

## ÖN HAZIRLIK

1. Deneyde yer alan tüm teorik hesaplamaları deneye gelmeden önce yapıp tüm işlemleri ön hazırlığa ekleyiniz.
2. Deneyde gerçekleştireceğiniz tüm adımları simülasyon ortamında yapıp sonuçları düzgün bir şekilde ön hazırlığa ekleyin. Simülasyon ortamında gerçekleştirdiğiniz her adımın ekran çıktısını rapora ekleyin ve detaylı açıklama yapın. Ekran çıktıları anlaşılır olmalıdır.
3. Deneye gelmeden önce deney adımlarını detaylı bir şekilde inceleyerek bilmediğiniz şeyleri öğrenmek için gerekli araştırmaları yapınız.
4. Deneye gelmeden önce kullanacağınız malzemeleri (direnc, kapasitör, transistör vb..) belirleyin. Deney başlangıcında malzemeler kullanıma hazır olmalıdır. Deneye devrenizi önceden kurmuş olarak gelmeniz deneyi zamanında bitirmeniz açısından önemlidir.
5. Deney gününde sizden istenen gerekli bilgileri öğrenmiş olduğunuzu ve deneyi yapabildiğinizi göstermenizdir. Dolayısıyla deney devresini kurmakta ve ölçüm cihazlarını kullanmakta eksikleriniz varsa deneyden önce laboratuvar çalışma saatlerinde izin alarak çalışabilirsiniz. Laboratuvar çalışma saatleri şuan için Salı günü 13:00-16:00 olarak belirlenmiştir. Bu saatlerin dışında da uygun olması halinde görevlilerden izin alarak çalışma yapabilirsiniz.

## DENEY NO: 7

### GERİ BESLEMELİ KUVVETLENDİRİCİLER

#### DENEYİN AMACI:

1. Kuvvetlendiricinin açık ve kapalı çevrim kazancını ölçmek.
2. Kuvvetlendiricinin geri-besleme varken ve yokken bant-genişliğini ölçmek.
3. Geri-beslemenin kuvvetlendiricinin bant-genişliği üzerindeki etkisini incelemek.

#### DENEY MALZEMESİ: 2 adet 2N2222 npn Silikon transistör veya eşleniği

DC güç kaynağı (15 V )

Analog işaret üretici (100 mV t-t, 10 KHz)

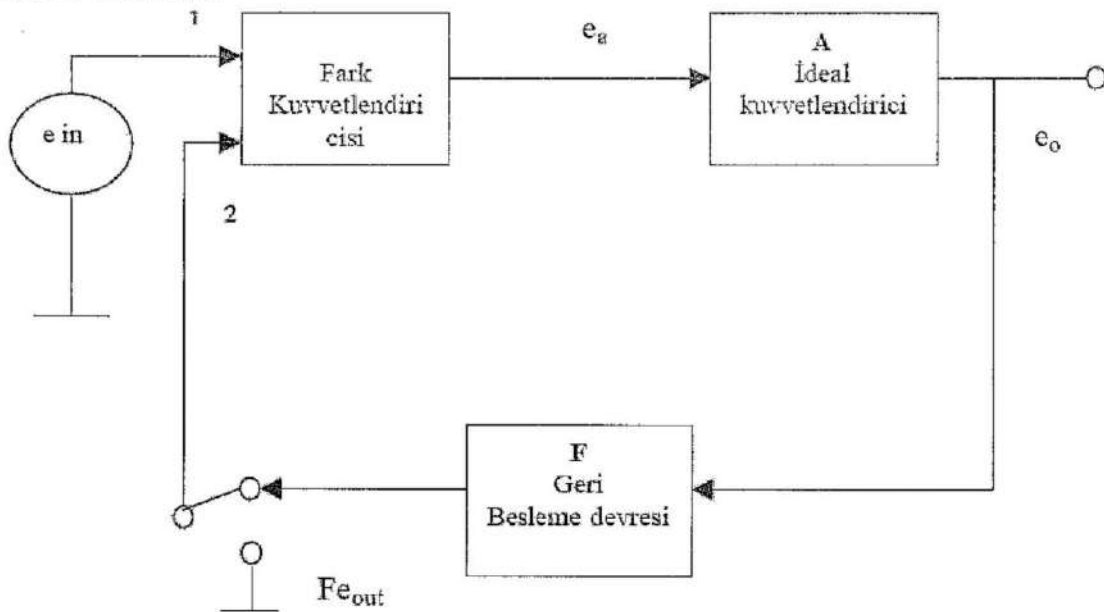
Dirençler: 1-150 K $\Omega$ , 1-47 K $\Omega$ , 2-22 K $\Omega$ , 1-4.7 K $\Omega$ , 1-2.2 K $\Omega$ , 2-1 K $\Omega$

