

## DENEY 4-1 RC Kuplajlı Yükselteç

### DENEYİN AMACI

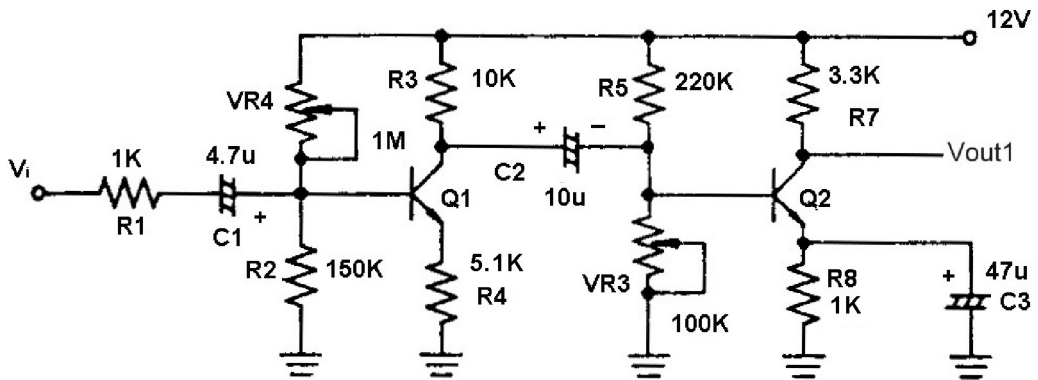
1. RC kuplajlı yükseltecin çalışma prensibini anlamak.
2. RC kuplajlı yükseltecin herbir katının giriş ve çıkış dalga şekillerini ölçmek.

### GENEL BİLGİLER

Çok katlı yükselteçler üç farklı tiptedir:

1. RC kuplajlı yükselteç
2. Transformör kuplajlı yükselteç
3. Doğrudan kuplajlı yükselteç

Şekil 7-1-1, iki katlı RC kuplajlı yükselteç devresini göstermektedir. Birinci katın yükü R3 direncidir ve C2 kondansatörü, birinci katın çıkış sinyalini, ikinci kata bağlamak için kullanılmaktadır.



Şekil 7-1-1 İki katlı RC kuplajlı yükselteç

### **Kuplaj Kondansatörünün İşlevi**

C2 kuplaj kondansatörü DC gerilim için açık devre gibi davranır ve DC bileşenler engellenmiş olur. ( $X_{C2} = 1 / (2\pi f C_2)$ ) ve  $f \rightarrow 0$  olduğu için  $X_{C2}$  sonsuza yaklaşır). Diğer yandan C2, AC işaret için kısa devre gibi davranır, çünkü AC için  $f$  daha büyük ve buna uygun olarak  $X_C$  daha küçüktür. C2 kondansatörünün değeri genellikle 2 ~ 50  $\mu F$  aralığındadır. DC bileşenler bu kondansatörler tarafından yalıtıldığı için, öngerilim devreleri birbirlerinden bağımsız olurlar.

### **Avantajları**

1. Bu kuplaj türü basit ve ucuz olup, küçük hacimli devre elde etmeye elverişlidir ve en yaygın kullanılan kuplajlama yöntemidir.
2. Bu kuplaj türünün frekans tepkisi mükemmeldir.
3. Bu kuplaj türünde gürültü ve manyetik indüksiyonun sebep olduğu vınlama daha düşüktür.

### **Dezavantajları**

1. Düşük frekans bölgesindeki kuvvetlendirme, kuplaj kondansatörü tarafından sınırlanır ( $X_C = 1/(2\pi f C)$  olduğu için, düşük frekansta çok büyük  $X_C$ , işaretin önemli derecede zayıflamasına yol açar).
2. Yük direnci büyük miktarda DC güç tüketeceğinden, bu kuplaj türü yalnızca düşük-güçte kuvvetlendirme yada gerilim kuvvetlendirme için uygundur.
3. Bu kuplaj türünde verim düşüktür, çünkü birbirini takip eden katlardaki transistör empedanslarını eşleştirmek kolay değildir.

## **KULLANILACAK ELEMANLAR**

1. KL-22001 Temel Elektrik Devresi Laboratuvarı
2. KL-25004 Çok Kaklı Yükselteç Devre Modülü
3. Osiloskop

## DENEYİN YAPILIŞI

1. KL-25004 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzenekinin üzerine koyun ve a bloğunun konumunu belirleyin.
2. Şekil 7-1-2'deki devre ve Şekil 7-1-3'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kablolarını kullanarak VR3 ve VR4 potansiyometrelerini devreye bağlayın. KL-22001 Düzenekindeki sabit 12VDC güç kaynağını, KL-25004 modülüne bağlayın.
3. Hem Q1 kollektör gerilimi  $V_{C1}$ , hem de Q2 kollektör gerilimi  $V_{C2}$ ,  $V_{CC}/2=6V$  olacak şekilde VR3 ve VR4'ü ayarlayın.
4. KL-22001 Düzenekinin üzerindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 1KHz'lik bir sinüzoidal işaret uygulayın. OUT1 çıkış ucuna osiloskop bağlayın.
5. Osiloskop ekranında görüntülünen çıkış dalga şekli bozulmayacak şekilde, sinüzoidal sinyalin genliğini arttırın.
6. Osiloskop kullanarak (AC bağlantıda)  $V_{IN}$ ,  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ,  $V_{B2}$  ve  $V_{OUT1}$  dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-1-1'e kaydedin.
7. # ile işaretli klipsi kaldırarak, C3(47 $\mu$ F)'ü devreden çıkarın ve 6. adımı tekrarlayın.
8. VR4(1M $\Omega$ )'ü rasgele değiştirerek  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ,  $V_{B2}$  ve  $V_{OUT1}$  dalga şekillerinin değişip değişmediğini gözlemleyin.
9. Tablo 7-1-1'de C3'ün bağlı olduğu durumdaki sonuçları kullanarak aşağıdaki değerleri hesaplayın.

$$A_{V1} = V_{o1} / V_{i1} = V_{C1} / V_{B1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

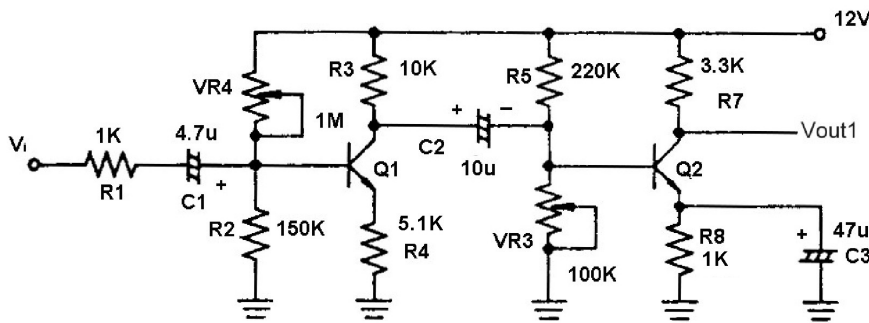
$$A_{V2} = V_{o2} / V_{i2} = V_{OUT1} / V_{B2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$A_V = A_{V1} \times A_{V2} = V_{OUT1} / V_{B1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

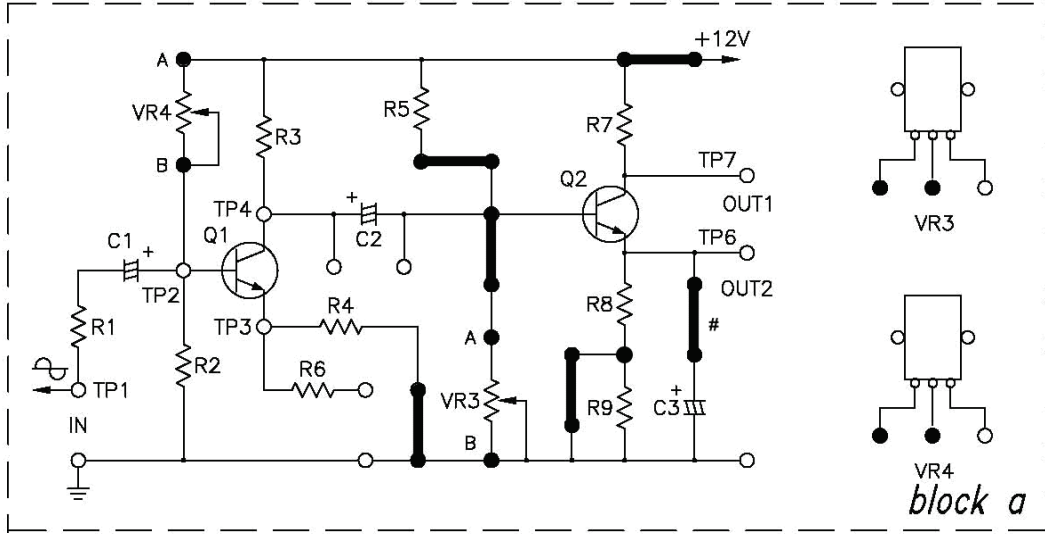
$$A_{vs} = V_{OUT1} / V_{IN} = \underline{\hspace{2cm}}$$

