

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**ANAHTARLAMA ELEMANLARI
523EO001**

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. TRANSİSTÖRLER.....	3
1.1. Transistörün Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti	3
1.2. Transistörlerin Anahtarlama Elemanı Olarak Kullanılması.....	5
1.3. Transistörün Zamanlayıcı Olarak Kullanılması	7
1.3.1. Zaman Gecikmeli Duran Devre (Turn-off)	11
1.3.2. Zaman Gecikmeli Çalışan Devre (Turn on)	11
1.3.3. Rölenin Yapısı ve Çalışma Prensibi	12
1.3.4. Rölenin Yük Olarak Kullanılması	13
1.4. Transistörlü Devrelerde Arıza Giderme.....	14
1.5. FET ve MOFSET'in Yapısı Çeşitleri ve Çalışma Prensipleri.....	19
1.5.1. MOSFET	22
1.6. FET ve MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti.....	26
1.7. FET ve MOSFET'li Devreler	26
1.8. FET ve MOSFET'li Devrelerde Arıza Giderme	27
UYGULAMA FAALİYETİ	28
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	30
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	31
2. TRİSTÖRLER (SCR).....	31
2.1. Tristörün Yapısı, Özellikleri ve Çalışması.....	31
2.2. Tristör Tetikleme Yöntemleri	34
2.2.1. Ayrı Bir DC Üreticiden Tetikleme Akımı Sağlama.....	34
2.2.2. Ana Besleme Kaynağından Tetikleme Akımı Sağlama.....	34
2.2.3. İzolasyon Trafosuyla Tetikleme	35
2.2.4. Optokuplör ile Tristörün Tetiklenmesi	35
2.2.5. Tristörün Anot-Katot Arasına Yüksek Gerilim Uygulamak ile Tetikleme.....	36
2.2.6. Yüksek Sıcaklık ile Tetikleme.....	36
2.3. Tristörü Durdurma (Kesime Sokma) Yöntemleri	36
2.3.1. Seri Anahtarla Durdurma.....	36
2.3.2. Paralel Anahtarla Durdurma	36
2.3.4. Alternatif Akımda Durdurma	37
2.4. UJT'ler	38
2.4.1. Çalışma İlkesi ve Kullanıldığı Yerler	38
2.4.2. UJT Transistörlü Darbe Osilatörü Devresi	40
2.5. Tristörün Ujt ile Tetiklenmesi.....	41
2.6. Tristörün AVO Metre ile Sağlamlık Kontrolü	41
2.7. UJT'nin Sağlamlık Kontrolü ve Uçlarının Bulunması.....	43
2.8. Tristörün AVO Metre ile Uçlarının Tespiti	43
2.9. Tristörün AC Akımda Çalıştırılması.....	44
2.10. Tristörün DC Akımda Çalıştırılması	44
2.11. Tristörlü Devrelerde Arıza Giderme	44
UYGULAMA FAALİYETİ	46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	48
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	49

3. DİYAK	49
3.1. Yapısı ve Çalışması.....	49
3.3. Diyaklı Pals Üretici Devre	51
UYGULAMA FAALİYETİ-1	53
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	55
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	57
4. TRİYAK.....	57
4.1. Yapısı ve Çalışması.....	57
4.1.1. Triyak'ın Çalışması	58
4.2. Özellikleri	59
4.2.1. Triyak'ın Tetiklenme Şekilleri	59
4.3. Triyakın AVO Metre ile Sağlamlık Kontrolü	60
4.4. AVO Metre ile Triyakın Uçlarının Tespiti.....	62
4.5. AC Motor Hız Kontrol.....	63
4.6. Dimmer Devresi	64
UYGULAMA FAALİYETİ	65
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	67
ÖĞRENME FAALİYETİ-5	69
5. KUADRAK	69
5.1. Yapısı ve Çalışması.....	69
5.1.1. Kuadrak'ın Özellikleri	69
5.1.2. Kuadrakın AVOMETRE ile Sağlamlık Kontrolü	70
5.1.3. LDR'li Karanlıkta Çalışan Lamba Devresi	70
5.2. Kuadraklı Devrelerde Arıza Giderme	71
UYGULAMA FAALİYETİ	72
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	74
MODÜL DEĞERLENDİRME	75
CEVAP ANAHTARLARI	77
KAYNAKÇA	80

AÇIKLAMALAR

KOD	523E0001
ALAN	Elektrik-Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Dal Ortak
MODÜLÜN ADI	Anahtarlama Elemanları
MODÜLÜN TANIMI	Anahtarlama özelliği olan devre elemanlarını (tristör-triyak vb.) kullanarak alçak akım ve gerilimle yüksek akım ve gerilimlerin nasıl kontrol edildikleri ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı bir öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Anahtarlama ve tetikleme elemanlarını elektronik devrelerde kullanmak
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç Bu modül ile gerekli ortam sağlandığında, anahtarlama ve tetikleme elemanlarını tanıyarak katalog bilgilerine uygun olarak elektronik devrelerde kullanabileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Transistörlerin analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, transistörlü anahtarlama ve zamanlama elemanlarını devrelerde kullanabileceksiniz.2. Tristörlerin yapısını ve özelliklerini, UJT ile tetikleme yöntemlerini öğrenebilecek, analog-dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, istenen özellikte tristör seçebilecek ve tristör kullanarak uygulama devresi yapabileceksiniz.3. Diyağın yapısını ve özelliklerini tanıyacak, istenen özellikte diyak seçebilecek ve pals üretici devre uygulamasını yapabileceksiniz.4. Triyakın yapısını ve özelliklerini, tetikleme yöntemlerini öğrenebilecek, analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, istenen özellikte triyak seçebilecek ve triyakla uygulama devresi yapabileceksiniz.5. Kuadrakın yapısını, çalışmasını ve özelliklerini tanıyacak, istenen özellikte kuadrak seçebilecek ve AC'de güç kontrolü uygulaması yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam: Elektrik-elektronik laboratuvarı, işletme, kütüphane, ev, bilgi teknolojileri ortamı vb.</p> <p>Donanım: Bilgisayar, projeksiyon cihazı, çizim ve simülasyon programları, kataloglar, deney setleri, çalışma</p>

	masası, AVOMETRE, bread board, eğitim bilgi sayfası, havya, lehim, elektrikli almaçlar, anahtarlama elemanları, yardımcı elektronik devre elemanları, elektrik elektronik el takımları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığımız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Günümüzde elektrik ve elektronik alanında meydana gelen baş döndürücü gelişmeler herkesi etkilemektedir. İnsan yaşamının her aşamasında, bu alanın ürünleri artık birer ihtiyaç olarak kullanılmaktadır. Şimdi olduğu gibi gelecekte de bu alanda sürekli gelişmeler olacak ve hepimizi meşgul etmeye devam edecektir.

Bu modül ile örneğin +5 volt gerilimden yararlanarak AC 220 voltta çalışan bir elektrik motorunu çalıştırabileceksiniz. Bir çamaşır makinesinin elektronik kart sisteminde anahtarlama elemanı olarak kullanılan triyakın işlevini öğrenebileceksiniz.

Günlük hayatta kullandığımız elektronik cihazların çalışmaları hakkında temel bilgileri bu modül sonunda öğrenmiş olacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

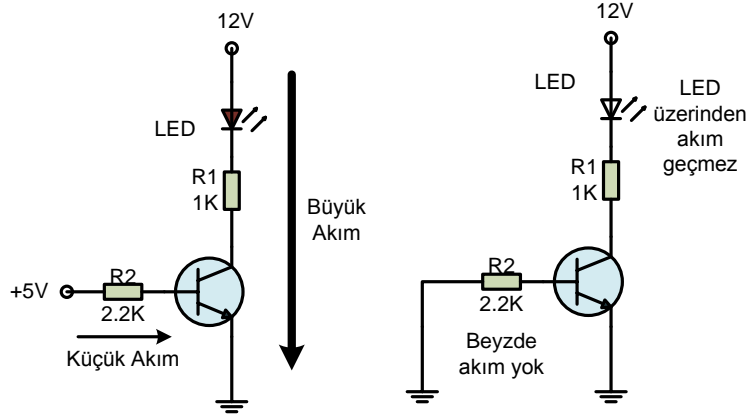
Transistörlerin analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, transistörlü anahtarlama ve zamanlama elemanlarını devrelerde kullanabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Elektronik anahtarlama elemanlarının kullanım alanları hakkında araştırma yapınız.

1. TRANSİSTÖRLER

Transistör, küçük akımlar (μA -mA) ile büyük akımları (mA-A) kontrol edebilen aktif devre elemanıdır.

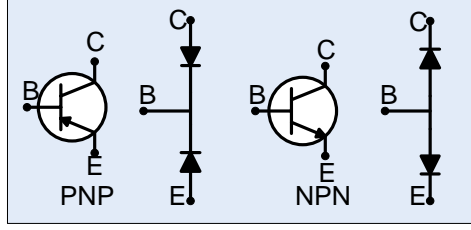


Şekil 1.1: Transistörün iletim ve kesim durumları

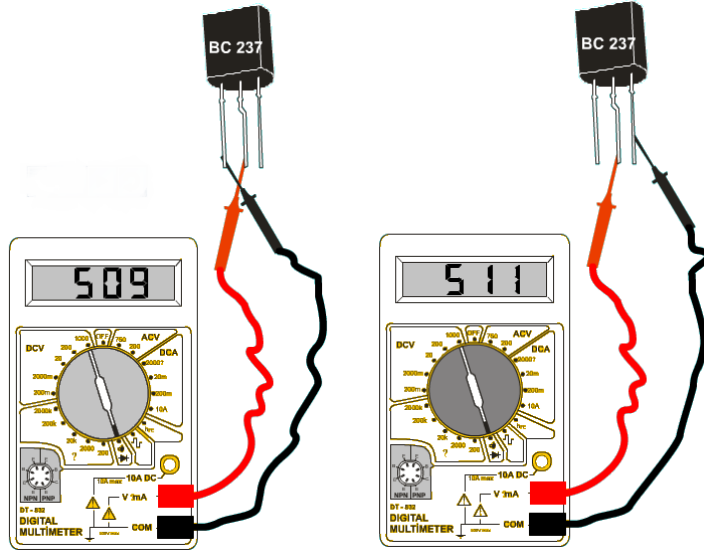
1.1. Transistörün Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti

Transistörün diyot eş değerini göz önüne alırsak transistörün sağlamlık kontrolü ve uçlarının tespiti daha kolay olacaktır.

Transistörün ters yönde seri bağlı iki diyot gibi düşünülmesi büyük kolaylık sağlar. PNP tipi transistör, katotları birbirine bağlı iki diyot, NPN tipi transistör ise anotları birbirine bağlı iki diyot gibi düşünülebilir.



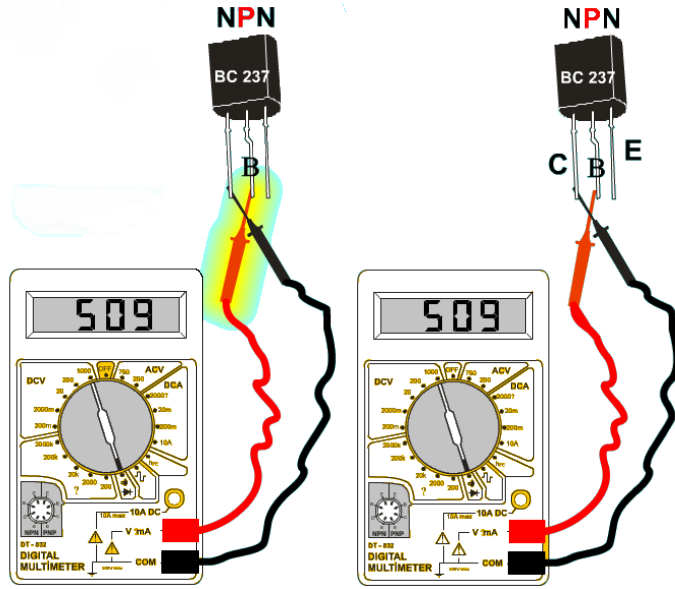
Şekil 1.2: PNP ve NPN tipi transistörlerin diyot eş değeri



Şekil 1.3: Transistörün tipinin ve beyz ucunun bulunması

Ölçü aletinin bir probu transistörün bir ayağında sabit tutulurken diğer prob ayrı ayrı boştaki diğer iki ayağa değdirilir. Ölçü aletinde birbirine yakın, iki değer okununcaya kadar problar yer değiştirmelidir. Ölçü aletinin sabit tutulan ucu transistörün beyz ucunu gösterir. Daha az değer gösteren uç kolektör diğeri emiter ucunu belirtir.

Beyz ucunda sabit tutulan probun rengi kırmızı ise transistör NPN tipinde, beyz ucunda sabit tutulan probun rengi siyah ise transistör PNP tipindedir.



Şekil 1.4: Transistörün kolektör ve emiter ucunun bulunması

Test sırasında ölçü aletinde, doğru polarma alan transistörün eşik gerilim değeri görülür.

Ölçüm sırasında beyz-emiter (V_{BE}) eşik geriliminin beyz-kolektör (V_{BC}) eşik geriliminden biraz daha büyük olduğu görülür.

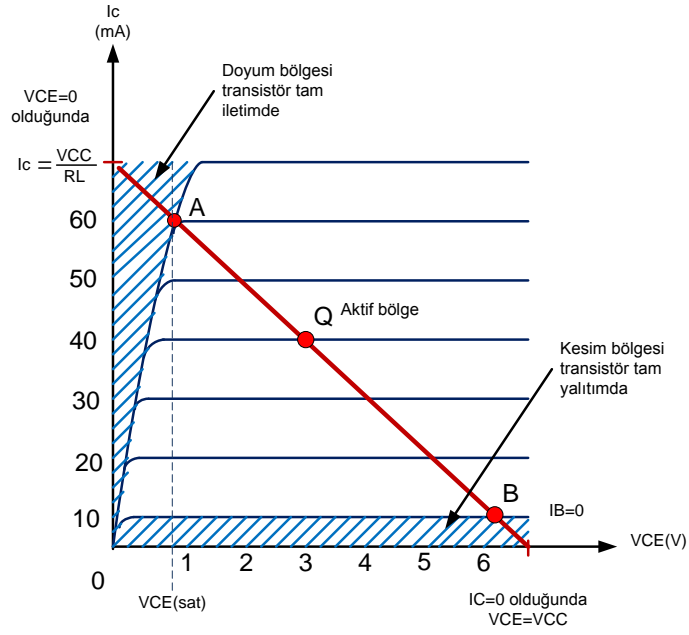
Örneğin, BC 547 transistöründe
 $V_{BE} = 0,582$ volt, $V_{BC} = 0,576$ voltur.
2N3055 transistöründe
 $V_{BE} = 0,455$ volt, $V_{BC} = 0,447$ voltur.

Transistörün beyz-emiter ve beyz-kolektör uçları ters polarma edilirse ölçü aleti, “OL” veya “1” şeklinde maksimum gerilim değerini gösterir.

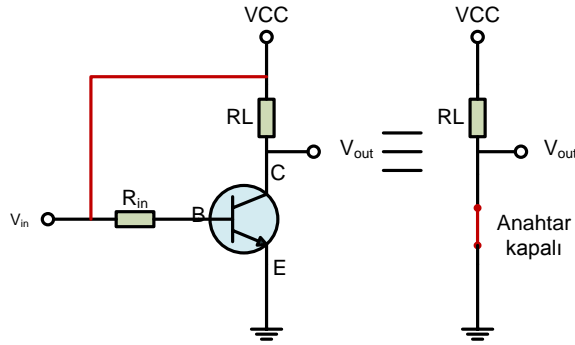
1.2. Transistörlerin Anahtarlama Elemanı Olarak Kullanılması

Transistörler motor, bobin veya lamba gibi yüksek güçlü elemanlarda ve lojik kapı devrelerinde anahtarlama elemanı olarak kullanılır.

Transistörlerin üç çalışma bölgesi vardır: doyum bölgesi, kesim bölgesi ve aktif bölge. Aktif bölge, yükseltme (amplifikasyon) işleminde kullanıldığından doyum (saturasyon) ve kesim (cut-off) bölgeleri anahtarlama işleminde kullanılır.

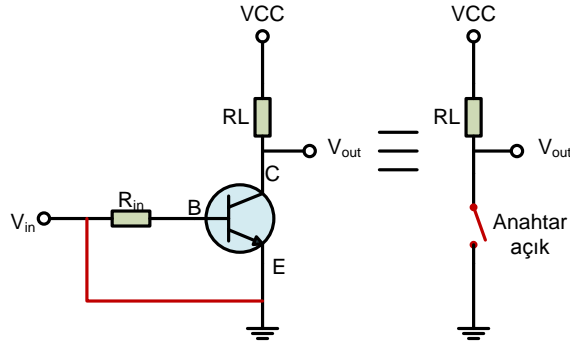


Şekil 1.5: Transistörün 4. bölge karakteristiği



Şekil 1.6: Transistörün doyum durumunda iletimde olması

Transistör doyumdayken tamamıyla iletkenidir. I_C akımı en üst seviyede, V_{CE} gerilimi sıfırdır.



Şekil 1.7: Transistörün kesim durumunda yalıtımda olması

Transistör kesimdeyken tamamıyla yalıtıktır. I_C akımı sıfır, V_{CE} gerilimi en üst seviyededir.

1.3. Transistörün Zamanlayıcı Olarak Kullanılması

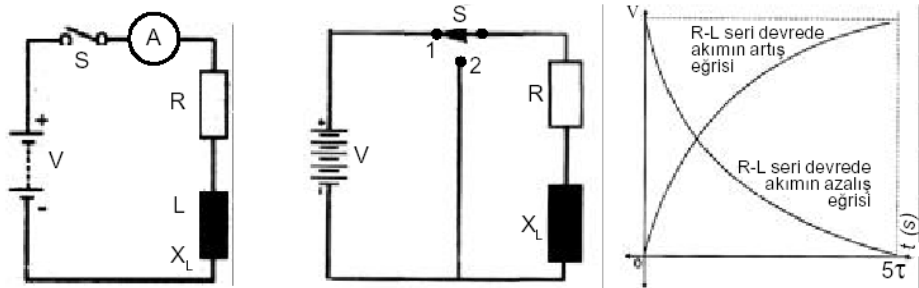
Genellikle transistörün beyzine bağlı kondansatörün şarj ve deşarjıyla transistörün iletim ve kesim durumunu kontrol ederek zaman gecikmeli çalışan devrelere **transistörlü zamanlayıcı** denir.

➤ Zaman sabitesi

Kondansatör ve bobinin DC gerilim altındaki şarj ve deşarj süreleri zaman sabitesini verir. Kondansatör gerilimi bobin akımı depo eder.

- R-L seri (indüktif özellikli) devrelerde zaman sabitesi

Omik direnç (R) ile indüktif direnç (XL) Şekil 1.8'de görüldüğü gibi seri bağlanıp akım uygulanırsa devreye seri bağlı olan ampermetrenin ibresinin aniden maksimum değere çıkmadığı görülür. Bunun sebebi, bobinin oluşturduğu manyetik alanın üreteçten gelen akımın artışına karşı koymasındır.



Şekil 1.8: Seri R-C devresi ve R-L seri devreye uygulanan DC akımın "artış" ve "azalış" eğrileri

R ve L ile oluşturulan seri bir devreden geçen akımın, $5.t$ zaman sonra maksimum değere ulaştığı, hassas deneyler sonucunda anlaşılmıştır.

Buna göre R-L seri bağı devrelerin zaman sabitesi $t=L/R$ ile bulunabilir.

Örnek 1: 2 ohm'luk direnç ile 0,2 henry'lik bobin seri bağlanmıştır. Devrenin zaman sabitesini bulunuz.

