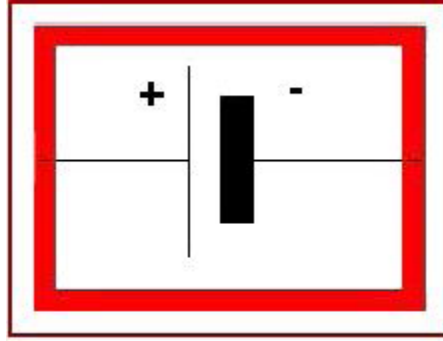


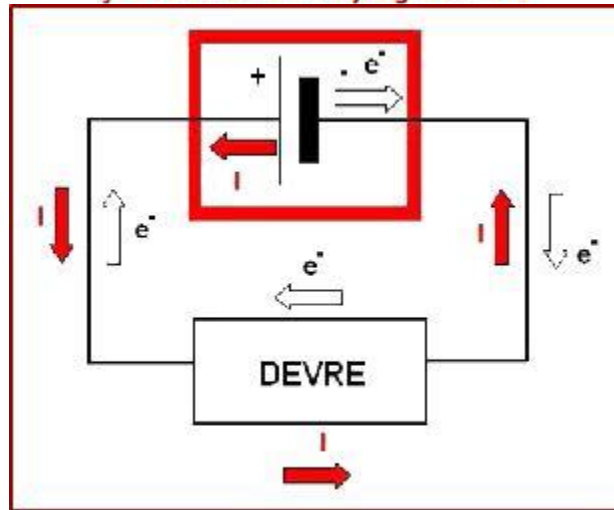
A- TEMEL KAVRAMLAR

1- Elektrik Akımı:

Elektrik Akımı elektrik elektronik devrelerin temelini oluşturmaktadır. Elektrik akımını oluşturan temel faktör ise elektron akımıdır. Elektron akımı da, bağlantı iletkenleri aracılığıyla kaynağın elektronlarının fazla olduğu yerden az olduğu yere doğru akmasıdır. Başka bir ifadeyle elektronların, kaynağın – ucundan + ucuna doğru hareketi şeklinde ifade edilmektedir.



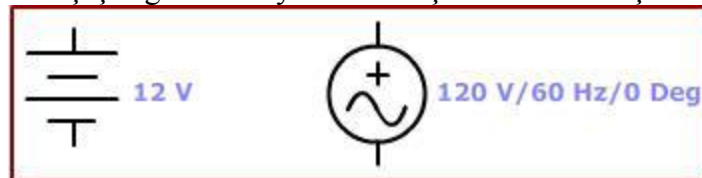
Şekil 1.1. Gerilim Kaynağı Sembolü



Şekil 1.2. Gerilim Kaynağı Sembolü

2- Gerilim:

Bir üreticinin uçları arasındaki Potansiyel farka Gerilim denmektedir. Devrelerde akım akışının gerçekleşebilmesi için kullanılan en temel elektrik – elektronik devre elemanıdır. Gerilim kaynaklarının değerleri ölçü aletleri ile tespit edilebilmektedir. Şekil 1.3 'de ise çeşitli gerilim kaynaklarının şekilleri verilmiştir.



Şekil 1.3. DC - AC Güç Kaynakları

Elektrik akımı, Doğru Akım ve Alternatif Akım olmak üzere iki ana kategoride incelenmektedir.

a) Doğru Akım:

Doğru Akım, "zamana bağlı olarak değeri ve şiddeti değişmeyen sinyal" olarak ifade edilmektedir. Doğru akıma ait sinyal şekli ise Şekil 1.1.2'de verilmiştir. Elektrik - Elektronikte doğru akım **DC** olarak da kısaltılabilmektedir.

b) Alternatif Akım:

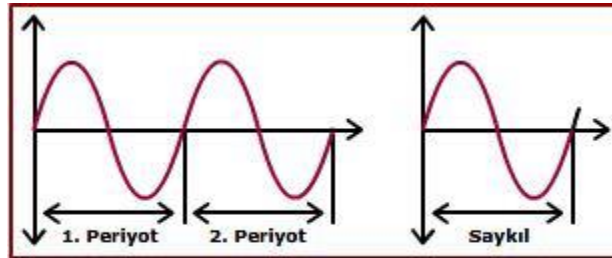
Alternatif Akım ise zamana bağlı olarak hem yönü hem de şiddeti değişen sinyaldir. Zaten kelime olarak da "alternatif" kelimesi "değişken" anlamına gelmektedir. Şekil 1.1.4 'de ise **alternatif akım** sinyalinin genel şekli verilmiştir.

Alternatif akım sinyallerinde en önemli kavramlardan biriside "Alternans" dır. AC sinyalin pozitif kısmı Pozitif Alternans, negatif kısmı ise Negatif Alternans olarak ifade edilmektedir.

Periyot:

AC sinyalin kendini tekrar etme zamanı olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle **pozitif alternans başlangıcından negatif alternans bitimine kadar ki sinyalin oluşum zamanı** olarak da tanımlanabilmektedir.

Bir periyotluk zaman diliminde aynı zamanda bir saykılık sinyal oluşmuş da denilebilmektedir. Dolayısıyla burada saykıl kavramı, sinyalin **pozitif ve negatif alternans** süreçlerinde geçen zamanların toplamıdır



Şekil 1.8 Periyot - Alternans

Frekans:

AC sinyalin bir saniyelik zaman zarfında kendini tekrar etme sayısı yada sinyalin oluşma sayısı olarak tanımlanmaktadır. Frekans "f" olarak ifade edilmekte olup birimi Hertz (Hz)'dir. Frekansın formülle ifadesi ise :

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$



Örnek : Periyodu 10 ms olan sinyalin frekansını bulunuz ?

Çözüm :

$f = 1 / T$ olduğundan verilen değişkenleri yerine yazarsak,

$f = 1 / 10\text{ms} = 1 / (10 \times 10^{-3}) = 1 \times 10^2 = 100 \text{ Hz}$ olarak bulunabilir.

B- ELEKTRONİK DEVRE ELEMANLARI:

Elektrik – elektronik teknolojisinde kullanılan elemanlar yapısı itibariyle Pasif ve Aktif devre elemanları olarak ikiye ayrılmaktadırlar. Aktif elektronik devre elemanlarının iç yapılarında karma bir ilişki var olup, pasif devre elemanları ise genellikle tek tip malzemeden yapılmışlardır.

a) Pasif Devre Elemanları:

Dirençler
Kondansatörler
Bobinler

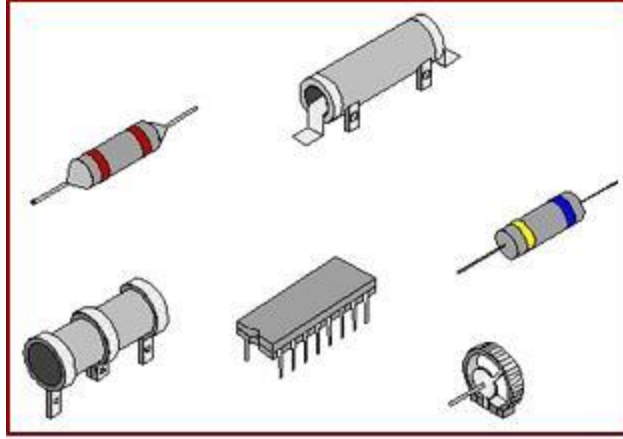
b) Aktif Devre Elemanları:

Diyotlar
Opamplar
Transistör (JFET, FET, MOSFET v.b.)
Entegre devre, Mikroişlemci

1- Pasif Devre Elemanları

a) Dirençler

Elektrik akımına karşı zorluk gösteren elemanlara Direnç denmektedir. Elektrik – Elektronik devrelerin vazgeçilmez elemanlarından olup R (Rezistör) harfiyle devrelerde gösterilmektedir. Devrelerde akım sınırlama, gerilim bölme v.b. amaçlarla kullanılmaktadırlar. Devrelerdeki sembolleri ise Ω (OHM) şeklindedir.



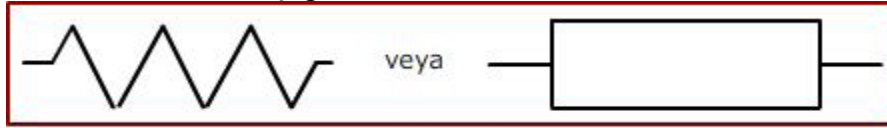
Şekil 2.1 Çeşitli Türden Dirençler

Direnç türleri

- Sabit Dirençler
- Ayarlanabilen Türden Dirençler
- Tabiattaki Değişikliklere Duyarlı Dirençlerdir.

I) Sabit Direnç:

Devrelerde en sık kullanılan direnç grubudur. Bu dirençlerin değerleri ayarlanmaz sabittir. Devrelerde akım yada gerilimi istenen değer aralıkları içerisinde tutmak için kullanılmaktadırlar. Aşağıda ise bu elemanların devre sembolleri verilmiştir.



Şekil 2.2. Sabit Dirençlerin Sembolleri

Sabit dirençler üzerlerinden geçen elektriksel güce göre üçe ayrılır.

- a-Karbon Dirençler
- b-Film Dirençler
- c-Telli Dirençler

Sabit dirençlerin değer okuma işlemleri üzerlerindeki renk bantlarıyla gerçekleştirilmektedir. Bazı tür dirençlerde direk değeri yazılsa bile genellikle kullanılan sabit direnç gruplarında değer okuma renk kodlarıyla gerçekleştirilir. Eğer elimizde ölçü aletimiz varsa bu yolla da direnç değeri daha hassas bir şekilde ölçülebilmektedir.