Kondansatörler: 1- 22  $\mu$ F, 1-0.47  $\mu$ F (25 V'luk)

Çift ışınli osiloskop

#### 7.1. ÖN BİLGİ:

Aktif elemanlar, tam olarak belirlenmemiş veya sıcaklığa bağlı bazı parametrelerle ifade edilen bir karakteristik gösterirler. Örneğin transistörlerde kolektörden base'e doğru oluşan akım kazancı, aynı eleman numarasına sahip olmasına rağmen, bir transistörden diğerine farklılık göstermektedir. Bu akım kazancı, elemanın kendi parametrelerine ve ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. FET için de aynı şeyleri söylemek mümkündür. Bunlardan ötürü, bu elemanları kullanarak yapılan kuvvetlendiricilerin tasarımı sırasında, çıkışta istenen kazanç elde etmek için, transistor parametrelerinin kazanç üzerindeki etkisini azaltacak bir yöntemle başvurulmalıdır. Bunun yanında direnç, kondansatör, bobin gibi pasif devre elemanlarını içinde bulunduran devreler, sabit bir değerde kalacak hassasiyette üretilmektedirler. Fakat diğer taraftan bu söz konusu pasif devreler, kazanç sağlama yeteneğine sahip değildirler. Sabit bir kazanç elde edebileceğimiz kuvvetlendiricilerin tasarımında, pasif devre elemanlarının hassasiyeti ile aktif devre elemanlarının kazanç oluşturma özelliklerini birleştirilerek istenen sonuca varabiliriz. Bu sebepten geri besleme birçok devrede kullanılır. İdeal bir geri beslemeli kuvvetlendirici devresi için Şekil 7.1'e bakınız.



Şekil 7.1

Hassasiyeti yakalamamanın yanında kuvvetlendiricilerde geri beslemenin daha önemli yararları vardır. Örneğin, negatif geri besleme bant-genişliğini artırır; giriş ve çıkış direncini kontrol eder; çıkış işaretindeki bozulmaları azaltır. Şekil 7.1'deki negatif geri beslemeli kuvvetlendiricinin blok diyagramında, çıkışta 1 ve 2 nolu girişlerin farkı alınmaktadır. Eğer 2 nolu giriş toprağa bağlanırsa, kuvvetlendiricinin çıkışından girişine ulaşan işaret aşağıdaki gibidir:

$$E_a = e_{in} - 0 = e_{in}$$

Açık çevrim kazancı  $G_o$ , A kazancına sahip ideal bir kuvvetlendirici için aşağıdaki formülle bulunur:

$$G_o = \frac{e_{out}}{e_{in}} = \frac{e_{out}}{e_a} = A$$

Geri besleme devresi ile fark devresi arasındaki anahtar kapatılırsa, çıkış işaretinin bir kısmı giriş işaretinden çıkarılır. Geri-besleme devresinin kazancı F, normalde 1'den küçüktür. İdeal olarak kabul edilen kuvvetlendiricide ulaşan işaret bundan dolayı azalmış olacaktır.

$$e_a = e_{in} - Fe_{out}$$

Çıkış gerilimi, açık çevrim değerinden daha küçük olacaktır. Çıkış gerilimi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanabilir:

$$e_o = A(e_{in} - Fe_{out}) = G e_{in}$$

Kapalı çevrim kazancı ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$G = \frac{e_{out}}{e_{in}} = \frac{A}{1 + AF}$$

Negatif geri beslemede, kapalı çevrim kazancı G her zaman açık çevrim kazancı  $G_o$ 'dan daha küçüktür. Açık çevrimde  $e_m$  işareti  $e_{in}$  işaretine eşittir ve çıkış işaretine bakmaksızın sabit kalır. Çıkış, A ile doğru orantılı olarak değişir. Bu yüzden sıcaklık değişimleri veya elektronik malzemenin değişimi, çıkış gerilimini oldukça etkiler. Kapalı çevrimde ise, ideal kuvvetlendiricinin girişinde ulaşan  $e_m$  işareti aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$e_m = e_{in} - Fe_{out}$$

Çıkış gerilimi yine A cinsinden yazılır. Eğer kazanç artarsa, çıkış gerilimi de artacaktır. Ancak  $e_{out}$  arttıkça  $e_m$  azalmaktadır.

