

**MARMARA ÜNİVERSİTESİ
TEKNİK EĞİTİM FAKÜLTESİ
ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR BÖLÜMÜ**

**ELEKTRONİK 2
LAB. DENEY FÖYLERİ**

JFET ÖN GERİLİMLENDİRME

9

AMAC:

1. JFET'lerde kendinden ön gerilimlendirilmiş (self biasing) devreyi incelemek.
2. JFET'lerde gerilim bölücülü ön gerilimlendirilmiş devreyi incelemek.
3. JFET DC çalışma noktası gerilim ve akımlarını, yukarıda sıralanan her iki devre için hesaplamak.

MALZEME LİSTESİ

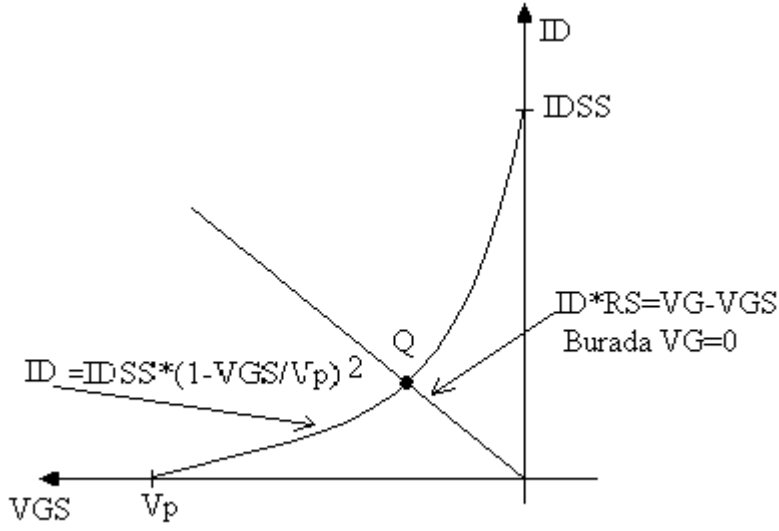
1. 2N5459 Silikon N-kanallı JFET veya eşleniği
2. DC güç kaynağı (15V)
3. Dirençler: 1-220K Ω , 1-10K Ω , 1- 4.7K Ω , 1-1.5K Ω , 1-1K Ω
4. VOM

TEORİK BİLGİ

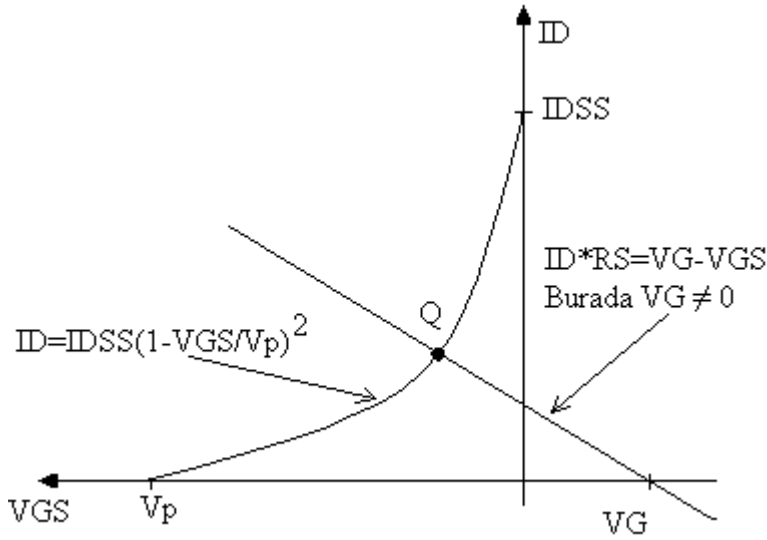
BJT transistörlerin tam tersine FET'ler unipolar (tek kutuplu) olarak adlandırılırlar. Çünkü FET'in çalışması sırasında sadece tek bir tip yük taşıyıcısı kullanılır. N kanallı JFET transistörlerde gate-source gerilimi (V_{GS}) negatif olduğunda drain'den source'a bir iletim gerçekleşir. V_{GS} gerilimi 0V olduğunda G-D jonksiyonu ters polarize olur ve akım akmaz.

JFET transistörlerle ilgili ilginç bir nokta da BJT'nin tam tersine çıkış akımı I_D giriş gerilimi V_{GS} tarafından kontrol edilir. BJT emiteri ortak devreye geri dönersek çıkış akımı I_C giriş akımı I_B tarafından kontrol edilir.

Şekil 1'de (Şekil 4' te yer alan kendinden ön gerilimlendirilmiş devrenin) çıkış akımı I_D ile giriş gerilimi V_{GS} arasındaki ilişki gözükmemektedir. Çalışma noktasındaki akım ve gerilimi hesaplayabilmek için öncelikle I_D ve V_{GS} 'nin max olabileceği değerlerin bilinmesi gerekmektedir. Eğer $V_{GS} = 0V$ ise, I_D akımı max değerdedir ve I_{DSS} olarak adlandırılır.(Drain saturasyon akımı) Eğer V_{GS} gerilimi artırılırsa (negatif arttırılacak) bir noktada I_D akımı 0'a eşit olacaktır. $I_D = 0$ olduğu andaki V_{GS} gerilimi V_P (pinch-off gerilimi) olarak adlandırılır.



Şekil -1



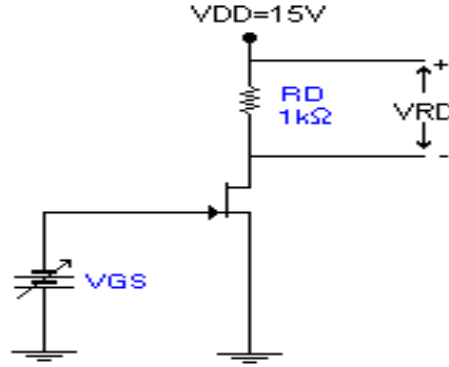
Şekil - 2

Çalışma noktası anındaki akım ve gerilimi hesaplamak için, Şekil 1'deki denklemlerin aynı anda çözülmesi gerekmektedir. Sol taraftaki denklem transistörün transfer denklemidir. Sağ taraftaki ise kendinden ön gerilimlendirilmiş JFET devresi için yük doğrusu denklemidir.

Şekil 2'de Şekil 5'te yer alan gerilim bölücülü ön gerilimlendirilmiş devrenin transfer ve yük doğrusu denklemleri gözükmemektedir. Bu devrede V_p ve I_{DSS} değerlerindeki değişimler bir önceki devrede olduğunun tersine, I_D akımının fazla değişimine sebep olmamaktadır.

İŞLEM BASAMAKLARI:

1. I_{DSS} ve V_P değerlerini bulabilmek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



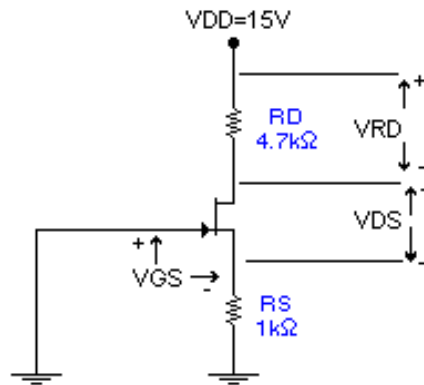
Şekil-3

2. $V_{GS} = 0$ V (gate şaseye bağlanacak) iken V_{RD} gerilimini ölçünüz. I_{DSS} akımını aşağıdaki formülü kullanarak hesaplayınız.

$$I_{DSS} = \frac{V_{RD}}{R_D}$$

3. V_{RD} gerilimi 0V (R_D direnci üzerinden geçen akım 0 olacak şekilde) olacak şekilde V_{GS} gerilimini ayarlayınız. (Negatifliğini artırınız) I_D akımı 0 iken ölçülen V_{GS} gerilimi V_P 'ye eşittir.

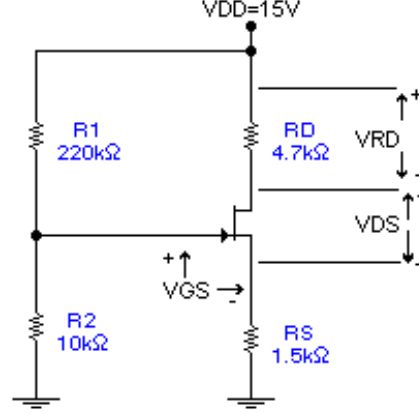
4. JFET kendinden ön gerilimlendirilmiş devreyi incelemek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-4

5. V_{GS} , V_{DS} , V_{RD} değerlerini ölçüp kaydediniz. V_{RD} değeri I_D akımının hesaplanması için kullanılacaktır.

6. JFET gerilim bölücülü ön gerilimlendirilmiş devreyi incelemek için aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil -5

7. V_{GS} , V_{DS} ve V_{RD} değerlerini ölçüp, kaydediniz.

SORULAR

1. İşlem basamağı 1'de yaptığımız ölçümlerden faydalanarak I_{DSS} ve V_P değerlerini hesaplayınız.

