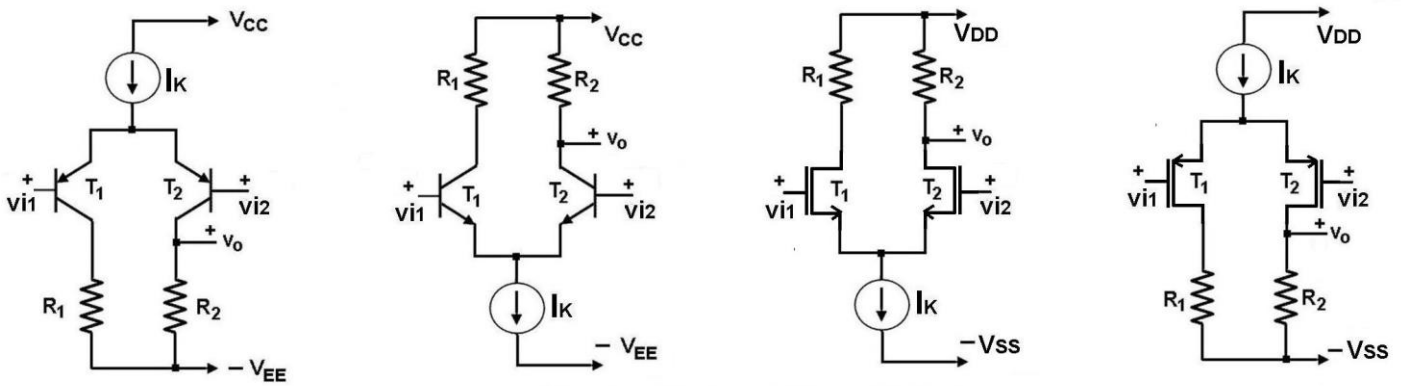


FARK KUVVETLENDİRİCİ

Fark kuvvetlendirici devresi elektronik devre uygulamalarının en önemli devre yapılarından biridir. İki girişe sahip olup, girişleri arasındaki farkı kuvvetlendirir. Aşağıda Şekil-1'de en basit fark kuvvetlendirici devre yapısı BJT ve MOS transistorlar için verilmektedir. Her bir devrede kullanılan T1 ve T2 transistorlarının eş olması temel noktalardan biridir. T1 ve T2'nin eş olması durumunda Şekil-1'de görülen devrelerin ac bağıntıları değişmez. T1 ve T2'nin eş olarak üretilmesi önemli bir teknoloji problemi olmakla birlikte bu ders içerisinde tam olarak eş oldukları kabul edilecektir.



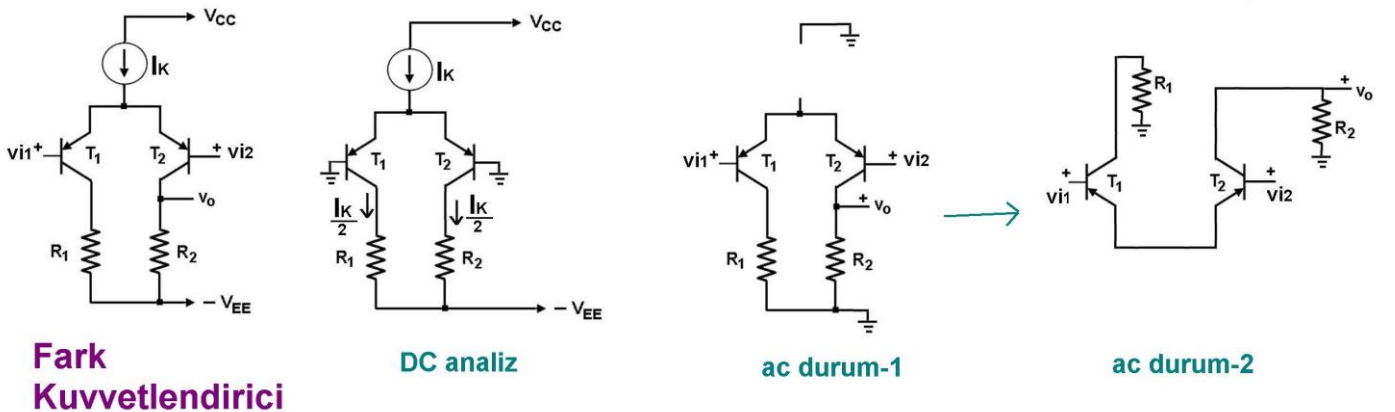
Fark Kuvvetlendirici

NOT: Her bir devredeki T1 ve T2 eş olmalıdır.

