

# ELEKTRONİK DEVRELER DERS NOTLARI 4.HAFTA

Diyot Çeşitleri, Yapıları ve Çalışma Prensipleri

# DİYOT ÇEŞİTLERİ

- **DİYOT ÇEŞİTLERİ**
- 1) KRİSTAL DİYOT
- 2) ZENER DİYOT
- 3) TÜNEL DİYOT
- 4) IŞIK YAYAN DİYOT (LED)
- 5) FOTO DİYOT
- 6) AYARLANABİLİR KAPASİTELİ DİYOT (VARAKTÖR - VARİKAP)

# DİĞER DİYOTLAR

- MİKRODALGA DİYOTLARI
- GUNN DİYOTLARI
- IMPATT (AVALANŞ) DİYOT
- BARITT (SCHOTTKY) DİYOT
- ANİ TOPARLANMALI DİYOT
- PİN DİYOT
- BÜYÜK GÜÇLÜ DİYOTLAR
- ENTEGRE TİPİ DİYOTLAR
- YARI İLETKEN LAZER (LASER) DİYOTLAR

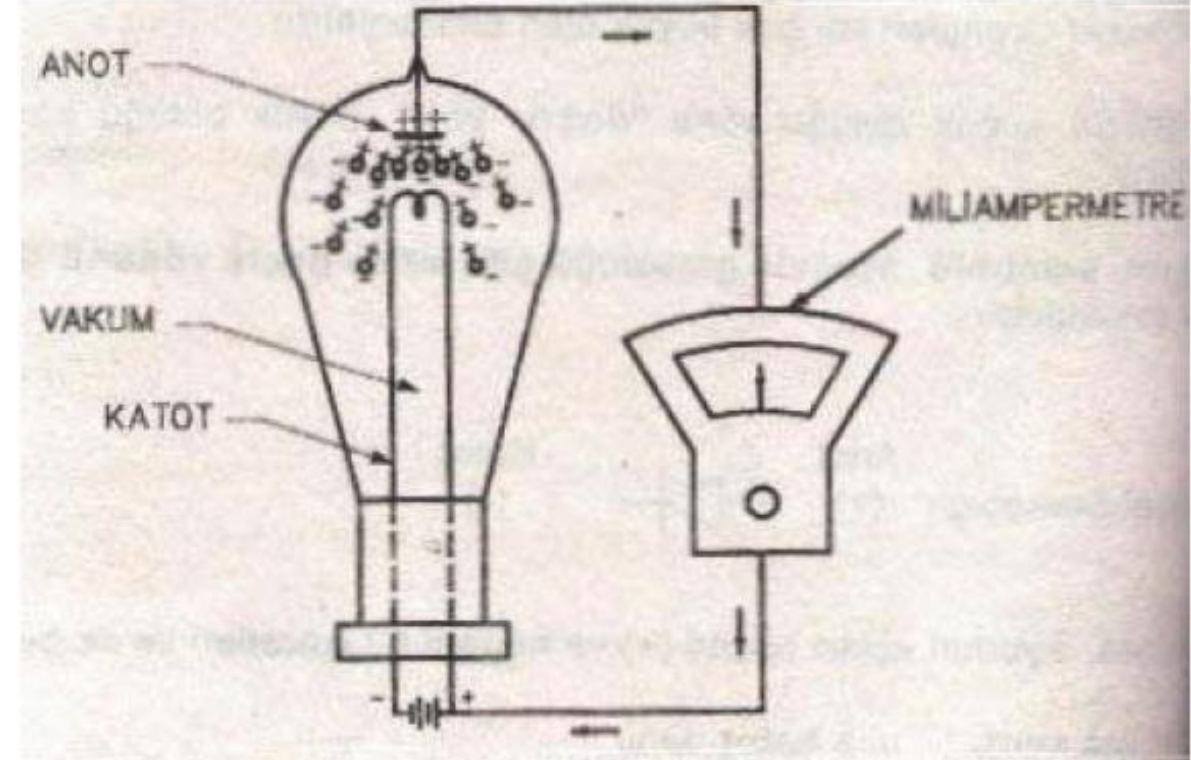
# Diyotların Gruplandırılması:

Diyotlar başlıca üç ana gruba ayrılır:

- 1)** Lamba diyotlar
- 2)** Metal diyotlar
- 3)** Yarı iletken diyotlar

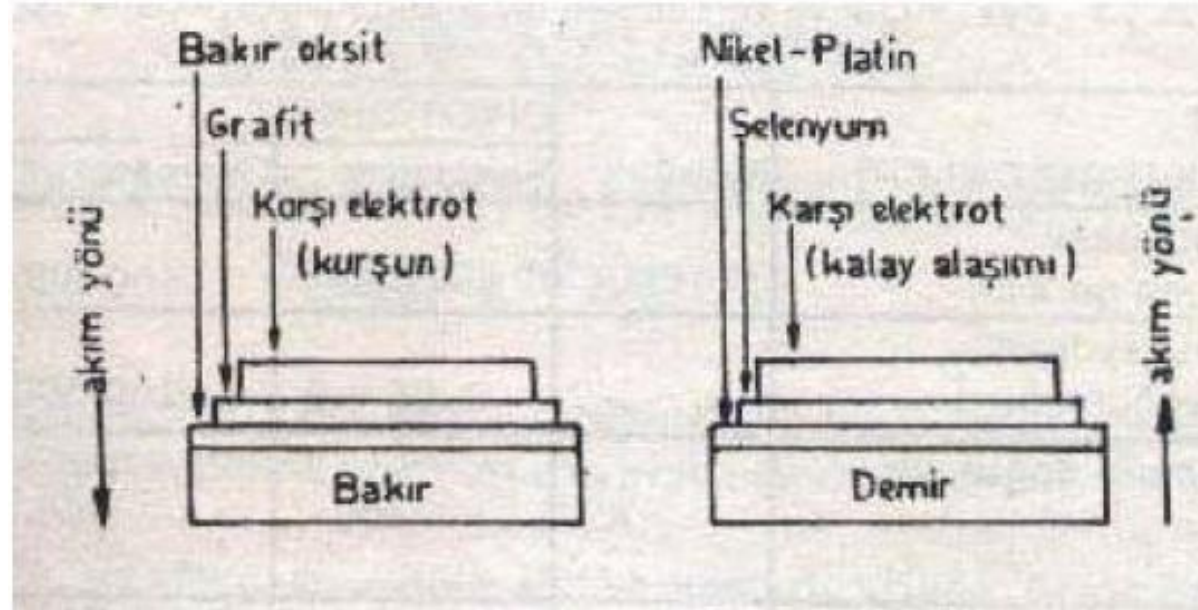
# 1. Lamba diyotlar

- Lamba diyotlar en yaygın biçimde redresör ve dedektör olarak kullanılmıştır. Sıcak katotlu lamba, cıva buharlı ve tungar lambalar bu gruptandır.
- Yandaki şekilde sıcak katotlu lamba diyotun iç görünüşü ve çalışma şekli verilmiştir.
- Şekilde görüldüğü gibi ısınan katottan fırlayan elektronlar atom tarafından çekilmekte ve devreden tek yönlü bir akım akışı sağlanmaktadır.
- Eskiden kalanların dışında bu tür diyotlar artık kullanılmamaktadır.



## 2. Metal diyotlar

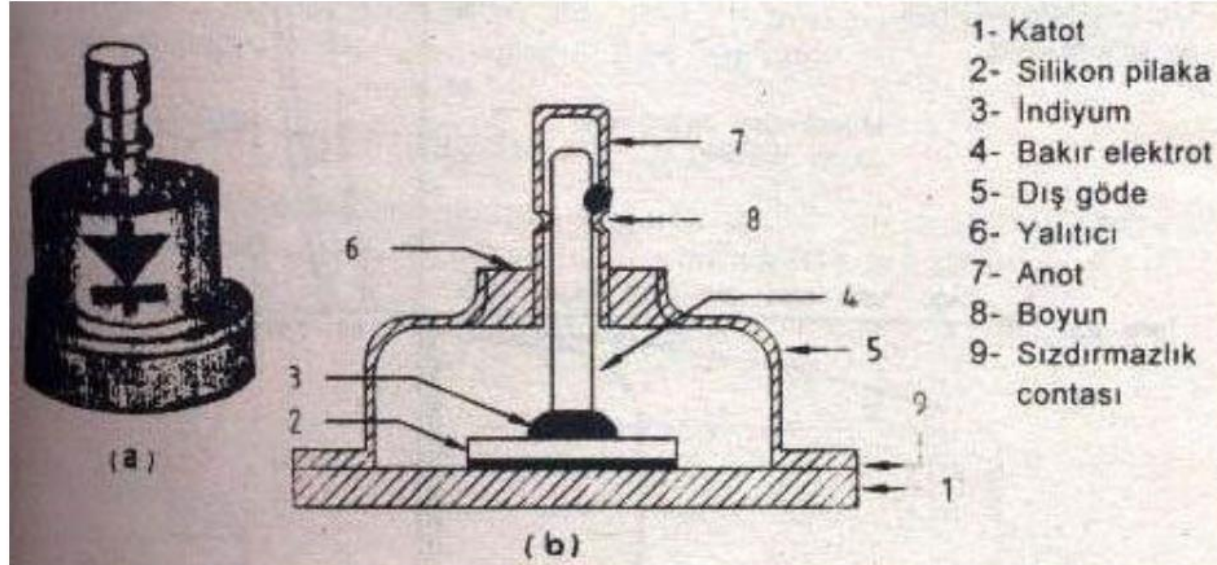
- Bakır oksit (CuO) ve selenyumlu diyotlar bu gruba girmektedirler.
- Bakır oksitli diyotlar ölçü aletleri ve telekomünikasyon devreleri gibi küçük gerilim ve küçük güçle çalışan devrelerde, selenyum diyotlar ise birkaç kilowatt 'a kadar çıkan güçlü devrelerde kullanılır.
- Aşağıdaki şekilde metal diyotların kesiti gösterilmiştir.



(a)- Bakır Oksit, (b)- Selenyum

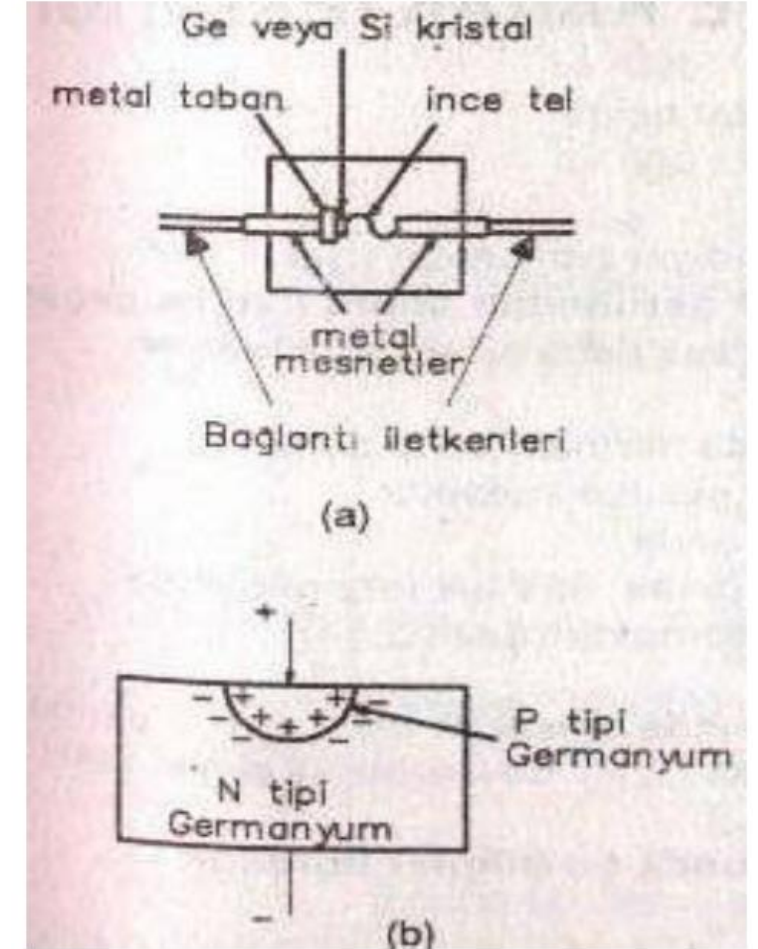
### 3. Yarı iletken diyotlar

- Yarı iletken diyotları, P ve N tipi germanyum veya Silikon yarı iletken kristallerinin bazı işlemler uygulanarak bir araya getirilmesiyle elde edilen diyotlardır.
- Hem elektrikte hem de elektronikte kullanılmaktadır.
- Aşağıdaki şekilde tipik bir örnek olarak kuvvetli akımda kullanılan bir silikon diyot verilmiştir.