Renkler	1. Band	2. Band	Çarpan	Tolerans
Siyah	0	0	10^0	
Kahverengi	1	1	10^1	%1
Kırmızı	2	2	10^2	%2
Turuncu	3	3	10^3	
Sarı	4	4	10^4	
Yeşil	5	5	10^5	
Mavi	6	6	10^6	
Mor	7	7		
Gri	8	8		
Beyaz	9	9		
Altın			10^{-1}	%5
Gümüş			10^{-2}	%10
Renksiz				%20

Tablo 2.1.Direnç Renk Kod İlişkisi

A	B	C	D	
1. SAYI	2. SAYI	ÇARPAN	TOLERANS	DİRENÇ(Ω)
Yeşil (5)	Turuncu (3)	Sarı (10^4)	Altın (+%5)	$53 \times 10^4 (+\%5) = 530 \text{ k}\Omega$
Kırmızı (2)	Mavi (6)	Kahve (10^1)	Gümüş (+%10)	$26 \times 10^1 (+\%10) = 260 \Omega$

Şekil 2.3.Direnç Renk Kod İlişkisi

II) Ayarlı dirençler:

Bu tip dirençlerde, direnç değeri sadece bir değerde sabit olmayıp belli bir aralık dahilinde ayarlanabilmektedir. Bu dirençlerde kendi aralarında aşağıda gösterildiği gibi üç gruba ayrılmaktadırlar.

- a- Potansiyometreler
- b- Trimpotlar
- c- Reostalar



- **Potansiyometreler** : Bu tip ayarlı dirençlerde genellikle dairesel olarak dönen bir mil ile yada hareketli bir sürgüyle direnç değeri değiştirilebilmektedir. Değer değişimleri pratiktir.
- **Trimpotlar**: Bu tip dirençlere de elektronikte sık rastlanmaktadır. Bu dirençlerin değerleri de yine kullanıcılar tarafından değiştirilebilmektedir. Bu elemanlar başta ayarlanıp daha sonra nadiren direnç değişimi gereken yerlerde kullanılmaktadır. Bu direnç türlerinde direnç değişimi yapmak potansiyometreler kadar pratik değildir.
- **Reostalar**: Bu dirençlerin şekilleri Şekil 2.1.2 üzerinde görüldüğü gibidir. Bu dirençlerin değerleri yine değiştirilebilmekle beraber Potansiyometre ve Trimpot'dan farkı yüksek güçlü devrelerde kullanılabilmesidir. Reostaların üzerlerindeki kolun sağa yada sola hareket ettirilmesi yoluyla direnç değeri ayarlanabilmektedir. Yüksek güçlü oldukları için üzerlerinden çok yüksek akımlar geçebilmektedir.



Şekil 2.1.2

III) Tabiattaki Değişikliklere Duyarlı Dirençler:

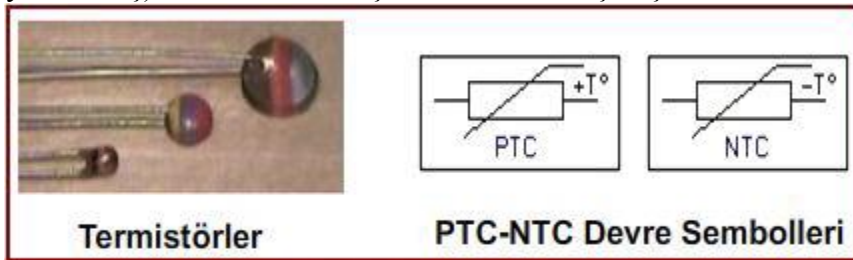
İsimlerinden de anlaşılacağı gibi tabiattaki birtakım ısı, ışık v.b. değişikliklerle dirençdeğerleri değişen devre elemanı türüdür.

Bu direnç türleri, Sıcaklıkla Değerleri Değişen Dirençler (Termistörler) ve Işıklı Değerleri Değişen Dirençler (LDR) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

- **Sıcaklıkla Değerleri Değişen Dirençler (Termistörler)** : Çevre sıcaklığına bağlı olarak elektriksel direnci artan yada azalan devre elemanları olup, kendi aralarında NTC ve PTC olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

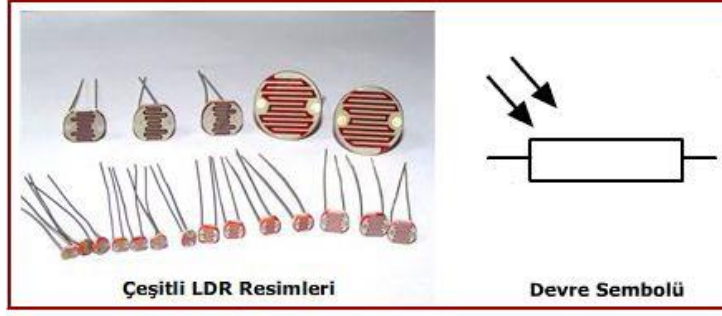
NTC: Üzerlerindeki sıcaklık değeri yükseldikçe direnç değerleri düşen türden devre elemanlarıdır. NTC İngilizce Negative Temperature Coefficient (Negatif Kat Sayılı Direnç) kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur.

PTC: Üzerlerindeki sıcaklık değeri yükseldikçe direnç değerleri yükselen türden devre elemanlarıdır. PTC İngilizce Positive Temperature Coefficient (Pozitif Kat Sayılı Direnç) kelimelerinin baş harflerinden oluşmuştur.



Şekil 2.1.5. Termistörlere Ait Şekiller

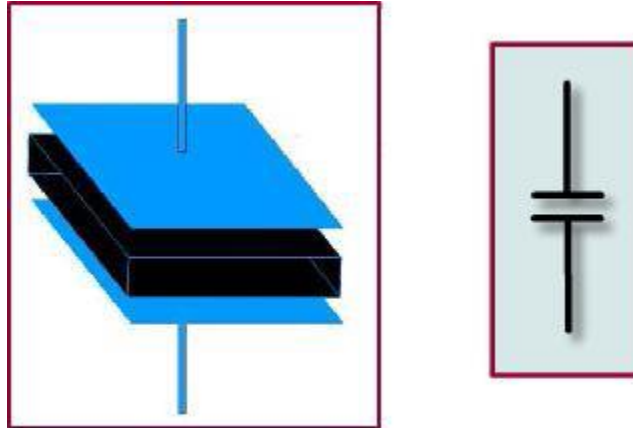
- **Işıklı Değerleri Değişen Dirençler (LDR)** : Üzerlerine düşen ışıkla ters orantılı olarak direnç değerleri değişen devre elemanlarıdır. Şekil 2.1.5 'de ise LDR'lere ait resimler ve devre sembolleri gösterilmektedir.



Şekil 2.1.5. LDR'lere Ait Şekiller

b) Kondansatörler

Kondansatörler elektrik iletkenliği olan iki metal levha arasına konmuş yalıtkan malzemeden oluşan devre elemanıdır. Devrelerde elektrik enerjisini depolamak amacıyla kullanılmaktadır. Kondansatörlerin yapıları ise Şekilde verilmiştir. Kondansatörlerin birimi Farad olup F ile gösterilmektedir. Şekil dikkatli bir şekilde incelenecek olursa kondansatörün iletken plakaları ve aradaki dielektrik malzeme göze çaracaktır. Burada iletken plakaların alanları, levhalar arası mesafe ve kullanılan dielektrik malzeme kondansatörün sığasal değerini (kondansatörün Farad ile birimlendirilen kapasitif değeri) etkileyecektir.



Kondansatörlerin İç Yapısı ve Devre Sembolü

Kondansatörlerin birimleri aşağıda sıralanan şekilde kullanılmaktadır. Yalnızca Farad çok yüksek bir kapasitif değer olduğundan pek kullanılmaz.

Farad

$$\text{mF} = 1.10^{-3} \text{ F}$$

$$\mu\text{F} = 1.10^{-6} \text{ F}$$

$$\text{nF} = 1.10^{-9} \text{ F}$$

$$\text{pF} = 1.10^{-12} \text{ F}$$

Örnek : 2200 μF kaç mF eder ?

Çözüm : 2200 μF = 2200 x 1 x 10⁻³ mF = 2,2 mF şeklinde yazılabilir.

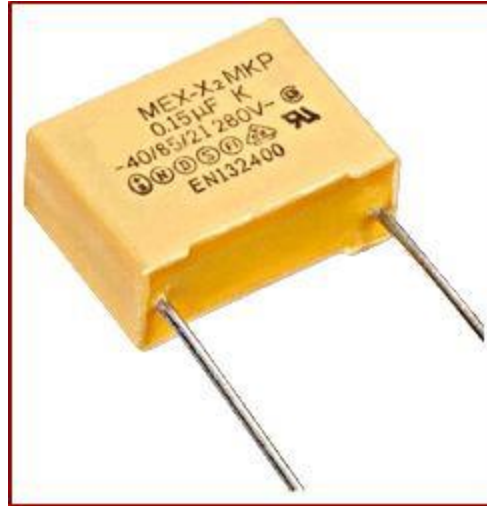
D) Sabit Kondansatörler:

Değerleri hiçbir şekilde değiştirilemeyen kondansatör çeşitleri olup geniş bir çeşit yelpazesine sahiptirler.



