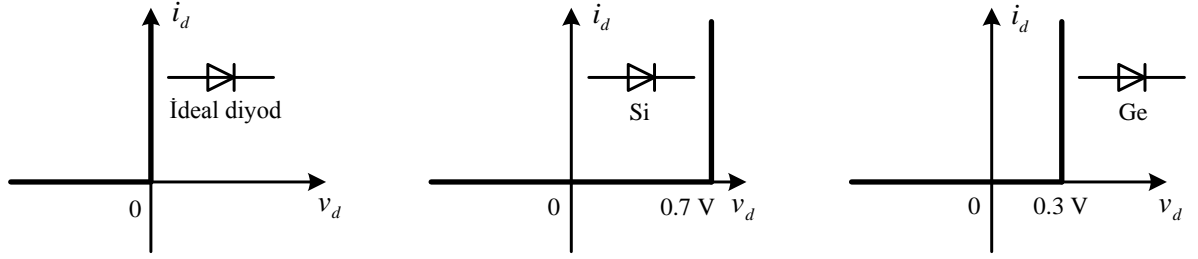


2. DİYOT UYGULAMALARI

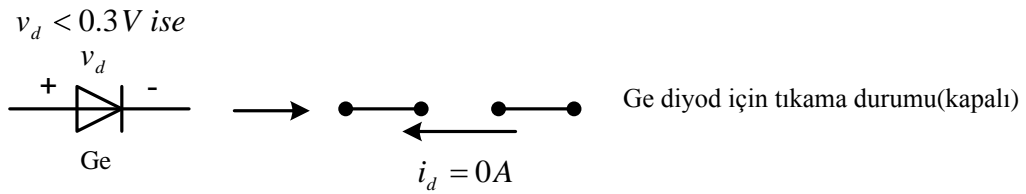
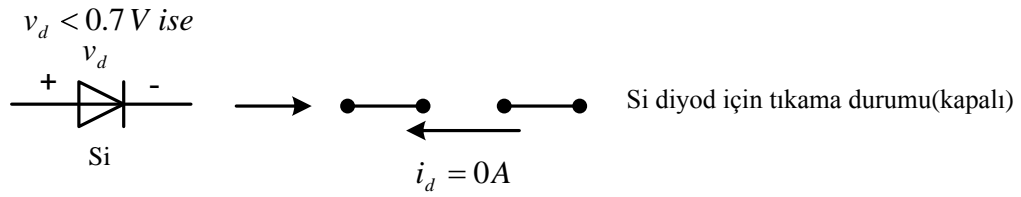
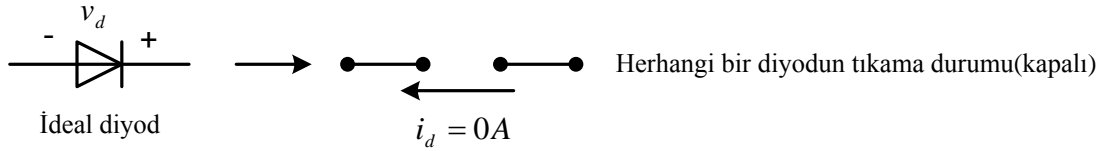
2.1 DC girişli seri diyot devreleri

Bundan sonraki analizlerde, yaklaşık diyot modeli için şekil 2.1 de verilen semboller kullanılacaktır.

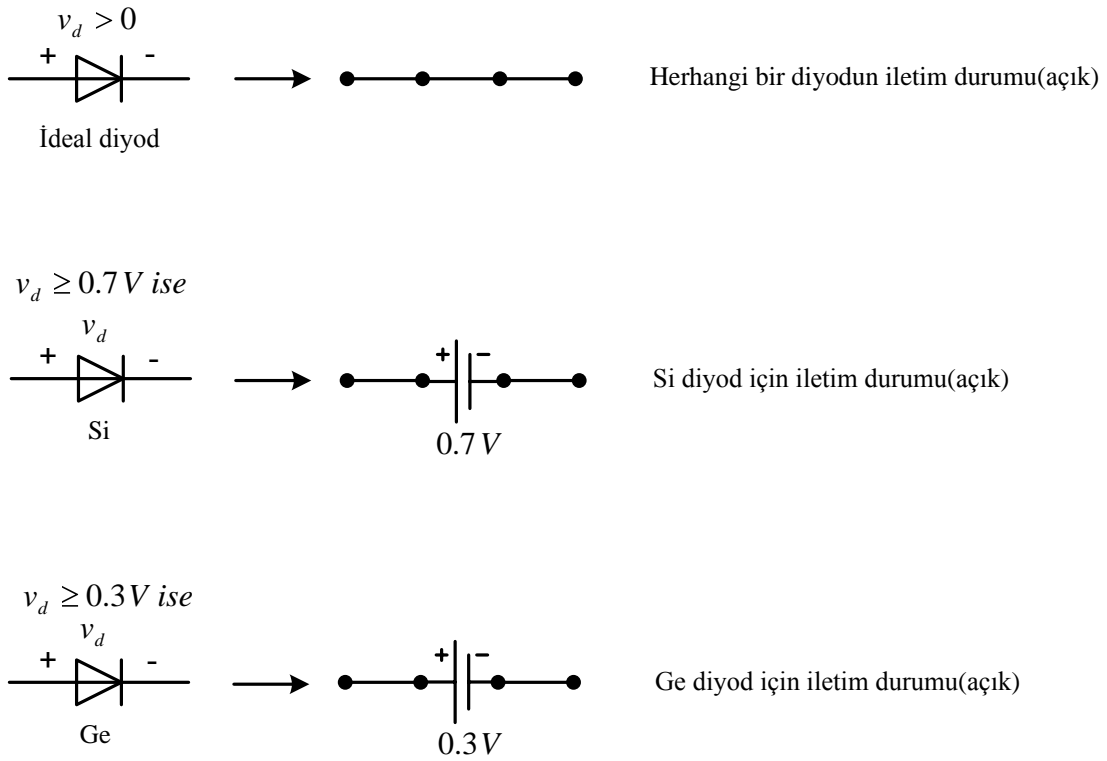


Şekil 2.1 Yaklaşık diyot modelleri

Bu modeller için, uygulanan gerilimin polaritesine göre diyetlerin iletim veya tıkama durumları şekil 2.2(a) ve (b) de verilmiştir.



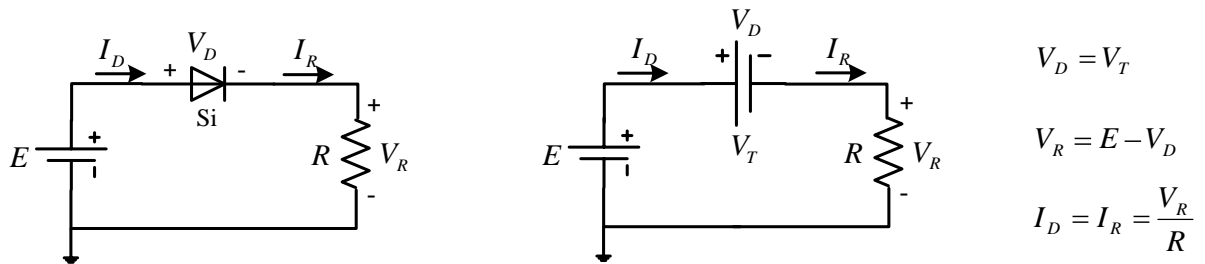
Şekil 2.2(a) Çeşitli diyot modelleri için iletim veya tıkama durumları



Şekil 2.2(b) Çeşitli diyot modelleri için iletim veya tıkama durumları

Eşdeğer devrelerde yer alan 0.7 ve 0.3 V luk gerilim kaynaklarının bağımsız birer gerilim kaynağı olmadığı unutulmamalıdır. Bu, diyotu ideal karakteristikten ayıran sapma geriliminin etkilerini dahil etmek için kullanılan bir gösterimdir.

Uygulanan ileri öngerilimin büyüklüğü diyotun davranışları üzerinde belirgin bir etkiye sahiptir. Açık devre durumu için akım sıfırdır. Kısa devre durumunda ise, akım diyotun bağlı olduğu devre tarafından belirlenecektir. Bu değer, diyotun maksimum nominal(anma) değerinden daha büyük olmamalıdır. Ancak ideal olarak, ileri öngerilimli bir diyot üzerinde sabit bir gerilim düşümü olacak (ideal diyot için 0 V, Si için 0.7 V, Ge için 0.3 V) ve akım, diyotun içinde bulunduğu devre tarafından belirlenecektir.



Şekil 2.3 Diyot iletim durumu

Şekil 2.3 deki devrede, V_T ters karşı koyma gerilimini karşılamaya yeterli gerilim olduğu sürece diyot iletim (açık) durumdadır. Yani $E > V_T$ ise diyot iletimdedir.

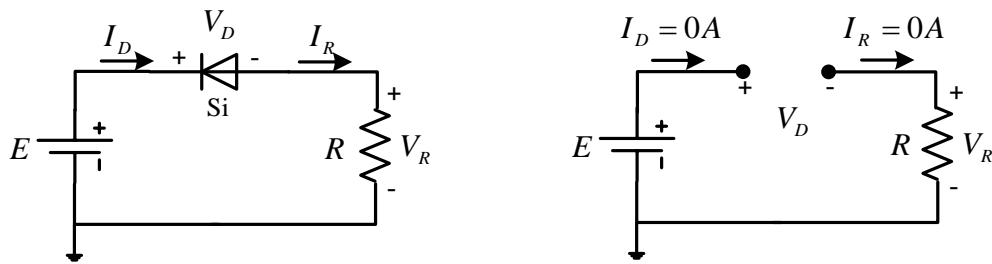
Yine şekil 2.3 deki devrede, $E = 8V$, $R = 2.2 k\Omega$ ve diyot silisyum ($V_T = 0.7V$) ise, V_D , V_R ve I_R yi bulalım.

$$V_D = 0.7V$$

$$V_R = E - V_T = 8 - 0.7 = 7.3V$$

$$I_R = I_D = \frac{V_R}{R} = \frac{7.3V}{2.2 k\Omega} \cong 3.32 mA$$

Aynı işlemi diyotu ters çevirerek tekrarlayacak olursak şekil 2.4 deki devreye geliriz.



