

# Elektronik

## Ders Notları

### 4

Derleyen: Dr. Tayfun Demirtürk

E-mail: [tdemirturk@pau.edu.tr](mailto:tdemirturk@pau.edu.tr)

# ÖZEL TİP DİYOTLAR

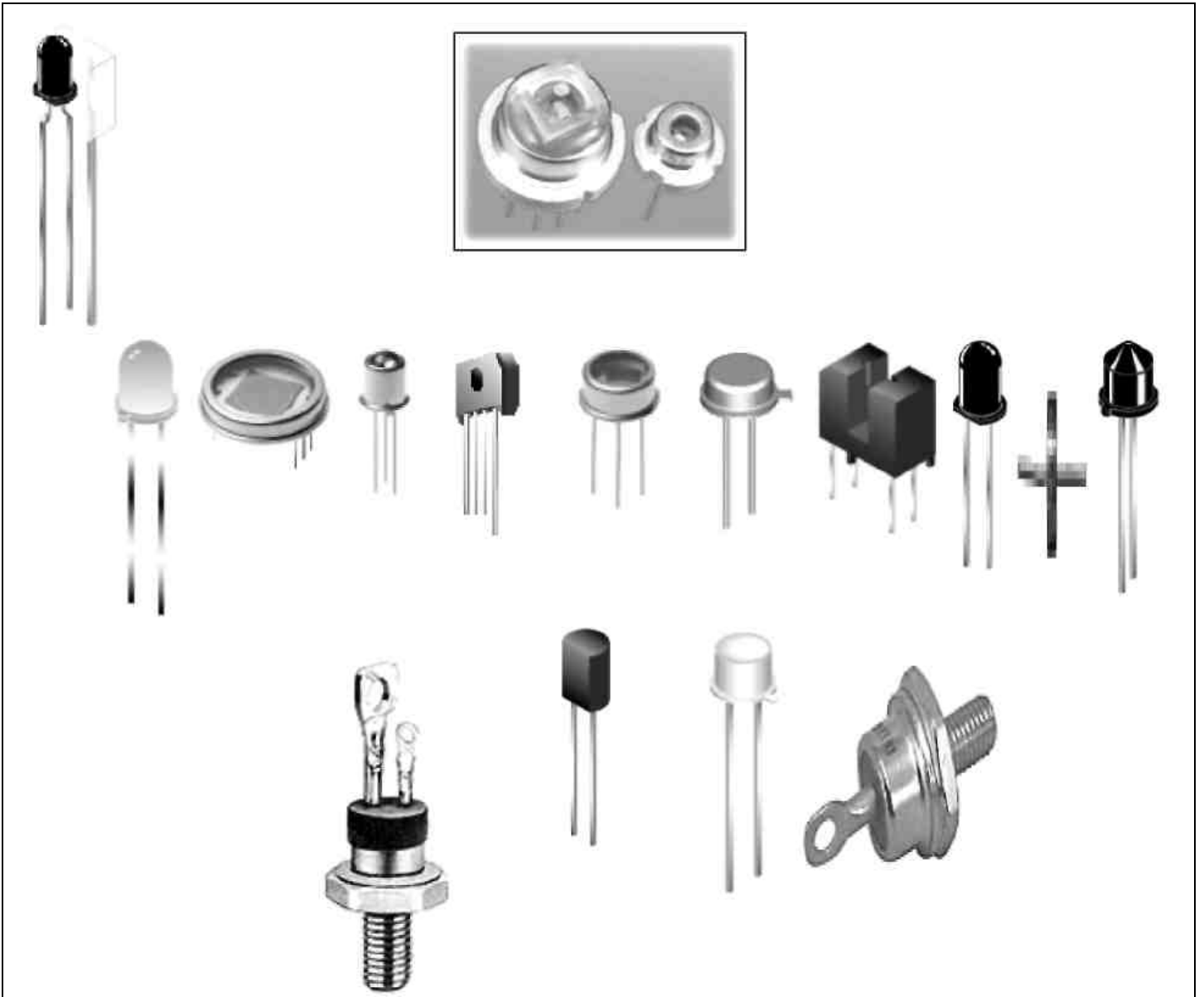
## Konular:

- Zener Diyot
- Zener Diyot Uygulamaları
- Varikap Diyot
- Optik Diyotlar
- Özel Amaçlı Diyotlar
- Sistem Uygulamaları

## Amaçlar:

Bu bölümü bitirdiğinizde aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgiye sahip olacaksınız.

- Zener diyot'un yapısı, karakteristikleri ve işlevleri
- Zener diyotla gerçekleştirilen gerilim regülasyonu ve kırpıcılar
- Varikap diyot'un özellikleri, işlevleri ve karakteristikleri
- Foto-diyot'ların ve LED'lerin özellikleri, işlevleri ve karakteristikleri
- Regülatör diyotları, şotki diyotlar, pin diyot, tunel diyot v.b özel tip diyotların işlevleri, özellikleri ve karakteristikleri



Elektronik endüstrisinin en basit ve temel devre elemanlarından olan diyotlar pek çok cihazın üretiminde sıklıkla kullanılmaktadır. Önceki bölümlerde silisyum ve germanyum doğrultucu diyotların pek çok özelliklerini öğrendiniz. Çeşitli uygulama devrelerini gerçekleştirdiniz. Endüstrinin artan gereksinimlerini karşılamak amacı ile farklı tip ve modelde özel tip diyotların üretimide yapılmaktadır. Yukarıda bir kısmının görüntüleri verilen özel diyotları bu bölümde inceleyeceğiz.

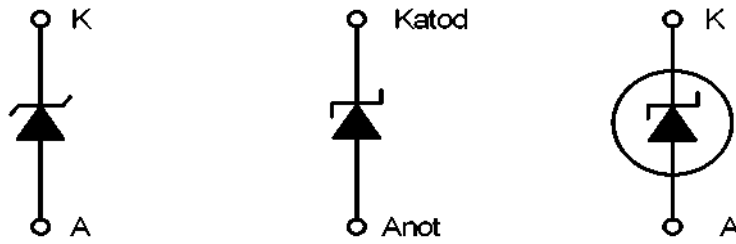
## ZENER DİYOT

Zener diyot; ters polarma altında kırılma bölgesinde çalıştırılmak üzere tasarlanmış pn bitişimli bir devre elemanıdır. Referans gerilimi temin etmek ve gerilim regülasyonu sağlamak amacı ile kullanılır.

Bu bölümü bitirdiğinizde; aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgilere sahip olacaksınız.

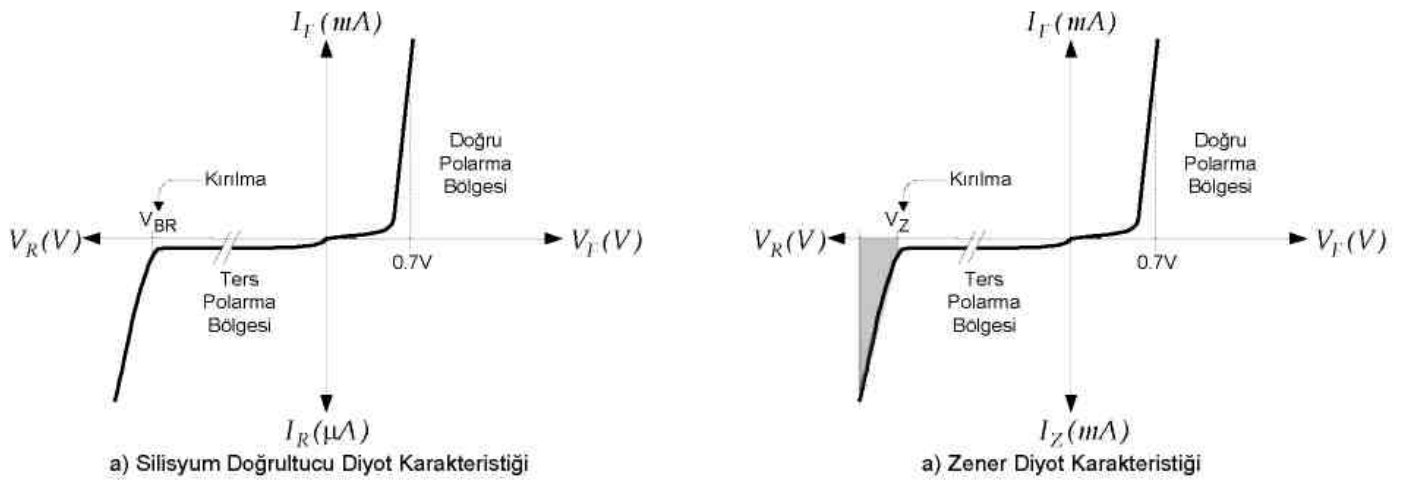
- Zener diyot sembolü
- Zener diyot'un çalışma bölgeleri ve kırılma gerilimi
- Zener karakteristiklerinin analizi
- Zener veri sayfaları

**Zener diyot;** pn bitişiminden oluşturulmuş ve silisyumdan yapılmış yarı iletken devre elemanlarından. Zener diyot; ters polarma bölgesinde zener kırılma geriliminde çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır. Doğru polarma altında çalışması doğrultucu diyot'la benzerlik gösterir. Şekil-3.1'de zener diyot'un şematik sembolleri verilmiştir.



Şekil-3.1 Zener diyot sembolleri

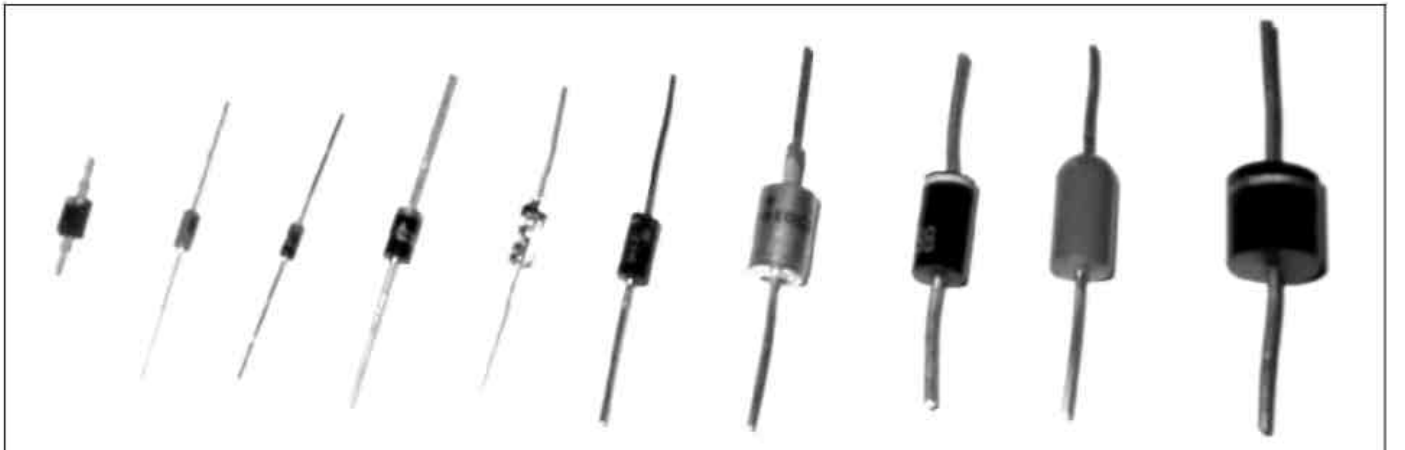
**Zener diyot;** doğru polarma altında silisyum doğrultmaç diyot'ların tüm özelliklerini gösterir. Doğru polarma altında iletken. Üzerinde yaklaşık 0.7V diyot öngerilimi oluşur. Ters polarma altında ise pn bitişimi sabit gerilim bölgesi meydana getirir. Bu gerilim değeri; "kırılma gerilimi" (Break-down voltage) olarak adlandırılır. Bu gerilime bazı kaynaklarda "zener gerilimi" denilmektedir. Şekil-3.2'de silisyum doğrultmaç diyonu ile zener diyot karakteristikleri birlikte verilmişlerdir.



Şekil-3.2 Silisyum doğrultucu diyot ve zener diyot karakteristikleri

Zener diyot ile silisyum diyot karakteristikleri arasında ters polarma bölgesinde önemli farklılıklar vardır. Silisyum diyot ters polarma dayanma gerilimi değerine kadar açık devre özelliğini korur. Zener diyot ise bu bölgede zener kırılma gerilimi ( $V_Z$ ) değerinde iletme geçer. Zener üzerindeki gerilim düşümü yaklaşık olarak sabit kalır.

Zener diyotlarda kırılma gerilimi, üretim aşamasında pn bitişiminin katkı maddesi oranları ayarlanarak belirlenmektedir. Günümüzde 1.8V ile 200V arasında farklı kırılma gerilimlerine sahip zener diyotlar üretilmektedir. Günümüz piyasasında kullanıcının ihtiyacına uygun olarak; 1/4W ile 50W anma güçleri arasında çalışacak şekilde zener diyot üretimi yapılmaktadır. Zener diyotlarla ilgili bazı üretici firma verilerini, veri sayfaları bölümünde bulabilirsiniz. Ayrıntılı karakteristik ve veriler için üretici katalogları incelenmelidir. Şekil-3.4’de farklı güçlere dolayısıyla farklı kılıflara sahip zener diyot’lar görülmektedir.