Çözüm 1: $t=L/R = 0,2/2 = 0,1$ saniye

Not: Her bobinin mutlaka bir miktar omik direnci vardır. Omik direnci hiç olmayan bobine ideal bobin denir. Gerçekte ideal bobin yoktur. İdeale yakın bobin vardır.

R-L seri bağı devreden geçen akımın zamana göre değişim grafiği çizilecek olursa Şekil 1.8'de verilen logaritmik eğriler bulunur.

Şekil 1.8'deki logaritmik eğrilerden yararlanılarak e tabanlı logaritmik denklem bulunmuştur. Uzun hesaplamalar gerektiren e tabanlı denklemin nasıl çıktığı üzerinde durulmadan hesaplamalarda kullanılan formül doğrudan verilecektir.

Şarj anında akımın ani değeri:

$$i = V/R.(1-e^{-(R/L).t}) \text{ ya da, } i = V/R.[1-1/e^{(R/L).t}]$$

Verilen denklemde:

i: Anahtar kapatıldıktan sonra akımın maksimum değerine ulaşmadan önce herhangi bir t anındaki ani değeri,

V: Devreye uygulanan gerilim,

R: Devredeki direncin değeri,

L: Bobinin indüktansı (henry),

e: Neper logaritma tabanı (2,71828)

Deşarj anında akımın ani değeri:

$$i = V/R.(e^{-(R/L).t}) \text{ ya da } i = V/R(1/e^{(R/L).t})$$

Örnek 2: Şekil 1.8'de verilen devrede $R = 2 \text{ W}$, $L = 4 \text{ H}$, $V = 20 \text{ V}$ olduğuna göre, R-L seri devrede anahtar kapatıldıktan 2 sn. sonra akımın ani değeri nedir? Hesaplayınız.

Çözüm 2: Devreden geçebilecek doğru akımın maksimum değeri, $I_{maks} = V/R = 20/2=10 \text{ A}$

DC uygulandıktan 2 sn. sonra devreden geçen akımın ani değeri,

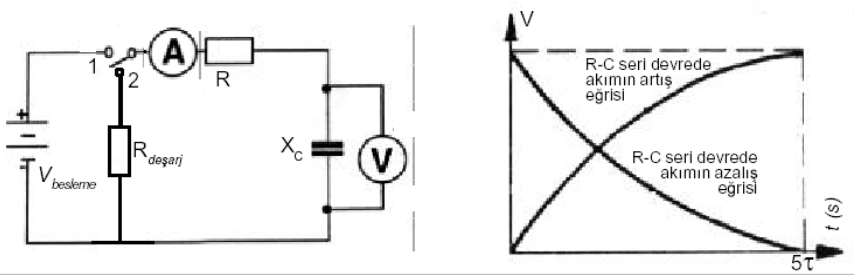
$$i = V/R.(1-e^{-(R/L).t}) = 20/2(1-1/e^{(2/4).2}) = 10.(1-1/e^1) = 10.(1-1/2,7181)$$

$$i = 10-10/2,718 = 6,32 \text{ A}$$

Örnek 3: Şekil 1.8'de verilen devrede akım maksimum değerde akarken S anahtarı 2 konumuna alındıktan 2 saniye sonra hangi değere düşer?

Cözüm 3: $i = V/R.(e^{-(R/L).t}) = 10.1/e^{(R/L).t} = 10/2,718 = 3,68 \text{ A}$

R-C seri (kapasitif özellikli) devrelerde zaman sabitesi



Şekil 1.9: R-C seri devre ve R-C seri devreye uygulanan DC akımın "artış" ve "azalış" eğrileri

Kondansatörün her iki levhasında eşit derecede elektron bulunduğu zaman eleman boş olarak nitelenir. Kondansatörün dolması, iki levhadan birinin (+), diğerinin (-) yük ile yüklenmesidir.

Kondansatör bir R direnci üzerinden şarj olurken uçlarındaki gerilimin U besleme geriliminin % 63,2'sine çıkması için geçen zamana **bir zaman sabitesi** denir. Başka bir deyişle dolu bir kondansatörün uçları arasındaki gerilimin boşalma esnasında ilk gerilim değerinin % 36,8'ine düşmesi için geçen zamana bir zaman sabitesi adı verilir.

Kondansatörler bir DC kaynağına bağlandığında ampermetrenin ibresi önce yüksek bir değer gösterir ve daha sonra 0 A değerine doğru iner.

Şekil 1.9'da verilen devrede anahtar 2 konumuna alınır şarj işlemi başlayacağından ampermetre ters yönde yüksek bir akım değeri gösterir, daha sonra ibre sıfır değerine doğru düşer.

Yapılan bu deneylerin elektriksel grafikleri çizilecek olursa logaritmik özellikli eğriler bulunur. Eğrilerden çıkarılan denklemlere göre kondansatörler 5t (tau)'lik zaman aralığında dolar ya da boşalır. Omik direnci hiç olmayan bir kondansatör, ideal kondansatör olarak adlandırılır. Gerçekte ideal kondansatör yoktur, ideale yakın kondansatör vardır çünkü şarj olurken akıma karşı hiç direnç göstermeyen kondansatör yapılamamıştır. Kondansatörün bağlantı ayaklarının ve plakaların yapıldığı metalin belli bir omik direnci söz konusudur.

Herhangi bir kondansatör tek başına üretece bağlandığı anda hemen dolmaz. Dolma işlemi belli bir süre alır. Bu süre çok kısa olduğu için ihmal edilebilir.

Kondansatör Şekil 1.9'da görüldüğü gibi bir direnç üzerinden devreye bağlandığında zaman sabitesi denklemi, $t = R.C$ şeklinde bulunur.

Kondansatör şarj olurken geriliminin belirli bir sürede yükseldiğini, deşarj olurken yine belirli bir sürede yüksüz hâle döndüğünü belirtmiştik. Bu yaklaşım ışığında yapılan deneylerde bulunan **doluluk** oranları şu şekilde olmaktadır:

τ (zaman sabitesi)	I (şarj akımı)	V (şarj gerilimi)
1 τ sonra	% 36,8	% 63,2
2 τ sonra	% 13,5	% 86,5
3 τ sonra	% 4,98	% 95,02
4 τ sonra	% 1,83	% 98,17
5 τ sonra	% 0,67	% 99,33

Tablo 1.1: Doluluk oranı tablosu

Örnek 4: Şekil 1.9'da verilen devrede 1000 mF'lık kondansatör, 10 k Ω 'luk direnç üzerinden şarj olmaktadır.

- Kondansatörün zaman sabitesini,
- Kondansatörün tam olarak dolması için geçen zamanı bulunuz.

Çözüm 4: a. $t = R.C = 10000.0,001 = 10$ sn.

b. Kondansatörün dolma zamanı = $5.t = 50$ sn.

Kondansatörün plakalarında biriken enerjinin gerilim ve akım değerinin herhangi bir andaki seviyesini bulmada kullanılan denklemler:

Şarj anında akımın ve gerilimin ani değerleri:

$$V_c = V.(1 - e^{-t/R.C})$$

$$I_c = V/R.(e^{-t/R.C})$$

Örnek 5: Değeri 2 M Ω olan bir direnç ile kapasite değeri 2 mF olan bir kondansatör seri bağlanmış ve sisteme 200 V uygulanmıştır. Buna göre anahtar kapandıktan 2 sn. sonra kondansatör uçlarındaki gerilim kaç volt olur? Bulunuz.

Çözüm 5:

$$V_c = V.(1 - e^{-t/R.C}) = 200.(1 - e^{-2/2.2}) = 200.(1 - e^{-1/2}) = 200.[1 - (1/e^{1/2})] = 200.[1 - (1/\sqrt{e})] = 78,6 \text{ V}$$

Deşarj anında akımın ve gerilimin ani değerleri:

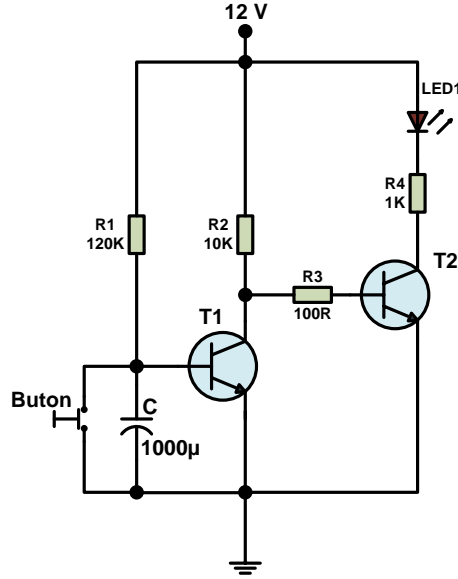
$$V_c = V.(e^{-t/R.C}) \text{ ve } I_c = -V/R.(e^{-t/R.C})$$

Örnek 6: Kapasite değeri 1 μ F olan bir kondansatöre 250 V uygulanarak şarj işlemi yapılmıştır. Ardından üreteç sistemin dışına çıkarılarak kondansatör uçlarına 1 M Ω 'luk direnç paralel olarak bağlanmıştır. Buna göre deşarj işlemi başladıktan 2 sn. sonra kondansatör uçlarındaki gerilim kaç volta iner? Bulunuz.

Çözüm 6: $V_c = V \cdot (e^{-t/R \cdot C}) = 250 \cdot (e^{-1/1.1}) = 250 \cdot e^{-1} = 250 \cdot (1/2,718) = 92 \text{ V}$

1.3.1. Zaman Gecikmeli Duran Devre (Turn-off)

Butona basıldığında çıkışındaki yükün çalışmasını sağlayan, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün çalışmasını durduran devreye *turn-off* devresi denir.



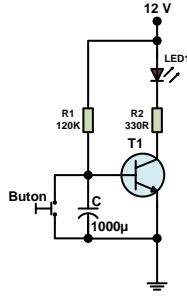
Şekil 1.10: Zaman gecikmeli duran devre

Devrede butona basıldığında T_1 in B-E uçları kısa devre olur ve T_1 kesime gider. T_2 nin beyzi R_2 ve R_3 üzerinden gerekli polarmayı alır. T_2 iletme geçer, led yanar.

Buton serbest bırakıldığında kondansatör R_1 direnci üzerinden şarj olmaya başlar. Kondansatör üzerindeki gerilim değeri 0,8 olduğunda T_1 iletme geçer. Bu durumda T_2 nin beyzi R_3 ve T_1 in C-E si üzerinden şaseye bağlanır ve T_2 kesime gider. T_2 kesime gidince led söner.

1.3.2. Zaman Gecikmeli Çalışan Devre (Turn on)

Normalde çıkışındaki yükü çalıştıran, buton basıldığında yükün çalışmasını durduran, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün tekrar çalışmasını sağlayan devreye *turn-on* devresi denir.



Şekil 1.11: Zaman gecikmeli çalışan devre

Devrede butona basılı iken transistörün beyzi şaseye bağlı olduğundan transistör kesime gider ve led söner. Buton bırakıldığında beyz ucu şaseden kurtulur. Kondansatör boş olduğundan transistör kesimde kalmaya devam eder. Transistörün iletme geçebilmesi için kondansatör uçlarındaki gerilimin, beyz-emiter eşik gerilimine ulaşması gerekir. Bu eşik gerilimi her transistör için farklı değerde olmakla birlikte ortalama 0,7 V civarındadır.

1.3.3. Rölenin Yapısı ve Çalışma Prensibi

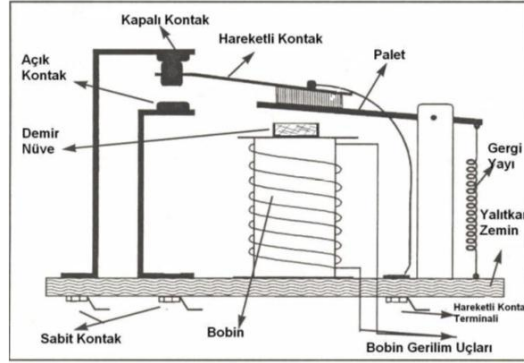
Küçük değerli bir akımın oluşturduğu elektromanyetik alan ile yüksek güçte veya akımda çalışan bir alıcıyı (yükü) çalıştırabilmek (anahtarlayabilmek) için bir ya da daha fazla anahtar grubunu kontrol eden (anahtarları açan ya da kapatan) elemana röle denir.

Bazı röle çeşitleri aşağıda verilmiştir:

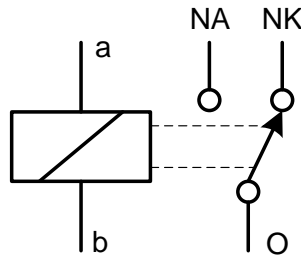
- Manyetik röle
- Termik röle
- Reed röle
- Solid state röle (SSR)
- Zaman rölesi
- Reaktif güç kontrol rölesi
- Motor koruma rölesi
- Sıvı seviye kontrol rölesi
- Akıllı röle



Resim 1.1: DC gerilimle çalışan manyetik rölenin görünüşü



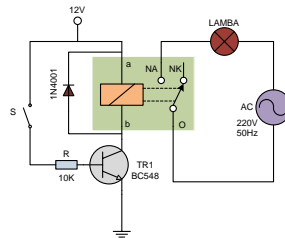
Şekil 1.12: DC gerilimle çalışan manyetik rölenin iç yapısı



Şekil 1.13: DC gerilimle çalışan manyetik rölenin sembolü

Yumuşak demir nüve üzerine sarılan bobin uçlarına (a,b) gerilim uygulandığında bobin etrafında bir manyetik alan oluşur. Bu manyetik alanın etkisiyle yumuşak demir nüve mıknatıslık özelliği kazanarak karşısındaki paleti kendisine doğru çeker. Hareketli kontak, palet üzerinde sabitlenmiştir. Palet hareket ettiğinde hareketli kontak (O), normalde kapalı kontakta (NK) ayrılarak normalde açık kontakla (NA) birleşir. Bobin uçlarındaki gerilim kesildiğinde yumuşak demir nüvenin mıknatıslık özelliği kaybolur. Palet, yay tarafından çekilerek yumuşak demir nüveden ayrılır. Palete bağlı hareketli kontak, normalde açık kontakta ayrılarak normalde kapalı kontakla birleşir.

1.3.4. Rölenin Yük Olarak Kullanılması



Şekil 1.14: Rölenin yük olarak kullanılması devresi

Şekil 1.14'deki devrede S anahtarı kapatıldığında transistör iletme geçer. Röle bobin uçları enerjilenir. Röle kontakları konum değiştirir. NA kontakına seri bağlı olan lamba devresini tamamlar ve ışık verir.

1.4. Transistörlü Devrelerde Arıza Giderme

Birçok dijital ölçü aletinde transistörü test etmek için uygun bir yol sağlayan diyot test konumu mevcuttur. Ölçü aletini diyot test konumuna aldığımızda ölçü aleti içindeki piller, transistörün doğru (ileri) polarma ve ters polarma gerilimini sağlar. Bu gerilim değerleri kullanılan pile göre değişebilir. 1,5V - 3,5V arasında değerler görülebilir.

NPN transistörün beyz-emiter arası doğru polarma aldığında -kırmızı (pozitif) uç beyze siyah (negatif) uç emitere bağlandığında- ölçü aleti 0,5V - 0,9V arasında bir değer gösterir. Ters polarmada ise ölçü aleti pil gerilimine yakın bir değer gösterir. Beyz-kolektör arasında da aynı işlemler tekrarlanır.



Resim 1.2: NPN tipi transistörde arıza tespiti

PNP transistör için işlemler pozitif (kırmızı) ve negatif (siyah) uçlar yer değiştirilerek yapılır.

Eğer transistör açık devre olmuşsa doğru polarmada da ters polarmada da pil gerilimini gösterecektir. Bazı ölçü aletleri “OL (Over load)” veya “Or (over range)” gibi ifadeler de kullanabilir.



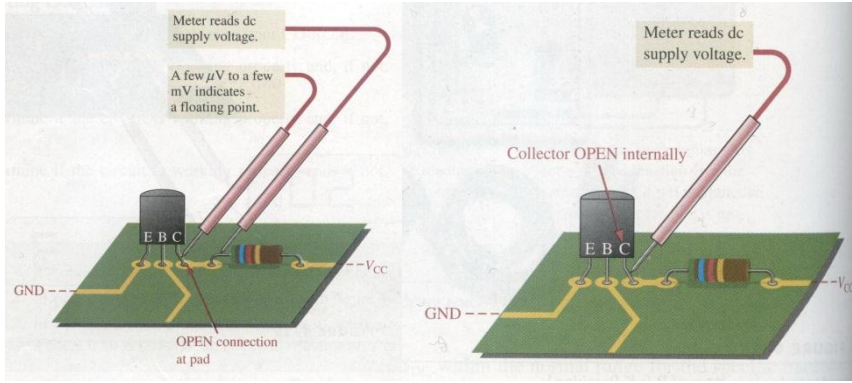
Resim 1.3: PNP tipi transistörde arıza tespiti

Transistör kısa devre olmuşsa her iki polarmada da 0 Volt gösterecektir. Bazen hasarlı transistör jonksiyonları, her iki polarmada da (yönde de) küçük bir direnç gösterebilir. Bu durumda ölçü aleti, her iki yönde de pil geriliminden biraz daha az gerilim değeri gösterir. (1,1V gibi)

Bazı dijital ölçü aletlerinin ön panelinde transistörün h_{FE} (β_{DC}) değerini test etmek için bir test soketi bulunur. Transistör sokete uygun olmadan yerleştirilirse veya hatalı bağlantı yüzünden fonksiyonunu düzgün yerine getiremiyorsa 1 veya 0 ekranda gözükecektir. Transistörün β_{DC} değeri normal değerler içinde ise transistör düzgün çalışıyor demektir. Transistörün normal β_{DC} değeri data kataloglarından öğrenilebilir.

Tek bir transistör devre içinde veya devre dışında transistör test edici ile test edilebilir. İyi bir arıza giderme alışkanlığı, sebeplerinden emin olmadıkça veya problemi tek bir elemana indirmediğçe devreden hiçbir elemanı sökmemeyi gerektirir. İlk olarak transistörü test edici ile devre içinde kontrol etmelidir. Test sonucu olumsuz ise transistör dikkatlice sökülmeli ve bilinen sağlam bir transistör ile değiştirilmelidir. Çıkarılan parça devre dışında da kontrol edilmelidir. Devre içi test sonucu olumlu fakat devre hala düzgün çalışmıyorsa kart (board), zayıf bağlantı veya bakır yollardaki kırıklık için kontrol edilmelidir. Zayıf bir lehim noktası, açık devreye veya yüksek dirence sebep olur. Bu durumda gerilim ölçtüğümüz fiziksel nokta önemlidir. Örneğin kolektörün bağlı olduğu (pad açık devre iken) bakır uçta açık devre varken kolektör ucundan ölçme yaparsanız μV - mV arasında değişen değerler görürsünüz. Ölçmeyi bakır yol üzerinden veya R_C kolektör direncinin ucundan yaparsanız kaynak gerilimi V_{CC} 'yi okursunuz.

Eğer transistörün kolektör ucu içeriden açık devre ise ölçülecek gerilim değeri V_{CC} 'dir. Ölçme yaptığımız noktanın önemi buradan çok iyi anlaşılmaktadır.

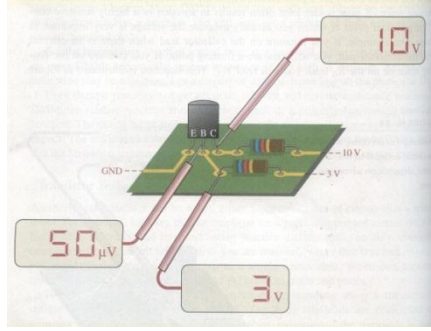


Resim 1.4: Transistörde arıza tespiti ölçümü

Örnek:

Şekildeki ölçüm değerleri hangi hatayı belirtir?

