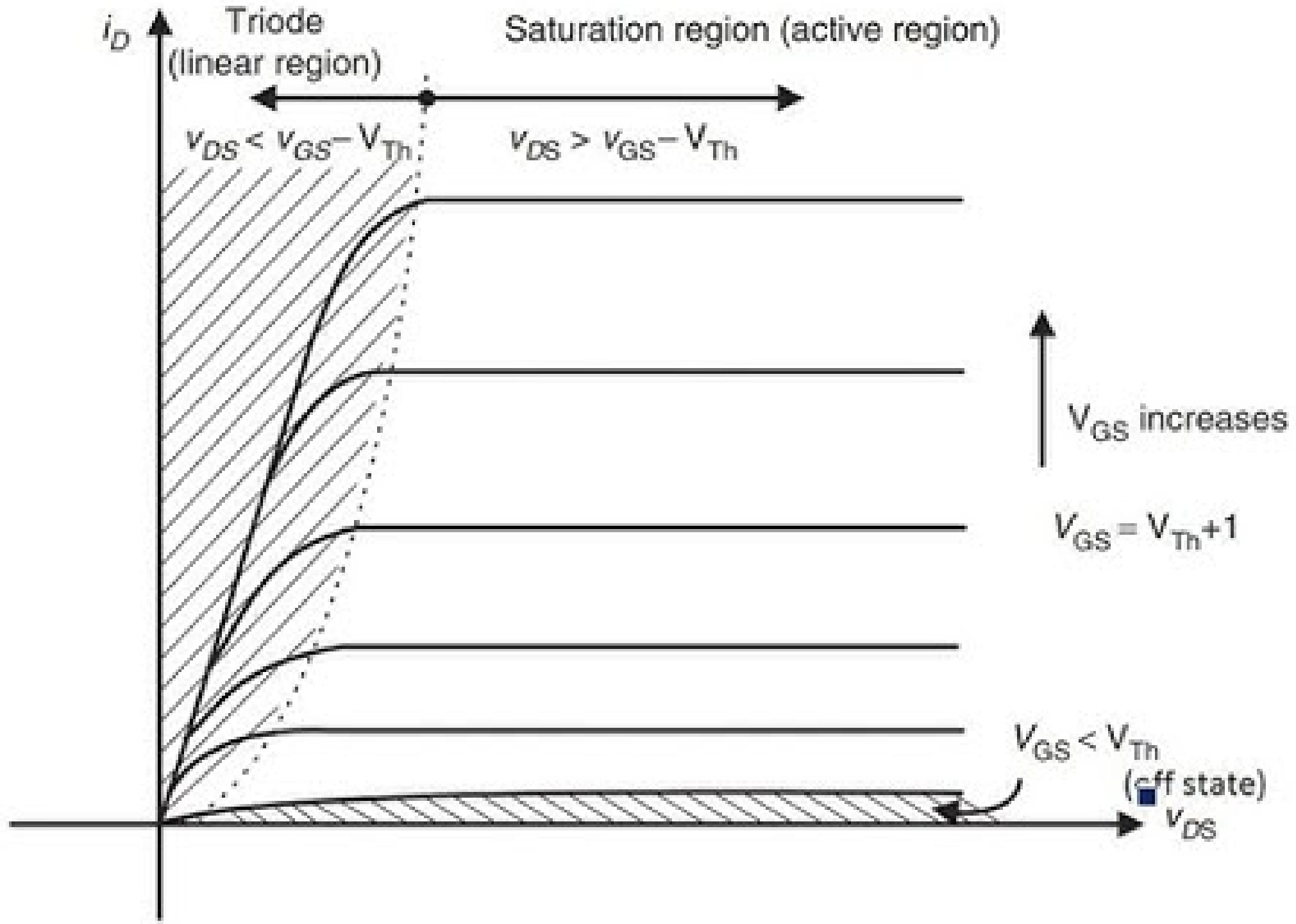


Transistör kelimesi trans-resistör kelimelerinden türetilmiş yapay bir kelimedir. Aslen iki terminali arasındaki direnç kontrol terminalinden kontrol edilir.

