

DENEY 10: ORTAK EMİTERLİ YÜKSELTEÇ

10.1. Deneyin Amacı

Ortak emiter bağılı yükseltecin yüklü, yüksüz kazancını tespit etmek ve ortak emiter yükseltecin küçük sinyal modelini çıkartmak.

10.2. Kullanılacak Malzemeler ve Aletler

- BC237 transistör, 220 Ω , 1 k Ω , 1.2 k Ω , 3.1 k Ω , 33 k Ω dirençler, 47 μ F, 2 adet 1 μ F kondansatörler ve bağlantı kabloları
- DC güç kaynağı, Multimetre, Sinyal jeneratörü, Osiloskop

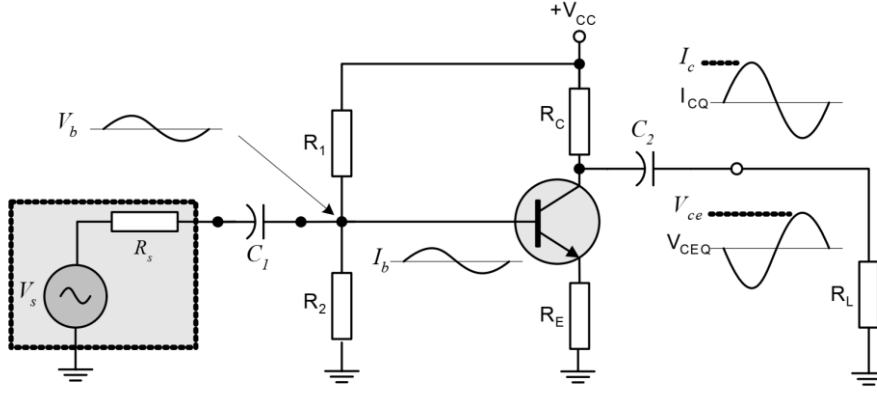
10.3. Teorik Bilgiler

Transistörlü yükselteç devreleri genellikle küçük sinyal ve güç yükselteçleri olmak üzere iki temel bölümde incelenir. Örneğin; mikrofon, anten v.b. cihazların çıkışlarından alınan işaretleri yükseltmek amacı ile kullanılan yükselteç devreleri küçük sinyal yükselteçleri olarak adlandırılır. Bu tür yükselteçler girişlerine uygulanan küçük işaretlerin gerilimlerini yükselterek çıkışa aktarırlar.

Yükselteç devrelerinin analizi iki temelde yapılmaktadır. Bunları kısaca dc çalışma şartlarının analizi ve ac çalışma şartlarının analizi olarak tanımlayabiliriz. Yükselteç devrelerinde dc işaretlerin tanımlanmasında genellikle alfabenin büyük harfler kullanılır. I_E , V_{BE} , V_{CE} v.b. gibi. Oysaki ac işaretlerin çeşitli değerleri vardır. Etkin (rms) değer, tepe değer (peak), tepeden tepeye (peak-to-peak), etkin (rms) değer gibi. Genel bir kabul olarak ac işaretler tanımlanırken alfabedeki küçük harfler italik formda kullanılır. Örneğin; i_c , i_b , v_{ce} , v_{be} v.b. gibi. Örneğin bir transistörün ac işarete karşı gösterdiği emiter direnci r_e , olarak dc işarete gösterdiği emiter direnci ise R_E olarak tanımlanır.

Küçük Sinyal Yükselteci

Tipik bir küçük sinyal yükselteç devresi Şekil-1'de verilmiştir. Yükseltilecek sinusoidal işaret transistörün beyz terminaline uygulanmıştır. Yükseltilecek çıkış ise transistör kollektör terminalinden R_L yükü üzerine alınmıştır. R_S direnci ac işaret kaynağının iç direncidir. Transistörün polarma gerilim ve akımlarını girişteki ac kaynaktan ve çıkıştaki R_L yükünden yalıtım amacı ile C_1 ve C_2 kondansatörleri kullanılmıştır.



