

DENEY 2

ORTAK EMETÖRLÜ YÜKSELTEÇ ve FREKANS CEVABI

DENEY MALZEMELERİ:

BC237 npn transistör

87kK Ω , 9.1k Ω , 3.3k Ω , 8.2k Ω , 2x1k Ω , 10 k Ω 'luk potansiyometre

2x10 μ F 1nF kondansatör

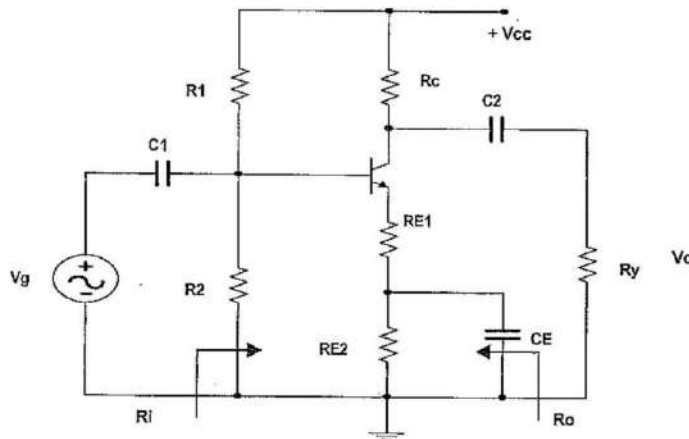
bağlantı telleri ya da krokodiller

NOT: Devre elemanlarının yanma olasılığına karşın önemli olanların yedeğinin alınması tavsiye edilir.

GİRİŞ: Bir işaret kaynağı tarafından girişine uygulanan küçük genlikli işaretleri, çıkış ucuna bağlı bulunan yüke, kuvvetlendirerek veren devreye yükselteç adı verilir.

Yarıiletken devre elemanlarının istenen çalışma noktasında çalışması için uçlarına belirli bir DA işareti uygulanmalıdır. Örneğin Silisyumdan yapılmış 1N4001 diyodunun iletime geçmesi için en az 0.6-0.7V' luk bir gerilimin uygulanması gerekir. Aynı şekilde yükselteçlerde kullanılan transistörlerin baz uçları, dirençler kullanılarak öngerilimlenir. Devrede kullanılan transistörün kutuplama akım ve geriliminin değeri devrenin kullanım alanına göre seçilir.

Kuvvetlendiricinin girişine küçük genlikli değişken işaret yani aa işaret uygulanmadan önce DA besleme kullanarak transistörün istenilen çalışma noktasında çalıştırılması amaçlanmaktadır. Girişte işaret yokken devrenin çektiği akımlara boşa çalışma ya da sükunet(quiscent) akımı adı verilir. Yük doğrusunu çizebilmek için transistörün kesim ve doyumda olduğu noktalar saptandıktan sonra bu iki nokta Şekil 2.3' de görülen grafik üzerinde bir doğru meydana getirecek şekilde birleştirilir. Bu doğruya DA yük doğrusu denir. Belirlenen değerlere göre transistörün çalışma noktaları bu doğru üzerinde olur. Bir transistörün yükselteç olarak çalışması için emetör-baz eklemine ileri, kolektör-baz eklemine ters yönde kutuplanması gereklidir.