Çözüm: Kolektör ucunda 10 V ölçüldüğüne göre transistör kesimdedir. Beyz polarma gerilimi kart üzerinde 3 V okunsa da transistörün bacağında değişen değerler ölçülmektedir. Bu durum, transistörün bacağı ile ölçüm yapılan nokta arasında açık devre olduğunu gösterir. Beyz noktasındaki lehim kontrol edilmelidir. Açık devre transistörün içinde ise beyz ucunda da 3V okunur.



Resim 1.5: Transistörde polarma gerilimi ölçümü

➤ **Sızıntı akımı ölçme**

Bütün transistörlerde çok küçük sızıntı akımı vardır. Fakat bu akım nA seviyesinde olduğundan ihmal edilir. Transistör devreye beyz polarması olmadan ($I_B=0$) bağlandığında (yalıtkan) kesimdedir. İdealde $I_C=0$ olmalıdır. Uygulamada ise emiter-kolektör arasında nA ölçekli bir sızıntı akımı (I_{CEO} kolektör emiter akımı beyz açık) geçer. Genelde arızalı bir transistörde aşırı sızıntı akımı vardır.

Transistördeki bir başka sızıntı akımı da ters kolektör-beyz akımıdır (I_{CBO}). Bu akım emiter açık iken okunur. Bu sızıntı akımı aşırı ise kolektör-beyz arası kısa devredir.

➤ **Kazanç ölçme**

Sızıntı testine ek olarak transistör test cihazları transistörün betasını (DC) kontrol ederler. Uygulanan I_B değerine göre I_C sonucu ölçülür. Okunan değer I_C/I_B oranını belirler. Test cihazlarının çoğu devre içinde beta (β_{DC}) kontrolü sağlar. Bu yüzden şüpheli elemanı test etmek için devreden sökmeye gerek kalmaz.

1.4.1. Polarmalı Transistör Devrelerinde Arıza Tespiti

Transistörlü polarma devresinde birçok arıza oluşabilir. Polarma dirençleri açık devre, soğuk lehim veya kısa devre olabilir. Transistorün kendisi içeriden kısa devre veya açık devre olabilir.

Normalde $\beta=200$ olan 2N3904 transistörünün üzerinde okunması gereken gerilimler şunlardır:

$$V_{BB} = 3 \text{ Volt ve } V_{CC} = 9 \text{ Volt}$$

$$V_B = V_{BE} = 0.7 \text{ V}$$

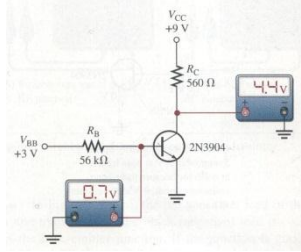
$$I_B = \frac{3V - 0.7V}{56K\Omega} = \frac{2.3V}{56K\Omega} = 41.1 \mu A$$

$$I_C = \beta_{DC} I_B = 200 \cdot (41.1 \mu A) = 8.2 \text{ mA}$$

$$V_C = 9 \text{ V} - I_C R_C$$

$$V_C = 9 \text{ V} - (8.2 \text{ mA}) \cdot (560 \Omega)$$

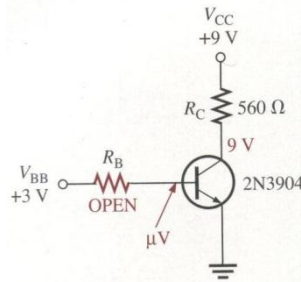
$$V_C = 4.4 \text{ V}$$



Şekil 1.15: Transistörde beyz ve kollektör polarması ölçümü

- **Arıza:** Beyz direnci açık devre

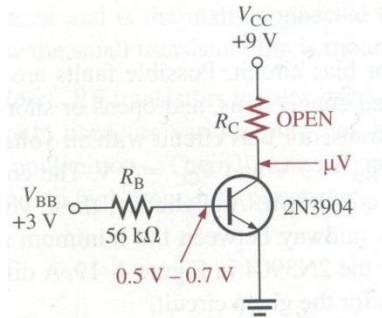
Belirtiler: Şaseye bağlı olmadığından beyzde μV -mV arası değerler okunur. Transistör kesimde olduğu için kollektördeki gerilim 9 volt okunur.



Şekil 1.16: Beyz direnci açık devre

- **Arıza:** Kollektör direnci açık devre

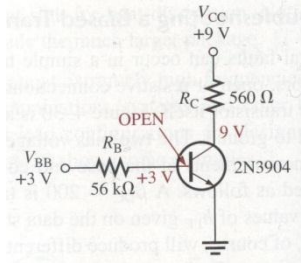
Belirtiler: Kayan noktadan dolayı kollektörde μV -mV arası değerler okunur. Beyz-emiter arasına uygulanan ileri polarmadan dolayı beyzde 0,5 V-0,7 V gerilim okunur.



Şekil 1.17: Kollektör direnci açık devre

- **Arıza:** Transistorün beyzi açık devre

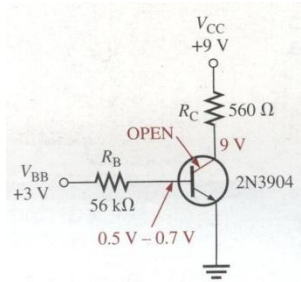
Belirtiler: Beyz ucunda 3 V, kolektörde ise 9 V gerilim değeri okunur çünkü transistor kesimdedir.



Şekil 1.18: Transistörün beyzi açık devre

- **Arıza:** Transistorün kolektörü açık devre

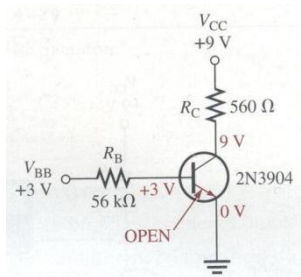
Belirtiler: Beyz-emiter arasına uygulanan ileri polarmadan dolayı beyz ucunda 0,5 V-0,7 V gerilim okunur. Kolektör ucunda 9V gerilim değeri okunur çünkü açık devre kolektör akımının geçmesini engeller.



Şekil 1.19: Transistörün kolektörü açık devre

- **Arıza:** Transistorün emiteri açık devre

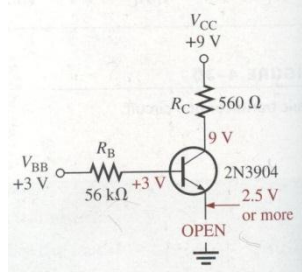
Belirtiler: Beyz ucunda 3 V, kolektörde ise 9 V gerilim değeri okunur çünkü kolektör akımı yoktur. Emiter ucundaki gerilim 0 voltur.



Şekil 1.20: Transistörün emiteri açık devre

- **Arıza:** Şase bağlantısı açık devre

Belirtiler: Beyz ucunda 3 V, kolektörde ise 9 V gerilim değeri okunur çünkü kolektör akımı yoktur. Beyz-emiter arasındaki doğru polarmadan dolayı emiter ucundaki gerilim, 2,5 V veya biraz daha fazladır. Voltmetre ile ölçme yapmak, beyz-emiter arasındaki iç direnç üzerinden ileri polarma akım yolu oluşturur.



Şekil 1.21: Transistörün şase bağlantısı açık devre

1.4.2. Gerilim Bölücü Direnç Polarmalı Transistör Devrelerinde Arıza Tespiti

Gerilim bölücü direnç polarmalı transistör devrelerinde, transistör veya bazen polarma dirençleri bozulabilir. Birçok devrede, açık devre direnç, içeriden açık devre transistör uçları ve bağlantıları veya kısa devre bağlantılar arızaya sebep olabilir. Genelde bu arızalar transistörü, kesimde (yalıtımda) veya doyumda (iletimde) gösterebilir. Devre düzgün çalıştığında yaklaşık okunan değerler şekildeki gibidir.

1.5. FET ve MOFSET'in Yapısı Çeşitleri ve Çalışma Prensipleri

NPN ve PNP tipi olarak adlandırılan klasik tip transistörler (İki Kutuplu Jonksiyon Transistör - BJT) alçak giriş empedansına sahiptir. 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.

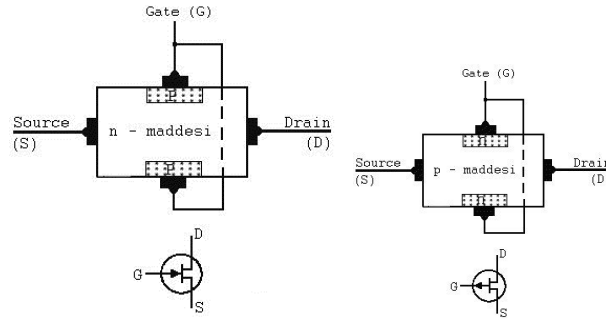
- FET'lerin klasik transistörlere (BJT) göre üstünlükleri şöyle sıralanabilir:

Giriş empedansları daha yüksektir. (BJT'de 2KΩ iken FET'lerde yaklaşık 100MΩ 'dur.) Anahtar olarak kullanıldığında, sapma gerilimi yoktur. Radyasyon (yayınım) etkisi yoktur. BJT'lere nazaran daha az gürültüldür. Isısal değişimlerden etkilenmez. BJT'lere göre daha küçüktür. Bu nedenle entegrelerde daha fazla kullanılır. Yüksek giriş empedansı ve alçak elektrodlar arası kapasitans özelliği ile yüksek frekans devrelerinde rahatlıkla kullanılır. 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)

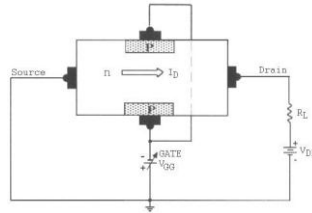
BJT'lerde olduğu gibi JFET'lerde de üç terminal vardır. Bunlar drain (oluk, akaç), source (kaynak) ve gate (kapı, geçit)'dir. Transistörlerde, kollektörün karşılığı drain, emiterin karşılığı source, beyzin karşılığı gatedir. Transistörler nasıl NPN ve PNP tipi olmak üzere iki tipte ise JFET'ler de; * n - kanallı JFET* p - kanallı JFET olmak üzere iki tipte imal edilir.



Şekil 1.22: N-kanallı JFET'in fiziksel yapısı ve sembolü P-kanallı JFET'in fiziksel yapısı ve sembolü

Şekil 1.22'de 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 1.22) Sembollerden de anlaşılacağı gibi ok yönü gate'e doğru ise n-kanallı, gate'ten dışarı doğru ise p-kanallı JFET'tir.



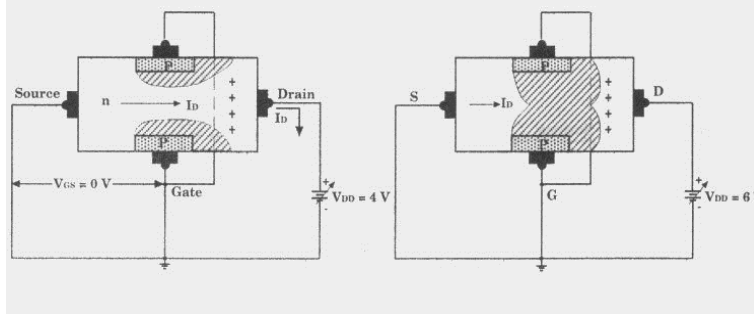
Şekil 1.23: JFET'in çalışması

Şekil 1.23'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 biaslanmıştır yani polarmalandırılmıştır. Gate p- maddesinden oluştuğu için V_{GG} güç

kaynağının (-) terminali gate'e, (+) terminali source'a bağlanarak ters polarma sağlanmıştır. Gate'nin 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 voltur. 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 eklemine ters polarmalanmıştır.



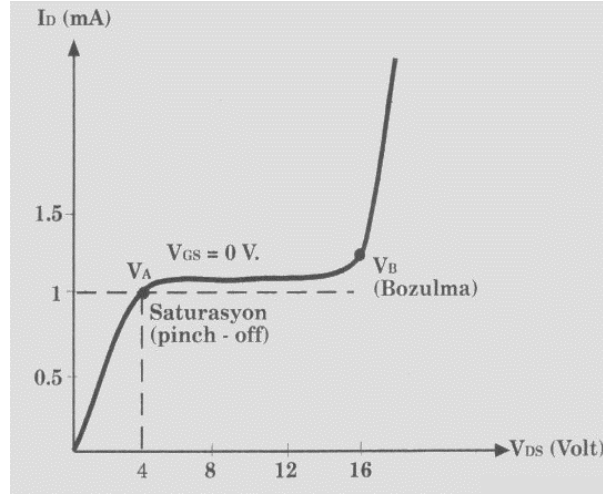
Şekil 1.24: VDD voltaj değişiminin kanal ve drain akımları üzerine etkisi

P-N eklemi ters polarmalandığı her durumda, eklem civarında, içinde akım taşıyıcıları bulunmayan bir boşluk bölgesi (eklem setti) meydana gelir. Bu durum Şekil 1.24'de 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 olur. 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 1.24'de $V_{DD} = 4$ Volt iken boşluk bölgesi ile $V_{DD} = 6$ Volt iken boşluk bölgesinin durumu görülmektedir. V_{DD} drain kaynak voltajının daha fazla artırılması ($V_{DD} = 6V$), şekil 1.23'de görüldüğü gibi boşluk bölgelerinin birbirine daha fazla yaklaşmasına neden olur. Böyle bir durumda drain kaynak voltajının daha fazla artırılması 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. Pimch - off nokasına kritik gerilim adı da verilebilir. V_p ile gösterilir. Bu değer n-kanallı JFET'te negatif, p-kanallı da ise pozitif değerdir.

JFET'te negatif, p-kanallı da ise pozitif değerdir.



Şekil 1.25: n-kanallı JFET karakteristik eğrisi

Şekil 1.25'de 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}) V_{GG} bataryası ile sağlanırsa JFET 'ten I_D akımı akar. Gate - source eklemi V_{GG} bataryası ile ters polarmalandığı için gate akımı $I_G=0$ olur. Şekil 1.24'de 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 akımı da artar. Karakteristik eğride V_A noktası kanal pinch - off noktasıdır. I_{DSS} değeri de yaklaşık 1mA'dır. **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 I_D akımına neden olarak JFET hasara uğrar.

1.5.1. MOSFET

1.5.1.1. 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 kelimesinin açılımı metal oxide semiconductor field

effect transistordür (Metal oksit yarı iletken alan etkili transistör). MOSFET, İngilizce açılımının baş harfleri bir araya getirilerek oluşturulmuştur.

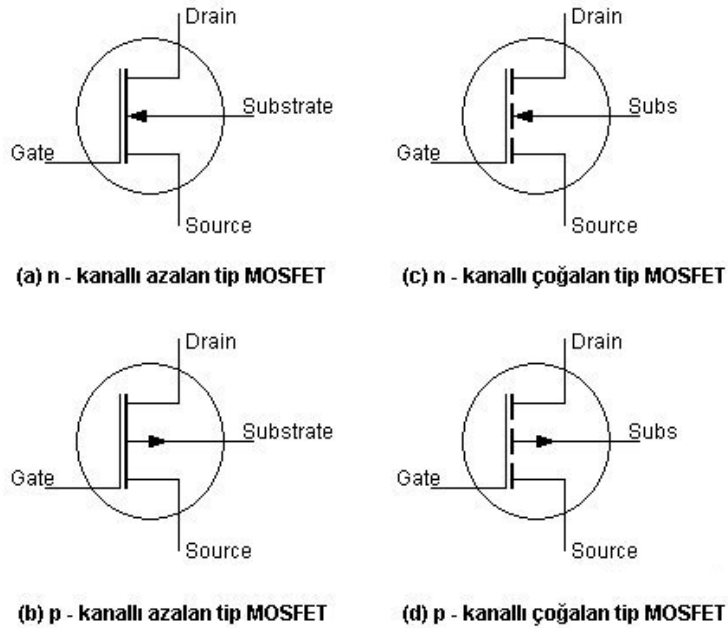
İzole edilmiş gate özelliğinden dolayı MOSFET'lerin giriş empedansı son derece yüksek olup (10^{14}) elektrodlar arası iç kapasitansı çok küçüktür. Bundan dolayı MOSFET'ler normal transistörlerin, frekans sahasının çok daha üstündeki frekanslarda ve yüksek giriş empedanslı yükselteçlere ihtiyaç duyulan 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. Şöyle ki 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.

MOSFET'ler şu şekilde sınıflandırılır:

- Azalan (Boşluk şarjlı, depletion tipi) MOSFET
- Çoğalan (Enhancement) tipi MOSFET

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



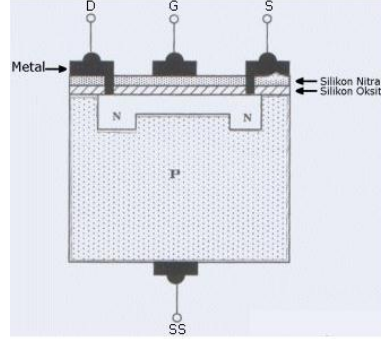
Şekil 1.26: MOSFET sembolleri

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

1.5.1.2.MOSFET'in Çalışması

- Azalan (boşluk şarjlı, depletion) tip MOSFET

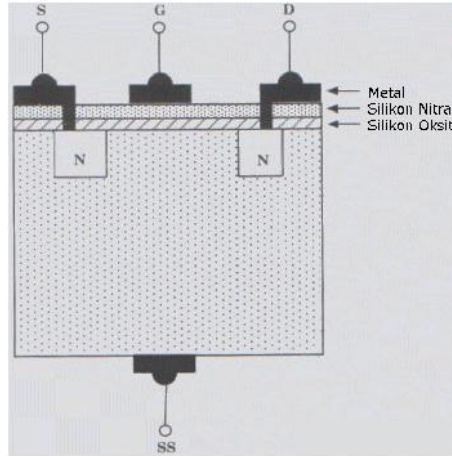
Şekil 1.27'de taban malzeme (gövde) p-tipi madde alınmıştır. Bu p-tipi maddenin uygun yerlerinde N tipi bölgeler oluşturulmuş ve aralarına ince bir kanal yerleştirilmiştir. Bu yapının üstü silikon oksit tabakası ile tamamen kaplanmıştır. Ancak bu tabakanın havadaki sodyumdan etkilenebileceğinden bunun üzeri ikinci tabaka olan silikon nitrat ile kapatılmıştır. N-maddelerinden çıkartılan uçların adı; Drain ve source uçları, silikon tabakalarından delik açılarak metalik irtibat sağlanmıştır. Drain ve source uçları, N-tipi bölge ile doğrudan irtibatlı olduğu halde gate ucu yarı iletkenden yalıtılmış, izole edilmiş haldedir. Burada gate ucuna uygulanan gerilim sıfır volt olduğunda drain ve source uçları arasında belirli bir akım akar. Çünkü drain ve source birbiriyle irtibatlıdır. Gate terminaline (+) gerilim uygulandığında, N-tipi maddeler arasında mevcut olan kanal genişleyeceğinden D-S arasından geçen akım artar. Gate terminaline (-) gerilim uygulandığında kanal daralarak akım azalır. Kanal N-tipi maddeden yapıldığı için n-kanallı azalan tip MOSFET 'tir. Kanal p-tipi maddeden de yapılabilir.



Şekil 1.27: Azalan tip MOSFET'in yapısı

D-S arasından geçen akım kanaldan geçer. Gate'e uygulanan gerilim ile kanaldan geçen akım kontrol edilir. n-kanallı azalan tip MOSFET'te gate ile source (-), drain (+) polaritedir. Azalan tip MOSFET'te gate voltajı sıfır iken drain akımı vardır. Gate'e uygulanan (-) voltajla kanal iletkenliği azalmakta, kanal direnci artmakta dolayısıyla kanaldan geçen akım azalmaktadır. Kanal iletkenliği dolayısıyla akım azaldığı için azalan tip MOSFET olarak adlandırılır.