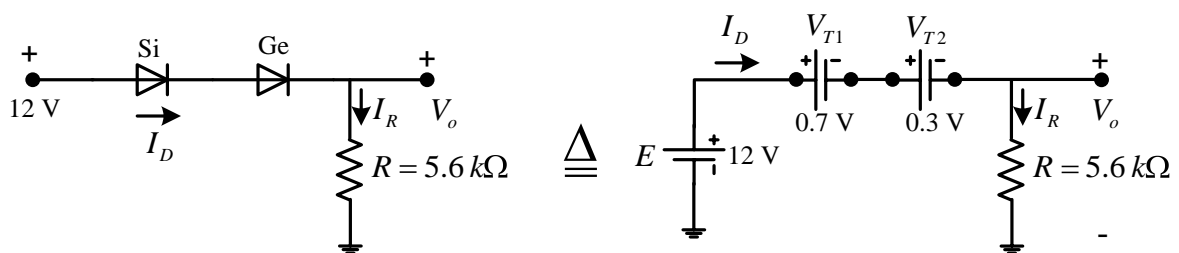
Şekil 2.4 Diyot tıkama durumu

$$E - V_D - V_R = 0V$$

$$V_D = E - V_R = E - 0 = 8V$$

$$I_R = I_D = \frac{V_R}{R} = \frac{0}{2.2 k\Omega} = 0A$$

Örnek: Şekil 2.5 deki seri devre için V_o ve I_D yi bulunuz.



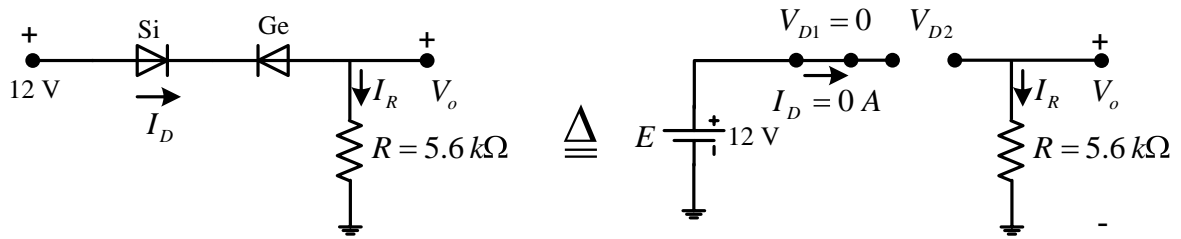
Şekil 2.5

$12 > 0.7 + 0.3 = 1$ olduğundan diyotlar iletim durumundadırlar. Bu durumda;

$$V_o = E - (V_{T1} + V_{T2}) = 12 - (0.7 + 0.3) = 11 \text{ V}$$

$$I_D = I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{V_o}{R} = \frac{11 \text{ V}}{5.6 \text{ k}\Omega} \cong 1.96 \text{ mA}$$

Örnek: Şekil 2.6 daki devre için I_D , V_{D2} ve V_o ı bulunuz.



Şekil 2.6

$$V_R = R.I_R = R.I_D = (5.6 \text{ k}\Omega) \times 0 = 0 \text{ V}$$

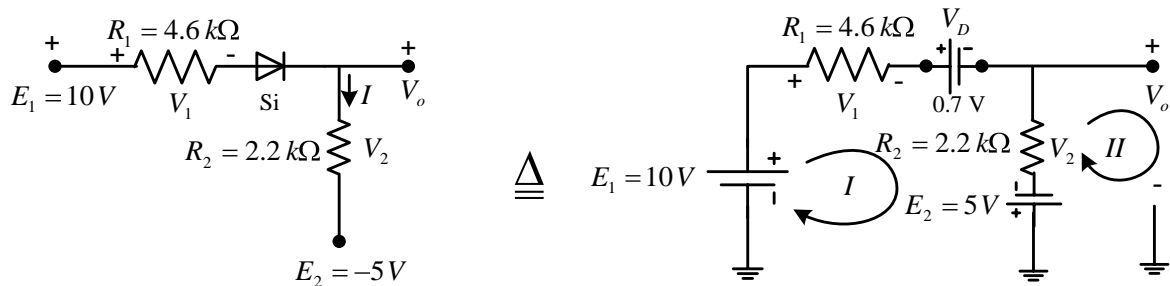
$$V_{D2} = V_{\text{acikdevre}} = E = 12 \text{ V}$$

$$E - V_{D1} - V_{D2} - V_o = 0$$

$$V_{D2} = E - V_{D1} - V_o = 12 - 0 - 0 = 12 \text{ V}$$

$$V_o = 0 \text{ V}$$

Örnek: Şekil 2.7 deki seri bağlı dc devresi için I , V_1 , V_2 ve V_o ı bulunuz.



Şekil 2.7

Görüldüğü gibi diyot iletim durumundadır. Birinci çevre için kirchhoff gerilim yasasını uygularsak;

$-E_1 - E_2 + V_D + R_1.I + R_2.I = 0$ olur. Buradan I akımını çekersek;

$$I = \frac{E_1 + E_2 - V_D}{R_1 + R_2} = \frac{10V + 5V - 0.7V}{4.6k\Omega + 2.2k\Omega} = \frac{14.3V}{6.8k\Omega} \cong 2.1mA$$

$$V_1 = R_1.I = 4.6k\Omega \times 2.1mA = 9.66V$$

$$V_2 = R_2.I = 2.2k\Omega \times 2.1mA = 4.62V$$

İkinci çevre için kirchhoff gerilim yasasını uygularsak;

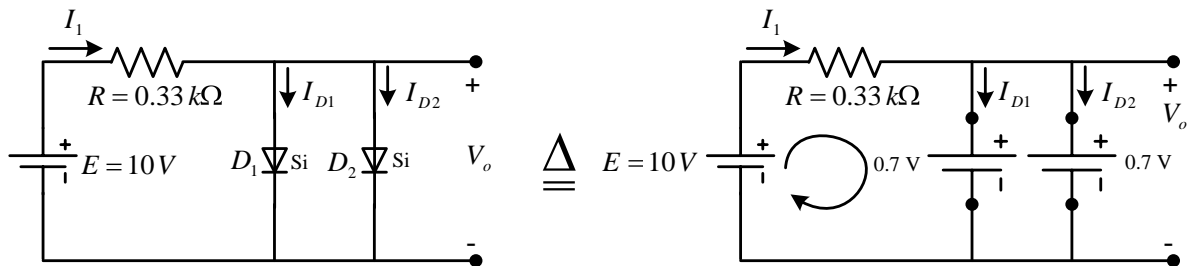
$$V_o + E_2 - V_2 = 0$$

$$V_o = V_2 - E_2 = 4.62 - 5 = -0.38V$$

(-) işareti V_o in yukarıdaki şekilde gösterilen polaritenin tersi bir polariteye sahip olduğunu gösterir.

2.2 Paralel ve seri-paralel devreler

Örnek: Şekil 2.8 deki paralel diyot devresi için V_o , I_1 , I_{D1} ve I_{D2} yi bulunuz.



Şekil 2.8

$$V_o = 0.7V$$

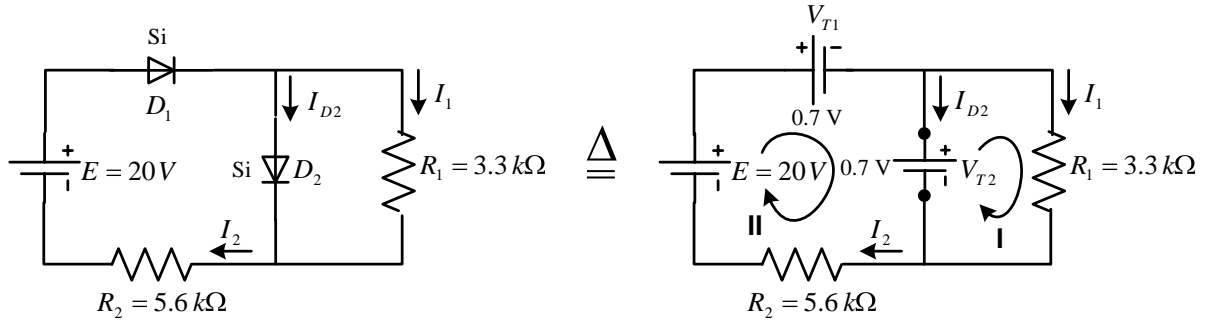
$$-E + R.I_1 + V_D = 0 \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{E - V_D}{R} = \frac{10V - 0.7V}{0.33k\Omega} = 28.18mA$$

Şekil 2.8 deki diyotlar benzer karakteristiklere sahip olduklarından

$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{I_1}{2} = \frac{28.18 \text{ mA}}{2} = 14.09 \text{ mA}$$

Bu devrede şayet tek diyot olsa idi ve bu diyotun anma akımı 20 mA olsaydı, devreden 28.18 mA akacağı için bu diyot hasar görürdü. Paralel iki diyot kullanmak suretiyle aynı uç gerilimi ile akım 14.09 mA gibi güvenli bir düzeyde sınırlandırılmıştır.

Örnek: Şekil 2.9 daki devrede I_1 , I_2 , ve I_{D2} akımlarını bulunuz.



Şekil 2.9

Şekil 2.9 dan görüldüğü gibi, uygulanan gerilim, her iki diyotu iletim durumuna getirecek şekildedir.

Birinci çevre için Kirchhoff gerilim yasasını uygularsak;

$$I_1 = \frac{V_{T2}}{R_1} = \frac{0.7 \text{ V}}{3.3 \text{ k}\Omega} = 0.212 \text{ mA}$$

İkinci çevre için Kirchhoff gerilim yasasını uygularsak;

$$-E + V_{T1} + V_{T2} + R_2 \cdot I_2 = 0$$

$$I_2 = \frac{E - V_{T1} - V_{T2}}{R_2} = \frac{20 \text{ V} - 0.7 \text{ V} - 0.7 \text{ V}}{5.6 \text{ k}\Omega} = \frac{18.6 \text{ V}}{5.6 \text{ k}\Omega} = 3.32 \text{ mA}$$

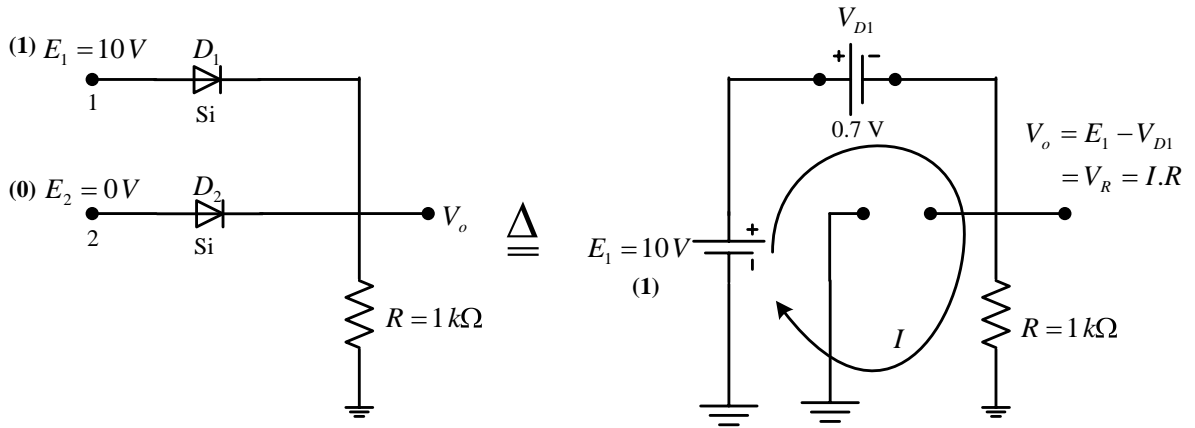
$$I_2 = I_{D2} + I_1 \quad \Rightarrow \quad I_{D2} = I_2 - I_1 = 3.32 \text{ mA} - 0.212 \text{ mA} = 3.108 \text{ mA}$$

2.3 VE / VEYA mantık kapıları

10 V düzeyi Boole cebrine göre (1), 0 V düzeyi ise Boole cebrine göre (0) olarak verilir.

VEYA kapısı girişlerden biri veya ikisi birden 1 olduğu zaman çıkış gerilim düzeyini 1 yapar. Her iki giriş sıfır olduğunda çıkışta sıfırdır.

