

# Mesleki Terminoloji-1

---

## 3. BÖLÜM

### Elektrik Devre Elemanları

Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN

Öğr. Gör. Dr. Umut Engin AYTEN

# Devre Elemanlarının Tipleri

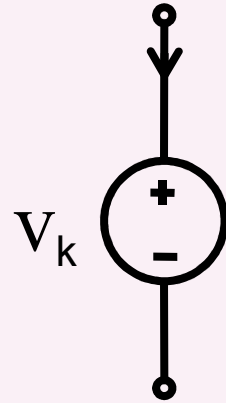
- Aktif elemanlar:
  - Enerji üretirler.
  - Batarya, güç üretici, işlemsel yükselteçler
- Pasif elemanlar:
  - Enerjiyi tüketirler veya depolarlar.
  - Direnç, Kapasite, Endüktans

# Aktif Elemanlar

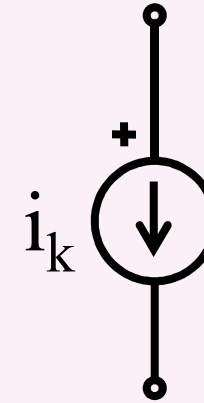
- Bağımsız Kaynaklar
  - Gerilimi veya Akımı devredeki diğer değişkenlerden bağımsız olarak sağlarlar.
- Bağımlı Kaynaklar
  - Gerilimi veya Akımı devredeki diğer gerilim veya akım tarafından kontrol edilerek, onlara bağımlı olarak sağlarlar.

# Bağımsız Kaynaklar

Bağımsız akım kaynağı



Bağımsız gerilim kaynağı

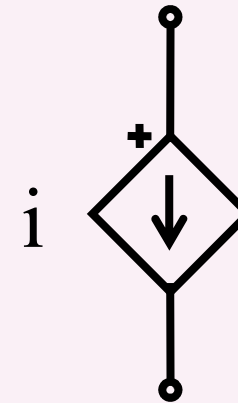
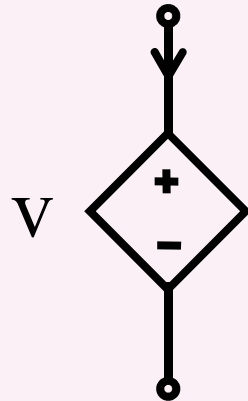


# Bağımlı Kaynaklar

## Bağımlı akım kaynakları

GKAK: gerilim kontrollü akım kaynağı

AKAK: akım kontrollü akım kaynağı

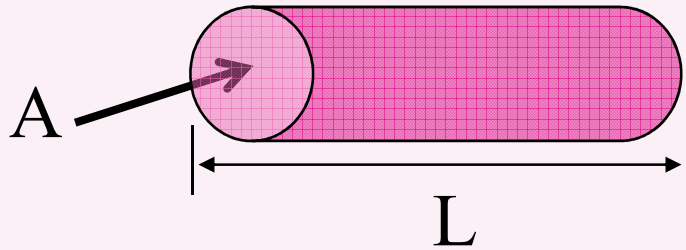


## Bağımlı gerilim kaynakları

GKVK: gerilim kontrollü gerilim kaynağı

AKVK: akım kontrollü gerilim kaynağı

# Pasif eleman: Direnç



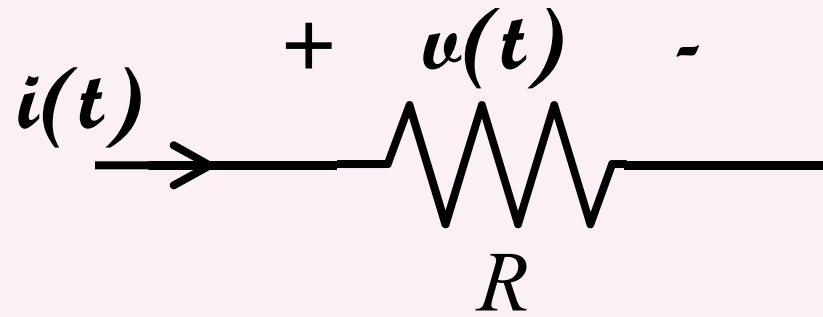
$$R = \rho \frac{L}{A}$$

- $R$ : Direnç. Akımın akışına direnç gösteren elemandır ve değeri ohm ( $\Omega$ ) olarak ölçülür.
- $L$ : malzemenin uzunluğu (metre)
- $A$ : malzeme kesitinin alanı (metre<sup>2</sup>)
- $\rho$ : malzemenin iletkenliği ( $\Omega$ -metre)

# Malzemelerin iletkenliği

Malzeme	İletkenlik $\rho$ ( $\Omega$ -m)	Sınıflandırma
Bakır	$1.72 \times 10^{-8}$	İletken
Silisyum	$6.4 \times 10^2$	Yarıiletken
Cam	$10^{12}$	Yalıtkan

# Direnç, Ohm Yasası



$$u(t) = i(t) \cdot R$$

Bir direncin uçlarındaki gerilim direncin içinden akan akımla doğru orantılıdır.



# İletkenlik

$$G = \frac{1}{R}$$

- ❖ Elektrik akımını iletimini belirten elamandır.  
Birimi Siemens (S) dir.
- ❖  $1S = 1/ \Omega = 1 A/V$

$$G = \frac{1}{\rho} \frac{A}{L}$$

# Direnç ve Güç

$$p = vi$$

$$v = iR$$

$$p = i^2 R = \frac{v^2}{R} = v^2 G = \frac{i^2}{G}$$

Dirençler, devrede daima güç tüketirler.

$$p > 0$$

# Direnç Serileri

Elektrik devrelerinde kullanılan dirençler, toleranslarına bağlı olarak çok değişik değerlerde imal edilirler. Direnç serileri standart olup, E3, E6, E12, E24, E48, E96 ve E192 kodları ile ifade edilirler. Serilerin ilk üç değerleri ve toleransları aşağıda belirtilmiştir [1].

Direnç Serisi	Direnç Değeri	Toleransı
E192	100, 101, 102, ...	$\% \pm 0.1$ , $\% \pm 0.25$ , $\% \pm 0.5$
E96	100, 102, 105, ...	$\% \pm 1$
E48	100, 105, 110, ...	$\% \pm 2$
E24	10, 11, 12, 13, 15, ...	$\% \pm 5$
E12	10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68, 82, ...	$\% \pm 10$
E6	10, 15, 22, 33, 47, 68, ...	$\% \pm 20$

E serisi, International Electrical Commission (IEC)'nin belirlemiş olduğu bir standarttır [5].

# Direnç Renk Kodları

Herhangi bir direncin değeri ve toleransı, direnç üzerinde bulunan renk bantlarından okunur. Direnç renk bantları 4, 5 veya 6 şerit olabilir [6].

<b>Direnç 4 renkli</b> <b>ise</b>	<b>Direnç 5 renkli ise</b>	<b>Direnç 6 renkli</b> <b>ise</b>
		
ilk 2 renk katsayı 3. renk çarpan 4. renk tolerans	ilk 3 renk katsayı 4. renk çarpan 5. renk tolerans	ilk 3 renk katsayı 4. renk çarpan 5. renk tolerans <u>6. renk sıcaklık katsayısı</u>
<u>3. band ve sıcaklık katsayısı</u> <u>boş bırakılır</u>	<u>sıcaklık katsayısı</u> <u>boş bırakılır</u>	

# Direnç Renk Kodları

RENKLER	KATSAYI değeri			Çarpan	Tolerans	Sıcaklık katsayısı
	1. band	2. band	3. band			
<b>Siyah</b>	0	0		1		
<b>Kahverengi</b>	1	1	1	10	± %1	100 ppm
<b>Kırmızı</b>	2	2	2	100	± %2	50 ppm
<b>Turuncu</b>	3	3	3	1k		15 ppm
<b>Sarı</b>	4	4	4	10k		25 ppm
<b>Yeşil</b>	5	5	5	100k	± %0.5	
<b>Mavi</b>	6	6	6	1M	± %0.25	
<b>Mor</b>	7	7	7	10M	± %0.10	
<b>Gri</b>	8	8	8		± %0.05	
<b>Beyaz</b>	9	9	9			
<b>Altın</b>				0.1	± %5	
<b>Gümüş</b>				0.01	± %10	
<b>Renksiz</b>					± %20	

# Direnç Renk Kodları Örnekler



**Katsayı** = Mor (7), Yeşil (5)  
**Çarpan** = Kahverengi (1)  
**Tolerans** = Altın (%5)  
**Direnç değeri** =  $75 \times 10^1 = 750 \Omega$



**Katsayı** = Mavi (6), Gri (8), Kahverengi (1)  
**Çarpan** = Turuncu (3)  
**Tolerans** = Kahverengi (%1)  
**Direnç değeri** =  $681 \times 10^3 = 681 \text{ k}\Omega$



**Katsayı** = Kahverengi (1), Siyah (0), Siyah (0)  
**Çarpan** = Gümüş (0.01)  
**Tolerans** = Kırmızı (%2)  
**Sıcaklık katsayısı** = Kahverengi (100 ppm)  
**Direnç değeri** =  $100 \times 10^{-2} = 1 \Omega$

**Alfanümerik gösterim:**

22R=22  $\Omega$ , 2M2=2.2 M $\Omega$ , 220K=220 k $\Omega$ , R22=0.22  $\Omega$

# Dirençteki Güç Kaybı

Dirençte harcanmasına müsaade edilen maksimum güç kaybı  $Ri^2$  bağıntısı ile hesaplanır. Dirençteki güç kaybı ısıya dönüşeceğinden, direncin sıcaklığı yükselir. İmalatçı firmalar tarafından belirlenmiş olan güç kaybı, 20°C ile 40°C sıcaklıklar için geçerlidir. Daha yüksek sıcaklıklardaki güç kayıpları, yine imalatçı firmalar tarafından yayınlanmış karakteristikler yardımı ile bulunur.

# Direnç Çeşitleri

Kullanım gereksinimlerine göre dirençler farklı biçim yapı ve güçlerde üretilirler [2, 3].