# DİYOT ÇEŞİTLERİ : 1.KRİSTAL DİYOT VE KARAKTERİSTİĞİ

- Nokta temaslı diyot elektronik alanında ilk kullanılan diyottur.
- 1900-1940 tarihleri arasında özellikle radyo alanında kullanılan galenli ve pritli detektörler kristal diyotların ilk örnekleridir.
- Şekil (a) 'da görüldüğü gibi galen veya prit kristali üzerinde gezdirilen ince fosfor-bronz tel ile değişik istasyonlar bulunabiliyor.
- Günlük hayatta bunlara, kristal detektör veya diğer adıyla kristal diyot denmiştir.

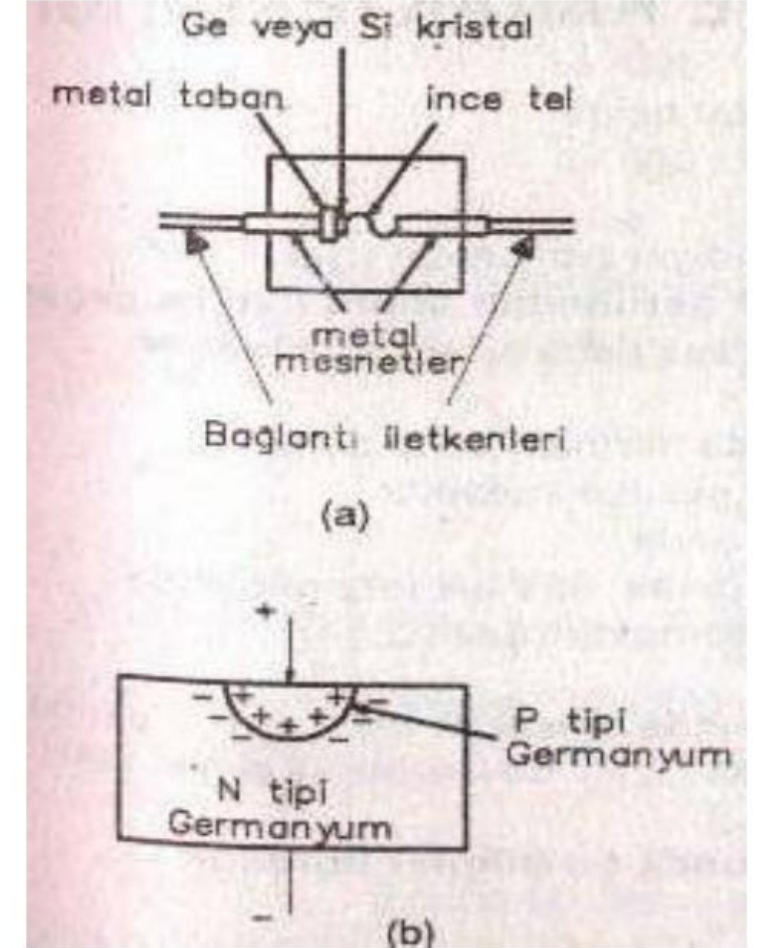


Nokta temaslı diyot  
a) Genel yapısı    b) P bölgesinin oluşumu



# Diyot Çeşitleri

- 1940 'tan sonra, Şekil (b) 'ye benzeyen nokta temaslı germanyum veya silikon diyotlar geliştirilmiştir.
- Germanyum veya silikon nokta temaslı diyotun esası; 0.5 mm çapında ve 0.2 mm kalınlığındaki N tipi kristal parçacığı ile "fosfor-bronz" veya "berilyum bakır" bir telin temasını sağlamaktan ibarettir.
- Bu tür diyotta, N tipi kristale noktasal olarak büyük bir pozitif gerilim uygulanır.
- Pozitif gerilim temas noktasındaki bir kısım kovalent bağı kırarak elektronları alır.
- Böylece, çok küçük çapta bir P tipi kristal ve dolayısıyla da PN diyot oluşur. Bu oluşum Şekil (b) 'de gösterilmiştir.



Nokta temaslı diyot  
a) Genel yapısı    b) P bölgesinin oluşumu

# Diyot Çeşitleri

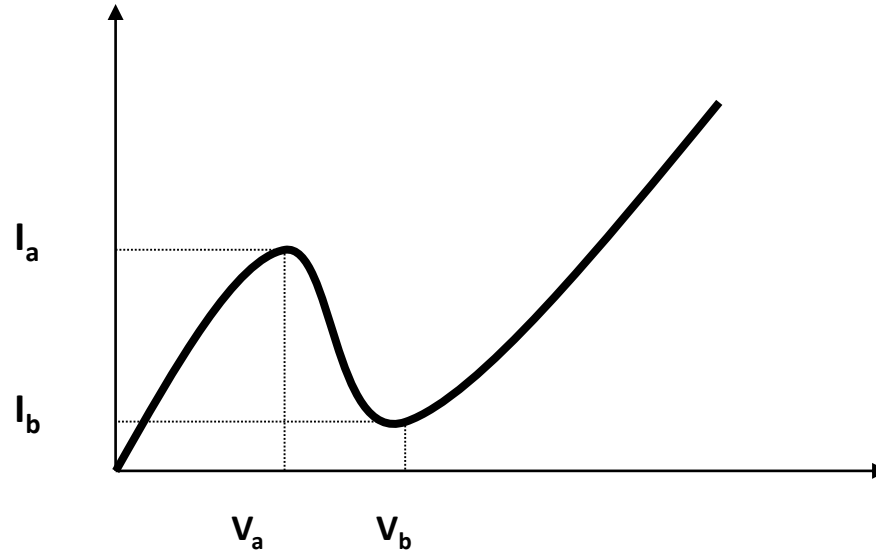
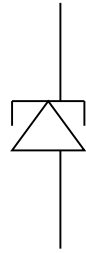
- Bugün nokta temaslı diyotların yerini her ne kadar jonksiyon diyotlar almış ise de, yinede elektrotları arasındaki kapasitenin çok küçük olması nedeniyle **yüksek frekanslı devrelerde** kullanılma alanları bulunmaktadır.
- Ters yön dayanma gerilimleri düşük olup dikkatli kullanılması gerekir. böyle bir diyotun elektrotlar arası kapasitesi 1 pF 'ın altına kadar düşmektedir.
- Dolayısıyla yüksek frekanslar için diğer diyotlara göre daha uygun olmaktadır.

# Nokta temaslı diyotların kullanım alanları:

- Nokta temaslı silikon diyotlar en çok mikro dalga karıştırıcısında, televizyonlarda germanyum diyotlar ise ölçü aletlerinde (voltmetre, dalgametre, redaktör vs...) kullanılır.
- Kristal diyotlar (doğrultma diyotları) genel olarak doğrultmaç diyotları olarak bilinir ve doğrultmaç devrelerinde kullanılır.
- Piyasada en çok kullanılan diyot çeşitlerinden biri Kristal ( doğrultmaç ) diyotdur.
- Kristal diyotların ebatları güçlerine göre değişir.
- Büyük ebatta yapılanlar büyük güçlü diyotlardır.
- Çok yüksek güçte yapılanların dış muhafazası metal olup soğutucu plakalara montajı yapılır.

# Tünel Diyot ve Karakteristiği

Diyodu oluşturan P ve N maddeleri elde edilirken, saf germanyum veya silisyum maddesine enjekte edilen katkı maddesinin miktarı fazla tutularak diyodun iletkenliği çok arttırılabilir. Bu tip diyotlar **tünel** diyot olarak adlandırılırlar.



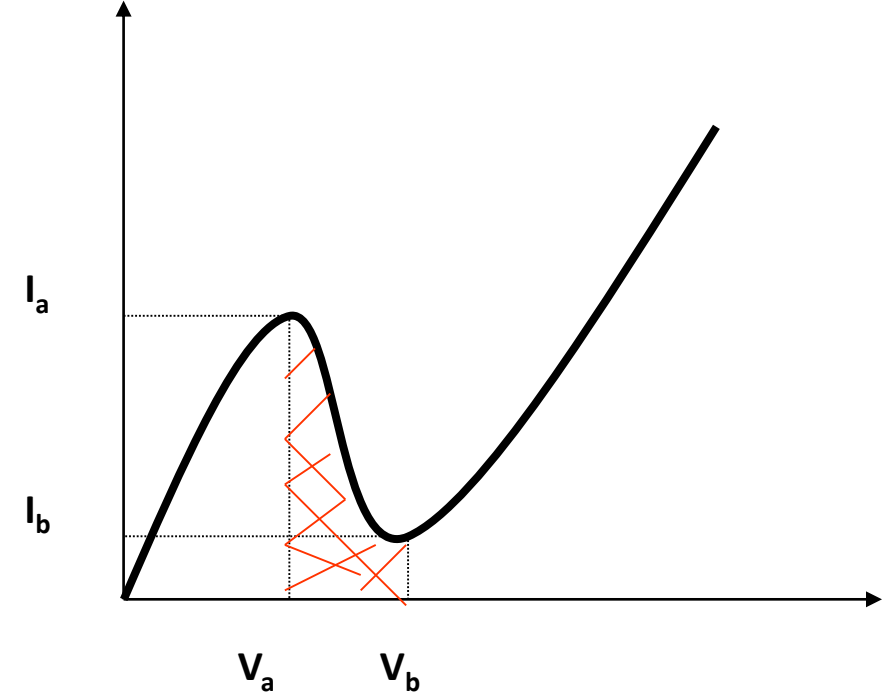
(a) Tünel diyot sembolü      (b) Tünel diyot karakteristiği

**şekil 1.30** Tünel diyot ve karakteristiği

Tunel diyotlar, negatif direnç özelliği gösterirler. Tunel diyotlar, karakteristik eğrilerinin bir bölümünde, artan gerilimlere karşı, dirençlerinin artırarak daha az akım geçirirler.

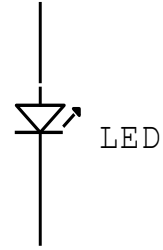
Tunel diyotların çalıştırıldığı bölge  $V_a$  ve  $V_b$  arasında kalan bölgedir. Bu bölgede, tunel diyotlar negatif direnç özelliği gösterirler.

Tunel diyotlar, osilatör devrelerinde kullanılırlar.

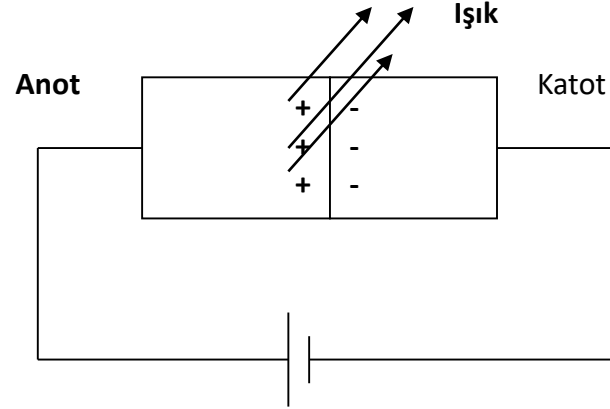


# Işık Yayan Diyot (LED)

- Işık yayayan diyot doğru polarma altında çalışır ve içinden 10 miliamper civarında akım geçtiğinde ışık yayar. Şekil 1.32 de LED'in sembolü ve yapısı görülmektedir.
- LED uçlarına doğru yönde polarma uygulandığında, P maddesindeki oyuklar ve N maddesindeki elektronlar birleşim yüzeyine doğru hareket ederler ve burada oyuklarla elektronlar birleşir.
- Bu birleşme sırasında meydana gelen enerji , ışık olarak açığa çıkar. Bu ışığın gözle görülebilmesi için LED diyodun birleşme yüzeyine **galyum arsenik** maddesi katılmıştır.