Örnek: Şekil 2.10 daki VEYA kapısı için çıkış düzeyini bulunuz.



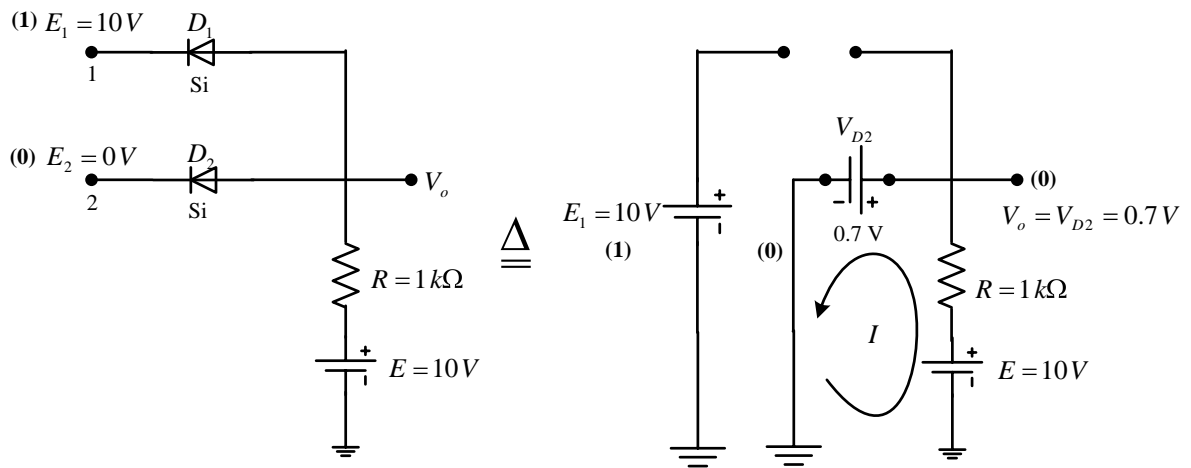
Şekil 2.10

D_1 diyotu 1 ucuna uygulanan 10 V' tan dolayı iletim, D_2 diyotu da 2 ucundaki 0 V' tan dolayı tıkama durumundadır. D_1 in iletim durumu $V_o = E_1 - V_{D1} = 10 - 0.7 = 9.3V$ düzeyinde bir gerilim oluşturmaktadır. D_2 nin (-) katod tarafına 9.3 V ve anod (+) tarafında 0 V ile, D_2 kesinlikle tıkama durumundadır. Çıkış gerilim düzeyi 10 V luk düzeyde değildir ama 9.3 V luk bir değer çıkışın 1 düzeyinde olduğunu kabul etmek için yeteri kadar büyüktür. Akım ise,

$$I = \frac{E_1 - V_{D1}}{R} = \frac{10V - 0.7V}{1k\Omega} = 9.3mA \text{ olur.}$$

Örnek: Şekil 2.11 deki VE kapısı için çıkış düzeyini bulunuz.

D_2 diyotu iletimde olduğundan $V_o = 0.7V$ düzeyindedir. D_1 in anodunda 0.7 V, katodunda da 10 V olduğu için kesinlikle tıkamadadır. Bu durumda saat yönünün tersi istikamette iç taraftaki devreye Kirchhoff gerilim yasasını uygularsak;



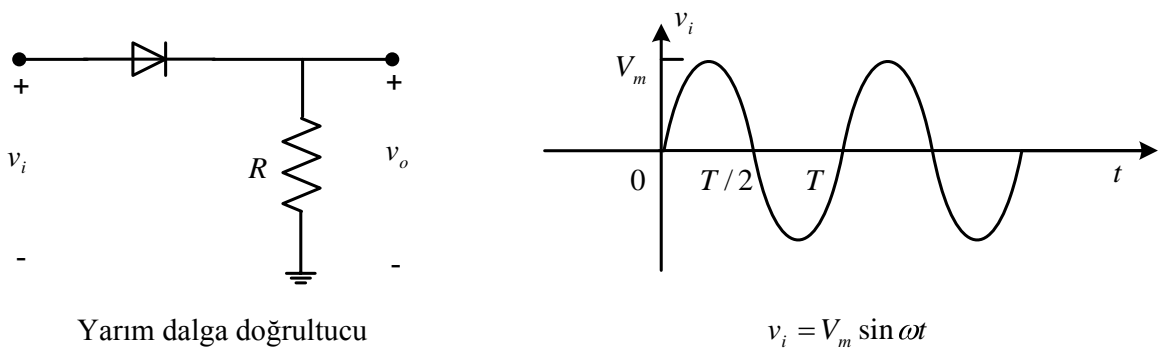
Şekil 2.11

$$-E + V_{D2} + R.I = 0 \quad \Rightarrow \quad I = \frac{E - V_{D2}}{R} = \frac{10V - 0.7V}{1k\Omega} = 9.3mA \text{ olacaktır.}$$

Bu nedenle şekil 2.11 den de görüleceği üzere, VE kapısında girişlerden biri (0) seviyesinde ise çıkışın da (0) seviyesinde olacağı kanıtlanmış olur.

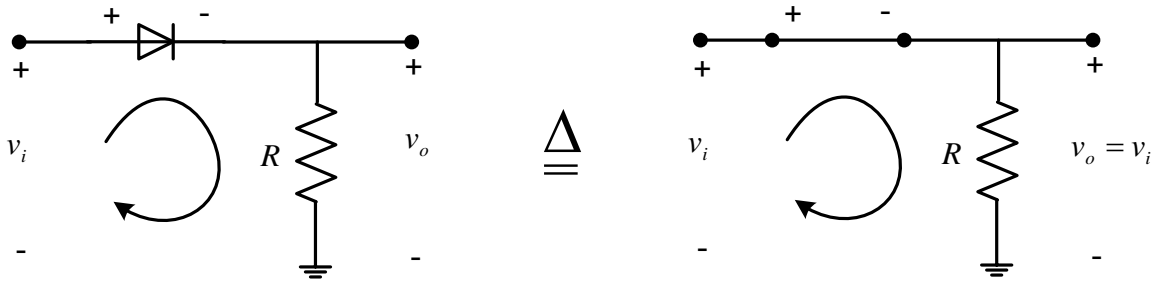
2.4 Yarım dalga doğrultma

Şekil 2.12 de gösterilen devreye T periyotlu sinüzoidal bir işaret (gerilim) uyguladığımızı düşünelim. İdeal diyot modelini kullanmak suretiyle devreyi analiz edelim.



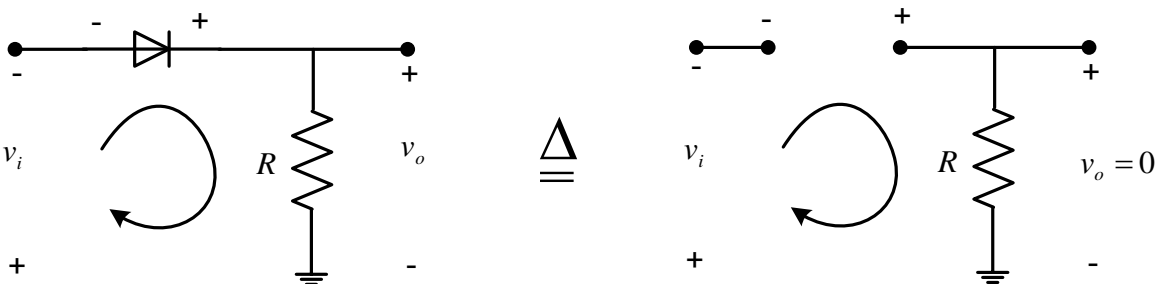
Şekil 2.12

Şekil 2.13 den de görüldüğü üzere, $0 - T/2$ periyodu aralığında $v_o = v_i \Rightarrow i = v_o / R$



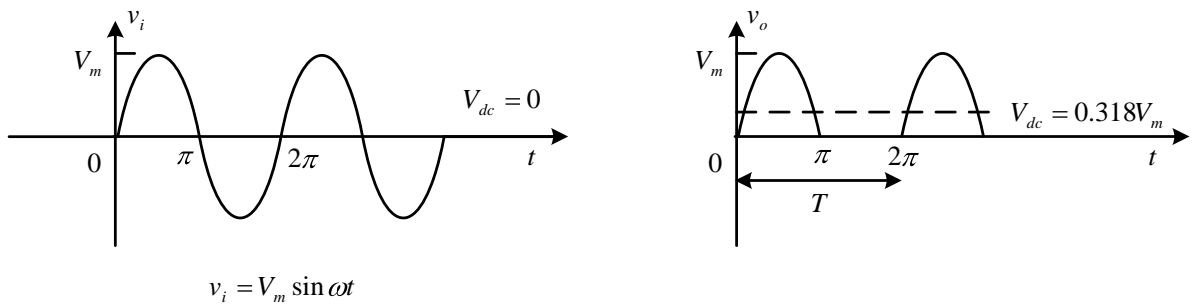
Şekil 2.13

Şekil 2.14 den de görüldüğü üzere, $T/2 - T$ periyodu aralığında $v_o = 0 \Rightarrow i = v_o / R = 0$



Şekil 2.14

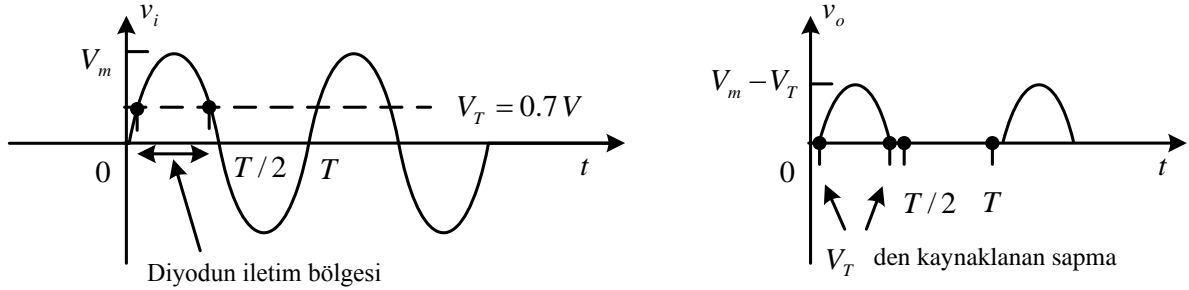
Bu analiz neticesinde v_o çıkış geriliminin dalga şekli şekil 2.15 deki gibi olacaktır.