C3 bağlı		C3 bağlı değil	
Dalga şekli	Vpp	Dalga şekli	Vpp

Tablo 7-1-1



Şekil 7-1-2 RC koplajlı yükselteç



Şekil 7-1-3 Bağlantı diyagramı (KL-25004 blok a)

## SONUÇLAR

İki katlı RC kuplajlı yükselteç aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. İkinci kattaki yükseltecin DC öngerilimlemesi, birinci kattaki yükseltecin DC öngerilimlemesindeki değişimden etkilenmez.
2. Q2'nin emetör by-pass kondansatörü C3, doğrudan ikinci yükseltecin gerilim kazancı  $A_{v2}$ 'yi belirler. C3 devreden çıkarıldığında, negatif geribesleme ortaya çıktığı için  $A_{v2}$  değeri azalır.
3. Alçak frekans bölgesinde, kuplaj kondansatörünün kapasitif reaktansı büyük olduğu için, RC kuplajlı yükseltecin alçak frekans tepkisi kötüdür.

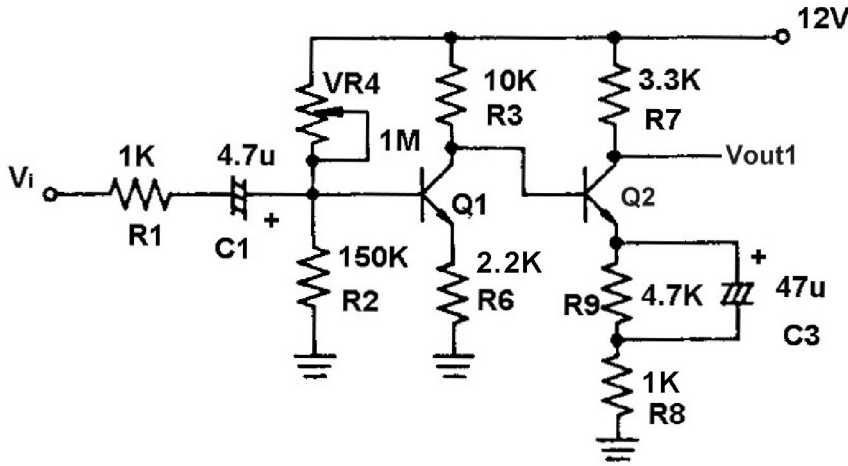
## DENEY 4-2 Doğrudan Kuplelı Yükselteç

### DENEYİN AMACI

1. Doğrudan kuplelı yükseltecin çalışma prensibini anlamak.
2. Doğrudan kuplelı yükseltecin herbir katının giriş ve çıkış dalga şekillerini ölçmek.

### GENEL BİLGİLER

Şekil 7-2-1, İki katlı doğrudan kuplelı yükselteç devresini göstermektedir. Önde gelen katın çıkışı, bir sonraki katın girişine doğrudan bağlanmıştır.



Şekil 7-2-1 İki katlı doğrudan kuplelı yükselteç

Doğrudan kuplelı yöntemi aşağıdaki iki prensibe uymak durumundadır:

1. DC öngerilimleme uyumlu olmalıdır.
2. Birbirini takip eden iki katın akım yönleri uyumlu olmalıdır.

Güç kaynağının gerilimi kararlı olmalıdır. Silisyum transistörler, düşük sızıntı akımı ve yüksek kararlılık özelliklerine sahip olduğu için, silisyum transistörler kullanmak daha uygundur. Aksi takdirde ardışık katlar arasında zincirleme tepkimeler meydana gelerek devre bozulabilir.

### **Avantajları**

1. Kuplaj devresinin kayıplarını azaltabilir.
2. L ve C elemanlarının neden olduğu faz kaymasını azaltabilir.
3. Bu kuplaj türü, L ( $X_L$ ) ve C ( $X_C$ )'nin etkisi olmadan, alt frekansı neredeyse sıfır Hz'e kadar uzanan çok geniş bir frekans tepkisine sahiptir. Bundan dolayı bu devre, DC'ye yakın çok düşük frekanslı işaretleri kuvvetlendirmek için kullanılabilir.

### **Dezavantajları**

1. Yükselteçteki ardışık kat sayısı sınırlanmalıdır. Çünkü, sıcaklık değişimine bağlı olarak, herhangi bir kattaki  $I_B$  değişimi, devrenin tamamında önemli ölçüde kararsızlığa neden olur.
2. Seçilen elemanların karakteristik değerleri, mümkün olduğunca doğru olmalıdır. Aksi takdirde kolaylıkla gürültü ve güç zayıflaması ortaya çıkar.

## **KULLANILACAK ELEMANLAR**

1. KL-22001 Temel Elektrik Devresi Laboratuvarı
2. KL-25004 Çok Katlı Yükselteç Devre Modülü
3. Osiloskop

## **DENEYİN YAPILIŞI**

1. KL-25004 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzenineğin üzerine koyun ve a bloğunun konumunu belirleyin. Şekil 7-2-2'deki devre ve Şekil 7-2-3'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kablolarını kullanarak VR4 potansiyometresini devreye bağlayın. KL-22001 Düzenineğindeki sabit 12VDC güç kaynağını, KL-25004 modülüne bağlayın.
2. Q1 kollektör gerilimi  $V_{C1}=V_{CC}/2=6V$  olacak şekilde VR4(1M $\Omega$ )'ü ayarlayın.  $V_{BE1}=\underline{\hspace{2cm}}$  ve  $V_{BE2}=\underline{\hspace{2cm}}$  dc gerilimlerini ölçün ve kaydedin.
3. KL-22001 Düzenineğinin üzerindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 1KHz'lik bir sinüzoidal işaret uygulayın. OUT1 çıkış ucuna osiloskop bağlayın.

4. Osiloskop ekranında görüntülenen çıkış dalga şekli bozulmayacak şekilde, sinüzoidal sinyalin genliğini arttırın.

5. Osiloskop kullanarak (AC bağlantıda)  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ,  $V_{B2}$  ve  $V_{C2}$  ( $V_{OUT1}$ ) dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-2-1'e kaydedin.

6. # ile işaretli klipsi kaldırarak, C3(47 $\mu$ F)'ü devreden çıkarın ve 5. adımı tekrarlayın.

7. C3(47 $\mu$ F)'ü tekrar bağlayın ve VR4(1M $\Omega$ )'ü rasgele değiştirerek  $V_{B1}$ ,  $V_{C1}$ ,  $V_{B2}$  ve  $V_{C2}$  ( $V_{OUT1}$ ) dalga şekillerinin değişip değişmediğini gözlemleyin.

8. Tablo 7-2-1'de C3'ün bağlı olduğu durumdaki sonuçları kullanarak aşağıdaki değerleri hesaplayın.

$$A_{V1} = V_{o1} / V_{i1} = V_{C1} / V_{B1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$A_{V2} = V_{o2} / V_{i2} = V_{OUT1} / V_{B2} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$A_V = A_{V1} \times A_{V2} = V_{OUT1} / V_{B1} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$A_{Vs} = V_{OUT1} / V_{IN} = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. VR4(1M $\Omega$ )'ü normal konumuna ayarlayın ( $V_{C1}=V_{CC}/2=6V$ ). Giriş sinyalinin frekansını, Tablo 7-2-2'de listelendiği gibi, 1Hz ile 20KHz arasında ayarlayın ve OUT1 ucundan her frekansa karşılık gelen çıkış gerilimini ölçün.  $A_V/A_{VO}$  ( $A_{VO}$ , çıkışın maksimum olduğu  $A_V$  değeridir) değerlerini hesaplayarak Tablo 7-2-2'yi tamamlayın.

