



İÇİNDEKİLER

DENEYİN ADI	SAYFA NO
Dirençler	1–8
Kondansatörler	9–17
Elektrik Devre Kanunları (Ohm ve Kirşof Kanunları)	18–22
Diyot Karakteristiğinin Çıkartılması	23–29
Doğrultucu Uygulamaları	30–35
Kırpıcı, Kenetleyici ve Gerilim Çoklayıcı Uygulamaları	36–39
Transistör Karakteristikleri	40–45
Transistör Öngerilimleme Devreleri	46–53
Zener Diyot Karakteristiğinin Çıkartılması	54–56
Zener Diyotlu Regülatör Devresi	57–60
A Sınıfı Yükselteç Devresi	61–67
B Sınıfı Yükselteç Devresi	68–72
RC Faz Kaymalı Osilatör	73–76
Astable Multivibratör	77–81
Colpitts Osilatör	82–84
Kristalli Osilatör	85–87



KONU : DİRENÇ VE KONDANSATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : DİRENÇLER

DENEY NO: 1

Giriş: Elektrik akımının geçişine karşı gösterilen zorluk “**Direnç**” olarak tanımlanır. Çevremizde gördüğümüz her madde elektriksel olarak bir direnç değerine sahiptir. Bu direnç değeri, maddenin elektriksel özelliğinde belirleyicidir.

Direnç, elektriksel bir büyüklüğe verilen isim olup, aynı zamanda elektronik devrelerde akım sınırlamak amacıyla kullanılan devre elemanını da ifade etmektedir. Dirençler akım sınırlama işleminin yanı sıra gerilim bölme amacıyla da kullanılır.

Dirençleri, sabit değerli ve ayarlanabilir olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. Bunların yanında, çeşitli fiziksel büyüklüklerden etkilenen ve bu etki sonucunda değeri değişen fotodirenç (ışık duyarlı), termistör (ısı duyarlı) ve VDR (gerilim duyarlı) gibi dirençler de bulunmaktadır.

Değişik teknikler kullanılarak karbon dirençler, film dirençler ve tel dirençler üretilmektedir. Karbon dirençler ucuz maliyetli ancak yüksek toleranslıdır. Film dirençlerin maliyeti daha pahalı olmakla beraber çok küçük tolerans değerlerinde üretilebilmektedirler. Tel dirençler ise yüksek güçlü dirençler olup fiziki boyutları oldukça büyüktür.



Şekil 1.1: Direnç sembolleri



Şekil 1.2: Sabit direnç görünümleri



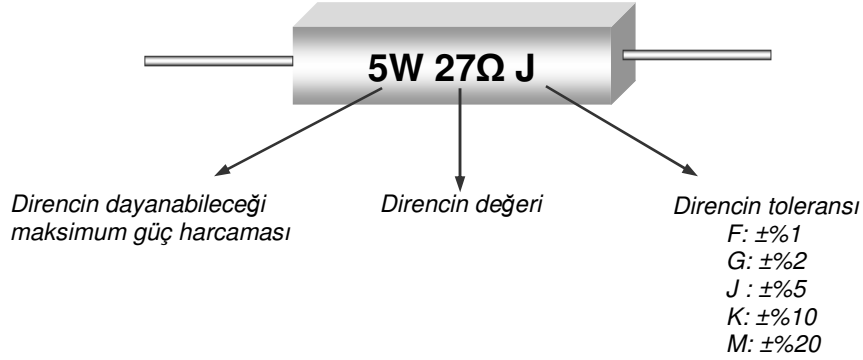
Şekil 1.3: Ayarlı direnç görünümleri



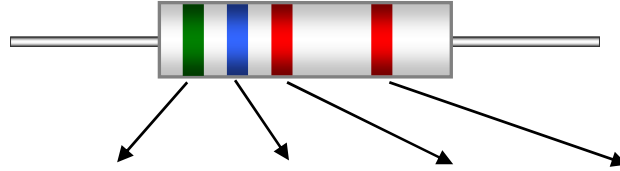
Hesaplama ve devre şemalarında **R** harfi ile gösterilen dirençlerin değeri **Ω (OHM)** birimi ile ifade edilir. Uygulamada bu birimin üst katları olan **k Ω (kiloOHM)** ve **M Ω (MegaOHM)** birimleri de kullanılır. Bu birimler arasındaki ilişki,

$$\begin{aligned} \text{k}\Omega &: 10^3 \Omega \\ \text{M}\Omega &: 10^6 \Omega \\ \text{M}\Omega &: 10^3 \text{k}\Omega \end{aligned} \text{ şeklindedir.}$$

Bir direncin değeri üzerine rakamsal olarak doğrudan veya renk bantları yardımıyla dolaylı olarak kodlanır.



Şekil 1.4: Dirençlerin rakamsal kodlanması

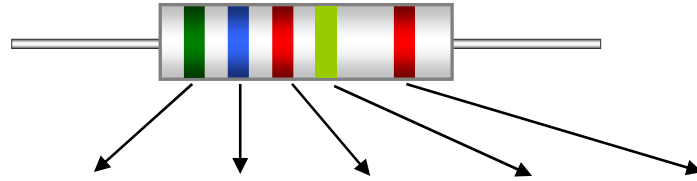
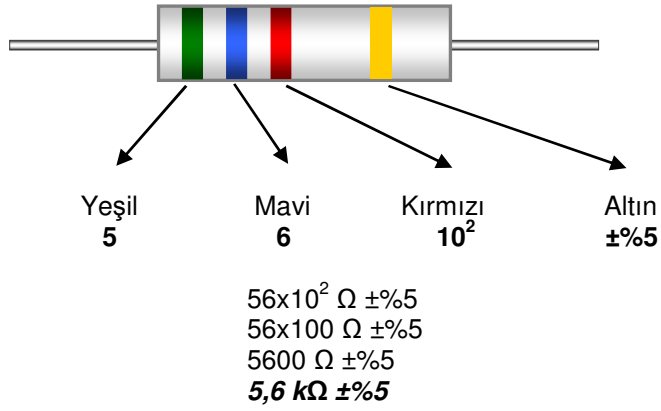


RENK	1.BANT	2.BANT	3.BANT	4.BANT
	SAYI	SAYI	ÇARPAN	TOLERANS
SİYAH	-	0	$\times 10^0$	-
KAHVERENGİ	1	1	$\times 10^1$	$\pm\%1$
KIRMIZI	2	2	$\times 10^2$	$\pm\%2$
TURUNCU	3	3	$\times 10^3$	-
SARI	4	4	$\times 10^4$	-
YEŞİL	5	5	$\times 10^5$	$\pm\%0,5$
MAVİ	6	6	$\times 10^6$	$\pm\%0,25$
MOR	7	7	$\times 10^7$	$\pm\%0,1$
GRİ	8	8	-	$\pm\%0,05$
BEYAZ	9	9	-	-
ALTIN	-	-	$\times 10^{-1}$	$\pm\%5$
GÜMÜŞ	-	-	$\times 10^{-2}$	$\pm\%10$
RENKSİZ	-	-	-	$\pm\%20$

Şekil 1.5: 4 renkli dirençlerin kodlanması



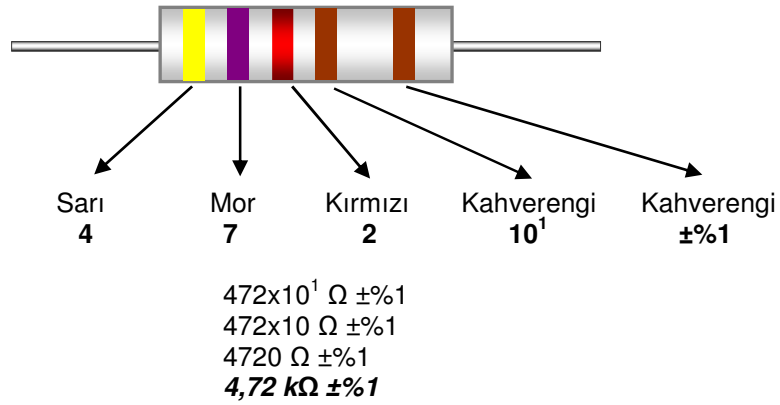
Örnek 1.1:



RENK	1.BANT	2.BANT	3.BANT	4.BANT	5.BANT
	SAYI	SAYI	SAYI	ÇARPAN	TOLERANS
SİYAH	-	0	0	$\times 10^0$	-
KAHVERENGİ	1	1	1	$\times 10^1$	$\pm 1\%$
KIRMIZI	2	2	2	$\times 10^2$	$\pm 2\%$
TURUNCU	3	3	3	$\times 10^3$	-
SARI	4	4	4	$\times 10^4$	-
YEŞİL	5	5	5	$\times 10^5$	$\pm 0,5\%$
MAVİ	6	6	6	$\times 10^6$	$\pm 0,25\%$
MOR	7	7	7	$\times 10^7$	$\pm 0,1\%$
GİRİ	8	8	8	-	$\pm 0,05\%$
BEYAZ	9	9	9	-	-
ALTIN	-	-	-	$\times 10^{-1}$	$\pm 5\%$
GÜMÜŞ	-	-	-	$\times 10^{-2}$	$\pm 10\%$
RENKSİZ	-	-	-	-	$\pm 20\%$

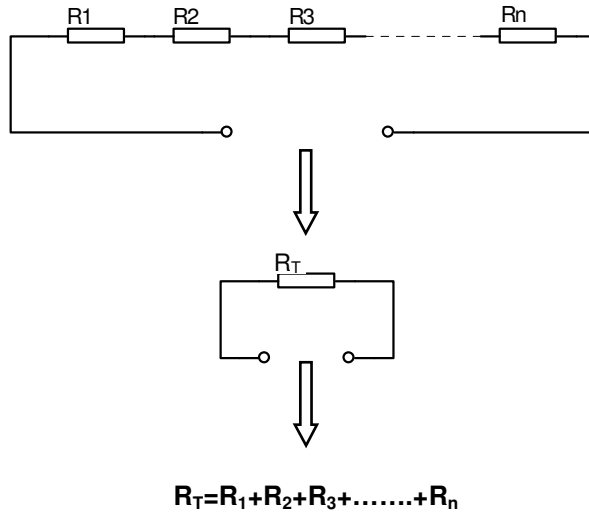
Şekil 1.6: 5 renkli dirençlerin kodlanması

Örnek 1.2:



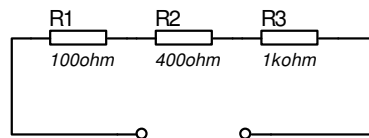
Dirençlerin Seri Bağlanması:

Dirençlerin seri bağlanması sonucu oluşan toplam direnç (R_T) artarak en büyük değerli direncin üzerine çıkar.



Şekil 1.7: Seri bağlı dirençlerin eşdeğerinin bulunması

Örnek 1.3: Şekilde verilen bağlantının eşdeğer direncini hesaplayınız.

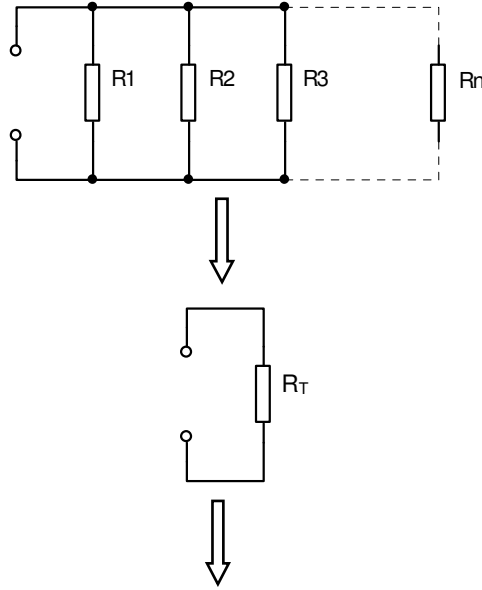


$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 100 + 400 + 1000 = 1500\Omega = 1,5\text{k}\Omega$$

**Dirençlerin Paralel Bağlanması:**

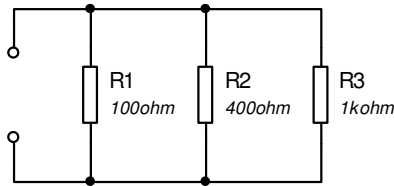
Dirençlerin paralel bağlanması sonucu oluşan toplam direnç (R_T) azalarak en küçük değerli direncin altına düşer.



$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Şekil 1.8: Paralel bağlı dirençlerin eşdeğerinin bulunması

Örnek 1.4: Şekilde verilen bağlantının eşdeğer direncini hesaplayınız.



$$1\text{k}\Omega = 1000\Omega$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{100} + \frac{1}{400} + \frac{1}{1000}$$

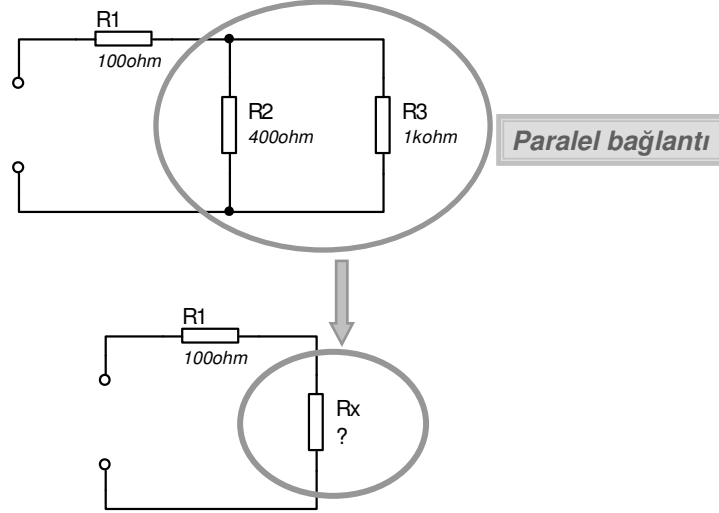
(10) (2,5) (1)

$$\frac{1}{R_T} = \frac{10}{1000} + \frac{2,5}{1000} + \frac{1}{1000}$$

$$\frac{1}{R_T} = \frac{13,5}{1000} \Rightarrow R_T = \frac{1000}{13,5} = 74,074\Omega$$

**Dirençlerin Karışık Bağlanması:**

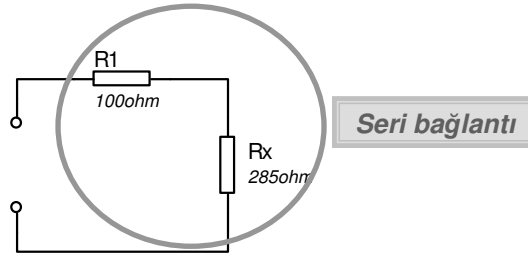
Dirençlerin seri ve paralel bağlantıları standart olmasına rağmen, karışık bağlantı için birçok olasılık vardır. Bu nedenle bir örnek yardımıyla bu ihtimallerden bir tanesi incelenecektir.



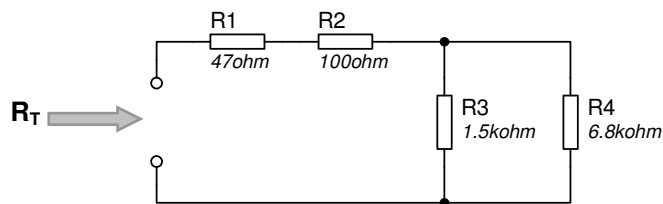
$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{400} + \frac{1}{1000}$$

(2,5) (1)

$$\frac{1}{R_x} = \frac{2,5}{1000} + \frac{1}{1000} = \frac{3,5}{1000} \Rightarrow R_x = \frac{1000}{3,5} \approx 285\Omega$$

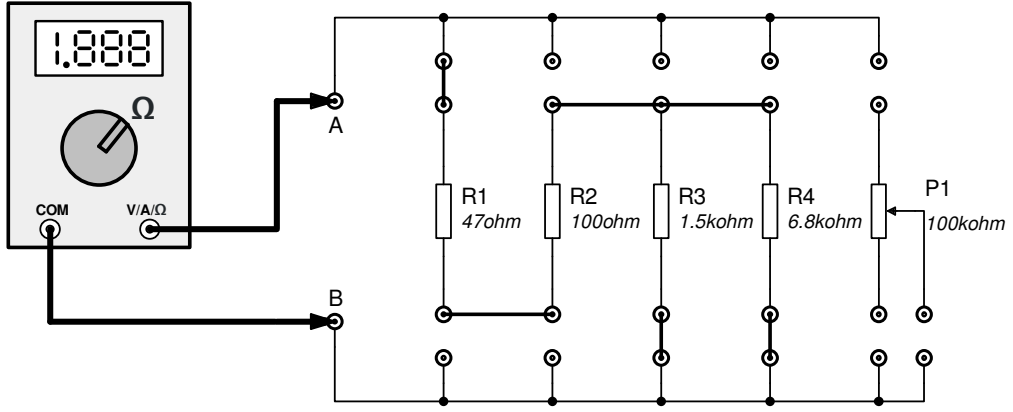


$$R_T = R_1 + R_x = 100 + 285 = 385\Omega$$

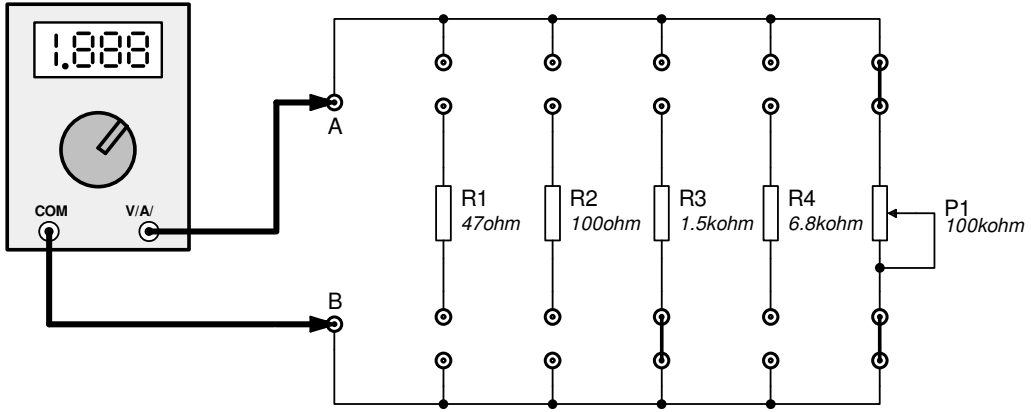
Deney Şeması:



Deney Bağlantı Planı:



-a-



-b-

**Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1001** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **A** bloğunu bulun.
- 2- Deney şemasında verilen devrenin eşdeğer direncini (R_T) hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 3- Deney bağlantı planı -a- da görülen jumper ayarlarını yaparak deney şemasında verilen devreyi kurun.
- 4- A-B noktalarına bağlayacağınız AVO metre (Ω konumunda) ile eşdeğer direnci (R_T) ölçüp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını dirençlerin toleranslarını da göz önünde bulundurarak kıyaslayın.
- 6- Potansiyometre ölçümü için -b- bağlantı planını uygulayın.
- 7- Deney bağlantı planı -b- için potansiyometre milini çevirerek AVO metrenin gösterdiği direnç değerini ölçüp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 8- Farklı direnç bağlantıları için ölçümler tekrarlanabilir.

NOT: Direnç ve potansiyometre üzerinde kodlama ile verilen değerler için tolerans farklılıkları olacağını unutmayın. Bu nedenle hesap ve ölçüm sonuçları arasında küçük farklılıklar olması olağandır.

Gözlem Tablosu:

	R_T
Hesaplanan	
Ölçülen	

Bağlantı planı -a- için

	Potansiyometre milininin konumu		
	Minimumda	Ortada	Maksimumda
Direnç değeri			

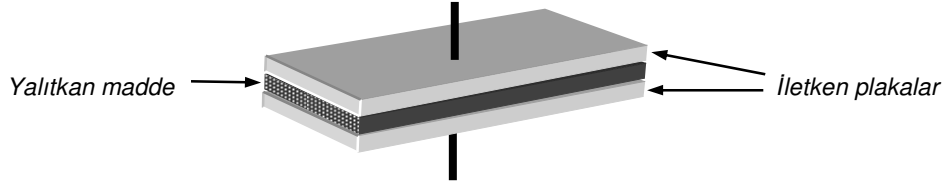
Bağlantı planı -b- için

KONU : DİRENÇ VE KONDANSATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : KONDANSATÖRLER

DENEY NO: 2

Giriş: Elektrik yüklerini depolama yeteneğine sahip devre elemanları “**Kondansatör**” olarak isimlendirilir. Yapısı oldukça basit olmakla beraber elektrik elektronik devrelerindeki önemi bakımından çok büyük önem taşır.

Karşılıklı duran iki iletken plaka arasına kağıt, mika, seramik veya hava gibi yalıtkan izolasyon maddesi konularak yapılır. İletken plakalardan çıkarılan terminaler kondansatörün uçlarını oluşturur.



Şekil 2.1: Düzlem plakalı kondansatörün yapısı

Hesaplama ve devre şemalarında **C** harfi ile gösterilen kondansatörlerin değeri **F (FARAD)** birimi ile ifade edilir. Bu birim kondansatörün elektrik yüklerini depolama kapasitesini gösterdiğinden “**Kapasite**” olarak isimlendirilir. Uygulamada bu birimin alt katları olan **μF (mikroFARAD)**, **nF (nanoFARAD)** ve **pF (pikoFARAD)** birimleri kullanılır. Bu birimler arasındaki ilişki,

$$\begin{aligned} \mu F &: 10^{-6} F \\ nF &: 10^{-9} F \\ pF &: 10^{-12} F \\ nF &: 10^3 pF \\ \mu F &: 10^3 nF \\ \mu F &: 10^6 pF \end{aligned} \text{ şeklindedir.}$$

Bir kondansatöre gerilim uygulandığında, kondansatör plakalarında elektrik yükleri depolanır. Plakalardan biri negatif, diğeri ise pozitif yükleri toplar. Plakalarda toplanan zıt yükler nedeniyle kondansatörün iki ucu arasında bir potansiyel farkı meydana gelir. Bu olaya **kondansatörün şarjı** denir. Şarj olayı kondansatör uçlarındaki gerilim kaynak gerilimine eşitlenene dek devam eder. Şarjlı bir kondansatörün direnç gibi başka bir elemana bağlanması neticesinde, plakalardaki yüklerin hareketi ile oluşacak elektrik akımı, plakalardaki yüklerin boşalmasına sebep olur. Bu olay ise **kondansatörün deşarjı** olarak isimlendirilir ve uçlar arasındaki gerilim sıfıra düşene dek devam eder. Gerek şarj ve gerekse de deşarj olaylarının gerçekleşmesi için bir sürenin geçmesi gerekir. Bu süreyi belirleyen büyüklük **zaman sabitesi** olarak isimlendirilir ve,

$$T = R.C \text{ formülü ile ifade edilir.}$$

T: Zaman sabitesi (sn)

R: Kondansatöre seri bağlı elemanın direnci (Ω)

C: Kondansatörün kapasitesi (F)

Kondansatörün tamamen şarj veya deşarj olması için yaklaşık **5T** lik bir sürenin geçmesi gerekir.

Kondansatörün kapasitesi, plakalarında depoladığı yük ve plakalar arasındaki gerilim arasındaki bağıntı,

$$C = \frac{Q}{V} \text{ formülü ile ifade edilir.}$$

C: Kondansatörün kapasitesi (F)

Q: Kondansatör plakalarında depolanan yük (Coulomb)

V: Kondansatör plakaları arasındaki gerilim (V)

Kondansatörün kapasitesi fiziksel boyutları ile doğrudan ilişkilidir. Düzlem plakalı bir kondansatörün kapasitesi,

$$C = \frac{8,85 \cdot \epsilon_r \cdot S}{10^{12} \cdot d}$$
 formülü ile ifade edilir.

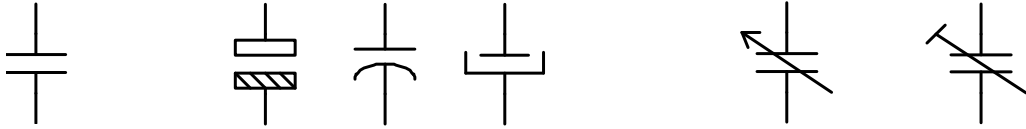
C: Kondansatörün kapasitesi (Farad)

ϵ_r : İletken plakalar arasındaki yalıtkanın bağıl dielektrik katsayısı

S: İletken plakaların karşılıklı birbirini gören yüzey alanı (m²)

d: İletken plakalar arasındaki yalıtkan maddenin kalınlığı (m)

Buna göre bir kondansatörün kapasitesi, iletken plakaların karşılıklı duran yüzey alanı ile doğru orantılı ve iletkenler arasındaki yalıtkan maddenin kalınlığı ile ters orantılı olarak değişir.



Kutupsuz kondansatör

Kutuplu kondansatör

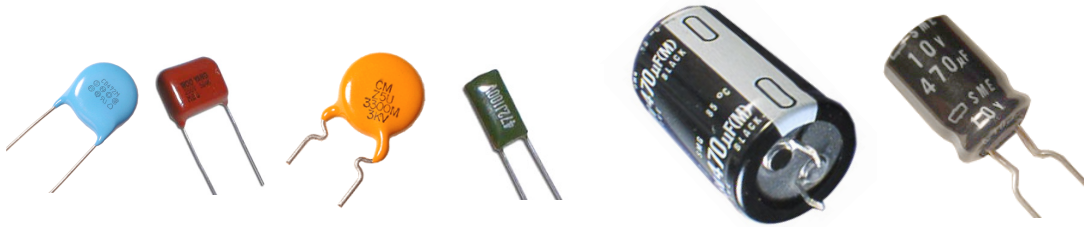
Varyabl

Trimer

Sabit kondansatör sembolleri

Ayarlı kondansatör sembolleri

Şekil 2.2: Kondansatör sembolleri



Kutupsuz kondansatörler

Kutuplu (elektrolitik) kondansatörler

Şekil 2.3: Sabit kondansatör görünümleri



Şekil 2.4: Ayarlı kondansatör görünümleri

Dirençler DC ve AC gerilimler için aynı değer ve özellikleri gösterirken, kondansatörler için durum daha farklıdır. İdeal bir kondansatör, DC gerilim altında açık devre ve AC gerilim altında kısa devre özelliğine sahiptir. DC gerilim uygulamalarında gerilim sabitleme, parazit giderme ve zaman gecikmesi elde etmek amacıyla; AC gerilimde ise filtre, kuplaj ve osilatör devrelerinde kullanılır.

AC gerilim altında çalışan kondansatörün direnci **Kapasitif Reaktans** olarak isimlendirilir ve X_C şeklinde ifade edilir. Bir kondansatörün kapasitif reaktansı,

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

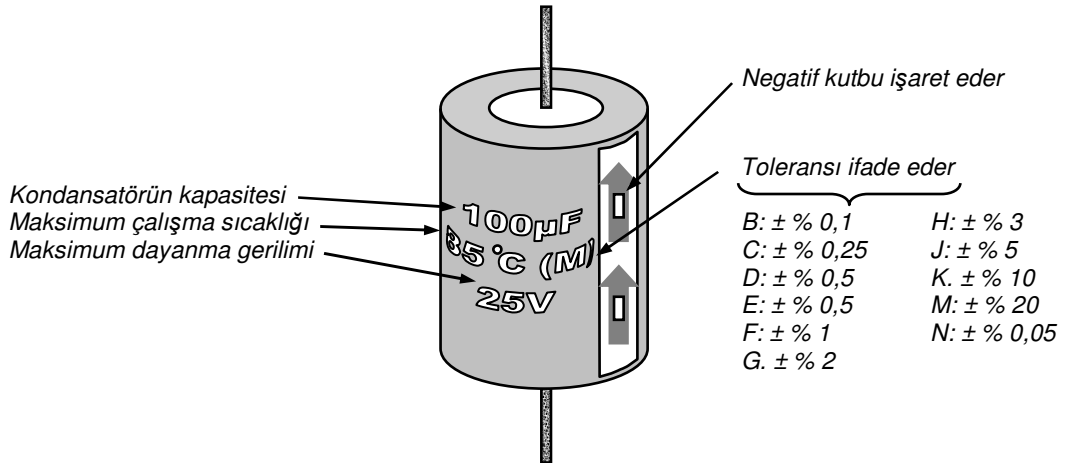
X_C : Kondansatörün kapasitif reaktans (Ω)

f : Frekans (Hz)

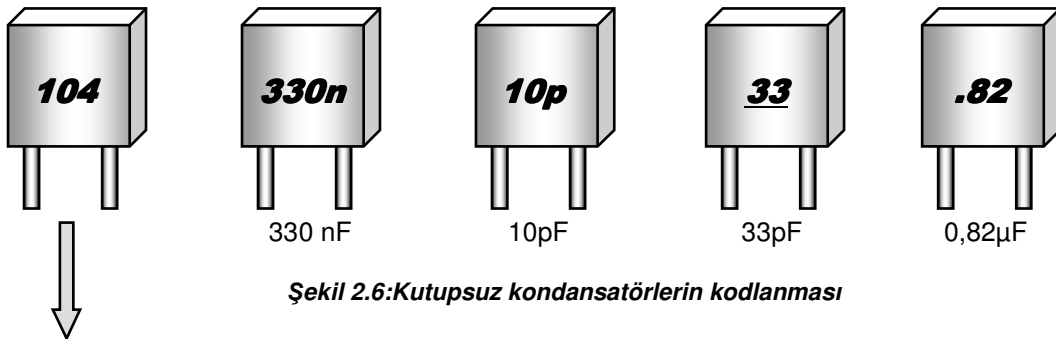
C : Kondansatörün kapasitesi (F)

Çalışma geriliminin kondansatör üzerinde yazan değeri aşması veya kutuplu bir kondansatöre ters yönde gerilim verilmesi elemanın bozulmasına neden olacaktır. Bu nedenle kondansatörler ile çalışırken üzerinde yazan dayanma gerilimi ve eğer varsa kutuplarına mutlaka dikkat edilmelidir.

Bir kondansatörün değeri üzerine rakamsal olarak doğrudan ya da yine rakamlar veya renk bantları yardımıyla dolaylı olarak kodlanır. Renk kodlamalı kondansatörler günümüzde çok ender karşımıza çıktığından burada açıklanmayacaktır.



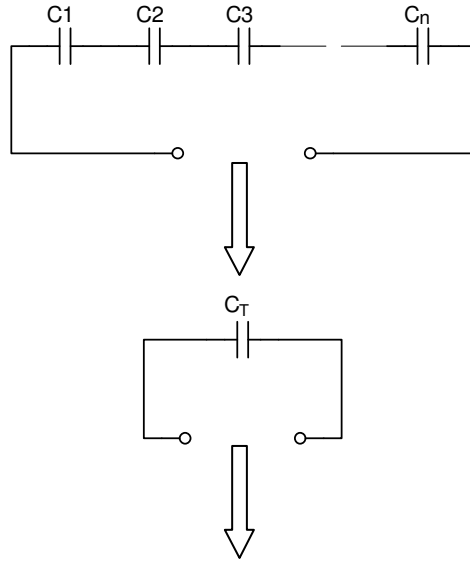
Şekil 2.5: Elektrolitik (kutuplu) kondansatörlerin kodlanması



Şekil 2.6:Kutupsuz kondansatörlerin kodlanması

Dirençlerin kodlamasına benzer. İlk iki rakam aynen yazılır ve bunların sonuna üç.üçüncü rakamın değeri kadar sıfır ilave edilir. Sonuç **pF** cinsinden okunur.

104: 10 0000=100000pF=100nF=0,1μF

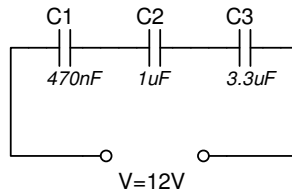
Kondansatörlerin Seri Bağlanması


$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

Şekil 2.7: Seri bağlı kondansatörlerin eşdeğerinin bulunması

Seri bağlantıda kondansatörler üzerinde depolanan yükler birbirine eşit olup aynı zamanda toplam yükü de ifade eder. Devreden geçen akım kondansatörleri şarj eder. Şarj işlemi sonucunda küçük kapasiteli kondansatör üzerinde yüksek, büyük kapasiteli kondansatör üzerinde ise küçük gerilim düşümü olur. Bunun nedeni, akımın her bir kondansatörde eşit miktarda elektrik yükü meydana getirmesi, aynı miktar yüklerin ise büyük kapasitede küçük gerilime, küçük kapasitede ise büyük gerilime yol açmasıdır.

Örnek 2.1: Şekilde verilen bağlantıda eşdeğer kapasiteyi ve her kondansatör üzerine düşen gerilimi hesaplayınız.



$$470\text{nF} = 0,47\mu\text{F}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{1}{0,47} + \frac{1}{1} + \frac{1}{3,3}$$

(7) (3,3) (1)

$$\frac{1}{C_T} = \frac{7}{3,3} + \frac{3,3}{3,3} + \frac{1}{3,3} = \frac{11,3}{3,3} \Rightarrow C_T = \frac{3,3}{11,3} = 0,292\mu\text{F} = 0,292 \cdot 10^{-6}\text{F}$$



$$Q_T = C_T \cdot V = (0,292 \cdot 10^{-6} F) \cdot (12V) = 3,5 \cdot 10^{-6} C$$

$$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$$

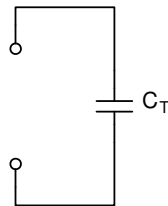
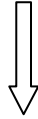
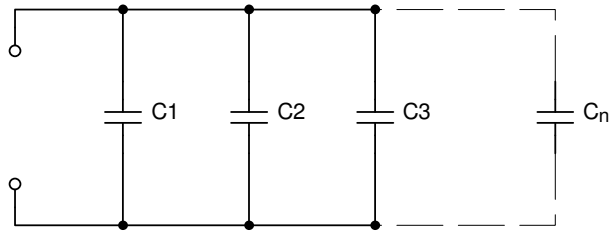
$$Q_1 = C_1 \cdot V_1 \Rightarrow 3,5 \cdot 10^{-6} = (0,47 \cdot 10^{-6}) \cdot V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{3,5 \cdot 10^{-6} C}{0,47 \cdot 10^{-6} F} = 7,44V$$

$$Q_2 = C_2 \cdot V_2 \Rightarrow 3,5 \cdot 10^{-6} = (1 \cdot 10^{-6}) \cdot V_2 \Rightarrow V_2 = \frac{3,5 \cdot 10^{-6} C}{1 \cdot 10^{-6} F} = 3,5V$$

$$Q_3 = C_3 \cdot V_3 \Rightarrow 3,5 \cdot 10^{-6} = (3,3 \cdot 10^{-6}) \cdot V_3 \Rightarrow V_3 = \frac{3,5 \cdot 10^{-6} C}{3,3 \cdot 10^{-6} F} = 1,06V$$

$$V_1 + V_2 + V_3 = 7,44 + 3,5 + 1,06 = 12V = V$$

Kondansatörlerin Paralel Bağlanması

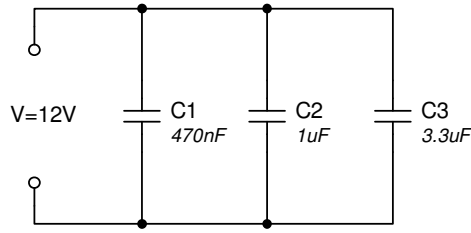


$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

Şekil 2.8: Paralel bağlı kondansatörlerin eşdeğerinin bulunması



Örnek 2.2: Şekilde verilen bağlantıda eşdeğer kapasiteyi ve her kondansatör üzerine düşen gerilimi hesaplayınız.