Şekil-1. Gerilim bölücü polarmalı küçük işaret yükselteç devresi

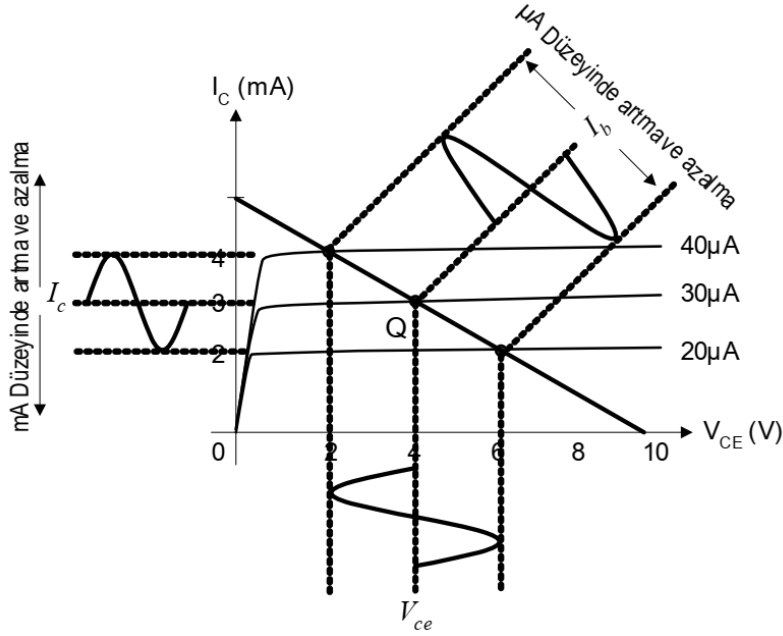
Başlangıçta yükselteç devresine ac işaretin uygulanmadığını, sadece dc kaynağın var olduğunu kabul edelim. Doğal olarak dc kaynak, transistör polarmasını sağlayacak ve çalışma noktasını belirleyecektir. Transistörün aktif bölgede çalıştığını kabul edelim. Bu durumda transistör iletimdedir. Belirli bir dc kollektör akımı (I_C) ve gerilimine (V_{CE}) sahiptir. Transistör artık yükseltme işlemine hazırdır. Çünkü aktif bölgede çalışmaktadır.

Şimdi transistörün beyz'inden küçük genlikli bir sinüsoydal işaretin uygulandığını varsayalım. Sinüsoydal işaretin pozitif saykılı beyz akımında artmaya neden olacaktır. Beyz akımının artması kollektör akımında da artmaya neden olacaktır. Giriş sinüsoydal işaretinin sıfıra inmesi durumunda ise mevcut beyz akımı değeri transistörün Q çalışma noktasındaki değere geri dönmeye neden olacaktır. Giriş sinüsoydal işaretinin negatif saykılı ise beyz akımını azaltıcı yönde etki edecektir. Dolayısıyla transistörün Q noktasındaki kollektör akımı değerini de azaltacaktır. Bu durum giriş sinüsoydal işareti var olduğu sürece tekrarlanacaktır.

Yükselteç girişine uygulanan sinüsoydal işaretin transistörün çalışma noktası (Q) değerlerinde oluşturduğu değişim (yükselme-azalma) şekil-2'de grafiksel olarak gösterilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi giriş beyz akımındaki çok küçük bir miktar değişim, transistörün çıkış kollektör akımında büyük miktarlarda değişime neden olmaktadır. Kısaca girişten uygulanan işaret, çıkışta yükseltilmiştir. Grafikten görüldüğü gibi giriş beyz akımındaki değişim μA düzeyinde olurken, çıkış kollektör akımındaki değişim ise mA düzeyindedir.