10. Tablo 7-2-2'deki sonuçları kullanarak, Tablo 7-2-3'teki frekans tepkesi eğrisini çizin.

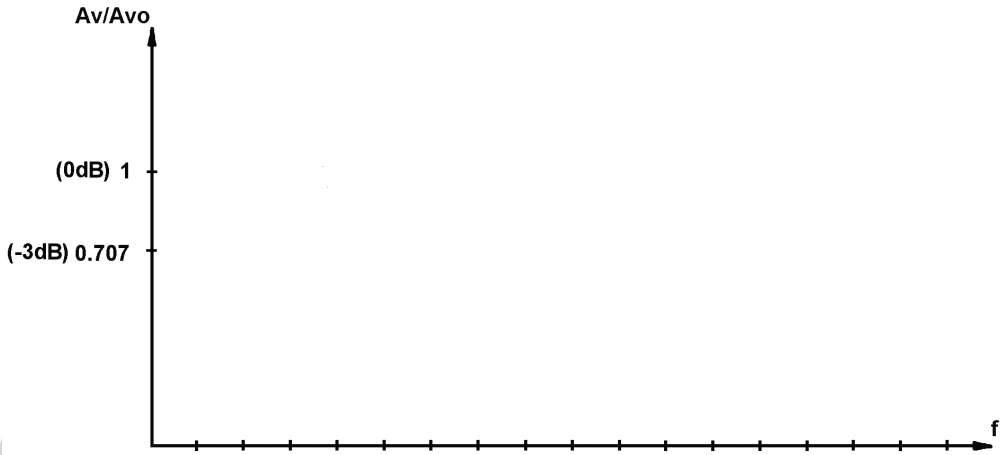


C3 bağılı		C3 bağılı değil	
Dalga şekli	Vpp	Dalga şekli	Vpp

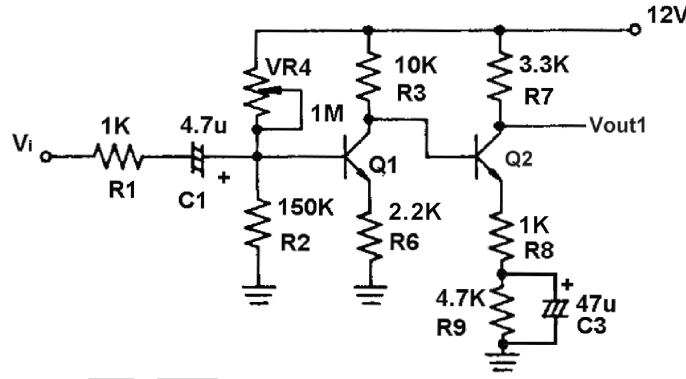
Tablo 7-2-1

Frekans	1Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz	5KHz	10KHz	20KHz
Kazanç								
Av/Avo								

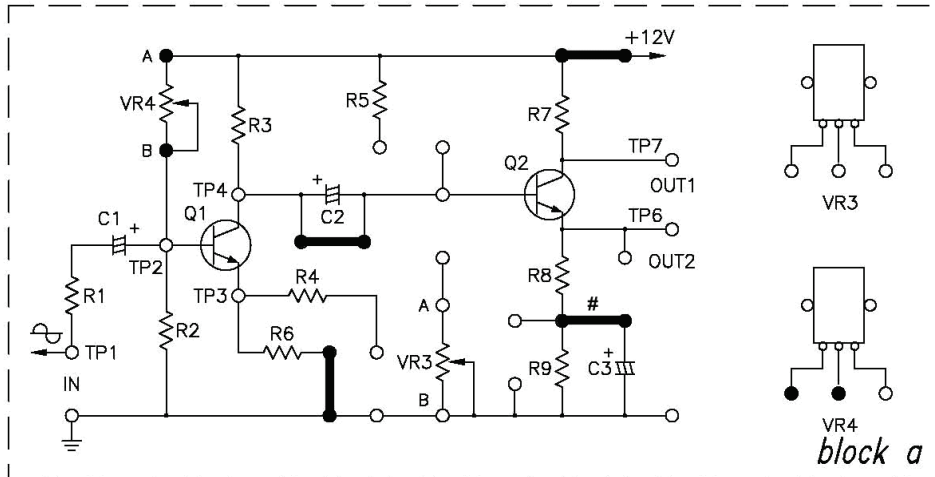
Tablo 7-2-2



Tablo 7-2-3 Frekans tepkesi eğrisi



Şekil 7-2-2



Şekil 7-2-3 Bağlantı diyagramı (KL-25004 blok a)

## SONUÇLAR

İki katlı doğrudan kuplajlı yükselteç aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. İkinci kat yükseltecin DC öngerilimesi, birinci kat yükseltecin DC öngerilimesindeki değişimden doğrudan etkilenir.
2. Q2'nin emetör by-pass kondansatörü C3, doğrudan ikinci yükseltecin gerilim kazancı  $A_{V2}$ 'yi belirler. C3 devreden çıkarıldığında, negatif geribesleme ortaya çıktığı için  $A_{V2}$  değeri azalır.
3. Doğrudan kuplajlı yükselteç frekans cevabı çok iyidir.

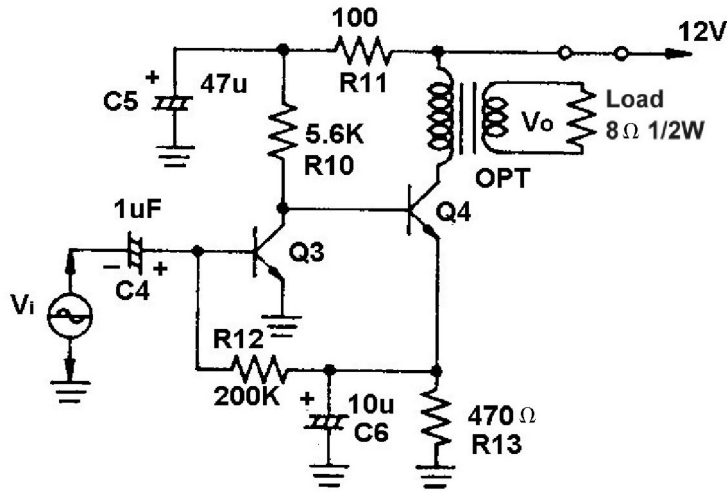
## DENEY 4-3 Transformatör Kuplajlı Yükselteç

### DENEYİN AMACI

1. Transformatör kuplajlı yükseltecin çalışma prensibini anlamak.
2. Transformatör kuplajlı yükseltecin herbir katının giriş ve çıkış dalga şekillerini ölçmek.

### GENEL BİLGİLER

Şekil 7-3-1'de gösterildiği gibi transformatör, iki katın DC öngerilimlerini yalıtım için kullanılırken, aynı zamanda sinyal aktarıcı ve empedans uydurucu olarak da görev yapar.

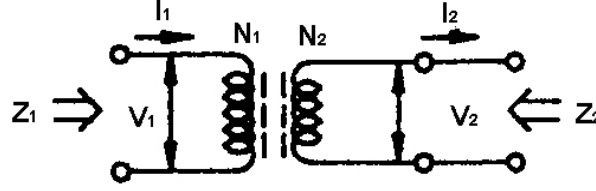


Şekil 7-3-1 Transformatör kuplajlı yükselteç

Transformatörün temel karakteristikleri Şekil 7-3-2'de gösterilmiştir.

1.  $V_1 / V_2 = N_1 / N_2$
2.  $I_2 / I_1 = N_2 / N_1$
3.  $Z_1 / Z_2 = (N_1 / N_2)^2$

Burada  $N_2/N_1$ , transformatörün sarım sayısı oranı,  $V_2/V_1$  gerilim oranı,  $I_1/I_2$  akım oranıdır.



Şekil 7-3-2 Transformatör

#### Avantajları

1. Bu kuplaj türünde empedansları denkleştirmek kolaydır ve gerilim artırıcı veya gerilim düşürücü olarak görev yapabilir.
2. Bu kuplaj türü, yüksek verim ve yüksek güç özelliklerine sahiptir.
3. Bu kuplaj türünde, ardışık iki katın DC gerilim etkileşimlerini ortadan kaldırmak kolaydır.

