TRANSİSTÖRLER

Bu yazımda transistörlerin temelinden başlasam da fazla teknik detaya girip formüllerle kafanızı karıştırmayacağım. Sitemde anlattığım konular, daha çok yüzeysel olduğundan temel olarak öğrenip, hemen kullanmaya başlayabileceğiniz türden oluyor.  
Burada da bu durum değişmeyecektir. Formül vermeyeceğim derken en azından OHM kanununu bilmeniz gerek. Akım gerilim direnç ilişkilerini bilirseniz çok daha iyi bir şekilde kullanabilirsiniz.   
Diğer temel elektronik konuları hakkındaki yazılarımı okuduktan sonra bu yazıyı okumanızı tavsiye ederim. **Bu kategorideki yazılarım buradadır.**

Transistörler dediğimizde bir grup komponent çeşidinden bahsediyoruz.   
**TRANSİSTÖR şeması koy.** **Transistor-tree.jpg**

Yukarıda ana hatlarıyla gruplama tablosu var. Fakat bunun yanı sıra **IGBT, UJT** denilen transistorlar da vardır. Hatta entegre şeklinde **transistor array** denilen çoklu transistor çıkışına sahip komponentler de vardır. Örnek olarak popüler olan ULN2003 entegresini sayabiliriz.   
Bir de bunların dışında **opto transistör, phototransistor** komponentleri de vardır. Bunlarda Baz akımı ışık ile elde edilir. Işığın yoğunluğuna göre kolektör – emetör arasından akım akmaya başlar.

**Öncelikle BJT denilen**, Bipolar junction transistorlerden başlayalım. Bu transistorlar genelde bir çok devrede gördüğümüz transistorlardır. Daha çok sinyal devrelerinde kullanılmakla birlikte, güç gerektiren yerlerde yüksek frekans kullanılan yerlerde de kullanılmaktadır. Frekans bandı çok yüksek frekanslara kadar çıkabilir. Mesela popüler olarak kullanılan BC237 transistoru 100-200Mhz arası kullanılabilir. RF transistorları ise çok daha yüksek frekanslara çıkabilir. Bunun yanı sıra güç gerektiren yerlerde kullanılan popüler 2N3055 transistörü ise 2.5Mhz civarındadır. BJT transistörlerin frekans bandı geniştir.

Mosfet ile karşılaştırırsak,  
BJT ler akım kontrollüdür. Mosfetler ise gerilim kontrollüdür.  
BJT transistörler genelde düşük güçlü yerlerde tercih edilir. (Mosfet ler ticari olarak yaygınlaşmadan önce yüksek güçlü transistörler daha çok kullanılıyordu.) Yüksek güçlere çıkmak için sürücü transistorlara ihtiyacı olacaktır. Bu da DARLINGTON bağlı transistorların kullanılmasına neden olmuştur. Mosfetler Geliştirme aşamasındayken, BJT güç transistörleri yüksek güç isteyen yerlerde kullanıldı. Fakat akımdan dolayı yüksek ısınmaya sebep oluyordu. Mosfetler ticari olarak kullanılmaya başlandığında firmalarda ısınma sorunu için MOSFETlere yöneldiler. Yeni Güç devrelerine baktığınızda daha çok MOSFET transistor göreceksiniz.   
Fakat düşük sinyal devrelerinde hala BJT transistörler kullanılmaktadır.   
BJT transistörler birçok devrede Mikrokontrolcü ile direkt olarak kullanılabilir.   
Yüksek güç bjt transistörler için gerekli beyz akımını sağlamak için sürücü transistorlara ihtiyaç vardır.   
Buraya kadar BJT ve MOSFET arasındaki farkı anlatmaya çalıştım.   
BJT transistörün yapısıyla başlayalım.   
**resim BJT bacak ve akım resmi.NPN ve PNP**

**bjt\_npn\_akım bjt\_pnp\_akım resimleri**

Yukarıda gördüğünüz gibi 3 bacaklı transistorün bacakları şu şekilde isimlendirilir. Bacakların Türkçe isimleri pek kullanılmaz. Bazıları benim gibi bu Türkçe isimlerden anlamaz. Baz emetör kolektör kelimeleri pratikte daha çok kuöllanılır.   
1- BAZ (Baz– kontrol)  
2- COLLECTOR (Kolektör – Toplayıcı)   
3- EMETOR (Emetör - Yayıcı)

NPN ve PNP olma şekline göre baz ucuna uygulanacak gerilimin durumu değişir.   
NPN transistörlerde, ortadaki P yazan yer Baz ucunu temsil eder. P yazıyorsa bu uca pozitif bir gerilim uygulanması gerekmektedir. PNP de ise ortadaki N negatif bir gerilim uygulanması demektir.