- a) Sabit Dirençler
- b) Ayarlı Dirençler
- c) Isıya Duyarlı Dirençler
- d) Foto Rezistif Dirençler
- e) Gerilimle Değeri Değişen Dirençler

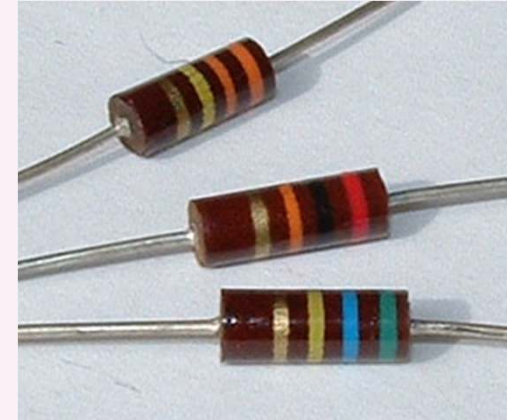
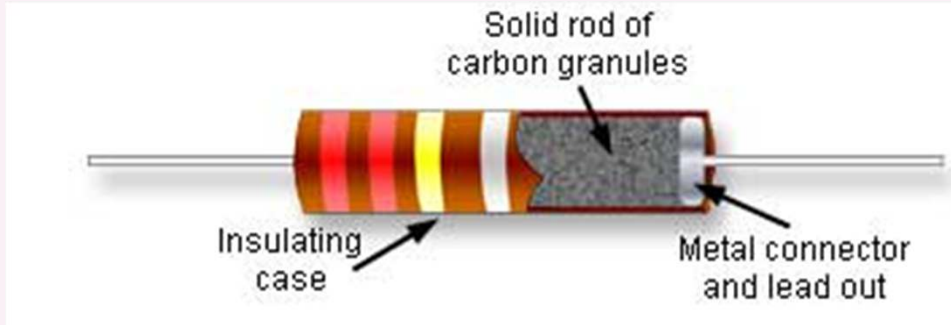


# Direnç Çeşitleri

## Sabit Dirençler

### 1. Karbon Bileşimli Dirençler

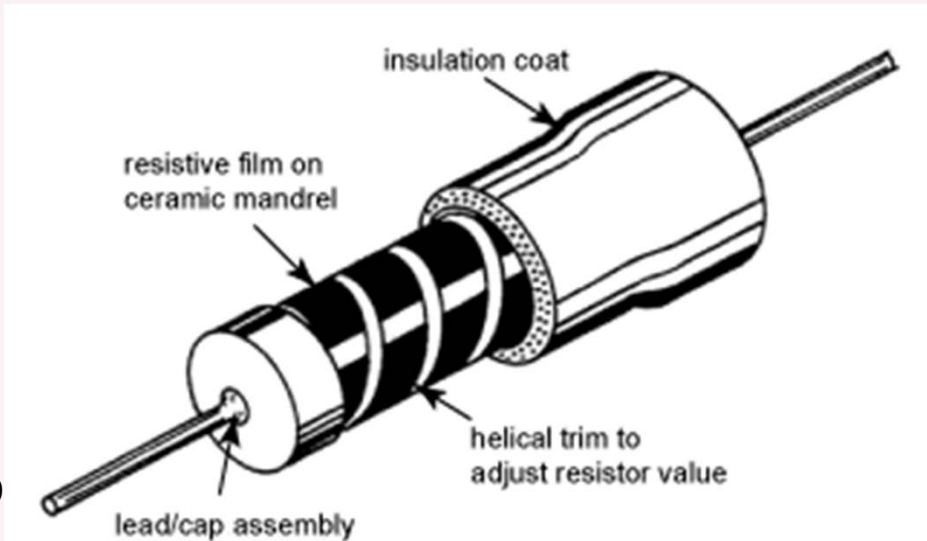
Bu tip dirençler, karbon tozları ile bazı yapıştırıcı maddelerin karıştırılıp pres edilmesi ile oluşur. Direnç miktarı yapıştırıcı içine katılan karbon miktarına bağlıdır. Presten çıkan direnç, değerine uygun renk koduna göre boyanır. Mevcut dirençler içinde en ucuz olanıdır. Bunlar;  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1, 2, 5 ve 10 watt gücünde imal edilirler [1].



# Direnç Çeşitleri

## 2. Karbon Film Dirençler:

Bu tip dirençlerin gövdesi silindirik bir porselen olup, uçlarına direnci devreye bağlamaya yarayan telli yüksükler konur. Bundan sonra porselen üzerine direnç elemanını oluşturacak karbon tozları püskürtülür. Karbon tabakasının kalınlığı ile direncin değeri ters orantılıdır. Çok ince karbon tabakası oluşturmak zor olduğundan çok yüksek değerli direnç yapılamamaktadır. Direnç değerini yükseltmek için karbon tabakası helisel olarak kazınır. Karbon bileşimli dirençlere göre iç gürültüleri daha azdır [1].



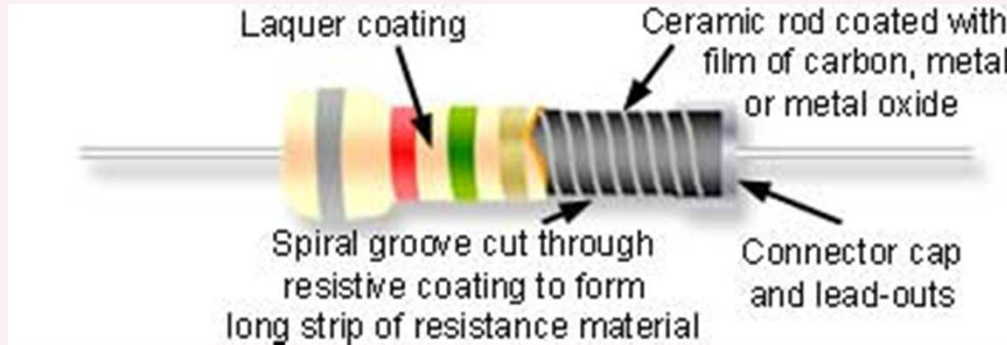
# Direnç Çeşitleri

## 3. Metal Oksit Dirençler:

Bu dirençler imalat teknikleri bakımından karbon film dirençlere benzerler. Bunlarda karbon tabaka yerine oksit tabakası oluşturulur.

## 4. Metal Film Dirençler:

Bu dirençler küçük boyutlu olup, güçleri bir hayli yüksek olabilir. Bu tip dirençler içi boş bir porselen gövde üzerine ince bir krom-nikel tabakası oluşturularak elde edilir. Direncin gerçek değeri, helisel yol açılarak elde edilir.



# Direnç Çeşitleri

## 5. Kalın Film (cerment) Dirençler:

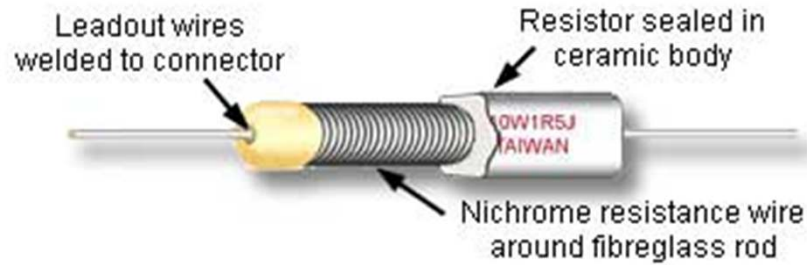
Kalın film dirençler, seramik ve metal tozları karıştırılarak yapılır. Seramik ve metal tozu karışımı bir yapıştırıcı ile hamur haline getirildikten sonra, seramik bir gövdeye şerit halinde yapıştırılır fırında yüksek sıcaklıkta pişirilir. Bu yöntemle, hem sabit hem de ayarlı dirençler yapılmaktadır.



# Direnç Çeşitleri

## 6. Tel Sargılı Dirençler:

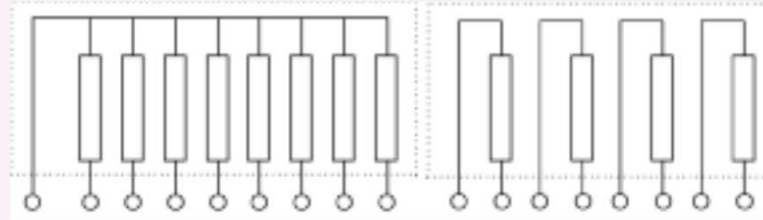
Bu tip dirençler seramik bir gövde üzerinde direnç telin sarılması ile elde edilir. Güçleri 100 W mertebesine kadar çıkabilir. Değerleri ise maksimum 50 k $\Omega$  civarındadır.



# Direnç Çeşitleri

## 7. Tümdevre Dirençler:

Çok sayıda direncin tek bir paket altına alınmasıyla elde edilen direnç türüdür. Bu nedenle entegre direnç olarak adlandırılırlar. Paket içindeki tüm dirençler birer ayaklarından ortak bağlıdır. Diğer ayaklar serbesttir. Bu tür dirençlerin en önemli özelliği tüm dirençlerin aynı değere sahip olmasıdır.

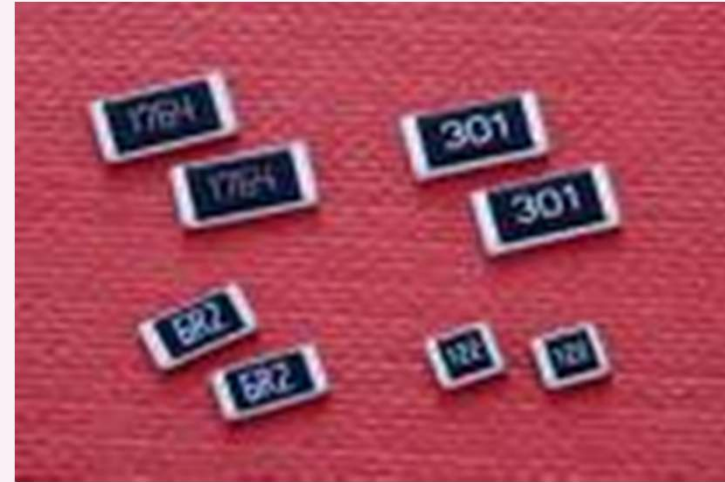
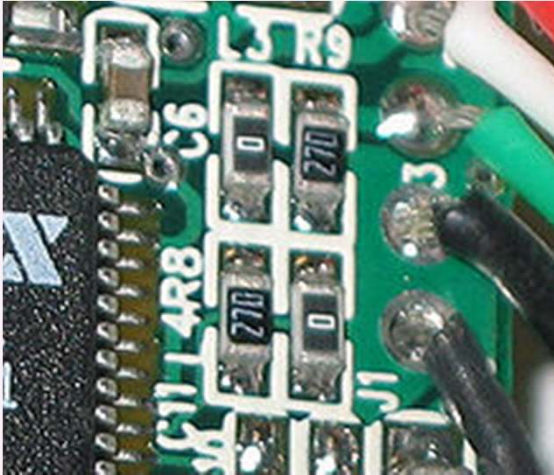




# Direnç Çeşitleri

## 8. Yüzey Montaj Dirençler (SMD-Surface Mount Device):

Gelişen teknolojiyle beraber elektronik devrelerin daha küçük boyutlarda üretilmesi söz konusu olmuştur. Daha küçük boyutlara çok daha fazla sayıda devre bileşeninin yerleştirilmesi için devre plaketlerinin katmanlı üretilmesi gerekmiştir. Devre plaketlerinin katmanlı üretimi katmanlar arası bağlantıda “yüzey teması” denilen yeni bir tekniği doğurmuştur.