#### Dezavantajları

1. Çıkış transformatörü kullanıldığı için, RC kuplajlı yükseltece göre daha fazla yer kaplar.
2. Çıkış transformatörünün endüktif bir eleman olması ve bobinler arasında kondansatör bulunması nedeniyle frekans tepkisi zayıftır.
3. RC kuplajlı yükseltece göre daha pahalıdır.

### **KULLANILACAK ELEMANLAR**


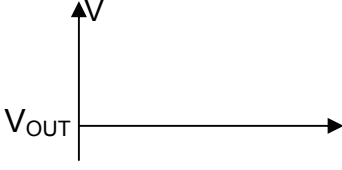
1. KL-22001 Temel Elektrik Devresi Laboratuvarı
2. KL-25004 Çok Kaklı Yükselteç Devre Modülü
3. Osiloskop
4. Multimetre

## DENEYİN YAPILIŞI

1. KL-25004 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneğinin üzerine koyun ve c bloğunun konumunu belirleyin. Şekil 7-3-3'teki devre ve Şekil 7-3-4'teki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. KL-22001 Düzeneğindeki sabit 12VDC güç kaynağını, KL-25004 modülüne bağlayın.
2. KL-22001 Düzeneğinin üzerindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 500Hz'lik bir sinüzoidal işaret uygulayın. OUT çıkış ucuna (TP3-TP4) osiloskop bağlayın. TP3 ile TP4 arasına 8Ω'luk yük direnci (yapay yük) set üzerinde hazır olarak bağlıdır.
3. Osiloskop ekranında görüntülenen çıkış dalga şekli bozulmayacak şekilde, sinüzoidal sinyalin genliğini arttırın.  $V_{IN}$  giriş gerilimi ve  $V_{OUT}$  çıkış gerilimi dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-3-1'e kaydedin.
4. Aşağıdaki denklemi kullanarak maksimum çıkış gücünü hesaplayın.

$$P_{out} = \frac{V_{OUT(p-p)}^2}{8R_L} = \text{_____}, \text{ where } R_L = 8\Omega.$$

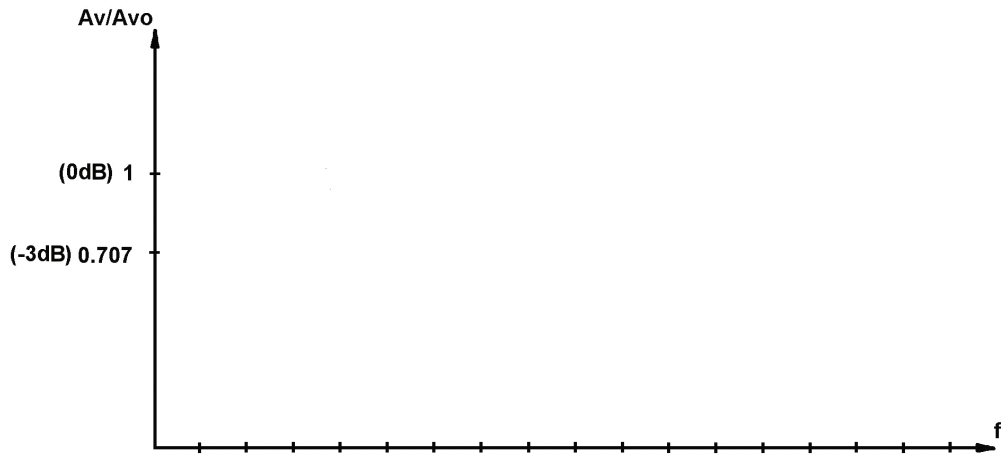
5. Giriş sinyalinin frekansını, Tablo 7-3-2'de listelendiği gibi, 1Hz ile 20KHz arasında ayarlayın ve OUT ucundan her frekansa karşılık gelen çıkış gerilimini ölçün.  $A_v/A_{v0}$  ( $A_{v0}$ , çıkışın maksimum olduğu  $A_v$  değeridir) değerlerini hesaplayarak Tablo 7-3-2'yi tamamlayın.
6. Tablo 7-3-2'deki sonuçları kullanarak, Tablo 7-3-3'teki frekans tepkesi eğrisini çizin.

Dalga şekli	Vpp
	
	

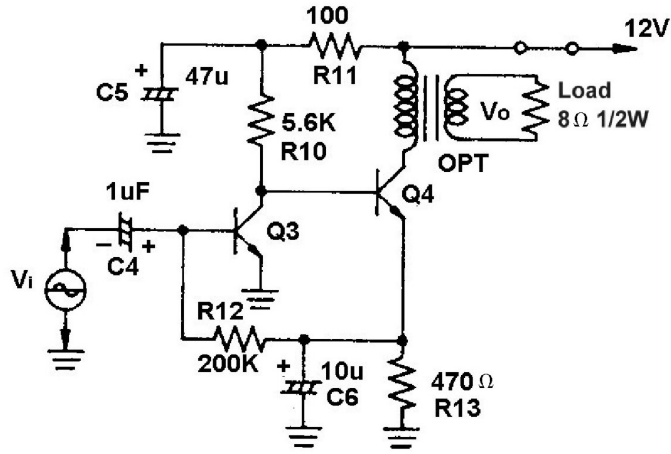
Tablo 7-3-1

Frekans	1Hz	10Hz	100Hz	500Hz	1KHz	5KHz	10KHz	20KHz
Kazanç								
Av/Avo								

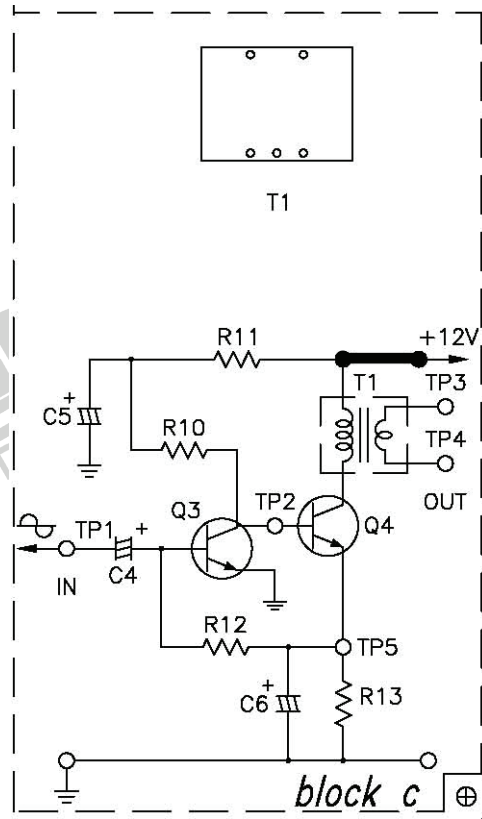
Tablo 7-3-2



Tablo 7-3-3



Şekil 7-3-3 Transformatör kupaııı yükselteç



Şekil 7-3-4 Bağlantı diyagramı (KL-25004 blok c)



## SONUÇLAR

Transformatör kuplajlı yükselteç aşağıdaki özelliklere sahiptir:

1. Transformatör kullanıldığı için katlar arasında empedans uydurmak kolaydır.
2. Transformatör kuplajlı yükseltecin frekans cevabı zayıftır.



## DENEY 4-4 Çift-Uçlu Push-Pull Yükselteç

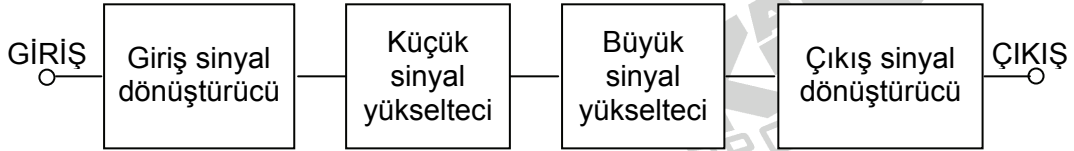
### DENEYİN AMACI

1. Çift-uçlu push-pull yükseltecin çalışma prensibini anlamak.
2. Çift-uçlu push-pull yükseltecin giriş ve çıkış dalga şekillerini ölçmek.

