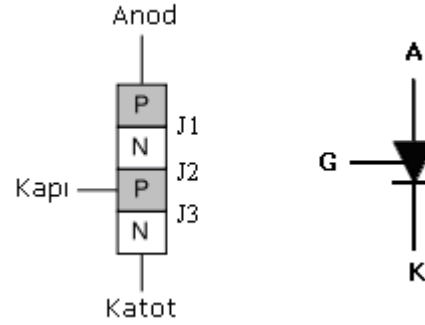


Bölüm 1.2 TRİSTÖRLER

Tristör, 4 katmanlı, pnpn yapısına sahip yarıiletken anahtarlama elemanıdır. Şekil 1.2.1'te görüldüğü gibi 3 tane p-n jonksiyonuna sahiptir.



Şekil 1.2.1 Tristörün yapısı ve elektriksel sembolü

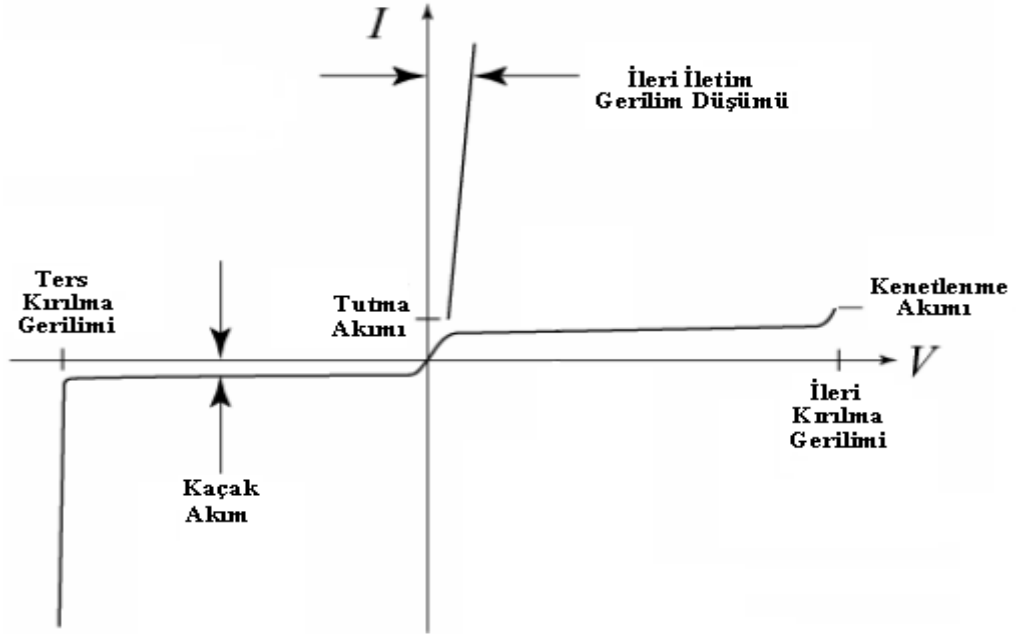
Şekil 1.2.1'den görüleceği gibi tristöre ileri yönde bir gerilim uygulandığı takdirde, J1 ve J3 jonksiyonları ileri yönde polariteli, J2 jonksiyonu ise ters yönde polariteli olacaktır. Bu durumda kapı akımı yokken tristör ileri kesim durumunda olup üzerinden akım geçirmeyecektir. Eğer tristörün anot-katot terminalleri arasına uygulanan gerilim artırılırsa bir noktadan sonra tristör iletme geçecektir. Tristörün ileri iletim durumuna geçtiği bu gerilim değerine "ileri kırılma gerilimi" denir

Tristör kapı terminaline pozitif bir akım uygulandığı zaman iletim durumuna geçer ve iletim durumundayken kapı terminalinin tristör üzerinde herhangi bir kontrol etkisi kalmaz. Tristör ancak üzerine ters polariteli bir gerilim uygulandığı takdirde susturulabilir.

Tristörün kapı terminaline pozitif akım uygulanmasıyla tristör iletme geçer dedik. Eğer bu kapı akımı, tristörün üzerinden geçen akım, belli bir değere gelene kadar uygulanmazsa tristör açılmayıp, ileri kesim durumuna geri dönebilir. Tristörün, iletime geçmesi ve iletimde kalması için gerekli olan bu minimum akıma tristörün "kenetlenme akımı" denir. Benzer şekilde tristörün, iletim durumundan kesim durumuna geçmesi için üzerinden geçen akımın belli bir değer altına düşmesi gerekir. Tristör, üzerinden geçen akım bu değer altına düşmediği sürece, üzerinde negatif bir gerilim olsa bile iletim durumunu koruyacaktır. Sözü edilen bu akıma tristörün "tutma akımı" denir. Tutma akımının değeri, kenetlenme akımından daha düşük bir değerdir.