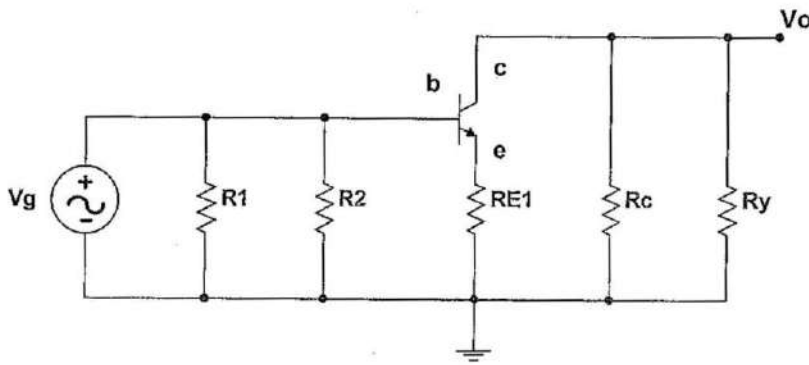


Şekil 2.1. Ortak emetörlü yükselteç

Uygulamada kullanılan yükselteçlerin %90'ı ortak emetörlü yükselteçlerdir. Bu tip çalışmada direnç değerleri V_C gerilimi, V_{CC} besleme geriliminin yarısı olacak şekilde seçilir. Şekil 1' de ortak emetörlü devre görülmektedir. Devrede, çalışma noktası DA akım ve gerilim değerlerinin R_y yükünden ve işaret kaynağından etkilenmemesi için C_1 ve C_2 kondansatörleri kullanılmıştır. Bu kondansatörlere bağlama kondansatörleri denir. Emetör dirençleri R_{E1} ve R_{E2} dirençlerinden oluşmaktadır. C_E kondansatörü, devrede DA bileşenleri yalıtım amacıyla kullanılmaktadır. Bu kondansatör R_{E2} direncine paralel bağlı olduğundan R_{E2} direncini aa işaretler açısından kısa devre etmektedir. C_E kondansatörüne atlatma kondansatörü denir.

Girişte işaret yokken besleme gerilimi verildiğinde devredeki kondansatörler çalışma noktasına karşılık gelen doğru gerilimle dolar. Kondansatörün tanımı gereği, uçları arasındaki gerilim sabit kaldığında akan akım sıfırdır. Buna göre devrenin çalışma noktası büyüklükleri hesaplanırken bağlama ve atlatma kondansatörleri açık devre alınmalıdır. R_1 ve R_2 , baz bölücü kutuplama devresidir. C_E , doğru bileşenler açısından açık devre alındığında $R_E = R_{E1} + R_{E2}$ direnci olduğu görülür.

Devrenin girişine aa işaret uygulandığında kondansatörlerin reaktansı $1/\omega C$, çalışma frekansında devredeki direnç değerlerine göre çok küçük olduğundan bu frekans aralığında C_1 , C_2 ve C_E kısa devre kabul edilir. Besleme gerilimi sabit bir değer olduğundan aa işaretler için kısa devre olduğu kabul edilir. Şekil 2.2' de devrenin aa işaretler eşdeğer devresi görülmektedir.