Şekil 2.15 v_o çıkış geriliminin dalga şekli

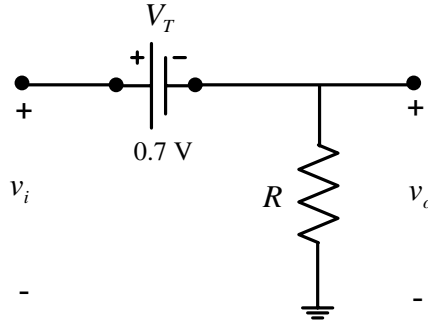
Şekil 2.15 den de görüldüğü gibi, ilk yarı periyotta işaret var, ikinci yarı periyotta işaret yoktur. Dolayısı ile çıkışta doğrultulmuş gerilimin ortalama değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$V_{dc} = \frac{1}{2\pi} \int_0^\pi V_m \sin \omega t d(\omega t) = -\frac{V_m}{2\pi} \cos \omega t \Big|_0^\pi = -\frac{V_m}{2\pi} (-1 - 1) = \frac{V_m}{\pi} = 0.318V_m \text{ Volt}$$

$V_T = 0.7 V$ olan bir silisyum diyot durumunda, giriş ve çıkış dalga şekilleri ile eşdeğer devre şekil 2.16 daki gibi olacaktır.



Şekil 2.16

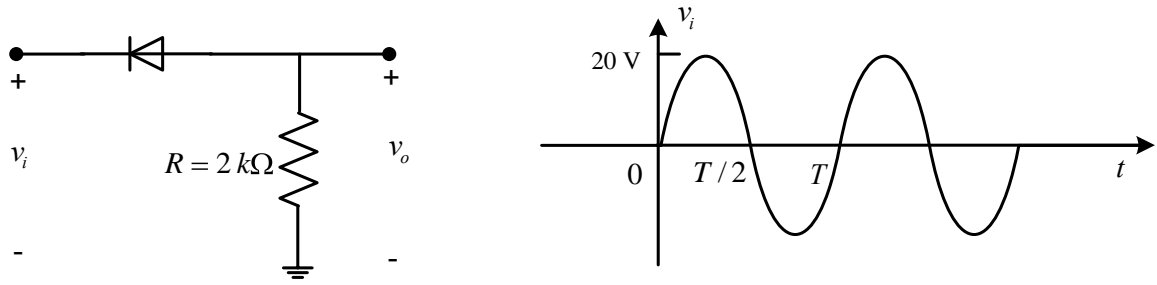


Şekil 2.17

Şekil 2.17 deki 0,7 voltluk net etki, eksen üzerinde kalan alanın küçülmesi şeklinde ortaya çıkacaktır. Bu da, doğal olarak sonuçta elde edilen dc gerilim düzeyini düşürecektir. Eğer $V_m \gg V_T$ ise, V_T ihmal edilip, $V_{dc} \equiv 0.318V_m$ alınabilir. V_m nispeten V_T ye yakın bir düzeyde ise, tepe değerini, kayma gerilimi (V_T) kadar düşürerek kullanmak suretiyle yaklaşık bir değer bulunabilir. Sağ ve sol kenarlardaki saçaklama alanlarının ihmal edilmesi nedeniyle meydana gelen farklılık, normalde ciddi sorun yaratmayacak büyüklüktedir. Bu nedenle;

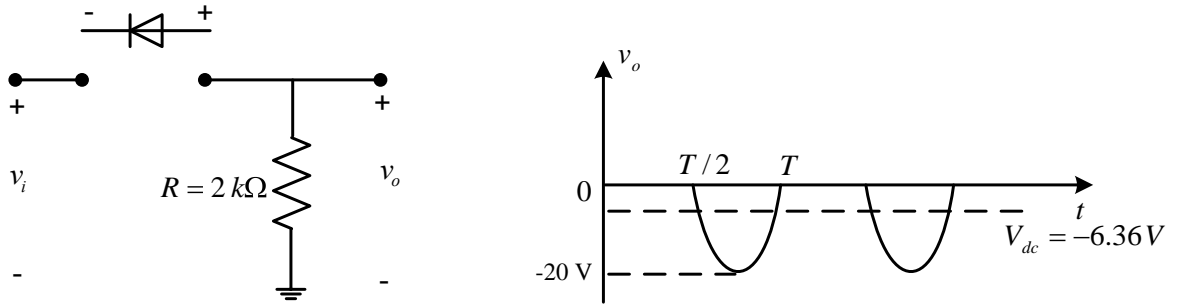
$$V_{dc} = 0.318(V_m - V_T)$$

Örnek: Şekil 2.18 deki devrede V_o çıkışını, ideal diyot ve silisyum diyot durumları için ayrı ayrı çizin ve çıkışın dc düzeyini bulunuz.

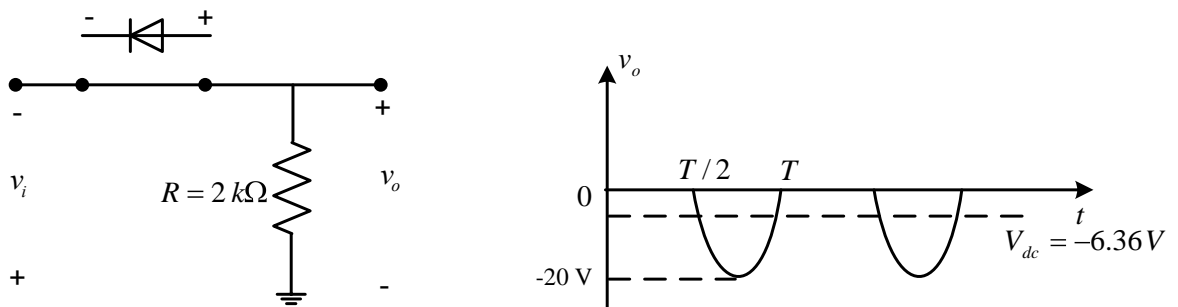


Şekil 2.18

İdeal diyot durumu için eşdeğer devre ve çıkış geriliminin dalga şekli $0-T/2$ ve $T/2-T$ periyotlarında şekil 2.19 ve şekil 2.20 de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.19



Şekil 2.20

Bu durumda diyot, girişin negatif yarısı boyunca iletimde olacak ve V_o aynen görünecektir. Buna göre ideal diyot için dc düzeyi, bir tam periyot için aşağıdaki gibi verilir.

$$V_{dc} = -0.318V_m = -0.318 \times 20 = -6.36\text{ V}$$

Ayrıca Si diyot için dc düzeyi ise, bir tam periyot için aşağıdaki gibi verilir.

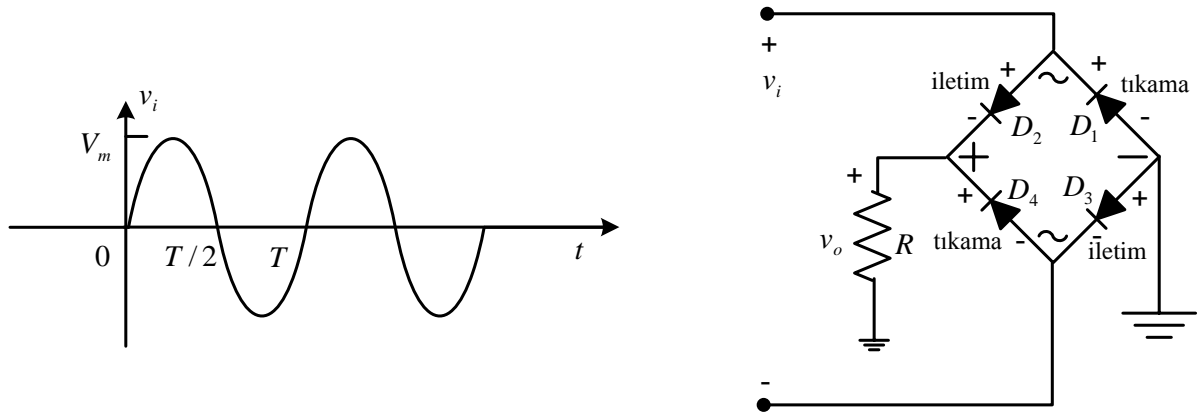
$$V_{dc} = -0.318(V_m - 0.7) = -0.318(20 - 0.7) = -0.318 \times 19.3 \cong -6.14 V$$

Sonuçta dc düzeyindeki düşme 0.22V yani %3.5 kadardır. Diyotun ters tepe gerilimi(PIV-Peak Inverse Voltage) anma (nominal) değeri, doğrultucu sistemlerin tasarımında önemlidir. Bunun, geri öngerilimleme bölgesinde çalışıldığında, aşılmaması gereken anma gerilim değeri olduğunu, aksi takdirde diyotun, zener çık bölgesine gireceği unutulmamalıdır. Yarım dalga doğrultucu için gereken PIV anma değeri, Kirchhoff gerilim yasası uygulandığında, uygulanan gerilimin tepe değerine eşit olması veya onu aşmaması gerektiği görülür. Buradan;

$$(PIV)_{anmadegeri} = (V_m)_{yarımdalga\ doğrultucu}$$

2.5 Tam dalga doğrultma(köprü doğrultucu)

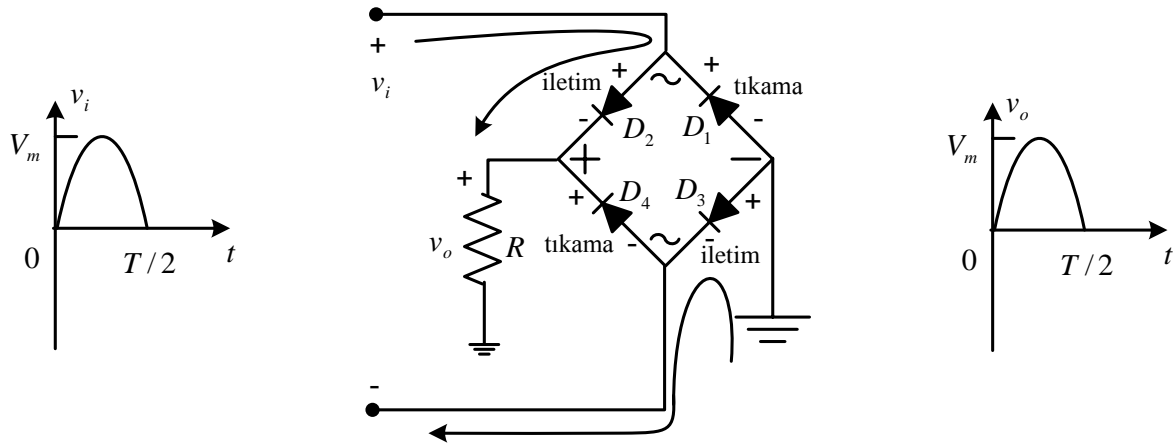
Bunun için kullanılan en yaygın devre, köprü düzeninde bağlanmış dört diyotlu devre şekil 2.21 de gösterilmiştir. Girişin polaritesi (kutuplanması), t nin sıfırdan $T/2$ ye kadar olan periyotta, şekil 2.22 de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.21

