

Yarı İletkenler ve Temel Mantıksal (Lojik) Yapılar

Yarı İletkenler

- **Yarıiletkenler (Semi-conductor):** Elektrik iletkenliği bakımından , iletken ile yalıtkan arasında kalan maddelerdir.
- Normal durumda yalıtkan olan bu maddeler , ısı , ışık , manyetik ya da elektriksel gerilim gibi dış etkiler uygulandığında bir miktar valans elektronları serbest hale geçerek iletkenleşirler.
- Atomun son yörüngesindeki elektronlar “valans elektron” olarak adlandırılırlar. Valans elektronlar maddenin iletken, yalıtkan veya yarıiletken olarak tanımlanmasında etkindirler.
- Uygulanan bu dış etki ya da etkiler ortadan kaldırıldığında yarı iletkenler, yalıtkan hale geri dönerler. Bu özellik elektronikte yoğun olarak kullanılmalarını sağlamıştır.

- En yaygın olarak kullanılan yarı iletkenler germanyum, silisyum ve selenyumdur.
- Mikrobilgisayarlarda kullanılan sayısal devreler de bu maddeler kullanılarak üretilirler.

Yarı iletken maddeler ve kullanım yerleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

ADI	KULLANILMA YERİ
Germanyum (Ge) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Silikon (Si) (Basit eleman)	Diyot, transistör, entegre, devre
Selenyum (Se) (Basit eleman)	Diyot
Bakır oksit (kuproksit) (CuO) (Bileşik eleman)	Diyot
Galliyum Arsenid (Ga As) (Bileşik eleman)	Tünel diyot, laser, fotodiyot, LED
İndiyum Fosfor (In P) (Bileşik eleman)	Diyot, transistör
Kurşun Sülfür (Pb S) (Bileşik eleman)	Güneş pili (Fotosel)

P ve N tipi Yarı İletkenler

- Bor elementinin valans bandında 3 elektronu bulunmaktadır.
- Silisyum elementine bor maddesi enjekte edildiğinde atomların kurduğu kovalent bağlardan bir elektronluk eksiklik kalır.
- Bu eksikliğe **oyuk** adı verilir.
- Bu elektron eksikliği, karışıma pozitif madde özelliği kazandırır.
- **P** tipi maddeye bir gerilim kaynağı bağlandığında kaynağın negatif kutbundaki elektronlar **P** tipi maddedeki oyukları doldurarak kaynağın pozitif kutbuna doğru ilerler.
- Elektronlar pozitif kutba doğru ilerlerken oyuklarda elektronların ters yönünde hareket etmiş olur.
- Bu kaynağın pozitif kutbundan negatif kutbuna doğru bir **oyuk hareketi** sağlar.

P ve N tipi Yarı İletkenler

- Arsenik maddesinin atomlarının valans yörüngelerinde 5 adet elektron bulunur.
- Silisyum ile arsenik maddeleri birleştirildiğinde arsenik ile silisyum atomlarının kurdukları kovalent bağdan arsenik atomunun bir elektronu açıkta kalır.
- Bu sayede birleşimde milyonlarca elektron serbest kalmış olur. Bu da birleşime negatif madde özelliği kazandırır.
- **N** tipi madde bir gerilim kaynağına bağlandığında üzerindeki serbest elektronlar kaynağın negatif kutbundan itilip pozitif kutbundan çekilirler ve gerilim kaynağının negatif kutbundan pozitif kutbuna doğru bir elektron akışı başlar.

P ve N tipi Yarı İletkenler

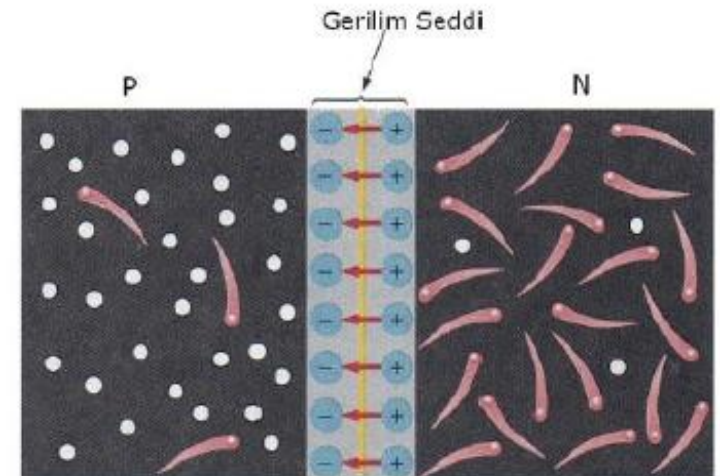
- **N** tipi yarı iletken kristaline gerilim uygulandığında, kristal içerisindeki serbest elektronlar gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme kuvveti ve negatif kutbunun da itme kuvveti etkisiyle kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar.
- Bu arada, kaynağın negatif (-) kutbundan çıkan elektronlar da kristale doğru hareket eder.
- Pozitif elektrik yükü (oyuk) bir elektron gibi hareket etmemektedir. Konuyu basitleştirmek için “hareket eder” denilmektedir.
- Gerilim uygulandığında akım iletimi sağlanmaktadır.

P-N yüzey birleşmesi

Polarmasız P-N Yüzey Birleşmesi:

- **N** tipi kristalin birleşme yüzeyine yakın kısmındaki serbest elektronlar, **P** tipi kristaldeki pozitif (+) elektrik yüklü atomların, çekme kuvveti etkisiyle birleşme yüzeyini geçerek bu yüzeye yakın atomlardaki elektron boşluklarını doldurur ve kovalent bağ kurarak P kristali içerisinde nötr bir bölge oluşturur.
- **N** tipi kristalin belirli bir bölümündeki elektronların tamamı **P** tipi kristale geçtiğinden, **N** tarafında da nötr bir bölge oluşur. **P** kristali nötr bölgesinin gerisinde kalan pozitif elektrik yüklü atomların çekme kuvveti, **N** tipi kristalin nötr bölgesinin öbür tarafında kalmış olan elektronları çekmeye yetmeyeceğinden belirli bir geçişten sonra elektron akışı duracaktır.
- Sonuçta, birleşme yüzeyinin (junction) iki tarafında hareketli elektriksel yükü bulunmayan bir boşluk bölgesi oluşur.