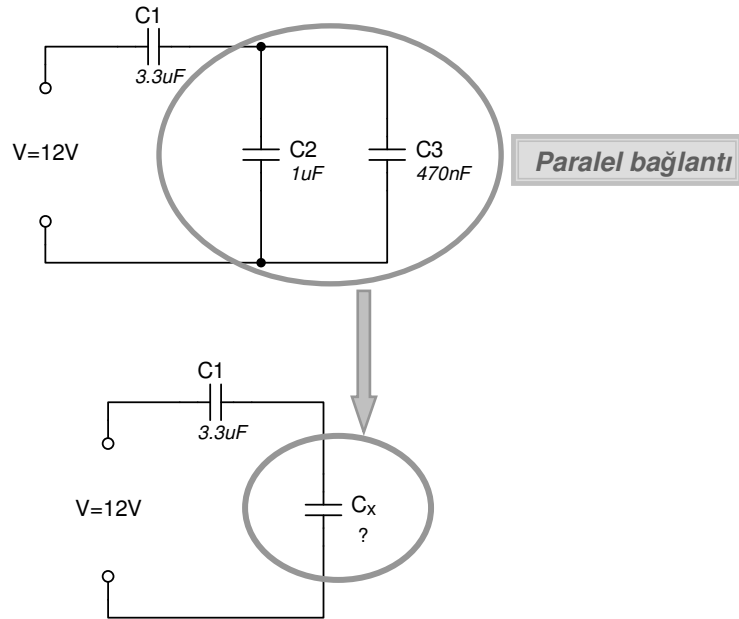
$$470\text{nF} = 0,47\mu\text{F}$$

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 0,47 + 1 + 3,3 = 4,77\mu\text{F}$$

$$V_1 = V_2 = V_3 = V = 12\text{V}$$

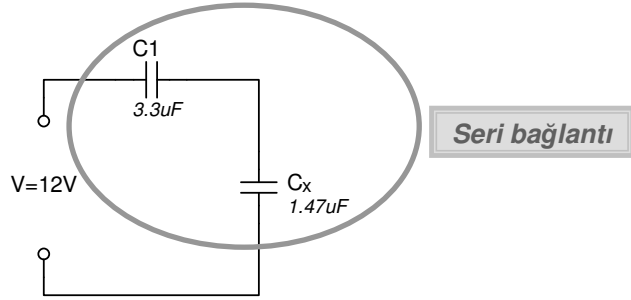
Kondansatörlerin Karışık Bağlanması

Kondansatörlerin seri ve paralel bağlantıları standart olmasına rağmen, karışık bağlantı için birçok olasılık vardır. Bu nedenle bir örnek yardımıyla bu ihtimallerden bir tanesi incelenecektir.



$$470\text{nF} = 0,47\mu\text{F}$$

$$C_x = C_2 + C_3 = 1 + 0,47 = 1,47\mu\text{F}$$



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_x} = \frac{1}{3,3} + \frac{1}{1,47} = \frac{1,47}{4,85} + \frac{3,3}{4,85} = \frac{4,77}{4,85} \Rightarrow C_T = \frac{4,85}{4,77} = 1,016\mu F = 1,016 \cdot 10^{-6} F$$

$$Q_T = C_T \cdot V = (1,016 \cdot 10^{-6} F) \cdot (12V) = 12,19 \cdot 10^{-6} C$$

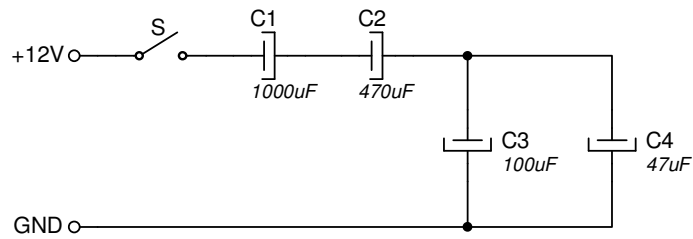
$$Q_T = Q_1 = Q_x$$

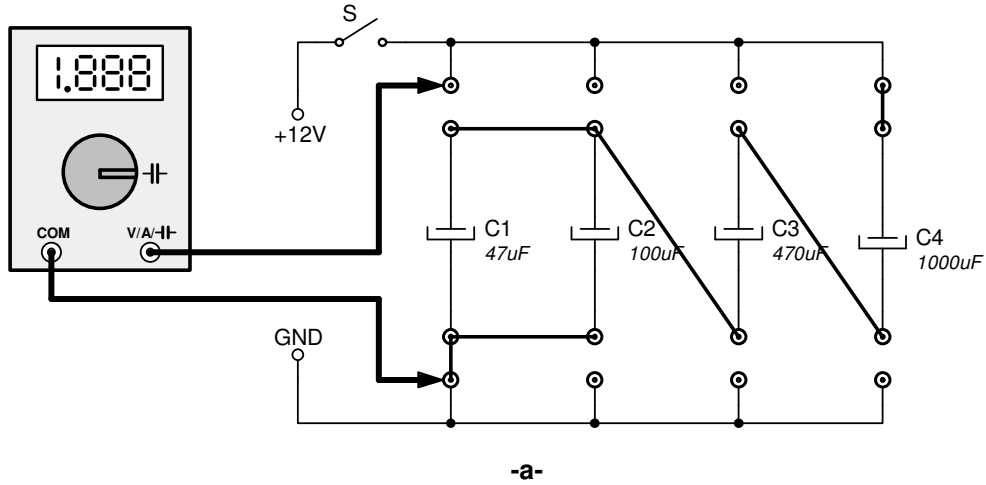
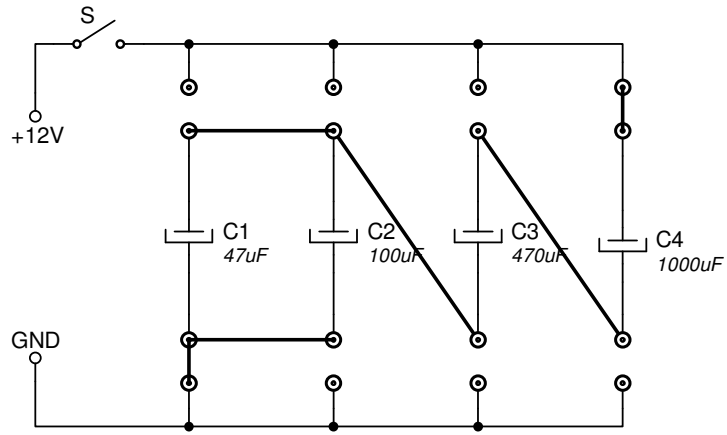
$$Q_1 = C_1 \cdot V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{12,19 \cdot 10^{-6}}{3,3 \cdot 10^{-6}} = 3,7V$$

$$Q_x = C_x \cdot V_x \Rightarrow V_x = \frac{Q_x}{C_x} = \frac{12,19 \cdot 10^{-6}}{1,47 \cdot 10^{-6}} = 8,3V$$

$$V_x = V_2 = V_3 = 8,3V$$

Deney Şeması:



**Bağlantı planı:****-a-****-b-****Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1001** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **B** bloğunu bulun.
- 2- Deney şemasında verilen devrenin eşdeğer kapasitesini (C_T) hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 3- Deney bağlantı planı -a- da görülen jumper ayarlarını yaparak deney şemasında verilen devreyi kurun. *Devreye gerilim uygulamayın.*
- 4- AVO metreyi kapasitemetre konumuna alarak eşdeğer eşdeğer kapasiteyi (C_T) ölçüp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını kondansatörlerin toleranslarını da göz önünde bulundurarak kıyaslayın.
- 6- Deney şemasında verilen devrede her bir kondansatör üzerine düşen gerilimi hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 7- Deney bağlantı planı -b- de görülen **S** anahtarını kapatarak 12V' luk kaynak gerilimini devreye uygulayın.
- 8- Her bir kondansatör üzerinde düşen gerilimi ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 9- Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını kondansatörlerin toleranslarını da göz önünde bulundurarak kıyaslayın.

**Gözlem Tablosu:**

	C_T
Hesaplanan	
Ölçülen	

Bağlantı planı -a- için

	Kondansatör gerilimleri			
	V_1	V_2	V_3	V_4
Hesaplanan				
Ölçülen				

Bağlantı planı -b- için



KONU : ELEKTRİK DEVRE KANUNLARI
DENEY ADI : OHM VE KİRŞOF KANUNLARI

DENEY NO: 3

Giriş:

İletken: Elektrik akımını bir noktadan başka bir noktaya ileten elemanlardır. Elektronik devrelerde ucuz ve kolay bulunabilir olması nedeni ile bakır iletkenler kullanılır.

Yalıtkan: Elektrik akımını iletmeyen elemanlara yalıtkan madde denir. Kauçuk en iyi yalıtkan maddedir.

Yarıiletkenler: İletkenler ile yalıtkanlar arasında yer alırlar. Germanyum ve silisyum yarıiletken maddelere örnek gösterilebilirler. Yarıiletkenler, diyot, transistör ve tristör gibi adını sayamayacağımız birçok elektronik devre elemanının yapımında kullanılırlar.

Gerilim: Herhangi bir olay sonucunda iki nokta arasında meydana gelen potansiyel farkına "**Elektromotor Kuvvet**" (kısaca **EMK**) denir. Elektro motor kuvveti meydana getiren etken kimyasal (piller ve aküler), mekanik (alternatörler ve dinamolar) veya fiziksel olabilir. Elektromotor kuvvetin birimi Volt' tur. Bir kaynağa bağlandığında "**Gerilim kaynağı**" adını alır. Birimi **Volt (V)** tur.

$$\begin{array}{ll} 1\text{kV}=10^3\text{V} & 1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V} \\ 1\text{V}=10^3\text{mV} & 1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V} \\ 1\text{mV}=10^3\mu\text{V} & 1\text{mV}=10^{-3}\text{V} \end{array}$$

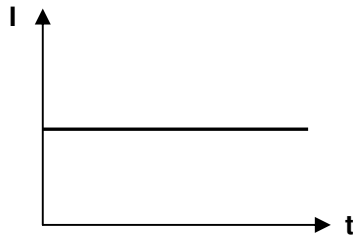
Gerilim kaynakları DC (doğru gerilim) ve AC (Alternatif gerilim) olmak üzere iki ana gruba ayrılır. Piller ve akümülatörler DC gerilim kaynaklarıdır. 1,5V - 3V - 4,5V - 9V - 12V - 24V - gibi değişik değerlerde gerilime sahip çeşitleri bulunur. (+) ve (-) uçları vardır. Bu kaynaklar, gerilim değerleri ile birlikte verilen Amper Saat (Ah) cinsinden kapasiteleri ile beraber anılırlar (1,5V/500mAh veya 12V/40Ah vb.). Seri olarak bağlandıklarında toplam gerilim değerleri artar. Akımın artırılması istenilen yerlerde ise paralel olarak bağlanırlar. Akümülatörler, pillere nazaran daha yüksek gerilim ve akım gerektiren uygulamalarda kullanılırlar. Şehir şebekesinde kullanılan gerilim ise AC gerilim olup, santrallerden elde edilir. AC gerilim, DC gerilime nazaran daha az kayıpla taşınabilir. AC gerilim elektronik devreler yardımı ile DC gerilime dönüştürülebilir. Bu tür gerilim kaynakları Power Supply (Güç kaynağı) olarak isimlendirilir.

Akım: Farklı miktarda elektrik yüküne sahip iki cisim bir iletkenle birleştirilirse, elektron bakımından daha zengin olandan diğerine doğru bir elektron akışı meydana gelir. İki noktanın farklı elektrik yüküne sahip olması demek, bu iki nokta arasında bir potansiyel farkı bulunması demektir. Elektronları harekete geçiren işte bu potansiyel farkıdır ki bu da, serbest elektronların gerilim kaynağının negatif ucundan pozitif ucuna doğru hareket etmesine neden olur. Elektronların bir noktadan diğer bir noktaya akışı elektrik akımını oluşturur. Elektrik akımı birimi **Amper (A)** dir.

$$\begin{array}{ll} 1\text{A}=10^3\text{mA} & 1\mu\text{A}=10^{-6}\text{A} \\ 1\text{A}=10^6\mu\text{A} & 1\text{mA}=10^{-3}\text{A} \\ 1\text{mA}=10^3\mu\text{A} & 1\mu\text{A}=10^{-3}\text{mA} \end{array}$$

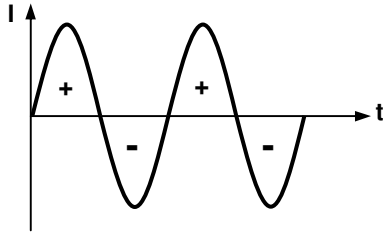
DC Akım (Doğru Akım)

Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişmeyen akıma doğru akım denilir.

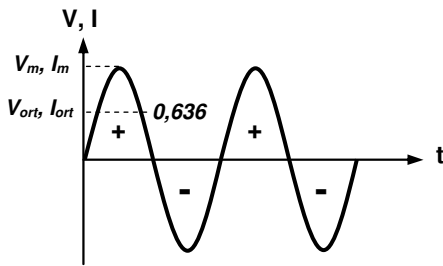


**AC Akım (Alternatif Akım)**

Zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akıma alternatif akım denir.

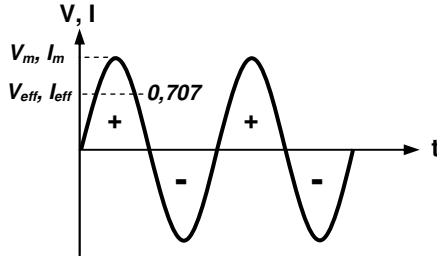


AC akımın (veya AC gerilimin) bir alternans süresince almış olduğu bütün değerlerin aritmetik ortalaması **“Ortalama Değer”** olarak isimlendirilir.



$$V_{ort} = 0,636.V_m$$
$$I_{ort} = 0,636.I_m$$

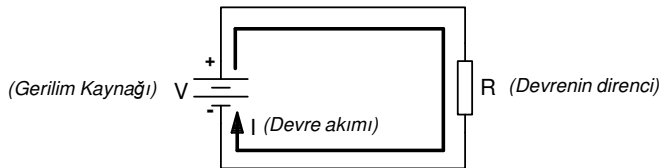
AC akımın (veya AC gerilimin), DC akım (veya DC gerilim) ile aynı işi yapan değeri **“Effektif değer”** olarak anılır.



$$V_{eff} = 0,707.V_m$$
$$I_{eff} = 0,707.I_m$$

Elektrik Devre Kanunları

OHM Kanunu: Kapalı bir elektrik devresinden geçen akım, devreye uygulanan gerilimle doğru, devrenin direnciyle ters orantılıdır.



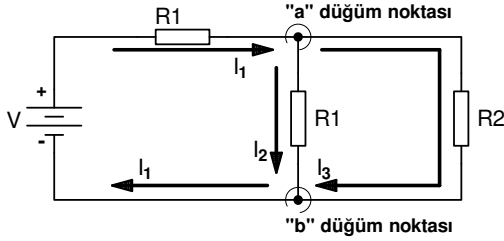
$$I = \frac{V}{R}$$

I : Akım (A)
V: Gerilim (V)
R: Direnç (Ω)

Şekil 3.1: Elektrik devresi ve OHM Kanunu

**KİRŞOF Kanunları**

Akım Kanunu: Kapalı bir elektrik devresinde, bir düğüm noktasına gelen akımların toplamı, o noktadan çıkan akımların toplamına eşittir.

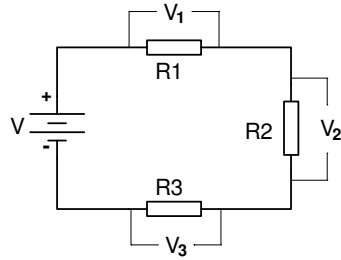


"a" düğüm noktası için,
 $I_1 = I_2 + I_3$

"b" düğüm noktası için,
 $I_2 + I_3 = I_1$

Şekil 3.2: Elektrik devresi ve Kirşof Akımlar Kanunu

Akım Kanunu: Kapalı bir elektrik devresinde, seri elemanlar üzerinde düşen gerilimlerin toplamı, devreye uygulanan gerilime eşittir.



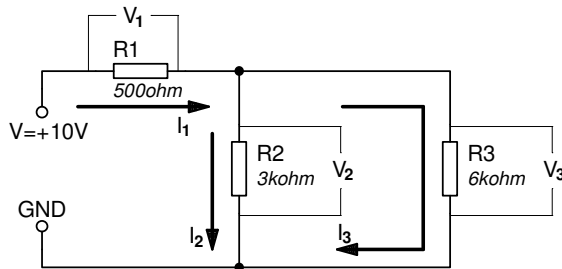
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

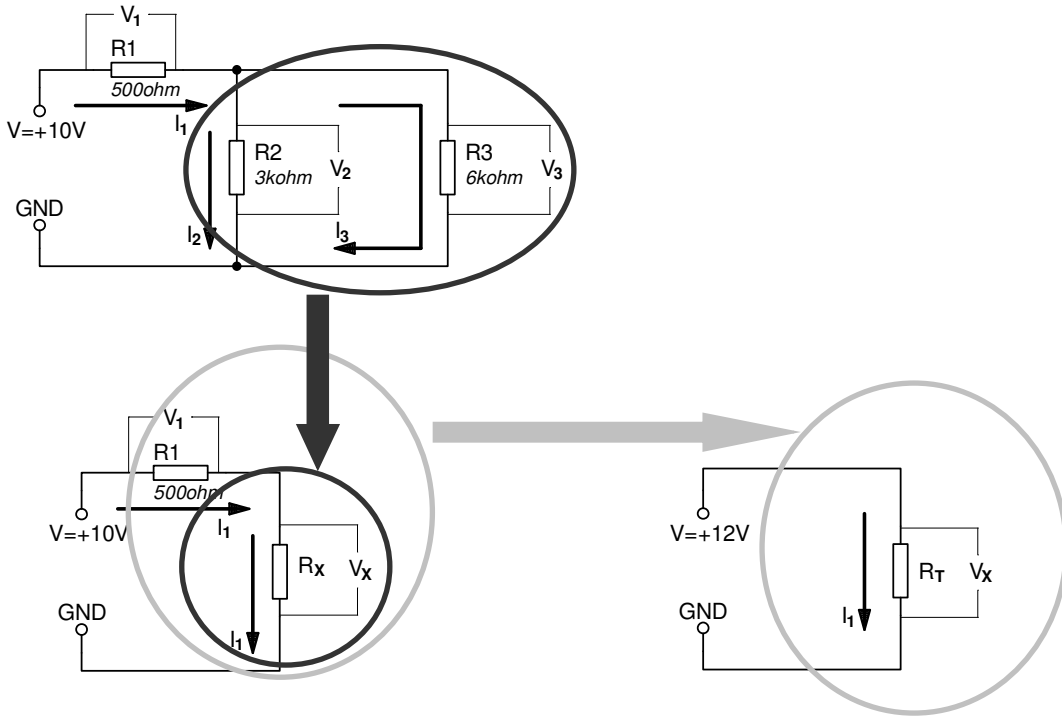
Şekil 3.3: Elektrik devresi ve Kirşof Gerilimler Kanunu

Bir elektrik devresinde herhangi bir eleman üzerinde harcanan güç ise,

$P = V \cdot I$ formülü ile hesaplanır. Gücün birimi **Watt (W)**' dır.

Örnek 3.1: Şekilde verilen devrede, eşdeğer direnci, akım ve gerilim değerlerini, dirençler üzerinde harcanan güçleri hesaplayınız.





$$\frac{1}{R_x} = \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{3} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} + \frac{1}{6} = \frac{3}{6} \Rightarrow R_x = \frac{6}{3} = 2k\Omega$$

(2) (1)

$$R_T = R_1 + R_x = 0,5 + 2 = 2,5k\Omega$$

$$I_1 = \frac{V}{R_T} = \frac{10V}{2,5k\Omega} = 4mA \quad \longrightarrow \quad \text{OHM Kanunu}$$

$$V_1 = I_1 \cdot R_1 = 4mA \cdot 0,5k\Omega = 2V \quad \longrightarrow \quad \text{OHM Kanunu}$$

$$V = V_1 + V_x \Rightarrow V_x = V - V_1 = 10 - 2 = 8V \quad \longrightarrow \quad \text{Kirşof Gerilimler Kanunu}$$

$$V_x = V_2 = V_3 = 8V$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{8V}{3k\Omega} = 2,66mA \quad \longrightarrow \quad \text{OHM Kanunu}$$

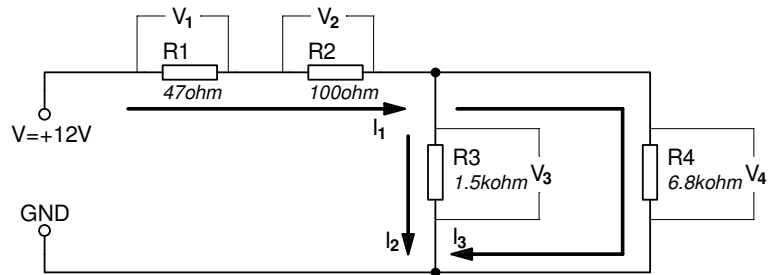
$$I_1 = I_2 + I_3 \Rightarrow I_3 = I_1 - I_2 = 4 - 2,66 = 1,34mA \quad \longrightarrow \quad \text{Kirşof Akımlar Kanunu}$$

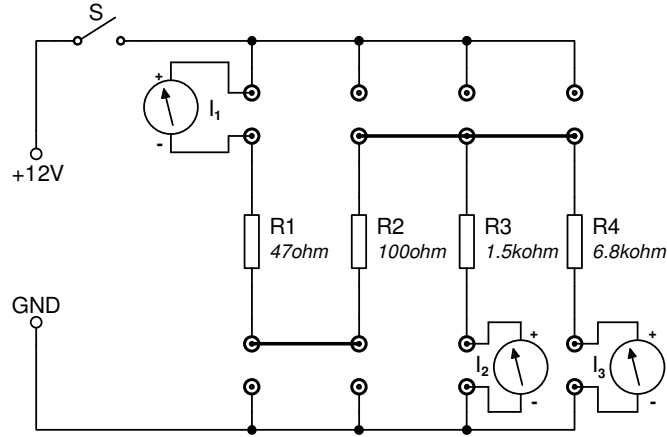
$$P_1 = I_1 \cdot V_1 = 4mA \cdot 2V = 8mW$$

$$P_2 = I_2 \cdot V_2 = 2,66mA \cdot 8V = 21,28mW$$

$$P_3 = I_3 \cdot V_3 = 1,34mA \cdot 8V = 10,72mW$$

Deney Şeması:



**Bağlantı planı:****Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1001** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **A** bloğunu bulun.
- 2- Deney şemasında verilen devrenin eşdeğer direncini (R_T) hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 3- Deney şemasında verilen devredeki I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 4- Deney şemasında verilen devredeki V_1 , V_2 , V_3 ve V_4 gerilimlerini hesaplayarak sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- Deney bağlantı planında görülen jumper ayarlarını yaparak deney şemasında verilen devreyi kurun.
- 6- AVO metreyi OHMmetre konumuna alarak devrenin eşdeğer direncini (R_T) ölçüp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 7- Deney bağlantı planında görülen **S** anahtarını kapatarak 12V' luk kaynak gerilimini devreye uygulayın.
- 8- AVO metreyi Ampermetre konumuna alarak I_1 , I_2 ve I_3 akımlarını ölçerek, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 9- AVO metreyi Voltmetre konumuna alarak V_1 , V_2 , V_3 ve V_4 gerilimlerini ölçerek, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 10- Hesaplama ve ölçüm sonuçlarını dirençlerin toleranslarını da göz önünde bulundurarak kıyaslayın.

Gözlem Tablosu:

	R_T	I_2	I_1	I_3	V_1	V_2	V_3	V_4
Hesaplanan								
Ölçülen								

KONU : DİYOT DENEYLERİ
DENEY ADI : DİYOT KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARTILMASI

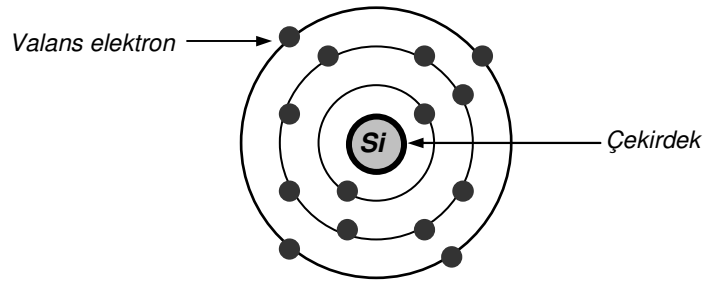
DENEY NO: 4

Giriş:

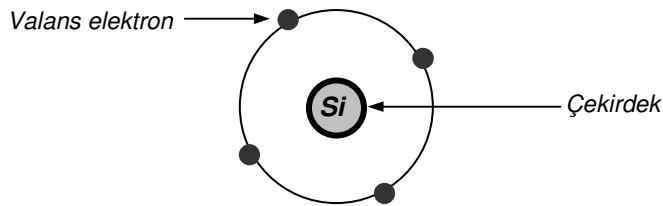
Maddenin yapısı

Çevremizdeki tüm maddeler atom adı verilen çok küçük parçalardan oluşur. Atom çekirdeği, içinde artı yük taşıyan protonlar ve yüksüz nötronlardan oluşmuştur. Çekirdek etrafındaki yörüngelerde bulunan elektronlar ise eksi yük taşımaktadırlar. Elektronlar, kendi yörüngelerinde bir yandan çekirdek etrafında dönerlerken diğer yandan spin atarak kendi etraflarında dönerler. Atom çekirdeğinin içinde protonlar tarafından taşınan yüklerin miktarı, çevresindeki elektronlar tarafından taşınan yüklerin miktarına eşit olduğundan, atomun kendisi elektriksel olarak nötrdür.

Atomun herhangi bir yörüngesindeki elektron sayısı " $2n^2$ " formülü ile hesaplanır. Burada " n " ilgili yörüngenin katman numarasıdır. En dış yörüngede bulunan elektronlar "**valans elektron**" olarak adlandırılırlar. Maddelerin elektriksel karakteristikleri valans elektronlarının sayısına bakarak açıklanabilir. Atomlarının son yörüngesinde 4' ten az elektron bulunan maddeler "**iletken**", 4' ten fazla elektron bulunan maddeler "**yalıtkan**" ve 4 elektron bulunan maddeler ise "**yariiletken**" sınıfına girerler. Silisyum ve germanyum yariiletken yapımında en çok kullanılan maddelerdir. Günümüzde yaygın olarak silisyum kullanılmaktadır.



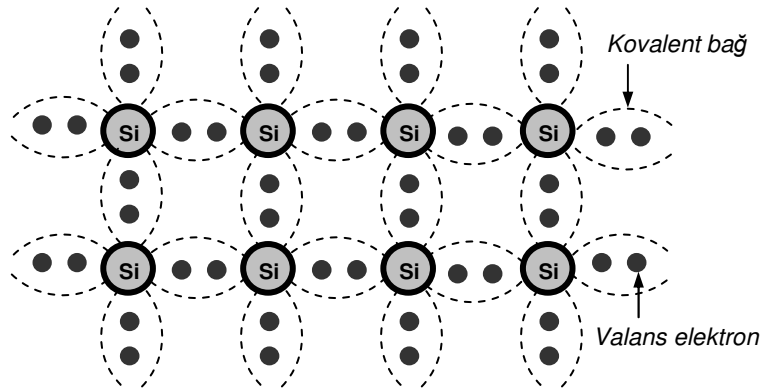
Şekil 4.1 : Silisyum atomunun yapısı



Şekil 4.2 : Silisyum atomunun basitleştirilmiş yapısı

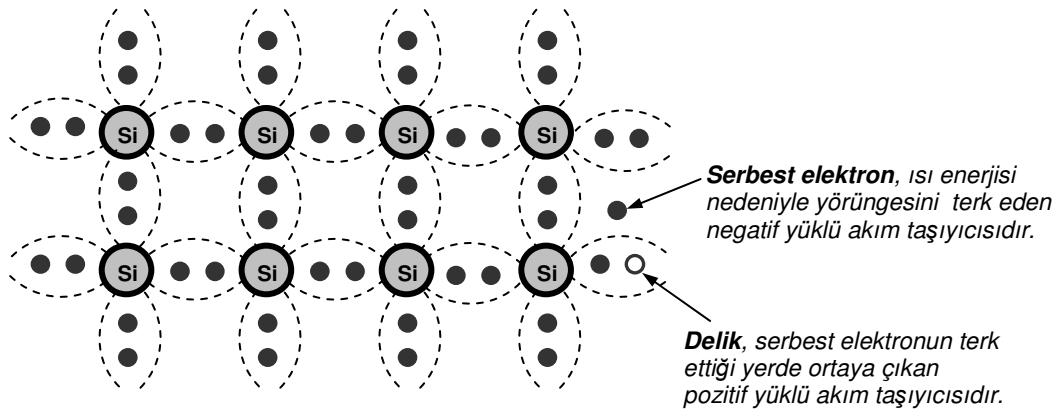
Has (Saf) Yariiletken

Has yariiletken saf haldeki silisyum veya germanyuma verilen isimdir. Has yariiletkendeki valans elektronların her biri komşu atomdaki bir başka elektron ile "**kovalent bağ**" adı verilen kristal yapı oluşturur. Böylece her atom son yörüngesinde sanki 8 elektron varmış gibi davranır. Bunun anlamı ise yapının çok iyi bir yalıtkan özelliğine sahip oluşudur.



Şekil 4.3 : Saf silisyum kristalinin mutlak sıfırdaki yapısı

Ancak bahsedilen bu durum “**mutlak sıfır**” noktası adı verilen (0°K veya -273°C) sıcaklık için geçerlidir. Ortam sıcaklığı mutlak sıfırdan büyük olduğu için, artan sıcaklığa bağlı olarak kovalent bağlardaki bazı elektronlar aldıkları enerji ile yörüngelerinden kurtulup **şekil 4.4** de görüldüğü gibi serbest elektron durumuna geçerler. Elektronun terk ettiği yerde “**delik** veya **oyuk**” adı verilen pozitif yüklü yeni bir taşıyıcı meydana gelir.



Şekil 4.4 : Saf silisyum kristalinin oda sıcaklığındaki yapısı

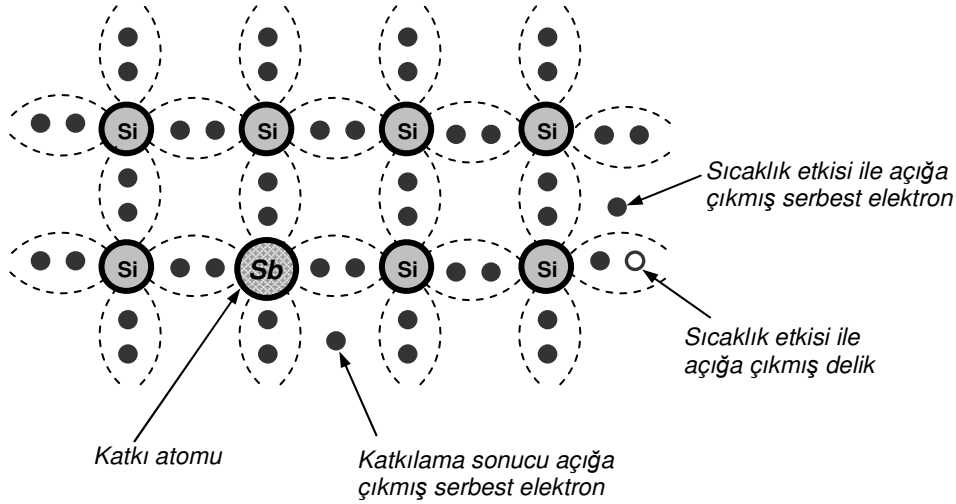
Normalde elektriksel olarak nötr olan bir atomdan bir elektron serbest kaldığında, bu atom artı yüklü pozitif bir iyon dönüşür. Oda sıcaklığında silisyum ve germanyumda birkaç serbest elektron bulunduğu için (aynı zamanda eşit sayıda delik de bulunur) has yarıiletken tam anlamıyla yalıtkan olmadığı gibi iyi bir iletken de değildir.

Katkılama

Saf yarıiletken içerisine üç valans elektronlu (bor, galyum veya indiyum gibi) veya beş valans elektronlu elementler (antimon, arsenik veya fosfor gibi) katılarak, yarıiletkenin içinde daha çok delik ve serbest elektron açığa çıkarılır. Bu işlem “**katkılama**” olarak adlandırılırken, dışarıdan ilave edilen üç yada beş valans elektronlu elementlere ise “**katkı maddesi**” denir. Katkılama işlemi sonunda yarıiletken maddenin direnci çok büyük ölçüde küçülür.