Tristörler de diyotlar gibi anot-katot terminalleri arasına negatif gerilim uygulandığı takdirde iletim göstermezler, sadece ters yönde bir kaçak akım gözlenir. Ancak bu ters yöndeki gerilim belli değer üzerinde olursa tristör ters yönde iletime geçer. Tristörün ters yönde iletime geçtiği bu değer "ters kırılma gerilimi" değeridir. Tristör ters yönde kırılmaya uğradığı takdirde bozulur ve yenisiyle değiştirilmesi gerekir.

Tristörün, yukarıda belirtilen tüm durumları şekil 1.2.2' de grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil 1.2.2

Tristörleri ilettime sokma şartları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

* *Kapı Terminaline Akım Uygulayarak:*

Tristörü asıl olarak ilettime sokma yöntemidir. Kapı'ya uygulanan akım arttıkça tristörün üzerindeki gerilim de düşer ve üzerinden geçen akım artar yani tristör ilettime geçer. Ayrıca bir tristör, daha yüksek kapı akımı uygulanarak, daha düşük anot-katot gerilimlerinde ilettime sokulabilir.

* *Anot-Katot Arasına Yüksek Gerilim Uygulayarak:*

Yukarıda da belirtildiği gibi, anot katot terminalleri arasına, ileri kırılma eşik geriliminden daha yüksek bir gerilim değeri uygulanırsa, tristör ileri yönde ilettime geçer. Ancak bu tercih edilen bir yöntem değildir. Tristörü bu şekilde ilettime sokmak zararlı olabilir.

* *dv/dt ile:*

Eğer bir tristöre çok hızlı yükselen bir gerilim uygulanırsa tristör ilettime geçebilir. Bu da tercih edilen bir yöntem değildir.

* *Işık ile:*

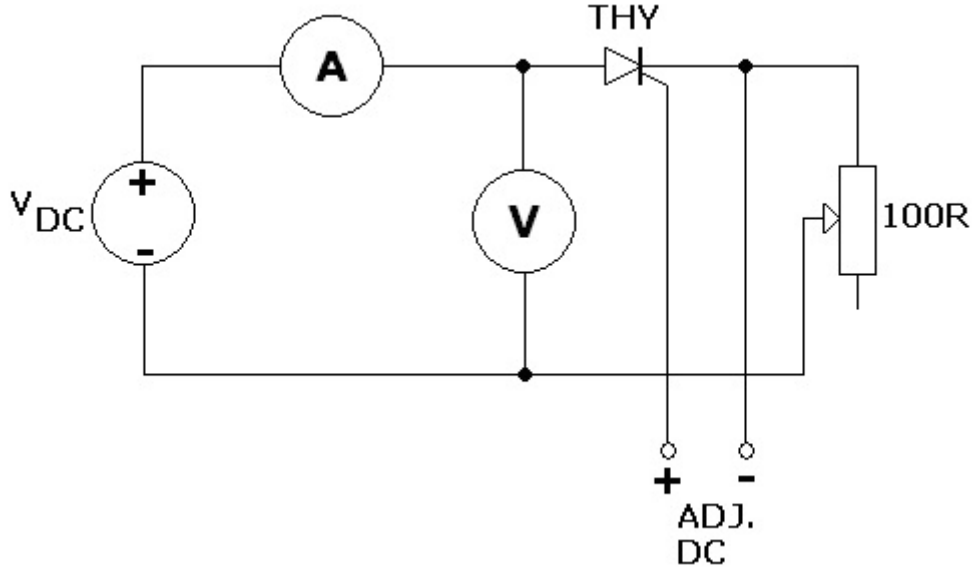
Bir tristörün jonksiyonuna fotonlar çarparsa, bu jonksiyondaki delik- elektron çiftleri artarak tristörü ilettime sokabilir. Bu kullanım için özel olarak üretilen ışıkla aktif edilebilen tristörler mevcuttur.