NPN de akım yönü kolektörden emetöre doğrudur. Kolektör Pozitif uca bağlanır, Emetör ise Negatif uca bağlanır. **Tek kaynaklı bir devrede** +Vcc kolektöre bağlanacaktır. GND ise emetöre bağlanacaktır.   
PNP de ise bunun tam tersidir. **NPN ve PNP transistör şekli ok yönü göster**

BJT transistörler akım ile orantılı çalışır dedik. Ki bu özelliği ile alan etkili transistorlardan ayrışırlar.  
Akım orantılı dedik. Bu orantı, akım kazancı HFE = beta **(β)**  akım kazancı olarak adlandırılır. Her ne kadar akımlara göre akım kazancı yaklaşık hesaplansa da HFE transistora uyguladığımız gerilimle de orantılıdır. Bundan dolayı datasheet dediğimiz ürün kılavuzunda HFE 100-200 gibi bir değişim olarak görürüz. Her transistorda farklı olsa da aynı transistorun farklı gerilimlerinde de farklılık gösterir. Bizler ise kabaca HFE=Ic / Ib olarak akım kazancını hesaplarız. Pratikte ise HFE yi bulmamız gerekmiyor. BAZ direncini ve kolektör direncini hesaplarken HFE yi kullanırız. Mesela bir transistor ün kolektör akımı 20mA olacak dediğimizde Ib =Ic/HFE yaparak ne kadar baz akımı akması gerektiğini buluruz. Bu da BAZ direncini ne kadar koymamız gerektiğini bize söyler. Onunda formülü OHM kanununa göre V=I \* R dir. Bize direnç lazımsa O zaman formül R=V / I ile hesaplanır. Uyguladığımız gerilim belli, Akım Ic formülünden elde edildi. Sadece direnci bulmanız kaldı. Tabii ki bu yaklaşık bir değerdir. Çünkü HFE yi yaklaşık olarak aldık. Nereden aldık Datasheet ürün kılavuzundaki   
HFE=100-200 bilgisinden ortalama olarak aldık. Mesela 150 diyebiliriz.   
HFE düşük sinyal transistörlerinde 1000 civarına kadar çıkabilmektedir. Güç transistörlerinde düşük olmakla birlikte 20 den yüksektir. Güç transistörlerinin akım kazancını arttırkam gerekir. Nedeni ise kolektör akımı ne kadar yüksek ise o kadar yüksek BAZ akımı gerekecektir. HFE değerini yükselterek BAZ akımını daha da düşürebiliriz. Bundan dolayı DARLINGTON transistör bağlama şekli kullanılmaktadır. Darlington bağlantıda kullanılan sürücü transistörünün HFE si ile Güç transistörünün HFE si çarpılır. Mesela 3A bir akım gerekiyor. Güç transistörünün baz akımı, HFE nin 50 olduğunu düşünürsek 3A/50=0,06A=60mA olmalı. Bunu kontrol edecek entegreden maksimum 20ma alabileceğimize göre bu transistor ü kontrol edemezdik. Aşağıdaki şekilde Darlington bağlandıda sürücü olarak HFE si 100 olan bir transistör kullanmış olsak. HFE toplam= HFE1 \* HFE2= 100\*50=5000 yapardı.   
Şimdi BAZ akımını hesaplarsak Ib=IC/HFEtoplam=3A/5000=0,6mA=600uA olacaktı. Entegremizle çok kolay kontrol edebilirdik.   
Darlington transistörde bağlantıyı, isterseniz 2 adet transistör kullanarak siz de yapabilirsiniz. İsterseniz de istediğiniz akımlara sahip darlington transistör kullanabilirsiniz. Hatta röle kontrolünde popüler olarak kullanılan ULN2003 (Seven Darlington arrays) gibi bir darlington entegresiyle devrenizi kontrol edebilirsiniz.

**DARLINGTON RÖLE RESİNİ KOY. Her iki şekilde koy.** Hem açık hem tek birleşik

**Kolektör ve Emetör çıkışlı devreler**

Buradaki farklılık şudur. Kolektör çıkışlı devrelerde giriş sinyalinin tersi fazda sinyal elde ederiz. Emetör çıkışlı devrelerde ise Giriş sinyali ile çıkış sinyali aynı fazda sinyal alırız. Demek istediğim dijital bir devrede baz ucuna gerilim sağladığınızda kolektör kısmı tam tersi olacak ve GND ye bağlanacaktır. Emetör çıkışlı devrede ise baz gerilimi ve yeterli akım sağlandığında emetör direnci üzerinden kaynak gerilimini alırsınız.  
Her iki devrenin avantaj ve dez avantajları olabilir. Kullanıldığı yerler farklılık gösterir. **Bunu videoda görebileceksiniz.**

Bir de Transistörler **Analog ve Dijital kullanım** diye 2 şekilde kullanılır. Analog sistemlere örnek verirsek bunlar ses amplifikatörleri olur. Dijital sistemlere örnek verecek olursak Anahtarlama olarak kullanılmasını örnek verebiliriz. Ya da LOJİK devreleri Yani (VE, VEYA ) AND, OR kapıları gibi devreler.   
**Hangi transistorü nasıl ve nerede kullanacağım** dediğinizde ise, işin içine farklı kriterler girmektedir.   
Mesela kullanacağınız en yüksek gerilim ne olacak. Maksimum akım ne olmalı, analog devremi, dijital devremi, **HFE= Beta (β) akım kazancı** ne olmalı gibi kriterler de transistör seçimine dahil olur.   
En kolay metot, benzer devrelere bakıp, benzer transistörleri kullanmak.   
Fakat gerçekten tasarlayacağım dediğinizde bu kriterleri göz önünde bulundurmanız gerekecektir.