N Tipi Yarıiletken

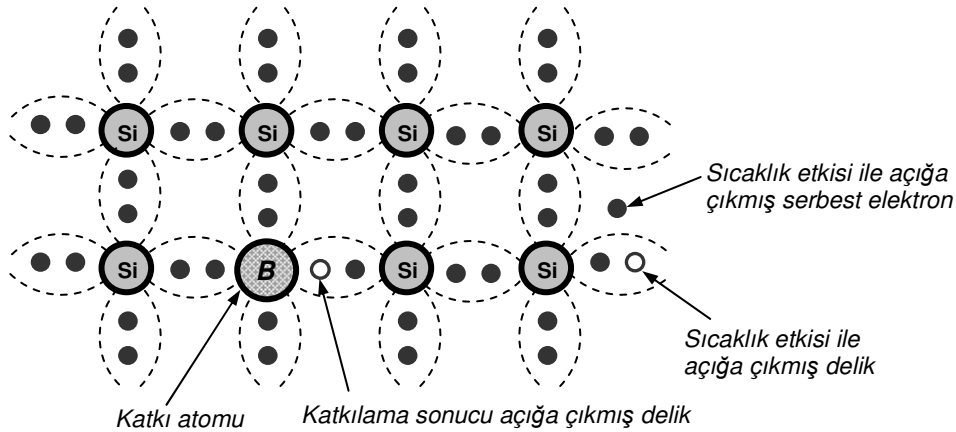
Saf silisyum veya germanyumun içine 5 valans elektronlu katkı atomları ilave edilirse, katkı atomlarının valans elektronlarından dördü kristal yapıdaki silisyum veya germanyum atomlarının dört valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Katkı atomlarının beşinci elektronları girebilecekleri bir kovalent bağ bulamadıklarından açıkta kalırlar. Bu elektronlar yörüngelerinden kolayca koparak serbest elektron durumuna geçerler. Katkılama işlemi sonucunda, yarıiletken içindeki serbest elektronlar fazlalaşır. Deliklere göre çoğunlukta olan elektronlar "çoğunluk taşıyıcıları", az sayıda olan delikler ise "azınlık taşıyıcıları" olarak adlandırılırlar. Çoğunluk taşıyıcıları elektron ve bunların yükü **negatif** olduğu için, bu tip yarıiletken "**n tipi yarıiletken**" olarak isimlendirilir.



Şekil 4.5 :n tipi yarıiletkenin yapısı

P Tipi Yarıiletken

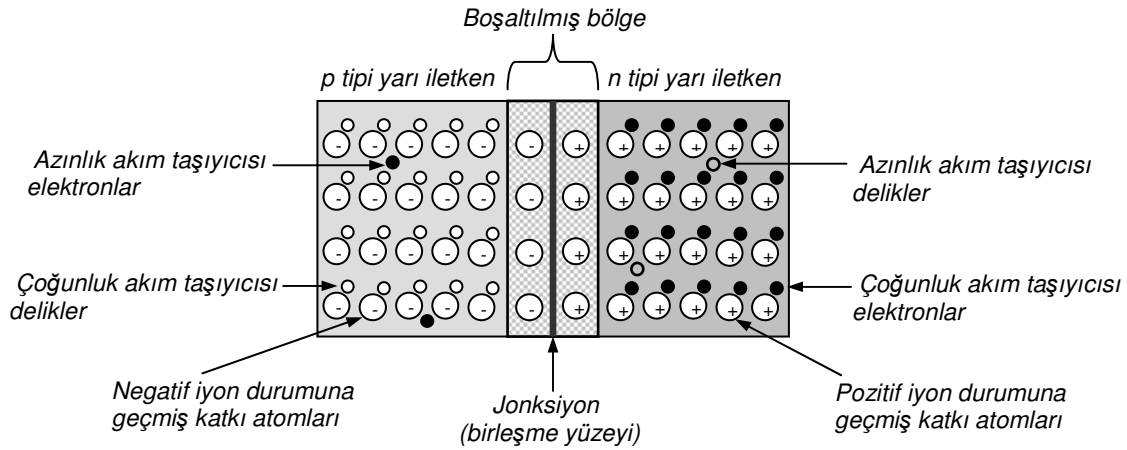
Saf silisyum veya germanyumun içine 3 valans elektronlu katkı atomları ilave edilirse, katkı atomlarının 3 valans elektronu kristal yapıdaki silisyum veya germanyum atomlarının üç valans elektronu ile kovalent bağ oluşturur. Katkılama işleminden önce tam olan kovalent bağlardan bazılarında elektron eksikliği diğer söyleyişle delik ortaya çıkar. Delikler de tıpkı elektronlar gibi akım geçişini sağlayan pozitif yüklü taşıyıcılarıdır. Katkılama işlemi sonucunda, yarıiletken içindeki delikler fazlalaşır. Elektronlara göre çoğunlukta olan delikler "çoğunluk taşıyıcıları", az sayıda olan elektronlar ise "azınlık taşıyıcıları" olarak adlandırılırlar. Çoğunluk taşıyıcıları delik ve bunların yükü **pozitif** olduğu için, bu tip yarıiletken "**p tipi yarıiletken**" olarak isimlendirilir.



Şekil 4.6 :p tipi yarıiletkenin yapısı

P-N Jonksiyon Diyot

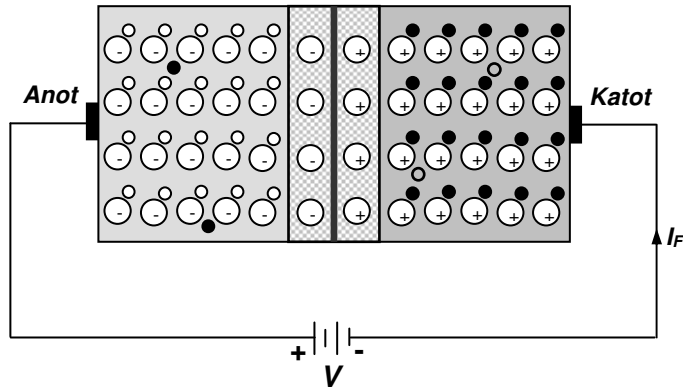
Saf silisyum veya germanyumdan oluşan bir yarı iletken parçasının bir tarafı p tipi, diğer tarafı ise n tipi olacak şekilde katkılanarak p-n jonksiyon diyot elde edilir. P tipi yarıiletkende çok sayıda delik ve n tipi yarıiletkende ise çok sayıda elektron bulunmaktadır. Jonksiyona (birleşme yüzeyine) yakın olan elektronlar yine jonksiyona yakın olan deliklere doğru hareket edip birleşerek birbirlerini nötr duruma geçirirler. Böylelikle jonksiyona yakın olan bölgede serbest taşıyıcılar (elektronlar ya da delikler) azalmıştır. Burada sadece artı ve eksi yüklü iyonlar bulunabilir. Elektron kaybetmiş veya almış atom olan iyonların akımın taşınmasında herhangi bir rolü bulunmadığından, bu bölgeye “**boşaltılmış bölge**” denir. Boşaltılmış bölgedeki artı yüklü iyonlar delikleri, eksi yüklü iyonlar da elektronları ittiği için elektronlar ve delikler arasındaki hareket son bulur. Elektronların ve deliklerin jonksiyondan geçmesini iyonların etkisiyle engelleyen kuvvete engel gerilimi yada daha çok bilinen adı ile “**eşik gerilimi**” denir. Eşik gerilimi seviyesi, germanyum diyotlar için 0,2V~0,3V ve silisyum diyotlar için 0,6V~0,7V civarındadır.



Şekil 4.7 : p-n jonksiyon diyotun yapısı

Doğru (İleri) Polarma:

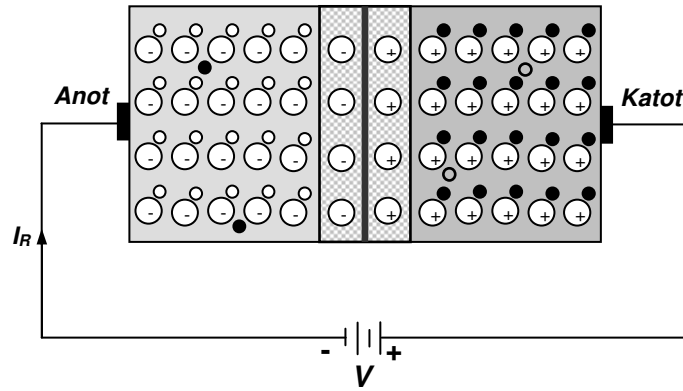
Diyotun p tipi bölgesinden çıkarılan uç “**anot**” ve n tipi bölgesinden çıkarılan uç “**katot**” olarak isimlendirilir. Şekil 4.8’ de gösterildiği gibi, gerilim kaynağının pozitif kutbu anot ve negatif kutbu katot terminaline bağlanarak diyot doğru polarma edilir. Doğru polarma gerilimi eşik geriliminin üzerinde ise, güç kaynağının artı ucu elektronları çekerken eksi ucu ise elektronları iter. Boşaltılmış bölgenin genişliği azalır ve n tipi yarıiletkendeki elektronlar p-n jonksiyonunu geçerek, deliklerle birleşmek için p tipi yarıiletkenine girerler. Elektronlar sürekli olarak gerilim kaynağının eksi ucundan artı ucuna doğru bir elektron akışı oluşturacak şekilde hareket ederler. Diyotun p-n jonksiyonuna uygulanan ileri yöndeki polarma gerilimi I_F şeklinde gösterilen bir ileri yön akımı oluşturur. I_F ’ nin değeri diyota uygulanan gerilim ile doğru ve diyotun iç direnci ile ters orantılıdır.



Şekil 4.8 : p-n jonksiyon diyotun doğru polarma edilmesi

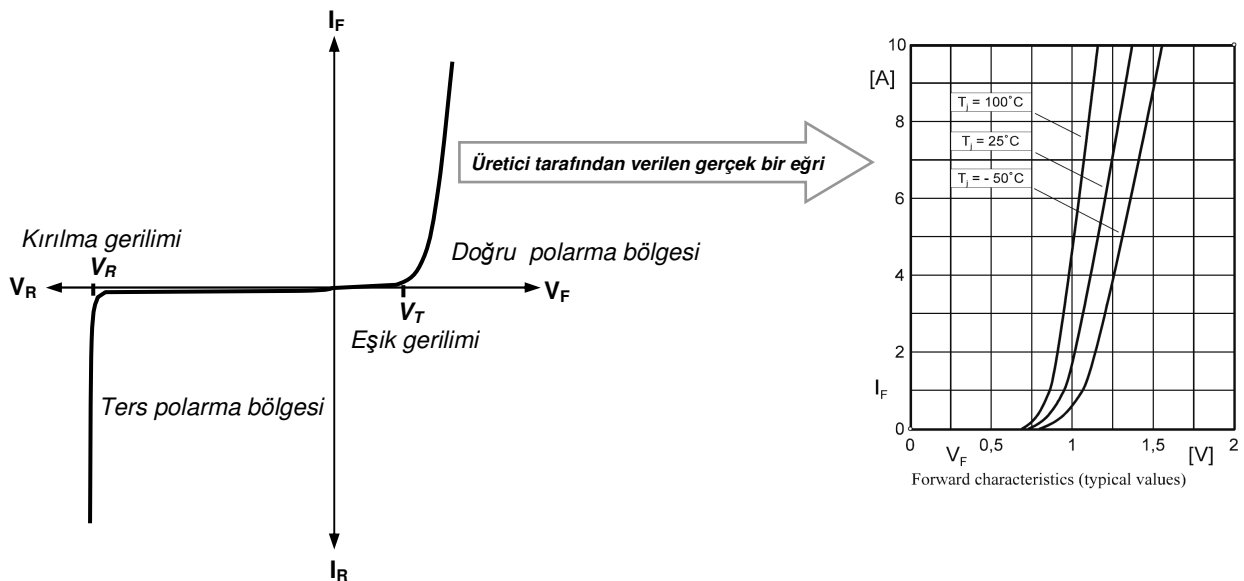
Ters Polarma

Şekil 4.9 da görüldüğü gibi, gerilim kaynağının pozitif kutbu katot ve negatif kutbu anot terminaline bağlanarak diyot ters polarma edilir. Hem elektronlar, hem de delikler gerilim kaynağı tarafından çekildiklerinden dolayı boşaltılmış bölge genişler. Hiçbir elektron ya da delik birleşmek amacıyla jonksiyonu geçemez. Ters polarma uygulanan bir diyot ideal durumda akım geçirmez. Fakat ısı enerjisi yarıiletkende azınlık elektron-delik çiftleri meydana getirir. Bu azınlık akım taşıyıcılarının hareketi ile çok küçük bir değerde akım geçişi olur. Bu akım "**sızıntı akımı**" (ters doyma akımı) olarak adlandırılır ve I_R veya I_S şeklinde gösterilir. Sızıntı akımının değeri ters polarma geriliminin değerine ve sıcaklığa bağlıdır. Her 10 °C' lik sıcaklık artışında sızıntı akımı iki katına çıkar. Aynı sıcaklıkta silisyum diyotun sızıntı akımı, germanyum diyotunkinin sadece %1' i kadardır. Sıcaklığa olan bağımlılığın daha az olması, yarıiletken devre elemanı yapımında silisyumun tercih edilmesinin en önemli sebebidir.



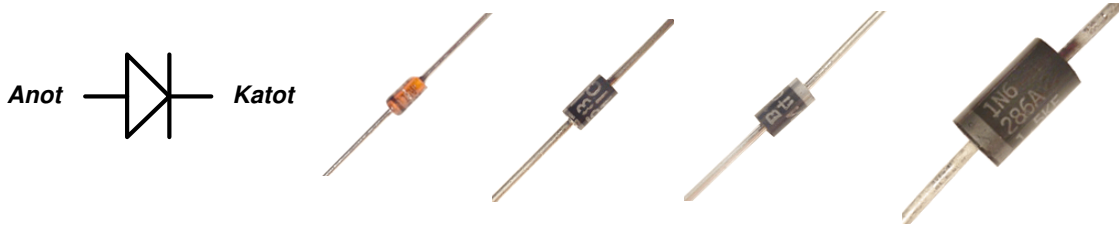
Şekil 4.9 : p-n jonksiyon diyotun ters polarma edilmesi

Ters polarma altındaki sızıntı akımının değeri çok düşüktür. Ancak, uygulanan ters polarma gerilimi çok yüksek olursa (nominal değerinin üzerine çıkarsa), azınlık taşıyıcıları, kovalent bağları etkileyip bozacak ve elektron-delik çiftleri oluşturmaya yetecek kadar önemli miktarda enerji elde etmiş olurlar. Serbest elektronların hareketleri hızlanır, böylece de ters yönde akan akım önemli ölçüde artar. Bu akıma "**çığ akımı**" denir. Bu akımın oluştuğu bölgeye "**kırılma bölgesi**" denir. Artan ters polarma nedeniyle oluşan çığ akımı eğer sınırlanmazsa diyot bozulacaktır. Kırılma bölgesinde diyot bozulmadan önce uygulanan maksimum ters yöndeki gerilim "**ters tepe gerilimi**" (**PIV**) olarak adlandırılır.



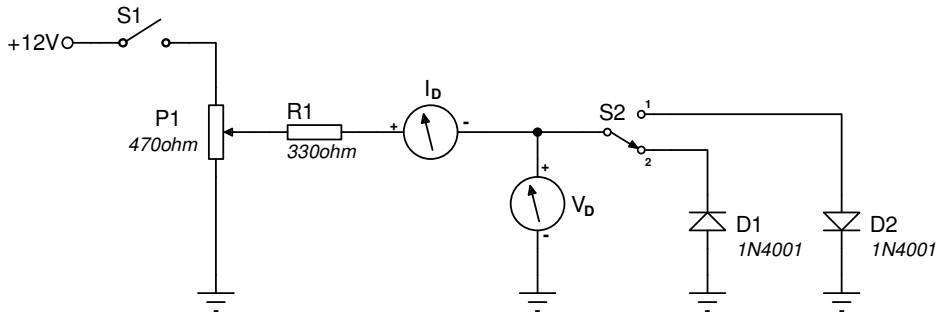
Şekil 4.10 : Diyotun karakteristik eğrisi

Diyot karakteristiğinden görüleceği üzere, doğru polarma gerilimi eşik gerilimi (V_T) seviyesine ulaşana dek diyot akımı neredeyse sıfırdır. Eşik gerilimi aşıldığında ise hızla iletken olan diyot akım geçirmeye başlar. Diyot akımı arttıkça, diyot üzerinde düşen gerilim de bir miktar artış gösterir. Ters polarma altındaki diyot ise açık devre özelliği gösterip (çok küçük değerli olan sızıntı akımı ihmal edilirse) akım geçirmez. Ancak ters polarma gerilimi diyotun kırılma gerilimi seviyesini aştığında diyot bozulur ve kontrolsüz bir şekilde akım geçirmeye başlar.



Şekil 4.11 : Diyotun sembolü ve çeşitli diyot görünümleri

Deney Şeması:



Deneyin Yapılışı:

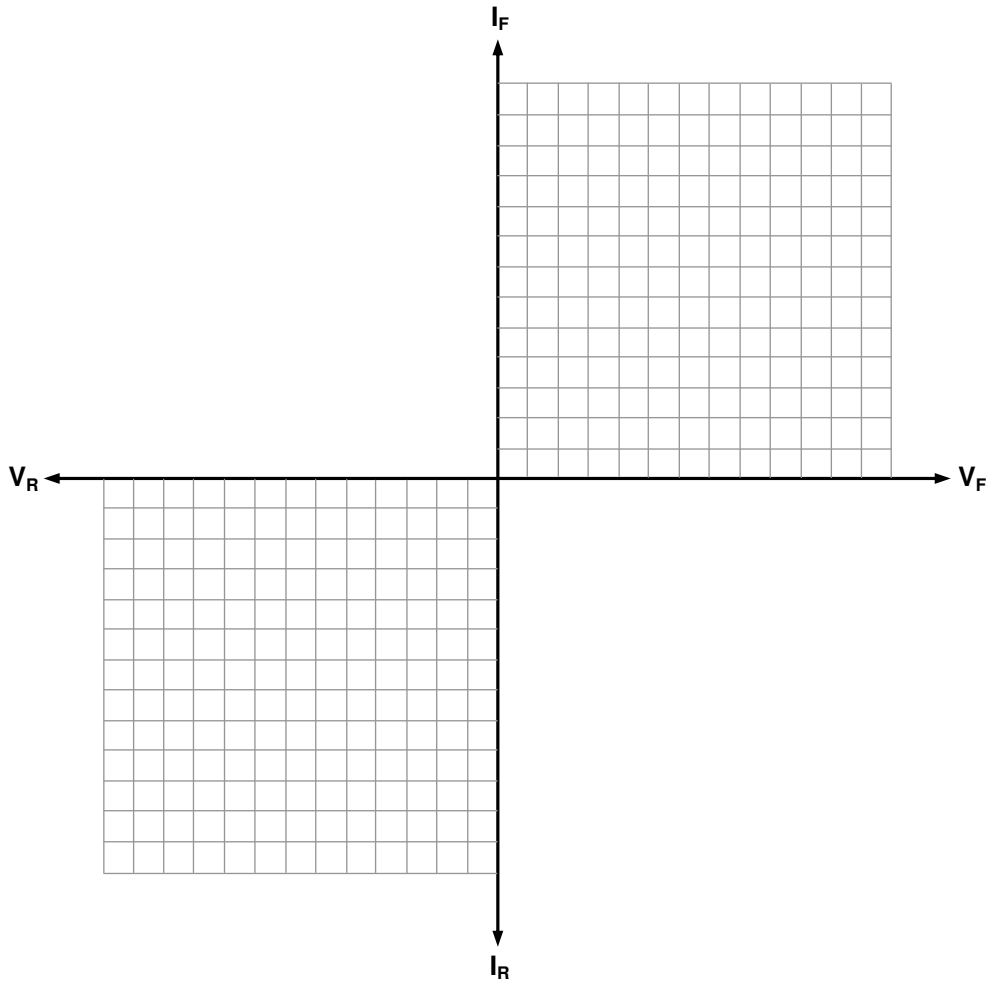
- 1- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve C bloğunu bulun.
- 2- S₁ anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- Diyotun doğru polarma karakteristiğini çıkarmak üzere, S₂ anahtarını 1 nolu konuma alın.
- 4- P₁ potansiyometresini minimumdan maksimuma doğru çevirip, düzenli aralıklarla diyot gerilimi (V_D) ve diyot akımını (I_D) ölçüp sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- V_D ve I_D için ölçülen değerleri grafik üzerinde işaretleyerek, diyotun doğru polarma karakteristiğini çizin.
- 6- Diyotun ters polarma karakteristiğini çıkarmak üzere, S₂ anahtarını 2 nolu konuma alın.
- 7- P₁ potansiyometresini minimumdan maksimuma doğru çevirip, düzenli aralıklarla diyot gerilimi (V_D) ve diyot akımını (I_D) ölçüp sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 8- V_D ve I_D için ölçülen değerleri grafik üzerinde işaretleyerek, diyotun ters polarma karakteristiğini çizin.



Gözlem Tablosu:

Doğru Polarma										
V_F										
I_F										

Ters Polarma										
V_R										
I_R										





KONU : DİYOT DENEYLERİ
DENEY ADI : DOĞRULTUCU UYGULAMALARI

DENEY NO: 5

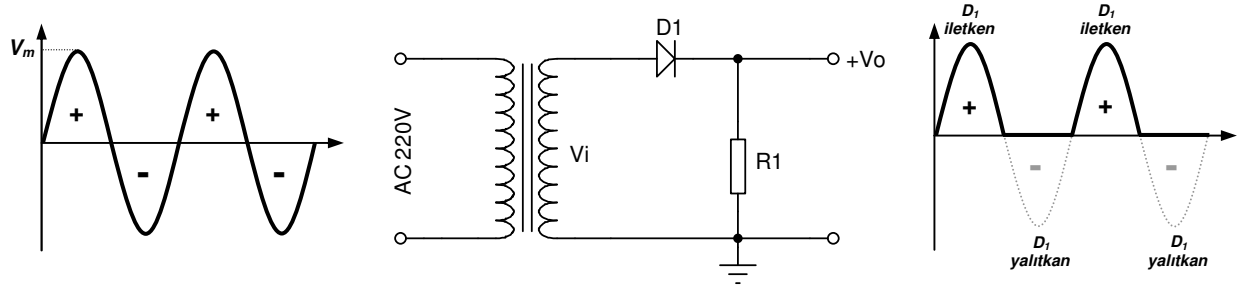
Giriş:

Diyotlar uygulamada çok çeşitli devrelerde kullanılmaktadır. Doğrultucu, kırpıcı, kenetleyici ve gerilim katlayıcı devreleri bu uygulamalara örnek olarak gösterilebilir.

Doğrultucu devreleri

AC gerilimden DC gerilim elde etmek amacıyla kullanılan devrelerdir. Elde edilen DC gerilim elektronik devrelerin besleme ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılır. 220 voltluk AC şebeke gerilimi bir trafo yardımıyla düşürülerek devrenin girişine uygulanır. Bu gerilim ihtiyaca göre değişik seviyelerde seçilebilir. Doğrultucu devreleri yarım dalga ve tam dalga olmak üzere iki ana gruba ayrılır.

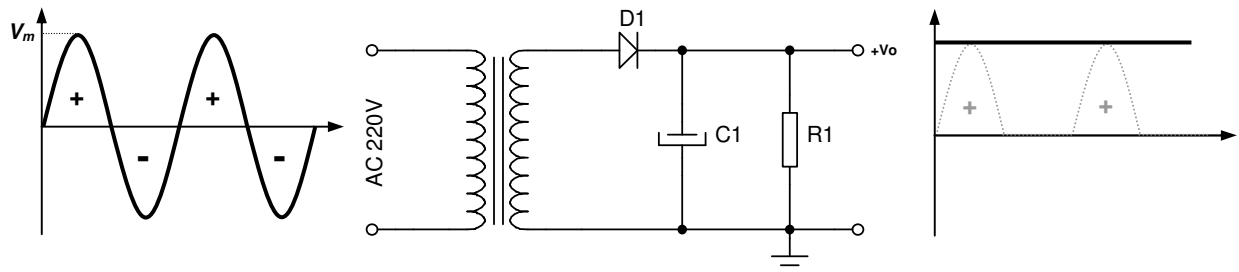
Yarım Dalga Doğrultucu: Devrenin girişine trafo üzerinden sinüzoidal AC gerilim uygulanmıştır. Bu gerilimin pozitif alternanslarında, doğru polarma olan diyot iletme geçerek kapalı bir anahtar gibi davranır. Diyot üzerinde düşen 0,6V~0,7V' luk gerilimi ihmal edersek, pozitif alternans çıkışa olduğu gibi aktarılır. Negatif alternanslarda, diyot ters polarma olacağından yalıtkan olup açık bir anahtar gibi davranır. Diyot üzerinden akım geçmeyeceği için çıkış gerilimi sıfır olur.



Şekil 5.1: Yarım dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Devre çıkışındaki gerilimin DC değeri, $V_{DC} \approx \frac{V_m}{\pi} \approx 0,318.V_m$

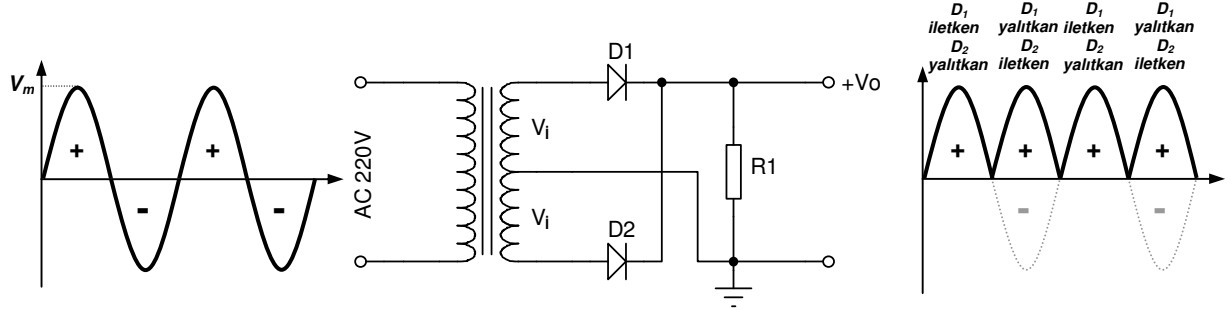
Doğrultucu çıkışındaki bu gerilim, elektronik devrelerin beslenmesi için çok uygun bir seçim değildir. Bu gerilimin ideal DC gerilime yaklaştırılması için, devre çıkışına filtre ya da süzgeç olarak isimlendirilen bölümün ilave edilmesi gerekir. Filtre işlemi en basit şekilde bir kondansatörün çıkışa paralel olarak bağlanması ile gerçekleştirilir.



Şekil 5.2: Çıkışı filtre edilmiş yarım dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

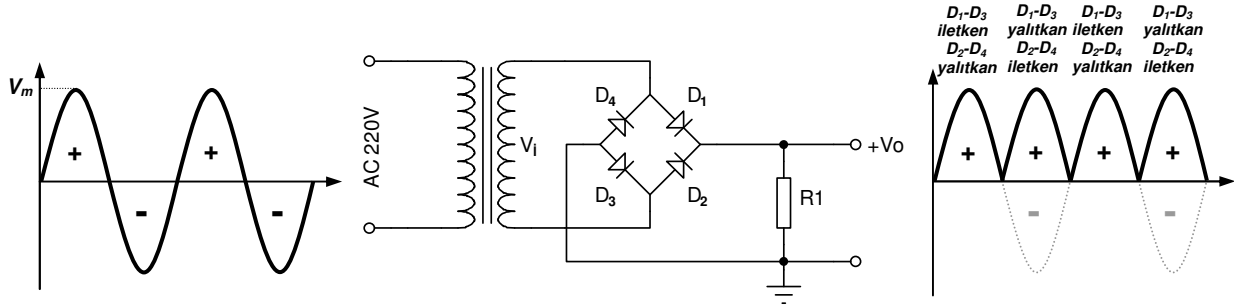
Devre çıkışındaki gerilimin DC değeri, $V_{DC} \approx V_m$

Tam Dalga Doğrultucu: Tam dalga doğrultucu devresi iki diyotlu ve dört diyotlu (köprü tipi) olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır.



Şekil 5.3: İki diyotlu tam dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

İki diyotlu tam dalga doğrultucu devresinde giriş geriliminin pozitif alternanslarında, doğru polarma alan D_1 iletime geçerken ters polarma alan D_2 kesimdedir. Trafonun üst ucundaki pozitif alternans D_1 üzerinden çıkışa gider. Giriş geriliminin negatif alternanslarında ise ters polarma alan D_1 kesime giderken doğru polarma alan D_2 iletimdedir. Bu kez trafonun alt ucundaki pozitif alternans D_2 üzerinden çıkışa gider. Böylece devre çıkışında sürekli pozitif alternanslar oluşur.



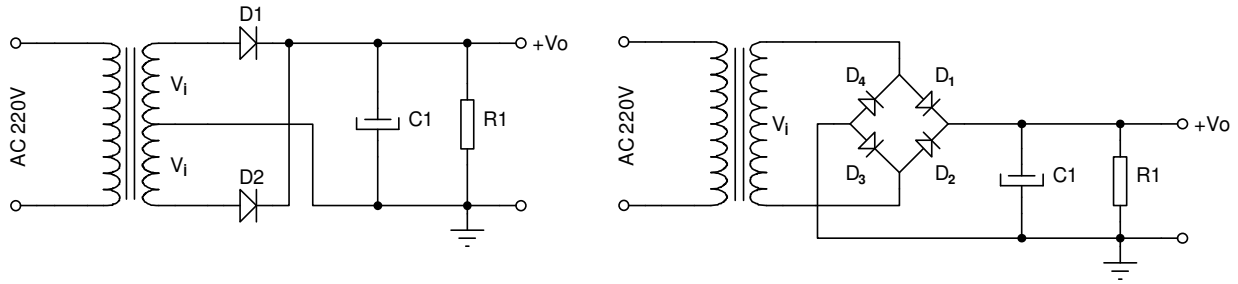
Şekil 5.4: Köprü tipi tam dalga doğrultucu devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Köprü tipi tam dalga doğrultucu devresinde giriş geriliminin pozitif alternanslarında, doğru polarma alan D_1 ve D_3 iletime geçerken ters polarma alan D_2 ve D_4 kesimdedir. Trafonun üst ucundaki pozitif alternans D_1 ve D_3 üzerinden çıkışa gider. Giriş geriliminin negatif alternanslarında ise ters polarma alan D_1 ve D_3 kesime giderken doğru polarma alan D_2 ve D_4 iletimdedir. Bu kez trafonun alt ucundaki pozitif alternans D_2 ve D_4 üzerinden çıkışa gider. Böylece devre çıkışında sürekli pozitif alternanslar oluşur.

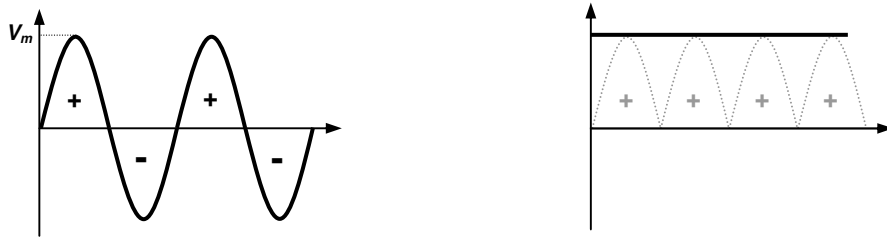
Tam dalga doğrultucu devresi çıkışındaki DC gerilimin değeri,

$$V_{DC} \approx \frac{2.V_m}{\pi} \approx 0,636.V_m$$

Her iki devre çıkışına da kondansatör bağlanıp filtre işlemi yapılarak, çıkış geriliminin DC gerilime yaklaşması sağlanır.



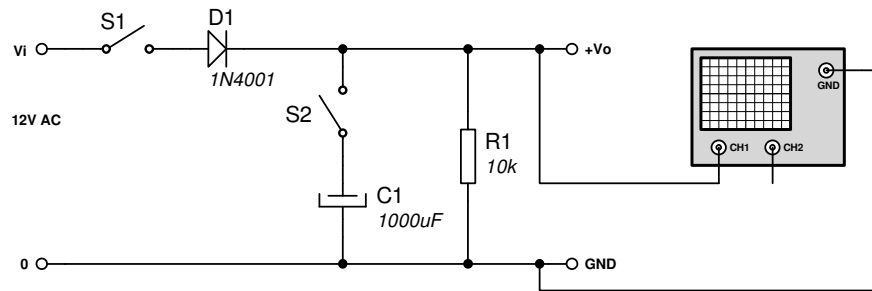
Şekil 5.5: Çıkışı filtre edilmiş tam dalga doğrultucu devreleri



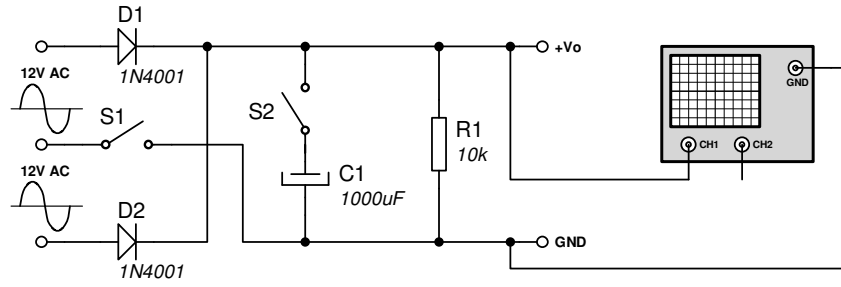
Şekil 5.6: Filtre edilmiş tam dalga doğrultucu devrelerinin giriş ve çıkış gerilimleri

Devrelerin çıkışındaki gerilimin DC değeri, $V_{DC} \approx V_m$ dir. Bu değer filtreli yarım dalga doğrultucu devresinin çıkış seviyesi ile aynı gözükmemektedir. Ancak çıkışa bağlanacak yükün akım çekmesi ile beraber farklılık kendini gösterir. Tam dalga doğrultucu çıkışındaki gerilim daha karalı iken, yarım dalga doğrultucunun çıkış gerilimi çekilen bu akımla daha fazla düşer.