### GENEL BİLGİLER

#### Yükselteç ve Kazanç

Şekil 7-4-1, bir yükselteç sisteminin blok diyagramını göstermektedir.



Şekil 7-4-1 Bir yükselteç sisteminin blok diyagramı

Giriş sinyal dönüştürücü, fiziksel sinyali (ses....) elektriksel sinyale çevirir. Küçük sinyal yükselteci, giriş sinyali için uygun doğrusal güç kuvvetlendirmesi sağlar ve gerilim kazancını artırır. Büyük sinyal yükselteci ise, çıkış aygıtlarını sürmek amacıyla, küçük sinyal yükseltecin çıkışı için güç kuvvetlendirmesi sağlar. Çıkış sinyal dönüştürücü, büyük sinyal yükseltecinin çıkışındaki sinyali, çıkış aygıtının empedansı ile uyumlu hale getirir.

Büyük sinyal yükselteci aynı zamanda güç yada akım yükselteci olarakta adlandırılır. Bu yükselteç ile ilgili değerlendirmeler çoğunlukla güç verimliliği, maksimum güç kapasitesi ve çıkış empedans eşlemesi hakkındadır.

Yükselteç Kazancı: Yükseltme faktörü, çıkış sinyalinin giriş sinyaline oranıdır.

1.  $A_v$  (gerilim kazancı): Çıkış geriliminin giriş gerilimine oranıdır.  $A_v = V_o / V_i$
2.  $A_i$  (akım kazancı): Çıkış akımının giriş akımına oranıdır.  $A_i = I_o / I_i$

3.  $A_p$  (güç kazancı): Çıkış gücünün giriş gücüne oranıdır.®

$$A_p = \frac{P_o}{P_i} = \frac{E_o I_o}{E_i I_i} = A_v \times A_i$$

Desibel: Desibel, kulağın sese karşı hassasiyetini belirten logaritmik bir ölçüdür ve dB ile gösterilir.

1.  $0 \text{ dB}$  :  $600\Omega$ 'luk yük üzerinde tüketilen güç  $1\text{mW}$  iken, uygulanan gerilimin  $0.77\text{V}$  olmasına karşılık gelir.

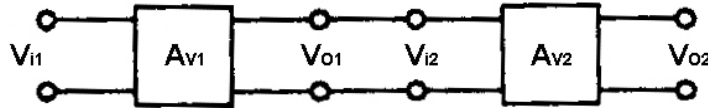
$$2. |A_p|_{dB} = 10 \log_{10} \frac{P_o}{P_i}$$

$$3. |A_v|_{dB} = 20 \log_{10} \frac{V_o}{V_i}$$

$$4. |A_i|_{dB} = 20 \log_{10} \frac{I_o}{I_i}$$

5.  $\text{dBm}$  :  $600\Omega$ 'luk direnç referans yük ve  $1\text{mW}$ 'lık güç referans seviye olarak kullanıldığında hesaplanan dB değeri

Kaskat sistemin kazancı ve dB'i:



Şekil 7-4-2 Kaskat sistem

1. Kaskat sistemin toplam kazancı

$$(1) A_{VT} = A_{V1} A_{V2} \dots \quad (4) |A_{VT}|_{dB} = |A_{V1}|_{dB} + |A_{V2}|_{dB} + \dots$$

$$(2) A_{IT} = A_{I1} A_{I2} \dots \quad (5) |A_{IT}|_{dB} = |A_{I1}|_{dB} + |A_{I2}|_{dB} + \dots$$

$$(3) A_{PT} = A_{P1} A_{P2} \dots \quad (6) |A_{PT}|_{dB} = |A_{P1}|_{dB} + |A_{P2}|_{dB} + \dots$$

2. dB değerinin pozitif olması, devrenin kazanç yada yükseltme sağladığı, negatif olması ise zayıflatıcı olarak çalıştığı anlamına gelir.

Örnek:  $\log 1=0$ ,  $\log 2=0.3$ ,  $\log 3=0.477$ ,  $\log 10=1$

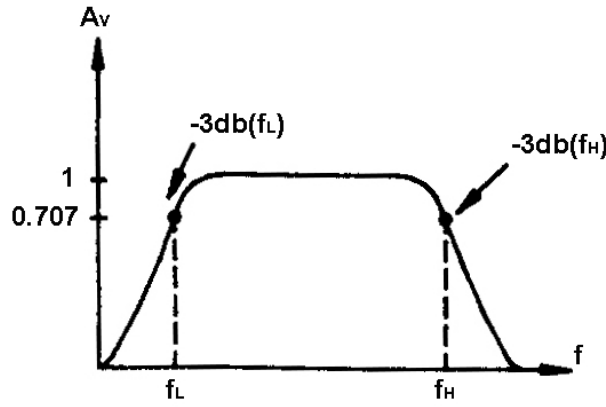
$$A_v = \frac{1}{2} \Rightarrow |A_v|_{dB} = 20 \log \times A_v = 20 \log \frac{1}{2} = 20 \log 1 - 20 \log 2$$

$$= 0 - 6 = -6dB$$

$$A_v = 0.707 = 20 \log 0.707 = -3dB$$

### Yükseltecin Frekans Tepkisi

Yükseltecin kazancı için, referans olarak orta frekans bölgesi kullanılırken, düşük yada yüksek frekanslarda kazanç değeri düşer. Düşük frekanslar, örneğin RC kuplajlı yükselteç için, kuplaj kondansatöründen etkilenecektir (çünkü  $X_C = 1/2\pi fC$ ,  $f \uparrow X_C \downarrow$ ); yükseltme, giriş kondansatörü ve yüke paralel olan transistörün dağıtım kondansatöründen etkilenir ( $f \uparrow X_C \downarrow$ ) ve kazanç azalır. Frekans tepkisi Şekil 7-4-3'te örnek olarak gösterilmiştir.



Şekil 7-4-3 Frekans tepkisi

Orta frekans bölgesindeki kazanç, 1 (0dB) olarak ayarlanırsa,  $A_v$ 'nin 0.707 olduğu ( $F_L$ ,  $F_H$ ) noktaları yarım güç noktaları olarak adlandırılır.

$F_L$  : alt 3-dB frekansı yada alt kesim frekansı olarak ifade edilir.

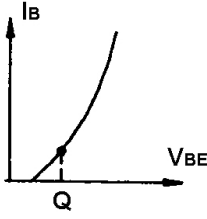
$F_H$  : üst 3-dB frekansı yada üst kesim frekansı olarak ifade edilir.

$BW$  (Bant genişliği) :  $BW = F_H - F_L$

### Büyük Sinyal Yükseltici

Öngerilimlemenin durumuna bağlı olarak güç yükselteçleri A Sınıfı, AB Sınıfı, B Sınıfı ve C Sınıfı olarak sınıflandırılırlar. Ayrıca, sürme kapasitesini arttırmak için push-pull yükselteçler tasarlanmıştır. Aşağıda bu dört tip yükselteç için bir karşılaştırma verilmiştir:

### A Sınıfı



#### Çalışma Noktasının Konumu

1. Öngerilimleme doğrusal bölgededir ve giriş işareti salınımı da aynı zamanda doğrusal bölgede yer alır.
2. Çalışma noktası yük doğrusunun orta noktasıdır.

#### Avantajları

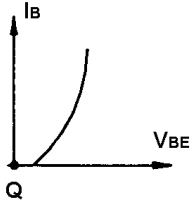
1. Yükseltme tek bir transistörle gerçekleştirilebilir.
2. En düşük gürültü seviyesine sahiptir.

#### Dezavantajları

1. Verim en düşüktür (%25).
2. Harmonik bozulmayı engelleyemez.
3. Sükunet noktasında çok fazla güç tüketir.
4. Büyük güç yükseltmesi için elverişli değildir.

Uygulama Alanı - Düşük güçler için yükseltme

### B sınıfı



#### Çalışma Noktasının Konumu

1. Doğrusal bölgeyle kesim bölgesinin kesişimindedir ve giriş işareti salınımının bir yarısı doğrusal bölgede diğer yarısı kesim bölgesindedir.
2. Çalışma noktası kesim noktasındadır (çıkış kolektör akımı pozitif çevrimde mevcuttur).

