

Yarıiletken Elemanların ve Düzenlerin Modellenmesi

(Yılsonu Projesi)

- a- Tabloda belirtilen işlemsel kuvvetlendirici için SPICE simülasyon programında kullanılmak üzere PEIC makromodeli oluşturulacaktır Bunun için size verilen işlemsel kuvvetlendiricinin temel karakteristiklerini çıkartınız; elde ettiğiniz karakteristiklerden yararlanarak PEIC makromodelini oluşturunuz. Oluşturduğunuz makromodelin başarımını SPICE benzetimiyle ve Boyle makromodeli ile karşılaştırarak gösteriniz.
- b- Oluşturduğunuz makromodelde çıkış akımının besleme kaynağı uçlarından çekilen akımlara nasıl yansıtılacağını araştırınız ve modeli buna göre düzenleyiniz. SPICE benzetimiyle önerinizi doğrulayınız.

Yol gösterme: Her öğrenci, kendisine verilen işlemsel kuvvetlendirici için SPICE programı yardımıyla ve SPICE'da bulunan Boyle işlemsel kuvvetlendirici makromodelini kullanarak aşağıda belirtilen karakteristikleri çıkartacaktır.

DC karakteristikler:

- a- V_O geriliminin V_{IN} 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).
- b- I_O akımının V_{IN} giriş gerilimiyle değişimi (bunun için çıkış ucunu küçük değerli bir dirençle referansa bağlayınız, (a) da yapılması istenenleri bu durum için tekrarlayınız).
- c- V_O 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:

- d- (-) 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).
- e- (+) 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).
- f- Çıkış ucundan görülen Z_O empedansının frekansla değişimi (bunun için 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).
- g- v_o/v_{in} açık çevrim gerilim kazançlarının frekansla değişimi. (bunun için (-) ucunu referansa bağlayınız, (a) da 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, ofset gerilimi bu kaynağın DC bileşeni olarak verilmelidir).

Önemli Not: Tüm ac benzetimlerde girişe bu dengesizlik gerilimi verilerek çıkış 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 makromodel parametrelerini belirleyiniz. Oluşturduğunuz makromodel yardımıyla SPICE simülasyonu ile elde edeceğiniz karakteristikleri, Boyle makromodeli kullanarak SPICE simülasyonu ile daha önce elde etmiş olduğunuz karakteristiklerle karşılaştırarak değerlendiriniz, aradaki farkları yorumlayınız. Hedeflenen amaca ne kadar yaklaştığınızı araştırınız. Ödev bittiğinde, Boyle makromodeli Peic makromodeline çevrilmiş olacaktır.

Her öğrenci için ayrı bir işlemsel kuvvetlendirici belirlenmiş, öğrencilerin hangi elemanla çalışacakları aşağıdaki tabloda belirtilmiştir. İlgili işlemsel kuvvetlendiricilere ilişkin SPICE makromodelleri de aşağıda verilmiştir

Her öğrenci kendi başına çalışarak yukarıda belirtilen işlemleri yapacak, simülasyonla elde ettiği karakteristikleri, belirlediği model parametrelerini, yukarıda istenen yorumları içeren ayrıntılı ve kapsamlı bir rapor hazırlayarak, 24 Ocak 2006 Salı günü akşamına kadar teslim edecektir.

Tablo: İşlemsel kuvvetlendirici listesi

No	Öğrenci	İşlemsel Kuvvetlendirici
504041209	Gülin Atabey	LF347
504041230	Şuayb Yener	LF351
504041233	Fethi Gür	LM307
506041404	Batu Orbay	LM318
@00001206	Burhan Baraklı	LM324

Kaynaklar:

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.

R.V. Peic: Simple and accurate nonlinear macromodel for operational amplifiers, IEEE, JSSC, 26, 896-899, 1991