* *Isı ile:*

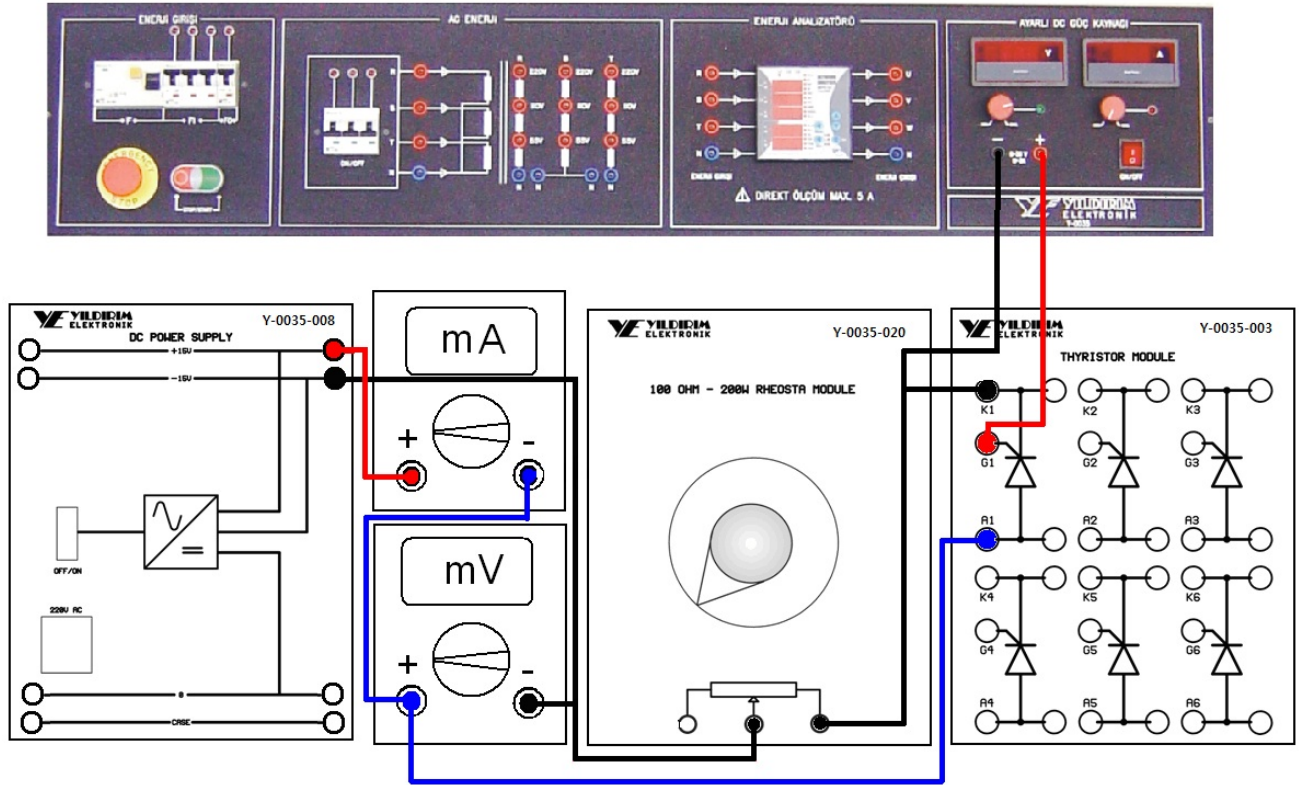
Işık etkisinde olduğu gibi ısı etkisi de delik-elektron çifti sayısını artırarak tristörü ilettime sokabilir.

1.2.1.3 Tristör'ün İleri Kırılma Gerilimi

Devreyi şekildeki gibi kurunuz.



Şekil 1.2.9



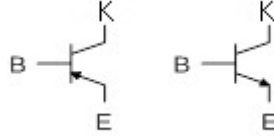
Şekil 1.2.10

Tristörün kapı terminalini, gösterildiği şekilde bağlayın. Şekilde görülen tristörün kapı sürücü devresindeki potansiyometreyi maksimum dirence ayarlayınız. Devrede görülen kaynağı 15V değerine ayarlayınız. Osiloskop bağlantılarını da yaptıktan sonra devreyi çalıştırın ve devreden geçen sıfır akımı gözlemleyin. Daha sonra kapı sürücü devresindeki potansiyometreyi yavaş yavaş azaltarak, kapı akımını artırın. Bu arada tristör üzerindeki gerilimi gözlemleyin. Tristör kesimde iken girişteki gerilim tristörün anot-katot uçları arasında gözlenecektir.

Bölüm 1.3 Güç BJT'leri ve Güç MOSFET'leri

GÜÇ BJT'LERİ (Bipolar Jonksiyon Transistör)