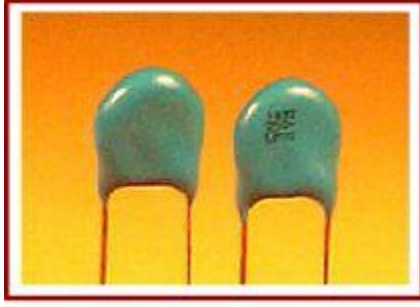
Sabit Kondansatör

- **Film Kondansatörler:**Bu tip kondansatörlerde dielektrik malzeme olarak polistren, polyester gibi birtakım plastik malzemeler kullanılmaktadır. Bu tip kondansatörler hassas olup genellikle sinyal filtrelemelerinde kullanılmaktadır. Şekil 1 'de film kondansatör görülmektedir.



Şekil 1. Film Kondansatör

- **Seramik Kondansatörler:**Seramik kondansatörler, isimlerinden de anlaşılacağı üzere dielektrik malzeme olarak seramik kullanılan kondansatör türü olup mercimek kondansatör de denilmektedir. Bu tip kondansatörlerin değerleri küçük olup kutupsuz olarak imal edilirler. Enerji kayıpları düşük olduğundan dolayı genellikle yüksek frekanslı devrelerde kullanılmaktadır.

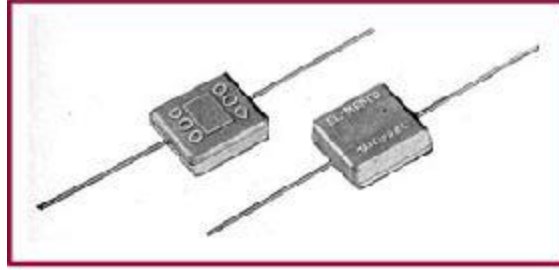


Seramik Kondansatör



Seramik Kondansatör

- **Mika Kondansatörler:**Dielektrik malzeme olarak mika kullanılan türden kondansatörlerdir. Bu kondansatörlerin elektrik – elektronik sanayinde çok geniş bir kullanım alanı bulunmaktadır. Şekil 1. de ise iki adet mikalı kondansatör şekli verilmiştir.



Şekil 1. Mika Kondansatör

- **Elektrolitik Kondansatörler:**Bu tip kondansatörlerin dielektrik malzemesi, asit borik eriyiği ve borakslı yapıya sahiptir.Bu kondansatör tipi de iki aliminyum iletken levha (plaka) arasında dielektrik malzemeden oluşur. Elektrolitik kondansatörler kutuplu veya kutupsuz olarak üretilmektedir. Kutuplu kondansatörlerin – ve + olmak üzere iki ucu bulunmaktadır. Burada devre tasarımı yapan kişinin dikkat etmesi gereken en önemli nokta artı ve eksi uçların devreye doğru olarak bağlanmasıdır.

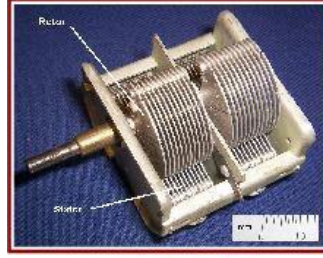


Elektrolitik Kondansatörler

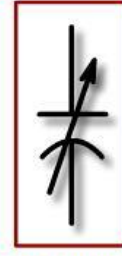
II) Ayarlı Kondansatörler:

Ayarlı Kondansatörler, kapasitif değerleri değiştirilebilen kondansatör türüdür. Varyabl Kondansatörler ve Trimer Kondansatörler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

- **Varyabl Kondansatörler:** Ayarlı türden kondansatör olup, devre üzerinden elle kapasitif değerleri değiştirilebilmektedir. Varyabl Kondansatörlerin şekilleri ve devre sembolleri şekilde görülmektedir.



Varyabl Kondansatör



Varyabl Kondansatör Sembolü

- **Trimer Kondansatör:** Trimer Kondansatörlerde kapasitif değer tornavida gibi birtakım araçlarla ayarlanabilir. Kapasitif değerleri başlangıçta ayarlandıktan sonra genellikle değiştirilmezler.

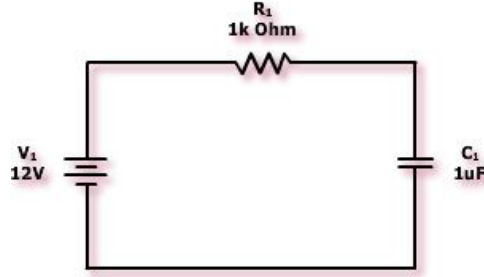


Kondansatörlerin Değerlerinin Okunması:

Kondansatörlerin değerleri ya direk olarak yazılır yada belli bir kurala göre yazılmış içerisinde harf de olabilen sayı dizgelerinden oluşabilmektedir. Aşağıda ise bu konuyla ilgili birtakım örnekler sıralanmaktadır.

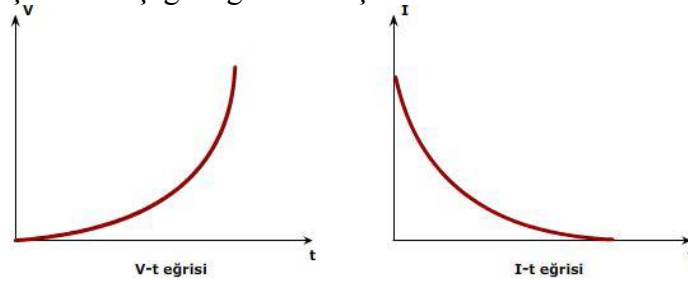
- Kondansatörün üzerindeki değer $100\mu\text{F} / 25\text{V}$ şeklinde bir kalıp ifadesiyle yazılmış olabilir. Burada 100 kondansatörün değerini, 25 ise dayanabileceği maksimum gerilimi ifade etmektedir.
- $5n5 40 \text{ V}$ gibi bir değer yazıyor ise, kondansatörün değeri $5,5 \text{ nF}$ ve çalışma gerilimi 40 V 'tur.
- Mercimek türü kondansatörleri üzerlerinde $10X$ şeklinde direk rakam yazabilir. Buradakondansatörün üzerindeki 10 sayısının sağındaki rakama göre 10^4 'a sıfır ilave edilir. Bu tip kondansatörlerde değer gösteriminde birim belirtilmez ancak birimin piko Farat olduğuanlaşılmalıdır. Mesela 105 yazıyor ise bunun anlamı 1000000 pF 'dir.
- Bazı kondansatörlerin üzerinde $15p$, $25p$ gibi değerlerde yazılabilmektedir. Burada ilk iki rakam kapasitif değeri üçüncü harf ise birimi belirtmektedir. $15p$ 'nin anlamı 15 piko Farat, $25p$ 'nin anlamı ise 25 piko farattır.
- Bazı kondansatörlerin üzerinde ise üç rakamlı bir sayı yazmaktadır. Burada üç rakamlı sayı kapasite değerini belirtir ve birimi ise piko Farattır. Herhangi bir kondansatörün üzerinde 333 değeri yazılı ise bu kondansatör 333 piko Faratlık kapasiteye sahiptir.

Devrelerde Kondansatör Kullanımları:



Yukarıdaki şeklimizde 12 V ‘luk kaynağımız 1 µF ‘lık kondansatöre bağlanmıştır. DC kaynak sayesinde kondansatör belli bir zamandan sonra dolacaktır. Başlangıçta kondansatör üzerindeki gerilim 0 V iken zamanla üzerindeki gerilimi verilen kaynak gerilimine eksponansiyel bir şekilde dolacaktır. İşte bu duruma şarj denmektedir. Tam şarj durumunda kondansatör üzerindeki gerilim ile kaynak gerilimi birbirine eşit olacağı için akım da 0 olacaktır. Devre akımı başlangıçta kondansatör yüksüz olduğu için maksimum seviyesinde kondansatör dolduktan sonrada 0 seviyesine eksponansiyel bir şekilde düşecektir.

Bu durumlarla ilgili şekil ise aşağıda gösterilmiştir.

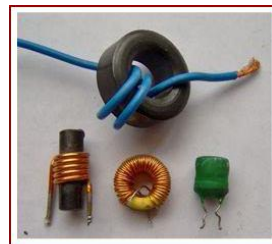


BOBİN

İletken tellerin önce dış kısımlarının yalıtımlaştırılıp daha sonra “nüve” denilen malzemeler üzerine sarılmasıyla Bobinler elde edilmektedir. Dış kısımlarının yalıtılmasıyla sarılan telin kısa devre durumu engellenmiş olmaktadır.

Bobinler üzerlerindeki akım değişimlerine engel olan bir yapıya sahiptirler. Dolayısıyla bobinlerin DC ve AC akımda farklı tepkileri vardır. DC sinyalde akım sabit olduğundan yalnızca sarılan telin uzunluk v.b. faktörlerinden kaynaklanan tel direnci oluşmaktadır. Bobinler üzerinden geçen akıma göre bir manyetik alan oluşmaktadırlar. DC sinyalde akım sabit olduğundan oluşan manyetik alanda sabittir. Fakat bobinin üzerine AC akım uygulandığı ise, üzerindeki manyetik alan değişkenlik gösterecek ve bobin ise bu değişime karşı koyacağı için direnç değeri de verilen sinyalin frekansına göre değişkenlik arz edecektir. AC sinyalin frekansı yükseldikçe bobin direnci de yükselecektir.

