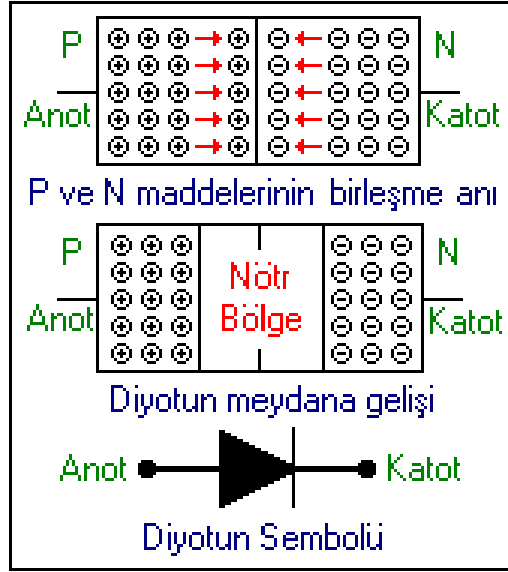


Temel Elektronik Devre Elemanları ve Çalışma İlkeleri

Derleyen: Dr. Tayfun Demirtürk
E-mail: tdemirturk@pau.edu.tr

Yarı İletkenli Elektronik Devre Elemanları

1 - Diyot:



Diyot tek yöne elektrik akımını ileten bir devre elemanıdır. Diyotun P kutbuna "Anot", N kutbuna da "Katot" adı verilir. Genellikle AC akımı DC akıma dönüştürmek için Doğrultmaç devrelerinde kullanılır. Diyot N tipi madde ile P tipi maddenin birleşiminden oluşur. Bu maddeler ilk birleştirildiğinde P tipi maddedeki oyuklarla N tipi maddedeki elektronlar iki maddenin birleşim noktasında buluşarak birbirlerini nötrlerler ve burada "Nötr" bir bölge oluşturulur. Yandaki şekilde Nötr bölgeyi görebilirsiniz. Bu nötr bölge, kalan diğer elektron ve oyukların birleşmesine engel olur. Yandaki şekilde diyotun sembolünü görebilirsiniz. Şimdide diyotun doğru ve ters polarmalara karşı tepkilerini inceleyelim.

Diyot Çeşitleri

- Kristal Diyot
- Zener Diyot
- Tünel Diyot
- Işık Yayan Diyot (Led)
- Foto Diyot
- Ayarlanabilir Kapasiteli Diyot (Varaktör - Varikap)

Diğer Diyotlar

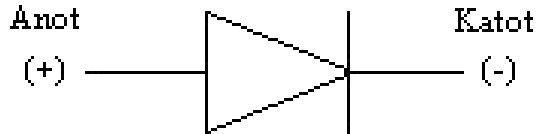
- Mikrodalga Diyotları
- Gunn Diyotları
- Impatt (Avalanş) Diyot
- Baritt (Schottky) Diyot
- Ani Toparlanmalı Diyot
- Pin Diyot
- Büyük Güçlü Diyotlar

Diyodun Temel Yapısı

Diyot Nedir?

Diyotlar, yalnızca bir yönde akım geçiren devre elemanıdır. Diğer bir deyimle, bir yöndeki dirençleri ihmal edilebilecek kadar küçük, öbür yöndeki dirençleri ise çok büyük olan elemanlardır. Direncin küçük olduğu yöne "doğru yön" ,büyük olduğu yöne "ters yön" denir. Diyot sembolü, aşağıda görüldüğü gibi, akım geçiş yönünü gösteren bir ok şeklindedir.

Diyot Sembolü:



Ayrıca, diyodun uçları pozitif (+) ve negatif (-) işaretleri ile de belirlenir.

"+" ucu anot, "-" ucu katot denir. Diyodun anaduna, gerilim kaynağının pozitif (+) kutbu, katoduna kaynağın negatif (-) kutbu gelecek şekilde gerilim uygulandığında diyot iletme geçer.

Diyodun kullanım alanları:

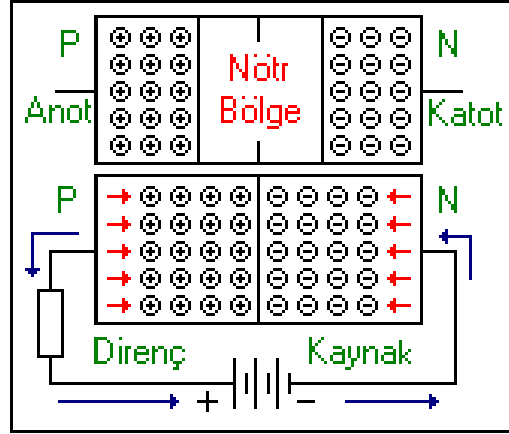
Diyotlardan, elektrik alanında redresör (doğrultucu), elektronikte ise; doğrultucu, detektör, modülatör, limitör, anahtar olarak çeşitli amaçlar için yararlanılmaktadır.

Diyotların Gruplandırılması:

Diyotlar başlıca üç ana gruba ayrılır:

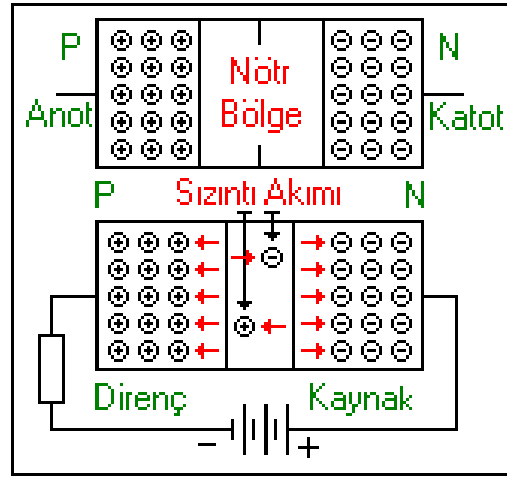
- Lamba diyotlar
- Metal diyotlar
- Yarı iletken diyotlar

Doğru Polarma:



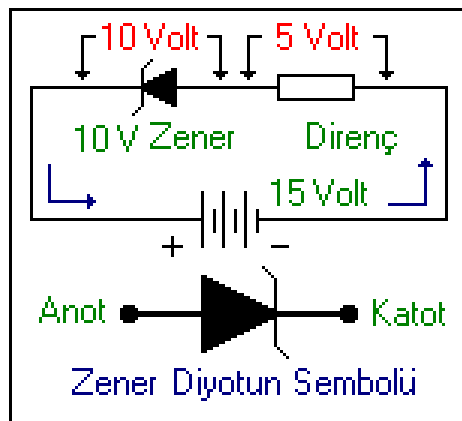
Anot ucuna güç kaynağının pozitif (+) kutbu katot ucunada güç kaynağının negatif (-) kutbu bağlandığında P tipi maddedeki oyuklar güç kaynağının pozitif (+) kutbu tarafından, N tipi maddedeki elektronlar da güç kaynağının negatif (-) kutbu tarafından itilirler. Bu sayede aradaki nötr bölge yıkılmış olur ve kaynağın negatif (-) kutbunda pozitif (+) kutbuna doğru bir elektron akışı başlar. Yani diyot iletme geçmiştir. Fakat diyot nötr bölümü aşmak için diyot üzerinde 0.6 Voltluk bir gerilim düşümü meydana gelir. Bu gerilim düşümü Silisyumlu diyotlarda 0.6 Volt, Germanyum diyotlarda ise 0.2 Volttur. Bu gerilime diyotun "Eşik Gerilimi" adı verilir. Birde diyot üzerinde fazla akım geçirildiğinde diyot zarar görüp bozulabilir. Diyot üzerinden geçen akımın düşürülmesi için devreye bir seri direnç bağlanmıştır. İdeal diyotta bu gerilim düşümü ve sızıntı akımı yoktur.

Ters Polarma:



Diyotun katot ucuna güç kaynağının pozitif (+) kutbu, anot ucuna da güç kaynağının negatif (-) kutbu bağlandığında ise N tipi maddedeki elektronlar güç kaynağının negatif (-) kutbu tarafından, P tipi maddedeki oyuklarda güç kaynağının pozitif (+) kutbu tarafında çekilirler. Bu durumda ortadaki nötr bölge genişler, yani diyot yalıtıma geçmiş olur. Fakat Azınlık Taşıyıcılar bölümündede anlattığımız gibi diyota ters gerilim uygulandığında diyot yalıtımda iken çok küçük derecede bir akım geçer. Bunada "Sızıntı Akımı" adı verilir. Bu istenmeyen bir durumdur.

2 - Zener Diyot:



Zener diyotlar normal diyotların delinme gerilimi noktansından faydalanılarak yapılmıştır. Zener diyot doğru polarmada normal diyot gibi çalışır. Ters polarmada ise zener diyota uygulanan gerilim "Zener Voltajı" 'nın altında ise zener yalıtıma geçer. Fakat bu voltajın üzerine çıkıldığında zener diyotun üzerine düşen gerilim zener voltajında sabit kalır. Üzerinden

geçen akım değişken olabilir. Zenerden arta kalan gerilim ise zenere seri bağlı olan direncin üzerine düşer. Üretici firmalar 2 volttan 200 volt değerine kadar zener diyot üretirler. Zener diyotlar voltajı belli bir değerde sabit tutmak için yani regüle devrelerinde kullanılır. Yan tarafta zener diyotun simgesi, dış görünüşü ve ters polarmaya karşı tepkisi görülmektedir.

Zener Diyot ve Karakteristiği

Zener diyot jonksiyon diydodun özel bir tipidir.

Zener Diydodunun Özellikleri:

- Doğru polarmalı halde normal bir diydod gibi çalışır (Şekil 3.14).
- Ters polarmalı halde, belirli bir gerilimden sonra ilettime geçer.
Bu gerilime zener dizi gerilimi, veya daha kısa olarak zener gerilimi denir (Şekil 3.14- V_Z).
- Ters gerilim kalkınca, zener diydotta normal haline döner.
- Devrelerde, ters yönde çalışacak şekilde kullanılır.
- Bir zener diydod zener gerilimi ile anılır. Örn: "30V 'luk zener" denildiğinde, 30V 'luk ters gerilimde çalışmaya başlayan zener diydod demektir. (Şekil 3.14).
- Silikon yapılıdır.
- Zener diydod, ters yön çalışması sırasında oluşacak olan aşırı akımdan dolayı bozulabilir.
Bu durumu önlemek için devresine daima seri bir koruyucu direnç bağlanır (Şekil 3.16- R_S).

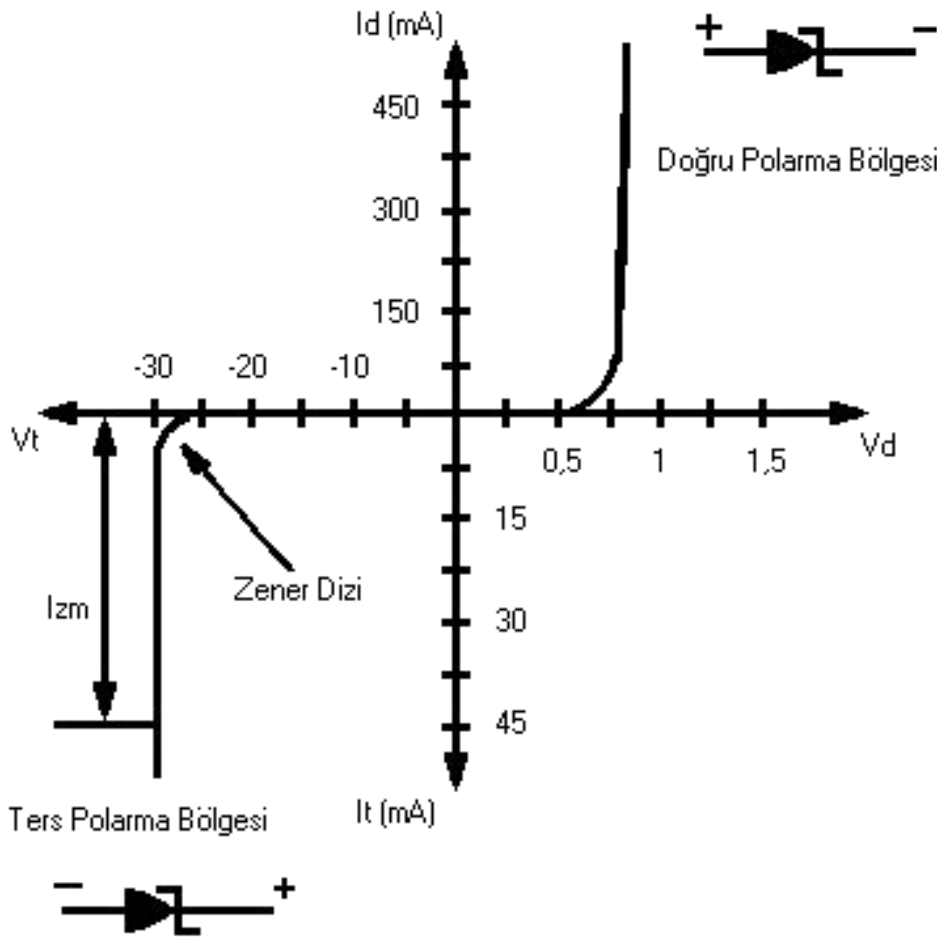
Her zaman zener diydodun katalogunda şu bilgiler bulunur:

- Gücü
- Ters yön gerilimi(V_Z),
- Maksimum ters yön akımı(I_{ZM}),
- Ters yöndeki maksimum kaçak akımı,
- Maksimum direnci
- Sıcaklık sabiti.
- Şu limit değerlerde çalışan zener diydodlar üretilmektedir:
- Maksimum zener akımı (I_{ZM}): 12A

- Zener gerilimi (V_Z): 2 - 200V arası
- Maksimum gücü: 100Watt
- Maksimum ters yön kaçak akımı: 150 μ A (mikro amper)
- Maksimum çalışma sıcaklığı: 175°C.
- Çalışma ortamı sıcaklığı arttıkça zener gerilim küçülür.

Zener geriliminin ayarı:

Zener gerilimin ayarı birleşme yüzeyinin iki tarafında oluşan boşluk bölgesinin (nötr bölge) genişliğinin ayarlanması yoluyla sağlanmaktadır. Bunun içinde çok saf silikon kristal kullanılmakta ve katkı maddesi miktarı değiştirilmektedir. Boşluk bölgesi daraldıkça zener diyot daha küçük ters gerilimde iletme geçmektedir.



Şekil 3.14 - Zener diyot karakteristik eğrisi

Zener gücünün ayarı:

Zener gücü, birleşme yüzeyinin büyüklüğüne ve diyodun üretiminde kullanılan silikonun saflık derecesiyle, katkı maddesinin miktarına bağlıdır. Ayrıca diyot ısındıkça gücüde düşeceğinden,

soğutulmasıyla ilgili önlemlerin alınması da gerekir.

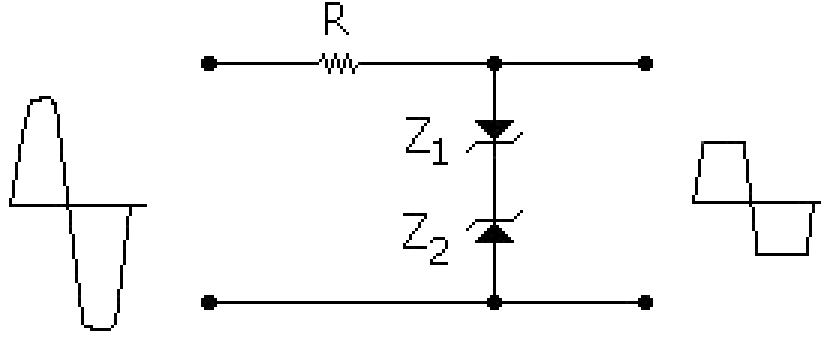
Zener Diyodun Kullanım Alanları:

1 - Kırpma Devresinde:

Şekil 3.15 'de görüldüğü gibi iki zener diyot ters bağlandığında basit ve etkili bir kırpma devresi elde edilir.

Örneğin:

Devre girişine tepe değeri 10V olan bir AC gerilim uygulansın ve kırpma işlemi için, zener gerilimi 5V olan iki Z_1 , Z_2 zener diyodu kullanılsın.



Şekil 3.15 - İki zener diyotlu tam dalga kırpma devresi

- AC gerilimin pozitif alternansı başlangıcında Z_1 zeneri doğru polarmalı ve iletimde, Z_2 zeneri ise ters polarmalı ve kesimde olacaktır.
- Giriş gerilimi +5V 'a ulaştığında Z_2 'de ilettime geçer ve dolayısıyla da çıkış uçları arasında +5V oluşur. Keza, R direnci üzerindeki gerilim düşümü de 5V 'tur.
- AC gerilimin diğer alternansında da Z_1 ters polarmalı hale gelir ve bu defa da çıkışta tepesi kırılmış 5V 'luk negatif alternans oluşur.
- R direnci, devreden akacak akımın Zener diyotları bozmayacak bir değerde kalmasını sağlayacak ve 5V 'luk gerilim düşümü oluşturacak şekilde seçilmiştir.

2 - Zener Diyodun Gerilim Regülatörü Olarak Kullanılması:

Zener diyottan, çoğunlukla, DC devrelerdeki gerilim regülasyonu için yararlanılmaktadır.

Buradaki regülasyondan amaç, gerilimin belirli bir değerde sabit tutulmasıdır. Bunun için zener

diyot, şekil 3.16 'da görüldüğü gibi, gerilimi sabit tutmak istenen devre veya yük direncine paralel ve ters polarmalı olarak bağlanır. Diyot uçlarına gelen gerilim, zener değerine ulaştığında diyot iletme geçer ve uçları arasındaki gerilim sabit kalır.

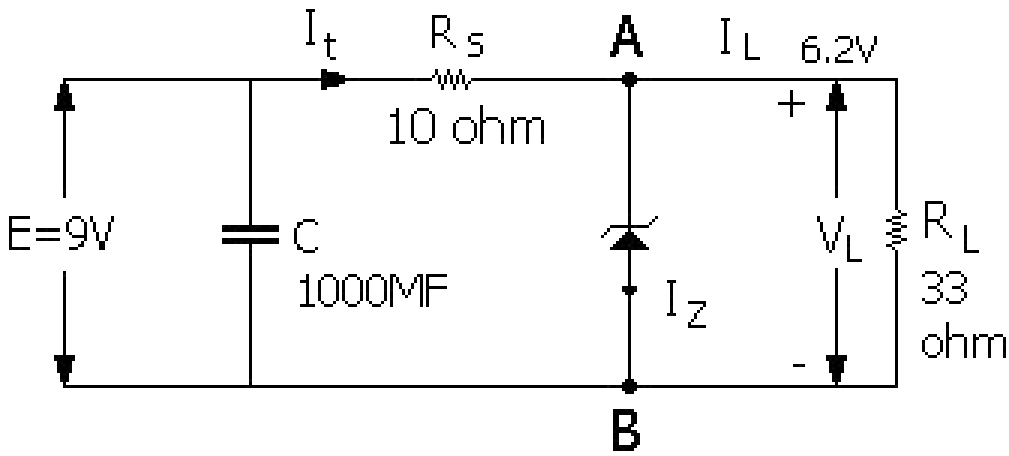
Örnek: Şekil 3.16 'da verilmiş olan devrede RL yük direnci uçları arasındaki VL gerilimi 6.2V 'ta sabit tutulmak istensin.

Bunu sağlamak için, şekilde görüldüğü gibi RL 'e paralel bağlı zener diyodun ve seri bağlı bir RS direncinin seçimi gerekir.

Ayrıca, bir de C kondansatörünün paralel bağlanmasında yarar vardır. Bu kondansatör, gerilim dalgalanmalarını ve başka devrelerden gelebilecek parazit gerilimlerini önleyici görev yapar.

Değeri, devre geriliminin büyüklüğüne göre, hesaplanır. Şekildeki bir devre için 30V - 1000µF 'lık bir kondansatör uygundur.

Burada birinci derecede önemli olan, RS direnci ile zener diyodun seçimidir.



Şekil 3.16 - Zener diyodun gerilim regülatörü olarak kullanılması

Seri RS direncinin seçimi:

Önce RS direncine karar vermek gerekir;

Kaynak gerilimi: $E=V=9V$

Yük direnci ve uçları arasındaki gerilim: $R_L=33\text{ Ohm}$, $V_L=6.2V$

Bu durumda, zener diyot dikkate alınmadan, $V_L=6.2V$ 'u oluşturabilmek için kaç ohm 'luk bir

R_S direncinin gerektiği hesaplanmalıdır.

$$E = I_L \cdot R_S + V_L \quad \text{ve} \quad I_L = V_L / R_L \text{ 'dir.}$$

Birinci formüldeki I_L yerine, ikinci formüldeki eşitini yazıp, değerler yerine konulursa:

$$9 = 6,2/33 \cdot R_S + 6,2 \quad \text{olur.}$$

Buradan R_S çözülürse:

$$R_S = (9 - 6,2)33/6,2 \text{ 'den,} \quad R_S = 14,9 = 15 \text{ (ohm) olarak bulunur.}$$

$R_S = 15 \text{ Ohm}$ 'luk direnç bağlandığında, "E" gerilimi 9V 'ta sabit kaldığı sürece R_L yük direnci uçları arasında sürekli olarak 6.2V oluşacaktır.

"E" geriliminin büyümesi halinde, A-B noktaları arasındaki V_{A-B} gerilimi de 6.2V 'u aşacağından, 6.2V 'luk bir ZENER diyot kullanıldığında, R_L uçları arasındaki gerilim sabit kalacaktır. Ancak, yalnızca gerilime göre karar vermek yeterli değildir.

Bu durumda nasıl bir zener diyot kullanılmalıdır?

Zener diyodun seçimi:

Zener gerilimi 6.2V olan bir zener diyot R_L direncine paralel bağlandığında $V_L = 6.2V$ 'ta sabit kalır. Ancak, E giriş geriliminin büyümesi sırasında zener diyottan akacak olan akımın, diyodun dayanabileceği "maksimum ters yön zener akımından" (I_{ZM}) büyük olması gerekir. Zener diyot buna göre seçilmelidir. 6.2V 'luk olup ta değişik I_{ZM} akımlı olan zener diyotlar vardır.

Örneğin:

Aşağıdaki tabloda, bir firma tarafından üretilen, 6.2V 'luk zenerlere ait I_{ZM} akımı ve güç değerleri verilmiştir.

Zener Maksimum akımı (I_{ZM}) (mA)	33	60	146	1460	7300
Zener Gücü (W)	0.25	0.4	1	10	50

Bu zenerler den hangisinin seçileceğine karar vermeden önce yük direncinden geçecek akımı bilmek gerekir: Şekil 3.16 'daki devrenin yük direncinden geçen akım aşağıdaki gibi olur.

$$I_L = V_L / R_L = 6.2/33 = 0.188A = 188mA$$

E geriliminin büyümesi halinde oluşacak devre akımının 188mA 'ın üstündeki miktarı zener diyottan akacaktır.

Örneğin:

E geriliminin ulaştığı maksimum gerilim; $E = 12.2V$ olsun. Zener diyottan geçecek olan akımın değeri şu olacaktır: Kirchhoff kanununa göre:

$$12.2 = I_t \cdot R_s + 6.2 \quad (I_t \text{ devreden akan toplam akımdır.})$$

$R_s = 15$ yerine konarak I_t çözülürse;

$$I_t = (12.2 - 6.2) / 15 = 6 / 15 \text{ 'den } I_t = 0.4A = 400mA \text{ olur.}$$

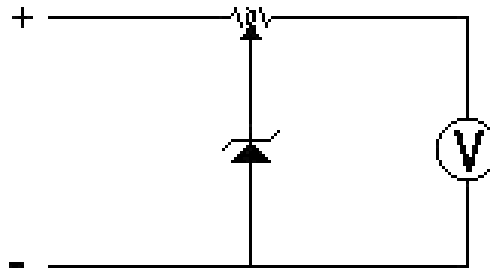
Bu 400mA 'den 188mA 'i R_L yük direncinden geçeceğine göre;

Zener diyottan geçecek olan I_Z akımı: $I_Z = 400 - 188 = 212mA$ 'dir.

Bu değer, yukarıdaki tabloya göre: 10W 'lık zenerin maksimum akımı olan 1460mA 'den küçük, 1W 'lık zenerin maksimum akımı olan 146mA 'den büyüktür. Böyle bir durumda 10W 'lık zener kullanılacaktır. Aslında, 212mA 'lık zener için 1460mA 'lık zener kullanmakta doğru değildir. Daha uygun bir zener seçimi için başka üretici listelerine de bakmak gerekir.

3 - Ölçü Aletlerinin Korunmasında Zener Diyot

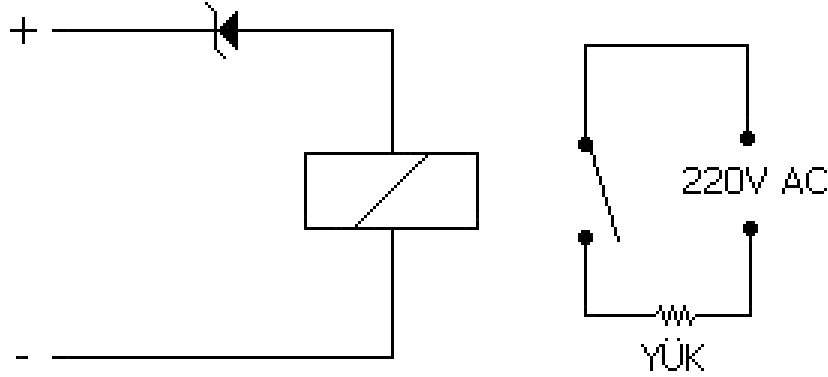
Döner çerçeveli ölçü aletlerinin korunmasında, zener diyot şekil 3.17 'deki gibi paralel bağlanır. Bu halde zener gerilimi, voltmetre skalasının son değerine eşittir. Ölçülen gerilim zener gerilimini aşınca diyot ters yönde iletken hale geçerek ölçü aletinin zarar görmesini engeller. Ayar olanağı sağlamak için birde potansiyometre kullanılabilir.