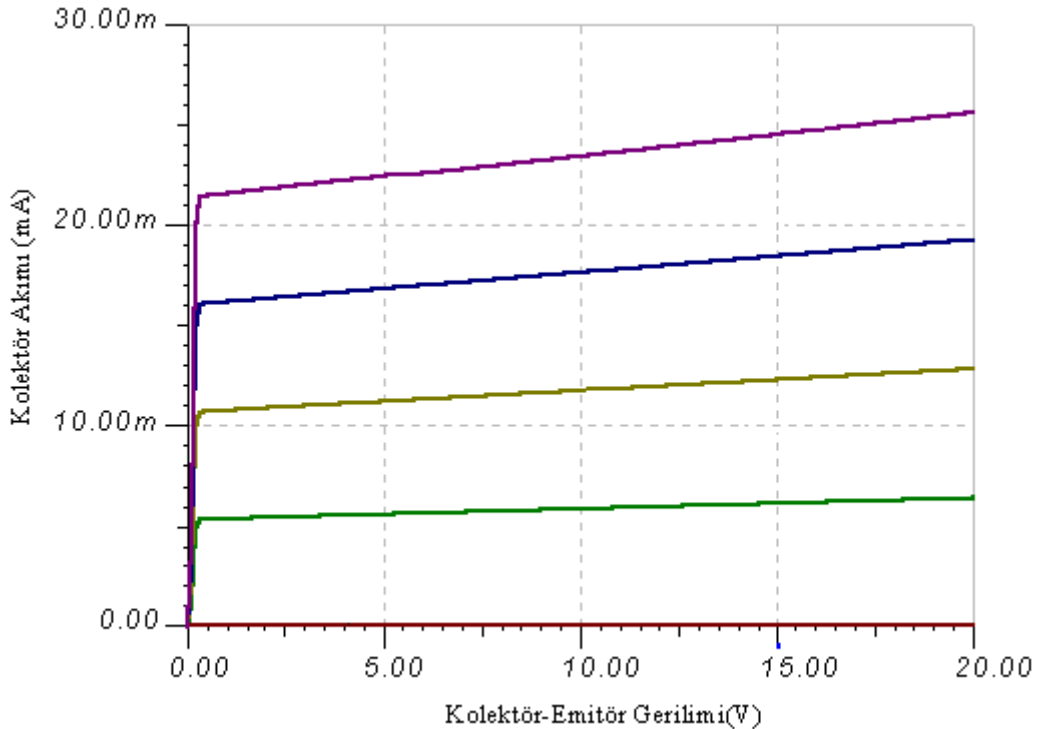
BJT'ler yapısal olarak diyoda benzeyen, iki tane p katkı katman arasına bir n katkı katman (pnp) konarak ya da iki tane n katkı katman arasına, p katkı katman (nnp) konarak üretilmiş 2 tane pn jonksiyonuna sahip transistörlerdir. Elemanların sembolleri şekil 1.3.1' de gösterilmiştir.



Şekil 1.3.1

BJT' nin üç terminali vardır. Bunlar beyz, emitör ve kolektör (base, emittor, collector) olarak adlandırılır. Akım kontrollü bir eleman olan BJT transistörleri, beyzine verilen akımla iletim durumuna geçerler ve bu durumda kalmaları için sürekli olarak beyz akımına ihtiyaç duyarlar. Bu durumda BJT transistörlerinin çıkış karakteristiği belirli bir beyz akımı için, kolektör-emitör gerilimine karşı kolektör akımının değişimidir.

Bu değişim şekil 1.3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 1.3.2

BJTlerin, beyz ve emitörleri arasında bir pn jonksiyonu vardır. Bu sebeple diyotlarda olduğu gibi burada da, transistör iletimdeyken 0.7V civarında bir gerilim düşümü mevcuttur ve bu gerilimin altındaki beyz gerilimlerinde transistör kesim

durumunda kalacaktır. Ayrıca iletim durumundayken, üzerlerinde olan gerilim düşümü oldukça düşüktür. Bu nedenle iletim durumundaki güç kayıpları da azdır. Ama azınlık akım taşıyıcısı özelliklerinden dolayı, açılma kapanma süreleri yüksek olabilir.

BJTler beyzine akım uygulanmadığı takdirde kesim durumunda olurlar ve bu durumda transistörün zarar görmeden taşıyabileceği maksimum kolektör-emitör gerilimi vardır. Buna kırılma gerilimi denir.

Ayrıca, azınlık akım taşıyıcılarına sahip elemanlara özgü olan negatif sıcaklık katsayısı sebebiyle BJT'lerin ikinci kırılma noktaları da vardır ki bu tip bozulmalar BJTler de birincil kırılmalara göre daha fazla gözlemlenir.

BJTlerin çalışması 3 ayrı bölgede incelenebilir. Kesim bölgesinde, sıfır ya da yetersiz beyz akımından dolayı transistör açılmaz ve kolektör akımı akmaz. Doğrusal bölge ise genelde yükselteçlerde kullanılan bölgedir ve gerilim-akım ilişkisi doğrusaldır. Son bölge ise doyum bölgesidir. Bu noktada belirli bir beyz akımı için transistörün üzerinden geçebilecek maksimum akım geçmektedir ve kolektör-emitör geriliminin artması kolektör akımını çok fazla değiştirmeyecektir.

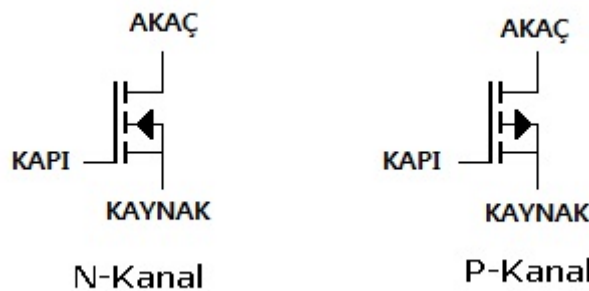
Yukarıda da söylediğimiz gibi, genel olarak BJTlerin doğrusal bölgesi yükselteç, kesim ve doyum bölgeleri ise anahtarlama uygulamalarında kullanılır.