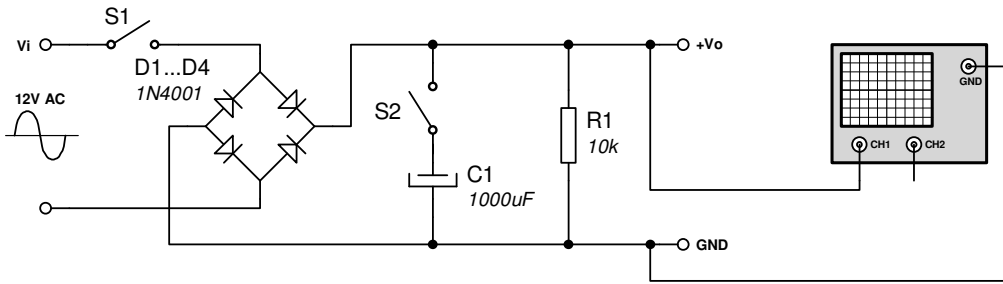
Deney Şeması:



-a- Yarım Dalga Doğrultucu



-b- İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultucu



-c- Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu

Deneyin Yapılışı:

Yarım Dalga Doğrultucu Devresi (Deney Şeması -a-)

- 1- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve L bloğunu bulun.
- 2- S₁ anahtarını kapatarak yarım dalga doğrultucu devresine enerji verin.
- 3- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 4- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- S₂ anahtarını kapatarak kondansatörü devreye alın.
- 6- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 7- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.

İki Diyotlu Tam Dalga Doğrultucu Devresi (Deney Şeması -b-)

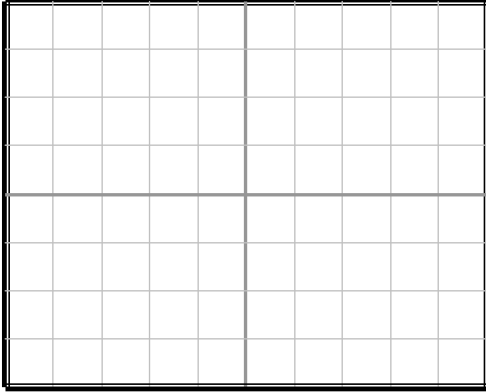
- 8- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve N bloğunu bulun.
- 9- S₁ anahtarını kapatarak iki diyotlu tam dalga doğrultucu devresine enerji verin.
- 10- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 11- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 12- S₂ anahtarını kapatarak kondansatörü devreye alın.
- 13- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 14- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.

Köprü Tipi Tam Dalga Doğrultucu Devresi (Deney Şeması -c-)

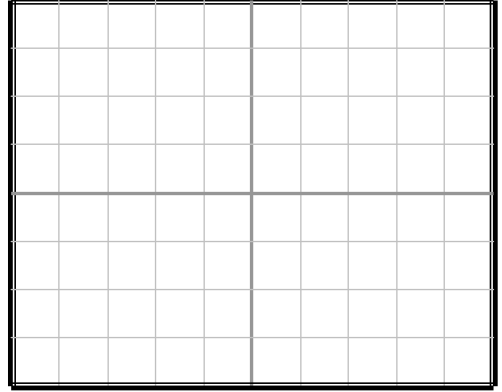
- 15- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve D bloğunu bulun.
- 16- S₁ anahtarını kapatarak iki diyotlu tam dalga doğrultucu devresine enerji verin.
- 17- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 18- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 19- S₂ anahtarını kapatarak kondansatörü devreye alın.
- 20- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.
- 21- Devre çıkışındaki gerilimi DC Voltmetre ile ölçerek sonucu gözlem tablosuna kaydedin.



Gözlem Tablosu:

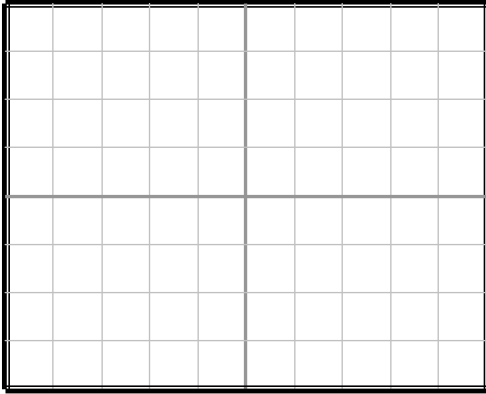


Kondansatör devrede yok (Filtre edilmemiş)

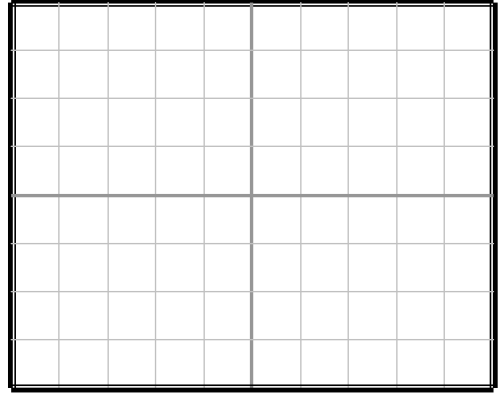


Kondansatör devrede (Filtre edilmiş)

Yarım dalga doğrultucu devresi çıkış sinyalleri

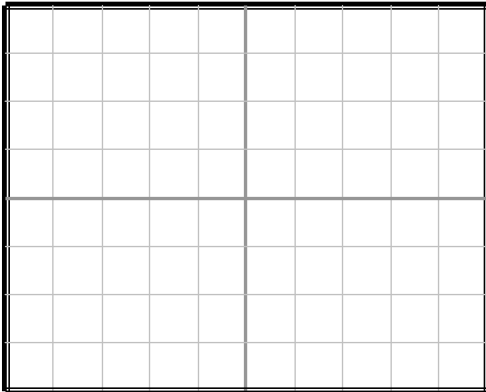


Kondansatör devrede yok (Filtre edilmemiş)

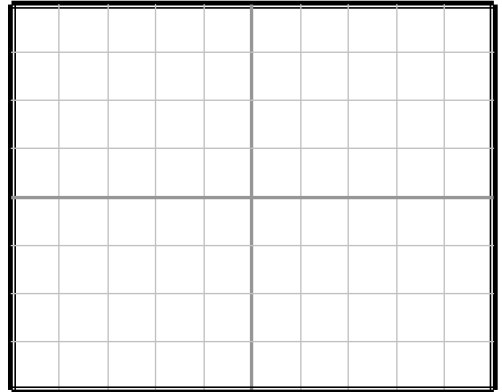


Kondansatör devrede (Filtre edilmiş)

İki diyotlu tam dalga doğrultucu devresi çıkış sinyalleri



Kondansatör devrede yok (Filtre edilmemiş)



Kondansatör devrede (Filtre edilmiş)

Köprü tipi tam dalga doğrultucu devresi çıkış sinyalleri



DC çıkış gerilimi seviyeleri						
Yarım Dalga		İki Diyotlu Tam Dalga		Köprü Tipi Tam Dalga		
	Filtresiz	Filtreli	Filtresiz	Filtreli	Filtresiz	Filtreli
Hesaplanan						
Ölçülen						

KONU : DİYOT DENEYLERİ
DENEY ADI : KIRPICI, KENETLEYİCİ ve GERİLİM ÇOKLAYICI UYGULAMALARI

DENEY NO: 6

Giriş:

Kırpıcılar

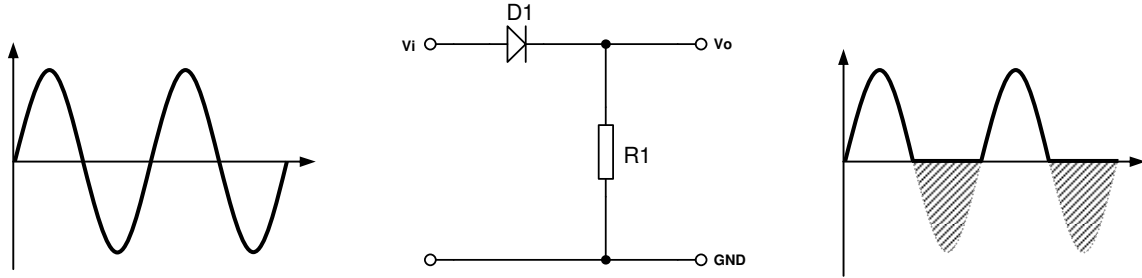
Kırpıcılar, AC sinyalin pozitif veya negatif alternansının bir kısmını yada her iki alternansın belirli bölümlerini kesme özelliğine sahip devrelerdir. Diyotun devreye bağlanış şekline göre iki gruba ayrılırlar.

- a- Seri kırpıcı devreleri
- b- Paralel kırpıcı devreleri

Kırpıcı devrelerini öngerilim değerine göre de sınıflandırmak mümkündür.

- a- Öngerilimsiz kırpıcı devreleri
- b- Öngerilimli kırpıcı devreleri

Şekil 6.1' de öngerilimsiz seri kırpıcı devresi görülmektedir.



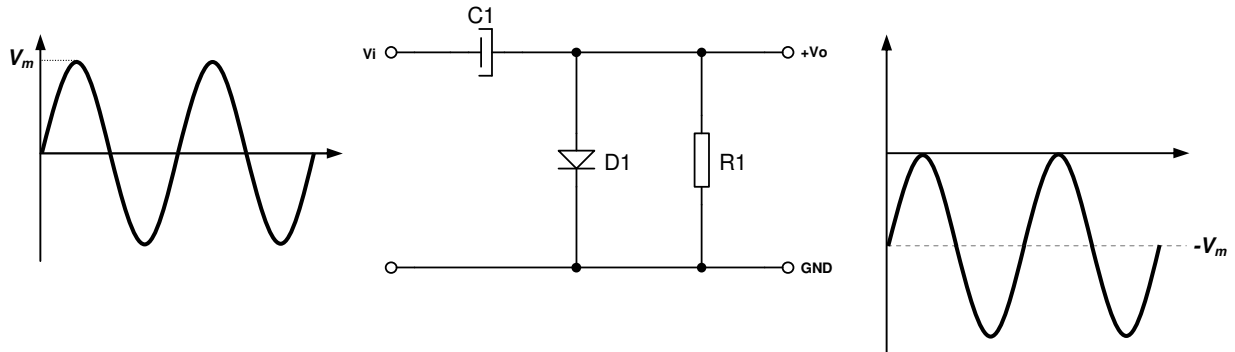
Şekil 6.1: Öngerilimsiz seri kırpıcı devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Kırpma işlemini gerçekleştiren diyot çıkışa seri olarak bağlanmıştır ve herhangi bir DC öngerilim uygulanmadığı için bu devre "öngerilimsiz seri kırpıcı" olarak isimlendirilir.

Giriş geriliminin pozitif alternanslarında, diyot doğru polarma olarak iletme gider ve akım geçirmeye başlar. Bu akım geçişi pozitif alternansların 0,6V~0,7V (Silisyum diyot için) değerinin üzerinde gerçekleşir. Ancak kolay anlaşılması açısından diyotu ideal kabul edersek, pozitif alternanslarda kısa devre olarak bu alternansları çıkışa olduğu gibi aktarır. Negatif alternanslarda ise ters polarma alan diyot yalıtkandır ve akım geçişine izin vermez. Dolayısıyla giriş geriliminin negatif alternansları için çıkış gerilimi sıfır olacaktır. Sonuç olarak çıkışta, giriş geriliminin negatif kısımlarının kırılmış hali görülmektedir.

Kenetleyiciler

Kenetleyiciler, AC sinyalin özelliklerini değiştirmeden sadece DC seviyesini pozitif veya negatif yöne kaydırma özelliğine sahip devrelerdir. Tıpkı kırpıcı devreleri gibi i, öngerilimsiz ve öngerilimli olmak üzere iki gruba ayrılır. Şekil 6.2' de öngerilimsiz negatife kilitleme devresi görülmektedir.

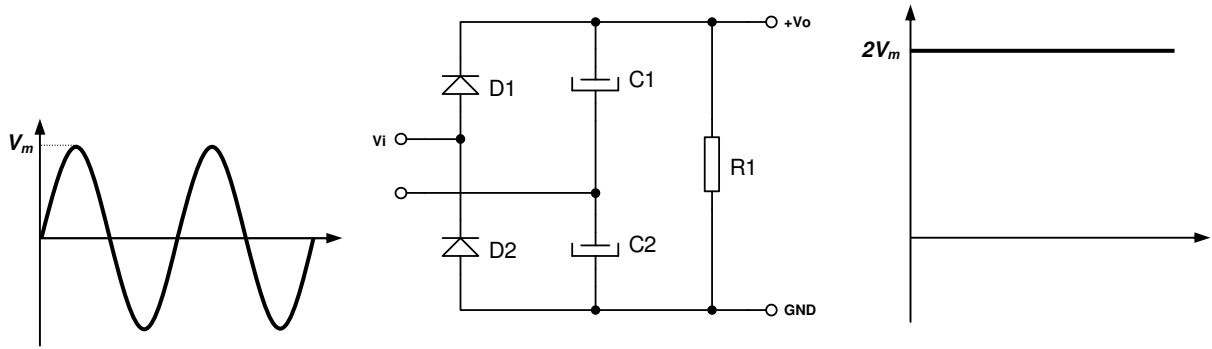


Şekil 6.2: Öngerilimsiz negatife kilitleme devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

Giriş geriliminin ilk pozitif alternansında, doğru polarma alan D_1 diyotu iletkendir. İletimdeki diyotun iç direnci sıfıra çok yakın olduğuna göre, C_1 kondansatörü giriş geriliminin pozitif alternansının tepe değerine (V_m) hızlıca şarj olur. Bu esnada çıkış gerilimi diyot gerilimi kadar olup yaklaşık sıfırdır. Takip eden negatif alternansta diyot yalıtkandır. Çıkış gerilimi C_1 ' in negatif kutbundan alınmaktadır. Buna göre çıkış gerilimi kondansatör üzerindeki $-V_m$ seviyesi üzerine binmiş giriş gerilimi olarak görülecektir.

Gerilim Çoklayıcılar

Girişine uygulanan AC gerilimin tepe değerinin katlarını çıkışına DC gerilim olarak veren devrelerdir. Yükün çektiği akıma bağlı olarak çıkış geriliminde bir miktar düşme gözlemlenebilir. Şekil 6.3' de gerilim ikileyici devresi görülmektedir.

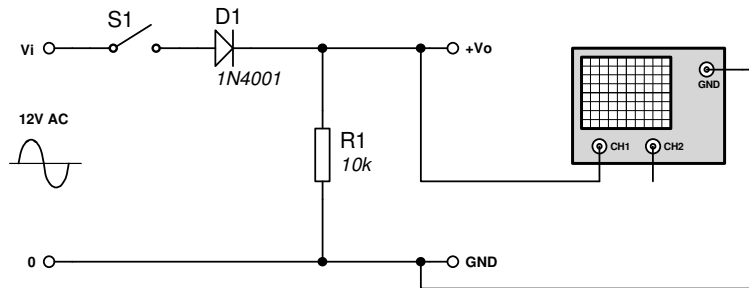


Şekil 6.3: Gerilim ikileyici devresi ve giriş-çıkış gerilimleri

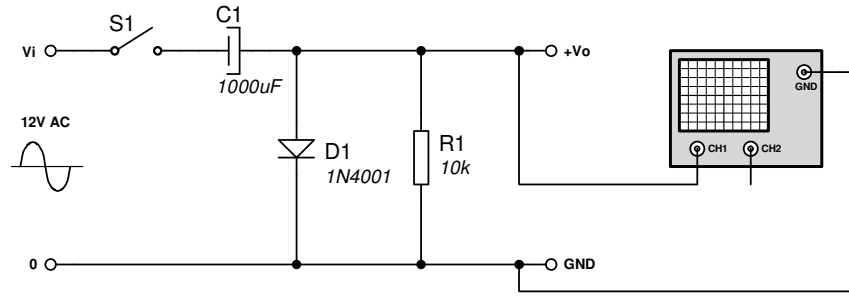
Giriş geriliminin pozitif alternansında , doğru polarma olan D_1 iletime geçerek C_1 kondansatörünün şarj olmasını sağlar. C_1 üzerindeki gerilimin seviyesi, giriş geriliminin tepe değeri (V_m) kadardır. Negatif alternansta ise D_2 iletime geçerek C_2 ' nin şarj olmasını sağlar. C_2 üzerindeki gerilimin seviyesi, yine giriş geriliminin tepe değeri (V_m) kadardır. Burada dikkat edilecek nokta, kondansatörlerin seri bağlı olmaları ve üzerlerindeki gerilimlerin birbirlerini tamamlayacak yönde oluşudur. Netice olarak çıkış gerilimi,

$$V_o = V_{C_1} + V_{C_2} = V_m + V_m = 2V_m \quad \text{değerindedir.}$$

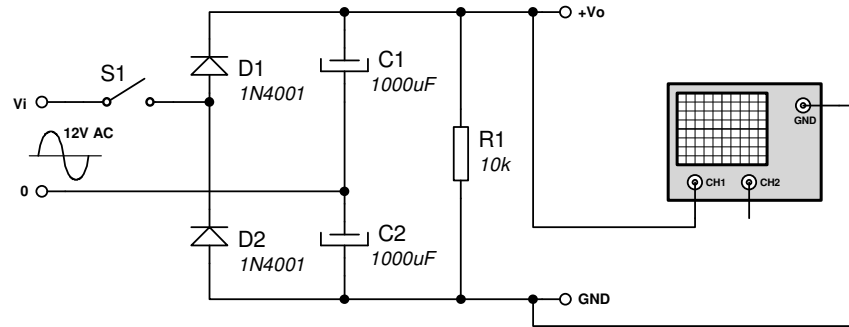
Deney Şeması:



-a- Öngerilimsiz seri kırpıcı



-b- Öngerilimsiz negatife kenetleyici



-c- Gerilim ikileyici

Deneyin Yapılışı:

Öngerilimsiz Seri Kırpıcı Devresi (Deney Şeması -a-)

- 1- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve E bloğunu bulun.
- 2- S₁ anahtarını kapatarak kırpıcı devresine enerji verin.
- 3- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.

Öngerilimsiz Negatife Kenetleyici Devresi (Deney Şeması -b-)

- 4- EL-1001 modülünü ana üniteye yerleştirin ve F bloğunu bulun.
- 5- S₁ anahtarını kapatarak kenetleyici devresine enerji verin.
- 6- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.

Gerilim İkileyici Devresi (Deney Şeması -c-)

- 7- X modülünü ana üniteye yerleştirin ve G bloğunu bulun.
- 8- S₁ anahtarını kapatarak gerilim ikileyici devresine enerji verin.
- 9- Devre çıkışındaki sinyali osilaskopla ölçerek dalga şeklini çiziniz.



A blank 10x10 grid for drawing a picture. The grid is composed of 10 columns and 10 rows of squares, with a thicker border on the left and top edges.

A blank 10x10 grid for drawing a picture. The grid is composed of 10 columns and 10 rows of squares. A thicker border is drawn around the entire grid, and a thicker line runs vertically down the center, dividing the grid into two 5x10 halves.

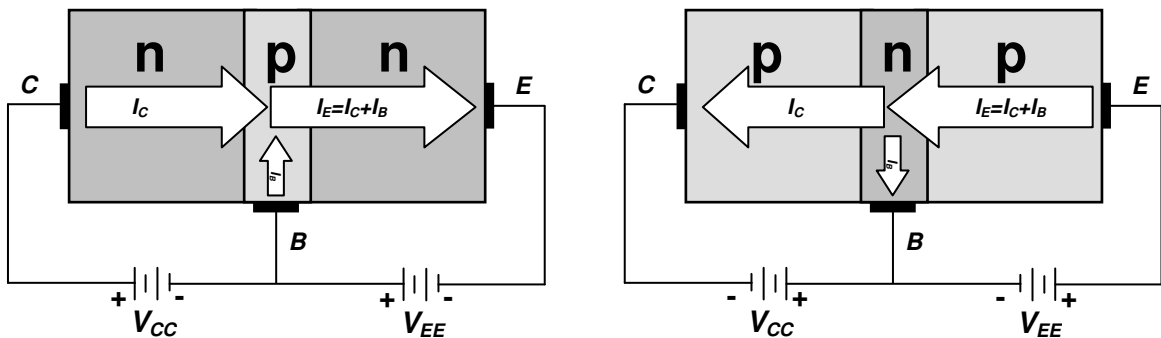
TEKOELEKTRONİK

KONU : TRANSİSTÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : TRANSİSTÖR KARAKTERİSTİKLERİ

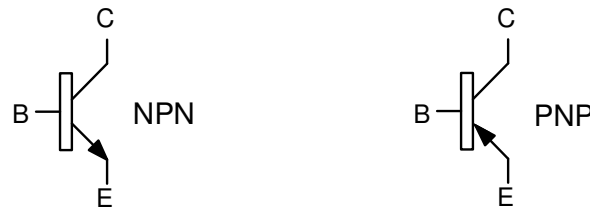
DENEY NO: 7

Giriş:

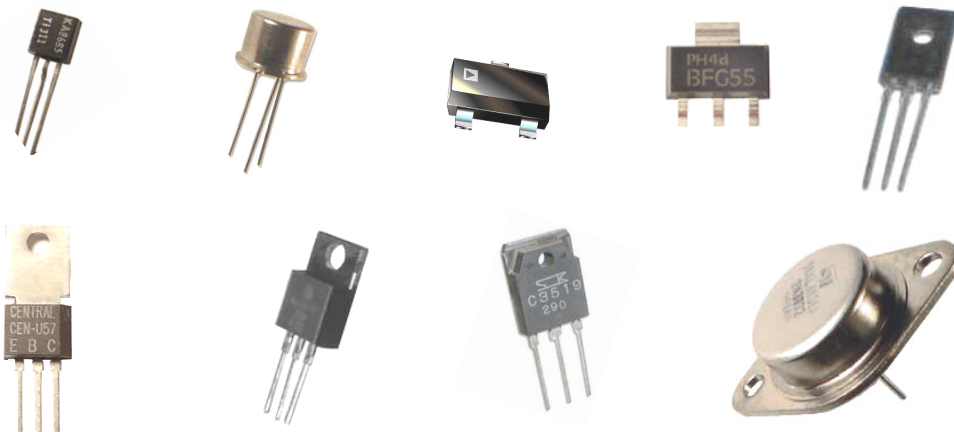
Transistör yada tam adıyla BJT (Bipolar Junction Transistor), anahtarlama ve sinyal yükseltme amacıyla kullanılan üç uçlu yarıiletken devre elemanıdır. **Kollektör (C)** ve **Emiter (E)** olarak adlandırılan iki ana terminali ve **Beyz (B)** isimli bir kontrol ucu bulunmaktadır. Çalışma prensibi, ana terminaller arasından geçen akımın beyz ucundan kontrolüne dayanır. NPN ve PNP yapıda olmak üzere iki türde üretilmektedir. Her iki tip transistörün de çalışma mantığı aynı olup, polarma ve akım yönleri birbirinin tersidir.



Şekil 7.1: NPN ve PNP transistörlerin yapıları, polarma ve akım yönleri



Şekil 7.2: NPN ve PNP transistörlerin sembolleri



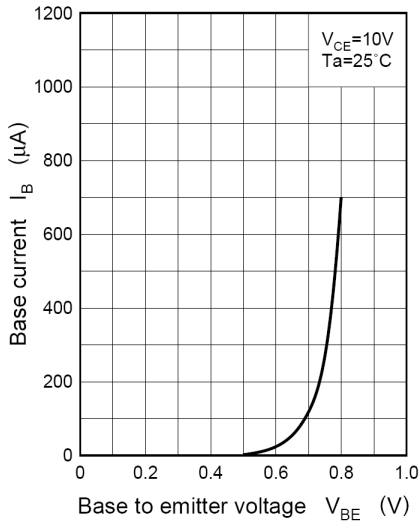
Şekil 7.3: Farklı kılıflarda transistör görünüşleri

NPN ve PNP transistörlerin çalışma prensiplerinin aynı olması nedeni ile sadece birini incelemek diğerinin de anlaşılması için yeterli olacaktır. Burada daha sık kullanılması nedeni ile NPN transistör açıklanacaktır.

Transistör Karakteristikleri

Karakteristik eğriler, transistörün çalışma mantığını ve transistöre ait özellikleri anlamak açısından önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle burada gerçek bir transistöre ait karakteristik eğriler verilecek ve bunlar üzerinde açıklama yapılacaktır.

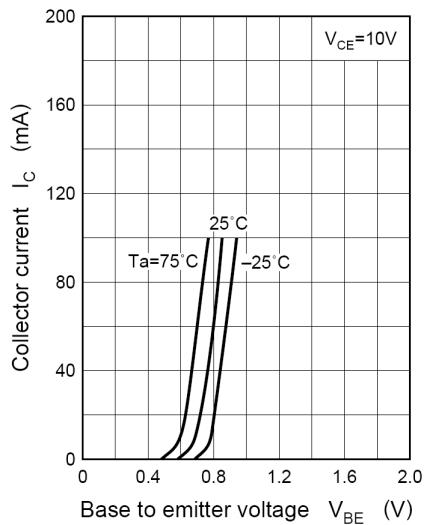
V_{BE} - I_B karakteristiği



Bir transistörün iletken olabilmesi için beyz ile emiter arasına uygulanan gerilimin (V_{BE}), eşik gerilimini (V_T : silisyum transistörler için 0,6V~0,7V civarındadır) aşması gerekir. Karakteristik eğriden görüldüğü gibi, bu seviye aşıldığında transistörden beyz akımı (I_B) akmaya başlar. Bu akım bir direnç yardımıyla sınırlandırarak transistörün zarar görmesi önlenmelidir.

Şekil 7.4: V_{BE} - I_B karakteristiği

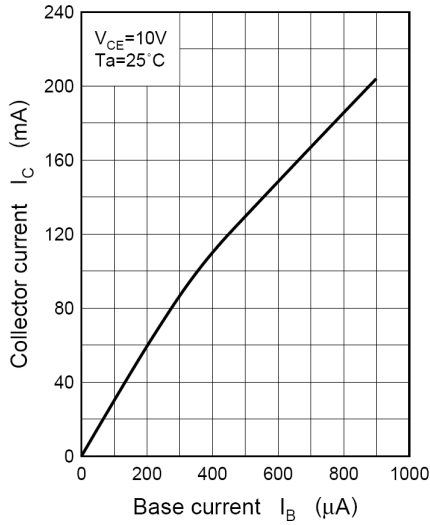
V_{BE} - I_C karakteristiği



Bu karakteristik eğri, transistörün kollektör akımının beyz-emiter gerilimi ile değişimini ifade eder. V_{BE} eşik gerilimini aştığında transistörden kollektör akımı geçmeye başlar. Transistörün zarar görmemesi için kollektör ucuna bir direnç bağlanarak maksimum kollektör akımı (I_{Csat}) belirlenir.

Şekil 7.5: V_{BE} - I_C karakteristiği

I_B - I_C karakteristiği



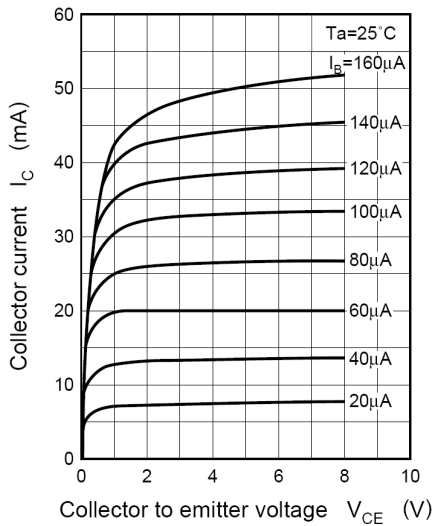
Şekil 7.6: I_B - I_C karakteristiği

Kollektör akımının beyz akımı ile değişimini ifade eden karakteristik eğridir. Transfer karakteristiği olarak da isimlendirilen bu eğri transistörün anlaşılması açısından oldukça önemlidir. Eğriden, kollektör akımının beyz akımı ile doğru orantılı olarak neredeyse lineer bir şekilde değiştiği gözlemlenmektedir. Bir transistörün kollektör akımı,

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

formülü ile ifade edilir. β değişkeni, transistörün doğru akım yükseltme katsayısını ifade eder ve her transistör için farklı bir değere sahiptir.

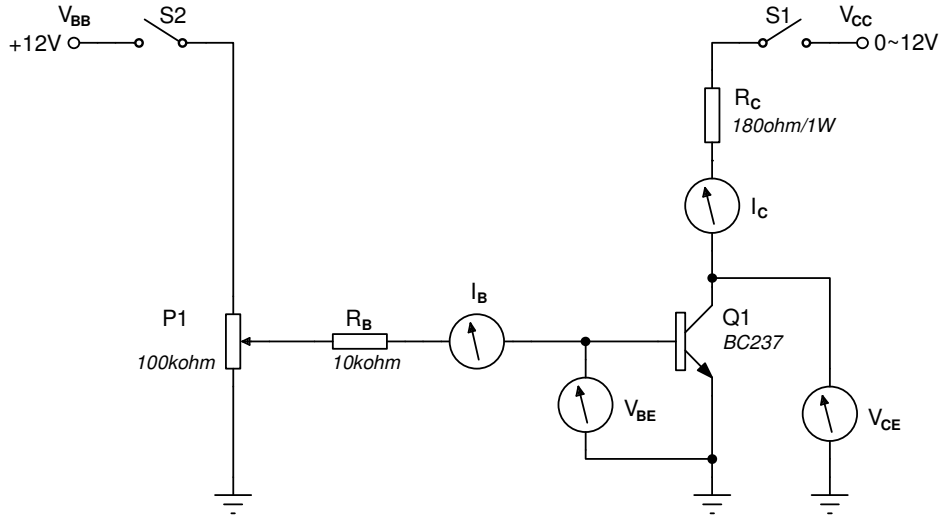
V_{CE} - I_C karakteristiği



Şekil 7.7: V_{CE} - I_C karakteristiği

Kollektör akımının kollektör-emiter gerilimi ile değişimini ifade eden karakteristik eğridir. İdeal durumda beyz akımının sabit bir değeri için, I_C akımının V_{CE} geriliminden bağımsız olması istenir. Gerçekte ise I_C akımının azda olsa V_{CE} geriliminden etkilendiği yandaki karakteristikten görülmektedir. I_B akımının yüksek değerleri için bu etkilenme kendisini daha açık belli etmektedir. Bu değişim genellikle ihmal edilebilecek seviyede olup, kollektör akımının kaynak geriliminden bağımsız olduğu söylenebilir.

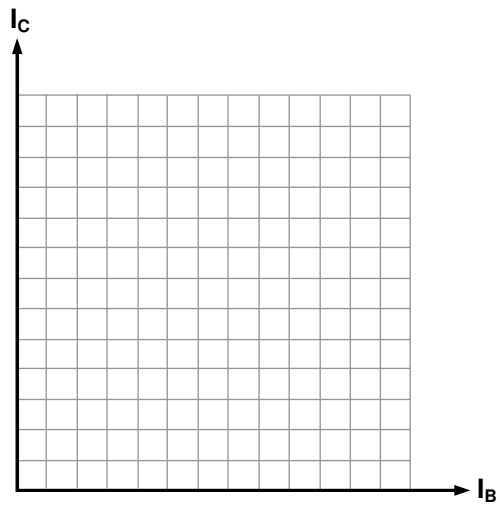
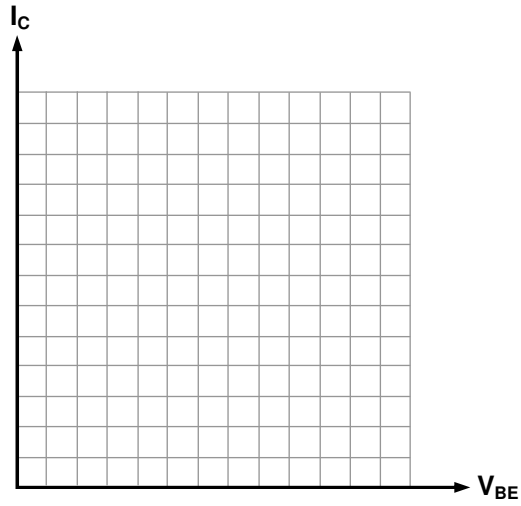
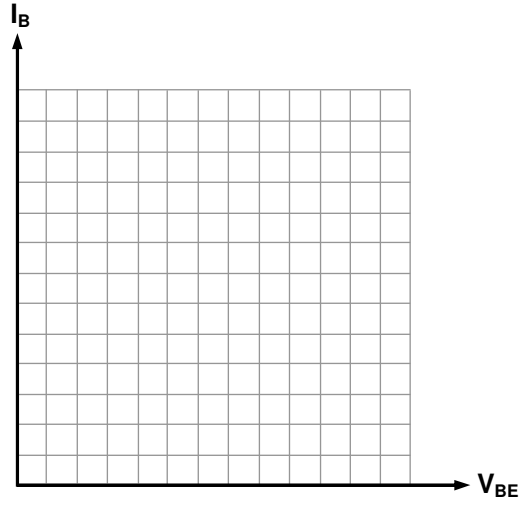
Sonuç olarak, transistörün kollektör-emiter uçları arasından geçen akım beyz akımı ile kontrol edilir. Kollektör-emiter akımı transistörün ana terminallerine uygulanan kaynak geriliminden hemen hemen bağımsızdır.

**Deney Şeması:****Deneyin Yapılışı:**

- 1- EL-1002 modülünü ana üniteye yerleştirin ve **A** bloğunu bulun.
- 2- Ana Üniteye 0-30 V ayarlı DC gerilim kaynağının (-) terminaline, sabit dc gerilim bloğunun (GND) uçlarının birleştirin.
- 3- S₁ ve S₂ anahtarlarını kapatarak devreye enerji verin. V_{CC} gerilimini 12V' a ayarlayın.
- 4- P₁' in milini minimumdan maksimuma doğru çevirerek düzenli aralıklarla (örneğin I_B akımı 25µA aralıklı artacak şekilde) V_{BE}, I_B ve I_C ve değerlerini gözlemleyin. Sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- P₁' in belli bir konumundan sonra I_B akımı artsa dahi I_C akımının neredeyse sabit kaldığına dikkat edin. I_C' nin sabit kaldığı bu değeri **I_{Csat}** olarak isimlendirilir. **I_{Csat}**, transistörden bağımsız olup, besleme gerilimine ve kollektöre bağlı olan R_C direncinin değerine bağlıdır. $I_{Csat} = V_{CC}/R_C = 12V/180\Omega \approx 0,066A \approx 66mA$
- 6- Gözlem tablosundaki değerleri kullanarak V_{BE}-I_B, V_{BE}-I_C ve I_B- I_C karakteristik eğrilerini çizin.
- 7- P₁ yardımıyla I_B akımını 25µA' e ayarlayıp sabit bırakın.
- 8- V_{CC} gerilimini 0' dan 12V' a doğru düzenli aralıklarla artırıp, V_{CE} ve I_C değerlerini gözlemleyin. Sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 9- I_B akımının 50µA, 75µA ve 100µA değerleri için aynı işlemleri tekrarlayın.
- 10- Gözlem tablosundaki değerleri kullanarak V_{CE}-I_C karakteristik eğrisini çizin.