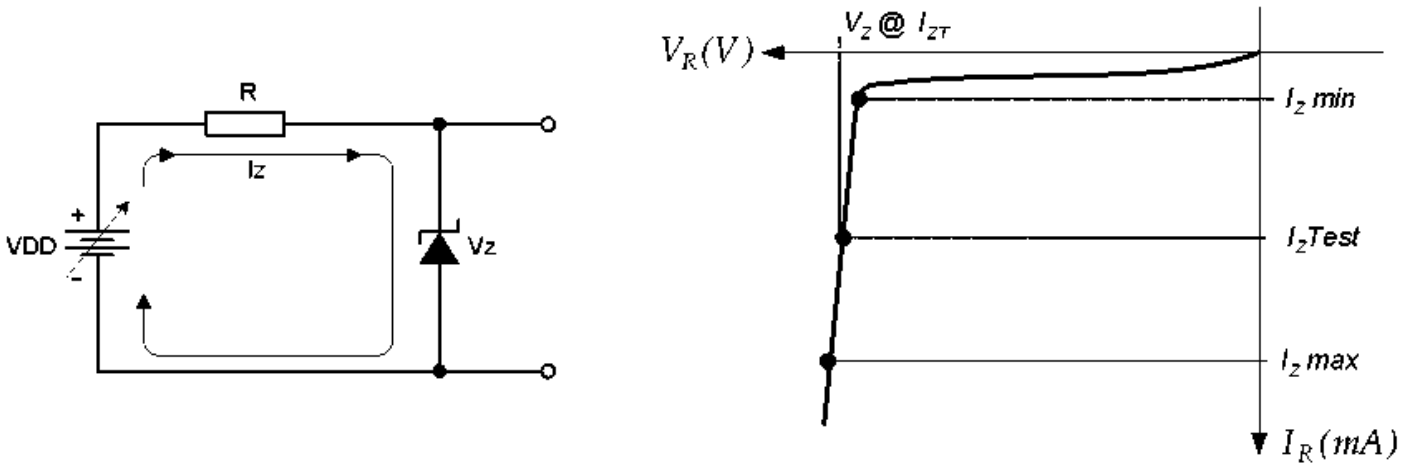
Şekil-3.4 Zener diyotlarda kılıf tipleri

## Zener Kırılma Karakteristiği

Zener diyot, doğru polarma bölgesinde normal silisyum diyot özelliği gösterdiği belirtilmiştir. Zener diyotun en önemli özelliği ters polarma bölgesindeki davranışıdır. Zener diyotun ters polarma altında çalışması için gerekli devre bağlantısı ve akım-gerilim karakteristiği şekil-3.5’de verilmiştir.

Ters polarma altında zener diyot üzerine uygulanan gerilim değeri; zener kırılma gerilimi değerini aştığında zener diyot kırılarak iletme geçer. Ters polarma altında iletme geçen zener diyot, üzerinde sabit bir gerilim değeri oluşturur. Bu gerilime “zener gerilimi” ( $V_Z$ ) denir.

Zener diyotun iletme geçebilmesi için zener üzerinden geçen akım;  $I_{Zmin}$  değerinden büyük,  $I_{Zmax}$  değerinden küçük olması gerekir. Başka bir ifadeyle zenere uygulanan ters polarma gerilimi, Zener kırılma gerilimi ( $V_Z$ ) değerinden büyük olmalıdır.



Şekil-3.5 Zener diyot'un ters polarma altında karakteristiği

Zener diyot üzerinden geçen akım miktarı;  $I_{Zmax}$  değerini geçtiğinde zener bozularak işlevini yitirir. Karakteristikten de görüldüğü gibi zener diyot üzerinden geçen  $I_Z$  akımı;  $I_{Zmin}$  ve  $I_{Zmax}$  değerleri arasında tutulmalıdır.

Zener diyot ters polarma altında iletimde kaldığı sürece üzerinde  $V_Z$  olarak belirtilen bir gerilim oluşur. Bu gerilime “zener gerilimi”, bu işleme ise “gerilim regülasyonu” denir. Zener diyot, karakteristikte gösterildiği gibi üzerindeki gerilimi  $V_Z$  değerinde sabit tutmaktadır. Bu özellik

zener diyotu oldukça popüler kılar. Özellikle gerilim regülasyonu veya referans gerilimi elde etmede sıkça kullanılmasını sağlar.

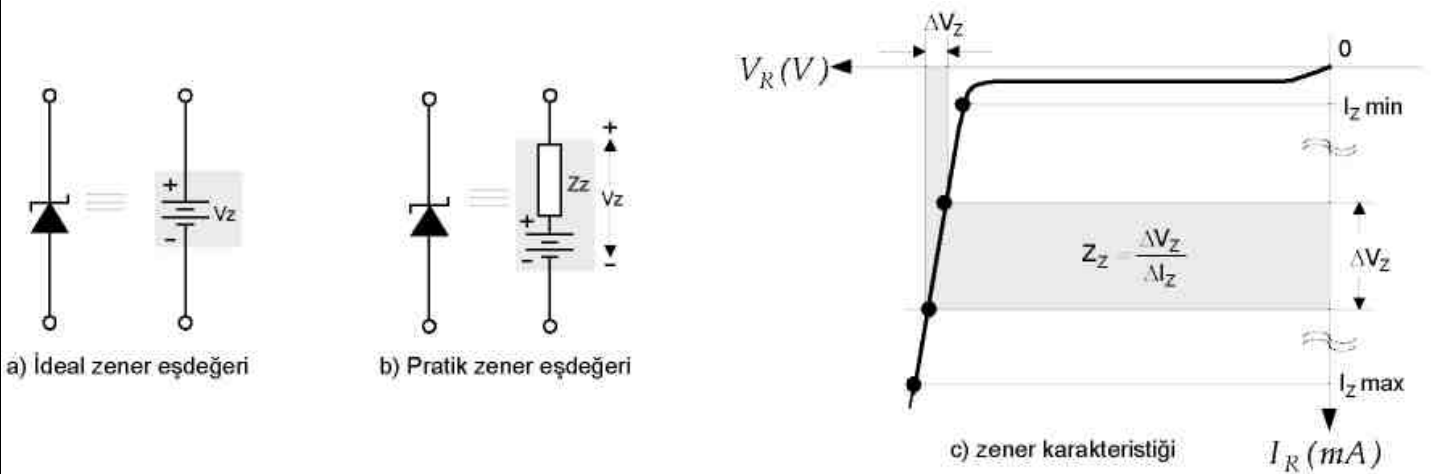
### Zener Eşdeğer Devreleri

Zener diyodun ters polarma bölgesindeki davranışını tanımlamak için şekil-3.3'de eşdeğer devresi verilmiştir. İdeal bir zenerin eşdeğer devresi, nominal zener kırılma gerilimi değerine eşit gerilim kaynağı ( $V_Z$ ) ile gösterilir.

Gerçek (pratik) bir zenerin ters polarma bölgesinde eşdeğer devresi ise, küçük bir iç empedans ( $Z_Z$ ) ve nominal zener kırılma gerilimini temsilen bir gerilim kaynağından oluşur. Zener kırılma gerilimi; ideal değildir. Karakteristik eğriden de görüleceği gibi bir miktar değişim gösterir ( $\Delta V_Z$ ). Bu durum şekil-3.3.c üzerinde gösterilmiştir. Zener empedansı; değişen zener geriliminin ( $\Delta V_Z$ ), değişen zener akımına ( $\Delta I_Z$ ) oranıdır ve aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$Z_Z = \frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}$$

Üretici firmalar normal koşullarda veri tablolarında test değerleri için zener akımını  $I_{ZT}$  ve zener empedansını  $Z_{ZT}$  verirler. Zenerle yapılan tasarımlarda bu değerler dikkate alınmalıdır.



Şekil-3.3 Zener diyot eşdeğer devresi

## Isıl Kararlılık

Tüm yarıiletken devre elemanları gibi, zener diyotlarda çalışma ortamlarındaki ısıdan etkilenirler. Üretici firmalar zener diyot için gerekli karakteristikleri genellikle 25 °C oda sıcaklığı için veririler. Isı artımında zener geriliminde oluşabilecek değişimler üretici kataloglarında belirtilir.

Örneğin çalışma koşullarındaki her 1 °C'lik ısı artışı, zener geriliminde ( $V_Z$ ) yaklaşık %0.05 oranında artış gösterir. Bu özellik uygulamalarda dikkate alınmalıdır. Yüksek güçlerde çalıştırılan zener diyotlar üzerine soğutucular monte edilmelidir.

## Güç Tüketimi ve Bozulma Faktörü

Zener diyotlarla uygulama yapılırken maksimum güç değerlerine dikkat edilmelidir. Üretici firmalar DC gerilim altında her bir zener diyot için uyulması gereken güç değerlerini kataloglarında verirler. Örneğin; 1N746 kodlu zener diyot için maksimum güç  $P_D=500mW$ , 1N3305 kodlu zener diyot için maksimum güç  $P_D=50W$  olarak verilmiştir. Zener diyotların dc gerilim altında maksimum dayanma gücü;

$$P_D = V_Z \cdot I_{Z(max)}$$

Formülü kullanılarak bulunur. Zenerlerde maksimum dayanma gücü genellikle 50 °C için verilir. Çalışma koşullarındaki ısı değişimi, hesaplamalarda dikkate alınmalıdır.

## ZENER DİYOT UYGULAMALARI

Zener diyotlar genellikle dc güç kaynaklarında gerilim regülasyonunu sağlamak amacı ile kullanılırlar. Karşılaştırma yapmak için referans gerilimi temininde de zener diyotlar sıklıkla kullanılır.

Regülasyon işlemi bir büyüklüğü, başka bir büyüklük karşısında kararlı tutmaktır. Örneğin gerilim regülasyonu terimi; gerilimi, akımdan veya yükten bağımsız hale getirip sabit bir değerde tutma anlamına gelmektedir.

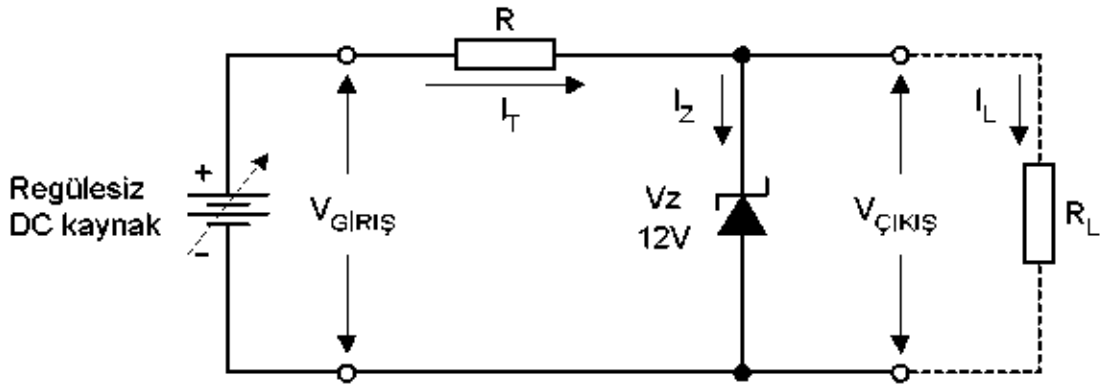


Bu bölümde; zener diyotla gerilim regülasyonunun nasıl gerçekleştirildiğini öğreneceksiniz. Ayrıca zenerle yapılan basit kırma devreleri tanıyacaksınız.

### Zenerin Regülasyonda Kullanılması

Zener diyotların en geniş ve yaygın kullanım alan gerilim regülasyonudur. Gerilim regülasyonu; gerilimi dış etkilerden bağımsız hale getirip sabit tutabilmektir. Kısaca gerilimi kararlı hale getirebilmektir. Gerilim kararlı kılmanın en basit yöntemi şekil-3.6'da gösterilmiştir.

Devre girişine uygulanan regülesiz  $V_{giriş}$  gerilimi, zener diyotla kararlı hale getirilmiştir. Bu işlem için zener diyot ve R direnciyle gerilim bölücü bir devre oluşturulmuştur. Devre girişine uygulanan  $V_{giriş}$  gerilimi değişmektedir. Devrede kullanılan 12V'luk zener diyot, giriş gerilimindeki tüm değişimleri algılamalı ve devrenin çıkış gerilimini  $V_{çıkış}$  12V'ta sabit tutmalıdır. Bu işlem gerçekleştirildiğinde zener diyot, gerilim regülasyonu yapıyor diyebiliriz.



Şekil-3.6 Zener diyotla gerçekleştirilen gerilim regülasyonu

Zener diyot bu işlemi nasıl gerçekleştirecektir. Zener'in istediği şartları yerine getirirsek gayet basit. Zener diyot gerilim regülasyonu yapmak için neler istiyordu. Kısaca tekrar hatırlayalım.

- Zener diyot ters polarma altında çalıştırılmalı
- Zener'e uygulanan gerilim, zener kırılma geriliminden ( $V_Z$ ) büyük olmalı. ( $V_{IN} > V_Z$ )
- Zener'den geçecek akım;  $I_{Zmin}$  değerinden büyük,  $I_{Zmax}$  değerinden küçük olmalı

$$(I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax})$$

Şekil-3.6'da verilen regüle devresinde zener diyot'dan iki temel işlemi gerçekleştirmesi

istenmektedir.

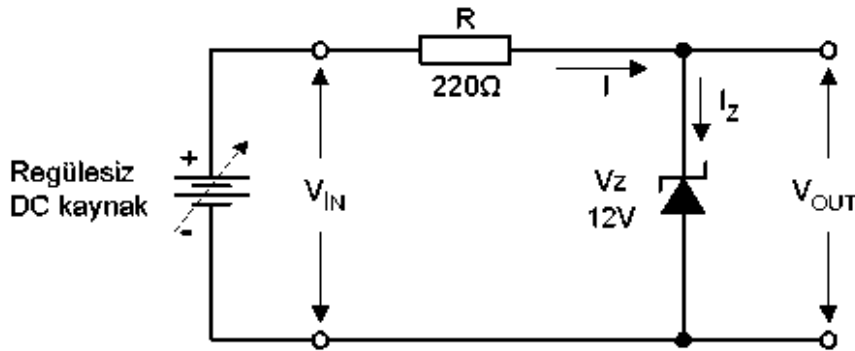
**Zener diyot;** giriş gerilimindeki değişimi algılamalı ve çıkış gerilimini sabit tutmalıdır. Giriş gerilimindeki değişimler, çıkış gerilimini etkilememelidir.