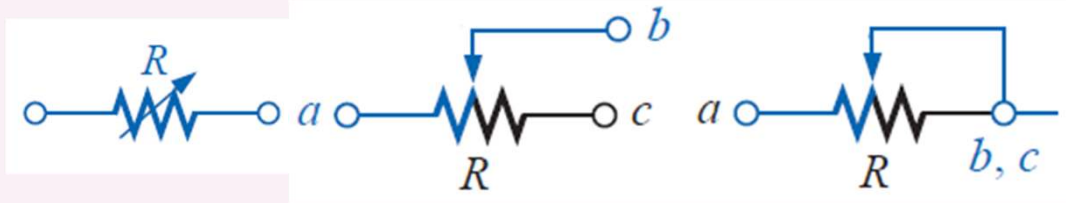
Değerlerinin Okunması:  $222=22 \times 10^2=2.2 \text{ k}\Omega$ ,  $4R2=4.2 \text{ }\Omega$

# Direnç Çeşitleri

## Ayarlı Dirençler

### 1. Reostalar

Reostalar, iki uçlu ayarlanabilen (değişken direnç) dirençlerdir. Bu iki uçtan birine bağlı olan kayıcı uç, direnç üzerinde gezdirilerek, direnç değeri değiştirilir. Reostaların da karbon tipi ve telli tipleri vardır. Sürekli direnç değişimi yapan reostalar olduğu gibi, kademeli değişim yapan reostalarda vardır.



Reosta Sembolleri





# Direnç Çeşitleri

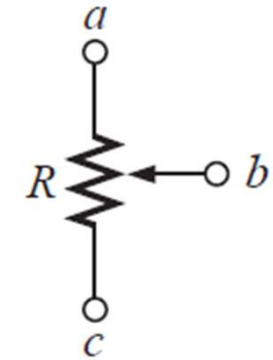
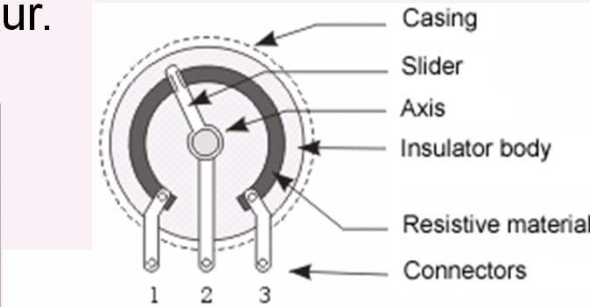
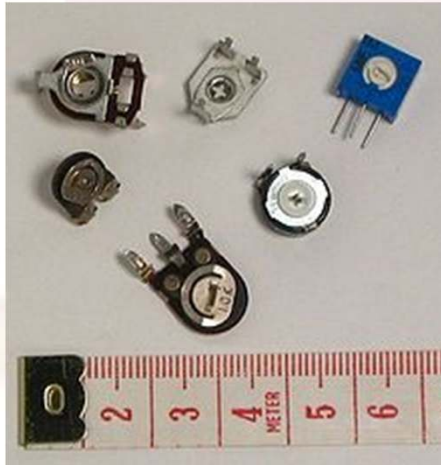
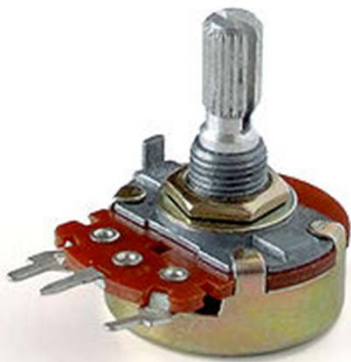
## 2. Potansiyometreler

Potansiyometreler üç uçlu ayarlı orta uç, direnç üzerinde gezinebilir.

Potansiyometreler, direnç değerinin değiştirilmesi yoluyla gerilim bölme, diğer bir deyimle çıkış gerilimini ayarlama işlemini yapar.

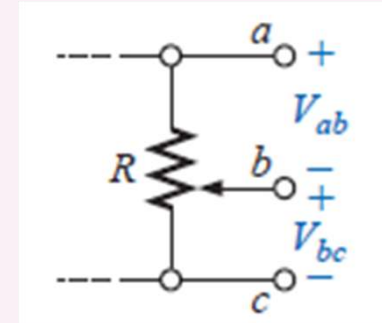
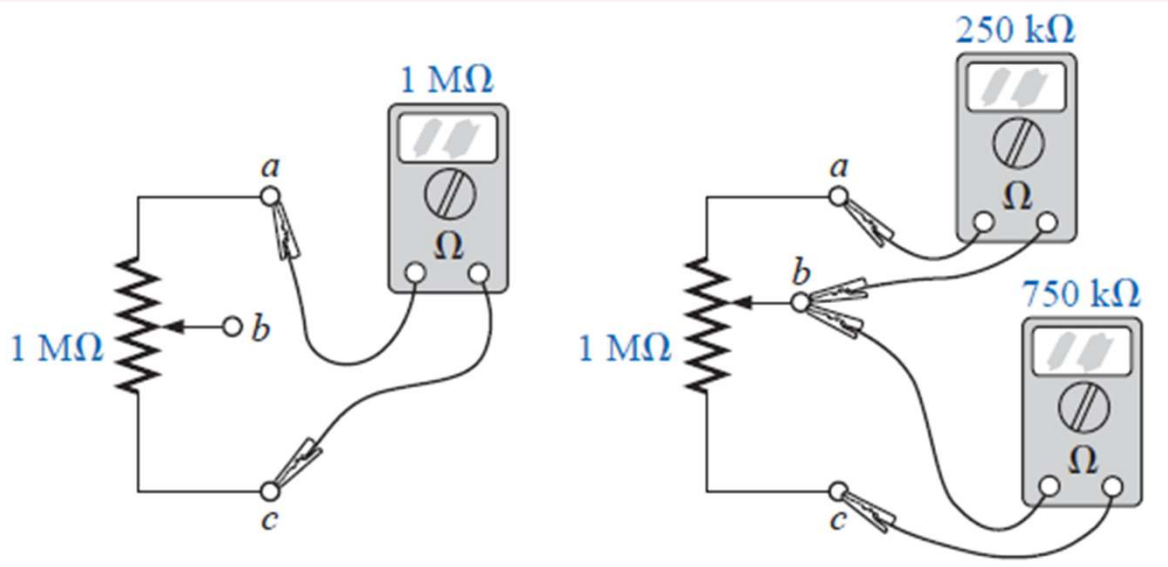
Devre direncinin çok sık değiştirilmesi istenen yerlerde kullanılır. Radyo ve televizyonlarda ses ayarında, oyun kumandalarında, ışık ayar devrelerinde, vb.

Ayar ucunun açısına bağlı olarak çıkış direnci lineer olarak veya logaritmik olarak değiştirilebilen çeşitleri mevcuttur.

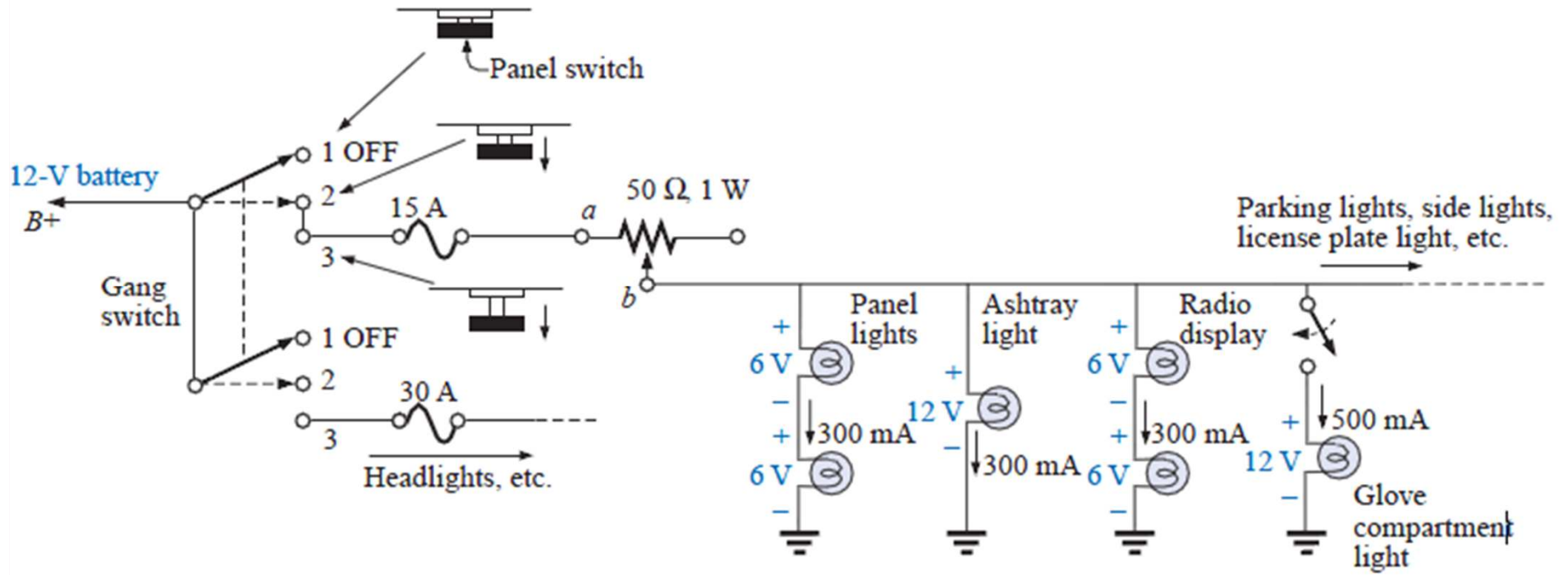


Potansiyometrenin Sembolü

# Direnç Çeşitleri



# Direnç Çeşitleri



Otomobil ön paneli dimmer kontrol devresi [4]

# Direnç Çeşitleri

## c) Isıya Duyarlı Dirençler (Termistör)

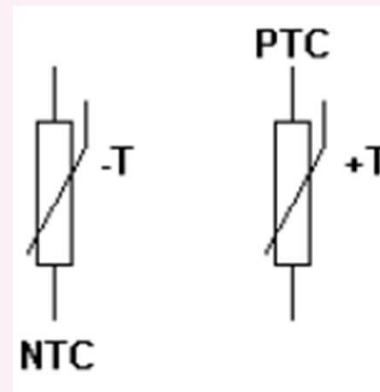
Isıyla direnci değişen pasif devre elemanına termistör denir. Termistörlerin direnç değişimi doğrusal olmamakla birlikte yine de elektronik devrelerde değişik amaçlarla tercih edilir. Termistörlerin sıcaklık algılamaları oda sıcaklığı değerine kadar yüksek olur. Daha yüksek sıcaklıklarda direnç değişim miktarı küçüktür.