Gözlem Tablosu:

V _{CE} = 12V sabit												
V _{BE}												
I _B	0	25µA	50µA	75µA	100µA	125µA	150µA	175µA	200µA	225µA	250µA	275µA
I _C												
β=I _C /I _B												



 $I_B = 25\mu A$ sabit

V_{CE}												
I_C												

 $I_B = 50\mu A$ sabit

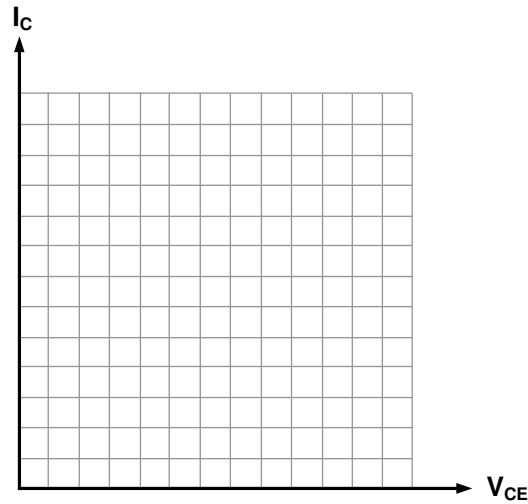
V_{CE}												
I_C												

 $I_B = 75\mu A$ sabit

V_{CE}												
I_C												

 $I_B = 100\mu A$ sabit

V_{CE}												
I_C												



KONU : TRANSİSTÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : TRANSİSTÖR ÖNGERİLİMLEME DEVRELERİ

DENEY NO: 8

Giriş:

Transistörlerin anahtarlama veya yükseltme işlemlerini yerine getirebilmesi için, mutlaka belirli düzeyde akım ve gerilim sağlanmalıdır. Bu işlem “**öngerilimleme**” olarak isimlendirilir. Öngerilimleme işlemi sonucunda, transistörün kollektör akımı ve kollektör-emiter gerilimi istenilen değerlerde seçilmiş olur. Seçilen bu akım ve gerilim değerleri, transistörün sükûnet halindeki “**Q noktası**” veya “**çalışma noktası**” olarak isimlendirilen çalışma şartlarını belirler. Sükûnet hali, transistörlü devrenin girişine herhangi bir işaret uygulanmadığı durumdur.

Q noktasının seçimi transistörlü devrelerde önemli bir yer teşkil etmektedir. Bu seçim transistörün devredeki kullanım amacına göre bir kez yapılır ve sonradan değişmemesi istenir. Bunun sebebi, Q noktasındaki değişimin istenmeyen sonuçlara sebep olmasıdır. Q noktasının değişmesinin birçok nedeni vardır. Besleme geriliminin veya transistöre bağlı direnç değerlerinin değişmesi, Q noktasını belirlenenden başka bir düzeye kaydırır.

Besleme gerilimi ve direnç değerleri sabit kalsa dahi, sıcaklıktaki değişimler Q noktasının kayması için yeterli olmaktadır. Çünkü sıcaklığın transistör parametreleri üzerinde bazı istenmeyen etkileri vardır. Bu etkiler,

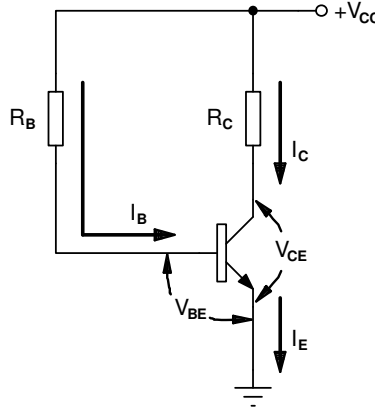
- 1- 1 °C’ lik sıcaklık artışında, beyz-emiter gerilimi 2,5 mV azalır.
- 2- 1 °C’ lik sıcaklık artışında, kaçak kollektör akımı 2 katına çıkar
- 3- Sıcaklık artışı, transistörün doğru akım kazancını (β) artırır.

Tüm bu değişimlerin ortak sonucu olarak, kollektör akımı artış eğilimine girer. Eğer önlem alınmazdysa sıcaklık arttıkça transistörün kollektör akımı da artacak ve Q noktası kayacaktır.

Aynı seriden de olsa her transistör farklı β değerine sahiptir. Devredeki transistörün herhangi bir nedenle değiştirilmesi sonucu β değişebilir ve bu durum da Q noktasının kaymasına neden olabilir.

Transistörün devredeki kullanım amacına bağlı olarak çeşitli öngerilimleme devreleri geliştirilmiştir. Burada bu devrelerden ikisini inceleyeceğiz.

Sabit öngerilimleme devresi



Şekil 8.1: Sabit öngerilimleme devresi

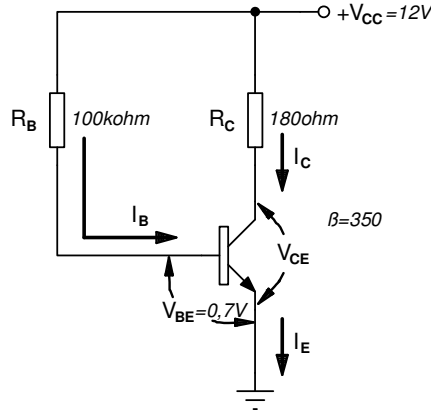
Giriş devresi için, $V_{CC} = V_{RB} + V_{BE} = I_B \cdot R_B + V_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B}$

Çıkış devresi için, $V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} = I_C \cdot R_C + V_{CE} \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$

eşitlikleri geçerlidir.

Sabit öngerilimleme devresinde, transistörün kollektör akımı ve buna bağlı olarak kollektör-emiter gerilimi β' ya doğrudan bağlıdır. Sıcaklık veya transistör değişimi neticesinde β değeri değişeceğinden, kollektör akımı ve buna bağlı olarak da kollektör-emiter gerilimi değişecektir. Bunun anlamı ise, transistörün çalışma noktasının kayacağıdır. Bu durumu bir örnek ile açıklayalım.

Örnek 8.1: Şekildeki sabit öngerilimleme devresine ait çalışma noktasını belirleyelim.



$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(12 - 0,7)V}{100k\Omega} = 0,113mA$$

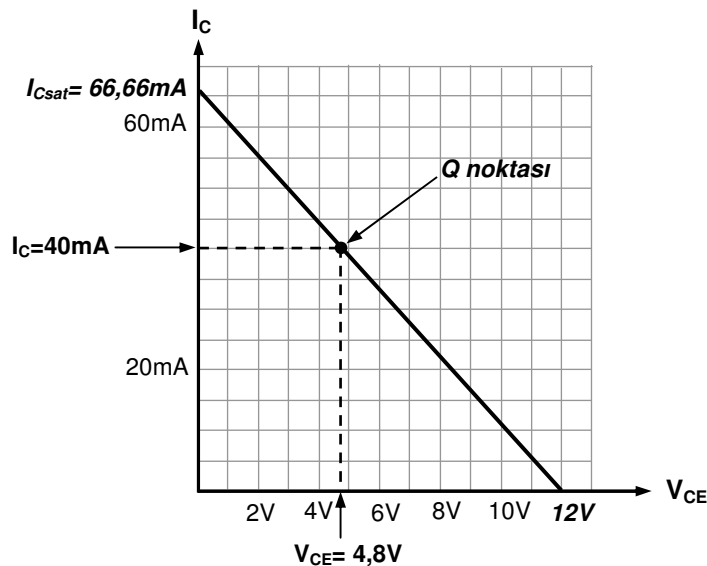
$$I_C = \beta \cdot I_B = 350 \cdot (0,113mA) \approx 40mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - (40mA \cdot 180\Omega) = 12 - 7,2 = 4,8V$$

Çalışma noktasını belirlemek üzere öncelikle V_{CE} - I_C eksenleri üzerine yük doğrusu çizilir. Yük doğrusu, besleme gerilimi ve transistörün çıkış devresindeki direnç veya dirençler tarafından belirlenir. Çalışma noktası bu doğru üzerinde herhangi bir bölgede seçilebilir. Bu doğrunun çizilebilmesi için iki noktaya ihtiyaç vardır. Bu noktalar,

1. nokta $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$ $I_C = 0 \leftrightarrow V_{CE} = 12V$
2. nokta $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C} = \frac{12V}{180\Omega} = 66,66mA$ $I_C = 66,66mA \leftrightarrow V_{CE} = 0$

I_{Csat} : Devre şartlarına bağlı olarak transistörün maksimum kollektör akımını ifade eder.



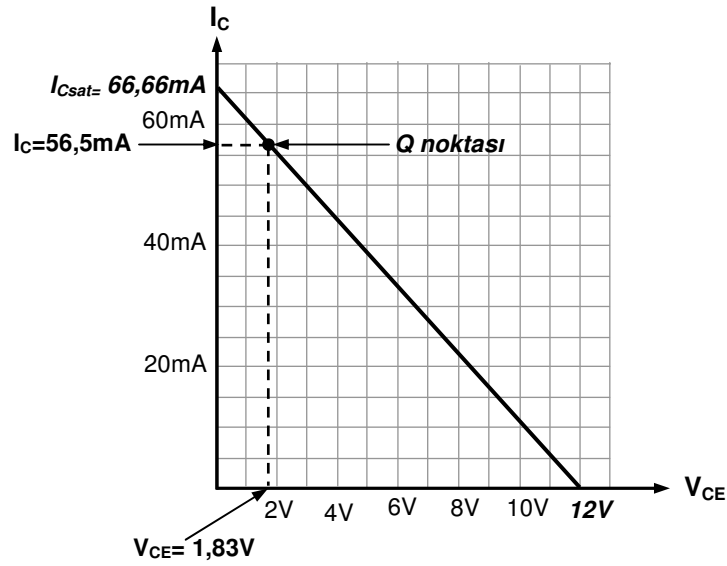
Örnek 8.2: Örnek 8.1' deki devreyi $\beta=500$ için çözüp çalışma noktasını belirleyelim.

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{(12 - 0,7)V}{100k\Omega} = 0,113mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 500 \cdot (0,113mA) = 56,5mA$$

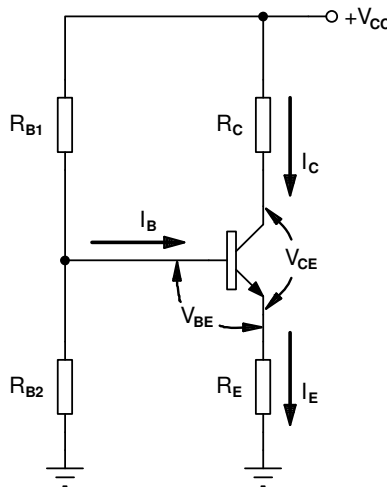
$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - (56,5mA \cdot 180\Omega) = 12 - 10,17 = 1,83V$$

Besleme gerilimi ve transistörün kollektör direnci değişmediğine göre, yük doğrusu örnek 8.1' deki gibi çıkacaktır.



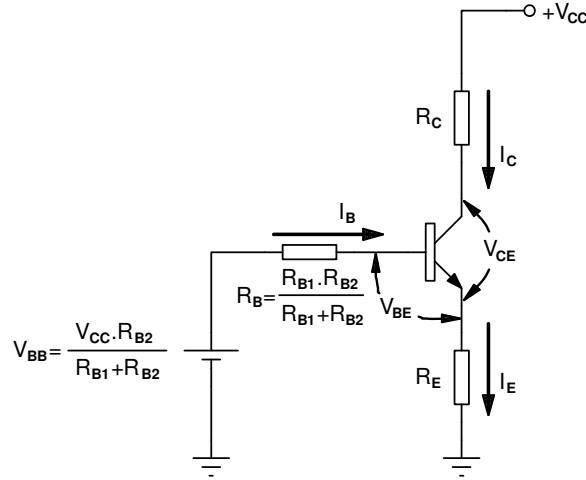
Görüldüğü gibi transistörün β değerinin artması (sıcaklık artışı veya transistörün değiştirilmesi) neticesinde Q noktası önemli ölçüde kaymıştır. Bu yüzden sabit öngerilimleme devresi yükselteç devrelerinde tercih edilmemektedir. Bunun nedeni, Q noktasının kayması neticesinde çıkış sinyalinde distorsiyon yada doğrusallığın bozulması gibi istenmeyen durumların ortaya çıkmasıdır.

Gerilim bölücülü öngerilimleme devresi



Şekil 8.2: Gerilim bölücülü öngerilimleme devresi

Gerilim bölücülü öngerilimleme devresini analiz etmek amacıyla öncelikli olarak eşdeğerini çizmek gerekir.



Şekil 8.3: Gerilim bölücülü öngerilimleme devresinin eşdeğeri

Giriş devresi için,

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (\beta + 1) I_B \cdot R_E$$

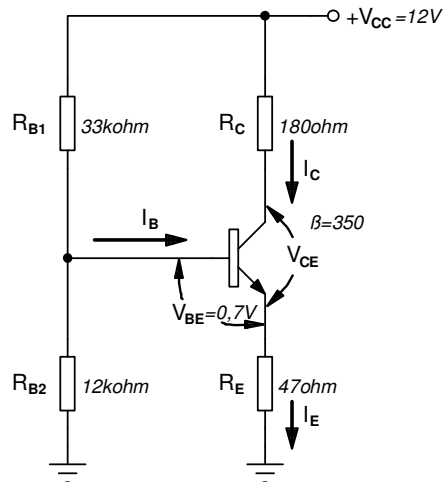
$$V_{BB} = I_B [R_B + (\beta + 1) R_E] + V_{BE} \Rightarrow I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1) R_E}$$

Çıkış devresi için,

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E \Rightarrow V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E)$$

eşitlikleri geçerlidir.

Örnek 8.3: Şekildeki gerilim bölücülü öngerilimleme devresine ait çalışma noktasını belirleyelim.





$$V_{BB} = \frac{V_{CC} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{12 \cdot 12}{33 + 12} = 3,2V$$

$$R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{33 \cdot 12}{33 + 12} = 8,8k\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{3,2 - 0,7}{8,8 + (350 + 1)0,047} = \frac{2,5V}{25,3k\Omega} = 0,0988mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 350 \cdot (0,0988mA) = 34,58mA$$

$$I_E = I_C + I_B = 34,58 + 0,0988 = 34,6788mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E) = 12 - [(34,58 \cdot 180) + (34,6788 \cdot 47)] = 12 - 7,85 = 4,15V$$

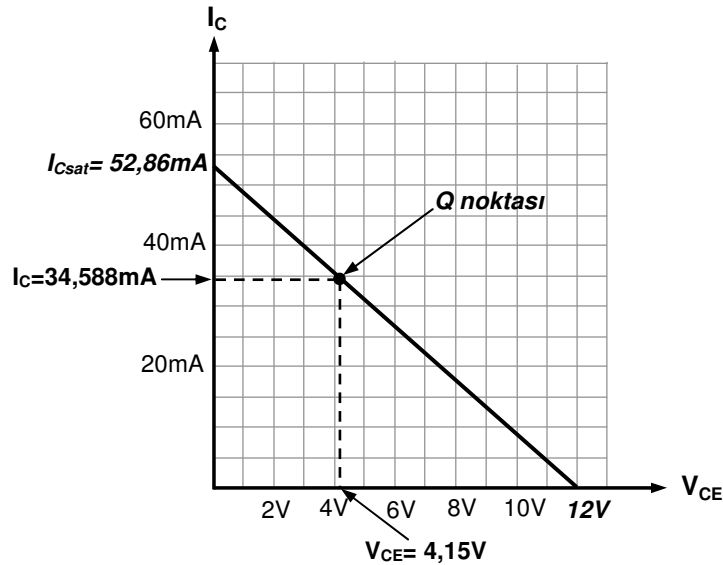
Yük doğrusunun çizimi için kullanılacak noktalar,

1. nokta $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$

$I_C = 0 \Leftrightarrow V_{CE} = 12V$

2. nokta $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{12V}{(180 + 47)\Omega} = 52,86mA$

$I_C = 52,86mA \Leftrightarrow V_{CE} = 0$





Örnek 8.4: Örnek 8.3' deki devreyi $\beta=500$ için çözüp çalışma noktasını belirleyelim.

$$V_{BB} = \frac{V_{CC} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{12 \cdot 12}{33 + 12} = 3,2V$$

$$R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{33 \cdot 12}{33 + 12} = 8,8k\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{3,2 - 0,7}{8,8 + (500 + 1)0,047} = \frac{2,5V}{32,34k\Omega} = 0,0773mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 500 \cdot (0,0773mA) = 38,65mA$$

$$I_E = I_C + I_B = 38,65 + 0,0773 = 38,7273mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E) = 12 - [(38,65 \cdot 180) + (38,7273 \cdot 47)] = 12 - 8,777 = 3,223V$$

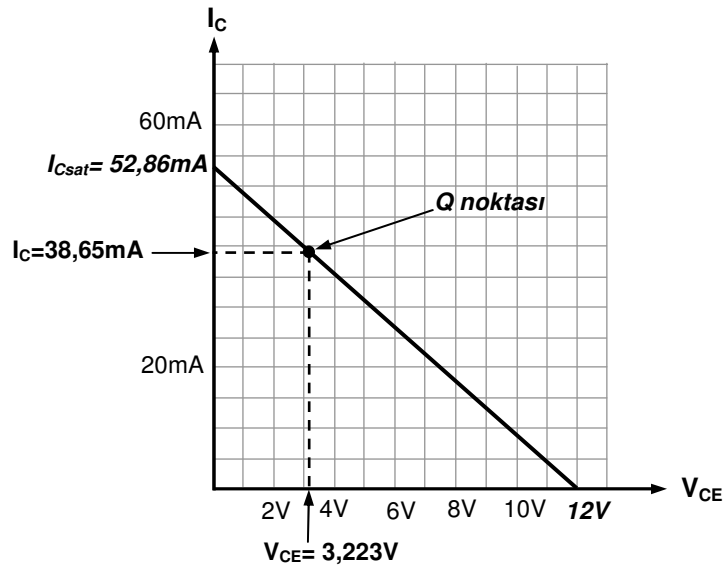
Yük doğrusunun çizimi için kullanılacak noktalar,

1. nokta $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$

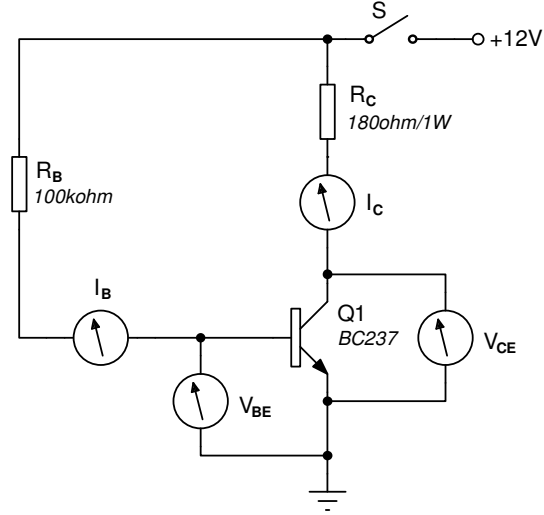
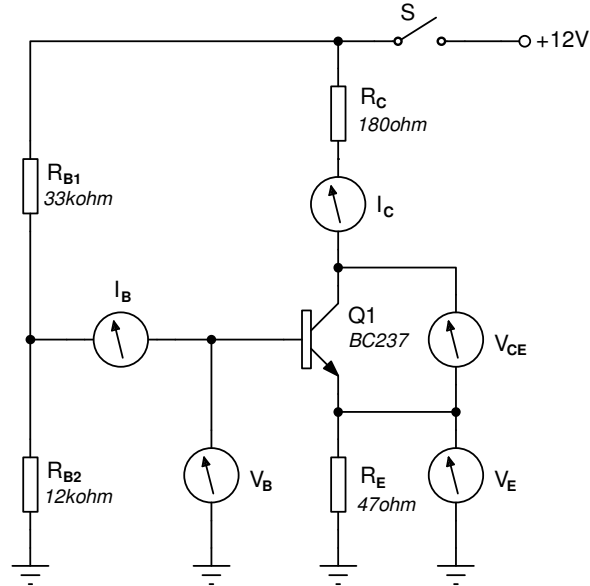
$I_C = 0 \Leftrightarrow V_{CE} = 12V$

2. nokta $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = I_{Csat} = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} = \frac{12V}{(180 + 47)\Omega} = 52,86mA$

$I_C = 52,86mA \Leftrightarrow V_{CE} = 0$



β ' daki %43' lük artış neticesinde, sabit öngerilimleme devresinde kollektör akımı aynı oranda artırıyorken, gerilim bölücülü öngerilimleme devresindeki kollektör akımı sadece %11 düzeyinde artmıştır. Neticede, gerilim bölücülü öngerilimleme devresinin β ' ya olan bağımlılığı çok azdır. Bu üstünlüğü ile özellikle yükselteç devrelerinde en çok tercih edilen öngerilimleme devresidir.

**Deney Şeması:****-a- Sabit Öngerilileme Devresi****-b- Gerilim Bölücülü Öngerilileme Devresi**

**Deneyin Yapılışı:****Sabit Öngerilileme Devresi (Deney Şeması -a-)**

- 1- EL-1002 modülünü ana üniteye yerleştirin ve C bloğunu bulun.
- 2- Jumper ayarlarını yaparak Q_1 transistörünü devreye alın.
- 3- S anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 4- V_{BE} , I_B , I_C , ve V_{CE} değerlerini ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- Jumper ayarlarını yaparak Q_1 transistörünü devreden çıkarıp Q_2 transistörünü devreye alın.
- 6- S anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 7- V_{BE} , I_B , I_C , ve V_{CE} değerlerini ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 8- Her iki transistör için aldığınız ölçüm sonuçlarını karşılaştırıp, β' daki değişimin transistörün çalışma şartlarını nasıl etkilediğini yorumlayın.

Gerilim Bölücülü Öngerilileme Devresi (Deney Şeması -b-)

- 9- EL-1002 modülünü ana üniteye yerleştirin ve D bloğunu bulun.
- 10- Jumper ayarlarını yaparak Q_1 transistörünü devreye alın.
- 11- S anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 12- V_B , I_B , I_C , V_E ve V_{CE} değerlerini ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 13- Jumper ayarlarını yaparak Q_1 transistörünü devreden çıkarıp Q_2 transistörünü devreye alın.
- 14- S anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 15- V_B , I_B , I_C , V_E ve V_{CE} değerlerini ölçerek sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 16- Her iki transistör için aldığınız ölçüm sonuçlarını karşılaştırıp, β' daki değişimin transistörün çalışma şartlarını nasıl etkilediğini yorumlayın.

Gözlem Tablosu:

	Q ₁ devrede	Q ₂ devrede
V_{BE}		
I_B		
I_C		
V_{CE}		
$\beta = I_C / I_B$		

Sabit Öngerilileme Devresi

	Q ₁ devrede	Q ₂ devrede
V_B		
I_B		
I_C		
V_E		
V_{CE}		
$\beta = I_C / I_B$		

Gerilim Bölücülü Öngerilileme Devresi

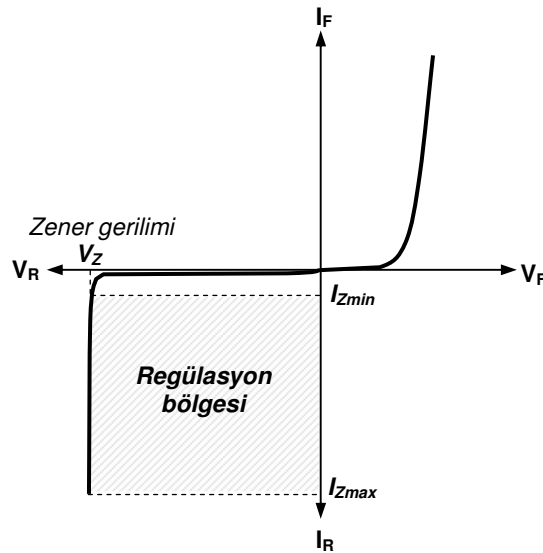
KONU : ZENER DİYOT DENEYLERİ
DENEY ADI : ZENER DİYOT KARAKTERİSTİĞİNİN ÇIKARTILMASI

DENEY NO: 9

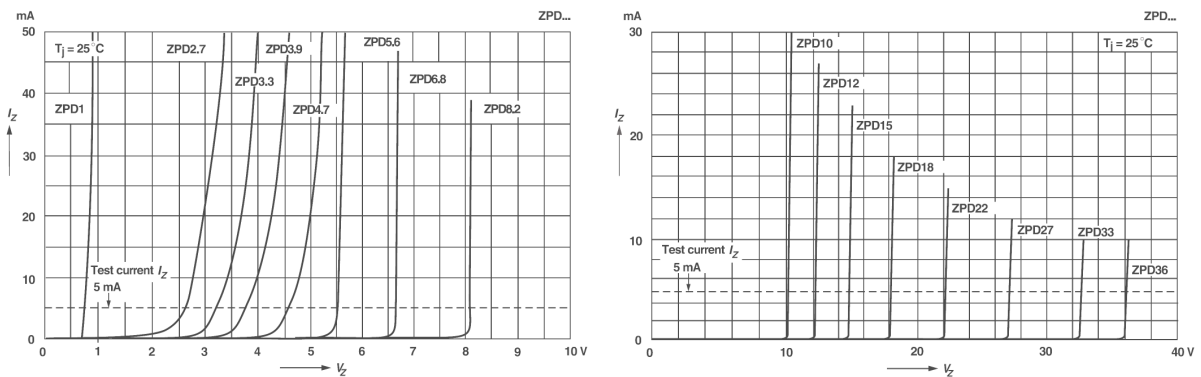
Giriş: Ters polarma altında çalışan ve gerilim regülasyonu amacıyla kullanılan devre elemanlarıdır. Doğru polarma altında normal diyot özelliği gösterirler. Ters polarma gerilimi zener diyot üzerinde yazan değeri aştığında, zener olayı gerçekleşir ve normal diyotların aksine akım geçmeye başlar. Geçen bu akımın bir direnç yardımıyla sınırlandırarak zener diyotun zarar görmesi engellenmelidir. Değişik gerilim ve güç değerlerinde imal edilen çok çeşitli zener diyotlar vardır.



Şekil 9.1 : Zener diyotun sembolü ve çeşitli zener diyot görünüşleri



Şekil 9.2 : Zener diyotun sembolü ve karakteristik eğrisi

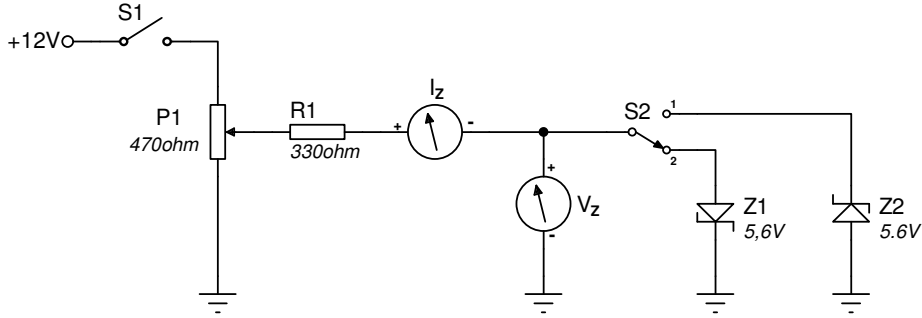


Şekil 9.3 : Değişik gerilim değerlerine sahip zener diyot karakteristikleri (sadece ters polarma)



Karakteristik eğriden kolayca anlaşılacağı gibi ters polarma gerilimi zener gerilimini aştığında, eleman yüksek değerlerde akım geçirmeye başlar. Bu nedenle zener diyotlar mutlaka bir öndirençle birlikte kullanılıp üzerinden geçen akım sınırlandırılmalı ve zarar görmesi engellenmelidir. Kullanılacak öndirenç, zener diyot üzerinden en azından 5mA'lık bir akım (I_{Zmin}) geçişine izin vermeli ve aynı zamanda yük akımını karşılamalıdır. Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta da, öndirenç ve zener diyot üzerinde harcanacak güç miktarlarının sınır değerleri aşmaması gerektirir.

Deney Şeması:



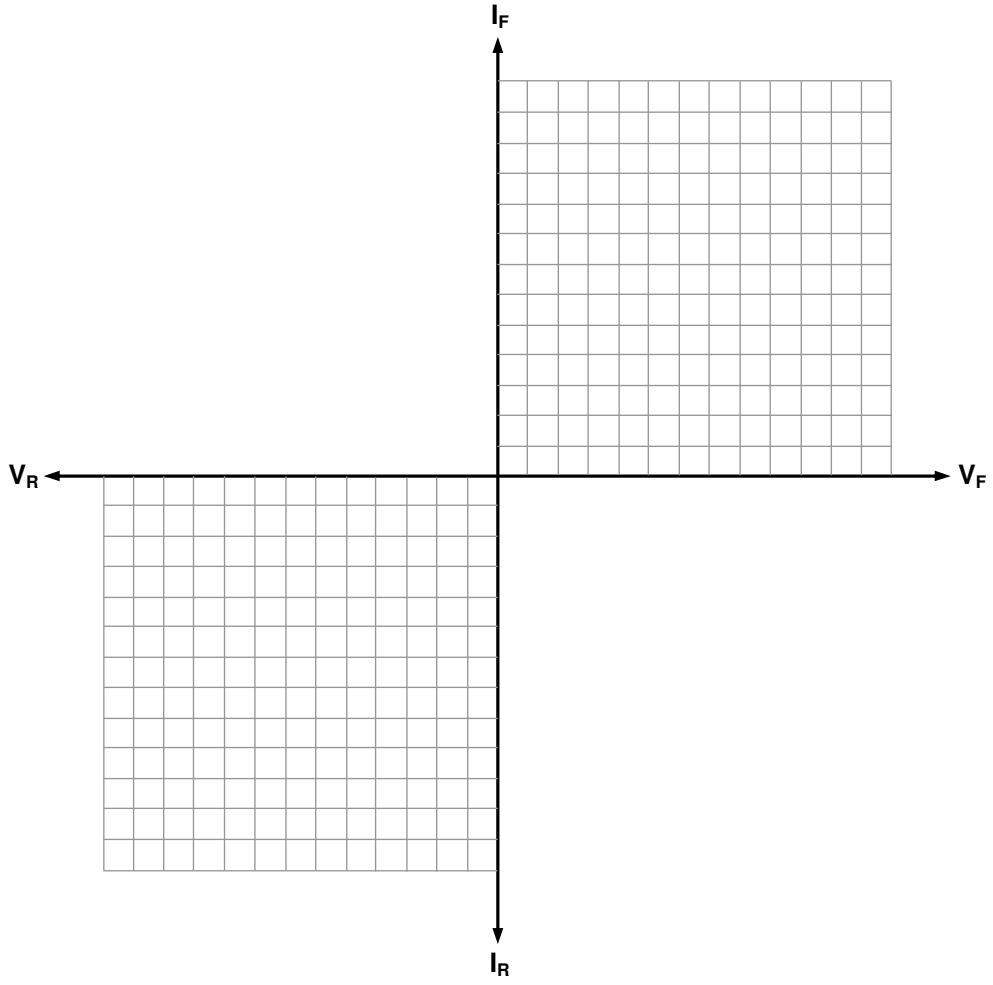
Deneyin Yapılışı:

- 1- **EL-1001** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **M** bloğunu bulun.
- 2- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- Zener diyotun doğru polarma karakteristiğini çıkarmak üzere, S_2 anahtarını 2 nolu konuma alın.
- 4- P_1 potansiyometresini minimumdan maksimuma doğru çevirip, düzenli aralıklarla diyot gerilimi (V_Z) ve diyot akımını (I_Z) ölçüp sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- V_Z ve I_Z için ölçülen değerleri grafik üzerinde işaretleyerek, zener diyotun doğru polarma karakteristiğini çizin.
- 6- Zener diyotun ters polarma karakteristiğini çıkarmak üzere, S_2 anahtarını 1 nolu konuma alın.
- 7- P_1 potansiyometresini minimumdan maksimuma doğru çevirip, düzenli aralıklarla diyot gerilimi (V_Z) ve diyot akımını (I_Z) ölçüp sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 8- V_Z ve I_Z için ölçülen değerleri grafik üzerinde işaretleyerek, zener diyotun ters polarma karakteristiğini çizin.

Gözlem Tablosu:

Doğru Polarma										
$V_Z (V_F)$										
$I_Z (I_F)$										

Ters Polarma										
$V_Z (V_R)$										
$I_Z (I_R)$										

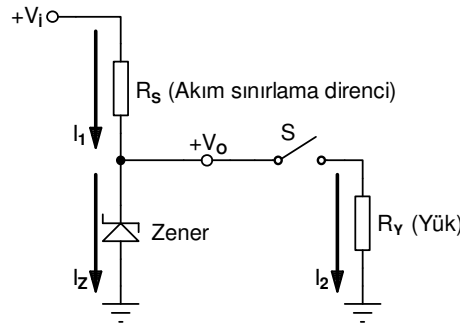


KONU : ZENER DİYOT DENEYLERİ
DENEY ADI : ZENER DİYOTLU REGÜLATÖR DEVRESİ

DENEY NO: 10

Giriş:

Şebeke gerilimi ve yük akımındaki dalgalanmalar neticesinde, doğrultucu devrelerinin çıkışındaki dc gerilimin seviyesi de değişmektedir. Böyle bir güç kaynağı tarafından beslenen elektronik devrelerin çalışma şartlarında bazı olumsuzlukların ortaya çıkması neredeyse kaçınılmaz bir durumdur. Bu olumsuz durumu ortadan kaldırmak amacıyla regülatör devreleri kullanılmaktadır. Regülatör devrelerinin görevi, giriş gerilimi ya da yük akımında (belli sınırlar dâhilinde) meydana gelen değişimlere rağmen, çıkış gerilimini sabit tutmaktır. Bu amaçla üretilmiş çeşitli entegre devreler olmasına rağmen, zener diyotlu regülatör devreleri halen kullanılmaya devam etmektedir. Şekil 10.1’ de zener diyotlu basit bir regülatör devresi görülmektedir. V_I , regülesiz dc giriş gerilimini ve V_O , regüleli dc çıkış gerilimini ifade etmektedir.



