



T.C.
Gümüşhane Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü



Elektronik Laboratuvarı I
Deney 1. DİYOT KARAKTERİSTİKLERİ

1. GİRİŞ: DENEYİN AMACI

- (1) Her bir diyot tipinin karakteristiklerini anlamak.
- (2) Her bir diyot tipinin kendine özgü özelliklerini tanımak.
- (3) Çeşitli ölçü aletleri yardımıyla farklı türde diyotların karakteristiklerinin nasıl test edileceğini ve arızalı elemanların nasıl belirleneceğini öğrenmek.

2. TEORİK ALTYAPI

Diyot:

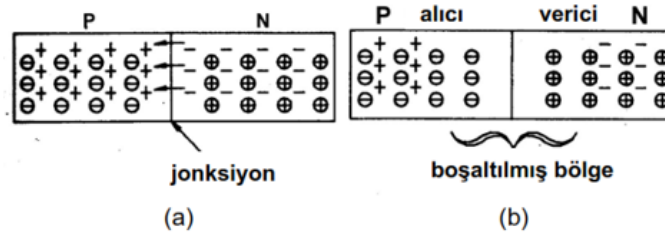
Kısaca ifade etmek gerekirse, diyot p-tipi ve n-tipi yarıiletkenlerin birleşiminden oluşur. p yada n-tipi yarıiletken parçalarının uygun kombinasyonu, farklı elektriksel karakteristikler ortaya çıkacak ve farklı fonksiyonlara sahip yarıiletken elemanlar elde edilecektir.

PN-Jonksiyon Diyodu:

a. Şekil 1.'de gösterildiği gibi, P-tipi bir yarıiletkenin, N-tipi yarıiletkenle birleştiğini kabul edelim. P-tipi yarıiletkende çok sayıda delik, N-tipi yarıiletkende ise çok sayıda elektron bulunduğu, P-N birleşimi durumunda, jonksiyona yakın olan elektronlar, jonksiyona yakın olan delikleri, Şekil 1.(a)'da gösterildiği gibi, doldurur. N-tipi yarıiletkenin jonksiyona yakın olan kısmı elektron kaybettiği için pozitif iyonla dönüşürken, P-tipi yarıiletken ise delik kaybettiği için negatif iyonla dönüşür (Şekil 1.(b)).

b. Böylece, jonksiyona yakın bölgede taşıyıcılar (elektronlar ya da delikler) azalırken, sadece pozitif ya da negatif yüklü iyonlar mevcut olur ve bu bölge boşaltılmış bölge olarak adlandırılır. Boşaltılmış bölgedeki pozitif yüklü iyonlar delikleri, negatif yüklü iyonlar da elektronları ittiği için, elektron ve delikler arasındaki bu birleşimin devam etmesi engellenmiş olur.

c. Boşaltılmış bölgedeki iyonların, elektron ve deliklerin jonksiyondan geçmesini engelleyen etkisi, engel (eşik) gerilimi olarak adlandırılır. Germanyum (Ge) için P-N jonksiyonundaki tipik engel gerilim değeri 0.2~0.3V, silisyum (Si) için P-N jonksiyonundaki tipik engel gerilimi ise 0.6~0.7V civarındadır.



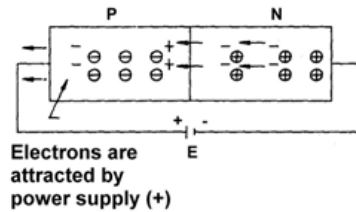
Şekil 1. PN-Jonksiyon diyodu

İleri Öngerilileme (bias):

a. Şekil 2.'de gösterildiği gibi, güç kaynağının artı ve eksi uçları sırasıyla P ve N'ye bağlanırsa, bu bağlantı "ileri öngerilileme" olarak adlandırılır.