Çoğalan (enhancement) tip Mosfet:



Şekil 1.28: Çoğalan tip MOSFET'in yapısı

Çoğalan tip MOSFET'in azalan tipten farkı iki N-tipi bölgenin arasında kanal olmamasıdır. Burada da source (S) ve drain (D) uçları, N-tipi bölgelerle doğrudan temas halinde oldukları halde gate (G) ucu yarı iletken malzemeden izole edilmiş durumdadır. G ucuna herhangi bir gerilim uygulanmadığı sürece S ve D uçları arasından bir akım akmaz. G ucunun bulunduğu metal parça ile P-tipi gövde bir kondansatör özelliği gösterir. Çünkü, iki iletken bir yalıtkan kondansatörü meydana getirir. G ucuna (+) gerilim uygulandığında, kapasite özelliğinden dolayı P-tipi gövde de iki N-maddenin yanında (-) yükler toplanır.

Böylece iki N-tipi madde arasında doğal olarak bir kanal oluşur. Bu durumda akım akışı başlar. Gate'e uygulanan (+) gerilimin artırılması halinde, iki N-tipi madde arasında

oluşan (-) yükler çoğalarak P-tipi gövde içerisinde oluşan bu kanalın genişlemesine sebebiyet verir. Böylece S ve D uçları arasında akan akım, gate'e uygulanan gerilim ile kontrol edilebilir. Gate ucuna gerilim uygulanmadığı sürece S ve D arasından akım akmaz.

1.6. FET ve MOSFET'in Sağlamlık Kontrolü ve Uç Tespiti

➤ FET

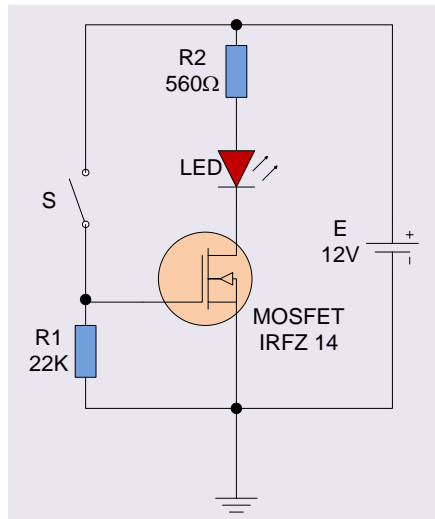
Sağlam FET Transistörün Kaynak – Oluk uçları (D –S) arası her iki yönde de küçük direnç gösterir.

Ayrıca sağlam bir FET'in, GATE – DRAIN ve GATE –SOURCE uçları arasında bir yönde küçük direnç diğer yönde sonsuz direnç göstermesi gerekir.

➤ MOSFET

- Ölçü aleti direnç konumuna alınır. + prob drain ucuna – prob ise source ucuna dokundurulur. Ölçülen değer yaklaşık sıfır olmalıdır ve probalar yer değiştirdiğinde de aynı değer okunmalıdır.
- + prob drain ucuna , - prob gate ucuna bağlanır ve ölçü aletinde okunan direnç değeri yaklaşık 7 – 8 Ω okunmalıdır.
- + prob source ucuna , - prob gate ucuna dokundurulur. Ölçü altinde 7- 8 ohm'luk bir direnç değeri okunmalıdır.

1.7. FET ve MOSFET'li Devreler



Şekil 1.29: MOSFET'li anahtarlama devresi

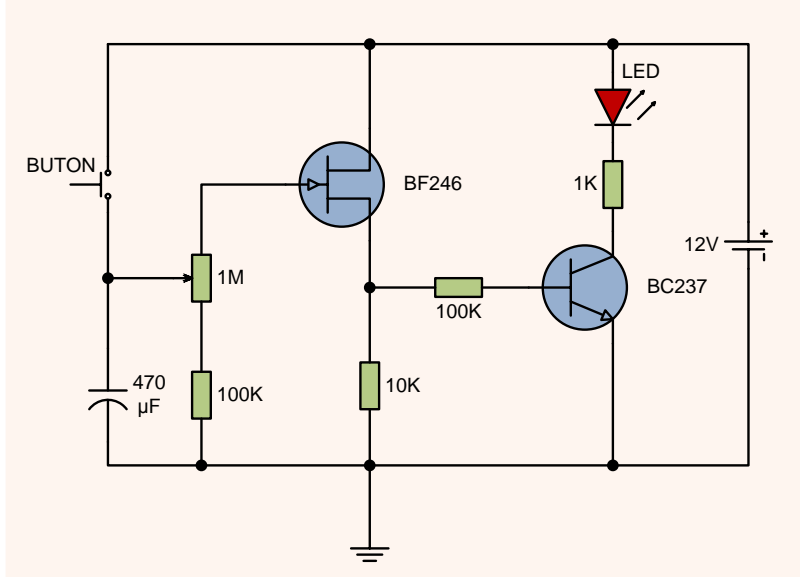
1.8. FET ve MOSFET'li Devrelerde Arıza Giderme

- Kendinden polarlı JFET'li devrelerde arıza tespiti
 - **Arıza 1: $V_D=V_{DD}$** Bu durum için drain akımı I_D sıfır olmalıdır. Çünkü R_D direncinin üzerine gerilim düşmemektedir. Hangi devre olursa olsun ilk önce ortada belli olan problemleri kontrol etmek iyi bir arıza giderme uygulamasıdır, alışkanlığıdır. Örneğin açık devre veya zayıf bağlantılar, kömürleşmiş dirençler gibidir. Sonra enerjii kesiniz ve şüpheli dirençleri açık devre tespiti için ölçünüz. Dirençlerde sorun yoksa muhtemelen FET bozulmuştur. Bu belirtinin meydana getireceği arızalar şöyle sıralanabilir:
 - R_S kaynak (source) direncinin şaseye bağlantısı olmayabilir.
 - R_S direnci açık devre
 - Kanal (drain) ucu açık devre
 - Kaynak (source) ucu açık devre
 - FET'in drain-source arası içeriden açık devre
 - **Arıza 2: V_D önemli derecede normalden daha düşük.** Bu durum için, besleme gerilimi azalmadıkça drain akımı I_D normalden daha fazla olmalıdır. Çünkü R_D direncinin üzerine çok fazla gerilim düşmektedir. Bu belirtinin meydana getireceği arızalar şöyle sıralanabilir:
 - R_G direnci açık devre
 - Kapı (gate) ucu açık devre
 - FET'in kapı (gate) ucu içeriden açık devre

Bu arızaların herhangi biri FET'teki deplasyon bölgesinin kaybolmasına sebep olacaktır ve kanal genişleyecektir. Drain akımı I_D , sadece R_D , R_S ve küçük kanal direnci ile sınırlanır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda şekli verilen FET'li uzun zaman geciktirme devresini işlem basamaklarına göre yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekildeki devrenin montajını yapınız.	➤ Devredeki malzemeleri bağlamadan önce sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ Gerilim kaynağını devreye bağlayınız.	➤ Enerji vermeden devreyi kontrol ediniz
➤ Devreye enerji vererek butona basınız.	➤ Led'in ışık verdiğini gözlemleyiniz.
➤ Potansiyometreyi minimum konumuna getiriniz.	➤ Butonu bırakarak led'in yanma süresini ölçünüz.
➤ Devrenin arızasını gideriniz.	➤ Arıza arama ve giderme yöntemlerini kullanınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Transistörün sağlamlık kontrolünü ve uç tespitini yaptınız mı?		
2.	Transistörün katalog değerlerini incelediniz mi?		
3.	Transistörlü anahtarlama devresi kurdunuz mu?		
4.	Devreyi çalıştırdınız mı?		
5.	Transistörlü zamanlayıcı devre kurdunuz mu?		
6.	Zamanlayıcı devrede röleyi yük olarak çalıştırdınız mı?		
7.	Transistörlü devrelerde arıza giderdiniz mi?		
8.	FET ve MOSFET'in sağlamlık kontrolünü ve uç tespitini yaptınız mı?		
9.	FET ve MOSFET'in katalog değerlerini incelediniz mi?		
10.	FET veya MOSFET'li anahtarlama devresi kurdunuz mu?		
11.	Devreyi çalıştırdınız mı?.		
12.	FET ve MOSFET'li devrelerde arıza giderdiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. () Transistör, küçük akımlar ile büyük akımları kontrol edebilen aktif devre elemanıdır.
2. () Transistörler, motor, bobin veya lamba gibi yüksek güçlü elemanlarda ve lojik kapı devrelerinde anahtarlama elemanı olarak kullanılır.
3. () Transistörün beyzine bağlı kondansatörün şarj ve deşarjıyla transistörün iletim ve kesim durumunu kontrol ederek zaman gecikmeli çalışan devrelere transistörlü zamanlayıcı denir.
4. () Butona basıldığında çıkışındaki yükün çalışmasını sağlayan, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün çalışmasını durduran devreye turn-on devresi denir.
5. () Normalde çıkışındaki yükü çalıştıran, buton basıldığında yükün çalışmasını durduran, buton bırakıldıktan bir süre sonra yükün tekrar çalışmasını sağlayan devreye turn-off devresi denir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Tristörlerin yapısını, özelliğini, bilecek; ölçü aletleriyle ölçümünü, tristörlerin tetiklenmesi ve durdurulması yöntemlerini bilecek, istenen özellikte tristör seçebilecek, tristörle uygulama devreleri yapabileceksiniz.

UJT'lerin yapısını, özelliğini bilecek, istenen özellikte UJT seçebilecek ve tristörün tetiklenmesinde nasıl kullanıldığını uygulama yaparak öğreneceksiniz.

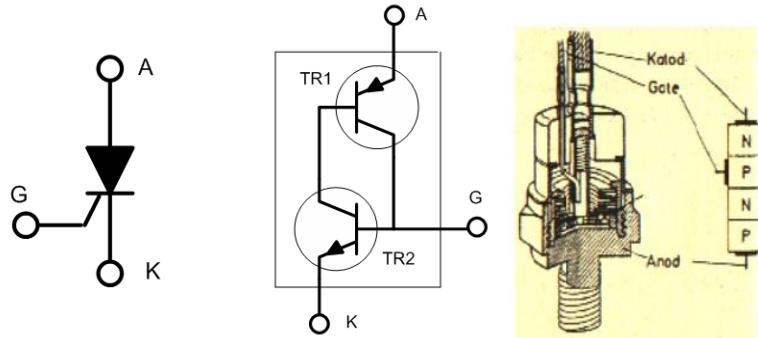
ARAŞTIRMA

- Tristör ve UJT anahtarlama - tetikleme elemanlarının kullanım alanlarını araştırınız.
- Yaptığınız araştırmalara ait sonuçları rapor haline getiriniz ve sınıf ortamında sununuz.

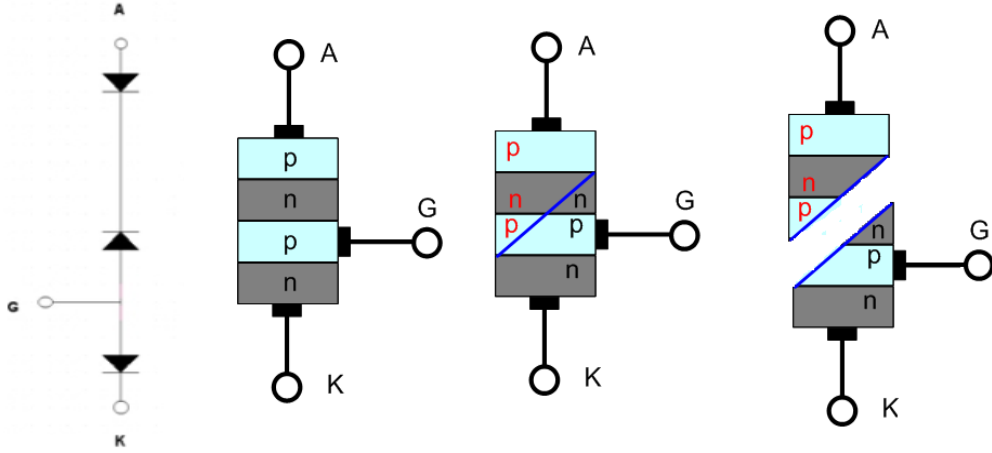
2. TRİSTÖRLER (SCR)

2.1. Tristörün Yapısı, Özellikleri ve Çalışması

Tristörler: Anot, katot, gejt adı verilen üç ayaklı, iç yapısında PNPN olarak dört yarı iletken tabakadan oluşmaktadır. Tristörler hem DC hem de AC akım ve gerilimlerde çalışır. Elektrik-elektronikte “Güç Kontrolü” işlemlerinde kullanılırlar.

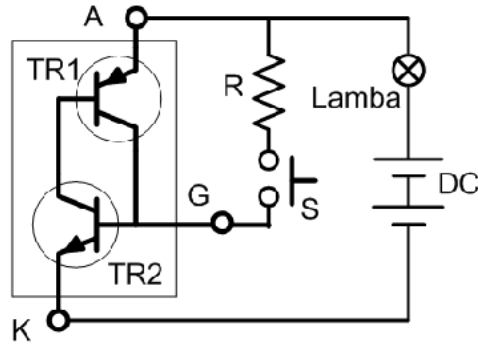


Şekil 2.1: Tristörün sembolü ve transistör eşleniği



Şekil 2.2: Tristörün madde yapısı

Tristör PNPN tipi maddelerin yan yana getirilmesiyle meydana getirilmiştir. Değişik kılıf şekillerinde anot ve katot uçları gejt ucuna göre daha kalın imal edilir. Gejt ucunun bağlı olduğu maddeye göre N kapılı ya da P kapılı olarak ikiye ayrılır. Uygulamada daha çok P kapılı olanları kullanılır. Bu nedenle P kapılı tristörler daha çok üretilir. Tristör, küçük bir gejt (kapı) akımıyla büyük akımların kontrolünü yapabilen yarı iletken sessiz bir anahtarlama devre elemanıdır. Anoduna (+), katoduna (-) gerilim verildiğinde hemen çalışmaz. Anot katot arasını iletme geçirebilmek için katoda göre gejte (+) gerilim vermek gerekir. DC gerilimde, tristör iletken olduktan sonra gejt tetikleme gerilimini keseniz dahi tristör çalışmaya devam eder. Ancak bu olay AC gerilimde çalışılırken gejt tetikleme gerilimi kesildiğinde tristörün iletkenliği kaybolur ve yalıtkan hale geçer.

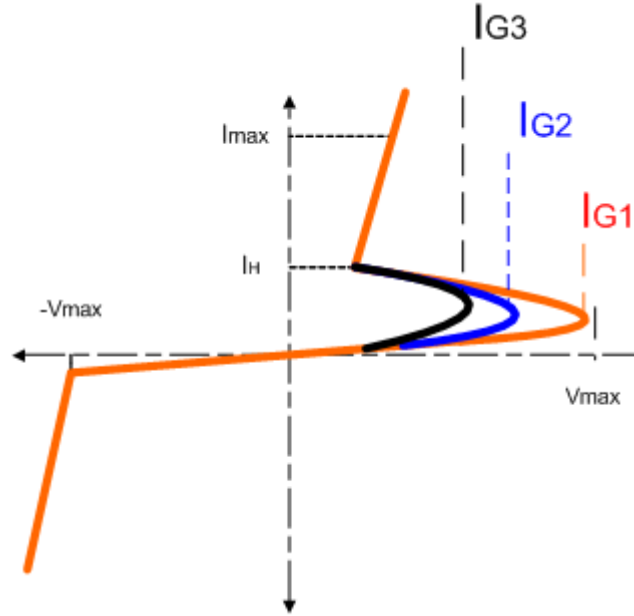


Şekil 1.2: Tristörün çalışma devresi

Şekil 2. 2'deki devrede S anahtarına basıldığında TR2 transistörünün beyzine (+) gerilim uygulandığı için TR2 iletken olur. İletken olan TR2'nin emiteri üzerinden TR1'in beyzine negatif gerilim uygulandığı için TR1 de iletken olur. İletken olan TR1'in emiteri ve kolektörü üzerinden TR2'nin beyzine pozitif gerilim uygulandığından bu durum TR2'yi iletimde tutar. İki transistör birbirlerine doyuma götürerek tristörün anot katot arasından akım geçişine izin verir.

Şekil 2.3'deki karakteristik eğrisinde görüldüğü gibi anot katot arasındaki gerilim değeri (+) V_{max} değerine kadar arttırılırsa Tristör geytinden tetiklenmeden ilettime geçer. Anot katot arasındaki gerilim (-) V_{max} değerine ulaştığında tristör üzerinden ters yönde maksimum akım geçeceği için tristör yırtılır. Tristörün geytine uygulanan akım miktarı arttıkça anot katot arasına uygulanan gerilim değeri küçük olsa da tristör ilettime geçer.

$$I_{G3} > I_{G2} > I_{G1}$$



Şekil 2.3: Tristörün karakteristik eğrisi

Tristörlerde yük, anot veya katot uçlarına bağlanır. Anahtarlama işlemini yaptıracak düşük tetikleme akımı ise geyt ucuna uygulanır.

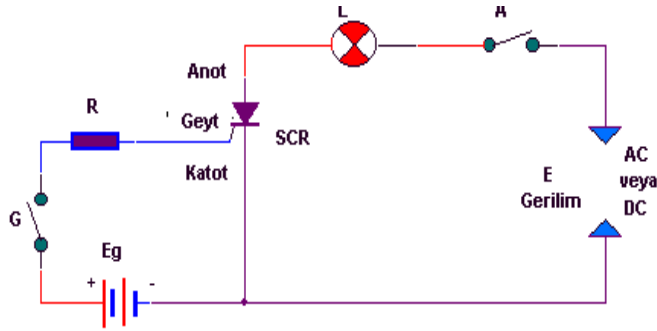
Geyt tetikleme akımı uygulanmadığında anot-katot arası direnci çok yüksektir. anot-katot arasından yük akımı geçemez. Bu durumda tristör “**yalıtkandır**” ifadesini kullanırız.

Geyt tetikleme akımı uygulandığında anot-katot arası direnci çok düşüktür. anot-katot arasından yük akımı geçer. Bu durumda tristör “**iletkendir**” ifadesini kullanırız.

2.2. Tristör Tetikleme Yöntemleri

- Ayrı bir DC üreticiden tetikleme akımı sağlama
- Ana besleme kaynağından tetikleme akımı sağlama
- İzolasyon trafosuyla tetikleme
- Optokuplör ile tristörün tetiklenmesi
- Tristörün anot-katot arasına yüksek gerilim uygulamak ile tetikleme
- Yüksek sıcaklık ile tetikleme

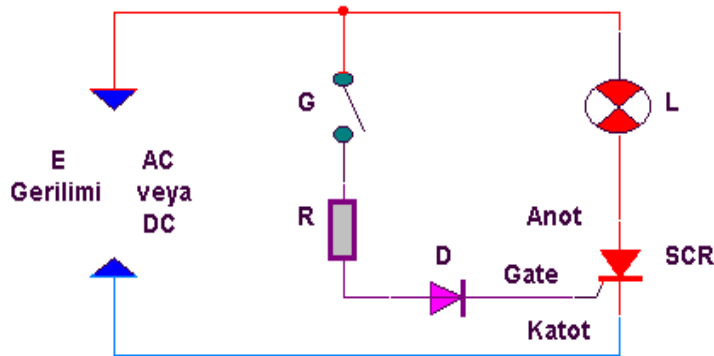
2.2.1. Ayrı Bir DC Üreticiden Tetikleme Akımı Sağlama



Şekil 2.4: Tristör sürme devresi

Yukarıdaki devreyi inceleyiniz. Lamba tristörün anotuna bağlıdır. Devrenin şu haliyle lambayı çalıştırıp ışık vermesi mümkün mü? sorusuna cevabınız tabii ki hayır olacaktır. Peki, devam ederek A anahtarı kapatılırsa, lamba çalışır mı? sorusuna da cevabınız hayır olacaktır. Çünkü geyt tetikleme akımı almamıştır. A anahtarının kapalı durumu devam etsin. G anahtarı kapatılıp açılırsa; yani geyt gerilimi bir anlık uygulanırsa, lambanın ışık vermesi gerekir.