Şekil 10.1 : Zener diyotlu temel regülatör devresi

Devrede kullanılacak zenerin değeri yükün çalışma gerilimine göre seçilmelidir. Örneğin yükün ihtiyaç duyduğu besleme gerilimi 10V ise zener diyot da 10V’ luk olmalıdır. Regülesiz dc giriş geriliminin değeri ise, zener diyot geriliminin altına düşmemelidir. Çünkü böyle bir durumda zener diyot açık devre özelliği gösterecek ve çıkış gerilimi akım sınırlama direnci ve yük direnci tarafından belirlenen bir değer olacaktır.

Akım sınırlama direncinin (R_S) değeri, regülesiz dc giriş geriliminin en küçük değerinde (zener geriliminden küçük olmamak koşuluyla) bile minimum zener akımı ve yük akımını karşılayacak şekilde seçilmelidir. Diğer önemli bir nokta ise, regülesiz giriş geriliminin maksimum değerinde, buna karşılık yükün devrede olmadığı (S anahtarı açık) durumdur. Bu durumda, yükten geçmesi gereken akım da zener diyot üzerinden geçeceğinden, zener üzerinde harcanan güç önemli ölçüde artacak ve doğru seçim yapılmadıysa eleman bozulma riski altında kalacaktır.

Örnek 10.1: Aşağıda verilen değerlere göre regülatör devresini dizayn edelim.

$$V_I = 12V \sim 16V$$

$$V_O = 10V$$

$$I_{Zmin} = 5mA$$

$$R_Y = 500\Omega$$

R_S direncinin değeri minimum giriş gerilimi için,

$$V_Z = V_O = 10V$$

$$I_2 = \frac{V_O}{R_Y} = \frac{V_Z}{R_Y} = \frac{10V}{500\Omega} = 20mA$$

$$I_1 = I_{Zmin} + I_2 = 5 + 20 = 25mA$$

$$R_S = \frac{V_{Imin} - V_Z}{I_1} = \frac{(12 - 10)V}{25mA} = 80\Omega$$

R_S direnci üzerinde harcanacak en fazla güç, maksimum giriş geriliminde ortaya çıkmaktadır.

$$V_{Smax} = V_{Imax} - V_Z = 16 - 10 = 6V$$

$$I_{1max} = \frac{V_{Smax}}{R_S} = \frac{6V}{80\Omega} = 75mA$$

$$P_{Smax} = V_{Smax} \cdot I_{Smax} = 6.0.075 = 0,45W = 450mW$$

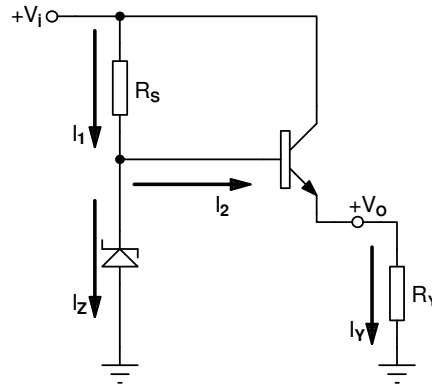
Zener üzerinde harcanacak maksimum güç değeri, giriş geriliminin maksimum seviyede ve anahtarın açık yani yükün devreden çıkarıldığı durumda ortaya çıkmaktadır. Bu durumda yükten geçmesi gereken akım da zener üzerinden geçecektir.

$$I_{Zmax} = I_{1max} = 75mA$$

$$P_{Zmax} = V_Z \cdot I_{Zmax} = 10.0.075 = 0,75W = 750mW$$

Hesaplama sonuçlarına göre, R_S direnci **80Ω** ve en az **1/2W** değerinde, zener diyot **10V** ve en az **1W** değerinde seçilmelidir.

Şekil 10.1' de verilen temel regülatör devresi ile akım ihtiyacı yüksek olan yükleri beslemek doğru değildir. Zira 20mA gibi yüksek sayılamayacak düzeyde akım çeken bir yük için bile, öndirenç ve zener üzerinde oldukça fazla güç harcamaları açığa çıkmaktadır. Bu olumsuzlukları ortadan kaldırmak üzere şekil 10.2' deki devreyi kullanmak daha uygun olacaktır.



Şekil 10.2 :Transistör çıkışlı zener diyot regülatör devresi

Devredeki transistör akım kazancı sağlayarak, yük için gerekli olan akımı kendi üzerinden verir. Böylece, zener ve seri öndirenç üzerindeki güç harcaması minimuma indirilir. Gerilim izleyici olarak kullanılmış olan transistörün emiter gerilimi yaklaşık olarak beyz gerilimine eşit olup, buna göre çıkış gerilimi,

$$V_o = V_Z - V_{BE} \approx V_Z - 0,7 \approx V_Z$$

Örnek 10.2: Aşağıda verilen değerlere göre transistörlü regülatör devresini dizayn edelim.

$$V_i = 12V \sim 16V$$

$$V_o = 10V$$

$$I_{Zmin} = 5mA$$

$$R_Y = 50\Omega$$

$$\beta = 200$$

- R_Y direncinin değerinin düştüğüne ve yük akımının 200mA' e yükseleceğine dikkat edin.



R_S direncinin değeri minimum giriş gerilimi için,

$$V_Z \approx V_O = 10V$$

$$I_Y = \frac{V_O}{R_Y} \approx \frac{V_Z}{R_Y} = \frac{10V}{50\Omega} = 200mA$$

$$I_2 = \frac{I_Y}{(\beta + 1)} = \frac{200mA}{(200 + 1)} \approx 1mA$$

$$I_1 = I_{Zmin} + I_2 = 5 + 1 = 6mA$$

$$R_S = \frac{V_{imin} - V_Z}{I_1} = \frac{(12 - 10)V}{6mA} \approx 330\Omega$$

R_S direnci üzerinde harcanacak maksimum güç,

$$V_{Smax} = V_{imax} - V_Z = 16 - 10 = 6V$$

$$I_{1max} = \frac{V_{Smax}}{R_S} = \frac{6V}{330\Omega} \approx 18mA$$

$$P_{Smax} = V_{Smax} \cdot I_{Smax} = 6.0,018 = 0,108W = 108mW$$

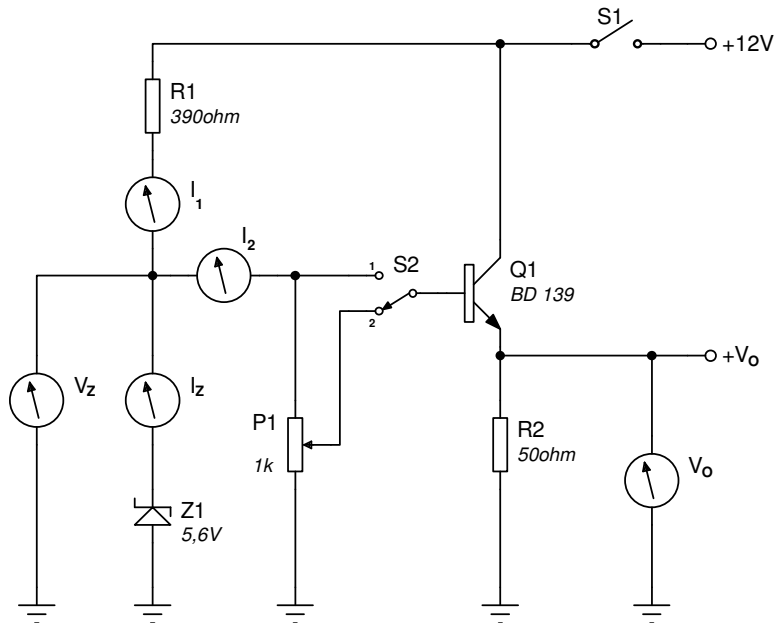
Zener üzerinde harcanacak maksimum güç değeri,

$$I_{Zmax} = I_{1max} = 18mA$$

$$P_{Zmax} = V_Z \cdot I_{Zmax} = 10.0,018 = 0,18W = 180mW$$

Hesaplama sonuçlarına göre, R_S direnci **330 Ω 1/4W** değerinde, zener diyet **10V 1/4W** değerinde seçilmelidir.

Deney Şeması:



**Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1001** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **J** bloğunu bulun.
- 2- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- S_2 anahtarını 1 nolu konuma alın. Bu konum için çıkış gerilimi sabit değerli olacaktır. ($V_O \approx +5V$)
- 4- S_2 anahtarını 2 nolu konuma alın. Bu konum için çıkış gerilimi ayarlı olacaktır. ($V_O \approx 0V \sim +5V$)
- 5- Gözlem tablosunda verilen ölçümleri yapınız.

Gözlem Tablosu:

	S_2 1 nolu konumda	S_2 2 nolu konumda		
		P_1 minimum	P_1 ortada	P_1 maksimum
I_1				
I_2				
I_Z				
V_Z				
V_O				

KONU : SES YÜKSELTEÇ DENEYLERİ
DENEY ADI : A SINIFI YÜKSELTEÇ DEVRESİ

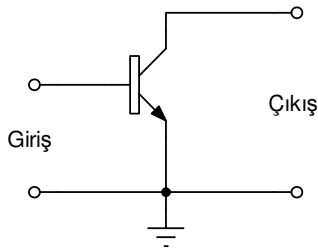
DENEY NO: 11

Giriş:

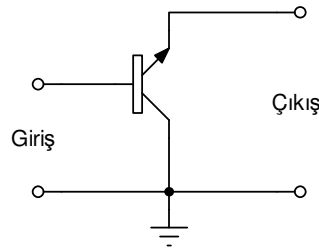
Yükselteç devreleri, transistörlerin en çok kullanıldığı uygulama alanıdır. Bu devrelerin görevi, girişlerine uygulanan ac sinyalin akım ve/veya gerilim değeri olarak genliğini yükseltmektir. Ses yükselteçleri ise insan kulağının algılama sınırları dahilindeki (20Hz~20kHz aralığı) ac sinyalleri kuvvetlendirir.

Yükselteç devreleri, transistörün devreye bağlanış şekline bağlı olarak üç ana gruba ayrılır. Giriş ve çıkış sinyalleri açısından ortak olan transistör ucu bağlantıya ismini verir.

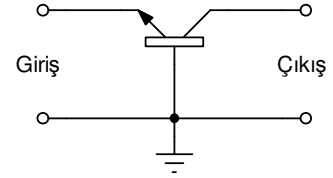
- 1- Emiteri şase (ortak) bağlantı
- 2- Kollektörü şase (ortak) bağlantı
- 3- Beyzi şase (ortak) bağlantı



Emiteri şase bağlantı



Kollektörü şase bağlantı



Beyzi şase bağlantı

Şekil 11.1 : Montaj şekline göre yükselteç çeşitleri

Yükselteç türü	Beyzi şase	Emiteri şase	Kollektörü şase
Giriş-çıkış faz farkı	0°	180°	0°
Gerilim kazancı	Yüksek	Orta	Düşük
Akım kazancı	Düşük	Orta	Yüksek
Güç kazancı	Düşük	Yüksek	Orta
Giriş empedansı	Düşük	Orta	Yüksek
Çıkış empedansı	Yüksek	Orta	Düşük

Tablo 11.1 : Montaj şekline göre yükselteç çeşitlerinin karşılaştırılması

Emiteri şase bağlantı, ses yükselteç devrelerinde en çok kullanılan devre şekli olarak karşımıza çıkmaktadır.

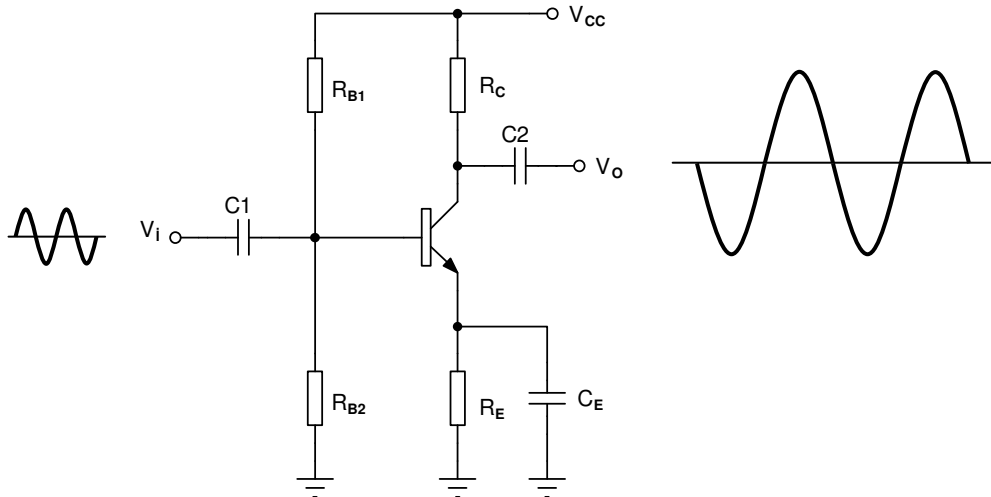
Yükselteç devrelerini, sinyal yükseltme şekli açısından da gruplandırmak mümkündür. Yükseltecin çalışma sınıfı transistöre uygulanan öngerilim ile alakalıdır. Buna bağlı olarak, giriş sinyalinin ne kadarının çıkışa yükseltilerek aktarılacağı belirlenir.

- 1- **A sınıfı yükselteç:** Girişe uygulanan sinyalin tamamı kuvvetlendirilir. (360°)
- 2- **B sınıfı yükselteç:** Girişe uygulanan sinyalin yarı saykılı (pozitif veya negatif alternansı) kuvvetlendirilir. (180°)
- 3- **AB sınıfı yükselteç:** A sınıfı ve B sınıfı çalışmanın arasında kuvvetlendirme yapar. ($180^\circ \sim 360^\circ$)
- 4- **C sınıfı yükselteç:** Girişe uygulanan sinyalin yarı saykılından bir bölümü kuvvetlendirilir. ($<180^\circ$)

Ses yükselteç devreleri, giriş sinyalinin özelliklerinin bozulmadan çıkıştan alınması amacıyla A sınıfı yada B sınıfı Push-Pull (simetrik transistörlü) şeklinde düzenlenir.

A sınıfı ses yükselteci:

A sınıfı ses yükselteç devreleri, girişine uygulanan ses sinyalin tamamını yükseltme özelliğine sahiptir. Bu amaçla, devrede kullanılan transistörün çalışma noktası yük doğrusunun orta kısımlarında seçilerek, çıkış sinyalinin pozitif ve negatif yönlü salınımlarının eşit düzeyli olması sağlanır. Ancak, giriş sinyali olmadığı durumlar da bile transistörün iletimde olması, A sınıfı yükseltecin düşük verimle çalışmasına neden olmaktadır. Diğer yandan, giriş sinyalinin aşırı değerler alması durumunda, çıkış sinyalinde doyum veya kesim nedeniyle tek ya da iki yönlü bozulmalar meydana gelecektir.



Şekil 11.2 : A sınıfı emiteri şase yükselteç devresi ve giriş-çıkış sinyalleri

Şekil 11.2' de görülen yükselteç devresindeki C_1 ve C_2 kondansatörleri, ac sinyalin geçişine izin verirken dc gerilimi bloke ederler. R_E direnci, bir yandan transistörün çalışma noktasının kararlılığına yardımcı olurken, diğer taraftan yükseltecin ac gerilim kazancını düşürmektedir. C_E kondansatörü, ac sinyaller açısından R_E direncini bypass ederek, devrenin ac sinyal kazancının düşmesini engeller.

Yükselteç devresinin dc çalışma şartları,

$$V_{BB} = V_{RB} + V_{BE} + V_{RE} = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (\beta + 1)I_B \cdot R_E$$

$$V_{BB} = I_B [R_B + (\beta + 1)R_E] + V_{BE}$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E}$$

$$I_C = \beta \cdot I_B$$

$$V_{CC} = V_{RC} + V_{CE} + V_{RE} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E$$

$$V_{CE} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C + I_E \cdot R_E)$$

şeklinde olur

Yükselteç devrelerinde, çıkış sinyalinin giriş sinyaline oranı “**gerilim kazancı**” olarak ifade edilir. Şekil 11.2’ deki yükselteç devresinin ac gerilim kazancı,

$$\frac{V_o}{V_i} = A_v = - \frac{R_c}{(R_E // X_{CE}) + r_e} \text{ eşitliği ile bulunur.}$$

X_{CE} : C_E kondansatörünün empedansı (ac direnci)

r_e : Transistörün beyz-emiter ac direnci olup, $r_e = \frac{26}{I_E (\text{mA})}$ formülü ile hesaplanabilir.

Bypass kondansatörü (C_E) kullanılmıyorsa, yükseltecin ac gerilim kazancı,

$$A_v = - \frac{R_c}{R_E + r_e}$$

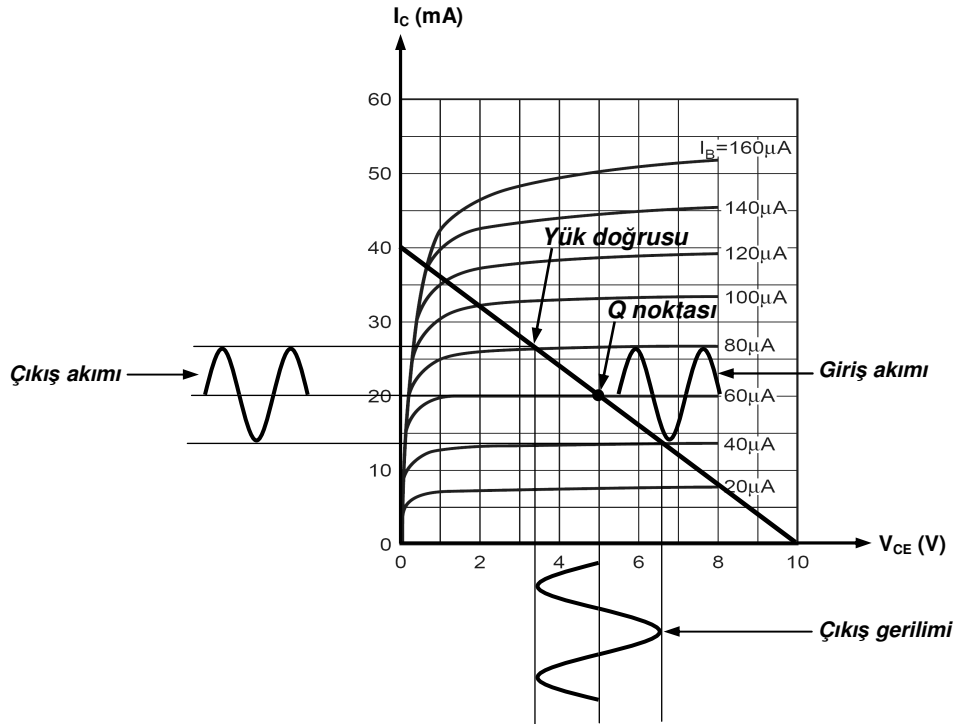
eşitliği ile hesaplanır. Görüldüğü gibi, C_E kondansatörünün empedansı ortadan kalktığından dolayı devrenin gerilim kazancı düşmektedir.

Eğer emiter direnci (R_E) kullanılmıyorsa, yükseltecin ac gerilim kazancı

$$A_v = - \frac{R_c}{r_e}$$

eşitliği ile hesaplanır. Bu durumda devrenin gerilim kazancının artacağı açıkça görülmektedir. Ancak, R_E direncinin kaldırılmasıyla transistörün çalışma noktasının olumsuz yönde etkilenip kayabileceği unutulmamalıdır.

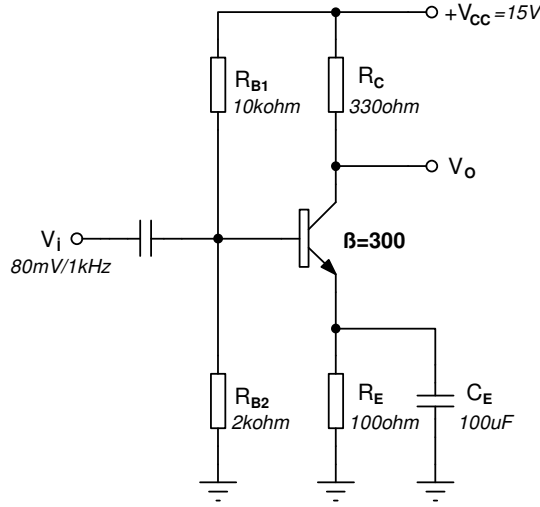
Eşitliklerdeki (-) işareti, giriş ve çıkış sinyalleri arasında 180° faz farkı olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 11.3 : Şekil 11.2’ deki devre için örnek çalışma şartları



Örnek 11.1: Şekilde verilen A sınıfı emiteri şase yükselteç devresinin kazancını hesaplayarak çıkış ucundaki sinyalin osilaskop ekranındaki görüntüsünü çiziniz.



$$V_{BB} = \frac{V_{CC} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{15 \cdot 2}{10 + 2} = 2,5V$$

$$R_B = \frac{R_{B1} \cdot R_{B2}}{R_{B1} + R_{B2}} = \frac{10 \cdot 2}{10 + 2} = 1,667k\Omega$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta + 1)R_E} = \frac{2,5 - 0,7}{1,667 + (300 + 1)0,1} = 0,0566mA$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 300 \cdot (0,0566mA) = 16,98mA$$

$$I_E = (\beta + 1) \cdot I_B = (300 + 1) \cdot 0,0566 = 17,036mA$$

$$V_E = I_E \cdot R_E = 17,036 \cdot 0,1 \approx 1,7V$$

$$V_C = V_{CC} - V_{RC} = V_{CC} - (I_C \cdot R_C) = 15 - (16,98 \cdot 0,33) = 9,4V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 9,4 - 1,7 = 7,7V$$

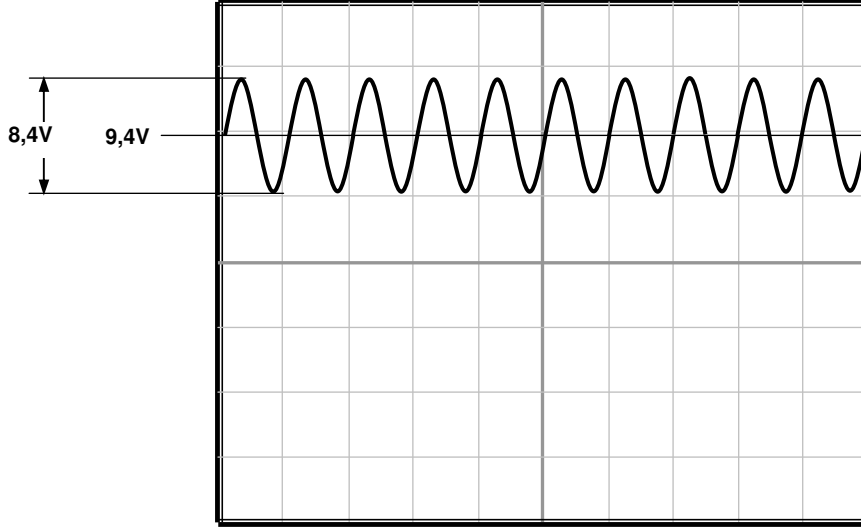
$$f = 1kHz \Rightarrow X_{CE} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1000 \cdot 100 \cdot 10^{-6}} = 1,59\Omega$$

$$r_e = \frac{26}{I_E} = \frac{26}{17,03} \approx 1,53\Omega$$

$$A_v = -\frac{R_C}{(R_E \parallel X_{CE}) + r_e} = -\frac{330}{(100 \parallel 1,59) + 1,53} = -\frac{330}{1,565 + 1,59} \approx -105$$

$$V_i = 80mV_{pp} \Rightarrow V_o = A_v \cdot V_i = -105 \cdot 80mV_{pp} = -8,4V_{pp}$$

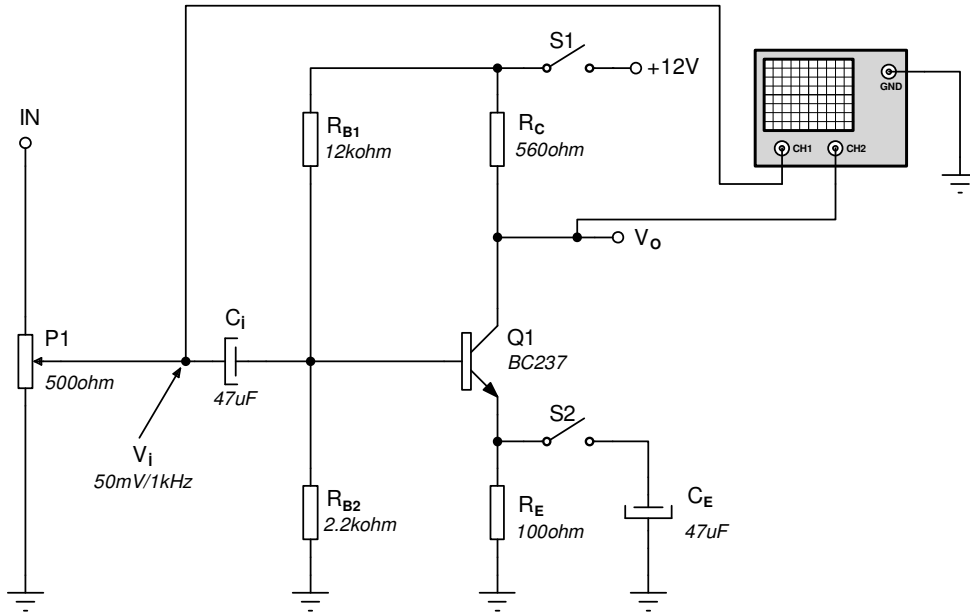
Yükselteç devresinin çıkış ucunda yani transistörün kollektör ucunda, **9,4V** dc gerilim (V_C) üzerinde **8,4V_{PP}** (tepeden tepeye) 1kHz ac sinyal görülecektir.



C_E kondansatörü çıkarıldığında devrenin kazancı,

$$A_v = -\frac{R_C}{R_E + r_e} = -\frac{330}{100 + 1,53} = -3,25 \text{ olmaktadır. Kazancın önemli ölçüde düştüğüne dikkat edin.}$$

Deney Şeması:



**Deneyin Yapılışı:**

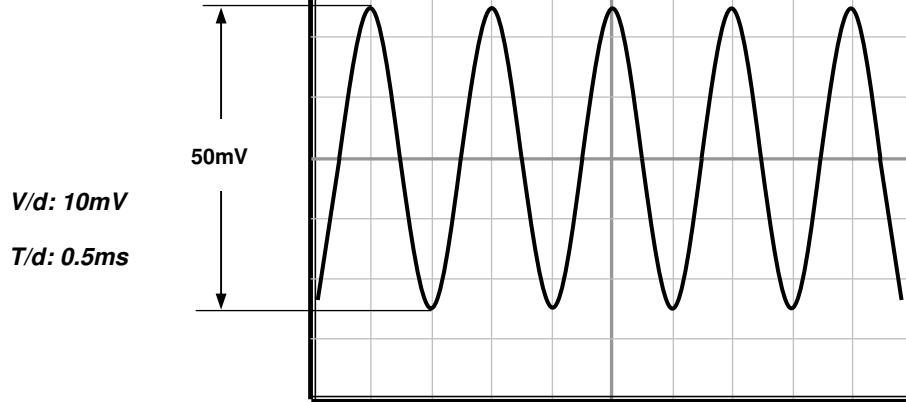
- 1- **EL-1002** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **B** bloğunu bulun.
- 2- Devrenin dc çalışma noktasına ait büyüklükleri hesaplayıp, sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 3- **Bypass kondansatörünün (C_E) devrede olduğunu** düşünerek devrenin ac gerilim kazancını hesaplayıp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 4- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 5- Devrenin dc çalışma noktasına ait büyüklükleri ölçüp, sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 6- S_2 anahtarını kapatarak **bypass kondansatörünü (C_E) devreye alın.**
- 7- P_1 potansiyometresini kullanarak devrenin girişine **$50mV_{pp}/1kHz$** sinüs dalga sinyal uygulayın.
- 8- Devrenin çıkışını osilaskop (**DC konumda**) ile ölçerek, çıkış sinyalini çiziniz.
- 9- Ölçtüğünüz çıkış sinyalinin giriş sinyaline oranını hesaplayıp, sonucu kazanç (A_V) olarak gözlem tablosuna kaydedin.
- 10- **Bypass kondansatörünün (C_E) devreden çıkarıldığını** düşünerek devrenin ac gerilim kazancını hesaplayıp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 11- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 12- Devrenin dc çalışma noktasına ait büyüklükleri ölçüp, sonuçları gözlem tablosuna kaydedin.
- 13- S_2 anahtarını açarak **bypass kondansatörünü (C_E) devreden çıkarın.**
- 14- P_1 potansiyometresini kullanarak devrenin girişine **$50mV_{pp}/1kHz$** sinüs dalga sinyal uygulayın.
- 15- Devrenin çıkışını osilaskop (**DC konumda**) ile ölçerek, çıkış sinyalini çiziniz.
- 16- Ölçtüğünüz çıkış sinyalinin giriş sinyaline oranını hesaplayıp, sonucu kazanç (A_V) olarak gözlem tablosuna kaydedin.

Gözlem Tablosu:

	S_2 kapalı (C_E devrede)		S_2 açık (C_E devre dışı)	
	Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	Ölçülen
V_B				
I_B				
I_C				
I_E				
V_E				
V_{CE}				
r_e				
A_V				



V_i (Giriş sinyali)

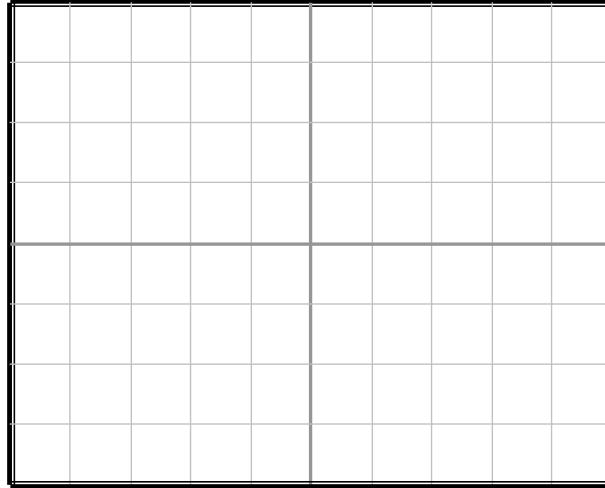


V_o (Çıkış sinyali)

C_E devrede

$V/d:$

$T/d:$

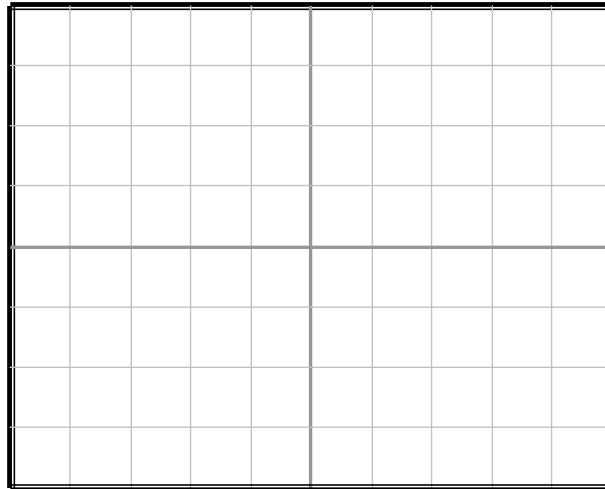


V_o (Çıkış sinyali)

C_E devre dışı

$V/d:$

$T/d:$



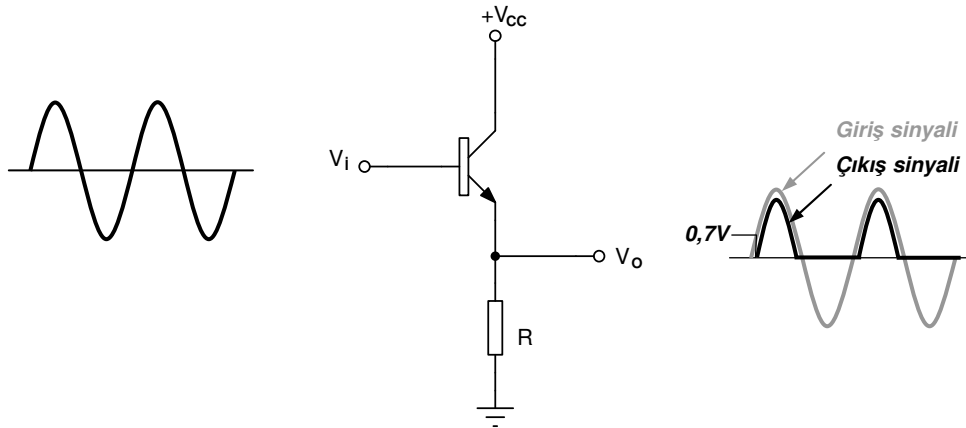
KONU : SES YÜKSELTEÇ DENEYLERİ
DENEY ADI : B SINIFI YÜKSELTEÇ DEVRESİ

DENEY NO: 12

Giriş:

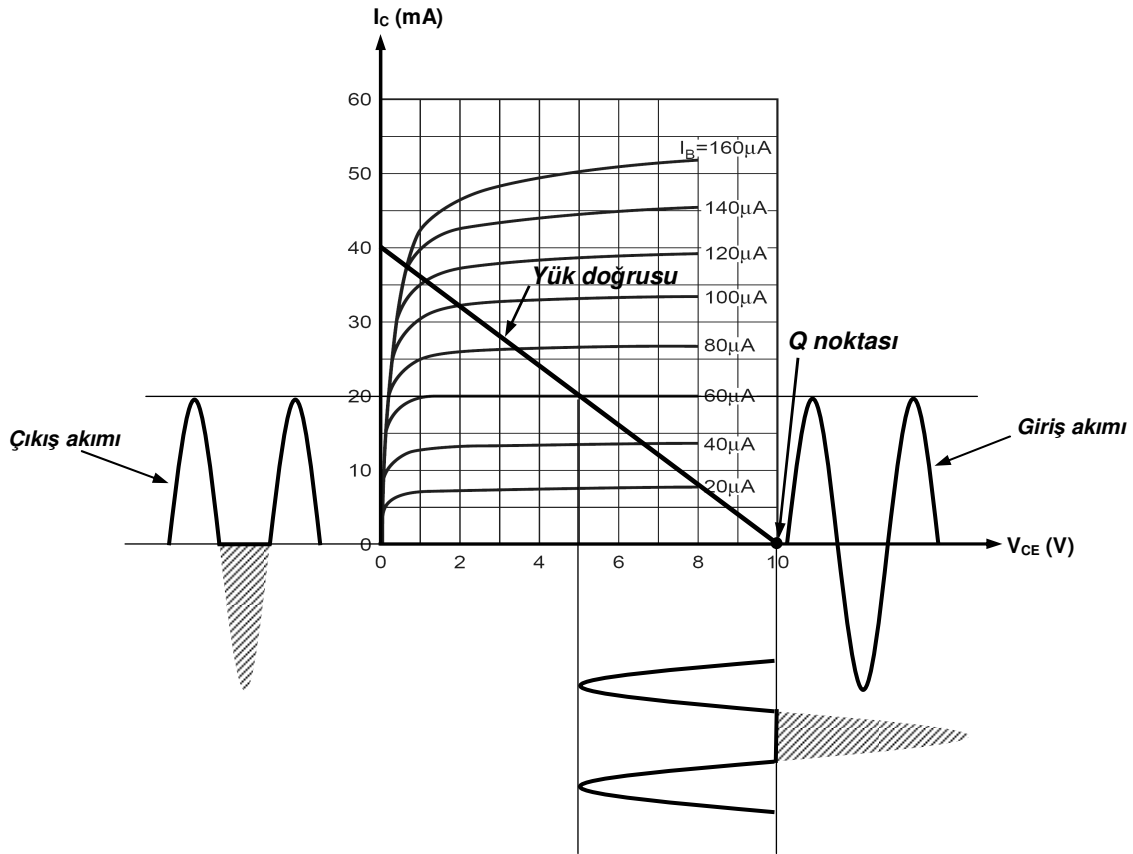
B sınıfı ses yükselteçleri, girişine uygulanan ses sinyalin yarı saykılını (pozitif veya negatif alternansını) yükseltme özelliğine sahip devrelerdir. Devrede kullanılan transistörün çalışma noktası yük doğrusunun kesim (cutoff) noktasında seçilir. Transistör, A sınıfı çalışmada giriş sinyali olmadığında bile iletimde olduğu halde, B sınıfı çalışmada sadece ac giriş sinyali varken iletime geçmektedir. Bunun anlamı, B sınıfı yükselteçlerin A sınıfı yükselteçlere kıyasla daha verimli çalıştığıdır. Çünkü giriş sinyali olmadığında transistör kesimde olacağından güç kaynağı üzerinden akım çekmeyecek ve herhangi bir güç harcaması olmayacaktır. Bu olumlu yanına rağmen, giriş sinyalinin sadece yarı saykılını yükseltmesi olumsuzluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer yarı saykılın çıkışta görülmemesi ses sinyalinin bozulmasına neden olur. Bu sebeple, B sınıfı ses yükselteç devreleri biri npn diğeri pnp olmak üzere simetrik iki transistörün "**Push-Pull**" adı verilen özel bir bağlantısıyla gerçekleştirilir. Bu bağlantı sayesinde, giriş sinyalinin pozitif alternansları npn transistör ve negatif alternansları pnp transistör tarafından yükseltilerek, çıkış sinyalinin aslına benzer olması sağlanır.