Bkz. [Kaynak 1]



P-N yüzey birleşmesi

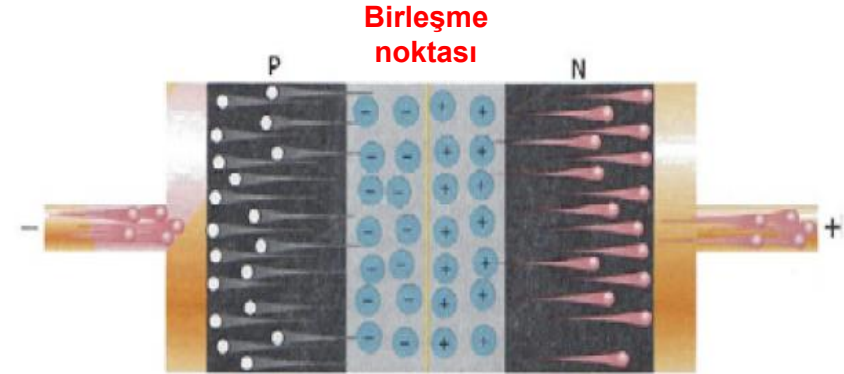
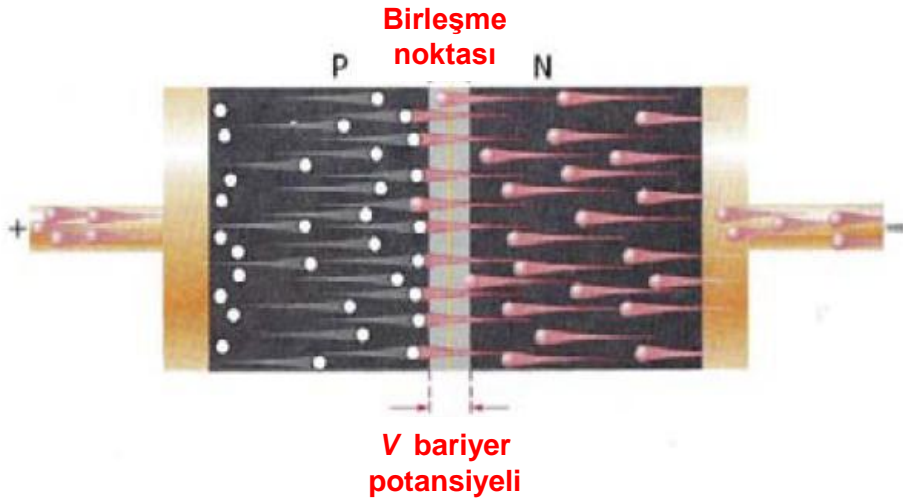
Polarmalı P-N Yüzey Birleşmesi:

- Gerilim uygulanmış olan diyoda, **polarmalı diyot** denir. Yapılan işleme de, diyodun polarılması denir.
- Gerilim kaynağının "+" ve "-" kutuplarının bağlanmasıdır. Gerilim kaynağının bağlanış şekline göre polarma şu iki şekilde olur:

Doğru polarma

ve

Ters polarma.



Bkz. [Kaynak 1]

P-N yüzey birleşmesi

Polarmalı P-N Yüzey Birleşmesi:

Doğru Polarma:

- Gerilim kaynağının akım akıtacak yönde bağlanmasına, doğru polarma denir.
- Doğru polarmada, gerilim kaynağının pozitif (+) kutbu, diyodun anoduna (**P** bölgesi), negatif (-) kutbu, diyodun katoduna (**N** bölgesi) bağlanır.
- Diyodun uçları arasındaki gerilim için de "**polarma**" veya "**polarizasyon**" gerilimi deyimleri kullanılır.

Doğru yönde polarılmış diyotta, **N** bölgesindeki serbest elektronlar, gerilim kaynağının negatif kutbu tarafından itilir, pozitif kutbu tarafından çekilir.

- Benzer şekilde, **P** bölgesi pozitif elektrik yükleri de kaynağın pozitif kutbu tarafından itilir, negatif (-) kutbu tarafından çekilir. Bu sırada, pozitif elektrik yüklerinin ters yönde hareket eden elektronlar da, **P** bölgesinden çıkarak kaynağın pozitif (+) kutbuna doğru akar.
- **P** bölgesinden kaynağa giden her elektrona karşılık, kaynağın negatif kutbundan çıkan bir elektron da **N** bölgesine gelir.

Böylece devrede bir akım doğar.

Bkz. [Kaynak 1]

P-N yüzey birleşmesi

Polarmalı P-N Yüzey Birleşmesi:

Ters Polarma:

- Gerilim kaynağının negatif (-) ucu, diyodun anoduna (**P** tarafına) yani “+” ucuna; gerilim kaynağının pozitif (+) ucu ise diyodun katot (**N**) yani “-” ucuna gelecek şekilde bağlantı yapılırsa diyot çok büyük bir direnç gösterecek ve akım akışına engel olacaktır.
- Bu durumda, çok küçük bir **kaçak akım** akar. Bu hâlde diyot ters polarmalıdır veya ters bağlantılıdır denir. Büyük direnç yönüne de diyodun ters yönü adı verilmektedir.

Bkz. [Kaynak 1]

Yarıiletkenler ve Diod Karakteristikleri

ÖZETLEYECEK olursak;

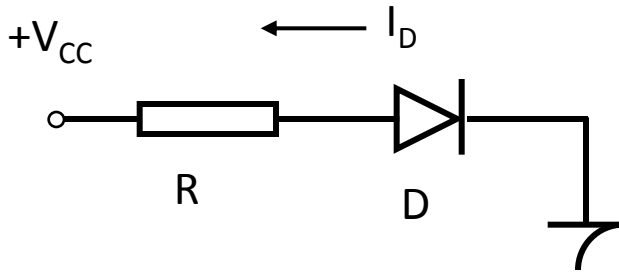
- Yarıiletken materyaller 4 adet valans elektrona sahiptir. Elektronik endüstrisinde yarıiletken devre elemanlarının üretiminde silisyum ve germanyum elementleri kullanılır.
- Silisyum veya germanyum elementlerine katkı maddeleri eklenerek P ve N tipi maddeler oluşturulur. **P** ve **N** tipi maddeler ise elektronik devre elemanlarının üretiminde kullanılırlar.
- **P** ve **N** tipi maddelerin birleşimi diyot'u oluşturur. Birleşim işlemi bir noktada yapılabilirdiği gibi yüzey boyunca da yapılabilir. Bu nedenle diyotlar genellikle yüzey birleşimli veya nokta temaslı olarak imal edilirler. Her iki tip diyot'unda temel özellikleri aynıdır.
- Diyot elektronik endüstrisinin en temel devre elemanlarından biridir. İki adet terminale sahiptir. **N** tipi maddeden oluşan terminale **Katot**, **P** tipi maddeden oluşan terminale **Anot** ismi verilir.
- Diyot iki temel çalışma biçimine sahiptir. Bunlar İletim ve kesim modunda çalışır.