**BJT transistörlerin çalışma şekline gelirsek,** ön şart Baz geriliminin 0.6-0.7V u geçmesi gerekir. Çünkü Baz Emetör arası bir diyot gibi düşünün. Diyotun iletime geçmesi için silisyum diyotsa 0,6V-0,7V civarındadır. Transistörler genelde silisyum olarak yapılır. Sonrasında Baz ve emetör arasında akım akışı başlar. Baz akımının **HFE** dediğimiz kat sayı ile çarpımı kadar, kolektör – emetör arasında akım akışı başlar. Kısacası sadece gerilim yetmiyor. Gerilim seviyesi başlangıç sağlıyor. Sonrasında her verdiğimiz akım değeri kadar, transistorün yüksek olan kolektör – emetör akımını kontrol ederiz.   
Kollektör akım limiti neresi derseniz, DAtasheet’in   
**Collector Current – Continuous** kısmı size kolektör üzerinden geçebilecek maksimum akımı verecektir. Şayet istediğiniz akım daha büyük ise başka bir transistör kullanabilirsiniz.

**Burada uyarmak isterim.** Güç devrelerinde bazen baz akımı yetersiz geldiği için gerekli akım kolektörden geçemiyor. Bundan dolayı BJT Darlington transistörler kullanılır ya da sürücü transistörler kullanılır.

Bazı yerlerde, **NPN ile PNP transistor beraber uyumlu** çalışmak zorunda kalırsa ne olur. O zaman birbirine **özdeş 2 tip transistör bulmanız gerekir.** Buna komplementer (Complementary) denir. Yani 1 adet NPN transistor, 1 adet de PNP transistor bulurken, aynı akım değerlerine aynı HFE değerlerine aynı gerilim değerlerine ve diğer özellikler olarak bakarsak birbirine benzer sadece tipi değişik transistörler lazımdır. Genelde bunlar **Push pull bağlantı** olarak adlandırılan yükselteç devrelerinde kullanılır.   
**Birbirini tamamlayan transistor demektir.** Mesela burada aynı datasheet içinde hem NPN hem de PNP transistorler var. Bunlar beraberce senkron olarak güzel bir şekilde çalışabilecek durumdadır.   
<https://www.onsemi.com/pdf/datasheet/tip140-d.pdf>

**Complementer.jpg resmi koy**

Transistörlerin de bir **iç direnci vardır**. Bu küçük akımlı devrelerde pek fazla sorun olmasa da, yüksek akımlı devrelerde transistör üzerinde bir miktar gerilim kalmasına ve diğer komponentlerin çalışmasının bozulmasına sebep olacaktır. Her komponentin iç direnci datasheet denilen kılavuzlarda belli olur. Fakat küçük sinyallerde göz ardı edilebileceğinden küçük sinyal transistörlerinde yazmamış olsalar da, Güç transistörleri yüksek akım çekip etkileneceğinden **iç direnç değerini yazarlar.**   
Bu iç direnç bize zararlı mı. Hayır zararı yok fakat transistör üzerinde gerilim düşümü olacağından diğer komponentlerin **çalışmaması** söz konusu olabilir. Bunu da **videolarda** görebilirsiniz.

**Transistörlerde Bozulma:**

Transistörler ters bağlandığında, ya da maksimum değerler aşıldığında ya da sıcaklık limitinin geçildiği ortamlarda bozulurlar. Genelde ise bu bozulma kısa devre olarak kendini gösterir. Genel bir kanı şudur. Yarı iletken devreler kısa devre olurlar. Yani transistör patlamamışsa bacaklar arasında kısa devre tespit ederiz ve bozuk deriz. Bu durumlara düşmemek için Kolektör ya da emetöre kullanacağımız akıma uygun direnç koymamız ya da direnci olan akım sınırlayabilecek bir komponent koymamız gerekecektir.

**Not:** Transistör entegrelerde kullanılmaya başladı. Teknoloji geliştikçe entegre içindeki transistör sayısı da arttı. Bu şekilde kapasitesi de artmış oldu. Örnek :AMD 64 bit CPU da 39 milyar transistör bulunmaktadır. Üretilen entegrelerdeki Transistör adetleri için bu listeye bakabilirsiniz. <https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count>

FET transistörler kullanıma başlandığında Entegre üretiminde çok fazla kullanıldılar. Entegre devrelere kolay adapte edilebilmesi, ısınma az olması ve stabilite, bu kullanımda önemli faktörlerdir.

**Not:** Eski şemalarda TUN TUP gibi ibareler görürsünüz transistor ün adını yazmamışlardır.   
**TUN anlamı:** Genel amaçlı NPN transistör demektir.   
**TUP anlamı:** Genel amaçlı PNP transistör demektir.

Bir de **TUT diye görebilirsiniz**. Bunun anlamı ise Transistor Under Test ( Transistör test altında ) demektir. Fakat bunun başka anlamı ise darlington transistörlerin çalışırken olabilecek durumlara karşı önlem alınması için transistör içine yerleştirilmiş komponentlerdir.   
**Bunun resmini datasheet ten koy.** TUT darlington.jpg

**BJT Transistörler A,B,C** gibi harflere de sahiptirler. Bunların anlamı ise, genelde maksimum gerilim farkı, bazen de HFE farkını anlatır.

Bacaklarını ölçü aletiyle bulmak ve sağlamlığını kontrol etmek için aşağıdaki işlem sırasına bakın.   
**Bununla ilgili web sitesinden Türkçeleştir.**

Bazı transistörler de **2 bacak** görünür. Bunlar baz ve emetör bacaklarıdır. Gövde ise kolektör olarak görev yapmaktadır. **3 bacaklı** güç transistörlerinde soğutucu kısmı ise kolektör bacağına bağlıdır.   
  
