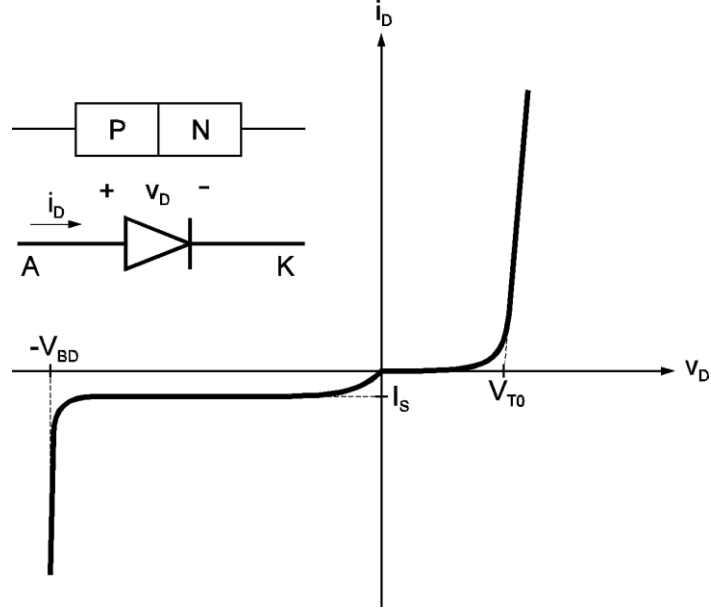


ANALOG ELEKTRONİK

ANALOG ELEKTRONİK.....	i
A. DİYOTLAR ve ÇEŞİTLERİ.....	9
Diyodun V-I Karakteristiği	11
Diyotlu Devrelerde Grafik Yöntemi ile Çalışma Noktasının Bulunması.....	12
İleri Kutuplama Durumu	12
Uygulama 1	13
Çözüm	13
Ters Kutuplama Durumu.....	14
Uygulama 2	14
Çözüm	14
Sonuçlar.....	15
Diyodun Direnci	15
Uygulama 3	15
Çözüm	16
Uygulama 4	17
Çözüm	17
Diyot Devrelerinin Yaklaşık Eşdeğer Analizi.....	17
Uygulama 5	18
Çözüm	18
Uygulama 6	19
Çözüm	19
Uygulama 7	19

Diyodun V-I Karakteristiği

P-N diyodunun P bölgesine anot ve N bölgesine katot ismi verilir. İleri yönde kutuplanmış diyotta akım P'den N'ye doğru akar. Diyodun ok sembolü ileri yönde kutuplanmış diyottan geçen akım yönünü gösterir. Şekil 2.4'te diyodun sembolü ve V-I karakteristiği gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Diyodun sembolü ve V-I karakteristiği.

Diyodun akım geçirmeye başladığı gerilim eşik gerilimi (V_{T0}) olup, germanyum için 0.3 V ve silisyum için 0.6 V'tur. Eşik gerilimi sıcaklıkla azalır. I_S ters yönde doyma akımıdır ve

ANALOG ELEKTRONİK

sıcaklıkla artar. Oda sıcaklığındaki doyma akımı silikonda on nano amperler mertebesindedir. Germanyumda ise enerji boşluğu daha küçük olduğundan silikona göre daha fazla azınlık akım taşıyıcısı mevcuttur ve sızıntı akımı birkaç mikro amper mertebesindedir. V_{BD} diyodun ters yönde devrilme gerilimidir. Diyoda ters yönde uygulanabilecek gerilimin tepe değeri (PRV), V_{BD} 'den küçüktür ve silisyum diyotta 1000 V , germanyumda ise 400 V civarındadır. PRV kısa süreli ters gerilimdir. Kataloglarda ayrıca ters yönde uygulanabilecek DC gerilimin maksimum değeri (V_{RDC}) de verilir. Silisyum diyot $200^{\circ}C$ sıcaklığa kadar kullanılabilirken, germanyum diyot $100^{\circ}C$ 'ye kadar kullanılabilir. Silisyum diyodun germanyuma göre dezavantajı eşik geriliminin daha yüksek olmasıdır. Germanyum diyot silisyumdan daha hızlıdır.

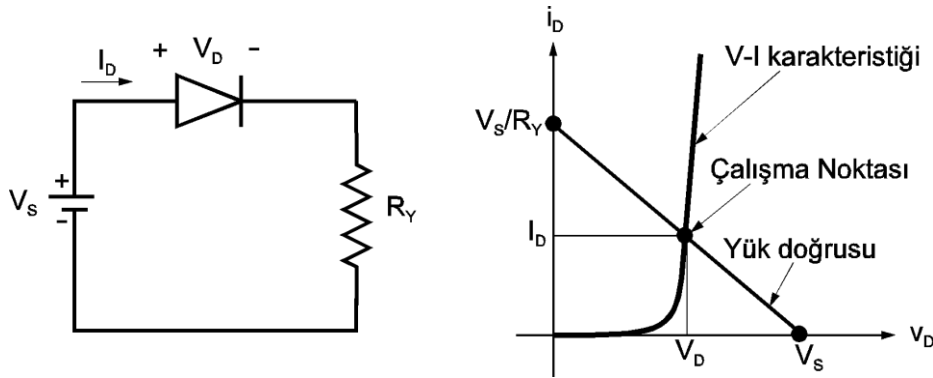
Diyotlu Devrelerde Grafik Yöntemi ile Çalışma Noktasının Bulunması

Elektronik devrelerde kullanılan diyotların çalışmasını devre analizi yöntemleri ile incelemek mümkündür. Uygulamalarda diyot devamlı iletim, devamlı yalıtım veya zaman zaman iletim ve yalıtım durumunda çalışır. DC devrelerde diyodun tek bir çalışma noktası yani akım ve gerilimi mevcuttur. AC bir devrede ise diyodun çalışma noktası değişkendir.

Diyodun çalışma noktası grafik yöntemleri kullanılarak da bulunabilir. Diyodun çalışma noktasının grafik ile bulunması için önce diyodun hangi bölgede olduğuna karar verilir. Diyot ileri kutuplama, ters kutuplama veya devrilme bölgelerinden birinde olabilir. Daha sonra V-I karakteristiği ile yük doğrusu kesiştirilir ve çalışma noktası bulunur.

İleri Kutuplama Durumu

İleri yönde kutuplanmış bir diyot ve çalışma noktası Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5. DC bir devrede diyodun ileri kutuplanması ve çalışma noktası.

Seri devrede kaynak gerilimi, diyot gerilimi ile yük geriliminin toplamı olarak yazılır.

$$V_S = v_D + R_Y i_D$$

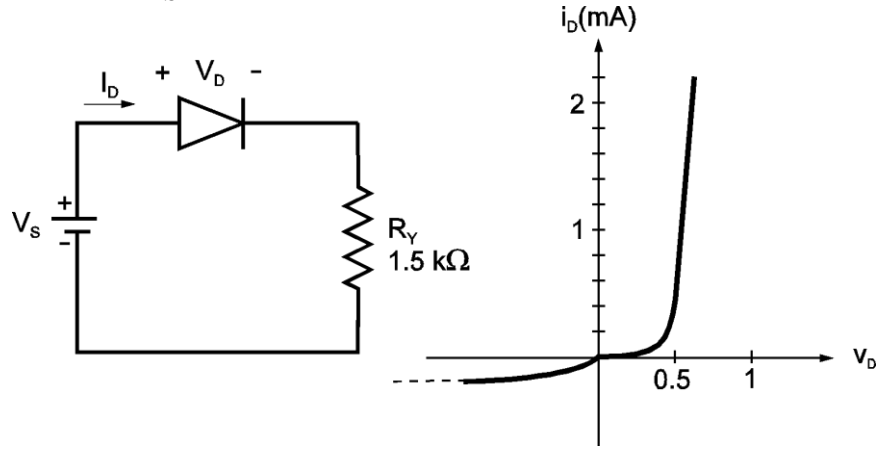
Yük doğrusunun çizilmesi için yukarıdaki denklemde $i_D = 0$ için $v_D = V_S$ ve $v_D = 0$ için $i_D = V_S / R_Y$ değerleri elde edilir. Bu iki değer kullanılarak yük doğrusu çizilir. Yük doğrusu ile diyodun V-I karakteristiğinin kesiştiği nokta çalışma noktasıdır. Bu noktanın akım ve gerilim değerleri I_D ve V_D olarak gösterilmiştir.

ANALOG ELEKTRONİK

Uygulama 1 :

V-I karakteristiği aşağıda verilen bir diyot $R_Y = 1.5 \text{ k}\Omega$ olan seri direnç üzerinden ileri kutuplanacak şekilde DC gerilim kaynağına bağlanmıştır. Diyodun çalışma noktasını bulunuz.

- a) $V_S = 1.5 \text{ V}$ b) $V_S = 3 \text{ V}$



Çözüm :

- a) $V_S = 1.5 \text{ V}$ için

$$1.5 = v_D + 1500 i_D \quad (\text{yük doğrusunun denklemi})$$

$$i_D = 0 \Rightarrow v_D = 1.5 \text{ V}$$

$$v_D = 0 \Rightarrow i_D = 1.5 / 1500 = 0.001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

Bu iki değer kullanılarak yük doğrusu çizilir. Diyodun V-I karakteristiği ile yük doğrusunun kesişme noktası (a) diyodun çalışma noktasıdır. Grafikte (a) noktasında diyodun gerilimi $v_D = 0.55 \text{ V}$ ve akımı $i_D = 0.63 \text{ mA}$ olarak görülmektedir. Sonucun doğruluğunu kontrol etmek için bulunan akım ve gerilim denkleme yerine konulur. $1.5 \cong 0.55 + 1500 \times 0.63 \times 10^{-3}$

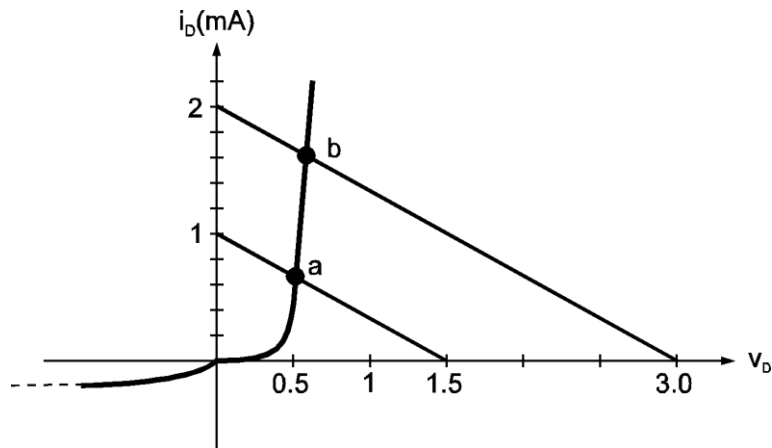
- b) $V_S = 3 \text{ V}$ için

$$3 = v_D + 1500 i_D \quad (\text{yük doğrusunun denklemi})$$

$$i_D = 0 \Rightarrow v_D = 3 \text{ V}$$

$$v_D = 0 \Rightarrow i_D = 3 / 1.5 \text{ k}\Omega = 2 \text{ mA}$$

Diyodun çalışma noktası (b noktası) $v_D = 0.6 \text{ V}$ ve akımı $i_D = 1.6 \text{ mA}$ olarak görülmektedir.