Bu durumda, devrelerin verdiği ac bağıntılar aynıdır.

Şekil-1 Fark kuvvetlendiricinin en basit yapısı.

Şekil-1'de görülen en soldaki (PNP transistorlu devre için) gerekli analizler yapılacaktır. Bu analizin sonuçları diğerleri için de geçerli olacaktır.



Fark Kuvvetlendirici

DC analiz

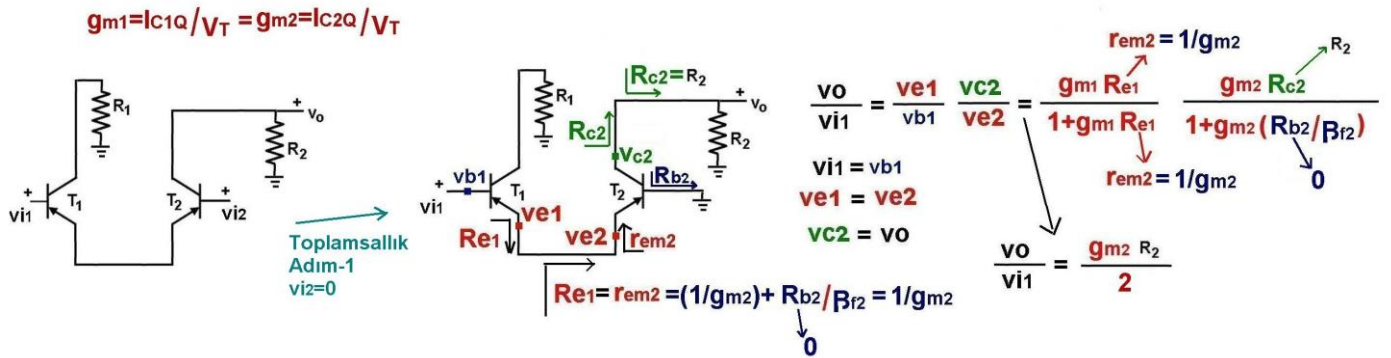
ac durum-1

ac durum-2

Şekil-2 PNP transistorlu yapının DC ve ac durumları.

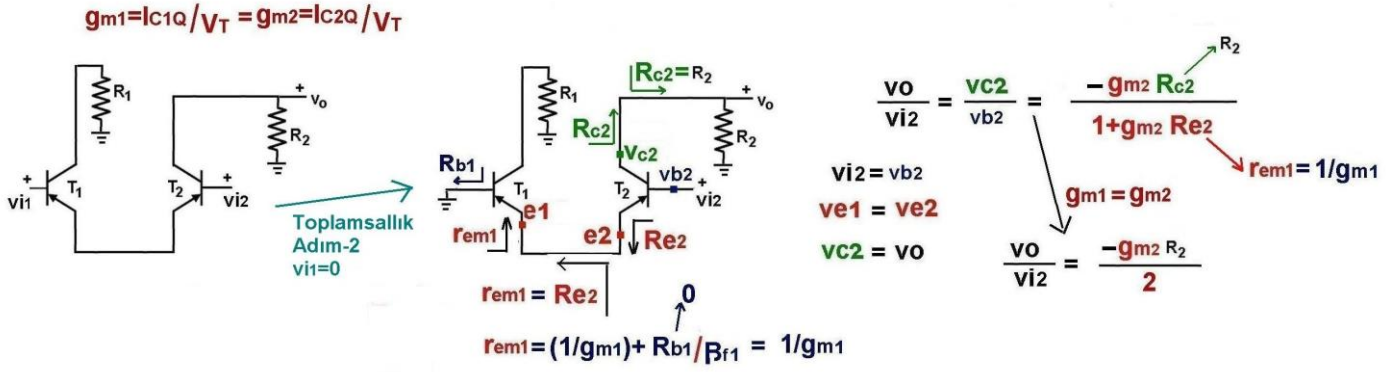
Şekil-2'de PNP transistorlu fark kuvvetlendiricinin DC ve ac durumları verilmektedir. Devrenin DC analizi çok basittir. Devrede transistörler aktif bölgede çalışmalıdır (MOS transistorlu durumda transistörler doyma bölgesinde çalışmalıdır). Bu durumda, transistörlerin eş olduğunu hatırlarsak, devre topolojisi sebebi ile her iki transistörün aynı akımlara sahip olacağını kolaylıkla görebiliriz. Yani, DC kutuplamada $I_{CQ1}=I_{CQ2}=I_K/2$ sonucuna ulaşırız.