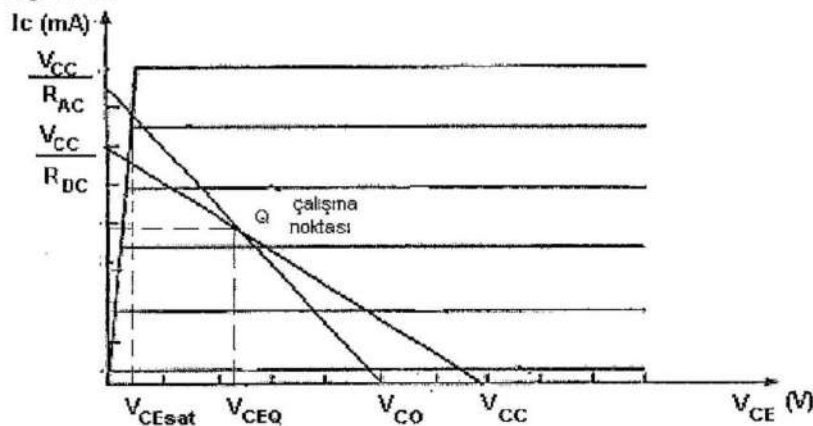
Şekil 2.2. aa işaretler eşdeğer devresi

Bu devrede görülen paralel dirençler yerine eşdeğerleri kullanıldığında

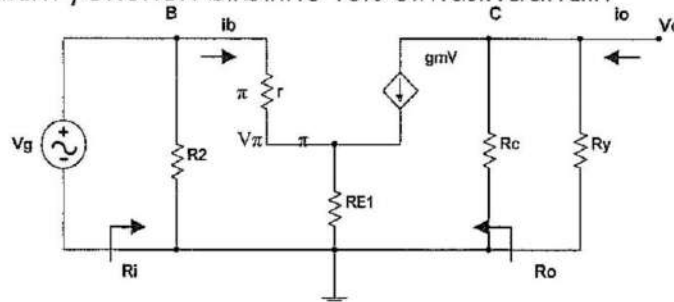
$$R_y' = R_C // R_y = \frac{R_C R_y}{R_C + R_y} \quad R_B = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

olacaktır. aa işaretler açısından emetörde bulunan direnç $R_E = R_{E1}'$ dir. Devrede R_y kuvvetlendiricinin yükü, R_y' ise transistörün kolektörü ile devrenin toprağı arasına gelen aa işaret eşdeğer direncidir. Transistörün kolektör

Transistörün girişine aa işaret uygulanmadığında kolektör akımı I_C ve kolektör-emetör gerilimi V_{CE} gerilimi çalışma noktası Q' ya karşılık gelen değerdir. aa işaret uygulanınca I_C akımı, R_C ve R_y arasında paylaşılır. Bu yüzden V_{CE} gerilimi R_{AC} direncinin değişinden etkilenmektedir. Hem aa yük doğrusu hem de DA yük doğrusu çalışma noktasından geçmektedir. DA yük doğrusu yatay eksen V_{CC} değerinde keserken, aa yük doğrusu yatay eksen V_{CO} değerinde kesmektedir. Bunun sebebi R_{AC} ve R_{DC} değerlerinin birbirinden farklı olmasıdır. $R_{AC} < R_{DC}$ dir ve $V_{CO} < V_{CC}$ olacaktır. DA yük doğrusundan $V_{CC} = V_{CEQ} + R_{DC} I_{CQ}$, aa yük doğrusundan $V_{CO} - V_{CEQ} = R_{AC} I_{CQ}$ bağıntıları elde edilir. Yükselteç girişine aa işaret uygulandığında V_{CEQ} gerilimi civarında en fazla V_{CO} en az V_{CESat} değerinde olabilir. Genellikle $V_{CEQ} - V_{CESat}$ ile $V_{CO} - V_{CEQ}$ değerleri birbirinden farklıdır. Bu farklılık girişten uygulanabilecek işareti sınırlamaktadır. Kırılmasız maksimum genlik, bu değerlerden küçük olan tarafından belirlenir. RB direncinin değeri normal değerinden büyük seçilirse çıkış işaretinin pozitif alternansında kırılma, küçük seçilirse negatif alternansında kırılma gözlenir. Nedenini araştırınız.



Şekil 2.2' de verilen devrede transistörün aa eşdeğer modeli yerine konulursa Şekil 2.4' deki eşdeğer devre elde edilir. Bu devrenin akım ve çıkış gerilimi ifadeleri $i_o = g_m V_\pi$, $V_o = -R_y i_o$ eşittir. Bağlantıda bulunan (-) işareti gerilim transfer yönü ile akım yönünün birbirine ters olmasındandır.



17

Giriş kısmına bakarak aşağıdaki denklemler yazılır.

$$\begin{aligned} V_{\pi} &= r_{\pi} i_b \\ -V_g + i_b r_{\pi} + (i_b + g_m V_{\pi}) R_e &= 0 \\ V_b &= i_b r_{\pi} + (i_b + g_m V_{\pi}) R_e \end{aligned}$$

Akım kazancı $A_i = \frac{i_o}{i_b} = \beta_o'$ a eşittir. Ortak emetörlü bir yükseltecin gerilim kazancı β_o' a bağlıdır. Bu parametre sıcaklık, üretim ve transistörün kullanım süresi gibi faktörlere bağlıdır. Bu yüzden devreler tasarlanırken gerilim kazançlarının bu parametreden etkilenmemeleri sağlanmaya çalışılır. Bunun en kolay yöntemlerinden biri R_E emetör direnci kullanmaktır.