Şekil 3.17 - Döner çerçeveli ölçü aletinin zener diyot ile korunması

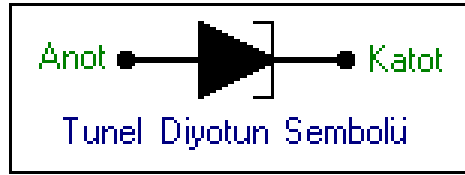
4 - Rölenin Belirli Bir Gerilimde Çalıştırılmasında Zener Diyot

Şekil 3.18 'deki gibi zener diyot, röleye seri ve ters yönde bağlanmıştır. Röle, ancak uygulanan gerilimin, Zener gerilimi ile röle üzerinde oluşacak gerilim düşümü toplamını aşmasından sonra çalışmaktadır.



Şekil 3.18 - Ancak zener gerilimi üstünde çalışabilen röle devresi

3 - Tünel Diyot:



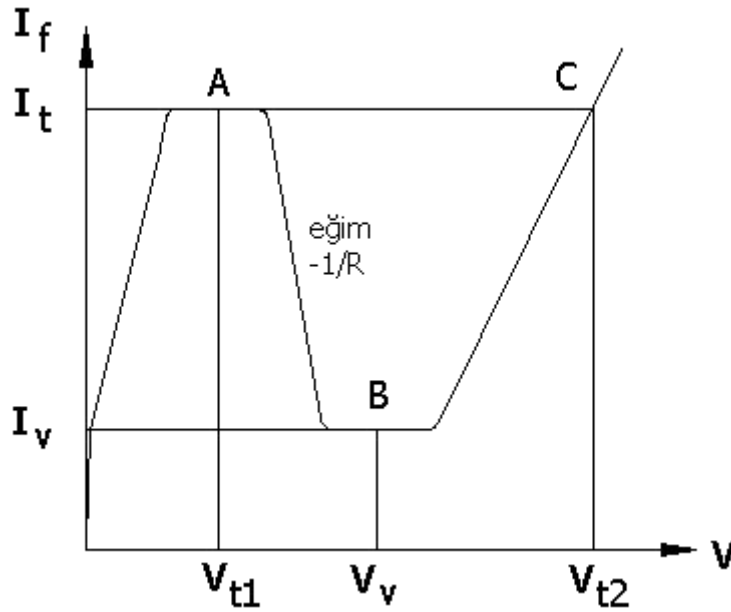
Saf silisyum ve Germanyum maddelerine daha fazla katkı maddesi katılarak Tünel diyotlar imal edilmektedir. Tünel diyotlar ters polarma altında çalışırlar. Üzerine uygulanan gerilim belli bir seviyeye ulaşana kadar akım seviyesi artarak ilerler. Gerilim belli bir seviyeye ulaştıktan sonrada üzerinden geçen akımda düşüş görülür. Tünel diyotlar bu düşüş gösterdiği bölge içinde kullanılırlar. Tünel diyotlar yüksek frekanslı devrelerde ve osilatörlerde kullanılır. Yan tarafta tünel diyotun sembolü ve dış görünüşü görülmektedir.

Tünel Diyot ve Karakteristiği

Tünel diyotlar, özellikle mikro dalga alanında yükselteç ve osilatör olarak yararlanılmak üzere üretilmektedir. Tünel diyoda, esaslarını 1958 'de ilk ortaya koyan Japon Dr. Lee Esaki 'nin adından esinlenerek "Esaki Diyodu" da denmektedir.

Yapısı:

P-N birleşme yüzeyi çok ince olup, küçük gerilim uygulamalarında bile çok hızlı ve yoğun bir elektron geçişi sağlanmaktadır. Bu nedenledir ki Tünel Diyot, 10.000 MHz 'e kadar ki çok yüksek frekans devrelerinde en çok yükselteç ve osilatör elemanı olarak kullanılır.



Şekil 3.19 - Tünel diyodun karakteristik eğrisi. **Çalışması:**

Şekil 3.19 'da da görüldüğü gibi, tünel diyoda uygulanan gerilim V_{t1} değerine gelinceye kadar gerilim büyüdükçe akım da artıyor. Gerilim büyümeye devam edince, akım A noktasındaki I_t değerinden düşmeye başlıyor. Gerilim büyümeye devam ettikçe, akım B noktasında bir müddet I_v değerinde sabit kalıp sonra C noktasına doğru artıyor. C noktası gerilimi V_{t2} , akımı yine I_t 'dir. Bu akıma "Tepe değeri akımı" denilmektedir. Gerilimi, V_{t2} değerinden daha fazla arttırmamak gerekir. Aksi halde geçen akım, I_t tepe değeri akımını aşacağından diyot bozulacaktır. $I = f(V)$ eğrisinin A-B noktaları arasındaki eğimi negatif olup, $-1/R$ ile ifade edilmekte ve diyodun bu bölgedeki direnci de negatif direnç olmaktadır. Tünel diyot A-B bölgesinde çalıştırılarak negatif direnç özelliğinden yararlanır.

Tünel Diyodun Üstünlükleri:

- Çok yüksek frekansta çalışabilir.
- Güç sarfıyatı çok düşüktür. 1mW 'ı geçmemektedir.

Tünel Diyodun Dezavantajları:

- Stabil değildir. Negatif dirençli olması nedeniyle kontrolü zordur.
- Arzu edilmeyen işaretlere de kaynaklık yapmaktadır.

Tünel Diyodun Kullanım Alanları:

Yükselteç Olarak Kullanılması:

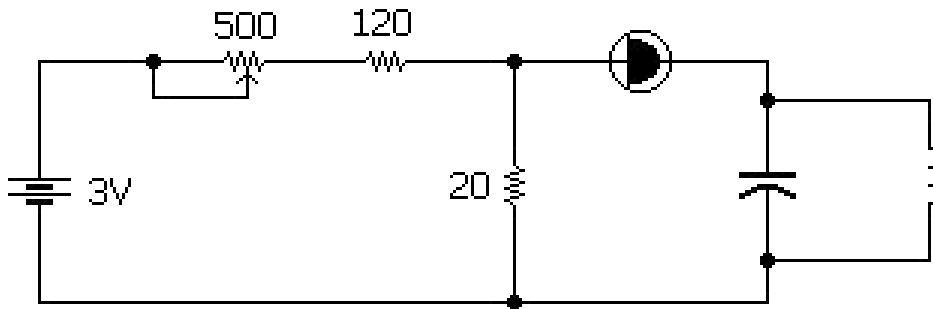
Tünel diyot, negatif direnci nedeniyle, uygun bir bağlantı devresinde kaynaktan çekilen akımı arttırmakta, dolayısıyla bu akımın harcandığı devredeki gücün yükselmesini sağlamaktadır.

Osilatör Olarak Kullanılması:

Tünel diyotlardan MHz mertebesinde osilatör olarak yararlanılabilmektedir. Bir tünel diyot ile osilasyon sağlayabilmek için negatif direncinin diğer rezonans elemanlarının pozitif direncinden daha büyük olması gerekir. Tünel diyoda Şekil 3.20 'de görüldüğü gibi seri bir rezonans devresi bağlanabilecektir. Tünel diyodun negatif direnci - $R=80$ Ohm olsun. Rezonans devresinin direnci 80 Ohm 'dan küçük ise tünel diyot bu devrenin dengesini bozacağından osilasyon doğacaktır.

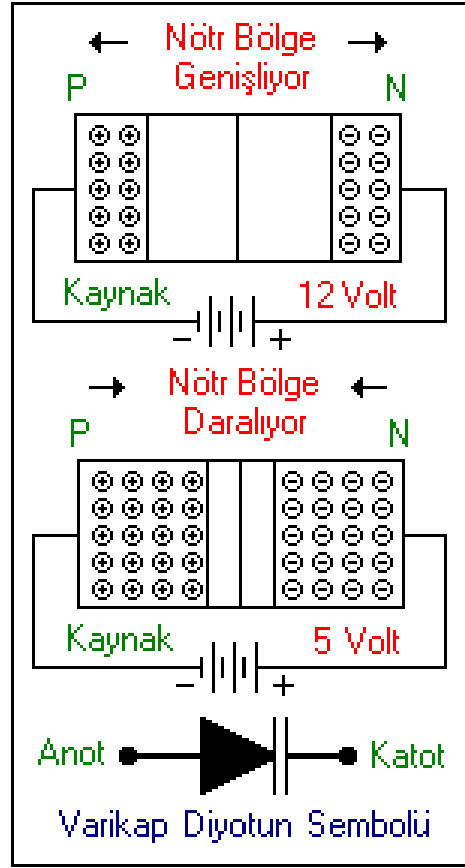
Tünel Diyodun Anahtar Olarak Kullanılması:

Tünel diyodun önemli fonksiyonlarından biri de elektronik beyinlerde multivibratörlerde, gecikmeli osilatörlerde, flip-flop devrelerinde ve benzeri elektronik sistemlerde anahtar görevi görmesidir. Ancak bu gibi yerlerdeki kullanıma durumları daha değişik özellik gösterdiğinden ayrı bir inceleme konusudur.



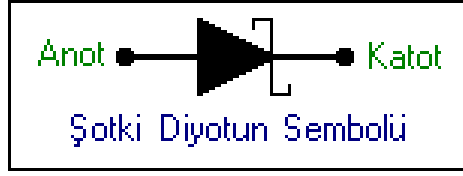
Şekil 3.20 - Tünel diyot osilatörü

4 - Varikap Diyot:



Bu devre elemanını size anlatabilmem için ilk önce ön bilgi olarak size kondansatörden bahsetmem gerekecek. Kondansatörün mantığı, iki iletken arasında bir yalıtkan olmasıdır. Ve bu kondansatördeki iletkenlerin arasındaki uzaklık artırılarak ve azaltılarak kapasitesi değiştirilen kondansatörler mevcuttur. Fakat bunların bir dezavantajı var ki bu da çok maliyetli olması, çok yer kaplaması ve elle kumanda edilmek zorunda olması. Bu kondansatör türüne "Variable Kondansatör" diyoruz. Şimdi variable kondansatörlere her konuda üstün gelen bir rakip olan "Varikap Diyotu" anlatacağım. Varikap diyot, uçlarına verilen gerilime oranla kapasite değiştiren bir ayarlı kondansatördür ve ters polarma altında çalışır. Boyut ve maliyet olarak variable kondansatörlerden çok çok kullanışlıdır. Diyot konusunda gördüğünüz gibi diyot da kondansatör gibi iki yarı iletken maddenin arasında nötr bölge yani yalıtkindan oluşur. Yan tarafta görüldüğü gibi üzerine uygulanan ters polarma gerilimi arttıkça taktirde aradaki nötr bölge genişler. Bu da iki yarı iletkenin aralarındaki mesafeyi artırır. Böylece diyotun kapasitesi düşer. Gerilim azaltıldığında ise tam tersi olarak nötr bölge daralır ve kapasite artar. Bu eleman televizyon ve radyoların otomatik aramalarında kullanılır.

5 - Şotki (Schottky) Diyot:



Normal diyotlar çok yüksek frekanslarda üzerine uygulanan gerilimin yön değiştirmesine karşılık veremezler. Yani iletken durumdan yalıtkan duruma veya yalıtkan durumdan iletken duruma geçemezler. Bu hızlı değişimlere cevap verebilmesi için şotki diyotlar imal edilmiştir. Şotki diyotlar normal diyotun n ve p maddelerinin birleşim yüzeyinin platinle kaplanmasıyla meydana gelmiştir. Birleşim yüzeyi platinle kaplanarak ortadaki nötr bölge inceltirilmiş ve akımın nötr bölgeyi aşması kolaylaştırılmıştır.

Diğer Diyotlar

Mikrodalga Diyotları

Mikrodalga frekansları; uzay haberleşmesi, kıtalar arası televizyon yayını, radar, tıp, endüstri gibi çok geniş kullanım alanları vardır. Giga Hertz (GHz) mertebesindeki frekanslardır. Mikro dalga diyotlarının ortak özelliği, çok yüksek frekanslarda dahi, yani devre akımının çok hızlı yön değiştirmesi durumunda da bir yönde küçük direnç gösterecek hıza sahip olmasıdır.

Mikrodalga bölgelerinde kullanılabilen başlıca diyotlar şunlardır:

- Gunn (Gan) diyotları
- Impatt (Avalanş) diyotları
- Baritt (Schottky)(Şotki) diyotları
- Ani toparlanmalı diyotlar
- P-I-N diyotları

Gunn Diyotları

İlk defa 1963 'te J.B. Gunn tarafından yapıldığı için bu ad verilmiştir. Gunn diyonu bir osilatör elemanı olarak kullanılmaktadır. Yapısı, N tipi Galliyum arsenid (GaAs) veya İndiyum fosfat (InP) 'den yapılacak ince çubukların kısa kısa kesilmesiyle elde edilir. Gunn diyoda gerilim uygulandığında, gerilimin belirli bir değerinden sonra diyot belirli bir zaman için akım geçirir

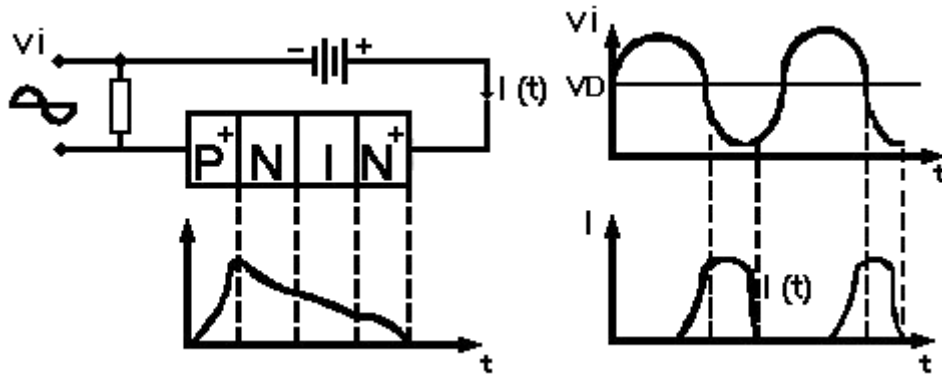
belirli bir zamanda kesimde kalmaktadır. Böylece bir osilasyon oluşmaktadır.

Örnek: 10 μ m boyundaki bir gunn diyodunun osilasyon periyodu yaklaşık 0,1 nanosaniye tutar. Yani osilasyon frekansı 10GHz 'dir.

Impatt (Avalans) Diyot

Impatt veya avalanş (çığ) diyotlar Gunn diyotlara göre daha güçlüdürler ve çalışma gerilimi daha büyüktür. Mikrodalga sistemlerinin osilatör ve güç katlarında yararlanılır.

1958 'de Read (Rid) tarafından geliştirilmiştir. Bu nedenle Read diyonu da denir. Şekil 3.33 'te görüldüğü gibi $P^+ - N - I - N^+$ veya $N^+ - P - I - P^+$ yapıya sahiptir. Ters polarmalı olarak çalışır. Yapımında ana elemanlar olarak Slikon ve Galliyum arsenid (GaAs) kullanılır. Diyot içerisindeki P^+ ve N^+ tipi kristaller, içerisindeki katkı maddeleri normal haldekinden çok daha fazla olan P, N kristalleridir. "I" tabakası ise iyonlaşmanın olmadığı bir bölgedir. Taşıyıcılar buradan sürüklenerek geçer ve etrafına enerji verirler.



Şekil 3.33 - impatt diyot yapısı ve çalışma şekli

Baritt (Schottky) Diyot

Baritt Diyotlar 'da nokta temaslı diyotlar gibi metal ve yarı iletken kristalinin birleştirilmesi ile elde edilmektedir. Ancak bunlar jonksiyon diyot tipindedir. Değme düzeyi (jonksiyon) direnci çok küçük olduğundan doğru yön beslemesinde 0.25V 'ta dahi kolaylıkla ve hızla iletim sağlamaktadır. Ters yöne doğru akan azınlık taşıyıcıları çok az olduğundan ters yön akımı küçüktür. Bu nedenle de gürültü seviyeleri düşük ve verimleri yüksektir. Farklı iki ayrı gruptaki elemandan oluşması nedeniyle baritt diyotların dirençleri (lineer) değildir. Dirençlerin düzgün olmaması nedeniyle daha çok mikrodalga alıcılarında karıştırıcı olarak kullanılır. Ayrıca, modülatör, demodülatör, detektör olarak ta yararlanılır.

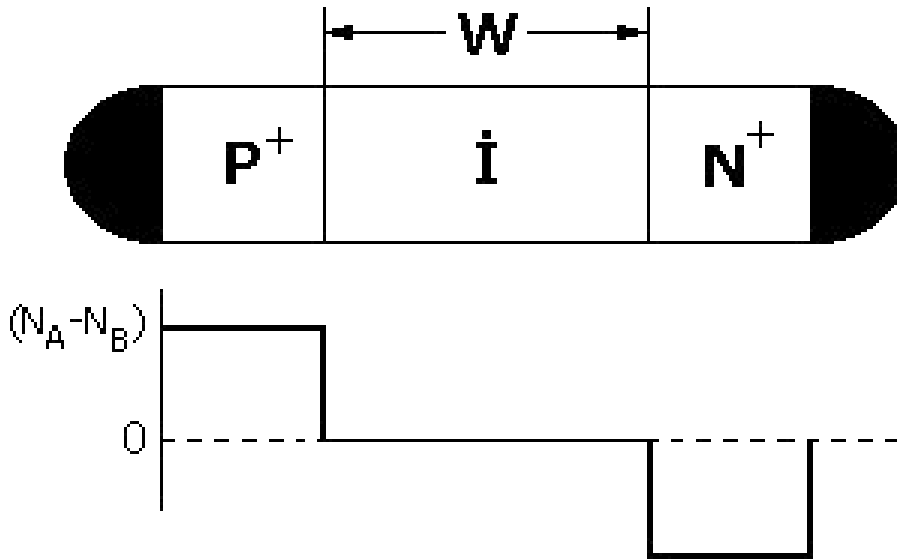
Ani Toplamalı Diyot

Ani toparlanmalı (Step-Recovery) diyotlar varaktör diyotların daha da geliştirilmişlerdir.

Varaktör diyotlar ile frekansların iki ve üç kat büyütölmeleri mümkün olabildiği halde, ani toparlanmalı diyotlar ile 4 ve daha fazla katları elde edilebilmektedir.

Pin Diyot

P-I-N diyotları P^+-I-N^+ yapıya sahip diyotlardır. P^+ ve N^+ bölgelerinin katkı maddesi oranları yüksek ve I bölgesi büyük dirençlidir. Şekil 3.34 'te P-I-N diyodunun yapısı verilmiştir. Alçak frekanslarda diyot bir P-N doğrultucu gibi çalışır. Frekans yükseldikçe I bölgesi de etkinliğini gösterir. Yüksek frekanslarda I bölgesinin doğru yöndeki direnci küçük ters yöndeki direnci ise büyüktür. Diyodun direnci uygulama yerine göre iki limit arasında sürekli olarak veya kademeli olarak değiştirilebilmektedir. P-I-N diyotlar değişken dirençli eleman olarak, mikrodalga devrelerinde, zayıflatıcı, faz kaydırıcı, modölatör, anahtar, limitör gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

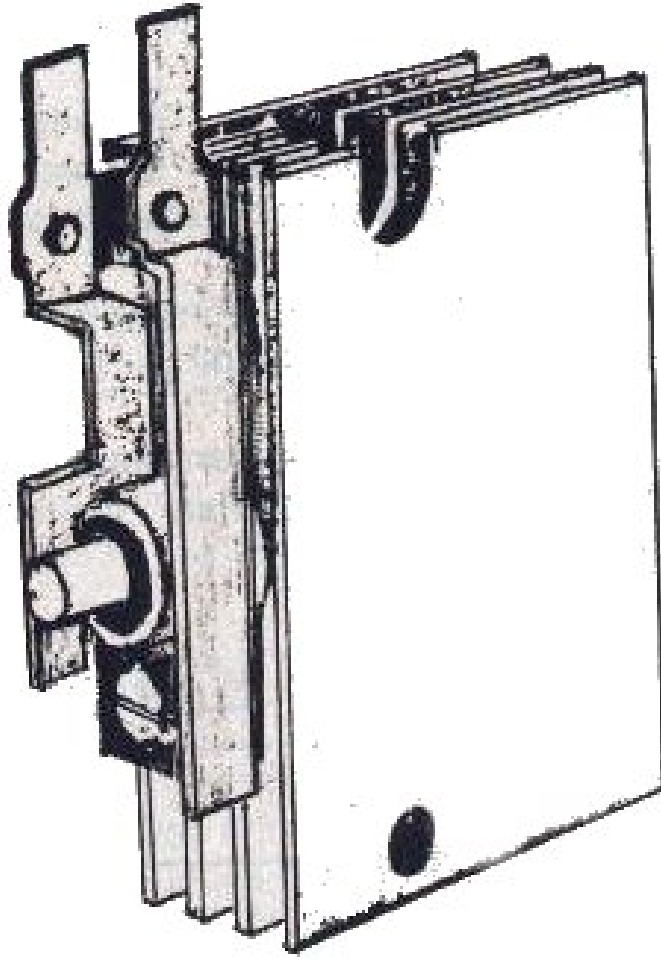


Şekil 3.34 - P-I-N Diyot.

Büyük Güçlü Diyotlar

2W 'ın üzerindeki diyotlar Büyük Güçlü Diyotlar olarak tanımlanır. Bu tür diyotlar, büyük değerli DC akıma ihtiyaç duyulan galvano-plastik, ark kaynakları gibi devrelere ait doğrultucularda kullanılmaktadır. Tablo 3.1 'de belirtilmiş olduğu gibi 1500-4000V arası ters gerilime ve 1000A 'e kadar doğru akımına dayanabilen SİLİKON DİYOTLAR üretilebilmektedir. Şekil 3.35 'te 200A 'lık bir silikon diyot örneği verilmiştir. Bu tür diyotlar

aşırı akım nedeniyle fazla ısındığından Şekilde görüldüğü gibi soğutuculara monte edilirler.



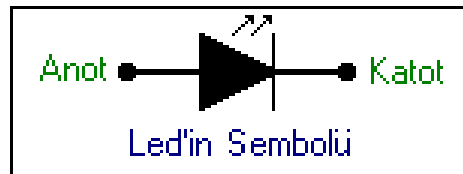
Şekil 3.35 - Soğutucuya monte edilmiş 200A 'lık silikon diyot

Diyot Sembolleri

Tablo 3.2 - En çok kullanılan diyotların sembolleri

Genel	
Zener diyet	
İki yönlü zener diyet	
Tünel diyet	
Değişken kapasiteli diyet (varaktör)	
Shockley (4D) - FPNP- diyodu	
Varistor (gerilime göre değişen direnc-iki yönlü diyet)	
Foto diyet	
Shockley foto diyodu	
Simetrik foto diyet	
Isık yayan diyet	
Foto voltajık eleman (fotoseli)	
(Güneş pili ışık pili)	
Fotoeleman (genel)	
Ters diyet	
Akım regülasyon diyodu	
Gunn diyet	
Fotorezistans (fotodirenc)	

6 - Led Diyet:



Led ışık yayan bir diyet türüdür. Led'e doğru polarma uygulandığında p maddesindeki oyuklarla n maddesindeki elektronlar birleşim yüzeyinde nötrleşirler. Bu birleşme anında ortaya çıkan enerji ışık enerjisidir. Bu ışığın gözle görülebilmesi için ise p ve n maddelerinin birleşim yüzeyine "Galyum Arsenid" maddesi katılmıştır. Ledlerin, yeşil, kırmızı, sarı ve mavi olmak üzere 4 çeşit renk seçeneği vardır.

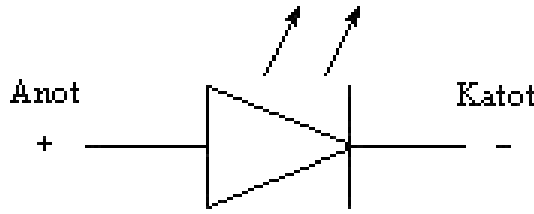
Işık Yayan Diyot (Led)

Işık yayan diyotlar, doğru yönde gerilim uygulandığı zaman ışıyan, diğer bir deyimle elektriksel enerjiyi ışık enerjisi haline dönüştüren özel katkı maddeli PN diyotlardır. Bu diyotlara, aşağıda yazılmış olduğu gibi, İngilizce adındaki kelimelerin ilk harfleri bir araya getirilerek LED veya SSL denir.

LED: Light Emitting Diode (Işık yayan diyot)

SSL: Solid State Lamps (Katkı hal lambası)

Sembolü:



Işık yayan diyotlar şu özelliklere sahiptir:

- Çalışma gerilimi 1.5-2.5V arasındadır. (Katalogunda belirtilmiştir.)
- Çalışma akımı 10-50mA arasındadır. (Katalogunda belirtilmiştir.)
- Uzun ömürlüdür. (ortalama 105 saat)
- Darbeye ve titreşime karşı dayanıklıdır.
- Kullanılacağı yere göre çubuk şeklinde veya dairesel yapılabilir.
- Çalışma zamanı çok kısadır. (nanosaniye)
- Diğer diyotlara göre doğru yöndeki direnci çok daha küçüktür.
- Işık yayan diyotların gövdeleri tamamen plastikten yapıldığı gibi, ışık çıkan kısmı optik mercek, diğer kısımları metal olarak ta yapılır.

1. Işık Yayma Olayı Nasıl Gerçekleşmektedir

Bilindiği gibi, bir PN diyoda, doğru polarmalı bir besleme kaynağı bağlandığı zaman, N bölgesindeki, gerek serbest haldeki elektronlar, gerekse de kovalan bağlarını koparan elektronlar P bölgesine doğru akın eder. Yine bilinmektedir ki, elektronları atomdan ayırabilmek için, belirli bir enerji verilmesi gerekmektedir. Bu enerjinin miktarı iletkenlerde daha az, yarı iletkenlerde daha büyük olmaktadır. Ve bir elektron bir atomla birleşirken de

aldığı enerjiyi geri vermektedir. Bu enerji de maddenin yapısına göre ısı ve ışık enerjisi şeklinde etrafa yayılmaktadır. Bir LED 'in üretimi sırasında kullanılan değişik katkı maddesine göre verdiği ışığın rengi değişmektedir.