Şekil.2'de verilen grafiğe bakılacak olursa transistör sükunet halinde (girişte ac işaret yok) Q çalışma noktasında $I_B = 30\mu A$, $I_C = 3mA$ ve $V_{CE} = 4V$ değerlerine sahip olduğu görülür. Transistör (yükselteç) girişine tepe değeri $10\mu A$ olan bir sinüsoydal işaret uygulandığında ise; transistörün beyz akımındaki değişim $20\mu A$ ile $30\mu A$ arasında olmuştur. Buna karşılık transistörün kollektör akımı $2mA$ ile $4mA$ arasında değişmiştir.

Sonuçta; transistör girişine uygulanan ve tepe değeri $20\mu\text{A}$ olan sinüsoydal işaret, çıkıştan yine sinüsoydal olarak fakat tepe değeri 4mA olarak alınmıştır. Aynı şekilde V_{CE} değerinde de bir değişim söz konusudur.



Şekil-2. Yükselteç devresinde yükseltme işleminin grafiksel analizi

TRANSİSTÖRÜN AC EŞDEĞER DEVRESİ

Transistörlü yükselteçlerin ac işaretlerde analizi oldukça karmaşık yapılar ortaya çıkarabilir. Analizi kolaylaştırıp pratik hale getirmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Küçük sinyal analizinde en uygun ve pratik yöntem; transistörün eşdeğer devre modellerinden yararlanmaktır.

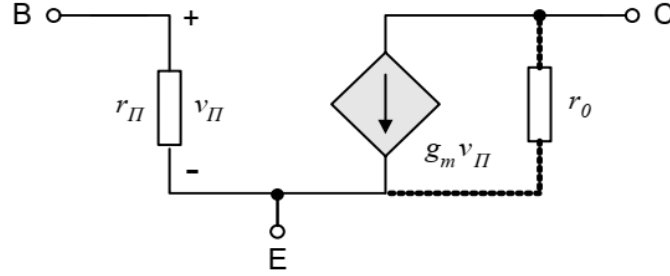
Transistörün ac eşdeğer devre modellemesinde kullanılan başlıca iki tip parametre vardır. Bunlar; h veya hibrit parametresi, diğeri ise r parametresi olarak bilinir ve tanımlanırlar.

Burada transistörün ac eşdeğer devre modellemesinde kullanılmak üzere, hibrit-II modeli kullanılacaktır.

Transistör ac Eşdeğeri

Küçük sinyal yükselteçlerinin ac analizinde kullanılmak üzere, çeşitli devre modelleri geliştirilmiştir. Bu bölümde; transistörün ac eşdeğer devresi için Hibrit-II (Hybrid) modeli tanıtılacaktır. Bu model, diğerlerine göre basit yapıdadır ve kullanımı daha kolaydır. Dolayısıyla transistörün ac analizinde bu modelden yararlanılacaktır.

Küçük sinyal yükselteçlerinde Şekil-3’de verilen hibrid-II devre modeli ile temsil edilebilir. Bu eşdeğer devre modelinde; g_m ve r_{Π} olarak verilen parametreler transistörün kollektör akımı I_C değerine bağlıdır. Dolayısı ile hibrid-II modeli transistörün belirli bir çalışma noktasında kullanılabilir.



Şekil-3. Bipolar jonksiyon transistör için hibrid-II modeli

Eşdeğer devre modelinde kullanılan parametreler sırasıyla;

v_{Π} , transistörün beyz-emiter (vbe) sinyal gerilimini

g_m , transkondüktansını (iletkenliğini)

r_{Π} , transistörün beyz-emiter arası giriş direncini

temsil etmektedir.

Transistörün transkondüktans (g_m)ve giriş direnci değerleri (r_{Π}) aşağıdaki gibi verilir.