b. Eğer ileri öngerililemede uygulanan gerilim, engel gerilimini aşmak için yeterliyse, elektronlar güç kaynağının artı ucu tarafından çekilirken, eksi ucu tarafından da itilirler. N-tipi yarıiletkenlerdeki elektronlar böylece P-N jonksiyonunu geçerek, deliklerle birleşmek için P-tipi yarıiletkene girerler. Harici güç kaynağı (E) tarafından üretilen elektronlarla birlikte, elektronların iyonizasyonu sonucu N-tipi yarıiletkende çok sayıda delik oluşur. Elektronlar, güç kaynağının (E) etkisiyle sürekli olarak, E'nin eksi ucundan artı ucuna doğru bir elektron akışı oluşturacak şekilde, hareket ederler. Bu elektron akış yönü, geleneksel elektrik akım yönüne göre terstir.

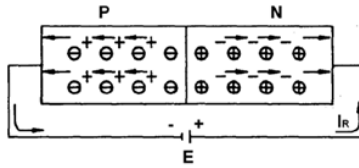
c. Diyodun P-N jonksiyonuna uygulanan ileri öngerilim, I_F ile gösterilen bir ileri yön akımı oluşturur. I_F 'nin değeri harici güç kaynağı (E) ile doğru orantılı ve diyodun iç direnci (r) ile ters orantılıdır.



Şekil 2. İleri öngerilileme

Tersine Öngerilimleme:

- a. Şekil 3.'de görüldüğü gibi, eğer güç kaynağının artı ve eksi uçları sırasıyla N ve P'ye bağlanırsa hem elektronlar hem de delikler E tarafından çekilirler ve jonksiyon bölgesinden uzaklaşırlar. Bunun sonucunda da boşaltılmış bölge genişler ve hiçbir elektron ya da delik jonksiyonu geçip birleşemez. Harici gerilimi bu şekilde uygulamak "tersine öngerilimleme" olarak adlandırılır.
- b. P-N jonksiyonuna ters öngerilim uygulandığında, ideal durumda ters yönde hiç akım akmaz. Fakat sıcaklık etkisinden dolayı, ısı enerjisi yarıiletkende azınlık elektron-delik çiftleri meydana getirir. P-N jonksiyonuna ters öngerilim uygulandığında; P-tipi yarıiletkendeki azınlık elektronları, N-tipi yarıiletkendeki azınlık taşıyıcıları olan deliklerle birleşebilmek için P-N jonksiyonunu geçebilirler. Pratikte PN jonksiyonuna ters öngerilim uygulandığında, çok küçük bir akım akar. Bu akım, kaçak akım veya ters doyma akımı olarak adlandırılır ve I_R veya I_S ile gösterilir.



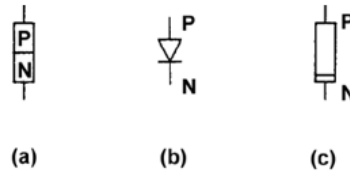
Şekil 3. Tersine öngerilimleme

Kırılma (Breakdown):

- a. İdeal PN-jonksiyon diyoduna ters öngerilim uygulandığı durumda, I_R akımı çok küçük olur. Ancak, uygulanan ters öngerilim çok yüksek olursa (nominal değerden daha yüksek), azınlık taşıyıcıları, çarpışma ve kovalent bağları koparma yoluyla, önemli miktarda elektron-delik çifti oluşturmaya yetecek enerjiye sahip olurlar. Bu yeni üretilen elektron ve delikler de, yüksek ters öngerilimden aldıkları enerjiyle diğer kovalent bağları koparırlar. Serbest elektronların hareketinin hızlanmasıyla, ters yönde akan akım önemli ölçüde artmış olur. Bu olay "kırılma" olarak adlandırılır.
- b. Diyotta, artan ters öngerilim nedeniyle, kırılma olayı ortaya çıktığında akım sınırlanmazsa, diyot yanar.
- c. Kırılma olayı gerçekleşmeyecek şekilde diyoda uygulanabilecek maksimum ters öngerilim değerine, ters tepe gerilimi (PIV(Peak Inverse Voltage) yada PRV(Peak Reverse Voltage)) adı verilir.