Katkı maddesinin cinsine göre şu ışıklar oluşur:

- GaAs (Galliyum Arsenid): Kırmızı ötesi (görülmeyen ışık)
- GaAsP (Galliyum Arsenid Fosfat): Kırmızıdan - yeşile kadar (görülür)
- GaP (Galliyum Fosfat): Kırmızı (görülür)
- GaP (Nitrojenli): Yeşil ve sarı (görülür)

Şekil 3.21(a) ve (b)' de gerilim uygulanan bir LED devresi ve ışık yayan diyodun tabii büyüklükteki resmi verilmiştir. Diyot kristali, Şekil 3.21(c) 'de görüldüğü gibi iki parçalı yapıldığında uygulanacak gerilimin büyüklüğüne göre kırmızı, yeşil veya sarı renklerden birini vermektedir. Işık yayan diyot ısındıkça, ışık yayma özelliği azalmaktadır. Bu hal Şekil 3.21(d) 'de etkinlik eğrisi olarak gösterilmiştir. Bazı hallerde fazla ısınmayı önlemek için bir soğutucu üzerine monte edilir. Ayrıca LED 'in aşırı ısınmasına yol açmamak için katalogunda belirtilen akımı aşmamak gerekir. Bunun için Şekil 3.21(b) 'de gösterilmiş olduğu gibi devresine seri olarak bir R direnci konur. Bu direncin büyüklüğü LED 'in dayanma gerilimi ile besleme kaynağı gerilimine göre hesaplanır.

Örneğin:

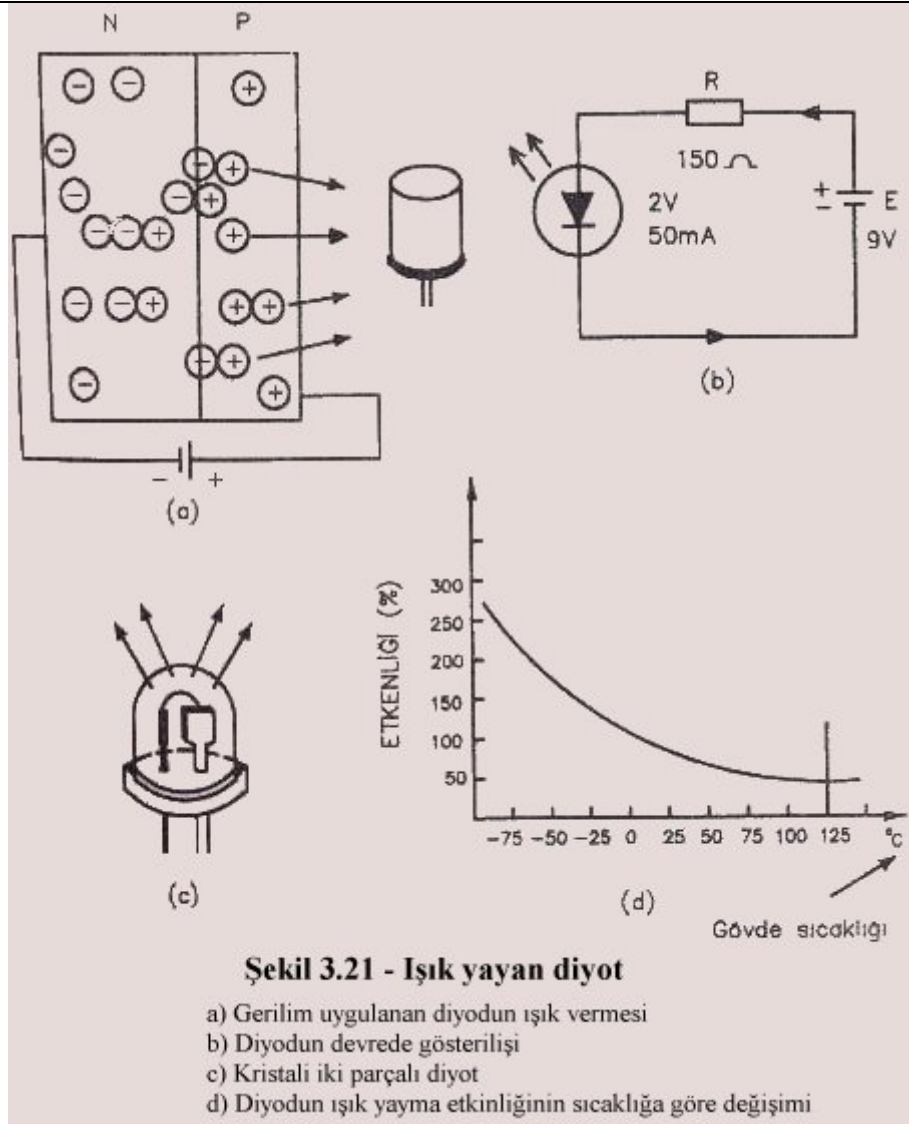
Şekil 3.21(b) 'deki devrede verilmiş olduğu gibi, besleme kaynağı 9V 'luk bir pil ve LED 'de 2V ve 50mA 'lik olsun.

R direnci:

Kirşof kanununa göre: $9 = I \cdot R + 2$ 'dir. $I = 0.05A$ olup

$R = 9 - 2 / 0.05 = 7 / 0.05 = 140$ Ohm olarak bulunur.

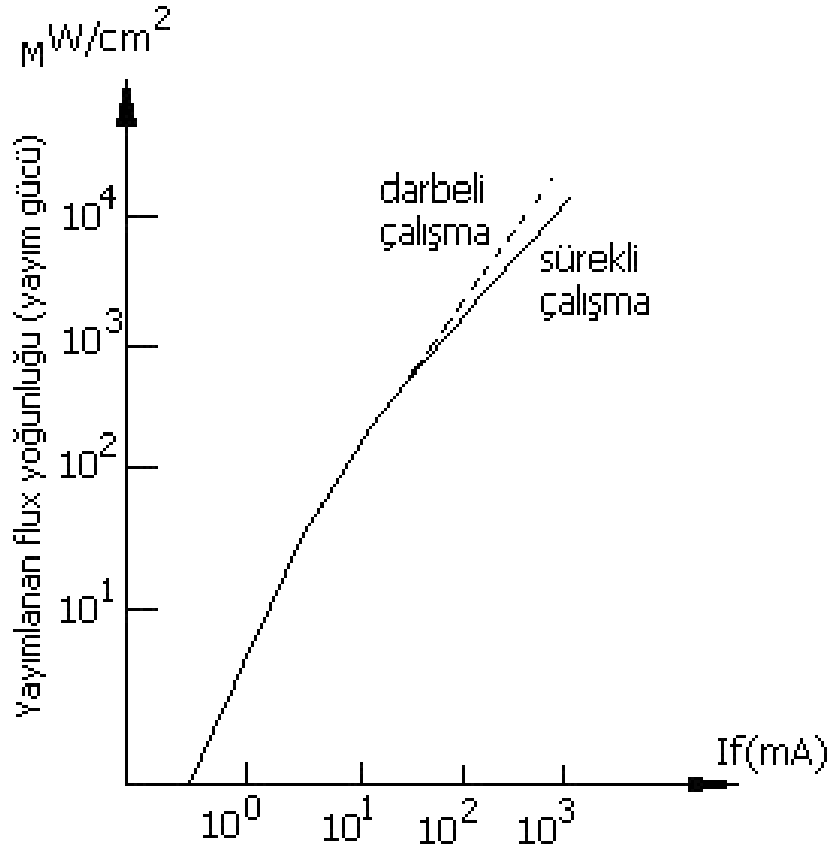
140 Ohm 'luk standart direnç olmadığından en yakın standart üst direnci olan 150 Ohm 'luk direnç kullanılır.



2. Led İçindeki Elektrik - Optik Bağlıntılar

Akım-Işık şiddeti bağlantısı:

LED diyodunun ışık şiddeti, içinden geçen akım ile doğru orantılı olarak artar. Ancak bu artış; Şekil 3.22 'de görüldüğü gibi akımın belirli bir değerine kadar doğrusaldır. Daha sonra bükülür. Eğer diyoda verilen akım, eşik değeri adı verilen doğrusallığın bozulduğu noktayı aşarsa diyot aşırı ısınarak bozulur. Bu nedenle diyotlar kullanılırken, firmalarınca verilen karakteristik eğrilerine uygun olarak çalıştırılmalıdır.



Şekil 3.22 - Led ışık şiddetinin akıma göre değişimi

Sıcaklık-ışık şiddeti bağıntısı:

Diyot ısındıkça, akım sabit kaldığı halde, verdiği ışık şiddeti Şekil 3.21(d) 'de görüldüğü gibi küçülür. Bu düşme diyodun cinsine göre şöyle değişir.

GaAs diyotta düşme: Her derece için %0,7

AaAsP diyotta düşme: Her derece için %0,8

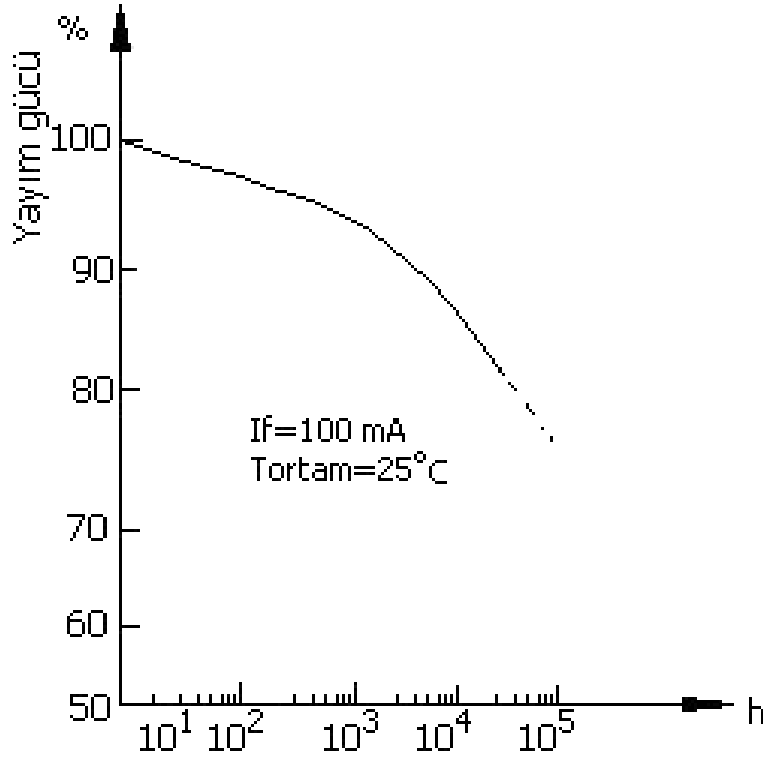
GaP diyotta düşme: Her derece için %0,3

Normal çalışma şartlarında bu düşmeler o kadar önemli değildir. Ağır çalışma şartlarında ise soğutucu kullanılır veya bazı yan önlemler alınır.

Güç-zaman bağıntısı:

Işık yayan diyotların gücü zamanla orantılı olarak düşer. Bu güç normal gücünün yarısına düştüğünde diyot artık ömrünü tamamlamıştır. Bir LED diyodun ortalama ömrü 105 saattir.

Şekil 3.23 'te, LED diyodun yayım gücünün, normal şartlarda ($I_F=100\text{mA}$, $T_{\text{ortam}}=25^\circ\text{C}$ iken,) zamana göre değişim eğrisi verilmiştir. Bu tip değerlendirmede, gücün düşme miktarı direk güç değeri olarak değil de, normal güce oranı olarak alınmaktadır.



Şekil 3.23 - Led diyodun yayım gücünün zamana karşı değişimi

3. Işık Yayan Diyodun Verimi

Işık yayan diyodun verimi; yayılan ışık enerjisinin, diyoda verilen elektrik enerjisine oranıyla bulunur. Diyoda verilen elektrik enerjisinin hepsi ışık enerjisine dönüşmemektedir. Yani harekete geçirilen elektronların hepsi bir pozitif atom ile birleşmemekte, sağa sola çarparak enerjisini ısı enerjisi halinde kaybetmektedir.

4. Işık Yayan Diyotların Kullanım Alanları

Işık yayan diyotların en yaygın kullanılma alanı, dijital ölçü aletleri, dijital ekranlı bilgisayarlar, hesap makinaları ve yazıcı elektronik sistemlerdir. Bu kullanma şeklinde, çoklu ışık yayan diyotlardan yararlanılmaktadır. Bazı hallerde ışık yayan diyotlardan işaret lambası ve ışık kaynağı olarak da yararlanılır. Optoelektronik kuplör de bir LED uygulamasıdır.

5. Optoelektronik Kuplör

Optoelektronik kuplör veya daha kısa deyimle Opto Kuplör ya da Optik Kuplaj Şekil 3.24 'te görüldüğü gibi bir ışık yayan diyot (LED) ile bir fotodiyot veya fototransistörden oluşmaktadır. Bunlar aynı gövdeye monte edilmişlerdir. Gövde plastik olup ışık iletimine uygundur.

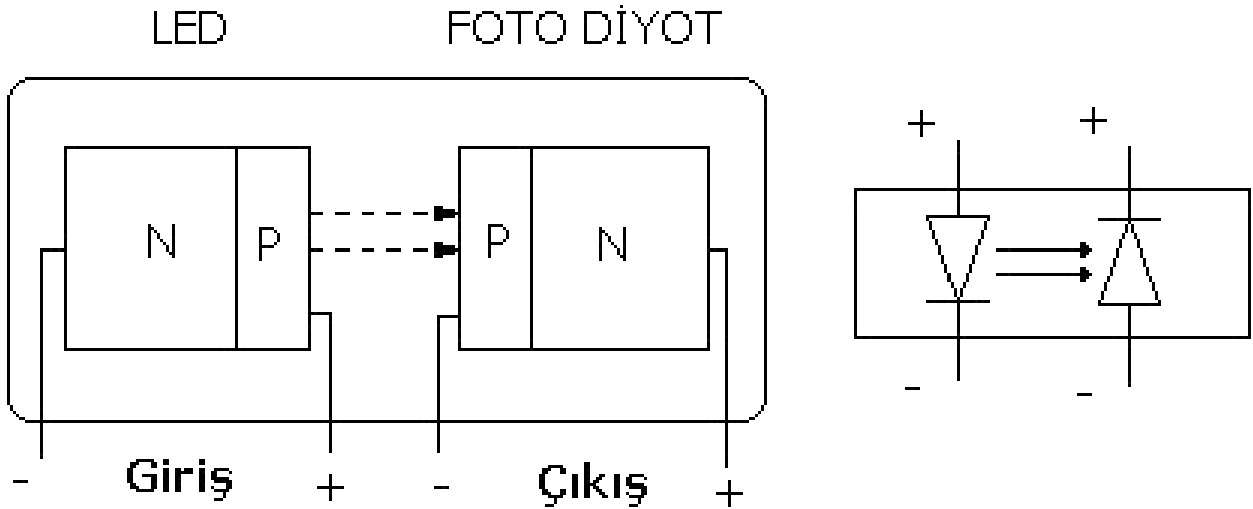
Işık yayan diyot genellikle Ga As katkı maddeli olup kızıl ötesi ışık vermektedir. Işık yayan diyodun uçları arasına bir gerilim uygulandığında çıkan ışık ışınları fotodiyot veya fototransistörü etkileyerek çalıştırmaktadır. Böylece bir devreye uygulana bir gerilim ile 2. bir devreye kumanda edilmektedir. Aradaki bağlantı, bir takım tellere gerek kalmaksızın ışık yoluyla kurulmaktadır. Bu nedenle, optoelektronik kuplör edı verilmiştir. Optokuplör bir elektronik röledir.

Optokuplörün mekanik röleye göre şu üstünlükleri vardır:

- Mekanik parçaları yoktur.
- İki devre arasında büyük izolasyon vardır.
- Çalışma hızı çok büyüktür.

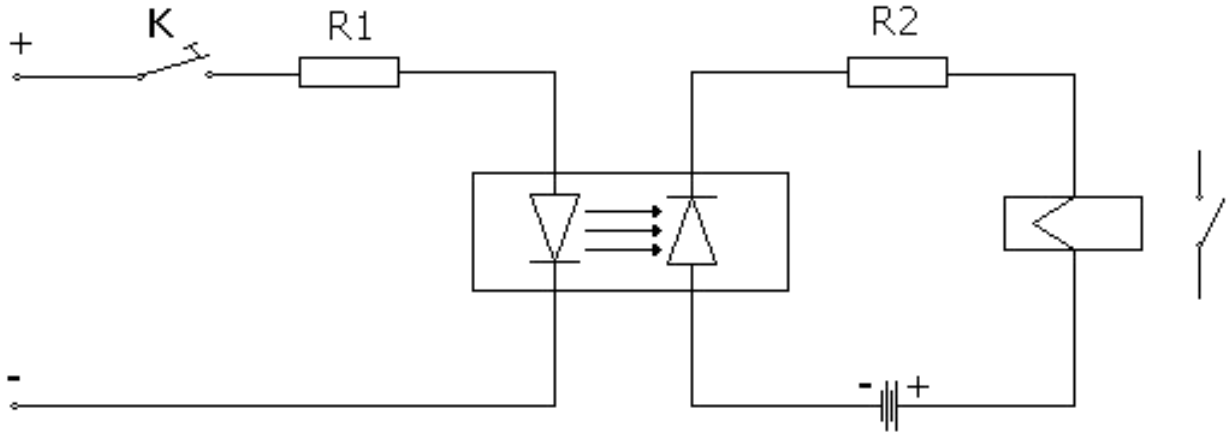
Dezavantajları:

- Gücü düşüktür.



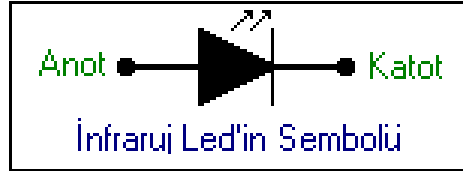
Şekil 3.24 - Opto elektronik kuplör.

Opto kuplör devre şeması Şekil 3.25 'te görüldüğü gibi çizilir. Burada LED 'in doğru polarmalı, fotodiyodun ise ters polarmalı olduğuna dikkat edilmelidir. R_1 ve R_2 dirençleri koruyucu dirençlerdir. "K" anahtarı kapatılarak giriş devresi çalıştırıldığında, çıkış devresi de enerjilenerek bir işlem yapar. Örneğin, devreye bir motorun kontakları bağlanırsa motor çalışır.



Şekil 3.25 - Opto kuplör ile bir kontaktörün çalıştırılması.

7 - İnfraruj Led:



İnfraruj led, normal ledin birleşim yüzeyine galyum arsenid maddesi katılmamış halidir. Yani görünmez (mor ötesi) ışıktır. infraruj ledler televizyon veya müzik setlerinin kumandalarında, kumandanın göndediği frekansı televizyon veya müzik setine iletmek için kullanılır. Televizyon veya müzik setinde ise bu frekansı alan devre elemanına "Foto Diyot" denir. İnfraruj led ile normal ledin sembolleri aynıdır.

8 - Foto Diyot:

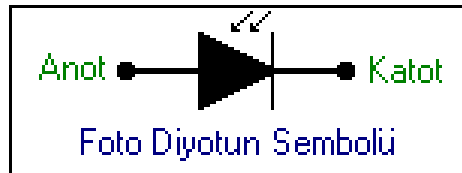
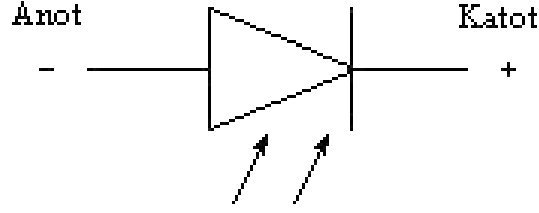


Foto diyotlar ters polarma altında kullanılırlar. Doğru polarmada normal diyotlar gibi iletken, ters polarmada ise n ve p maddelerinin birleşim yüzeyine ışık düşene kadar yalıtkandır. Birleşim yüzeyine ışık düştüğünde ise birleşim yüzeyindeki elektron ve oyuklar açığa çıkar ve bu şekilde foto diyot üzerinden akım geçmeye başlar. Bu akımın boyutu yaklaşık 20 mikroamper civarındadır. Foto diyot televizyon veya müzik setlerinin kumanda alıcılarında kullanılır.

Foto Diyot

Foto diyot ışık enerjisiyle iletme geçen diyottur. Foto diyotlara polarma geriliminin uygulanışı normal diyotlara göre ters yöndedir. Yani anoduna negatif (-), katoduna pozitif (+) gerilim uygulanır.

Sembolü:

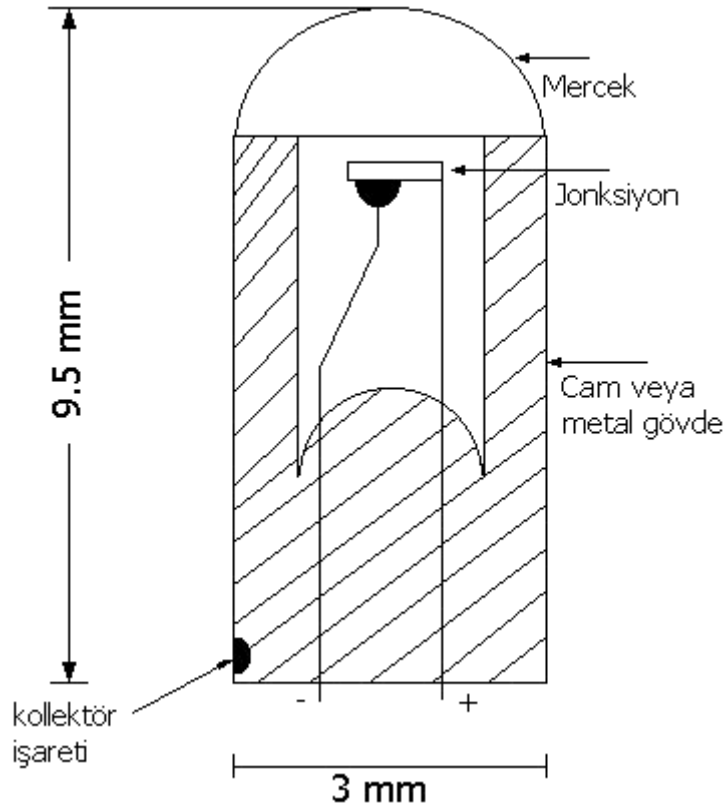


Başlıca foto diyotlar şöyle sıralanır:

- Germanyum foto diyot
- Simetrik foto diyot
- Schockley (4D) foto diyonu

1. Germanyum FotoDiyot

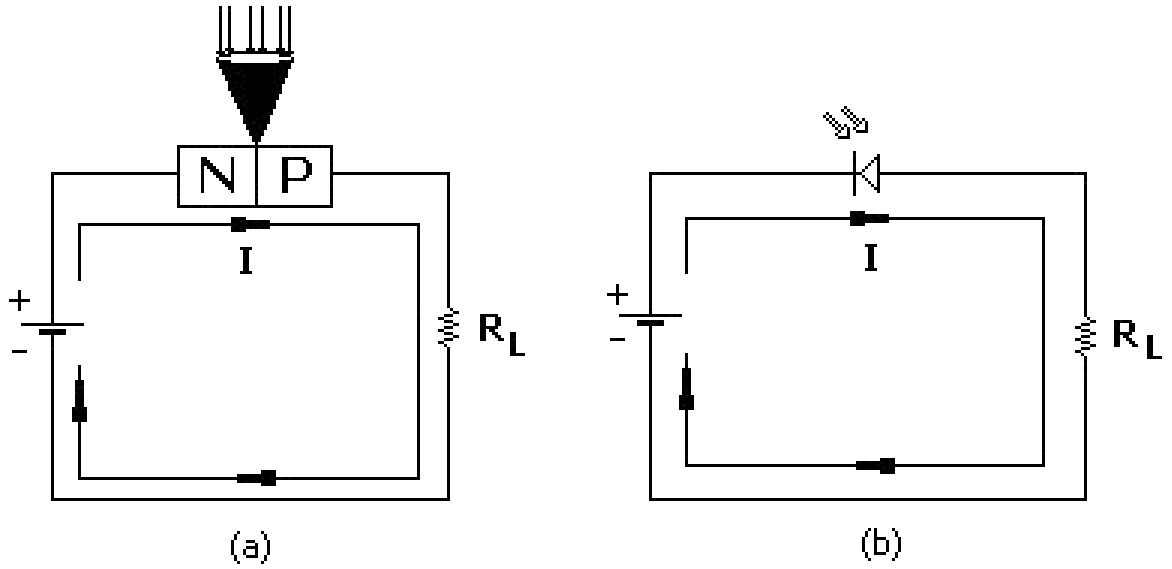
Aslı alaşım yoluyla yapılan bir NP jonksiyon diyotudur. Cam veya metal bir koruyucu içerisine konularak iki ucu dışarıya çıkartılır. (Şekil 3.26). Koruyucunun bir tarafı, ışığın jonksiyon üzerinde toplanmasını sağlayacak şekilde bir mercek ile kapatılmıştır. Diyodun devreye bağlanması sırasında firmasının uçlarına konulan işarete dikkat etmek gerekir. Hassas yüzeyi çok küçük olduğundan, 1.-3mA 'den daha fazla ters akıma dayanamaz. Aşırı yüklemeyi önlemek için, bir direnç ile koruyucu önlem alınır. Işık şiddeti arttırıldıkça ters yön akımı da artar.