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{I_C}{26mV} \quad r_{\Pi} = \frac{\beta}{g_m}$$

Görüldüğü gibi her iki parametrede kollektör akımının değerine bağlıdır. Bu sebeple yukarıda da belirtildiği gibi hibrid-II modelini kullanmak için transistörün çalışma noktasındaki I_C değerinin bilinmesi zorunludur. Eşdeğer devre modelinde transistörün çıkış akımı bağımlı bir kaynak ile tanımlanmıştır. Transistörün çıkış akımı I_C ;

$$i_c = \beta \cdot i_b = g_m \cdot v_{\Pi} = g_m \cdot r_{\Pi} \cdot i_b$$

şeklinde yazılabilir. Şekil-3’de verilen eşdeğer devre modelinde görüldüğü gibi transistörün sahip olduğu bir çıkış direnci vardır. Bu direnç r_o ile sembolize edilmiştir. Transistörün çıkış direnci r_o , yükseltecin kazancı hesaplanırken kimi durumlarda örneğin $R_C \ll r_o$ olduğunda ihmal edilebilir.

ORTAK EMİTERLİ YÜKSELTEÇ

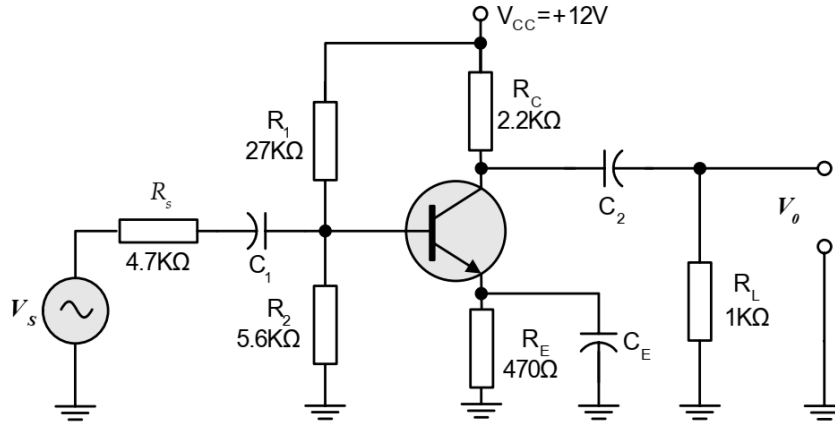
Transistörlü yükselteçler; devrede kullanılan bjt'nin bağlantı şekline göre adlandırılırlar. Başlıca üç tip bağlantı şekli vardır. Bu bağlantı tipleri sırası ile;

- Ortak-emiterli yükselteç
- Ortak-kollektörlü yükselteç
- Ortak-beyzli yükselteç

Her bir bağlantı tipinin farklı özellikleri ve işlevleri vardır.

Transistörlü yükselteçlerde kullanılan bağlantı tiplerinden en popüler ortak emiterli yükselteç devresidir. Kimi kaynaklarda ismi kısaltılarak CE (Common Emiter) olarak tanımlanır. Ortak emiterli yükselteçlerin (OE) gerilim ve akım kazançları oldukça yüksektir. Bu durum onu birçok uygulamada popüler kılar.

Gerilim bölücülü dc polarmaya sahip ortak emiterli yükselteç devreleri pratikte sık kullanılır. Pek çok cihaz ve sistemin tasarımında kullanılan böyle bir yükselteç devresi Şekil-4'te verilmiştir.