Bobinler elektrik elektronik devrelerinde *endüktans* olarak anılmakla birlikte "L" harfi ile sembolize edilirler. Birimleri ise “Henry” ‘dir. Şekil 1 ‘de ise çeşitli bobin resimleri görülmektedir. Bobinler birimleri mili Henry yada Mikro Henry olabilir.



Şekil 1. Çeşitli Bobinler

Bobinler sabit ve ayarlı olmak üzere ikiye ayrılır.

Sabit Bobinler (endüktif değeri değışmeyen bobinler)

1- Hava nüveli

Hava nüveli bobinler, sarım sayıları az olmakla birlikte genellikle yüksek frekanslı devrelerde kullanılırlar.

2- Ferit Nüveli

Yüksek frekanslı uygulamalarda kullanılmaktadırlar. Bu bobinlerin nüveleri demir, nikel, kobalt ve bakır gibi maddelerin karışımlarından elde edilmektedir.

3- Demir Nüveli

Bu tip bobinlere “şok bobini” de denmektedir. Nüveleri çok sayıda ince sac malzemesi kullanılarak imal edilmektedir.

4- Toroid bobinler

Toroid bobinlerin çevresine yaydığı manyetik akı miktarı diğer bobinlere göre düşüktür.

Ayarlı Bobinler (Nüve hareket ettirilerek endüktif değeri değışen bobinler)

1- Ferit nüveli ayarlanabilir

2- Ferit nüveli elle ayarlanabilir bobinler

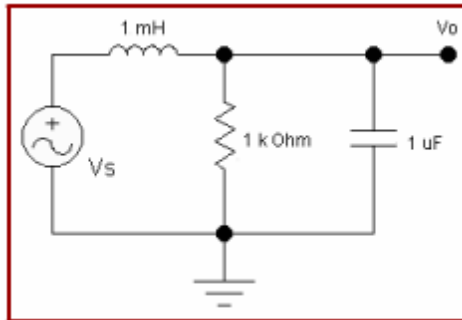
3- Demir nüveli ayarlanabilir

4- Sargı hareketi ile

5- Kademeli

Analog Devre Elemanlarıyla (R-L-C) Oluşturulmuş Çeşitli Devreler

Aşağıdaki devre R–L–C elemanlarından oluşmuştur. Bu devrede V_s kaynağındaki ani akım değışimlerine engel olmak için gerilim kaynağına seri bobin kullanılmıştır. Gerilimdeki ani değışimlere engel olmak içinse kondansatör kullanılmıştır. Böylece V_o çıkışından düzgün bir sinyal elde edilmeye çalışılmıştır.

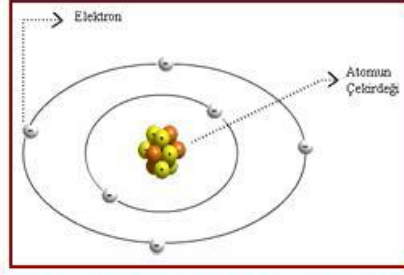


YARI İLETKENLER

Yarı İletken, İLETKEN VE YALITKAN

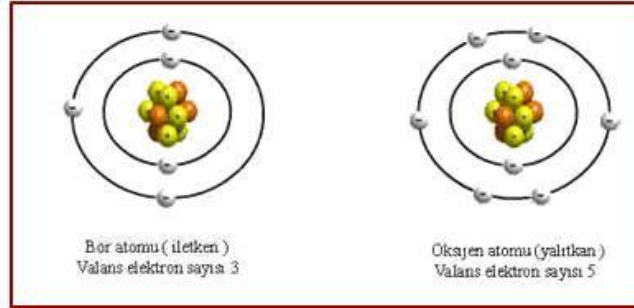
Devrede akım uygulandığı takdirde akım geçişine izin veren maddeler **İletken**, akım geçişine izin vermeyen maddeler ise **Yalıtkan** olarak nitelendirilmektedir.

Maddelerin iletken yada yalıtkan olmasını belirleyen temel nokta, ilgili maddenin atomik yapısıdır. Şekil 1'de atomlara ait şekil verilmiştir. Şekil üzerinden de görülebileceği gibi atomlar çekirdek ve çekirdeğin etrafında belirli yörüngelerde bulunan elektronlardan oluşmaktadır. Atomların en dış yörüngelerindeki elektronlar "**Valans Elektronu**" olarak isimlendirilmektedir. Maddelerin dış yörüngelerinde en fazla sekiz olmak üzere değişik sayılarda elektronlar bulunabilmektedir.



Şekil 1. Bir Element Ait Atom Yapısı

En dış yörüngesindeki elektron (valans elektronu) sayısı 4'den az olan atomlar **İletken**, 4 'den fazla olan atomlar **Yalıtkan** olarak nitelendirilmektedir. Şekil 2 'de verilen atomlardan Bor Atomunun valans elektron sayısı 4'den az olduğu için iletken, Oksijen Atomunun valans elektron sayısı 4'den fazla olduğu için yalıtkan bir maddedir.

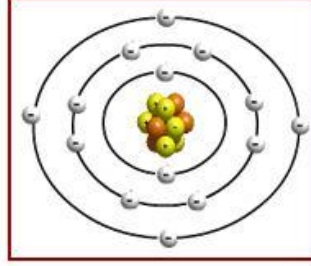


Şekil 2. İletken/Yalıtkan Maddelerin Atom Yapıları

YARI İLETKEN

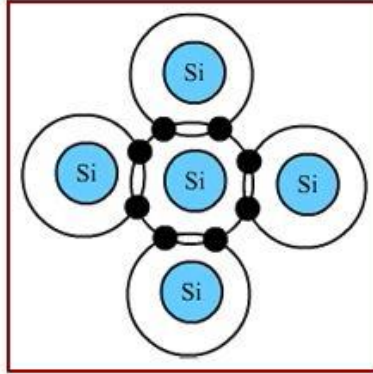
Elektrikte iletim özellikleri iletkenlik ile yalıtkanlık arasında bulunan maddelere **Yarıiletken** denmektedir. Yarıiletkenler iletkenlik ve yalıtkanlık özelliği gösterebildiğinden dolayı bu maddelere yarıiletken denmiştir.

Yarıiletkenlerin son yörüngelerindeki elektron (**valans elektronu**) sayıları 4 'tür. Elektronik teknolojisinde yarıiletkenler çok önemli bir yere sahiptir. En çok kullanılan yarıiletkenler ise **Silisyum (Si)** ve **Germanyum (Ge)** 'dur. Yarıiletkenlerin atomları arasında kristal tip bir bağ yapısı mevcuttur. Şekil 1 'de ise yarıiletkenleri atomik yapıları verilmiştir.



Şekil 1. Silisyum Atomu

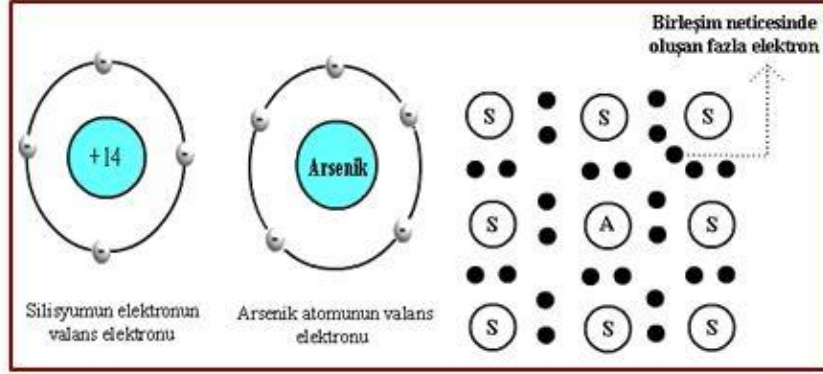
Katkısız yarıiletkenlerde en dış yörüngelerinde bulunan 4 elektron komşu elektronların valans elektronlarıyla bağ yapısı kurmaktadır. Şekil 2'de ise bu durum şekilsel olarak açıklanmaktadır. Elektronların bu şekilde birleşmesi neticesinde oluşan bu bağa, **kovalent bağ** denir. Bu bağ yapısının kurulduğu sırada yarıiletkenlerin kristal tip bağ yapıları bozulmamaktadır.



Şekil 2. Yarıiletken Atomları Arasındaki Kovalent Bağ Yapısı

N TİPİ YARI İLETKEN

Bu yarıiletken türü arsenik ya da antimon gibi en dış yörüngesinde 5 elektrona sahip atomların, silisyum ya da germanyum gibi yarıiletkenlerle özel birtakım yöntemlerle birleştirilmesi temeline dayanmaktadır. Bu birleşim neticesinde Şekil 1'de gösterildiği gibi ortamda 1 serbest elektron oluşacaktır.



Şekil 1. Silisyum, Germanyum Atomlarının Valans Elektron Yapıları ve İki Atomun Birleştirilmesi İle Oluşan Elektron Yapısı

Yarıiletkenin 4 valans elektronuyla arsenik yada antimon'un 4 elektronu birleşecek (kovalent bağ yapısıyla) ve böylece ortamda 1 serbest elektron oluşacaktır. Ortaya çıkan bu yapıya ise **N Tipi Yarıiletken** denmektedir.