Yarıiletkenler ve Diod Karakteristikleri

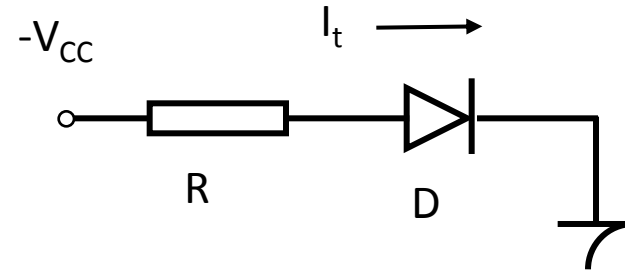
- Diyot'un anoduna; kataduna nazaran daha pozitif bir gerilim uygulanırsa diyot iletim bölgesinde çalışır ve iletkenidir. Diyot'un anoduna; kataduna nazaran daha negatif bir gerilim uygulanırsa diyot kesim bölgesinde çalışır yalıtkandır.
- İletim bölgesinde çalışan bir diyot üzerinde bir miktar gerilim düşümü oluşur. Bu gerilime "**diyot öngerilimi**" denir. Diyot öngerilimi silisyum bir diyot üzerinde yaklaşık 0.7V, Germanyum bir diyot üzerinde ise yaklaşık 0.3V civarındadır.
- Diyot öngerilimi bir miktar diyot'un çalışma ortamı ısısına bağlıdır. Diyot öngerilimi 10 °C sıcaklık artmasına karşın yaklaşık 2.3mV azalır.
- Kesim bölgesinde çalışan bir diyot, pratik olarak açık devre (direnci sonsuz) değildir. Üzerinden çok küçük bir miktar akım akar. Bu akıma "sızıntı akımı" denir. Bu değer nA (nanoAmper) ile μ A (mikroAmper) mertebesinde.
- Sızıntı akım değeri germanyum diyotlarda silisyum diyotlardan bir miktar daha fazladır. Sızıntı akımı diyot'un çalışma ısısından etkilenir. Örneğin her 100 °C sıcaklık artışında sızıntı akımı yaklaşık iki kat olur.
- Analog veya sayısal bir ohmmetre (ölçüm cihazı) kullanılarak diyotların sağlamlık testi yapılabilir. Test işlemi sonucunda ayrıca diyot'un anot ve katot terminalleri belirlenebilir.

Anahtarlama Devrelerinde Kullanılan Diyot Karakteristikleri

Diod (diyot) bir yönde akım geçiren, diğer yönde akım geçirmeyen elektronik devre elemanıdır.

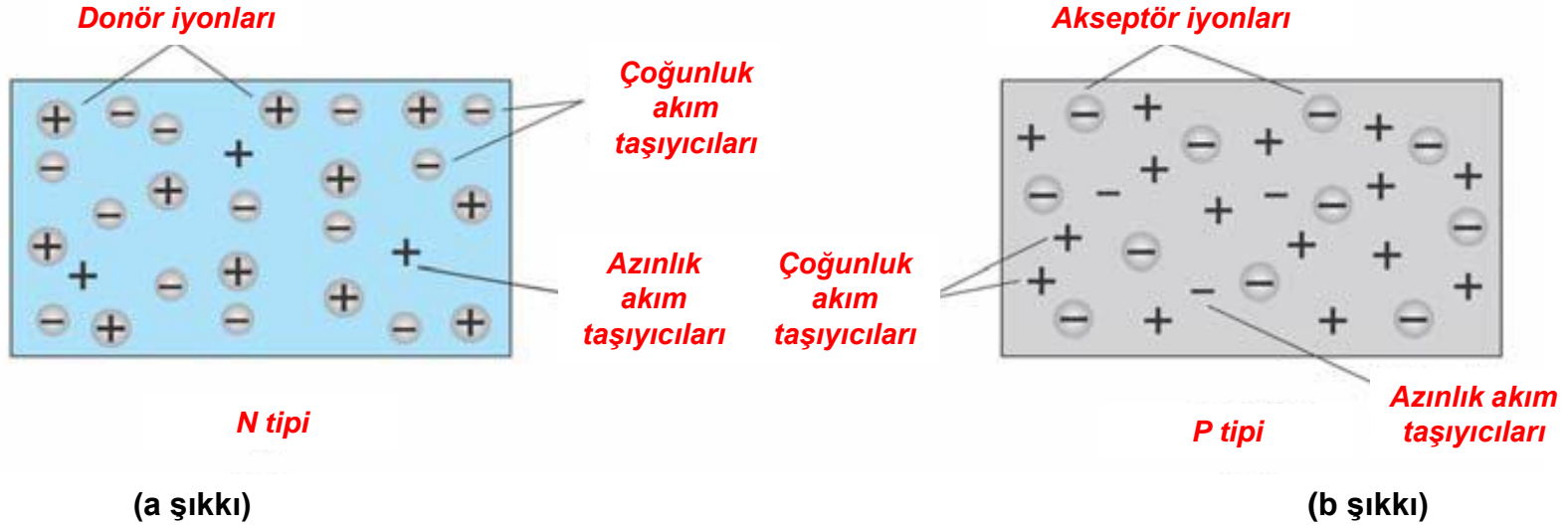


Doğru polarma'da (kutuplanmada) olan Diod



Ters polarma'da (kutuplanmada) olan Diod

Anahtarlama Devrelerinde Kullanılan Diyot Karakteristikleri



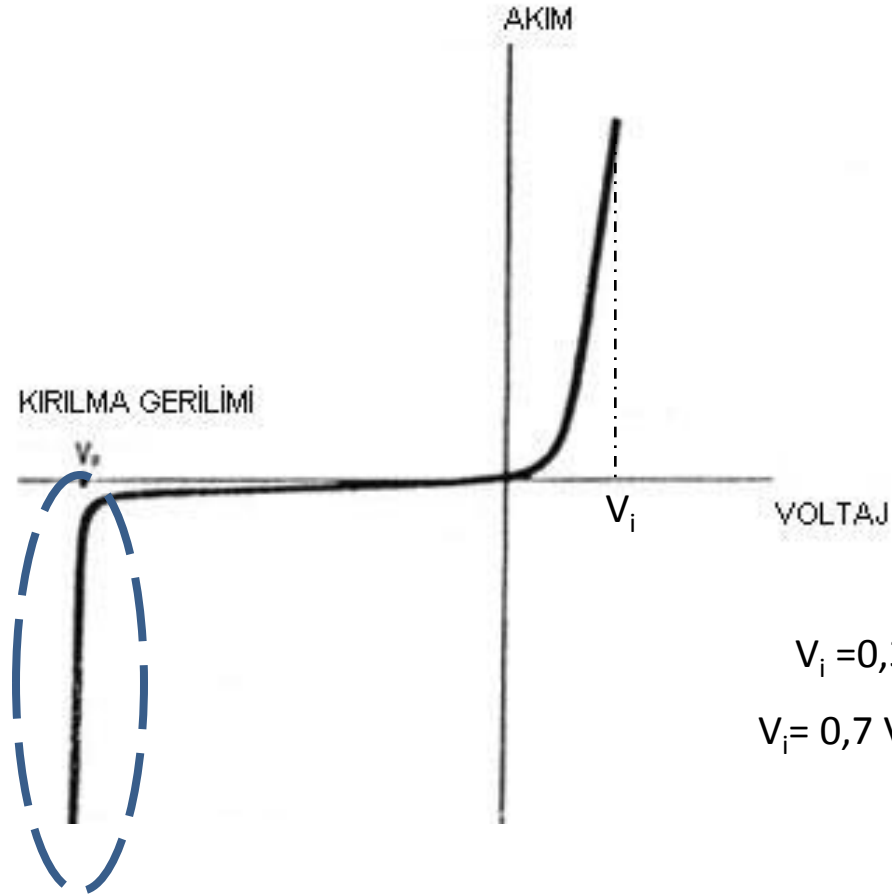
N tipi yarıiletken yapıda, yapıya katılan ve elektron vererek pozitif yüklenen katkılama atomları "Donör İyonları" olarak tanımlanır. Bu yapıda çoğunluk akım taşıyıcıları elektronlar, azınlık akım taşıyıcıları ise oyuklardır.