Giriş işareti olmadığında transistörlerin kesimde olması nedeniyle veriminin yüksek olması ve çıkış gücünün iki transistöre bölünerek her bir transistör için daha az güç harcanması B sınıfı Push-Pull yükselteçlerin avantajları olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu avantajları nedeniyle özellikle güç yükselteç devrelerinde B sınıfı Push-Pull bağlantı tercih edilmektedir.



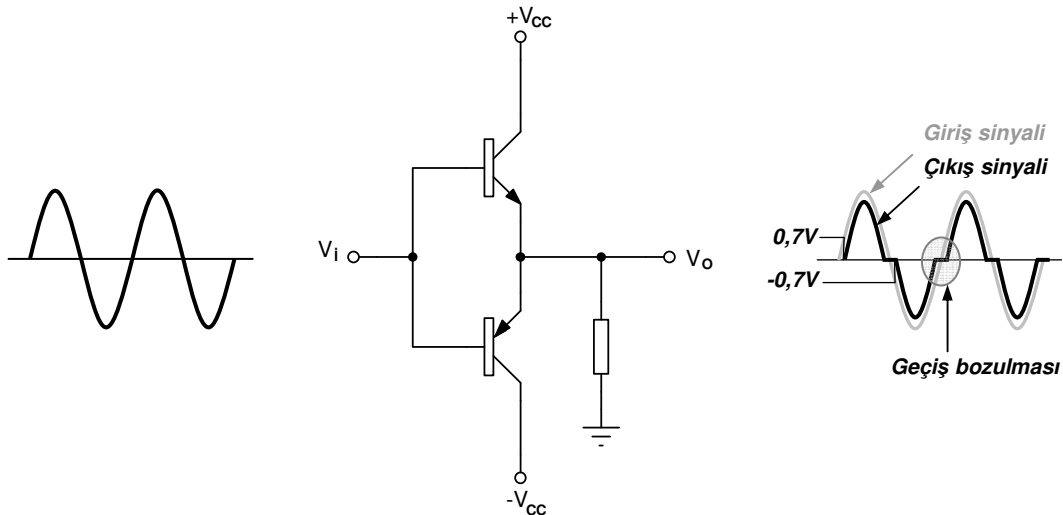
Şekil 12.1 : B sınıfı kollektörü şase yükselteç devresi ve giriş-çıkış sinyalleri

Şekil 12.1' de görülen kollektörü şase B sınıfı yükselteç devresi görülmektedir. Dikkat edilirse, transistörün beyz ucu dc öngerilim almamaktadır. Bu nedenle, giriş sinyali olmadığında transistör kesimde kalmaktadır. Yine beyz öngerilimlemesi olmadığından, transistör giriş sinyalinin sadece pozitif alternanslarında ve bu alternansların eşik gerilimi ($V_T=0,7V$) üzerindeki değerlerinde iletkin olur. Transistör, kollektörü şase yada diğer adıyla gerilim izleyici olarak bağlanmıştır. Beyz ucundan verilen giriş sinyalinin pozitif alternansları, çıkış ucu olan emiterden hemen hemen aynı genlikte ($0,7V$ eksik) alınır.



Şekil 12.2 : Şekil 12.1' deki devre için örnek çalışma şartları

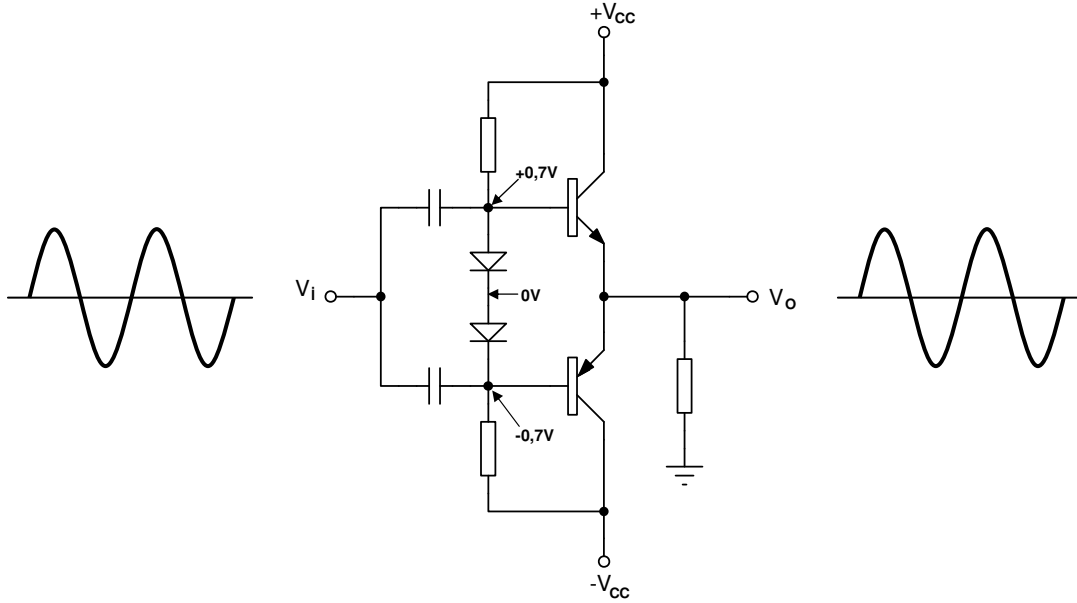
Giriş sinyalinin tamamını yükseltmek üzere B sınıfı Push-Pull yükselteçler kullanılır. Böyle bir devre şekil 12.3' de görülmektedir.



Şekil 12.3 : B sınıfı Push-Pull yükselteç devresi ve giriş-çıkış sinyalleri

Devrede, giriş sinyalinin pozitif alternansları npn transistör ve negatif alternansları da pnp transistör tarafından kuvvetlendirilmektedir. Ancak her iki transistörün eşik gerilimi nedeniyle "geçiş bozulması" (crossover distortion) meydana gelir.

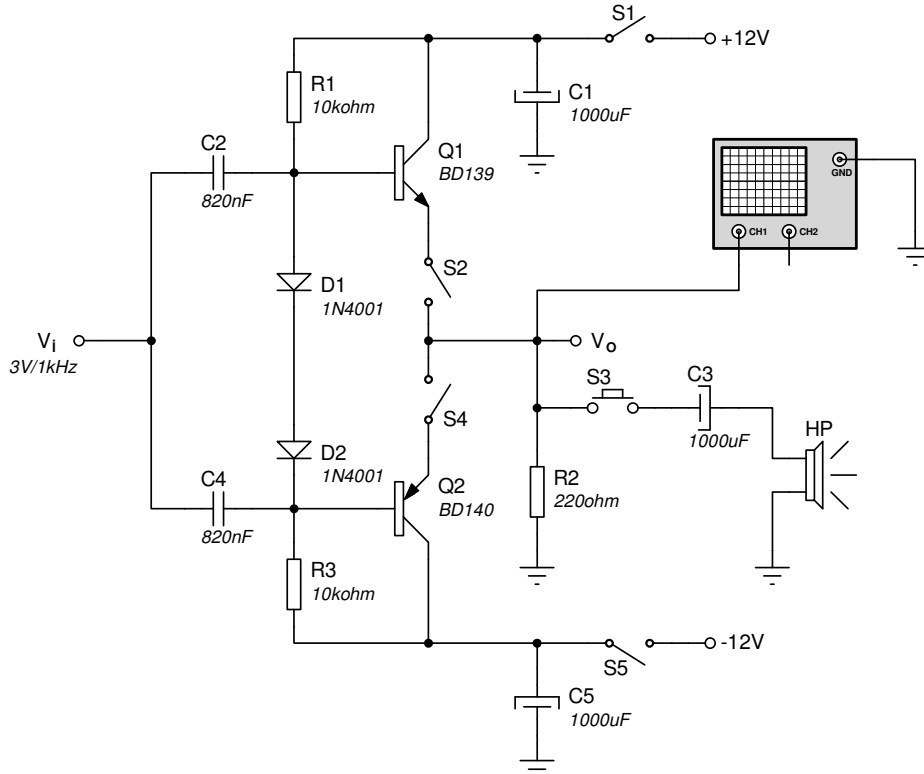
Push-Pull yükselteç devresinde görülen geçiş bozulmasını gidermek ve çıkıştan alınan yükseltilmiş sinyalin giriş sinyali ile aynı özellikleri taşımasını sağlamak üzere şekil 12.4' deki devre kullanılır.



Şekil 12.4 : Geçiş bozulması giderilmiş B sınıfı Push-Pull yükselteç devresi ve giriş-çıkış sinyalleri

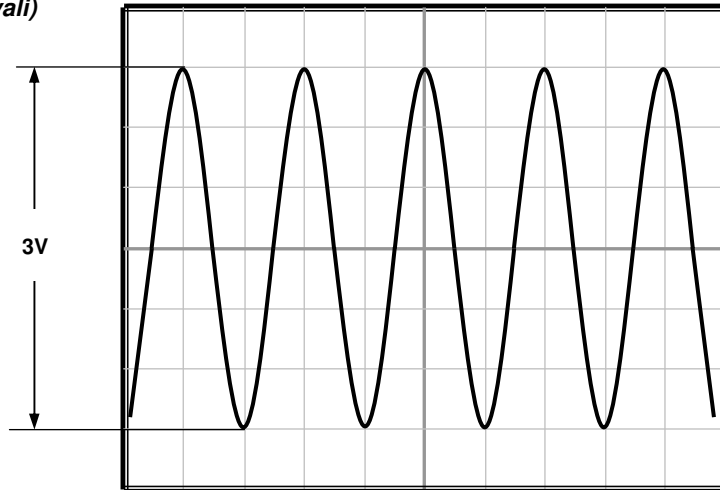
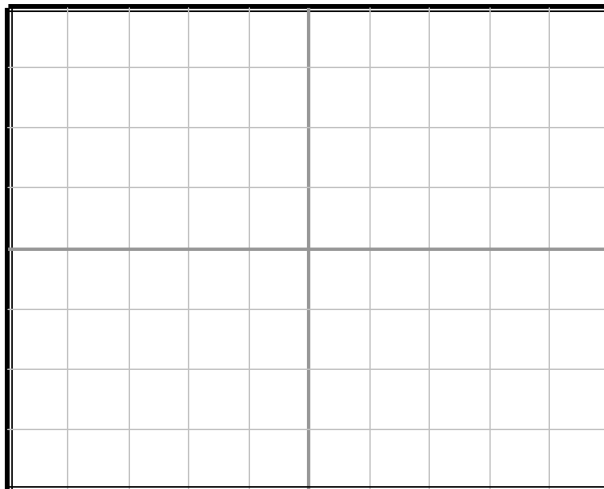
Şekil 12.4' deki devrede, diyotlar yardımıyla her iki transistörün beyzinde eşik seviyesinde gerilim düşümleri meydana getirilmiştir. Böylece giriş sinyalinin pozitif alternansının tamamında npn transistör ve negatif alternansının tamamında da pnp transistör yükseltme işlemini gerçekleştirir.

Deney Şeması:



**Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1002** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **E** bloğunu bulun.
- 2- S_1 ve S_5 anahtarlarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- Devrenin girişine **3V_{pp}/1kHz** sinüs dalga sinyal uygulayın.
- 4- S_4 anahtarını açıp S_2 anahtarını kapatarak, Q_1 (npn) transistörünü devreye alın. Osilaskopla çıkış sinyalini ölçerek sadece pozitif alternansların yükseltildiğini gözlemleyin.
- 5- S_2 anahtarını açıp S_4 anahtarını kapatarak, Q_2 (pnp) transistörünü devreye alın. Osilaskopla çıkış sinyalini ölçerek sadece negatif alternansların yükseltildiğini gözlemleyin.
- 6- S_2 ve S_4 anahtarlarını birlikte kapatarak, Q_1 ve Q_2 transistörlerinin her ikisini de devreye alın. Osilaskopla çıkış sinyalini ölçerek hem pozitif hem de negatif alternansların yükseltildiğini gözlemleyin.
- 7- Devre gerilim izleyici olarak düzenlendiğinden, çıkış sinyalinin genliği giriş sinyali ile aynı seviyeli olacaktır. Bu devredeki yükseltme işlemi akım bazında olmaktadır.
- 8- S_3 butonuna basarak, hoparlörü devreye alın ve çıkış sinyalini gözlemleyin.

Gözlem Tablosu: **V_i (Giriş sinyali)** **$V/d: 0.5V$** **$T/d: 0.5ms$**  **V_o (Çıkış sinyali)** **S_2 kapalı S_4 açık
(Q_1 devrede)** **$V/d:$** **$T/d:$** 

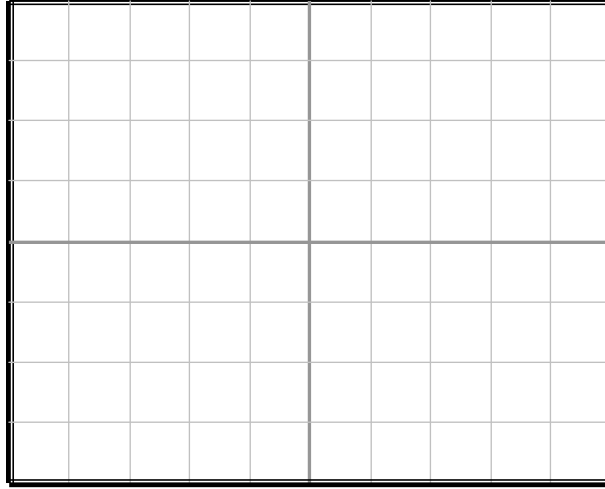


V_o (Çıkış sinyali)

**S_2 açık S_4 kapalı
(Q_2 devrede)**

$V/d:$

$T/d:$

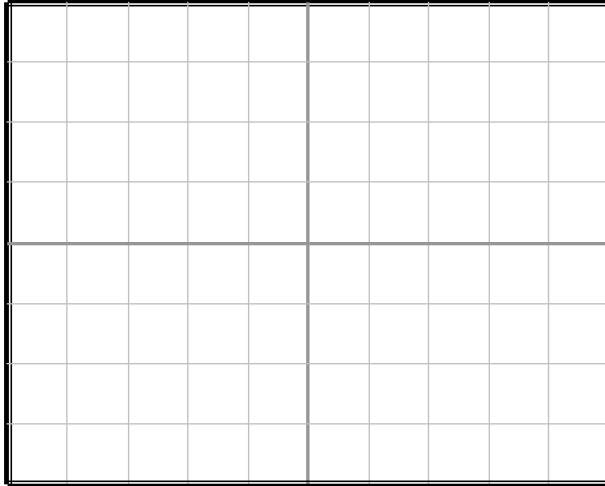


V_o (Çıkış sinyali)

**S_2 ve S_4 kapalı
(Q_1 ve Q_2 devrede)**

$V/d:$

$T/d:$



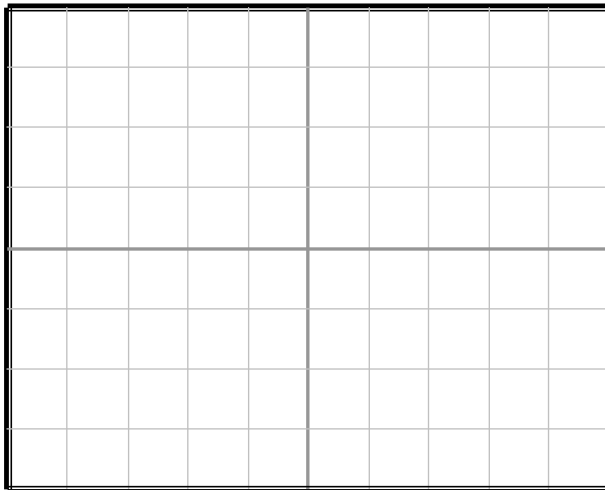
V_o (Çıkış sinyali)

**S_2 ve S_4 kapalı
(Q_1 ve Q_2 devrede)**

Hoparlör devrede

$V/d:$

$T/d:$



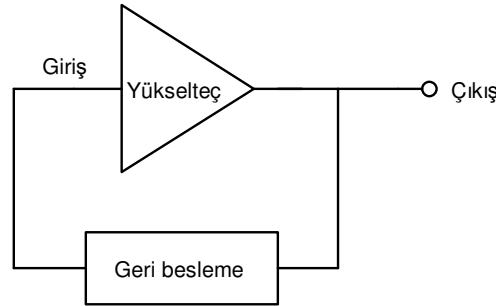
KONU : TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : RC FAZ KAYMALI OSİLATÖR

DENEY NO: 13

Giriş:

Herhangi bir giriş işaretine ihtiyaç duymaksızın, kendiliğinden ac sinyal üreten devreler “**osilatör**” olarak isimlendirilir. Osilatörler, çıkışındaki sinyalin formuna bağlı olarak sinüs dalga, kare dalga, üçgen dalga, testere dişi dalga ve pals osilatörü gibi isimler alırlar.

Osilasyonun (salınım) gerçekleşebilmesi için, yeterli kazançla sahip bir yükselteç devresi kullanılması ve pozitif geribesleme yapılması gereklidir. Pozitif geri besleme, çıkış sinyalinin bir kısmının girişle aynı fazlı olarak osilatör girişine uygulanmasıdır. Bu özellikleri ile osilatör, pozitif geri beslemeli bir yükselteç devresi olarak tanımlanabilir. Osilatörün blok yapısı şekil 13.1’ de görülmektedir.

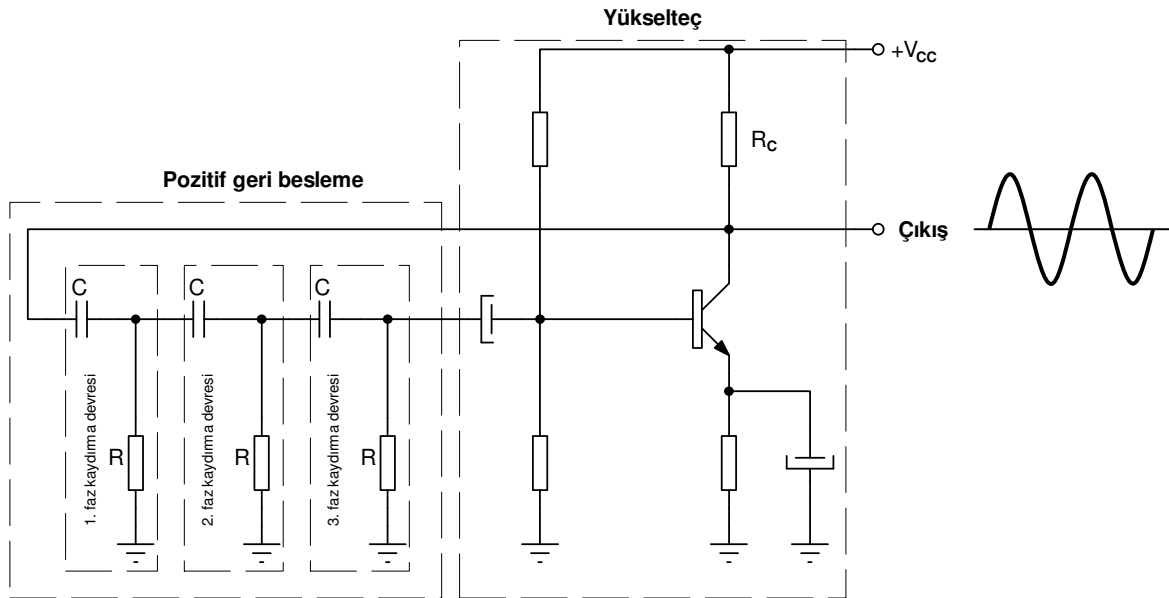


Şekil 13.1 : Osilatörün blok şeması

Bir osilatörden beklenen en önemli özellikler, frekans karalılığı ve sabit çıkış genliğidir. Bu parametreler, besleme gerilimi, sıcaklık ve yük değişimlerinden kolaylıkla etkilenebilmektedir.

Osilatörler, osilasyonu belirleyen giriş devresinin yapısına bağlı olarak değişik şekilde tasarlanabilirler. RC (direnç-kondansatör) osilatörler, LC (bobin-kondansatör) osilatörler, kristal osilatörler vb.

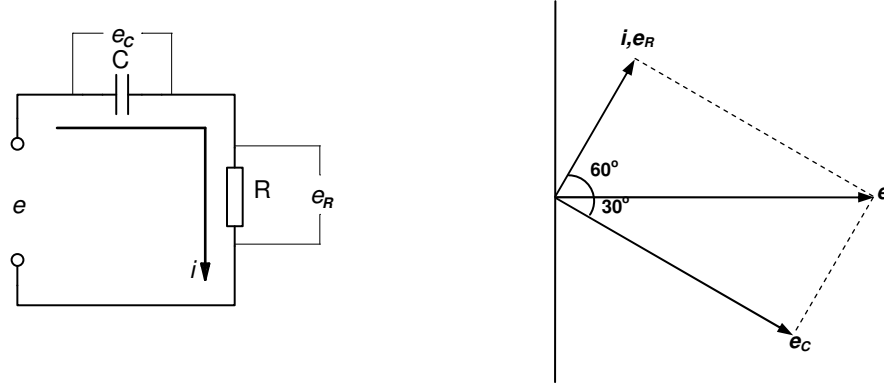
RC faz kaymalı osilatör



Şekil 13.2 : RC faz kaymalı osilatör devresi ve çıkış sinyali

Şekil 13.2' de görülen transistörlü RC faz kaymalı osilatör, temelde emiteri şase A sınıfı bir yükselteç devresidir. Yükselteç emiteri şase olduğundan dolayı, transistörün kollektör ucundaki çıkış sinyali ile beyz ucundaki giriş sinyali arasında 180° faz farkı bulunmaktadır. Yükseltecin çıkışından girişine, üç adet RC faz kaydırma devresi yardımıyla geri besleme yapılmıştır. Her bir RC devresi 60° lik bir faz kayması sağlamakta ve toplamda 180° lik bir faz kayması ortaya çıkmaktadır. Çıkış sinyalinin fazı RC faz kaydırma bölümü tarafından 180° kaydırıldığına göre, geri besleme sinyali ile giriş arasındaki toplam faz farkı $180^\circ + 180^\circ = 360^\circ = 0^\circ$ olacaktır. RC faz kaydırma bölümü üzerinden yükseltecin çıkışından girişine yapılan geri besleme, giriş sinyali ile aynı fazda olduğundan pozitif geri beslemedir. Pozitif geri besleme, yükselteç kazancını artırmakta ve girişe harici bir sinyal uygulanmasa dahi çıkıştan ac bir sinyal alınmasını sağlamaktadır.

Burada değinilmesi gereken bir diğer durum ise, çıkış sinyal genliğinin sınırlandırılmasıdır. Bu işlem geri beslemeyi düzenleyen RC faz kaydırma bölümü tarafından sağlanmaktadır. Tek bir RC faz kaydırma bölümüne ait akım-gerilim değerleri şekil 13.3' de vektörel olarak görülmektedir.



Şekil 13.3 : RC faz kaydırma devresi ve devreye ait akım-gerilim ilişkileri

Kondansatör ve direnç seri bağlı olduklarından, her ikisinden geçen akım değeri aynı olup, kondansatör geriliminden 90° ileridedir. Direnç üzerindeki gerilim, giriş geriliminden 60° ileride ve kondansatör üzerindeki gerilim giriş geriliminden 30° geridedir. Sonuç olarak direnç üzerinden alınacak çıkış gerilimi ile girişe uygulanan gerilim arasında 60° lik bir faz farkı meydana gelmektedir. Bununla beraber direnç üzerinden alınan çıkış geriliminin değeri,

$$\cos(60^\circ) = \frac{e_R}{e} \Rightarrow e_R = e \cdot \cos(60^\circ) = e \cdot 0,5 \Rightarrow e_R = \frac{e}{2}$$

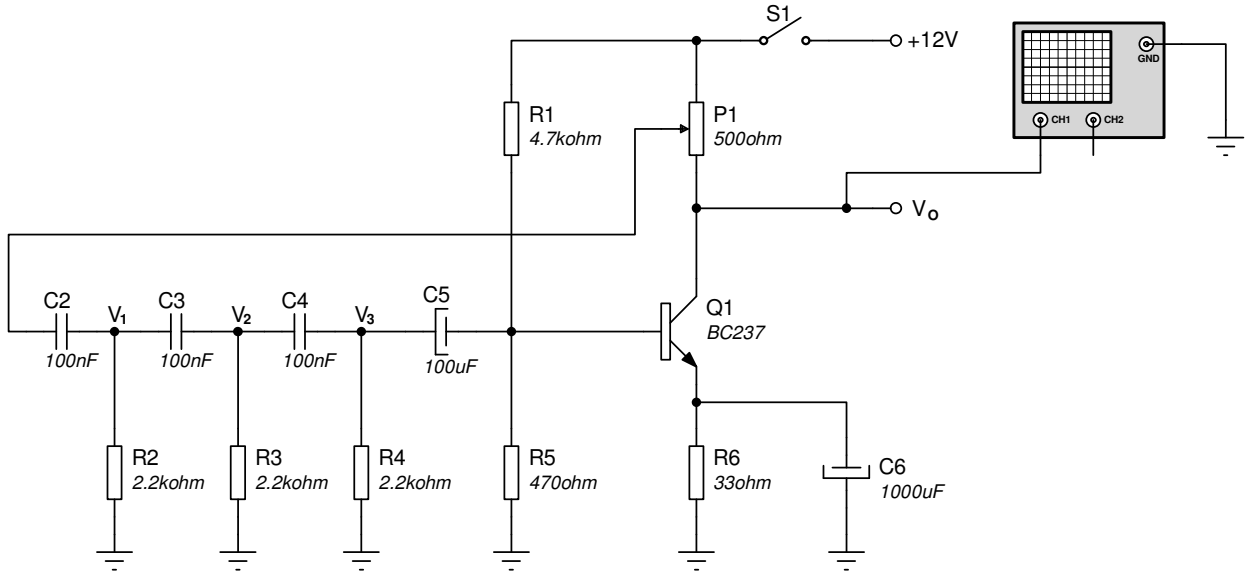
olup, giriş geriliminin yarı değerine düşmüştür. Her bölümde $1/2$ oranında zayıflatma olacağına göre, teorik olarak üç adet RC faz kaydırma devresinin çıkış gerilimi, girişine uygulanan gerilimin $1/8$ i değerinde olacaktır. Ancak, her RC devresi kendinden önceki bölümü yükleyeceğinden, toplam çıkış gerilimi daha düşük seviyeli olmaktadır. Aynı sebepten dolayı, her kat tam olarak 60° lik faz kaydırması yapmamakla beraber, toplam faz kayması 180° olarak gerçekleşmektedir.

Osilatör çıkışındaki sinüs sinyalin frekansı ise,

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot C \cdot \sqrt{6 \cdot R^2 + 4 \cdot R \cdot R_C}} \quad \text{dir.}$$

RC osilatör devreleri çok karalı olmayan, ısı, yük ve besleme gerilimi değişimlerinden kolayca etkilenebilen devrelerdir. Bu nedenle, frekans değişiminin çok fazla önem taşımadığı ses frekans sınırlarında sinyal üretmek amacıyla tercih edilirler.

Deney Şeması:

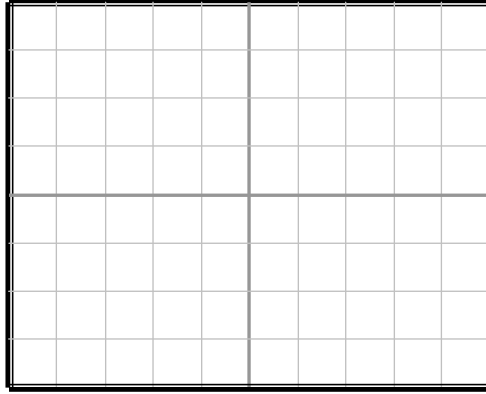


Deneyin Yapılışı:

- 1- EL-1003 modülünü ana üniteye yerleştirin ve A bloğunu bulun.
- 2- S₁ anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- Osilaskopla çıkış sinyalini (V_O) gözlemleyin. Doğrusal bir çıkış sinyali elde edene kadar P₁ potansiyometresini ayarlayın. P₁, geribesleme sinyali seviyesini, dolayısıyla çıkış geriliminin genliğini belirlemektedir.
- 4- Osilatör çıkış frekansını ölçüp sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- V₁, V₂ ve V₃ sinyallerini osilaskopla gözlemleyin. Çıkış sinyali ile bu sinyaller arasındaki faz ve genlik farklarını inceleyin.
- 6- Ölçtüğünüz sinyallerin osilaskop ekranındaki görüntülerini çizin.