Termistörler iki şekilde imal edilir:

**Pozitif kat sayılı direnç (PTC- Positive Temperature Coefficient):** Sıcaklıkla doğru orantılı olarak direnç değeri değişen termistör cinsine PTC denir.

**Negatif kat sayılı direnç (NTC- Negative Temperature Coefficient):** Sıcaklıkla ters orantılı olarak direnç değeri değişen termistör cinsine NTC denir [3].

NTC ve PTC Sembolleri



# Direnç Çeşitleri

## d) Foto Rezistif Dirençler (Light Dependent Resistor-LDR)

Direnç değeri, üzerine düşen ışığın şiddetine göre değişen özel dirençlerdir.

LDR'ler, CdS (kadmiyum sülfür), CdSe (kadmiyum selenür), selenyum, germanyum ve silisyum vb. gibi ışığa karşı çok duyarlı maddelerden üretilmektedir .

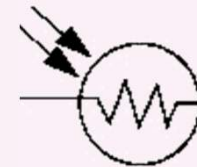
LDR'ye gelen ışığın odaklaşmasını sağlamak için üst kısım cam ya da şeffaf plastikle kaplanmaktadır.

LDR üzerine ışık düştüğünde valans elektronları ışık enerjisi ile yeterli hıza ulaşır, koparak iletkenlik bandına geçerler. Bu da LDR'nin direncinin düşmesi demektir. Ancak, ışık şiddetinin artışıyla iletkenlik bandına geçebilen elektron sayısı doğru yönde lineer orantıya sahip olmadığı için LDR'nin direncindeki düşüş de lineer değildir.

Bu elemanların dirençleri karanlıkta MΩ seviyesindeki iken yeterli ışık aldığı takdirde 5-10Ω gibi çok küçük değerlere düşebilmektedir [4].



LDR'nin Sembolü



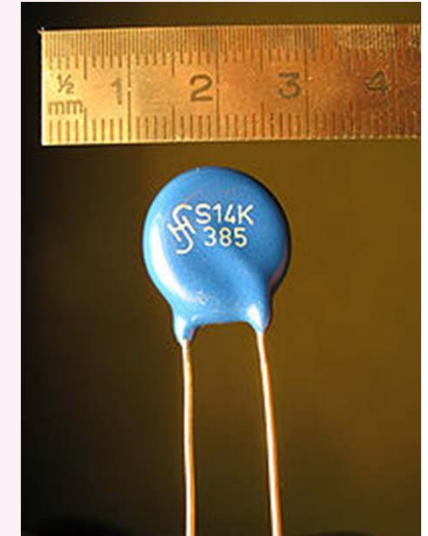
# Direnç Çeşitleri

## e) Gerilimle Değeri Değişen Dirençler-Varistörler (Voltage Dependent Resistor-VDR)

Uçlarına uygulanan voltaj değerine bağlı olarak, direnci değişen elemandır. Genellikle çinko oksitten yapılır. Varistör gerilimi olarak bilinen gerilimin altında neredeyse hiç akım çekmez. Gerilim değeri çalışma voltajını geçtiğinde direnci hızlı bir şekilde düşerek akım çekmeye başlar. Genellikle elektronik sistemlerin girişine paralel takılarak aşırı gerilimlerde devreye girmesi ve gerilimin daha da yükselmemesi amaçlanır.

Bir varistör türü olan parafudr ise yüksek gerilim hatları ile toprak arasına bağlanarak yıldırım düşme durumunda yıldırımın yüksek akımını üzerine alır ve trafo gibi hassas elemanları korur [7].

Varistör'ün Sembolü

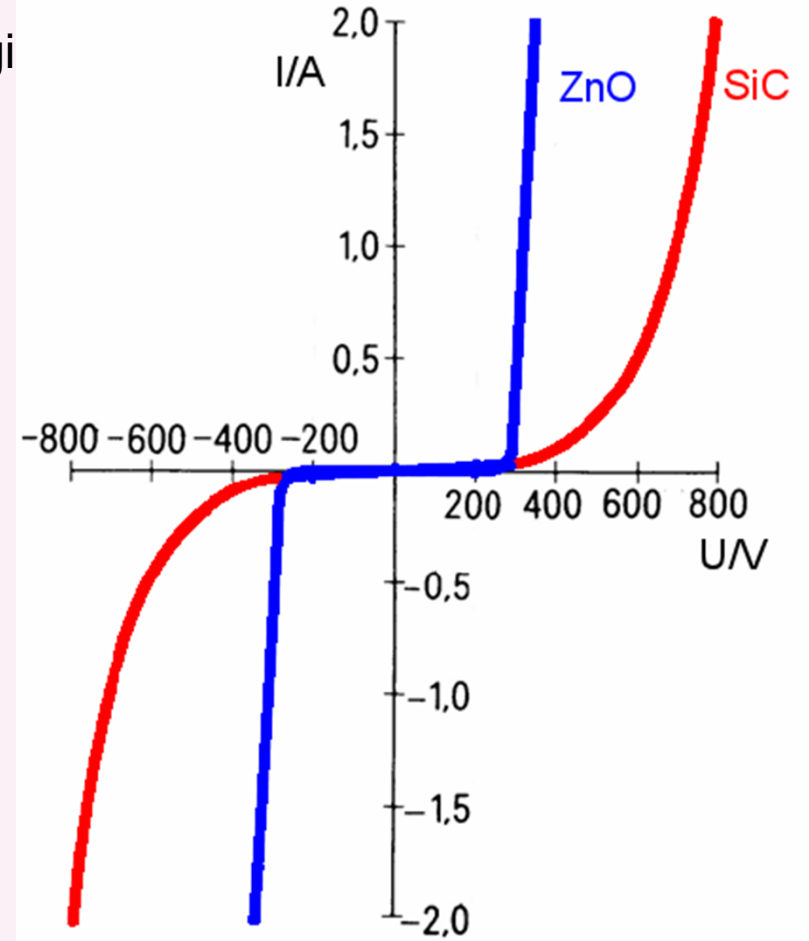


Parafudr

# Direnç Çeşitleri

Varistör elemanının akım-gerilim karakteristiği

ZnO:Çinko oksit, SiC:Silikon Karpit

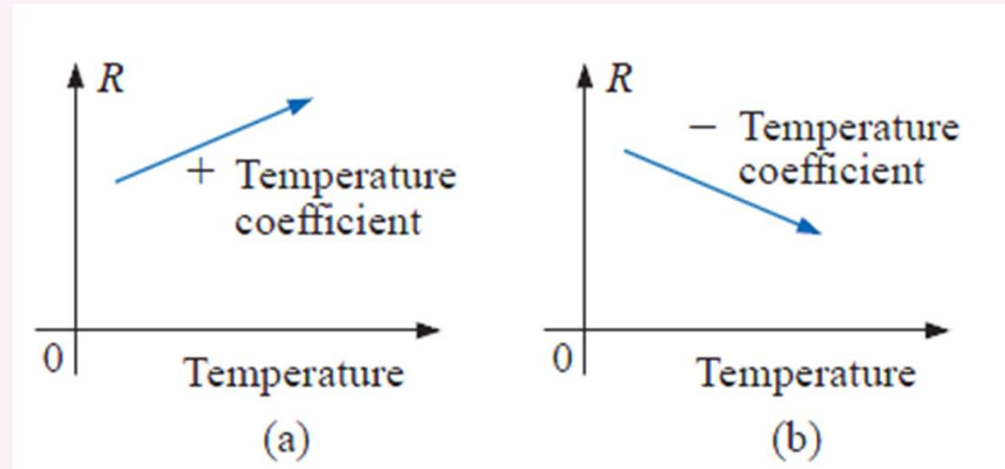


# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

Sıcaklığın, iletkenlerin, yarıiletkenlerin ve yalıtkanların direnç değişimleri üzerinde büyük etkisi vardır [8].

**İletkenlerde:** İletkenlerin yapısında çok sayıda serbest elektron vardır. Termal enerjideki değişiklik serbest taşıyıcıların toplam sayısı üzerinde düşük bir etkiye neden olur. Gerçekte, iletkenlerde termal enerji sadece partiküllerin rastgele hareketlerinin yoğunluğunu değiştirmektedir. Bu nedenle termal enerji arttığında elektronların bir yöndeki hareketi zorlaşmaktadır. İyi iletkenlerde, sıcaklığın artması ile direnç seviyesi de artmaktadır. Dolayısıyla iletkenler pozitif sıcaklık katsayısına sahiptir.

a) İletkenlerde, b) Yarı iletkenlerde



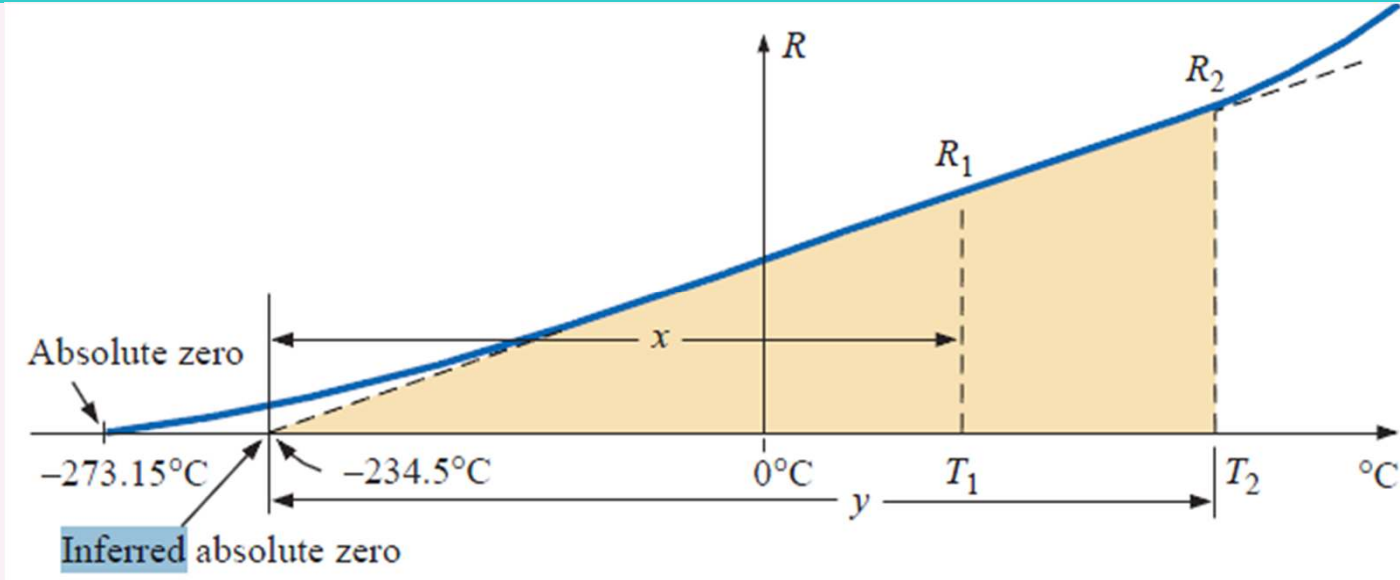


# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

**Yarı iletkenlerde:** Yarı iletkenlere uygulanan sıcaklık arttırıldığında, yarı iletkenlerdeki serbest taşıyıcı sayısı (elektron sayısı) artar. Bundan dolayı yarı iletkenlerde sıcaklık arttıkça direnç seviyesi düşer. Dolayısıyla yarı iletkenler negatif sıcaklık katsayısına sahiptir.