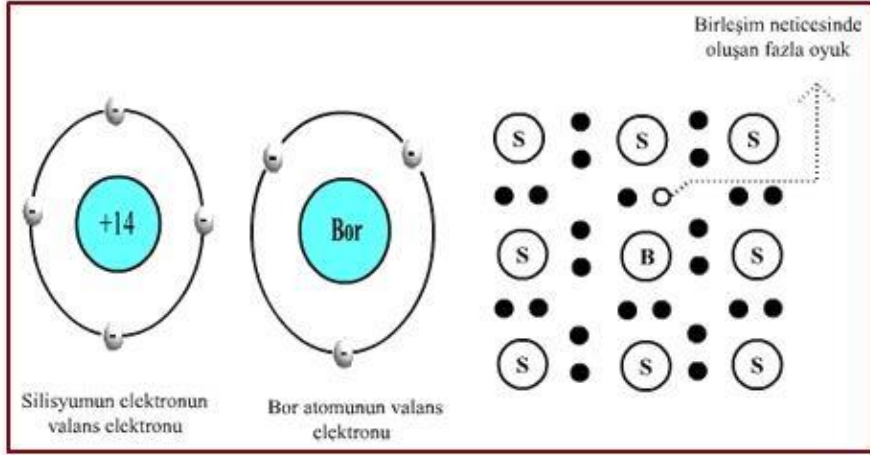
Bu tip yarıiletkende çok sayıda bulunan serbest elektronlar kristal yapı içerisinde gezmektedir. Burada **N, negatif**i ifade etmektedir.

P TİPİ YARI İLETKEN

P tipi yarıiletkenlerde **Silisyum** yada **Germanyum** atomlarına, **Bor**, **Alüminyum**, **İndiyum** ve **Galyum** gibi atomlardan herhangi birisinin ilave edilmesiyle oluşturulur. Bor, alüminyum, indiyum ve galyum gibi en dış yörüngesinde 3 elektrona sahip elementlerin, silisyum yada germanyum gibi 4 valans elektronuna sahip yarıiletkenlerle birleştirilmesi neticesinde özellikleri itibariyle farklı bir madde ortaya çıkar.

Burada silisyum yada geryumun 3 valans elektronuyla, bor, aliminyum, galyum yada indiyumun 3 valans elektronu birleşecek ve dördüncü silisyum yada germanyum elektronu kovalent bağ yapısını oluşturamayacaktır. Dolayısıyla burada tamamlanmamış bir bağ yapısı mevcut olacaktır.

Şekil 1'de ise **birleşim** olayı görülmektedir. Burada oluşan bu boşluğu komşu silisyum'un elektronları dolduracak, böylece kristal yapı içerisinde değişken konumda olan bir boşluk oluşacaktır. Oluşan bu yeni yarıiletken ise **P Tipi Yarıiletken** denmektedir. Burada P pozitif ifade etmektedir.

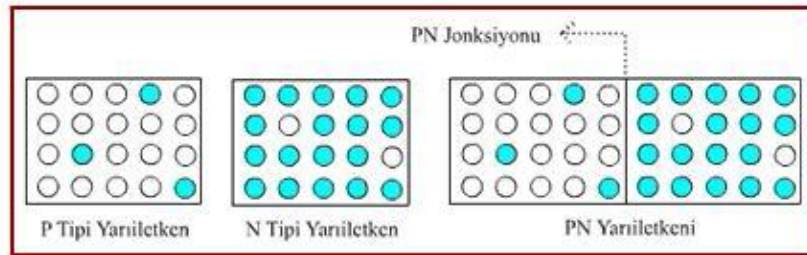


Şekil 1. Silisyum, Bor Atomlarının Valans Elektron Yapıları ve Maddelerin Birleştirilmesi

YARI İLETKENLERİN DEVRELERDEKİ TEMEL ELEKTRİKSEL ÖZELLİKLERİ

PN JONKSİYONLARI

P ve N jonksiyonlarının özellikleri ve elde edilme şekli önceki konumuzda anlatılmıştı. Bu konumuzda ise elde edilmiş olan P ve N yarıiletkenlerinin birleştirilmesi neticesinde elde edilen birleşik yapıyı incelemeye çalışacağız. Şekil 1'de P ve N yarıiletkenlerinin sembolik gösterimi ve bunların birleştirilmesiyle oluşan **PN yarıiletkeni** görünmektedir. Burada P ve N bölgesini ayıran ve ismine **PN Jonksiyonu (eklemi)** denen hat görünmektedir. Şekillerde içi dolu daireler elektronları, boş olanlar boşlukları ifade etmektedir. Görüldüğü gibi P yarıiletkeninde çok sayıda boşluk az sayıda elektron, N yarıiletkeninde ise çok miktarda elektron az sayıda boşluk bulunmaktadır.

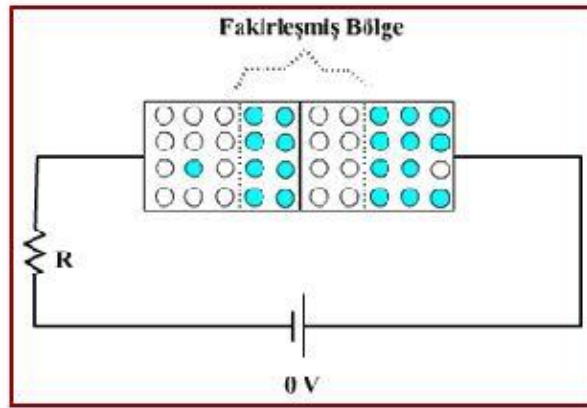


Şekil 1. P tipi ve N tipi Yarıiletkenlerin Sembolik Gösterimleri

VOLTajsız BİR DEVREDE PN JONKSİYONU

PN yarıiletkenine herhangi bir voltaj uygulanmaz ise N bölgesinde çok miktarda bulunan elektronlar jonksiyondan geçerek P bölgesine kayacaktır. Bu durumda, N bölgesindeki elektronların P bölgesine taşınmasından dolayı N yarıiletkenin jonksiyon bölgesinde boşluklar oluşacaktır. Burada, maddenin çok miktarda bulunduğu yerden az miktarda bulunduğu yere doğru hareket etmesi "**Difüzyon**" olarak nitelendirilir.

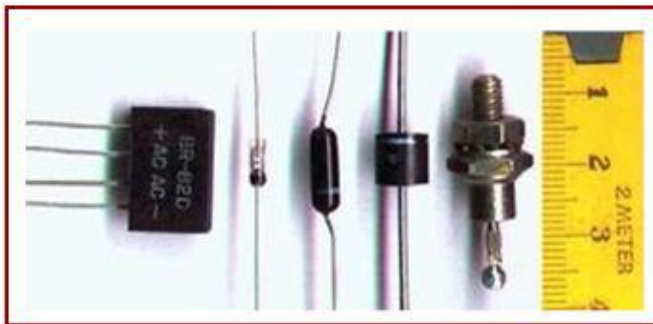
Şekil 1'de ise PN Yarıiletkenin **0 V'luk (Voltajsız)** bir devredeki boşluk ve elektronların dizilimi görülmektedir. Görüldüğü gibi, difüzyon olayı sürekli olarak devam etmez belli bir noktadan sonra durur. Burada jonksiyon bölgesinde bulunan boşluk ve elektronlar birleşerek **nötr** bir bölge oluşturur. İşte bu bölgeye "**Fakirleşmiş Bölge**" denmektedir. Bölge yüksüz olduğu için bu bölgeyi ifade etmede "**Fakir**" tabiri kullanılmaktadır.



Şekil 1. PN Jonksiyonunun Voltajsız Bir Devredeki Davranışı

DİYOTLAR

Bu konuda, elektrik - elektronik te çok önemli bir yere sahip diyotlar incelenmeye çalışılacaktır. Diyotlar önceki konuda ele alındığı gibi P ve N yarıiletkenlerinin birleştirilmesi ve bu yarıiletkenlerden alınan birer uç ile elde edilmektedirler. Diyotlar en basit elektronik devrelerden en karmaşığına kadar birçok devrede kullanılmaktadır.



Diyotlar yarıiletkenlerden yapılmış olup **tek yönde akım geçiren** devre elemanıdır. Şekil 1 'de ise diyot elemanının PN yarıiletken yapısı, devre sembolü ve kılıf yapısı görülmektedir. Yarıiletkenli şekilde incelenecek olursa, diyot elemanının P ve N olmak üzere iki yarıiletken malzemenin birleşimiyle oluşturulduğu anlaşılabilecektir. P yarıiletkene **Anot**, N yarıiletkenine ise **Katot** denilmektedir.