Örneğin nMOS'da gate terminaline source göre daha pozitif gerilim uygularsak n kanal genişler, böylece drain-source arası direnç düşer. Transistör direncinin kontrol edildiği bölgeye aktif bölge denir.

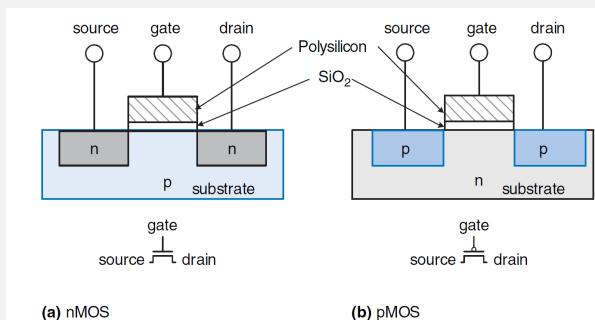
Bu bölgedeki çalışmalar Analog Elektronığın konusudur.

Sayısal elektronikte ise transistörün doyum durumları (saturation states) olarak bilinen kesim ve iletim halindeki kullanımı ele alınır.

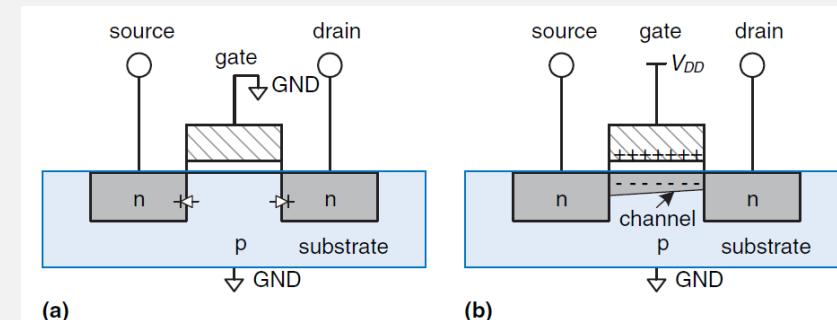


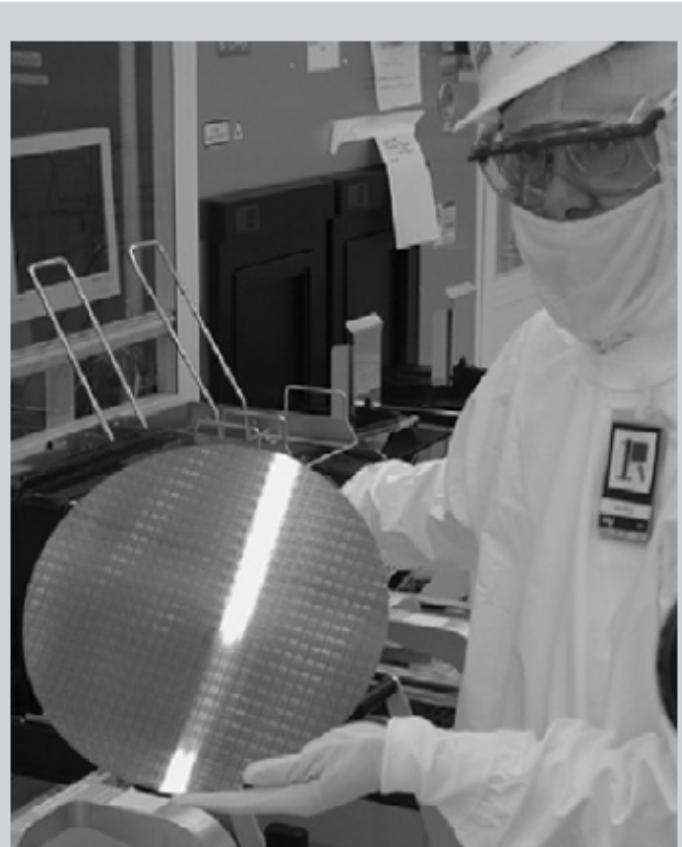
nMOS ve pMOS Transistörler

- * MOSFET, iletken ve yalıtkan malzemelerin birkaç katmanından oluşan bir sandviçtir.
- * MOSFET'ler, yaklaşık 15 ila 30 cm çapındaki ince, düz silikon levhalar (wafer) üzerine inşa edilir.