$$\begin{aligned} i_o &= \beta_o i_b \Rightarrow \beta_o = \frac{g_m V_{\pi}}{i_b} \\ V_b &= i_b (r_{\pi} + (1 + \frac{g_m V_{\pi}}{i_b}) R_e) = i_b (r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_e) \\ R_i &= \frac{V_b}{i_b} // R_B = (r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_e) // R_B \end{aligned}$$

Bu denklemlerden yararlanarak A_v gerilim kazancının bağıntısı aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} A_v &= \frac{V_o}{V_g} = \frac{V_o}{V_b} = \frac{-R_y i_o}{i_b (r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_e)} = \frac{-R_y \beta_o i_b}{i_b (r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_e)} = \frac{-R_y \beta_o}{(r_{\pi} + (1 + \beta_o) R_e)} \\ r_{\pi} &\ll (1 + \beta_o) R_e \Rightarrow A_v = \frac{-R_y \beta_o}{(1 + \beta_o) R_e} \\ \beta_o &\approx \beta_o + 1 \Rightarrow A_v \approx -\frac{R_y}{R_e} \end{aligned}$$

Bu bağıntılardan açıkça görülüyor ki; kazanç negatif olmaktadır. Kazancın negatif olması ile giriş işareti ile çıkış işareti arasında 180° lik bir faz farkı vardır. Diğer bir deyişle giriş pozitif yönde değişirken çıkış negatif yönde değişecektir. R_E emetör direncinin devrede bulunması ile gerilim kazancının β_o' ya olan bağımlılığı ortadan kaldırılmıştır. Ortak emetörlü yükselteçlerin gerilim kazançları yüksek, giriş ve çıkış dirençleri orta değerdedir.

Bağıl Kazanç ve Desibel Tanımı:

Gerilim kazancının yada diğer kazançların yükselteçlerde logaritmik büyüklük olarak tanımlanması bir çok durumda faydalı olur. Bu gösterilişte kazancın modülü kullanılır. Logaritmik ölçeklendirmede esas alınan güç kazancı dB(desibel) cinsinden ifade edilir. dB cinsinden güç kazancı $K_G = 10 \log \frac{P_y}{P_i}$ dir.

Güç kazancına benzer bir şekilde gerilim kazancı $K_v(\text{dB}) = 20\log|K_v|$, akım kazancı $K_I(\text{dB}) = 20\log|K_I|$ şeklinde ifade edilir. Bu bağıntı güç kazancının gerilim ve gerilim kazançlarının karesi ile orantılı olmasından yararlanarak elde edilmiştir. Giriş direnci R_i çıkış direnci R_o olan bir yükselteçte güç kazancı

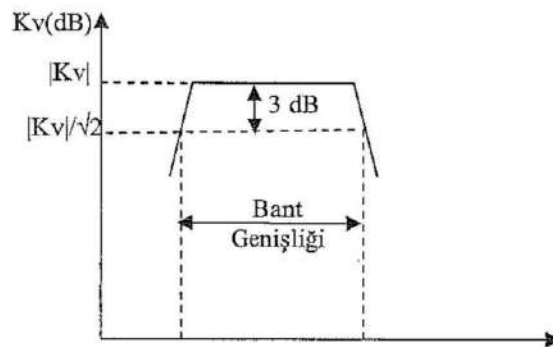
$$K_g(\text{dB}) = K_v + 10\log\frac{R_i}{R_o} = K_I + 20\log\frac{R_y}{R_i} \text{ dir,}$$

$R_i=R_y$ olması halinde bu üç kazanç ifadesi birbirine eşittir.