Şekil 3.26 - Germanyum Foto diyot

Foto Diyodun Çalışma Prensibi

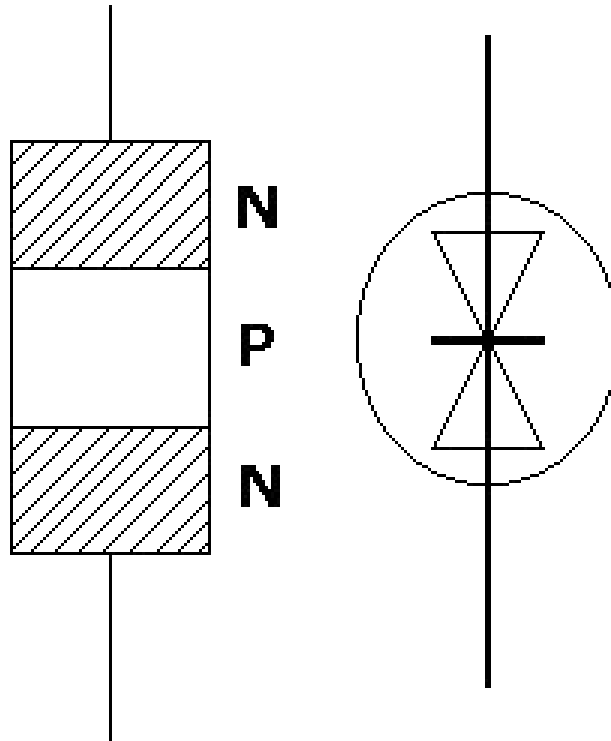
Foto diyot ters polarmalı bağlandığından üzerine ışık gelmediği müddetçe çalışmaz. Bilindiği gibi ters polarma nedeniyle P-N birleşme yüzeyinin iki tarafında "+" ve "-" yükü bulunmayan bir nötr bölge oluşmaktadır. Şekil 3.27 'de görüldüğü gibi birleşme yüzeyine ışık gelince, bu ışığın verdiği enerji ile kovalan bağlarını kıran P bölgesi elektronları, gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme etkisi nedeniyle N bölgesine ve oradan da N bölgesi serbest elektronları ile birlikte kaynağa doğru akmaya başlar. Diğer taraftan, kaynağın negatif kutbundan kopan elektronlar, diyodun P bölgesine doğru akar.



Şekil 3.27 - Foto diyodun çalışması. (a) Yapısal gösterimi, (b) Sembolik gösterimi

2. Simetrik FotoDiyotlar

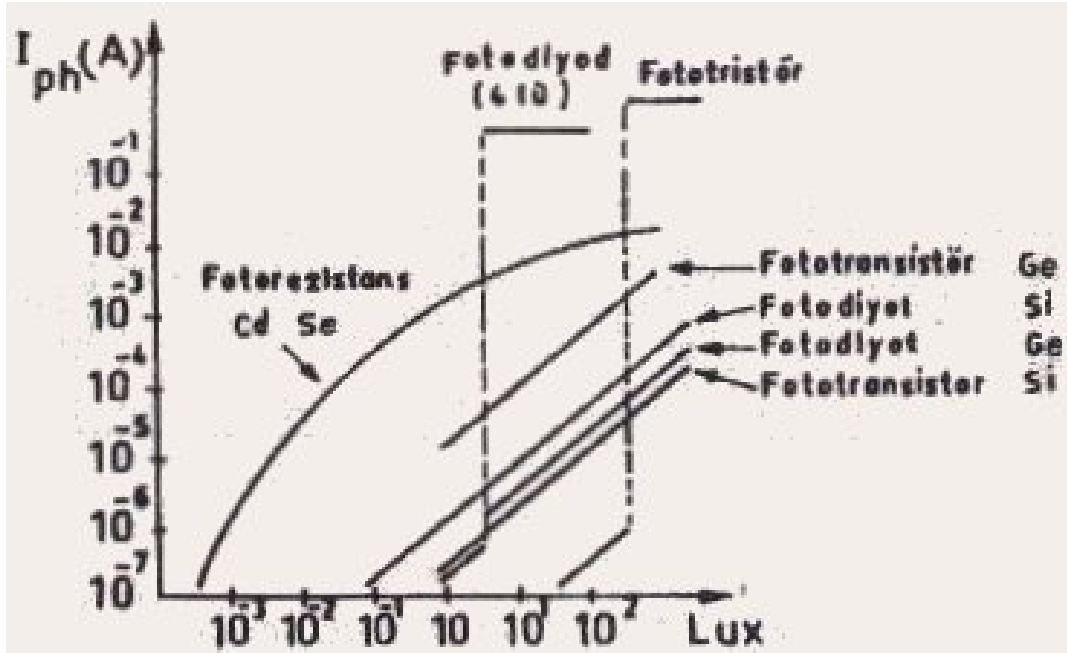
Alternatif akım devrelerinde kullanılmak üzere, Şekil 3.28 'de görüldüğü gibi NPN veya PNP yapıları simetrik fotodiyotlar da üretilmektedir.



Şekil 3.28 - Simetrik foto diyot

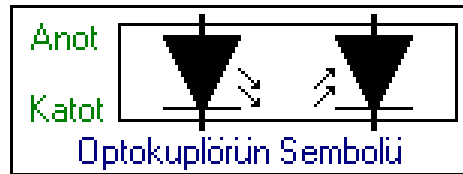
Işığa Duyarlı Diyotların Kullanım Alanları:

Uzaktan kumanda, alarm sistemi, sayma devreleri, yangın ihbar sistemleri, elektronik hesap makineleri, gibi çeşitli konuları kapsamaktadır. Şekil 3.29 'da ışığa duyarlı elemanların, foto elektrik akımının (I_{ph}) ışık şiddetine göre değişimleri verilmiştir.



Şekil 3.29 - Çeşitli ışığa hassas elemanların akımlarının ışık şiddeti ile değişimleri

9 - Optokuplörler:



Optokuplörler içinde bir adet foto diyot ve bir adet de infaruj led barındıran bir elektronik devre elemanıdır. Bu infaruj led ve foto diyotlar optokuplörün içerisine birbirini görecek şekilde yerleştirilmişlerdir. İnfraruj ledin uçlarına verilen sinyal aynen foto diyotun uçlarından alınır. Fakat foto diyotun uçlarındaki sinyal çok çok düşük olduğu için bir yükselteçle yükseltilmesi gerekir. Bu devre elemanının kullanım amacı ise bir devreden diğer bir devreye, elektriksel bir bağlantı olmaksızın bilgi iletmektir. Aradaki bağlantı ışıksal bir bağlantıdır.

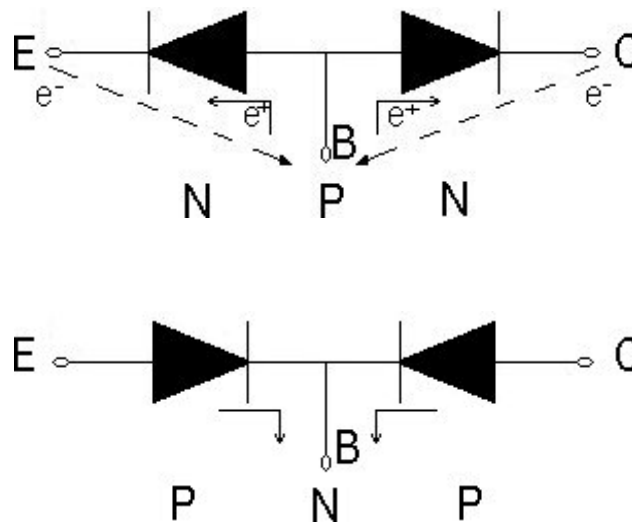
10 - Transistör:

Transistörler PNP ve NPN transistörler olarak iki türe ayrılırlar. NPN transistörler N, P ve N yarı iletken maddelerin birleşmesinden, PNP transistörler ise P, N ve P yarı iletken maddelerinin birleşmesinden meydana gelmişlerdir. Ortada kalan yarı iletken madde diğerlerine göre çok incedir. Transistörde her yarı iletken maddeden dışarı bir uç çıkartılmıştır. Bu uçlara "Kollektör, Beyz ve Emite" isimlerini veriyoruz. Transistör beyz ve emite uçlarına verilen küçük çaptaki akımlarla kollektör ile emite uçları arasından geçen akımları kontrol ederler. Beyz ile emite arasına verilen akımın yaklaşık %1 'i beyz üzerinden geri kalanı ise kollektör üzerinden devresini tamamlar. Transistörler genel olarak yükseltme işlemi yaparlar. Transistörlerin katalog değerlerinde bu yükseltme kat sayıları bulunmaktadır. Bu yükseltme katsayısının birimi ise "Beta" 'dır. Şimdide NPN ve PNP tipi transistörleri ayrı ayrı inceleyelim.

Transistorler

Transistör nedir?

Eklem Transistör yarı iletken malzemeden yapılmış elektronik devre elemanıdır. Her ne kadar diyodun yapısına benzesede çalışması ve fonksiyonları diyottan çok farklıdır. Transistör iki eklemli üç bölgeli bir devre elemanı olup iki ana çeşittir. NPN ve PNP.



Transistör aşağıda belirtildiği gibi değişik şekillerde tanımlanır:

Transistörün kolay anlaşılması bakımından tanımı; Transistörün bir sandviç benzetilmesidir, yarı iletken sandviçi. İkinci bir tanım da şöyle yapılmaktadır; Transistör, iki elektrodu

arasındaki direnci, üçüncü elektroda uygulanan gerilim ile değişen bir devre elemanıdır.

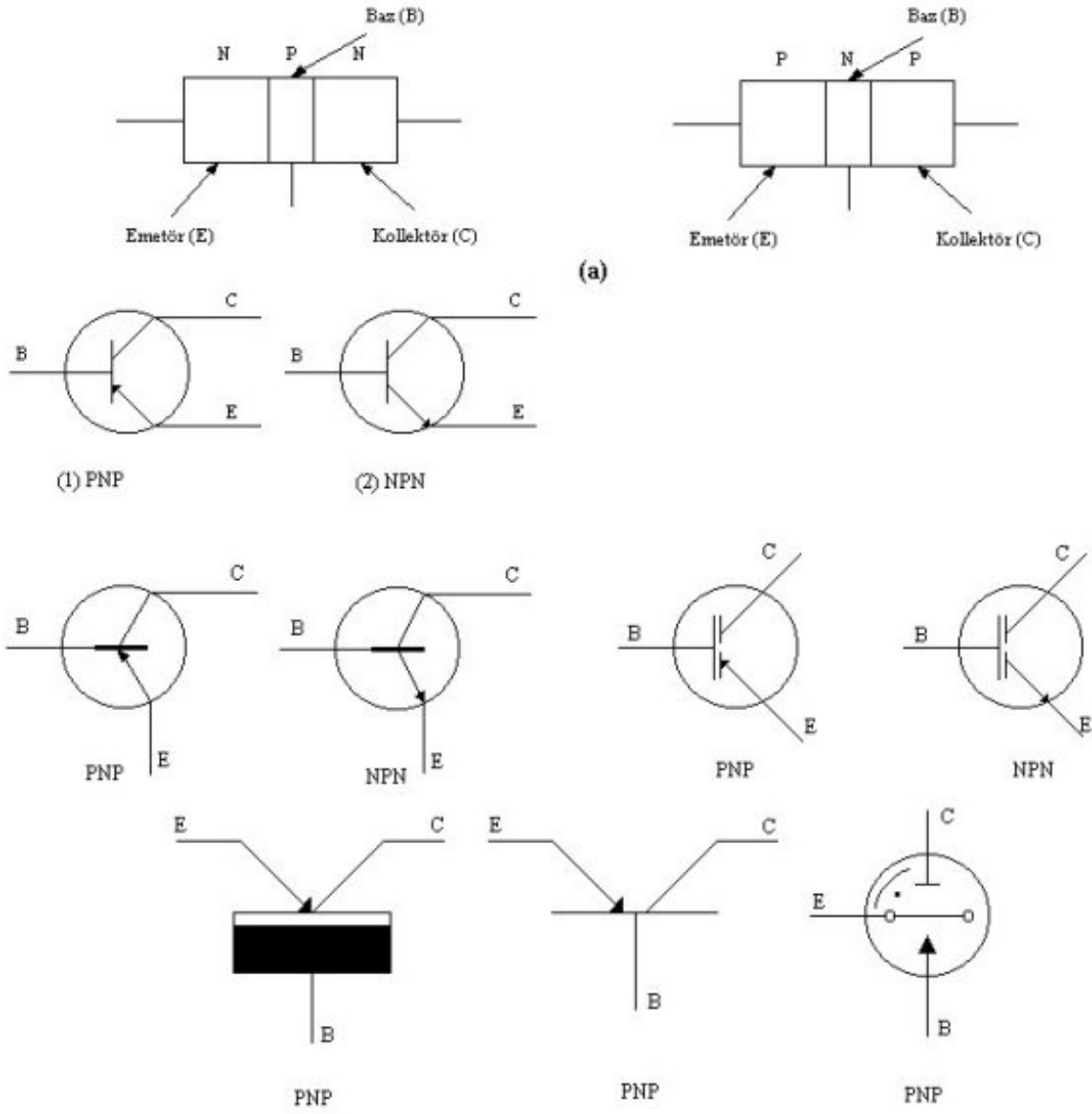
Transistörün en çok kullanılan tanımı ise şöyledir; Transistör yan yana birleştirilmiş iki PN diyodundan oluşan bir devre elemanıdır. Birleşme sırasına göre NPN veya PNP tipi transistör oluşur.

Transistörün başlıca çeşitleri şunlardır:

- Yüzey birleşmeli (Jonksiyon) transistör
- Nokta temaslı transistör
- Unijonksiyon transistör
- Alan etkili transistör
- Foto transistör
- Tetrot (dört uçlu) transistör
- Koaksiyal transistör

Transistörün kullanım alanları:

Transistör yapısal bakımdan, yükselteç olarak çalışma özelliğine sahip bir devre elemanıdır. Elektronik her alanında kullanılmaktadır.



Şekil 4.1 – Transistorler: NPN ve PNP transistörlerin yapısal gösterilimi, Transistör sembolleri

Elektron Lambaları ilk defa 1906'da Dr. Lee de Forest tarafından uygulama sahasına konulmuştur. 1925'te Lilien Field ve 1938'de Hilsch ve Pohl tarafından, lambaların yerine geçecek bir katı amplifikatör elemanı bulma konusunda başarısızlıkla sonuçlanan bazı denemeler yapılmıştır. Çalışmaların amacı, lambalarda olduğu gibi katılarda da elektrostatik alan etkisi ile elektron akışını sağlamaktır. Daha sonraları bu çalışmalar bugünkü transistörlerin temelini teşkil etmiştir. 1931-1940 yılları katı maddeler elektroniği hakkında daha ziyade teorik çalışmalar devri olmuştur. Bu sahada isimleri en çok duyulanlar, L. Brillouin, A. H. Wilson, J. C. Slater, F. Seitz ve W. Schottky'dir. Yıl 1948, Walter H. Brattain ve John Bardeen kristal redresör yapmak için Bell laboratuvarlarında çalışıyorlar. Esas olarak yapılan; çeşitli kristallere

temas eden bir 'catwhisker' in tek yönde iletken, diğer yönde büyük bir direnç göstermesi ile ilgili bir çalışmadır. Deneyler sırasında Germanyum kristalinin ters akıma daha çok direnç gösterdiği ve daha iyi bir doğrultma işlemi yaptığı gözlemlendi ve böylece germanyum redresörler ortaya çıktı. Brattain ve Bardeen Germanyum redresör ile yaptıkları deneylerde, Germanyum kristali üzerindeki serbest elektron yoğunluğunun, redresörün her iki yöndeki karakteristiğine olan tesirini incelediler ve bu sırada, catwhisker'e yakın bir başka kontak daha yaparak deneylerini sürdürdüler. Bu sırada ikinci whisker de akım şiddetlenmesinin farkına vardılar ve elektronik tarihinin bir dönüm noktasına tekabül eden transistör böylece keşfedilmiş oldu. Adını 'Transfer – Resistor' yani taşıyıcı direnç kelimesinden alan transistör'ün geliştirilmesine daha sonra William Shockley de katıldı ve bu üçlü 1956 yılı nobel fizik ödününe layık görüldüler. İlk yapılan transistörler 'Nokta Kontaktlı' transistörlerdi. Nokta kontaktlı transistörler iki whisker'li bir kristal diyottan ibarettir. Kristale 'Base', whiskerlerden birine 'Emitter' diğerine de 'Collector' adı verilir. Bu transistörlerde N tipi Germanyum kristali base olarak kullanılmıştır. Whiskerler fosforlu bronzdan yapılır, daha doğrusu yapılırdı, bu transistörler artık müzelerde veya eski amatörlerin nostaljik malzeme kutularında bulunurlar. Her iki whisker birbirine çok yakındır ve uçları kıvrık bir yay gibidir, bu kıvrık yay gibi olması nedeni ile kristale birkaç gramlık bir basınç uygular ve bu sayede sabit dururlar. Yani yalnız temas vardır. Bu transistörlerin Ge kristalleri 0,5 mm kalınlığında ve 1 – 1,5 mm eninde parçalardır. Whisker arası mesafe ise milimetrenin yüzde 3'ü yüzde 5'i kadardır. Bu ilk transistörler PNP tipinde idi, yani kristal N tipi Whiskerler P tipi idi. Daha sonraları 'Yüzey Temaslı' transistörler yapıldı. Bu transistörler PNP veya NPN olacak şekilde üç kristal parçası birbirine yapıştırılarak imal edildiler. Yüzey temaslı transistörlerin yapılması ile silisyum transistörler piyasaya çıktı, daha sonraları transistörler kocaman bir aile oluşturdular ve sayıları oldukça arttı.

Transistör'ün daha önceleri kullanılan radyo lambalarına göre üstünlükleri nelerdir?

- Transistörler çok küçüktür ve çok az enerji isterler.
- Transistörler çok daha uzun çalışma ömrüne sahiptirler
- Transistörler her an çalışmaya hazır durumdadır (lambaların flaman gerilimi sorunu)
- Çalışma voltajları çok daha azdır. Pille bile çalışırlar.
- Lambalar gibi cam değildir kırılmaz.

Peki ama bu lambanın hiç mi üstünlüğü yoktu. Olmaz olur mu?

Lambalar vakumlu oldukları için gürültüsü yoktur. Yine lambalar vakumlu oldukları için yüksek empedanslıdırlar. Fakat son zamanlarda Transistör ailesi çok geliştiği için lamba standartlarından bile daha iyi transistörler yapılmıştır. FET'ler bu kalitede olan bir transistör ailesidir.

Çeşitli Transistörler

Transistörler esas olarak Bipolar transistörler ve Unipolar transistörler olarak iki kısma ayrılırlar. Bipolar transistörler de PNP ve NPN olarak iki tiptir. PNP tipinde base negatif emitter ve collector pozitif kristal yapısındadır. Bu transistörler emitter montajında; emitter + collector - olarak polarize edilirler. Base emittere göre daha negatif olduğunda transistör iletimdedir. NPN tipinde ise base pozitif, emitter ve collector negatif kristal yapısındadır. Emitter topraklı olarak kullanıldığında, emitter negatif, collector pozitif olarak polarize edilirler. İletimde olması için base, emittere göre daha pozitif olmalıdır. Buradaki gerilim farkı 0.1 volt veya daha fazla olmalıdır. Piyasada pek çok tip bipolar transistör mevcuttur. Bunların kullanılmaları sırasında mutlaka bacak bağlantılarını içeren bir katalog kullanılmalıdır; çünkü aynı kılıf yapısı içeren iki transistörün bacak bağlantıları ayrı olabilir. Bipolar transistörler genelde 2 ile başlayan;

2N... 2SA.... 2SB..... 2SC... veya AC... BD... BUX.... BUW... MJ....

ile başlayan isimler alırlar.

Son zamanlarda transistörlerin çeşidi ve sayısı arttığı için bir katalog kullanmak zorunludur.

2N3055 2SA1122 2SB791 2SC1395 AC128 BD135 BUX80 BUW44 MJ3001 gibi....

A ile başlayan transistörler Germanyum. B ile başlayan transistörler Silisyum dur, keza diyotlar için de bu geçerlidir, ikinci harfin anlamları şöyledir:

A : Diyot

C : Alçak frekans transistörü

D : Güç transistörü dür.

F : Yüksek frekans transistörü

Y : Güç Diyodu

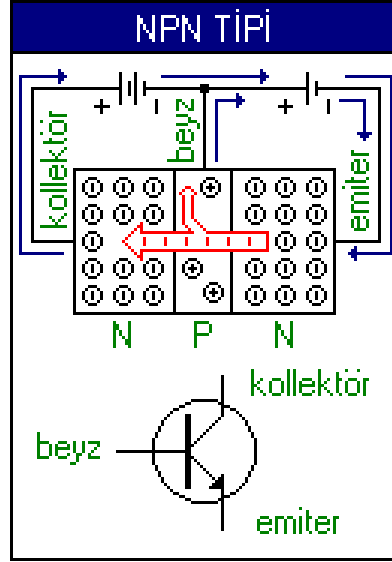
Z : Zener Diyot

AC128, BC108, AF139, BF439, AD165, BD135, AA139, BY101 gibi.

Aynı kılıf içinde çift transistör varsa buna Darlington transistör adı verilir MJ3042 gibi.

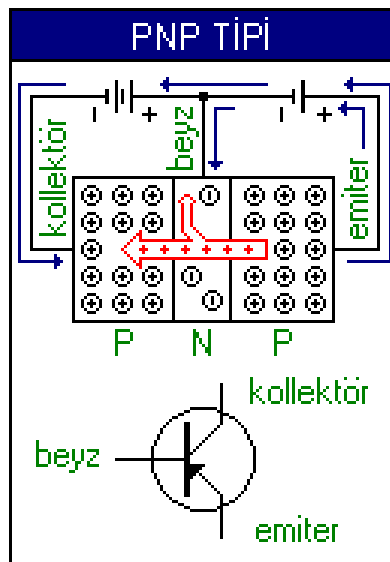
Bazı darlington transistörler kılıf içinde bir de diyot ihtiva ederler. Bir P tipi transistör push-pull olarak kullanıldığında, karakteristikleri benzer olan bir N tipi transistörle beraber kullanılır, buna 'Complementary' tamamlayıcı transistör adı verilir. MJ 2955 ile 2N3055 gibi. Piyasada bulunan transistörler plastik veya metal kılıf içindedirler. En çok kullanılan kılıf şekilleri To-3 To-5 To- 12 To- 72 To- 92 To- 220'dir.

a) - NPN Tipi Transistör:



NPN tipi transistörler N, P ve N tipi yarı iletkenlerinin birleşmesinden meydana gelmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 1 nolu kaynağın (-) kutbundaki elektronlar emiterdeki elektronları beyze doğru iter ve bu elektronların yakalaşık %1 'i beyz üzerinden 1 nolu kaynağın (+) kutbuna, geri kalanı ise kollektör üzerinden 2 nolu kaynağın (+) kutbuna doğru hareket ederler. Beyz ile emiter arasından dolaşan akım çok küçük, kollektör ile emiter arasından dolaşan akım ise büyüktür. Yan tarafta NPN tipi transistörün sembolü ve iç yapısı görülmektedir.

b) - PNP Tipi Transistör:



PNP tipi transistörler P, N ve P tipi yarı iletkenlerinin birleşmesinden meydana gelmiştir. Şekilde görüldüğü gibi 1 nolu kaynağın (+) kutbundaki oyuklar emiterdeki oyukları beyze doğru iter ve bu oyukların yakalaşık %1 'i beyz üzerinden 1 nolu kaynağın (-) kutbuna, geri kalanı ise kollektör üzerinden 2 nolu kaynağın (-) kutbuna doğru hareket ederler. Beyz ile emiter arasından dolaşan akım çok küçük, kollektör ile emiter arasından dolaşan akım ise büyüktür. Yan tarafta PNP tipi transistörün sembolü ve iç yapısı görülmektedir.

11 - Foto Transistör:

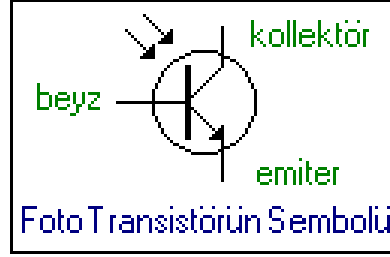
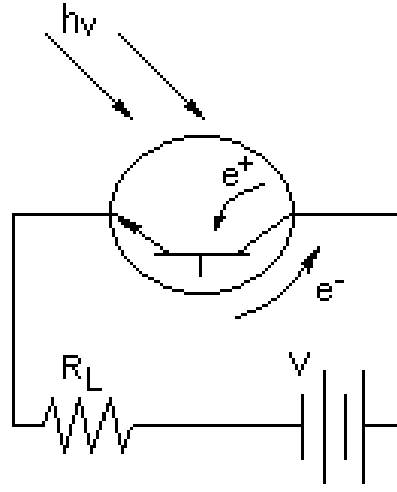


Foto transistörün normal transistörden tek farkı, kollektör ile emiter arasından geçen akımı beyz ile değil, beyz ile kollektörün birleşim yüzeyine düşen mor ötesi ışıkla kontrol ediliyor olmasıdır. Foto transistör devrede genelde beyz ucu boşta olarak kullanılır. Bu durumda üzerine ışık düştüğünde tem iletimde düşmediğinde ise tam yalıttır. Foto transistörün kazancı beta kadar olduğu için foto diyotlardan daha avantajlıdır. Yan tarafta foto transistörün sembolü görülmektedir.