P tipi yarıiletken yapıda, yapıya katılan ve elektron alan katkılama atomları "Akseptör İyonları" olarak tanımlanır. Bu yapıda çoğunluk akım taşıyıcıları oyuklar, azınlık akım taşıyıcıları ise elektronlardır.

Zener Bölgesi

- Zener bölgesi, diyodun ters yöndeki bölgesindedir. Bu noktada uygulanan ters yön geriliminin etkisiyle azınlık taşıyıcıların hareketliliği artıp, diğer atomlara çarparak yeni taşıyıcıların açığa çıkmasına sebep olur.
- Bu etki “**çığ etkisi**” olarak tanımlanır. Bu noktadan sonra diyot ters yönlü olarak da akım geçirmeye başlar.
- Bu maksimum ters yönlü gerilim “**kırılma gerilimi**” olarak tanımlanır.

Tipik Diyot Karakteristiği

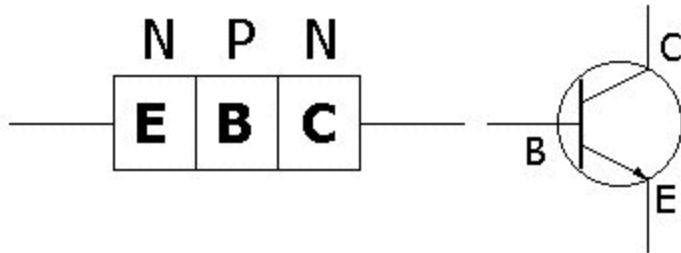


$V_i = 0,3$ Volt Silisyum Diyot İçin

$V_i = 0,7$ Volt Germanyum Diyot İçin

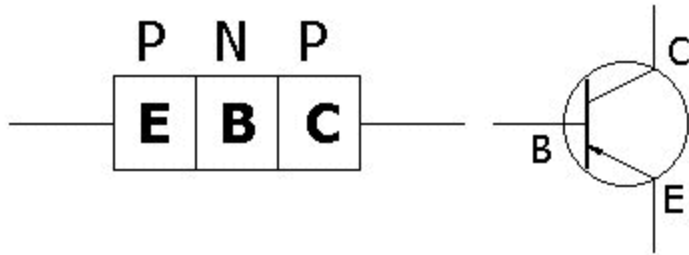
Zener bölgesi mavi tırtıklı daire ile gösterilmiştir.

Anahtarlamada Kullanılan Transistör Karakteristiği



Emetör bölgesi (Yayıcı): Akım taşıyıcıların harekete başladığı bölge.

Beyz (Base) bölgesi (Taban): Transistörün çalışmasını etkileyen bölge.

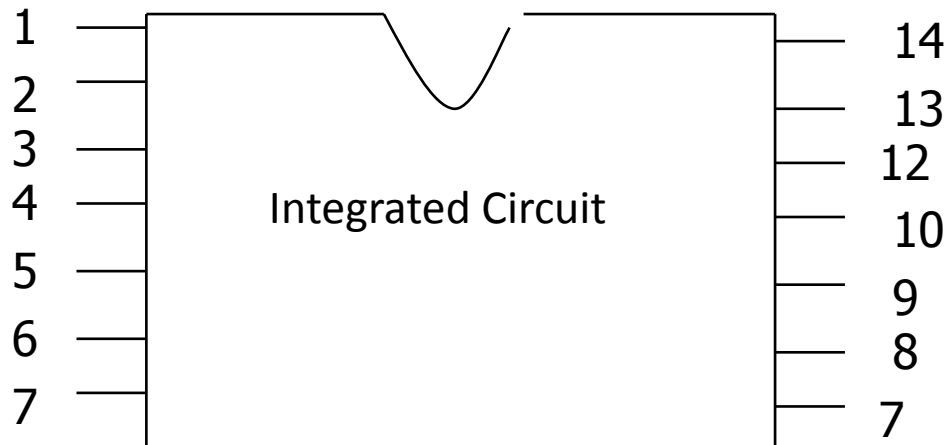


Kollektör bölgesi (Toplayıcı): Akım taşıyıcıların toplandığı bölge.

Transistör, beyzine uygulanan sinyal ile kollektör-emitör birleşiminden geçen akımı kontrol eden elektronik devre elemanıdır.

Entegre Devreler

Bir çok elektronik devre elemanının birleşmesiyle oluşan yeni yapıya entegre devre denir.



Temel Mantıksal(Lojik) Yapılar

Boolean Matematiği

Bu matematik, mantık ilkelerinin elektrik anahtarlama devrelerine uygulanışını açıklar.

Bu cebir ile iki zıt durumdaki ifade gösterilebilir. 2 olasılık vardır; Doğru veya Yanlış

Temel İşlemler

3 temel işlem söz konusudur. Bunlar;

- VE (AND)
- VEYA (OR)
- DEĞİL (NOT)

Bu üç işlem biraraya gelerek 5 yeni işlem ortaya çıkar. Bunlar;

- VE DEĞİL (NAND)
- VEYA DEĞİL (NOR)
- VE/VEYA (AND-OR)
- ÖZEL VEYA (EXCLUSIVE OR-EXOR)
- ÖZEL VEYA DEĞİL (EXNOR)

Boolean Kuralları

1	$A = 0$ ise $\overline{A} = 1$ (veya tersi)
2	$0.0 = 0$; $1+1 = 1$; $0+0 = 0$; $1.1 = 1$
3	$1.0=0.1=0$; $0+1=1+0=1$
4	Değişme Kanunu $A+B = B+A$ $A.B = B.A$
5	Birleşim Kanunu a) $(A+B)+C = A+(B+C)$ b) $(A.B).C = A.(B.C)$
6	Dağılma Kanunu a) $A.(B+C) = A.B+A.C$ b) $A+(B.C) = (A+B).(A+C)$