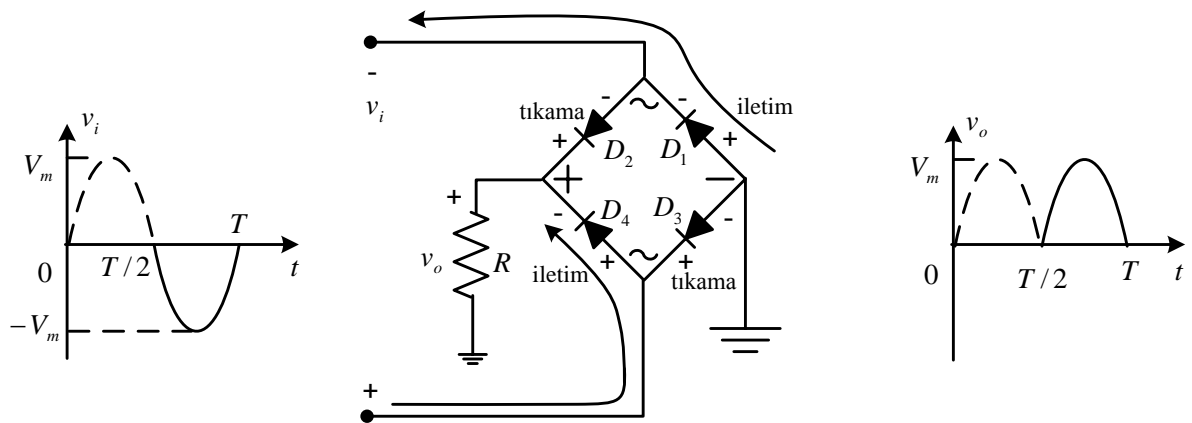
Girişin pozitif bölgesinde, D_2 ve D_3 diyotları iletimde iken, negatif bölgesinde D_1 ve D_4 diyotları iletimdedir. Diyotlar ideal kabul edildiği için, R yük direnci üzerindeki yük gerilimi $v_o = v_i$ olur. Her iki periyot için iletim durumları şekil 2.22 ve şekil 2.23 de gösterilmiştir.

$0-T/2$ aralığında;



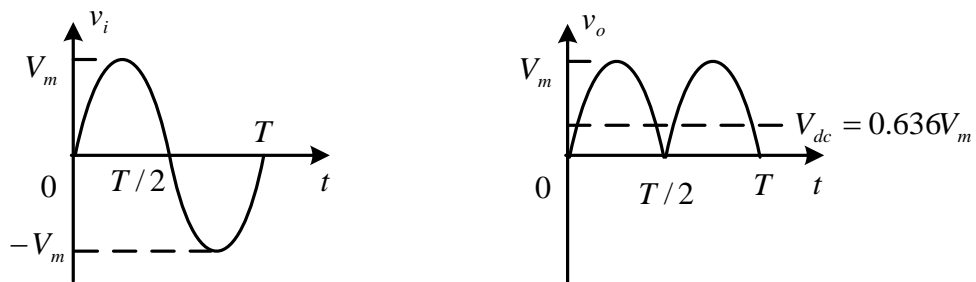
Şekil 2.22

$T/2-T$ aralığında;



Şekil 2.23

Bu iki aralık için yapılan analiz neticesinde elde edilen çıkış dalga biçimi şekil 2.24 deki gibi olup, bunun integrasyonu sonucunda elde edilen doğru gerilim(ortalama değer) aşağıdaki gibi hesaplanır.



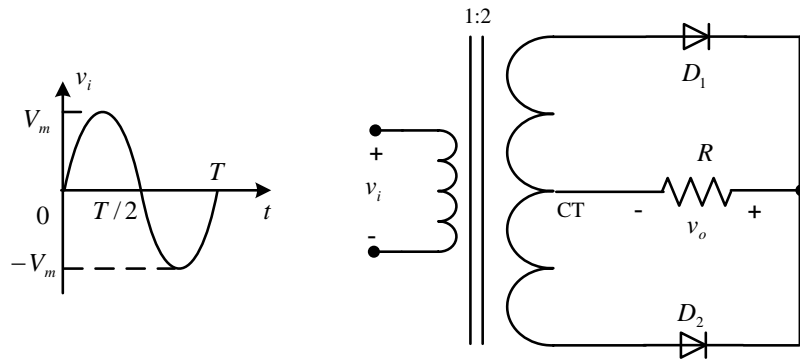
Şekil 2.24

$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{T/2} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \cdot V_m (-\cos \omega t) \Big|_0^{T/2=\pi} = -\frac{V_m}{\pi} (-1 - 1) = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m$$

Yukarıdaki elde edilen gerilim $V_m \gg 2V_T$ olması durumunda geçerlidir. Eğer V_m , $2V_T$ ye yakın ise, ortalama değer $V_{dc} \cong 0.636(V_m - 2V_T)$ şeklinde hesaplanır. Her bir ideal diyot için gereken PIV, giriş sinyalinin pozitif bölgesindeki tepe değerinden elde edilebilir. Tam dalga köprü doğrultucu için $PIV = V_m$ dir.

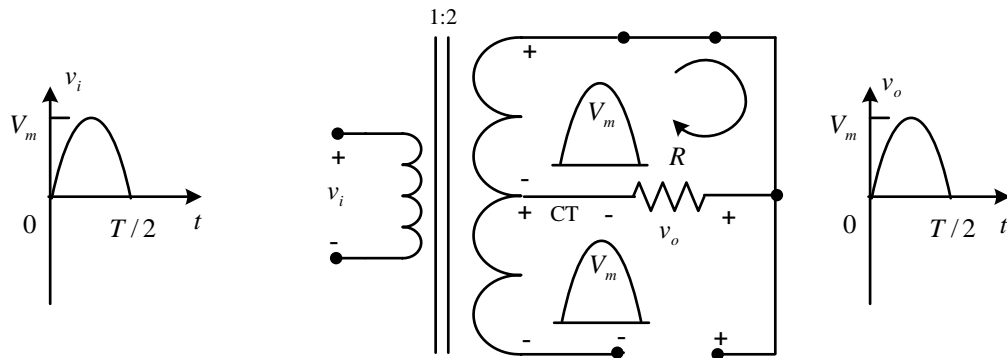
2.6 Tam dalga doğrultma(orta uçlu transformatörlü doğrultucu)

İkinci ve yaygın olarak kullanılan, orta uçlu bir transformatör ve iki adet diyottan meydana gelen tam dalga doğrultucu şekil 2.25 de gösterilmiştir.



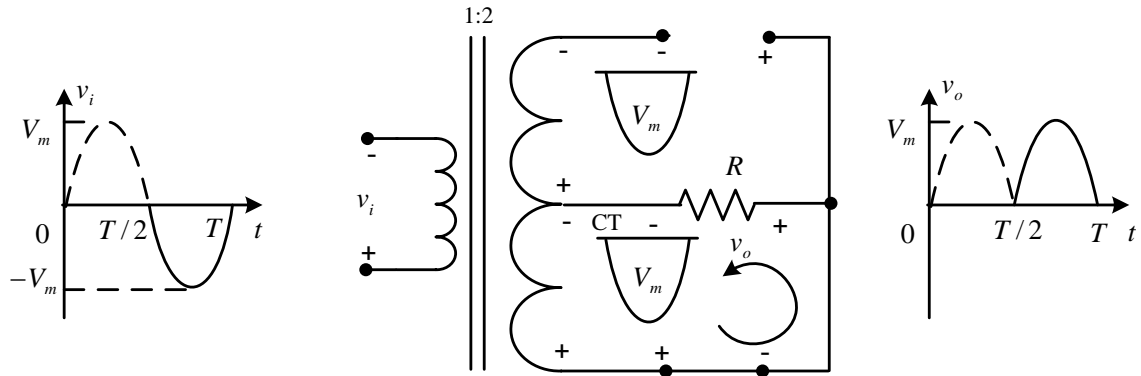
Şekil 2.25

Transformatörün primer sargısına uygulanan v_i giriş geriliminin pozitif kısmı etkin iken, v_o çıkış gerilimi şekil 2.26 daki gibi olur.



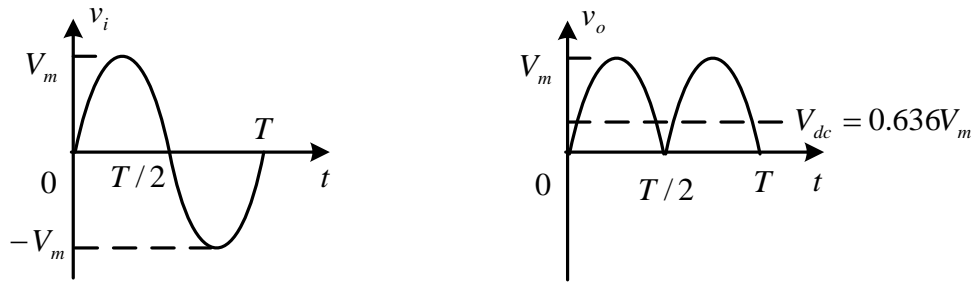
Şekil 2.26

Girişin negatif bölümü etkin iken ise devre şekil 2.27 daki gibi olur.



Şekil 2.27

Sonuçta yük üzerindeki gerilimin dalga şekli şekil 2.28 de verilir ve ortalama değeri de aşağıdaki gibi hesaplanır.