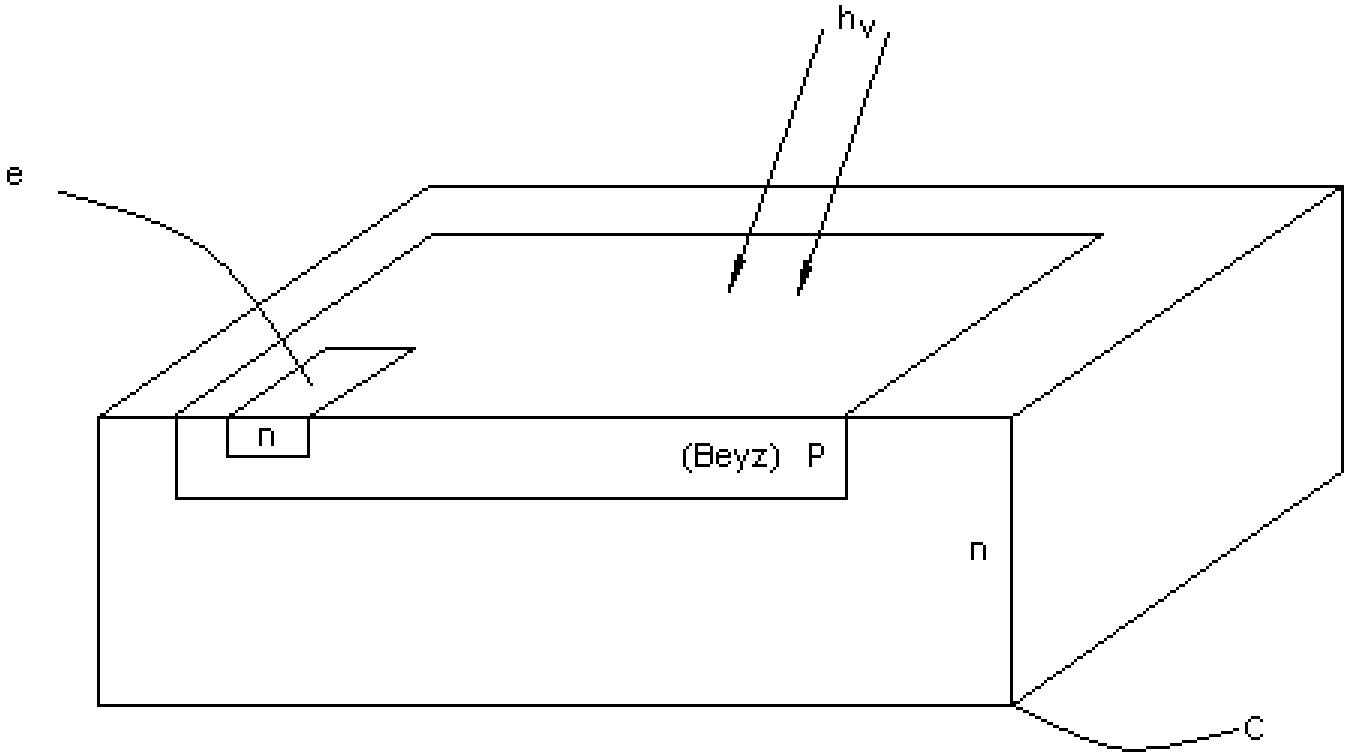
Fototransistör ve Fotodiyotlar

Fototransistörler, elektrik akımını ışık ile kontrol eden devre elemanlarıdır. Genel olarak her türlü transistör, ışığı görecektir şekilde şeffaf muhafazalara konulsaydı, fototransistör olarak kullanılabilirdi. Ancak fototransistörlerde bazı etki gözönüne alınarak diğer transistörlerden farklı bir tasarım tekniği kullanılmıştır. Fototransistörün çalışma prensibi, yarıiletkenler üzerindeki ışık etkisinin bir sonucudur. Gerilim tatbik edilmiş bir yarıiletken üzerine uygun dalga boyunda bir ışık düşürüldüğünde + ve - yüklü tanecikler oluşur ve devre üzerinden akarlar. Bu akma miktarı, uygulanan ışık miktarına bağlıdır. Bu şekilde ışık miktarı ile orantılı bir elektrik akımı doğmuş olur.



Şekil 12

Bir fototransistörde + ve - yüklü tanecikler aslında kollektör - beyz sınırı yakınlarında oluşur. Şekil 12 'de görüldüğü gibi NPN tipi bir transistörde ışık etkisi ile oluşan + tanecikler beyzde toplanırlar. Yani ışık etkisiyle beyzde oluşan + tanecikler orada kalırlar, kollektörde oluşanlar ise kuvvetli bir manyetik alan etkisiyle beyze doğru çekilirler. Aynı şekilde ışık etkisiyle oluşan - tanecikler (elektronlar) ise kollektörde toplanırlar. Biriken bu + ve - yüklü tanecikler bir noktada birikmek yerine düzgün bir şekilde dağılmak isterler. Bu yüzden + tanecikler (elektronlar) ise kollektörde toplanırlar. Biriken injekte edilirler. Bu ise emiterden beyze doğru elektron injekte edilmesine yol açar. Emiter injeksiyonu beyz injeksiyonuna nazaran çok daha fazla olduğu için emitere injekte edilen bir + tanecik, beyze çok sayıda elektron injeksiyonuna sebep olur. İşte bu noktada bilinen transistör çalışma şekli oluşur. Emiterden injekte edilen elektronlar beyze geçerek kollektöre doğru çekilirler. Orada ışık etkisiyle oluşan elektronlarla birleşerek ışıkla oluşmuş elektrik akımını meydana getirirler. Asıl ışık etkili taneciklerin oluşması kollektör beyz bölgesinde meydana geleceğinden dolayı bu bölge ne kadar büyük olursa, ışık etkisinden dolayı oluşacak elektrik akımı da o ölçüde büyük olacaktır. İşte bu yüzden fototransistörlerin beyz alanı, Şekil 13 'de de görüldüğü gibi gelen ışığa geniş bir yüzey teşkil edecek şekilde tasarlanmaktadır. Bir fototransistör iki veya üç bacaklı olabilir. Üç bacaklı olanlarda beyz, bir terminal ile dışarıya verilmiştir. Bu tip fototransistörler, normal bipolar transistörler gibi kullanılabilirler. Işık gören pencere kapatılmaz ise normal transistör çalışması ile beraber ışık etkisi de ilave edilmiş olur. İki bacaklı olanlarda ise beyze bağlı bacak kaldırılmıştır. Bu durumda sadece ışık ile çalışma söz konusudur.

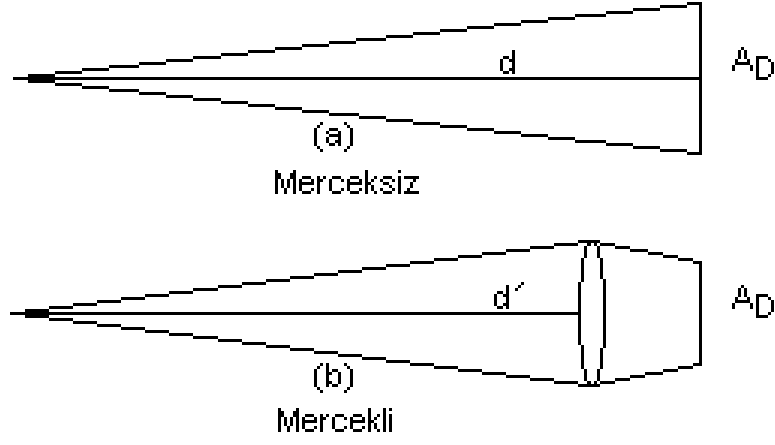


Şekil 13

Fotodiyotlar, ters yönde polarlandıkları zaman üzerlerine düşen ışıqla orantılı olarak kaçak akımları değişen diyotlardır. Bilindiği gibi diyotlar ters yönde (blokaj yönünde) polarlandıklarında μA veya nA seviyesinde kaçak akımlar oluşur. İşte fotodiyotlar, üzerlerine düşen ışık miktarı arttıkça bu kaçak akımların artması prensibine dayanarak yapılmışlardır. Kaçak akımlardaki ışığa bağlı değişim elektronik yükselteç devreleriyle yükseltilerek dedektör olarak kullanılmaktadır.

Mercek Sistemleri

Fototransistör veya fotodiyot (dedektör) ile kullanılacak bir mercek sistemi, dedektörün hassasiyetini büyük ölçüde arttıracaktır. Şekil 14(a) da görüldüğü gibi şiddeti I olan bir nokta kaynağın bir dedektör üzerindeki yoğunluğu, $H = I / d^2$ 'dir. Burada d aradaki mesafedir.



Şekil 14(a) - 14(b)

Şekil 14(b) de ise kaynak ve detektör arasına bir mercek yerleştirilmesi halindeki durum görülmektedir. Burada kaynaktan merceğe olan d' mesafesinin, d' 'ye eşit olduğu varsayılmıştır. Yani $d' = d$ dir. Eğer detektör alan olarak yuvarlak ise:

$$P_D = P_L = H' \cdot (r_L)^2 \text{ dir.}$$

Burada,

P_D : Dedektör üzerine düşen ışık akısı.

P_L : Mercek üzerine düşen ışık akısı.

H' : Mercekteki akı yoğunluğu.

r_L : Mercek yarıçapıdır.

$d' = d$ olduğundan,

Detektör üzerindeki akı yoğunluğu:

$$H_D = P_D / A_D \text{ olup } A_D = \pi \cdot d^2 \text{ dir. (} A_D : \text{Dedektör alanı)}$$

$$\text{Böylece } H_D = 1 / d^2 (r_L / r_d)^2 \text{ olur.}$$

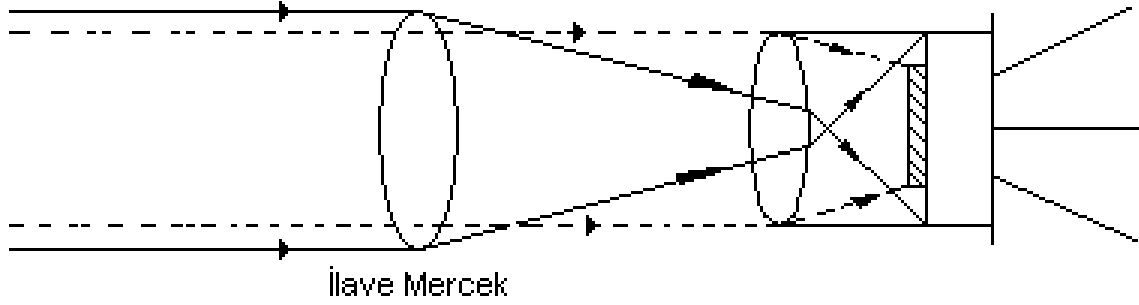
Bu durumda dedektör üzerine mercek ile düşen ışık miktarının mercek yokken düşen miktara oranı,

$$H_D / H = [I/d^2 (r_L/r_d)^2] / (I/d^2) = (r_L/r_d)^2 \text{ olur.}$$

Bu formülden de anlaşılabacağı gibi eğer mercek yarıçapı dedektör yarıçapından büyük ise, dedektör üzerine düşen ışık miktarı artmaktadır. Mercekteki kayıpları da dikkate alırsak mercekli bir sistemin kazancı R aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

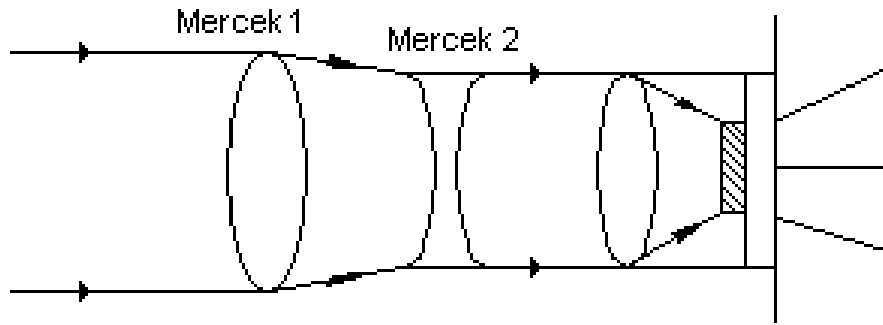
$$R = 0,9 (r_L/r_d)$$

Burada dikkat edilecek husus, mercek sisteminin uygun olarak yerleştirilmesidir. Biçimsiz yerleştirilen bir merceğin faydadan çok zararı olmaktadır. Örneğin Şekil 15 'de kendi merceği olan bir fototransistörün önüne diğer bir mercek konulması neticesinde sistemin veriminin bozulması gösterilmiştir.



Şekil 15

Bu sistemin verimli olabilmesi için ışınların fototransistöre paralel olarak gelmesi gerekir. Hâlbuki konan ikinci mercek, paralel gelen ışınların bu niteliğini yok etmektedir. Şekil 16 'da ise verimli bir mercek sistemi gösterilmiştir. 1. mercek gelen ışınları toplamakta, 2. mercek ise bunları paralel ışınlar haline çevirmektedir. Böylece dedektörün yüzey alanı, 1. merceğin yüzey alanına eşdeğer olmaktadır.

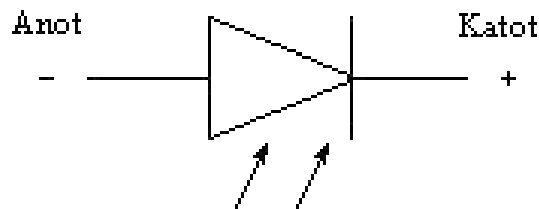


Şekil 16

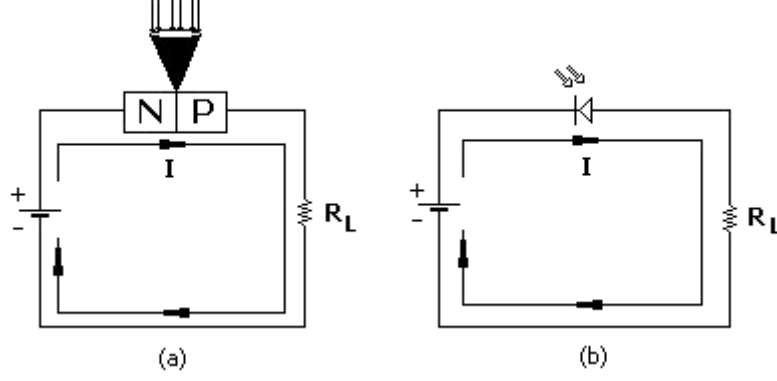
Foto Diyot

Foto diyot ışık enerjisiyle iletme geçen diyottur. Foto diyotlara polarma geriliminin uygulanışı normal diyotlara göre ters yöndedir. Yani anoduna negatif (-), katoduna pozitif (+) gerilim uygulanır.

Sembolü:



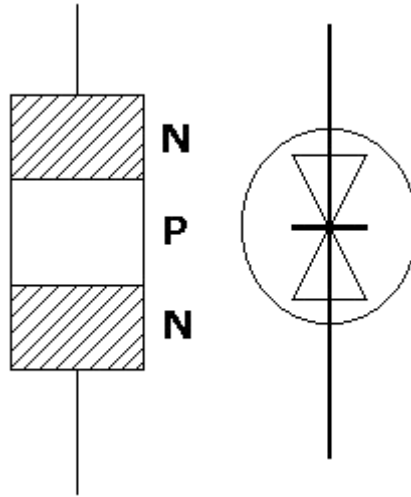
Şekil 3.27 'de görüldüğü gibi birleşme yüzeyine ışık gelince, bu ışığın verdiği enerji ile kovalan bağlarını kıran P bölgesi elektronları, gerilim kaynağının pozitif kutbunun çekme etkisi nedeniyle N bölgesine ve oradan da N bölgesi serbest elektronları ile birlikte kaynağa doğru akmaya başlar. Diğer taraftan, kaynağın negatif kutbundan kopan elektronlar, diyodun P bölgesine doğru akar.



Şekil 3.27 - Foto diyodun çalışması, (a) Yapısal gösterimi, (b) Sembolik gösterimi

2. Simetrik FotoDiyotlar

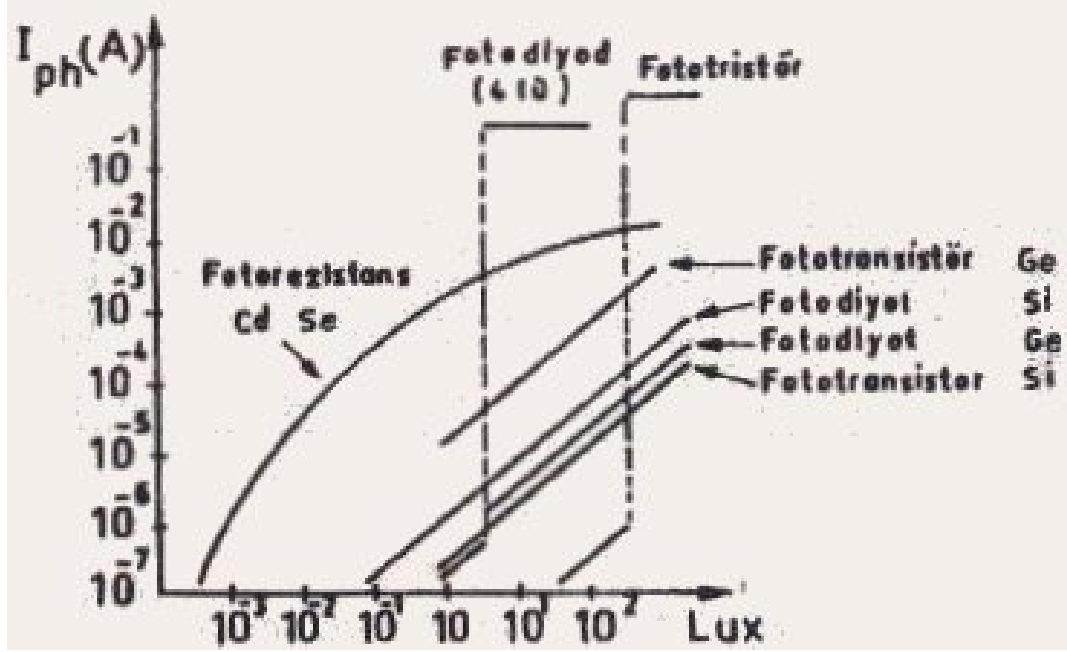
Alternatif akım devrelerinde kullanılmak üzere, Şekil 3.28 'de görüldüğü gibi NPN veya PNP yapıyla simetrik fotodiyotlar da üretilmektedir.



Şekil 3.28 - Simetrik foto diyot

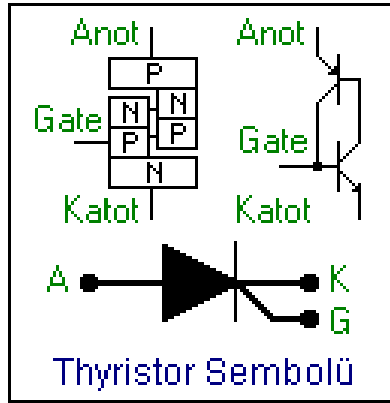
Işığa Duyarlı Diyotların Kullanım Alanları:

Uzaktan kumanda, alarm sistemi, sayma devreleri, yangın ihbar sistemleri, elektronik hesap makineleri, gibi çeşitli konuları kapsamaktadır. Şekil 3.29 'da ışığa duyarlı elemanların, foto elektrik akımının (I_{ph}) ışık şiddetine göre değişimleri verilmiştir.



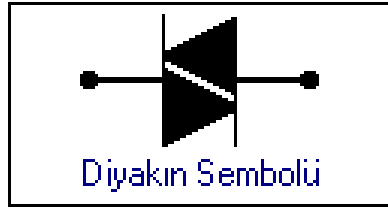
Şekil 3.29 - Çeşitli ışığa hassas elemanların akımlarının ışık şiddeti ile değişimleri

12 - Thyristör:



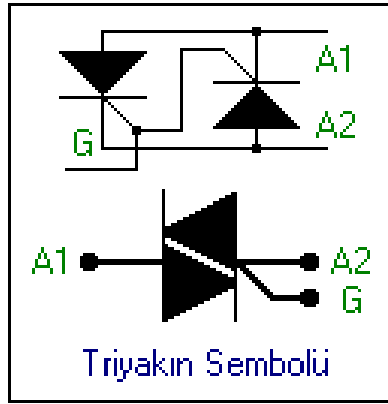
Thyristör mantık olarak yandaki şekildeki gibi iki transistörün birbirine bağlandığı gibidir. Thyristörün anot, katot ve gate olmak üzere üç ucu bulunmaktadır. Gate ucu tetikleme ucudur. Yani anot ile katot üzerinde bir gerilim varken (Anot (+), katot (-) olmak şartı ile) gate ile katot uçları arasına bir anlık (Gate (+), katot (-) olmak şartı ile) akım uygulanıp çekildiğinde thyristörün anot ile katot uçları arası ilettime geçer. Anot ile katot arasındaki gerilim "Tutma Gerilimi" 'nin altına düşmediği sürece thyristör iletimde kalır. Thyristörü yalıtıma sokmak için anot ile katot arasındaki akım kesilir veya anot ile katot uçları bir anlık kısa devre yapılır. Veya da gate ile katot arasına ters polarma uygulanır. Yani gate ucuna negatif gerilim uygulanır.

13 - Diyak:



Diyak çift yönde de aynı görevi gören bir zener diyot gibi çalışır. Diyakın üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin altında iken diyak yalıttımdadır. Üzerinden sadece sızıntı akımı geçer. Üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin üstüne çıktığında ise diyak ilettime geçer. Fakat ilettime geçer geçmez diyakın uçlarındaki gerilimde bir düşüş görülür. Bu düşüş değeri diyak geriliminin yaklaşık %20 'si kadardır. Diyakın üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin altına da düşse diyak yine de iletimde kalır. Fakat diyaka uygulanan gerilim düşüş anından sonraki gerilim seviyesinin altına düşürüldüğünde diyak yalıttıma geçer. Diyak iki yöndeki uygulanan polarılarda da aynı tepkiyi verecektir. Diyakın bu özelliklerinin olma sebebi alternatif akımda kullanılabilmesidir.

14 - Triyak:



Triyaklar da tristörlerin alternatif akımda çalışabilen türleridir. Triyakın oluşumunda birbirne ters yönde bağlı iki adet tristör bulunmaktadır. Yan tarafta bu birleşim görülmektedir. Herhangi bir alternatif akım devresindeki bir triyakın A1 ucuna (+) A2 ucuna da (-) yönde akım geldiğinde birinci tristör, tam tersi durumda ise ikinci tristör devreye girecektir. Bu sayede triyak alternatif akımın iki yönünde de ilettime geçmiş olur. Triyak yüksek güçlü ve alternatif akım devrelerinde güç kontrol elemanı olarak kullanılır.

15 - JFet Transistör:

Jfet transistörler normal transistörlerle aynı mantıkta çalışırlar. Üç adet uca sahiptir. Bunlar

Kapı (G)(normal transistörün beyzi), oyuk (D)(normal transistörün kollektörü) ve kaynak (S) 'dır. Normal transistörle jfet transistör arasındaki tek fark, normal transistörün kollektör emiter arasındaki akımın, beyzinden verilen akımla kontrol edilmesi, jfet transistörün ise geytinden verilen gerilimle kontrol edilmesidir. Yani jfetler gate ucundan hiç bir akım çekmezler. Jfet'in en önemli özelliğide budur. Bu özellik içerisinde çok sayıda transistör bulunduran entegrelerde ısınma ve akım yönünden büyük bir avantaj sağlar. Normal transistörlerin NPN ve PNP çeşitleri olduğu gibi jfet transistörlerinde N kanal ve P kanal olarak çeşitleri bulunmaktadır. Fakat genel olarak en çok N kanal jfetler kullanılır. Aşağıda jfetin iç yapısı ve sembolü görülmektedir.

FET

Fetlerin Yapısı

NPN ve PNP tipi olarak adlandırılan klasik tip transistörler (İki Kutuplu Jonksiyon Transistör - BJT) alçak giriş empedansına sahiptirler. BJT 'ler, hem elektron akımı hem de delik (boşluk) akımının kullanıldığı akım kontrollü elemanlardır. FET (Field Effect Transistör - Alan Etkili Transistör) ise yüksek giriş empedansına sahip, tek kutuplu, gerilim kontrollü bir elemandır. Elektrik alanı prensiplerine göre çalıştığından alan etkili transistörler olarak bilinir. FET 'ler, transistörlerin kullanıldığı yerlerde rahatlıkla kullanılabilir.

FET 'lerin klasik transistörlere (BJT) göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

- Giriş empedansları daha yüksektir. (BJT 'de $2K\Omega$ iken FET 'lerde yaklaşık $100M\Omega$ 'dur.)
- Anahtar olarak kullanıldığında, sapma gerilimi yoktur.
- Radyasyon (yayınım) etkisi yoktur.
- BJT 'lere nazaran daha az gürültülüdür.
- Isısal değişimlerden etkilenmezler.
- BJT 'lere göre daha küçüktür. Bu nedenle entegrelerde daha fazla kullanılırlar.
- Yüksek giriş empedansı ve alçak elektrodlar arası kapasitans özelliği ile yüksek frekans devrelerinde rahatlıkla kullanılırlar.
- BJT 'lere göre sakıncası ise band genişliklerinin dar olması ve çabuk hasar görebilmesidir.