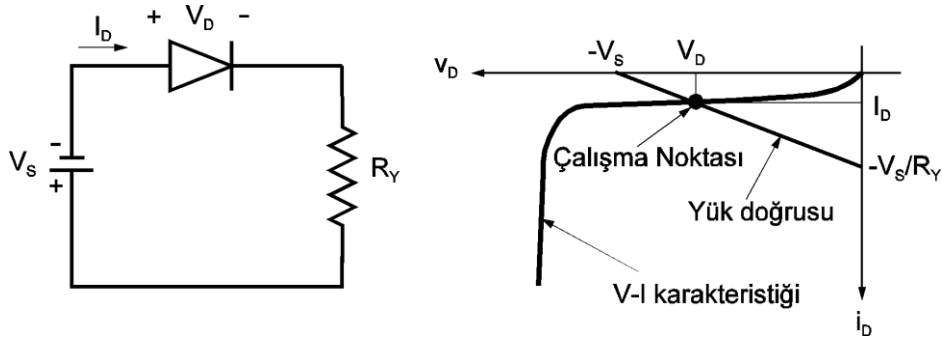


Ters Kutuplama Durumu

Ters yönde kutuplanmış bir diyot ve çalışma noktası Şekil 2.6'da gösterilmiştir. Çevre denklemi aşağıdaki gibi yazılır.

$$-V_S = v_D + R_Y i_D$$

Yük doğrusunun çizilmesi için yukarıdaki denklemde $i_D = 0$ için $v_D = -V_S$ ve $v_D = 0$ için $i_D = -V_S / R_Y$ değerleri elde edilir. Bu iki değer kullanılarak yük doğrusu çizilir.

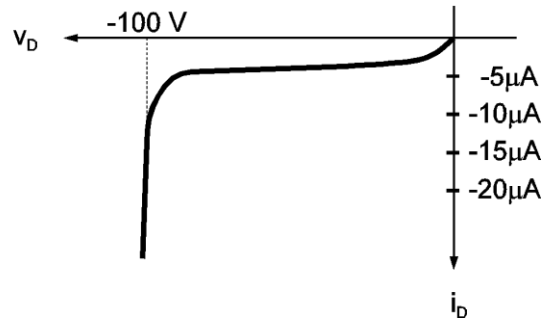
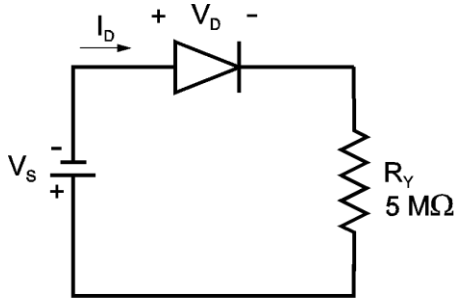


Şekil 2.6. DC bir devrede diyodun ters kutuplanması ve çalışma noktası.

Uygulama 2 :

V-I karakteristiği aşağıda verilen bir diyot $R_Y = 5 \text{ M}\Omega$ olan seri direnç üzerinden ters kutuplanacak şekilde DC gerilim kaynağına bağlanmıştır. Diyodun çalışma noktasını bulunuz.

- a) $V_S = 50 \text{ V}$ b) $V_S = 75 \text{ V}$ c) $V_S = 125 \text{ V}$

**Çözüm :**

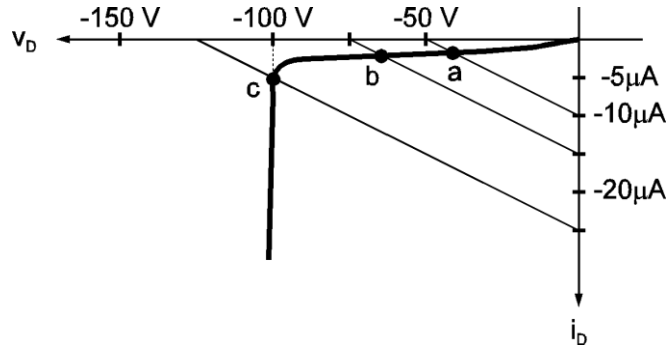
a) Yük doğrusu gerilim eksenini -50 V 'ta, akım eksenini $-50 / 5 \text{ M}\Omega = -10 \mu\text{A}$ değerinde keser. Çalışma noktası $v_D = 45 \text{ V}$ ve $i_D = 1 \mu\text{A}$ 'dir.

b) Yük doğrusu gerilim eksenini -75 V 'ta, akım eksenini $-75 / 5 \text{ M}\Omega = -15 \mu\text{A}$ 'de keser. Çalışma noktası $v_D = 70 \text{ V}$ ve $i_D = 2 \mu\text{A}$ 'dir. Bu akım ters doyma akımıdır ve gerilimle artmaz. Devrilme gerilimine kadar aynı değerde akım geçer. Bu akım değeri azınlık akım taşıyıcılarının sayısına bağlıdır.

c) Yük doğrusu gerilim eksenini -125 V 'ta, akım eksenini $-125 / 5 \text{ M}\Omega = -25 \mu\text{A}$ 'de keser. Çalışma noktası $v_D = 100 \text{ V}$ ve $i_D = 5 \mu\text{A}$ 'dir. 100 V 'un üzerindeki bir ters gerilim diyodun ters devrilmesine ve aşırı akım geçmesine neden olur. Devrilme bölgesinde diyot akımı

ANALOG ELEKTRONİK

sınırlanmazsa aşırı akım geçer ve diyot bozulur. Bu devrede $5 \text{ M}\Omega$ 'luk seri direnç aşırı akım geçmesini önler.



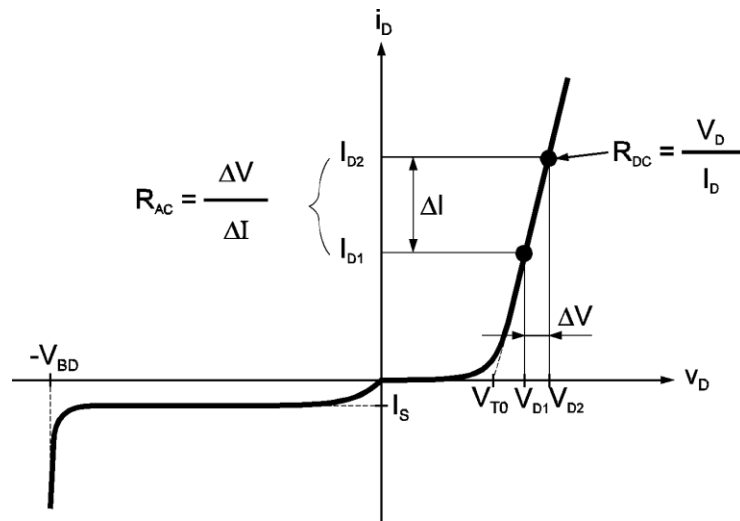
Sonuçlar

Yük doğrusu analizinden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir.

1. Kaynak gerilimi diyodu ileri kutupladığında, kaynak geriliminin arttırılması ile diyot gerilimi eşik geriliminden sonra artmaya devam etmez, hemen hemen sabit kalır. Diyottan geçen akım seri direnç tarafından belirlenir.
2. Kaynak gerilimi diyodu ters kutupladığında, diyottan çok küçük bir ters akım geçer. Kaynak gerilimi $-V_{BD}$ gerilimine ulaşana kadar sabit kabul edilebilir.
3. Diyoda uygulanan ters gerilim V_{BD} 'den büyük ise, diyot üzerinde V_{BD} gerilimi düşer. Diyot akımı seri direnç tarafından belirlenir.

Diyodun Direnci

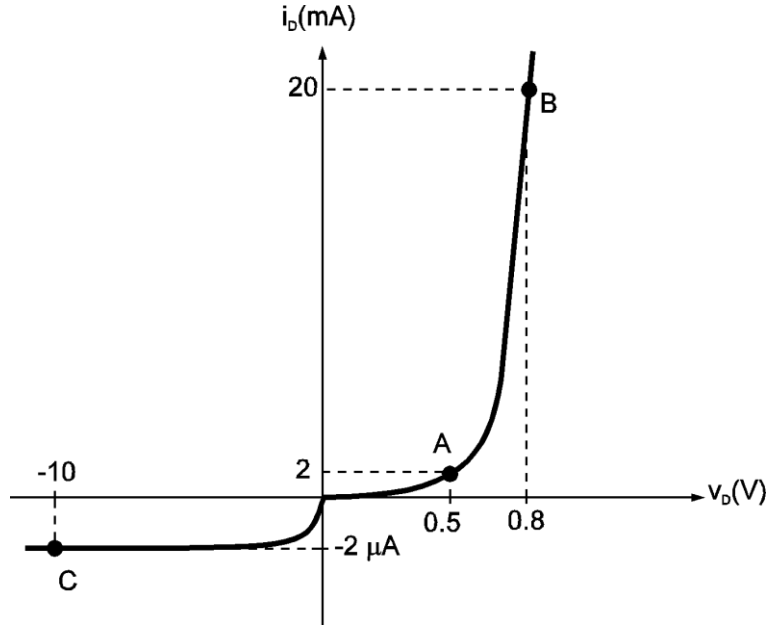
Diyodun direnci DC veya AC olarak tanımlanabilir. Çalışma noktasındaki direnç DC veya *statik direnç* olarak tanımlanır. İleri yönde kutuplanmış bir diyodun statik direnci akım yükseldikçe artar. Diyot karakteristiğinin belirli bir bölgesinde, gerilimdeki değişimin akımdaki değişmeye oranı AC veya *dinamik direnç* olarak tanımlanır. Şekil 2.7'de direnç tanımları gösterilmiştir.



Şekil 2.7 Diyodun AC ve DC direnci.

Uygulama 3 :

Aşağıdaki verilen diyot karakteristiğini kullanarak A, B ve C noktalarındaki diyodun dirençlerini bulunuz. İdeal diyot ile karşılaştırınız.



Çözüm :

A noktasındaki DC direnç; $R_{DC} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{0.5}{2 \text{ mA}} = 250 \Omega$

B noktasındaki DC direnç; $R_{DC} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{0.8}{20 \text{ mA}} = 40 \Omega$

İleri kutuplama bölgesinde diyodun direnci gerilim ve akım arttıkça artar. İdeal bir diyotta iletimdeki iç direnç sıfır kabul edilir.

C noktasındaki DC direnç; $R_{DC} = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{-10}{2 \mu\text{A}} = 5 \text{ M}\Omega$

Ters kutuplama bölgesinde direnç oldukça yüksektir. İdeal bir diyotta ise bu bölgede direncin sonsuz olduğu ve hiç akım geçmediği kabul edilir.

DC bir devrede belirli bir çalışma noktasında diyodun direnci bulunarak, diyot yerine bu eşdeğer direnç konulabilir.