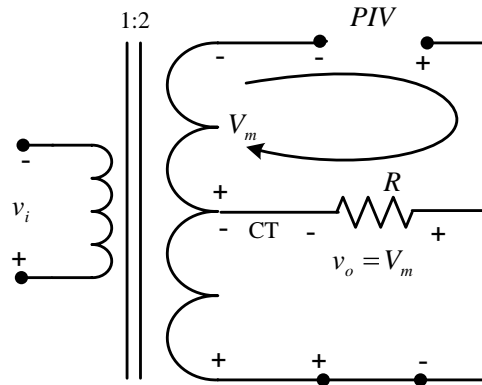


Şekil 2.28

$$V_o = \frac{1}{\pi} \int_0^{T/2} V_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \cdot V_m (-\cos \omega t) \Big|_0^{T/2=\pi} = -\frac{V_m}{\pi} (-1 - 1) = \frac{2V_m}{\pi} = 0.636V_m$$

Şekil 2.29 daki devreye Kirchhoff gerilim yasasını uygularsak, üç uçlu transformatörlü tam dalga doğrultucunun PIV değerini de aşağıdaki gibi bulabiliriz.

$$V_{\text{sekonder}} + V_R - PIV = 0 \Rightarrow PIV = V_m + V_m = 2V_m$$



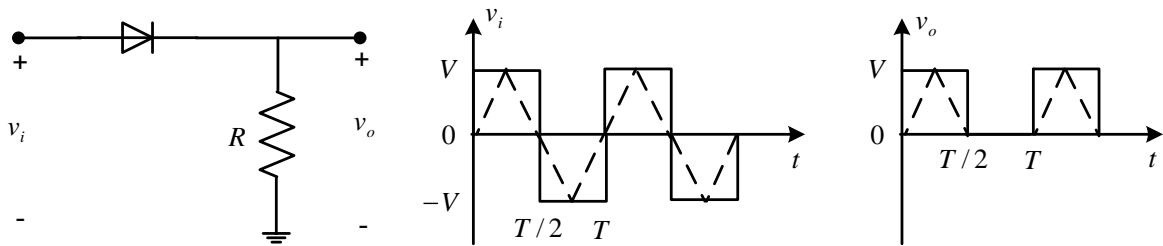
Şekil 2.29

2.7 Kırpıcı devreler

Değişken dalga biçiminin geri kalan kısmını bozmadan, giriş sinyalinin bir bölümünü kırpma özelliğine sahip olan devrelere kırpıcı devreler denir. Yarım dalga doğrultucu, bir diyotlu kırpıcının en basit örneklerinden biridir. Devre, diyotun yönüne bağlı olarak giriş sinyalinin pozitif veya negatif bölgesini kırpar. Kırpıcılar seri ve paralel olmak üzere ikiye ayrılırlar. Seri devrelerde diyot yüke seri, paralel devrelerde ise paralel bağlıdır.

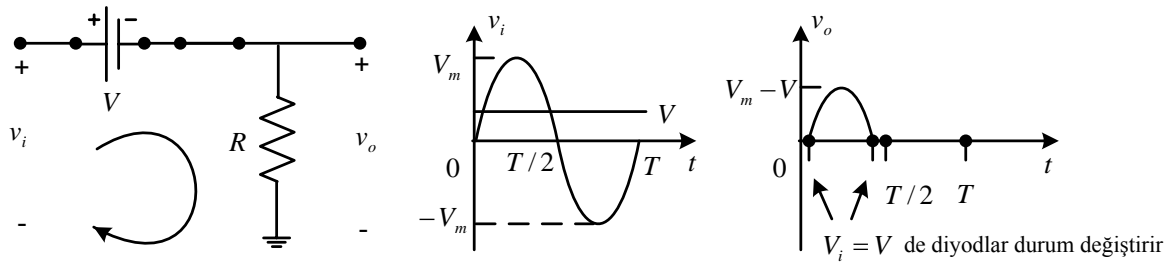
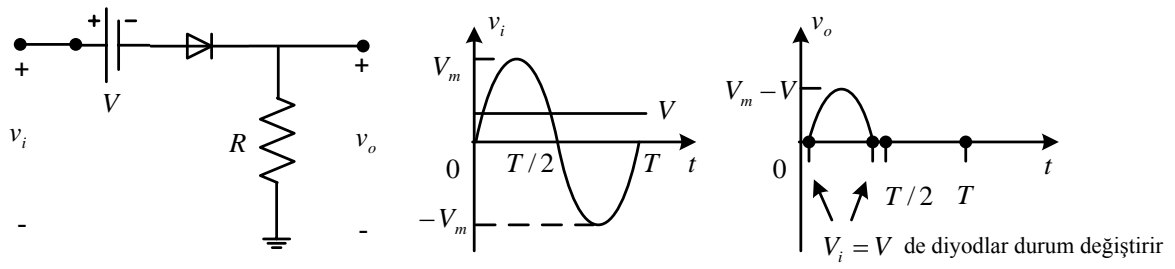
2.7.1 Seri kırpıcılar

Seri kırpıcılarda diyot yüke aşağıdaki gibi seri bağlıdır.



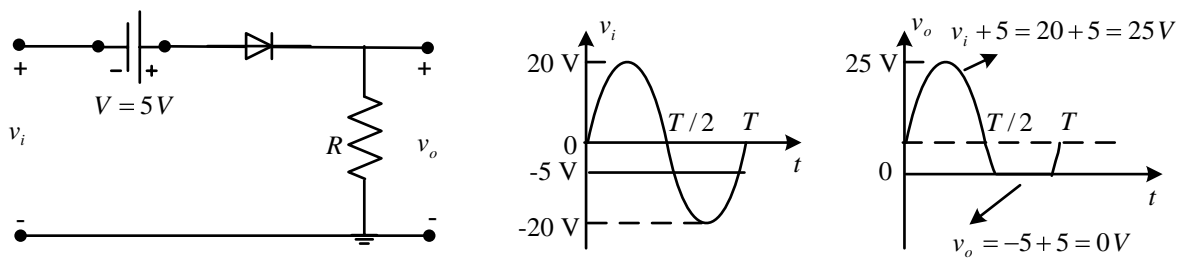
Şekil 2.30

Örnek: Şekil 2.31 deki devrede V_o çıkışını, ideal diyot için bulunuz.



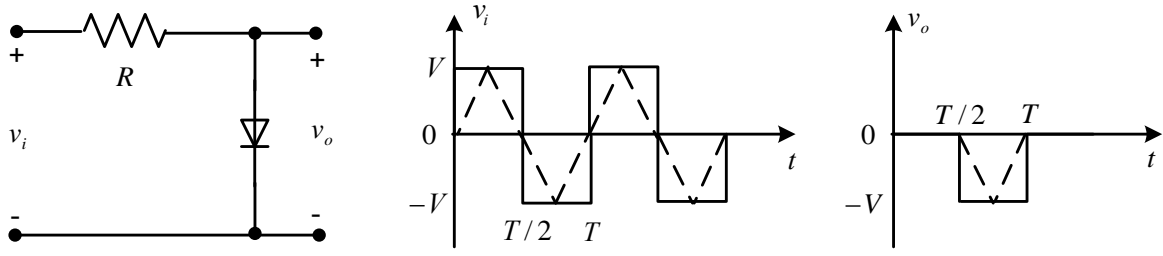
$$-v_i + V + v_o = 0 \Rightarrow v_o = v_i - V$$

Örnek: Şekil 2.33 deki seri kırpıcı devrenin çıkışını belirleyiniz.



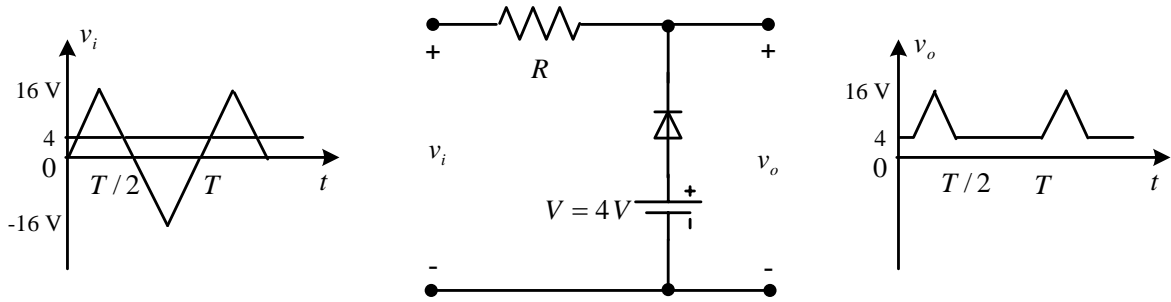
2.7.2 Paralel kırpıcılar

Paralel kırpıcılarda diyot yüke aşağıdaki gibi paralel bağlıdır.



Şekil 2.34

Örnek: Şekil 2.35 deki devrenin girişine yine aynı şekilde gösterilen testere dişi bir işaret uygulandığında, devrenin çıkış geriliminin zamana göre değişimini çiziniz.



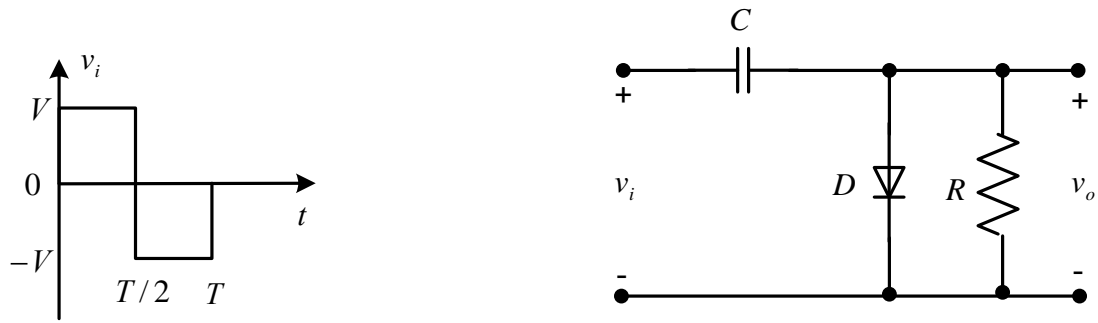
Şekil 2.35

$v_i = 4V$ olana kadar 4 voltluk dc kaynağın etkisi ile diyot iletimde ve çıkış gerilimi $v_o = 4V$ dur. $v_i > 4V$ dan sonra diyot tıkamada ve direnç üzerinde bir gerilim düşümü olmadığından dolayı ($i_d = 0$), giriş gerilimi aynen çıkış üzerinde gözükülecektir ve $v_o = v_i$ olur.