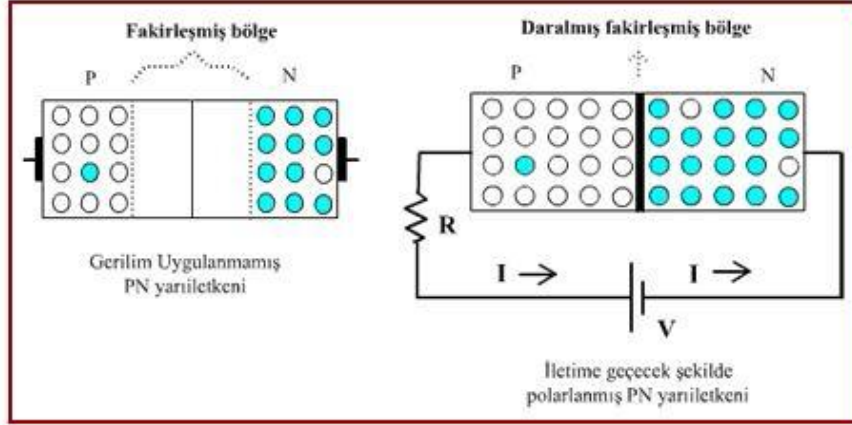


Şekil 1. İletken/Yalıtkan Maddelerin Atom Yapıları

DİYOTUN DÜZ YÖNDE POLARLANMASI

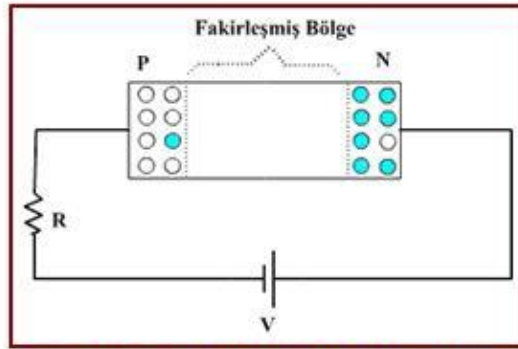
Diyotun düz yönde polarlanması ifadesi ile, **anotuna pozitif gerilim, katotuna ise negatif gerilim** verileceği kastedilmektedir. Şekil 1 'de ise gerilim uygulanmamış bir diyottaki PN yarıiletken yapısı ve düz yönde polarlandırılan bir diyotun yarıiletken ve fakirleşmiş bölge yapısı temsili olarak gösterilmiştir. Düz yönde polarlamada kaynağın artı ucu, P yarıiletkenine bağlı olduğu için, P yarıiletkenindeki oyuklar N yarıiletkenine doğru itecek, N yarıiletkenindeki elektronları kendine doğru çekecektir. Gerilim kaynağının eksi ucu diyotun katot ucuna bağlı olduğu için N yarıiletkenindeki elektronları P yarıiletkenine doğru itecek ve P yarıiletkenindeki boşlukları kendine doğru çekecektir. Böylece **fakirleşmiş bölge** daralacaktır. Devrede akımın oluşabilmesi için **kaynağın eksi ucundan yola çıkan elektronların artı uca ulaşması** gereklidir. Bunun içinse fakirleşmiş bölgenin akım geçişine izin verecek şekilde daralması şarttır. Çünkü fakirleşmiş bölge elektronların akışına zorluk gösterir. Buradan da anlaşılacağı gibi düz yönde polarlanan devrede elektron akışını sağlayacak şekilde fakirleşmiş bölgeyi daraltacak voltaj, gerilim kaynağından sağlandıktan sonra akım oluşacaktır.

Diyotun iletme girmesini sağlayan eşik gerilim değeri aşıldıktan sonra Anot - Katot ucu arasında eşik gerilim değeri okunur ve bu değere sabitlenir. Anot katot uçları uzerine duşen gerilim, diyotun yapıldığı yarıiletken türüne göre değişiklik arz etmekle birlikte, **silisyum türü** yarıiletkenden yapılmış diyotlarda **0.7 V** civarında, **germanyum türü** diyotlarda ise **0,3 V** civarındadır.

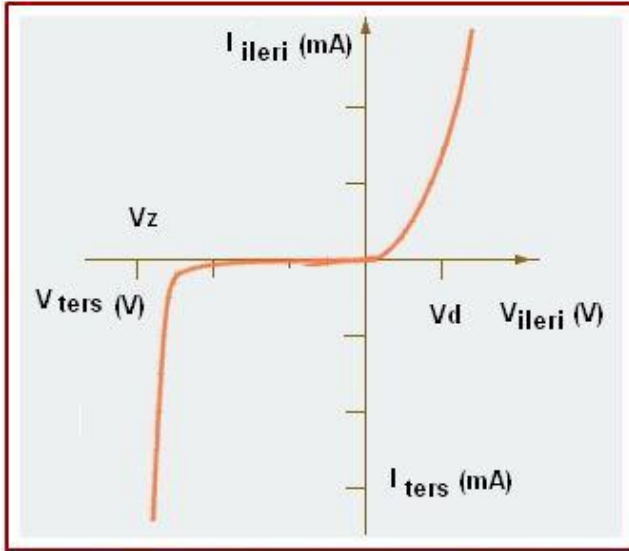


Şekil 1. Diyotun ileri yönde polarlanması

Diyotun anot ucuna gerilim kaynağının negatif ucu, katot ucuna gerilim kaynağının pozitif ucunun uygulanması ile diyot ters yönde polarlanmaktadır. Şekil 1 'de ise **ters yönde** polarlanmış bir diyotun yarıiletken yapısı görünmektedir. Şekil 1 'de de görüldüğü gibi gerilim kaynağının eksi ucu diyotun anotuna bağlı olduğu için P tipi yarıiletkenindeki boşlukları kendine doğru çekip, N yarıiletkenindeki elektronları itecektir. Gerilim kaynağının artı ucu diyotun katot ucuna bağlı olduğu için, N yarıiletkenindeki elektronları kendine doğru çekip P yarıiletkenindeki boşlukları itecektir. Böylece fakirleşmiş bölge genişleyecektir. Fakirleşmiş bölgenin genişlemesi elektron hareketini engelleyen bir faktör olduğu için diyotun ters yönde polarlanması durumunda **akım akışı** oluşmayacaktır.



Şekil 1. Diyotun ters yönde polarlanması



Şekil 1. Diyotun karakteristik eğrisi

Diyotların ileri yönde ve ters yönde kutuplandırılmasını önceki konularda incelenmişti. Şekil 1 'de diyotun karakteristik eğrisi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi **diyot ileri yönde polarize edildiğinde**, şekil üzerinde V_d ile gösterilen diyotu ilettime geçirecek gerilim aşıldığında akım akışının olduğu görülmektedir. Diyotun ters yönde kutuplandırılması durumunda 0 V ile kırılma gerilimi (V_z) arasında **sızıntı akımı** denilen çok küçük değerlikli bir akım akışı olacaktır. Bu akım istenmeyen ve olmaması gereken bir akımdır ancak tabiattaki malzemelerin ideal olmamasından kaynaklanan bir durumdur. Yine ters yönde kırılma gerilim limiti (V_z) aşıldığında diyot tahrip olup özelliğini yitirecek böylece de ters yönde akım akışı oluşacaktır.

Şekil 1 'in anlaşılabilmesi için parametreler Türkçeleştirildi. Ancak bu parametreler birtakım kataloglarda yada bazı kaynaklarda Tablo 1' de sıralanan şekilde gösterilebilir.

V İleri	İleri yön gerilimi	V_F
V Ters	Ters yön gerilimi	V_R
I İleri	İleri yön Akımı	I_F
I Ters	Ters yön Akımı	I_R
V_z	Kırılma Gerilimi	V_{RM}

Tablo 1. Diyotlara ait birtakım parametreler



Tünel Diyot

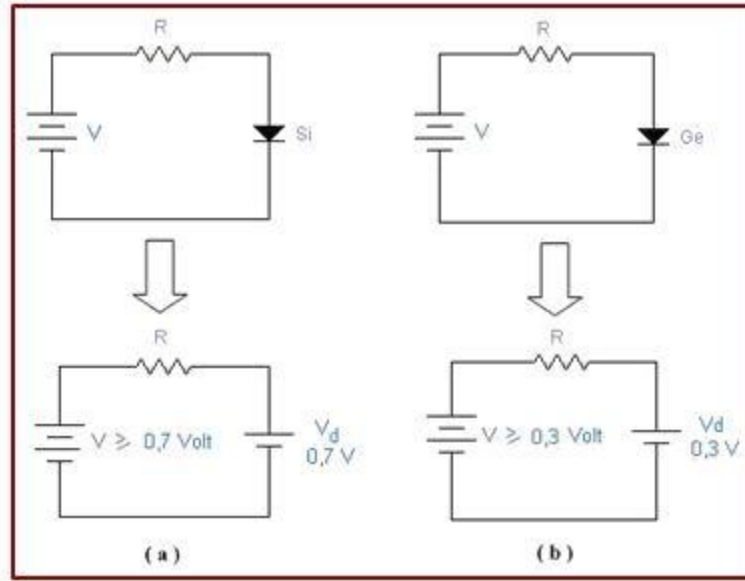


Zener Diyot

ÇEŞİTLİ DİYOTLU DEVRELER

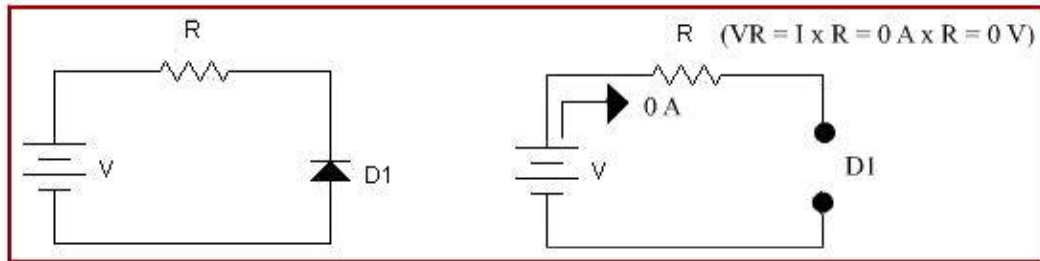
Bu konuda DC üreteçlere bağlı olan çeşitli devreler ele alınacaktır. Şekil 1 'de genel bir diyot, direnç ve DC gerilim kaynaklı iki devrenin analiz şekli verilmiştir. Devrelerde gerilim kaynağının artı ucu diyot elemanın anot ucuna, kaynağın eksi ucu katoda bağlı olduğu için düz yönde polarlanmıştır. Şekil 1 (a)'da **silisyum** türünden bir diyot kullanılmış olup giriş voltajı yaklaşık **0,7 V veya üzerine** çıktığı anda diyot iletme geçip üzerindeki voltajı 0,7 V'ta tutacak şekilde iletme girecektir. Şekil 1 (b)' de ise **germanyum** türünden bir diyot kullanılmış olup, giriş voltajı **0,3 V veya üzerine** çıktığı anda diyot 0,3 V'u üzerinde tutacak şekilde iletme geçmektedir.