### 7.1.1 Bant Genişliğinin Artması

Geri besleme, açık çevrim kuvvetlendiricisine göre geri beslemeli kuvvetlendiricinin bant genişliğini artırmaktadır. Şekil 7.1'deki negatif geri beslemeli kuvvetlendiricide, ideal kuvvetlendiricinin W' bant genişliğine sahip olduğunu var sayalım.

$$A = \frac{A_m}{1 + \frac{jW}{W'}}$$

$A_m$  orta bant gerilim kazancıdır.

Öyleyse kazanç-bant genişliği çarpımı,  $A_m W'$  ye eşit olacaktır.

Kapalı çevrim için 1 nolu eşitlikte, 2 nolu eşitliği yerine koyarsak; sonuçta  $G$ 'yi frekansa bağımlı olarak buluruz.

$$\frac{A}{1 + AF} = \frac{\frac{A_m}{1 + (jW/W')}}{1 + \frac{A_m F}{1 + j(W/W')}}}$$

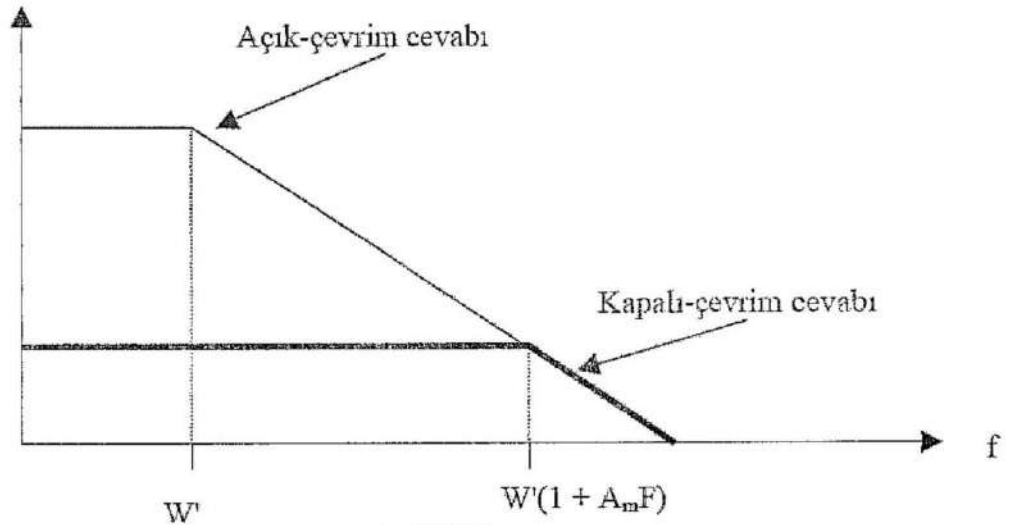
Ara işlemlerden sonra;

$$G = \frac{A_m}{1 + A_m F} = \frac{1}{1 + j[W/W'(1 + A_m F)]}$$

Elde edilir.

Geri besleme varken bant genişliği, açık çevrime göre  $W'(1 + A_m F)$  oranında artmakta; fakat bunun yanında yine aynı oranda kazanç azalmaktadır. Kazanç-bant genişliği çarpımı sabit olduğuna göre, kazanç ve bant genişliği ters orantılı olarak değişmektedir. Şekil 7.2 'de açık ve kapalı çevrim frekans cevapları gösterilmiştir.