2. Şekil 4'deki devre için çalışma noktası anındaki V_{GS} , V_{DS} ve I_D değerlerini hesaplayınız ve Tablo 1'e kaydediniz. V_{GS} ve I_D değerleri, Şekil 1'deki denklemlerin aynı anda çözümüyle bulunacaktır. Hesapladığımız değerlerle ölçüm sonuçlarını karşılaştırınız.

3. Şekil 5'teki devre için Soru 2'yi tekrar ediniz.

TABLO 1

(Volt)	Şekil 4 'teki devre		Şekil5'teki devre	
	Ölçüm Sonuçlarına göre	Hesaplamalara göre	Ölçüm Sonuçlarına göre	Hesaplamalara göre
V_{GS}				
V_{DS}				
V_{RD}				

JFET KUVVETLENDİRİCİLER

10

AMAC

1. JFET kullanılarak oluşturulmuş kaynağı (source) ortak ve drain ortak olarak oluşturulmuş kuvvetlendiricinin gerilim kazancını ölçmek.
2. Kuvvetlendiricilerin giriş ve çıkış dirençlerini ölçmek.
3. Kaynak direncine paralel bağlı bypass kondansatörün etkisini incelemek.

MALZEME LİSTESİ

1. 1 adet 2N5459 Silikon N kanallı JFET veya eşleniği
2. DC gerilim kaynağı (15 V)
3. Analog işaret üretici (200 mV t-t, 1KHz)
4. Dirençler: 1-220 KΩ, 1-22 KΩ, 1-10 KΩ, 1-4.7 KΩ, 1-1.5 KΩ
5. Kondansatörler: 3-10μF (25 V'luk)
6. Potansiyometreler: 1-50 KΩ, 1-10 KΩ
7. Çift ışınli osilaskop
8. Sayısal ölçü aleti

TEORİK BİLGİ

Şekil 1'de kaynağı (source) ortak bağlı bir JFET kuvvetlendirici devresi gözükmemektedir. JFET kapı teminali (gate) bir gerilim bölücü kombinasyonu ile, kaynak devresi de R_S direnci ile kendiliğinden ön gerilimlendirilmiştir. R_S direnci direk şaseye bağlanmıştır.

AC çıkış akımının giriş gerilimine oranı olan gm değeri *geçişkenlik* olarak adlandırılır ve aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$g_m = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \left(1 - \frac{|V_{GS}|}{|V_p|}\right) = \frac{2I_{DSS}}{|V_p|} \sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}$$

Kaynağı ortak veya drain ortak düzenlemelerde gm değeri bilinmiyorsa, gerilim kazancı hesaplanamaz. Ayrıca gm değeri drain ortak devrede çıkış direncinin

hesaplanmasında da kullanılır. Bu sebeplerden ötürü g_m değerinin hesaplanması gerekmektedir. g_m değerinin hesaplanmasında yukarıdaki formül kullanılır.

Kaynağı ortak devrede giriş direnci aşağıdaki yaklaşım kullanılarak hesaplanır.

$$R_{in} = R_1 // R_2$$

Burada,

R_1 ve R_2 gerilim bölücü dirençlerdir.

Yukarıdaki formüle bakarsanız, burada transistörün kendi direncinin ihmal edildiğini görebilirsiniz. Çünkü burada yer alan PN bileşimi ters kutuplanmıştır. Dolayısıyla PN bileşimi çok büyük bir direnç göstermektedir. Bu direnç zaten R_1 ve R_2 dirençlerinin değerinden çok büyük olduğundan, her iki direnci paralel kabul ettiğimizde sonuçta ortaya yeni çıkacak değer de $R_1//R_2$ değerine yaklaşık eşit çıkacaktır.

Kaynağı ortak düzenlenmiş kuvvetlendiricide, kaynaktan yüke gerilim kazancı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\frac{V_L}{V_S} = \left(\frac{r_{in}}{r_{in} + r_s} \right) (-g_m) (r_D // R_D // R_L)$$

Burada,

r_s işaret üreticinin iç direnci,

r_D JFET'in drain iç direnci,

R_D harici drain direnci,

R_L ise yük direncidir.

Emiteri ortak BJT kuvvetlendiricilerde de bahsedildiği gibi, kaynağı ortak JFET kuvvetlendiriciler de, eviren kuvvetlendiricilerdir.

Kaynağı ortak kuvvetlendiricinin çıkış direnci aşağıdaki yaklaşımla hesaplanır.

$$r_o = r_D // R_D \approx R_D$$

Yukarıdaki yaklaşım, r_D değerinin R_D değerinden çok büyük olduğu durumlarda geçerlidir.

Şekil 2'de JFET drain ortak olarak düzenlenmiş kuvvetlendirici devresi gözükmektedir. Bu tip düzenlenmiş devreler *kaynak takipçisi* olarak ta adlandırılır. Kaynak takipçisi kuvvetlendiricilerde kazanç 1'den küçük, giriş direnci yüksek ve çıkış direnci de

düşüktür. Giriş direnci bir önceki kuvvetlendirici devrede (kaynağı ortak) olduğu gibi hesaplanır.

Drain ortak devrenin küçük-ışaret eşdeğer devresini analiz edersek, kaynaktan yüke olan gerilim kazancının aşağıdaki formülle hesaplandığını görebilirsiniz.

$$\frac{V_L}{V_S} = \left(\frac{r_{in}}{r_{in} + r_s} \right) \frac{(gm) (r_D // R_S // R_L)}{1 + (gm) (r_D // R_S // R_L)}$$

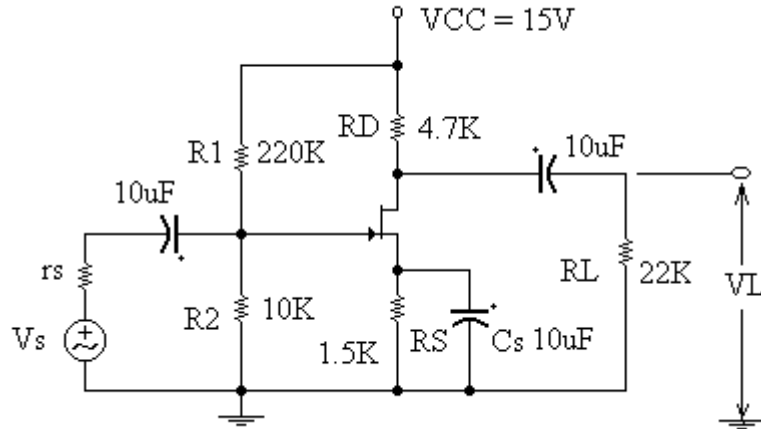
Çıkış direnci r_o aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$r_o = \frac{R_S}{1 + gm R_S} \approx \frac{1}{gm}$$

Yukarıdaki yaklaşım $gm R_S \gg 1$ olduğu durumlarda geçerlidir.

İŞLEM BASAMAKLARI

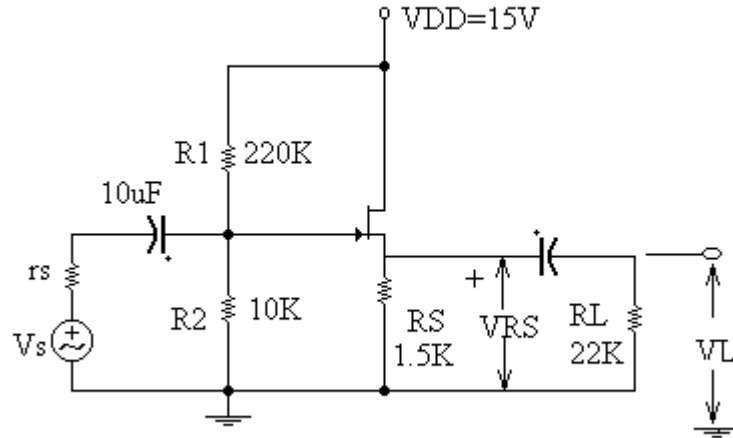
1. JFET'in I_{DSS} ve V_p değerlerini belirlemek için Ek B'deki işlem basamaklarını tamamlayınız.
2. Kaynağı ortak devreyi incelemek için Şekil 1'de verilen devreyi kurunuz. Eğer işaret üreticinin iç direnci bilinmiyor ise, Deney 8'deki işlem basamaklarını tekrarlayınız.



Şekil-1

3. $V_S=0$ iken, V_{RD} ve V_{GS} gerilimlerinin dc değerlerini ölçünüz. Bu değerleri kullanarak, I_D ve gm değerlerini hesaplayınız.