Şekil 1 üzerinde anlatılanlar görsel olarak da özetlenmeye çalışılmıştır.



Şekil 1. Diyotlu Devrelerin İleri Yönde Polarlanması

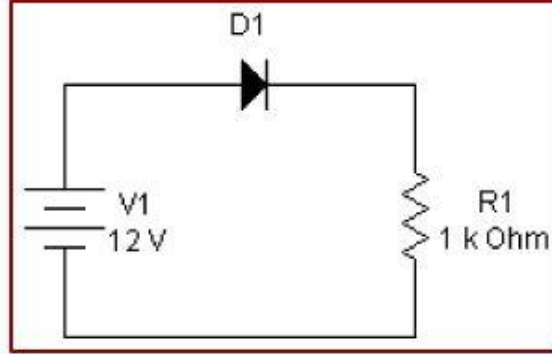
Şekil 2 'de verilen devrede kaynağın artı ucu diyotun katotuna ve kaynağın eksi ucu diyotun anot ucuna bağlı olduğundan diyot **ters yönde** polarlanmıştır. Diyotların ters yönde polarlanmasında fakirleşmiş bölgenin genişleyeceği için devremizde akım oluşmayacağı anlatılmıştır. Devrede akım akışı olmayacağı için **direnç üzerindeki voltaj da sıfırdır**.



Şekil 2. Diyotun Ters Yönde Polarlanması

ÖRNEK 1:

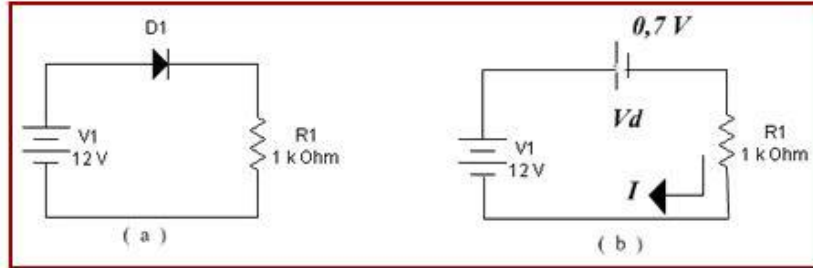
Aşağıda verilen devrede D1 diyotunun iletim yönündeki eşik gerilimi 0,7 V olduğuna göre devre akımını, diyot ve direnç üzerindeki voltajı bulunuz.

**Şekil 3. Diyotlu Devre I****ÇÖZÜM:**

Soruda diyot düz yönde polarlanmıştır. V1 gerilim kaynağının voltajı, Diyot eşik gerilimi olan 0,7 V üzerinde olduğu için de diyot iletime girip üzerinde 0,7 Volt tutacaktır. Böylece Vd voltajı 0,7 V olarak bulunacaktır.

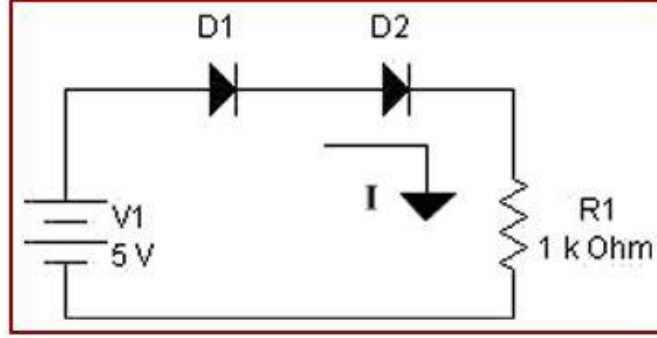
$V1 = Vd + VR1$ (Gerilim kaynağının voltajı devreye bağlı olan elemanların gerilimlerin toplamına eşittir)
 $12 = 0,7 + VR1$ ifadesinden $VR1 = 12 - 0,7 = 11,3$ V olarak bulunur.

$I = IR1 = VR1 / R = (11,3) / 1K (1000) = 11,3$ mA

**Şekil 4. Diyotlu Devre I'in Analizi**

ÖRNEK 2:

Aşağıdaki devrede I akımını bulunuz. ($V_{d1} = 0,8 \text{ V}$, $V_{d2} = 0,7 \text{ V}$)

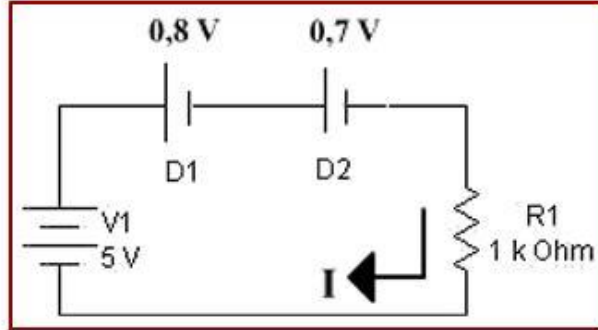


Şekil 5. Diyotlu Devre II

ÇÖZÜM:

Şekil 6'da, Soru 2'de verilen devrenin eşdeğeri çizilmeye çalışılmıştır. Görüldüğü gibi girişten verilen 5 Voltluk kaynak, D1 ve D2 diyotlarını iletme geçirmiştir. Soruda verilen eşik gerilimleri diyotlar üzerlerinden okunmaktadır. Böylece I akımı aşağıdaki şekilde bulunmaktadır :

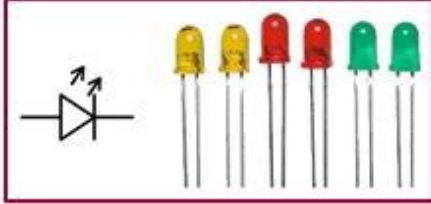
$$V_{R1} = V_1 - (V_{D1} + V_{D2}) \text{ olduğundan } V_{R1} = 5 \text{ V} - (0,8 \text{ V} + 0,7 \text{ V}) = 3,5 \text{ V}$$
$$I = I_{R1} = V_{R1} / R = (3,5 \text{ V}) / (1 \text{ K Ohm}) = 3,5 \text{ mA}$$



Şekil 6. Diyotlu devre II'nin analizi



Şekil 1. Zener Diyot Devre Sembolü



Şekil 2. LED Devre Sembolü ve Kılıfları

a) **Zener Diyot** : Zener diyotlar, düz yönde polarlandığında normal bir diyot gibi çalışan ve ters yönde polarlandığında ise ters yön gerilimi olarak ifade edilen "**Zener Voltajı**" aşıldığı takdirde iletme geçiş zener voltajına kilitlenenip bu voltajı üzerinde tutan devre elemanlarıdır. Bu diyot türü **ters yönde** de iletme girme özelliğinden dolayı özellikle güç kaynağı devrelerinde gerilim sabitleme amacıyla yaygınla kullanılmaktadırlar. Şekil 1'de ise devre sembolü gösterilmektedir.

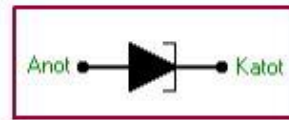
b) **LED Diyot** : LED kelimesi İngilizce, **Light Emitting Diode** kelimelerinin baş harflerinin birleştirilmesi neticesinde oluşturulmuştur. LED'ler diyotlar gibi çalışmakla birlikte değişik renk ve ebatlarda imal edilerek düz yönde polarlanıp iletme girdiklerinde renkli ışık yaymaktadırlar. Devre sembolleri Şekil 2 'de verilmiştir.

c) **Foto Diyot** : Bu diyot türü, **ışığa duyarlı** olup üzerlerinden geçen akım miktarı ışık şiddetine göre değişmektedir. Işık şiddeti yükseldikçe üzerinden akıtacağı akım miktarını da yükseltirler. Foto Diyotlar devreye ters bağlanırlar.



Şekil 3. Foto Diyot Devre Sembolü

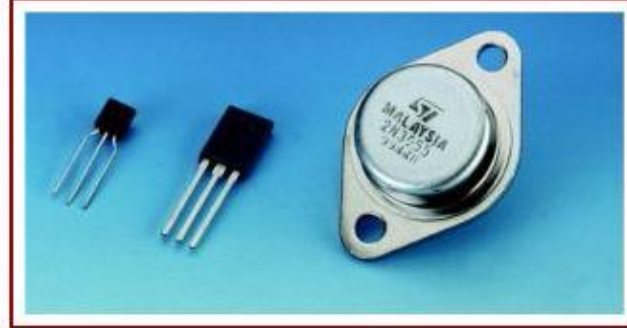
d) **Tünel Diyot** : Diyot ailesinin önemli bir üyesi olup genellikle **çok yüksek frekanslı** devrelerde yaygınla kullanılmaktadır. Bu elemanların **negatif direnç** özelliğinden elektronikte yararlanılmaktadır. Tünel diyotlar yükselticiler, osilatörler ve anahtarlama devrelerinde de kullanılmaktadır.