https://www.youtube.com/watch?v=Bfvyj88Hs_o





Teknisyen üzerinde 100'lerce çip
barındıran 30 cm'lik bir wafer'i
tutuyor.

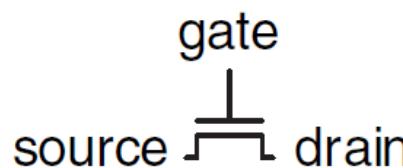
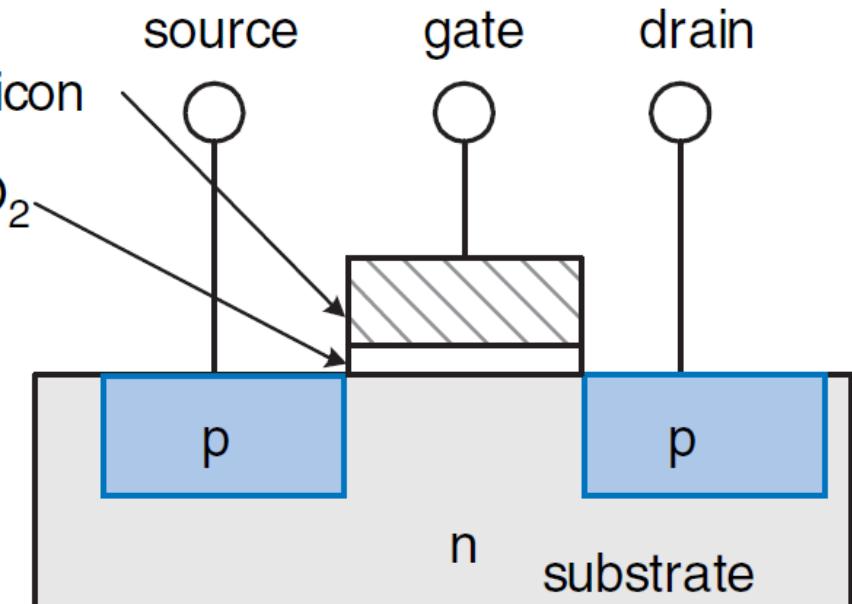
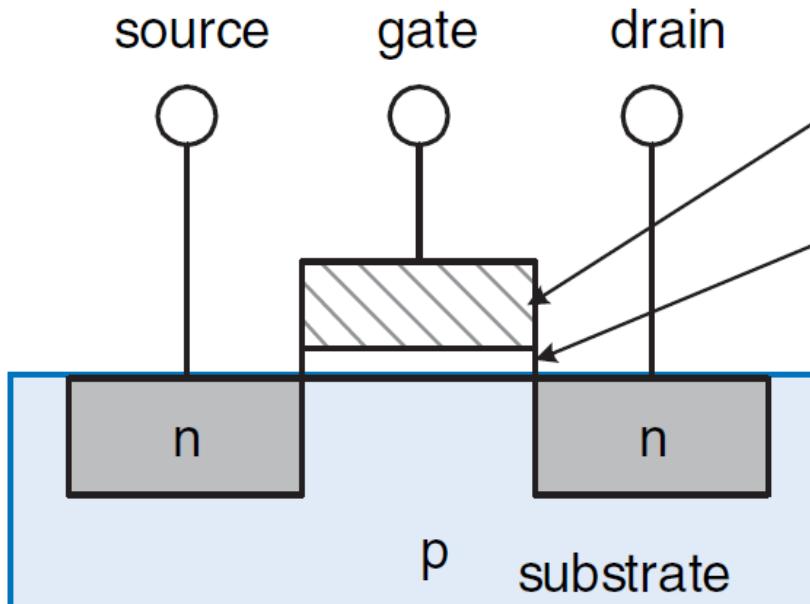
(© 2006, Intel Corporation.
Reproduced by permission).