Diyodun Montajı ve Sembolü:

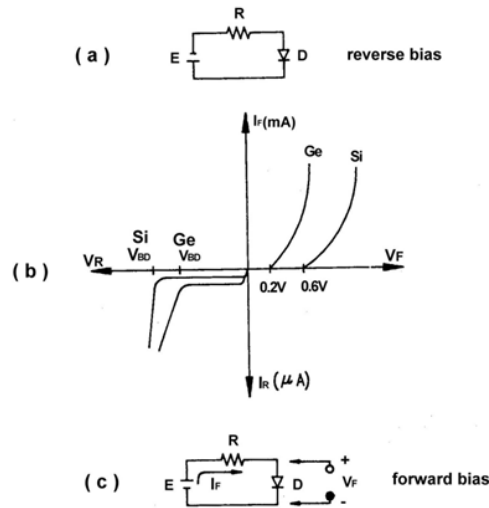
- a. Diyot üretimi, P-N jonksiyon gövdesine iki kurşun tel eklenmesi ve daha sonra gövdenin seramik veya cam ile kaplanmasıyla tamamlanır (yüksek güçlü diyotlara, ısı yayılımını sağlamak için, demir muhafaza da eklenir).
- b. Diyodun iç yapısı Şekil 4.(a)'da, devre sembolü 4.(b)'de ve katot ucunun bir band ile işaretlenmesi 4.(c)'de gösterilmiştir.



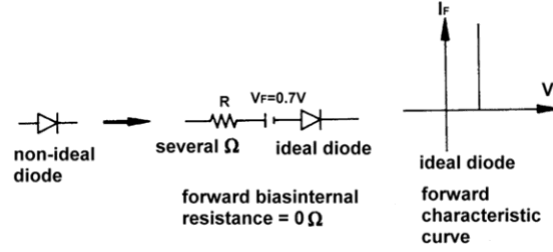
Şekil 4. Diyodun sembolü

Diyodun Karakteristik Eğrisi (V-I Eğrisi):

İleri öngerilim karakteristik eğrisi, Şekil 5(b)'nin birinci bölgesinde gösterilmiştir. Karakteristik eğriden, diyoda uygulanan ileri öngerilim değeri eşik geriliminden (V_r) küçük olduğunda, akımın çok küçük olduğu görülmektedir. İleri öngerilim değeri, eşik gerilimini aştığında (germanyum diyot için 0.2V, silisyum diyot için 0.6V), I_F akımı çok hızlı bir şekilde artar, bir anlamda diyot kısa devre gibi çalışır (V_F , yaklaşık 0.7V olacak şekilde). Diyodun eşdeğer devresi Şekil 6.'da gösterilmiştir.



Şekil 5. Diyodun karakteristik eğrisi



Şekil 6. Diyodun eşdeğer devresi

Diyodun ters öngerilim karakteristik eğrisi, Şekil 5.(b)'nin 3. Bölgesinde gösterilmiştir ve aşağıdaki şekilde ifade edilir:

- (1) Kırılmadan önceki ters yön akımı çok küçüktür ve diyot açık-devre olarak değerlendirilebilir.
- (2) Silisyum ya da germanyum olmasından bağımsız olarak, diyodun I_R değeri, her 10°C 'lik sıcaklık artışında, ikiye katlanır.
- (3) Ters öngerilim değeri kırılma gerilimine ulaştığında, I_R büyük bir hızla artar.

Diyodun Karakteristik Parametreleri ve İsimlendirilmesi:

Doğrultucu diyodun temel parametreleri şu şekilde tanımlanır:

- (1) Nominal Akım: Yük olarak direnç kullanıldığında diyottan geçebilecek “ortalama akım”dır ve üretici kataloglarında genellikle I_0 ile gösterilir.
- (2) Ters Tepe Gerilimi (PIV) : Üretici kataloglarında genellikle V_R ile gösterilir.