Bir Yükseltecin Frekans Karakteristiği:

Frekans eğrileri bir devrenin kazancının veya herhangi bir transfer büyüklüğünün modülü ve fazının değişimlerini veren eğriler olarak tanımlanır. Bir gerilim kuvvetlendiricisinin girişine küçük genlikli ve f frekanslı bir sinüzoidal işaret uygulandığını düşünelim. İşaretin genliği sabit tutularak frekansı değiştirilirse geniş bir frekans bölgesinde çıkış gerilim genliğinin de sabit kaldığı görülür. Daha yüksek frekanslara doğru gidildiğinde çıkış genliğinde azalma ortaya çıkar. Benzer bir azalma yükseltecin iç yapısına bağlı olarak alçak frekanslarda meydana gelir. Çıkış işaretinin genliğinin frekansla değişimini veren grafiğe yükseltecin genlik-frekans ya da yükselteç kazancının frekansla değişimini veren grafiğe kazanç-frekans eğrisi denir. Frekans eğrilerinde yatay eksen frekansa göre genellikle logaritmik olarak ölçeklendirilir. Düşey eksen lineerdir. Kazancın sabit kaldığı bölgedeki değerinin modülünün $1/\sqrt{2}$ sine düştüğü frekanslara alt ve üst kesim frekansları, bu iki frekans arasında kalan bölgeye 3dB bant genişliği denir.

Kazanç-frekans eğrileri çıkartılırken giriş işaretinin genliği sabit tutulup frekansı değiştirilerek çıkış gözlenir. Her frekans değeri için kazanç hesaplanır. Hesaplanan kazanç değerleri dB' e çevrilir. Düşey ekseninde kazanç değerleri yatay ekseninde frekans değerleri olacak şekilde eğri çizilir.



Şekil 2.5. Kazanç Frekans Eğrisi

ÖN HAZIRLIK

1. Deneyde istenen tüm teorik hesaplamaları deney öncesinde tamamlayınız. Hesaplama adımlarını ve elde ettiğiniz sonuçları ön hazırlık dosyanıza ekleyiniz.
2. Deneyin Yapılışı bölümündeki tüm adımları deney öncesinde simülasyon ortamında gerçekleştiriniz. Her adımın sonuçlarını, anlaşılır ekran görüntüleri ve ayrıntılı açıklamalarla birlikte ön hazırlık dosyanızda sununuz.
3. Deneye gelmeden önce deney adımlarını dikkatlice inceleyiniz. Bilmediğiniz kavramlar, devre elemanları ve ölçüm işlemleri hakkında gerekli araştırmaları yapınız.
4. Deneyde kullanacağınız direnç, kondansatör, transistör ve diğer malzemeleri önceden belirleyip eksiksiz temin ediniz. Tüm malzemeler deney başlangıcında kullanıma hazır olmalıdır.
5. Deney sırasında devreyi kurabildiğinizi, ölçüm cihazlarını doğru kullanabildiğinizi ve gerekli bilgilere sahip olduğunuzu göstermeniz beklenmektedir. Eksikleriniz varsa deneyden önce laboratuvar görevlilerinden izin alarak çalışma yapabilirsiniz.
6. Hazırladığınız ön hazırlık dosyasını deney sonunda teslim ediniz.
7. Deney sırasında ihtiyaç duyacağınız tüm bilgi, hesaplama ve dokümanların basılı çıktılarını yanınızda getiriniz. Deney süresince tüm kişisel elektronik cihazlar kapalı tutulacaktır.
8. Devrenizi deneye gelmeden önce kurup bağlantılarını kontrol ediniz. Devre kurma örnekleri için Google Drive'daki Videolar klasöründe bulunan iki videodan yararlanabilirsiniz. Videolardaki konular farklı olsa da temel devre kurma uygulamaları aynıdır. Ayrıca Deney-2 klasöründe ve duyurularda paylaşılacak Devre Kurma Kılavuzu'nu inceleyiniz.

DENEY RAPORU

Deney sırasında, aşağıdaki "Deneyin Yapılışı" bölümünde belirtilen adımları sırasıyla gerçekleştiriniz. Yaptığınız ölçümleri ve gözlemlediğiniz sonuçları deney raporuna kaydediniz. Deney raporunu deney bitiminde teslim ediniz.