Bundan dolayı, transistörleri aynı soğutucuda kullanacaksanız araya izolatör denilen yalıtkan malzemeyi kullanmalısınız ki kolektörler birbirine kısa devre olmasın. Bu tip transistörlerin bozulmasına sebep olmamak için bağlantıyı yaptıktan sonra ENERJİ vermeden önce ölçü aletiyle kısa devre var mı diye kontrol edilir. Örnek 2N3055 transistör.

**Resim transistor\_cesit\_bacak.jpg koy**

Yukarıdaki resimde en küçük olan metal kılıf transistörlerde ise **kenardaki tırnak** emetör ucuna karşılık gelmektedir. Alttan baktığınızda Metal gövdeye kısa devre görünen ise kolektör ucudur. Bu tip transistörlerin, Ölçmeden de bacaklarını bulabilirsiniz.

Transistör kontrollü röle devrelerinde **transistorü korumak** için **ters diyot** ya da **snubber devresi** konulur. Bunun sebebi ise röle bobininden kaynaklanan TERS EMK denilen indükleme geriliminin tersi yönde bir gerilimin ortaya çıkmasıdır. Bobin kullanılan yerlerde bu ters EMK görülmektedir. Bunun zararı ise verdiğiniz gerilimden çok daha yükseğe çıkabilmesidir. Bu da transistörün maksimum gerilimini aşan boyuta geldiyse transistor ün bozulmasına yol açar. Devredeki akım kesildiğinde bobin kısa süreli de olsa ters yönde bir gerilim oluşur. Bu gerilim verdiğiniz gerilimden daha yüksek oluşur. Bu da transistor ün bozulmasına sebep olur. Ters diyot, röleye paralel konulur. Fakat röleyi değil transistorü korumak içindir.   
Bu gerilimi önlemek için koyduğunuz diyot ise transistörünüzü koruyacaktır. Fakat rölenin bırakma hızını düşürecektir. Bu zaman çok kısa olsa da yüksek anahtarlamada gecikme yaratabilecek bir durumdur.

**Diyotlu ve snubber lı devrenin resmini koy. Proteustan**

**tersdiyot\_proteus.jpg resmi koy**

**TERS\_EMK\_1 resmini koy ve anlat**

**Transistörler 3 bölgede çalışır.**  
**1-) İletimde.** ( Bu transistor ün üzerinden maksimum akım akması ve kolektöründeki gerilimin sıfıra yakın olması anlamındadır. Vbe gerilimi ve Ib akımı uygun noktadadır. Vbe=0.7V veya yukarı demektir.)   
**2-) Aktif bölge**. ( Bu bölge kesim bölgesi ile iletim bölgesi arasında kalan bölgedir.   
**3-) Kesim bölgesi**. ( Bu bölgede transistör üzerinden akım akmaz. IB=0 Vbe=0 olacaktır.)

**Dijital çalışmalarda** İletim ve kesim bölgesi kullanılır. **Analog çalışmada** iletim kesim ve aktif bölge kullanılır. Bir sinüs sinyali düşünün. 0V tan yukarı çıkmaya başladığında Vbe de yükselecektir. 0V iken kesim bölgesinde olan transistör gerilim yükseldikçe 0.6V-0.7V lara ulaşır. Bu zamana kadar aktif bölgededir. Sinüs gerilimi daha da yükseldiğinde Vbe gerilimi de yükselecektir ve akımda yükselecektir. Bu da Transistörü iletime geçirecektir.   
Dijital çalışmada 0V ve 5V verilmektedir. Buna göre iletim ve kesime gidecektir.

**FET (Field Effect Transistor) Transistör :** Alan etkili transistör olarak tanımlanır. BJT ler bipolar olarak değerlendirilirdi. Aradaki en büyük fark BJT dediğimiz bipolar transistörlerin akımla kontrol edilmesidir. FET teransistörlerde gerilim ile akım kontrol edilir. Kısaca şöyle de diyebiliriz. **Gerilim kontrollü direnç.**   
Örnek vermek gerekirse şöyle diyebiliriz. BJT transistörlerde baz gerilimi 0.6V-1V arasında olduktan sonra geçecek her akımın karşılığı kolektör emetör tarafında akımın akmasına sebep olur. Fakat FET transistörlerde Gate dediğimiz kapıya vereceğimiz gerilim Drain – Source kısmında akım akışına ya da tıkanıklığa sebep olur.

**Drain source ve Türkçe adlarının olduğu FET resmini ve açıklamasını koy.**

**Ayrıca FET için ok yönü n – p kanal ayrımı.**

**Burada şunu da söylememiz lazım**. FET transistörleri akımın geçişi sırasında çok küçük iç dirence sahiptir. Buna rağmen yüksek akımlarda kullanıldığında üzerinde bir gerilim düşümü olacaktır. Bu akıma göre belirlendiğinden düşük sinyal devrelerinde göz ardı edilebilir. Yüksek güçlerde iç direnç hesaba katılması gerekir.

FET dediğimizde en baştaki tabloya bakarsak farklı FET transistör tipleri olduğunu görürüz. Öncelikle JFET denilen tipe göz atacağız. Tablodan da görüldüğü üzere JFET ler Drain source arası kapalı konumdadır. (DEPLETION MODE= Tükenme modu ) Yani Drain source kısımlarına güç kaynağı bağladığınızda ve GATE ucuna hiçbir şey bağlamadığınızda, bir butona basmışsınız gibi akım aktığını görürsünüz. MOSFET lerde bu iki tip olabilmektedir.