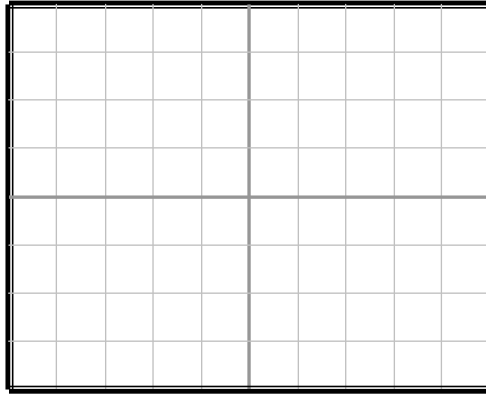
V_o



$V/d:$

$T/d:$

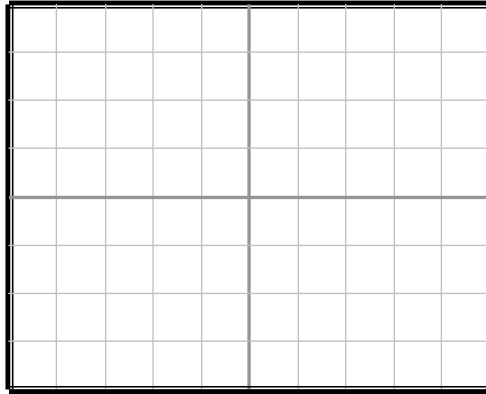
V_1



$V/d:$

$T/d:$

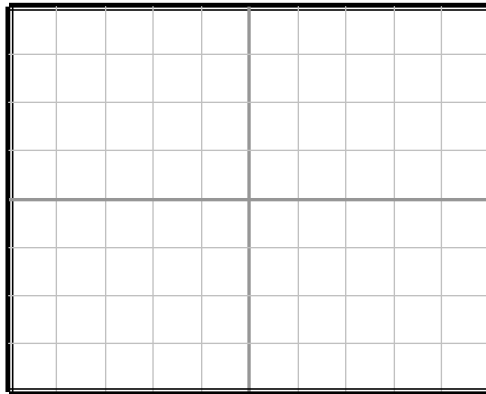
V_2



$V/d:$

$T/d:$

V_3



$V/d:$

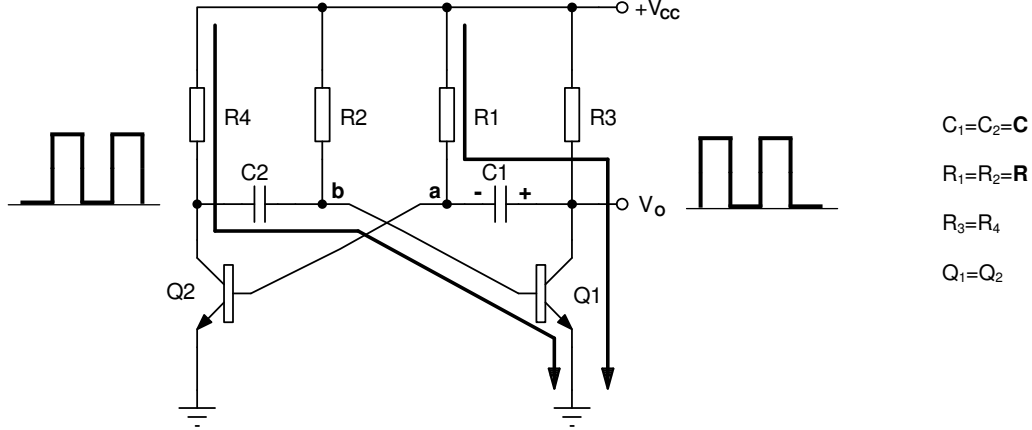
$T/d:$

KONU : TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : ASTABLE MULTİVİBRATÖR

DENEY NO: 14

Giriş:

Astable (karasız) multivibratör, kare dalga sinyal üreten bir osilatör devresidir. Faz kaymalı osilatörde olduğu gibi, devrenin çalışma frekansı R-C (direnç-kondansatör) elemanları tarafından belirlenmektedir.



Şekil 14.1 : Transistörlü astable multivibratör devresi ve çıkış sinyalleri

Şekil 14.1' de görülen transistörlü astable multivibratör devresi simetrik bir yapıya sahiptir. Ancak, devreye enerji uygulandığında, elemanların tolerans farklılıklarından dolayı transistörlerden biri diğerinden daha önce ilettime geçer ve buna bağlı olarak diğer transistör kesimde olur. Q_1 ' in doyumda ve Q_2 ' nin kesimde olduğunu varsayalım. C_1 kondansatörü üzerinde, polaritesi şekil 14.1' de görülen ve değeri $V_{C1}=V_{CC}-0,6$ olan bir şarj gerilimi bulunmaktadır. Dolayısıyla "a" noktasında $V_a=-(V_{CC}-0,6)$ seviyeli bir gerilim vardır. C_2 kondansatörü, R_4 direnci ve iletimde olan Q_1 ' in beyz-emiter devresi üzerinden besleme gerilimine hızla şarj olur ve "b" noktasında, transistörün eşik gerilimi seviyesinde (0,6V) bir gerilim düşümü meydana gelir. Bu arada C_1 kondansatörü, R_1 direnci ve iletimde olan Q_1 transistörü üzerinden mevcut polaritenin tersi yönde şarj olmaktadır. C_1 üzerindeki şarj gerilim ile V_{CC} kaynak gerilimi seri bağlı ve birbirini tamamlayacak yöndedir. Dolayısıyla C_1 kondansatörünü şarj eden gerilim, göreceli olarak, $V_{CC}+V_{C1}=V_{CC}+(V_{CC}-0,6)=2V_{CC}-0,6$ değerindedir. C_1 ' in şarj işlemi, uçlarında bulunan $-(V_{CC}-0,6)$ değerinden, kaynak gerilimi $+V_{CC}$ ' ye doğru olmaktadır. Bu şarj süreci, C_1 üzerindeki gerilim Q_2 ' nin eşik seviyesi olan $+0,6V$ ' a ulaşana kadar devam edecektir. Yani, C_1 kondansatörü $|(-V_{CC}-0,6)+0,6|=V_{CC}$ değeri kadar şarj olduğunda Q_2 transistörü ilettime geçecektir. Bunun için geçen süre ise,

$$\begin{aligned} e_c &= V_{CC} \\ E &= 2V_{CC} - 0,6 \approx 2V_{CC} \\ \tau &= R.C \end{aligned}$$

e_c : C_1 kondansatörünün şarj olması gereken gerilim değeri
 E : C_1 ' i şarj eden göreceli kaynak gerilimi
 τ : C_1 ' in şarj süresini belirleyen zaman sabitesi

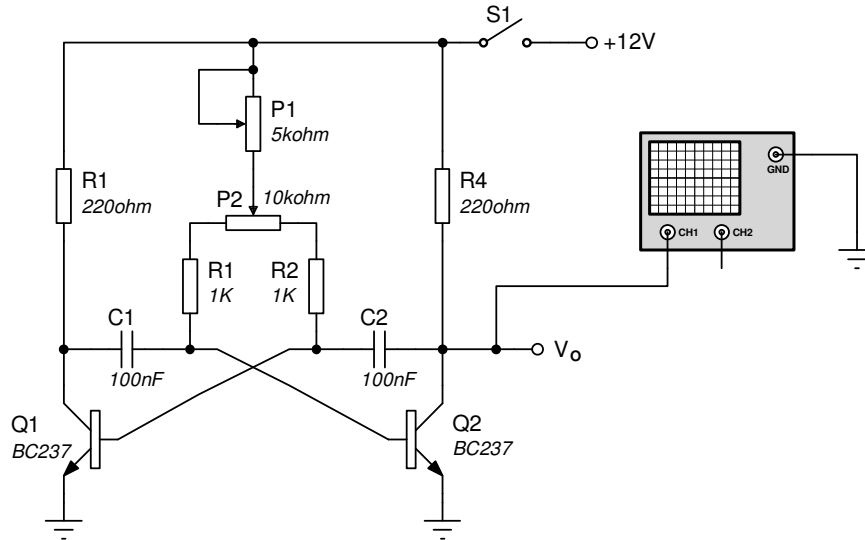
$$\begin{aligned} e_c &= E.(1 - e^{-t/R.C}) \\ V_{CC} &= 2V_{CC} \cdot (1 - e^{-t/R.C}) \\ \frac{V_{CC}}{2V_{CC}} &= 1 - e^{-t/R.C} \\ 0,5 &= 1 - e^{-t/R.C} \Rightarrow 0,5 - 1 = -e^{-t/R.C} \Rightarrow -0,5 = -e^{-t/R.C} \Rightarrow 0,5 = e^{-t/R.C} \\ \ln 0,5 &= \ln e^{-t/R.C} \Rightarrow -0,7 = \frac{-t}{R.C} \cdot \ln e \quad \ln e = 1 \Rightarrow t = 0,7.R.C \quad \text{dir.} \end{aligned}$$

Q_1 ' in iletken olduğu t süresi bitiminde, Q_2 transistörü iletken ve Q_1 transistörü yalıtkan olacaktır. Q_2 transistörü iletme gittiği andan itibaren, yukarıda anlatılan olayların benzeri yaşanacak ve yine t süresi sonunda, transistörler tekrar konum değiştirecektir. $t+t=2t$ süresi geçtiğinde, başlangıç durumuna dönmüş ve bir periyot (T) tamamlanmış olacaktır. Neticede, devredeki transistörler belirli zaman aralıklarıyla iletme ve kesime gideceklerdir. Böylece transistörlerin kolektör uçlarında kare dalga sinyaller meydana gelir. Transistörlerden biri iletimdeyken diğeri kesimde olduğuna göre, kolektör uçlarındaki çıkış sinyalleri birbirinin tersi şeklinde oluşacaktır. Devre çıkışlarındaki kare dalga sinyallerin frekansı,

$$T = 2t = 2 \cdot (0,7 \cdot R \cdot C) = 1,4 \cdot R \cdot C$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,4 \cdot R \cdot C} \quad \text{formülü ile hesaplanır.}$$

Deney Şeması:



Deneyin Yapılışı:

- 1- EL-1003 modülünü ana üniteye yerleştirin ve C bloğunu bulun.
- 2- Devrenin çıkış frekansını gözlem tablosundaki şartlara uygun olarak hesaplayıp, sonuçları kaydedin.
- 3- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 4- Devrenin çıkış frekansını gözlem tablosundaki şartlara uygun olarak osilaskopla gözlemleyip, frekanslarını ölçün. P_1 potansiyometresinin sinyal frekansına etkisini gözlemleyin.
- 5- P_2 potansiyometresini çevirerek, çıkış sinyali üzerindeki etkisini gözlemleyin. P_2 potansiyometresi, çıkış sinyalinin "duty cycle" oranını ayarlamakta, frekansı ise etkilememektedir.
- 6- Ölçtüğünüz sinyallerin osilaskop ekranındaki görüntülerini çizin.



	Frekans	
	Hesaplanan	Ölçülen
P_1 minimum- P_2 ortada		
P_1 ortada- P_2 ortada		
P_1 maksimum- P_2 ortada		

[illegible]

A blank 10x10 grid for drawing a picture. The grid is composed of 10 columns and 10 rows of squares. The top-left square is shaded gray. The grid is used for drawing a picture related to the text on the left.

T/d:

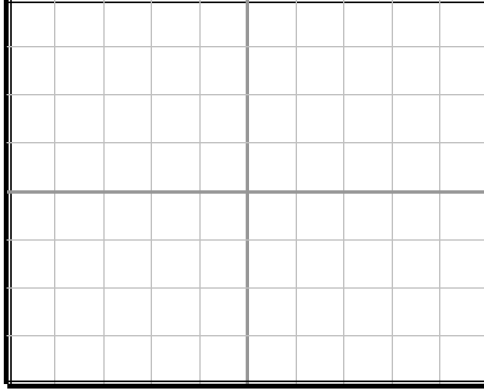


V_o

P_1 maksimum- P_2 ortada

$V/d:$

$T/d:$

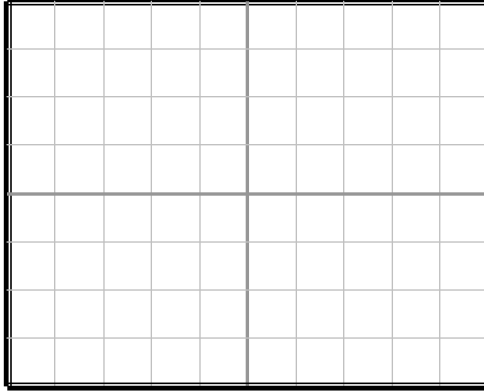


V_o

P_1 ortada- P_2 minimum

$V/d:$

$T/d:$

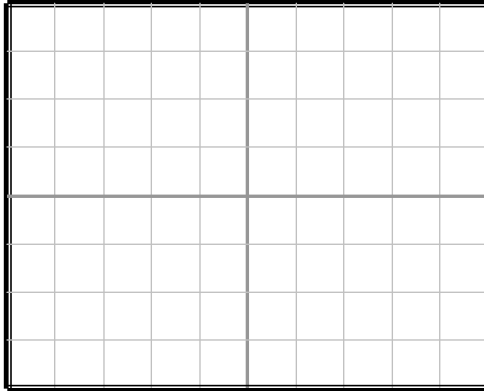


V_o

P_1 ortada- P_2 maksimum

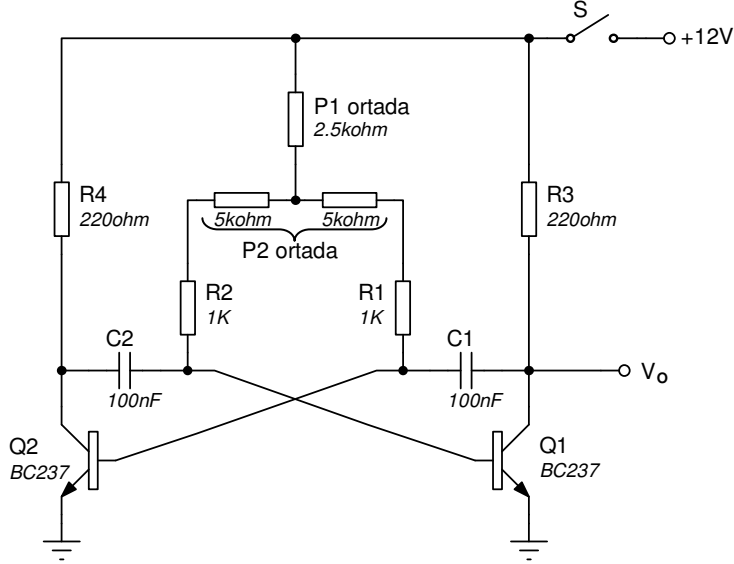
$V/d:$

$T/d:$



Örnek frekans hesaplaması:

P₁ ortada-P₂ ortada



$$C_1 \text{'in öndirenci} = (2,5 + 5 + 1) = 8,5k\Omega$$

$$t_1 = 0,7 \cdot (8,5 \cdot 10^3) \cdot (100 \cdot 10^{-9}) = 0,000595sn = 0,595 \cdot 10^{-3}sn$$

$$C_2 \text{'nin öndirenci} = (2,5 + 5 + 1) = 8,5k\Omega$$

$$t_2 = 0,7 \cdot (8,5 \cdot 10^3) \cdot (100 \cdot 10^{-9}) = 0,000595sn = 0,595 \cdot 10^{-3}sn$$

$$T = t_1 + t_2 = 0,595 \cdot 10^{-3} + 0,595 \cdot 10^{-3} = 1,19 \cdot 10^{-3}sn$$

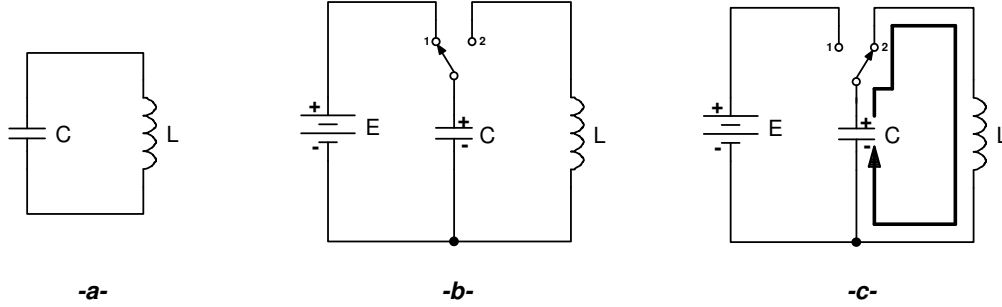
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 840Hz$$

KONU : TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : COLPITTS OSİLATÖR

DENEY NO: 15

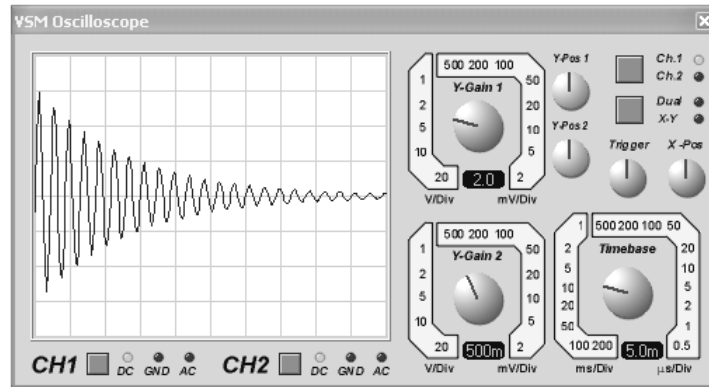
Giriş:

RC osilatör uygulamalarının yapılamadığı yüksek frekans uygulamalarında LC osilatör devreleri kullanılmaktadır. LC osilatörler, adından da anlaşılacağı üzere, bobin (L) ve kondansatör (C) elemanları kullanılarak yapılan devrelerdir. Şekil 15.1’ de bobin ve kondansatörün paralel bağlantısı görülmektedir. Bu bağlantı “**paralel rezonans devresi**” yada “**tank devresi**” olarak isimlendirilmektedir (şekil 15.1-a-).



Şekil 15.1 : LC tank devresi

Şekil 15.1-b-’ de görüldüğü gibi tank devresine gerilim uygulandığında, kondansatör kaynak gerilimine şarj olur. Kondansatörün şarj olmasından sonra anahtar 2 nolu konuma alındığında ise, kondansatör bobin üzerinden deşarj olmaya (şekil 15.1-c-) ve uçlarındaki gerilim azalmaya başlar. Kondansatörün deşarj akımı, bobinin karşı koyma özelliği nedeniyle değeri artan bir şekilde değişir. Bu akım, bobin etrafında şiddeti artan bir manyetik alan oluşmasını sağlar. Bobin üzerinden geçen akımın zamanla artmasının nedeni, akım değişimlerine karşı zorluk gösteren bobinin üretmiş olduğu özendüksiyon emk’ dır. Bu gerilimin değeri, anahtarın 2 nolu konuma alındığı andan itibaren maksimumdan sıfıra doğru düşer. Ardından da bobinin, üzerinden geçen akımı devam ettirme isteği nedeniyle negatif yönde artar. Bu nedenle kondansatör başlangıçtaki tersi yönde şarj olmaya başlar. Bobin etrafındaki manyetik alan sönerken, kondansatör plakaları arasındaki elektrik alanı artar. Kondansatör gerilimi bobin gerilimine eşitleninceye kadar, kondansatörün ters yöndeki şarjı devam eder. Eşitlik gerçekleştiğinde, kondansatör yine bobin üzerinden ancak başlangıçtaki tersi yönde deşarja geçer. Bu olaylar periyodik olarak devam eder ve sistem sinüs dalga bir gerilim üretir. Gerek kondansatör ve bobinin ideal olmayan özellikleri, gerekse de bağlantı iletkenlerinin direnci nedeniyle, bobin ve kondansatör arasındaki enerji transferi çok uzun süreli değildir. Her salınım sonunda oluşan sinüs sinyalin genliği, bir öncekine göre daha düşük seviyeli gerçekleşir ve birkaç salınım sonunda tamamen sıfır olur. Böylece sönümlü bir osilasyon meydana gelir. Bu durum şekil 15.2’ de görülmektedir.



Şekil 15.2 : LC tank devresinde oluşan sönümlü osilasyon

Tank devresinde elde edilen bu sönümlü sinüs dalga sinyalin frekansı,

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad \text{olmaktadır.}$$

Tank devresi ile elde edilen bu sinyal bir yükselteç ile kuvvetlendirilip, çıkıştan girişe pozitif geri besleme uygulanırsa, sönümsüz bir osilasyon elde edilmiş olur. Çıkıştan girişe yapılan pozitif geribeslemenin şekline bağlı olarak farklı LC osilatör devreleri bulunmaktadır. Bunlar, Colpitts, Hartley, Armstrong, Tikler ve Kollektörü Akortlu osilatör devreleridir. Şekil 15.3' de bazı LC osilatörlerde geri beslemenin nasıl yapıldığı görülmektedir.

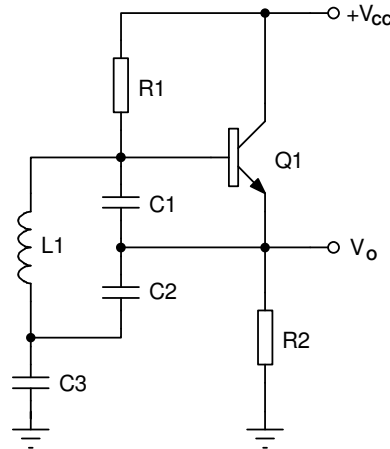


-a- Colpitts osilatör

-b- Hartley osilatör

Şekil 15.3 : Temel LC osilatör devrelerinde geribesleme

Colpitts, en sık kullanılan LC osilatör devreleri arasındadır. Çeşitli şekilde düzenlenmiş colpitts osilatör devreleri bulunmaktadır. Şekil 15.4' de kolektörü şase yükselteç ile düzenlenmiş colpitts osilatör devresi görülmektedir.

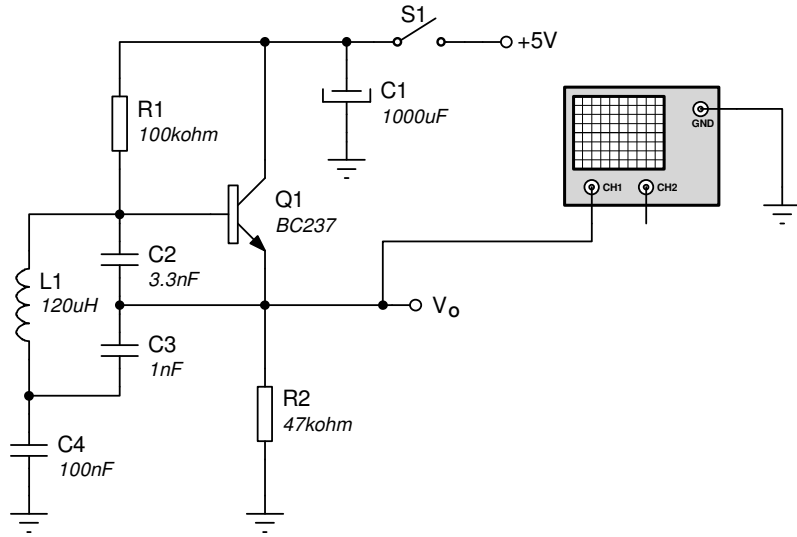


Şekil 15.3 : Colpitts osilatör

Devrede osilasyonu belirleyen C_1 , C_2 ve L_1 elemanlarıdır. C_3 , osilatör frekansını etkilemeyecek biçimde büyük değerli seçilir. Devreye enerji uygulandığında C_1 , C_2 ve L_1 ' den oluşan tank devresinde başlayan osilasyonlar, Q_1 transistörü yardımıyla kuvvetlendirilir. Transistör kolektörü şase veya diğer ismiyle gerilim izleyici olarak bağlandığından, emiterindeki çıkış sinyalinin genliği, beyzindeki giriş sinyalinin genliği ile neredeyse eşit seviyedir. Buradaki yükseltme işlemi akım düzeyinde olmakta ve çıkışa bağlanacak yükün osilatör frekansına etkisi en aza indirgenmektedir. Osilatörün çıkış noktası olan transistörün emiterinden, C_1 ve C_2 ' nin birleşim noktası üzerinden tank devresine bağlantı yapılmıştır. Transistörün beyz ve emiter ucundaki sinyaller aynı fazlı olduğuna göre, bu bağlantı ile çıkıştan girişe pozitif geri besleme yapılmış olmaktadır. Böylelikle, tank devresindeki osilasyonların ve buna bağlı olarak da osilatör çıkışındaki sinüs dalga sinyallerin devamlılığı sağlanmıştır.

Tank devresinin eşdeğer kapasitesi $C_T = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$ ve osilatör frekansı $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_T}}$ dir.

Deney Şeması:



Deneyin Yapılışı:

- 1- **EL-1003** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **B** bloğunu bulun.
- 2- Devrenin çıkış frekansını hesaplayıp, sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 3- S_1 anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 4- Osilaskopla çıkış sinyalini (V_O) gözlemleyin.
- 5- Osilatör çıkış frekansını ölçüp sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 6- Ölçtüğünüz sinyalin osilaskop ekranındaki görüntüsünü çiziniz.

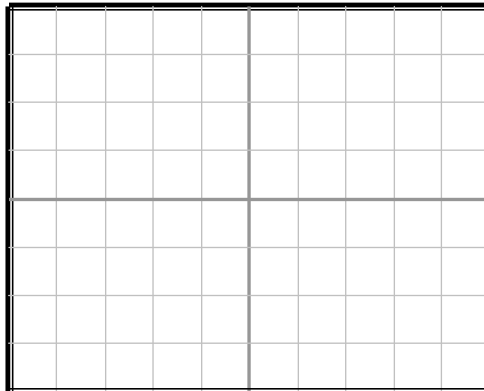
Gözlem Tablosu:

	Hesaplanan	Ölçülen
f (frekans)		

V_O

$V/d:$

$T/d:$



KONU : TRANSİSTÖRLÜ OSİLATÖR DENEYLERİ
DENEY ADI : KRİSTALLİ OSİLATÖR

DENEY NO: 16

Giriş:

Osilatörden beklenen en önemli özellik frekans kararlılığıdır. RC osilatörler, düşük frekanslarda kullanılmaları ve frekans kararlılıklarının çok iyi olmaması gibi dezavantajlara sahiptir. Yüksek frekanslarda kullanılan LC osilatörlerde ise Q faktörünün (kalite katsayısı) düşük olması önemli bir durumdur. Q faktörü, rezonans devresinin seçiciliğinde ve buna bağlı olarak osilatörün frekans kararlılığında belirleyici olmaktadır. LC rezonans devresi için Q faktörü,

$$Q = \frac{X_L}{R}$$

X_L : Bobinin endüktif reaktansı

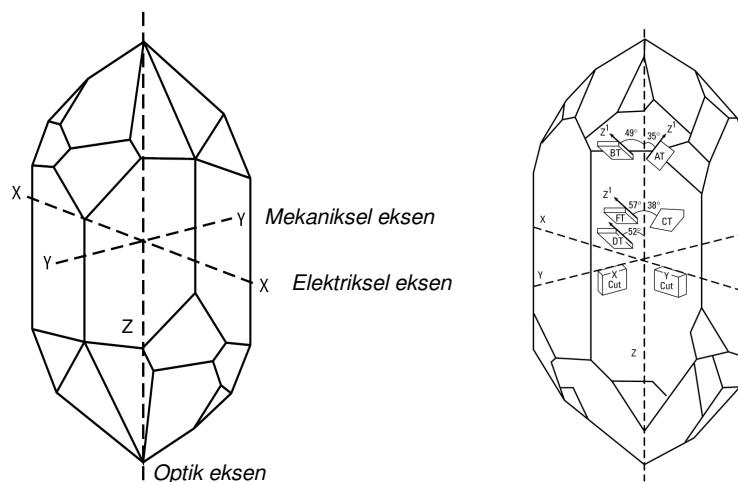
R : Bobinin omik direnci

formülü ile ifade edilir. Bobinin omik direnci büyüdükçe, Q faktörü düşmekte ve buna bağlı olarak band genişliği artmaktadır. Band genişliğinin artması ise rezonans devresinin seçiciliğini yada diğer bir deyişle frekans kararlılığını olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, rezonans devresinde kullanılacak bobinin kalın iletkenin sarılarak, omik direncinin olabildiğince küçük tutulmasında fayda vardır.

Quartz ve benzeri yapıdaki bazı doğal kristaller (Turmalin, Roşel tuzu vb.), piezoelektrik adı verilen farklı bir özelliğe sahiptir. Bu kristaller, yüzeylerine basınç uygulandığında gerilim üretmektedirler. Bunun tersi olarak da kristale gerilim uygulandığında, kristal içerisinde mekanik hareketler meydana gelmekte ve titreşim üretici olarak çalışmaktadır.



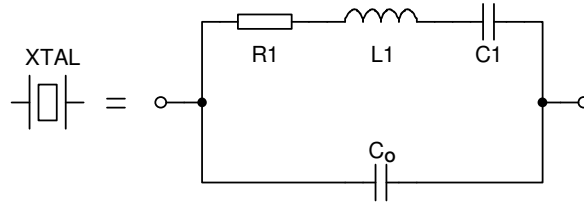
Şekil 16.1 : Quartz kristalinin doğal ve işlenmiş görüntüleri



Şekil 16.2 : Quartz kristalinin yapısı ve kesim şekilleri

Kristaller birçok şekilde kesilmektedirler. Kesim şekli, kristalin mekaniksel ve elektriksel özelliklerini belirler.

Genelde Quartz kristalinden üretilen ve resonator (titreşim üretici) olarak kullanılan devre elemanı da kristal olarak isimlendirilir. Kesim şekli ve fiziksel özelliklerine bağlı olarak çok değişik frekanslarda sinyal üretebilen kristaller bulunmaktadır. Q faktörü oldukça yüksek olan (ortalama olarak 20000) kristaller, LC tank devrelerine kıyasla daha kesin değerli titreşim üretebilirler. Bu üstünlüğü, frekans kararlılığının önemli olduğu uygulamalarda kristalin tercih edilmesinin en önemli sebebidir. Kristal elemanının elektriksel eşdeğeri şekil 16.3’ de ve eşdeğer devreye ait tipik parametreler ise tablo 16.1’ de görülmektedir.

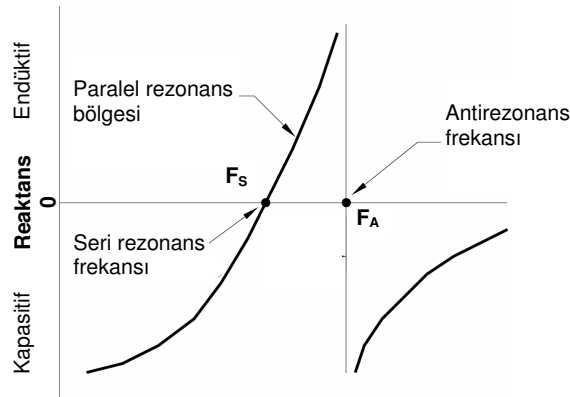


Şekil 16.3 :Kristal elemanının sembolü ve elektriksel eşdeğeri

Parameter	32 kHz fundamental	200 kHz fundamental	2 MHz fundamental	30 MHz overtone
R ₁	200 kΩ	2 kΩ	100 Ω	20 Ω
L ₁	7000H	27H	529 mH	11 mH
C ₁	0.003 pF	0.024 pF	0.012 pF	0.0026 pF
C ₀	1.7 pF	9 pF	4 pF	6 pF
Q	100k	18k	54k	100k

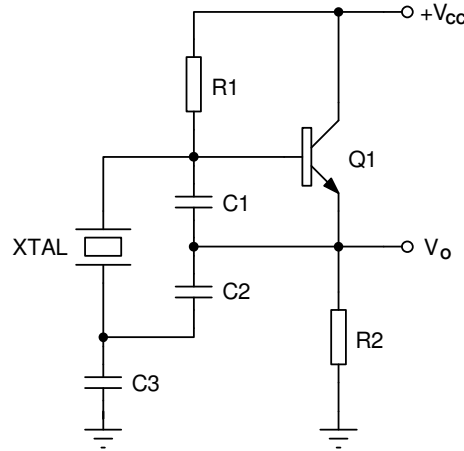
Tablo 16.1: Tipik kristal parametreleri

Elektriksel eşdeğer devresinden anlaşılacağı gibi, kristalin iki farklı rezonans durumu bulunmaktadır. R₁, L₁ ve C₁’ den oluşan kolda $X_{L1}=X_{C1}$ olması halinde seri rezonans gerçekleşir ve bu durumda kristalin empedansı R₁ değerinde olup en küçük seviyededir. İkinci rezonans durumu ise, eşdeğer devrenin her iki koluna ait reaktansların eşit olduğu anda gerçekleşen paralel rezonans veya antirezonans durumudur. Bu durumda kristalin empedansı yüksek değerli olmaktadır. Seri ve paralel rezonans durumları şekil 16.4’ de görülmektedir.



Şekil 16.4: Kristale ait frekans empedans ilişkisi

Kristal, osilatör devresinde seri veya paralel rezonansda çalışacak şekilde kullanılabilir. Şekil 16.5’de kristalli colpitts osilatör devresi görülmektedir. Kristal devrede paralel rezonansda çalışmaktadır.



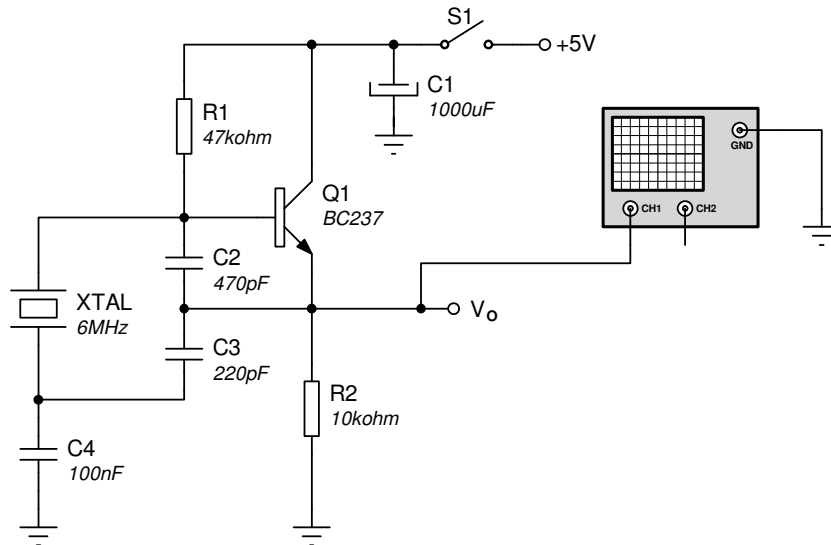
Şekil 16.5 : Kristalli colpitts osilatör

Paralel rezonans durumunda, kristal endüktif özelliktedir. Ancak, Q faktörünün oldukça yüksek olması nedeniyle, bobine kıyasla çok daha karalı frekansta sinyal üretilmesine olanak tanır. Kristal tarafından üretilen bu karalı sinüs dalga sinyaller transistör tarafından akım düzeyinde kuvvetlendirilir. Salınımların devamlılığını sağlamak üzere çıkıştan girişe pozitif geribesleme uygulanmıştır.



Şekil 16.6 : Çeşitli paketlerde kristal görünüşleri

Deneş Şeması:



**Deneyin Yapılışı:**

- 1- **EL-1003** modülünü ana üniteye yerleştirin ve **D** bloğunu bulun.
- 2- S anahtarını kapatarak devreye enerji verin.
- 3- Osilaskopla çıkış sinyalini (V_o) gözlemleyin.
- 4- Osilatör çıkış frekansını ölçüp sonucu gözlem tablosuna kaydedin.
- 5- Ölçtüğünüz sinyalin osilaskop ekranındaki görüntüsünü çiziniz.

Gözlem Tablosu: V_o $V/d:$ $T/d:$