(a) LED sembolü

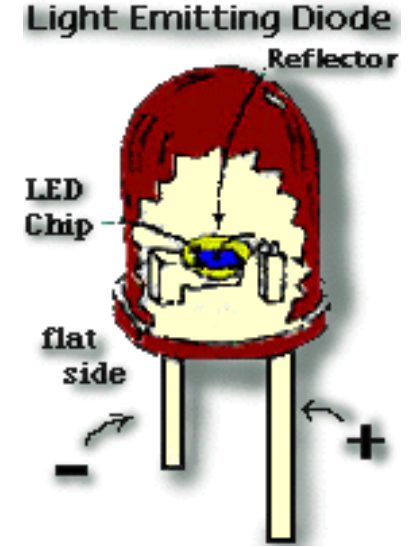


(b) LED Yapısı

Şekil 1.32 Işık yayan diyot (LED)

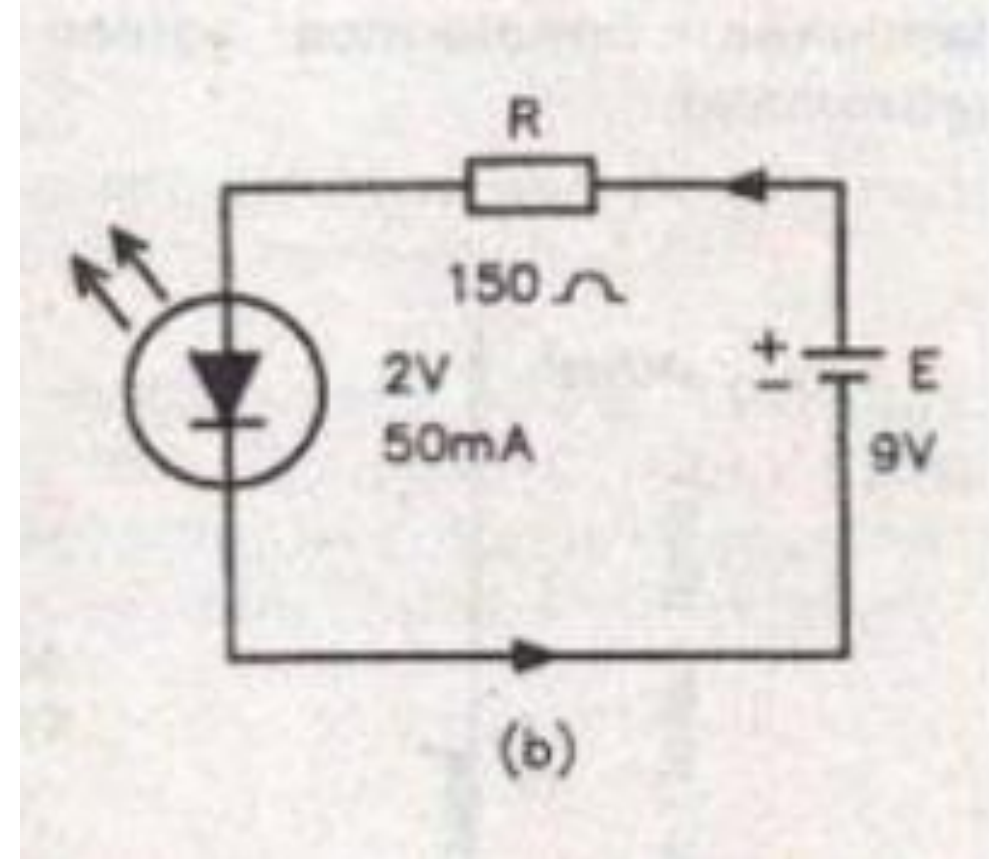


LED'ler devreye seri bir akım sınırlayıcı dirençle birlikte bağlanmalı ve geçen akım 10 miliamperle 30 miliamper arasında tutulmalıdır. 30 miliamperin üzerindeki akımlar LED'i bozabilir. LED çalışırken, üzerinde yaklaşık olarak 1.5 voltluk bir gerilim düşümü meydana gelir.



# Akım sınırlayıcı direnç bulma Örneği:

- Şekil 'deki devrede verilmiş olduğu gibi, besleme kaynağı 9V 'luk bir pil ve LED 'de 2V ve 50mA 'lik olsun.
- R direnci: Kirşof kanununa göre:  
 $9 = I \cdot R + 2$  'dir.
- $I = 0.05A$  olup  $R = \frac{9 - 2}{0.05} = \frac{7}{0.05} = 140 \text{ Ohm}$  olarak bulunur.
- 140 Ohm 'luk standart direnç olmadığından en yakın standart üst direnci olan 150 Ohm 'luk direnç kullanılır.



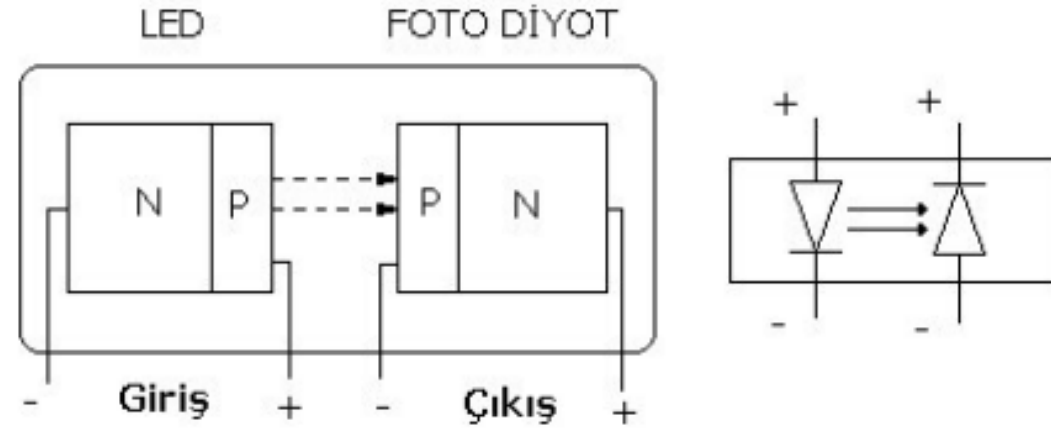


# Işık yayan diyotların kullanım alanları

- Işık yayan diyotların en yaygın kullanılma alanı, dijital ölçü aletleri, dijital ekranlı bilgisayarlar, hesap makineleri ve yazıcı elektronik sistemlerdir.
- Bu kullanma şeklinde, çoklu ışık yayan diyotlardan yararlanılmaktadır.
- Bazı hallerde ışık yayan diyotlardan işaret lambası ve ışık kaynağı olarak da yararlanılır.
- Optoelektronik kuplör de bir LED uygulamasıdır.

# Optoelektronik kuplör

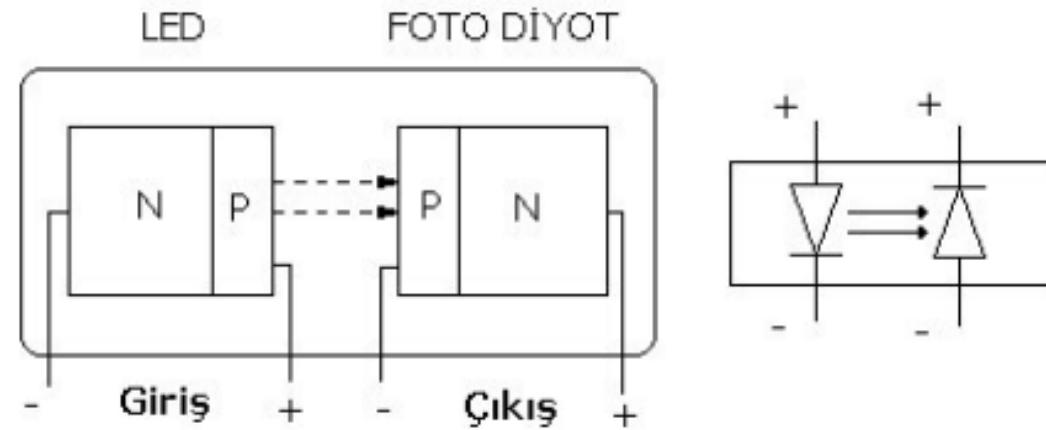
- Optoelektronik kuplör veya daha kısa deyimle Opto Kuplör ya da Optik Kuplaj şekilde görüldüğü gibi bir ışık yayan diyot (LED) ile bir fotodiyot veya fototransistörden oluşmaktadır.
- Bunlar aynı gövdeye monte edilmişlerdir.
- Gövde plastik olup ışık iletimine uygundur.



Optoelektronik kuplör

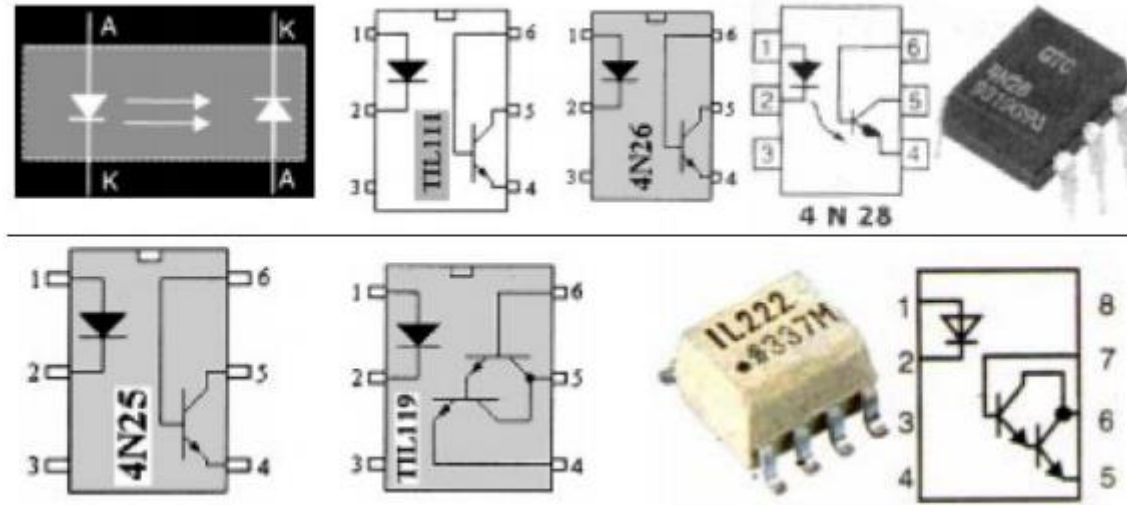
# Optoelektronik kuplör

- Işık yayan diyot genellikle Ga As katkı maddeli olup kızıl ötesi ışık vermektedir.
- Işık yayan diyotun uçları arasına bir gerilim uygulandığında çıkan ışık ışınları fotodiyot veya fototransistörü etkileyerek çalıştırmaktadır.
- Böylece bir devreye uygulanan bir gerilim ile 2. bir devreye kumanda edilmektedir.
- Aradaki bağlantı, bir takım tellere gerek kalmaksızın ışık yoluyla kurulmaktadır.
- Bu nedenle, optoelektronik kuplör adı verilmiştir.



Optoelektronik kuplör

# Optoelektronik kuplör



Uygulamada kullanılan çeşitli optokuplörlerin iç yapısı

# Optoelektronik kuplör

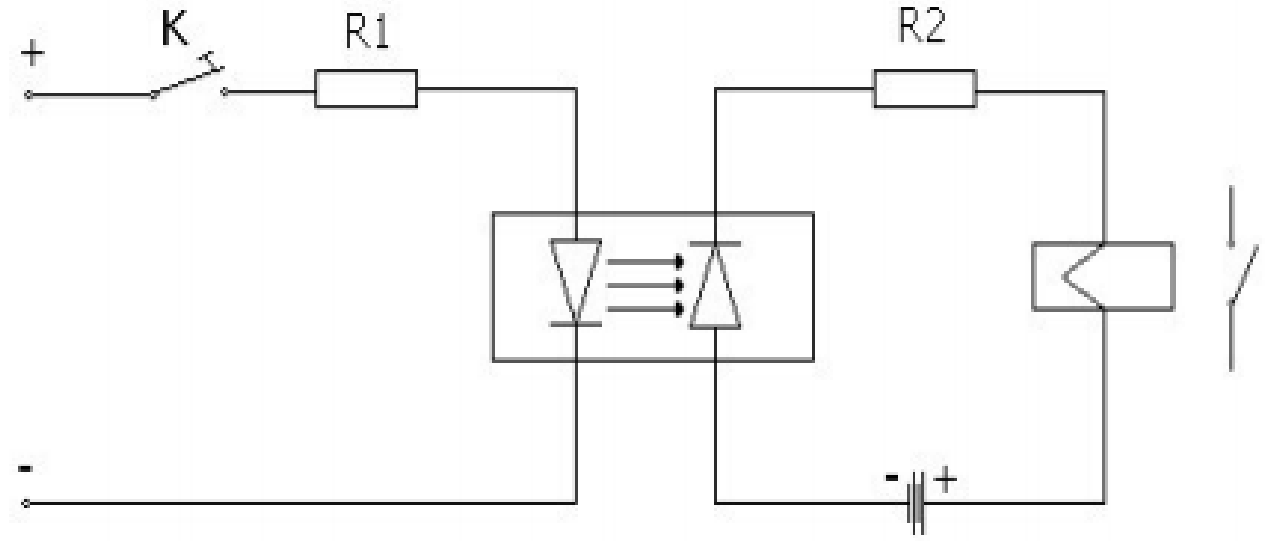
Optokuplör bir elektronik röledir.

Optokuplörün mekanik röleye göre şu üstünlükleri vardır:

- Mekanik parçaları yoktur.
- İki devre arasında büyük izolasyon vardır.
- Çalışma hızı çok büyüktür.

# Optoelektronik kuplör

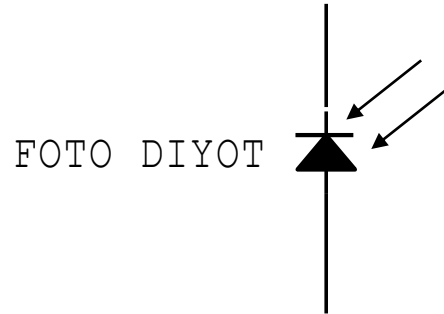
- Dezavantajları: Gücü düşüktür.
- Opto kuplör dere şeması yanda görüldüğü gibi çizilir.
- Burada LED 'in doğru polarmalı, fotodiyodun ise ters polarmalı olduğuna dikkat edilmelidir.
- R1 ve R2 dirençleri koruyucu dirençlerdir.
- "K" anahtarı kapatılarak giriş devresi çalıştırıldığında, çıkış devresi de enerjilenerek bir işlem yapar.
- Örneğin, devreye bir motorun kontaktarı bağlanırsa motor çalışır.