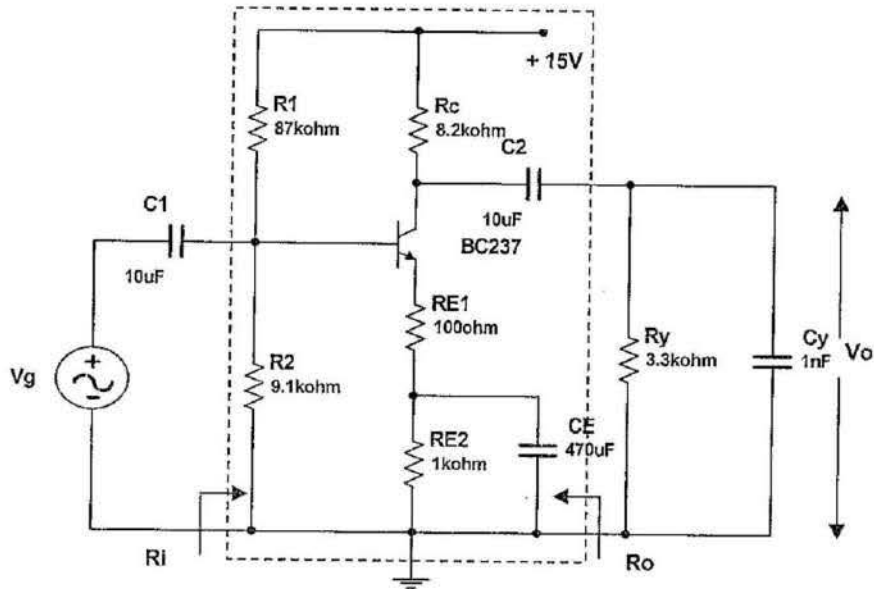
Deney raporuna yalnızca deney sırasında elde ettiğiniz ve gözlemlediğiniz sonuçları yazınız. Deney sırasında öğretim elemanına gösterilmeyen sonuçlar, raporda yer alsa dahi geçersiz sayılacaktır.

DENEYİN YAPILIŞI:

1. Transistor ün h_{FE} ' sini avometre yardımı ile ölçerek kaydediniz.

$h_{FE} =$

2. Şekil 2.6' daki ortak emetörlü yükselteç devresini kurunuz. Devreye giriş işaretini uygulamadan önce C_E kondansatörü devrede ve değil iken V_B , V_C , V_E , V_{CE} ve V_O gerilimlerini ölçüp aşağıdaki tabloya kaydediniz. Ölçtüğünüz değerler ile teorik hesaplamalarınızı karşılaştırıp yorumlayınız.



Şekil 2.6. Ortak emetörlü yükselteç

Tablo 1

	C_E devrede varken					C_E devrede yokken				
	$V_B(V)$	$V_C(V)$	$V_E(V)$	$V_{CE}(V)$	$V_O(V)$	$V_B(V)$	$V_C(V)$	$V_E(V)$	$V_{CE}(V)$	$V_O(V)$
Ölçüm										
Hesap										

3. Devrenin girişine uygulamak üzere sinyal kaynağını frekansı 5 kHz, genliği 20mV olan sinüs işaretime ayarlayınız. C_E kondansatörü devrede bağlı iken V_o çıkış gerilimini ve V_g giriş geriliminin osiloskopta aynı anda gözleyip kaydediniz. Aynı işlemi C_E kondansatörünü devreden çıkarıp tekrarlayınız. Ölçümlerinizi yararlanarak V_o/V_g gerilim kazancını hesaplayınız ve faz farkı olup olmadığına bakınız. Devrenin ortak emetörlü olarak çalışıp çalışmadığını yorumlayınız ve teorik hesaplamalar ile karşılaştırınız.