#### Avantajları

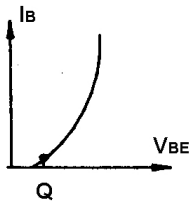
1. Harmonik bozulmayı engellenebilir.
2. Büyük güç yükseltmesi gerçekleştirilebilir.
3. Verim daha yüksektir (%78.5).
4. Sükunet noktasında güç tüketimi yoktur.

#### Dezavantajları

1. Kuvvetlendirme sadece tamamlayıcı konfigürasyonla elde edilebilir.
2. Geçiş bozulması mevcuttur.

Uygulama Alanı - Büyük güçler için yükseltme

### AB Sınıfı



#### Çalışma Noktasının Konumu

Çalışma noktası yük doğrusuyla kesim noktası arasındadır.

#### Avantajları

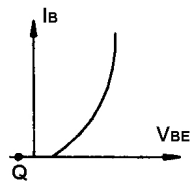
Push-pull yükseltme için B Sınıfının yerine kullanılabilir ve geçiş bozulması problemini ortadan kaldırır.

#### Dezavantajları

1. Verim B Sınıfına göre biraz düşüktür (%70).
2. Sükunet noktasında küçük bir akım meydana gelir.

Uygulama Alanı - Büyük güçler için yükseltme

### C sınıfı



#### Çalışma Noktasının Konumu

Çalışma noktası, kesim noktasının altındadır.

#### Avantajları

En yüksek verime sahiptir (%78.5'dan fazla)

#### Dezavantajları

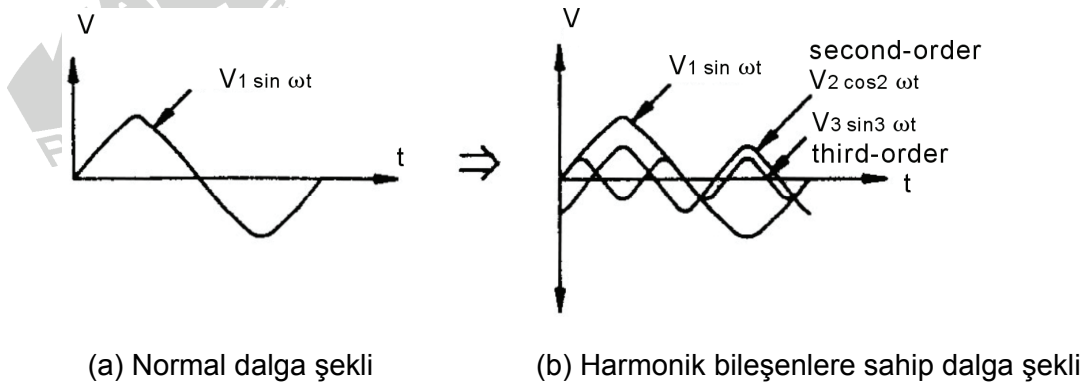
Bozulma en yüksek mertebededir.

Uygulama Alanı - LC salınım vericisi, Harmonik üretici.

Bozulmalar, doğrusal olmayan bozulma, frekans bozulması ve gecikme (faz) bozulması olarak sınıflandırılabilir.

1. Doğrusal olmayan bozulma (genlik bozulması):

Çalışma noktası doğrusal bölgede yer almaz ve bunun sonucunda çıkış, asıl işaretin yanında harmonik bileşenlerini de içerir. Örneğin 1KHz'lik asıl işaret, 2KHz ve 3KHz'lik harmonik işaretler üretebilir. Şekil 7-4-4'te gösterilen bu bozulmaya harmonik bozulma da denir.



(a) Normal dalga şekli

(b) Harmonik bileşenlere sahip dalga şekli

Şekil 7-4-4 Harmonik bozulma

2. Frekans Bozulması:

Yükseltecin farklı frekanslara karşılık, farklı yükseltme katsayılarına sahip olması durumunda ortaya çıkar.

3. Gecikme Bozulması (faz bozulması):

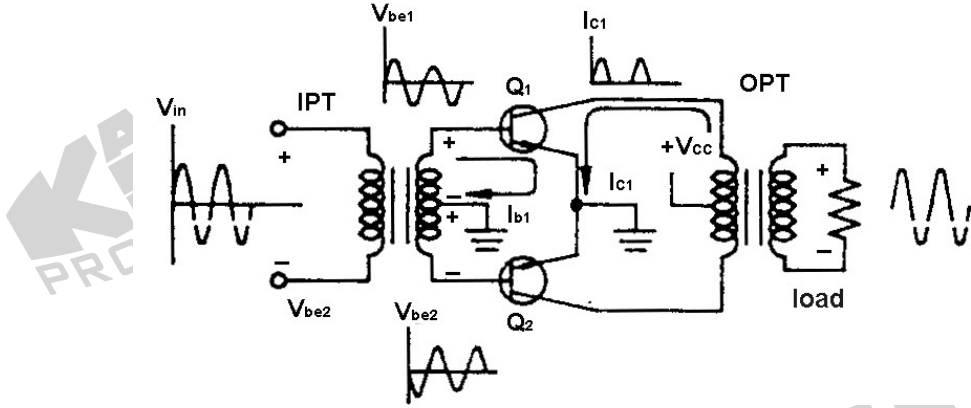
Yükseltecin farklı frekanslara karşılık, farklı faz kaymalarına sahip olması durumunda ortaya çıkar.

**Push-pull Yükselteç**

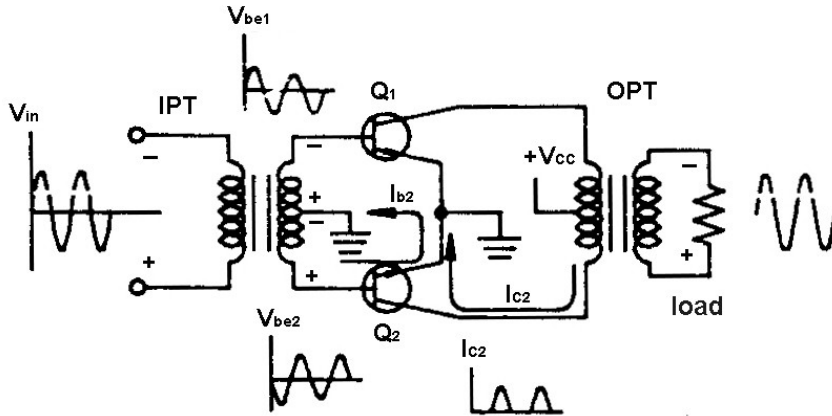
Yükselteç devresinde daha yüksek çıkış gücü gerekliyse, genellikle çıkış katında push-pull yükselteç olarak birlikte çalışmak üzere iki adet tranzistör kullanılır. Push-pull yükselteçler, tek-uçlu push-pull yükselteç ve çift uçlu push-pull yükselteç olarak ikiye ayrılırlar.

### Çift-uçlu push-pull yükselteç

Şekil 7-4-5'te gösterildiği gibi temel push-pull yükselteç devresi, giriş transformatörü, çıkış transformatörü ve iki adet tranzistörden meydana gelmiştir. Giriş transformatörü, Şekil 7-4-6'da gösterildiği gibi, giriş işaretini eşit büyüklükte fakat ters fazda iki işarete bölen bir faz bölücü olarak görev yapmaktadır.