İsimlendirme:

- (1) Sxxx: Japon standardı, örneğin 1S1604
- (2) OAxix: Avrupa standardı, örneğin OA200
- (3) 1Nxxx: Amerikan standardı, örneğin 1N4001

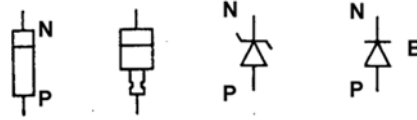
Bunlar arasında en bilineni ve en çok kullanılanı 1N diyotlarıdır. Diğer isimlendirme standartları için mevcut ticari kataloglara bakılabilir.

P-N Jonksiyonlu Diğer İki-Uçlu Elemanlar:

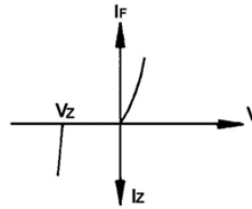
Zener Diyot: gerilim düzenleyici (regülatör) diyot olarak da adlandırılır. Yarıiletkene uygulanan ters öngerilim V_Z değerine ulaştığında, akım oldukça hızlı bir şekilde artar (akımı sınırlamak için devreye direnç eklenmelidir), gerilim ise sabit kalır. Bu karakteristiğe sahip diyot Zener diyot

olarak adlandırılır ve gerilimin sabit kalmasını sağlayan regülatör devrelerinde yaygın olarak kullanılır. V_Z değeri, katkılama düzeyi değiştirilerek kontrol edilebilir.

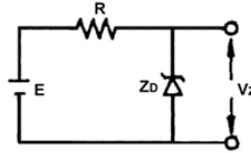
Zener diyodun devre sembolü Şekil 7.'de ve karakteristik eğrisi Şekil 8.'de gösterilmiştir. Temel Zener Diyot Devresi Şekil 9.'da gösterilmiştir.



Şekil 7. Görünüm ve sembol



Şekil 8. Zener diyodun V-I karakteristik eğrisi



Şekil 9. Temel zener diyot devresi

Şekil 8.'den, zener diyodun ileri öngerilim bölgesindeki davranışının, normal diyot ile aynı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, ters öngerilim bölgesinde, ters öngerilim değeri, kırılma geriliminin aşağısında (V_{BR}), zener gerilimine (V_Z) ulaştığında diyottan akan ters yöne akımı oldukça hızlı bir şekilde artır. Bu akım I_R ile gösterilir.

Zener Diyodun Karakteristik Parametreleri:

- (1) V_Z : Zener gerilimi (regüle edilmiş gerilim)
- (2) P_{Zmax} : Harcanan maksimum güç
- (3) I_{Zmin} : Regülatör özelliğinin çalıştığı minimum zener akımı
- (4) I_{Zmax} : Zenerin dayanabileceği maksimum akım

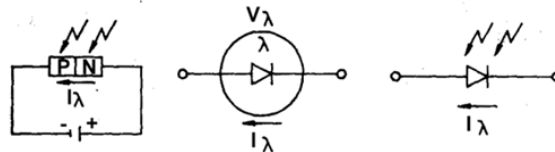
I_Z , I_{Zmin} 'den küçük olduğu zaman, karakteristik eğrinin eğimli kısmında çalışan diyot, gerilim regüle etmek için kullanılamaz. I_Z , I_{Zmax} 'tan daha büyük olursa diyot yanacağı için, zener diyoda seri olarak bir direnç bağlanmalı ve gerilim regülasyonunun gerçekleşmesi için I_Z değerinin I_{Zmin} ve I_{Zmax} arasında olması sağlanmalıdır.