2.8 Kenetleme devreleri

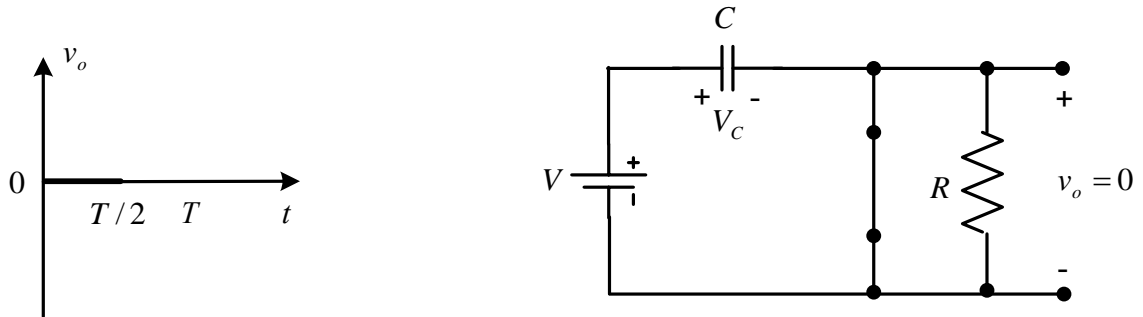
Kenetleyici, bir sinyali (işareti) farklı bir dc düzeyine “kenetleyebilen” bir devredir. Devrede bir kondansatör, bir diyot ve bir direnç bulunmak zorundadır. Ancak ek bir kayma elde etmek için bağımsız bir dc kaynak da kullanılıyor olabilir.

R ve C nin değeri, $\tau = RC$ zaman sabiti, kondansatördeki gerilim diyotun iletim durumunda olmadığı zaman aralığı içerisinde, önemli ölçüde boşalmasını önleyecek büyüklükte olacak şekilde seçilmelidir. Şekil 2.36 daki devrenin analizi boyunca, pratik açıdan kondansatörün zaman sabitinin 5 katı kadar bir sürede dolduğunu ve boşaldığını kabul edeceğiz.



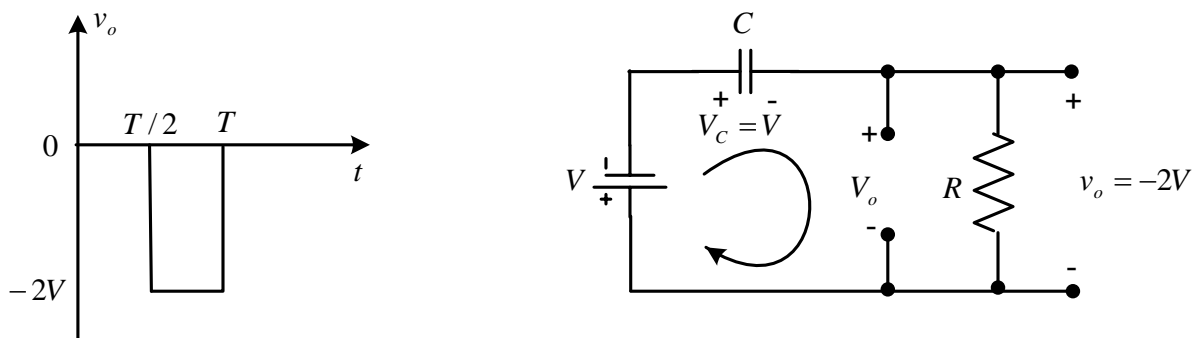
Şekil 2.36

$0-T/2$ aralığında çıkış geriliminin ve devrenin durumu Şekil 2.37 de gösterilmiştir. Bu periyotta, diyot kısa devre olduğundan direnç üzerinden akım akmaz. Akımın tamamı diyot üzerinden akar ve bu durumda diyot kısa devredir.



Şekil 2.37

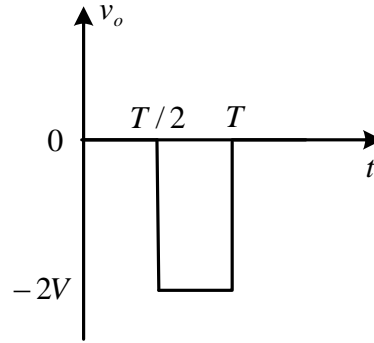
$T/2-T$ aralığında çıkış geriliminin ve devrenin durumu ise Şekil 2.38 de gösterilmiştir. Bu periyotta, R tekrar devreye girdiğinden, RC ile belirlenen τ zaman sabiti, $T/2-T$ periyodundan çok daha büyük olan 5τ luk bir boşalma periyodu oluşturur. Yaklaşık varsayım, kondansatörün tüm yükünü ve dolayısı ile gerilimini ($Q = V.C$ veya $V = Q/C$) bu süre içinde tuttuğu kabul edilebilir. Bu durumda Kirchhoff gerilim yasası, devredeki girişe ait çevreye uygulandığında aşağıdaki sonuç elde edilir.



Şekil 2.38

$$V + V_C + v_o = 0 \Rightarrow v_o = -2V$$

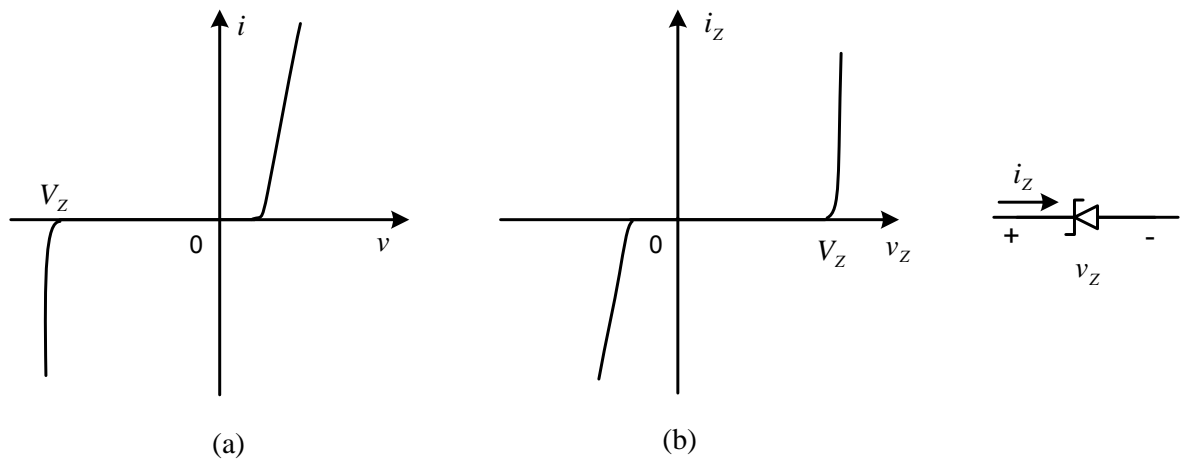
Sonuçta $0-T$ aralığında çıkış dalga biçimi şekil 2.39 deki gibi olur.



Şekil 2.39

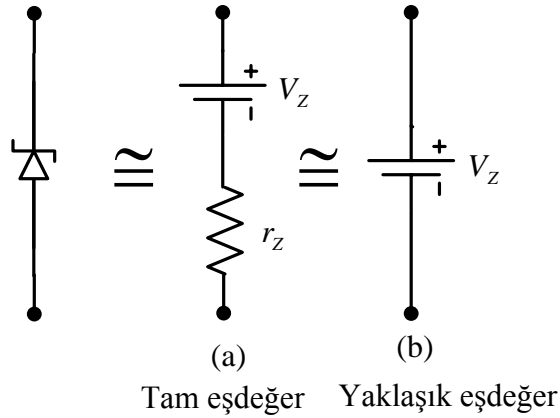
2.9 Zenerler

Zener diyot, zener bölgesinden tam anlamıyla faydalanmak için tasarlanan bir elemandır. Karakteristiği şekil 2.40 daki gibidir. Karakteristiği şekil 2.40(b) de gösterildiği gibi (şekil 2.40(a) nın 0 noktasına göre simetriği), söz konusu bölgeyi vurgulamak için, xy koordinat düzleminin birinci bölgesinde verirse, daha önce verilmiş olan silisyum diyot karakteristiği arasında bir benzerlik ortaya çıkar. 0(orijin) dan V_Z ye kadar herhangi bir gerilim, silisyum diyotda V_T nin altına düşmesi gibi, bir açık devre eşdeğerine yol açacaktır. Bununla beraber, zener diyot ile silisyum diyotun karakteristikleri arasında, geri öngerilimleme bölgesinde önemli farklılıklar vardır. Silisyum diyot geri öngerilimleme bölgesinde açık devre eşdeğerliliğini korurken, zener diyot geri kayma gerilimine ulaşıldıktan sonra kısa devre durumuna geçer. Dolayısı ile (b) nin birinci bölgesi, aynı şekildeki zener diyot sembolünün yanında görünen polarite ve akım yönüyle tanımlıdır.



Şekil 2.40

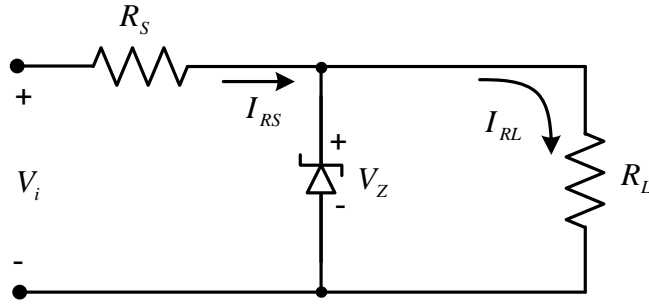
Zener diyotun zener bölgesindeki tam eşdeğer devresi, küçük bir dinamik direnç ve zener potansiyeline eşit bir de kaynaktan oluşur. Ancak uygulamalarda harici dirençler, zener eşdeğeri dirençten oldukça büyük olduğundan, eşdeğer devre şekil 2.41 de gösterildiği gibi sadece zener potansiyeli ile gösterilir.



Şekil 2.41

2.10 Zener diyot uygulamaları

Zener diyotun en sık görülen kullanımı, öngerilimleme ve karşılaştırmaya yönelik sabit bir referans gerilimi sağlamaktır. Örneğin V_i ve R_L deki değişimlere karşı, yük üzerinde sabit bir V_Z gerilimi sağlamak için tasarlanmış olan şekil 2.42 deki devreyi inceleyelim.



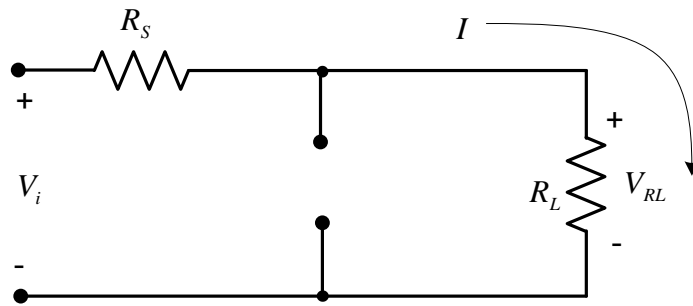
Şekil 2.42

Burada göz önünde bulundurulması gereken iki kavram vardır. Birinci giriş geriliminin sabit olup, R_L nin değişeceği, ikincisi R_L nin sabit olup giriş geriliminin değişeceği durumdur.