Opto kuplör ile bir kontaktörün çalıştırılması

# Foto Diyot

- Fotodiyotlar ışığa duyarlı devre elemanlarıdır. Fotodiyotlar, devrede **ters polarma** altında çalıştırılır, yani anoduna negatif, katoduna ise pozitif gerilim uygulanır. Normal diyotlarda, bu durumda akım geçmez.
- Fotodiyotlarda, birleşim yüzeyine ışık düştüğünde, azınlık taşıyıcılar büyük bir akım geçirmeye başlar.
- Bunun sebebi, PN birleşme yüzeyine düşen ışığın, bu bölgedeki elektron ve oyukları açığa çıkarmasıdır



Şekil 1.33 Foto diyot

Fotodiyot sembolündeki, içe dönük oklar, birleşim yüzeyine düşen ışığı temsil etmektedirler. Daha şiddetli ışıpta, daha fazla elektron ve oyuk açığa çıkacağı için, fotodiyottan geçen akım da artar.

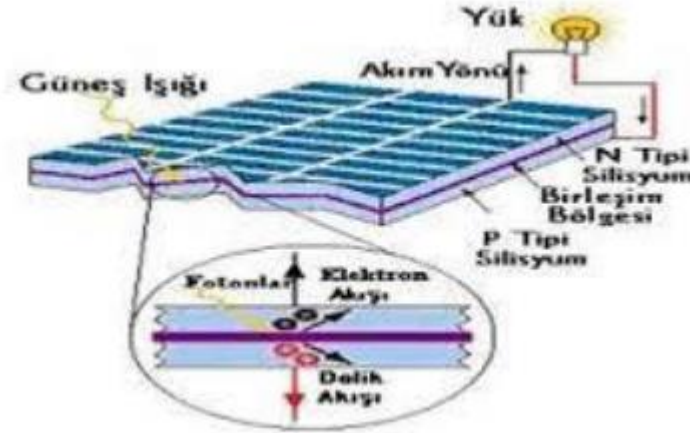
# Foto piller (solar cell, fotosel, güneş pili, photo voltaic cell):

- Güneş enerjisini (gün ışığını) elektrik enerjisine dönüştüren elemanlara güneş pili denir.
- **Foto pillerin yapısı ve çalışması:**
- Foton absorblanmasıyla (emilmesiyle) oluşan yük taşıyıcılar çoğunlukta oldukları bölgelere sürüklenirler.
- Birleşim yüzeyinden "I" akımı geçer ve N tipi madde eksi (-), P tipi madde ise artı (+) yüklenmiş olur.
- "I" akımı, birleşim yüzeyinin ileri yönde kutuplaşmasına ve birleşim potansiyel settinin alçalmasına neden olur.



# Foto pillerin yapısı ve çalışması:

- Dış devre açık ise (alıcı yoksa) P'den N'ye akım geçer ve birleşim yüzeyindeki set tekrar yükselir.
- P bölgesi eksi (-), N bölgesi artı (+) yüklenir.
- Sonra tekrar foton absorblanarak (emilerek) olay devam eder.



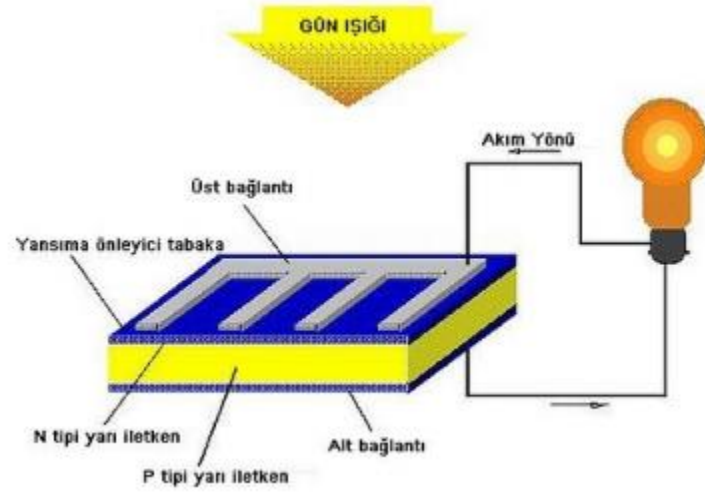
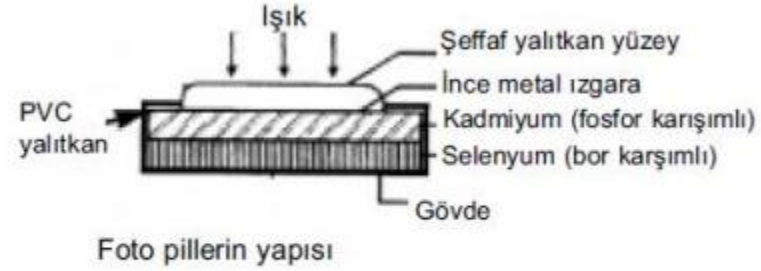
# Foto pillerin yapısı ve çalışması:

- Dış devreden akım çekilirse P-N birleşim yüzeyindeki potansiyel, elektronları daha yüksek potansiyele çıkaran batarya (pil) rolü oynamaktadır.
- Enerjisi yeterli bir ışık demeti P-N birleşim yüzeyine düşürülecek olursa, foton, elektronlarla karşılaşp enerji verebilir.
- Serbest haldeki elektronlar valans elektronlarının ancak  $1/10^4$  kadar olduğundan, bu ihtimal zayıftır.
- Foton, muhtemel valans elektronu ile karşılaşır ve ona enerjisini bırakarak iletkenlik bandına çıkarır.
- Valans bandına giden elektron arkasında bir boşluk (artı yük) bırakır.
- Sonuç olarak P tipi bölge artı (+), N tipi bölge eksi (-) yüklenererek bir elektriksel potansiyel farkının oluşmasına yol açar bu da elektrik akımını doğurur.

# Foto pillerin yapısı ve çalışması:

- Foton akışı, ışık demetine birim yüzeyden, birim zamanda geçen foton sayısı olarak tanımlanır.
- Işık ışınları (fotonlar) foto pil üzerine düştüğünde küçük yarı iletken temelli hücrelerde yaklaşık 0,4-0,5 Volt/8-100 mAmpere'lik elektrik akımının oluşmasını sağlarlar.
- Örneğin; Güneş pilleriyle 3 Volt gerilim elde etmek isteniyorsa 6 tanesi birbirine seri olarak bağlanır.
- Sistemden alınan akım yükseltilmek istendiğinde ise, elemanlar paralel bağlanır.
- Yüksek gerilim ve akım elde etmek için yapılmış güneş enerjisi panellerinde yüzlerce güneş pili seri-paralel bağlı durumdadır.
- Güneş pili üzerine düşen ışığın şiddeti bir noktadan sonra arttırılsa da (örneğin 4000 lüks.den sonra) alınan gerilim sabit kalmaktadır.

# Foto pillerin yapısı ve çalışması:



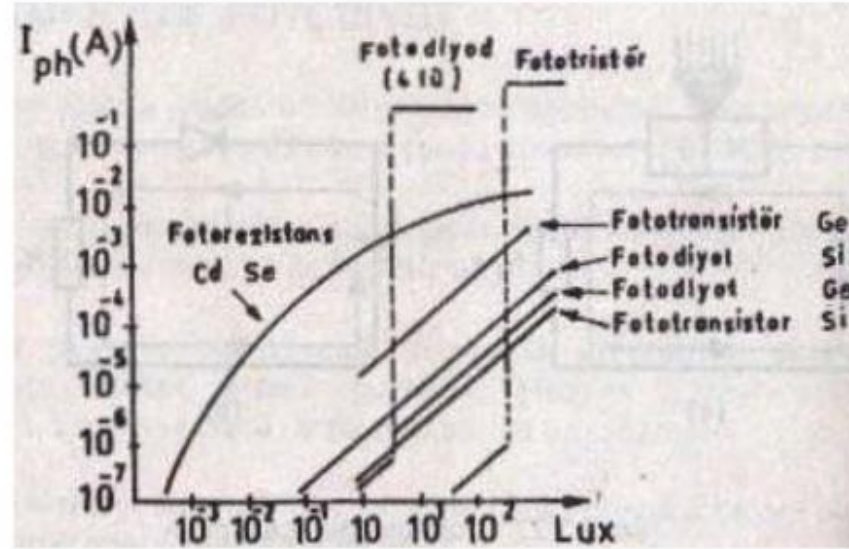
# Foto pillerin yapısı ve alışması:



Düzce Üniversitesi Güneş Panelleri

# Işığa Duyarlı Diyotların Kullanım Alanları:

- Uzaktan kumanda, alarm sistemi, sayma devreleri, yangın ihbar sistemleri, elektronik hesap makineleri, gibi çeşitli konuları kapsamaktadır.
- Aşağıdaki şekilde ışığa duyarlı elemanların, foto elektrik akımının ( $I_{ph}$ ) ışık şiddetine göre değişimleri verilmiştir.



Çeşitli ışığa hassas elemanların akımlarının ışık şiddeti ile değişimleri

# Varikap Diyot (VARAKTÖR)

Varikap diyot, değişken kondansatör görevi yapan PN birleşmeli diyot olarak çalışır.

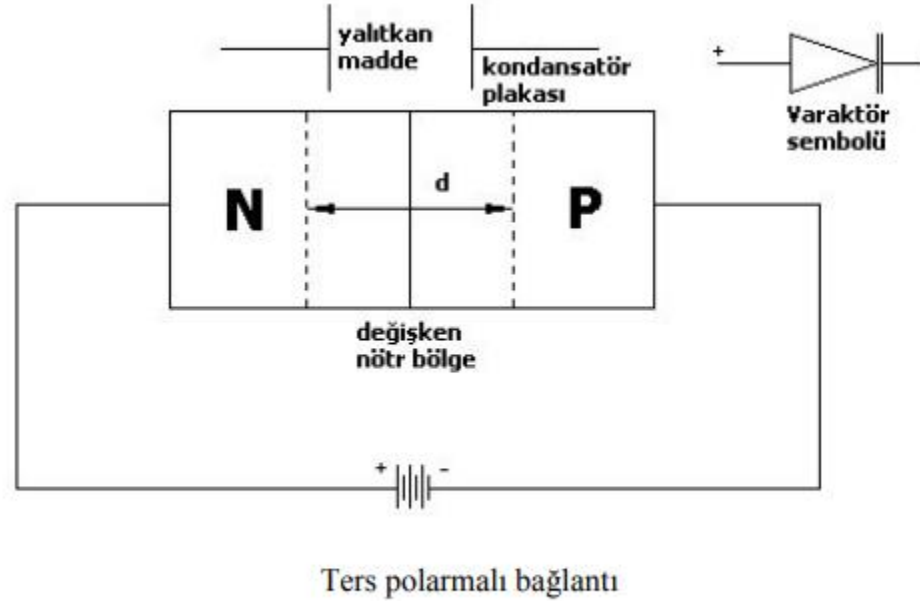
Varikap diyot uçlarına ters yönde gerilim uygulanır. Bu ters yöndeki gerilim, aradaki nötr (yalıtkan) bölgenin genişlemesine yol açar. Aradaki nötr (yalıtkan) bölgenin genişlemesi, diyot kapasitesinin azalmasına yol açar. Uygulanan ters gerilim azaltıldığında ise, aradaki nötr bölge daralır ve diyodun kapasitesi artar.



Varikap diyotlar, günümüzde, radyo ve televizyonların kanal seçici devrelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Şekil 1.31 Varaktör diyot

# AYARLANABİLİR KAPASİTELİ DİYOT (VARAKTÖR-VARİKAP)



$$C = \epsilon A / d = \epsilon \cdot \text{Plaka Yüzeyi} / \text{Plakalar Arası Açıklık}$$



# DİĞER DİYOTLAR : MİKRODALGA DİYOTLARI

- Mikrodalga frekansları; uzay haberleşmesi, kıtalar arası televizyon yayını, radar, tıp, endüstri gibi çok geniş kullanım alanları vardır.
- Mikro dalga diyotlarının ortak özelliği, çok yüksek frekanslarda dahi, yani devre akımının çok hızlı yön değiştirmesi durumunda da bir yönde küçük direnç gösterecek hıza sahip olmasıdır.