**Yalıtkanlarda:** Yarı iletkenlerde olduğu gibi yalıtkanlarda da sıcaklık arttıkça direnç seviyesi düşer. Dolayısıyla yalıtkanlar da negatif direnç katsayısına sahiptir.

# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi



Bakırın direnç değerinin sıcaklıkla değişimi [8].

Inferred absolute zero: Kabul edilen mutlak sıfır

Benzer üçgenlerden faydalanarak aşağıdaki eşitlik elde edilir.

$$\frac{x}{R_1} = \frac{y}{R_2} \quad \frac{234.5 + T_1}{R_1} = \frac{234.5 + T_2}{R_2}$$

# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

-234.5°C sıcaklığı bakır için kabul edilen mutlak sıcaklık değeridir. Farklı iletken malzemeler için kabul edilen mutlak sıcaklık değerleri yanda verilmiştir. Mutlak sıcaklık değerleri  $|T_1|$  şeklinde gösterilirse bir önceki sayfada verilen eşitlik aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{|T_1| + T_1}{R_1} = \frac{|T_1| + T_2}{R_2}$$

**Örnek:** Bir bakır telin direnci 20°C de 50  $\Omega$  ise, 100°C de bakır telin direnç değeri ne olur?

$$\frac{234.5 + 20}{50} = \frac{234.5 + 100}{R_2}$$

$$R_2 = 65,72\Omega$$

*Inferred absolute temperatures ( $T_i$ ).*

Material	°C
Silver	-243
<b>Copper</b>	<b>-234.5</b>
Gold	-274
Aluminum	-236
Tungsten	-204
Nickel	-147
Iron	-162
Nichrome	-2,250
Constantan	-125,000

# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

Direnç Sıcaklık Katsayısı:

$$\alpha_{20} = \frac{1}{|T_1| + 20^\circ C} \quad \alpha_{20}: 20^\circ C \text{ deki direnç sıcaklık katsayısı}$$

20°C deki direncin değeri  $R_{20}$  ile gösterilirse  $T_1$  sıcaklığındaki  $R_1$  direnci aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$R_1 = R_{20} [1 + \alpha_{20} (T_1 - 20^\circ C)]$$

Buradan  $\alpha_{20}$  çekilirse;

$$\alpha_{20} = \frac{R_1 - R_{20}}{R_{20} (T_1 - 20^\circ C)} = \frac{\Delta R}{R_{20} \Delta T}$$

$\Delta R/\Delta T$  oranı daha önceki sayfada verilen eğrinin eğimidir. Malzemenin direnç sıcaklık katsayısı ne kadar yüksek ise sıcaklığa bağlı olarak direnç değişim duyarlılığı o kadar yüksektir [8].

*Temperature coefficient of resistance for various conductors at 20°C.*

Material	Temperature Coefficient ( $\alpha_{20}$ )
Silver	0.0038
Copper	0.00393
Gold	0.0034
Aluminum	0.00391
Tungsten	0.005
Nickel	0.006
Iron	0.0055
Constantan	0.000008
Nichrome	0.00044

# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

0°C deki direnç sıcaklık katsayısı  $\alpha_0$  ve 0°C deki direnç değeri  $R_0$  ile gösterilirse;

$$\alpha_0 = \frac{1}{|T_1|} \quad R_1 = R_0[1 + \alpha_0 T_1] \quad \text{Elde edilir.}$$

**Örnek:** 0°C deki bakır telin direnci 100  $\Omega$  ise, 70°C deki direnç değerini bulunuz.  
0°C deki bakırın direnç sıcaklık katsayısı 0.0043/°C'dir.

$$R_1 = 100[1 + 0.0043(70)] = 130.1\Omega$$

**Örnek:** 20°C deki bakır telin direnci 10  $\Omega$  ise, 100°C deki direnç değerini bulunuz.  
20°C deki bakırın direnç sıcaklık katsayısını yaklaşık olarak 0.004/°C olarak alınız.

$$R_1 = 10[1 + 0.004(100 - 20^\circ C)] = 13.2\Omega$$

# Sıcaklığın Direnç Üzerine Etkisi

## PPM/°C:

Direnç elemanının sıcaklığa duyarlılığı PPM/°C ile gösterilir. PPM/°C her °C deki milyonda bir değişimi ifade eder (parts per million-ppm). Dirençlerde 5000 PPM/°C yüksek, 20 PPM/°C ise gayet düşük bir değer kabul edilir. Direncin sıcaklık ile değişimi aşağıdaki denklem ile verilebilir [8].

$$\Delta R = \frac{R_{nominal}}{10^6} (PPM)(\Delta T)$$

Burada  $R_{nominal}$  20°C yani oda sıcaklığındaki direnç değerini,  $\Delta T$  ise sıcaklık değişimini ifade eder.

**Örnek:** 1 k $\Omega$  değerindeki karbon bileşimli direncin sıcaklık duyarlılığı 2500 ppm/°C ise 60°C deki direnç değerini bulunuz.

$$\Delta R = \frac{1000\Omega}{10^6} (2500)(60 - 20) = 100\Omega \quad R = R_{nominal} + \Delta R = 1000 + 100 = 1100\Omega$$

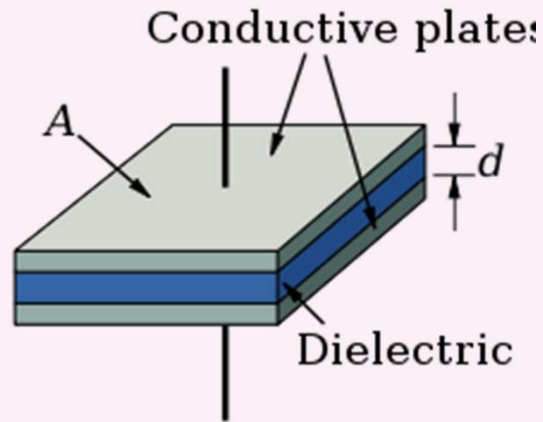
# Kondansatör (Kapasite Elemanı)

Yükleri mutlak değerce eşit, fakat zıt işaretli iki iletkenli bir sistem kondansatör olarak isimlendirilmektedir. Kondansatörün kapasitesi  $C$  ise, iletkenin pozitif  $q$  yükünün, iletkenler arasında uygulanan  $v$  gerilimine  $C=q/v$  şeklinde oranı olarak tanımlanmaktadır. Kapasitenin birimi: farad=coulomb/volt'dur [9].

**Kondansatör**, elektronların kutuplanarak elektriksel yükü elektrik alanın içerisinde depolayabilme özelliklerinden faydalanılarak, bir yalıtkan malzemenin iki metal tabaka arasına yerleştirilmesiyle oluşturulan temel elektrik devre elemanıdır. Piyasada kapasite, kapasitör, sığaç gibi isimlerle anılan kondansatörler, 18. yüzyılda icat edilip geliştirilmeye başlanmıştır [10].



# Kondansatör (Kapasite Elemanı)



En basit kondansatör yapısı, iki iletken paralel levhaların birbirlerinden dielektrik katsayısı  $\epsilon$  olan (örnek; hava) bir malzeme ile ayrılmasıyla elde edilir. İletken levhaların alanı  $A$ , yüzeydeki yük yoğunluğu  $\rho=Q/A$  ve iki levhaların birbirinden uzaklığı  $d$  olduğunda; bu yapıda oluşacak olan elektrik alanının büyüklüğü  $E=\rho/\epsilon$  olur. Bu durumda levhalar arasındaki gerilim farkı;

$$v = \int_0^d E dz = \int_0^d \frac{\rho}{\epsilon} dz = \frac{\rho d}{\epsilon} = \frac{Qd}{\epsilon A}$$

$$C = \frac{Q}{v} \quad \rightarrow \quad C = \epsilon \frac{A}{d}$$



# Kondansatör (Kapasite Elemanı)

Yalıtkan bir malzemenin içinde depolayabileceği yük miktarı o malzemenin bir karakteristiğidir, yani farklı malzemelerin aynı koşullarda depolayabilecekleri yük miktarı da farklı olur. Bir malzemenin üzerinde yük depolayabilme yeteneği yalıtkanlık (dielektrik) sabiti adı verilen katsayı ile ölçülür ve bu katsayı her malzemede farklı değer alır. Hesaplama kolaylığı açısından her malzemenin dielektrik katsayısı, boşluğun dielektrik katsayısına göre oranlanır ve ortaya çıkan yeni katsayıya bağlı dielektrik (yalıtkanlık) sabiti adı verilir, kısaca vakumun yalıtkanlığı temel alınarak diğer malzemelerin yalıtkanlığı buna göre kıyaslanır [11]. Bir yalıtkan malzeme bağlı dielektrik sabiti oranında, vakuma göre daha fazla yük depolar.