2.2.2. Ana Besleme Kaynağından Tetikleme Akımı Sağlama



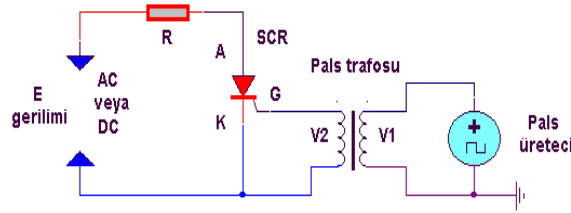
Şekil 2.5: Ana besleme kaynağından anahtarlanan tristör sürme devresi

Yukarıdaki devreyi inceleyiniz. Bir önceki devreyle karşılaştırma yapınız. Geyt gerilimi ile anot geriliminin aynı kaynaktan sağlandığına dikkat ediniz. Devrenin gerilimi

AC veya DC olabilir. G butonunu kapatırsanız, lambanın ışık vermesi kaçınılmaz olacak. Çünkü tristör tetiklenerek katot, anot ve lamba üzerinden yük akımı akıtacaktır. Burada da eğer G anahtarı, kapatılıp açıldığında lamba sürekli ışık vermeye devam ediyorsa, uygulanan gerilim DC gerilimdir, sözü gerçek olur.

Devrede D diyotu, E gerilimi AC gerilimse, bu gerilimin pozitif alternansları diyot tarafından geçirilerek tristörün tetiklenmesini sağlayacaktır. Bilmelisiniz ki tristörler pozitif gerilimle tetiklenir.

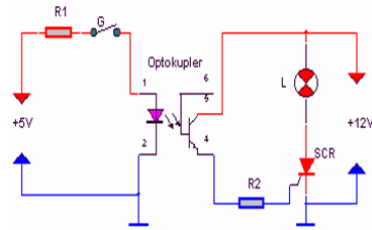
2.2.3. İzolasyon Trafosuyla Tetikleme



Şekil 2.6: Darbe trafosu ile tristör sürme devresi

“İzolasyon ne demektir?” sorusuna öncelikle cevap vermemiz gerekir. İzolasyon, iki devreyi birbirinden ayırmak demektir. Yukarıdaki devreye dikkat ederseniz, tristörle darbe üretici eleman arasında direkt bağlantı yoktur. Tetikleme akımını manyetik yolla darbe trafosu, tristörün geytine aktarıp sürülmesini sağlar.

2.2.4. Optoküplör ile Tristörün Tetiklenmesi



Kumanda (tetikleme) kısmı Yük kısmı

Şekil 2.7: Optoküplörlü tristör sürme devresi

Kumanda devresi ile yük devresi arasında direkt bağlantı yoktur. Anahtarlama bilgisi ışıkla taşınıyor. Çıkiştaki akım değışiklikleri ve olabilecek arızalar kumanda katlarını etkilemez.

Tetikleme işleminde optoküplörün (ışıkla bilgi aktarıcı) kullanımı ise, bir önceki devreyle yukarıdaki devrenin yapısını karşılaştırınız. Bu devrede de izolasyon işlemi yapılmış olduğunu görünüz. G anahtarı kapatıldığında optoküplörü enfraruj diyodu ışık yayar ve hemen karşısındaki fototransistörü sürer. İletime geçen fototransistörü tetikleyerek lambayı çalıştırır.

2.2.5. Tristörün Anot–Katot Arasına Yüksek Gerilim Uygulamak ile Tetikleme

Tristörün geýt ucu boşta iken, anot katot arası gerilimin artırılmasıyla iletim sağlanır. Tavsiye edilen bir uygulama değildir. Çünkü tristörlerin dayanma gerilimlerinden daha yüksek gerilim uygulamak sakıncalı olabilir.

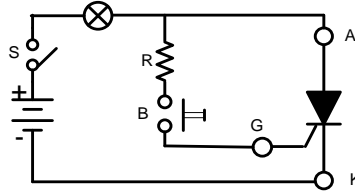
2.2.6. Yüksek Sıcaklık ile Tetikleme

Tristörün sıcaklığı artırılırsa, anot-katot arasının iletkenliği sağlanabilir. Uygulamada tercih edilmez.

2.3. Tristörü Durdurma (Kesime Sokma) Yöntemleri

- Seri anahtarla durdurma
- Paralel anahtarla durdurma
- Kapasitif durdurma
- Rezonans durdurma
- Alternatif akımda durdurma

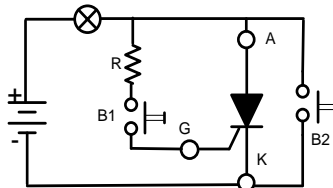
2.3.1. Seri Anahtarla Durdurma



Şekil 2.8: Tristörü seri anahtarla durdurma

Şekil 2.8’de Tristörü yalıtıma götürmek için yüke ve tristöre seri bağlı S anahtarı açılarak anot ve katot uçlarındaki gerilim kesilir. Sık açma kapama yapılmayan küçük bir gerilimle kumanda edilebilen devrelerde kullanılır. Uygulamada sık kullanılmaz.

2.3.2. Paralel Anahtarla Durdurma



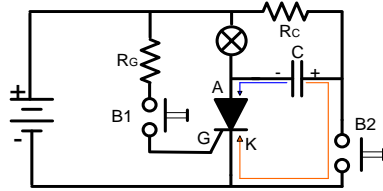
Şekil 2.9: Tristörü paralel anahtarla durdurma

Şekil 2.9’da yük üzerinden geçen akım B2 anahtarı üzerinden bir süre geçirilerek tristörün anot katot gerilimi kesilir. Böylece tristör yalıtıma götürülür. B2 butonuna bir süre basmak gerekir. Butondan elimizi çektiğimizde tristör yalıtıma geçer tekrar ilettime geçirmek için B1 butonuna basmak gerekir. Bu sistemde, görüldüğü gibi çok kullanışlı bir sistem

değildir. B2 butonunun akım ve gerilim değerleri en az tristörün değerleri kadar olmalıdır. Aklınıza şu sorular gelebilir:

Seri anahtar ve paralel anahtarla durdurma sistemlerinde Tristör değerlerine sahip anahtarlar kullanılması zorunlu ise niye tristör kullanılıyor? Yukarıda değindiğimiz gibi seri ve paralel anahtarla durdurma işlemi sık kullanılan durdurma sistemlerinden biri değildir.

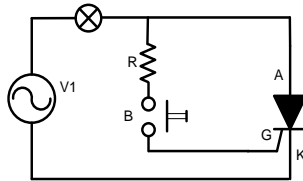
2.3.3. Kapasitif Anahtarla Durdurma



Şekil 2.10: Tristörü kapasitif anahtarla durdurma

Şekil 2.10'da görüldüğü gibi B1 butonuna basıldığında tristör iletme giderek lambanın yanmasını sağlar. Aynı anda Rc direnci üzerinden C kondansatörü şarj olur. Tristörü yalıtıma geçirmek istediğimizde B2 butonuna basarsak C kondansatörü tristörün anot katot uçlarına ters polarma vereceği için tristör kısa sürede yalıtıma geçer. Bu sistem uygulamada en çok kullanılan sistemdir.

2.3.4. Alternatif Akımda Durdurma



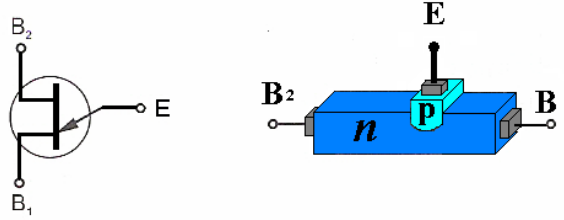
Şekil 2.11: Tristörü AC akımda durdurma

Şekil 2. 11'de B butonuna bastığımızda tristör pozitif alternasta iletme geçer, lamba yanar ancak negatif alternasta kendiliğinden yalıtıma geçer. Tristörün devamlı iletimde kalabilmesi için B anahtarının devamlı kapalı durması gerekir. B anahtarı devamlı kapalı durumda kalsa bile tristör, AC akımın pozitif alternaslarında iletimde, negatif alternaslarında yalıtımda kalır ve lamba normal AC akımda yandığı gibi parlak yanmaz. Biz tristörün bu özelliğini lamba karartma devrelerinde yarım dalga yük kontrollerinde kullanabiliriz.

Yukarıda öğrendiğimiz gibi tristörle çok büyük yükleri devreye almak oldukça kolay olmasına karşın, aynı yükleri devreden çıkarmak oldukça zordur. Başka bir deyişle tristör geytine uygulanan oldukça küçük doğru polarmalı bir gerilimle de iletme geçirilebilir, ancak geytine uygulanan gerilim kaldırılrsa da yalıtıma geçirilemez. Yalıtıma geçirmek için yukarıda da açıklandığı gibi karmaşık ve maliyet açısından büyük sistemler kullanmak gerekir.

İşte tristörün bu eksikliğini gideren iletme geçirmediği kolaylığı yalıtıma götürürken de sağlayabilen elemanlara ihtiyaç duyulmuş ve üretici firmalar GTO adını verdiğimiz yeni bir eleman üretmişlerdir.

2.4. UJT'ler



Şekil 2.12: UJT sembolü ve iç yapısı

UJT üç uçlu bir elemandır. Temel yapısı şekil 2.12'deki gibi hafif katkılanmış (direnç karakteristiği yükseltilmiş), kalınca bir dilim n tipi silisyum malzemesi üzerinde p malzemesi oluşturularak elde edilir (Difüzyon yöntemi ile transistör üretim tekniği). Yapısında tek p - n eklemi bulunmasından dolayı kendisine uni-junction (tek eklemli) denir. n malzemesinin iki ucu Beyz1 ve Beyz2 olarak adlandırılır. Bu özelliği dikkate alınarak UJT'ye çift beyzli diyot da denir. Sembolündeki emitör ucunun eğimli olması UJT'yi FET'ten ayıran özelliğidir.

Yapısında tek bir P- N jonksiyonu bulunduğu için dilimize tek bileşimli transistör olarak çevrilen

“ Uni – Jonksiyon – Transistör” kelimelerinin baş harflerini kullanarak “UJT” adını almıştır.

İçinde; RB2 olarak adlandırılan sabit değerli direnç, RB1 olarak adlandırılan değeri değişebilen ikinci bir direnç ve bir Diyot bulunur. B1 – B2 uçlarındaki direnç değeri 5K Ω -10 K Ω arasında değişir.

➤ UJT'lerin genel özellikleri

- h ; sıcaklık değişimlerine karşı oldukça kararlıdır -50 derece ile +125 c arasında karakteristiğindeki farklılaşma %10'dan küçüktür.
- Sıcaklık attıkça h azalır, fakat R_{BB} artar.
- Aynı tip UJT'ler arasındaki sıcaklık kararlılığı iyi değildir. h %30 veya daha fazla olabilir.
- h ; 0,5 ile 0,8 arasındadır.

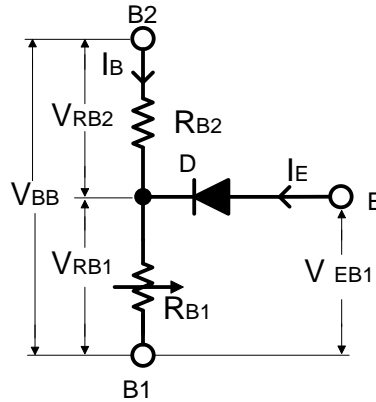
2.4.1. Çalışma İlkesi ve Kullanıldığı Yerler

UJT'nin iletken olabilmesi için E-B1 uçlarının doğru, E-B2 uçlarının ters polarize edilmesi gerekir. E ucuna (+) B1 ucuna (-) B2 ucuna (+) gerilim uyguladığımızda B2 ucundan B1 ucuna doğru geçen IB akımı RB2 direnci üzerinde VRB2; RB1 direnci üzerinde

de V_{RB1} gerilim düşümlerini oluşturur. Emiter ve B1 uçları uygulanan gerilime de V_{EB1} adı verilir.

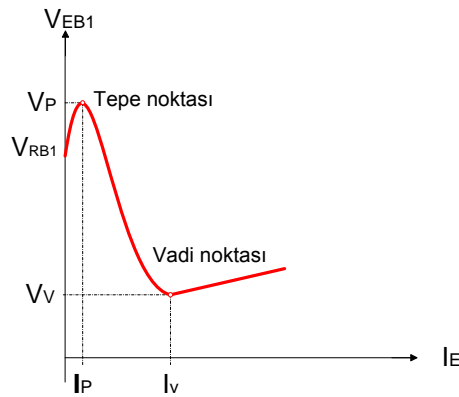
UJT'nin iletimde ya da yalıtımda olması V_{RB1} V_{EB1} arasındaki bağıntıya göre belirlenir.

- $V_{EB1} < V_{RB1}$ ise UJT yalıtıkandır.
- $V_{EB1} = V_{RB1}$ ise UJT yine yalıtıkandır.
- $V_{EB1} > V_{RB1}$ ise UJT iletken olur.



Şekil 2.13: UJT çalışma devresi

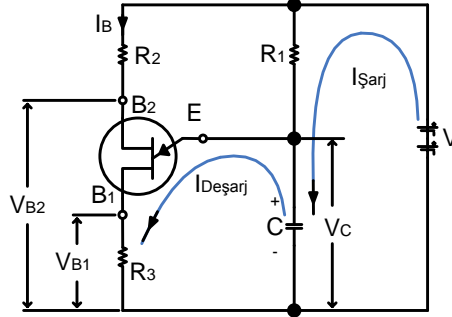
Bu durumda emiter ucundan B1 ucuna doğru I_E akımı geçer. V_{EB1} gerilimi VP tepe gerilimine ulaştığında I_E akımı UJT'yi iletime götürür. Bu durum UJT'nin yalıtım noktası olan VV vadi gerilimine kadar devam eder.



Şekil 2.14: UJT'nin karakteristik eğrisi

UJT'ler anahtar, pils jeneratörü, testere dişi jeneratörü olarak; çoğunlukla osilatör, zamanlayıcı devrelerinde; tristör, triyak gibi elektronik anahtarların tetiklenmesi işleminde kullanılır. UJT tetiklemeli tristörün yarım dalga yük kontrolü ve UJT tetiklemeli tristörün tam dalga yük kontrolü sıkça karşılaşacağınız uygulama devreleridir.

2.4.2. UJT Transistörlü Darbe Osilatörü Devresi



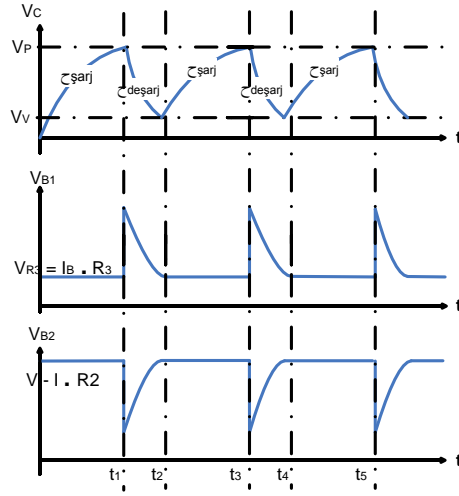
Şekil 2.15: UJT ile yapılan osilatör devresi

Osilatör devresine gerilim uygulandığında kondansatör R1 direnci üzerinden şarj olmaya başlar.

($\tau = R1 \cdot C$) şarj olmaya başlayan kondansatör uçlarındaki gerilimin değeri $t1$ anında V_P tepe değerine ulaştığında UJT'yi iletme sokar. Kondansatör UJT içerisinde bulunan RB1 direnci ve R3 dış devre direnci üzerinden $t1 - t2$ zaman dilimleri arasında deşarj olur ($\tau = (R1 + R3) \cdot C$).

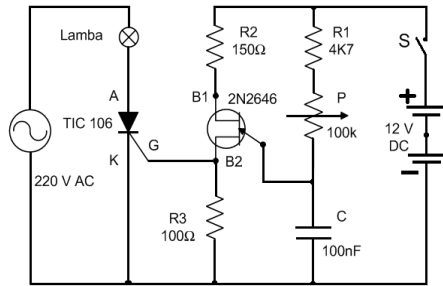
UJT iletken olduğunda kondansatör deşarj olacağı için kondansatör uçlarındaki gerilim V_v değerine kadar düşer, bu durumda UJT tekrar yalıtkan olur. UJT'nin tekrar iletken olması için emiter geriliminin tekrar V_P değerine ulaşması gerekir. UJT iletken olduğunda grafik üzerinde de görüldüğü gibi $B1$ ucundan pozitif darbe elde edilir. Bu darbe genellikle tristör ve triyak gibi elektronik elemanları tetiklemek için kullanılır.

UJT ile ilgili I_P , I_v , V_v ve τ gibi büyüklüklerin değerleri kataloglarda verilmiştir. Osilasyonun iyi olabilmesi için dış devre dirençlerinin ve uygulanması gereken gerilimin hesaplanarak uygun seçilmesi gerekir.



Şekil 2.16: UJT ile yapılan osilatör devresine ait dalga şekilleri

2.5. Tristörün Ujt ile Tetiklenmesi



Şekil 2.17: UJT ile tristör sürme devresi

Osilaskopta üstteki dalga şekli UJT'nin emiterindeki kondansatörün şarj-deşarj eğrisini, alttaki iğne şeklindeki darbeler ise UJT'nin B1 ayağındaki çıkış darbeleri olup tristörü tetikler. S anahtarı kapatılınca C1 kondansatörü şarj olmaya başlar. Bu şarj gerilimi UJT'nin iletim gerilimine ulaştığı an, UJT aniden iletme geçer. R3 üzerinde oluşan iğne şeklindeki darbeler tristörü tetikler. Tristör, AC 220 voltta çalışan lambayı çalıştırır. (P) potansiyometresi kondansatörün dolma, boşalma (şarj vedeşarj) süresini ayarlar. Buna bağlı olarak tristörün iletimde kalma süresi değişir, dolayısıyla lambanın parlaklığını ayarlamış olursunuz. Tetikleme olduğu sürece yük olarak kullanılan lamba etrafına ışık saçacaktır.

2.6. Tristörün AVO Metre ile Sağlamlık Kontrolü

AVO metrenin direnç konumunda yapılan ölçümlerde A – G her iki yönde de yüksek direnç ölçülmelidir.

K – G arası yapılan her iki yönlü ölçümde bir yönde yüksek diğer yönde düşük direnç ölçülmelidir. Düşük direnç okunduğu anda AVO metrenin kırmızı probunun dokunduğu uç geyt ucu, siyah probunun dokunduğu uç katot ucudur.

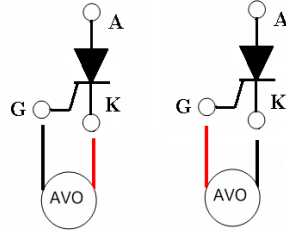
A – K arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç ölçülmelidir.

Tristörün üzerindeki yazıları okuyacak gibi bize çevirdiğimizde bacakları aşağıya gelecek şekilde sırasıyla;

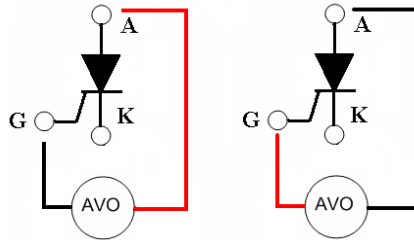
1. bacak =K; 2. bacak=A; 3.bacak=G (geyt) şeklindedir.