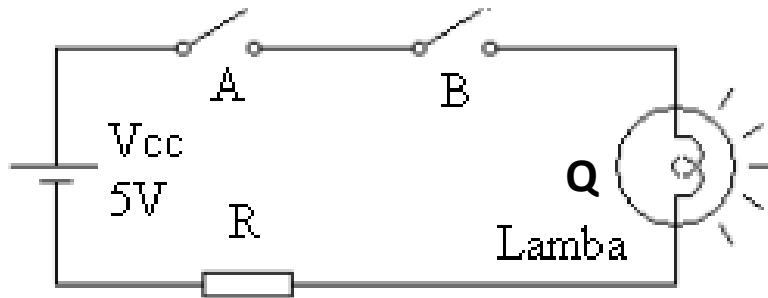
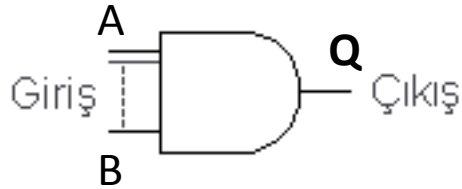
7	a) $A+A=A$ b) $A.A=A$
8	$\overline{\overline{A}} = A$
9	a) $A+A.B=A$ b) $A.(A+B)=A$
10	a) $0+A=A$ b) $1.A=A$ c) $1+A=1$ d) $0.A=0$
11	a) $\overline{A}+A=1$ b) $\overline{A}.A=0$
12	a) $A+\overline{A}.B=A+B$ b) $A.(\overline{A}+B)=A.B$
13	DeMorgan Kanunu a) $\overline{A+B} = \overline{A} \overline{B}$ b) $\overline{A.B} = \overline{A} + \overline{B}$

Lojik Kapılar

Mikrobilgisayar sistemlerinde kullanılan lojik (mantıksal) kapılar:

- Ve (AND)
- Veya (OR)
- Değil (Inverter)
- Ve Değil (NAND)
- Veya Değil (NOR)
- Özel Veya (EXOR)
- Özel Veya Değil (EXNOR)
- Tampon (buffer) Kapısı'dır.

Ve (AND) Kapısı

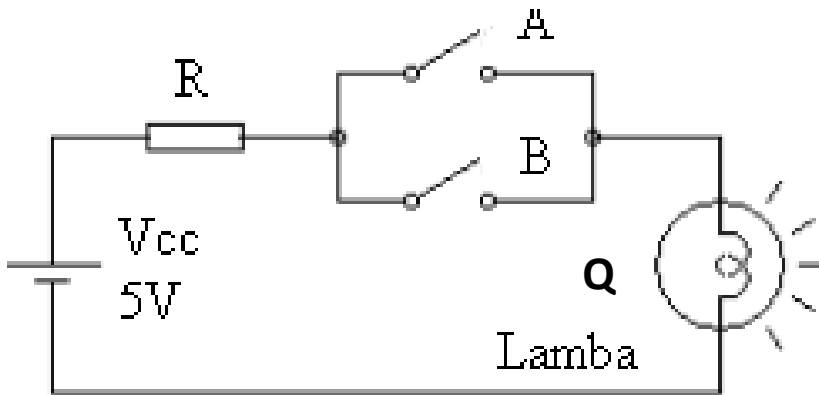
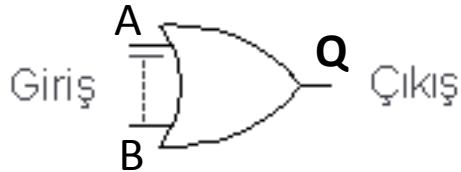


$$Q = A * B$$

Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	0 (Lamba yanmaz)
0	1	0 (Lamba yanmaz)
1	0	0 (Lamba yanmaz)
1	1	1 (Lamba yanar)

Veya (OR) Kapısı

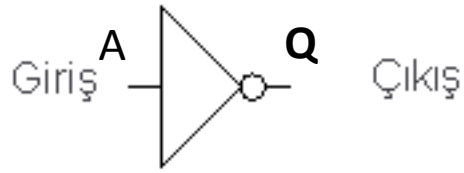


$$Q=A+B$$

Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	0 (Lamba yanmaz)
0	1	1 (Lamba yanar)
1	0	1 (Lamba yanar)
1	1	1 (Lamba yanar)

Değil (NOT) Kapısı



Doğruluk Tablosu

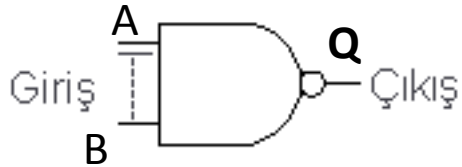
A	Q
0	1
1	0

$$B=A'$$

Her iki gösterim de doğrudur.

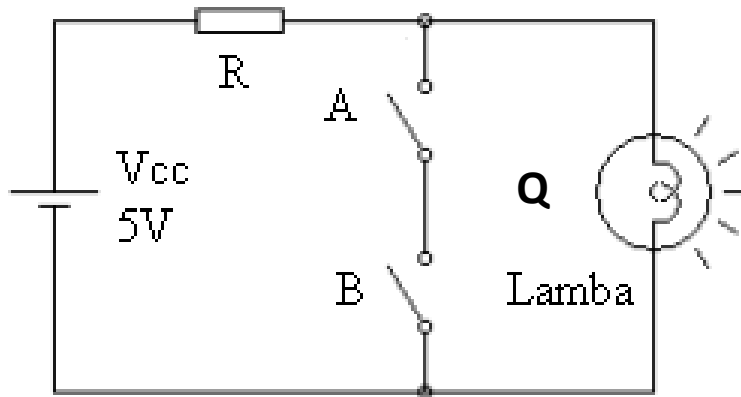
$$B=\overline{A}$$

Ve Değil (NAND) Kapısı



Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

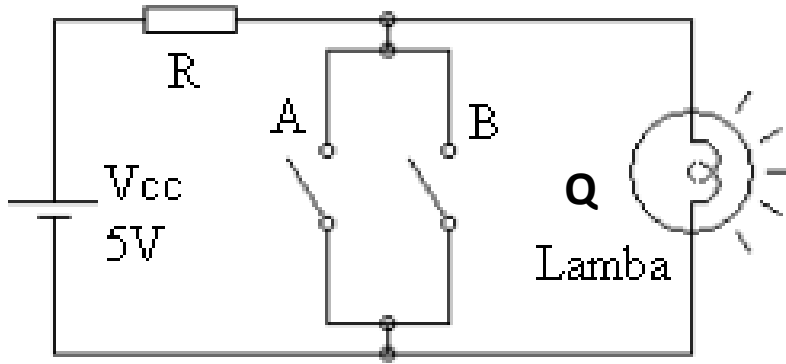
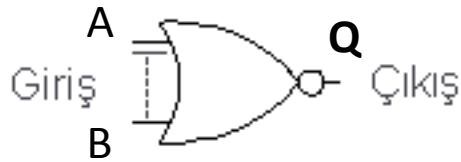


Her iki gösterim de doğrudur.

$$Q = (A.B)'$$

$$Q = \overline{A.B}$$

Veya Değil (NOR) Kapısı



Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Her iki gösterim de doğrudur.