Devrede kullanılan transistörler eş olup aynı kutuplama akımı değerine sahip olduklarından g_m değerleri eşit olacaktır. Devrede iki farklı ac kaynak bulunmaktadır (v_{i1} ve v_{i2}). Devre ac durumda da lineer olduğundan toplamsallık ilkesi ac analiz için de kullanılabilir. Şekil-3'te toplamsallık ilkesi ile yapılacak analizin 1.adımı verilmektedir. Bu adımda $V_{i2}=0$ alınmakta olup, devrenin ac analizi sadece V_{i1} için yapılmaktadır.



Şekil-3 PNP transistorlu devrenin ac analizi_adım-1

Şekil-3'te verilen ac analizde v_{i1} işareti T1 transistörünün bazına uygulanmaktadır. Sonrasında, T1'in emetöründen T2'nin emetörüne işaret uygulanmaktadır. Son olarak T2'nin kolektöründen çıkış işareti alınmaktadır. Yani, T1 emetör çıkışlı, T2 ortak bazlı yapıda kullanılmaktadır. Her iki transistör, T1'in emetör çıkışı T2'nin emetör girişi olduğundan, kaskat bir şekilde kullanılmaktadır. Dolayısıyla, T1 ve T2'nin kazanç bağıntıları çarpılarak v_{i1} 'den v_o 'ya olan toplam kazanç bulunmalıdır. Kullanılacak bağıntılarda gerekli büyüklükler vardır. T1'in R_{e1} değeri topoloji gereği T2'nin r_{em2} değeri olmaktadır. R_{e1} T1'in emetörünün dışında oluşan ac direnç etkisini göstermektedir. r_{em2} ise T2'nin emetörünün içine doğru oluşan ac direnç etkisini göstermektedir. R_{b2} T2'nin bazının dışında oluşan ac direnci göstermektedir. Benzer şekilde, R_{c2} ise T2'nin kolektörünün dışında oluşan ac direnci göstermektedir. Bu bilgiler ışığında, $v_o/v_{i1}=(1/2) g_{m2} R_2$ olarak elde edilmektedir. Bu (toplamsallık ilkesi altında) ac analizin 1.adımında elde edilen sonuçtur.



Şekil-4 PNP transistorlu devrenin ac analizi_adım-2

Üstte, Şekil-4'te verilen ac analizde v_{i2} işareti T2 transistörünün bazına uygulanmaktadır. Sonrasında, T2'nin kolektöründen çıkış işareti alınmaktadır. Yani, T2 ortak emetörlü yapıda kullanılmaktadır. Kullanılacak bağıntıda gerekli büyüklükler vardır. T1'in R_{e2} değeri topoloji gereği T1'in r_{em1} değeri olmaktadır. R_{e2} T2'nin emetörünün dışında oluşan ac direnç etkisini göstermektedir. r_{em1} ise T1'in emetörünün içine doğru oluşan ac direnç etkisini göstermektedir. R_{b1} T1'in bazının dışında oluşan ac direnci göstermektedir. Benzer şekilde, R_{c2} ise T2'nin kolektörünün dışında oluşan ac direnci göstermektedir. Bu bilgiler ışığında, $v_o/v_{i2} = -(1/2) g_{m2} R_2$ olarak elde edilmektedir. Bu (toplamsallık ilkesi altında) ac analizin 2.adımında elde edilen sonuçtur.