Soğutucu bağlanabilen kılıf şekillerinde soğutucuya temas edecek çıplak kısım anot ucu olarak da adlandırılır. Bu yüzden 220 voltla çalışmalarda tristörün bağlı olduğu soğutucuya dokunmak oldukça tehlikelidir.

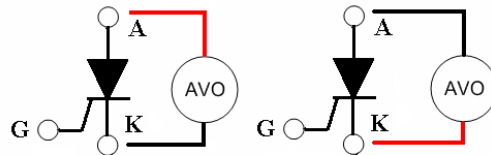
Dış görünüşleri aynı olan tristör ve triyağı birbirinden ayırt etmek için eleman uçları A1 - G arası iki yönlü ölçümde düşük direnç ölçülürse eleman triyağdır. Bir yönde düşük diğer yönde yüksek direnç ölçülürse eleman tristördür.



Şekil 2.18: (a) Geyt katot arası yapılan ölçümde bir yönde yüksek direnç diğer yönde düşük direnç okunmalı



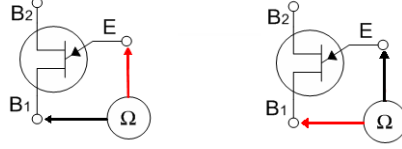
Şekil 2.18: (b) Geyt anot arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç okunmalı



Şekil 2.18: (c) anot katot arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç okunmalı

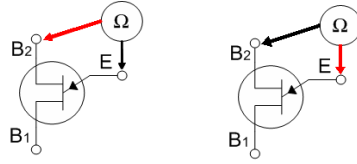
Şekil 2.18: Tristörün AVOMetreyle kontrolü

2.7. UJT'nin Sağlamlık Kontrolü ve Uçlarının Bulunması



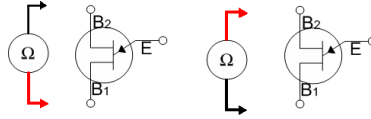
Şekil 2.19: (a) B1 Emiter ölçümü

AVO metrenin direnç konumunda, E - B1 arasında yapılan ölçümde bir yönde yüksek, diğer yönde düşük direnç ölçülür.



Şekil 2.19: (b) B2 Emiter ölçümü

AVO metrenin direnç konumunda, E - B2 arasında yapılan ölçümde bir yönde yüksek, diğer yönde düşük direnç ölçülür.



Şekil 2.19: (c) B1 B2 ölçümü

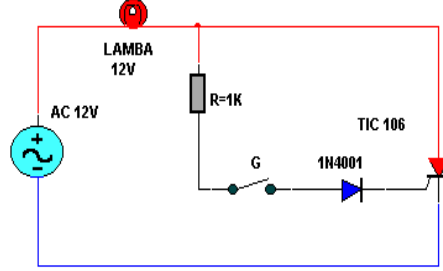
AVO metrenin direnç konumunda, B1 - B2 arasında yapılan ölçümde her iki yönde düşük direnç ölçülür (yaklaşık 5 – 10 K Ω).

UJT'nin uçları bulunurken öncelikle emiter ucu tesbit edilir. İkişerli ölçümlerde her iki yönde düşük direnç okunan grup **B1 – B2** uçlarıdır. Kalan diğer uç emiter ucudur. Emiter ucu bulunduktan sonra **E** ucuyla diğer iki uç arasında yapılan ölçümde daha büyük okunan uç **B1**, daha küçük ölçülen uç **B2** ucudur. Emiter ucuyla diğer **B1** ve **B2** uçlarının ölçümünde direnç okunduğu andaki AVO metrenin probunun kırmızı ucu sabit tutuluyorsa “**n**” kanal UJT, AVO metrenin siyah ucu sabit tutuluyorsa “**p**” kanal UJT demektir.

2.8. Tristörün AVO Metre ile Uçlarının Tespiti

AVO metrenin probalarını sırayla tristörün ayaklarına değdiriniz. Sadece iki ayak arasında bir yönde sapma olacaktır. Sapma olduğu anda siyah probun değdiği ayak geýt, diğeri ise katottur diyebilirsiniz. Geri kalan diğeri ayak ise anot olur.

2.9. Tristörün AC Akımda Çalıştırılması

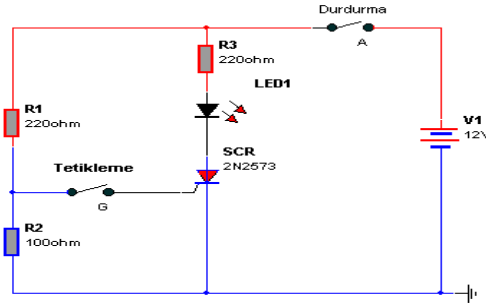


Şekil 1.20: AC’de tristör sürme devresi

Yukarıdaki devrede AC 12 Voltta çalışan bir lambanın tristörle çalıştırılabilmesi için G anahtarını kapatmanız gerekir. R direnci üzerinden gelen AC gerilimin pozitif alternansları D diyodu tarafından geçirilerek tristörün tetiklenmesini sağlayabilirsiniz.

Neden diyot kullanıldı? sorusuna cevap ararsanız, tristörlerin pozitif gerilimlerle tetiklendiğini hatırlamanız yeterli olacaktır. Burada tetikleme akımı, direnç, anahtar, diyot üzerinden geçerken, yük akımı ise lamba, tristör ve AC kaynak üzerinden geçecektir.

2.10. Tristörün DC Akımda Çalıştırılması



Şekil 1.21: DC’de tristör sürme devresi

Yukarıdaki devrede, tristör DC 12 Volt ile beslenmekte ve yük olarak LED diyot kullanılmaktadır.

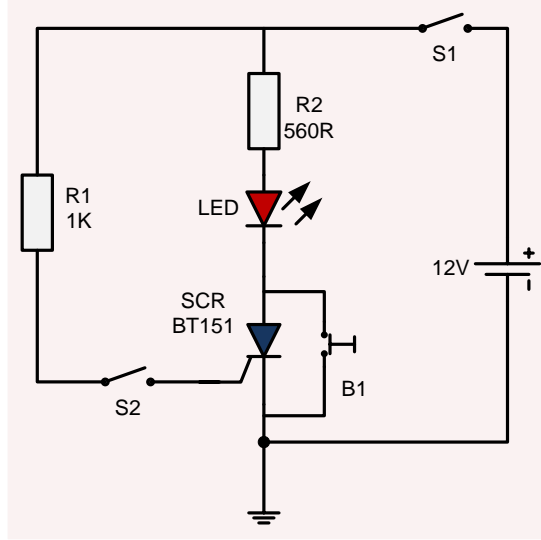
Tetikleme gerilimi, R1 ve R2 gerilim bölücü dirençlerle sağlanmıştır. G anahtarını bir kez kapatıp açmanız yeterli olacaktır. Tristör tetiklenecek, LED etrafına ışık verecektir. Ancak A anahtarının kapalı olması koşulunu unutmayınız. LED’in ışık vermesini istemediğinizde ise A anahtarını açmanız ve tristörü kesime getirmeniz yeterli olacaktır.

2.11. Tristörlü Devrelerde Arıza Giderme

- Tristörlü devrelerde aşağıda belirtilen arızalar meydana gelebilir.
- Tristörün geyt tetiklemesi alamaması
- Tristörü tetikleyecek devre elamanın arızalı olması

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulama faaliyetini işlem basamaklarına göre yaparak sonucunu yorumlayınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekildeki devreyi kurunuz.	➤ Devredeki malzemeleri bağlamadan önce sağlamlık kontrolünü yapınız.
➤ Gerilim kaynağını devreye bağlayınız.	➤ Enerji vermeden devreyi kontrol ediniz.
➤ S1 ve S2 anahtarını kapatınız.	➤ Ledin durumunu gözlemleyiniz.
➤ S2 anahtarını açınız.	➤ Ledin durumunu gözlemleyiniz.
➤ S1 anahtarını açınız.	➤ Ledin durumunu gözlemleyiniz.
➤ S1 ve S2 anahtarını kapatınız.	➤ Ledin durumunu gözlemleyiniz.
➤ B1 butonuna basınız.	➤ Ledin durumunu gözlemleyiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Tristörü tetikleme yöntemlerini bilip devrelerini kurdunuz mu?		
2. Tristörü durdurma yöntemlerini bilip devrelerini kurdunuz mu?		
3. Devrenin giriş ve çıkış gerilimlerini ölçtünüz mü?		
4. Elemanların sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
5. UJT ile tristörü tetikleyebildiniz mi?		
6. Tristörü AC akımda tetikleyebildiniz mi?		
7. Tristörü DC akımda tetikleyebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Tristör, küçük akımla.....kontrol edebilir.
2. Tristörünuçları bulunur.
3. Tristörde.....ucu tetikleme ucudur.
4. Tristörde yükarasından geçer.
5. Tristör tetiklendiğinde,sürekliiletimdekalıyorsa tristör.....gerilimde çalıştırılıyordur.
6. İletimdeki tristörün anot gerilimi seri bir anahtarla kesilirse, tristör.....olur.
7. İletimdeki tristörün anoduna kapasitif yolla ters bir gerilim verilirse, tristör.....olur.
8. Tristör geyt ucu açık tutulup anot–katot arasına yüksek gerilim uygulanırsa.....olur.
9. Tristörü tekniğine uygun çalıştırırsanız, tristörü.....olursunuz.
10. Çok güçlü tristörleri kullanırken.....bağlanmalıdır.
11. AVO metrenin ohm kademesinde, sağlam bir tristörün anot-katot arası her iki yönde dedirenç göstermesi gerekir.
12. Tristörün AC akımda anoduna bağlı yükü (lambayı) sürekli çalıştırabilmesi için.....gerekir.
13. Tristörün anot–katot uçları arasına bağlanan paralel anahtara basılırsa.....olur.
14. İletimdeki bir tristörün, anot-katot iç direni çok.....olur.
15. UJT transistörü.....için kullanılır.
16. UJT ile.....tetiklenebilir.
17. UJT'nin çıkış darbeleri.....şeklinindedir.
18. UJT'nin.....uçları bulunur.
19. UJT ile yapılan darbe osilatöründe, emiter ayağı.....için kullanılır.
20. UJT'li osilatörlesaydırılabilir.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

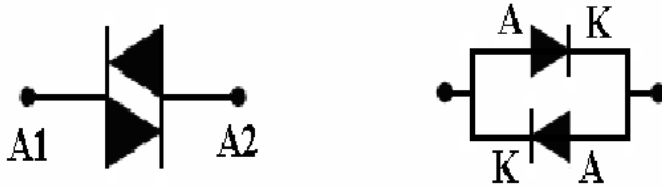
Diyakın yapısını, özelliklerini bilecek, istenen özellikte diyak seçebilecek ve darbe üretici devre uygulamasını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Diyakların özelliklerini, katalog bilgilerini, kullanım alanlarını araştırınız.
- Yaptığımız araştırmalara ait sonuçları rapor haline getiriniz ve sınıf ortamında sununuz.

3. DİYAK

3.1. Yapısı ve Çalışması

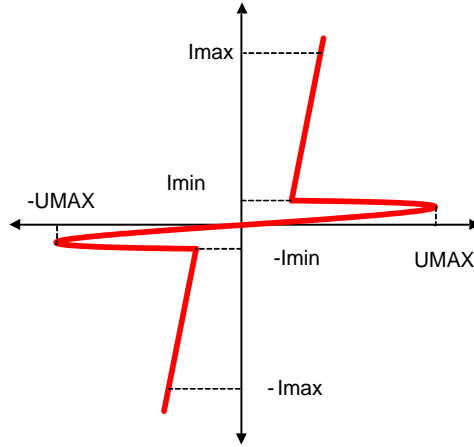


Şekil 3.1: Diyak sembolü ve diyak iç yapısı

Her iki yönde akım geçirecek şekilde iki adet pnpn diyodun birbirlerine ters yönlü olarak paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş tetikleme elemanıdır. Diyak çift yönde de aynı görevi gören bir zener diyot gibi çalışır.

Diyak'ın kırılma (geçirme) gerilimi 24 – 36 volt aralığındadır. Bu gerilimlerin altında diyak yalıtımdadır. Yani akım geçirmez. A1 A2 olarak adlandırılan uçlarının devreye bağlanma şekli önemli değildir. Her iki şekilde de bağlanabilir. Diyak üzerinden geçecek maksimum akım değeri $I_{max} = 2$ amper dolayındadır. Diyak üzerinden geçecek akım değeri I_{min} değerinin altına düştüğünde diyak yalıtıma geçer yani akım geçirmez.

Üzerinden sadece sızıntı akımı geçer. Üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin üstüne çıktığında ise diyak iletme geçer. Fakat iletme geçer geçmez. Diyak'ın uçlarındaki gerilimde bir düşüş görülür. Bu düşüş değeri diyak geriliminin yaklaşık %20'si kadardır. Diyak'ın üzerine uygulanan gerilim diyak geriliminin altına da düşse diyak yine de iletimde kalır. Fakat diyak'a uygulanan gerilim düşüş anından sonraki gerilim seviyesinin altına düşürüldüğünde diyak yalıtıma geçer. Diyak iki yöndeki uygulanan polarmalarda da aynı tepkiyi verecektir. Diyak'ın bu özellikleri alternatif akımda kullanılabilmesine olanak verir.



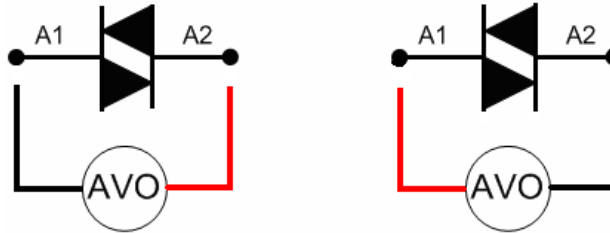
Şekil 3.2: Diyak'ın karakteristik eğrisi

- I_{max} = Diyak üzerinden geçirilebilecek maksimum akım
- I_{min} = Diyak'ı iletimde tutacak en az akım
- U_{max} = Diyak'ın iletime geçeceği (kırılma) gerilim
- U_{min} = Diyak'ın yalıtıma geçeceği gerilim sınırı

Diyaklar, darbe osilatörü olarak, tristör ve triyakların tetiklenmesi işlemlerinde kullanılır.

3.2. AVO Metre ile Sağlamlık Kontrolü

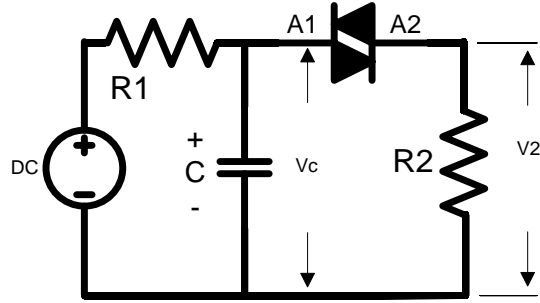
AVO metre ile diyak'ın sağlamlık kontrolünde, ölçü aletinin omaj kademesinde her iki yönde yapılan ölçümde yüksek direnç gösterir. Diyak arızalı ise her iki yönde de düşük direnç ölçülür. Güvenilir sağlamlık kontrolü ancak diyak devrede, iletimde ve yalıtımda iken yapılacak ölçümle ya da basit bir triyak tetikleme devresindeyken deneyerek yapılabilir.



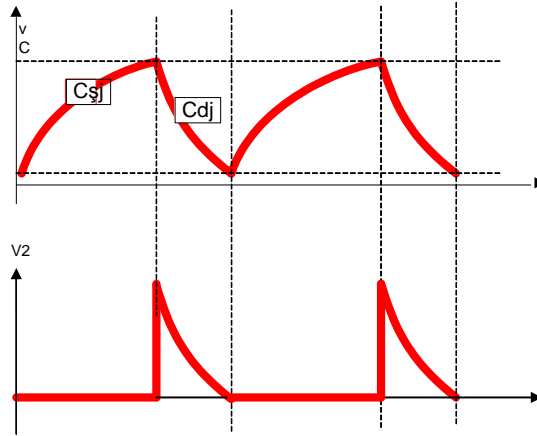
Şekil 3.3 Diyak'ın AVO metre ile kontrolü

Her iki yönlü ölçümde yüksek direnç okunmalıdır.

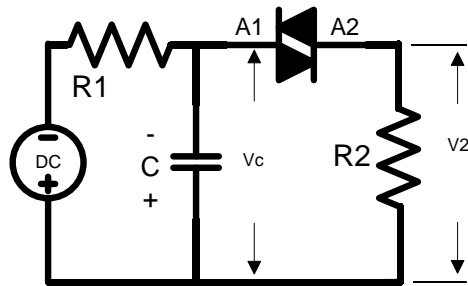
3.3. Diyaklı Pals Üretici Devre



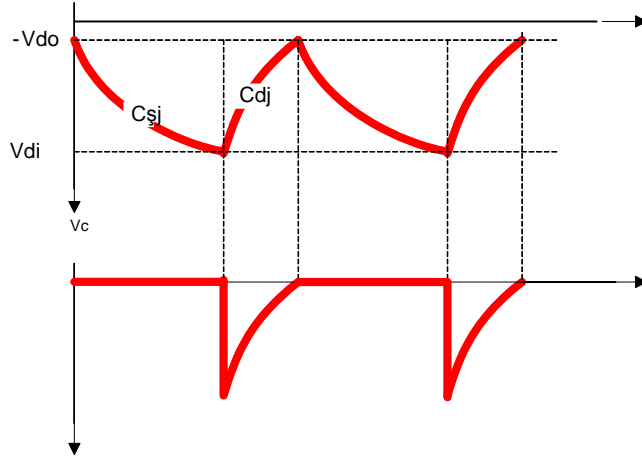
Şekil 3.4: Diyakla yapılan osilatör devresi kondansatörün şarj anı



Şekil 3.5: Diyak'ın DC akımdaki kondansatörün şarj anındaki dalga şekilleri



Şekil 3.6: Diyakla yapılan osilatör devresi kondansatörün deşarj anı



Şekil 3.7: Diyak'ın DC akımdaki kondansatörün deşarj anındaki dalga şekilleri

Şekil 3.4'te ve 3.6'da diyakla yapılan osilatör devresinde DC akımın kutbuna göre Diyak pozitif ve negatif darbeler meydana getirir. Devredeki kondansatör R1 direnci üzerinden şarj olur. Kondansatör uçlarındaki gerilimin değeri Diyak iletim gerilimine eşit olduğunda diyak iletime geçer ve kondansatörü R2 direnci üzerinden deşarj eder. Kondansatör üzerindeki gerilim değeri diyak iletim geriliminden küçük olduğu anda diyak yalıtıma geçer, bu şekilde pozitif ve negatif darbeler meydana gelir.

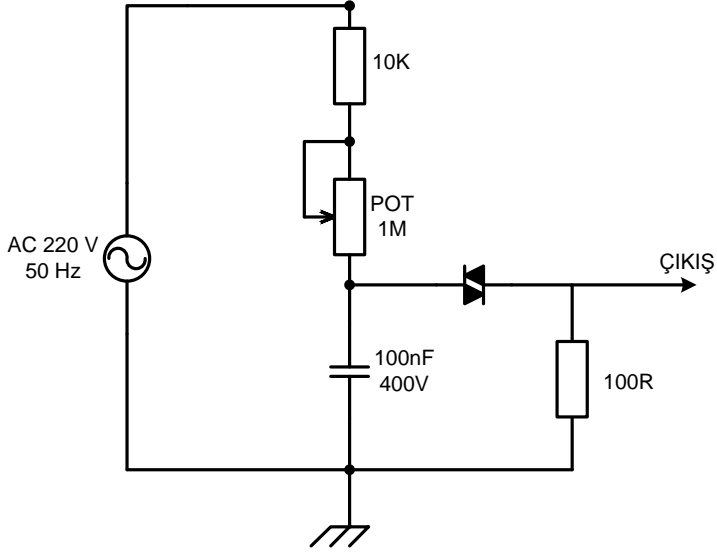
Yukarıda açıklandığı gibi diyak darbeler üretmek için tetikleme elemanı olarak kullanılan bir yarı iletkenidir.