4. İşaret üreticinin çıkışından 200 mVt-t ve 1 KHz'lik bir sinyal elde ediniz ve bunu devreye bağlayınız. Çift ışınli bir osilaskop kullanarak giriş (V_S) ve çıkışı (V_L) aynı anda gözlemleyiniz. Her iki gerilimin tepeden tepeye değerlerini ölçüp, aralarında faz farkı olup olmadığını belirleyiniz.
5. C_S kondansatörünü devreden çıkarıp, V_L gerilimini tekrar ölçünüz.
6. C_S kondansatörünü tekrar devreye bağlayınız. Kaynağı ortak kuvvetlendiricinin giriş direncini ölçmek için 50 K Ω 'luk bir potansiyometreyi giriş aktarım kondansatörü ile işaret üreticinin arasına seri bağlayınız. Potansiyometreyi, V_L gerilimi maksimum oluncaya dek ayarlayınız. Daha sonra potansiyometreyi V_L 'nin yarısını elde edecek şekilde ayarlayınız. Potansiyometreyi devreden çıkarıp, değerini ölçünüz. Gerilim bölme kuralından yola çıkarak, bu direncin kaynağı ortak (common source) bağlantının giriş direncine eşit olduğu söylenir.
7. Çıkış direncini ölçmek için 10 K Ω 'luk bir potansiyometreyi çıkış aktarım kondansatörü ile şase arasına bağlayınız. (22 K Ω 'luk yük direncini çıkardıktan sonra) İşlem basamağı 6'dakine benzer bir teknikle çıkış direncini ölçünüz.
8. Drain ortak devreyi incelemek için, aşağıdaki devreyi kurunuz.



Şekil-2

9. $V_S = 0$ iken V_{GS} ve V_{RS} gerilimlerini ölçüp, kaydediniz. Ölçtüğünüz bu değerler I_D ve g_m değerlerinin hesaplanmasında kullanılacaktır.
10. Drain ortak devre için işlem basamakları 4, 6 ve 7'yi tekrarlayınız.

SORULAR

1. İşlem basamağı 3'ten elde edilen sonuçlarla ve V_p ve I_{DSS} değerlerini kullanarak, I_D ve g_m değerlerini hesaplayınız.
2. Soru 1'in cevabını kullanarak yükten girişe gerilim kazancını hesaplayınız. Ayrıca giriş ve çıkış dirençlerini de bulunuz. Bulduğunuz direnç değerleri ile ölçtüğünüz değerleri karşılaştırınız.
3. Kaynağı ortak devrede gerilim kazancı açısından C_S kondansatörünün etkisini açıklayınız. R_S direncinin kullanım amacı nedir?
4. İşlem basamakları 9-10'daki drain ortak devre için soru 1 ve 2'yi tekrarlayınız.

RC AKTARIMLI

11

ÇOK-KATLI

KUVVETLENDİRİCİLER

AMAC

1. Kaskat bağlı emiteri ortak kuvvetlendiricinin yükten kaynağa gerilim kazancının hesaplanması.
2. Kaskat bağlı emiteri ortak kuvvetlendiricide yük etkisini araştırmak.

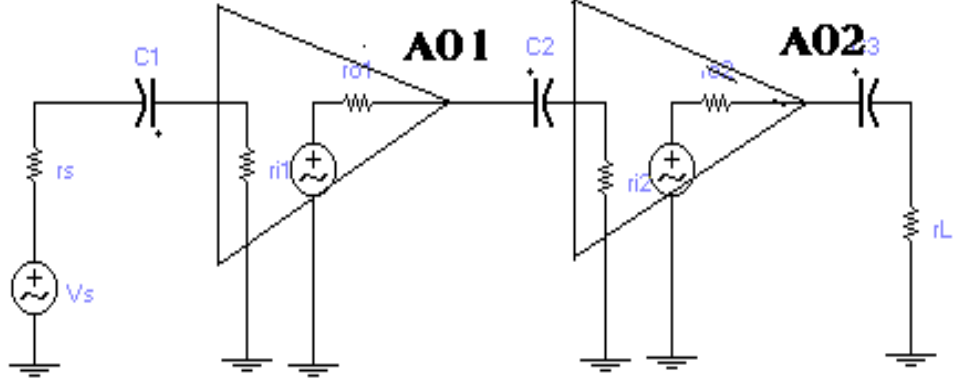
MALZEMELER

1. 2-2N2222 silikon npn transistör veya eşdeğeri
2. DC güç kaynağı (15V)
3. Analog sinyal jeneratör (50mVt-t 1KHz)
4. Dirençler : 2-100k Ω , 2-12k Ω , 3-10k Ω , 2-1k Ω
5. Kondansatörler :3-10 μ F 25V)
6. Çift ışınli osiloskop
7. VOM

TEORİK BİLGİ

Elektronik kuvvetlendirici sistemlerinde, yeterli kazancı sağlayabilmek için birden fazla kuvvetlendirici arka arkaya (kaskad) bağlanır. İki kat kaskat bağlı ideal kuvvetlendiricinin yükten kaynağa kazancı, herbir kuvvetlendirici katının kazançlarının çarpımına eşittir. Bununla birlikte gerilim kaynakları ve kuvvetlendiriciler, çıkış direncine sahip olduklarından; yine kuvvetlendiriciler ve yükler giriş direncine sahip olduklarından; katlar arasında meydana gelen gerilim bölmeleri olmaktadır. Dolayısıyla da yükseltme şleminde bazı düşmeler olmaktadır.

Şekil 1'de iki adet kaskat bağlı kuvvetlendirici devresi görülmektedir. A_{01} ve A_{02} , yüksüz her katın açık devre gerilim kazançlarıdır.



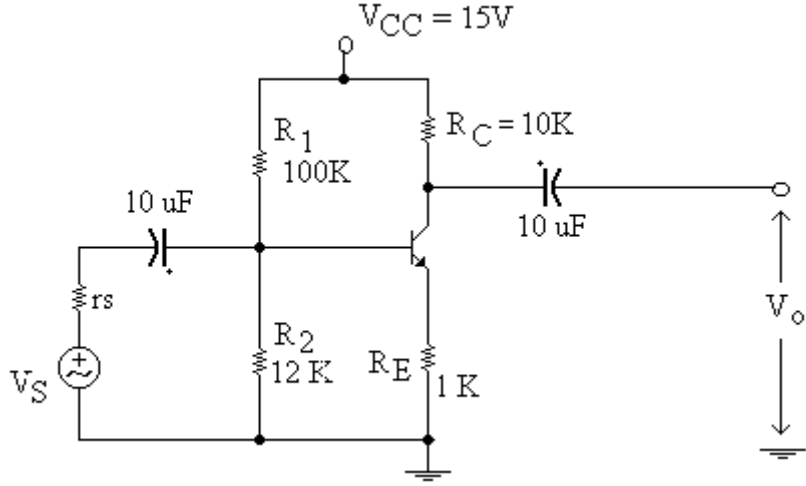
Şekil-1

Çok katlı kuvvetlendiricilerin kazancını hesaplariken herbir katın açık devre kazançlarının çarpımı, her katın giriş ve çıkışındaki gerilim bölücülerden ötürü azalır. Aşağıdaki denklem, iki kat kaskat bağlı kuvvetlendiricinin tüm kazancını hesaplamak için kullanılır:

$$\frac{V_L}{V_S} = \frac{r_{i1}}{r_s + r_{i1}} A_{o1} \frac{r_{i2}}{r_{o1} + r_{i2}} A_{o2} \frac{r_L}{r_{o2} + r_L}$$

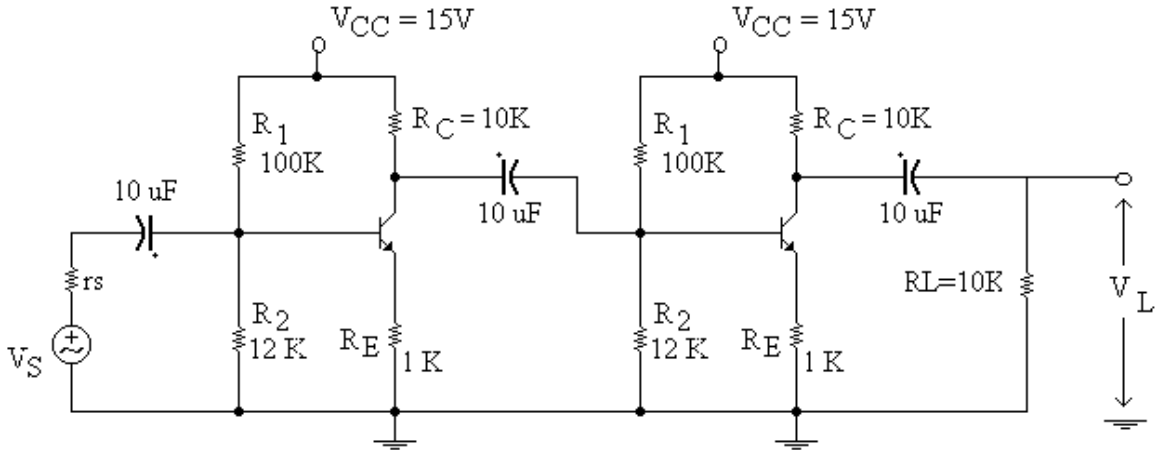
İŞLEM BASAMAKLARI

1. Transistörlerin β ' larını ölçmek için, Ek A ' da verilen işlem basamaklarını tamamlayınız.
2. Her bir katın açık devre gerilim kazancını hesaplamak için, aşağıdaki emiteri stabilize edilmiş, emiteri ortak kuvvetlendirici devresinin bağlantısını gerçekleştiriniz.