$$Q = (A + B)'$$

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

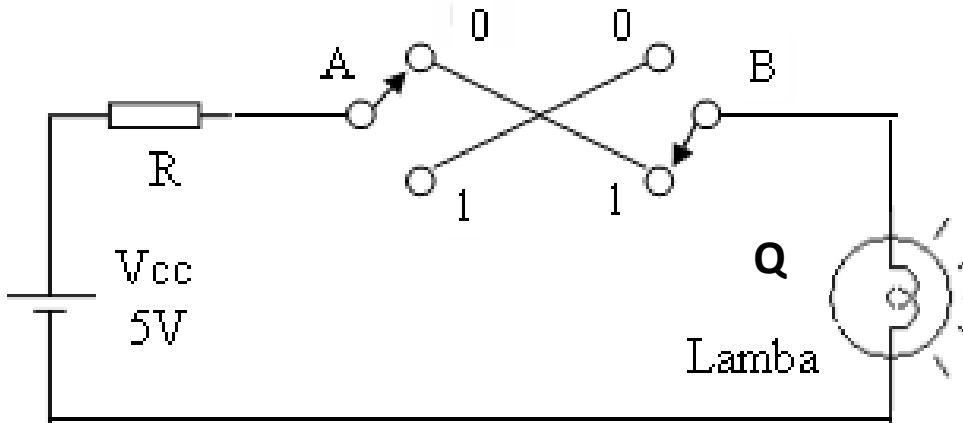
Özel Veya (EXOR) Kapısı



Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Not: Buna XOR ismi de verilmektedir.
Exclusive Or sembolü şöyledir: \oplus

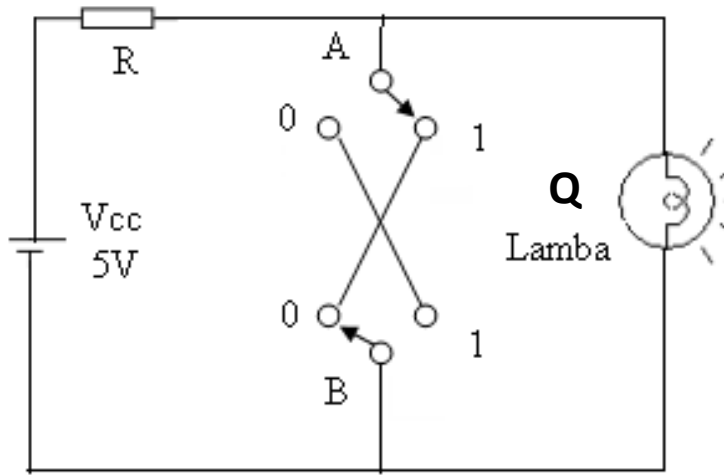
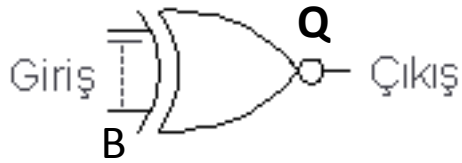


Her iki gösterim de doğrudur.

$$Q = (A \oplus B) = (A * \bar{B}) + (\bar{A} * B)$$

$$Q = A \oplus B$$

Özel Veya Değil (EXNOR) Kapısı



Doğruluk Tablosu

A	B	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

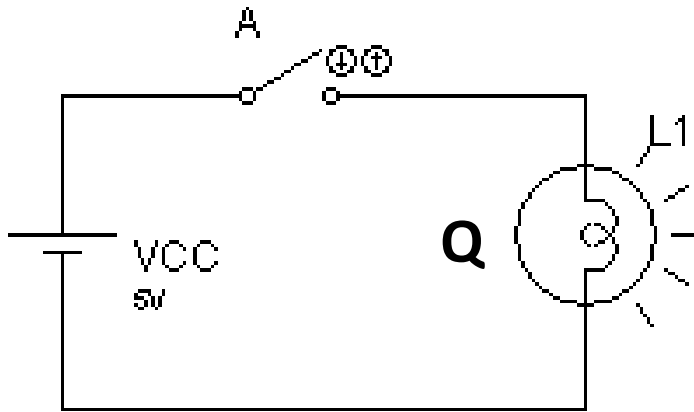
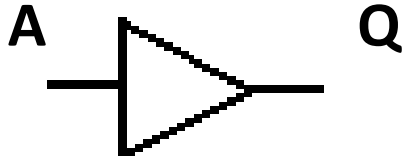
Not: Buna XNOR ismi de verilmektedir.
Exclusive Or sembolü şöyledir: \oplus

Her iki gösterim de doğrudur.

$$Q = (A \oplus B)'$$

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

Tampon (Buffer) Kapısı

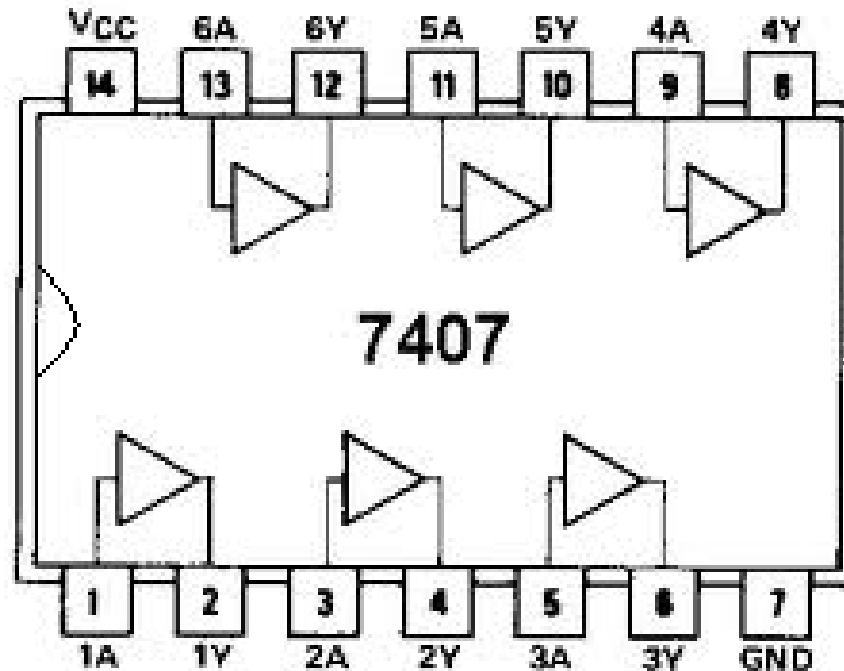


$$Q=A$$

- Tampon kapısının bir girişi ve bir çıkışı bulunmaktadır. Esasında tampon bir kapı grubuna girmemektedir.
- Bu devre elektronik katlar veya kullanılan diğer kapılar arasında empedans uygunluğu sağlar.
- Kullanılan devrelerde bir katın çıkış empedansı diğer katın giriş empedansına eşit olmaz ise katlar arasında bulunan bu uyumsuzluk enerji kayıplarına neden olmaktadır.
- Tampon katı ile empedans uyumsuzluğundan oluşan kayıplar önlenmiş olur