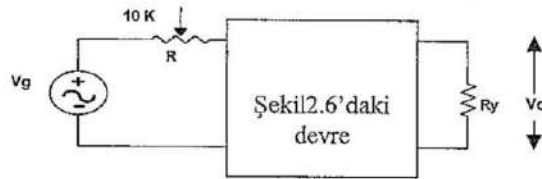
4. Şekil 2.6' daki devrenin giriş gerilimi(V_g) genliğini 20mV' da sabit tutup frekansını 10Hz' den başlayarak 500kHz' e kadar arttırarak çıkış gerilimlerini ölçüp, aşağıdaki tabloya kaydediniz. Kazanç(db)-frekans(KHz) eğrisini logaritmik olarak ölçeklendirerek çiziniz. Alt kesim, üst kesim frekanslarını ve band genişliğini bulunuz.

Tablo2

Frekan	$V_o(V)$	$K_v(db)$	$K_v(db)$
10 Hz			
500 Hz			
1.5 kHz			
10 kHz			
250 kHz			
500 kHz			

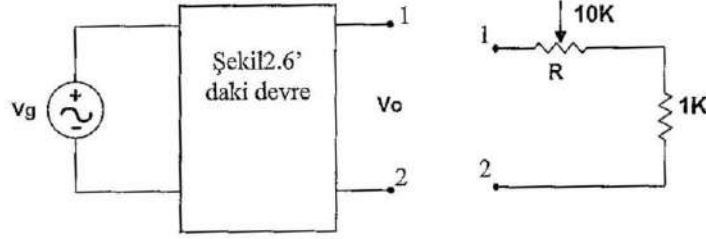
5. Sinyal kaynağından devrenin girişine frekansı 5kHz, genliği 20mV olan üçgen dalga uygulayınız. Giriş gerilimini çıkışta bozulma ve kırılma olmayan bir işaret elde edene kadar attınız. Bozulmanın olduğu seviyeyi tespit ediniz. Giriş ve çıkışı aynı anda osiloskopta gözleyip kaydediniz. Burada yaptığınız işlem ile çıkışın maksimum salınım aralığını belirleyiniz. aa ve DA yük doğrularını çizerek çıkış maksimum salınım aralığını belirleyiniz.

6. Şekil 2.7' deki düzeneği kurunuz(blok olarak verilen devre Şekil 1' deki kesikli çizgi içindeki devredir). C_E kondansatörü devredeyken R potunu devreye 0Ω olarak bağlayınız. Girişten frekansı 5kHz, genliği 20mV olan sinüs işareti uygulayınız. Çıkış gerilimini(V_o) osiloskopta gözleyip gerilim seviyesini kaydediniz. Giriş gerilimini çıkışta bozulma ve kırılma olmayan bir işaret elde edene kadar attınız. Giriş gerilimini sabit tutup R potunu attırarak çıkış gerilimini yarıya düşürünüz. R potunu devreden çıkarıp direncini ölçüp kaydediniz. Bu değer yükseltecin giriş direnci R_i ' ye eşittir. Nedeni araştırınız. Ölçüm sonucunu teorik sonuçla karşılaştırıp yorumlayınız.



Şekil 2.7. Giriş direncinin elde edilmesi

7. Şekil 2.8' deki düzeneği kurunuz devrenin çıkışında yük direnci yokken Girişten frekansı 5kHz genliği 20mV olan sinüs işareti uygulayınız. Çıkış gerilimini(V_o) osiloskopta gözleyiniz. Giriş gerilimini çıkışta bozulma ve kırılma olmayan bir işaret elde edene kadar attırıp gerilim seviyesini kaydediniz. Şekil 2.8' de gösterildiği gibi, R potu 0Ω iken çıkışa $1k\Omega$ seri direnç bağlayınız. Çıkış gerilimini ölçtüğünüz gerilim seviyesinin yarısı olana kadar arttırınız. R potunu devreden çıkarıp direncini ölçüp kaydediniz. $R_{pot}+1K\Omega$ yükseltecin çıkış direnci R_o' a eşittir. Nedeni araştırınız. Ölçüm sonucunu teorik sonuçla karşılaştırıp yorumlayınız.



Şekil 2.8. Çıkış direncinin elde edilmesi