Uygulama 4 :

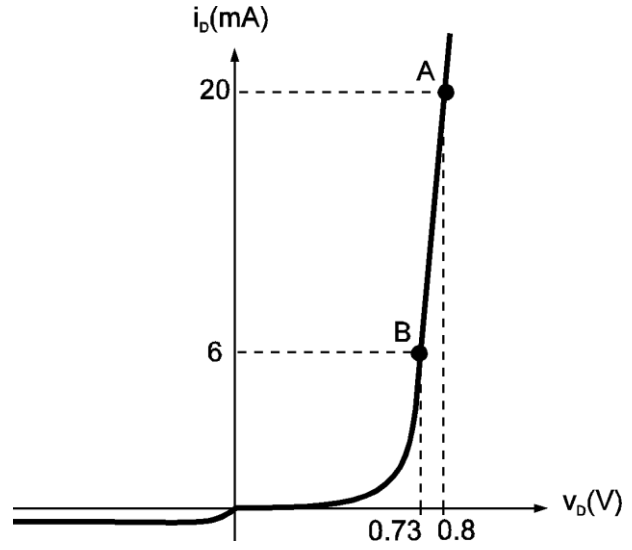
Yanda verilen diyot karakteristiğini kullanarak A, B noktaları arasında diyodun AC direncini bulunuz.

Çözüm :

$$R_{AB} = \frac{V_A - V_B}{i_A - i_B} = \frac{0.8 - 0.73}{20 \cdot 10^{-3} - 6 \cdot 10^{-3}}$$

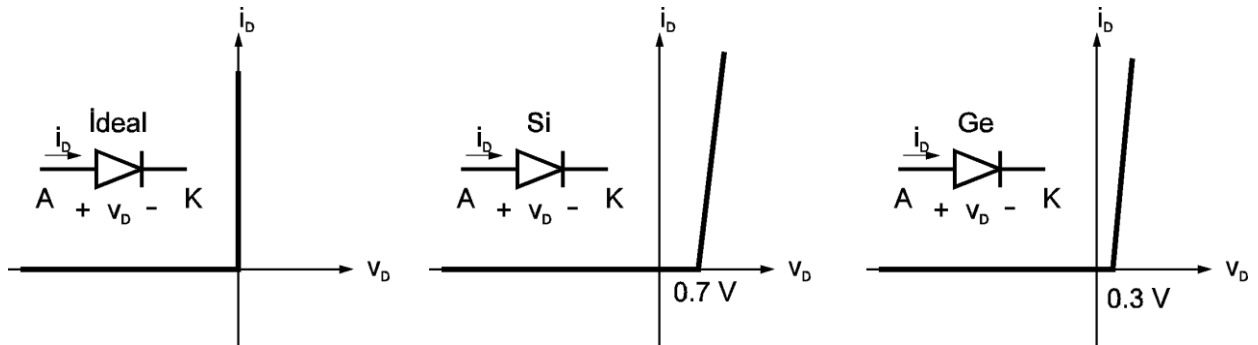
$$R_{AB} = 5 \Omega$$

AB noktaları arasındaki direnç AC direnç veya ortalama direnç olarak adlandırılır.

**Diyot Devrelerinin Yaklaşık Eşdeğer Analizi**

Bir devrede diyodun çalışma noktası grafik metodu ile veya diyodun eşdeğeri kullanılarak bulunabilir. Diyodun yaklaşık eşdeğerini kullanmak kolay bir çözümdür ve doğruluğu daha düşüktür. Çalışma noktasının bulunması grafik metodu ile oldukça güçtür.

Diyodun yaklaşık eşdeğer devresinde, geçirme yönünde diyodun belirli bir eşik geriliminde iletme geçtiği kabul edilir. Bu eşik gerilimi germanyum için 0.3 V ve silisyum için 0.7 V'tur. Diyot eşik geriliminden sonra bir direnç gibi davranır. İletimdeki iç direnç oldukça düşüktür (birkaç ohm mertebesinde) ve bir çok uygulamada ihmal edilir. İdeal diyodun eşdeğeri ile silisyum ve germanyum diyotların eşdeğer devreleri Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8 İdeal, silisyum ve germanyum diyotların eşdeğer devreleri.

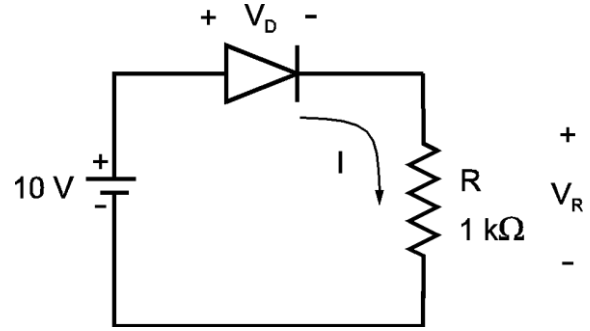
Ters kutuplama bölgesinde diyodun eşdeğer direnci sonsuz kabul edilir. Diyoda ters yönde devrilme geriliminden daha büyük bir gerilimi uygulanırsa diyot devrilerek akım geçirir. Bu akımın değeri dirence bağlıdır. Bu esnada diyodun üzerindeki gerilim devrilme gerilimidir. Uygulamada diyodun ters devrilme gerilimi, üzerine gelebilecek maksimum gerilimden büyük seçilir.

Uygulama 5 :

Yanda verilen devrede,

- İdeal diyot için,
- Silisyum diyot için,
- Germanyum diyot için

diyot akımını ve direnç gerilimini bulunuz.

**Çözüm :**

Devrede diyot geçirme yönünde kutuplanmıştır ve iletimdedir. Diyot ve direnç seri bağlı olduğundan diyot akımı direnç akımına eşittir. Diyot gerilimi ile direnç geriliminin toplamı kaynak gerilimini verir.

- İdeal diyodun gerilim düşümü sıfırdır ve iletimdeki iç direnci sıfırdır. Devreden geçen akım,

$$I = \frac{10}{1 \cdot 10^3} = 10 \text{ mA bulunur.}$$

Direnç gerilimi,

$$V_R = I \cdot R = 10 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 10 \text{ V bulunur.}$$

- Silisyum diyodun iletim gerilim düşümü 0.7 V'tur. Diyodun iletimdeki iç direnci çok küçüktür ve direnç yanında sıfır kabul edilebilir. Devreden geçen akım,

$$I = \frac{10 - 0.7}{1 \cdot 10^3} = 9.3 \text{ mA bulunur.}$$

Direnç gerilimi,

$$V_R = I \cdot R = 9.3 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 9.3 \text{ V bulunur.}$$

- Germanyum diyodun iletim gerilim düşümü 0.3 V'tur. Diyodun iletimdeki iç direnci çok küçüktür ve direnç yanında sıfır kabul edilebilir. Devreden geçen akım,

$$I = \frac{10 - 0.3}{1 \cdot 10^3} = 9.7 \text{ mA bulunur.}$$

Direnç gerilimi,

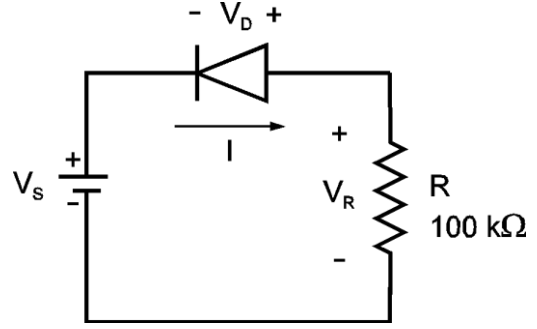
$$V_R = I \cdot R = 9.7 \text{ mA} \cdot 1 \text{ k}\Omega = 9.7 \text{ V bulunur.}$$

NOT : Devredeki gerilim çok büyük ise silisyum ve germanyum diyodun eşik gerilimi de ihmal edilerek çözüm ideal diyottaki gibi bulunur.

Uygulama 6 :

Şekildeki devrede kullanılan diyodun devrilme gerilimi $V_{BD} = 75 \text{ V}$ 'tur.

- $V_S = 30 \text{ V}$ ve
- $V_S = 100 \text{ V}$ için, devreden geçen akım ile diyot ve direnç gerilimini bulunuz.

**Çözüm :**

- Diyot ters kutuplama bölgesinde olduğuna göre devreden geçen akım sıfır kabul edilir. Bütün gerilim diyot üzerinde oluşur. Direnç üzerindeki gerilim sıfırdır.

$$I \cong 0$$

$$V_D = -30 \text{ V}$$

$$V_R = I.R = 0$$

- Diyoda gelen ters gerilim devrilme gerilimini aştığına göre seri direnç akımı belirler.

$$V_D = -50 \text{ V}$$

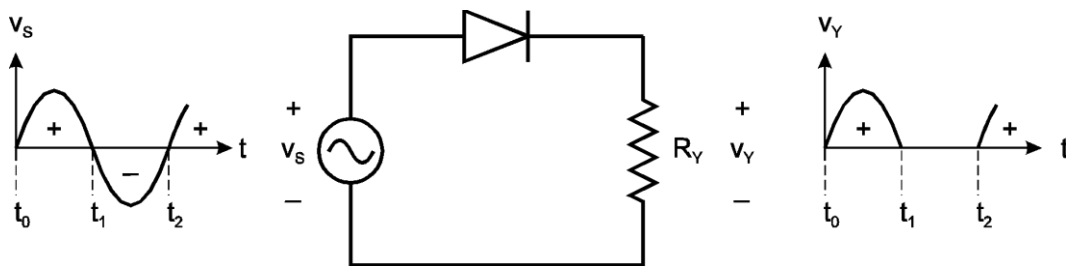
$$I = \frac{V_S - V_{BD}}{R} = \frac{100 - 75}{100 \text{ k}\Omega} = 0.25 \text{ mA} = 250 \mu\text{A}$$

$$V_R = I.R = 100 \text{ k}\Omega \cdot 250 \mu\text{A} = 100 \cdot 10^3 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 25 \text{ V}$$

Diyotta harcanan güç, $P_D = 50 \cdot 250 \cdot 10^{-6} = 12.5 \text{ mW}$ bulunur.