GÜÇ MOSFET'LERİ (Metal-Oksit Yarıiletken Alan Etkili Transistör)

Güç MOSFETleri, ortaya çıkmalarıyla birlikte pek çok uygulamada BJT'lere göre tercih edilir olmuşlardır. BJT'lere göre daha yüksek, gerilim düşümüne sahip olmalarına rağmen azınlık taşıyıcıları olmadığı için daha yüksek anahtarlama frekanslarında kullanılabilirler ve toplamda daha düşük kayıplara sahiptirler.

MOSFETler kapı, akaç ve kaynak olmak üzere 3 terminale sahiptirler. Kapı terminali anahtarın diğer kısımlarından silikon dioksit bir tabakayla yalıtılmıştır. Bu sebeple kapı terminalinden MOSFET'e azınlık taşıyıcısı akımı olmaz. Bu da MOSFETlerde, BJTlerde olan ikincil kırılma geriliminin olmaması demektir. Ayrıca azınlık taşıyıcılarının da kanaldan dışarı atılmasını gerektiren kesim dönüşümü de bu sebepten dolayı yoktur ve bu da MOSFETlerin açılma-kapanma sürelerine yansır. MOSFETlerin daha hızlı uygulamalarda kullanılabilmelerinin sebebi budur.

Aşağıdaki şekilde n-kanallı ve p-kanallı MOSFETlerin sembolleri gösterilmiştir.



Şekil 1.3.3

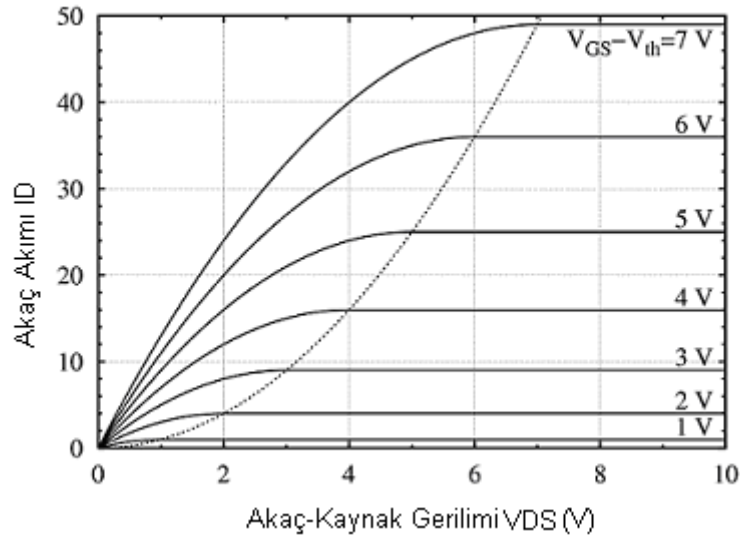
Gerilim kontrollü bir anahtarlama elemanı olan MOSFET, kanal ayarlamalı ve kanal oluşturmali olarak iki çeşittir. Genel olarak kanal oluşturmali (Enhancement type) MOSFET tipi yaygın olarak kullanılır. MOSFET'i iletme sokmak için kapı-kaynak

arasına gerilim uygulamak gerekir. Bu gerilim, eğer MOSFET n-kanallı ise pozitif, p-kanallı ise negatif olacaktır.

Bu gerilim uygulandığı takdirde, akça-kaynak arasında, voltaj uygulandığında üzerinden akım geçebilecek bir kanal oluşur. Kapı-kaynak gerilimi ne kadar büyükse MOSFET'in üzerinden o kadar büyük bir akım geçebilir.

Bu durumda MOSFET'in çıkış karakteristiği belirli bir kapı-kaynak voltajı için, akça akımının, akça-kaynak gerilimine göre değişimidir.

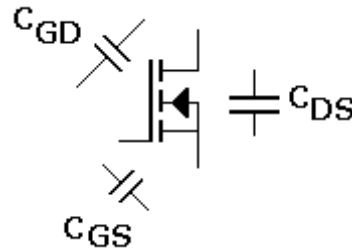
Bu değişim şekil 1.3.4' te grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 1.3.4

Kapı-kaynak arasına uygulanan gerilimle iletme geçen MOSFETlerde bu gerilimin belli bir değerine kadar iletim olmaz. Yani MOSFET belirli bir kapı-kaynak gerilim değerine kadar açılmaz. Bu değere MOSFET'in eşik gerilim değeri denir ve üretici bilgi sayfalarında V_{th} olarak gösterilir.

