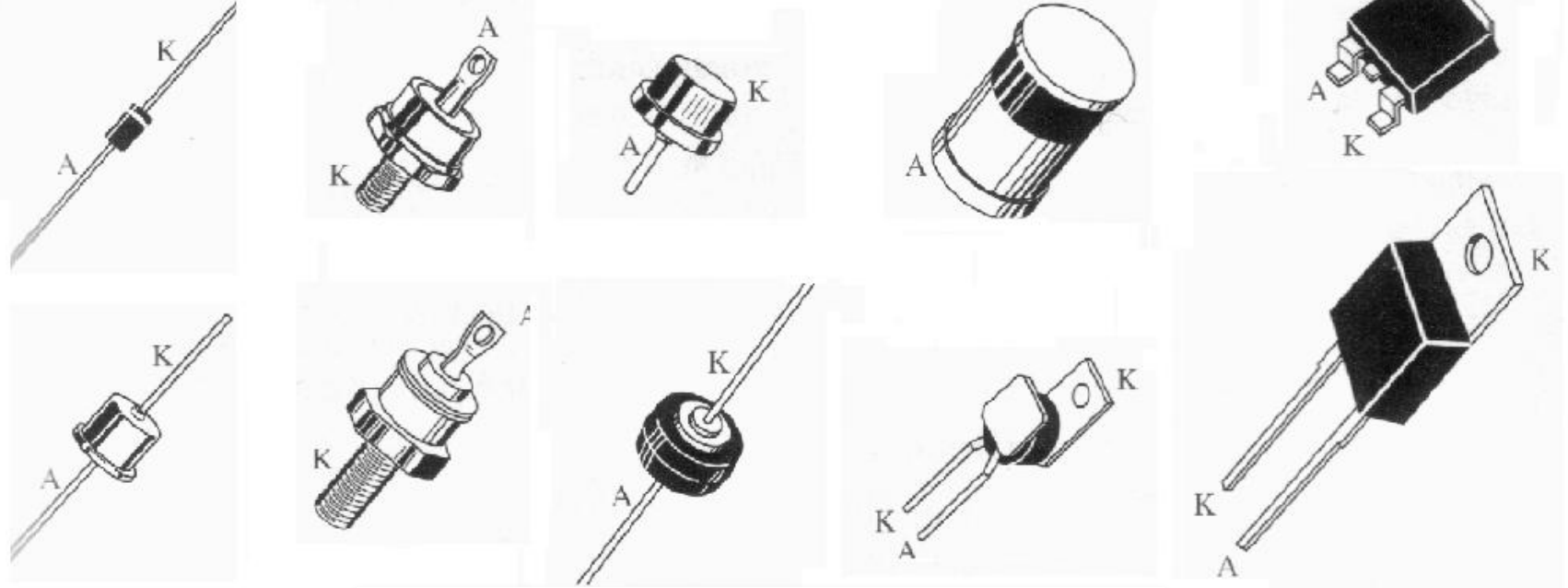


YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi



Diyot'larda kılıf tipleri ve terminal isimleri

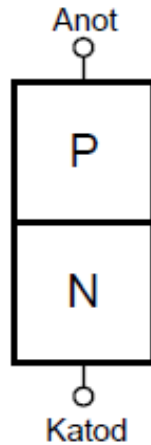
Diyot:

■ Diyotlar elektronik devrelerde önemli işlevleri olan P ve N maddelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı iletken bir malzemedir. PN birleşimli diyotu oluşturan P tipi materyal anot, N tipi materyalse katot olarak adlandırılır.

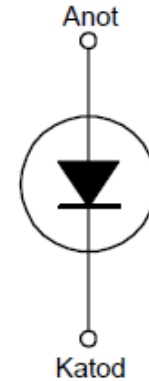
YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi

Diyotlar elektronik devrelerde önemli işlevleri olan P ve N maddelerinin birleştirilmesiyle elde edilen yarı iletken bir malzemedir. PN birleşimli diyotu oluşturan **P** tipi materyal *anot*, **N** tipi materyalse *katot* olarak adlandırılır.



P-N Birleşimli diyotun yapısı



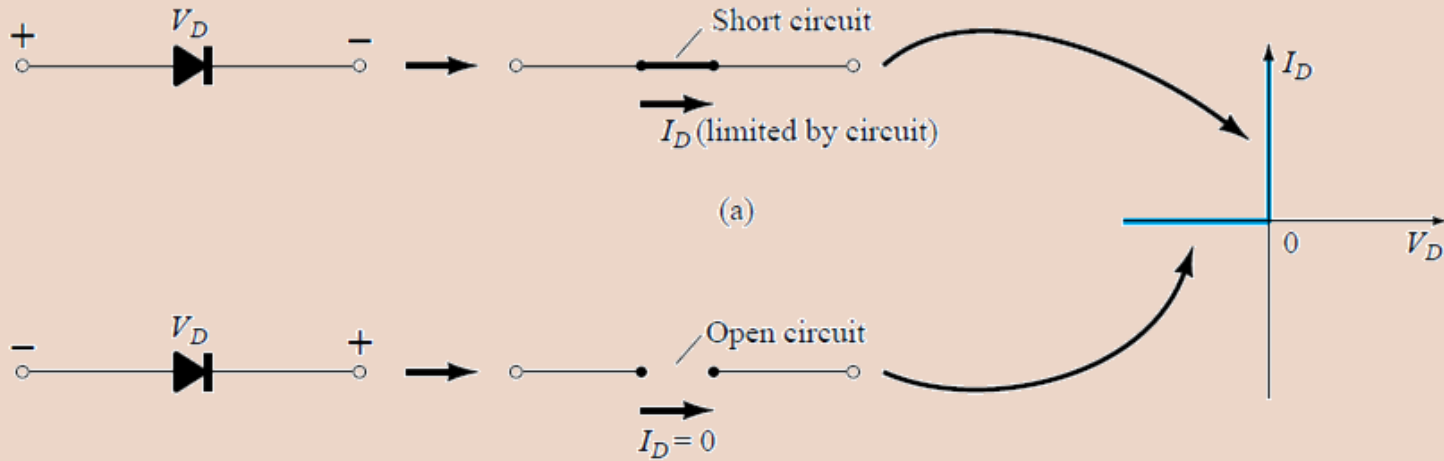
Sembolü

YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi

Diyotlar idealde ileri yönde tamamen iletken ters yönde ise tamamen yalıtkan özellik gösterirler.