# Mikrodalga bölgelerinde kullanılabilen başlıca diyotlar şunlardır:

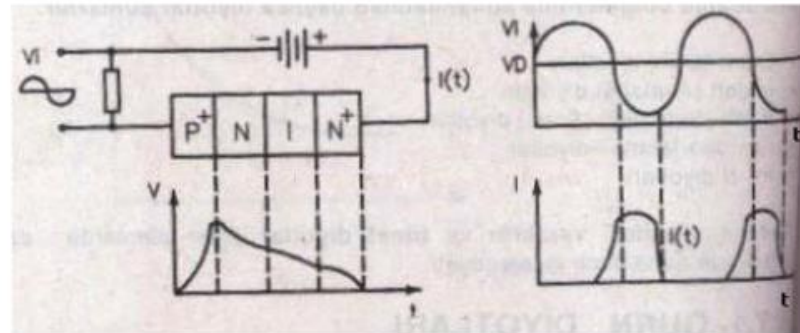
- Gunn (Gan) diyotları
- Impatt (Avalanş) diyotları
- Baritt (Schottky)(Şotki) diyotları
- Ani toparlanmalı diyotlar
- P-I-N diyotları

# GUNN DİYOTLARI

- İlk defa 1963 'te J.B. Gunn tarafından yapıldığı için bu ad verilmiştir.
- Gunn diyodu bir osilatör elemanı olarak kullanılmaktadır.
- Yapısı, N tipi Galliyum arsenid (GaAs) veya İndiyum fosfat (InP) 'den yapılacak ince çubukların kısa kısa kesilmesiyle elde edilir.
- **Gunn diyoda gerilim uygulandığında, gerilimin belirli bir değerinden sonra diyot belirli bir zaman için akım geçirip belirli bir zamanda kesimde kalmaktadır.**
- Böylece bir osilasyon oluşmaktadır.
- Örnek: 10 $\mu$ m boyundaki bir gunn diyodunun osilasyon periyodu yaklaşık 0,1 nanosaniye tutar. Yani osilasyon frekansı 10GHz 'dir.

# IMPATT (AVALANŞ) DİYOT

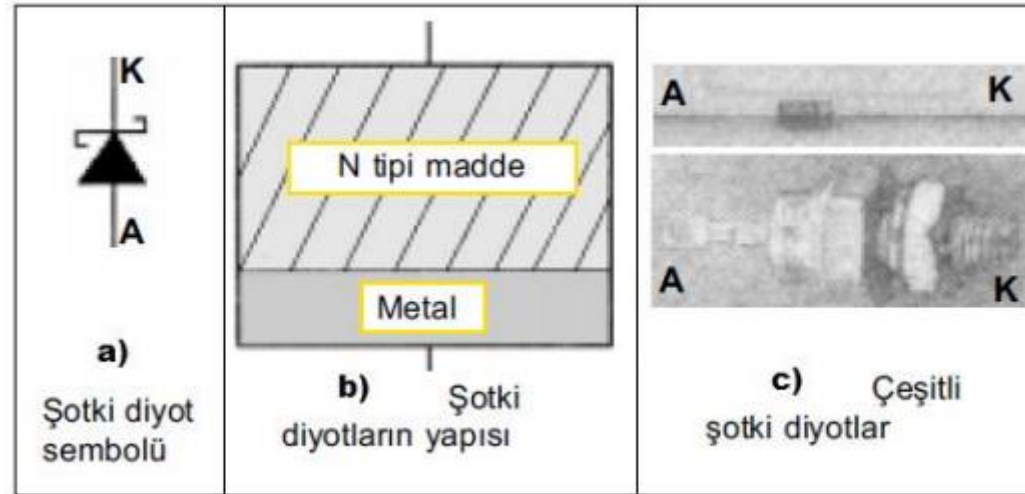
- Impatt veya avalanş (çığ) diyotlar Gunn diyotlara göre daha güçlüdürler ve çalışma gerilimi daha büyüktür.
- **Mikrodalga sistemlerinin osilatör ve güç katlarında yararlanılır.**
- 1958 'de Read (Rid) tarafından geliştirilmiştir.
- Bu nedenle Read diyonu da denir.
- Şekilde görüldüğü gibi  $P^+ - N - I - N^+$  veya  $N^+ - P - I - P^+$  yapıya sahiptir.
- Ters polarmalı olarak çalışır.
- Yapımında ana elemanlar olarak Silikon ve Galliyum arsenid (GaAs) kullanılır.
- Diyot içerisindeki  $P^+$  ve  $N^+$  tipi kristaller, içerisindeki katkı maddeleri normal haldeki çok daha fazla olan P,N kristalleridir.
- "I" tabakası ise iyonlaşmanın olmadığı bir bölgedir. Taşıyıcılar buradan sürüklenerek geçer ve etrafına enerji verirler.



# BARITT (SCHOTTKY) DİYOT

- Baritt Diyotlar 'da nokta temaslı diyotlar gibi metal ve yarı iletken kristalinin birleştirilmesi ile elde edilmektedir.
- Ancak bunlar jonksiyon diyot tipindedir.
- Değme düzeyi (jonksiyon) direnci çok küçük olduğundan doğru yön beslemesinde 0.25V 'ta dahi kolaylıkla ve hızla iletim sağlamaktadır.
- Ters yöne doğru akan azınlık taşıyıcıları çok az olduğundan ters yön akımı küçüktür.
- Bu nedenle de gürültü seviyeleri düşük ve verimleri yüksektir.
- Farklı iki ayrı gruptaki elemandan oluşması nedeniyle baritt diyotların dirençleri (lineer) değildir.
- Dirençlerin düzgün olmaması nedeniyle daha çok mikrodalga alıcılarında karıştırıcı olarak kullanılır.
- Ayrıca, **modülatör, demodülatör, detektör olarak da yararlanılır.**

# BARITT (SCHOTTKY) DİYOT

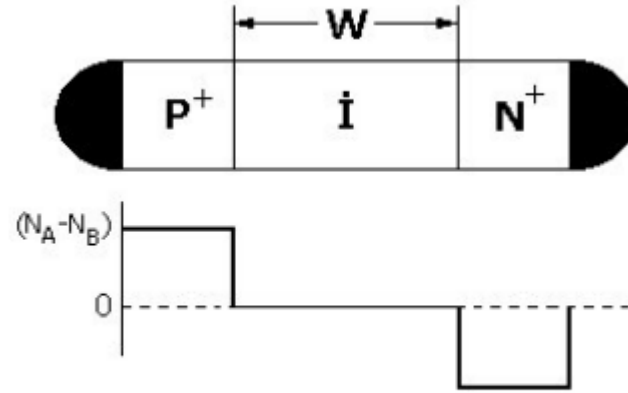


# ANİ TOPARLANMALI DİYOT

- **Ani toparlanmalı (Step-Recovery) diyotlar varaktör diyotların daha da geliştirilmiş halleridir.**
- Varaktör diyotlar ile frekansların iki ve üç kat büyütülmeleri mümkün olabildiği halde, ani toparlanmalı diyotlar ile 4 ve daha fazla katları elde edilebilmektedir.

# PİN DİYOT

- P-I-N diyotları  $P^+ - I - N^+$  yapıya sahip diyotlardır.
- $P^+$  ve  $N^+$  bölgelerinin katkı maddesi oranları yüksek ve  $I$  bölgesi büyük dirençlidir. Şekilde P-I-N diyotunun yapısı verilmiştir.



P-I-N Diyot



# PİN DİYOT

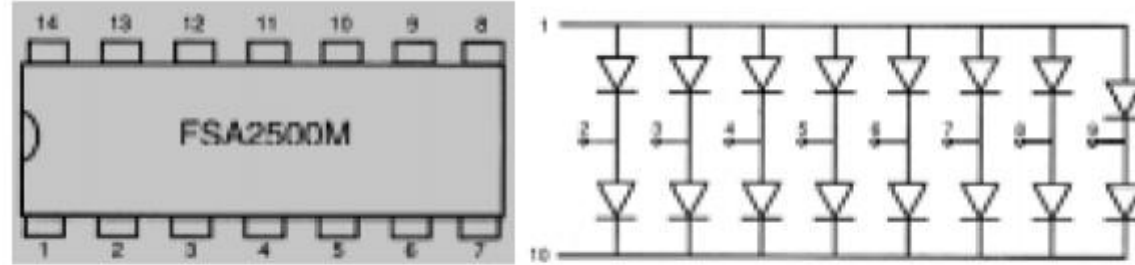
- Alçak frekanslarda diyot bir P-N doğrultucu gibi çalışır.
- Frekans yükseldikçe I bölgesi de etkinliğini gösterir.
- Yüksek frekanslarda I bölgesinin doğru yöndeki direnci küçük ters yöndeki direnci ise büyüktür.
- Diyotun direnci uygulama yerine göre iki limit arasında sürekli olarak veya kademeli olarak değiştirilebilmektedir.
- P-I-N diyotlar değişken dirençli eleman olarak, **mikrodalga devrelerinde, zayıflatıcı, faz kaydırıcı, modülatör, anahtar, limitör** gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır.

# BÜYÜK GÜÇLÜ DİYOTLAR

- **2W 'ın üzerindeki diyotlar Büyük Güçlü Diyotlar olarak tanımlanır.**
- Bu tür diyotlar, büyük değerli DC akıma ihtiyaç duyulan **galvano-plasti, ark kaynakları gibi devrelere ait doğrultucularda** kullanılmaktadır.
- Bu tür diyotlar aşırı akım nedeniyle fazla ısındığından soğutuculara monte edilirler.

# ENTEĞRE TİPİ DİYOTLAR (DİYOT DİZİLERİ)

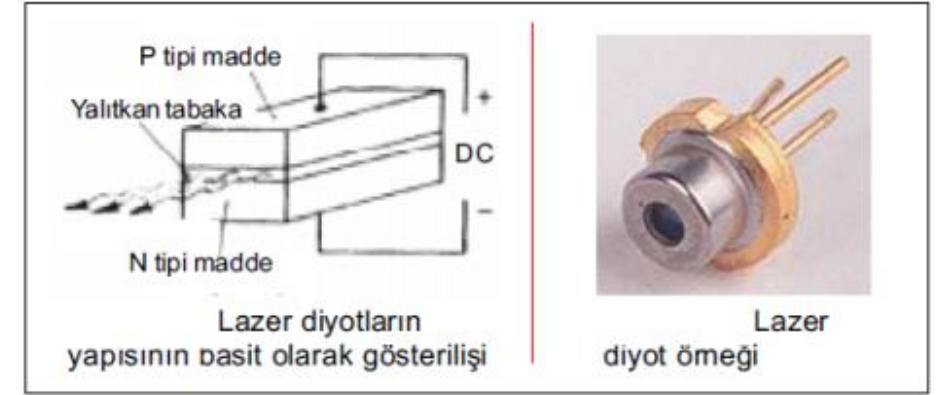
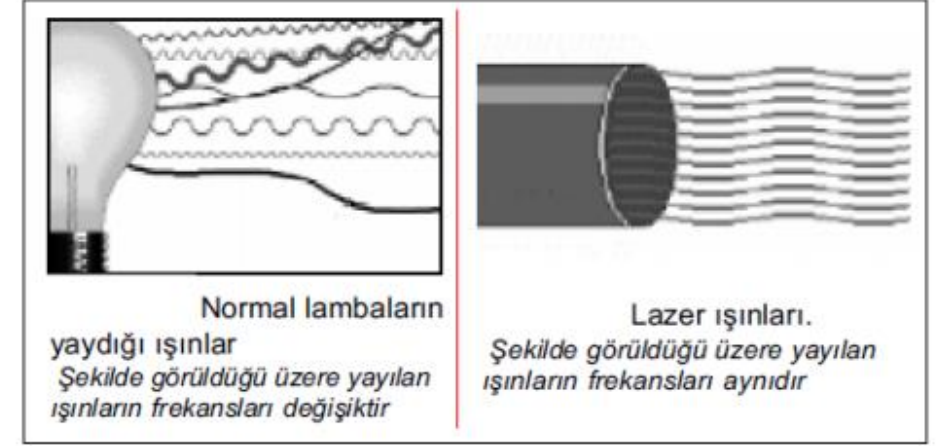
- Karmaşık yapıllı elektronik devrelerde diyotlar entegreye benzer şekilde bir gövde içinde toplanmış halde olabilmektedir.
- Şekilde verilen entegre tipi diyot modelinde görüldüğü gibi 16 adet diyot bir gövde içinde birleştirilerek kullanıma sunulmuştur.



Entegre tipi diyotlar

# YARI İLETKEN LAZER (LASER) DİYOTLAR

- Lazer, ışığın yükseltme yoluyla canlandırılıp yayılması anlamına gelir.
- Bu yolla ışık ışınları ince ve yoğun bir ışık hüzmesi (demeti) haline getirilebilir.
- Yarı iletken lazer, basit olarak N tipi yarı iletken (GaAs) ve difüzyon yoluyla içersine çinko konmuş P tipi yarı iletken maddeden oluşur.
- Şekilde lazer diyotun yapısı basit olarak gösterilmiştir.
- Lazerlerin bir tür ölümcül ışın olduğu düşünülebilir.
- Son yıllarda lazerler laboratuvarlardan çıkıp, endüstrinin kullandığı yararlı bir araca dönüşmektedir.