Alan etkili transistörler (FET) iki ana gruba ayrılır:

- JFET (Junction Field Effect Transistor, Eklem Alan Etkili Transistör)
- MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistör, Metal Oksit Yarı İletken Alan Etkili Transistör)

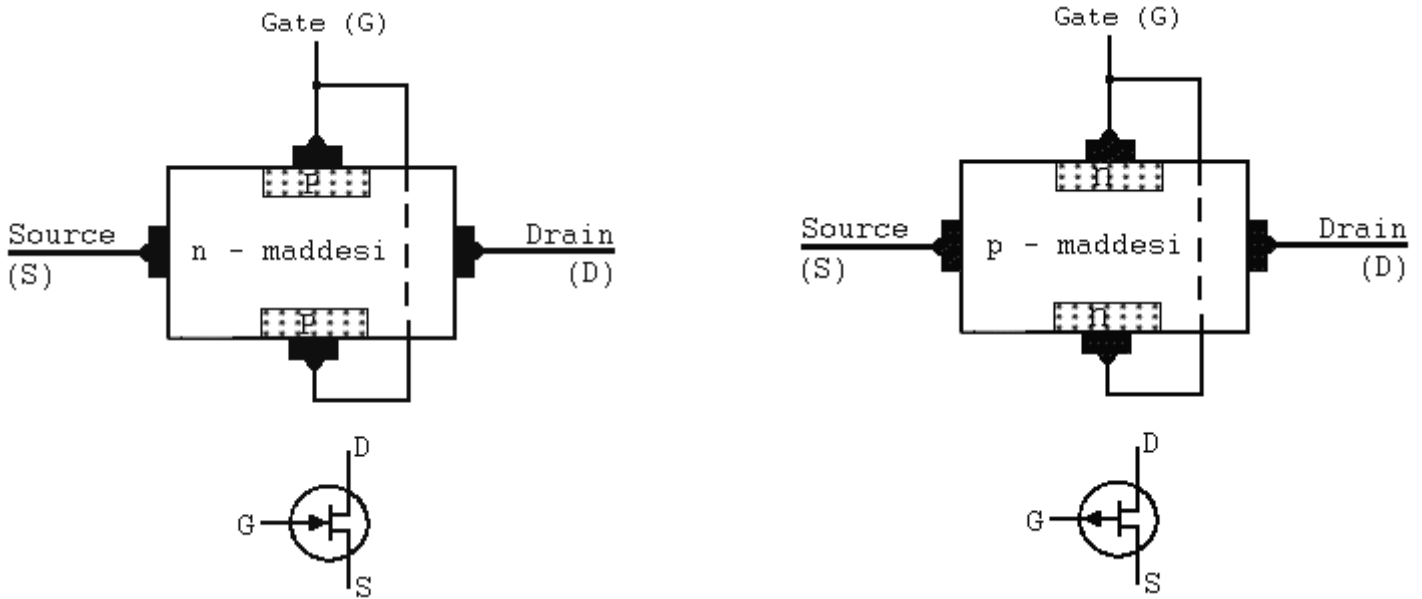
JFET 'in Çalışması

BJT 'lerde olduğu gibi JFET 'lerde de 3 terminal vardır. Bunlar; Drain (Oluk, Akaç), Source (Kaynak) ve Gate (Kapı, Geçit) dir. Transistörlerde, kollektörün karşılığı drain, emiterin karşılığı source, beyzin karşılığı gate 'dir. Transistörler nasıl NPN ve PNP tipi olmak üzere iki tipte ise JFET 'ler de;

* n - kanallı JFET

* p - kanallı JFET

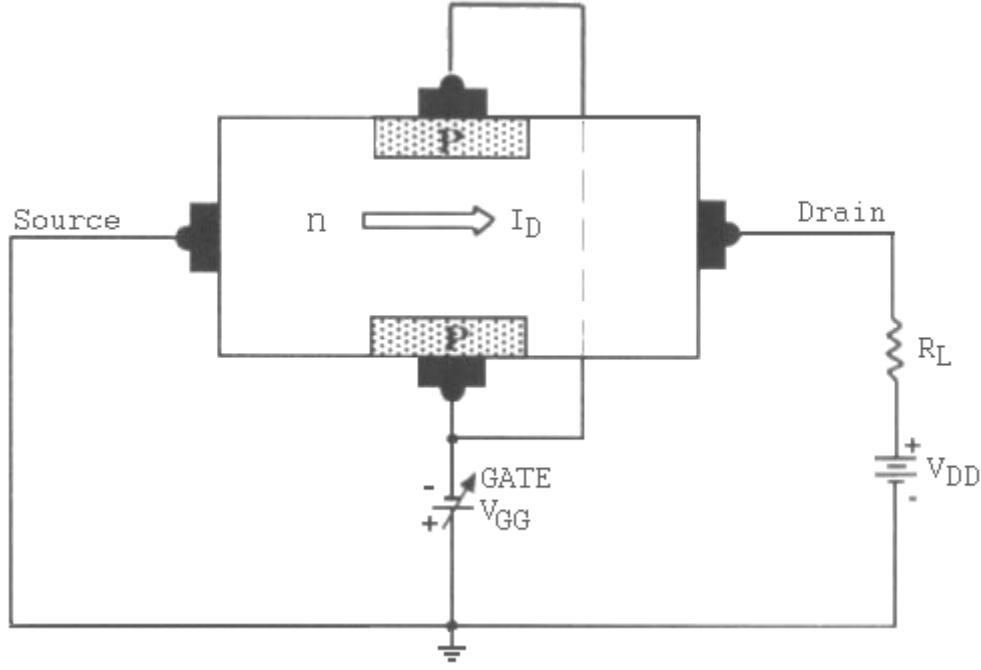
olmak üzere iki tipte imal edilirler.



Şekil 1.1 (a) - n-kanallı (b) - p-kanallı, JFET 'in Fiziksel Yapısı ve Sembolü

Şekil 1.1.(a) 'da görüldüğü gibi n-tipi bir maddenin iki yanına p-tipi madde enjekte edilerek n-kanallı JFET elde edilir. İki p-tipi madde birleştirilerek gate ucu çıkarılır. n-tipi maddenin bir ucu Drain, diğer ucu da Source 'dur. Burada gövde n-tipi maddeden meydana geldiği için JFET 'in adı n-kanallıdır. Gövdenin yapıldığı maddenin adı JFET 'in tipini belirler. JFET 'in çalışmasında n-kanallı üzerinde durulacaktır. Aynı şekilde eğer gövde p-tipi maddeden oluşursa p-kanallı JFET elde edilmiş olur. (Şekil 1.1.(b)) Sembollerden de anlaşılacağı gibi ok yönü gate

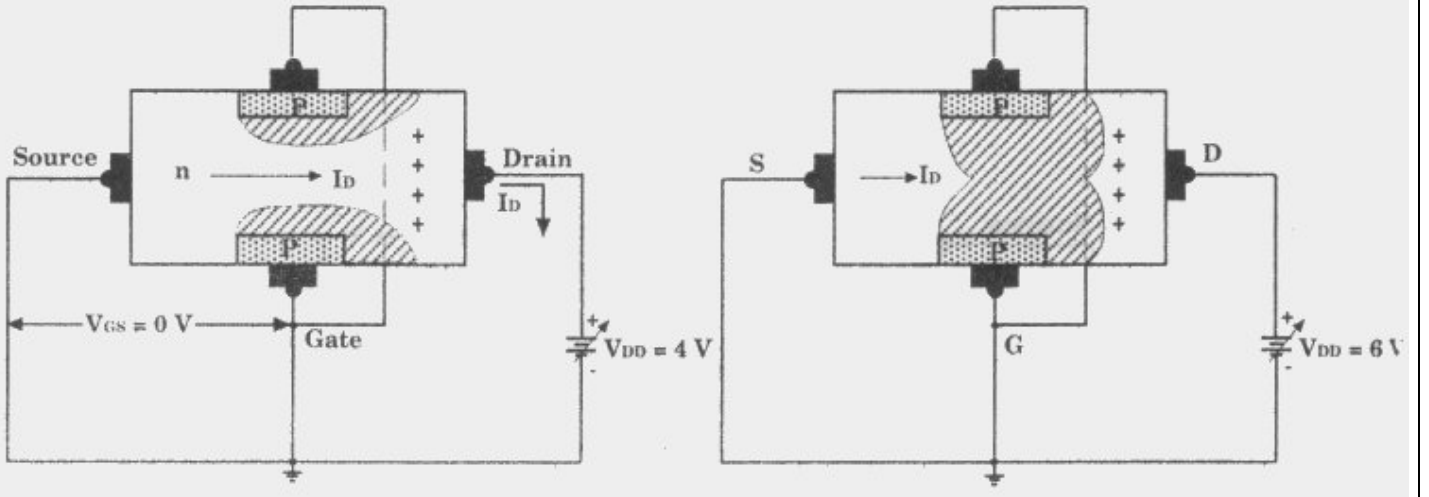
'e doğru ise n-kanallı, gate 'ten dışarı doğru ise p-kanallı JFET 'tir.



Şekil 1.2 - JFET 'in çalışması

Şekil 1.2 'de n-kanallı bir JFET 'in uygun çalışma için harici güç kaynaklarına nasıl irtibatlandırıldığı gösterilmiştir. Drain, R_L yük direnci üzerinden V_{DD} drain güç kaynağının pozitif terminaline, Source V_{DD} 'nin negatif terminaline irtibatlandırılır. Gate, V_{GG} güç kaynağının negatif terminaline bağlanır. Bu irtibatla Gate-Source p-n eklemi ters bayaşlanmıştır yani polarmalandırılmıştır. Gate p- maddesinden oluştuğu için V_{GG} güç kaynağının (-) terminali gate 'e, (+) terminali source 'a bağlanarak ters polarma sağlanmıştır. Gate 'in ters polarmalanmasıyla devreden akan gate akımı son derece küçük değerdeki bir ters akımdır. I_D drain akımı, JFET üzerinde source 'den drain 'e doğru akar. (Akımın, güç kaynaklarının (-) terminalinden, (+) terminale dolaştığı kabul edilmiştir.)

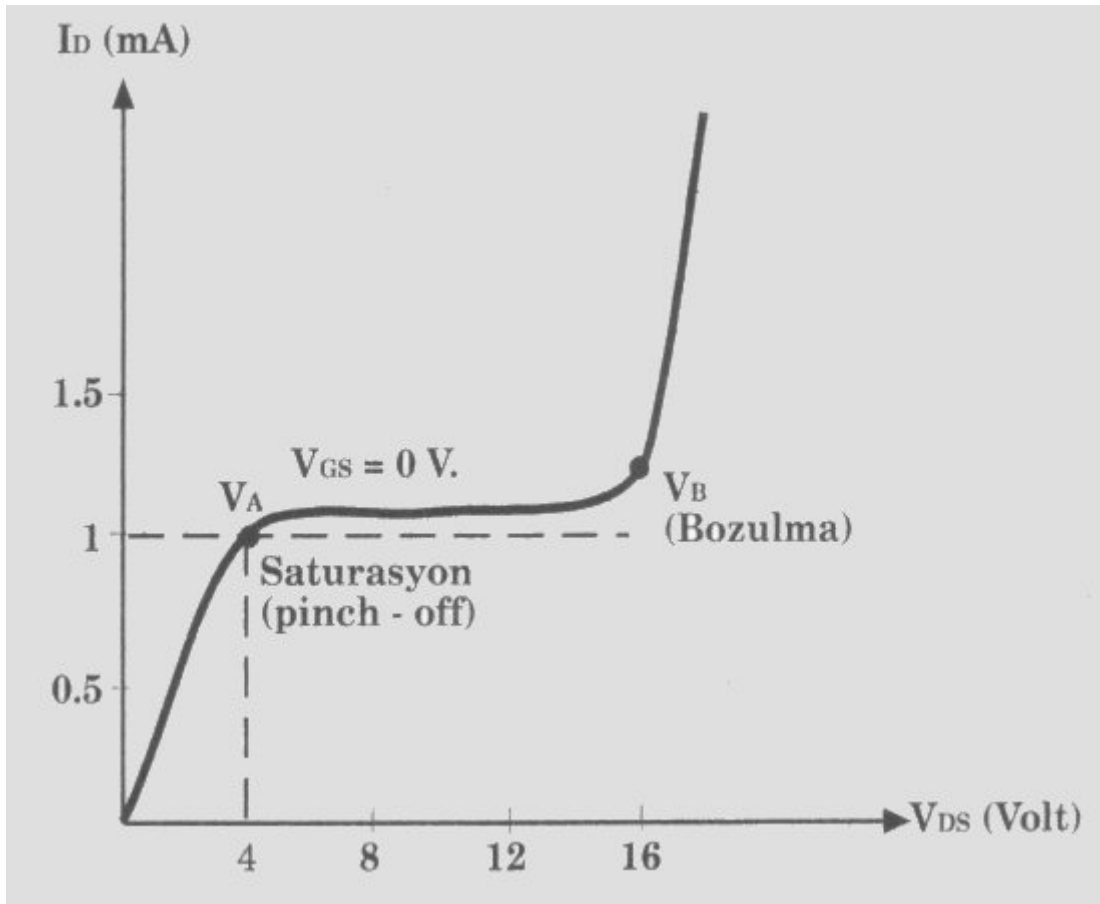
İlk durumda V_{GG} güç kaynağının olmadığını, gate ucunun doğrudan şaseye bağlı olduğunu düşünelim, Bu durumda $V_{GG}=0V$ olduğu için Gate-Source arası voltaj da (V_{GS}) 0 Volt 'tur. Bu anda I_D akımı, n-tipi maddenin direnci ve R_L tarafından limitlenir. JFET üzerinden drain akımı (I_D) arttıkça n-madde parçası boyunca bu gerilim düşümü meydana gelir. Bu gerilim, source 'a göre pozitif olup, gate p-n eklemi ters polarmalanmıştır.



Şekil 1.3: V_{DD} Voltaj Değişiminin Kanal ve Drain Akımları Üzerine Etkileri

p-n eklemi ters polarmalandığı her durumda, eklem civarında; içinde akım taşıyıcıları bulunmayan bir boşluk bölgesi (eklem setti) meydana gelir. Bu durum Şekil 1.3 'te p maddelerinin çevresinde gösterilmiştir. p maddelerinin çevresindeki boşluk bölgesinde akım taşıyıcıları olmadığından I_D drain akımı akamaz. Böylece, drain akımı boşluk bölgeleri arasındaki sahada sınırlandırılmış olunur. Bu bölge kanal olarak adlandırılır. V_{DD} kaynak voltajı arttıkça drain akımı da artar. Fakat bu artış doğrusal değildir. Bu artışın doğrusal olmamasının nedeni, gate p-n eklemindeki ters polarmalanmasının artmasındandır. Şekil 1.3 'te $V_{DD} = 4$ Volt iken boşluk bölgesi ile $V_{DD} = 6$ Volt iken boşluk bölgesinin durumu görülmektedir. V_{DD} drain kaynak voltajının daha fazla arttırılması ($V_{DD} = 6V$) Şekil 1.3 'te görüldüğü gibi boşluk bölgelerinin birbirine daha fazla yaklaşmasına neden olur. Böyle bir durumda drain kaynak voltajının daha fazla arttırılması I_D drain akımında çok az bir artış meydana getirir.

Böylece drain akımı saturasyona (doyum) ulaşmış olur. Drain akımının saturasyon değerine ulaştığı noktaya PINCH - OFF noktası denir. Pinch - off noktasına kritik gerilim adı da verilebilir. V_P ile gösterilir. Bu değer n-kanallı JFET 'te negatif, p-kanallı da ise pozitif değerdir.



Şekil 1.4 - n-kanallı JFET Karakteristik Eğrisi

Şekil 1.4 'te gösterilen karakteristik eğrinin yatay eksenini Drain - source arası voltajı, dikey eksenini ise I_D drain akımını gösterir. Şimdi JFET 'in çalışmasını bu karakteristik eğri üzerinde tekrar edelim;

** Gate - Source gerilimi (V_{GS}) Şekil 1.2 'de olduğu gibi V_{GG} bataryası ile sağlanırsa JFET 'ten I_D akımı akar. Gate - Source eklemi V_{GG} bataryası ile ters polarımlandığı için gate akımı $I_G=0$ olur.

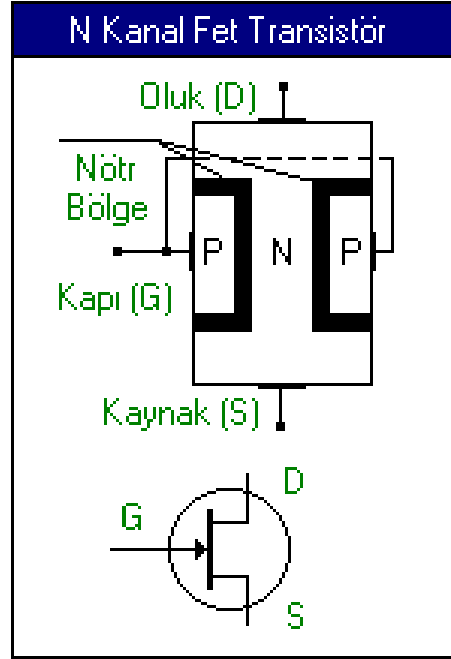
** Şekil 1.3 'te olduğu gibi gate - source arası voltaj 0 Volta ayarlandığında I_D drain akımı önemli bir büyüklüktedir ve I_{DSS} olarak adlandırılır. (I_{DSS} = Gate - Source eklemi kısa devre olduğunda Drain - Source arasında akan akım) V_{DS} , sıfırdan itibaren yaklaşık 4 Volta kadar arttırıldığında I_D akımında artar. Karakteristik eğride V_A noktası kanal pinch - off noktasıdır. I_{DSS} değeri de yaklaşık 1mA 'dir.

** Pinch - off noktasından itibaren V_{DS} voltaj değişime karşılık I_D akım değişimi çok çok azdır.

Bu ana saturasyon (doyum) denir.

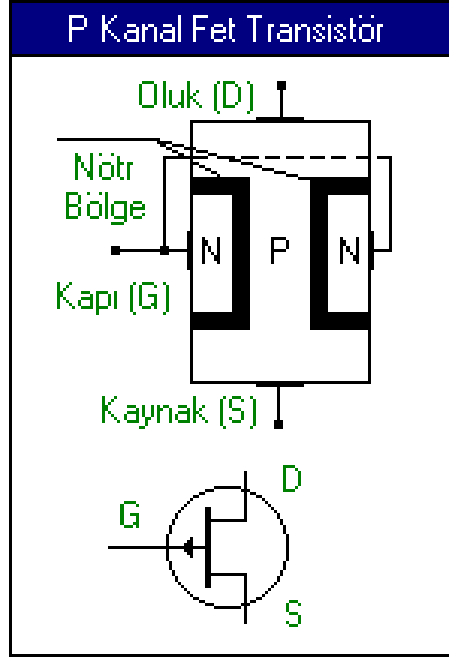
** Eğer drain kaynak voltajı daha fazla arttırılırsa, ters polarmalı gate eklemesinin bozulma olayı (breakdown) meydana gelir. Bu ise yüksek bir ID akımına neden olarak JFET hasara uğrar.

a) N Kanal JFet Transistör:



Yandaki grafikte görüldüğü gibi n kanal jfet transistörler iki adet P ve bir adette N maddesinin birleşiminden meydana gelmiştir. Fetin gate ucuna uygulanan gerilim ile D ve S uçları arasındaki direnç değeri kontrol edilir. Gate ucu 0V tutulduğunda, yani S ucuna birleştirildiğinde P ve N maddeleri arasındaki nötr bölge genişlemeye başlar. Bu durumda D ve S uçları arasından yüksek bir akım akmaktadır. D ve S uçları arasına uygulanan gerilim seviyesi arttırıldığı takdirde ise bu nötr bölge daha da genişlemeye başlar ve akım doyum değerinde sabit kalır. Gate ucuna eksi değerde bir gerilim uygulanması durumunda ise nötr bölge daralır. Akım seviyesi de gate ucuna uygulanan gerilim seviyesine bağlı olarak düşmeye başlar. Bu sayede D ve S uçlarındaki direnç değeri yükselir.

b) P Kanal JFet Transistör:



P kanal fetlerin çalışma sistemide N kanal fetlerle aynıdır. Tek farkı polarizasyon yönünün ve P N maddelerinin yerlerinin ters olmasıdır. Yani gate ucuna pozitif yönde polarizasyon verdiğimizde D ve S uçları arasındaki direnç artar, akım düşer. Gate ucu 0V iken ise akım doyumdadır.

16 - Mosfet:

Mosfetlerde fetler gibi N kanal ve P kanal olarak ikiye ayrılırlar. Mosfetler Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi büyük bir gövde olan P maddesi (SS) oluk ve kaynak kutuplarına bağlı iki adet N maddesi. Ve yine kanal bölgesini oluşturan bir N maddesi daha. Birde kanal ile arasında silisyumdioksit (SiO_2) maddesi bulunan kapı konnektörü bulunmaktadır. Bu madde n kanal ile kapı arasında iletimin olmamasını sağlar. P maddesinden oluşan gövde bazı mofetlerde içten S kutbuna bağlanmış, bazı mosfetlerde de ayrı bir uc olarak dışarı çıkarılmıştır. Mosfetler akım kontrolü fetlerden biraz farklıdır. Mosfetler bazı özelliklerine göre ikiye ayrılırlar, bunlar "Deplesyon (Depletion)" ve "Enhensment" tipi mosfetlerdir. Bu iki tip mosfeti şimdi ayrı ayrı inceleyelim.

MOSFET

MOSFET 'lerin Yapısı

JFET 'ler klasik transistörlere göre büyük bir gelişme olmasına rağmen bazı limitleri vardır. JFET 'lerin giriş empedansları klasik transistörlerden daha fazla olduğu için, JFET 'in girişine bağlanan sinyal kaynağından çekilen küçük miktardaki ters beyz gate akımı, sinyal kaynağını yükler. Bu yükleme etkisini azaltmak ve frekans cevabını (respond) geliştirmek için JFET 'lere göre daha fazla gelişmiş başka bir alan etkili transistör yapılmıştır.

Alan etkili transistörün (Fet) geliştirilmiş tipi genellikle Mosfet olarak bilinen metal oksit yarı iletkenidir. Mosfet kalimesinin açılımı metal oxide semiconductor field effect transistor 'dür. (Metal oksit yarıiletken alan etkili transistör). Mosfet, ingilizce açılımının baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuştur.

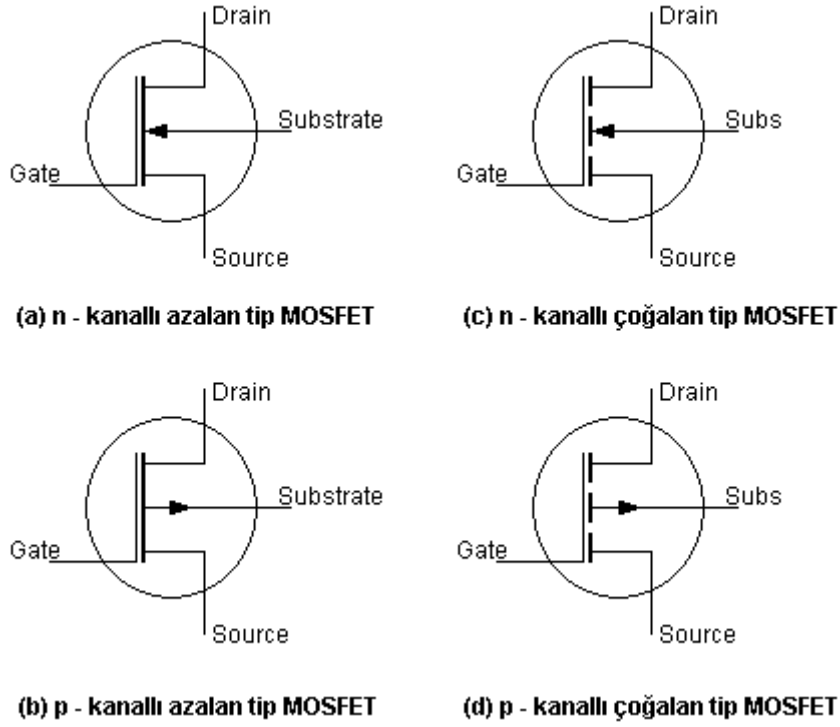
İzole edilmiş gate özelliğinden dolayı Mosfet 'lerin giriş empedansı son derece yüksek olup (10^{14}) elektrodlar arası iç kapasitansı çok küçüktür. Bundan dolayı Mosfet 'ler normal transistörlerin, frekans sahasının çok daha üstündeki frekanslarda ve yüksek giriş empedanslı yükselteçlere ihtiyaç duyulan devrelerde daha fazla kullanılırlar. Bunun için Mosfet 'ler voltmetre, ohmmetre ve diğer test aletlerinde kullanılırlar. Mosfet 'lerde, JFET 'lere ve klasik transistörlere nazaran gürültü daha az olup, band genişliği daha fazladır.

Mosfet 'lerin bu üstünlüklerine nazaran bazı sakıncaları vardır. Şöyleki; Mosfet yapısındaki ince silikon oksit tabakası, kolaylıkla tahrip olabilir. Mosfet 'e elle dokunulması halinde insan vücudu üzerindeki elektrostatik yük nedeniyle oksit tabakası delinerek, kullanılmayacak şekilde harap olabilir. Bundan dolayı Mosfet 'ler, özel ambalajlarında korunmaya alınmalı, Mosfet 'e dokunmadan önce kullanıcı, üzerindeki elektrostatik yükü topraklayarak boşaltmalıdır. Mosfet 'i devre üzerinde montaj yaparken düşük güçlü havya kullanılmalı ve havya mutlaka topraklanmalıdır.

Mosfetler şu şekilde sınıflandırılır:

- a) Azalan (Boşluk şarjlı, depletion tipi) Mosfet
- b) Çoğalan (Enhancement) tipi Mosfet

JFET 'lerde olduğu gibi yine kendi aralarında, n-kanallı ve p-kanallı azalan ve çoğalan tip olarak ayrılırlar.