İdeal Diyot ve V-I karakteristiği



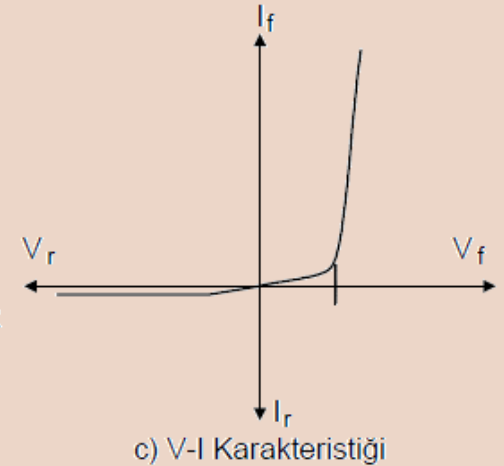
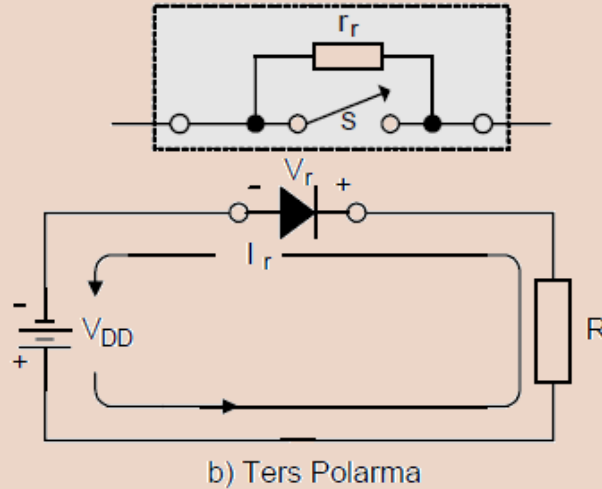
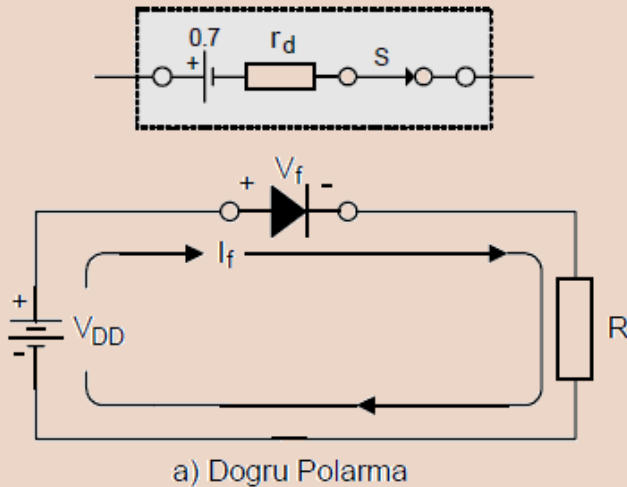
Devre akımı diyot ile aynı yönde ise diyot iletimde, ters yönde ise diyot kesimdedir.

YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi

Fakat gerçekte bir diyottan böyle bir karakteristik özellik elde etmek mümkün değildir. Pratikte, diyot üzerine bir gerilim uygulandığında bariyer gerilimi (silisyum için **0.7 V**, germanyum için **0.3 V**) aşılanaya kadar iletme geçmez. Ters yönde bir gerilim uygulandığında, diyottan daha önce de belirtildiği gibi çok küçük bir sızıntı akımı akar.

Pratik diyot ve V-I karakteristiği



YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi

Silisyum diyot'un V-I karakteristiği

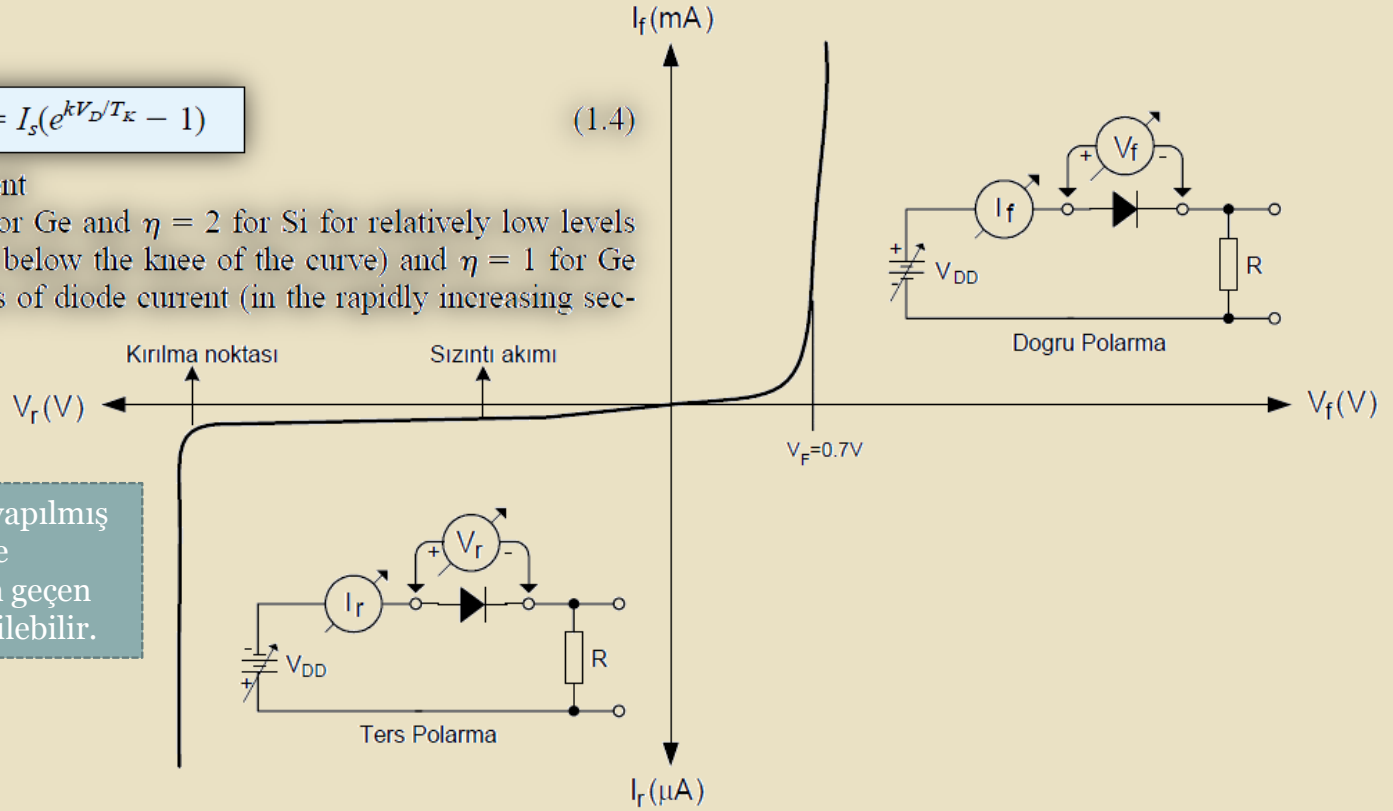
$$I_D = I_s(e^{kV_D/T_K} - 1) \quad (1.4)$$