Şekil-2

3. İşaret üreticini 50 mVt-t , 1KHz 'e ayarlayarak, yüksüz ac çıkış gerilimi V_0 'yu ve girişle çıkış arasındaki faz farkını ölçünüz. Bu, yüksüz açık devre gerilim kazancı A_0 hesaplanırken kullanılacaktır.
4. İki kat kaskat bağlı emiteri ortak kuvvetlendirici devresinin yükten kaynağa gerilim kazancı bulmak için, özdeş iki kuvvetlendiriciyi şekildeki gibi birbirine bağlayınız.



Şekil-3

5. İşaret üreticini 50 mVt-t, 1KHz 'e ayarlayarak, yük direnci üzerinde düşen çıkış gerilimi V_L 'yi ve giriş gerilimi V_S ile çıkış gerilimi V_L arasındaki faz farkını ölçünüz.

SORULAR

1. Ek A` da yaptığınız ölçmeleri kullanarak, her bir transistörün akım kazancı β `yi hesaplayınız.
2. 1. sorunun sonuçlarını kullanarak, emiteri ortak kuvvetlendirici katlarının giriş direnci r_{in} (kat) , çıkış direnci $r_{0(kat)}$ ve yüksüz gerilim kazancı A_0 `yu hesaplayınız. Hesaplanan gerilim kazançları ile 3. işlem basamağında ölçülen kazançları karşılaştırınız.
3. 2. sorunun sonuçlarını kullanarak, kaynaktan yüke tüm gerilim kazancı V_L/V_S ` yi hesaplayınız. Hesapladığınız gerilim kazancı ile 5. basamakta ölçülen kazancı karşılaştırınız.
4. 5. işlem basamağında gözlenen, giriş gerilimi V_S ile çıkış gerilimi V_L arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

ALT KESİM FREKANSI

12

AMAC

- 1- Emiteri ortak kuvvetlendiricinin alt kesim frekansını ölçmek.
- 2- Aktarım ve bypass kondansatörlerinden kaynaklanan alt kesim frekanslarını ölçmek.

MALZEME LİSTESİ

- 1- 2N2222 Silikon npn transistör veya eşdeğeri
- 2- DC güç kaynağı (15V)
- 3- Analog işaret üretici (50 mVt-t 50 Hz-10kHz)
- 4- Dirençler: 1-82k Ω , 1-15k Ω , 1-6.8k Ω , 1-2.2k Ω , 1-1.5k Ω
- 5- Kondansatörler: 2-100 μ F , 1-4.7 μ F , 1-0.22 μ F , 1-0.1 μ F (hepsi 25V)
- 6- Çift ışınlı osiloskop

TEORİK BİLGİ

Frekans azaldıkça aktarım kondansatörlerinin empedansı artar. Dolayısıyla BJT kuvvetlendiricinin gerilim kazancı frekans azaldıkça azalır. Çok düşük frekanslarda aktarım kondansatörlerinin kapasitif reaktansı, giriş ve çıkış gerilimlerinin bir kısmını düşürmek için yeterli büyüklükte olabilir. Aynı zamanda emiter bypass kondansatörü de çok düşük frekanslarda emiter direncini kısa devre etmeyecek büyüklüğe ulaşabilir.(Frekans azaldıkça X_C değeri büyüdüğünden artık C_E kondansatörü kısa devre kabul edilemez büyüklüğe ulaşmış olacaktır.)

Aşağıdaki denklemler gerilim kazancının ortaband değerinden 3dB düştüğü yani ortaband gerilim kazancının (A_v) 0.707 katı olduğu andaki alt kesim frekansını hesaplamak için kullanılır.

$$f_1(C_1) = \frac{1}{[2\pi(\text{rin}(\text{kat}) + r_s)C_1]}$$

Bu formülde,

$f_1(C_1)$ C_1 'den kaynaklanan alt kesim frekansı,

C_1 giriş aktarım kondansatörü,

$r_{in(kat)}$ kuvvetlendiricinin giriş direnci ve
 r_S kaynak direncidir.

$$f_1(C_2) = \frac{1}{[2\pi(r_{O(kat)} + R_L)C_2]}$$

Burada,

$f_1(C_2)$ C_2 'den kaynaklanan alt kesim frekansı,

C_2 çıkış aktarım kondansatörü,

$r_{O(kat)}$ kuvvetlendiricinin çıkış direnci ve

R_L yük direncidir.

$$f_1(C_E) = \frac{1}{[2\pi(r_{TH})C_E]}$$

Burada,

$f_1(C_E)$ C_E 'den kaynaklanan alt kesim frekansı,

C_E emetör bypass kondansatörü ve

r_{TH} kondansatöre paralel olan Thevenin direncidir.

$$r_{TH} = R_E // \left[r_e + \frac{R_B // r_S}{\beta} \right]$$

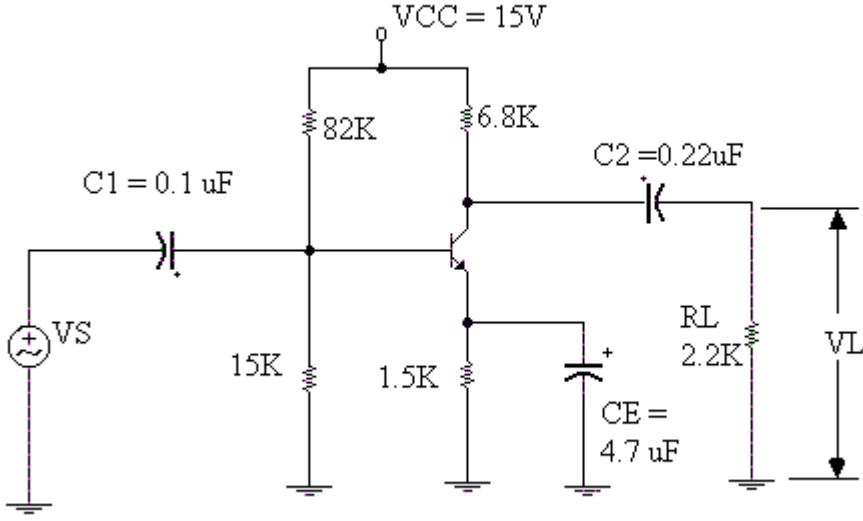
burada:

R_B = giriş ön gerilimlendirme direçlerinin paralel eşdeğeri

$f_1(C_1)$, $f_1(C_2)$, ve $f_1(C_E)$ frekansları değer olarak birbirine yakın değildir. Gerçek alt kesim frekansı yaklaşık olarak bu üç değer en büyüğüne eşittir.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Transistörün β 'sını ölçmek için Ek A 'daki işlem basamaklarını tamamlayınız.
2. Emiteri ortak kuvvetlendiricinin alt kesim frekansa tepkisini ölçmek için, aşağıdaki devreyi kurunuz. 5 ile 8 nolu işlem basamakları arasında kullanılacak olan elektrolitik kondansatörlerin polariteleri artı (+) işareti ile gösterilmiştir.



Şekil 1

3. İşaret üreticini $V_s = 50\text{mVt-t}$ ve 10kHz 'e ayarlayarak V_L gerilimini ölçünüz ve kaydediniz. Bu değer orta band gerilim kazancı $\frac{V_L}{V_s}$ 'nin hesaplanmasında kullanılacaktır.

4. İşaret üreticinin (Signal Generator) frekansını Tablo 1 'de verilen her frekans değerine düşürerek, her bir frekanstaki V_L gerilimini ölçünüz. İşaret üreticinin çıkış geriliminin sabit olduğundan emin olunuz. Bu değerler kuvvetlendiricinin düşük frekanslara olan tepkisinin grafiğe aktarılmasında kullanılacaktır.

5. İki kondansatörün değeri çok yüksek seçilerek, bu kondansatörlerin alt kesim frekansı üzerindeki etkileri ihmal edilebilir. Bundan sonra üçüncü kondansatörden kaynaklanan kesim frekansı daha rahat ölçülebilir. Bunun için Şekil 1 'deki devreyi aşağıdaki kondansatör değerlerine göre tekrar kurunuz. (Şekil 1 'de gösterilen polaritelere dikkat ediniz.)

$$C_1 = 0.1\mu\text{F} , C_2 = 100\mu\text{F} , C_E = 100\mu\text{F}$$

6. V_s 'nin 50mVt-t değerinde olduğundan emin olduktan sonra, işaret üreticinin frekansını, çıkış gerilimi (yani dolayısıyla gerilim kazancı) 3. işlem basamağında ölçülen gerilimin 0.707 katına eşit oluncaya kadar ayarlayınız. Bu olayın meydana geldiği frekans $f_1(C_1)$ değeridir.

