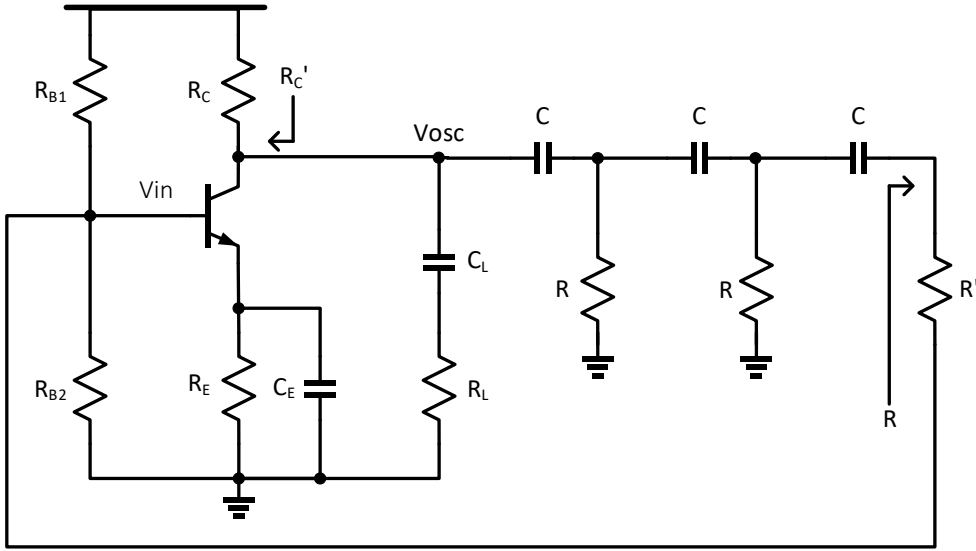


## EHB 335: ANALOG ELEKTRONİK DEVRELERİ

### Ödev 4

Son Teslim Tarihi: 14 Ocak 2022 Saat 23.59

Ödevleriniz hem el hesaplamaları hem de benzetim sonuçları içerecektir. Ödevlerinizi bireysel olarak yapmanız beklenmektedir. Zorlandığınız her konuda dersin asistanına e-posta yolu ile soru sorabilirsiniz. Benzetimler için LT Spice veya Pspice programlarını kullanmanız gerekmektedir. Eğer el hesaplarınızı yazdıktan sonra taratacaksanız (fotoğraf çekilmesi yerine mobil uygulama ile taratılması tercih edilir) okunabilir olduğuna lütfen dikkat edin. Bütün benzetim sonuçlarının ekran görüntüleri ya da dışa aktarılmış hâlleri (export ile) okunaklı olmalıdır (Benzetim sonuçlarının arka planını beyaza çeviriniz). Benzetim sonuçları ile bulduğunuz teorik sonuçları mutlaka karşılaştırarak yorumlamanız beklenmektedir. Benzetim sonuçları ile teorik sonuçlar tutarlı olmalıdır; tutarsızlık var ise hatanızı bulmanız beklenmektedir. Hesaplarınız sırasında mühendislik yaklaşımları ve ihmâller yapabilirsiniz ama nerede hangi ihmâli yaptığınızı mutlaka belirtiniz ve yaptığınız ihmâlleri sonuca ulaştıktan sonra mutlaka test ediniz. Ödevinizi, el hesaplarınızı ve benzetim sonuçlarınızın ekran görüntülerini (ya da 'export', 'print' edilmiş pdf hâllerini) içeren bütün dosyaları sonuçta tek bir pdf raporu dosyası olacak şekilde birleştirerek benzetim dosyalarınız ile (şematik, proje klasörü vb.) .rar dosyası şeklinde yüklemelisiniz.



Yukarıda bir faz ötelemeli (ya da faz kaydırmalı) RC osilatör yapısı verilmiştir. BJT'li kuvvetlendirici yerine ideal bir kuvvetlendirici kullanılır ve RC katları izole edilirse (katlar arasına birim kazançlı kuvvetlendiriciler eklenirse) ideal olarak osilatör frekansı:

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi RC\sqrt{2N}}$$

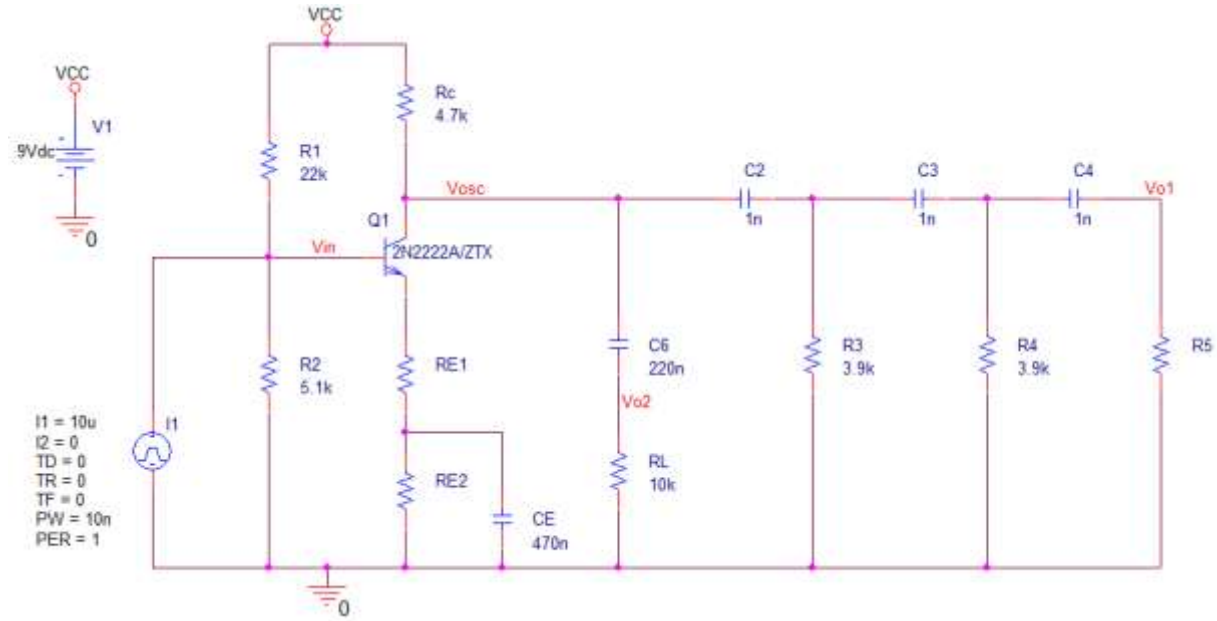
formülü ile verilir.  $N$ , RC katlarının sayısıdır.