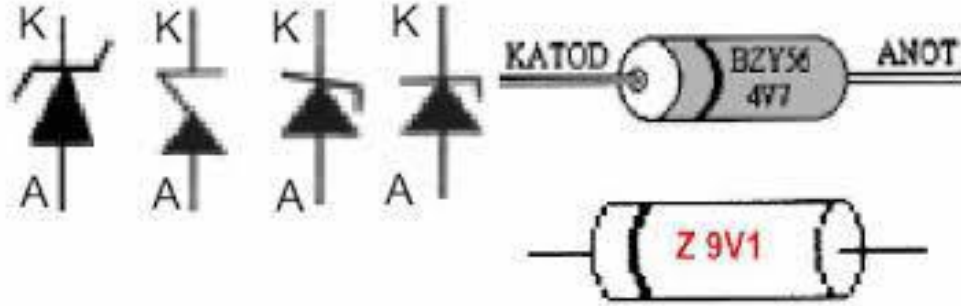


# YARI İLETKEN LAZER (LASER) DİYOTLAR

- Lazer ışığı, normal bir kaynaktan çıkan ışıktan iki bakımdan ayrılır.
  - Birincisi, lazer tamamıyla tek renklidir.
    - Yani sadece bir frekanstaki ışıktan oluşur.
  - Diğeri ise, lazer dağınık değildir.
    - Yani, bütün ışık (hepsi elektromanyetik radyasyonun bir formu olduğu için) doğadaki dalga formuna benzer.
- Sıradan kaynaklardan elde edilen ışık, rastgele yayılır.
- İşte bu nedenle ışık tek renkli olsa bile, bir miktar yok olma oluşacaktır. Lazerden çıkan ışık ise yok olmaz (zayıflamaz).
- **Yarı iletken lazerler, fiber optik kablolarla bilgi iletiminde, gece görme aygıtlarında, mesafe ölçmede, tıbbi aygıtlarda, barkot okuyucularda vb. kullanılırlar.**

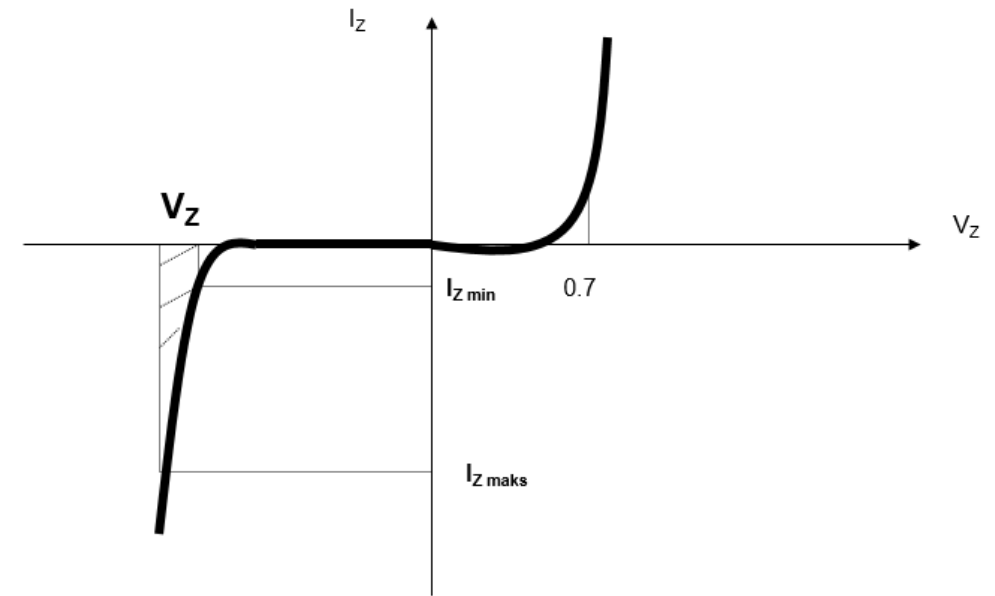
# ZENER DİYOT VE KARAKTERİSTİĞİ

- Zener diyot jonksiyon diyotun özel bir tipidir.



## Zener Diyotun Özellikleri:

- Doğru polarmalı halde normal bir diyot gibi çalışır.
- Ters polarmalı halde, belirli bir gerilimden sonra ilettime geçer. Bu gerilime **zener dizi gerilimi**, veya daha kısa olarak **zener gerilimi** denir
- Yandaki şekilde zener diyot karakteristiği görülmektedir
- Ters gerilim kalkınca, zener diyotta normal haline döner.
- Devrelerde, ters yönde çalışacak şekilde kullanılır.
- Bir zener diyot **zener gerilimi** ile anılır. **Örn:** "30V 'luk zener" denildiğinde, 30V 'luk ters gerilimde çalışmaya başlayan zener diyot demektir.
- Silikon yapılıdır.
- Zener diyot, ters yön çalışması sırasında oluşacak olan aşırı akımdan dolayı bozulabilir. Bu durumu önlemek için devresine daima seri bir koruyucu direnç bağlanır.



### Zener Karakteristiği

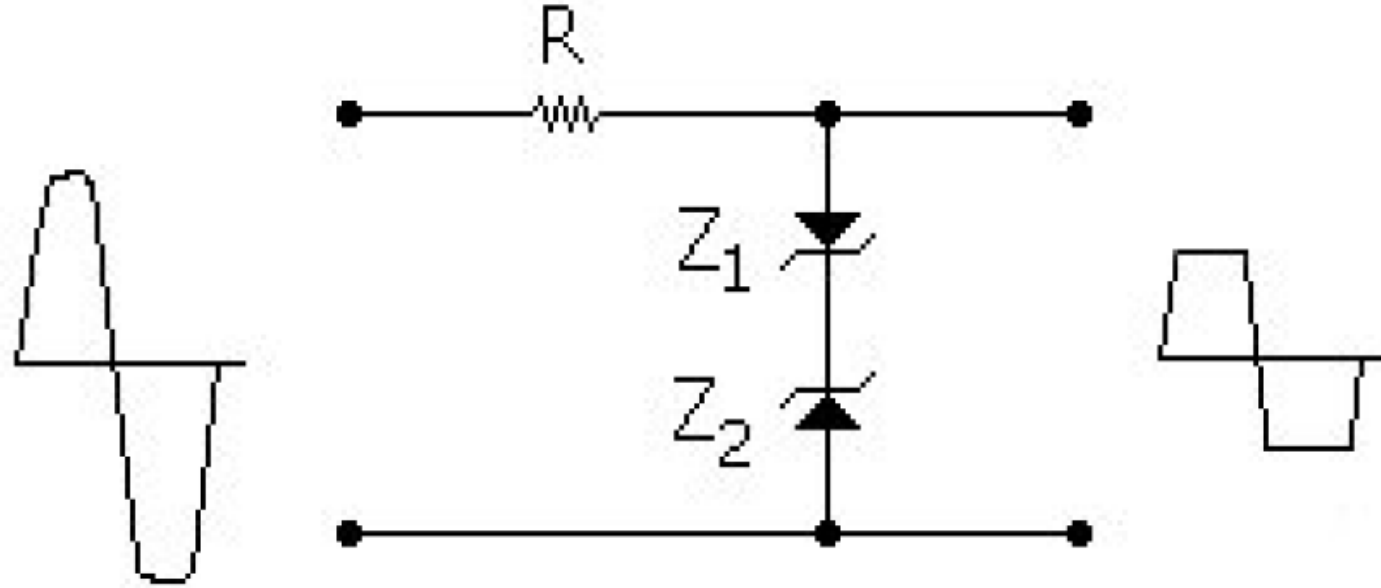
# Zener gücünün ayarı:

- Zener gücü, birleşme yüzeyinin büyüklüğüne ve diyotun üretiminde kullanılan silikonun saflık derecesiyle, katkı maddesinin miktarına bağlıdır.
- **Ayrıca diyot ısındıkça gücüde düşeceğinden,** soğutulmasıyla ilgili önlemlerin alınması da gerekir.



# Zener diyotun kullanım alanları:

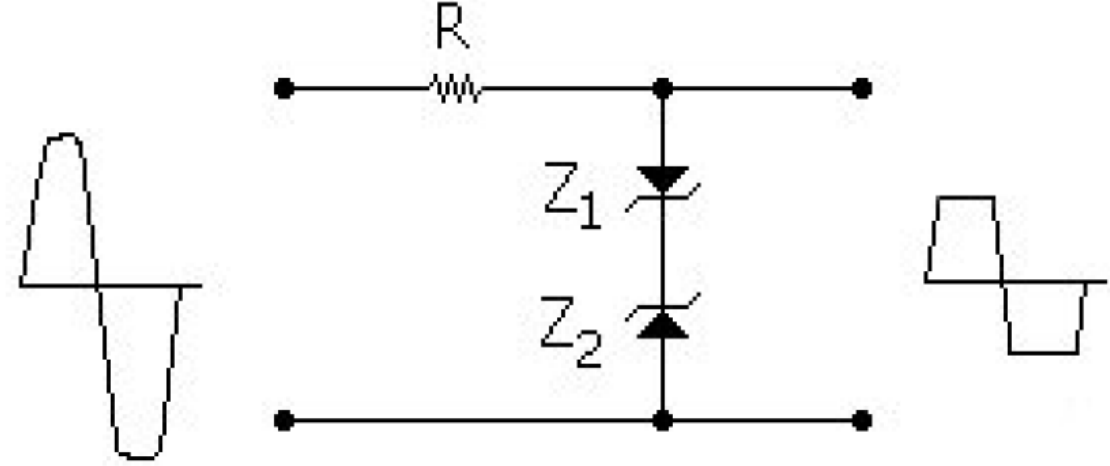
- **1 - Kırpma Devresinde:**
- Şekilde görüldüğü gibi iki zener diyot ters bağlandığında basit ve etkili bir kırpma devresi elde edilir.



İki zener diyotlu tam dalga kırpma devresi

# Örneğin:

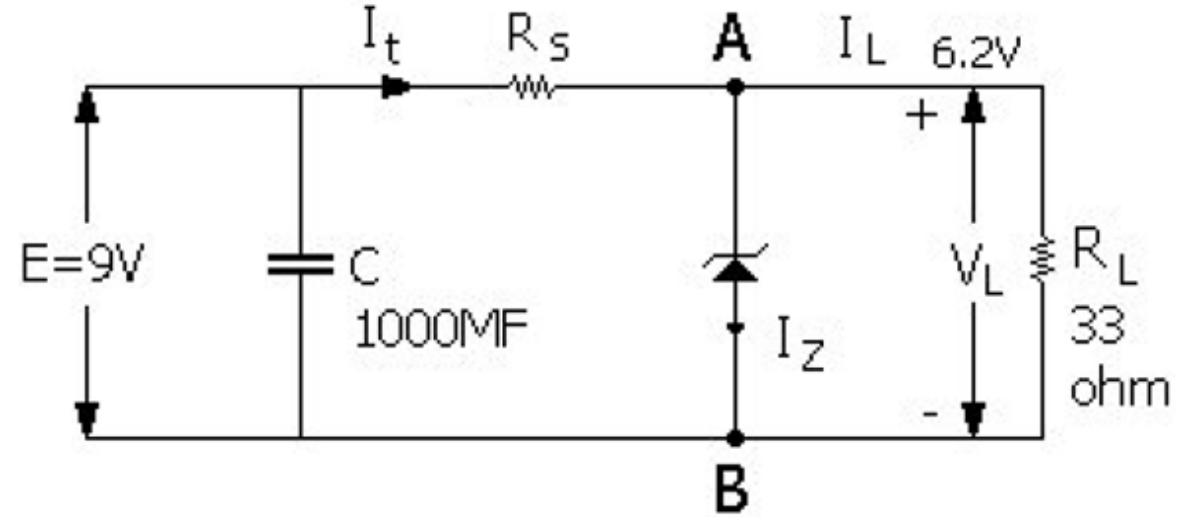
- Devre girişine tepe değeri 10V olan bir AC gerilim uygulansın ve kırpma işlemi için, zener gerilimi 5V olan iki Z1, Z2 zener diyotu kullanılsın.
- AC gerilimin pozitif alternansı başlangıcında Z1 zeneri doğru polarmalı ve iletimde, Z2 zeneri ise ters polarmalı ve kesimde olacaktır. Giriş gerilimi +5V 'a ulaştığında Z2 'de ilettime geçer ve dolayısıyla da çıkış uçları arasında +5V oluşur. Keza, R direnci üzerindeki gerilim düşümü de 5V 'tur.
- AC gerilimin diğer alternansında da Z1 ters polarmalı hale gelir ve bu defa da çıkışta tepesi kırılmış 5V 'luk negatif alternans oluşur. R direnci, devreden akacak akımın Zener diyotları bozmayacak bir değerde kalmasını sağlayacak ve 5V 'luk gerilim düşümü oluşturacak şekilde seçilmiştir.