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

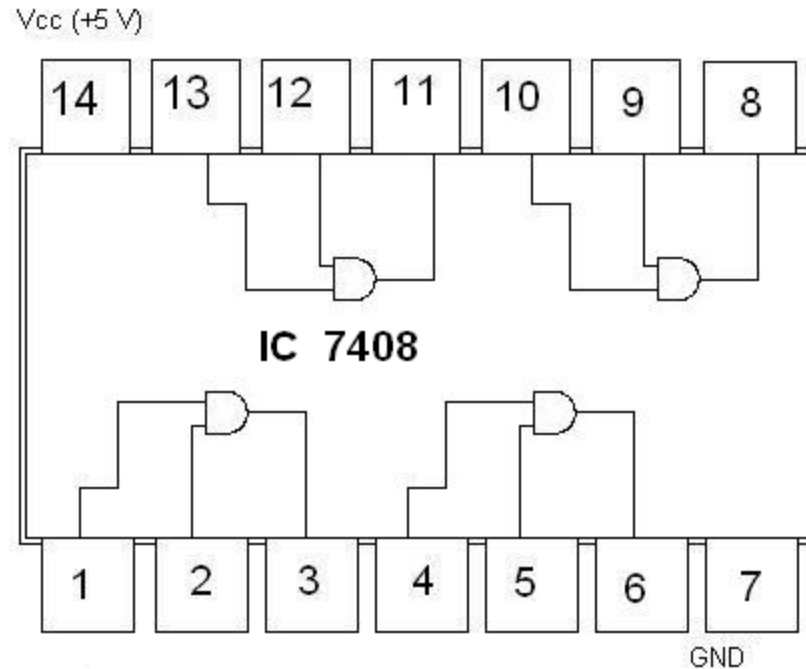
Tampon kapısı ile kurulan bir entegre



7407 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(Tampon kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

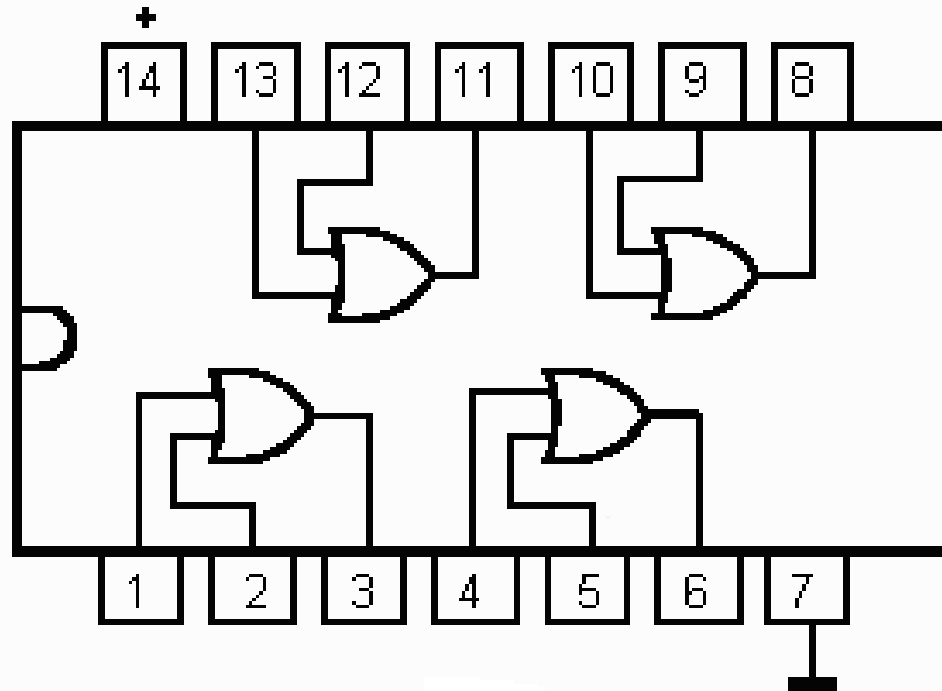
VE (AND) kapısı ile kurulan bir entegre



IC7408 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(VE kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

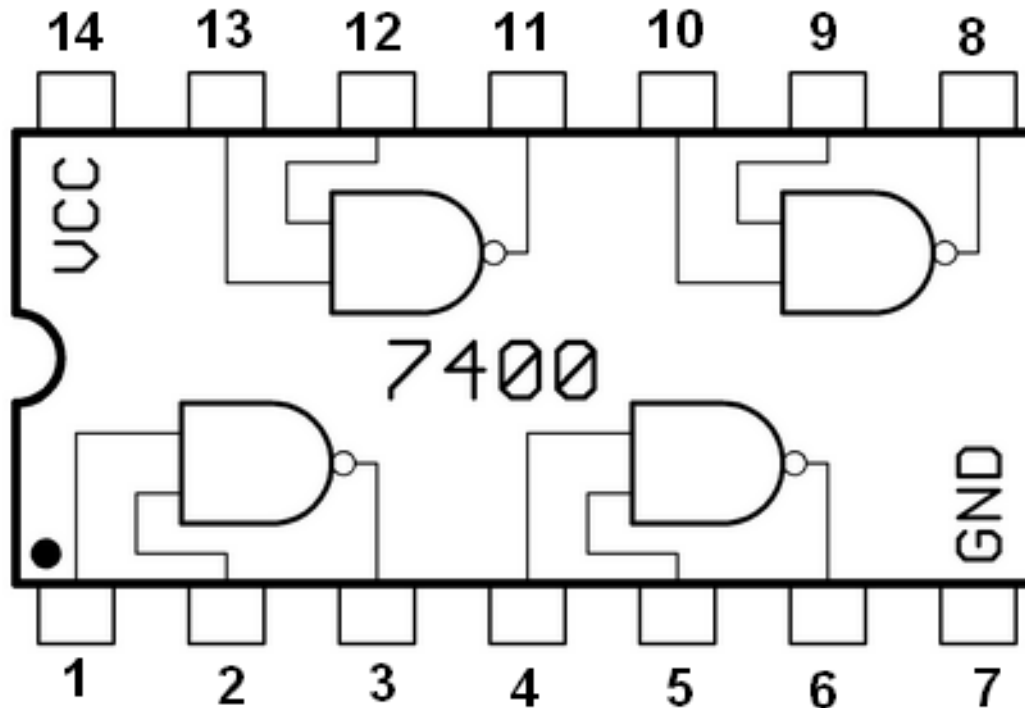
VEYA(OR) kapısı ile kurulan bir entegre



IC7432 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(VEYA kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