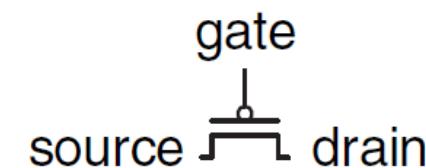
Inteldeki teknisyenler saç, deri
gibi partiküllerin wafer üzerindeki
transitörler üzerine
bulaştırmamak ve kullanılan bazı
kimyasallardan korunmak için
temiz odada Gore-Tex tavşan
kostümü giyorlar.

(© 2006, Intel
Corporation. Reproduced by
permission).

<https://www.youtube.com/watch?v=g8Qav3vIv9s>



(a) nMOS



(b) pMOS

https://www.youtube.com/watch?v=Bfvyj88Hs_o

source drain

gate

GND

n

n

p substrate

↓ GND

(a)

source gate drain

V_{DD}

n

channel

p

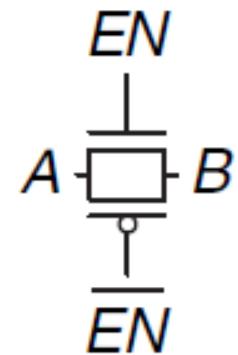
substrate

↓ GND

(b)

İletim Kapıları (Transmission Gates)

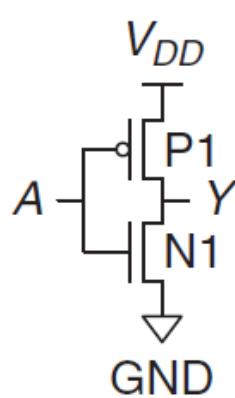
- * nMOS transistörlerin 0'ı, pMOS transistörlerin ise 1'i iyi geçirdiğini hatırlayın; bu nedenle, ikisinin paralel kombinasyonu her iki değeri de iyi geçirir.
- * $EN = 0$ ve $EN = 1$ olduğunda, her iki transistör de KAPALI'dır. Dolayısıyla A ve B bağlı değildir.
- * $EN = 1$ ve $EN = 0$ olduğunda, iletim kapısı AÇIK ve A ile B arasında herhangi bir mantık değeri akabilir.