Yarım Dalga Doğrultucu

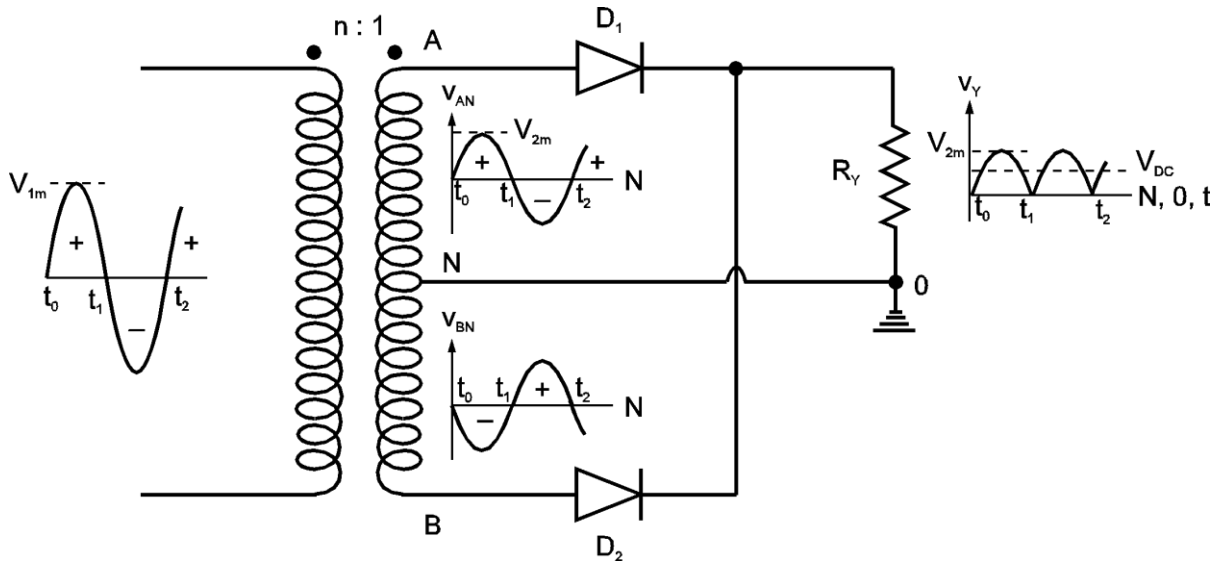
Diyot tek yönde akım geçirme özelliğinden dolayı doğrultucu devrelerinde yaygın olarak kullanılır. Doğrultucu devreleri, AC gerilimi DC gerilime çevirmek için kullanılır. Doğrultucu analizinde diyotlar ideal kabul edilecektir. Şekil 2.9'da yarım dalga doğrultucu devresi gösterilmiştir. Devrenin girişine bir AC gerilim uygulanmıştır. $t_0 - t_1$ aralığında yani pozitif alternansta diyot iletimdedir. Bu aralıkta diyodun gerilimi sıfır kabul edilirse, giriş gerilimin tamamı yük üzerinde görülür. $t_1 - t_2$ aralığında yani negatif alternansta diyot kesimdedir. Devreden geçen akım ve yük gerilimi sıfırdır.



Şekil 2.9 Yarım dalga doğrultucu, giriş ve çıkış gerilimleri.

Tam Dalga Doğrultucu

Tam dalga doğrultma, AC gerilimin her iki alternansının doğrultularak yüke verilmesi ile yapılır. Şekil 2.10'da orta uçlu transformatör ile yapılan tam dalga doğrultucu devresi gösterilmiştir. Transformatör girişine uygulanan şebeke geriliminin ve çıkışındaki gerilimlerin orta uca göre değişimleri şekilde gösterilmiştir. Devrede iki diyot kullanılarak her iki alternans doğrultulur ve yüke verilir. $t_0 - t_1$ aralığında D_1 diyoduna gelen gerilim orta uca göre pozitifdir. D_1 diyodu iletme girer ve yüke pozitif alternans verilir. D_2 diyodu bu aralıkta negatif gerilime maruz kaldığından kesimdedir. $t_1 - t_2$ aralığında aralıkta, D_2 diyodu orta uca göre pozitif gerilime maruz kalır ve iletme girer. Böylece negatif alternans doğrultularak yüke verilir. Bu aralıkta üst sargı gerilimi orta uca göre negatiftir ve D_1 diyodu kesimdedir. Yükten geçen akım her iki alternansta da pozitifdir dolayısıyla yük gerilimi pozitif olur.



Şekil 2.10. Orta uçlu transformatör ile yapılan tam dalga doğrultma devresi.

Dönüştürme oranı $n:1$, giriş gerilimi V_1 ve çıkış gerilimi $2x V_2$ olan orta uçlu transformatörde,

$$V_{2m} = \frac{V_{1m}}{2n}$$

olarak yazılır. m indisi maksimum değerdir. Yük üzerindeki gerilimini ortalama değeri,

$$V_{DC} = \frac{2V_{2m}}{\pi}$$

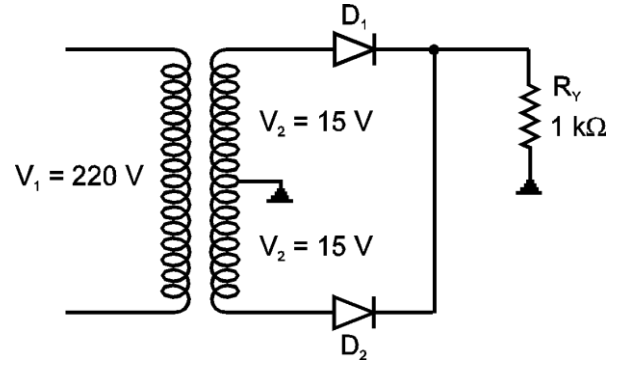
olarak hesaplanır. Bir diyodun maruz kaldığı maksimum gerilim,

$$PIV = 2V_{2m}$$

şeklinde hesaplanır. PIV (Peak Inverse Voltage) diyot kesimde iken oluşur. Kullanılan diyodun PIV değeri bu değer üzerinde olmalıdır.

Uygulama 7 :

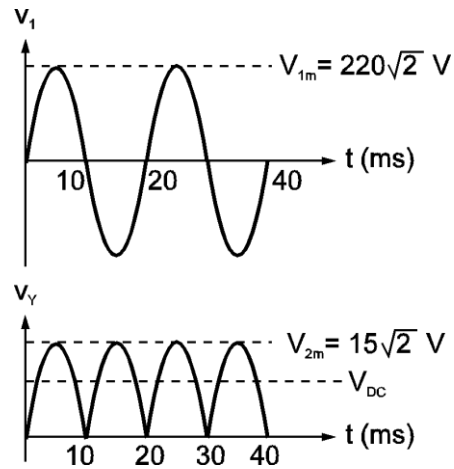
Şekilde verilen tam dalga doğrultucuda transformatör giriş gerilimi 220 V, 50 Hz ve çıkış gerilimi 2×15 V'tur (Gerilim değerleri efektif değerlerdir).



- Giriş ve çıkış gerilimlerinin değişimlerini çiziniz ve çıkış geriliminin ortalamasını bulunuz.
- Bir diyodun minimum PIV değerini hesaplayınız.

Çözüm :

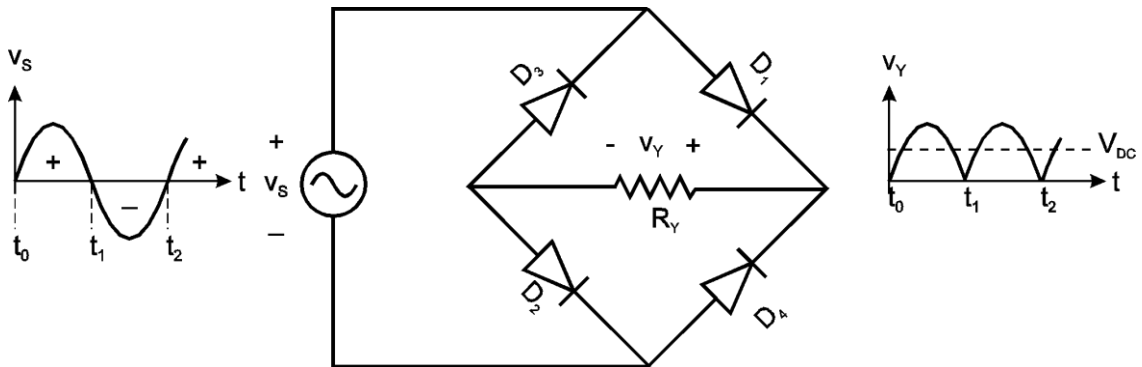
$$\begin{aligned}
 \text{a) } V_1 &= 220 \text{ V} \\
 V_{2m} &= 220\sqrt{2} \text{ V} = 311 \text{ V} \\
 V_2 &= 15 \text{ V} \\
 V_{2m} &= 15\sqrt{2} \text{ V} \\
 T &= \frac{1}{50} = 0.02 = 20 \text{ ms} \\
 V_{DC} &= \frac{2V_{2m}}{\pi} = \frac{2 \cdot 15\sqrt{2}}{\pi} = 13.5 \text{ V}
 \end{aligned}$$



- Bir diyoda gelen maksimum gerilim,
 $PIV = 2V_{2m} = 30\sqrt{2} = 42.4 \text{ V}$
 Diyodun PIV değeri 42.4 V'tan büyük olmalıdır. PIV değeri 50 V veya 75 V seçilebilir.

Köprü Doğrultucu

Köprü doğrultucu ile elde edilen DC gerilim, orta uçlu transformatör ile yapılan tam dalga doğrultucudaki DC gerilimin iki katıdır. Şekil 2.11'de köprü doğrultucu devresi ve giriş çıkış gerilimleri gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Köprü doğrultucu devresi ve giriş çıkış gerilimleri.

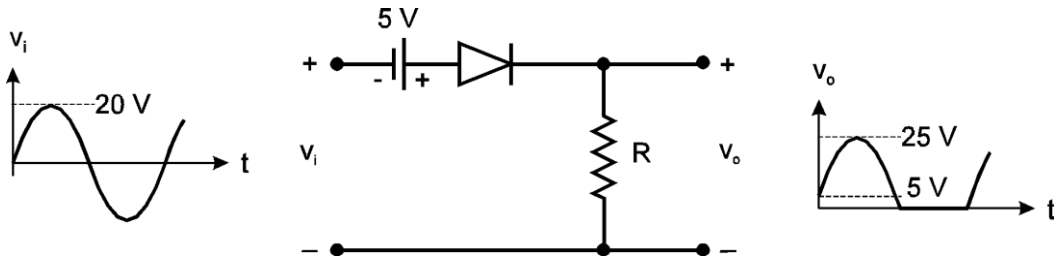
ANALOG ELEKTRONİK

Pozitif alternansta $D_1 - D_2$ diyotları iletimde, $D_3 - D_4$ diyotları kesimdedir. Negatif alternansta $D_3 - D_4$ diyotları iletimde, $D_1 - D_2$ diyotları kesimdedir. Yükten geçen akım ve yük gerilimi her iki alternansta da pozitiftir. Bir diyodun maruz kaldığı maksimum gerilim giriş geriliminin tepe değeridir.

KIRPICICI DEVRELER

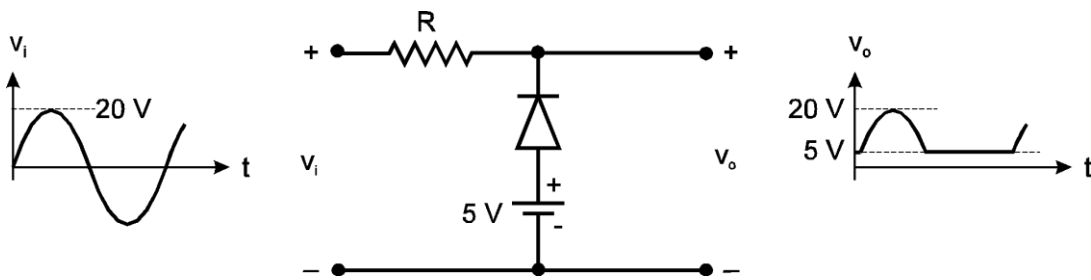
Diyot devreleri giriş işaretinin belirli bir bölgesini kırmak ve işareti ötelemek için kullanılabilir. Kırpıcılar öngerilimli, öngerilimsiz, seri, paralel, pozitif veya negatif türde olabilir. Öngerilimli devrelerde DC gerilim kaynağı kullanılır. Kırpma seviyesi devrede kullanılan DC gerilim kaynağının değeri ile ayarlanabilir. Diyodun yönü ile seri veya paralel bağlı olmasına göre, pozitif veya negatif kırpma yapılabilir. Kaynağın yönünün değiştirilmesi ile kırpma işlemi tamamen değişir.