7. Aşağıda verilen kondansatör değerlerini kullanarak $f_1(C_2)$ frekansını bulmak için 5 ve 6 nolu işlem basamaklarını tekrarlayınız.

$$C_1 = 100\mu\text{F} , C_2 = 0.22\mu\text{F} , C_E = 100\mu\text{F}$$

8. Aşağıda verilen kondansatör değerlerini kullanarak $f_1(C_E)$ frekansını bulmak için 5 ve 6 nolu işlem basamaklarını tekrarlayınız.

$$C_1 = 100\mu\text{F} , C_2 = 100\mu\text{F} , C_E = 4.7\mu\text{F}$$

SORULAR

1. Ek A 'nın sonuçlarını kullanarak transistörün β 'sını hesaplayınız. 7. Deneyin 1 nolu sorusunda anlatılan yöntemi kullanarak r_e 'yi bulunuz. Daha sonra bu değeri kullanarak, Şekil 1'deki devrenin orta band ac parametrelerini ($r_{in}(\text{kat})$, $r_o(\text{kat})$, V_L/V_S) hesaplayınız.

2. Tablo 1'deki her bir frekans için V_L/V_S değerlerini hesaplayınız. Sonra logaritmik kağıtta bu değerleri gösteriniz. Bu grafik her bir kondansatörden kaynaklanan kırılma frekansını gösteren asimtotik çizgileri de içersin. Bu frekans grafiğinden alt kesim frekansını (-3dB point) elde ediniz ve buna bağlı olarak grafiği ölçeklendiriniz.

3. Emiteri ortak kuvvetlendiricinin $f_1(C_1)$, $f_1(C_2)$ ve $f_1(C_E)$ değerlerini hesaplayınız ve Tablo 2'ye kaydediniz. Bu değerleri 5 ile 8 nolu işlem basamakları arasında ölçülen alt kesim frekanslarıyla karşılaştırınız.

4. Hangi kondansatör alt kesim frekansı üzerinde daha çok etkilidir? 2. Soruda saptanan tüm kesim frekansları ile bu kondansatörden kaynaklanan alt kesim frekansını karşılaştırınız. Yorumlayarak açıklayınız.

TABLO 1

FREKANS	V_L (Volt)	$A_v = \frac{V_L}{V_S}$
10 kHz		
7.5 kHz		
5 kHz		
2 kHz		
1.5 kHz		
1 kHz		
900 Hz		
750 Hz		
500 Hz		
250Hz		
200 Hz		
100 Hz		
50 Hz		

TABLO 2

	Ölçülen değer	Hesaplanan değer
$f_1(C_1)$		
$f_1(C_2)$		
$f_1(C_3)$		

ÜST KESİM FREKANSI

13

AMAC

1. Emiteri ortak kuvvetlendiricinin üst kesim frekansını belirlemek.
2. Şönt kapasitanslardan kaynaklanan üst kesim frekanslarını belirlemek.
3. Miller kapasitansının üst kesim frekansı üzerindeki etkisini incelemek.

MALZEME LİSTESİ

1. 2N2222 Silikon npn transistör veya eşdeğeri
2. DC güç kaynağı (15V)
3. Analog işaret üretici (50 mVt-t 500Hz-100kHz)
4. Dirençler: 1-100K Ω , 1-15K Ω , 1-10K Ω , 1-5.6K Ω , 1-1K Ω
5. Kondansatörler: 1-100 μ F, 2-22 μ F , 3-0.001 μ F (hepsi 25V)
6. Çift ışınli osiloskop

TEORİK BİLGİ

12 nolu deneyde açıklandığı gibi; frekans artarsa, kondansatörün kapasitif reaktansı azalır. Bu olay, kuvvetlendirici yüksek frekansta kullanıldığında bazı problemler yaratabilir. Transistörler, uçlarının her çifti arasında kendi iç yapısında var olan şönt kapasitanslara sahiptir. Bu kapasitanslar yüksek frekanslarda ac sinyal gerilimini büyük ölçüde kısa devre eder. Bundan dolayı, yüksek frekans kuvvetlendiricilerinde şönt kapasitanslar oldukça küçük olmalıdır.

Bu deneyde, kuvvetlendirici devresinde yapay şönt kondansatörler kullanılacaktır. Çünkü transistörün iç yapısındaki asıl kapasitansların ölçülmesi çok zordur. Devrenin tasarımında kullanılan tellerden kaynaklanan kapasitansı da ölçmek aynı derecede zordur. Yapay kondansatörlerin değeri az önce bahsedilen, asıl kapasitansın değerinden çok daha fazla büyük olduğu için bunların paralel kombinasyonu yaklaşık olarak yapay kondansatörlerin değerine eşittir. Amaç, kuvvetlendiricilerde şönt kapasitanstan kaynaklanan problemler hakkında bilgi kazanmak için yüksek frekans cevabını incelemek ve bir kuvvetlendiricinin üst kesim frekansı ile ilgili pratik ölçmeler yapmaktır.

Üst kesim frekansı, kuvvetlendiricinin gerilim kazancının -3 dB düştüğü noktadaki veya orta band değerinin 0.707 katı olduğu andaki iki frekanstan (çünkü bir kuvvetlendiricinin

kazancı hem alt kesim frekansında hem de üst kesim frekansı anında 3dB düşer) büyüğüne eşittir. Şekil 1'deki devre için, giriş şönt kapasitansı C_A 'dan kaynaklanan üst kesim frekansı $f_2(C_A)$ aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$f_2(C_A) = \frac{1}{2\pi(r_{in}(kat) // r_s) C_A}$$

$$C_A = C_{BE} + C_M$$

C_M Miller kapasitans olarak adlandırılır ve $(1-A_m)$ faktörü ile iç kapasitans C_{CB} 'nin çarpımına eşittir.

$$C_M = C_{CB}(1-A_m)$$

Burada,

A_m girişten yüke gerilim kazancıdır.

Miller kapasitansı, transistörün diğer şönt kapasitanslarından daha büyüktür. Bununla birlikte Miller kapasitansı hesaplama denklemi sadece eviren kuvvetlendirici için geçerlidir. Evirmeyen kuvvetlendiriciler, Miller kapasitansından etkilenmez. Bundan dolayı, bu genellikle çok yüksek frekanslardaki kuvvetlendirme işlemlerinde kullanılır. A_m , işaret üreticinin iç direncini ve kuvvetlendiricinin giriş direnci arasındaki gerilim bölücüyü hesaba katmaz. Bundan dolayı A_m 'nin değeri kaynaktan yüke doğru olan tüm kazanç $\frac{V_L}{V_S}$ 'ye eşit değildir.

Şekil 1'deki devre için, çıkış kondansatöründen kaynaklanan üst kesim frekansı $f_2(C_B)$ aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$f_2(C_B) = \frac{1}{2\pi(r_o(kat) // r_L) C_B}$$

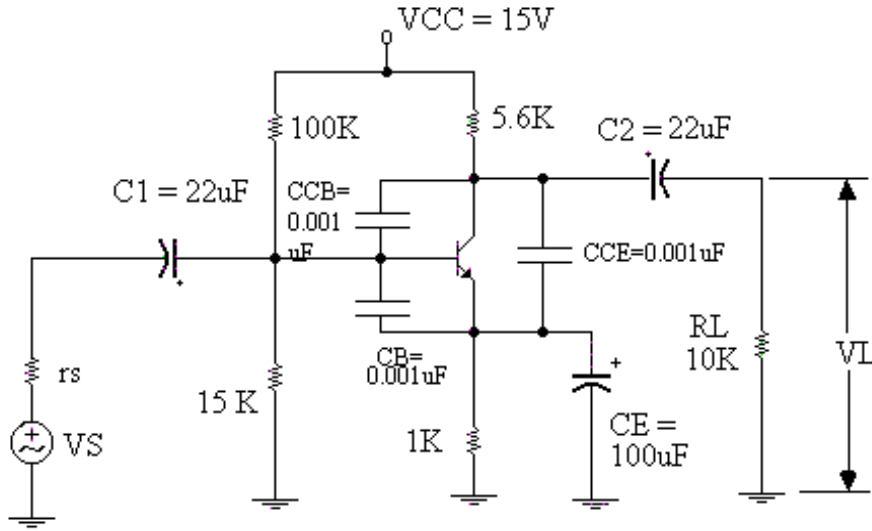
$$C_B = C_{CE}$$

$f_2(C_A)$ ve $f_2(C_B)$ birbirine değer olarak yakın olmasalar bile, kuvvetlendiricinin asıl üst kesim frekansı yaklaşık olarak bu iki frekansın küçük olanına eşittir.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. Transistörün β 'sını ölçmek için Ek A 'daki işlem basamaklarını tamamlayınız.

2. Emiteri ortak kuvvetlendiricinin yüksek frekans cevabını incelemek için, aşağıdaki devreyi kurunuz. Devrede gösterilen C_{CB} , C_{BE} ve C_{CE} kondansatörleri interelektrod kondansatörlere karşılık gelmektedir. Bu kondansatörler açıklama bölümünde belirtilen sebeplerden dolayı kasıtlı olarak çok daha büyük yapılmıştır.