Bu Drain Source arası akım akışını kontrol etmek istersek transistor ün tipine göre GATE ucuna negatif ya da pozitif gerilim bağlamamız lazım.   
Öncelikle bu GATE gerilimi ne yapıyor onu görelim.

**N\_FET\_ic\_gor resmini koy**

Yukarıdaki resimdeki gibi Gate geriliminin durumuna göre kanalın kapandığını görebilirsiniz.   
Bu gerilim N kanal ya da P kanal olmasına göre değişmektedir. N kanal JFET kullanıyorsanız GATE gerilimi SOURCE geriliminden daha negatif olmalı. P kanal kullanıyorsanız GATE gerilimi SOURCE geriliminden daha yüksek olmalıdır. Bu polarmalandırma Proteus örneklerinde ve videoda gösterildiği gibi aşağıdaki resimlerde de görülmektedir. Ayrıca yukarıdaki resimde görünen ok işareti kaynaktan çekilen akım değil elektron yönünü gösterir. Kaynaktan geçen akım olsa + dan – ye doğru yönü olması gerekirdi.

**Nfet\_polarma ve pjfet polarma resimleri koy**

Yukarıdaki resimlerde Drain Source ve GATE polarmalarına dikkat edin. P kanalda Hem GATE polaritesi terslenmiş, hem de Drain source uçlarındaki polarite terslenmiştir.

JFET lerin bir iç direnci vardır. Siz datasheet üzerinden bu değerleri kontrol edebilirsiniz.   
<https://www.datasheet4u.com/datasheet-pdf/Siliconix/2N3970/pdf.php?id=1124504>

Mesela 2N3970 30ohm **iç direnci vardır**. Burada 20V luk bir Vds gerilimi uygulandığında hiçbir direnç yoksa OHM kanununa göre akabilecek maksimum akım=666mA dir. Fakat transistör üzerinde kanalın büyüklüğüne bağlı olarak geçebileceği maksimum akım vardır. Bu da hesaplanan değer yani 666mA değil, güvenli bir akım olan bu transistore göre 150mA dir. Bu da datasheet üzerinde belirtilmiştir.

**2N3970\_max\_akım resmini koy.**

Yukarıdaki resimde en alt satırda Vds=20V ve Vgs=0V olan transistorün minimum ve maksimum geçebilecek akımı görebilirsiniz.   
Peki biz uygulamamız da 220R direnç bir de led koyduk. Yaklaşık 10mA Ids akımı öngördük. O zaman transistorün DS arasında kalan gerilimi hesaplamamız lazım. **Not: seri devrede tüm dirençler üzerindeki akım sabittir.** Bu kurala göre transistor ün üzerinden de 10mA akım akacaktır. Ve üzerinde kalacak olan gerilim ise 10ma\*30R= 0,3V olacaktır. Göz ardı edilebilir bir seviyededir.

**Not:** JFET ler daha çok düşük güçlü devrelerde kullanılır. Mosfetler ise yüksek güç devrelerinde daha sıklıkla kullanılır.

**JFET 'lerin Avantajları**

JFET, basit yapısı ve imalatı nedeniyle daha uzun ömre ve yüksek verimliliğe sahiptirJFET'ler anahtar olarak kullanıldıklarında sapma gerilimleri yoktur.  
JFET'ler bipolar transistörlere göre daha az parazit ile (gürültü) çalışırlar.  
JET'lerin sıcaklık kararlılıkları yüksektir, yani sıcaklık değişimlerinden az etkilenirler.  
JFET'lerin gövdeleri küçük olduğundan entegrelerde çok kullanılırlar.

Anahtarlama durumları *dışında* akım tüketmemeleri ve daha hızlı anahtarlama hızlarına sahip olmalarıdır.

**JFET 'lerin Dezavantajları**

JFET'lerin dezavantajı çalışabildikleri frekans aralığının (bant genişliği) dar olması ve çabuk hasar görebilmeleridir.  
Mosfetler ve JFET'ler arasındaki en önemli fark da mosfetlerin bant genişliğinin çok daha fazla olmasıdır.

**MOSFET :** Bu da FET türü alan etkili transistor dür. Metal oksit FET olarak adlandırılır. Bu tip FET transistörler çalışma modu olarak 2 ayrı tiptir. Jfetler sadece DEPLETION mode (Tükenme modu) da çalışırken MOSFET ler Hem DEPLETION hem de ENHANCEMENT mode da (Geliştirme modunda ) çalışır.   
Öncelikle Mosfetlerin sembollerine bakalım.   
**MOSFET SEMBOLLERİ RESMİ.** Hem depletion hem de enhancement sembolleri

**Akılda kalıcı olması için N ch. Ve P ch ok yönlerini şöyle düşünebiliriz. BJT tip transistörlerin TAM TERSİ yönlere bakacaktır.**