2.10.1 Sabit V_i , değişken R_L

V_Z kayma gerilimi dolayısıyla zener diyotun iletim durumunda olmasını sağlayacak belirli bir direnç değeri aralığı olacaktır. R_L düşük değerde olursa, V_Z den daha düşük V_{RL} gerilimine yol açacak ve şekil 2.43 deki gibi zener diyot tıkama durumunda kalacaktır.

Zener diyotunu çalıştıracak minimum yük direncini (dolayısı ile maksimum yük akımını) belirlemek için aşağıda şekilde gösterildiği gibi zener diyotu çıkaralım ve $V_{RL} = V_Z$ lik bir yük gerilimine yol açacak R_L değerini hesaplayalım.



Şekil 2.43

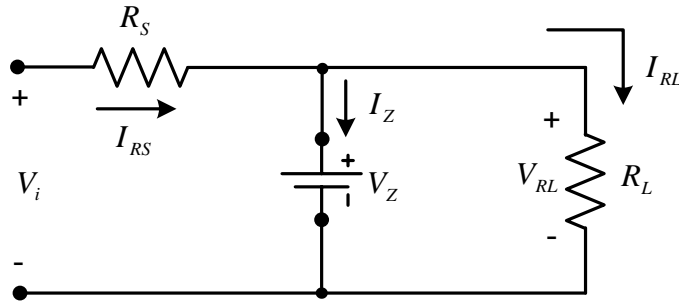
$$-V_i + (R_s + R_L)I = 0 \rightarrow I = \frac{V_i}{R_s + R_L}$$

$$V_{RL} = R_L I \rightarrow I = \frac{V_{RL}}{R_L}$$

$$\frac{V_i}{R_S + R_L} = \frac{V_{RL}}{R_L} \rightarrow V_{RL} = \frac{R_L V_i}{R_S + R_L} = V_Z$$

$$R_L V_i = R_S V_Z + R_L V_Z \rightarrow R_L (V_i - V_Z) = R_S V_Z \rightarrow R_{L\min} = \frac{R_S V_Z}{V_i - V_Z}$$

Bu R_L değerinden büyük her direnç değeri, şekil 2.44 de gösterildiği gibi zener diyotun çalışmasını (iletime geçmesini) sağlar ve artık diyot V_Z kaynak eşdeğeri ile aşağıdaki gibi olur.



Şekil 2.44

Bu durumda aşağıdaki ifadeyi yazabiliriz.

$$I_{RL\max} = \frac{V_{RL}}{R_{L\min}} = \frac{V_Z}{R_{L\min}}$$

Zener diyot bir kere iletim durumuna geçtikten sonra R_S üzerindeki gerilim düşümü;

$V_{RS} = V_i - V_Z$ ile sabit kalır ve I_{RS} akımı

$I_{RS} = \frac{V_{RS}}{R_S}$ ile sabit kalır.

Zener akımı, $I_Z = I_{RS} - I_{RL}$

Bu arada I_{RS} sabit olduğu için I_{RL} maksimumken minimum bir I_Z ye ve I_{RL} minimumken maksimum bir I_Z ye yol açar.

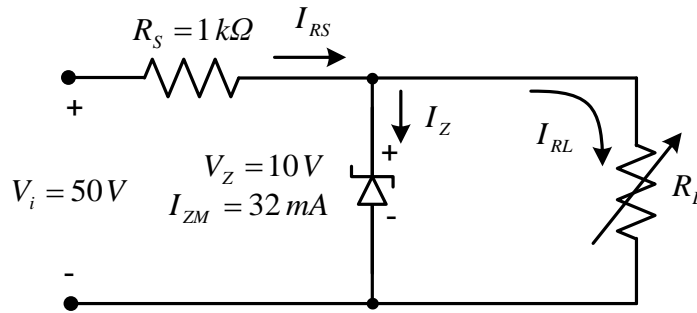
I_Z , $I_{Z\max}$ ile sınırlı olduğundan, R_L nin ve dolayısı ile I_{RL} nin değer aralığını etkilemektedir.

I_Z yerine $I_{Z\max}$ konursa minimum I_{RL} ;

$I_{RL\min} = I_{RS} - I_{Z\max}$ olarak bulunur ve maksimum yük direnci;

$R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{RL\min}}$ şeklinde bulunur.

Örnek: Şekil 2.45 deki devre için V_{RL} yi 10 voltta tutacak R_L ve I_{RL} değer aralığını bulun. Diyotun maksimum güç anma değerini hesaplayın.



Şekil 2.45

Zener diyotu çalışır duruma getirecek R_L değerini hesaplamak için;

$$R_{L\min} = \frac{R_S \cdot V_Z}{V_i - V_Z} = \frac{(1) k\Omega \times (10) V}{(50 - 10) V} = \frac{10 \times 10^3}{40} = 250 \Omega$$

R_S direnci üzerindeki gerilim;

$$V_{RS} = V_i - V_Z = 50 - 10 = 40 V$$

Buradan $I_{RS} = \frac{V_{RS}}{R_S} = \frac{40}{1k\Omega} = 40\text{ mA}$

Minimum I_{RL} değeri;

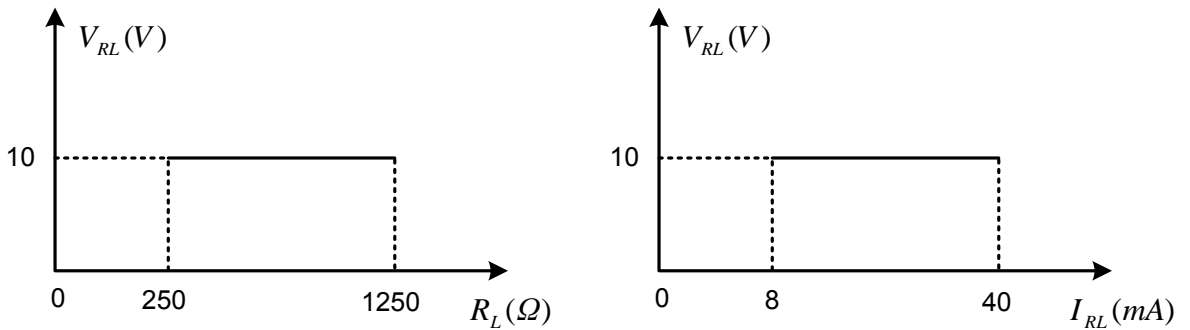
$$I_{RL\min} = I_{RS} - I_{ZM} = 40 - 32 = 8\text{ mA}$$

Maximum R_L değeri;

$$R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{RL\min}} = \frac{10\text{ V}}{8\text{ mA}} = 1.25\text{ k}\Omega$$

$$P_{\max} = V_Z \times I_{Z\max} = 10\text{ (V)} \times 32\text{ (mA)} = 320\text{ mW}$$

V_{RL} nin, R_L ve I_{RL} ye göre grafiği şekil 2.46 da açık bir şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.46

2.10.2 Sabit R_L , değişken V_i

İlk çizdiğimiz devrede R_L nin sabit değerleri için V_i gerilimi zener diyotu çalıştıracak büyüklükte olmalıdır. Çalıştırma gerilimi;

$$V_{RL} = V_Z = \frac{R_L V_i}{R_L + R_S} \rightarrow V_{i\min} = \frac{(R_L + R_S)}{R_L} V_Z \text{ bulunur.}$$

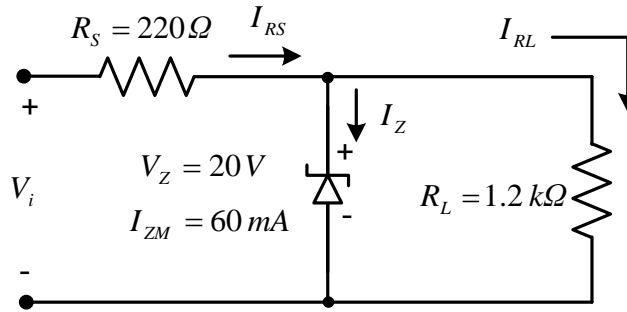
Maximum V_i değeri, maximum zener akımı I_{ZM} ile sınırlıdır.

$$I_{ZM} = I_{RS} - I_{RL} \text{ olduğundan, } I_{RS \max} = I_{ZM} + I_{RL}$$

$$I_{RL} = \frac{V_Z}{R_L} \text{ den sabit ve } I_{ZM} \text{ , maximum } I_Z \text{ değeri olduğundan}$$

$$V_{i \max} = I_{RS \max} R_S + V_Z \text{ ile verilir.}$$

Örnek: Şekil 2.47 deki devrede zener diyotu iletim durumunda tutacak V_i değer aralığını bulunuz.



Şekil 2.47

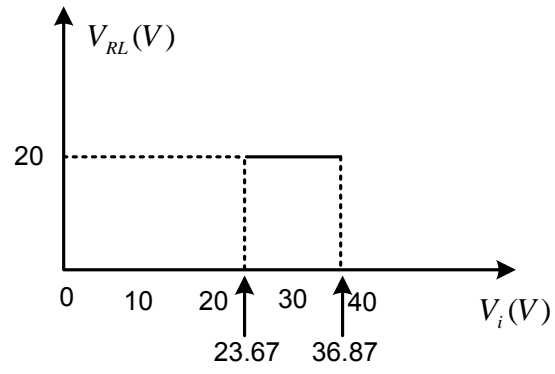
$$V_{i \min} = \frac{(R_L + R_S)}{R_L} \cdot V_Z = \frac{(1200 + 220)}{1200} \cdot 20 = 23.67 \text{ V}$$

$$I_{RL} = \frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{20 \text{ V}}{1.2 \text{ k}\Omega} = 16.67 \text{ mA}$$

$$I_{RS \max} = I_{ZM} + I_{RL} = 60 + 16.67 = 76.67 \text{ mA}$$

$$V_{i \max} = I_{RS \max} R_S + V_Z = 76.67 \text{ (mA)} \times 0.22 \text{ (k}\Omega) + 20 \text{ (V)} = 36.87 \text{ V}$$

V_{RL} nin V_i ye grafiği şekil 2.46 da açık bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 2.4

Bu örnekte elde edilen sonuçlar, sabit bir R_L ye sahip bir devrede 23.67(V) - 36.87(V) aralığında değişen giriş gerilimi için, çıkış geriliminin 20 voltta sabit kalacağını gösterir.