Şekil-1

3. İşaret üreticini $V_S = 50mV$ $t-t$ ve $500 Hz$ 'e ayarlayıp, V_L gerilimini ölçerek kaydediniz. Bu değer orta band gerilim kazancı A_m ' nin hesaplanmasında kullanılacaktır.
4. İşaret üreticinin çıkışını Tablo 1 'de verilen her frekans değerine ayarlayarak, her frekanstaki V_L gerilimini ölçünüz. İşaret üreticinin frekans değişmelerine karşılık $50 mV$ $t-t$ 'te sabit kaldığından emin olmak için periyodik olarak işaret üreticini devreden söküp, çıkış gerilimini ölçünüz. V_L değerleri kuvvetlendiricinin yüksek frekans cevabının çizilmesinde kullanılacaktır.
5. Çıkış kondansatörü C_{CE} 'den kaynaklanan üst kesim frekansını saptamak için, diğer iki şönt kapasitansı C_{BE} ve C_{CB} 'yi devreden çıkartınız. İşaret üreticinin frekansını, çıkış gerilimi 3. işlem basamağında ölçülen değer 0.707 katı oluncaya kadar ayarlayınız. Bu frekansın meydana geldiği değer $f_2(C_{CE})$ veya $f_2(C_B)$ dir.
6. Giriş kapasitansları C_{BE} ve C_{CB} den kaynaklanan üst kesim frekansını hesaplayabilmek için çıkış şönt kondansatörü C_{CE} 'yi kaldırın. Giriş kondansatörleri

C_{BE} ve C_{CB} yi tekrar devre bağlayın. İşlem basamağı 5'i tekrarlayın. Bu kesim frekansı, C_{CB} den kaynaklanan C_M nin olduğu andaki $f_2(C_A)$ veya $f_2(C_{BE}+C_M)$ dir.

7. Giriş kondansatörü C_{BE} yi kaldırın ve işlem basamağı 5'i tekrarlayın. Bu C_{CB} den kaynaklanan Miller kapasitansın etkisini, giriş kondansatörü C_{BE} ile ilişkili olarak kanıtlayacaktır.

SORULAR

1. Ek A 'nın sonuçlarını kullanarak transistörün β 'sını hesaplayınız. Daha sonra bu değeri kullanarak, Şekil 1'deki devrenin orta band ac parametrelerini r_e , $r_{in(kat)}$, $r_{O(kat)}$, A_m , $\frac{V_L}{V_S}$ hesaplayınız.
2. Tablo 1'deki herbir frekans için A_v değerlerini hesaplayınız. Sonra logaritmik kağıtta bu değerleri gösteriniz. Bu frekans grafiğinden üst kesim frekansını (-3dB point) ve buna bağlı olarak grafiği çizip, ölçeklendiriniz.
3. Emiteri ortak kuvvetlendirici için $f_2(C_A)$, $f_2(C_B)$ değerlerini hesaplayınız. Bu değerleri 5 ile 6 nolu işlem basamakları arasında ölçülen üst kesim frekanslarıyla karşılaştırınız.
4. İşlem basamağı 7'nin sonuçlarını yorumlayınız. Hangi kondansatör üst kesim frekansı üzerinde daha çok etkilidir? Açıklayınız.

TABLO 1

FREKANS	V _L (Volt)	$A_v = \frac{V_L}{V_S}$
500 Hz		
1 KHz		
5 KHz		
10 KHz		
15 KHz		
17 KHz		
20 KHz		
40 KHz		
42 KHz		
45 KHz		
50 KHz		
75 KHz		
100 KHz		

TABLO 2

	Ölçülen değer	Hesaplanan değer
F ₂ (C _A)		
F ₂ (C _B)		

RC AKTARIMLI KUVVETLENDİRİCİNİN FREKANS CEVABI

AMAC

1. İki katlı emiteri ortak kuvvetlendiricinin alçak frekans cevabını incelemek..
2. İki katlı emiteri ortak kuvvetlendiricide, her bir aktarma kondansatöründen kaynaklanan alt kesim frekansını belirlemek.

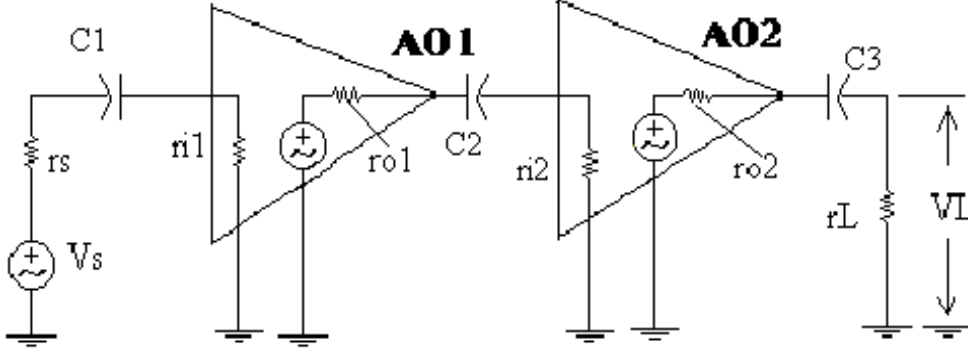
MALZEME LİSTESİ

1. 2-2N2222 Silikon npn transistör veya eşdeğeri
2. DC güç kaynağı (15V)
3. Analog işaret üretici (50mV_{t-t} değişen frekanslarda)
4. Dirençler : 2-100KΩ, 2-12KΩ, 3-10KΩ, 2-1KΩ
5. Kondansatörler :3-100μF, 1-0.1μF, 1-0.01μF, 1-0.0022μF (hepsi 25V'luk)
6. Çift ışınli osiloskop

TEORİK BİLGİ

Birçok kuvvetlendiricide yeterli kazancı sağlayabilmek için, kuvvetlendiriciler RC aktarımlı olarak arka arkaya bağlanır.Bu durumda alt kesim frekans cevabını etkileyecek ek aktarma kondansatörleri oluşmaktadır. 12. deneyde tek katlı kuvvetlendiricide olduğu gibi, her bir aktarma ve bypass kondansatörü ile ilişkili bir alt kesim frekansı vardır. Alt kesim frekansı için tüm hesaplamalar, eklenen kondansatörlerin hesaba katılması dışında, tek katlı kuvvetlendiriciler için olan hesaplamalarla aynıdır. Bu deneyde emiter bypass kondansatörü kullanılmayacaktır. Bu orta bandta $r_{in(kat)}$ ve V_L/V_S için hesaplamalarını basitleştirecek ve hesaplanacak alt kesim frekanslarının sayısını azaltacaktır.

Şekil 1, iki katlı kuvvetlendiricinin Thevenin eşdeğerini göstermektedir. A_{O1} ve A_{O2} her katın açık devre (yüksüz) gerilim kazancıdır. C_1 , C_2 ve C_3 kondansatörleri aktarma kondansatörleridir.



Şekil-1

Aşağıdaki denklemler her bir aktarma kondansatöründen (C_1 , C_2 ve C_3) kaynaklanan alt kesim frekansının hesaplanmasında kullanılır. Aşağıdaki eşitliklerle, tek katlı kuvvetlendiricinin alt kesim frekansını hesaplamak için 12. deneyde kullanılan eşitlikler arasındaki benzerliğe dikkat ediniz.

$$f_l(C_1) = \frac{1}{2\pi (r_s + r_{i1}) C_1}$$

$$f_l(C_2) = \frac{1}{2\pi (r_{o1} + r_{i2}) C_2}$$

$$f_l(C_3) = \frac{1}{2\pi (r_{o2} + r_L) C_3}$$

Burada,

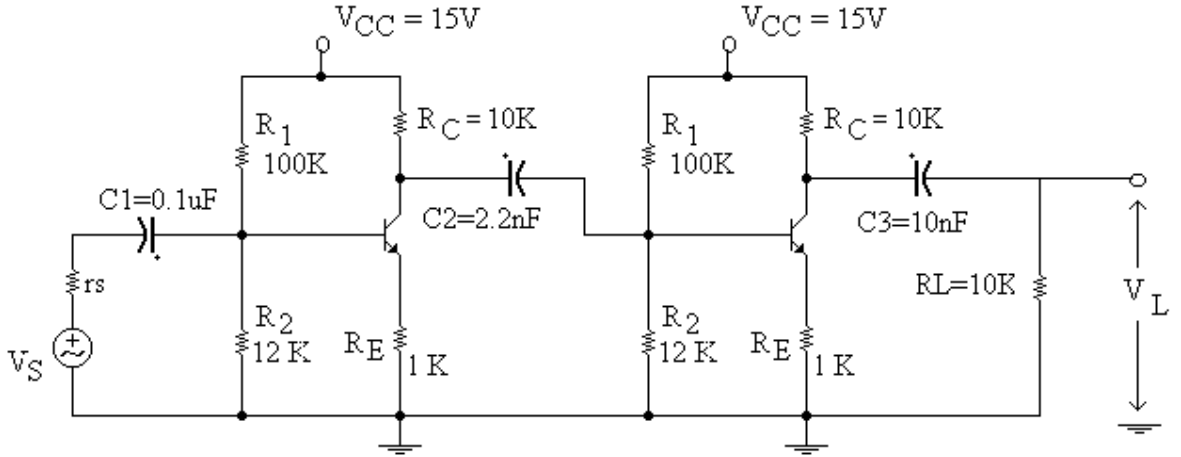
$f_l(C_1)$ giriş kuplaj kondansatöründen kaynaklanan kesim frekansı,

$f_l(C_2)$ kuvvetlendirici katları arasındaki aktarma kondansatörlerinden kaynaklanan kesim frekans ve

$f_l(C_3)$ çıkış aktarma kondansatöründen kaynaklanan kesim frekansdır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İki transistörün de β 'larını hesaplamak için Ek A 'daki işlem basamaklarını tamamlayınız.
2. İki katlı RC kuplajlı kuvvetlendiricinin alt kesim frekansını ölçmek için aşağıdaki devreyi kurunuz. (5. ve 8. işlem basamaklarında kullanılacak olan elektrolitik kondansatörlerin polariteleri şekilde (+) işareti ile gösterilmiştir.)