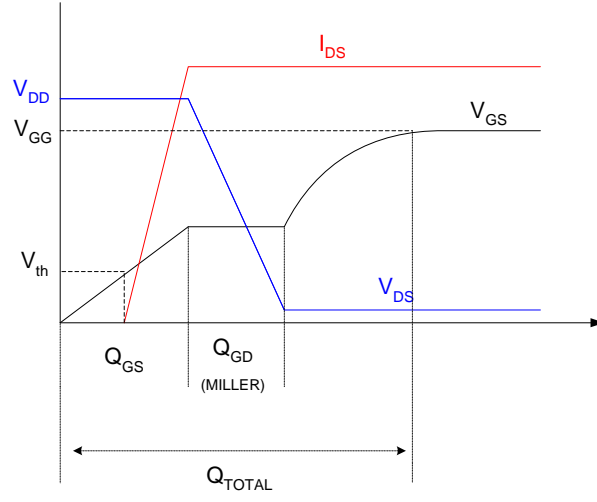
MOSFETteki en önemli özelliklerden biri, MOSFET'in fiziksel yapısından kaynaklanan, terminalleri arasındaki kapasitörleridir. MOSFET aslında şekil 1.3.5' deki gösterimiyle modellenir.



Şekil 1.3.5

Bu kapasitörler, MOSFET'in anahtarlama karakteristiği için oldukça büyük önem taşır. Çünkü transistörün açılma, kapanma süreleri bu kapasitörlerle ilişkilidir ve dolayısıyla yüksek anahtarlama frekanslarındaki kayıplar da doğrudan buna bağlanmaktadır. Bu kapasitör etkilerinden en önemlisi, kapı-akça arasında gözlemlenen ve "Miller" kapasitansı olarak adlandırılan etkidir. Miller kapasitansı, giriş ile çıkış arasında olduğu için, transistörün yükselteç kazancıyla da katlanır ve etkisi diğerlerine göre daha belirgindir.

Bu durum MOSFET'in anahtarlama karakteristikleriyle birlikte şekil 1.3.6'da gösterilmiştir.