LED: Işık-Yayan Diyot:

- LED, galyum arsenik fosfit yada galyum fosfitten yapılan bir tür PN- jonksiyon diyodudur. İleri öngerilimleme durumunda LED'in elektron ve delikleri birleştiğinde, serbest elektronlar tarafından taşınan enerji, görülebilir ışık spektrumunda olan ışık enerjisine dönüştürülür. Eğer malzeme olarak silisyum veya germanyum kullanılırsa, enerji ısı enerjisine dönüştürülür, ancak görülebilir bir ışık üretilmez.
- Tipik olarak, LED'lerin çalışma gerilimi $1.7V \sim 3.3V$ düzeylerindedir. Güç tüketimleri $10 \sim 50mW$ civarında olup, çalışma ömürleri 100 bin saati aşmaktadır.
- LED'ler seçilen malzemeye bağlı olarak, kırmızı, beyaz, sarı, yeşil vs. ışık üretebilirler
- İletim yönünde minimum $1.5V$ 'luk gerilim uygulandığında, LED'ler ışık yaymaya başlar. Akım arttıkça, LED'in parlaklığı da artar. Bununla birlikte, akım $10mA$ 'i aştıktan sonra parlaklıkta önemli bir artış olmaz.
- Eğer LED'in üzerinden sürekli yüksek akım akıtılırsa, LED yanar.
- LED'in kırılma gerilimi çok küçük olduğu için, uygulanan ters gerilim $3V$ 'u aşmamalıdır.

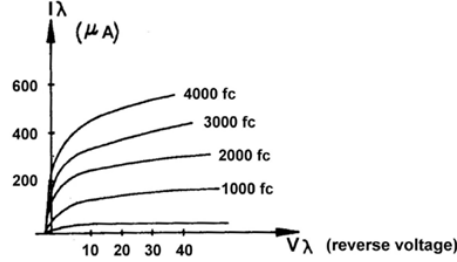
Foto-diyot:

- Foto-diyot, çalışma bölgesi ters öngerilim bölgesiyle sınırlı olan jonksiyon tipi bir yarıiletken elemandır. Fotodiyodun temel yapısı, öngerilimlenmesi ve sembolleri aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 10. Foto-diyot

b. Fotodiyodun ters öngerilim durumundaki akımı, aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi, ışık şiddetiyle doğru orantılıdır.



Şekil 11. Fotodiyodun ters öngerilim durumundaki akım değişimi

c. Fotodiyotta kullanılan ışık kaynakları arasında görünür ışık, kızılötesi ve lazer ışınları yer almaktadır.

3. DENEYLER

KULLANILACAK ELEMANLAR

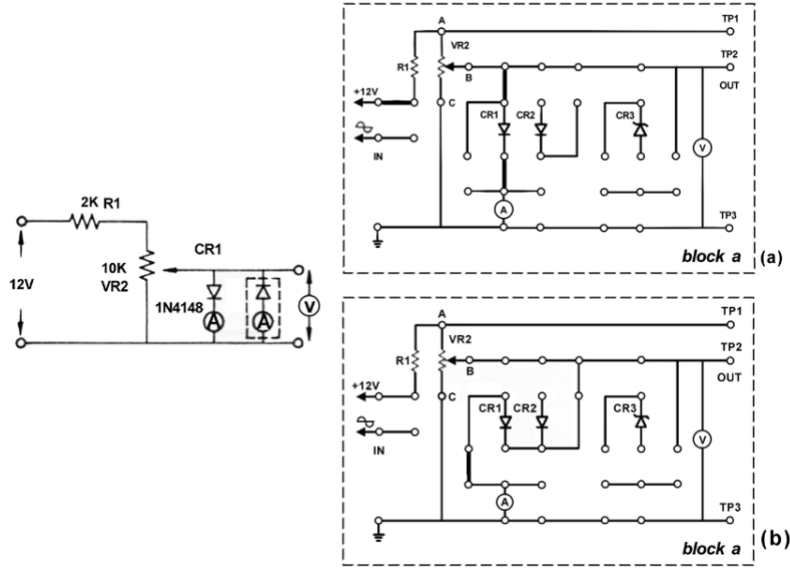
- (1) KL-200 Lineer Devre Deney Düzeneği
- (2) Deney Modülü: KL-23001
- (3) Ölçü Aletleri: 1. Osiloskop
- (4) Araç: Temel el araçları.