Devre çıkışından alınan gerilim, yükteki değişimlerden etkilenmemelidir. Çıkış gerilimi yük akımını  $I_L$  'den bağımsız ve sabit olmalıdır.

Bu özellikleri sırayla inceleyelim.

### Değişken giriş geriliminde regülasyon

Bu bölümde regülesiz giriş gerilimlerinde zener diyot'un nasıl regüle yaptığını öğreneceğiz. amaçla şekil-3.7'deki devre verilmiştir. Devrede giriş gerilimi  $V_{giriş}$ , belli bir aralıkta değişmektedir. Devre çıkışında ise 12V'luk sabit çıkış gerilimi alınacaktır. Bu işlem 12V'luk zener diyot'la gerçekleştirilmektedir. Devredeki R direnci; zener diyot üzerinden geçecek akım miktarını belirlemektedir. Zenerin regüle işlemini yerine getirebilmesi için üzerinden akan akım miktarı ( $I_{Zmin}$ - $I_{Zmax}$ ) değerleri arasında olmalıdır.



Şekil-3.7 Değişken giriş geriliminde regülasyon

**Örnek:** Şekil-3.7'deki regüle devresinde 1/2W gücünde 12V'luk zener diyot kullanıldığını varsayalım. Zener diyot'un minimum kırılma akımı ise  $I_{Zmin}=I_{ZK}=0.50mA$  olsun. Bu durumda devrenin regüle edebileceği giriş gerilimi aralığını bulalım.

**Çözüm:** Önce zener diyot'un dayanabileceği maksimum akım değerini bulalım.

$$P_{D(\max)} = V_Z \cdot I_{Z\max}$$

$$I_{Z\max} = \frac{P_{D(\max)}}{V_Z} = \frac{500mW}{12V} = 41.6mA$$

$$V_R = R \cdot I_{Z\min} = (220\Omega) \cdot (0.50mA) = 110mV$$

Dolayısıyla giriş geriliminin minimum değeri;

$$V_R = V_{IN} - V_Z$$

Zener akımı minimum olduğunda; R direnci üzerine düşen gerilim,

$$V_{IN(MIN)} = V_R + V_Z = 12V + 110mV = 12.11V$$

olarak bulunur.

Dolayısıyla zener diyot'un regüle işlemini yerine getirebilmesi için giriş gerilimi ( $V_{IN}$ ) minimum 12.11V olmalıdır. Şimdi giriş geriliminin alabileceği maksimum değeri bulalım.

$$V_R = R \cdot I_{Z\max} = (220\Omega) \cdot (41.6mA) = 9.166V$$

$$V_{IN(MAX)} = V_R + V_Z = 12V + 9.166V = 21.16V$$

Dolayısıyla giriş gerilimini alabileceği maksimum değer;

$$V_R = V_{IN} - V_Z$$

Şekil-3.7'de verilen regüle devresinde yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

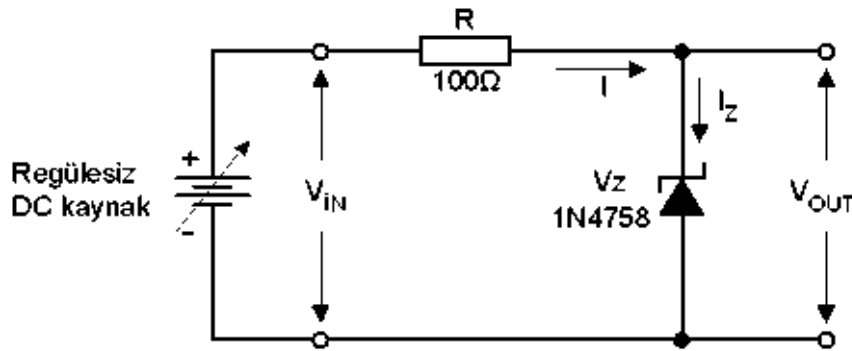
1 - Zener diyot regüle işlemini gerçekleştirebilmesi için, giriş gerilimi minimum

$$V_{IN(\min)}=12.11V \text{ olmalıdır.}$$

2- Zener diyot regüle işlemini gerçekleştirebilmesi için, giriş gerilimi maksimum

$$V_{IN(\max)}=21.16V \text{ olmalıdır.}$$

**Örnek:** Şekil-3.8'de verilen regüle devresinde zenerin regüle işlevini yerine getirebilmesi için giriş geriliminin alabileceği değerler aralığını hesaplayınız.



Şekil-3.8 Değişken giriş gerilimlerinde regülasyon

**Çözüm:** Devrede kullanılan 1N4758 kodlu zener diyodun karakteristiklerini üretici veri sayfasından yararlanarak bulalım.  $V_Z=56V$ ,  $P_{D(\max)}=1W$ ,  $I_{Z\min}=0.25mA$

Bu durumda devrenin minimum giriş gerilimi;

$$V_{IN(\min)}=(I_{Z\min} \cdot R)+V_{out}$$

$$V_{IN(\min)}=(0.25mA)(100\Omega)+56V=56.25V$$

Değerinde olmalıdır. Devrenin maksimum giriş gerilimini bulmak için önce zenerin dayanabileceği maksimum akımı bulmalıyız.

$$I_{Z\max} = \frac{P_{D(\max)}}{V_Z} = \frac{1W}{56V} = 17.8mA$$

O halde devrenin maksimum giriş gerilimi;

$$V_{IN(max)} = (I_{Zmax} \cdot R) + V_{OUT}$$

$$V_{IN(max)} = (17.8mA)(100\Omega) + 56V = 57.8V$$

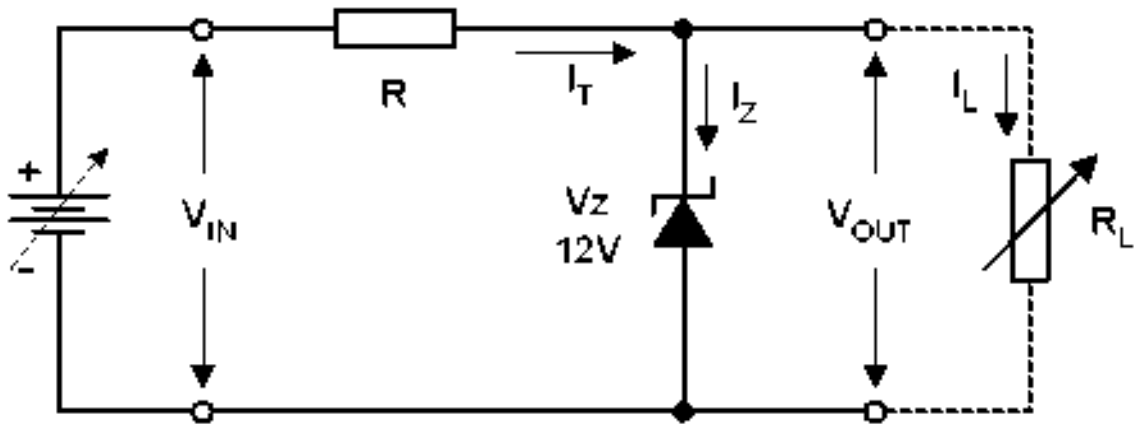
Dolayısıyla şekil-3.8’de verilen regüle devresinde zener diyotun regüle işlemini gerçekleştirebilmesi için giriş gerilimi;

$$56.2V > V_{IN} > 57.8V$$

aralığında olmalıdır.

### Değişken yük akımında regülasyon

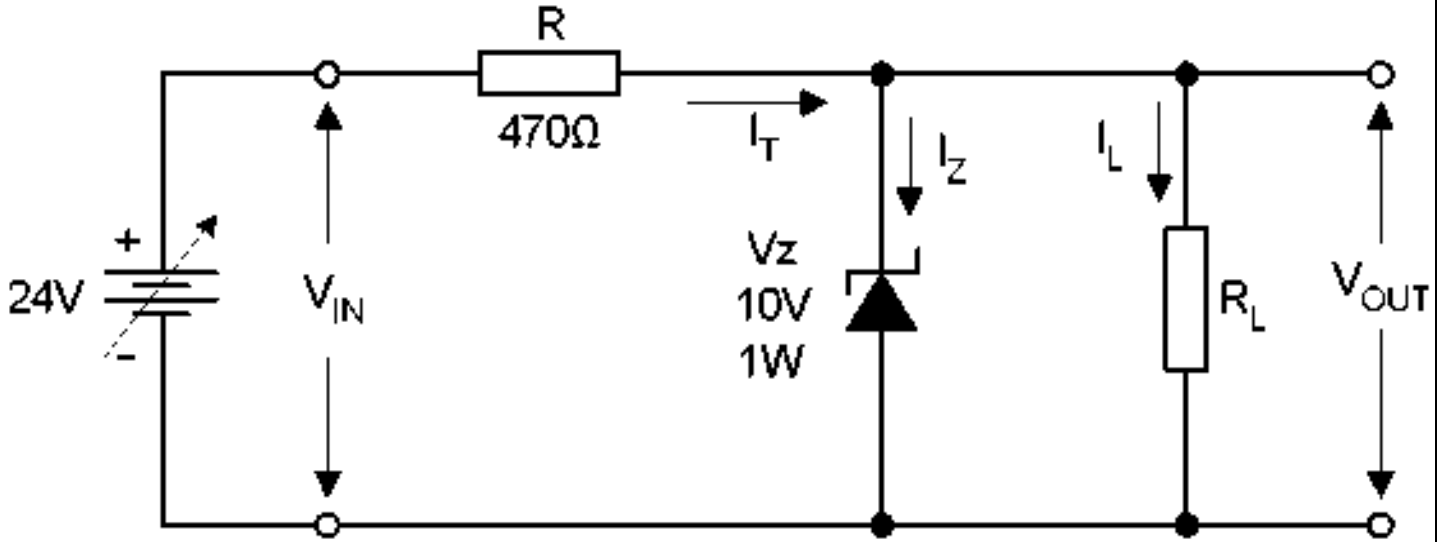
Bu bölümde değişken yük akımında zener diyodun nasıl regüle yaptığını göreceksiniz. Örnek bir regüle devresi şekil-3.9’da verilmiştir. Devrede zener diyoda paralel değişken bir yük direnci ( $R_L$ ) bağlanmıştır. Zener diyot regüle yaptığı sürece  $R_L$  yükü üzerindeki gerilim düşümü sabit kalmalıdır. Kısaca  $V_{out} = 12V$  olmalıdır.



Şekil-3.9 Değişken yük akımında regülasyon

Konuyu daha iyi irdeleyebilmek amacı ile çeşitli uygulama örnekleri verilerek matematiksel analizleri yapılmıştır.

**Örnek:** Şekil-3.10’da verilen regüle devresinde zenerin regüle işlevini yerine getirebilmesi için  $R_L$  yük direncinin alabileceği değerler aralığını hesaplayınız.?



Şekil-3.10 Değişken yük direncinde gerilim regülasyonu

**Çözüm:** Devrede kullanılan zener diyodun karakteristikleri;  $V_Z=10V$ ,  $P_{D(max)}=1W$ ,  $I_{Zmin}=1mA$  olarak verilmiştir. Bu veriler ışığında gerekli analizleri yapalım.

Devrede kullanılan zener diyodun dayanabileceği maksimum akım değerini bulalım;

$$I_{Z(max)} = \frac{P_{D(max)}}{V_Z} = \frac{1W}{10V} = 100mA$$

Önce devrede yük direnci kullanılmadığında ( $R_L=\infty$ ) zener regüle işlevini yerine getirebilir mi? İnceleyelim. Bu durumda  $I_L=0 A$  olacağından,  $I_T=I_{Z(max)}$  olacaktır. Dolayısıyla;

$$V_{IN} = R \cdot I_T + V_Z$$

$$I_T = I_{Z(max)} = \frac{V_{IN} - V_Z}{R} = \frac{24 - 10}{470\Omega}$$

$$I_T = I_Z(max) = 29.7 \text{ mA}$$

elde edilen bu sonuca göre devrede yük direnci yokken regüle işlemi yerine getirilebiliyor.

Devreden, elde edilen bu sonuca göre devrede yük direnci yokken regüle işlemi yerine getirilebiliyor. Devreden;

$$I_T = I_Z(max) + I_L(min)$$

$$I_T = I_Z(min) + I_L(max)$$

olacağı açıktır. Buradan yük akımının alabileceği maksimum değeri bulabiliriz.

$$I_L(max) = I_T - I_Z(min)$$

$$I_L(max) = 29.7 - 1 \text{ mA} = 28.7 \text{ mA}$$

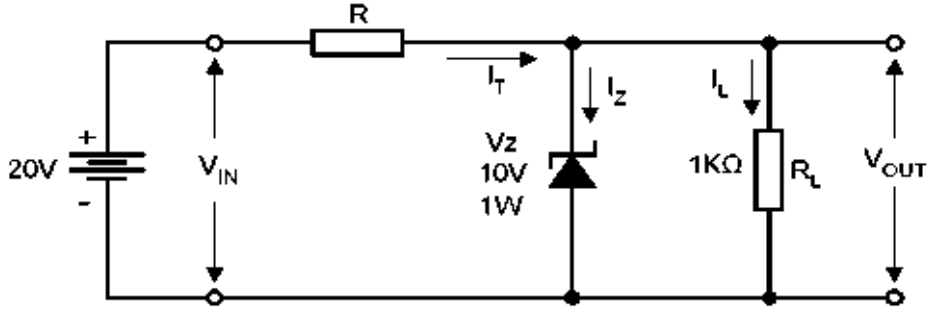
Devre çıkışından alınabilecek maksimum yük akımını hesapladık. Bu veriyi kullanarak çıkışa bağlanabilecek  $R_L$  yük direncini hesaplayalım.

$$R_{L(min)} = \frac{V_Z}{I_{L(max)}} = \frac{10V}{28.7 \text{ mA}} = 348\Omega$$

**Sonuç:** Elde edilen bu veriler ışığında devremizin regüle işlemini yerine getirebilmesi için  $R_L$  Yük direncinin alabileceği değerler aralığı;

$$398\Omega > R_L > \infty$$

Zener'le bir gerilim regülatörü tasarlanırken dikkat edilmesi gereken faktörler vardır. Bunları giriş gerilimindeki değişimler ve yük akımındaki değişimler olarak özetleyebiliriz. Son olarak komple bir regüle devresi tasarım örneği vererek konuyu bitirelim.