I_s = reverse saturation current

$k = 11,600/\eta$ with $\eta = 1$ for Ge and $\eta = 2$ for Si for relatively low levels of diode current (at or below the knee of the curve) and $\eta = 1$ for Ge and Si for higher levels of diode current (in the rapidly increasing section of the curve)

$$T_K = T_C + 273^\circ$$

Yarı iletken malzemeden yapılmış bir diyot ileri ve ters yönde kutuplandığında devreden geçen akım sağdaki gibi ifade edilebilir.

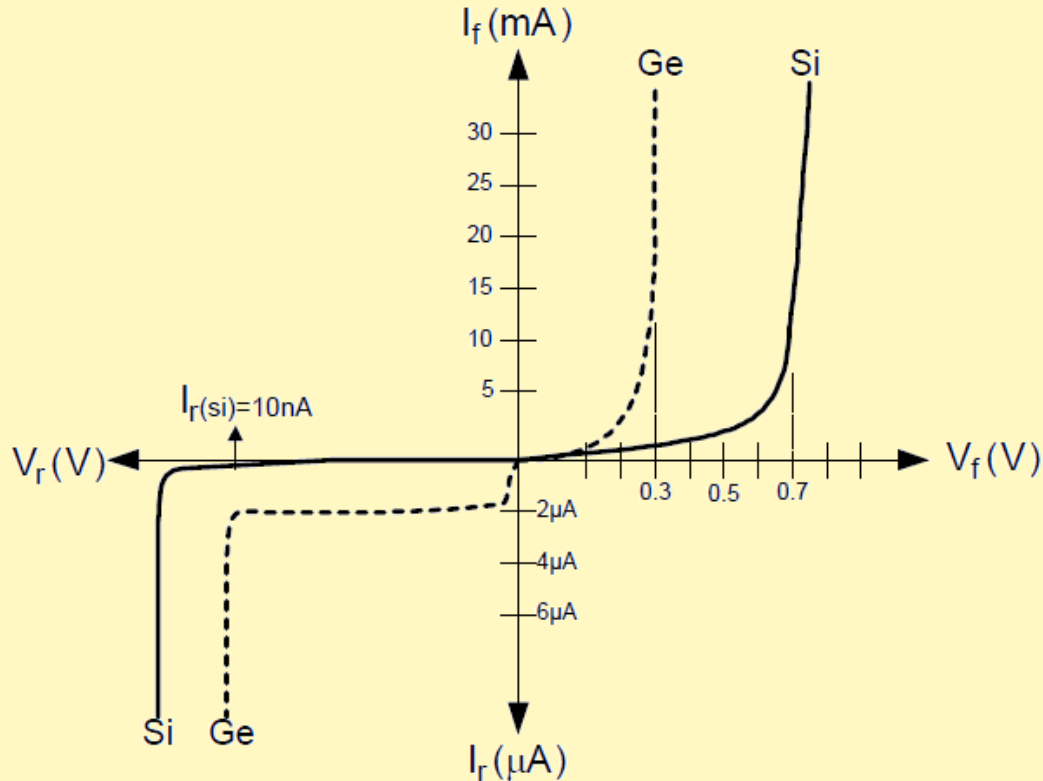


Diyot; kırılma geriliminde iletme geçmekte ve üzerinden akım akmasına izin vermektedir. Diyot üzerinden akan akım arttığı halde, gerilim sabit kaldığı gözlenmektedir.

YARI İLETKEN DİYOT

►Yapısı ve Çalışma Prensibi

Silisyum ve Germanyum diyotların V-I karakteristiği



Görüldüğü gibi **germanyum diyotların sızıntı akımı çok daha büyüktür**. Bu nedenle günümüzde silisyum diyotlar özellikle tercih edilir. Germanyum diyotlar, ise ön-gerilimlerinin küçük olmaları nedeniyle (0.2-0.3V) özellikle alçak güçlü yüksek frekans devrelerinde kırıcı olarak kullanılmaktadırlar.

YARI İLETKEN DİYOT

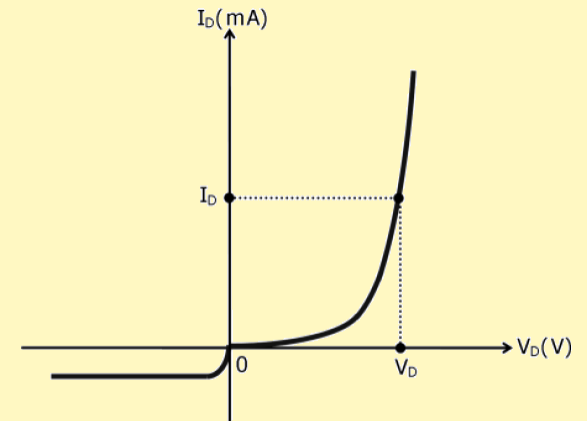
►Diyotun DC Direnci

Diyot'un elektriksel olarak direnci; diyot uçlarındaki gerilimle diyot üzerinden geçen akımın oranına göre tayin edilir. Diyot direnci, karakteristiğinde görüldüğü gibi doğrusal değildir. Doğru polarma altında ve iletim halindeyken, direnci minimum 10Ω civarındadır. Ters polarma altında ve kesimdeyken ise $10M\Omega$ - $100M\Omega$ arasındadır. Diyodun doğru akım altında gösterdiği direnç değerine “**statik direnç**” denir. Statik direnç (r_s) aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$r_s (statik) = \frac{V_D}{I_D}$$

Diyotun DC direnci, o diyotun akım-gerilim grafiğine bağlıdır.