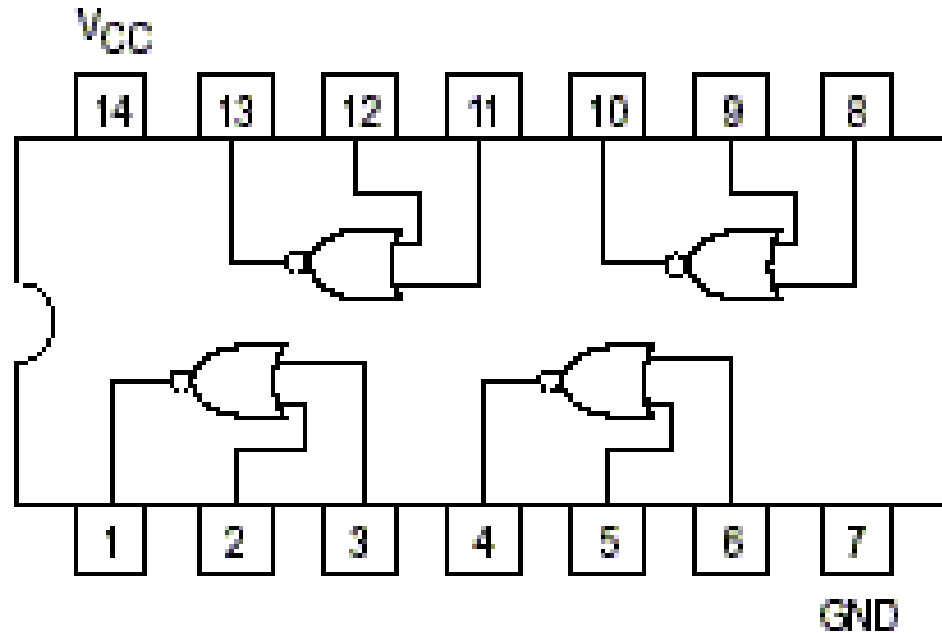
VEDEĞİL(NAND) kapısı ile kurulan bir entegre



IC7400 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(VEDEĞİL kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

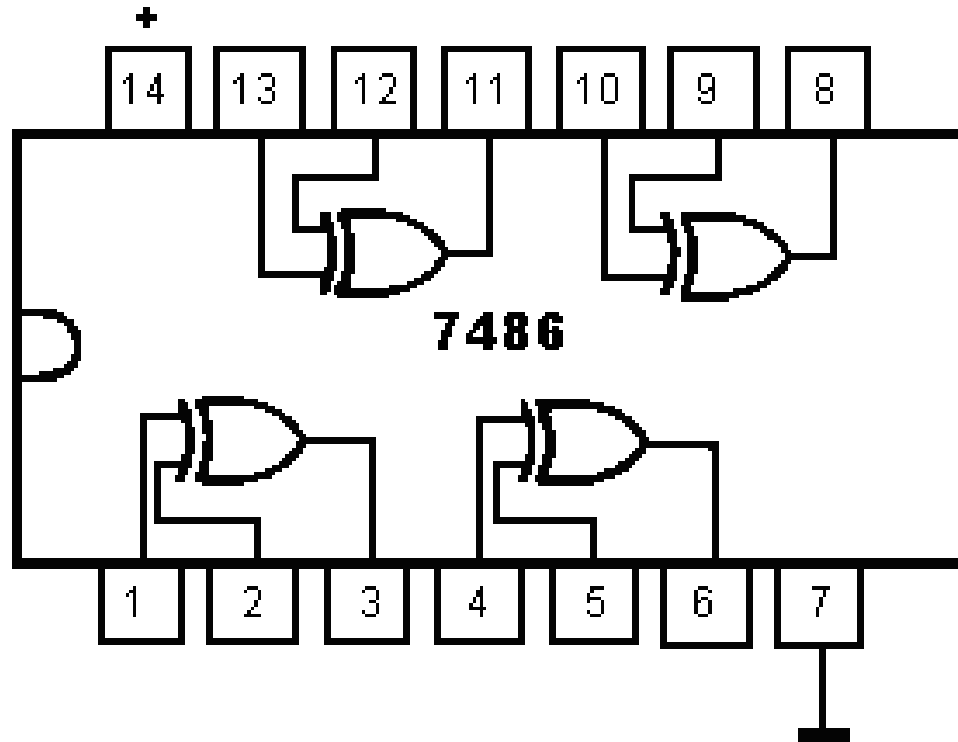
VEYADEĞİL(NOR) kapısı ile kurulan bir entegre



IC7402 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(VEYADEĞİL kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

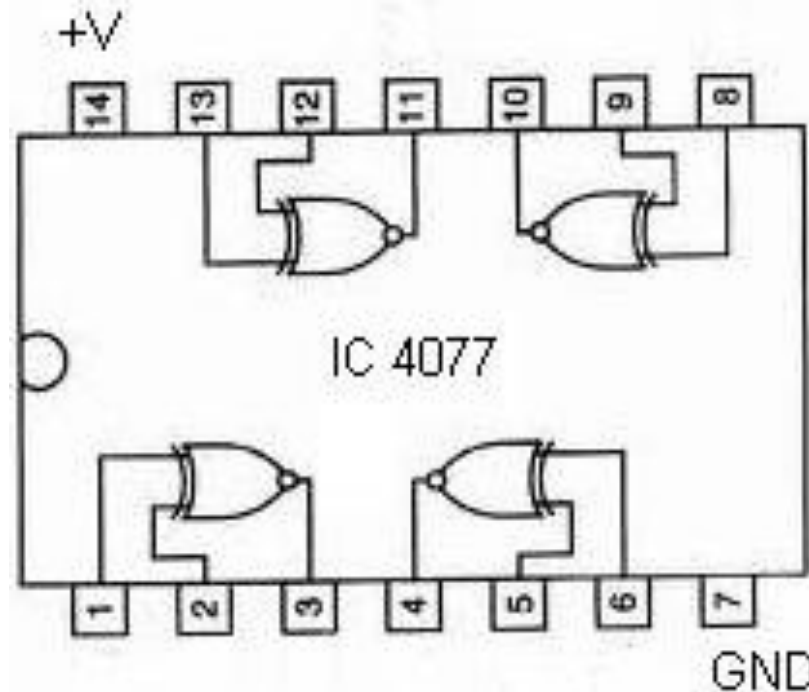
ÖZEL VEYA (EXOR) kapısı ile kurulan bir entegre



IC7486 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(ÖZEL VEYA kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Entegre Devrelerdeki Lojik Kapılar

ÖZEL VEYADEĞİL(EXNOR) kapısı ile kurulan bir
entegre



IC4077 entegre devresinin iç yapısı ve doğruluk tablosu
(VEYADEĞİL kapılarının kullanıldığına dikkat ediniz.)

Kaynaklar

[Kaynak 1] E. Özer, (2015), Analog Elektronik, Ders Notu, İstanbul Üniversitesi.

[Kaynak 2] Millî Eğitim Bakanlığı, (2012), Elektrik-Elektronik Teknolojisi, Temel mantık devreleri ders notları.