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \varepsilon_r \quad \varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$$

$\varepsilon_0$  = Boşluğun dielektrik sabiti

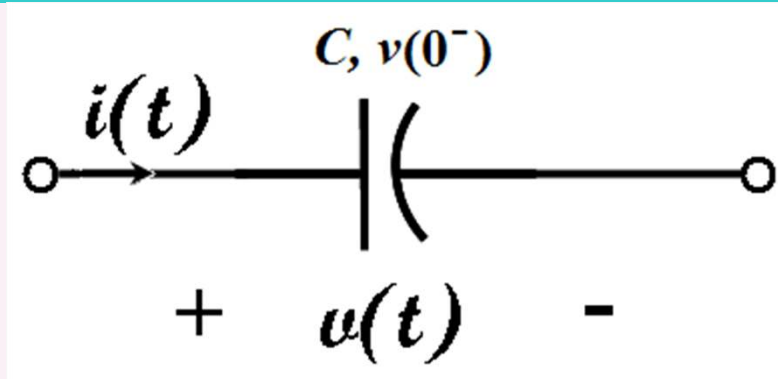
$\varepsilon_r$  = Malzemeye özgü bağlı dielektrik sabiti

# Kondansatör (Kapasite Elemanı)

Kırılma (Delinme) Gerilimi: Yalıtkan malzemelerin karakteristikleri arasında gerilime dayanıklılık da sayılmalıdır. Yalıtkan malzemeye bir gerilim uygulandığında elektronları kutuplanır, ancak bu gerilim değeri çok büyürse az miktarda olan serbest elektronlar kopmaya başlar ve malzeme üzerinden akım akar. Bir malzemenin yalıtkanlığını yitirip deforme olduğu gerilim değerine **bozulma-kırılma-delinme gerilimi** adı verilir ve yalıtkan karakteristiğinde önemli bir göstergedir.

Yalıtkanın İsmi	Bağıl Dielektrik Sabiti	Delinme Gerilimi
Hava	1	30,000 V/cm
Teflon	2.1	600,000 V/cm
Polistren	2.4 - 2.7	240,000 V/cm
Kağıt	3.5	160,000 V/cm
Pireks (Cam)	4.7 (3.7 - 10)	140,000 V/cm
Silikon	11.68	150,000 V/cm
Bakalit	3.7	240,000 V/cm
Kuvartz	3.7 - 4.5	80,000 V/cm
Mika	4 - 8	800,000 V/cm

# Kapasite Elemanı



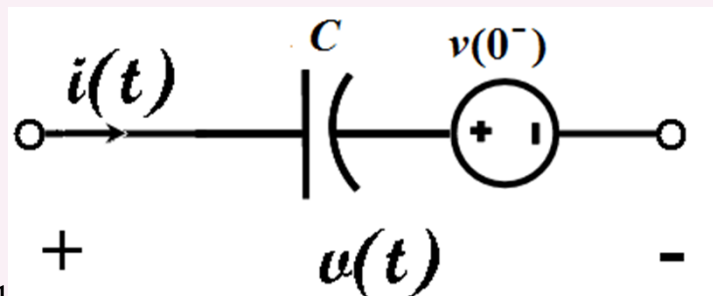
$v(0^-)$ :  $t=0^-$  anındaki kapasitenin ilk koşulu

$$q(t) = Cv(t) \quad \rightarrow \quad i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$v(t) = \frac{1}{C} \int_{t_0}^t i(\tau) d\tau + v(t_0)$$

Bir kapasitenin içinden akan akım, uçlarındaki gerilimin zamana göre türevinin kapasitenin değeriyle çarpımıdır.



İlk koşullu kapasite elemanının eşdeğer devresi

# Kapasite Elemanı

**Kapasite elemanının  $t=0^+$  anındaki davranışı (C=1F için):**

$$v(0^+) = \frac{1}{1} \int_{0^-}^{0^+} i(\tau) d\tau + v(0^-)$$

$i(\tau)$  impuls veya türevleri olmaması koşulunda belirli integralin değeri 0'dır. Yani kapasite elemanı uçlarındaki gerilim ani olarak değişmez veya ani değişimlere karşılık kapasite elemanı kısa-devre elemanı gibi davranır.

**Kapasite elemanının DC şartlarda ve sürekli haldedeki ( $t=\text{sonsuz}$ ) davranışı (C=1F için):**

$$i(t) = C \frac{d}{d(t)} (v(t)_{sabit}) = 0$$

DC şartlarda ve sürekli halde kapasite elemanı açık devre elemanı gibi davranır.

# Kapasite Elemanı

## Yüklü kondansatörde depolanan enerji:

Bir  $q$  yükünün  $a$  noktasından  $b$  noktasına taşınmasıyla birlikte, kondansatörün kapasitesi  $C$ 'ye göre bir  $v_{ab}$  gerilimi oluşur.

$$v_{ab} = \frac{q}{C}$$

Küçük bir  $dq$  yükünün  $a$  noktasından  $b$  noktasına taşınması sırasında yapılan çok küçük işi aşağıdaki denklem gösterir.

$$dW = v_{ab} dq = \frac{q}{C} dq$$

Aşağıdaki formül ise yük miktarını 0'dan  $Q$ 'ya entegre ederek, kapasitesi  $C$  olan bir kondansatörde  $v_{ab}$  geriliminde  $Q$  kadar yükü depolamak için gereken enerji miktarını verir.

$$W = \int_0^Q \frac{q}{C} dq = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} Qv = \frac{1}{2} Cv^2$$

# Kapasite Elemanı

Kapasite elemanına  $[t_1, t_2]$  süresinde giren enerji, kapasite gerilimi ve yükünün zamana göre değişiminden bağımsız olarak aşağıdaki gibi de hesaplanabilir [12].

$$p(t) = v(t)i(t) \quad p(t) = \frac{dw(t)}{dt}$$

$$w(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} p(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t)i(t) dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t) \frac{dq(t)}{dt} dt = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dq(t)$$

$$v(t) = \frac{1}{C} q(t) \quad \rightarrow \quad v(t) = f(q(t)) = \hat{v}(q(t))$$

$$w(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dq(t) = \int_{t_1}^{t_2} \hat{v}(q(t)) dq(t) \quad \text{Değişken değiştirilirse; } w(q_1, q_2) = \int_{q_1}^{q_2} \hat{v}(q) dq$$

$$\hat{v}(q) = \frac{q}{C} \quad \rightarrow \quad w(q_1, q_2) = \int_{q_1}^{q_2} \frac{q}{C} dq = \frac{1}{C} \frac{1}{2} q^2 \Big|_{q_1}^{q_2} = \frac{1}{2C} (q_2^2 - q_1^2) = \frac{1}{2} C [v_2^2 - v_1^2]$$

# Kapasite Elemanı

Kayıpsız eleman bağı olduğu dış devreden aldığı enerjinin tamamını geri verebilen bir elemandır. Bu nedenle bu elemana enerji depolayan eleman denir. Kapasite elemanı kayıpsız eleman sınıfına girer.

Eğer  $v(t)$  ve  $q(t)$  periyodik ise;  $q(t_2)=q(t_1+T)=q(t_1)$  olur. Dolayısıyla bu durumda kapasitede  $[t_1, t_2]$  süresinde harcanan toplam enerji  $w(t_1, t_2)=0$  olur.

# Kondansatör Çeşitleri

Kondansatörleri sınıflandırmanın en çok kullanılan yöntemi yalıtkan maddesine göre sınıflandırmadır. Malzemelerin bağıl yalıtkanlık katsayısı ve delinme gerilimleri yalıtkanlar arasındaki farklılıkları oluşturur ve bunlar kondansatörlerin özelliklerini belirleyip uygulama alanlarındaki çeşitliliği genişletir.

## a) Sabit Kondansatörler

**Vakumlu Kondansatörler:** İki metal plakanın arasında havasız ortam bırakılır ve genelde cam veya seramik kaplanarak oluşturulur. Özellikleri olarak düşük yük kapasitesi ( **10 ~ 1000 pF**) ve yüksek gerilime ( **10000 V'a kadar** ) dayanması gösterilebilir. Genelde radyo vericilerinde ve yüksek gerilim gerektiren uygulamalarda kullanılırlar.

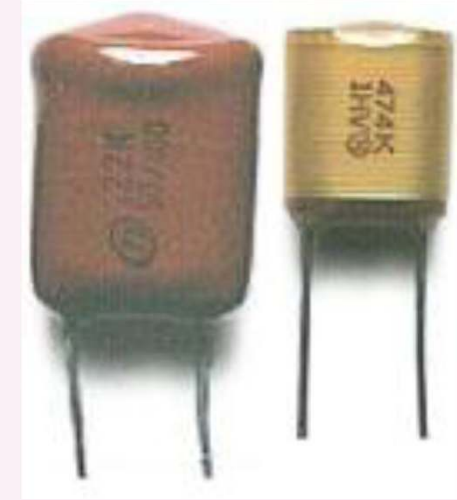


**Havali Kondansatörler:** Metal plakaları arasında hava boşluğu bırakılmasıyla oluşturulan bu kondansatörlerde, plakalar genelde alüminyum ve gümüş kaplamalı olarak tasarlanır. Hava yalıtkanının dielektrik kaybı düşüktür. Hemen hemen tüm hava aralıklı kondansatörler ayarlanabilir olarak imal edilirler ve radyo frekansı ayarlamada kullanılırlar. Ayrıca yüksek kapasite değerleri sunarlar.



# Kondansatör Çeşitleri

**Plastik Film Kondansatör:** Yüksek kaliteli polimer (polikarbonat, polyester, polipropilin ve yüksek kalite için polisülfon) tabakalarından üretilen plastik film kondansatörler sinyal ve filtre devrelerinde kullanım alanı bulurlar. Genelde kutupsuz olurlar. Hata payları yüksektir. Hata payları +%5 - +%10 arasındadır. Hata paylarının yüksek olmasına karşın ucuz ve kullanışlıdır. 1nF – 0,47mF arası kapasitelerde bulunabilir.



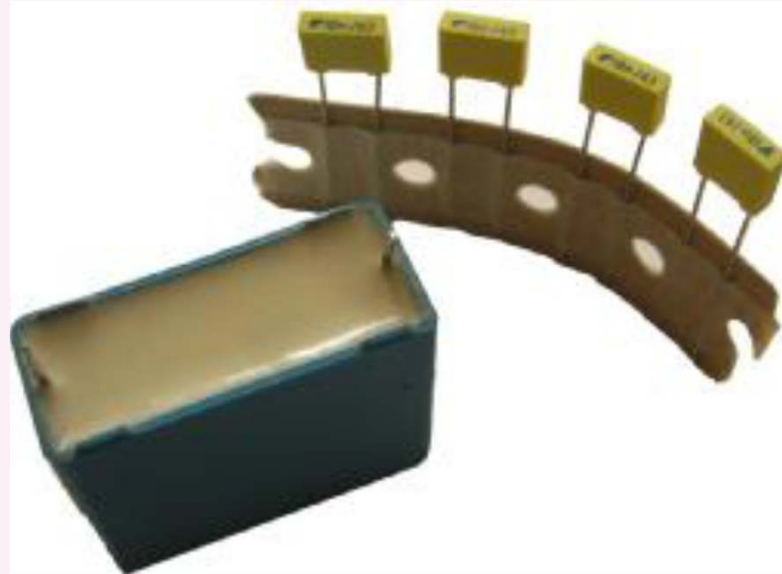
**Metal Kaplı Film Kondansatör:** Bir çeşit polyester film kondansatördür. 1nF – 2,2mf arası kapasitelerde bulunabilir.  
Kutupları yoktur.