Herhangi bir çalışma noktasında diyotun DC direncinin bulunması



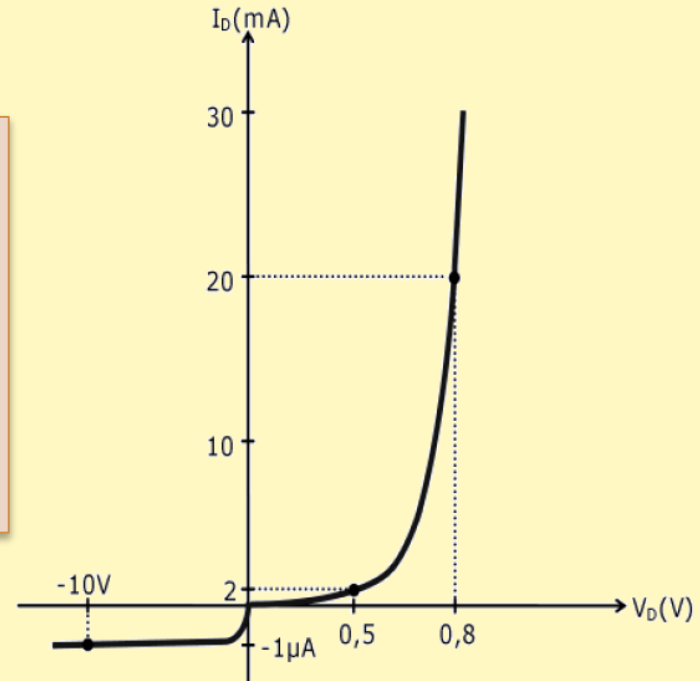
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Direnci

Örnek:

Şekilde akım-gerilim (V-I) grafiği verilen diyotun aşağıdaki çalışma noktalarındaki DC dirençlerini bulunuz.

- a) $I_D = 2 \text{ mA}$
- b) $I_D = 20 \text{ mA}$
- c) $V_D = -10 \text{ V}$



a) $I_D = 2 \text{ mA}$

$$r_s = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0,5\text{V}}{2\text{mA}} = 25 \Omega$$

b) $I_D = 20 \text{ mA}$

$$r_s = \frac{V_D}{I_D} = \frac{0,8\text{V}}{20\text{mA}} = 40 \Omega$$

c) $V_D = -10 \text{ V}$

$$r_s = \frac{V_D}{I_D} = \frac{-10\text{V}}{-1\mu\text{A}} = 10\text{M}\Omega$$

YARI İLETKEN DİYOT

➤Diyotun AC veya Dinamik Direnci

Alternatif akım altında gösterdiği direnç değerine “**dinamik direnç**” denir. Dinamik direnç (r_D) aşağıdaki gibi formüle edilir.

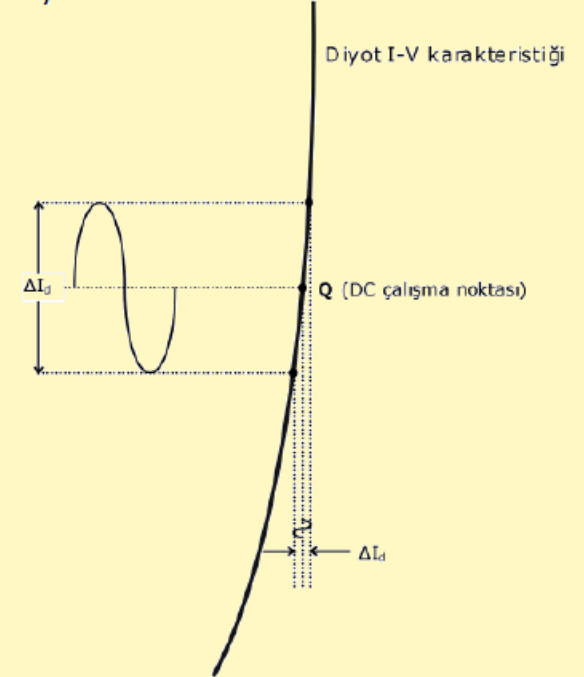
Diyotun bu çalışma noktasına **Q (Quiescent)** noktası denilir. Bu noktada direnç, akım-gerilim grafiğinin şeklinden bağımsızdır. Diyota DC yerine, AC bir kaynak uygulandığında, AC sinyal değişimleri diyotun Q çalışma noktasını uygulanan sinyalinin büyüklüğüne göre değiştirir.

Buradaki Q noktasından eğriye çizilen teğetin eğimi diyotun AC veya dinamik direncinin bulunmasında kullanılır. Q noktasındaki doğrunun eğimi veya diyotun dinamik direnci aşağıdaki formülle bulunur;

$$r_D (\text{dinamik}) = \frac{\Delta V}{\Delta I}$$

Burada kullanılan Δ sembolü akım veya gerilimdeki değişimleri göstermektedir.

Diyotun AC direncinin bulunması



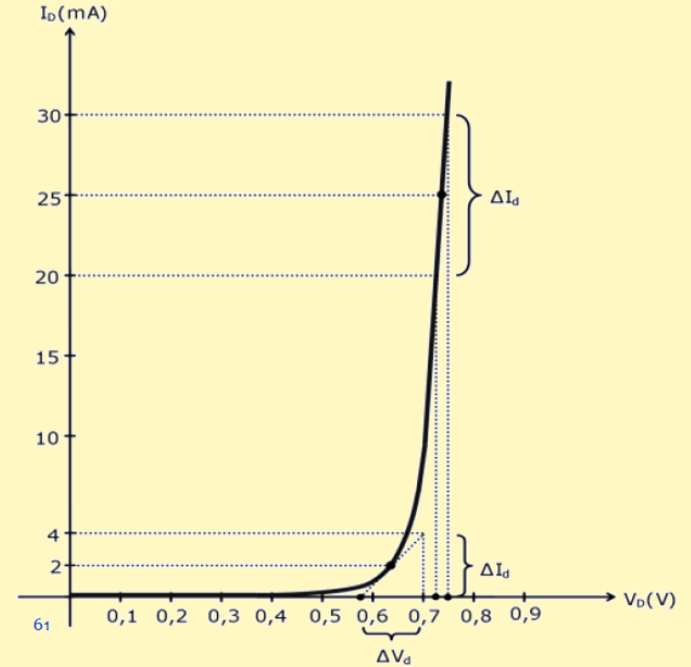
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun AC veya Dinamik Direnci

Örnek:

Şekilde akım-gerilim grafiği verilen diyotun aşağıdaki çalışma noktalarındaki AC(dinamik) dirençlerini bulunuz.