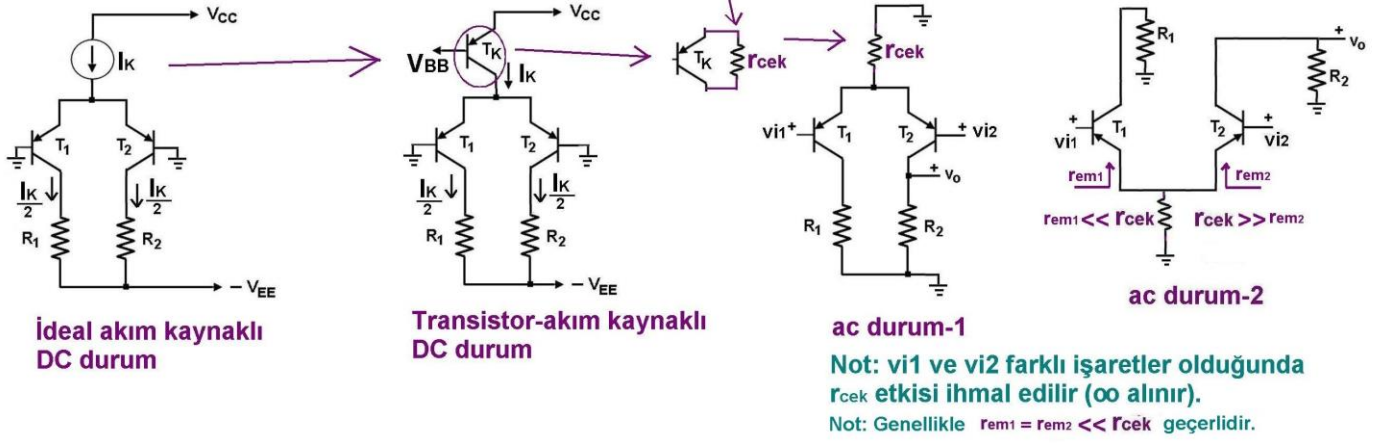
TOPLAMSALLIK Adım-3 $v_o = \frac{g_{m2} R_2}{2} v_{i1} - \frac{g_{m2} R_2}{2} v_{i2} = \frac{g_{m2} R_2}{2} (v_{i1} - v_{i2})$ Fark Kuvvetlendirme

$\frac{v_o}{(v_{i1} - v_{i2})} = \frac{g_{m2} R_2}{2}$ Fark Kazancı

Şekil-5 PNP transistorlu devrenin ac analizi_adım-3

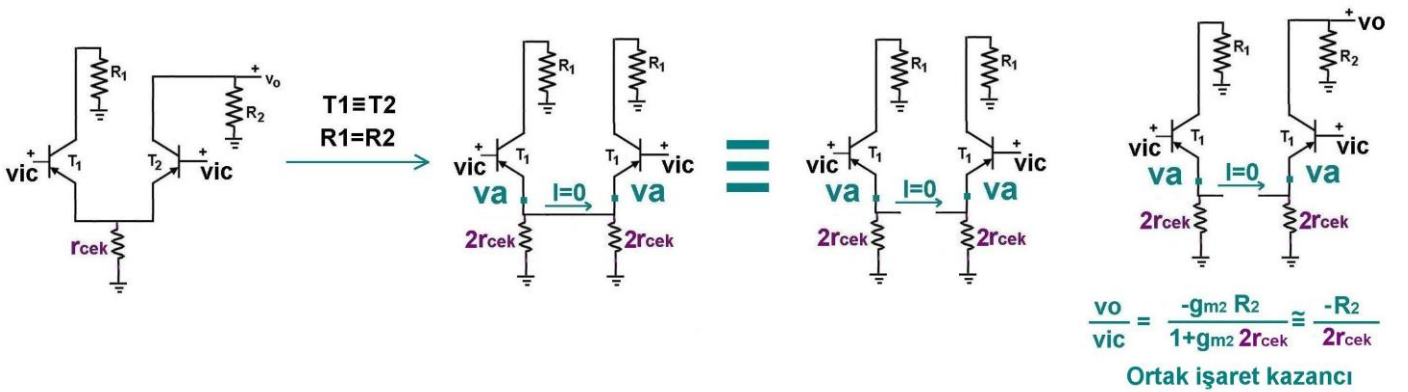
Üstte, Şekil-5'te toplamsallık ilkesinin son adımı (Adım-3) verilmektedir. İlk iki adımda iki ac kaynak için ayrı ayrı çıkış işareti elde edilmiştir. Bu adımda elde edilen sonuçlar toplanarak tam devrenin ac çıkış işareti elde edilmektedir. Sonuç olarak, $v_o = (1/2) g_{m2} R_2 (v_{i1} - v_{i2})$ ifadesi elde edilmektedir. Sonuç olarak, giriş işaretlerin farkı " $(1/2) g_{m2} R_2$ " kadar kuvvetlendirilerek ac çıkış işareti (v_o) oluşturulmaktadır. Devrenin Fark Kuvvetlendirici ismi buradan gelmektedir.