İdeal olmayan BJT'li devre için Barkhausen kriteri incelendiğinde ise aşağıda verilen formüller elde edilmektedir.

$$f_{osc} = \frac{1}{2\pi C \sqrt{6R^2 + 4RR_o}}$$

$$\frac{V_{osc}}{V_{in}} = -29 - 23 \left( \frac{R_o}{R} \right) - 4 \left( \frac{R_o}{R} \right)^2$$

Burada  $R_o = R_L // R_C'$  ve son RC katından görünen direncin R olduğu varsayılmıştır.  $V_{osc}/V_{in}$  kazancı, osilasyon kriterini ağırlayan teorik sınır kazancıdır, pratikte bu kazancın yeterli olmayabileceği unutulmamalıdır. Detaylı analizi içeren bir doküman Ninova'da Sınıf Dosyaları altına yüklenmiştir. Verilen bu bilgiler ışığında aşağıdaki devrenin analizinin ve benzetiminin yapılması istenmektedir.



Yukarıdaki devre faz ötelemeli RC osilatör yapısına dönüştürülecektir.  $R_{E1}$ 'in değeri sizin tarafınızdan seçilecektir ve  $R_E = R_{E1} + R_{E2} = 1k\Omega \pm \%5$  şeklinde olacaktır (En kötü durumda bile osilasyon şartı sağlanmalıdır). Gerekli olması durumunda  $R_E$ 'nin tamamı da köprülenebilir.  $R_5$ 'in değeri sizin seçiminize bırakılmıştır, gerekli olması durumunda devreden tamamen de çıkarılabilir ( $R_5 = \infty$ ).  $R_5$ 'in seçiminde önemli olan nokta, devre osilatör olarak çalışacak şekilde modifiye edildiğinde, kutuplama noktasının değişmemesidir. ( $V_{CC} = 9V$ , 2N2222A yerine 2N2222 de kullanılabilir.  $I_1$  kısa süreli transient bir akım darbesidir ve sadece osilasyonun başlamasını hızlandırmak için kullanılabilir.)

**a)** Sadece benzetim kullanarak devrenin DC çalışma noktasını ve BJT'nin küçük işaret parametrelerini  $R_E = 1k\Omega$  için bulunuz. Beklenen osilasyon frekansını ve  $R_{E1}$ 'in değerini hesaplayarak elde ediniz. Devreyi osilatör olarak çalışacak şekilde geribeslemeli olarak düzenleyiniz ve DC çalışma noktasının değişip değişmediğini kontrol ediniz. Devrenin son hâlini ve DC çalışma noktalarını (açık çevrim ve kapalı çevrim için) gösteriniz.

**b)** Bulduğunuz  $R_{E1}$  değerini kullanarak, kapalı çevrimi uygun bir noktadan keserek açık çevrim hâline getiriniz ve kestiğiniz noktaya yükleme etkisini eklemeyi unutmayınız. Yükleme etkileri dâhil edilmiş şematizi gösteriniz. Bu devreyi kullanarak  $\beta A$  açık çevrim Bode eğrisini çizdiriniz. Bode eğrisine bakarak osilasyon frekansını bulunuz. Çevrim kazancının osilasyon için yeterli olup olmadığını belirterek eğriyi yorumlayınız.

c) Devreyi ilk ıktaki gibi tekrar osilatör olarak düzenleyerek  $V_{osc}$ ,  $V_{o1}$  ve  $V_{o2}$  dalga şekillerini ayrı ayrı grafikler olarak çizdiriniz. Osilasyon frekansını bularak a ve b ıkkında bulunduğunuz sonuçlara göre yorumlayınız. Farklılıklar varsa sebebini yorumlayınız. Osilasyonun başlaması zaman alacaktır. Osilasyonun başlangıcını hızlandırmak için sorudaki ematikteki gibi bir akım darbesi uygulayabilirsiniz. Darbenin kısa süreli ve tek bir tepe şeklinde olması gerekmektedir. Bu yüzden örnek şekilde periyodu 1s, genişliğı 1ns olarak verilmiştir. Osilasyonunuz başlamıyorsa ya da akım darbesine rağmen sönümleniyorsa Barkhausen kriterini sağlamadığınız anlamına gelir; çözümünüzü tekrar gözden geçirmelisiniz.