Şekil 1.13 Mosfet Sembolleri

Mosfet sembollerinden görüleceği gibi JFET 'lerden ayıran, Mosfet 'lerde Substrate (SS, Bulk, Altkatman) terminalinin bulunmasıdır.

a) Deplesyon:

Yandaki garafikten de anlaşılacağı gibi mosfetin gate kutbuna 0V verildiğinde (yani S kutbu ile birleştirildiğinde) S ve D kutupları arasından fetlerdeki gibi bir akım akmaya başlar. Gate kutbuna negatif yönde yani -1V uygulandığında ise gate kutbundaki elektronlar kanaldaki elektronları iter ve p tipi maddeden oluşan gövdedeki oyukları da çeker. Bu itme ve çekme olaylarından dolayı kanal ile gövdedeki elektron ve oyuklar birleşerek nötr bölge oluştururlar. Gate 'e uygulanan negatif gerilim artırıldığında ise nötr bölge dahada genişler ve akımın geçmesine engel olur. Gate kutbuna pozitif yönde gerilim uygulandığında gate kutbundaki oyuklar, gövdedeki oyukları iter, kanaldaki elektronları ise çeker fakat aradki silisyumdioksit madde nedeniyle gate kutbundaki oyuklarla elektrınlar birleşemez. Bu sayede kanal genişler ve geçen akım daha da artar. İşte bu gate kutbunan uygulanan pozitif gerilimle akımın artırılmasına "Enhensment", negatif gerilim uygulayarak akım düşürülmesinede "Deplesyon"

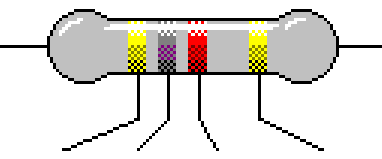
(Depletion) diyoruz. Bu bölümde Deplesyon tipi mosfetlerin N kanal olan türünü açıkladık. P kanal olan tipi N kanalın, polarma ve yarıiletkenlerin yerleri bakımından tam tersidir.

b) Enhensment:

Enhensment tipi mosfetleri, Deplesyon tipi mosfetlerden ayıran en önemli özellik yantarafta da görüldüğü gibi N tipi kanalın bulunmamasıdır. Bu kanalın bulunmaması nedeni ile gate kutbuna 0V uygulandığında S ile D uçları arasından hiç bir akım geçmez. Fakat gate kutbuna +1V gibi bir pozitif gerilim uygulandığında gate kutbundaki oyuklar gövdedeki oyukları iter. Bu sayede S kutbundan gelen elektronlara D kutbuna gitmek için yol açılmış olur. S ve D kutupları arasından bir akım geçmeye başlar. Bu bölümde Enhensment tipi mosfetlerin N kanal olan türünü açıkladık. P kanal olan tipi N kanalın, polarma ve yarıiletkenlerin yerleri bakımından tam tersidir.

1 - Direnç:

Renkler	Sayı	Çarpan	Tolerans
Siyah	0	10^0	—
Kahve	1	10^1	$\pm\%1$
Kırmızı	2	10^2	$\pm\%2$
Turuncu	3	10^3	—
Sarı	4	10^4	—
Yeşil	5	10^5	$\pm\%0,5$
Mavi	6	10^6	$\pm\%0,25$
Mor	7	10^7	$\pm\%0,1$
Gri	8	10^8	$\pm\%0,05$
Beyaz	9	10^9	—
Gümüş	—	10^{-2}	$\pm\%10$
Altın	—	10^{-1}	$\pm\%5$



1.Sayı 2.Sayı Çarpan Tolerans
4 7 10^2 $\pm\%5$
 $47 \times 100 = 4700\Omega = 4,7 K\Omega$

Direncin kelime anlamı, birşeye karşı gösterilen zorluktur. Devre elemanı olan dirençte devrede akıma karşı bir zorluk göstererek akım sınırlaması yapar. Direncin birimi "Ohm" 'dur. 1,000 ohm = 1 Kilo ohm, 1,000,000 ohm = 1 Mega ohm ve 1,000,000,000 ohm = 1 Giga ohm. Direncin değeri üzerine renk kodları ile yazılmıştır. Yan tarafta görülen direncin renklerini soldan başlayarak, sarı, mor, kırmızı ve altındır. Soldan 1. renk 1. sayıyı, 2. renk 2. sayıyı, 3.

renk çarpan sayıyı ve 4. renkte toleransı gösterir. Tablodan bakıldığında sarı 4'e, mor 7'e ve kırmızıda çarpan olarak 10 üzeri 2'ye eşittir. Bunlar hesaplandığında ilk iki sayı yanyana konur ve üçüncü ile çarpılır. Tolerans direncin değerindeki oynama alanıdır. Mesela yandaki direncin toleransı %5 ve direncin değeri de 4.7 Kohm'dur. Tolerans bu direncin değerinin 4.7 Kohm'dan %5 fazla veya eksik olabileceğini belirtir. Birde 5 renkli dirençler vardır. Bunlarda ilk üç renk sayı 4. renk çarpan, 5. renk ise toleranstır. Dirençler normalde karbondan üretilirler fakat yüksek akım taşınması gereken dirençler telden imal edilirler. Ayrıca dirençler sabit ve ayarlı dirençler olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ayarlı dirençlerden "Potansiyometre" sürekli ayar yapılan yerlerde, "Trimpot" ise nadir ayar yapılan yerlerde kullanılırlar.

Direnç Ve Kondansatör Renk Kodları

Direnç Renk Kodları



RENK	A	B	C	D (Çarpan)	T (Tolerans)
Siyah	0	0	0	1Ω	
Kahverengi	1	1	1	10Ω	±%1 (F)
Kırmızı	2	2	2	100Ω	±%2 (G)
Turuncu	3	3	3	1KΩ	-
Sarı	4	4	4	10KΩ	-
Yeşil	5	5	5	100KΩ	±%0.5 (D)
Mavi	6	6	6	1MΩ	±%0.25 (C)
Mor	7	7	7	10MΩ	±%0.10 (B)
Gri	8	8	8		±%0.05
Beyaz	9	9	9		-
Altın	-	-	-	0.1	±%5 (J)
Gümüş	-	-	-	0.01	±%10 (K)
RENK	A	B	-	C (Çarpan)	T (Tolerans)



Direnç üzerindeki renkleri değerlendirirken A, B, C, D ve T sırasına göre gitmeye dikkat etmek gerekmektedir. Bu sıralamaya göre yapılacak hesaplama sonucunda elde edilen direnç değeri Ohm(Ω) olarak bulunacaktır. ($10^0=1$ 'dir.)

Metal Film Dirençte:

A B C D T					
A	B	C	D	T	
1. Sayı	2. Sayı	3. Sayı	Çarpan	Tolerans	Direnç (Ω)
Kahve (1)	Siyah (0)	Siyah (0)	Kırmızı (10^2)	Kırmızı ($\pm\%2$)	$10000 \pm\%2$
Yeşil (5)	Mavi (6)	Kırmızı (10^2)	Altın (0.1)	Altın ($\pm\%5$)	$56.2 \pm\%5$
Turuncu (3)	Kırmızı (2)	Kırmızı (2)	Sarı (10^4)	Kahve ($\pm\%1$)	$3220000 \pm\%1$

Karbon Dirençte:

A B C T				
A	B	C	T	
1. Sayı	2. Sayı	Çarpan	Tolerans	Direnç (Ω)
Sarı (4)	Mor (7)	Siyah (10^0)	Altın $\pm\%5$	$47 \pm\%5$
Kırmızı (2)	Kırmızı (2)	Kırmızı (10^2)	Gümüş $\pm\%10$	$2200 \pm\%10$
Mavi (6)	Gri (8)	Yeşil (10^5)	Kahve $\pm\%1$	$6800000 \pm\%1$

Değeri Üzerinde Yazılı Dirençler

Bazı üreticiler renk kodu yerine direnç değerlerini yazmayı tercih etmektedirler. Bunlardan bir kısmı doğrudan direnç değerini ve toleransını yazdığı gibi, bazıları da harf kodu kullanmaktadır.

Direnci gösteren harfler: R = Ohm(Ω), K = KiloOhm($K\Omega$), M = MegaOhm($M\Omega$)

Tolerans harfleri: F = $\pm\%1$, G = $\pm\%2$, J = $\pm\%5$, K = $\pm\%10$, M = $\pm\%20$

Kodlama Üç Şekilde Olmaktadır;

1- 1000 Ohm 'a kadar olan dirençler için R harfi kullanılır.

Kodlama 3 adımda yapılır:

R 'den önce gelen sayı "Ohm" olarak direnci gösterir.

R 'den sonra gelen sayı direncin ondalık bölümünü gösterir.

En sondaki harf toleransı gösterir.

Örneğin:

$$6R8J = 6.8 \pm\%5 \Omega$$

$$R45G = 0.45 \pm\%2 \Omega$$

2- $1K\Omega$ 'dan $1M\Omega$ 'a kadar olan dirençler için "K" harfi kullanılır.

Örneğin:

$$3K0K = 3 \pm\%10 K\Omega$$

$$2K7M = 2.7 \pm\%20 K\Omega$$

3- $1M\Omega$ 'dan yukarı dirençlerde de "M" harfi kullanılır.

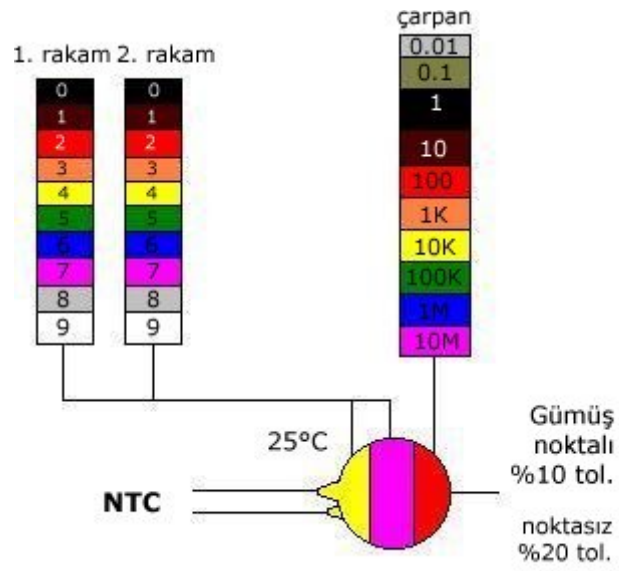
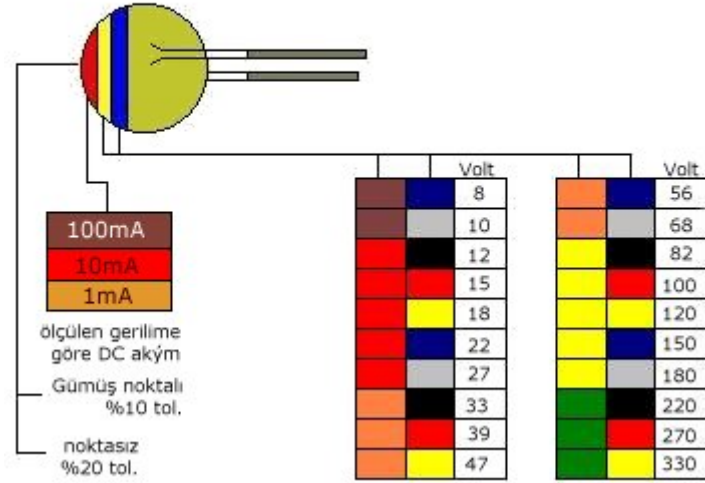
Direnç Standartı:

Tablo 1.3 'te görüldüğü gibi, dirençler standart değerlerde üretilir. Tolerans yüzdeleri, "E" seri numarasından anlaşılır.

E6 serisi (%20)	E12 serisi (%10)	E24 (%5)	E96 (±1-2)
1.0	1.0	1.0	100
		1.1	102
	1.2	1.2	105
		1.3	107
1.5	1.5	1.5	110
		1.6	113
	1.8	1.8	115
		2.0	118
2.2	2.2	2.2	120
		2.4	123
	2.7	2.7	125
		3.0	128
3.3	3.3	3.3	130
		3.6	133
	3.9	3.9	135
		4.3	138
4.7	4.7	4.7	140
		5.1	143
	5.6	5.6	145
		6.2	148
6.8	6.8	6.8	150
		7.5	155
	8.2	8.2	160
Tablo 1.3 - Standart dirençler			

İhtiyaca göre bu dirençlerin 10, 100, 1000 katları alınır.

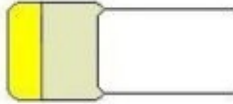
VDR standard



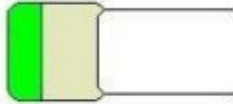
Kondansatör Renk Kodları

Kuplaj-Dekuplaj kond.

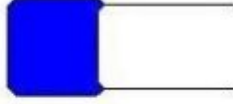
100-4700pF Sınıf 2
tolerans %10



1-22nF Sınıf 2
tolerans -%20+%80



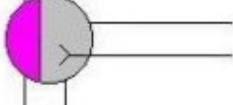
22-100nF Sınıf 3
tolerans -%20+%80



Ayar kond.
0.47-560pF Sınıf 1B
tolerans %2

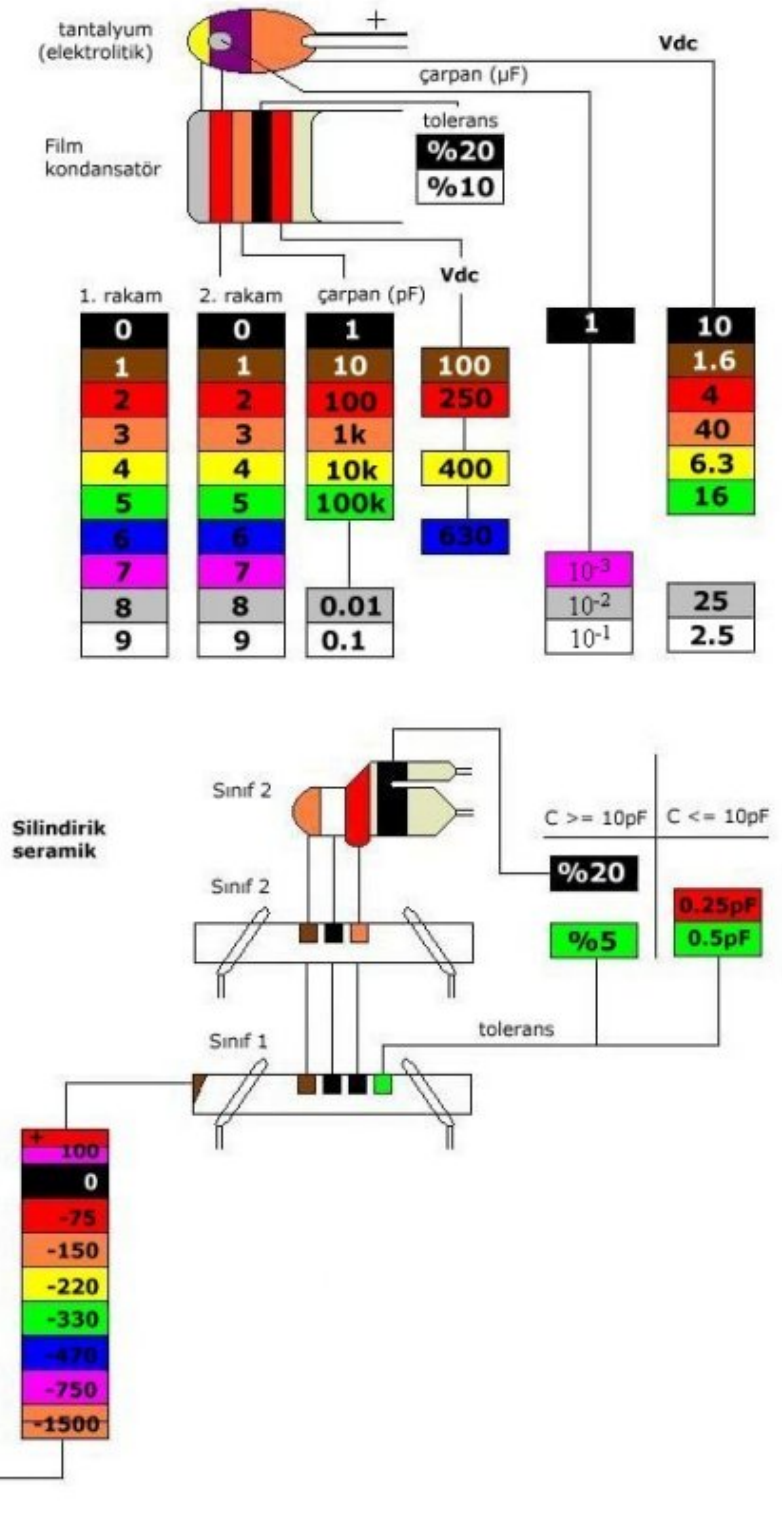


0.47-100pF Sınıf 1B



Gri:
Ayar kondansatörü
renk kodu

($\times 10^{-6}$) sıcaklık sabiti



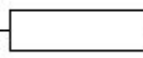
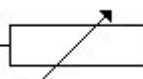
Dirençler

Direnç Nedir?

Direnç kelimesi, genel anlamda, "bir güce karşı olan direnme" olarak tanımlana bilir. Elektrik ve elektronikte direnç, iki ucu arasına gerilim uygulanan bir maddenin akıma karşı gösterdiği

direnme özelliğidir. Kısaca; elektrik akımına gösterilen zorluğa DİRENÇ denir. Direnç "R" veya "r" harfi ile gösterilir, birimi ohm (Ω) dur.

Direnç Sembolleri:

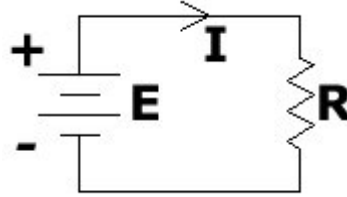
Eski	Yeni	
		Sabit Dirençler
		Ayarlı Dirençler

Direncin devredeki rolü:

Bir "E" gerilim kaynağına "R" direncinden, Şekil 1.1'de gösterilmiş olduğu gibi, bir "I" akımı akar. Bu üç değer arasında Ohm kanununa göre şu bağlantı vardır.

$$E=I.R$$

Birimleri: E: Volt I: Amper R: Ohm (Ω)



Şekil 1.1- Dirençli bir devre

Direnç Türleri:

Dirençler iki gruba ayrılır:

- Büyük güçlü dirençler
- Küçük güçlü dirençler

Büyük Güçlü Dirençler;:

2W üzerindeki dirençler büyük güçlü direnç grubuna girer.

Küçük Güçlü Dirençler;

Küçük güçlü dirençlerin sınıflandırılması:

- Sabit Dirençler
- Ayarlı Dirençler
- Termistör (Terminstans)
- Foto Direnç (Fotorezistans)

Gerek büyük güçlü olsun, gerekse de küçük güçlü olsun, bütün dirençlerin belirli bir dayanma gücü vardır.

Bir Direncin Harcadığı Güç:

U: Dirençteki gerilim düşümü (Volt)

R: Direncin değeri (Ohm)

I : Geçen akım (Amper)

P: Direncin gücü (Watt)

Direnç Üzerinde Harcanan Güç Üç Şekilde İfade Edilir:

Akım ve gerilim cinsinden: $P=U.I$ 'dır

Akım ve dirençcinsinden; (ohm kanununa göre): $U=I.R$ 'dir.

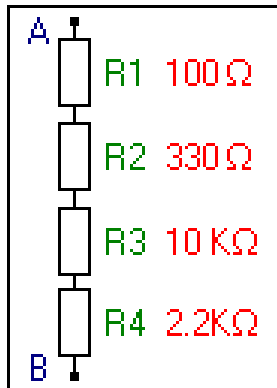
Bu "U" değeri $P=U.I$ 'da yerine konulursa: $P= I^2R$ olur.

Gerilim ve dirençcinsinden; (ohm kanununa göre): $I=U/R$ 'dir.

Bu "I" değeri, $P=U.I$ 'da yerine konursa, $P= U^2/R$ olur.

Direnç Bağlantı Türleri

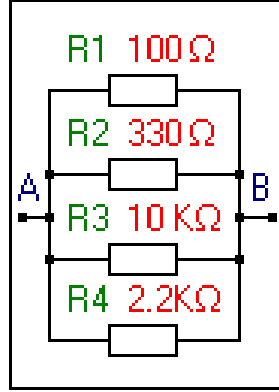
a) Seri bağlantı:



Yan taraftaki resimde dört adet direncin birbirine seri bağlanmış durumu görülmektedir. A ve B

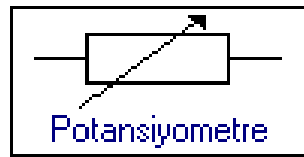
uclarındaki toplam direnç değerinin heaplama formülü, $R_{Toplam} = R1 + R2 + R3 + R4$ şeklindedir. Yani $100 \Omega + 330 \Omega + 10 K\Omega + 2.2 K\Omega = 12.430 K\Omega$ 'a buda $12,430 \Omega$ 'a eşittir.

b) Paralel bağlantı:



Paralel bağlantıda ise formül $1 / R_{Toplam} = (1 / R1) + (1 / R2) + (1 / R3) + (1 / R4)$ şeklindedir. Fakat işlemler yapılmadan önce Tüm değerler aynı yani ohm, $K\Omega$ veya $M\Omega$ cinsine dönüştürülmelidir. $10 K\Omega = 10,000 \Omega$, $2.2 K\Omega = 2,200 \Omega$. Şimdide hesaplamayı yapalım.
 $1 / R_{Toplam} = (1 / 100 \Omega) + (1 / 330 \Omega) + (1 / 10,000 \Omega) + (1 / 2,200 \Omega)$ bu eşitliğe göre,
 $1 / R_{Toplam} = (0.01) + (0.003) + (0.0001) + (0.00045) \Rightarrow 1 / R_{Toplam} = 0.01355$ yine bu eşitliğe göre $R_{Toplam} = 1 / 0.01355$ bu da 73.8Ω 'a eşittir.

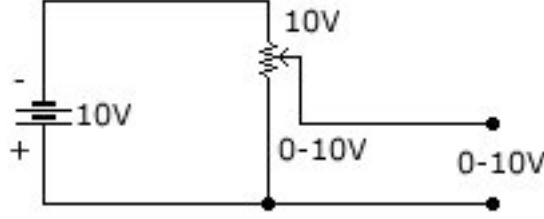
2 - Potansiyometre:



Potansiyometre devamlı ayar yapılması için üretilmiş bir ayarlı direnç türüdür. radyo ve teyiplerde ses yüksekliğini ayarlamak için kullanılır. Üç bacaklıdır. 1 ve 3 nolu uçlar arasında sabit bir direnç vardır. Ortadaki uç ise 1 nolu uç ile 3 nolu uç arasında hareket eder. 1 nolu ucala arasındaki direnç azaldıkça 3 nolu uç arasındaki direnç artar.

Potansiyometreler

Potansiyometreler şekil 1.8 'de görüldüğü gibi üç uçlu ayarlı orta uç, direnç üzerinde gezinebilir.



Şekil 1.8 - Potansiyometrenin gerilim bölücü olarak kullanılması

Potansiyometreler, yine Şekil 1.8 'de belirtilmiş olduğu gibi direnç değerinin değiştirilmesi yoluyla gerilim bölme, diğer bir deyimle çıkış gerilimini ayarlama işlemini yapar.

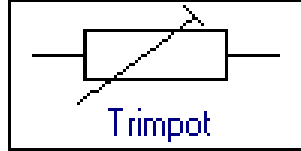
Potansiyometrelerin başlıca uygulama alanları Tablo 1.3 'de verilmiştir.

Potansiyometre Çeşitleri:

Potansiyometreler aşağıdaki üç grup altında toplanabilir.

- Karbon Potansiyometreler
- Telli Potansiyometreler
- Vidalı Potansiyometreler

3 - Trimpot:



Trimpot ise devrenin içinde kalır ve sabit kalması gereken ayarlar için kullanılır. Mantığı potansiyometre ile aynıdır.

4 - Foto Direnç (LDR):

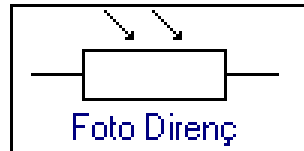
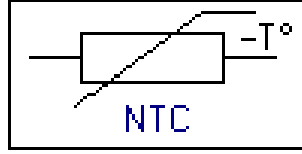


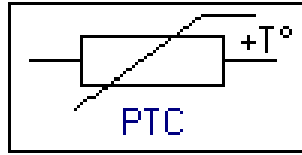
Foto direnç üzerine düşen ışık şiddetiyle ters orantılı olarak, ışık şiddeti arttığında direnci düşen, ışık şiddeti azaldığında ise direnci artan bir devre elemanıdır. Foto direnç AC ve DC akımında aynı özellikleri gösterir. Yan tarafta foto direncin sembolü görülmektedir.

5 - NTC:



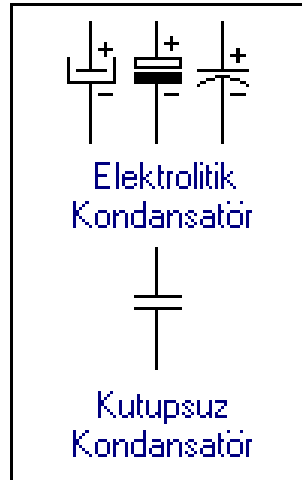
Ntc direnci ısıyla kontrol edilen bir direnç türüdür. Ntc ısıyla ters orantılı olarak direnç değiştirir. Yani ısı arttıkça ntc nin direnci azalır. Isı azaldıkça da ntc nin direnci artar. Yan tarafta NTC'nin sembolü görülmektedir.

6 - PTC:



Ptc ise ntcnin tam tersidir. Isıyla doğru orantılı olarak direnci değişir. Yani ısı artıkça direnci artar, ısı azaldıkça da direnci azalır. Yan tarafta PTC'nin sembolü görülmektedir.

7 - Kondansatör:



Kondansatör mantığı iki iletken arasına bir yalıtkandır. Kondansatörler içerisinde elektrik depolamaya yarayan devre elemanlarıdır. Kondansatöre DC akım uygulandığında kondansatör dolana kadar devreden bir akım aktığı için iletimde kondansatör dolduktan sonrada yalıtkımdadır. Devreden sızıntı akımı haricinde herhangi bir akım geçmez. AC akım uygulandığında ise akımın yönü devamlı değiştiği için kondansatör devamlı iletimdedir.

Kondansatörün birimi "Farat" 'tır ve "F" ile gösterilir. Faratın altbirimleri Mikro farat (μF), Nano farat (nF) ve Piko farattır (pF). $1 \text{ F} = 1,000,000 \mu\text{F}$, $1 \mu\text{F} = 1,000 \text{ nF}$, $1 \text{ nF} = 1,000 \text{ pF}$.