Şekil-3.11 Zenerle gerilim regülasyonu

**Örnek:** Şekil-3.11'da verilen regüle devresinde zenerin regüle işlevini yerine getirebilmesi için gerekli R ön direncinin olması gereken değerini hesaplayınız?.

**Çözüm:** Devrede kullanılan zener diyodun karakteristikleri;  $V_Z=10V$ ,  $P_{D(max)}=1W$ ,  $I_{Z(min)}=1mA$  olarak verilmiştir. Devrede kullanılan zener diyodun dayanabileceği maksimum akım değerini bulalım;

$$I_{Z(max)} = \frac{P_{D(max)}}{V_Z}$$

$$I_{Z(max)} = \frac{1W}{10V} = 100mA$$

Devrede kullanılan  $R_L$  yük direnci  $1K\Omega$  değerindedir. Dolayısıyla yük akımı sabittir.

$$I_L = \frac{V_Z = V_{OUT}}{R_L} = \frac{10}{1K\Omega} = 10mA$$

R ön direncinden geçecek akım  $I_T$  olarak belirtilmiştir.  $I_T$  akımının alabileceği değerleri



hesaplayalım.

$$I_T(\min) = I_Z(\min) + I_L = 1mA + 10mA = 11mA$$

$$I_T(\max) = I_Z(\max) + I_L = 100mA + 10mA = 110mA$$

Devrede akım sınırlamak amacıyla kullanılan R ön direnci bu değerleri sağlamalıdır.

Dolayısıyla R direncinin minimum ve maksimum olmak üzere iki sınır değeri olacaktır.

$$V_{IN} = R_{\min} \cdot I_T(\max) + V_Z$$

$$R_{\min} = \frac{V_{IN} - V_Z}{I_T(\max)} = \frac{20 - 10}{110mA} = 90\Omega$$

$$R_{\max} = \frac{V_{IN} - V_Z}{I_T(\min)} = \frac{20 - 10}{11mA} = 909\Omega$$

Devrede kullanacağımız R ön direnci yukarıda belirtilen değerler aralığında olmalıdır. Sağlıklı çalışma için limit değerler kullanmak önerilmez. Ortalama bir değer kullanalım.

$$R = \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2} = \frac{90\Omega + 909\Omega}{2} \cong 470\Omega$$

$$R = \frac{90\Omega + 909\Omega}{2} \cong 470\Omega$$

### Zener'le kırpıcı devreler

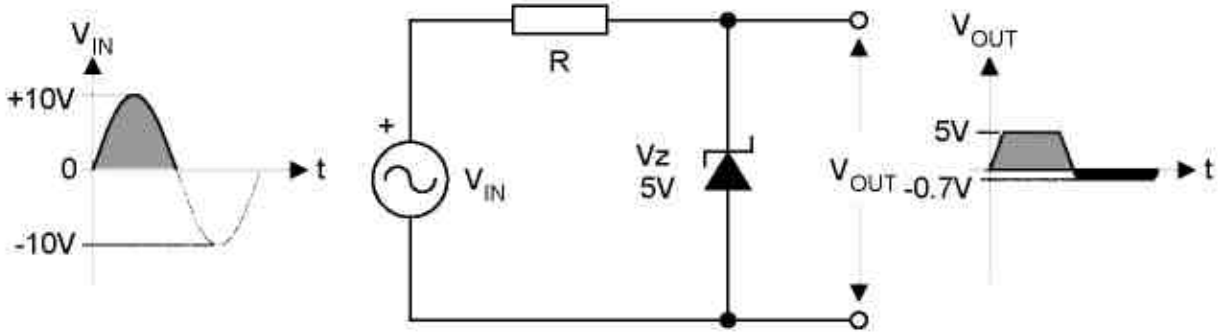
Zener diyot'un sıklıkla kullanılan bir diğer uygulama alanı ise kırpıcı devre tasarımıdır.

Özellikle ac işaretlerin kırılması ve farklı dalga formlarına dönüştürülmesi için zener diyotlar sıklıkla kullanılır. Bu bölümde AC işaretlerin kırılmasını ve dalga formlarının değiştirilmesini inceleyeceğiz.

Şekil-3.12'de sinüsoydal bir işaretin nasıl kırıldığı gösterilmiştir. Bu devrede; giriş işaretinin

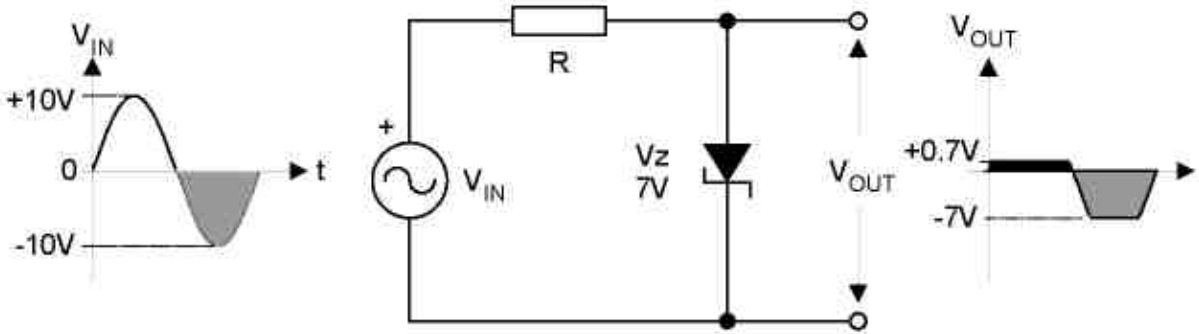
pozitif saykılında zener diyot kırılma gerilimi değerine kadar yalıtımdadır. Dolayısıyla giriş işareti, çıkışta aynen görülür. Giriş işaretinin pozitif seviyesi, zener kırılma gerilimi değerini aştığında zener diyot kırılarak çıkış gerilimini +5V değerinde sabit tutar.

Giriş işaretinin negatif yarım saykılında ise zener iletkendir. Çıkışta 0.7V zener ön gerilimi elde edilir. Dolayısıyla devre girişine uygulanan  $20V_{t-t}$  değerine sahip sinüsoydal işaret, devre çıkışından +5V'luk kare dalgaya dönüştürülmüş olarak alınır.



Şekil-3.12 Sinüsoydal bir işaretin pozitif alternansının kırılması

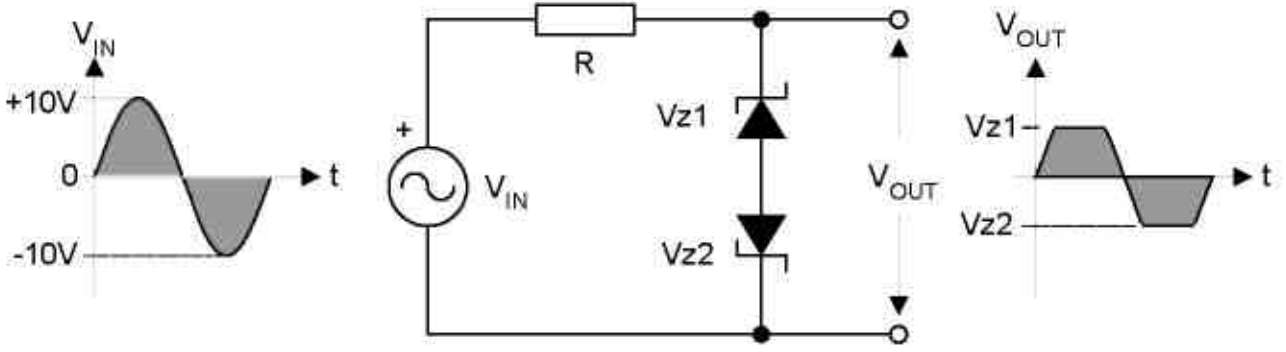
Şekil-3.13de görülen devrede ise sinüsoydal giriş işaretinin negatif alternansı zener diyot tarafından -7V'ta kırılmıştır. Pozitif alternansta zener diyot iletimde olduğu için çıkış gerilimi +0.7V civarındadır.



Şekil-3.13 Sinüsoydal bir işaretin negatif alternansının kırılması

Şekil-3.14'de ise sinüsoydal bir işaretin pozitif ve negatif alternanslarını kırpan bir devre verilmiştir. Giriş işaretinin pozitif alternansında;  $V_{Z2}$  zeneri iletimdedir.  $V_{Z1}$  ise pozitif alternansı kırılma gerilimi değerinde kırpar. Pozitif alternansta çıkış geriliminin tepe değeri  $V_{Z1}+0.7V$  değerine eşittir.

Giriş işaretinin negatif alternansında;  $V_{Z1}$  zeneri iletimdedir.  $V_{Z2}$  ise negatif alternansı kırılma gerilimi değerinde kırpar. Negatif alternansta çıkış geriliminin tepe değeri  $-(V_{Z2}+0.7V)$  değerine eşittir.



Şekil-3.14 Sinüsoydal bir işaretin negatif ve pozitif alternanslarının kırılması

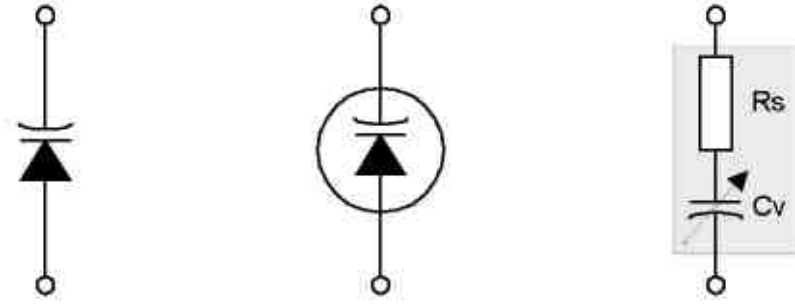
## VARİKAP DİYOT

Varikap diyot, pn ekleminden üretilmiş yarıiletken bir devre elemanıdır. Kimi kaynaklarda “varaktör (varactor) diyot” olarak adlandırılır. P-N bitişimi ters gerilim altında bir miktar kapasitif etki gösterir. Bu özellikten yararlanılarak varikap diyotlar üretilmiştir.

Varikap diyot, genellikle iletişim sistemlerinde kanal seçici (tuning) devrelerin tasarımında kullanılır. Bu bölümü bitirdiğinizde; aşağıda belirtilen konular hakkında ayrıntılı bilgilere sahip olacaksınız.

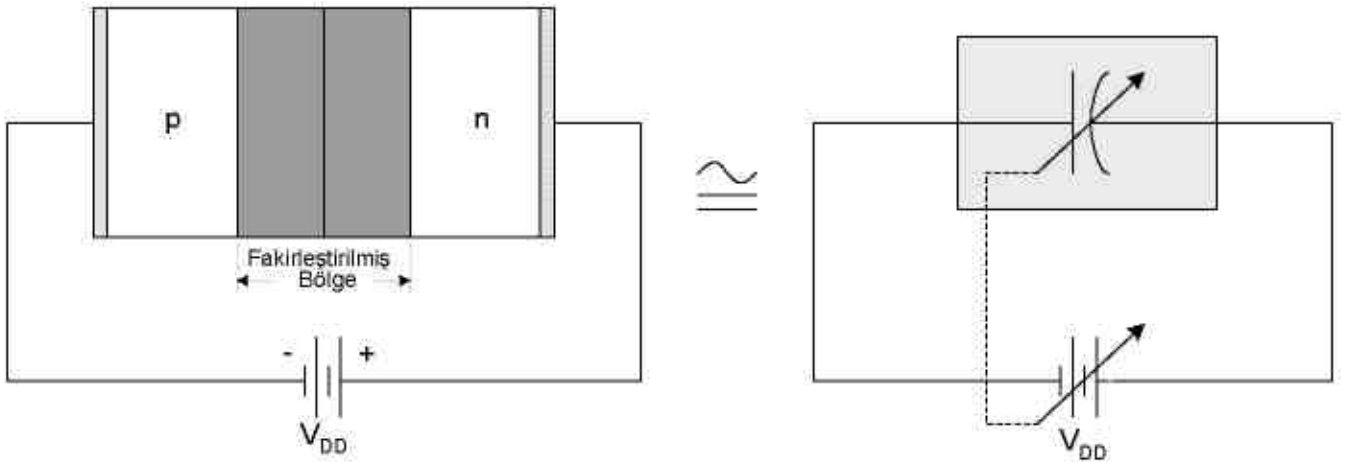
- Varikap diyot’un temel yapısı ve sembolü
- Varikap diyot’un çalışma karakteristikleri
- Varikap diyot’un veri sayfaları

P-N bitişimi ters yönde polarmalandığında bir miktar kapasitif etki oluşturur. P-N bitişiminin bu özelliğinden yararlanılarak varikap diyotlar geliştirilmiştir. Varikap diyodu; ters polarma altında kapasitansı değişen diyot veya yarıiletken kondansatör olarak tanımlayabiliriz. Şekil-3.15’de varikap diyodun şematik sembolü ve eşdeğer devresi verilmiştir.