22nF'lık 250 V'luk bir metal kaplı film kondansatör

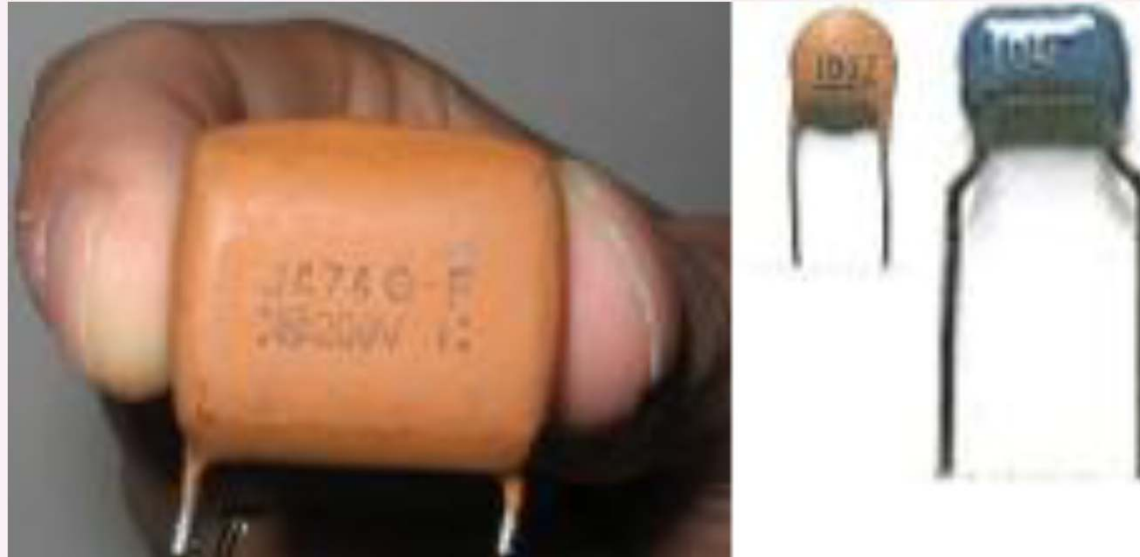
# Kondansatör Çeşitleri

**Mikalı Kondansatör:** Tasarım olarak metal filmli kondansatöre benzeyen mikalı kondansatör, çoğunlukla yüksek gerilim için kullanılır. Kapasite değerleri 50 pF ile 20 nF arasındadır. Tolerans değerleri yüksektir ve yüksek frekansta çalışabilme özelliği vardır. Dielektrik maddesi olarak yalıtkanlığı çok yüksek olan mika kullanılmıştır. Çok yaygın kullanım alanı vardır. Karşınıza en sık çıkacak kondansatör türlerindedir. Çalışma gerilimleri 100 V-2500 V arasındadır.



# Kondansatör Çeşitleri

**Seramik Kondansatör:** Sırayla dizilmiş metal ve seramik tabakalarından oluşur. Yüksek hassasiyet gerektirmeyen kuplaj ve filtreleme işlemlerinde geniş bir kullanım alanı bulurlar. Uygulamada **mercimek kondansatör** olarak da adlandırılır. Kapasiteleri düşüktür. Hata payları çok yüksektir. Hata payları +%20 dolayındadır. Kapasiteleri sıcaklık ve nemden etkilenir. Enerji kayıpları az olduğundan çoğunlukla yüksek frekanslı devrelerde kullanılır. Kutupları yoktur.



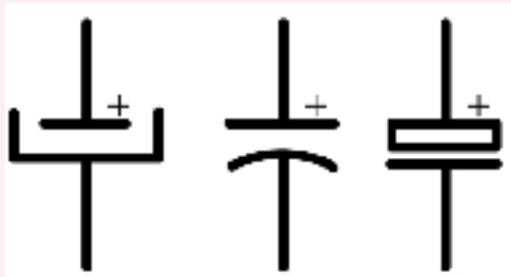
# Kondansatör Çeşitleri

**Kağıtlı Kondansatör:** İki uzun metal tabakanın arasına yağ emdirilmiş kâğıtların yerleştirilmesiyle elde edilir.  $300\text{ pF}$  ile  $4\ \mu\text{F}$  arasında kapasite değerleri alırlar ve delinme gerilimleri, çalışma gerilimlerinin 100 - 600 katı arasındadır. Eskiden radyo aksamalarında kullanılan bu kondansatör çeşidi görece yüksek gerilimlerde de kullanılır ancak kullanımını nerdeyse tamamen terk edilmiştir.

**Camlı Kondansatör:** Yüksek gerilimde kullanılır ve pahalıdır. Pahalı olmasının sebebi yüksek kararlılıkta çalışması ve kapasite değerinin yüksek güvenilirliğe sahip olmasıdır. Geniş bir sıcaklık aralığında kararlı bir sıcaklık katsayısı vardır.

# Kondansatör Çeşitleri

**Elektrolitik Kondansatörler:** Yalıtım görevi gören ve asit borik eriğine emdirilmiş ince bir oksidasyon zarı kullanılır. İletken olarak alüminyum ya da tantalyum levhalar kullanılır. Yalıtkan malzemesi çok ince olduğundan çok yüksek kapasitelere ulaşmak mümkündür. Kutupsuz ya da kutuplu olarak üretilirler. Şekil 2.6'da gösterilmiştir.

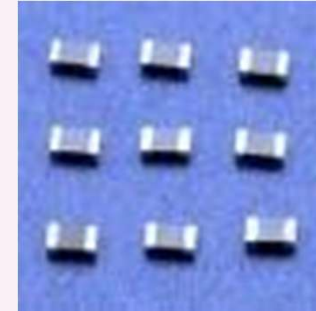
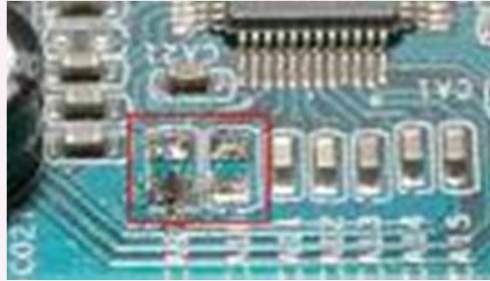


kutuplu kondansatörler için kullanılan devre sembolleri



# Kondansatör Çeşitleri

**SMD Kondansatörler:** Çok katmanlı elektronik devre kartlarına yüzey temaslı olarak monte edilmeye uygun yapıda üretilmiş kondansatörlerdir. Boyutları diğer kondansatörlere göre çok daha küçüktür; ancak mercimek ve mika kondansatörlerle erişilen sığa değerlerine sahip olarak üretilirler.

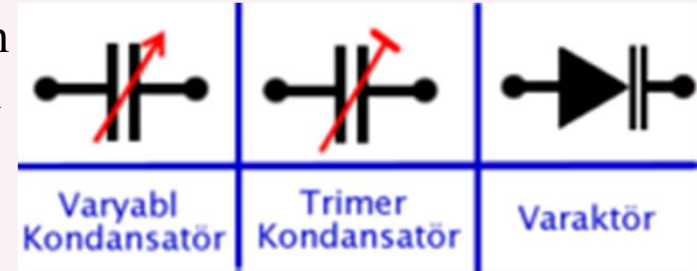


**Süper Kondansatör:** Karbon Aerojelinden imal edilir. Gayet fazla kapasite değerleri sunarlar. Bazı uygulamalarda şarj edilebilir piller yerine kullanılırlar.

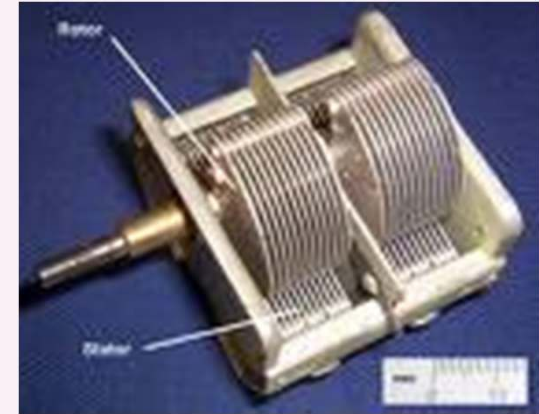
# Kondansatör Çeşitleri

## b) Ayarlanabilir Kondansatörler

Kapasiteleri çeşitli yöntemlerle değiştirilebilen kondansatörlere ayarlanabilir kondansatör adı verilir. Bu halleriyle ince ayar yapmaya imkân tanılırlar. Üç çeşit ayarlanabilir kondansatörden bahsedilebilir.



**Varyabl kondansatör:** Birçok plakanın birbiri içine geçecek şekilde bağlanmasıyla elde edilen varyabl kondansatörler, iki parçadan oluşurlar (sabit parça stator, hareketli parça rotor). Rotora bağlı olan sayesinde plakalar birbiri içine doğru hareket eder veya uzaklaşır. Bu şekilde plakalar arası yüzey alanı kontrol edilir ve kapasite değerinde değişim olur. Radyo alıcılarında anten katının frekansını değiştirmek amacıyla ya da sinyal üreteçlerinde istenen frekansı elde etmek amacıyla kullanılabilir.





# Kondansatör Çeşitleri

**Trimer kondansatör:** Trimerler, varyabl kondansatörden farklı olarak plakaların birbirine yaklaştırılması yöntemiyle kapasite değişimi sağlarlar. Sığanın tornavida gibi yardımcı bir aletle ayarlanabildiği kondansatör türüdür. Sığanın bir defa ayarlandıktan sonra belli bir değerde sabit bırakıldığı yerlerde kullanılır. Örneğin; belirli bir frekanstan yayın yapacak radyo vericilerinin yayın frekansı belirlendikten sonra o frekansa göre sığa ayarı ve ardından cihazın kutulama montajı yapılır.

**Varaktör:** Diyot kullanılarak oluşturulmuş bir kondansatör çeşididir. Gerilim kontrollüdürler, uygulanan gerilim değeri büyüdükçe kapasite değerleri düşer. Yüksek frekansta çalışabilip haberleşme alanında frekans kontrolünde kullanılırlar.





# Kondansatör Çeşitleri

## c) Kutup durumuna göre:

Kondansatörler üretim aşamasında kutupları belirlenmiş olarak da tasarlanabilirler. Bu duruma göre kondansatörler iki gruba ayrılır.