Şekil 2.12’de öngerilimli seri kırpıcı ve giriş gerilimi ile çıkış gerilimi arasındaki ilişki gösterilmiştir. Bu devrede -5 V’tan daha düşük gerilimler için diyot açık devre olur ve çıkış gerilimi sıfır olur. -5 V’un üzerinde diyot iletme girer. Böylece giriş gerilimi 5 V yukarı ötelenmiş olur ve altı kırpılır.



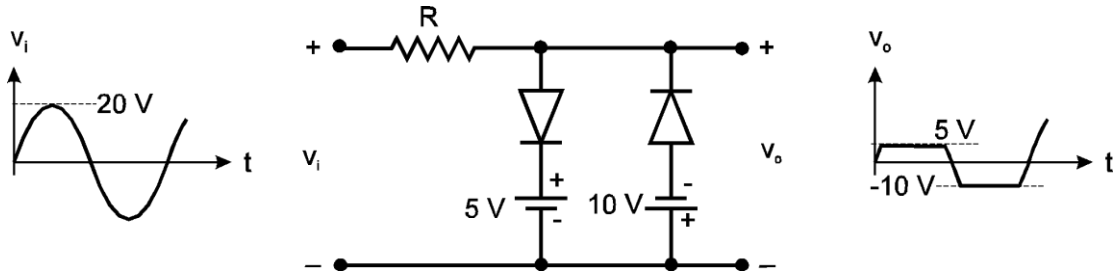
Şekil 2.12 Öngerilimli seri bir kırpıcı.

Şekil 2.13’de öngerilimli paralel kırpıcı gösterilmiştir. Bu devrede 5 V’tan daha küçük gerilimler için diyot kısa devre olur ve çıkış gerilimi 5 V olur. Giriş geriliminin 5 V’un altındaki kısmı kırpılır.



Şekil 2.13 Öngerilimli paralel kırpıcı.

Şekil 2.14’te gösterilen öngerilimli paralel kırpıcıda iki diyot kullanılmıştır. Pozitif alternansta ve 5 V’un üstünde, pozitif yöndeki diyot iletime girer ve çıkış gerilimi 5 V olur. Negatif alternansta ve -10 V’un altında, negatif yöndeki diyot iletime girer ve çıkış gerilimi -10 V olur. Böylece giriş gerilimi hem alttan hem de üstten kırpılmış olur. Gerilim değerleri değiştirilerek kırpma seviyeleri değiştirilebilir.

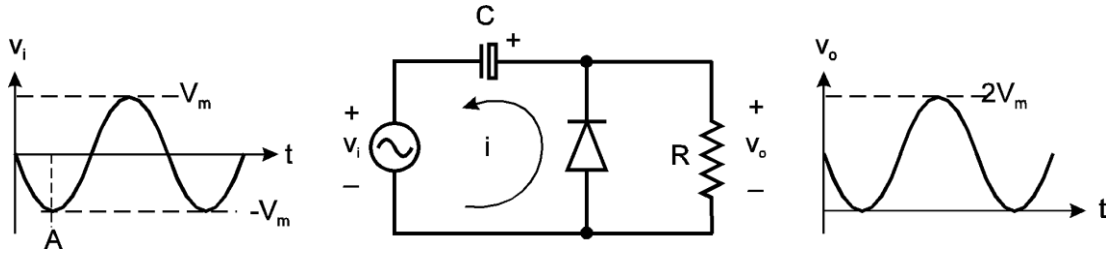


Şekil 2.14 Öngerilimli iki diyotlu paralel kırpıcı.

KENETLEYİCİ DEVRELER

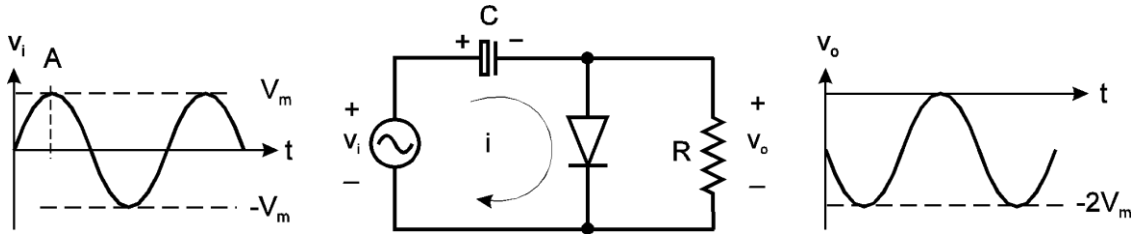
Kenetleyici devreler ac bir işarete dc bir seviye eklemek için kullanılır. Kenetleyiciler televizyon alıcılarında dc seviye elde etmek için kullanılır. Alıcıya gelen video işareti genellikle kapasitif bir amplifikatör ile yükseltilir. Yükseltme işlemi dc bileşenin yani siyah, beyaz ve boşluk seviyelerinin kaybolmasına neden olur. Video işareti resim tüpüne uygulanmadan önce bu referans seviyeler kenetleyici yeniden elde edilir.

Şekil 2.15'te pozitif dc kenetleyici gösterilmiştir. A noktasına kadar kondansatör şarj olur. Daha sonra kondansatör geriliminin sabit kaldığı kabul edilir. Devrede kondansatörün deşarjı R üzerinden olur. RC zaman sabiti uygulanan giriş sinyalinin periyodundan çok büyüktür. Çıkış gerilimi sabit olan kondansatör gerilimi ile giriş geriliminin toplamıdır.



Şekil 2.15 Pozitif bir dc kenetleyici.

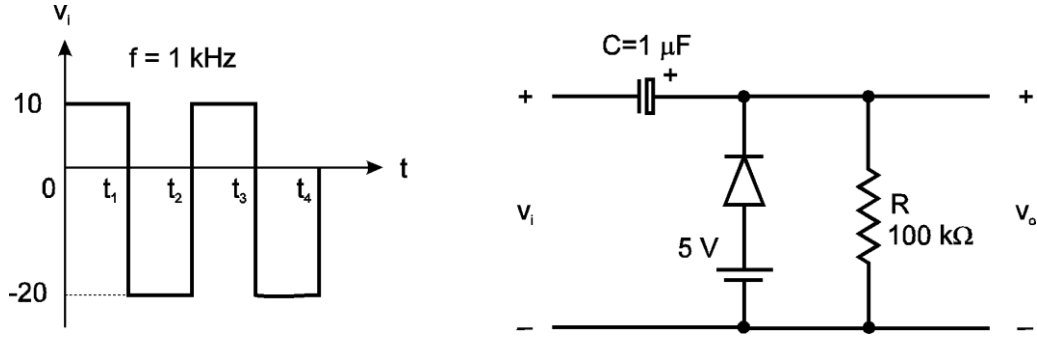
Kenetleyici devreler giriş işaretini negatif dc seviyeye de kaydırabilir. Kenetleyici devre içinde dc bir gerilim kaynağı kullanılarak farklı dc seviyeler de elde edilebilir. Şekil 2.16'da negatif bir dc kenetleyici gösterilmiştir.



Şekil 2.16 Negatif bir dc kenetleyici.

Uygulama 8 :

Aşağıda verilen kenetleyici devrede giriş gerilimi için çıkış gerilimini çiziniz.

**Çözüm :**

Devre girişine uygulanan işaretin frekansı 1 kHz olduğuna göre darbe periyodu,

$$T = 1 / f = 1 \text{ ms}$$

olarak bulunur. RC zaman sabiti,

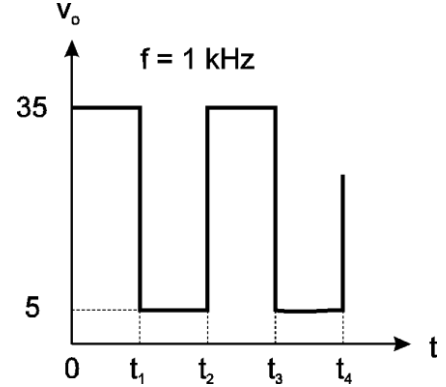
$$R.C = 100k.1\mu = 100.10^3.1.10^{-6} = 100.10^{-3} = 100 \text{ ms.}$$

RC zaman sabiti darbe periyodundan çok büyük olduğu için kondansatör geriliminin R üzerinden deşarj olmadığı kabul edilir.

Analize diyodun iletimde olduğu aralıktan başlayalım.

$t_1 - t_2$ aralığında diyot iletimdedir. Devrenin girişinde -20 V gelmektedir. Yani alt ucuna $+20 \text{ V}$ uygulanmıştır. Diyot bu aralıkta Anot-Katot gerilimi pozitif olduğundan iletime girer ve çıkış gerilimi 5 V olur. Kondansatör ise şekilde gösterildiği gibi $+25 \text{ V}$ 'a şarj olur.

$t_2 - t_3$ aralığında diyot kesime girer. Çıkış gerilimi giriş gerilimi ile kondansatör geriliminin toplamıdır. $v_o = 10 \text{ V} + 25 \text{ V} = 35 \text{ V}$. Çıkış geriliminin değişimi yanda verilmiştir.

**Zener Diyot**

Normal diyotlarda ters devrilme olayı istenmez. Zener diyotlar ise belirli bir güce kadar ters devrilme bölgesinde kullanılabilir. Ters kutuplanmış bir diyodun devrilmesi iki şekilde olur.

- 1- Çığ devrilme: Ters kutuplama ile hızlanan azınlık taşıyıcıların kovalent bağdaki valans elektronları koparması ile oluşur. Çığ devrilme diyoda 5 volttan daha büyük bir ters gerilim uygulandığında oluşur.
- 2- Zener devrilme : Boşluk bölgesi dar olması durumunda meydana gelen yüksek elektrik alanı nedeniyle oluşur. Bu elektrik alanı kovalent bağdaki valans elektronları kopararak diyottan ters yönde yüksek akım geçmesine neden olur. Zener devrilme 5 volttan küçük gerilimlerde oluşur. Katkı oranının artırılması boşluk bölgesini daraltır. Boşluk bölgesinde oluşan elektrik alanı (uzaklık ile ters orantılı) ise artar. Dolayısıyla katkı oranının artırılması zener diyodun devrilme gerilimini azaltır.