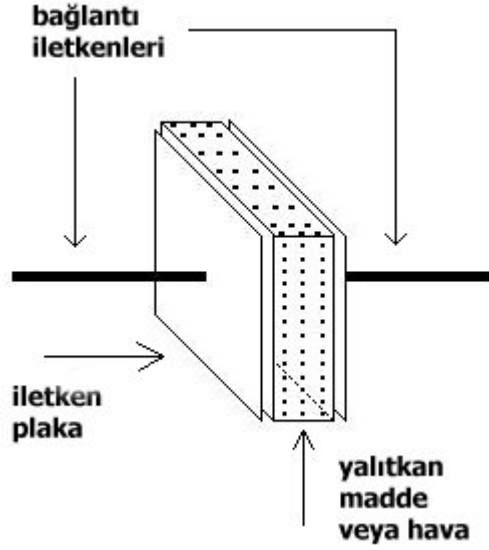
Şimdide kondansatörlerin seri ve paralel bağlantı şekillerini inceleyelim.

Kondansatörler

Ön bilgiler:

Kondansatör, DC akımı geçirmeyip, AC akımı geçiren devre elemanıdır.

Kondansatörün Yapısı:



Şekil 1.16 - Kondansatör Yapısı

Kondansatör şekil 1.6 'da görüldüğü gibi, iki iletken plaka arasına yalıtkan bir maddenin yerleştirilmesi veya hiç bir yalıtkan kullanılmaksızın hava aralığı bırakılması ile oluşturulur. Kondansatörler yalıtkan maddenin cinsine göre adlandırılır.

Kondansatörün sembolü:

Değişik yapıllı kondansatörlere göre, kondansatör sembollerinde bazı küçük değişiklikler vardır.



Harf Olarak " C "

Kondansatörün Çalışma Prensibi:

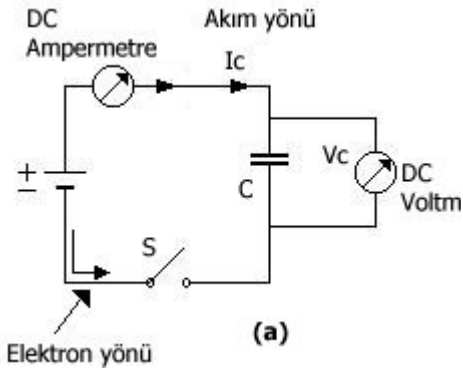
Kondansatörün bir DC kaynağına bağlanması ve şarj edilmesi:

Şekil 1.17(a) 'da görüldüğü gibi kondansatör bir DC kaynağına bağlanırsa, devreden Şekil 1.17(b) 'de görüldüğü gibi, geçici olarak ve gittikçe azalan I_C gibi bir akım akar. I_C akımının değişimini gösteren eğriye kondansatör zaman diyagramı denir.

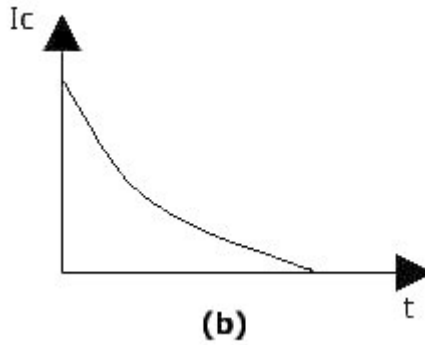
Akımın kesilmesinden sonra kondansatörün plakaları arasında, kaynağın V_k gerilimine eşit bir V_C gerilimi oluşur.

Bu olaya, kondansatörün şarj edilmesi, kondansatöre de şarjlı kondansatör denir.

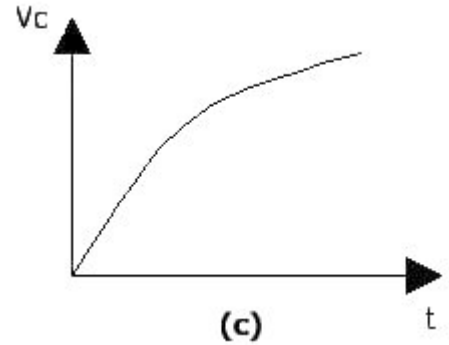
"Şarj" kelimesinin Türkçe karşılığı "yükleme" yada "doldurma" dır.



a) Bağlantı devresi



b) Zaman diyagramı



c) V_C gerilim oluşumu

Şekil 1.17- Kondansatörün DC kaynağına bağlanması

Kondansatör Devresinden Akım Nasıl Akmalıdır?

Şekil 1.17(a)'daki devrede, S anahtarı kapatıldığında aynı anda kondansatör plakasındaki elektronlar, kaynağın pozitif kutbu tarafından çekilir, kaynağın negatif kutbundan çıkan elektronlar, kondansatöre doğru akmaya başlar. Bu akma işlemi, kondansatörün plakası daha fazla elektron veremez hale gelinceye kadar devam eder.

Bu elektron hareketinden dolayı devreden bir I_C akımı geçer. I_C akımının yönü elektron hareketinin tersi yönündedir.

Devreden geçen I_C akımı, bir DC ampermetresi ile gözlemlenebilir. S anahtarı kapanınca

ampermetre ibresi önce büyük bir sapma gösterir. Sonra da, ibre yavaş yavaş sıfıra gelir. Bu durum devreden herhangi bir akım geçmediğini gösterir. IC akımına şarj akımı denir.

Devre akımının kesilmesinden sonra yukarıda da belirtildiği gibi kondansatör plakaları arasında $V_C = V_k$ oluşur.

V_C gerilimine şarj gerilimi denir.

V_C geriliminin kontrolü bir DC voltmetre ile de yapılabilir. Voltmetrenin "+" ucu, kondansatörün, kaynağın pozitif kutbuna bağlı olan plakasına, "-" ucu da diğer plakaya dokundurulursa V_C değerinin kaç volt olduğu okunabilir. Eğer voltmetrenin uçları yukarıda anlatılanın tersi yönde bağlanırsa voltmetrenin ibresi ters yönde sapar.

Kondansatörde Yük, Enerji ve Kapasite;

Şarj işlemi sonunda kondansatör, Q elektrik yüküyle yüklenmiş olur ve bir E_C enerjisi kazanır. Kondansatörün yüklenebilme özelliğine kapasite (sığa) denir. C ile gösterilir.

Q, E_C , C ve uygulanan V gerilimi arasında şu bağlantı vardır.

$$Q = C \cdot V \quad , \quad E_C = CV^2/2$$

Q: Coulomb (kulomb)

V: Volt

C: Farad (F)

E_C : Joule (Jul)

Yukarıdaki bağlantıdan da anlaşıldığı gibi, C kapasitesi ve uygulanan V gerilimi ne kadar büyük ise Q elektrik yükü ve buna bağlı olarak devreden akan I_C akımı da o kadar büyük olur.

Kondansatörün kapasite formülü:

$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot (A/d)$$

ϵ_0 : (Epsilon 0): Boşluğun dielektrik katsayısı ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$)

ϵ_r : (Epsilon r): Plakalar arasında kullanılan yalıtkan maddenin İZAFİ¹ dielektrik (yalıtkanlık) sabiti. (Tablo 1.6)

A: Plaka alanı

d: Plakalar arası uzaklık

A ve d değerleri METRİK sistemde (MKS) ifade edilirse, yani, "A" alanı (m^2) ve "d" uzaklığı

(m), metre cinsinden yazılırsa, C' nin değeri FARAD olarak çıkar.

Örneğin:

Kare şeklindeki plakasının her bir kenarı 3 cm ve plakalar arası 2 mm olan, hava aralıklı kondansatörün kapasitesini hesaplayalım.

A ve d değerleri MKS' de şöyle yazılacaktır:

$$A=0,03*0,03=0,0009\text{m}^2 = 9.10^{-4} \text{ m}^2$$

$$d=2\text{mm}=2.10^{-3}\text{m} \quad \epsilon_0 = 8,854.10^{-12}$$

Hava için $\epsilon_r=1$ olup, değerler yerlerine konulursa:

$$C=8,854.10^{-12}.4,5.10^{-1}=39,843.10^{-13} \quad F=3,9\text{PF (Piko Farad) olur.}$$

NOT:

¹ İZAFİ kelimesi, yalıtkan maddenin yalıtkanlık özelliğinin boşluğunkinden olan farkını göstermesi nedeniyle kullanılmaktadır. İzafinin, öz türkçesi, "göreceli" dir.

Tablo 1.6. Bazı yalıtkan maddelerin ϵ_r sabitleri

CİNSİ	İzafi Yalıtkanlık Katsayısı (ϵ_r)	CİNSİ	İzafi Yalıtkanlık Katsayısı (ϵ_r)
Hava	1	Cam	4-7
Lastik	2-3	Mika	5-7
Kağıt	2-3	Porselen	6-7
Seramik	3-7	Bakalit	4-6

AC Devrede Kondansatör:

Yukarıda DC devrede açıklanan akım olayı, AC devrede iki yönlü olarak tekrarlanır.

Dolayısıyla da, AC devredeki kondansatör, akım akışına karşı bir engel teşkil etmemektedir.

Ancak bir direnç gösterir.

Kondansatörün gösterdiği dirence kapasitif reaktans denir. Kapasitif reaktans, X_C ile gösterilir.

Birimi Ohm(Ω) dur.

$$X_C = (1/\omega C) = (1/2\pi fC) \text{ 'Ohm olarak hesaplanır.}$$

$$X_C = \text{Kapasitif reaktans } (\Omega)$$

ω = Açısal hız (Omega)

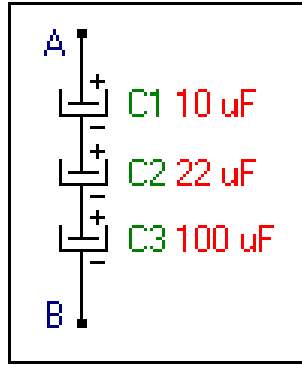
f = Frekans (Hz)

C = Kapasite (Farad)

Yukarıdaki bağlantıdan da anlaşıldığı gibi, kondansatörün X_C kapasitif reaktansı; C kapasitesi ve f frekansı ile ters orantılıdır. Yani kondansatörün kapasitesi ve çalışma frekansı arttıkça kapasitif reaktansı, diğer bir deyimle direnci azalır.

Kondansatör Bağlantı Şekilleri

a) Seri bağlantı:



Kondansatörlerin seri bağlantı hesaplamaları, direncin paralel bağlantı hesaplarıyla aynıdır.

Yanda görüldüğü gibi A ve B noktaları arasındaki toplam kapasite

$1 / C_{\text{Toplam}} = (1 / C_1) + (1 / C_2) + (1 / C_3)$ şeklinde hesaplanır.

$1 / C_{\text{Toplam}} = (1 / 10 \mu\text{F}) + (1 / 22 \mu\text{F}) + (1 / 100 \mu\text{F})$ burdan da

$1 / C_{\text{Toplam}} = 0,1 + 0,045 + 0,01$

$1 / C_{\text{Toplam}} = 0,155$

$C_{\text{Toplam}} = 1 / 0,155$

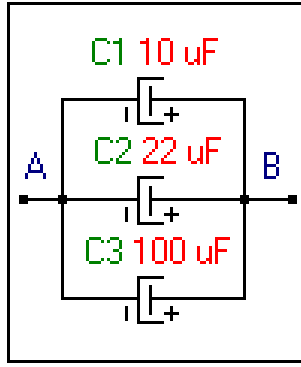
$C_{\text{Toplam}} = 6.45 \mu\text{F}$ eder.

A ve B arasındaki elektrik ise

$V_{\text{Toplam}} = V_1 + V_2 + V_3$ şeklinde hesaplanır.

Bu elektrik kondansatörlerin içinde depolanmış olan elektriktir.

b) Paralel bağlantı:



Kondansatörlerin paralel bağlantı hesaplamaları, direncin seri bağlantı hesaplarıyla aynıdır.

$C_{\text{Toplam}} = C_1 + C_2 + C_3$ hesapladığımızda,

$$C_{\text{Toplam}} = 10 \mu\text{F} + 22 \mu\text{F} + 100 \mu\text{F}$$

$$C_{\text{Toplam}} = 132 \mu\text{F} \text{ eder.}$$

A ve B noktaları arasındaki elektrik ise

$$V_{\text{Toplam}} = V_1 = V_2 = V_3 \text{ şeklindedir.}$$

Yani tüm kondansatörlerin gerilimlerinde eşittir.

8 - Bobin:



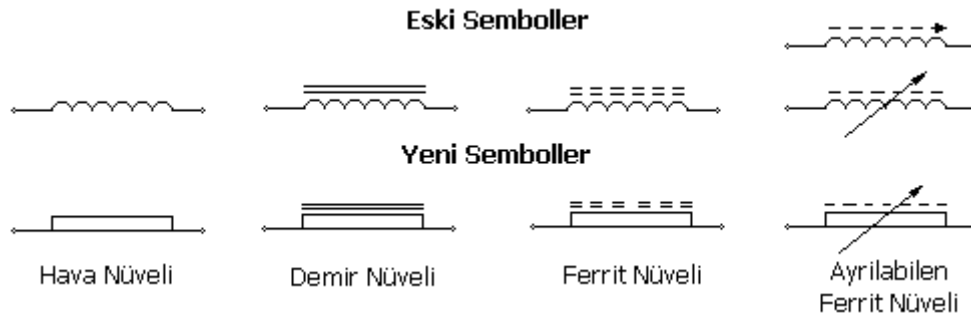
Bir iletkenin ne kadar çok eğik ve büzük bir şekilde ise o kadar direnci artar. Bobin de bir silindir üzerine sarılmış ve dışı izole edilmiş bir iletken telden oluşur. Bobine alternatif elektrik akımı uygulandığında bobinin etrafında bir manyetik alan meydana gelir. Aynı şekilde bobinin çevresinde bir mıknatıs ileri geri hareket ettirildiğinde bobinde elektrik akımı meydana gelir. Bunun sebebi mıknatısındaki manyetik alanın bobin telindeki elektronları açığa çıkarmasıdır. Bobin DC akıma ilk anda direnç gösterir. Bu nedenle bobine DC akım uygulandığında bobin ilk anda yalıtkan daha sonra iletkenidir. Bobine AC akım uygulandığında ise akımın yönü devamlı değiştiği için bir direnç gösterir. Bobinin birimi "Henri" 'dir. Alt katları ise Mili Henri (mH) ve Mikro Henridir (μH). Elektronik devrelerde kullanılan küçük bobinlerin boşta duranları olduğu gibi nüve üzerine sarılmış olanları da mevcuttur. Ayrıca bu nüve üstüne sarılı olanların nüvesini bobine yaklaştırıp uzaklaştırarak çalışan ayarlı bobinlerde mevcuttur. Bobin trafolar da elektrik

motorlarında kullanılır. Elektronik olarak frekans üreten devrelerde kullanılır.

Bobinler (Coil)

Sabit Bobinler ve Yapıları:

Bobin bir yalıtkan makara (mandren veya karkas) üzerine belirli sayıdaki sarılmış tel grubudur. Kullanım yerine göre, makara içerisi boş kalırsa havalı bobin, demir bir göbek (nüve) geçirilirse nüveli bobin dı verilir. Bobinin her bir sarımına spir denir. Şekil 1.28 'de bobin sembolleri verilmiştir. Aşağıdaki üst sırada bulunan semboller eski alt sırada bulunan semboller yeni gösterilim şeklidir.



Şekil 1.27 - Değişik Bobin Sembolleri

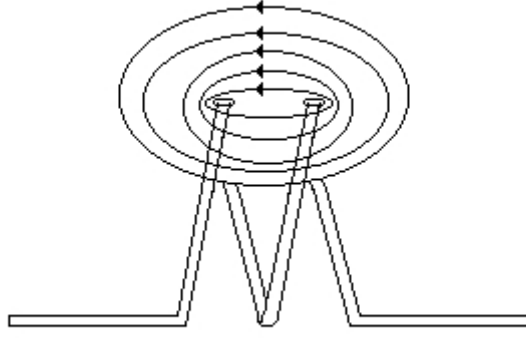
Bobindeki Elektriksel Olaylar:

Bilindiği gibi bir iletken akım geçirildiğinde, iletken etrafında bir magnetik alan oluşur. Bu alan kağıt üzerinde daireler şeklindeki kuvvet çizgileri ile sembolize edilir.

Bir bobinden AC akım geçirildiğinde, Şekil 1.29 'da görüldüğü gibi bobin sargılarını çevreleyen bir magnetik alan oluşur.

Akım büyüyüp küçülüşüne ve yön değiştirmesine bağlı olarak bobinden geçen kuvvet çizgileri çoğalıp azalır ve yön değiştirir.

Bobine bir DC gerilim uygulanırsa, magnetik alan meydana gelmeyip bobin devrede bir direnç özelliği gösterir.



Şekil 1.29 - içinden akım geçen bobindeki Magnetik alan kuvvet çizgileri

Zıt Elektro Motor Kuvveti (EMK)

Bobin içerisindeki kuvvet çizgilerinin değişimi, bobinde zıt elektromotor kuvvet (zıt EMK E_z) adı verilen bir gerilim endükler. Bu gerilimin yönü Şekil 1.30 'da gösterilmiş olduğu gibi kaynak gerilimine ters yöndedir.

Dolayısıyla da zıt EMK, bobinden, kaynak geriliminin oluşturduğu akıma ters yönde bir akım akıtmaya çalışır. Bu nedenledir ki, kaynak geriliminin oluşturduğu "I" devre akımı, ancak T/4 periyot zamanı kadar geç akmaya başlar.

Zıt EMK 'nın işlevi, LENZ kanunu ile şöyle tanımlanmıştır.

LENZ kanununa göre zıt EMK, büyümekte olan devre akımını küçültücü, küçülmekte olan devre akımını ise büyültücü yönde etki yapar.

Endüktif Reaktans (X_L):

Bobinin, içinden geçen AC akıma karşı gösterdiği dirence endüktif reaktans denir.

Endüktif reaktans X_L ile gösterilir. Birimi "Ohm" dur.

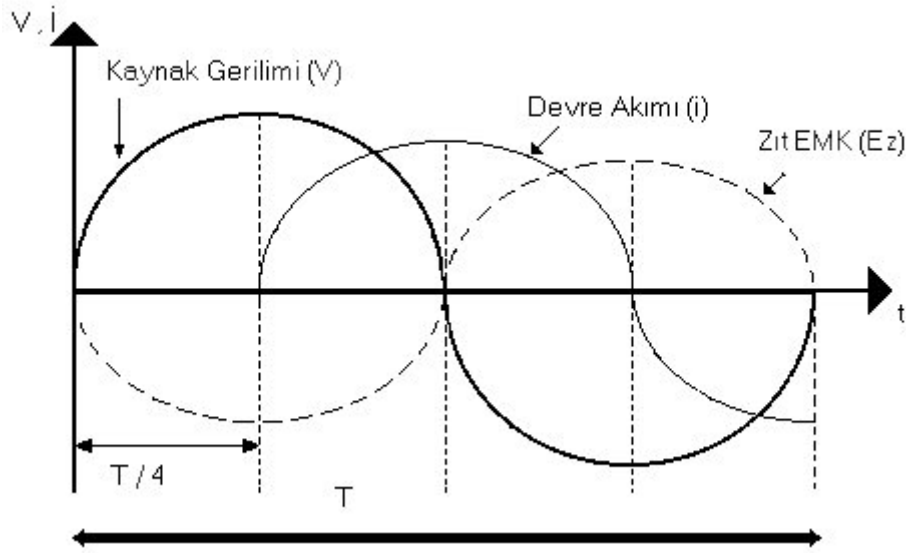
Şöyle ifade edilir:

$X_L = \omega.L$ 'dir. $\omega = 2.\pi.f$ olup yerine konulursa, $X_L = 2.\pi.f.L$ ohm olur.

ω : Açısal hız (Omega)

f: Uygulana AC gerilimin frekansı birimi, Herzt (Hz) 'dir.

L: Bobinin endüktansı olup birimi, Henry (H) 'dir.



Şekil 1.30. Zıt EMK 'nın etkisi

- AC kaynak geriliminin pozitif alternansındaki devre akımı.
- Kaynak gerilimi (v), devre akımı (i) ve zıt EMK (E_z) arasındaki bağıntı

"L" nin değeri bobinin yapısına bağlıdır.

Bobinin sarım sayısı ve kesit alanı ne kadar büyük olursa, "L" o kadar büyük olur. Dolayısıyla AC akıma gösterdiği dirençte o oranda büyür.

"L" nin birimi yukarıda da belirtildiği gibi Henry (H) 'dir. Ancak genellikle değerler çok küçük olduğundan "Henry" olarak yazımda çok küsürlü sayı çıkar.

Bunun için miliHenry (mH) ve mikrohenry (μ H) değerleri kullanılır.

Henry, miliHenry ve mikroHenry arasında şu bağıntı vardır.

MiliHenry (mH) : $1\text{mH} = 10^{-3} \text{ H}$ veya $1\text{H} = 10^3\text{mH}$

MikroHenry (μ H) : $1\mu\text{H} = 10^{-6} \text{ H}$ veya $1\text{H} = 10^6 \mu\text{H}$ 'dir.

Karşılıklı Endüktans (M):

Aynı nüve üzerine sarılı iki bobinin birinden akım geçirildiğinde, bunun nüvede oluşturduğu kuvvet çizgileri diğer sargıyı da etkileyerek, bu sargının iki ucu arasında bir gerilim oluşturur.

Bu gerilime endüksiyon gerilimi denir.

Bu şekilde iletişim, karşılıklı (ortak) endüktans denen belirli bir değere göre olmaktadır.

Karşılıklı endüktans (M) ile gösterilir ve şu şekilde ifade edilir:

$$M=(L_1.L_2)^{1/2} \quad L_1 \text{ ve } L_2, \text{ iki bobinin self endüktansıdır.}$$

M 'in birimi de Henry(H) 'dir.

Şöyle tanımlanır:

Aynı nüve üzerindeki iki bobinin birincisinden geçen 1 amperlik AC akım 1 saniyede, ikinci bobinde 1V 'luk bir gerilim endükliyorsa iki bobin arasındaki karşılıklı endüktans $M=1$ Henry 'dir.

Bobinler seri bağlanırsa toplam endüktans: $L=L_1+L_2+L_3+.....$ olur.

Aynı nüve üzerindeki iki bobin seri bağlanırsa: $L=L_1+L_2\pm 2M$ olur.

Şekil 1.31 'de değişik bobin görüntüleri verilmiştir.

Bobinin Kullanım Alanları:

Bobinin elektrik ve elektronikte yaygın bir kullanım alanı vardır. Bunlar kullanım alanlarına göre şöyle sıralanabilir.

Elektrikte:

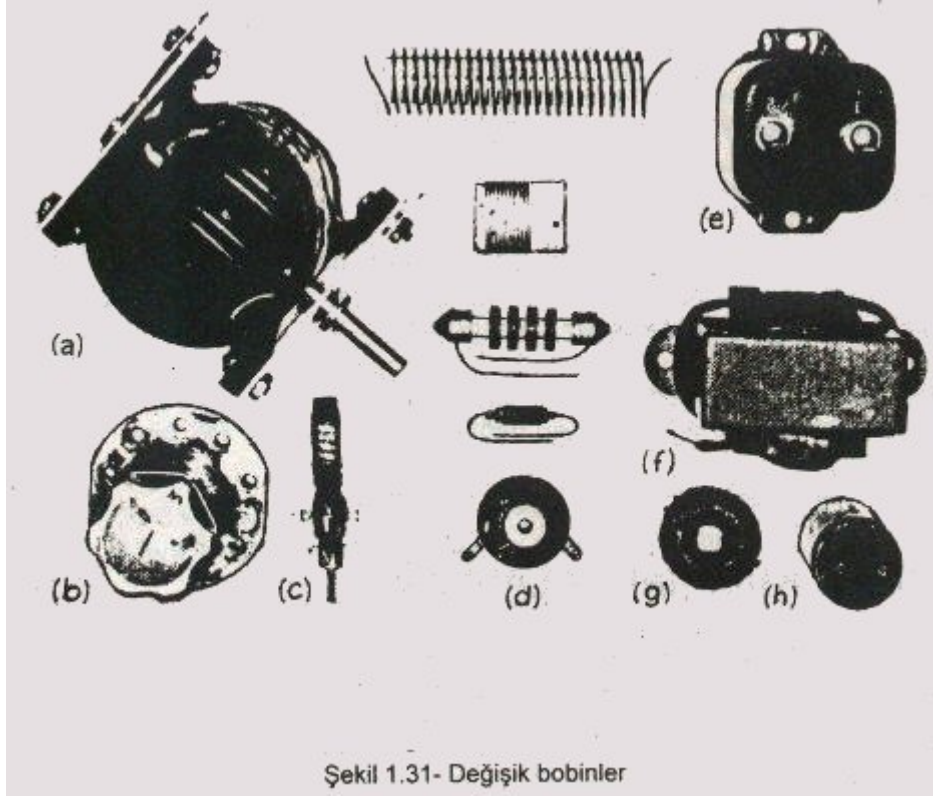
- Doğrultucular da şok bobini
- Transformatör
- Isıtıcı v.b.
- Elektromıknatıs (zil, elektromagnetik vinç)

Elektronikte:

- Osilatör
- Radyolarda ferrit anten elemanı (Uzun, orta, kısa dalga bobini)
- Telekomünikasyonda frekans ayarı (ayarlı göbekli bobin)
- Telekomünikasyonda röle
- Yüksek frekans devrelerinde (havalı bobin)

Özellikle de radyo alıcı ve vericilerinde de anten ile bağlantıda değişik frekansların (U.D, O.D, KD) alımı ve gönderiminde aynı ferrit nüveyi kullanan değişik bobinler ve bunlara paralel bağlı

kondansatörlerden yararlanır.



a) Ayarlı hava nüveli bobin

c) Ayarlı ferrit nüveli bobin

e) Demir çekirdekli bobin

g) Güç kaynağı şok bobini

i) Şiltli, yüksek endüktanslı şok bobini

b) Ayarlı demir nüveli bobin

d) Sabit hava nüveli bobinler

f) Şiltli ses frekansı şok bobini

h) Toroid