İki zener diyotlu tam dalga kırpma devresi

## 2 - Zener Diyotun Gerilim Regülatörü Olarak Kullanılması:

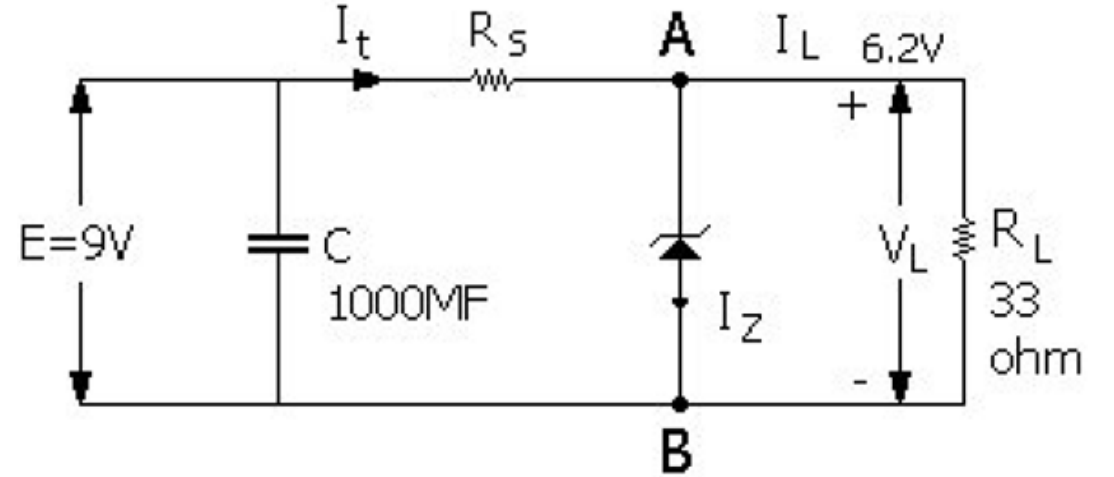
- Zener diyottan, çoğunlukla, DC devrelerdeki gerilim regülasyonu için yararlanılmaktadır. Buradaki regülasyondan amaç, gerilimin belirli bir değerde sabit tutulmasıdır.
- Bunun için zener diyot, yandaki şekilde g r ld   gibi, gerilimi sabit tutmak istenen devre veya **yük direncine paralel ve ters polarmalı** olarak ba lanır.
- Diyot uçlarına gelen gerilim, zener değerine ula tı ında diyot ilettime geçer ve uçları arasındaki gerilim sabit kalır.



Zener diyotun gerilim regülatörü olarak kullanılması

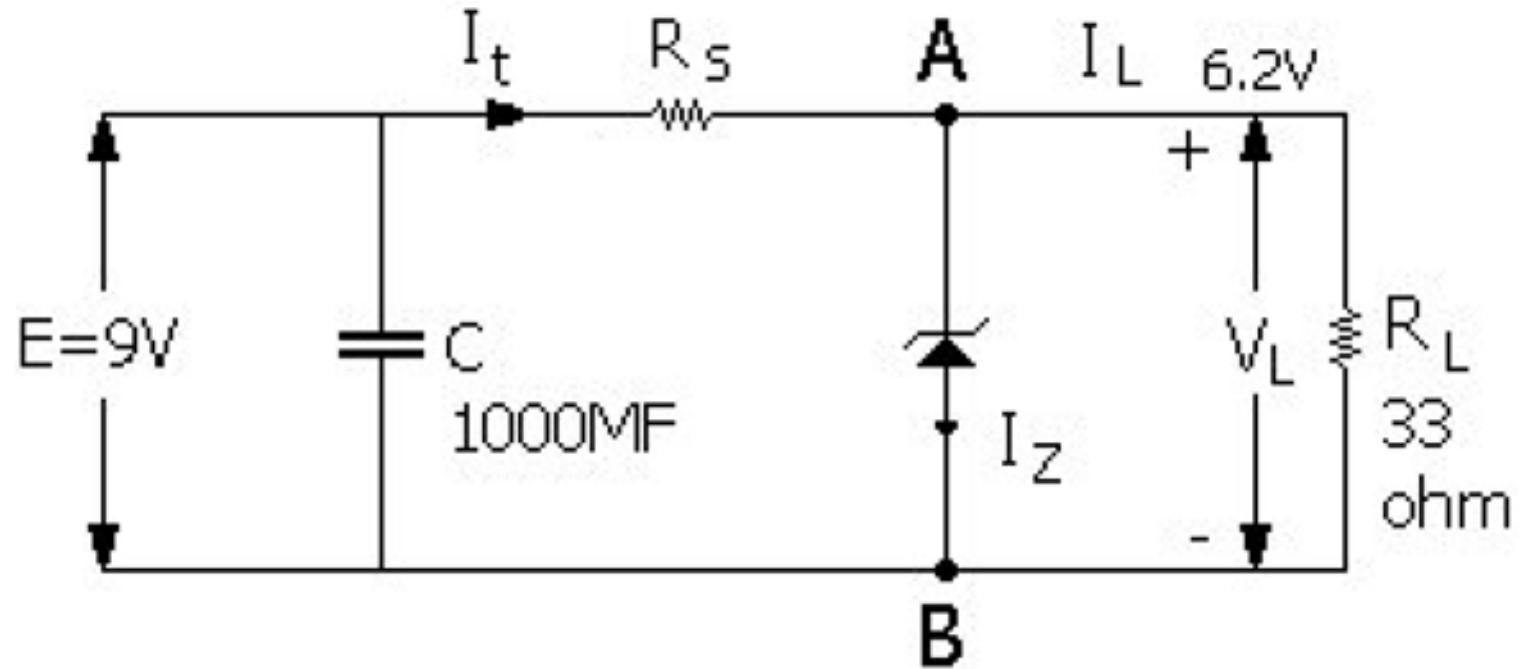
# Örnek:

- Yandaki şekilde verilmiş olan devrede RL yük direnci uçları arasındaki  $V_L$  gerilimi 6.2V 'ta sabit tutulmak istensin.
- Bunu sağlamak için, şekilde görüldüğü gibi RL 'e paralel bağlı zener diyodun ve seri bağlı bir  $R_S$  direncinin seçimi gerekir.
- Ayrıca, bir de C kondansatörünün paralel bağlanmasında yarar vardır. Bu kondansatör, gerilim dalgalanmalarını ve başka devrelerden gelebilecek parazit gerilimlerini önleyici görev yapar. Değeri, devre geriliminin büyüklüğüne göre, hesaplanır.
- Şekildeki bir devre için 30V - 1000 $\mu$ F 'lık bir kondansatör uygundur.



Zener diyotun gerilim regülatörü olarak kullanılması

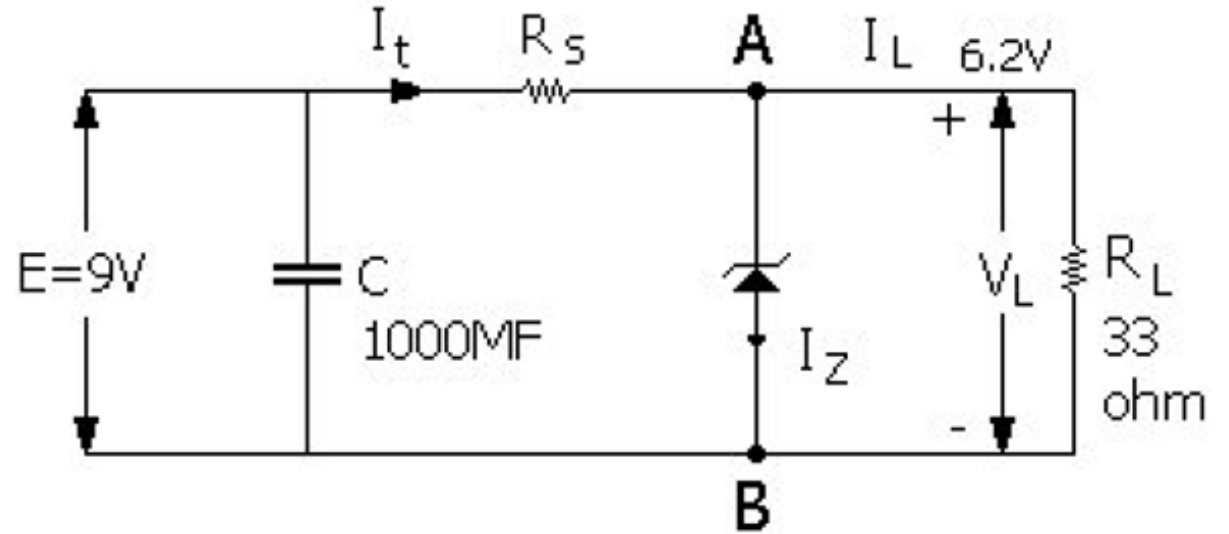
Burada birinci derecede önemli olan,  $R_S$  direnci ile **zener diyotun** seçimidir.



Zener diyotun gerilim regülatörü olarak kullanılması

# Seri RS direncinin seçimi:

- Önce RS direncine karar vermek gerekir;
- Kaynak gerilimi:  $E=V=9V$
- Yük direnci ve uçları arasındaki gerilim:  $R_L=33\ \Omega$ ,  $V_L=6.2V$
- Bu durumda, zener diyot dikkate alınmadan,  $V_L=6.2V$  'u oluşturabilmek için kaç ohm 'luk bir RS direncinin gerektiği hesaplanmalıdır.
- $E=I_L \cdot R_S + V_L$  ve  $I_L = V_L / R_L$  'dir.



Zener diyotun gerilim regülatörü olarak kullanılması

# Seri RS direncinin seçimi:

- Birinci formüldeki  $I_L$  yerine, ikinci formüldeki eşitini yazıp, değerler yerine konulursa:
- $9 = 6,2/33 * RS + 6,2$  olur.
- Buradan RS çözülürse:
- $RS = (9 - 6,2)33/6,2$  'den,  **$RS = 14.9 = 15$**  (ohm) olarak bulunur.
- $RS = 15$  Ohm 'luk direnç bağlandığında, "E" gerilimi 9V 'ta sabit kaldığı sürece **RL** yük direnci uçları arasında sürekli olarak 6.2V oluşacaktır.
- "E" geriliminin büyümesi halinde, A-B noktaları arasındaki VA-B gerilimi de 6.2V 'u aşacağından, 6.2V 'luk bir ZENER diyot kullanıldığında, RL uçları arasındaki gerilim sabit kalacaktır. Ancak, yalnızca gerilime göre karar vermek yeterli değildir. Bu durumda nasıl bir zener diyot kullanılmalıdır?

# Zener diyotun seçimi:

- Zener gerilimi 6.2V olan bir zener diyot RL direncine paralel bağlandığında  $V_L=6.2V$  'ta sabit kalır.
- Ancak, E giriş geriliminin büyümesi sırasında zener diyottan akacak olan akımın, diyotun dayanabileceği "**maksimum ters yön zener akımından**" (IZM) büyük olmaması gerekir.
- Zener diyot buna göre seçilmelidir.
- 6.2V 'luk olup ta değişik IZM akımlı olan zener diyotlar vardır.



# Örneğin;

- Aşağıdaki tabloda, bir firma tarafından üretilen, 6.2V 'luk zenerlere ait IZM akımı ve güç değerleri verilmiştir.

<b>Zener Maksimum akımı (IZM) (mA)</b>	33	60	146	1460	7300
<b>Zener Gücü (W)</b>	0.25	0.4	1	10	50

- Bu zenerlerden hangisinin seçileceğine karar vermeden önce yük direncinden geçecek akımı bilmek gerekir: Şekildeki devrenin yük direncinden geçen akım aşağıdaki gibi olur:
- $I_L = V_L / R_L = 6.2 / 33 = 0.188A = 188mA$
- E geriliminin büyümesi halinde oluşacak devre akımının 188mA 'in üstündeki miktarı zener diyottan akacaktır.

# Örneğin;

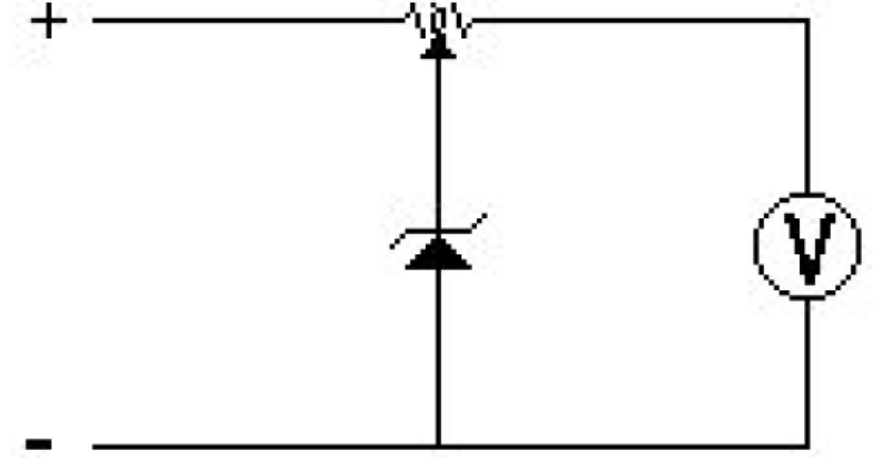
- E geriliminin ulaştığı maksimum gerilim;  $E = 12.2V$  olsun.
- **Zener diyottan geçecek olan akımın değeri şu olacaktır:**
- Kirchhoff kanununa göre:
- $12.2 = I_t \cdot R_S + 6.2$  ( $I_t$  devreden akan toplam akımdır.)
- $R_S = 15$  yerine konarak  $I_t$  çözülürse;
- $I_t = 12.2 - 6.2 / 15 = 6 / 15$  'den  **$I_t = 0,4A = 400mA$**  olur.
- Bu 400mA 'den 188mA 'i  $R_L$  yük direncinden geçeceğine göre;
- **Zener diyottan geçecek olan  $I_Z$  akımı:  $I_Z = 400 - 188 = 212mA$  'dir.**

Zener Maksimum akımı (IZM) (mA)	33	60	146	1460	7300
Zener Gücü (W)	0.25	0.4	1	10	50

- Bu **212mA** değeri, yukarıdaki tabloya göre:
- 10W 'lık zenerin maksimum akımı olan 1460mA 'den küçük, 1W 'lık zenerin maksimum akımı olan 146mA 'den büyüktür.
- Böyle bir durumda 10W 'lık zener kullanılacaktır.
- Aslında, 212mA 'lık zener için 1460mA 'lık zener kullanmakta doğru değildir. Daha uygun bir zener seçimi için başka üretici listelerine de bakmak gerekir.