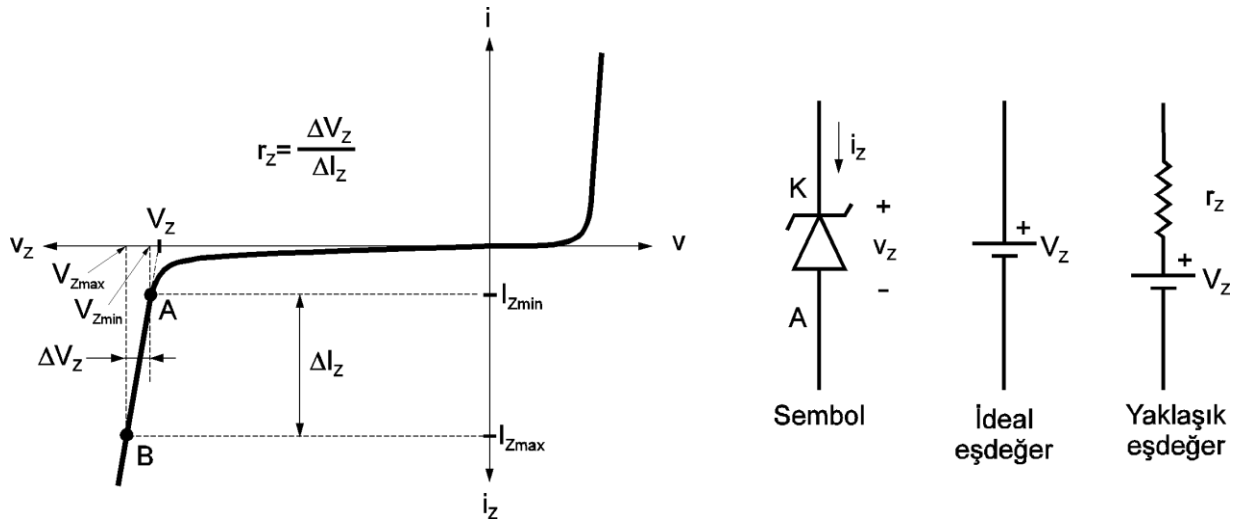
ANALOG ELEKTRONİK

Zener diyodun karakteristiği, sembolü ve eşdeğer devreleri Şekil 2.17’de gösterilmiştir. Zener diyot ileri yönde kutuplanırsa normal bir diyot gibi davranır. Uygulamalarda zener diyot ters devrilme bölgesinde kullanılır. Karakteristik eğride iki önemli nokta gösterilmiştir. A noktası zener diyodunun ters devrilme noktasıdır. Zener diyodun A noktasında çalışabilmesi için, diyottan minimum bir akım geçmesi gerekir. Bu durumda zener gerilimi minimumdur. B noktasında diyottan maksimum akım geçer ve zener gerilimi maksimumdur. B noktasındaki akım değeri katalogda verilen I_{ZM} değerini aşmamalıdır. Zener diyotlar 1.8 V ile 200 V arasındaki gerilim değerlerinde ve 1/4 W ile 50 W arasındaki güç değerlerinde üretilmektedir.

Zener diyodun ideal eşdeğeri bir gerilim kaynağı kabul edilir. Yaklaşık eşdeğeri ise bir direnç ve kaynak geriliminin toplamı olarak verilir.

$$v_z = V_z + r_z \cdot i_z$$

Zener diyodun iç direncinin tanımı karakteristik eğri üzerinde gösterilmiştir. İç direnç ne kadar küçük olursa, zener uçlarındaki gerilimin akım ile değişmesi o kadar az olur. Zener diyot, regülasyon ve referans gerilim sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.17. Zener diyodun karakteristiği, sembolü ve eşdeğer devreleri.

Zener diyodun devrilme gerilimi sıcaklıkla değişir. Kataloglarda gerilimin $^{\circ}C$ başına yüzde olarak değişmesini gösteren bir sıcaklık katsayısı (K_T) verilir. Örneğin 15 V’luk bir zener diyotta $K_T = 0.2 \% / ^{\circ}C$ ise, $1^{\circ}C$ ’lik artış zener geriliminin 0.03 V artmasına neden olur. Sıcaklık katsayısı zener devrilme bölgesinde çalışan diyotlarda negatif, çığ devrilme bölgesinde çalışan diyotlarda pozitifdir. Zener gerilimi arttıkça sıcaklık katsayısı da artar.

Uygulama : 9

Biz zener diyodun akımında 2 mA’lik bir değişme olduğunda, uçlarındaki gerilim 50 mV değişmektedir. Zener direncini hesaplayınız.

Çözüm :

$$r_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z} = \frac{50 \text{ mV}}{2 \text{ mA}} = 25 \Omega$$

ANALOG ELEKTRONİK

Uygulama : 10

Gerilimi 10 V ve iç direnci 5Ω olan zener diyottan 20 mA geçmesi durumunda uçlarındaki gerilimin ne olacağını bulunuz.

Çözüm:

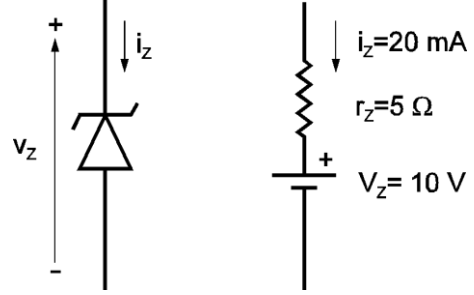
Direnç uçlarındaki gerilim,

$$r_z \cdot i_z = 5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0.1 \text{ V}$$

bulunur. Zener uçlarındaki gerilim,

$$v_z = V_Z + r_z \cdot i_z = 10 + 0.1 = 10.1 \text{ V}$$

olur. 20 mA akım geçtiğinde zener diyot gerilimi % 10 artar.



Uygulama : 11

Şekilde verilen devrede giriş geriliminin hangi aralığında regülasyon sağlanacağını hesaplayınız.

$$I_{Z \min} = 1 \text{ mA}, I_{Z \max} = 15 \text{ mA}$$

$$V_Z = 5.1 \text{ V}, r_z = 10 \Omega$$

Çözüm:

$I_{Z \min} = 1 \text{ mA}$ için;

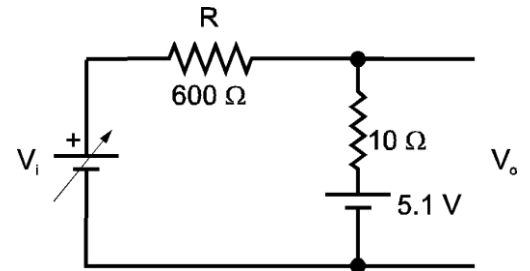
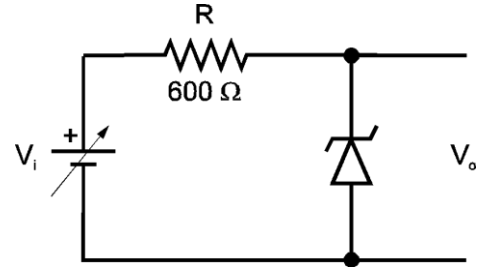
$$V_o = V_Z + r_z \cdot I_{Z \min} = 5.1 + 10 \cdot 1 \text{ mA} = \underline{5.11 \text{ V}}$$

$$V_{i \min} = R \cdot I_{Z \min} + V_o = 600 \cdot 1 \text{ mA} + 5.11 = \underline{5.71 \text{ V}}$$

$I_{Z \max} = 15 \text{ mA}$ için;

$$V_o = V_Z + r_z \cdot I_{Z \max} = 5.1 + 10 \cdot 15 \text{ mA} = \underline{5.25 \text{ V}}$$

$$V_{i \max} = R \cdot I_{Z \max} + V_o = 600 \cdot 15 \text{ mA} + 5.25 = \underline{14.25 \text{ V}}$$



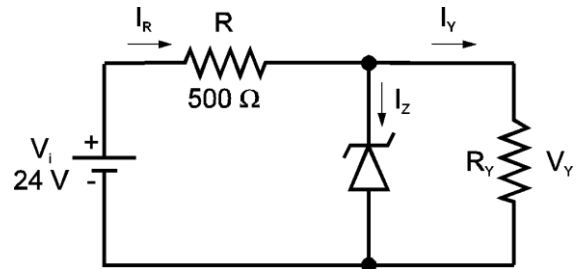
Girişe değişken bir giriş gerilimi uygulanması ile çıkış geriliminin değişmemesi istenmektedir. Çıkış geriliminin regüle edilebilmesi için girişe 5.71 V ile 14.25 V aralığında bir gerilim uygulanması gerekir. Bu durumda çıkış gerilimi 5.11 V ile 5.25 V arasında bir değer alır.

Uygulama : 12

Şekilde verilen devrede $I_{Z \min} = 3 \text{ mA}$,

$I_{ZM} = 90 \text{ mA}$, $V_Z = 12 \text{ V}$, $r_z = 10 \Omega$ olan bir zener diyot kullanılmıştır.

- Regülasyon sağlanabilmesi için R_Y direncinin minimum değerini hesaplayınız ($r_z = 0$ alınır).
- Çıkış geriliminin akıma bağlı değişimini çizin. Çıkış gerilimindeki bağıl regülasyonu hesaplayınız.



Çözüm:

a) Devrede yük bağlı değil iken, R direncinden geçen akım maksimum olur. Bu akım aynı zamanda zenerden geçer.

$$I_{R \max} = I_{Z \max} = \frac{V_i - V_Z}{R} = \frac{24 - 12}{500} = 24 \text{ mA} \quad I_{Z \max} < I_{ZM}$$

Zenerden geçen maksimum akım I_{ZM} değerini geçmemelidir. Devrede $I_{Z \max} < I_{ZM}$ şartı sağlandığından R direncinin değeri uygundur. Bu devrede R direnci biraz daha küçük seçilebilir.

Yük akımı maksimum iken zenerden geçen akım minimumdur. Zener diyodun regülasyon yapması için $I_{Z \min} = 3 \text{ mA}$ değerinde bir akım zenerden geçmelidir. Yük akımından geçen maksimum akım ve minimum yük direnci aşağıdaki gibi hesaplanır.