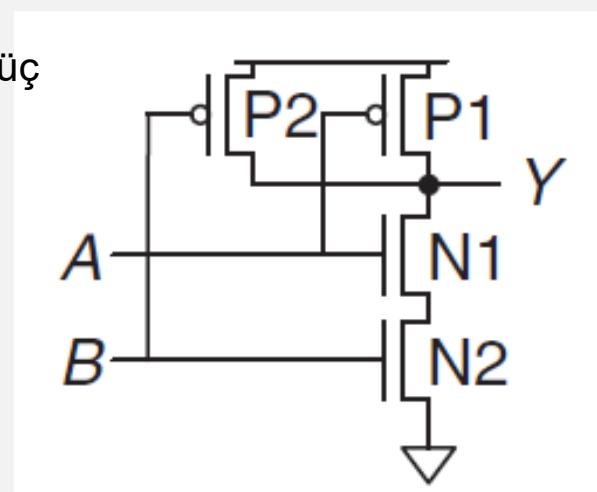
CMOS Kapılar

Önemli

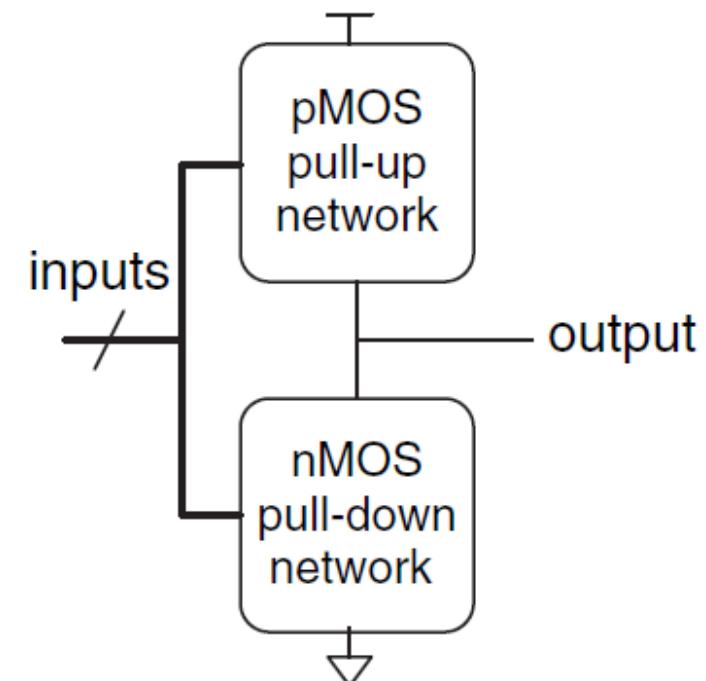
Hem pMOS ve nMOS transistörler gruplarının ikisi de iletişimde olursa kısa devre oluşur. Transistörlerin yasak bölgesinde iken D-S dirençleri kesim durumlarına göre oldukça düşük değerdedir. Bu durum transistörler çalışma durumundan çok daha fazla güç tüketir.

