

## ELE517

# Yarıiletken Elemanların ve Düzenlerin Modellenmesi

## (Ödev 3)

a- LM324 işlemsel kuvvetlendiricisi için SPICE simülasyon programında kullanılmak üzere PEIC makro modeli oluşturulacaktır. Ayrıca, PEIC makro modelinde ara katta gerçekleştirilen gerilim sınırlaması besleme gerilimine bağlı olarak modellenecek biçime getirilecek ve toplam güç harcaması modellenecek biçimde model yeniden düzenlenecektir.

Bunun için SPICE kütüphanesinde bulunan LM324 işlemsel kuvvetlendiricisi makromodelini kullanarak yapının temel karakteristiklerini çıkartınız; elde ettiğiniz karakteristiklerden yararlanarak PEIC makro modelini oluşturunuz. Oluşturduğunuz makromodelin başarımını SPICE benzetimiyle ve Boyle makro modeli ile karşılaştırarak gösteriniz. (Besleme gerilimlerini uygun değerlerde kendiniz seçiniz.)

b- Çıkış gerilimini sınırlamak üzere ikinci ara katta öngörülen V<sub>3</sub> ve V<sub>4</sub> gerilim kaynakları yerine, V<sub>CC</sub> ve V<sub>EE</sub> besleme kaynaklarına bağlı bir sınırlama düzeni oluşturunuz.

c- Temel karakteristikleri oluşturduğunuz makromodel yardımıyla ve SPICE benzetimiyle yeniden çıkartınız, eğrileri Boyle makromodeli ile daha önce elde ettiğiniz karakteristiklerle birlikte çizerek kıyaslayınız.

d- Elde ettiğiniz sonuçları yorumlayınız.

**Yol gösterme:** LM324 işlemsel kuvvetlendiricisi için SPICE programı yardımıyla ve SPICE programında bulunan Boyle işlemsel kuvvetlendirici makro modelini kullanarak aşağıda belirtilen karakteristikleri çıkartınız.

### DC karakteristikler:

1- V<sub>O</sub> geriliminin V<sub>IN</sub> giriş gerilimiyle değişimi (bunun için çıkış ucunu açık devre ediniz yahut büyük değerli bir direnç ile kapatınız; faz döndüren (-) girişi referansa bağlayınız; faz döndürmeyen (+) girişine bir DC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın gerilimini uygun sınırlar içinde değiştiriniz).

2- I<sub>O</sub> akımının V<sub>IN</sub> giriş gerilimiyle değişimi (bunun için çıkış ucunu küçük değerli bir dirençle referansa bağlayınız, (1) de yapılması istenenleri bu durum için tekrarlayınız).

3- V<sub>O</sub> geriliminin ortak giriş işareti ile değişimi (bunun için çıkış ucunu açık devre ediniz yahut büyük değerli bir direnç ile kapatınız; faz döndüren (-) ve faz döndürmeyen (+) girişlere ortak bir DC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın gerilimini uygun sınırlar içinde değiştiriniz).

### **AC karakteristikler:**

4- (-) ucundan görülen  $Z_{-}$  giriş empedansının frekansla değişimi, bunun için (+) ucunu referansa, çıkış ucunu bir direnç üzerinden referansa bağlayınız, (-) girişine 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.

5- (+) ucundan görülen  $Z_{+}$  giriş empedansının frekansla değişimi, bunun için (-) ucunu referansa, çıkış ucunu bir direnç üzerinden referansa bağlayınız, (-) girişine 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.

6- Çıkış ucundan görülen  $Z_o$  empedansının frekansla değişimi, bunun için (+) ve (-) giriş uçlarını referansa kısa devre ediniz, çıkış ucuna 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz.

7-  $v_o/v_{in}$  açık çevrim gerilim kazancının frekansla değişimi, bunun için (-) ucunu referansa bağlayınız, (1) de elde ettiğiniz geçiş eğrisinden bulacağınız dengesizlik gerilimini (+) girişe uygulayarak çıkış gerilimini sıfır potansiyeline getiriniz; çıkış ucunu bir dirençle referansa bağlayınız, (+) girişine 1V'luk bir AC gerilim kaynağı bağlayarak bu kaynağın geriliminin frekansını uygun sınırlar içinde değiştiriniz, dengesizlik gerilimi bu kaynağın DC bileşeni olarak verilmelidir.

**Önemli Not:** Tüm ac benzetimlerde girişe bu dengesizlik gerilimi verilerek çıkış DC geriliminin sıfır potansiyeline gelmesi ve devrenin uygun çalışma noktasında çalıştırılması sağlanmalıdır. Benzetimlerde istenen DC şartların sağlanıp sağlanmadığını görüp devam etmekte yarar vardır.

### **Zaman Bölgesi Analizi:**

h- Birim geribeslemeli kuvvetlendiricide girişe uygun genlik ve frekansta bir karedalga uygulayarak, çıkış işaretinin pozitif ve negatif yükselme eğimlerini belirleyiniz.

**Ödevin hazırlanması:** Yukarıda belirtilen yoldan hareketle çıkartacağınız karakteristiklerden yararlanarak makro model parametrelerini belirleyiniz. Oluşturduğunuz makro model yardımıyla SPICE simülasyonu ile elde edeceğiniz karakteristikleri, Boyle makro modeli kullanarak SPICE simülasyonu ile daha önce elde etmiş olduğunuz karakteristiklerle karşılaştırarak değerlendiriniz, aradaki farkları yorumlayınız. Hedeflenen amaca ne kadar yaklaştığınızı araştırınız. Ödev bittiğinde, Boyle makro modeli Peic makro modeline çevrilmiş olacaktır.

**Yukarıda belirtilen işlemler gerçekleştirilecek, benzetimle elde edilen karakteristikleri, belirlenen model parametrelerini ve yukarıda istenen yorumları içeren ayrıntılı ve kapsamlı bir rapor hazırlanarak belirtilen süre içinde teslim edilecektir.**

### **Kaynaklar:**

1. G.R. Boyle, B.M.Cohn, D.O. Pederson, and J.E. Solomon, Macromodeling of integrated circuit operational amplifiers, IEEE Journal of Solid-State Circuits, 9, 353-363, 1974.
2. R.V. Peic: Simple and accurate nonlinear macromodel for operational amplifiers, IEEE, JSSC, 26, 896-899, 1991.
3. H. Kuntman: Elektronik Elemanların Modellenmesi, Bölüm 6, ITU Kütüphanesi, 1998.