Transistorun rce davranışı
transistor sembolüne paralel bir direnç olarak gösterilebilir



Şekil-6 Fark kuvvetlendirici devresinde akım kaynağının transistorlarla gerçekleştirilmesi.

Fark kuvvetlendiricisinde kullanılan ideal akım kaynağını daha önce tanıtılmış olan transistorlu uygulama ile gerçekleyebiliriz. Şekil-6'da akım kaynağının transistorlu gerçekleştirilmesi için oluşacak DC ve ac durumlar verilmektedir. Giriş işaretlerinin (vi_1 ve vi_2) farklı olması durumunda (fark işaret durumunda) transistorun rce direncinin etkisi ihmal edilebilir seviyededir. Dolayısıyla, yukarıda elde edilen fark işaret kazancı ifadesi değişmez. Diğer taraftan, vi_1 ve vi_2 işaretleri aynı ise (vic) rce etkisini ihmal edemeyiz. Bu durumda analizi baştan yapmamız gerekir. Aşağıda, Şekil-7'de $vi_1=vi_2=vic$ durumu (ortak işaret durumu) için yapılacak analize dair ac durum verilmektedir.



Şekil-7 Fark kuvvetlendiricide $vi_1=vi_2=vic$ durumu için yapılacak ac analize dair durum.

Şekil-7'de ilk olarak akım kaynağı transistorunun ac duruma etkisi olan kolektör-emetör ac direnci r_{cek} devrenin ac durumuna eklenmektedir. Sonrasında, bu direnç 2 adet $2r_{cek}$ değerli dirençlerin paraleli olarak

gösterilmektedir (devre analizinin değişmeyeceği açıktır). İkinci durumda devrenin sağ ve sol kısımlarının tamamen aynı olduğu ve giriş işaretlerinin de eşit olduğu görölmektedir. Bu durumda transistorlarının emetörleri arasında akım akmaması gerekir, çünkü emetörler arasında akım akarsa sağ ve sol kısımların aynı olmadığı sonucu ortaya çıkar ki bu doğru değildir. Transistorlarının emetörlerinde oluşacak işarete **va** dersek, soldan üçüncü devrede transistorların emetör bağlantısını koparsak da **va** geriliminin değişmemesi gerekir (bağlantı varken de emetörler arasında akım akmıyordu). Sonuç olarak, en sağdaki yapının devrenin ac analizi için kullanılabileceğini görürüz. Böylece, v_o/v_{ic} kazancı T2 için ortak emetörlü yapının kazancına dönüşür ve ifadesi

$$v_o/v_{ic} = -g_{m2} R_2 / (1+g_{m2} 2r_{cek}) \approx -R_2 / (2r_{cek})$$

olarak elde edilir. Bu kazançta $v_{i1}=v_{i2}=v_{ic}$ olduğu için **ortak işaret kazancı** denir. Genel durumda $R_2 \ll r_{cek}$ olduğundan ortak işaret kazancı 1 den çok küçüktür. Yani, kazanç değil zayıflatma durumu söz konusudur.

Pratik olarak, ortak işaret kazancı her iki girişe eşit gelen gürültü durumunun karşılığıdır. Fark işaret kazancı ise asıl istenen işaretleri belirtir. Sonuç olarak, fark kuvvetlendirici istenen (bilginin yüklendiği) işaretleri kuvvetlendirirken, istenmeyen gürültü işaretlerini zayıflatır. Genel olarak doğru olan bu sonuç fark kuvvetlendiricinin en önemli avantajlarındandır.