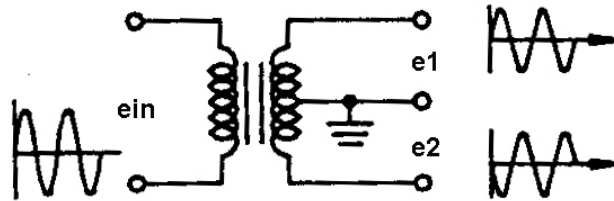


(a) Giriş işaretinin pozitif alternansındaki çalışma durumu



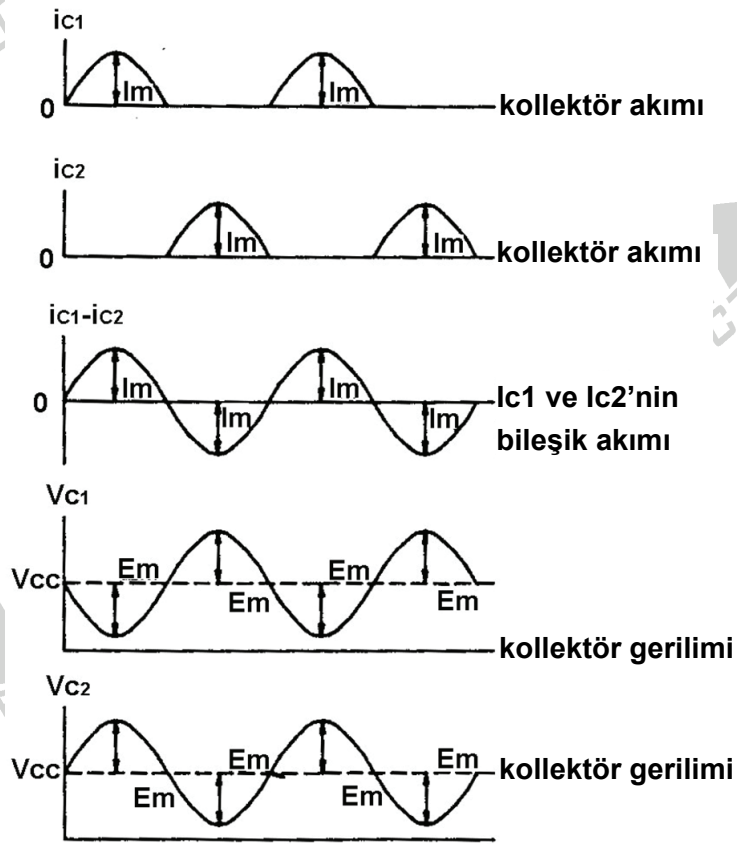
(b) Giriş işaretinin negatif alternansındaki çalışma durumu

Şekil 7-4-5 Temel çift-uçlu push-pull yükselteç devresi



Şekil 7-4-6 Faz bölücü olarak kullanılan merkez uçlu transformatör

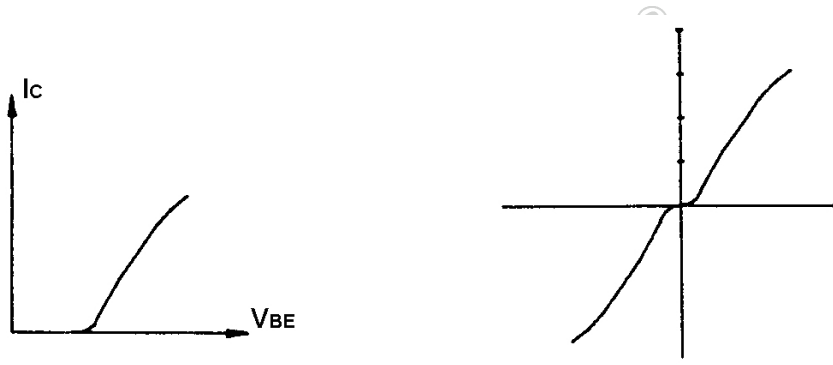
Şekil 7-4-5(a)'da gösterildiği gibi, giriş işaretinin pozitif alternansı, push-pull yükseltecinin Q1 transistörü tarafından yükseltilir. Şekil 7-4-5(b)'de gösterildiği gibi, giriş işaretinin negatif alternansı ise, push-pull yükseltecinin Q2 transistörü tarafından kuvvetlendirilir. Q1'in  $I_{C1}$  akımı ve Q2'nin  $I_{C2}$  akımı çıkış transformatörü tarafından birleştirilir. Giriş sinyalinin iki alternansının, sırasıyla Q1 ve Q2 tarafından yükseltilmesine karşın, yükü besleyen sinyal hala  $V_{in}$  ile orantılı olan AC sinyalin tamamıdır. Şekil 7-4-7'de, push-pull yükseltecin çıkış akım ve gerilim dalga şekilleri gösterilmiştir. Transistörün geçiş eğrisi ise Şekil 7-4-8(a)'da gösterilmiştir.



Şekil 7-4-7 Çıkış gerilimi ve çıkış akımı dalga şekilleri

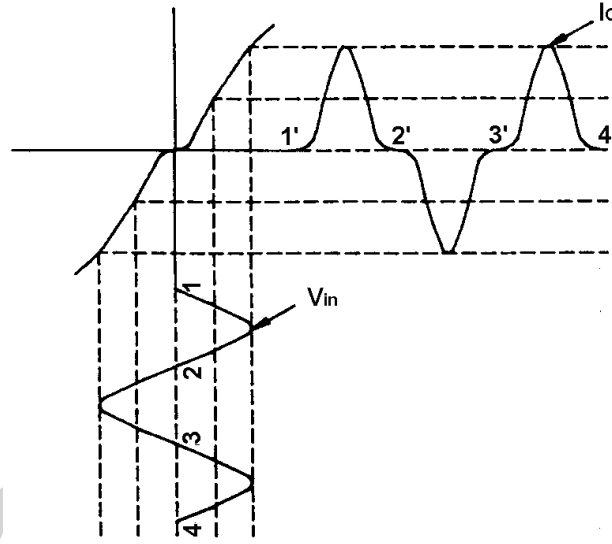
Transistöre öngerilim uygulanmazsa veya uygulanan öngerilim  $I_c \approx 0$  olacak kadar küçükse transistör, geçiş eğrisinin eğrilik bölgesinde çalışır. Şekil 7-4-5'te gösterilen çift uçlu push-pull yükseltecin, Q1 ve Q2 transistörlerine öngerilim uygulanmadığı durumda, bileşik geçiş eğrisi Şekil 7-4-8(b)'de gösterildiği gibi olur. Giriş sinyali uygulandığında, çıkış dalga şeklinin pozitif ve negatif çevrimlerinin kesişiminde, geçiş bozulması adı verilen bozulma meydana gelir.





(a) Transistörün geçiş eğrisi

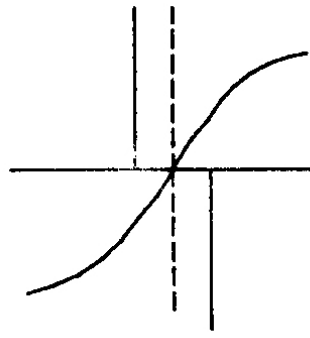
(b) Bileşik geçiş eğrisi



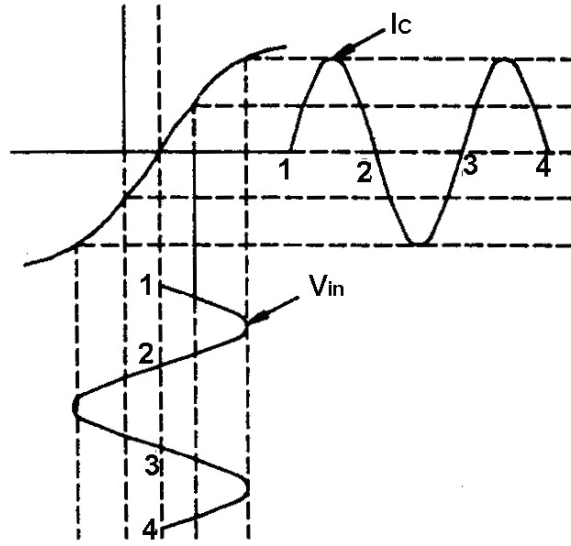
(c)  $V_{in}$ 'e karşılık gelen  $I_C$  akımında ortaya çıkan geçiş bozulması

Şekil 7-4-8 B sınıfı push-pull yükseltecinde meydana gelen geçiş bozulması

Geçiş bozulmasını engellemek için, Q1 ve Q2 transistörlerine, Şekil 7-4-9'da gösterildiği gibi, bu transistörler geçiş eğrisinin doğrusala yakın bölgesinde çalışacak şekilde, uygun öngerilim uygulanmalıdır. Q1 ve Q2 transistörlerine AB Sınıfı öngerilimleme uygulanırsa, B Sınıfı push-pull yükselteçte ortaya çıkan geçiş bozulması ortadan kaldırılmış olur.