**MOSFET TİP.jpg RESMİ koy**

Yukarıdaki resimde görüldüğü gibi OK yönleri N kanal ve P kanalı gösteriyor. OK yönü dışarı doğruysa P kanal olarak adlandırıyoruz. BJT transistörlerde ise ok dışarı doğruysa NPN olarak algılıyorduk. Yani birbirinin tersi yönde adlandırılır.   
Yukarıdaki sembollere dikkatli baktığınızda DEPLETION ve ENHANCEMENT mod ayrımını da görebilirsiniz.   
Depletion (Tükenme modu) Drain source uçlarına güç kaynağı bağladığınızda Drain Source arasından hemen akım akmaya başlar. Bu yukarıdaki şekilde Ok ların bağlı olduğu çizgilerin kesiksiz olduğunu görebilirsiniz.   
Enhancement (geliştirme ) Modu : Bunlarda resimdeki üst kısımda gördüğünüz gibi kesik çizgilerle tanımlanmıştır. Bu mod Mosfetlerde Drain source arasına güç kaynağı bağladığınızda Drain source arasından AKIM AKMAZ. Sadece GATE gerilimiyle akım akmaya başlar.   
Sembollerde çeşitlilik vardır. Bir çok standart olduğundan aklımız karışabilir. Bu karışıklığa çözüm getirmek için Bu sayfaya bakabilirsiniz. <https://www.circuitbread.com/tutorials/how-to-read-a-mosfet-symbol>

**mosfet tip\_1.jpg resmini koy.**

Yukarıdaki resimde gösterilen sembolde ok yönü ters görünmektedir. Bu da  IEEE Standard olduğu söyleniyor. Buradaki Ok yönü ters olmakla birlikte bulunduğu yer kenardadır. **Bu da şemaları incelerken aklınızda tutmanız gereken bir konudur.**

Mosfet üreticilerinin bazıları ise Ters diyot eklenmiş veya ters diyot eklenmemiş ürünler piyasaya çıkarıyorlar. Bunların sembollerine baktığınızda aşağıdaki şekillerdedir.   
**mosfet\_with\_diode resmini koy**

Yukarıdaki resme dikkat ederseniz ters diyotun yönünü görebilirsiniz. Bu diyot ters polarmalandırılır. Zaten Mosfetin tipine göre Drain +VCC olacaksa diyot da ters polarmalandırılmış demektir. N kanal ve **P kanal devrelerine** göz atarken bu açıdan da bakmanızı öneririm.

Örnek devrelere bakarsak depletion ve enhancement modların nasıl çalıştığını görebilirsiniz.

N\_mosfet\_enhacement resim   
P\_mosfet\_depletion resim koy

Yukarıdaki resimlere bakarsak Enhancement mod da GATE gerilimi yokken akım akmadığı görülmektedir. Yani anahtar olarak düşünürsek AÇIK anahtar olarak söyleyebiliriz. Depletion mod da ise tam tersi. GATE gerilimi olmasa da Drain Source arasında akım akar. GATE gerilimiyle bu akım kesilir.

IGBT Nedir:   
 IGBT'yi BJT ve MOSFET arasında bir birleşim olarak düşünebilirsiniz, bu bileşenler bir BJT'nin giriş özelliklerine ve bir MOSFET'in çıkış özelliklerine sahiptir.

Sembol ve iç yapısı bu şekildedir.   
**IGBT1.jpg**

**IGBT2.jpg resimlerini koy**

IGBT hakkında Türkçe yazılmış bu sitede çok güzel anlatılmış. Bu linkten detaylı bilgi edinebilirsiniz.

<https://www.urazelektronik.com/index.php?route=blog/article&article_id=9>

UJT Transistör :

**Unijunction transistor** veya Kısaca UJT, anahtarlama ve kontrol elemanı olarak kullanılır. Bunun yanı sıra osilatör ve tetikleme olarak da kullanılırlar. 3 Bacaklı transistör gibi görünür. AC güç kontrol tipi uygulamalarda tristör, triyak gibi elemanların tetiklenmesinde kullanılırlar. Bu özellikleriyle AC motor kontrol ya da lamba kontrol gibi devrelerde kontrol elemanı olarak kullanılır.

Diyotlar gibi, UJT Transistörün, ana iletken N-tipi kanalı içinde tek bir (dolayısıyla Uni-Junction adı) PN-bağlantısı oluşturan ayrı P-tipi yarı iletken malzemelerden yapılır.

UJT bir transistör ismine sahip olmasına rağmen, **bir sinyali yükseltmek için kullanılamadığından,** bunun yerine bir ON-OFF anahtarlama transistörü olarak kullanılır, anahtarlama özellikleri ile de geleneksel bipolar veya alan etkili transistörünkinden çok farklıdır.

Daha çok relaxtion( gevşemeli) osilatör devresi olarak veya bir tetikleme elemanı olarak kullanılır. Bacak yapısı E, B1, B2 tipindedir. N kanal ve P kanal olarak 2 tür üretilmektedir.

UJT\_SYMBOL.png resmi

UJT\_iç\_sema.gif resmi koy

ujt-equivalent-circuit-symbol-1.png koy

Tristörü UJT Anahtarla durdurma (1).png koy

Yukarıdaki devrede P1 pot ile C1 kondansatörünün şarj edilmesi sağlanır. Bu ayar aynı zamanda frekansı da belirler. Bu şarj UJT nin PN birleşiminin tetiklenme gerilimine ulaştığında C1 kondansatörü UJT iletime geçtiği için B2 ucu ve R3 direnci üzerinden deşarj olur. Bu şekilde Emetör ucundaki gerilim düşer ve C1 yeniden şarj olmaya başlar bu da aşağıdaki grafikteki gibi bir tetikleme oluşturur. Osilatörün frekansını yani şarj süresini ayarladığımız gibi R3 direncini pot kullanarak deşarj süresini de ayarlayabiliriz.   
**Videoda proteus üzerinde bunu görebilirsiniz**. Tristör tetiklemesi ve transistör tetiklemesi farklı olacağından deşarj süresini kullanarak ve frekansa göre büyük kapasiteli bir kondansatör kullanarak transistörlü dijital devreleri de kontrol edebiliriz.