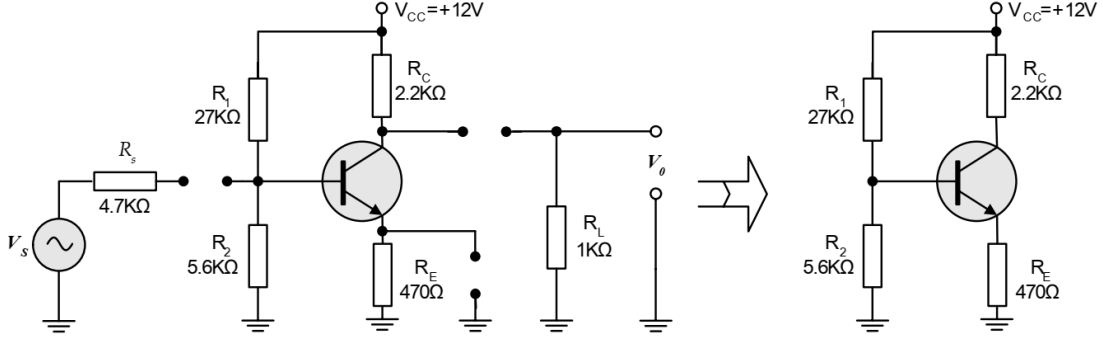


Şekil-4. Ortak emiter bağlantılı gerilim bölücülü yükselteç devresi

Devrede V_s giriş sinyal kaynağıdır. R_s direnci ise sinyal kaynağının iç direncidir. Yükseltilecek sinyal transistörün beyzine C_1 kapasitörü üzerinden uygulanmaktadır. C_1 değeri yeterince büyük ($1\mu\text{F}$ - $100\mu\text{F}$) seçilmelidir. Çıkış sinyali ise kollektör üzerinden C_2 kapasitörü ile R_L yük direnci üzerine alınmaktadır. C_2 değeri de C_1 gibi uygun değerde seçilmelidir. Transistörün emiterine bağlı R_E direnci, ac çalışmada transistörün kazancını azaltmaktadır. Orta frekans bölgelerinde çalışmada R_E 'nin bu etkisi paralel bağlı C_E kapasitörü tarafından yok edilmiştir. Bu nedenle C_E kapasitörüde yeterince büyük ($1\mu\text{F}$ - $100\mu\text{F}$) seçilmelidir. C_E kapasitörü sadece dc çalışmada transistörün kararlılığını sağlamaktadır. Bu nedenle bu kapasitöre emiter bypass kapasitörü denilmektedir. Şekil-6.10'da verilen ortak emiter bağlantılı yükselteç devresinin analizi iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşama dc analizdir.

DC Analiz

Devrenin dc analizi için ilk adım, dc eşdeğer devreyi çizmektir. DC eşdeğer için devrede bulunan kapasitörler açık devre kabul edilir ve V_s sinyal kaynağı dikkate alınmaz. Bu koşullar yerine getirildiğinde oluşan dc eşdeğer devre Şekil-5'te verilmiştir.



Şekil-5. Ortak emiter bağlantılı yükselteç devresinin dc eşdeğer devresinin çıkarılması

$$V_{TH} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_2 = \frac{12V}{27K\Omega + 5.6K\Omega} \cdot 5.6K\Omega = 2.06V$$

$$R_{TH} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{27K\Omega \cdot 5.6K\Omega}{27K\Omega + 5.6K\Omega} = 4.63K\Omega$$

$$I_E = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{\frac{R_{TH}}{(\beta + 1)} + R_E} = \frac{2.06V - 0.7V}{\frac{4.63K\Omega}{101} + 470\Omega} = \frac{1.36V}{515\Omega} = 2.64mA$$

$$I_B = \frac{I_E}{(\beta + 1)} = \frac{2.64mA}{101} = 26\mu A$$

$$I_C = \beta \cdot I_B = 100 \cdot 26\mu A = 2.6mA$$

$$V_C = V_{CC} - I_C \cdot R_C = 12 - 2.6mA \cdot 2.2K\Omega = 6.28V$$

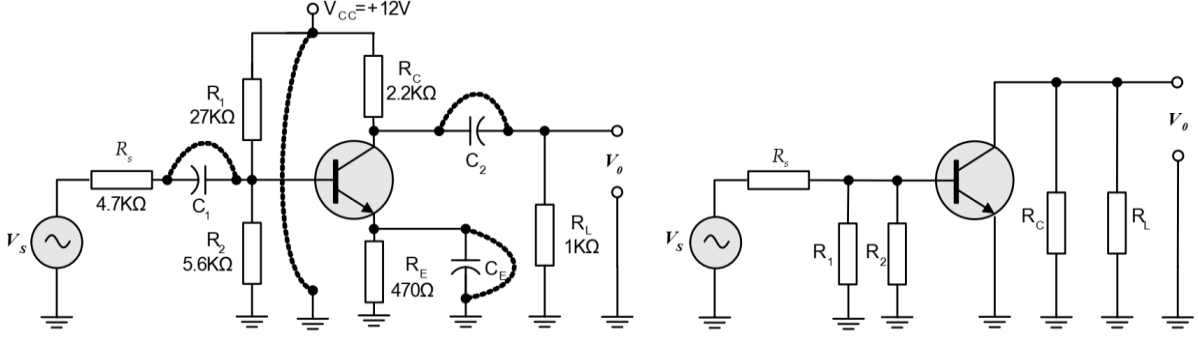
$$V_E = I_E \cdot R_E = 2.64mA \cdot 470\Omega = 1.24V$$