Şekil-3.15 Varikap diyodun şematik sembolü ve eşdeğer devresi

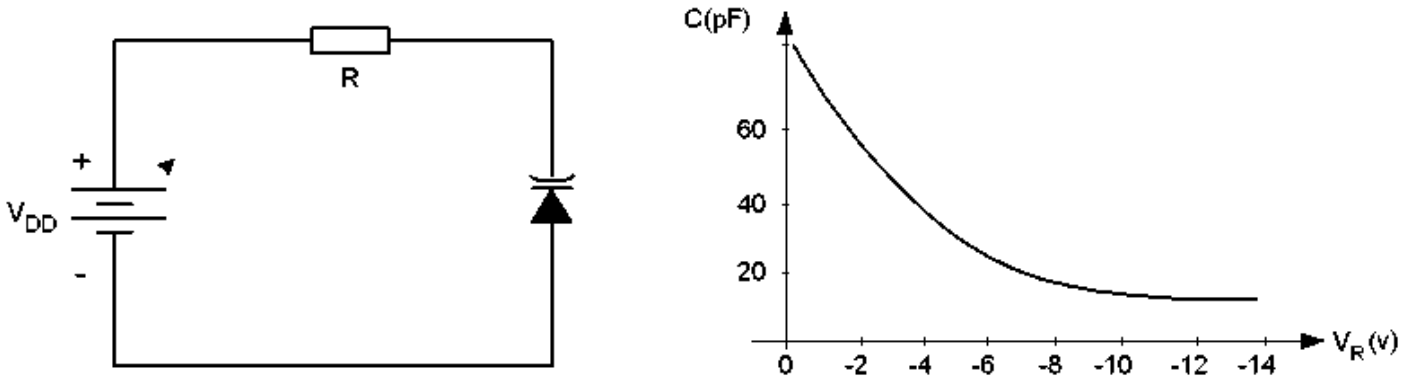
Varikap diyodun kapasitif değerini, pn bileşiminin fakirleştirilmiş bölgesinde belirlenmektedir. Üretimde kullanılan katkı maddesi ve fiziksel boyut kapasitif değeri etkileyen diğer faktörlerdir. Kapasitif etkinin nasıl oluştuğu şekil-3.16 yardımıyla görselleştirilmiştir. Varikap diyoda uygulanan ters polarma değerine bağlı olarak kapasitif etkinin değiştiğine dikkat ediniz.



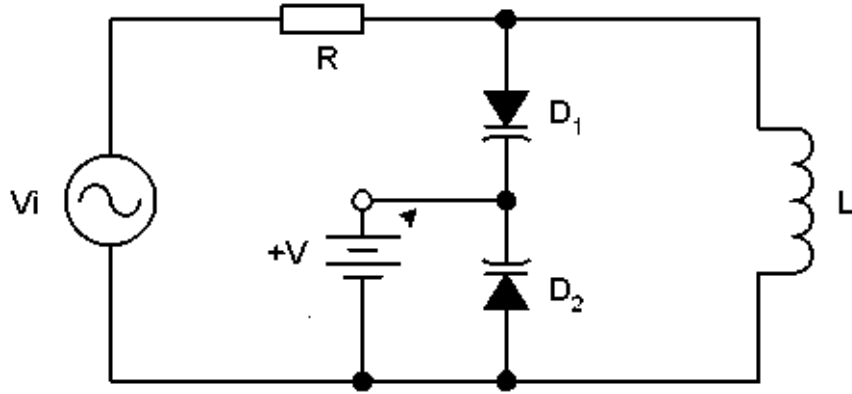
Şekil-3.16 Varikap diyodun temel yapısı ve çalışması

Varikap diyodun kapasitesi uygulanan ters gerilimin değerine bağlı olarak bir kaç pF'dan yüzlerce pF'a kadar değiştirilebilir. Şekil-3.17'de tipik bir varikap diyodun karakteristiği verilmiştir.

Karakteristik eğriden görüldüğü gibi varikap diyoda uygulanan ters polarite artışı, diyodun kapasitif değerini azaltmaktadır.



Şekil-3.17 Varikap diyodun karakteristiği Genel kullanım Alanları



Şekil-3.18 Paralel rezonans devresinde varikap diyodun kullanılması

Varikap diyotlar; genellikle iletişim sistemlerinin tasarımında kullanılır. Kullanım alanlarına örnek olarak; FM modülatörü, otomatik frekans kontrolü, filtreleme devrelerini verebiliriz.

Şekil-3.18’de varikap diyot, paralel bir rezonans devresinde, rezonans frekansının ayarlanmasında kullanılmıştır.

Devrede; 2 adet varikap diyot kullanılmıştır. Varikap diyodlara uygulanan dc gerilim; varikap diyodların kapasitif değerlerini değiştirmektedir. Bu durum, paralel rezonans (tank devresi) devresinin rezonans frekansını belirler. Bu devrede rezonans frekansı ( $Q \geq 10$  için)  $F_r$ ;

$$F_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

### Genel veriler

Üretici firmalar kullanım amaçlarına bağlı olarak yüzlerce farklı tipte varikap diyot üretimi yaparak tüketime sunarlar. Üretilen her bir varikap diyodun karakteristiklerini üretici

kataloglarından temin edilebilir. Bu bölümde; örnek olarak birkaç varikap diyodun genel karakteristikleri verilmiştir.

Kodu	C <sub>D</sub> , Diyod Kapasitesi V <sub>R</sub> =0.5VDC, f=1.0MHz		C <sub>D</sub> , Diyod Kapasitesi V <sub>R</sub> =28VDC, f=1.0MHz		Ters Yön Gerilimi (V <sub>R</sub> )	Ters Yön Akımı (I <sub>R</sub> )	İleri Yön Akımı (I <sub>F</sub> )	Seri Diyod Direnci r <sub>s</sub>
	Min	Max	Min	Max	Max	Max	Max	Max
BB131	8pF	17pF	0.7pF	1.05pF	30V	10nA	20mA	3Ω@200MHz
BB135	17.5pF	21pF	1.7pF	2.1pF	30V	10nA	20mA	0.7Ω@470MHz
BB145	6.4pF	7.4pF	4V@2.7pF	4V@3.2pF	6V	10nA	20mA	0.6Ω@470MHz
BB152	1V@52pF	1V@62pF	2.48pF	2.89pF	32V	200nA	20mA	1.2Ω@100MHz
BB190	1V@18pF	1V@20pF	10V@6pF	10V@6pF	10V	3nA		0.4Ω@470MHz
BBY40	3V@26pF	3V@32pF	25V@4.3pF	25V@6pF	30V	10nA	20mA	0.7Ω@200MHz

Şekil-3.19 Bazı Varikap diyotların genel karakteristikleri

## OPTİK DİYOTLAR

Bu bölümde; optik özellik gösteren iki tür diyodu ayrıntılı olarak inceleyeceğiz. Bunlardan ilki ışık yayan diyot'tur. Bu diyot, genellikle LED (Light Emitting Diode) olarak adlandırılır.

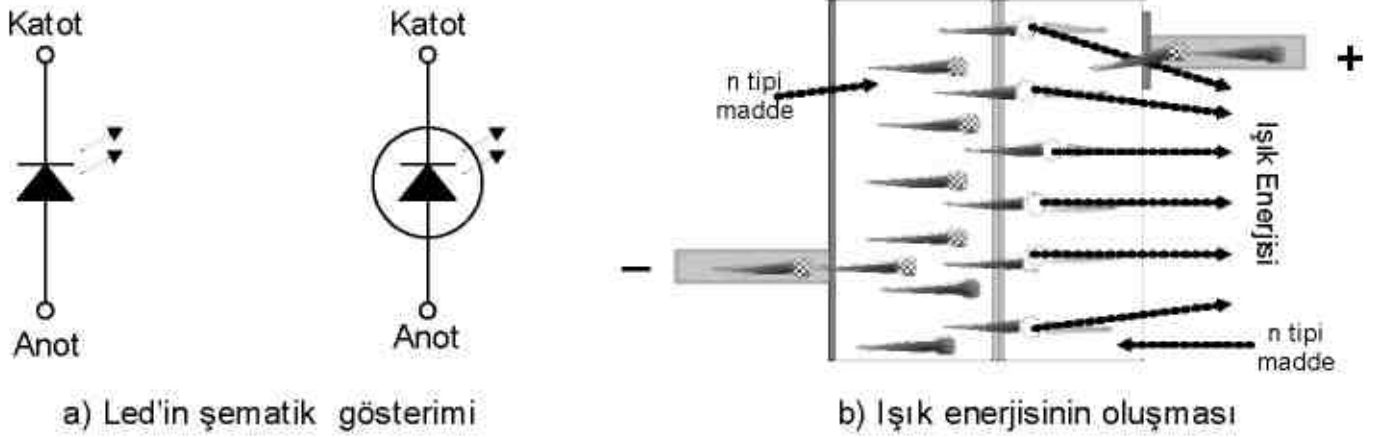
Optik özellik gösteren Ur diğeri diyot ise Foto-Diyot olarak adlandırılır. Foto-diyot, ters polarma altında çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Ters polarma altında iletkenliği ışığa duyarlıdır. Her iki diyot türü, özellikle optik uygulamalarda sıklıkla kullanılırlar. Bu bölümde;

- Işık yayan diyotların (LED) özellikleri ve karakteristikleri
- Foto-Diyot özellikleri ve çalışma karakteristikleri
- Lazer Diyot

Hakkında ayrıntılı bilgiler elde edeceksiniz.

## Işık Yayan Diyot (LED)

Işık yayan diyot (LED), doğru yönde polarmalandığında görülebilir ışık yayan yarıiletken bir devre elemanıdır. P-N bitişiminden üretilmiştir. Bilindiği gibi germanyum veya silis-yumdan yapılan pn bitişimleri doğru polarma altında üzerlerinden bir akım akmasına izin verir. Akım akışı esnasında bir enerji açığa çıkar. Bu enerjinin bir miktarı ısı, küçük bir miktarı ise ışık (foton) enerjisidir. Bu nedenle LED üretiminde silisyum veya germanyum elementleri kullanılmaz. LED üretimi için P ve N maddelerinin oluşturulmasında genellikle Galyum arsenit fosfit (GaAsP) veya galyum fosfit (GaP) kullanılır. Bu tür maddeler doğru polarma altında görülebilir ışık elde etmek için yeterlidir. Şekil-3.19.a'da LED'in şematik sembolü, 3.19.b'de ise doğru polarma altında pn bitişiminde ışık enerjisinin oluşumu verilmiştir.



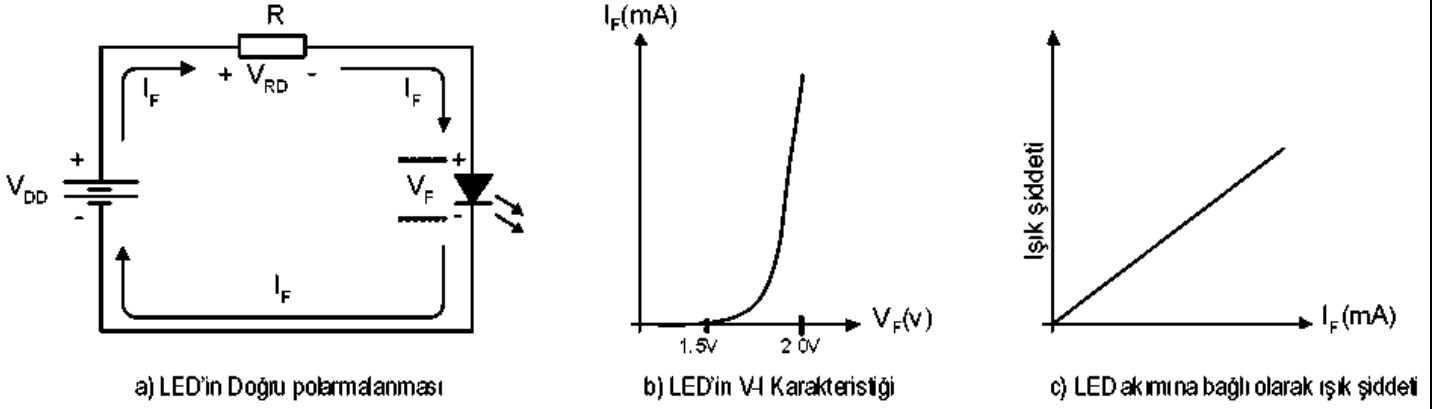
Şekil-3.19.a ve b Led sembolleri ve ışık enerjisinin oluşması

PN bitişiminde, bitişim bölgesinde elektron ve boşluklar yeniden birleşir. Yeniden birleşme işlemi esnasında enerjinin büyük bir kısmı ışık enerjisine dönüşerek görülebilmesine neden olur. Bu durum şekil-3.19'b'de resmedilmiştir.

Yarıiletken malzemeye elektrik enerjisi uygulanarak ışık enerjisi elde edilebilir. Bu işlem "elektrolüminesans (elektro-parlaklık)" olarak adlandırılır.