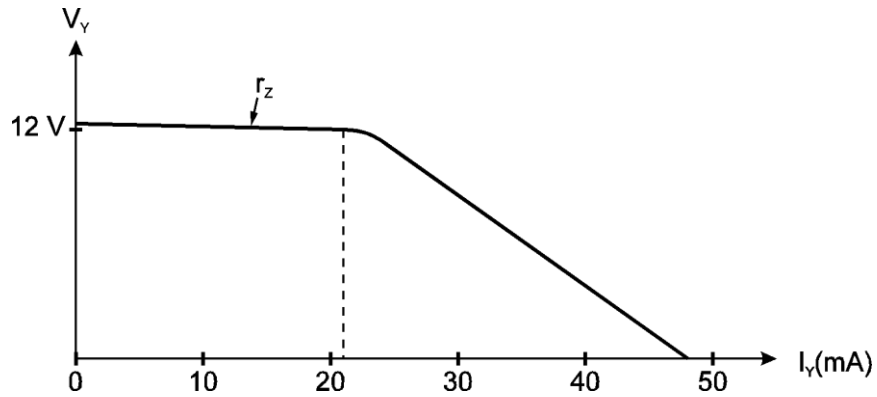
$$I_{Y \max} = I_{R \max} - I_{Z \min}$$

$$I_{Y \max} = 24 \text{ mA} - 3 \text{ mA} = 21 \text{ mA}$$

$$R_{Y \min} = \frac{V_Y}{I_{Y \max}} = \frac{12}{21 \text{ mA}} = 570 \Omega$$

$$\underline{R_Y > 570 \Omega} \text{ olmalıdır.}$$

Yük geriliminin değişimi akıma göre aşağıdaki gibi çizilebilir. Yük akımı 21 mA olana kadar zener diyot regülasyon sağlar. Bu aralıkta doğrunun eğimi r_Z direncini verir. Bu değerden sonra zener diyot çok az akım geçirir ve yüksek direnç gösterir. Çıkış kısa devre edilirse gerilim sıfır olur, akımı sadece R direnci sınırlar. Kısa devre akımı $24V/500 = 48 \text{ mA}$ 'dir.



b) Boşta çalışmada yük akımı sıfırdır ve zenerden maksimum akım geçer. Bu durumda zener gerilimi (yük gerilimi) maksimum olur.

$$V_{Y \max} = V_{Z \max} = V_Z + r_Z \cdot I_{Z \max} = 12 + 10 \cdot 21 \cdot 10^{-3} = 12.21 \text{ V}$$

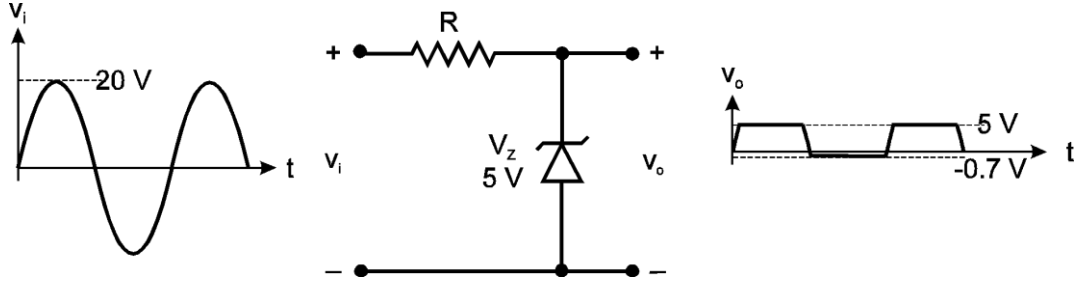
Yük akımı maksimum olduğunda zenerden geçen akım minimumdur. Bu durumda zener gerilimi (yük gerilimi) minimum olur.

$$V_{Y \min} = V_{Z \min} = V_Z + r_Z \cdot I_{Z \min} = 12 + 10 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 12.03 \text{ V}$$

$$\text{Bağlı Yük Regülasyonu} = \frac{12.21 - 12.03}{12} \times 100 = \% 1.5$$

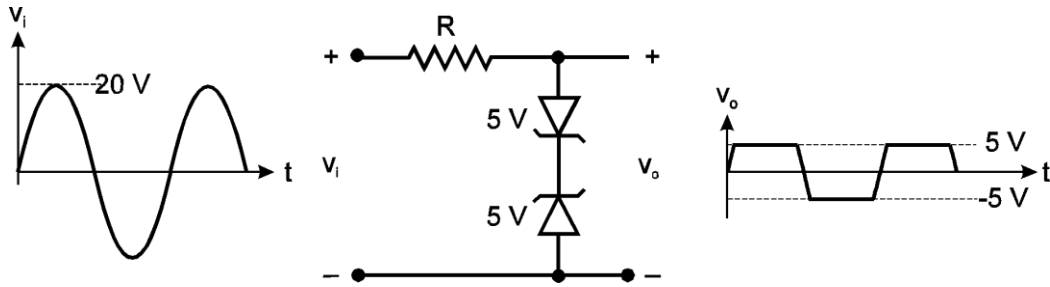
Zenerli AC regülatör (AC Sınırlayıcı)

Zener diyot, elektronik eleman ve entegre devrelerin girişlerini aşırı gerilimlerden korumak için kullanılabilir. Şekilde 2.18’de gerilimi tek yönde kırpa devresi gösterilmiştir. Devrede giriş geriliminin pozitif bölgesinde zener geriliminin üstünü kırpar. Negatif alternansta normal diyot gibi davranır ve iletme girer.



Şekil 2.18. Tek yönlü kırpıcı

Gerilimi iki yönde kırpmak için Şekilde 2.19’da verilen devre kullanılabilir. Pozitif alternansta Z1 diyodu normal, Z2 diyodu ise zener diyot gibi davranır. Negatif alternansta ise Z2 normal diyot, Z1 zener diyot gibi davranır. Zener diyotların gerilimleri uygun seçilerek giriş gerilimi istenilen seviyede kırılabilir.



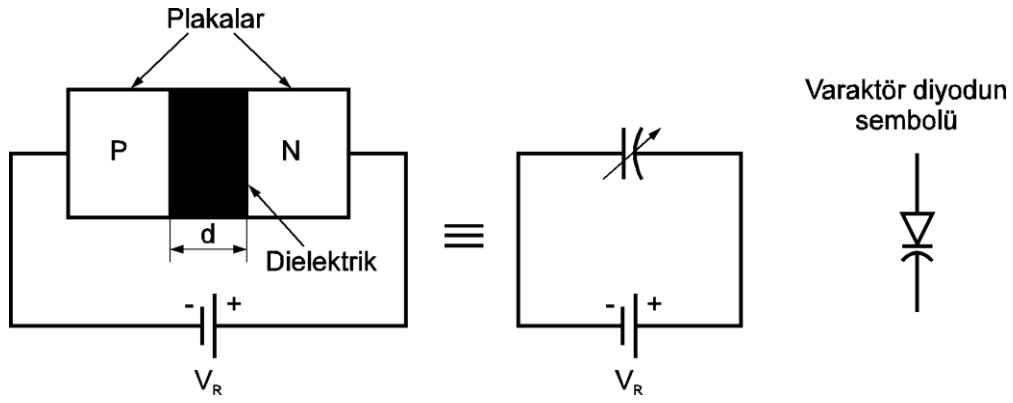
Şekil 2.19. İki yönlü kırpıcı

Varaktör Diyotlar

Ters gerilim uygulanan diyot bir kapasite gibi davranır. Normal diyotlarda ters gerilim uygulandığında bir boşluk bölgesi oluşur. Bu boşluk bölgesi uygulanan ters gerilim ile artar. Boşluk bölgesi akım geçirmediğinden yalıtkan kabul edilir. P ve N bölgeleri ise iletken olduğundan kapasitenin plakaları gibi davranır. Normal diyotların kapasitesi uygulanan ters gerilime bağlı olarak az miktarda değişir. Katkılama miktarı jonksiyon civarında artırılarak kapasitenin değişme oranı yükseltilebilir. Bu şekilde yapılan özel diyotlara varaktör diyot denir. Varaktör diyotların kapasitesi gerilimle değiştirebilir. Diyodun kapasitesi,

$$C = \epsilon \frac{A}{d}$$

olarak hesaplanır. Burada ϵ geçirgenlik, A jonksiyonun alanı ve d jonksiyonun genişliğidir. Diyoda ters gerilim uygulandığında oluşan kapasite ve varaktör diyodun eşdeğeri Şekil 2.20’de gösterilmiştir. Ters gerilim arttıkça boşluk bölgesi artar ve kapasite azalır. Kapasitenin gerilime bağlı değişimi Şekil 2.21’de gösterilmiştir. Bir potansiyometre ile diyoda gelen ters gerilim değiştirilerek varaktör diyodun kapasitesi kontrol edilebilir. Varaktör diyot, radyolarda frekansın ayarlanmasında ve televizyonların elektronik tuner devrelerinde yaygın olarak kullanılır.



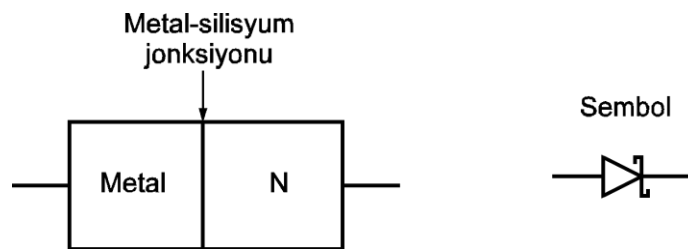
Şekil 2.20. Diyoda ters gerilim uygulandığında oluşan kapasite ve varaktör diyodun eşdeğeri.



Şekil 2.21 . Bir varaktör diyotta kapasitenin gerilime bağlı değişimi.

Schottky Diyotlar

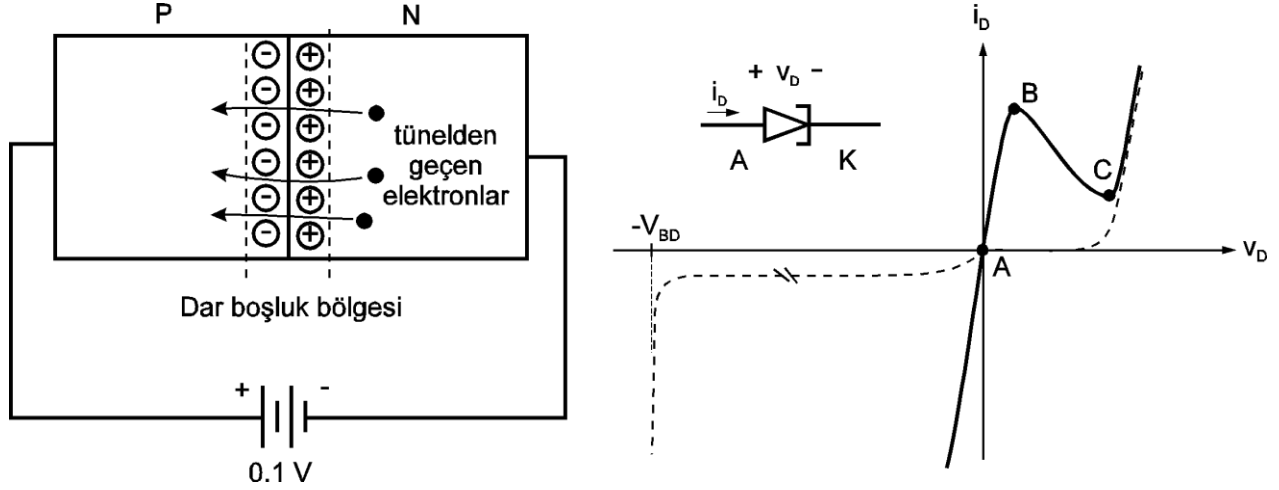
Schottky diyotlar çok yüksek frekanslarda ve hızlı anahtarlama uygulamalarında kullanılır. İletim gerilim düşümünün azlığı ve yüksek anahtarlama hızından dolayı özellikle anahtarlama güç kaynaklarında verim açısından tercih edilir. Hızlarının yüksekliği sebebiyle entegre (IC) devrelerde kullanılır. Schottky diyotta P tipi malzeme yerine altın, gümüş, platin gibi bir metal kullanılır. Metalde iletim bandında çok sayıda elektron mevcuttur. P-N diyodunda mevcut olan boşluk bölgesi Schottky diyotta yoktur ve düşük bir gerilimle iletme girer. Pozitif kutuplama ile N bölgesindeki yüksek enerjili elektronlar metale (P bölgesine) geçerek bu bölgedeki elektronların enerjilerini artırır. Schottky diyot, P-N diyoda göre çok hızlıdır. Çünkü bu diyot sadece çoğunluk akım taşıyıcıları ile çalışır. Serbest elektronların hareketi deliklerin hareketine göre çok hızlıdır. Schottky diyodun yapısı ve sembolü Şekil 2.22’de gösterilmiştir.