$$V_{CE} = V_C - V_E = 6.28 - 1.24 = 5.03V$$

Bulunan sonuçlarda transistörün aktif bölgede çalıştığı görülmektedir.

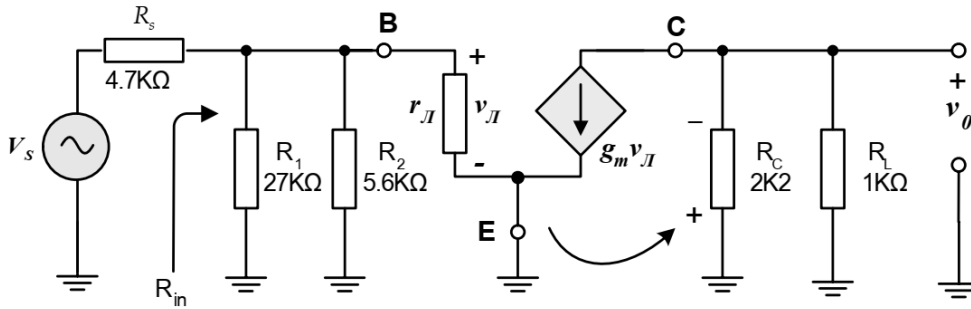
AC Analiz

Devrenin ac analizi için ilk adım, ac eşdeğer devreyi çizip daha sonra hibrid- π modelini çıkarmaktır. DC eşdeğer için devrede bulunan dc kaynaklar ve kapasitörler kısa devre kabul edilir. Bu koşullar altında oluşan ac eşdeğer devre Şekil-6'da verilmiştir.



Şekil-6. Ortak emiter bağlantılı yükselteç devresinin dc eşdeğer devresinin çıkarılması

Yükselteç devresinin küçük sinyal eşdeğer devresi için ikinci aşama ise transistörün eşdeğer modelini yerleştirmektir. Bu işlem sonucunda ortak emiterli yükselteç devresinin küçük sinyaller için eşdeğer devre modeli Şekil-7'de verilmiştir.



Şekil-7. Ortak emiterli yükselteç devresinin küçük sinyal eşdeğer devre modeli

$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{2.6mA}{26mV} = 100mA/V$$

$$r_\pi = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{100 \cdot 10^{-3}} = 1K\Omega$$

$$R_{in} = R_1 // R_2 // r_\pi = 0.823K\Omega$$

Eşdeğer devre modelinden yararlanarak V_s , R_s ve R_{in} çevresinden hareket ederek göz denklemini yazarak v_π değerini bulabiliriz.

$$v_\pi = \frac{v_s}{R_s + R_{in}} \cdot R_{in} = \frac{v_s}{4.7K\Omega + 0.823K\Omega} \cdot 0.823K\Omega = 0.149v_s$$

Yükseltecin çıkış sinyal gerilimini (v_0);