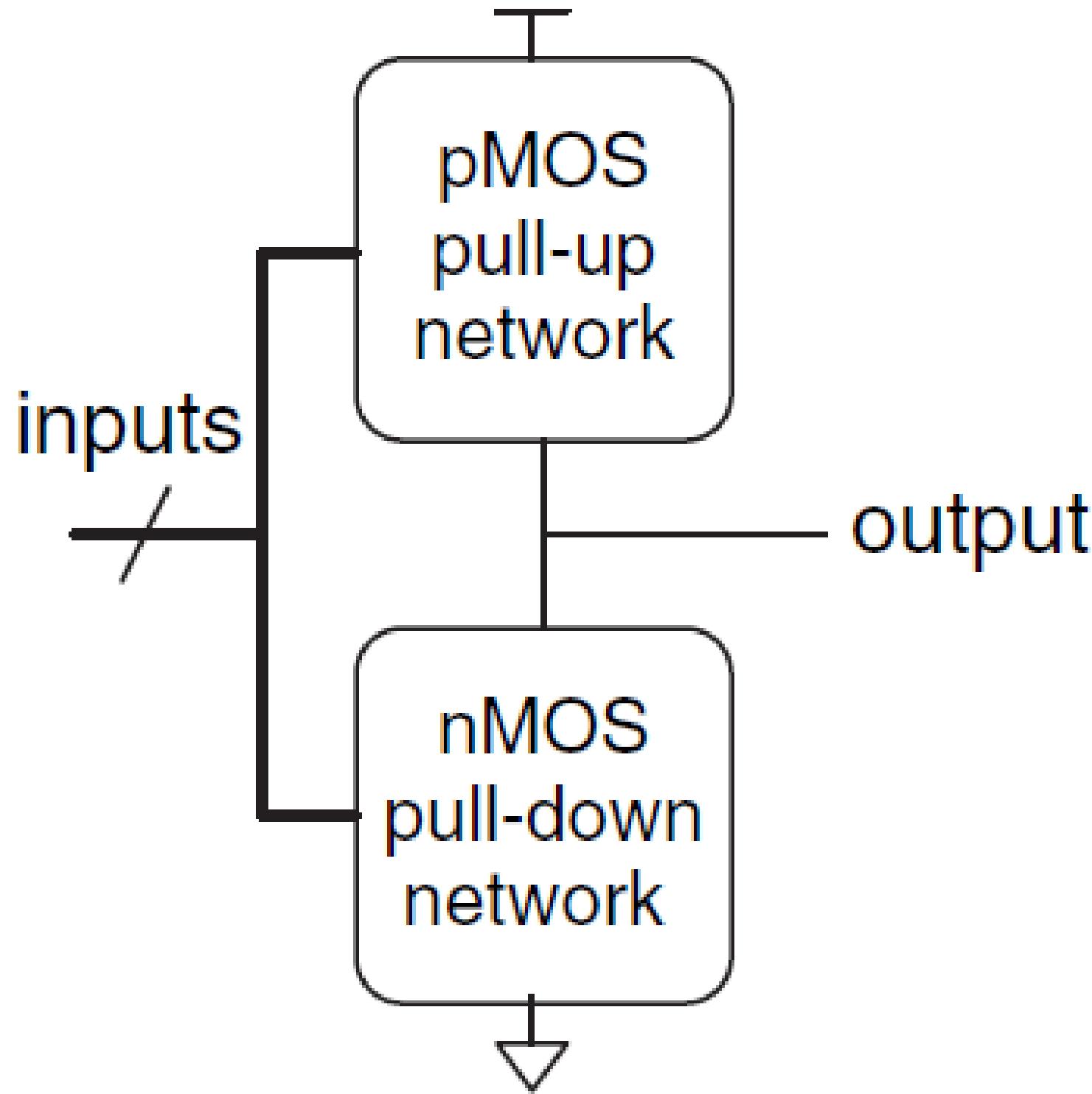


A	B	Pull-Down Network	Pull-Up Network	Y
0	0	OFF	ON	1
0	1	OFF	ON	1
1	0	OFF	ON	1
1	1	ON	OFF	0



İki girişli NOR kapısının transistör bağlantıları nasıl olurdu?





e nMOS

gruplarının ikiside

a kısa devre oluşur.