### 3 - Ölçü Aletlerinin Korunmasında Zener Diyot

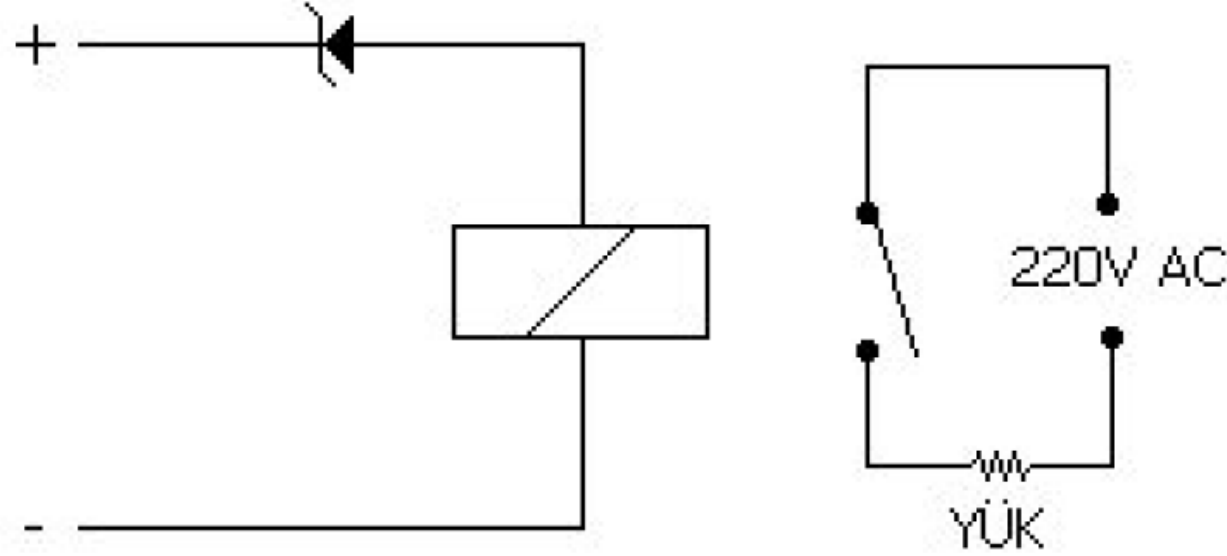
- Döner çerçeveli ölçü aletlerinin korunmasında, zener diyot şeklindeki gibi paralel bağlanır.
- Bu halde zener gerilimi, voltmetre skalasının son değerine eşittir.
- Ölçülen gerilim zener gerilimini aşınca diyot ters yönde iletken hale geçerek ölçü aletinin zarar görmesini engeller.
- Ayar olanağı sağlamak için birde potansiyometre kullanılabilir.



Döner çerçeveli ölçü aletinin zener diyot ile korunması

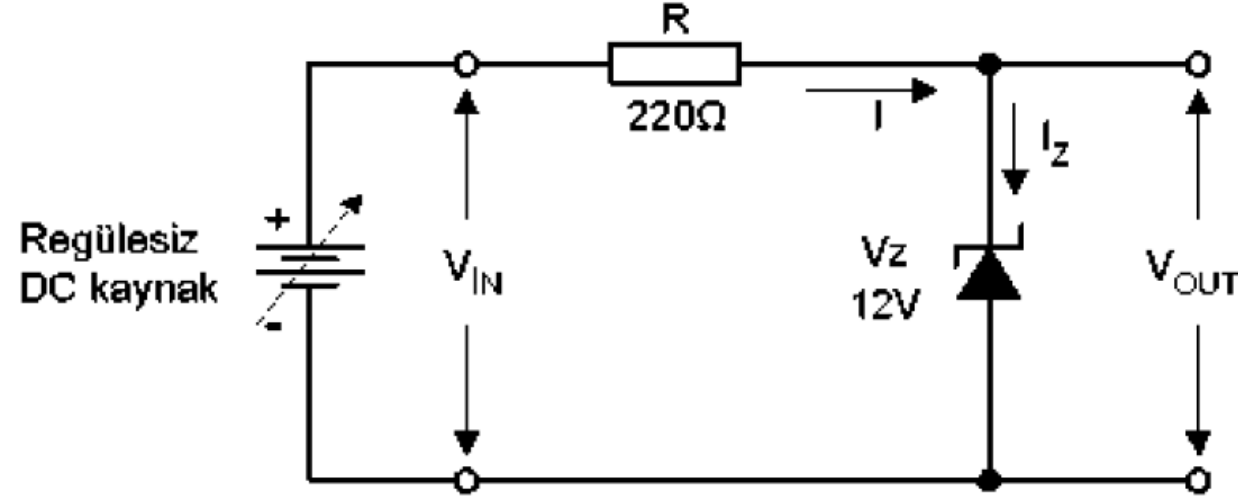
## 4 - Rölenin Belirli Bir Gerilimde Çalıştırılmasında Zener Diyot

- Şekildeki gibi zener diyot, röleye seri ve ters yönde bağlanmıştır. Röle, ancak uygulanan gerilimin, Zener gerilimi ile röle üzerinde oluşacak gerilim düşümü toplamını aşmasından sonra çalışmaktadır.



Ancak zener gerilimi üstünde çalışabilen röle devresi

- **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.



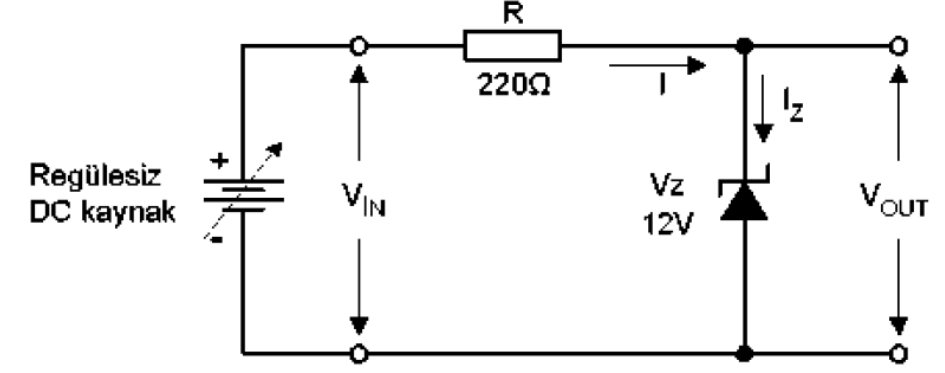
Şekil-3.7 Değişken giriş geriliminde regülasyon

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

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

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

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



Şekil-3.7 Değişken giriş geriliminde regülasyon

Dolayısıyla giriş geriliminin minimum değeri;

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

Zener akımı minimum olduğunda; R direnci üzerine düşen gerilim,

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

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;

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

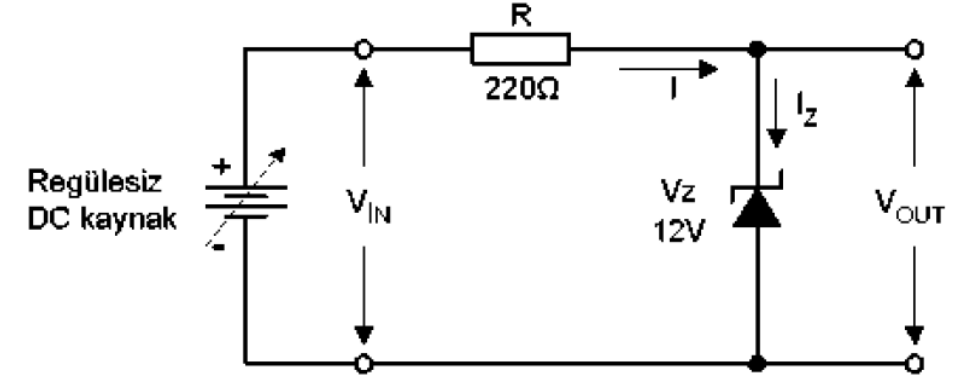
Şekil-3.7'de verilen regüle devresinde yapılan hesaplamalar sonucunda aşağıdaki veriler elde edilmiştir.

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

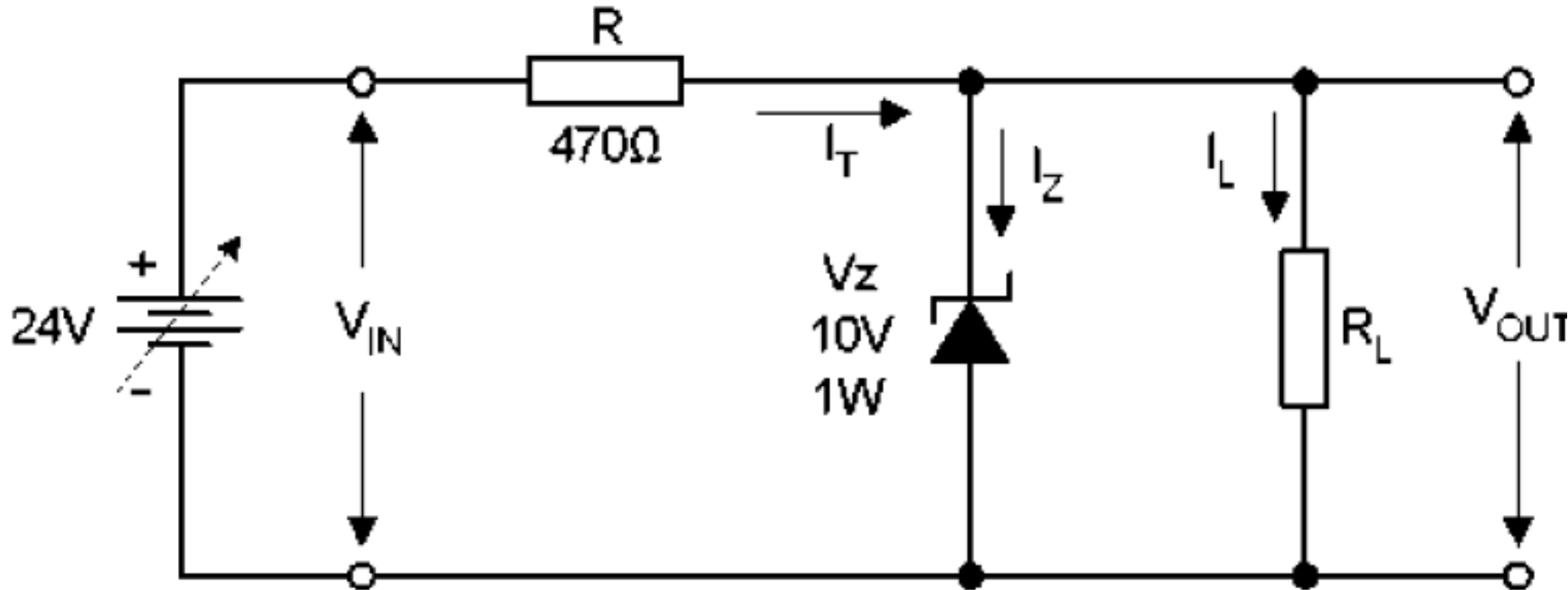
$$V_{IN(max)}=21.16V \text{ olmalıdır.}$$



Şekil-3.7 Değişken giriş geriliminde regülasyon



- **Örnek:** Şekil’de verilen regüle devresinde zenerin regüle işlevini yerine getirebilmesi için  $R_L$  yük direncinin alabileceği değerler aralığını hesaplayınız.? (Devrede kullanılan zener diyodun karakteristikleri;  $V_Z=10V$ ,  $P_D(\max)=1W$ ,  $I_{Z\min}=1mA$ )



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 işlemini yerine getirebilir mi?

İnceleyelim. Bu durumda  $I_L = 0$  A olacağından,  $I_T = I_{Z(\max)}$  olacaktır. Dolayısıyla;

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

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

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.

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

$$I_L(max) = 29.7 - 1mA = 28.7mA$$

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

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

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

$$348\Omega < R_L < \infty$$