Şekil. 2

3. İşaret üreticini 15 KHz 50mVt-t ayarlayarak, çıkış gerilimi V_L 'yi ölçünüz. Bu değer kaynaktan yüke ortaband gerilim kazancının ($\frac{V_L}{V_S}$) saptanmasında kullanılacaktır.
4. Şimdi, çıkış gerilimi 3. basamakta ölçülen değer 0.707 katı oluncaya kadar, işaret üreticinin frekansını azaltınız. Bu durumun meydana geldiği andaki frekans, kuvvetlendiricinin alt kesim frekansıdır. Kuvvetlendiricinin alçak frekans cevabını grafiğe aktarırken kullanmak için 15KHz 'den 50Hz 'e kadar yeterli sayıda ölçmeler yapınız. (Tablo 1)
5. İki kondansatörün değerinin çok yüksek seçilmesiyle, bu kondansatörlerin alt kesim frekansına olan etkileri yok edilebilir. Böylece diğer kondansatörden kaynaklanan kesim frekans ölçülebilir. Bu mantıkla, Şekil-2'deki devreyi aşağıdaki kondansatör değerlerini kullanarak tekrar kurunuz. (kondansatörlerin polariteleri Şekil-2 'de gösterilmiştir.)

$$C_1=0.1\mu F \quad C_2=100\mu F \quad C_3=100\mu F$$

6. Çıkış gerilimi (bundan dolayı gerilim kazancı) 3. işlem basamağında ölçülen çıkış geriliminin 0.707 katına eşit oluncaya kadar işaret üreticinin frekansını ayarlayınız. Bu frekansın meydana geldiği yer $f_1(C_1)$ frekansıdır.
7. $f_1(C_2)$ 'yi ölçmek için aşağıdaki kondansatör değerlerini kullanarak, 5. ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.

$$C_1=100\mu F \quad C_2=0.0022\mu F \quad C_3=100\mu F$$

8. $f_1(C_3)$ 'yi ölçmek için aşağıdaki kondansatör değerlerini kullanarak, 5. ve 6. işlem basamaklarını tekrarlayınız.

$$C_1=100\mu F \quad C_2=100\mu F \quad C_3=0.01\mu F$$

SORULAR

1. Ek A 'da yapılan ölçümleri kullanarak her bir transistörün akım kazancı β 'yı hesaplayınız. Sonra bu değerleri kullanarak kuvvetlendiricinin ac parametrelerini $r_{in(kat1)}$, $r_{o(kat1)}$, $r_{in(kat2)}$, $r_{o(kat2)}$, ve $\frac{V_L}{V_S}$ (iki katlı emiteri ortak kuvvetlendiricinin tüm kazancı) hesaplayınız.
2. 4. işlem basamağında yapılan her bir ölçme için $\frac{V_L}{V_S}$ değerini hesaplayınız. Bu değerleri logaritmik kağıtta gösterip, çiziniz. Bu grafiğe asimtotik eğrileri de ekleyin ve her bir aktarım kondansatöründen kaynaklanan kırılma frekansını gösteriniz. İlk kırılmada kazancın 6dB/oktav, ikinci kırılmada 12dB/oktav, üçüncü kırılmada ise 18dB/oktav 'a azaldığını doğrulamak için asimtotları kullanınız.
3. Şekil-2 'deki iki katlı emiteri ortak kuvvetlendiricinin teorik olarak $f_1(C_1)$, $f_1(C_2)$ ve $f_1(C_3)$ değerlerini hesaplayınız. 5. ve 8. işlem basamağında ölçülen alt kesim frekanslarıyla, bu değerleri karşılaştırınız. Bütün değerleri Tablo 2'ye kaydediniz.
4. Tipik olarak duyulabilir frekans aralığının 20 Hz ile 20 kHz arasında olduğu varsayılır. Çok katlı kuvvetlendiricinin bu aralıkta yeterli olarak çalışabileceği C_1 , C_2 , C_3 değerlerini pratik olarak seçiniz.(Yani alt kesim frekansı 20 Hz olacaktır.) İşaret üreticinin iç direncini 50Ω kabul ediniz.

TABLO 1

FREKANS	V_L (Volt)	$A_v = \frac{V_L}{V_S}$
15 KHz		
10 kHz		
7.5 kHz		
5 kHz		
2 kHz		
1.5 kHz		
1 kHz		
900 Hz		
750 Hz		
500 Hz		
250Hz		
200 Hz		
100 Hz		
50 Hz		

TABLO 2

	Ölçülen değer	Hesaplanan değer
$f_1(C_1)$		
$f_1(C_2)$		
$f_1(C_3)$		

FARK KUVVETLENDİRİCİSİ 15

AMAC

1. Fark kuvvetlendiricisini, farksal ve ortak çalışma modunda incelemek.
2. Ortak Mod Reddetme Oranı (OMRO) nı hesaplamak.

MALZEME LİSTESİ

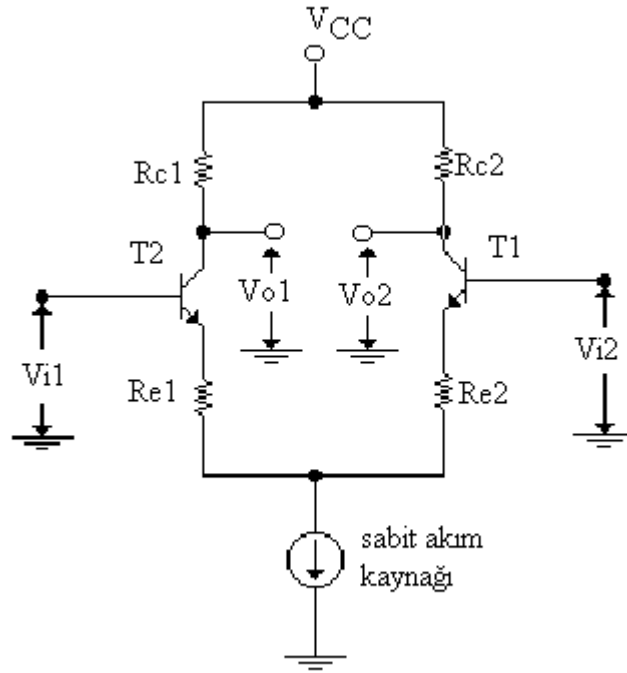
1. 3 - 2N2222 npn silikon transistör veya eşdeğeri
2. DC güç kaynakları ($\pm 15V$)
3. Analog işaret üretici (0-1 V_{tepe} sinüs 1 KHz)
4. Dirençler :1-100K Ω , 1-15K Ω , 2-10 K Ω , 1-1 K Ω (%5 tolerans)
5. Potansiyometre : 200 Ω veya daha küçük
6. Çift ışıklı osiloskop
7. Sayısal ölçü aleti

TEORİK BİLGİ

İşlemsel kuvvetlendiriciler, sayısal olmayan (lineer) uygulamalarda en çok kullanılan elektronik malzemelerdir. İşlemsel kuvvetlendiricilerin (bundan sonra kısaca OPAMP denilecektir.) giriş devresi bir fark kuvvetlendiricisidir. Fark kuvvetlendiricilerinin çoğu birleştirilmiş devreler olarak imal edilir. Fakat bu deneyi kolaylaştırmak için aynı devrenin farklı bir biçimini inceleyeceğiz.

Farksal kuvvetlendiriciler iki farklı yöntem altında çalıştırılır. Giriş sinyalleri farklı olabilir veya giriş sinyalleri birbirinin aynısı olabilir. Eğer giriş sinyalleri farklı ise, kuvvetlendiricinin *farksal modda* çalıştığı söylenir. Bu şu anlama gelir : Çıkış gerilimi giriş sinyalleri arasındaki farkla orantılı olacaktır. Eğer giriş sinyalleri birbirinin aynısı ise, kuvvetlendiricinin *ortak modda* çalıştığı söylenir.

Şekil 1'deki devre harici küçük emiter dirençlerini de kapsayan bir farksal kuvvetlendiriciden oluşmuştur. Bu tasarım iki transistörün r_e değerlerindeki farklılıkları gidermek için yapılmıştır.