Oldukça kararlı bir yapısı olduğundan yüksek frekanslara kadar kararlı bir şekilde çalışabilmektedir. Tabii ki devrede kullanılacak kondansatörlerinde yüksek frekanslarda kullanılabilecek kararlılıkta kaliteli olması beklenir.

Kullanıldığı yerler arasında alarm devreleride bulunmaktadır. Mesela bu linkten org şemasına ulaşabilirsiniz. <http://diyelectronicsprojects.blogspot.com/2012/08/ujt-organ-circuit-diagram.html>

Değişik UJT devreleri için Link : <https://www.homemade-circuits.com/10-simple-unijunction-transistor-ujtapplication-circuits/>

**Phototransistor OPTO transistor.:**

Optokuplör dediğimiz entegrelerin iç şemasına baktığımızda bir ledin kontrol ettiği ışık şiddetinin transistor ün baz ucuna gelmesiyle kontrol sağlandığını görebiliriz. Aşağıdaki resimlerde bu tip opto transistörlerin 2 çeşit olduğunu görebilirsiniz. Opto transistörlerin bazılarında 4 bacak bazılarında 6 bacak vardır. 4 bacak olanlarda led için 2 bacak transistor ün kolektör ve emetörün bağlandığı 2 bacak vardır. Bu tip devrelerde ışık şiddeti ile transistör anahtar görevi görecektir.

**4 bacak opto .png resmi koy**

6 bacaklı optotransistör devrelerinde transistor ün baz ucu da vardır. Bu baz ucundaki hassasiyeti arttırmak içindir. Daha küçük değişimleri takip edebilmek mümkün olmaktadır.

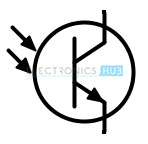
**6bacak\_opto\_devre.gif resmi koy**

Bu örnekte, opto transistörlerin baz bölgesinin hassasiyetini kontrol etmek için harici olarak bağlı 270kΩ direnç kullanılır. Direncin değeri, seçilen opto transistör entegresine ve gereken anahtarlama hassasiyeti miktarına uyacak şekilde seçilebilir. Kondansatör, opto-transistör tabanını yanlış tetiklemeden kaynaklanan istenmeyen ani yükselmeleri veya geçici olayları durdurur.

**Phototransistor (fototransistör) :**

Bir fototransistör, tıpkı bir fotodiyot gibi fotonları doğrudan şarja dönüştürür ve buna ek olarak bir fototransistör de akım kazancı sağlar.

Fototransistörün sembolü aşağıda gösterilmiştir.

[](https://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2015/01/Phototransistor-Symbol.jpg)

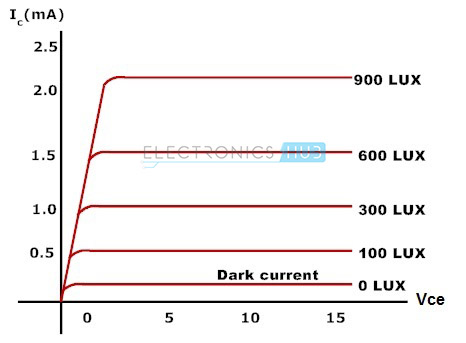
Fototransistörler Normal BJT transistörler gibidir. BAZ ve kolektör birleşimi ışıkla çalıştığından daha büyüktür. Gelen IŞIK fotonları transistor ün üzerinde bir şarj etkisi yapar ve transistör de bir akım kazancı oluşturur.

Bir fototransistörün çalışma prensibi, bir yükseltici transistör ile birlikte bir fotodiyot ile benzerdir. Bir fototransistörün tabanındaki ışık olayı küçük bir akımı indükleyecektir.  
Bu akım daha sonra normal transistör eylemi ile güçlendirilir. Genellikle, benzer bir fotodiyot ile karşılaştırıldığında, bir fototransistör, bir fotodiyotun 50 ila 100 katı arasında bir akım sağlayabilir.

İç piyasamızda bulunan fototransistörlerden birinin datasheetini incelemek isterseniz buradan inceleyebilirsiniz. <https://www.vishay.com/docs/81549/teft4300.pdf>

Fototransistörler 2 bacak ve 3 bacaklı olabilir. 2 bacaklı olanda kolektör emetör varken 3 bacaklı olanda baz bacağıda mevcuttur. Optotransistörde anlatıldığı gibi kullanabilirsiniz.   
3 bacaklı fototransistör örnek datasheet :   
**FPT110\_phototransistor\_FairchildSemiconductor.pdf link ekle.**

Baz terminaline yeterli ışık düştüğünde, ışığın yoğunluğu ile orantılı bir baz akımı üretilir.  
Baz akım daha sonra yükseltme sürecini ve yüksek kazançlı bir kollektör akımını tetikleyecektir. Aşağıdaki resim, kollektör akımı karakteristik eğrisini göstermektedir.