3.4. Diyaklı Devrelerde Arıza Giderme

Diyaklı devrelerde diyak'ın kırılma (geçirme) gerilimi 24 – 36 volt aralığında olduğunda bu gerilimin sağlanması durumunda diyak iletime geçemeyecektir. Arıza halinde bu gerilimin ölçülmesi tavsiye edilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Diyaklı osilatör devresini yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Diyaklı pals osilatör devresini kurunuz.	➤ Malzemeleri ölçerek devreye bağlayınız.
➤ Devreye 220 volt 50 Hz lik şebeke gerilimi uygulayınız.	➤ Devrenin yalıtımının iyi olmasına dikkat ediniz.
➤ Çıkışa osilaskop bağlayıp çıkış sinyalini görünüz.	➤ Potansiyometrenin değerini minimum ve maximuma getirerek çıkış sinyalini gözlemleyiniz.
➤ Devrenin arızasını gideriniz.	➤ Arıza ararken önce şebeke gerilimini kesiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Diyak'ın çalışma prensibini öğrenebildiniz mi?		
2. Elemanların sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
3. Diyaklı darbe osilatörünü yaptınız mı?		
4. Osilaskopta dalga şekillerini osilakopla ölçebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

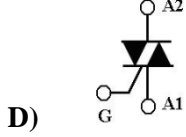
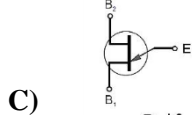
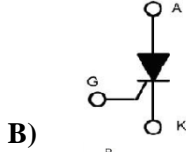
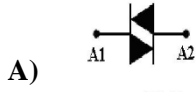
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Diyak kaç uçlu bir devre elemanıdır?
A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
2. Diyak kaç yönde akım geçirir?
A) 1
B) 2
C) 3
D) 4
3. Diyak hangi gerilim değerlerinde ilettime geçer?
A) 2 ile
B) 5 ile 10
C) 10 ile 15
D) 20 ile 45
4. AVO metrenin Ohm (Ω) kademesinde diyak uçlarında ne kadarlık bir direnç değeri ölçülür?
A) 10 Ω
B) 1K Ω
C) 80K Ω
D) 1.5M Ω
5. Diyak hangi elemanı tetikler?
A) Direnci
B) Transistörü
C) Tristörü
D) LED diyodu

6. Diyaka uygulanan gerilimi kırılma gerilimine kadar artırırsanız ne olur?
A) Diyak iletme geçer
B) Diyak delinir
C) Diyak yanar
D) Değişiklik olmaz.
7. Diyak uçlarındaki gerilim hangi gerilim değerinin altına düşerse yalıtkan olur?
A) 60V
B) 5V
C) 25V
D) 10V
8. Diyak sembolü aşağıdakilerden hangisidir?



DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Triyakın yapısını, özelliklerini, tetikleme yöntemlerini bilecek, analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, istenen özellikte triyak seçebilecek ve triyaklı uygulama devreleri yapabileceksiniz.

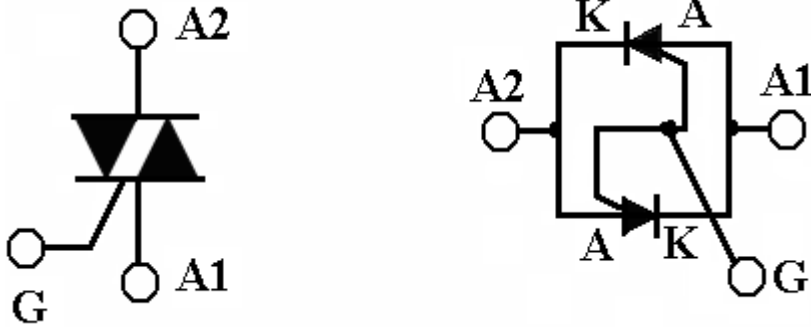
ARAŞTIRMA

- Triyakların nerelerde, niçin ve nasıl kullanıldıklarını araştırınız. Yaptığınız araştırmalara ait sonuçları rapor haline getiriniz ve sınıf ortamında sununuz.

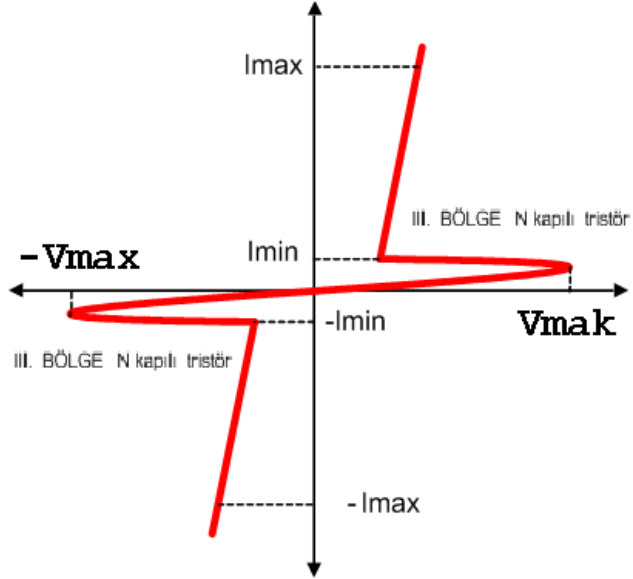
4. TRIYAK

4.1. Yapısı ve Çalışması

N kapılı ve P kapılı iki adet tristörün ters paralel bağlanmasıyla oluşturulmuş alternatif akımda her iki yönde akım geçiren yarı iletken anahtarlama elemanıdır.



Şekil 4.1: Triyak sembolü ve Triyak'ın iç yapısı



Şekil 4.2: Triyak'ın karakteristik eğrisi

4.1.1. Triyak'ın Çalışması

Triyak alternatif akımda çalışırken pozitif alternasta bir triyör negatif alternasta ise diğer triyör iletme geçer. İç yapısında da görüleceği gibi iki triyör birbirine ters olarak paralel bağlanmıştır. Böylece bağlantı noktaları anot - katot diye değil A2 - A1, kontrol ucu da geyt (G) olarak adlandırılmıştır.

Triyak'ın karakteristik eğrisinde görüldüğü gibi A1 – A2 uçlarına uygulanan gerilim V_{max} değerini aştığında triyak tetiklenmeden kendi kendine iletme geçer, fakat bu durumda triyak iş göremez hale gelir.

Triyak grafiğin I. ve III. bölgelerinde kararlı olarak çalışır bu bölgeler 1.ve 2. triyörün iletimde olduğu bölgelerdir. V_{max} gerilimi aşılmadığı sürece geyt ucundan bir tetikleme darbesi uygulanmadan triyak yalıtımdadır. Yani akım geçirmez. Geyt ucuna (eksi) ya da (artı) gerilim uygulandığında triyak iletme geçer ve üzerinden akım geçirir. Triyak üzerinden geçecek akım I_{max} ve I_{min} değerlerinin dışına çıkmamalıdır. I_{max} sınırı aşılsa triyak yırtılır yani iş göremez hale gelir. I_{min} altına düştüğünde ise triyak yalıtıma geçer.

Triyak DC akımda da kullanılabilir, DC akımda triyör gibi çalışır.

➤ Triyak'ın İletim Halleri

- 1. hal; I. bölge çalışması A2 (artı) A1 (eksi) G (artı) kararlı iletim
- 2. hal; III. bölge çalışması A2 (eksi) A1 (artı) G (artı) kararsız iletim
- 3. hal; I. bölge çalışması A2 (artı) A1 (eksi) G (eksi) kararsız iletim
- 4. hal; III. bölge çalışması A2 (eksi) A1 (artı) G (eksi) kararlı iletim

1. ve 3. hallerde A_2 ucuna uygulanan gerilimin yönü geyt ucuna uygulanan gerilimin yönüyle aynı olduğu için Triyak kararlı iletimdedir. Kararsız iletimin olduğu 2. ve 4. hallerde triyak'ın iletme geçebilmesi için geyte uygulanan gerilim diğer hallerde uygulanan gerilimden daha büyük olmalıdır.

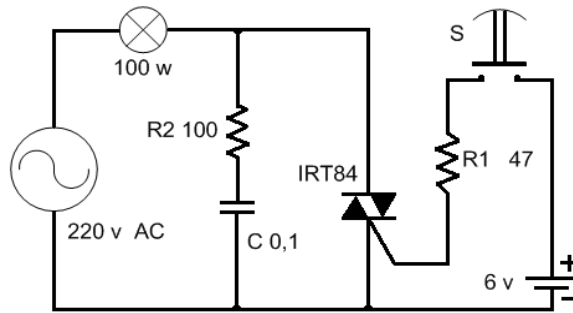
Alternatif akımda çalıştırılacak triyak'ın kararlı çalışma halinde olabilmesi için A_2 ucu ile geyt ucu aynı polariteden beslenmelidir.

4.2. Özellikleri

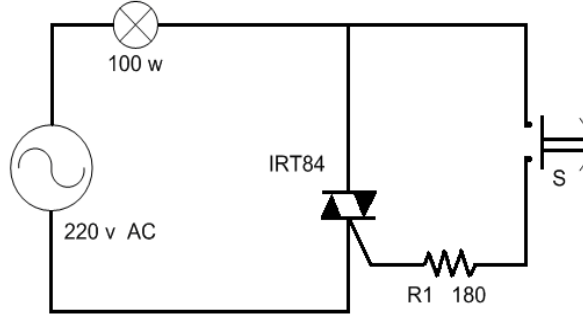
Triyaklar genellikle alternatif akım devrelerini kumanda etmede kullanılır. Yüksek akımları küçük akımlarla kontrol edebilir olması kullanım alanlarını artırmıştır. Ayrıca sessiz çalışması bakım gerektirmemesi problemsiz ve rölelere göre oldukça hızlı açma kapama yapması, açma kapama esnasında ark oluşmaması triyakları üstün kılan özellikleridir. Triyaklar, 220 volt altında 10 amper gibi yüksek bir akım geçirirken uçlarında bulunan gerilim 1,5 volt civarındadır. Bu anda triyak üzerindeki harcanan güç 15 wat dolayında iken yük üzerinde harcanan güç 2200 wattır. Triyaklar uygun şekilde soğutulurlarsa üzerlerinde harcanan güç kaybının oluşturacağı ısı dağıtılarak ömürlerinin uzun olması sağlanır.

Triyak ile AC akımların DC akımlarla da kontrolü sağlanabilir.

4.2.1. Triyak'ın Tetiklenme Şekilleri



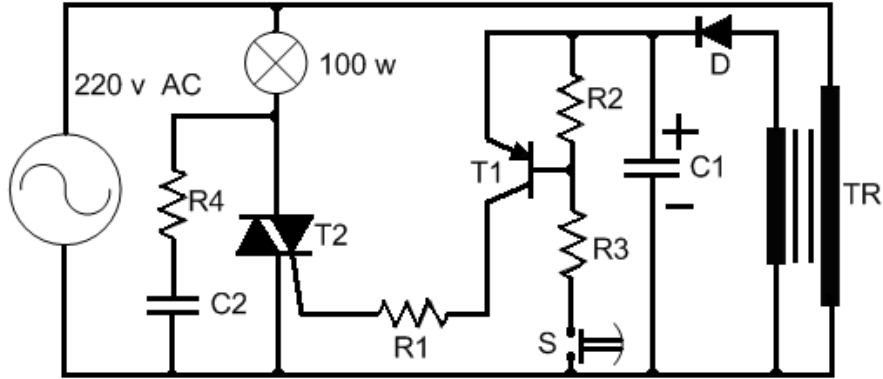
Şekil 4.3: DC akımla tetikleme



Şekil 4.4: AC akımla tetikleme

➤ **Devre Elemanları:**

$R1 = 68 \Omega$	$C1 = 1000 (30 v)$
$R2 = 10 K\Omega$	$C2 = 0,1 \mu F(400 v)$
$R3 = 3,3 K\Omega$	$T1 = 2N3702$
$R4 = 100 \Omega$	$T2 = IRT84$
$D = 1N4001$	



Şekil 4.5: AC akımda transistorle tetikleme

Açıklanan tetikleme yöntemlerinin dışında triyak, UJT – SBS – SUS - diyak gibi devre elemanları ile de tetiklenebilir.

4.3. Triyakın AVO Metre ile Sağlamlık Kontrolü

AVO metrenin direnç konumunda yapılan ölçümlerde A_1 - G arası çift yönlü tristör olduğu için her iki yönde de düşük direnç ölçülmelidir.

A_2 – G arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç ölçülmelidir

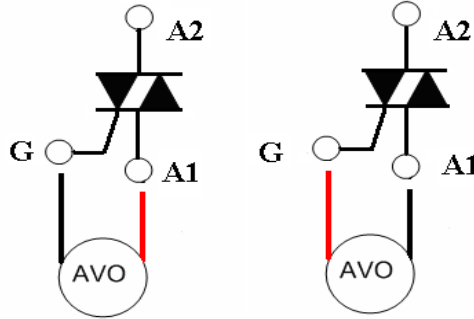
$A_1 - A_2$ arası yapılan her iki yönlü ölçümde yüksek direnç ölçülmelidir

$A_1 - A_2$ arası ölçüm yapılırken AVO metrenin uçlarından herhangi biri geyt ucuna dokundurulup çekildiğinde okunan direnç değeri düşüyorsa triyak iletme geçiyor demektir. AVO metrenin uçları değiştirilip işlem tekrarlandığında aynı şekilde direnç düşüyorsa triyak her iki tetikleme halinde de iletme geçtiği için sağlamdır.

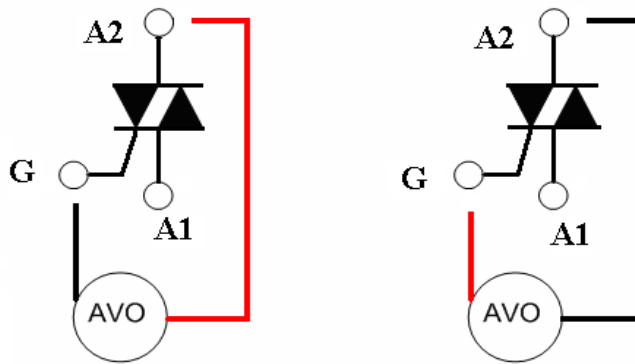
Yukarıdaki anlatılanlardan biri gerçekleşmezse ya da $A_1 - A_2$ arası düşük direnç değeri gösteriyorsa triyak arızalıdır.

Triyak'ın bacaklarını aşağıya, yazısını okuyacak şekilde bize çevirdiğimizde; soldan 1. bacak = A_1 ; 2. bacak = A_2 ; 3. bacak = geyt şeklindedir.

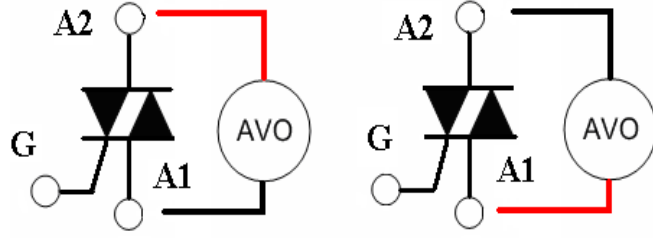
Dış görünüşleri aynı olan tristör ve triyak'ı birbirinden ayırt etmek için eleman uçları $A_1 - G$ arası yapılan iki yönlü ölçümde düşük direnç ölçülürse eleman triyak'tır. Bir yönde düşük diğer yönde yüksek direnç ölçülürse eleman tristördür.



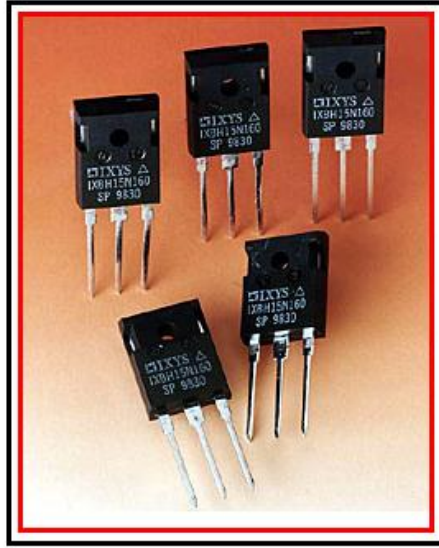
Şekil 4.5: (a) Geyt - A_1 arası ölçüm (Her iki yönlü ölçümde düşük direnç okunmalı)



Şekil 4.5: (b) Geyt - A_2 arası ölçüm (Her iki yönlü ölçümde yüksek direnç okunmalı)



Şekil 4.6: (c)A1 – A2 arası ölçüm (Her iki yönde yapılan ölçümde yüksek direnç okunmalı)



Resim 4.1: Triyak çeşitleri

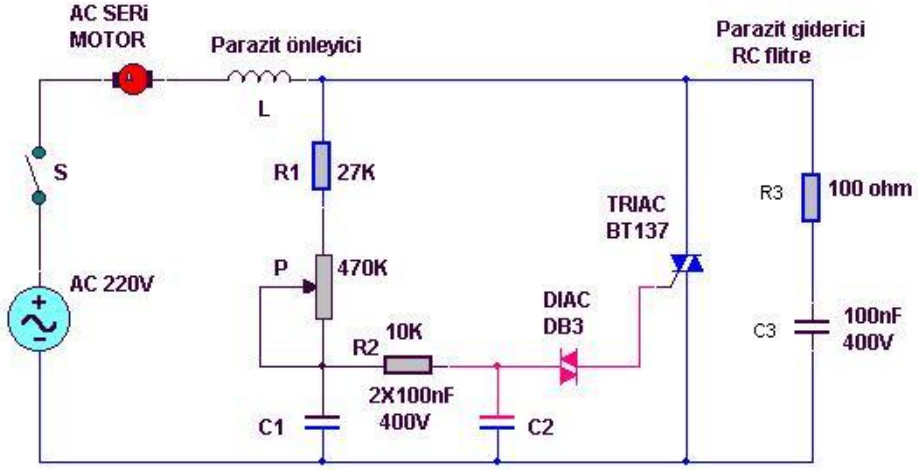
4.4. AVO Metre ile Triyakın Uçlarının Tespiti

Triyakların uçlarını tespit ederken ya AVO metre ile aşağıdaki gibi ölçerek ya da kataloglardan bakarak bulacaksınız.

AVO metrenin problarını sırayla triyakın ayaklarına değdiriniz, ölçü aletinde bir sapma görülünceye kadar işlemi sürdürünüz. İbre saptığında skalada ki direnç değerini okuyunuz. Probları ters çeviriniz, tekrar direnç değerini okuyunuz. Bu iki değer arasında çok küçük bir değer farkı vardır. Küçük direnç okunduğunda AVO metrenin siyah probunun bağlı olduğu uç G (Geyt), kırmızı probun bağlı bulunduğu uç ise A1 (Anot1) dir. Geri kalan diğer uç ise A2 (Anot2) dir.

4.5. AC Motor Hız Kontrol

Aşağıdaki devreyi board üzerine kurarak, motorun dönme hızını P potansiyometresiyle ayarlamaya çalışınız.