- a) $I_D = 2 \text{ mA}$
- b) $I_D = 25 \text{ mA}$



a) $I_D = 2 \text{ mA}$ bu noktadaki doğrunun eğimini bulmak için ΔI_D ve ΔV_D bulunursa;

$$\Delta I_D = 4 \text{ mA} - 0 \text{ mA} = 4 \text{ mA}$$
$$\Delta V_D = 0,7 \text{ V} - 0,58 \text{ V} = 0,12 \text{ V}$$
$$r_d = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{0,12 \text{ V}}{4 \text{ mA}} = 30 \Omega$$

a) $I_D = 25 \text{ mA}$ bu noktadaki doğrunun eğimini bulmak için ΔI_D ve ΔV_D bulunursa;

$$\Delta I_D = 30 \text{ mA} - 20 \text{ mA} = 10 \text{ mA}$$
$$\Delta V_D = 0,74 \text{ V} - 0,72 \text{ V} = 0,02 \text{ V}$$
$$r_d = \frac{\Delta V_D}{\Delta I_D} = \frac{0,02 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 2 \Omega$$

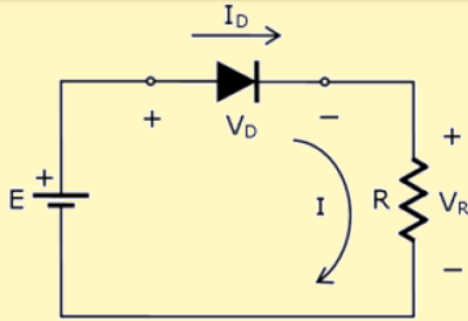
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

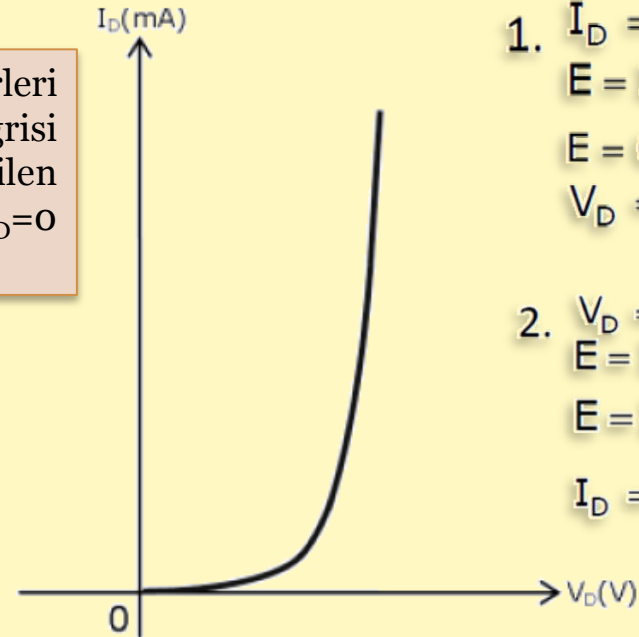
Diyotlar, DC analizleri yük doğrusu analizi ve matematik analiz olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak gerçekleştirilebilir. Yük doğrusu analizinde yorucu matematiksel işlemlerden kaçınılarak diyotun akım-gerilim karakteristiğinden faydalanılır. Matematiksel analizde ise diyot modellenip, devre içerisinde bu model kullanılarak devredeki akım ve gerilimler belirlenir.

Diyotun yük doğrusu analizi:

Diyot doğru yönde kutuplandığından I_D ve V_D değerleri pozitifdir. Bu durumda diyotun genel karakteristik eğrisi Şekil b'deki gibi olur. Şekil a' daki devrede gösterilen diyotun yük doğrusunu çizmek için sırasıyla $I_D=0$ ve $V_D=0$ koşullarının sağlanması gereklidir.



a) Seri diyot devresi



$$\begin{aligned} 1. \quad I_D &= 0 \\ E &= I_D R + V_D \\ E &= 0 \cdot R + V_D \\ V_D &= E \Big|_{I_D=0A} \end{aligned}$$

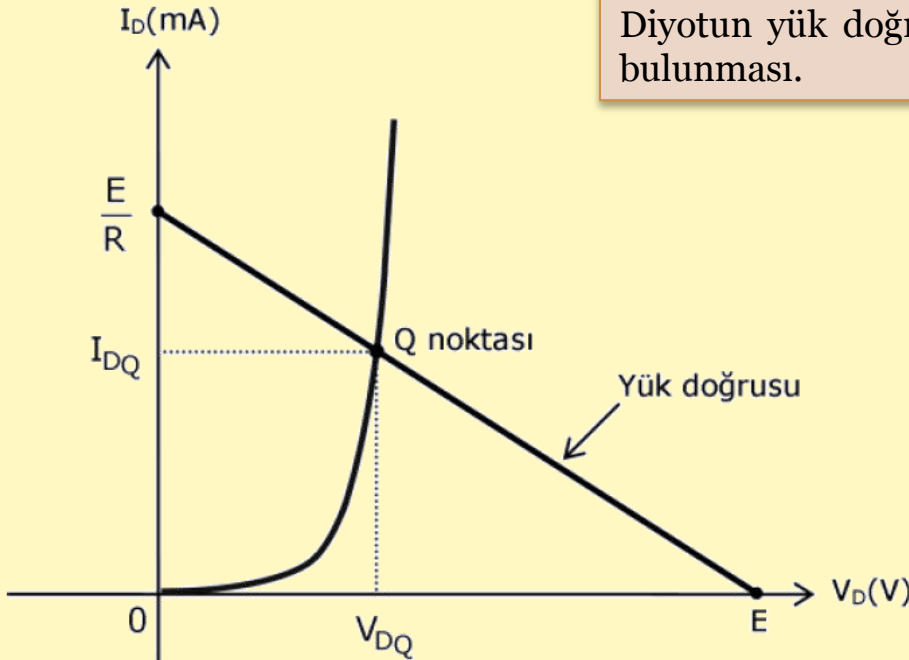
$$\begin{aligned} 2. \quad V_D &= 0 \text{ ise,} \\ E &= I_D R + V_D \\ E &= I_D R + 0 \\ I_D &= \frac{E}{R} \Big|_{V_D=0} \end{aligned}$$

b) Karakteristik eğrisi

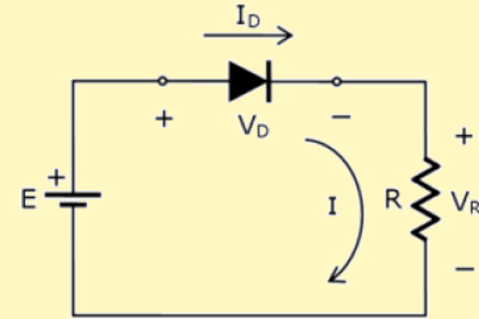
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