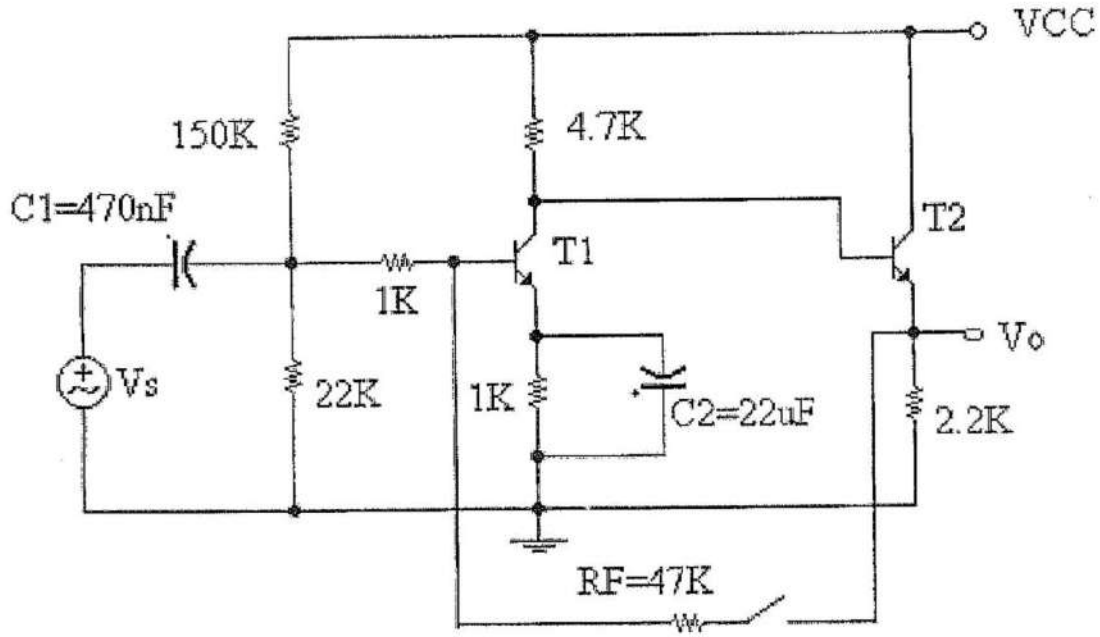
Kazanç, dB



Şekil 7.2

## 7.2. Deneyin Yapılışı

1. Şekil 7.3'deki devreyi kurunuz.



Şekil 7.3

2. S anahtarı açıkken çıkış gerilimini ölçüp, kuvvetlendiricinin açık-çevrim kazancını hesaplayınız.
3. S anahtarını kapatınız. Çıkış gerilimini ölçüp, kuvvetlendiricinin kapalı-çevrim kazancını hesaplayınız.
4. Geri besleme direncini  $R_F = 47 \text{ K}\Omega$  yapınız ve  $T_1$  transistörünü  $\beta$ 'sı çok farklı olan bir başka transistör ile yer değiştiriniz. İşlem basamakları 2 ve 3'ü tekrarlayınız.
5. Geri besleme yokken, kuvvetlendiricinin üst kesim frekansını belirleyiniz.
6. Geri besleme direncini devreye tekrar takınız ve kuvvetlendiricinin üst kesim frekansını belirleyiniz.  $R_F = 47 \text{ K}\Omega$  ve  $R_F = 22 \text{ K}\Omega$  için işlemi tekrarlayınız.
7.  $T_1$  transistörünü bir havayla transistöre değmeden ısıtınız. Isıtma işlemi açık ve kapalı çevrim için tekrarlayıp; açık ve kapalı çevrim çıkış gerilimlerdeki değişimleri gözlemleyiniz. Kapalı çevrim ölçümlerini  $R_F = 47 \text{ K}\Omega$  ve  $R_F = 22 \text{ K}\Omega$  için ayrı ayrı gerçekleştirip, değerleri Tablo 1'e kaydediniz.

### 7.3. RAPOR SORULARI

1. Kuvvetlendiricinin küçük işaret modelini çiziniz.
2. Açık-çevrim gerilim kazancını hesaplayınız ve deney sonuçları ile karşılaştırınız.
3. Kapalı-çevrim gerilim kazancını hesaplayınız ve deney sonuçları ile karşılaştırınız.
4. Geri besleme varken ve yokken, kuvvetlendiricinin bant genişliğinin nasıl değiştiğini yorumlayınız.
5. Sıcaklık değişimine karşılık, her iki durumda (açık ve kapalı çevrimde) kazancın değişimini yorumlayınız.

TABLO 1

	Açık-çevrim		Kapalı - çevrim			
	Ölçülen	Hesaplanan	$R_F = 47 \text{ K}\Omega$		$R_F = 22 \text{ K}\Omega$	
Ölçülen			Hesaplanan	Ölçülen	Hesaplanan	
$\frac{V_o}{V_{in}}$						
Üst kesim Frekansı, $f_H$						
Bant-genişliği						