Şekil 4.7: AC Motor kontrol devresi

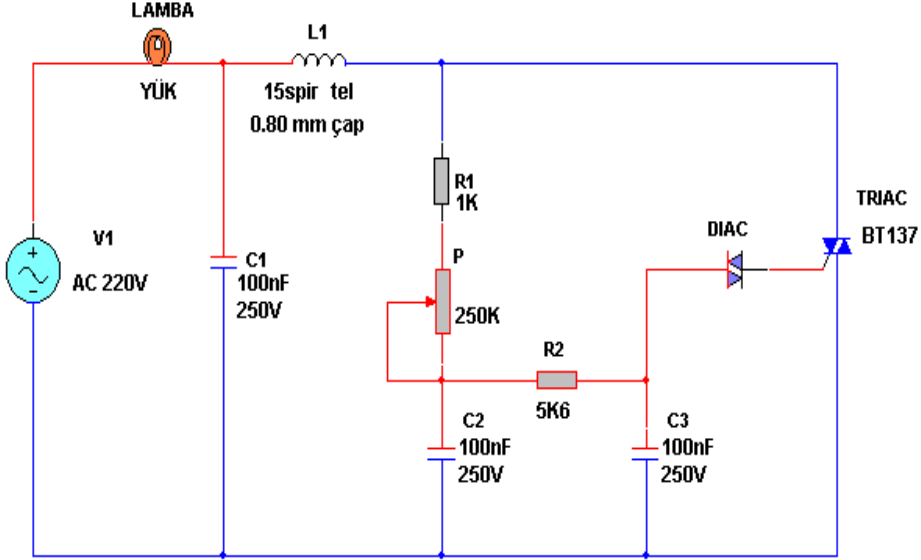
Yukarıdaki devreyle AC seri motorların devir ayarı yapılabilir.

Kondansatörün dolma zamanını potansiyometre ile değiştirebilirsiniz. Kondansatörün dolma zamanı değiştiğinden triyakın tetiklenme anı da değişir. Bu motordan geçen akımı ayarlayarak hızı değiştirir.

Triyakın parazit sinyallerden etkilenmemesi için iki adet filtre kullanılmıştır. Triyaka bağlı RC filtresi yüksek frekanslı sinyalleri kendi üzerinden geçirerek triyakın etkilenmesini engeller. Motora seri bağlanan bobin, yüksek frekanslı sinyalleri üzerinden geçirmeyerek bastırır. Motorun dönme hızı sizin elinizdedir.

4.6. Dimmer Devresi

Şimdi de lambanın parlaklığını dilediğiniz seviyede ayarlamaya çalışınız. Bunun için aşağıdaki devreyi kurmanız gerekecektir.



Şekil 4.8: Tetiklemeli dimmer devre şeması

Yukarıdaki devrede lambanın parlaklığı P potansiyometresiyle ayarlanabilir.

Potansiyometrenin değeri minimum iken kondansatör şarj olur. Kondansatör uçlarındaki gerilim, diyak ateşleme gerilimi değerine ulaştığı zaman diyak iletken olur ve kondansatör diyak üzerinden deşarj olur. Dolayısıyla triyak tetiklenerek lambanın en parlak şekilde yanması sağlanır. Potansiyometrenin değeri maksimum iken kondansatörün şarj olma süresi uzar. Dolayısıyla triyak tetiklenmediğinden lamba sönüktür.

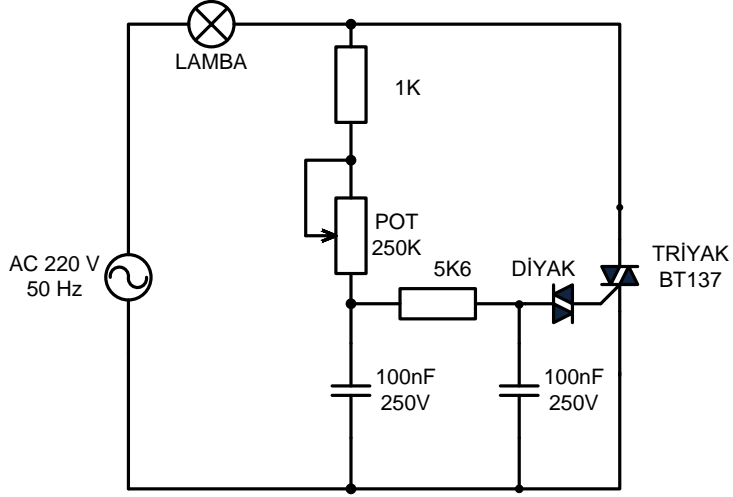
Devrede yük olarak lambadan başka, motor vb. amaçlar kullanılabilir. Triyak üzerinden geçen akım, tetikleme gerilimine bağlıdır.

4.7. Triyaklı devrelerde arıza giderme

Triyaklı devrelerde; triyakin geyt tetiklemesi yapılmaması ya da tetikleyen eleman arızalı ise çalışmayacaktır. Arıza halinde tetikleme kısmının ölçülerek devre takibinin yapılması tavsiye edilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

Triyaklı Dimmer devresini yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Triyaklı dimmer devresini kurunuz.	➤ Malzemeleri ölçerek devreye bağlayınız.
➤ Devreye 220 volt 50 Hz lik şebeke gerilimi uygulayınız.	➤ Devrenin yalıtımının iyi olmasına dikkat ediniz.
➤ Potansiyometreyi minimum pozisyonuna getiriniz. Lambanın durumunu gözlemleyiniz.	➤ Sonucu tabloya yazınız.
➤ Potansiyometreyi maximum pozisyonuna getiriniz. Lambanın durumunu gözlemleyiniz.	➤ Sonucu tabloya yazınız.
➤ Devrenin arızasını gideriniz.	➤ Arıza ararken önce şebeke gerilimini kesiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Triyak'ı DC'de tetikleyebildiniz mi?		
2. Triyak'ı AC'de tetikleyebildiniz mi?		
3. Triyak'ı AVO metre ile sağlamlık testini yapabildiniz mi?		
4. Triyak'ı AVO metre ile bacaklarını tespit edebildiniz mi?		
5. Elemanların sağlamlık kontrolünü yaptınız mı?		
6. Triyakla motor hızını değiştirebildiniz mi?		
7. Triyakla dimmer uygulamasını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Triyak,.....gerilimlerle kontrol edilebilir.
2. Triyakınuçları bulunur.
3. Triyakta..... ucu tetikleme ucudur.
4. Triyakta yük akımı arasından geçer.
5. Triyak tetiklendiğinde sürekli iletimde kalıyorsagerilimde çalıştırılıyordur.
6. Triyaklar.....yönde akım geçirir.
7. İletimdeki triyakın A2 ucuna bağlanan anahtarı açarsanız, triyak.....olur.
8. Triyak geyt ucu açık tutulup,A1–A2 arası direnç ölçülürse.....gözlenir.
9. Triyakı tekniğine uygun çalıştırırsanız, triyakı.....olursunuz.
10. Triyakları kullanırken.....bağlanmalıdır.
11. AVO metrenin ohm kademesinde, sağlam bir triyakın A1-G arası her iki yönde dedirenç göstermesi gerekir.
12. Triyakın AC akımda anoduna bağlı yükü (lambayı) sürekli çalıştırabilmesi için.....gerekir.
13. Triyaklı devrelerde yük genelde.....bağlanır.
14. İletimdeki bir triyakın, A1-A2 iç direnci çok.....olur.
15. Triyaklar, bir entegre çıkışına direkt.....
16. Triyaklar, bir transistör tarafından.....
17. Triyak tetiklenmediği halde, A2 üzerine bağlı yük sürekli çalışıyorsa triyak.....

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-5

AMAÇ

Kuadrakın yapısını, özelliklerini bilecek, analog ve dijital ölçü aletleriyle ölçümünü yapabilecek, istenen özellikte kuadrak seçebilecek ve AC akımda kuadraklı uygulama devreleri yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

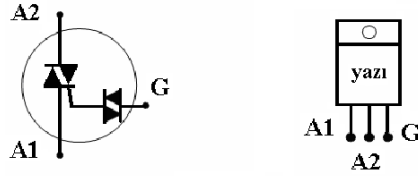
Kuadraklar nerelerde, niçin ve nasıl kullanılmış araştırınız.

- İşletmelerde, sanal ortamlarda, okullarda, binalarda ve bilgi toplayacağınız her yerde araştırma yapabilirsiniz.
- Topladığınız bilgileri rapor haline getiriniz.
- Hazırladığınız raporu sınıf ortamında sununuz.

5. KUADRAK

5.1. Yapısı ve Çalışması

Kuadrak, bir triyak ile bir diyak'ın tek bir yapı içinde beraber olarak üretilmesiyle meydana getirilmiştir. Triyak'ı tetikleyici eleman olarak genellikle diyak kullanıldığı için bu iki eleman yerine tek eleman olarak Kuadrak tasarlanmıştır. Triyak'ın kullanıldığı bütün devrelerde diyak kullanmadan tek eleman olarak Kuadrak kullanmak mümkündür.



Şekil 5.1: Kuadrak'ın sembolü ve yapısı

5.1.1. Kuadrak'ın Özellikleri

Kuadrak triyak'ın kullanıldığı devre tasarımlarında uygulama kolaylığı ve sadelik sağlar. Bunun dışında kuadrak'ın soğutucuyla soğutulması işleminde diyak'ın da soğuması sağlanmış olur. Böylece lehimleme işleminden ve olası eklem sorunlarından uzaklaşmış olunur.

5.1.2. Kuadrakın AVometre ile Sağlamlık Kontrolü

AVO metreyle yapılan sağlamlık kontrolünde üç uç arasında yapılan her iki yönlü ölçüm sonucu yüksek direnç ölçülür bunun nedeni triyak'ın geytine diyak eklenmiş olmasıdır.

5.1.3. LDR'li Karanlıkta Çalışan Lamba Devresi

Aşağıdaki devreye gerilim uygulandığında LDR'ye ışık düştüğü anda LDR' nin direnci düşeceği için akım R1, P ve LDR üzerinden devresini tamamlar, kondansatör uçlarında diyak'ı iletme götürecektir 30 voltluk gerilim oluşmadığı için diyak triyak'ı tetikleyemez ve lamba yanmaz.

➤ Devre elemanları:

R₁ = 47 Ω

P = 500 KΩ

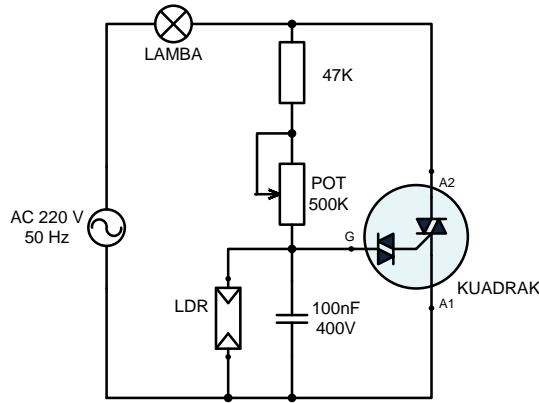
C = 0,1 μF 400 volt

Diyak = mcr 10

Triyak = TIC 216

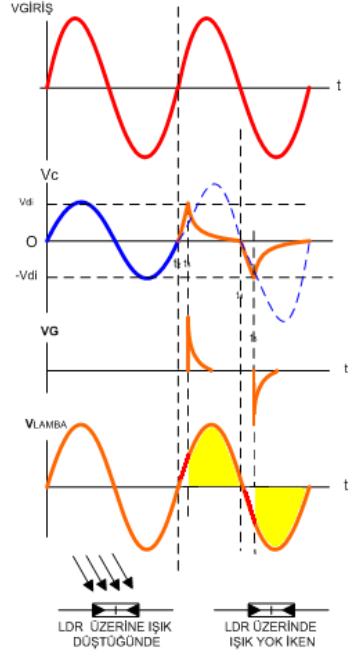
LDR - Lamba = 220 volt 100 wat

Güç kaynağı = 220 volt 50 Hz



Şekil 5.2: LDR kontrollü lamba karartma devresi

t2 anında LDR üzerine düşen ışığı engellediğimizde LDR'nin direnci yükselir ve akım R1, P ve C kondansatörü üzerinden devresini tamamlar. C kondansatörünün uçlarındaki gerilim, diyak'ı iletme geçirmeye yeter. İletime geçen diyak alternansın t3 anında pozitif darbe uygulayarak triyak'ı tetikler, triyak'ın iletme geçtiği anda lamba yanar. Bu durum alternansın sona erdiği t4 anına kadar sürer. t4 anında kondansatör negatif yönde sarj olmaya başlar. Kondansatörün uçlarındaki gerilim değeri 30 voltu aştığında diyak iletme geçer ve negatif darbe üreterek Triyak'ı tetikler ve Triyak iletme geçerek t6 anında alternansın sona ermesine kadar lambayı yakar. Devredeki pot ayarlanarak triyak'ın tetikleme açısı ve bu yolla da lambanın parlaklığı değiştirilebilir.



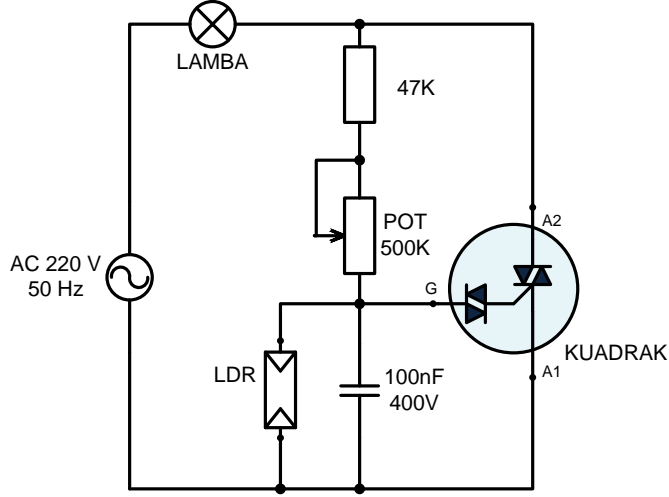
Şekil 5.3: LDR kontrollü dimmer dalga grafisi (sarı bölge lambanın yandığı an)

5.2. Kuadraklı Devrelerde Arıza Giderme

Kuadraklı devrelerde arıza halinde kuadrağın sağlamlık tespiti yapılması, eğer sağlamsa tetikleyen devre elemanının yada bağlantı noktalarının kontrol edilmesi tavsiye edilir.

UYGULAMA FAALİYETİ

LDR'li ışık kontrollü kuadrak uygulama devresini yapınız.



İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Kuadraklı devreyi kurunuz.	➤ Malzemeleri ölçerek devreye bağlayınız.
➤ Devreye 220 volt 50 Hz'lik şebeke gerilimi uygulayınız.	➤ Devrenin yalıtımının iyi olmasına dikkat ediniz.
➤ LDR'nin üzerini ışık almayacak şekilde kapatınız. Lambanın durumunu gözetleyiniz.	➤ Sonucu tabloya yazınız.
➤ LDR'nin üzerini ışık alacak şekilde açınız. Lambanın durumunu gözetleyiniz.	➤ Sonucu tabloya yazınız.
➤ Devrenin arızasını gideriniz.	➤ Arıza ararken önce şebeke gerilimini kesiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. Kuadrakın çalışma prensibini öğrenebildiniz mi?		
2. LDR'li Karanlıkta Çalışan Lamba uygulamasını yapabildiniz mi?		
3. Kuadrakın sağlamlık kontrolünü yapabildiniz mi?		
4. Montaj bitiminde, devrenizi kontrol ettiniz mi?		
5. Işıkla kontrol yapabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınızı “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

1. Kuadrak, gerilimlerle kontrol edilebilir.
2. Kuadrakın uçları bulunur.
3. Kuadraktaucu tetikleme ucudur.
4. Kuadrakta yük akımı arasından geçer.
5. Triyaklar yönde akım geçirirler.
6. İletimdeki kuadrakın A2 ucuna bağlanan anahtarı açarsanız, kuadrak olur.
7. Kuadrak geyt ucu açık tutulup A1–A2 arası direnç ölçülürse gözlenir.
8. Kuadrakı tekniğine uygun çalıştırırsanız, kuadrakıolursunuz.
9. Kuadrakları kullanırken bağlanmalıdır.
10. AVO metrenin ohm kademesinde, sağlam bir kuadrakın A1-G arası her iki yönde direnç göstermesi gerekir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Aşağıdakilerden hangisi anahtarlama elemanıdır?
A) Direnç
B) Diyot
C) Tristör
D) Foto pil
2. Tristörün tetikleme ucu aşağıdakilerden hangisidir?
A) Katot
B) Geyt
C) Anot
D) Emiter
3. Aşağıdakilerden hangisi UJT'nin ayaklarından biridir?
A) Emiter
B) Kollektör
C) Anot
D) Katot
4. Diyakları aşağıdaki hangi elemanı tetikler?
A) Role
B) UJT
C) Transistör
D) Triyak
5. Aşağıdakilerden hangisi tiryakın uçlarındanındır?
A) A2
B) Katot
C) Emiter
D) Beyz
6. Triyaklar hangi uçtan tetiklenir?
A) A1
B) A2
C) Katot
D) Geyt

Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.

7. Tristörlerde yük üzerine bağlanır.
8. Sağlam tristörde anot katot arası.....direnç ölçülür.
9. UJT transistör osilatörü olarak kullanılır.

10. Diyaklar yönde akım geçiren tetikleme elemanlarıdır.
11. Diyak ile yapılan darbe üretici çıkış dalga şekli görülebilir.
12. Diyaklar tetikleme elemanlarıdır.
13. Triyaklar yönde tetiklenebilir.
14. Kuadrak, triyaktan daha gerilimde tetiklenir.
15. Kuadrak içinde kullanılmıştır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Doğru
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Büyük Akımları
2	Anot-Katot-Geyt
3	Geyt
4	Anot-Katot
5	Dc
6	Yalıtkan
7	Yalıtkan
8	İletken
9	Korumuş
10	Soğutucu Üzerine
11	Yüksek
12	Sürekli Tetiklenmesi
13	Yalıtkan
14	Düşük
15	Darbe Üretmek
16	Tristör
17	İğne
18	E-B1-B2
19	Giriş
20	Sayıcı Devrelerinde Sayılar

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	B
2	B
3	D
4	D
5	C
6	A
7	C
8	A

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	AC ve DC
2	A1-A2 ve G
3	G
4	A1-A2
5	Dc
6	İki
7	Yalıtkan
8	Yüksek Direnç
9	Korumuş
10	Soğutucu Üzerine
11	Düşük Direnç
12	Sürekli Tetiklenmesi
13	A2
14	Düşük
15	Bağlanmaz
16	Sürülebilir
17	A1- A2 Arası Kısa Devre

ÖĞRENME FAALİYETİ-5'İN CEVAP ANAHTARI

1	AC ve DC
2	G-A1-A2
3	G
4	A1-A2
5	İki
6	Yalıtkan
7	Yüksek
8	Korumuş
9	Soğutucu Üzerine
10	Yüksek

MODÜL DEĞERLENDİRME CEVAP ANAHTARI

1	C
2	B
3	A
4	D
5	A
6	D
7	Anot
8	Sonsuz
9	Gevşemeli
10	İki
11	Osilaskop İle
12	Tristör Ve Triyak
13	İki Yönde (+ Ve -)
14	Yüksek
15	Diyak Ve Tiryak

KAYNAKÇA

- ÖZDEMİR Ali, **End. Elektronik Eğitim CD' leri.**
- ASLAN Muzaffer, **Elektronik Devre Uygulamaları, (1-2-3), 1999.**
- DUTAR Celal, **End. Elektronik, Özden Ofset, İzmir.**
- Tubitak **Popüler Bilim Kitapları, Haziran, 2000.**
- **Deney Ve Uygulamalar, Akçaabat ÇPL Elektronik bölümü.**
- TUNCAY Ersoy, **Endüstriyel Elektronik, Kocaeli, 2004.**
- GÜLGÜN Remzi, AKADUR Emre, **Özel Tristörler Y. Tek.Ü., İstanbul, 2000.**
- TÜRKMEN Yavuz, GENÇTAN Ceyhan, **Kumanda Devreleri -2**
- KARAYAZI Bülent, **İleri Kumanda Tekniği**