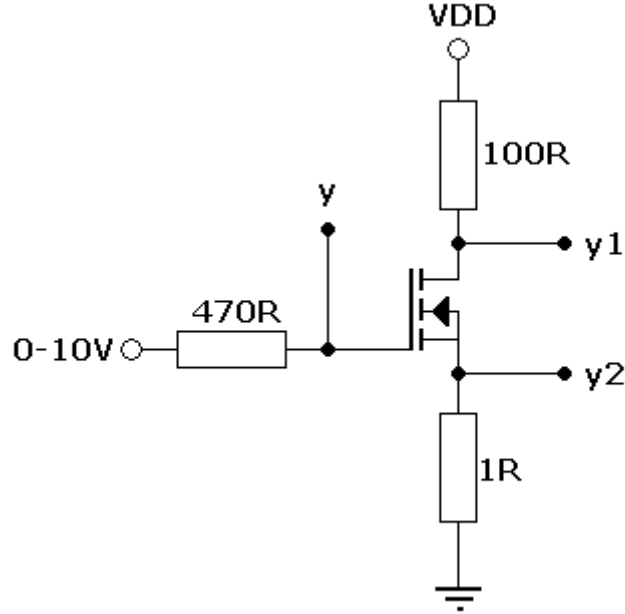


Şekil 1.3.6

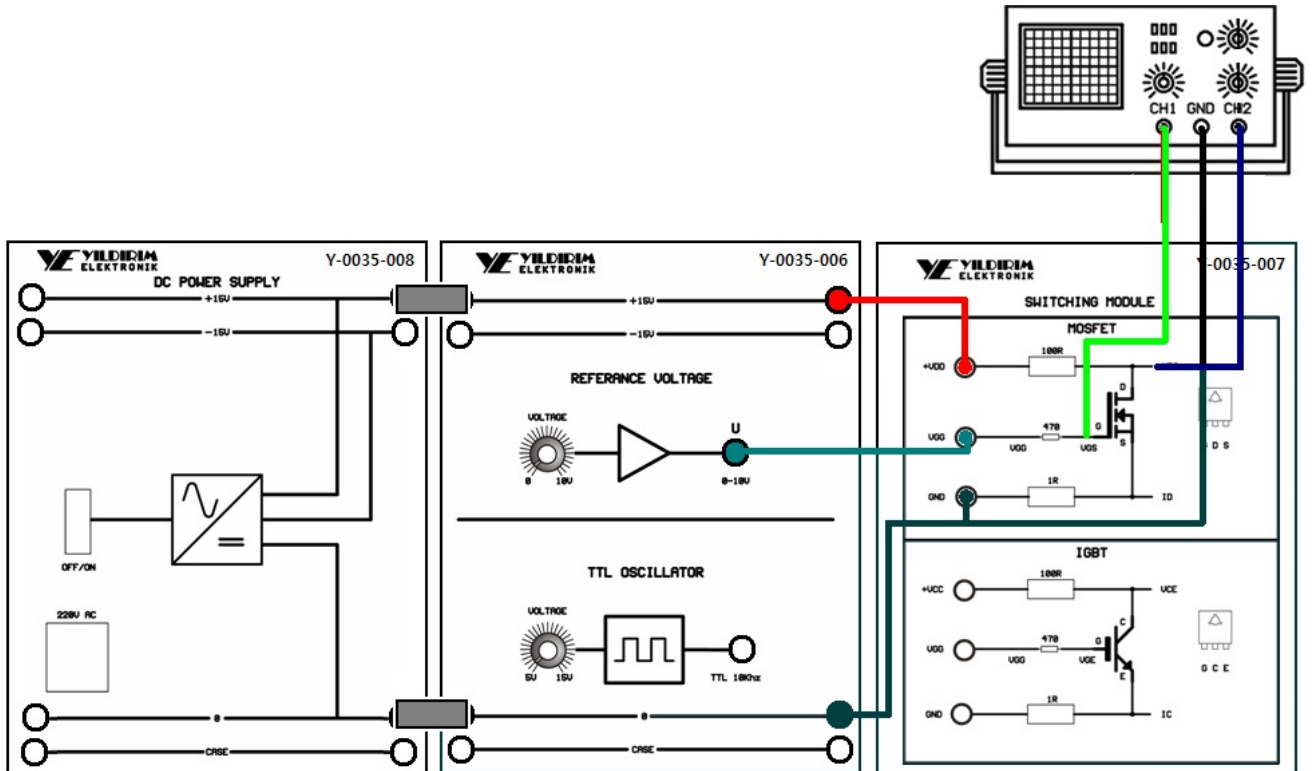
DENEY NO 1.3.1 DENEY ADI: MOSFET DENEYLERİ

1.3.1.1 MOSFET Açılma Testi

Devreyi şekil 1.3.7'deki gibi kurunuz.



Şekil 1.3.7

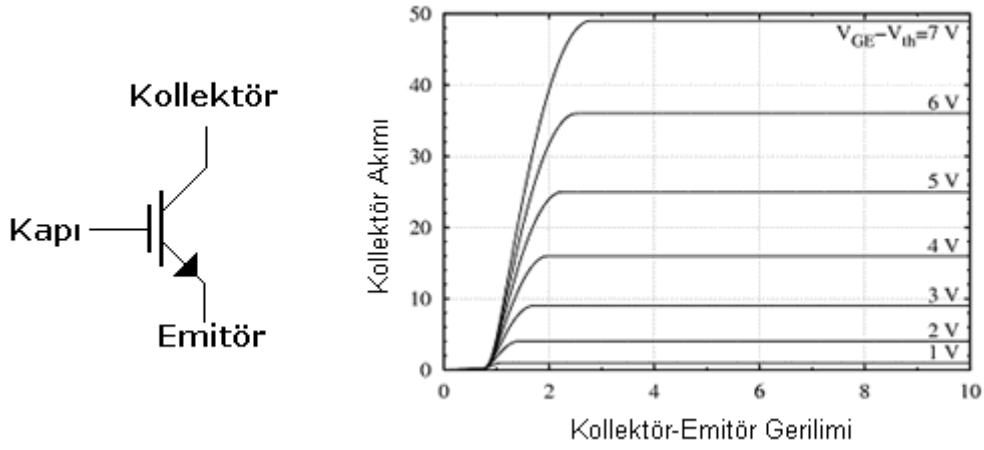


Şekil 1.3.8

IGBT'LER

IGBT'ler, güç MOSFETleri ve BJT'lerinin bazı avantajlarını üzerinde toplayan bir anahtarlama elemanıdır. MOSFET'e benzer olarak, yüksek bir kapı empedansı vardır ve bu da anahtarlama kolaylığı sağlar. IGBTlerin, BJTler gibi, iletim gerilim düşümleri oldukça küçük, ileri kırılma gerilimleri de oldukça büyüktür. Kapıdan kanal içerisine azınlık taşıyıcıları injeksiyonu olmadığından BJT'ler gibi ikincil kırılma gerilimi problemleri de yoktur. BJTlerden daha yüksek anahtarlama frekansları vardır ama MOSFET kadar yüksek hızlara ulaşamazlar. Yine de anahtarlama karakteristikleri hemen hemen MOSFETle aynıdır.

IGBT'lerin 3 adet terminali vardır ve bunlar kapı, emitör ve kolektör olarak adlandırılır. Çıkış karakteristiği ise belirli bir kapı-emitör gerilimi için, kolektör akımının kolektör-emitör gerilimine göre değişimidir. IGBT'nin sembolü ve çıkış karakteristiği şekil 1.3.13'te gösterilmiştir.