yasak bölgede

ççeleri kesim

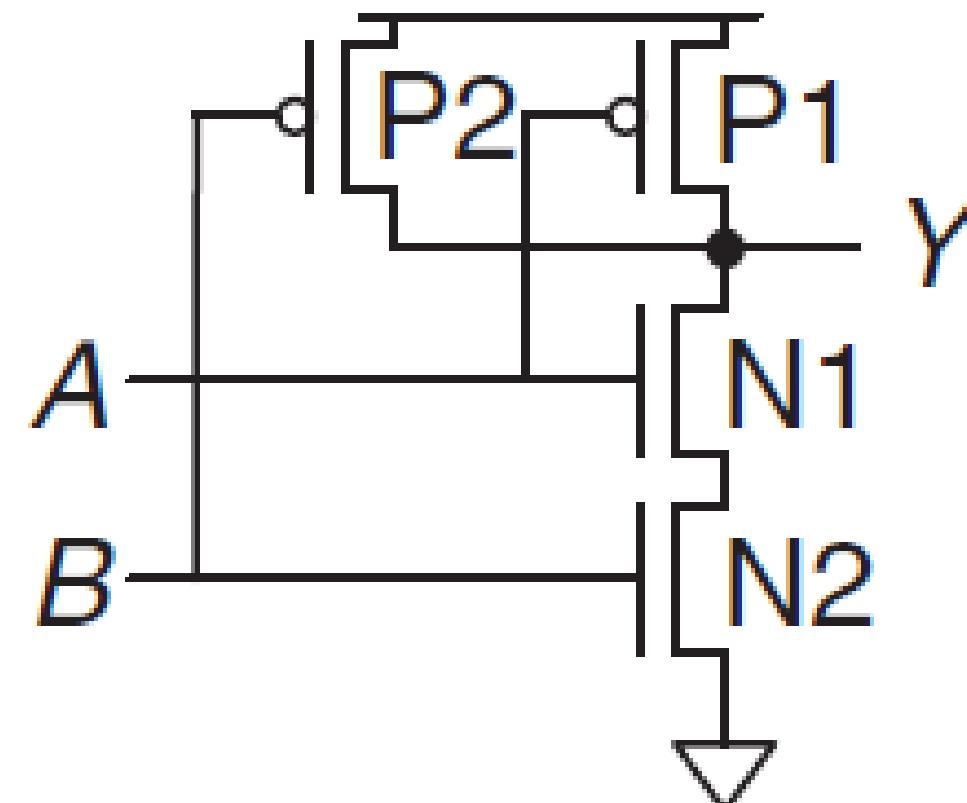
öre oldukça düşük

u durum

alışma

cok daha fazla güç

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



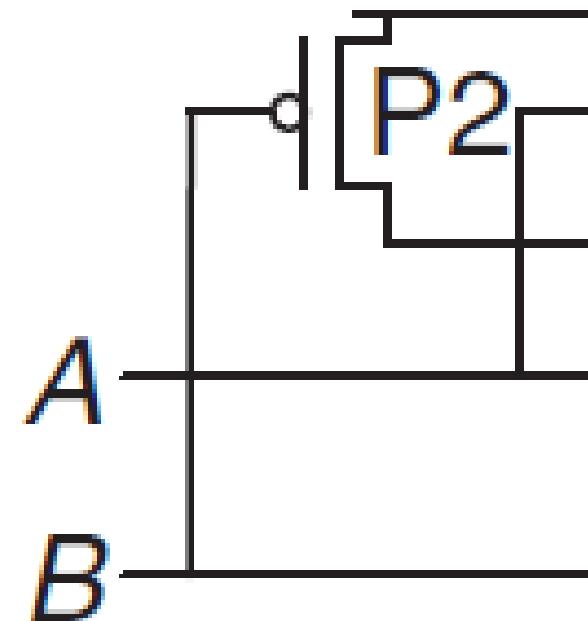
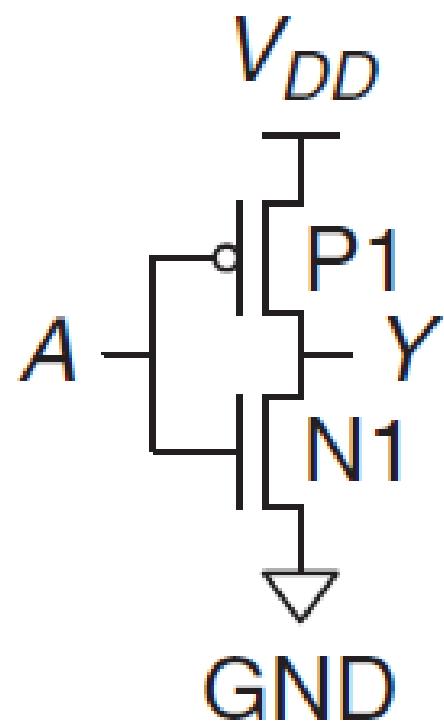
inputs

iki girişli NOR kapısının transistör
bağlantıları nasıl olurdu?

Önemli

Hem pMOS ve nMOS transistörler gruplarının ikiside iletişimde olursa kısa devre oluşur. Transistörlerin yasak bölgede iken D-S dirençleri kesim durumlarına göre oldukça düşük değerdedir. Bu durum transistörler çalışma durumundan çok daha fazla güç tüketir.

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



İki girişli NOR kapısının bağlantıları nasıl olur?

Kaynaklar

***Harris, David Money**
Digital design and computer architecture 2013, 2nd ed.. edition
Harris, Sarah L. (Ed.) Morgan Kaufmann: Waltham, MA

Bir Sonraki Dersimiz Hakkında

- * Önümüzdeki hafta uygulama haftası olacaktır.
- * Uygulama haftasının detaylarını ekampus sistemi üzerinden ulaşabilirsiniz.

*Dersimiz burada bitmiştir
Teşekkürler*