1. Si Diyodun V-I Eğrisinin Çizilmesi (II) – Voltmetre, Ampermetre Yöntemi

Deneyin Yapılışı:

- (1) KL-23001 modülünü, KL-200 Lineer Devre Deney Düzeneğine yerleştirin ve a bloğunun konumunu belirleyin.
- (2) Şekil 12.(b)'deki devre ve 23001-blok a.2(a) bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. Voltmetre ve ampermetreyi bağlayın.
- (3) 12V'u IN giriş uçlarına bağlayın ve VR2 (VR10K) potansiyometresini, diyodun uçları arasına, Tablo (1)'de gösterildiği gibi, 0.1V ile 0.7V arasında gerilimler uygulayacak şekilde ayarlayın. Her gerilim değerine karşılık gelen I_F ileri yön akımını ölçün ve Tablo (1)'e kaydedin.
- (4) Şekil 12.(b)'deki devre ve 23001-blok a.2(b) (ters bağlantı) bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. Voltmetre ve ampermetreyi bağlayın.
- (5) 12V'u IN giriş uçlarına bağlayın ve VR2 (VR10K) potansiyometresini, diyodun uçları arasına, Tablo (2)'de gösterildiği gibi, 0V ile 5V arasında V_R gerilimleri uygulayacak şekilde ayarlayın. Her gerilim değerine karşılık gelen I_R akımını ölçün ve Tablo (2)'ye kaydedin.

(6) Tablo (1) ve (2)'deki değerleri, Şekil 13.'deki koordinat düzlemine çizin.



Şekil 12. (b)

Şekil 23001-blok a.2

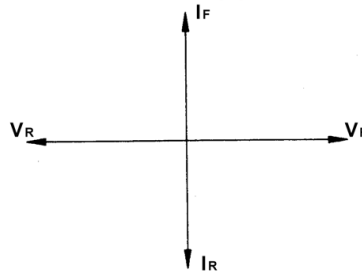
1- Deney Sonucu:

V_F (V)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
I_F (μA)							

Tablo (1)

V_R (V)	1	2	3	4	5
I_R (μA)					

Tablo (2)



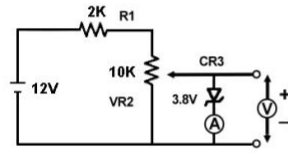
Şekil 13.

2. Zener Diyot

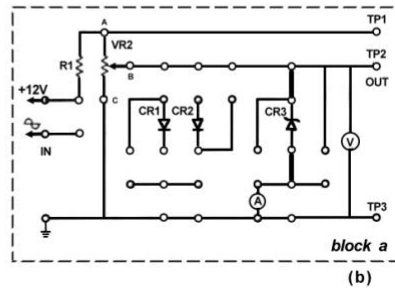
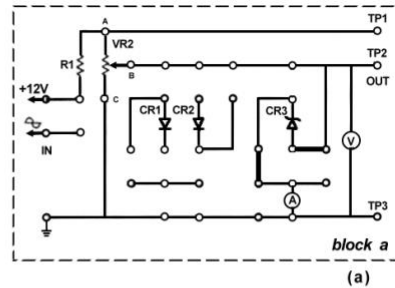
Zener Diyodun V-I Karakteristik Eğrisinin Çizilmesi (I)

Deneyin Yapılışı:

- (1) KL-23001 modülünü, KL-200 Lineer Devre Deney Düzenine yerleştirin ve a bloğunun konumunu belirleyin.
- (2) Şekil 14.(a)'daki devre ve 23001-blok a.5(a) bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin (ileri öngerilim). Voltmetre ve ampermetreyi bağlayın.
- (3) 12V'u IN giriş uçlarına bağlayın ve VR2 (VR10K) potansiyometresini, zener diyodun uçları arasına, Tablo (5)'te gösterildiği gibi, 0.1V ile 0.7V arasında gerilimler uygulayacak şekilde ayarlayın. Her gerilim değerine karşılık gelen I_F ileri yön akımını ölçün ve Tablo (5)'e kaydedin.
- (4) Şekil 14.(a)'daki devre ve 23001-blok a.5(b) bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin (ters bağlantı). Voltmetre ve ampermetreyi bağlayın.
- (5) 12V'u IN giriş uçlarına bağlayın ve VR2 (VR10K) potansiyometresini, zener diyodun uçları arasına, Tablo (6)'da gösterildiği gibi, 0V ile 11V arasında ters gerilimler uygulayacak şekilde ayarlayın. Her gerilim değerine karşılık gelen I_Z zener akımını ölçün ve Tablo (6)'ya kaydedin.
- (6) Tablo (5) ve (6)'daki değerleri, Şekil 15.'teki koordinat düzlemine çizin.



Şekil 14.(a)



Şekil 23001-a.5

2- Deney Sonucu:

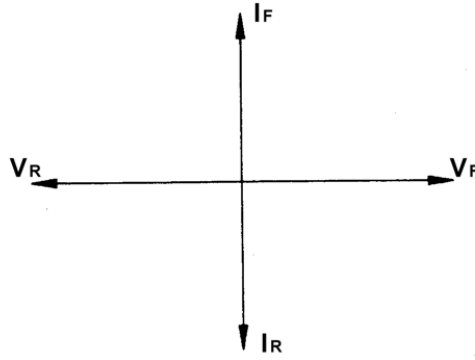
Ölçüm sonuçlarını Tablo (5),(6)'ya kaydedin ve bu değerleri koordinat düzlemine çizin.

V_F (V)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
I_F (μA)								

Tablo (5)

V_R (V)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I_R (μA)											

Tablo (6)



Şekil 15.

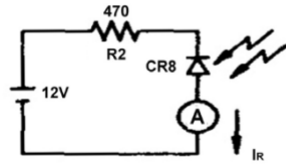
3- Zener Diyodun V-I Karakteristik Eğrisinin Çizilmesi (II)

Parlaklık ile I_r arasındaki ilişkinin belirlenmesi

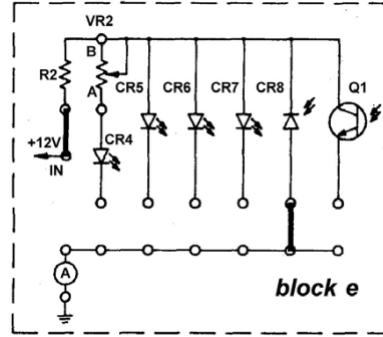
- (1) KL-23001 modülünü, KL-200 Lineer Devre Deney Düzenine yerleştirin ve e bloğunun konumunu belirleyin.
- (2) Şekil 16.(a)'daki devre ve 23001-blok e.5 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin. 12V güç kaynağını bağlayın.
- (3) Ampermetreyi bağlayın ve sırasıyla şu koşullar altında I_r değerlerini ölçün: (1) Fotodiyot ışık alırken, (2) ışık engellenmişken. Daha sonra sırasıyla en parlak ışık ve en düşük ışık durumlarındaki I_r değerlerini kaydedin.
- (4) En parlak ve en düşük ışık durumlarında direnç (R_D), $I_r = \frac{12V}{470\Omega + R_D}$ denklemi ile hesaplanabilir (3. adımdaki I_r değerlerini kullanın).

(5) Şekil 16.(b)'deki devre ve 23001-blok e.6 bağlantı diyagramı yardımıyla kısa-devre klipslerini yerleştirin.