Elde edilen bu değerler birleştirilirse diyotun yük doğrusu elde edilir. Yük doğrusu ile diyot karakteristiği birlikte çizilirse çalışma noktası elde edilir ve bu nokta kısaca Q şeklinde gösterilir. **Q noktasının** V_D eksenindeki görüntüsü diyotun *çalışma gerilimini* verirken, I_D eksenindeki görüntüsü de *çalışma noktasındaki akımını* verir. Diyotun bu akım ve gerilim değerleri bulunduktan sonra devre analizinde bu değerler kullanılır.



Diyotun yük doğrusunun çizilmesi ve çalışma noktasının bulunması.



YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

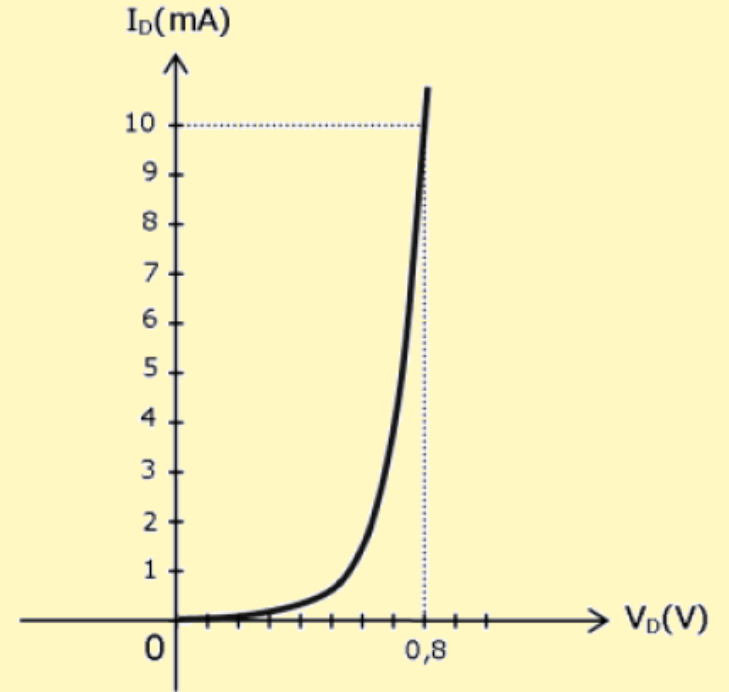
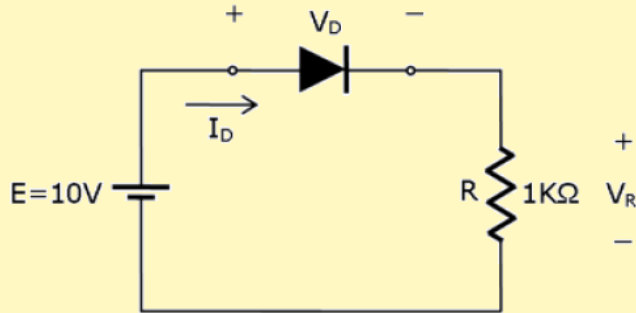
Örnek:

Şekilde diyotun karakteristik eğrisi verilmiştir.

Buna göre:

a) V_{DQ} ve I_{DQ}

b) V_R değerlerini bulunuz



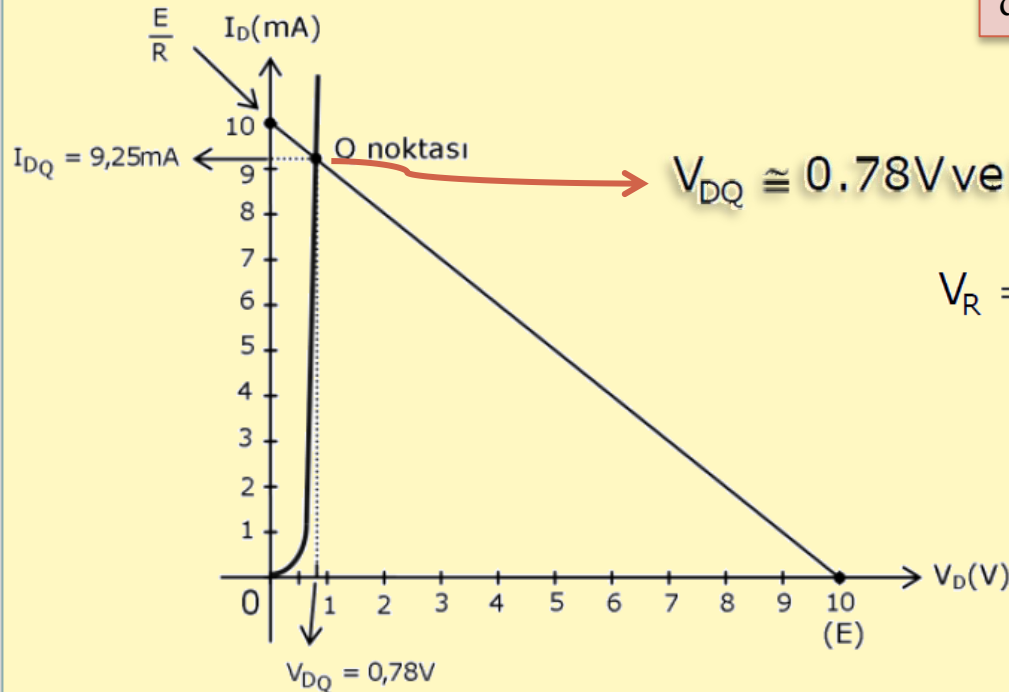
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