LED, doğru polarma altında ilettime geçer ve üzerinden akım akmasına izin verir. Doğru polarma altında üzerinde maksimum 1.2V ile 3.2V arasında bir gerilim düşümüne sebep olur. LED'lerin üzerlerinden akmalarına izin verilen akım miktarı 10-30mA civarındadır. Bu değer; kullanılan LED'in boyutuna ve rengine göre farklılık gösterebilir. Gerekli maksimum değerler

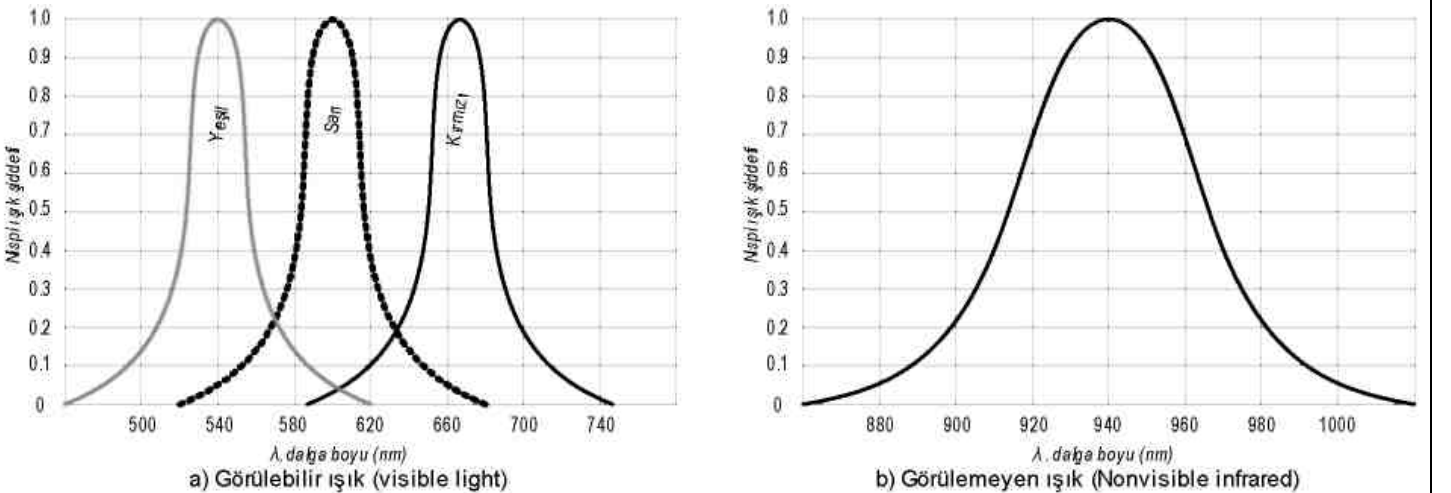
üretici kataloglarından temin edilebilir. Şekil-3.20’de LED’in doğru polarma altında çalışması ve V-I karakteristiği verilmiştir.



Şekil-3.20 Doğru polarma altında LED'in çalışması ve karakteristikleri

LED'in yaydığı ışık enerjisinin şiddeti ve rengi imalatta kullanılan katkı maddesine göre değişmektedir. Üretiminde GaP kullanılan LED'ler, kırmızı yada sarı renkte görülebilir ışık yayarlar. GaAsP kullanılan LED'ler ise sarı renkte görülebilir ışık yayarlar. Üretiminde GaAs kullanılan LED'ler ise “kızıl ötesi (infrarad)” ışık yayarlar.

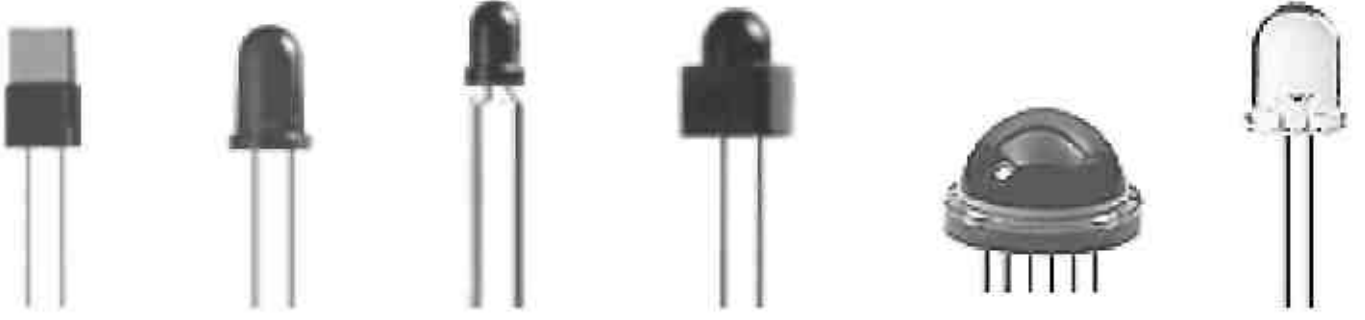
LED'lerin yaydığı ışığın görünebilir veya görünemez olması, yayılan ışığın dalga boyu tarafından belirlenir. 500nm-700nm arasında dalga boyuna sahip ışımalar görülebilir. 800nm-1000nm arasında dalga boyuna sahip ışımalar ise kızıl ötesi olarak adlandırılır ve görülemez. Şekil-3.21’de her rengin dalga boyu ve ışık şiddeti grafiksel olarak verilmiştir.



Şekil-3.21 Renklerin dalga boyuna göre bağlı şiddetinin grafiği



Pek çok üretici firma, kullanım alanı ve gereksinime bağlı olarak LED üretimi yapar. Günümüzde sarı, turuncu, yeşil ve kırmızı renklerde ışık veren LED'ler üretilmektedir. Mavi ışık yayan LED üretimi şimdilik pek ekonomik değildir. Yakın gelecekte bu tür LED'lerinde seri tüketime sunulacak şekilde geliştirilebileceğini söyleyebiliriz. Bir çok farklı kılıfa (yuvarlak, kare, dikdörtgen v.b) ve boyuta sahip LED üretimi yapılmaktadır. Yaygın olarak kullanılan bazı LED tiplerinin görünümü şekil-3.22'de verilmiştir.



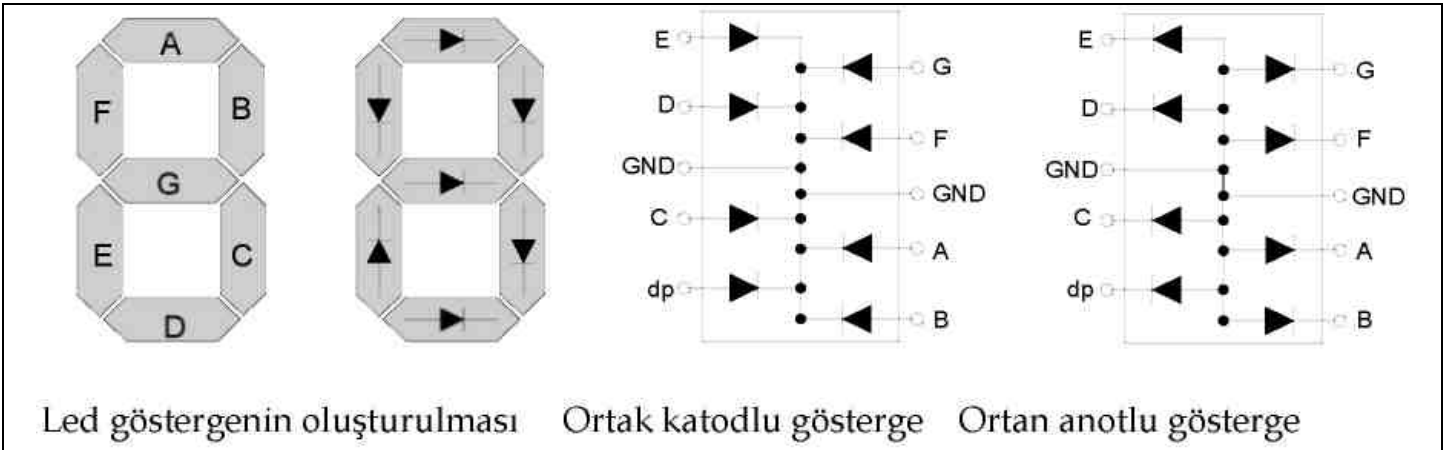
Şekil-3.22 LED'lerde kılıf tipleri ve görünümleri

### Sınır Değerler

Son yıllarda reklam sektöründeki gelişmeler, LED tüketimi ve kullanımını artırmıştır. Enerji tüketimlerinin oldukça az olması yaygın kullanımda etkindir. LED kullanımında iki sınır değere özellikle dikkat edilmelidir. Bunlar ileri yönde maksimum geçirme akımı  $I_{FM}$  ve maksimum ters tepe gerilimi  $V_{RM}$  dir. Bu değerlerin aşılması durumunda LED hasar görebilir. İmalatçılar örneğin, 3mm'lik boyuta sahip kırmızı LED için  $I_{FM}=50mA$ , diğer renkler için ise  $I_{FM}=30mA$  limit değerlerini vermişlerdir. Pratik kullanımda her LED için 10-20mA ileri yön akım değeri yeterli olmaktadır. LED'lerin maksimum ters tepe gerilimi çoğu kez birkaç volt civarındadır. LED'lerin çalışma ömrü çok uzundur ve yaklaşık olarak  $10^5$  saat civarındadır.

### Led Gösterge

Led diyotlar günümüzde çeşitli kombinasyonlar oluşturularak da kullanılmaktadır. Özellikle sayısal elektronik uygulamalarında rakam ve yazıların gösterimi bu tür devre elemanları ile yapılır. Yedi parçalı gösterge (seven-segment display) olarak adlandırılan bu tür optik devre elemanları ortak anot veya ortak katot bağlantılı olarak üretilirler. Şekil-3.23'de Led göstergelerin temel yapısı ve birkaç tipik led göstergenin görünümü verilmiştir.



Şekil-3.23 Led göstergenin temel yapısı ve tipik görüntüleri

### Foto-Diyot

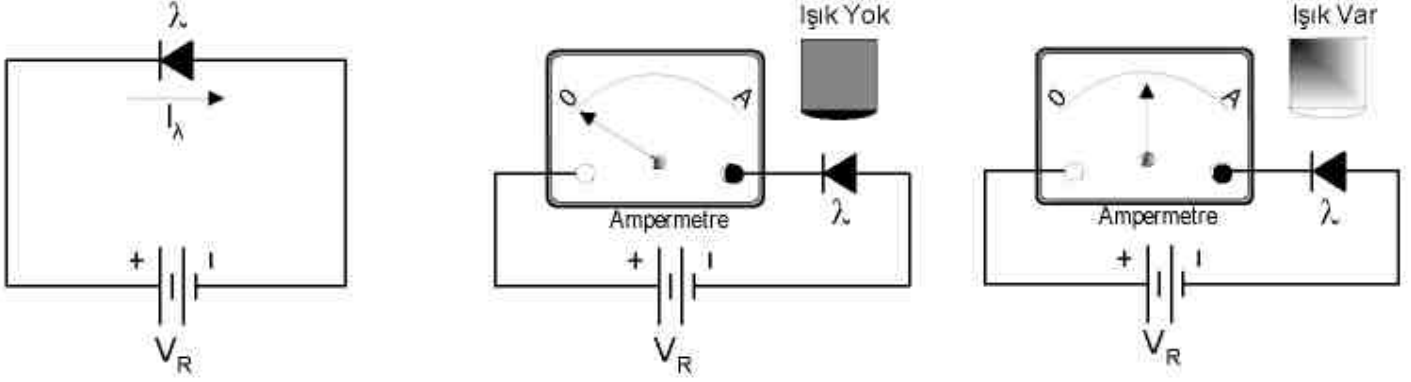
Foto-diyot (Photo-diode), ışık enerjisine duyarlı aktif devre elemanlarından biridir. Ters polarlama altında çalıştırılmak üzere PN bitişiminden üretilmiştir. Şekil-3.24’de foto-diyot’un sembolü ve birkaç farklı tip foto-diyot’un görünümü verilmiştir. Foto-diyot ışık enerjisine duyarlı bir elemandır. Bu nedenle tüm foto-diyotlar ışık enerjisini algılamaları için şeffaf bir pencereye sahiptir.



Şekil-3.25 Foto-Diyot’un şematik gösterimleri ve görüntüleri

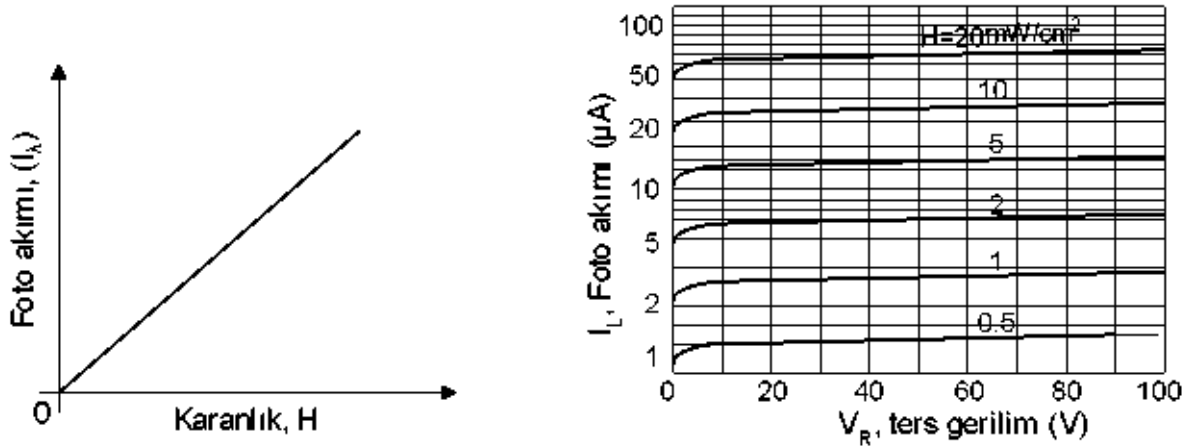
**Foto-diyot;** doğru polarlama altında normal diyotlar gibi iletkenir. Ters polarlama altında ise, üzerine uygulanan ışık yoğunluğuna bağlı olarak çok küçük bir akım akmasına izin verir. Dolayısıyla karanlık bir ortamda bulunan foto-diyot yalıtkandır.

Bir foto-diyot'un ışık enerjisine bağlı olarak nasıl çalıştığı şekil-3.26'da gösterilmiştir. Öncelikle foto-diyot ters polarma altında çalıştırılmıştır. Şekilde görüldüğü gibi karanlık ortamda foto-diyot'un direnci maksimumdur ve üzerinden akım akmasına izin vermez. Foto-diyot üzerine bir ışık kaynağı uygulandığında ise  $\mu\text{A}$ 'ler seviyesinde bir akım akmasına izin verir.



Şekil-3.26 Foto-diyot'un çalışması

Bir foto-diyot'un karakteristiği üzerine gelen ışık gücüne bağlı olarak üreteceği foto-akım ( $I_x$ ) miktarıdır. Karakteristikler genellikle watt başına akım miktarı olarak belirtilir. Şekil-3.27'de bir foto-diyot için gerekli karakteristikler verilmiştir.