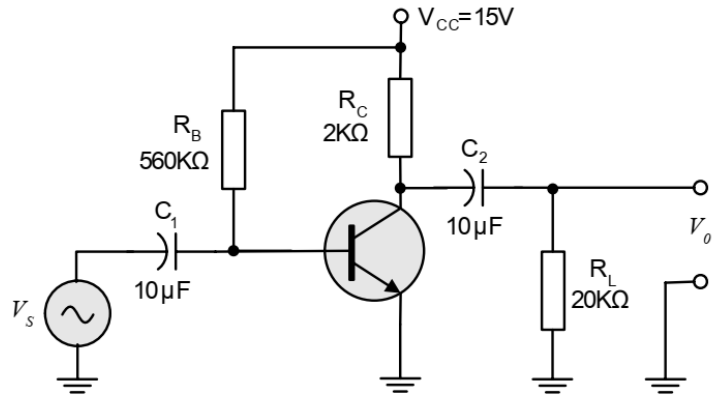
$$v_0 = -g_m \cdot v_\pi \cdot (R_C // R_L) = -g_m \cdot v_\pi \cdot \frac{R_C \cdot R_L}{R_C + R_L} = -(100mA/V)(0.168v_s)(0.68K\Omega) = -11.4v_s$$

eşitliği elde edilir. Buradan ortak emiterli küçük işaret yükseltecinin gerilim kazancı bulunabilir.

$$A_v = \frac{v_0}{v_s} = -11.4$$

10.4. Ön Hazırlık Soruları

1. Şekilde verilen yükselteç devresinin küçük sinyaller için dc ve ac analizini yapınız. Gerilim kazancını bulunuz. ($\beta=150, V_{BE}=0.7V$)

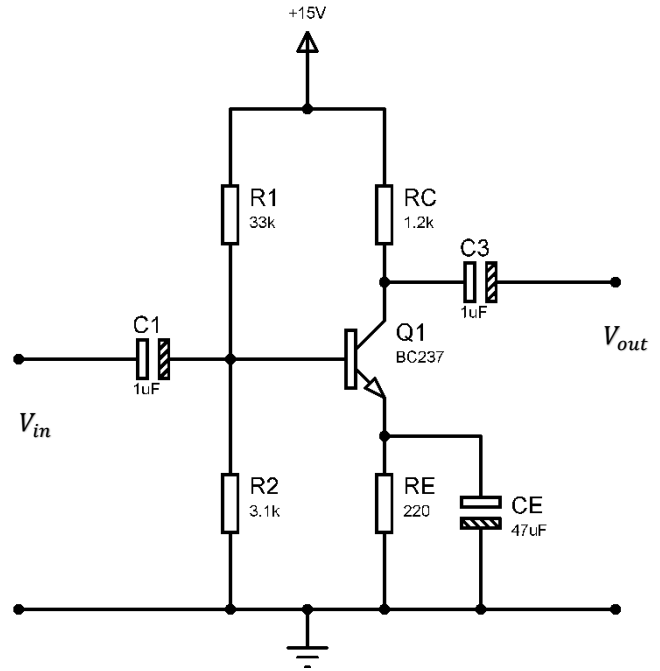


2. Deneyi Proteus programında gerçekleştiriniz. Deneyin yapılışında verilen adımları uygulayınız.

10.5. Deneyin Yapılışı

1. Şekildeki devrenin dc analizi için kondansatörleri ve sinyal jeneratörünü bağlamadan devreyi kurunuz.

($V_{CC}=15\text{ V}$, $R_1=33\text{ k}\Omega$, $R_2=3.1\text{ k}\Omega$, $R_C=1.2\text{ k}\Omega$ ve $R_E=220\text{ }\Omega$)

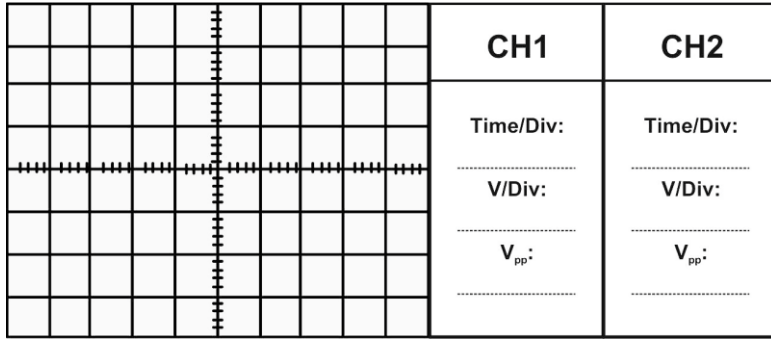


2. Sinyal jeneratörü kapalıyken veya bağlı değilken V_B , V_E , V_C , V_{CEQ} , V_{BEQ} , V_{RC} değerlerini multimetreyle ölçüp tabloya kaydediniz.