Çözüm:

$$V_D = E \Big|_{I_D=0A} \text{ ise } V_D = 10V \text{ ve}$$

$$I_D = \frac{E}{R} \Big|_{V_D=0} \text{ ise } I_D = \frac{10V}{1K\Omega} = 10mA \text{ bulunur.}$$



Bulunan bu ifadeler yük doğrusunun elemanlarıdır ve elde edilen bu noktalar birleştirilerek Şekildeki yük doğrusu çizilir. Yük doğrusu ile diyotun karakteristik eğrisinin kesiştiği Q noktası bulunur. Q noktasında göre diyotun akım ve gerilim değerleri yaklaşık olarak aşağıdaki gibi olur.

$$V_{DQ} \approx 0.78V \text{ ve } I_{DQ} \approx 9.25mA \text{ bulunur.}$$

$$V_R = I_R R = I_{DQ} R = 9.25mA \cdot 1K\Omega = 9.25V$$

(devre seri olduğundan $I_R = I_{DQ}$)

$$E = V_R + V_{DQ} \quad 10V = V_R + 0.78V$$

$$V_R = 10V - 0.78V = 9.22V \text{ olur.}$$

YARI İLETKEN DİYOT

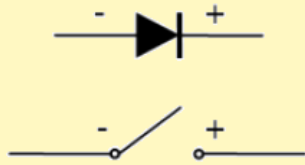
► Diyotun DC Analizi

Diyot Modelleri ve Matematik Analizi:

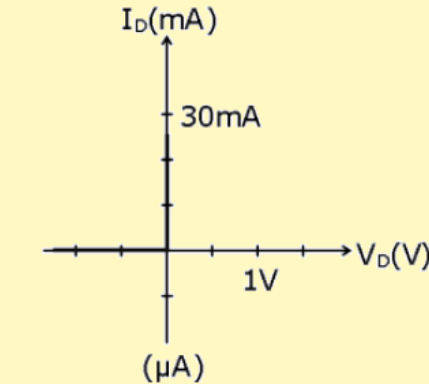
Diyotların **ideal**, **pratik** ve **detaylı** olmak üzere üç farklı modeli vardır.

İdeal Diyot Modeli:

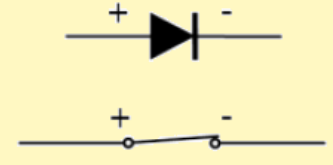
Diyot doğru yönde kutuplandığında içinden geçen akım artsa bile üzerinde düşen gerilimin sabit kaldığı görülür. Buradan hareketle, doğru yönde kutuplanmış ideal bir diyotun direnci sıfıra eşit kapalı bir anahtar olduğu anlaşılr. Ters yönde kutuplama bölgesinde ise diyotun içersinden geçen akım sıfıra eşittir. Başka bir ifade ile ters yönde kutuplanmış ideal bir diyot sonsuz direnç gösteren açık bir anahtardır.



Ters yönde kutuplanmış
ideal diyot modeli



İdeal diyot akım-gerilim
karakteristiği



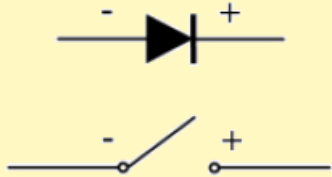
Doğru yönde kutuplanmış
ideal diyot modeli

YARI İLETKEN DİYOT

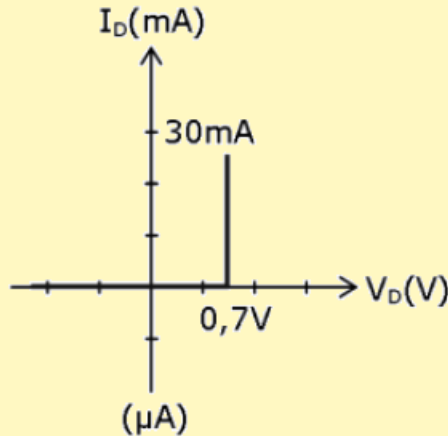
► Diyotun DC Analizi

Pratik Diyot Modeli:

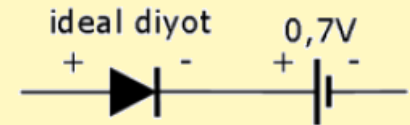
Gerçekte doğru yönde kutuplanmış diyotun iki ucu arasında küçük bir gerilim düşer. Bu gerilim eğer diyot **silisyum**dan yapılmışsa **0,7V**, **germanyum**dan yapılmışsa **0,3V** olur.



Ters yönde kutuplanmış
pratik diyot modeli



Pratik diyot akım-gerilim
karakteristiği



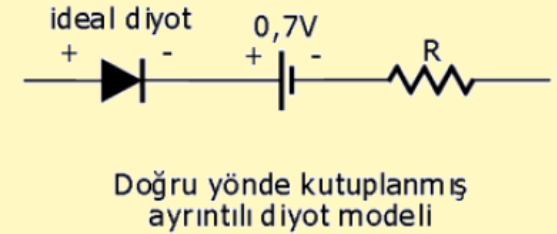
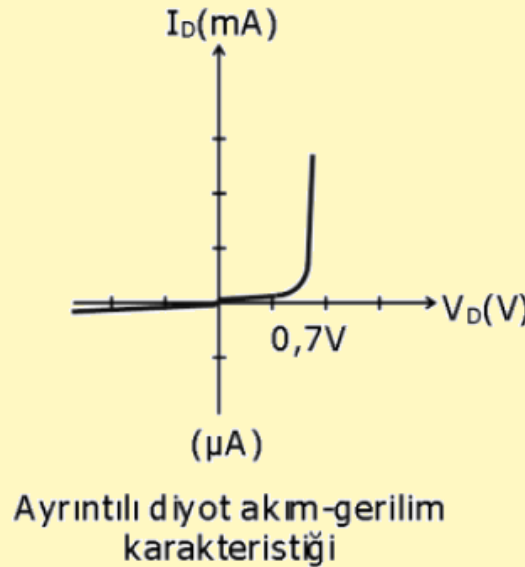
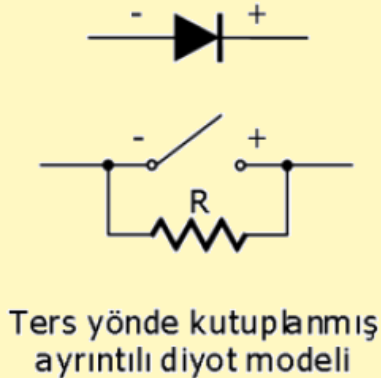
Doğru yönde kutuplanmış
pratik diyot modeli

YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

Ayrıntılı Diyot Modeli:

Ayrıntılı diyot modelinde diyot ters yönde kutuplandığında, **çok yüksek bir dirence** sahip olur ve içerisinden çok küçük bir sızıntı akımı akar. Bu akım silisyum diyotlarda nanoamperler seviyesindedir. Doğru yönlü kutuplamada ise diyot **küçük bir dirence** sahip olur. Ayrıntılı diyot modeli daha çok diyotun AC modellenmesinde kullanılır.