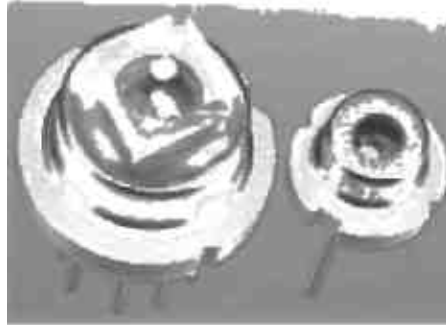
Şekil-3.26 Foto-diyot için gerekli karakteristikler

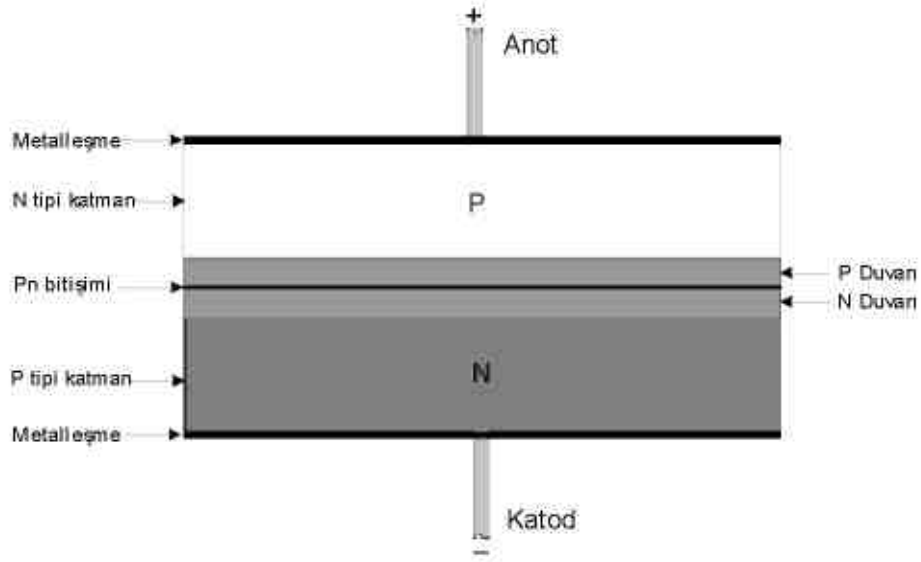
### Lazer Diyot

**Lazer;** İngilizce, Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation (uyarılmış ışın neşriyle ışık kuvvetlendirilmesi) cümlesindeki kelimelerin baş harflerinin alınmasından türetilmiş bir kelimedir. Normal ışık, dalga boyları muhtelif, rengarenk, yani farklı faz ve frekansa sahip dalgalardan meydana gelir.

Lazer ışığı ise yüksek genlikli, aynı fazda, birbirine paralel, tek renkli (monochromatic), hemen hemen aynı frekanslı dalgalardan ibarettir. Optik frekans bölgesi yaklaşık olarak  $1 \times 10^9$  Hz ile  $3 \times 10^{12}$  Hz arasında yer alır. Bu bölge, kırmızı ötesi ışınları, görülebilen ışınları ve elektromanyetik spektrumun morötesi ışınlarını kapsar. Lazer diyot çok yüksek frekanslarda çalışır.

Lazer ışınının üretimi için farklı yöntemler ve malzemeler kullanılmaktadır. Yarıiletken malzemelerden elde edilen kristallerden yapılan lazerlere, "lazer diyot" adı verilmektedir. Galyum arsenik kristali yarıiletken lazere örnektir. Lazer diyot; Yarı iletken diyot gibi p-n malzemenin birleşmesinden oluşturulmuştur. Birleşim yüzeyinde pozitif gerilim p tarafına, negatif gerilim ise n tarafına verildiği zaman elektronlar n malzemesinden p malzemesine geçerken enerjilerini kaybeder ve foton yayarlar. Bu fotonlar tekrar elektronlara çarparak bu elektronların daha çok foton üretmesine sebep olurlar. Neticede yeterli seviyeye ulaşan foton neşri, lazer ışınını meydana getirir. Bu tür lazerler verimli ışık kaynaklarıdır. Genellikle boyları bir milimetreden büyük değildir. Ancak çok verimli çalışma için ortam sıcaklığı oda sıcaklığının çok altına düşürülmelidir. Lazer diyot'un görünümü ve yapısı şekil-3.25'de verilmiştir.





Şekil-3.25 Lazer diyot'un görünümü ve yapısı

### Lazer ışınının özellikleri:

- Lazer ışınının en büyük özelliği, dağılmaması ve yön verilebilmesidir. Dalga boyunun küçük olması dağılmayı da büyük ölçüde azaltır. Uyarılan atomlar her yön yerine, belli yönlerde hareket ederler. Bu durum lazer ışının çok parlak olmasını sağlar.
- Lazer ışını, dalga boyu tek olduğundan monokromatik özellik taşır. Frekans dağılım aralığı, frekansının bir milyonda biri civarındadır. Bu sebepten istenilen frekansta çok sayıda dalgalar lazer dalgası üzerine bindirilmek suretiyle haberleşmede iyi bir sinyal üretici olarak kullanılır.
- Lazer ışını dağılmaz olduğundan kısa darbeler halinde yayınlanabilmesi mümkündür. Kayıpsız yüksek enerji nakli yapılması bu özelliği ile sağlanabilir. Yönlü bir hareket olmasından ise holografi ve ölçüm biliminde yararlanır.
- Lazer ışını tek dalga boyuna sahip olduğu için lazer cinsine göre çeşitli renkte ışınlar elde etmek mümkündür.

### Lazer çeşitleri:

Günümüzde lazer ışınının üretimi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu nedenle lazerler; katı, gaz, kimyasal, sıvı ve yarıiletken lazer olmak üzere sınıflara ayrılırlar. İlk bulunan katı

lazer türü, yakut lazeridir. Yakut, az miktarda krom ihtiva eden alüminyum oksit kristalidir. İlk yakut laser sadece bir darbe ile çalıştırılırdı.

İlk gaz lazer'in üretiminde helyum ve neon karışımı şeklinde kullanılmıştır. Helyum ve neon gazı ile çalışan lazerde, gazlar yüksek voltaj altında iyonize hale gelir. Helyum atomları elektrik deşarjı esnasında elektronların çarpması ile ikazlanarak yüksek enerji seviyelerine çıkar. Bunlar, kazandıkları enerjilerini neon atomlarındaki eş enerji seviyelerine aktarırlar. Bu enerji aktarma işlemi fotonun yayılmasına sebep olur. Aynalar vasıtasıyla yeterli seviyeye ulaştıktan sonra lazer ışını elde edilmiş olur. Bu tür lazer ışınının dalga boyu 1,15 mikrondur.

Kimyasal lazerde ise meydana getirilen gazlar kimyasal reaksiyon yoluyla pompalanır. Kimyasal pompalama bir eksotermik kimya reaksiyonunda enerji açığa çıkmasıyla olur. Örneğin; hidrojen ve flüor elementleri tersine çevrilmiş bir toplumda hidrojen flüorur meydana getirmek üzere reaksiyona girdiklerinde lazer etkisi ortaya çıkar.

En çok kullanılan sıvı lazer türü, organik bir çözücü içindeki organik boyanın seyreltik bir çözeltisidir. Birkaç lazer paralel olarak çalıştırılabilir. Böylece saniyenin birkaç trilyonda biri devam eden lazer darbeleri elde edilebilir. Boya lazerlerinin en önemli özelliği dalga boyunun geniş bir alanda hassas bir şekilde ayarlanabilmesidir.

### **Lazer ışınının kullanıldığı yerler:**

Lazer, haberleşmede kullanılabilecek özelliklere sahiptir. Lazer ışını da güneş ışını gibi atmosferden etkilenir. Bu sebeple atmosfer, radyo yayınlarında olduğu gibi lazer yayını için uygun bir ortam değildir. Bu bakımdan lazer ışınları, içi ayna gibi olan lifler içinden gönderilirse, lifler ne kadar uzun, kıvrıntılı olursa olsun kayıp olmadan bir yerden diğerine ulaşır. Bu liflerden istifade edilerek milyonlarca değişik frekanstaki bilgi aynı anda taşınabilmektedir. Bu maksatla foto diyot kullanılmakta ve elektrik enerjisi foto diyotta ışık enerjisine çevrilmektedir.

Karbondioksit lazerleri metal, cam, plastik kaynak ve kesme işlerinde kullanılır. Lazer, uzayda mesafe ölçmede kullanılır. Peykler arasındaki mesafeyi 25cm hata ile ölçebilmektedir. Lazerle ilk mesafe ölçümü, 1962 senesinde, Ay'a yerleştirilen argon-iyon lazeri ile yapılmıştır. Lazer,

inşaatlarda, boru ve tünel yapımında, yön ve doğrultu tayininde ve tespitinde klasik teodolitlerden çok daha mükemmel ve kullanışlıdır.

**Lazer;** askeri alandaki mesafe bulma ve yer tanıma maksadıyla kullanıldığı bilinmektedir.

Gece karanlığında gece görüş dürbünleri ile operasyon yapılabilir. Çok başlıklı füzelerin hafızalarına yerleştirilen hedef resmi, füze hedefe yaklaşınca lazer ışını ile tanınır.

Holografi ve fotoğrafçılıkta çok mühim yeri vardır. Lazerle görüntü kaydetme süresi saniyenin 10 trilyonda biri zamanda mümkün olur. Holografi, lazer ışınları ile üç boyutlu resim çekme ve görüntüleme tekniğidir.

Tıpta lazer “kansız ameliyat” maksatları ile kullandır. Yırtılmış göz retinası, lazer ışını ile acısız ve süratle dikilir. Vücudun çeşitli bölgelerindeki tümörler bıçakla açılmadan yerinde kesilerek tedavi edilebilir. Damardaki dokular, lazer ışını ile kaynar ve kanama olmaz. Çürük diş çukurları dolgu yapılmak üzere acısız delinebilir.

### **Lazer teknolojisinde beklenen gelişmeler:**

Nükleer enerji alanında lazerin çeşitli gelişmelere yol açacağı umulmaktadır. En önemlisi başlatılması zor olan termonükleer-füzyon olayının (hidrojen bombası ve güneşte her an meydana gelen reaksiyon) lazer ile tetiklenmesidir. Böylece dünya enerji problemi ortadan kalkacaktır.

Lazer ışınının darbe süresinin saniyenin trilyonda birine düşürülmesi halinde kısa bir sürede üretilecek enerji bugün dünyada aynı müddette üretilmekte olan enerji toplamından fazla olacaktır. Lazer ışını ile çalışan silahların yapılması ile çok uzaklardan mühimmat, akaryakıt, karargâh binaları imha edilebilecektir. Lazer özelliği dolayısıyla bilgisayarın hafıza kapasitesini büyük ölçüde artırabilir.

### **ÖZEL TİP DİYOTLAR**

Bu bölümde elektronik endüstrisinde azda olsa kullanılan bazı özel amaçlı diyot türleri tanıtılacak ve çalışma karakteristikleri verilecektir. Bu tür diyotlara örnek olarak Şotki (Schootky), Tunel diyot, Pin diyot’u sayabiliriz.

## Bu bölümde sırayla;

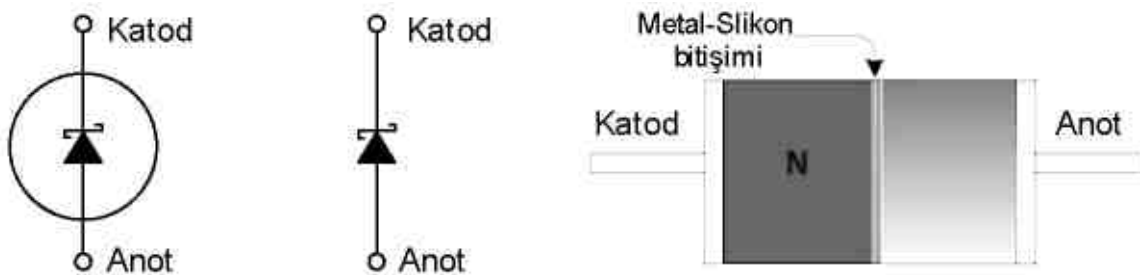
- Şotki diyot'un yapısı, sembolü ve karakteristikleri
- Pin diyot'un yapısı, sembolü ve karakteristikleri
- Tunel diyot'un yapısı, sembolü ve karakteristikleri

incelenecektir.

## Şotki (Schottky) Diyot

Şotki diyotlar çok yüksek frekanslarda kullanılmak üzere tasarlanmış özel bir diyot türüdür. Bu diyotlara sıcak taşıyıcı (hot-carrier) diyotları da denilmektedir. Çok yüksek frekanslar altında yapılan çalışmalarda normal diyotlar anahtarlama işlevini yerine getirirken zorlanırlar. Örneğin istenilen sürelerde durum değiştiremezler (iletim/kesim). Bu soruna çözüm bulmak amacı ile şotki diyotlar geliştirilmiştir. Şotki diyotlar çok yüksek anahtarlama hızlarına sahiptirler. Bu nedenle yüksek frekanslarda yapılan çalışmalarda anahtarlama elemanı olarak şotki diyotlar tercih edilir. Kullanım alanlarına örnek olarak sayısal (digital) sistem tasarımlarını verebiliriz.

Şotki diyotların yapısı normal diyotlarla benzerlik gösterir. Sadece P ve N maddesinin birleşim yüzeyi normal diyotlardan farklıdır. Anahtarlama hızını artırmak amacı ile şotki diyotların birleşim yüzeylerinde altın, gümüş veya platin gibi metaller kullanılır. Şotki diyot'un sembolü ve yapısı şekil-3.26'da verilmiştir.