V_B	V_E	V_C	V_{CEQ}	V_{BEQ}	V_{RC}	I_C

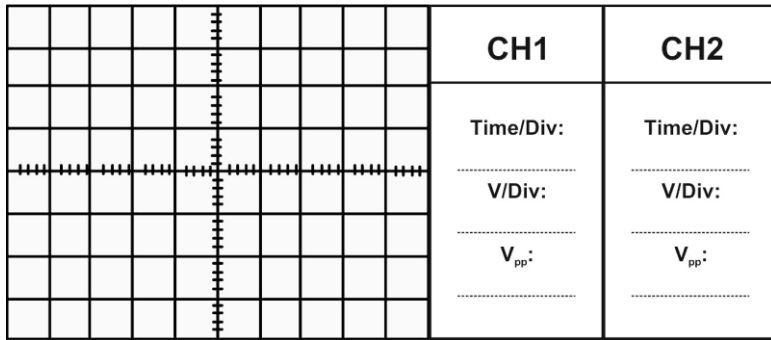
3. Sinyal jeneratörünü tepeden tepeye gerilimini 40mV , frekansını 10kHz 'e ayarlayıp V_{in} giriş kaynağı olarak bağlayınız.
4. Giriş ve çıkış sinyallerini osiloskopta incelemek için CH1 probununu V_{in} girişine, CH2 probunu V_{out} çıkışına bağlayınız.
5. Osiloskop görüntüsünü, giriş ve çıkış işaretleri faz farkını dikkate alarak ve istenen değerlerle birlikte Grafik-1'e kaydediniz. Gerilim kazancını hesaplayınız.
6. Harici emiter direncine paralel bağlanmış olan C_E bypass kondansatörünü devreden çıkararak çıkış işaretlerini inceleyip Grafik-2'ye kaydediniz. Gerilim kazancını hesaplayınız.
7. C_E kondansatörünü devreye tekrar ekleyerek ve V_{out} çıkışına $R_L=1\text{ k}\Omega$ yük direnci bağlayarak çıkışı tekrar gözlemleyip Grafik-3'e kaydediniz. Gerilim kazancını hesaplayınız.

Grafik-1



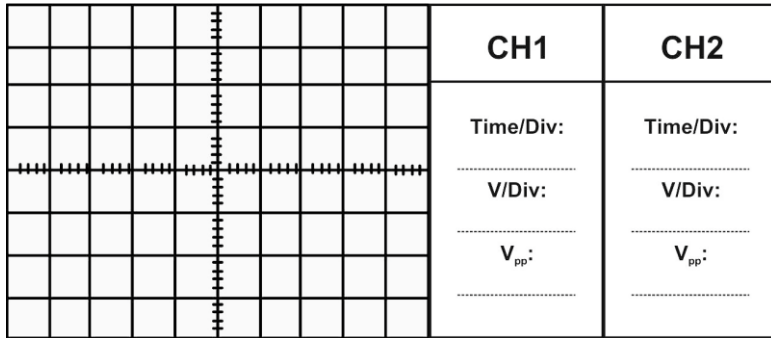
Gerilim Kazancı

Grafik-2



Gerilim Kazancı

Grafik-3



Gerilim Kazancı

10.6. Deney Sonuç Soruları

1. Deneydeki devrenin dc ve ac analizini teorik olarak yapınız. Gerilim kazancını bulunuz.
2. C_E kondansatörünün kullanım amacı nedir? Çıkışa nasıl bir etkisi olmuştur? Yorumlayınız.
3. R_L direncinin çıkışa nasıl bir etkisi olmuştur? Yorumlayınız.

Kaynakça ve Notlar

- Mersin Üniversitesi, Analog Elektronik-I, Bölüm-6