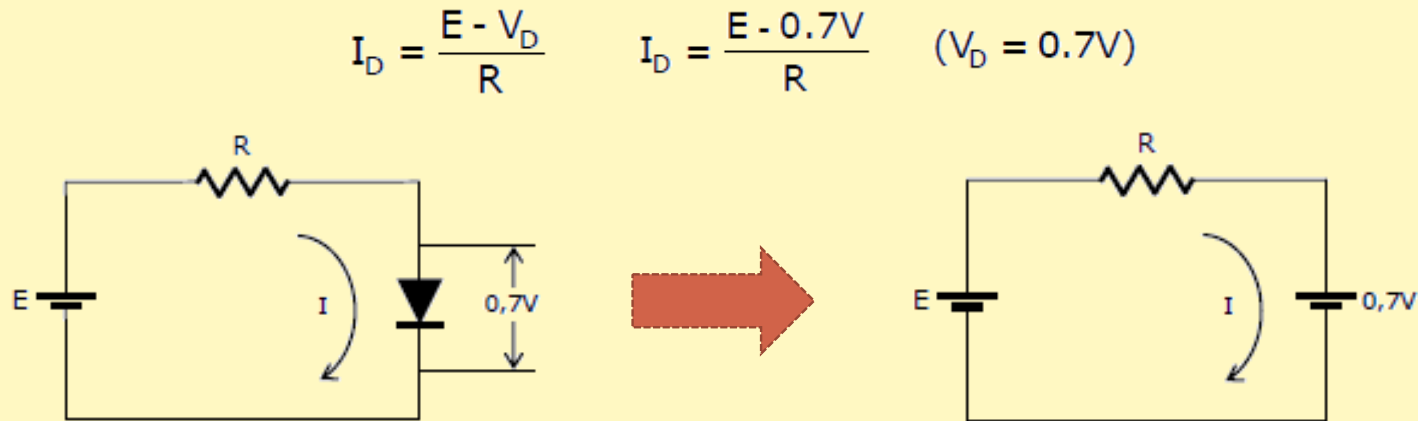


YARI İLETKEN DİYOT

►Diyotun DC Analizi

Doğru yönde kutuplanmış bir silisyum diyota eşik gerilim değerinin üzerinde bir gerilim uygulanmaktadır. Eşik gerilim değeri aşıl原因 silisyum diyot üzerinde 0.7V gerilim düşer ve devrede bir akım akışı meydana gelir. Kirchhoff'un gerilimler kanununa göre bu devrede, $E = I_D R + V_D$ formülü ile hesaplanır. Şekilde seri bir devre olduğu için devreden ve diyot üzerinden aynı akım geçer. ($I = I_D$)

Ayrıca, şekilde üzerine 0.7 V gerilim düşen diyot yerine 0.7 voltluk bir gerilim kaynağı, şekilde görüldüğü gibi bağlanabilir.



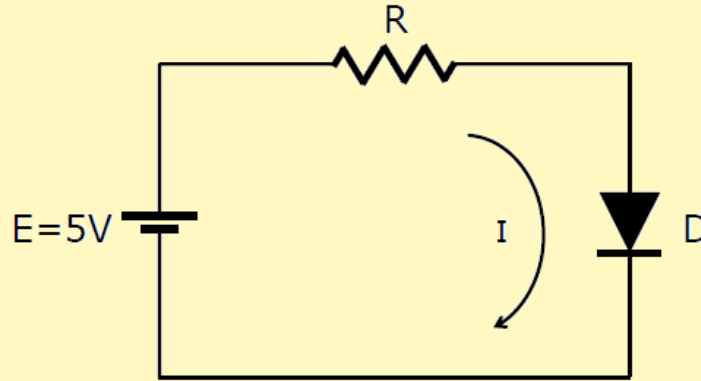
YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

Örnek:

Şekildeki devreden geçen minimum akım 2mA değerindedir. Kullanılan diyot silisyum olduğuna göre;

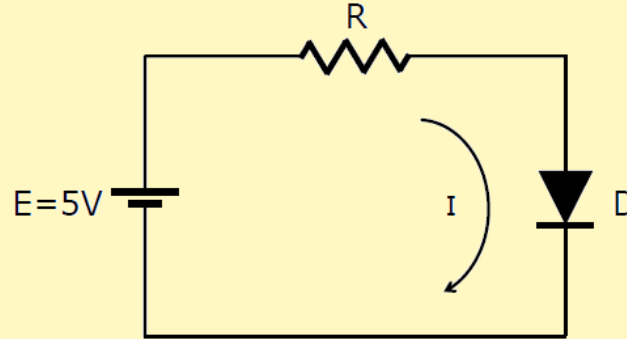
- a) Devreden 4mA geçerse R direncinin alacağı değeri bulunuz.
- b) Yukarıdaki şıkta bulunan direnç değerini kullanarak, devreden akım geçebilmesi için minimum kaynak geriliminin (E) değerini bulunuz.



YARI İLETKEN DİYOT

► Diyotun DC Analizi

Çözüm:



Şekilde kaynak gerilimi $E=5V$ verilmiştir. Ayrıca devreden akım geçtiğinde diyot üzerinde $0.7V$ gerilim düşer. Bu durumda direnç değeri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$I_D = \frac{E - 0.7V}{R} \quad R = \frac{E - 0.7V}{I_D} \quad R = \frac{5 - 0.7V}{4mA} = 1075\Omega$$

Soruda diyotun minimum iletim akımının $2mA$ olduğu verilmiş ve akım sınırlayıcı direncin değeri $R=1075\Omega$ bulunduğuna göre, kaynak gerilimi aşağıdaki gibi bulunur.

$$I_D = \frac{E - 0.7V}{R} \geq 2mA$$
$$E \geq 2,15V + 0.7V \Rightarrow E \geq 2,85V$$