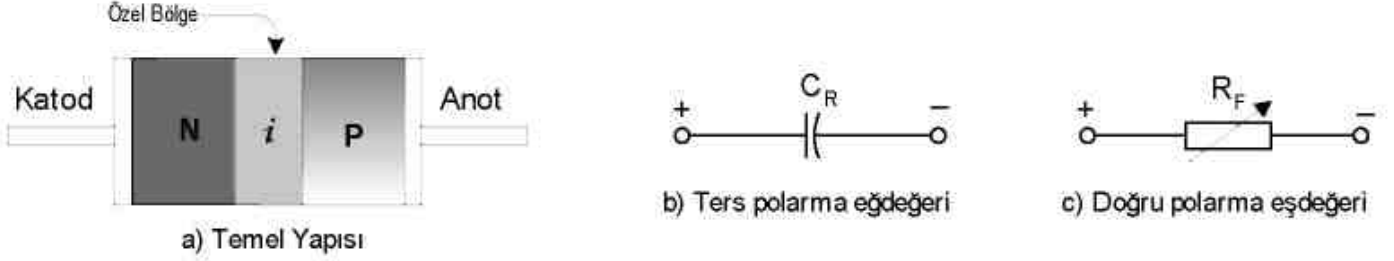
Şekil-3.26 Şotki Diyot'un sembolü ve yapısı

## Pin Diyot

Pin diyotlarda P ve N eklemleri yoğun bir şekilde katkılandırılmıştır. Fakat bu iki malzeme katkısız bir silisyum malzeme ile ayrılmıştır. Pin diyot, Ters yönde polarmalandırıldığında sabit bir kondansatör gibi davranır. Doğru yönde polarmalandığında ise değişken bir direnç gibi



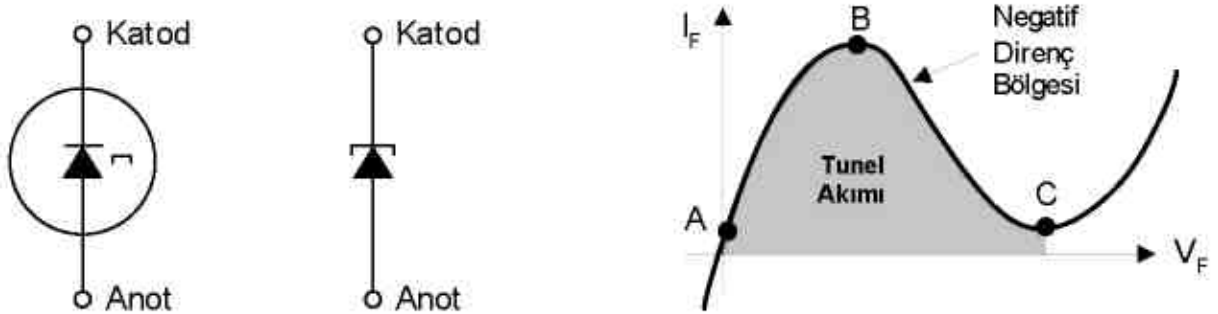
çalışır. Pin diyot bu özelliklerinden dolayı modülasyon elemanı olarak kullanılır. Hızlı değişiminden dolayı kontrollü mikro dalga anahtarı gibi, ya da direnci akım kontrollü olduğundan zayıflatma uygulamalarında kullanılırlar. Pin diyodun yapısı ve eşdeğer devreleri şekil-3.27’de verilmiştir.



Şekil-3.27 Pin Diyot'un temel yapısı ve eşdeğer devreleri

### Tunel Diyot

Tunel Diyot (Tunnel diode), diğer diyotlar gibi PN bitişiminden üretilmiştir. Üretiminde germanyum veya galyum arsenit kullanılır. Doğrultucu diyotlardan farklı olarak p ve n tipi eklemleri oluşturulurken daha yoğun katkı maddesi kullanılır. Tunel diyot'un en belirgin özelliği negatif direnç karakteristiğidir. Bu özellik onu özellikle osilatör devrelerinin tasarımında popüler kılar. Tunel diyotların sık kullanıldığı bir diğer uygulama alanı ise mikrodalga yükselteçleridir. Şekil-3.28’de tunel diyot'un şematik sembolü ve karakteristiği verilmiştir.

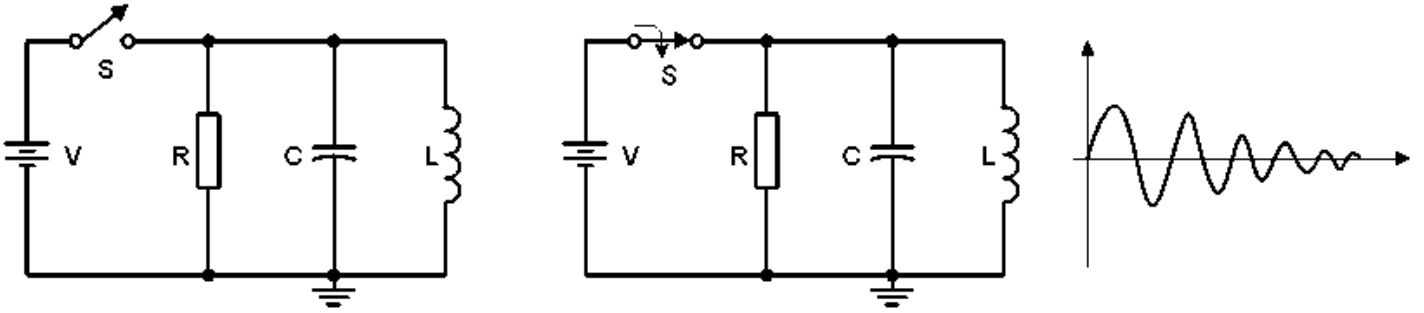


Şekil-3.27 Tunel Diyot'un şematik sembolü ve karakteristiği

Tunel diyot, doğru polarma altında çok küçük gerilim değerlerinde dahi iletimdedir ve üzerinden bir akım akmasına izin verir. Bu durum karakteristikte A-B noktaları arasında

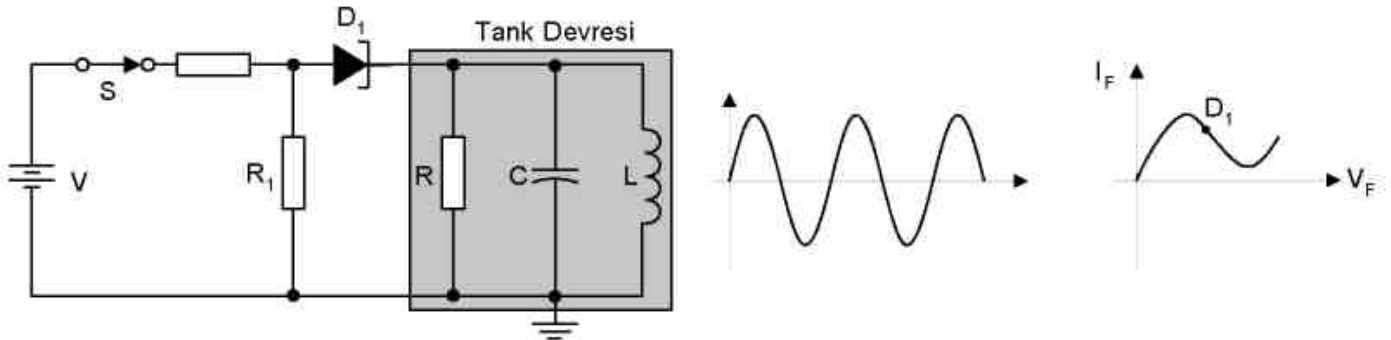
görülmektedir. Tünel diyot üzerine uygulanan doğru yöndeki polarma gerilimi, tünel diyot kırılma (barrier) gerilimi değerini aştığında tünel diyot negatif direnç özelliği gösterir. Bu noktada (B noktası) tünel diyot üzerinden geçen akım miktarı arttığı halde, üzerine düşen gerilim azalır. Bu durum negatif direnç özelliğidir. Tünel diyot'a has bir özelliktir. Karakteristikte B-C noktaları arasında gösterilmiştir.

Tünel diyot'un bu özelliği onu kimi uygulamalarda popüler kılar. Örneğin osilatör devrelerinde tetikleme elemanı olarak kullanılabilir. Tünel diyot'un bir osilatör devresinde nasıl kullanıldığını küçük bir örnekle açıklayalım. Şekil--3.28'de paralel bir rezonans devresi verilmiştir. Bu devre, S anahtarı kapatıldığında sönümlü bir osilasyon üretilir.



Şekil-3.28 Sönümlü bir osilasyonun oluşumu

Bu devreye bir tünel diyot ilavesiyle osilasyon sürekli hale gelir. Devrenin çalışmasını kısaca açıklayalım. S anahtarı kapatıldığında tünel diyot tetiklenerek tank devresine enerji pompalar. Tank devresinde salınım oluşur ve tünel diyot kesime gider. Tank devresinde oluşan salınımın genliği belli bir değerin altına düştüğünde tünel diyot tekrar tetiklenerek tank devresine enerji pompalar. Bu durum sürekli tekrarlanarak osilasyonun sürekliliği tünel diyot tarafından sağlanır.



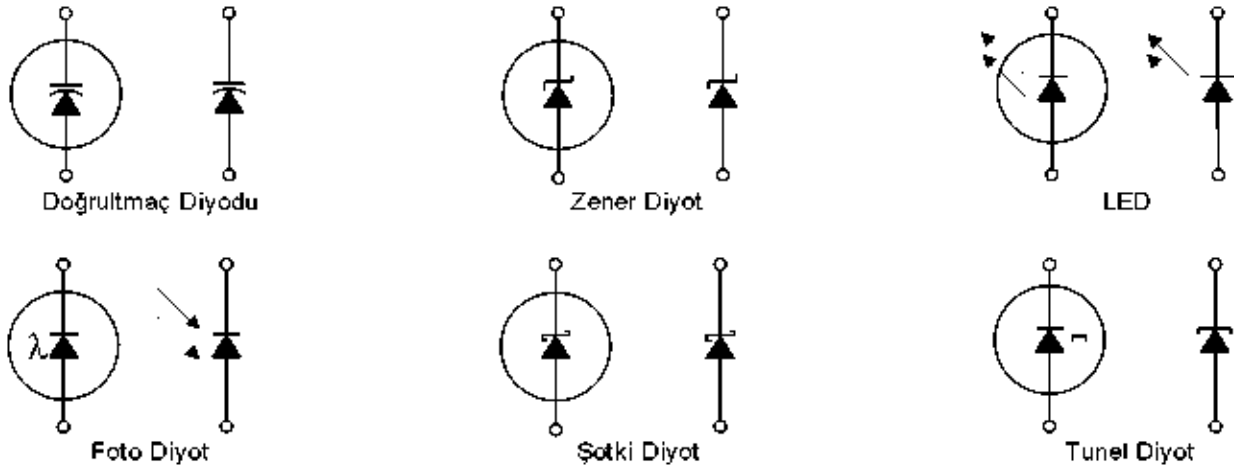
Şekil-3.29 Tünel diyot'la gerçekleştirilen osilatör devresi

## BÖLÜM ÖZETİ

- Zener diyot, ters polarma altında ve kırılma geriliminde çalıştırılmak üzere üretilmiş özel tip bir diyot'dur.
- Zener diyot, anot ve katod olarak adlandırılan iki adet terminale sahiptir. Gerilim regülatörü ve kırpıcı olarak kullanılır.
- Zener diyotlarda kırılma gerilimi üretim aşamasında 1.2V ile 200V arasında farklı değerlerde ayarlanarak kullanıcının tüketimine sunulur.
- Regüle işlemi hat ve yük regülasyonu olmak üzere iki temelde yapılır. Zenerin temel işlevi üzerine uygulanan ters gerilimi, kırılma gerilimi değerinde sabit tutmaktır.
- Zener diyot, regüle işlemini belirli koşullar altında yerine getirir. Zener'e uygulanan ters gerilim değeri, zener kırılma geriliminden büyük olmalıdır. Zener akımı ise belirli limitler içerisinde tutulmalıdır.
- Zener diyot, regüle işlemini küçük güçler söz konusu olduğunda yerine getirebilir. Büyük güçlerde regüle işlemi için ek devre elemanları kullanılmalıdır.
- Zener diyot'un bir diğer kullanım amacı ise referans gerilimi elde etmektir. Dolayısıyla zener, kimi zaman referans diyot olarak kullanılabilir.
- Varikap diyot, ters polarma altında ayarlı bir kondansatör gibi davranır. Üzerine uygulanan ters gerilim değerine bağlı olarak kapasitesi değişir.
- Varikap diyotlar genellikle iletişim sistemlerinde; modülatör, otomatik frekans kontrolü ve filtreleme devrelerinde kullanılır.
- Şotki (Schottky) diyotlar, çok yüksek frekanslarda anahtarlama elemanı olarak çalıştırılmak üzere tasarlanmışlardır.

- Pin diyot, özellikle mikro dalga devrelerinde çalıştırılmak üzere tasarlanmıştır. Doğru yönde sabit bir kondansatör etkisi, ters yönde ise ayarlı bir direnç gibi davranır. Mikro dalga ve sinyal zayıflatma devrelerinde sıklıkla kullanılır.
- Doğru polarite altında ışık yayan diyot'lara LED adı verilmektedir. LED, ters polarite altında yalıtkandır. Üzerinden akım akmasına izin vermez.
- Farklı yarıiletken materyaller kullanılarak sarı, turuncu, kırmızı ve yeşil renklerde ışık görülebilir ışık yayan LED üretimi yapılmaktadır.
- Farklı dalga boylarında gözle görülemeyen ışık yayan LED üretimi de yapılmaktadır. Bu tür LED'lere infrared adı verilmektedir.
- Foto-diyot, ters polarite bölgesinde üzerine uygulanan ışık miktarına duyarlı bir diyot'dur. Üzerine uygulanan ışık şiddetine bağlı olarak üzerinden küçük bir miktar akım akmasına izin verir.

Bazı özel tip diyotların şematik sembolleri şekil-3.30'da toplu olarak verilmiştir.



Şekil-3.30 Özel tip diyotların şematik sembolleri