**Kutupsuz kondansatör:** Üretim aşamasında kutuplanmamış ve devreye bağlanma yönü önem taşımayan kondansatörlerdir. Seramik ve mika yalıtkanlı kondansatörlerlerin dahil olduğu bu grup, birkaç *pikoFarad*'dan *mikroFarad* değerlerine kadar bir yelpazede değer alır.



**Kutuplu kondansatör:** Bu kondansatörler üretilirken kutuplu olarak tasarlanır. Kutuplu kondansatörlerde artı (+) – eksi(-) kutupların devreye doğru bağlanması gerekir. Aksi durumda levhalarda aşırı ısınma meydana gelir ve kondansatör delinebilir. Kutuplu kondansatörler grubuna elektrolit kondansatörler girerler. Bu kondansatörlerin kapasiteleri birkaç *pikoFarad*'dan başlar Farad ve üzerine kadar uzanan geniş bir yelpazede değer alır.



# Kapasite Değerinin Okunması

Kondansatörlerin kapasitesi ve çalışma gerilimleri yükseldikçe gövde boyutları da büyür. Büyük kondansatörlerde kapasite değeri ve çalışma gerilimleri üzerlerinde yazılıyken küçük boyutlu kondansatörlerde bazı kısaltmalar kullanılır. Sıfır (0) yerine nokta (.) konması buna örnek gösterilebilir.



**1. Kapasitenin Okunuşu:** 2n2: 2.2 nF, 22n: 22 nF

**2. Kapasite:** Özellikle mercimek kondansatörlerde 10 sayısının yanına rakam yazılarak sığa değeri belirtilir ve birim yazılmaz. Bu durumda kondansatör sığası piko farad (pF) üzerinden değerlendirilir.

**104:  $10 \times 10^4$  pF = 100000 pF = 100 nF**

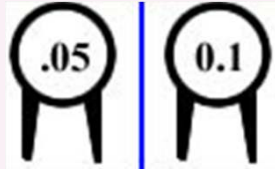
# Kapasite Değerinin Okunması

Yine çoğunlukla mercimek kondansatörlerde birim yazılmadan doğrudan sayının kendisi yazılır. Bu durumda kondansatör sığası o sayının pF değeri kadardır.

**470: 470 pF**

Bazı kondansatörlerde sayının önüne birim eklenir. Burada birimin eklendiği yerde 0. olduğu varsayılır.

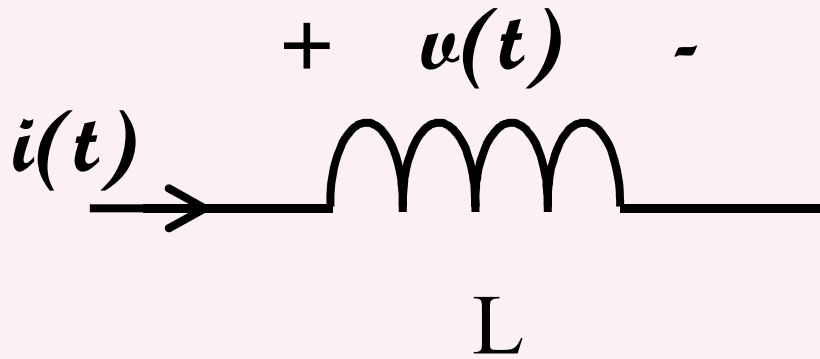
**p68: 0.68 pF çalışma gerilimi ise 100 V'dur.**



Diğer bir gösterim şeklinde de kapasite üzerinde yanda verildięi gibi sadece .05 veya 0.1 yazar. Bu kapasiteler  $\mu\text{F}$  deęerindedirler. Yani;

**.05: 0.05  $\mu\text{F}$ =50 nF; 0.1: 0.1  $\mu\text{F}$ =100 nF**

# Endüktans



$$u = L \frac{di}{dt} \quad i = \frac{1}{L} \int u dt + i(0)$$

Bir endüktansın uçlarındaki gerilim, içinden akan akımın zamana göre türevinin endüktans değeriyle çarpımıdır.

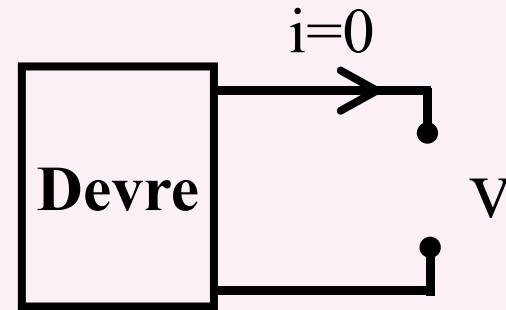
# Endüktans Elemanı (Bobin)

Endüktans elemanı iletken bir telin 'nüve' denilen bir malzeme üzerine sarılmasıyla elde edilirler. Tel ardışık şekilde ve belli bir çapta sarılır. Teller birbiri üzerine sarılırken kısa devre oluşmaması için yalıtılırlar (yalıtım için vernik tercih edilir). Nüve malzemesi yerine hava da olabilir.

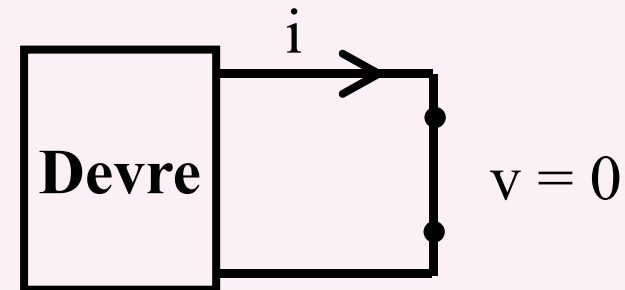
Bobinlerin elektriksel değeri endüktans olarak adlandırılır ve birimi 'Henry' dir, 'L' harfiyle gösterilir. Bobin endüktansını etkileyen bazı etkenler vardır. Telin sargı çapı, sargı sayısı, kalınlığı ve telin üzerine sarıldığı nüvenin fiziksel özelliği bobin endüktansını etkiler.

# Açık devre ve Kısa devre

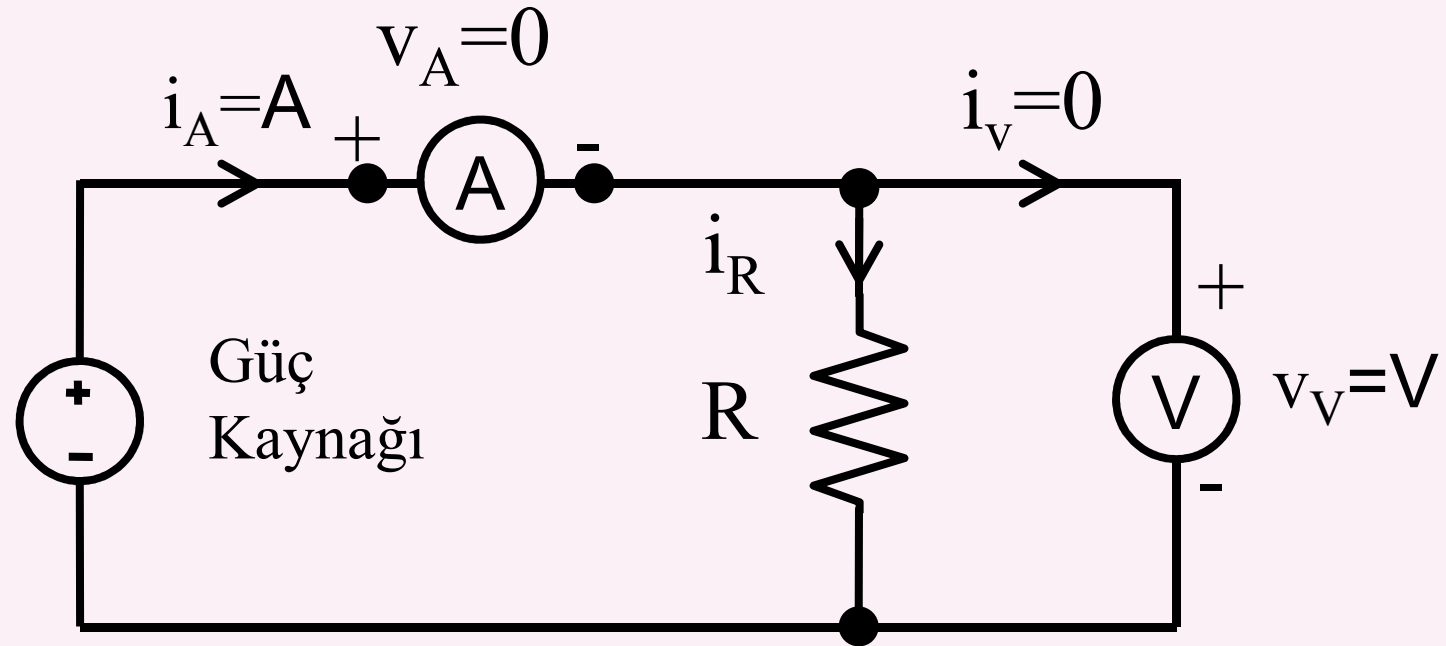
Açık devre:  $R = \infty$   
 $i = 0$



Kısa devre:  $R = 0$   
 $v = 0$



# Ampermetre ve Voltmetre



Ampermetre kısa devre gibidir ve akımı gösterir.  
Voltmetre ise açık devre gibidir ve gerilimi gösterir.

# Referanslar

1. Halit Pastacı, “Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri”, İstanbul 2000.
2. Thomas L. Floyd, “Electronics Fundamentals”, Prentice Hall, 2001.
3. Robert Boylestad, Louis Nashelsky, “Elektronik Elemanlar ve Devre Teorisi-Çeviri”, Milli Eğitim Bakanlığı, 1994.
4. John Bird, “Electrical and Electronic Principles Technology”, Newnes, 2001.
5. IEC Status and Rules of Procedure, IEC. 2006-06-23. pp. 30.
6. <http://www.biltek.tubitak.gov.tr/gelisim/elektronik/resistor.html>
7. “Littlefuse varistors-basic properties, terminology and theory”, Harris Application Note, 1999.
8. Robert Boylestad, “Introductory circuit analysis”.
9. Ergun Bayrakçı, “Elektrik-Elektronik Mühendisliğinin Temelleri”, Uludağ Üniv. Basımevi, 1998.
10. James W. Nilsson - Susan A. Riedel, “Electric Circuits - 7th Edition”, 1996.
11. EMO - Teknik Bilgiler İnternet Sitesi
12. Leon Chua, Charles A. Desoer, Ernest S. Kuh, “Linear and Nonlinear Circuits”, McGraw-Hill Book, 1987.