Şekil 4. Tünel Diyot Devre Sembolü

TRANSİSTORLAR

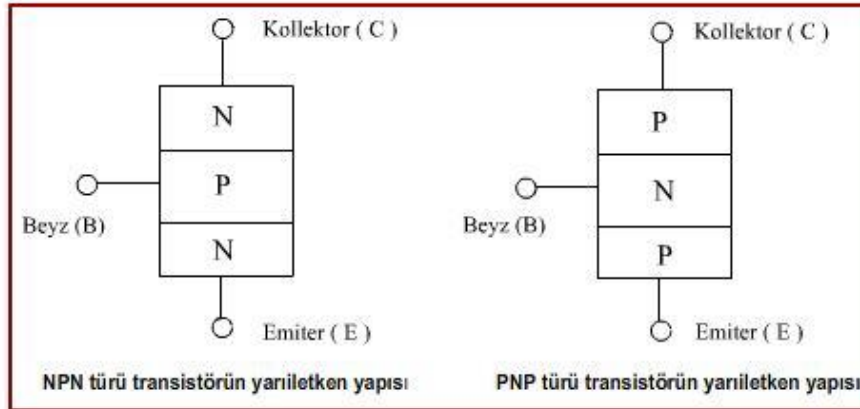
Bu konuda, elektroniğin en önemli elemanlardan **Transistorlar** incelenecektir. **Transistorlar**, elektrikte sinyallerin yükseltilmesi ve anahtarlama elemanı olarak kullanılmaktadırlar. Bilgisayarlar devrelerinin vazgeçilmez elemanları olup hemen hemen bütün elektronik devrelerde kullanılmaktadırlar.



Şekil 7.1 Çeşitli Transistorlar

TRANSİSTORLARIN TEMEL YAPISI

Transistorlar, üç uçlu devre elemanları olup, bacakları **Beyz (Base)**, **Emiter (Emiter)** ve **Kollektor (Collector)** olarak isimlendirilmektedir. Şekil 7.2 (a) 'da transistor bacaklarının İngilizce karşılıklarının baş harfleriyle (E, C, B) kısaltmaları verilmiştir.



Şekil 7.2 (a) Transistorun Yarıiletken Yapısı

Şekil 7.2 (b)' de ise transistor elemanına ait devre sembolü ve jonksiyon yapısı verilmiştir.



Şekil 7.2 (b) Transistorun Devre Sembolleri

Aşağıda çeşitli tipte transistorlar gösterilmiştir.

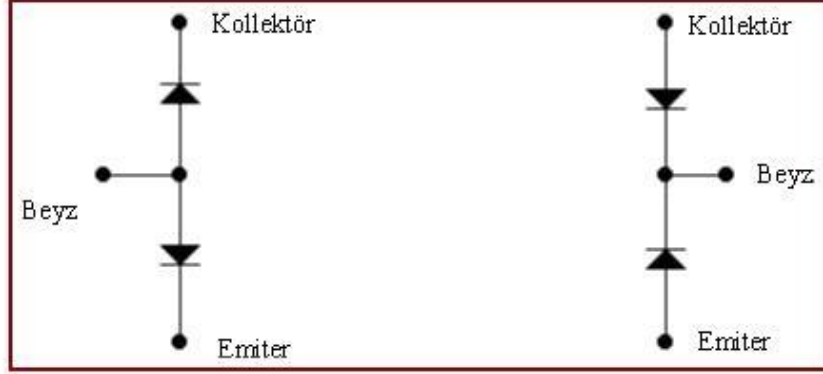


Şekil 7.3 Çeşitli Transistorlar

TRANSİSTORLARIN ÇALIŞMASI

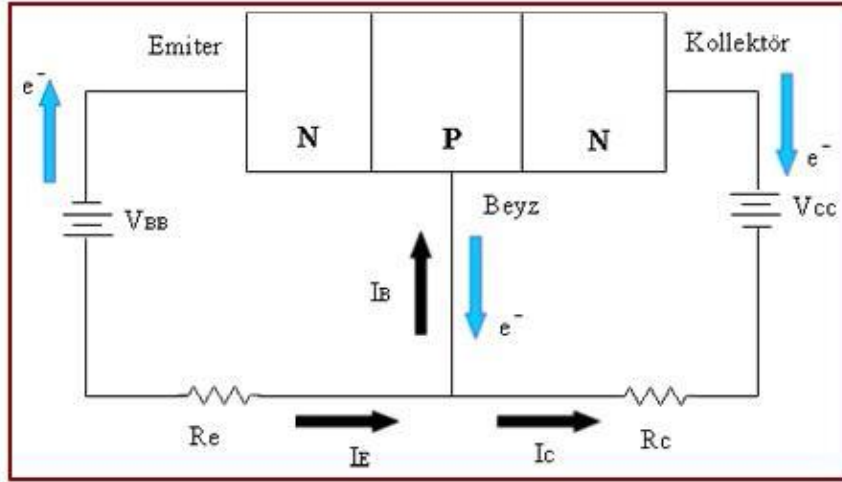
Önceki konumuzda bahsettiğimiz gibi transistorlar **PNP** ve **NPN** olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar. Bu konuda transistorun çalışmasını anlatmak için NPN türü transistor yapısı analiz edilecektir. PNP türü transistorların çalışma sistemleri, NPN ile özdeştir. Aradaki tek fark, jonksiyonları PNP şeklinde sıralandığı için elemanı çalıştırmak için uçlarına uygulanacak gerilim yönleri **NPN ile ters yönlü** olacaktır.

Transistor yarıiletkenleri N-P-N yada P-N-P şeklinde sıralanmış olup, diyotlar konusu hatırlanacak olursa standart bir diyot P-N yarıiletkenin birleştirilmesi ile oluşturulmaktaydı. Dolayısıyla, NPN transistorun N-P ve P-N şeklinde, PNP transistorunda P-N ve N-P şeklinde bir diyot model yapısı oluşturulabilir. Bu yapılar ise Şekil 7.5'de gösterilmiştir.



Şekil 7.5. Diyot Modelleri

Şekil 7.6 'da transistorun beyzine V_{BB} gerilim kaynağının artı ucu, emiterine eksi ucu bağlanmıştır. Şekil 7.5 'de de gösterildiği gibi transistorun **beyz-emiter** arası ve **kollektor-beyz** arası bir **diyot** gibi düşünülebilir.

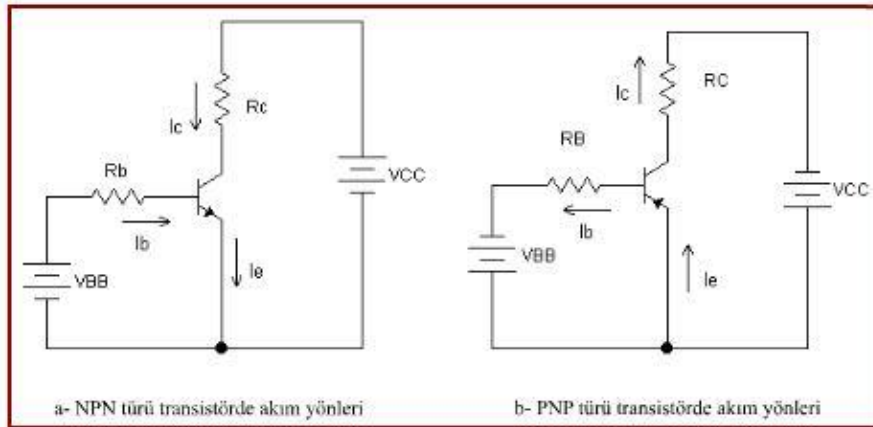


Şekil 7.6. Transistorun Çalışması

Şekil 7.6 'daki kutuplandırmada beyz emiter arasındaki diyot, düz yönde polarlanmıştır dolayısıyla burada VBB kaynağının eksisinden yola çıkan elektronlar emiterden geçerek beyze ulaşacak, buradan da VBB kaynağının artı ucuna ulaşmaya çalışacaktır. Ancak, transistorun emiter ve kollektör kısımlarının geçirgenliği beyz bölgesi geçirgenliğine göre çok daha fazla olduğundan, emiterden beyze geçen elektronlar beyzde birikmeye başlar. Kollektöre uygulanan ve değeri VBB gerilimine göre daha yüksek olan Vcc gerilim kaynağının artı ucu ise beyzde biriken elektronları kendine doğru çekip elektron hareketini sağlayacaktır. Elektron hareketine ters yönlü ise akım akışı gerçekleşecektir. Şekil 7.6' da şekil üzerinde de görülebildiği gibi **kollektör akımı ile beyz akımı toplamı emiter akımına eşittir. ($I_c + I_B = I_E$)**

Transistorların çalışabilmesi için, yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi **beyz emiter arası düz yönde, kollektör beyz arası ters yönde** kutuplandırılmalıdır. Aksi kutuplandırmalar transistorun çalışmamasına, istenmeyen şekilde çalışmasına yada tahrip olmasına neden olacaktır.

Şekil 7.7 (a)' da NPN türü bir transistorun, Şekil 7.7 (b)' de ise **PNP türü** bir transistorun uçlarından geçen akım yönleri gösterilmiştir. Görüldüğü gibi PNP türü transistoru çalıştırabilmek için NPN transistorda olduğu gibi beyz-emiter arası diyotu iletimde, kollektör-beyz arasındaki diyot yalıtımda tutulacak şekilde gerilim uygulanmıştır.



Şekil 7.7 Transistorlarda Akım Yönleri

KAYNAKLAR

- 1- **Temel Elektronik Ders İçerikleri** - Öğr. Gör. Eser SERT, Öğr. Gör. Aytaç KARAMANLIOĞLU, Trakya Üniversitesi Tunca Meslek Yüksekokulu, Edirne-2009