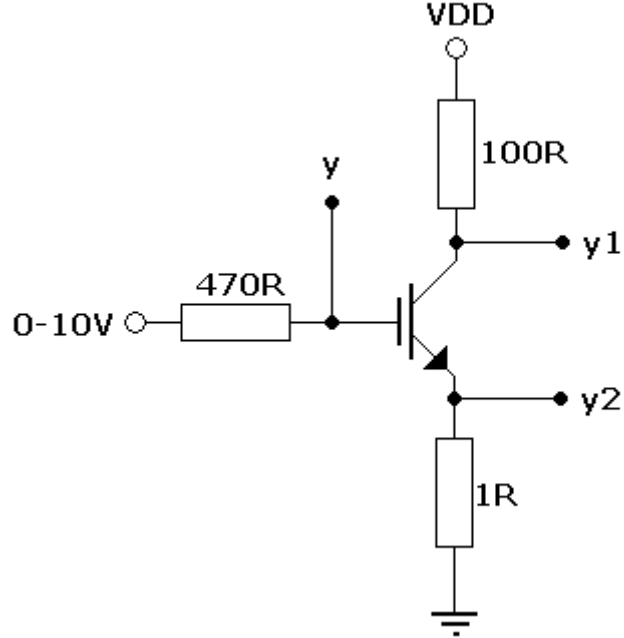


Şekil 1.3.13

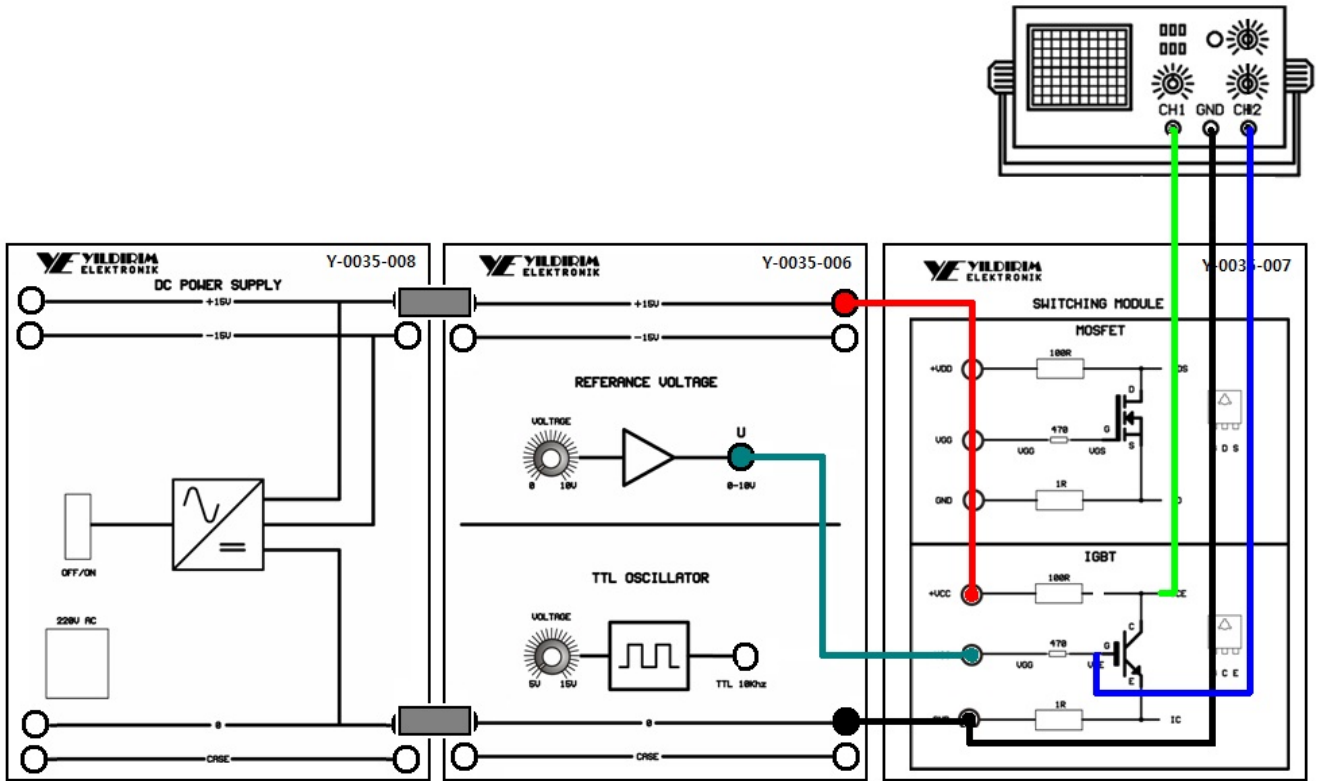
DENEY NO: 1.3.2
DENEY ADI: IGBT DENEYLERİ

1.3.2.1 IGBT Açılma Testi:

Şekil 1.3.14' deki devreyi kurunuz



Şekil 1.3.14



Şekil 1.3.15