Şekil 2.22. Schottky diyodun yapısı ve sembolü.

Tünel Diyot

Tünel diyot, P ve N bölgelerinde jonksiyon civarındaki katkılanma miktarı artırılarak yapılan bir diyottur. Bilindiği gibi katkılama miktarının artırılması boşluk bölgesini daraltır ve zener gerilimini azaltır. Tünel diyotta boşluk bölgesinin genişliği normal diyodun yüzde biri kadar küçüktür. Bu nedenle çok küçük bir ileri gerilim diyottan akım geçmesine neden olur. Tünel diyodun yapısı, karakteristiği ve sembolü Şekil 2.23'te verilmiştir.



Şekil 2.23. Tünel diyodun yapısı, karakteristiği ve sembolü.

Şekilde gösterildiği gibi tünel diyodun karakteristiği belirli bir bölgeden sonra normal diyot ile aynıdır. Tünel diyodun çalışması şu şekildedir. A noktasında bir gerilim uygulanmamıştır ve diyottan akım geçmez. A noktasının altında çok küçük ters bir gerilim uygulandığında diyottan geçen akım ters gerilimle hızlı bir şekilde artar. Diyoda küçük bir pozitif gerilim uygulandığında akım geçer ve pozitif gerilimin artırılması ile akım artar. B noktasından C noktasına kadar akım azalır. B ile C arasında diyodun dinamik direnci negatiftir. Gerilimdeki artış akımda azalmaya neden olur. Tünel diyot bu özelliği nedeniyle osilatör devrelerinde kullanılır.

Tünel diyotta boşluk bölgesini geçen elektronların hızı, normal diyotta difüzyon ile yayılan elektronlara göre çok yüksektir. Tünel diyotta elektronlar P-N jonksiyonu civarında ışık hızına yakın bir hızla hareket eder. Tünel diyot bu nedenle çok yüksek frekanslarda (10^7 MHz'e kadar) kullanılabilir.

Işık Yayan Diyotlar (LED)

P-N diyot doğru yönde kutuplandığında, N-tipi malzemedeki serbest elektronlar difüzyon ile P bölgesine geçer. Elektronlar P bölgesinde deliklerle birleşerek valans elektron haline gelir. N bölgesinde iletim bandında bulunan elektronların, P bölgesinde valans bandına geçmeleri enerji kaybetmelerine neden olur. Bu enerji kaybı silisyum ve germanyum diyotlarda ısıya dönüşür. Galliyum arsenid ve galliyum fosfat gibi malzemelerden yapılan diyotlarda bu enerjinin bir miktarı ışık enerjisine (fotonlara) dönüşür. Yayılan ışığın enerjisi ve frekansı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$E = h \times f$$

$$h = 4.137 \times 10^{-15} \text{ : Planck sabiti (Elektronvolt / Hertz)}$$

ANALOG ELEKTRONİK

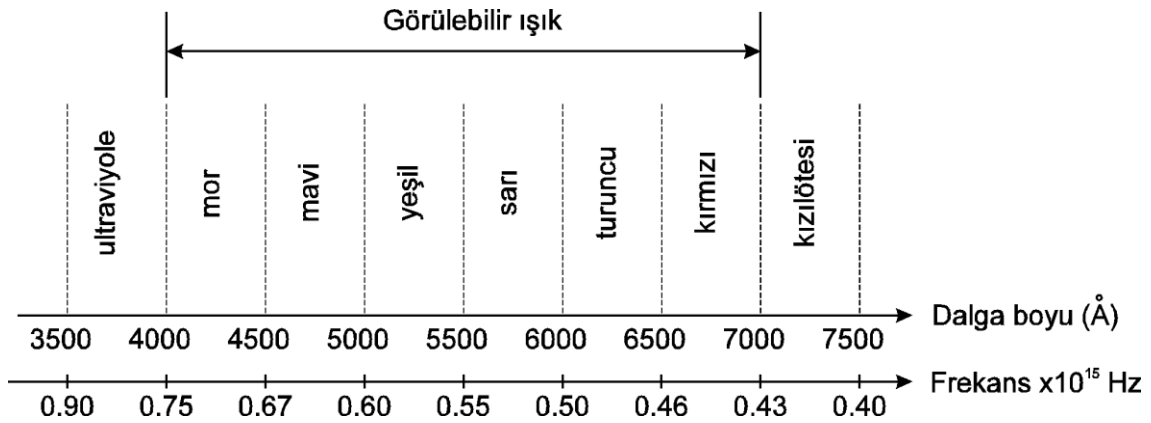
E burada elektronun kaybettiği enerjidir. Enerji ne kadar büyük olursa yayılan ışığın frekansı o kadar yüksektir. Elektronlar elektrik enerjisini taşıdığı gibi, fotonlar ışık enerjisini taşıyan, ağırlığı ve yükü olmayan küçük parçacıklardır. Işık emen cisim enerji almış olur ve ısınır. Bir madde ne kadar çok ısınırsa yaydığı ışıkların dalga boyları o kadar kısa olur. Işığın hızı ile elektromanyetik dalganın hızı aynı olup $c = 3 \times 10^8$ metre / saniye'dir. Işığın frekansı ile dalga boyu arasındaki ilişki aşağıda verilmiştir.

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

Dalga boyu, ışık veya elektromanyetik dalganın bir periyodunda kaç metre yol aldığını gösterir. Yüksek frekanslarda uzunluk birimi olarak metre yerine, milimetrenin onmilyonda biri olan angstrom kullanılır.

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ metre}$$

Farklı renkteki ışık enerjilerinin frekans ve dalga boyları Şekil 2.24'te gösterilmiştir. İnsan gözü 3800-7000 angstrom dalga boyundaki ışıkları görebilir. Gözün en iyi algıladığı renkler sarı ile sarı-yeşil renk bölgeleridir. Güneş ışığı bütün ışıkları eşit içerdiği için beyaz ışık olarak görünür.



Şekil 2.24. Işık enerjisinin frekans ve dalga boyu spektrumu.

Uygulama : 13

Dalga boyu 7000 Å olan kırmızı ışık fotonlarının enerjisini hesaplayınız.

Çözüm :

Işığın frekansı,

$$f = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^8}{7000 \times 10^{-10}} = 0.43 \times 10^{-15} \text{ Hz}$$

Fotonların enerjisi,

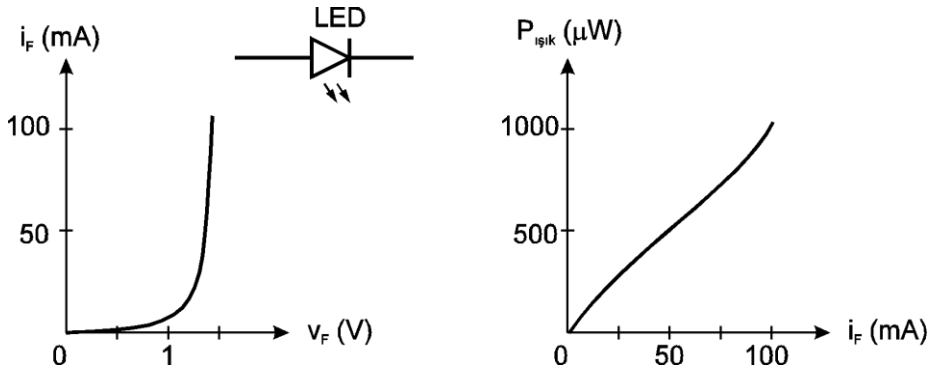
$$E = h \times f = 4.137 \times 10^{-15} \times 0.43 \times 10^{-15} = 1.78 \text{ eV.}$$

ANALOG ELEKTRONİK

Ledlerde galyum arsenit (GaAs), galyum fosfat (GaP), galyum arsenit fosfat (GaAsP) gibi maddeler kullanılır. Bu malzemelerin karıştırılması ve katkılama oranının ayarlanması ile LED'lerin istenilen dalga boyunda ışık vermesi sağlanır. LED'ler kırmızı, turuncu, sarı ve beyaz renklerde üretilmektedir.

LED Karakteristikleri

LED'in V-I karakteristiği, sembolü ve yaydığı ışığın gücü Şekil 2.25'te verilmiştir. LED'in iletim gerilim düşümü 1 V ve geçen akım 100 mA civarındadır. Buna rağmen ışığa dönüşen güç μ W seviyesindedir. Elektrik enerjisinin ışık enerjisine dönüşümündeki verim çok düşüktür. LED'lerin güç ihtiyacı 10 ile 150 mW arasında değişir ve ömürleri 100.000 saatten fazladır. LED'lerin ters dayanma gerilimleri 3-4 V civarındadır.



Şekil 2.25. LEDin V-I karakteristiği, sembolü ve yaydığı ışığın gücü.

Diyot Katalog Bilgileri

Genel olarak üreticilerin kataloglarda diyotlarla ilgili verdikleri bilgiler 3 kısımda toplanabilir. Bunlar ileri yönde akım-gerilim, ters yönde akım-gerilim ve sıcaklıkla ilgili değerlerdir. Ayrıca mekanik özellikler ve kısa bilgiler de verilir. Diyodun türüne göre parametre çeşitleri değişebilir. Örneğin, zener diyot ile doğrultucu diyodun kataloglarında farklılıklar mevcuttur. Aşağıda bir doğrultucu diyodunda kullanılan genel kısaltmalar ve açıklamaları verilmiştir.

Maksimum Değerler ve Termal Karakteristikler

- V_{RRM} : Ters yönde dayanabileceği pik gerilim
- V_{RMS} : Ters yönde dayanabileceği efektif gerilim
- V_{DC} : Ters yönde dayanabileceği DC gerilim
- $I_{F(AV)}$: Diyottan geçebilecek maksimum doğrultulmuş akım
- I_{FSM} : Diyottan geçebilecek tek bir yarım dalga sinüs şeklindeki akımın tepe değeri
- R_{Θ} : Termik direnç
- T_A : DC gerilimin tutulduğu maksimum sıcaklık
- T_J : Jonksiyonun çalışma sıcaklık aralığı

Elektriksel Karakteristikler

- V_F : İleri yönde maksimum ani gerilim düşümü
- I_R : Nominal ters DC gerilimde geçen maksimum ters akım
- C_J : Tipik jonksiyon kapasitesi