(a) Q1 ve Q2'yi push-pull olarak kullanan bileşik geçiş eğrisi



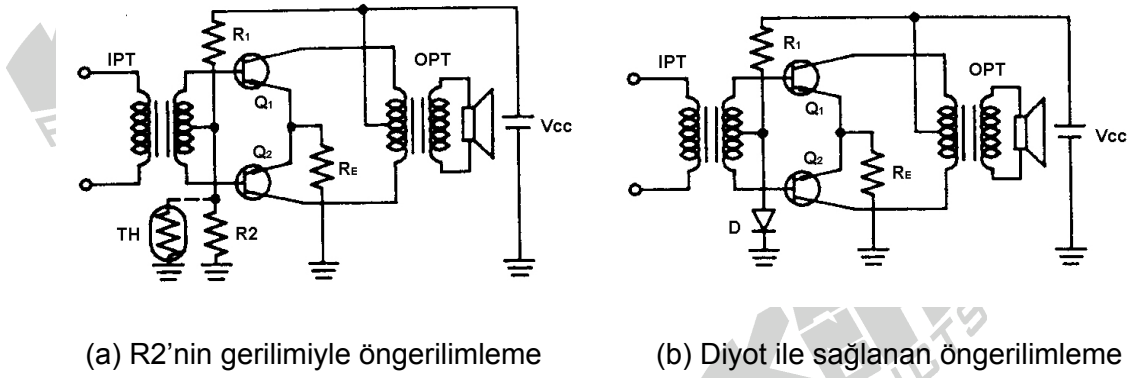
(b)  $V_i$  'ye karşılık gelen  $I_c$  akımında geçiş bozulması meydana gelmemiştir

Şekil 7-4-9 AB Sınıfı push-pull yükseltecin çalışması

### Çift-uçlu push-pull yükselteç için öngerilim düzenlemesi

Transistör için yaygın olarak kullanılan iki farklı öngerilimleme yöntemi Şekil 7-4-10'da gösterilmiştir. Şekil 7-4-10(a)'daki devre, transistöre öngerilim sağlamak için, R2 direnci üzerinde düşen gerilimden yararlanır. Sıcaklık kompanzasyonu için, negatif sıcaklık katsayılı bir termistör, R2 direnci ile paralel olarak bağlanmıştır. Q1 ve Q2'nin sıcaklığı artarsa, sıcaklıkla birlikte  $I_c$  akımı da artar ve bu durum çalışma noktasının kaymasına neden olur. Bu durumda termistörün direnç değeri azalacağı için, Q1 ve Q2'nin ileri öngerilimi azalır ve transistörün sükunet akımı sıcaklıkla birlikte artmamış olur.

Şekil 7-4-10(b)'de gösterilen devre, transistöre öngerilim sağlamak için diyot üzerindeki gerilim düşümünden yararlanır. PN jonksiyon diyodu ile BE'leri PN jonksiyonundan oluşan Q1 ve Q2 transistörleri arasındaki benzerlik sebebiyle, sıcaklık arttığı zaman,  $V_D$ ,  $V_{BE}$  ve  $V_C$  gerilimleri azalır ve böylece  $I_C$  akımı artmaz.  $R_e$  üzerindeki akım negatif geri beslemesi, sıcaklık artışı ve buna bağlı  $I_C$  artışının neden olduğu "ısı döngüden", transistörün hasar görmesini engeller. ( $I \uparrow$  sıcaklık  $\uparrow$   $I \uparrow$  sıcaklık  $\uparrow$ ).



Şekil 7-4-10 Çift-uçlu push-pull yükselteç

### Çift-uçlu push-pull yükseltecin avantajları ve dezavantajları

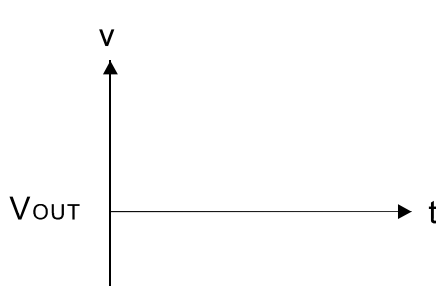
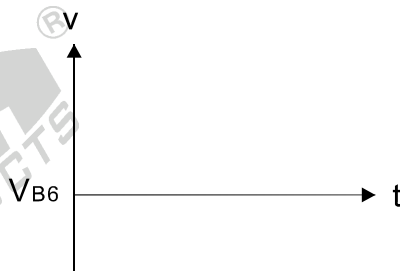
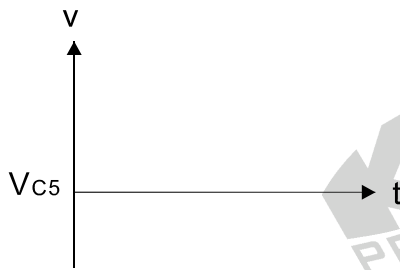
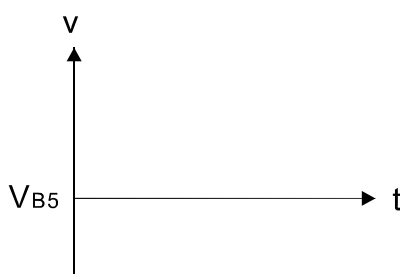
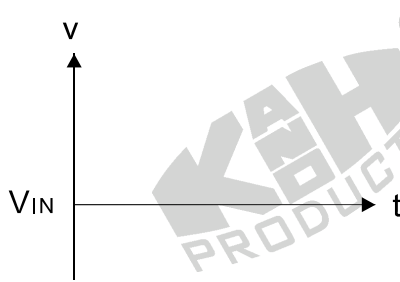
Çift-uçlu push-pull yükselteçte iki adet transformör kullanıldığı için frekans tepkisi kötüdür, bozulma fazladır, hacmi büyük ve ağırlığı fazladır. Bununla birlikte, daha küçük  $V_{CC}$  güç kaynağı ile yüksek güçte çıkış elde etmek kolaydır. Bu yüzden çift-uçlu push-pull yükselteçler seyyar megafonlarda yaygın şekilde kullanılır.

### KULLANILACAK ELEMANLAR

1. KL-22001 Temel Elektrik Devresi Laboratuvarı
2. KL-25004 Çok Kaklı Yükselteç Devre Modülü
3. Osiloskop
4. Multimetre

## DENEYİN YAPILIŞI

1. KL-25004 modülünü, KL-22001 Temel Elektrik Devreleri Deney Düzeneğinin üzerine koyun ve b bloğunun konumunu belirleyin. Şekil 7-4-11'deki devre ve Şekil 7-4-12'deki bağlantı diyagramı yardımıyla gerekli bağlantıları yapın. Bağlantı kablolarını kullanarak VR1'i devreye ve  $8\Omega/1W$ 'lık bir direnci ( $R_{20}$ ), OUT uçları arasına paralel olarak bağlayın. KL-22001 Düzeneğindeki sabit 12VDC güç kaynağını, KL-25004 modülüne bağlayın.
2. Q5'in kollektör-emitör gerilimi  $V_{CE}=V_{CC}/2=6V$  olacak şekilde  $R_{15}(20K\Omega)$ 'i ayarlayın. Aynı anda, ampermetre yardımıyla kollektör akımındaki değişimi gözlemleyin.
3. Ampermetre kullanarak push-pull yükseltecin sükunet akımı 10mA olacak şekilde VR1( $1K\Omega$ )'i ayarlayın.
4. KL-22001 Düzeneğinin üzerindeki Fonksiyon Üreticini kullanarak, IN ucuna 500Hz'lik bir sinüzoidal işaret uygulayın. OUT çıkış ucuna (TP8-TP9) osiloskop bağlayın.
5. Osiloskop ekranında görüntülenen çıkış dalga şekli bozulmayacak şekilde, sinüzoidal sinyalin genliğini arttırın.  $V_{IN}$  giriş gerilimi ve  $V_{OUT}$  çıkış gerilimi dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-3-1'e kaydedin.
6. Osiloskop kullanarak,  $V_{IN}$ ,  $V_{B5}$ ,  $V_{C5}$ ,  $V_{B6}$  ve  $V_{OUT}$  dalga şekillerini ölçün ve Tablo 7-4-1'e kaydedin.
7. Aşağıdaki denklemi kullanarak maksimum çıkış gücünü hesaplayın.  
$$P_{out} = \frac{V_{OUT(p-p)}^2}{8R_L} = \dots, \text{ where } R_L = 8\Omega.$$
8. VR1( $1K\Omega$ )'i  $0\Omega$  değerine ayarlayın ve  $V_{OUT}$  dalga şeklinde geçiş bozulması oluşup oluşmadığını gözlemleyin.



Tablo 7-4-1