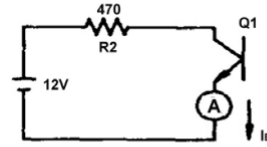
(6) Ampermetreyi bağlayın ve sırasıyla şu koşullar altında I_e değerlerini ölçün: (1) Fototransistör ışık alırken, (2) ışık engellenmişken. Daha sonra sırasıyla en parlak ışık ve en düşük ışık durumlarındaki I_e değerlerini kaydedin.



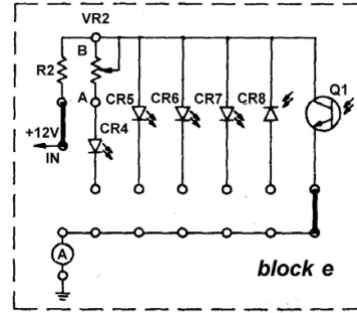
Şekil 16.(a)



Şekil 23001-block e.5



Şekil 16.(b)



Şekil 23001-block e.6

3- Deney Sonucu:

Fotodiyot

Parlak ışık I_R = _____

R_D = _____

Düşük ışık I_R = _____

R_D = _____

Fototransistör

Parlak ışık I_e = _____

Düşük ışık I_e = _____

DENEY SONUÇLARI

Bu bölümde gerçekleştirilen deneyler, P,N yarıiletkenlerinden yapılmış iki-uçlu elemanların karakteristiklerine odaklanmıştır. Farklı karakteristik ve fonksiyonları dolayısıyla, gerçekleştirilen deneylerdeki iki-uçlu elemanlar aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır:

- (1) Genel diyot
- (2) Zener diyot
- (3) Işık yayan diyot
- (4) Fotodiyot

Genel diyotlar, kullanılan malzemeye göre silisyum ve germanyum diyotlar olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Deney 1 sonuçlarından, gerçek silisyum ve germanyum diyotlar için eşik gerilimleri belirlenebilir. Kırılma gerilimi testi, aşırı ters yön gerilimi diyoda zarar vereceği için gerçekleştirilmemiştir. Sadece karakteristik eğri içeriğinde I_R testi gerçekleştirilmiş ve tipik olarak birkaç μA 'lık sonuçlar elde edilmiştir. Kırılma sonrası akacak akım, devredeki harici gerilim kaynağına ve dirence bağlıdır ve tipik olarak birkaç Amper düzeylerindedir.

Zener diyodun ileri öngerilim karakteristiği normal diyotlara benzerken, ters öngerilim karakteristiği, Zener diyot Zener bölgesinde çalışacağı için, farklıdır. Deney sonuçlarından görüldüğü gibi, Zener diyoda uygulanan ters gerilim Zener değerini (regüle gerilimi) aşarsa, Zener diyodun uçları arasındaki gerilim sabit kalır. Uygulanan ters gerilim arttıkça I_Z akımı da artar, ancak eğer $I_Z > I_{Zmax}$ olursa zener diyot zarar görür.

Fotodiyodun, ileri öngerilim ve ışık almadığı durumlardaki ters öngerilim karakteristikleri, genel diyodunkine benzemektedir. Işık olduğu zaman, genel diyottan farklı olarak, ters yöndeki akım ışığın şiddetiyle doğru orantılı olur. Pratikte, ışık dönüşümü ile elde edilen akım, direkt olarak bir yükü sürmek için kullanılamaz. Yükü sürbilmek için, bu akımın bir transistör veya I_C tarafından kuvvetlendirilmesi gerekir.

Raporda İstenenler

Elde ettiğiniz sonuçları yorumlayarak sonuç grafik ve/veya tablolarını raporunuza işleyiniz.

NOT : Raporunuzu bilgisayar ortamında yazınız. Bir sonraki deneyde, teslim edilmek üzere yanınızda bulundurunuz.