Şekil-1

İdeal bir farksal kuvvetlendiricinin, tek ve çift çıkışlı fark mod kazançları sırasıyla aşağıda gösterilmiştir.

$$\text{Tek çıkışlı } A_v = \frac{V_{o1}}{V_{i1}-V_{i2}} = \frac{-R_C}{r_{e1} + R_{E1} + r_{e2} + R_{E2}}$$

$$\text{Çift çıkışlı } A_v = \frac{V_{o1}-V_{o2}}{V_{i1}-V_{i2}} = \frac{-2R_C}{r_{e1} + R_{E1} + r_{e2} + R_{E2}}$$

Farksal giriş direnci :

$$r_{id} = \beta(r_{e1} + R_{E1} + r_{e2} + R_{E2})$$

r_{id} giriş uçları arasındaki toplam ac dirençtir.

Aşağıdaki denklemler farksal kuvvetlendiricinin ortak mod çalışmasında kullanılır. (ortak mod çalışması için iki sinyalde büyüklük ve faz olarak aynı olmalıdır).

$$\text{Tek çıkışlı } A_v = \frac{V_{o1}}{V_{i1}} = \frac{V_{o1}}{V_{i2}}$$

$$\text{Çift çıkışlı } A_v = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{i1}} = \frac{V_{o1} - V_{o2}}{V_{i2}}$$

Ortak mod çalışmada farksal kuvvetlendiricinin en önemli yararı, her iki girişte de varolan gürültü faktörünü ortadan kaldırmasıdır. İdeal olarak girişlerdeki gürültü gerilimi kuvvetlendiricinin her iki ucunun faz terslemesi ile yok edilir. Ortak mod reddetme oranı (OMRO) işaret kazancının gürültü kazancına oranıdır. Yani, kuvvetlendiricinin istenilen bir işareti ne kadar iyi yükseltip; istenmeyen gürültüyü de ne kadar iyi ortadan kaldırdığının bir ifadesidir. Tek çıkışlı OMRO, tek çıkışlı fark mod gerilim kazancının tek çıkışlı ortak mod gerilim kazancına oranıdır. Çift çıkışlı OMRO, çift çıkışlı fark mod gerilim kazancının çift çıkışlı ortak mod gerilim kazancına oranıdır. Genel olarak OMRO çok yüksektir. (75-100dB normaldir)

$$\text{OMRO(dB)} = 20 \log \frac{A_d}{A_a}$$

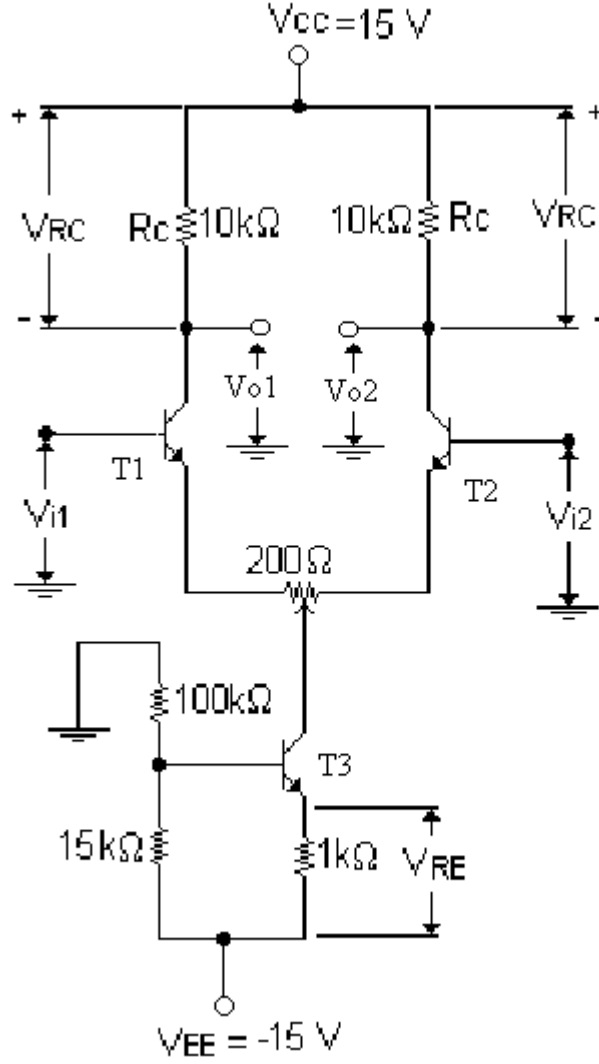
Burada,

A_d fark mod gerilim kazancı ve

A_a ortak mod gerilim kazancıdır.

İŞLEM BASAMAKLARI

1. İki transistöründe birbiriyle aynı olması için Ek A'daki işlem basamaklarını tamamlayınız. Ek A'daki işlem basamaklarını iki transistörün β' ları birbirine çok yakın oluncaya kadar uygulayın.
2. Eşleştirilmiş olan Q_1 ve Q_2 transistörlerini kullanarak Şekil-2'deki farksal kuvvetlendirici devresini kurunuz. Farksal kuvvetlendiricinin kollektörlerine bağlanan $10k\Omega$ ' luk dirençlerin %5 sapmayı aşmayacak şekilde birbiriyle aynı olduğundan emin olun. Aynı zamanda potansiyometrenin maksimum direncini ölçün.



Şekil-2

- V_{i1} ve V_{i2} 'yi 0V yapınız.(direk şaseye bağlayınız) V_{o1} ve V_{o2} çıkışları arasında dc gerilimleri okumak için sayısal bir voltmetre bağlayınız. Şimdi, voltmetrede 0V dc okuyuncaya kadar 200Ω 'luk potansiyometreyi ayarlayınız. Bu işlem farksal kuvvetlendiriciyi **dengelemek**(balancing) amacıyla yapılır.
- Devredeki ani akımları hesaplayabilmek için, her bir kollektör direnci uçları arasındaki V_{RC} dc gerilimini ve Q_3 transistörünün emiter direnci uçlarındaki V_{RE} gerilimini ölçüp, kaydediniz.
- V_{i1} gerilimini 1kHz'te $50mV_{tepe}$ değerine ayarlayıp, V_{i2} 'yi de şaseye bağlayınız. Potansiyometrenin orta noktası ile şase arasındaki ac gerilimi ölçüp, kaydediniz. Teksonlu (Single-ended) çıkış gerilimleri V_{o1} ve V_{o2} 'yi ölçmek için çift ışınli bir osiloskop kullanınız. Osiloskop üzerinde fark moduölçme konumu varsa, aynı

zamanda çıkış fark gerilimini de ($V_{01} - V_{02}$) ölçünüz. Her iki işlemde de girişle faz ilişkisini not ediniz.

6. V_{i2} gerilimini 1KHz'de $50mV_{tepe}$ değerine ayarlayıp, V_{i1} 'i de şaseye bağlayınız. 5.basamaktaki ölçmeleri tekrarlayınız.
7. Tek işaret üretici kullanarak V_{i1} ve V_{i2} gerilimlerini 1kHz'te $1 V_{tepe}$ değerine ayarlayıp, 5.basamaktaki ölçmeleri tekrarlayınız. Kuvvetlendirici çok küçük ortak mod kazancına sahip ise girişler $1V_{tepe}$ 'nin üzerine çıkarılabilir. Aksi takdirde çıkış gerilimi ölçülemeyecek kadar küçük olabilir.

SORULAR

1. 4. basamaktaki dc gerilim ölçmelerini kullanarak her üç transistörün de kollektör akımlarını hesaplayınız. Bu değerleri T_1 ve T_2 transistörlerinin r_{e1} ve r_{e2} iç emiter dirençlerini hesaplamak için kullanınız.
2. 1.sorudaki sonuçları ve potansiyometrenin maksimum direncini ($R_{E1}+R_{E2}$) ve aynı zamanda 1 KHz'te $50 mV_{tepe}$ değerine ayarlanmış olan V_{i1} gerilimi ile 0V'a ayarlanmış olan V_{i2} gerilimini kullanarak fark modu tek-sonlu (single-ended) gerilim kazancını hesaplayınız. Aynı zamanda aynı girişleri kullanarak farksal gerilim kazancını (veya çift sonlu gerilim kazancını) hesaplayınız. Bu sonuçları 5.işlem basamağında ölçülen sonuçlarla karşılaştırınız.
3. 1. sorudaki sonuçları ve Ek A'daki hesaplanan β değerini kullanarak r_{id} değerini hesaplayınız.
4. 7.basamaktaki sonuçları kullanarak farksal ortak mod kazancını ve dB olarak OMRO'yu hesaplayınız.
5. Kollektör devresinde farksal kuvvetlendiriciye sahip emiteri şase katın amacı nedir? Açıklayınız.

TABLO 1

V_{i1}	V_{i2}	DC Değerler	V_{o1}	V_{o2}	$V_{o1} - V_{o2}$
0 V (Toprağa bağlı)	0 V (Toprağa bağlı)	VRC1 = VRC2 = VRE3 =			
50 mV _{tepe}	0 V	-			
0 V	50 mV _{tepe}	-			
50 mV _{tepe}	50 mV _{tepe}	-			