[](https://www.electronicshub.org/wp-content/uploads/2015/02/14.relationship-between-light-intensity-current-and-output-voltage.jpg)

Yukarıdaki eğriden, ışığın yoğunluğu arttıkça kollektör akımının da arttığı açıktır.

Bir Fototransistör seçerken, fototransistörün en iyi şekilde kullanılabilmesi için dikkate alınması gereken birkaç şey veya özellik vardır.  
Önemli özelliklerden bazıları şunlardır:

* dalga boyu
* doğrusallık
* Duyarlılık
* Tepki Süresi
* Boy
* Maliyet

Burada dalgaboyu önemlidir. Hangi dalga boyuna göre üretildiyse o dalgaboyunda yüksek kazanç sağlayacaktır. Güneş ışığında tüm dalga boyları mevcut burada problem çıkmazken 950nm lik bir fototransistörün normal ampul ışığında kullanmak doğru olmayabilir. Bu tip ürünler IR ledlerle kullanılmak için tasarlanmıştır. Görünen ışık tayfında bulunan fototransistörler genel amaçlı kullanılabilir.   
Doğrusallık derken ışığın artış oranına uygun bir akım akışı olacaktır. Logaritmik değildir yani ışığın doğrusal değişiminde değişken bir çıkış akımı olmayacaktır. 1 birim geldiğinde 2 birim çıkıyorsa 2 birim geldiğinde 6 birim çıkmayacaktır. Anlamına gelir.   
Duyarlılık ise gelen ışığın miktarına göre ne kadar çıkış akımı üreteceğine bağlıdır. Tepki süresi de ışığın gelmesi ile çıkış akımının değişimi arasındaki zaman farkıdır.   
Bu tepki süresinden dolayı normal transistörlerden daha yavaş çalışır. Frekans bandı daha düşüktür.

Ayrıca FOTO DARLİNGTON transistörlerde bulunmaktadır. Bunların tepki süresi daha yavaş olmakla birlikte kolektör akımı ve kollektör ve emiter arasında tek bir transistörden çok daha yüksek bir ON voltajına sahiptir.. FotoDarlington olanlar 20Khz den düşük çalışılacak ve akımı yüksek olan yerlerde tercih edilmelidir.   
Ya da kendiniz normal fototransistör ile güç transistor ünü sürebilirsiniz. Darlington bağlantı gibi. Tepki süresinden kazancınız olur. Daha yüksek frekanslarda çalışabilirsiniz.

**circuit-symbol-photodarlington-01**

Çok hassas bir devre yapmayacaksanız görünen ışıkta en yüksek verimliliğe sahip olanı almanız yerinde olacaktır. Fakat IR ile kullanacaksanız IR ledinizin hangi dalga boyunda çalıştığını öğrenip ona göre de fototransistör seçimi yapmanız gerekecek. Örneğin LED 900nm dalga boyunda fototransistör 950nm dalga boyunda olursa çalışmaz mı. Çalışacağını düşünüyorum fakat transistor ün kazancı en yüksek seviyede olmayacaktır. Mesela 950nm ışık ile 1m de çalışacaksa 900nm dalga boyunda 75 cm civarında çalışabilir.

**Phototransistor-Light-Operated-Relay-Circuit.jpg resmi koy**

**Phototransistor-Darkness-Operated-Relay-Circuit. Jpg resmi koy**

**Fototransistörlerin Uygulamaları**

* Aydınlatma kontrolü
* Alarm Sistemleri
* Seviye Göstergeleri
* Yakınlık Dedektörleri
* Delikli kart Okuyucular
* Enkoderler

.

~~2 bacaklı photo transistör de olabilmektedir. Bu tip komponentler IŞIK ile çalıştığından mutlaka üzerinde şeffaf bir kısım bulundurur.~~

**IGBT hakkında yazıyı link ver.**

H bridge motor kontrol devreleri.

Transistörlü amfiler. Ve AC ile DC çalışma farkı.

Analog ve dijital çalışmalar. Amfiler ve lojik devreler

NOT: N ch jfet. Gate 3V sourcetan büyük olacak. Pozitife giderek tıkama yapıyor.

P ch jfet. Gate 3V sourcetan büyük olacak. Pozitife giderek tıkama yapıyor

**Online simulatörde akım yönleri görülüyor.**

JFET'in Değerleri

1. JFET, basit yapısı ve imalatı nedeniyle daha uzun ömre ve yüksek verimliliğe sahiptir.
2. 100 MΩ mertebesinde yüksek giriş empedansına sahiptir, bunun nedeni JFET'in giriş tarafındaki devrenin ters taraflı olmasıdır. Bu ters polarlama nedeniyle JFET, kendisine bağlı giriş devresi ile ona bağlı çıkış devresi arasında çok daha yüksek bir izolasyon derecesi sağlar.
3. Tek kutuplu yapısı nedeniyle kullanımı kolaydır.
4. Daha iyi termal stabiliteye sahiptir, bunun nedeni direncinin sahip olduğu negatif sıcaklık katsayısıdır.
5. JFET tarafından sunulan frekans yanıtı da çok yüksektir.

JFET'in Dezavantajları

1. JFET'ler pahalıdır ve dikkatli bir şekilde ele alınması gerekir. Sıradan transistörlere göre hasara karşı daha savunmasızdır.
2. Düşük voltaj kazançlarına ve küçük iletkenliğe sahiptir.
3. JFET'lerin kazanç bant genişliği ürünü de küçüktür.