H. Kuntman: Elektronik Elemanların Modellenmesi, Bölüm 6, İTÜ Kütüphanesi, 1998.

Yararlanılabilecek Boyle makromodelleri:

```
* LF347 operational amplifier "macromodel" subcircuit
* created using Parts release 4.01 on 07/05/89 at 13:19
* (REV N/A)
* connections:  non-inverting input
*               | inverting input
*               || positive power supply
*               ||| negative power supply
*               |||| output
*               |||||
.subckt LF347  1 2 3 4 5
*
c1  11 12 3.498E-12
c2  6 7 15.00E-12
dc  5 53 dx
de  54 5 dx
dlp 90 91 dx
dln 92 90 dx
dp  4 3 dx
egnd 99 0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
fb  7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 14.15E6 -10E6 10E6 10E6 -10E6
ga  6 0 11 12 282.8E-6
gcm 0 6 10 99 1.590E-9
iss 3 10 dc 195.0E-6
hlim 90 0 vlim 1K
j1  11 2 10 jx
j2  12 1 10 jx
r2  6 9 100.0E3
rd1 4 11 3.536E3
rd2 4 12 3.536E3
ro1 8 5 50
ro2 7 99 25
rp  3 4 15.00E3
rss 10 99 1.026E6
vb  9 0 dc 0
vc  3 53 dc 2.200
ve  54 4 dc 2.200
vlim 7 8 dc 0
vlp 91 0 dc 25
vln 0 92 dc 25
.model dx D(Is=800.0E-18)
.model jx PJF(Is=25.00E-12 Beta=235.1E-6 Vto=-1)
.ends
```

```

_* LF351 operational amplifier "macromodel" subcircuit
_* created using Parts release 4.01 on 07/05/89 at 08:19
_* (REV N/A)
_* connections:  non-inverting input
_*              | inverting input
_*              || positive power supply
_*              ||| negative power supply
_*              |||| output
_*              |||||
.subckt LF351  1 2 3 4 5
_*
c1  11 12 3.498E-12
c2   6  7 15.00E-12
dc   5 53 dx
de  54  5 dx
dlp 90 91 dx
dln 92 90 dx
dp   4  3 dx
egnd 99  0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
fb   7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 28.29E6 -30E6 30E6 30E6 -30E6
ga   6  0 11 12 282.8E-6
gcm  0  6 10 99 1.590E-9
iss  3 10 dc 195.0E-6
hlim 90  0 vlim 1K
j1   11  2 10 jx
j2   12  1 10 jx
r2   6  9 100.0E3
rd1  4 11 3.536E3
rd2  4 12 3.536E3
ro1  8  5 50
ro2  7 99 25
rp   3  4 15.00E3
rss 10 99 1.026E6
vb   9  0 dc 0
vc   3 53 dc 2.200
ve  54  4 dc 2.200
vlim 7  8 dc 0
vlp 91  0 dc 30
vln  0 92 dc 30
.model dx D(Is=800.0E-18)
.model jx PJF(Is=12.50E-12 Beta=250.1E-6 Vto=-1)
.ends

```

```

* LM307 operational amplifier "macromodel" subcircuit
* created using Parts release 4.01 on 09/01/89 at 10:21
* (REV N/A)
* connections:  non-inverting input
*               | inverting input
*               || positive power supply
*               ||| negative power supply
*               |||| output
*               |||||
.subckt LM307  1 2 3 4 5
*
c1  11 12 8.887E-12
c2  6 7 30.00E-12
dc  5 53 dx
de  54 5 dx
dlp 90 91 dx
dln 92 90 dx
dp  4 3 dx
egnd 99 0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
fb  7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 42.44E6 -40E6 40E6 40E6 -40E6
ga  6 0 11 12 188.5E-6
gcm 0 6 10 99 3.352E-9
iee 10 4 dc 15.14E-6
hlim 90 0 vlim 1K
q1  11 2 13 qx
q2  12 1 14 qx
r2  6 9 100.0E3
rc1 3 11 5.305E3
rc2 3 12 5.305E3
re1 13 10 1.839E3
re2 14 10 1.839E3
ree 10 99 13.21E6
ro1 8 5 50
ro2 7 99 25
rp  3 4 16.81E3
vb  9 0 dc 0
vc  3 53 dc 2.600
ve  54 4 dc 2.600
vlim 7 8 dc 0
vlp 91 0 dc 25
vln 0 92 dc 25
.model dx D(Is=800.0E-18)
.model qx NPN(Is=800.0E-18 Bf=107.1)
.ends

```

```

* LM318 operational amplifier "macromodel" subcircuit
* created using Parts release 4.01 on 09/08/89 at 08:27
* (REV N/A)
* connections:  non-inverting input
*               | inverting input
*               || positive power supply
*               ||| negative power supply
*               |||| output
*               |||||
.subckt LM318  1 2 3 4 5
*
c1  11 12 8.50E-12
c2   6  7 25.00E-12
dc   5 53 dx
de  54  5 dx
dlp 90 91 dx
dln 92 90 dx
dp   4  3 dx
egnd 99  0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
fb   7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 1.697E6 -2E6 2E6 2E6 -2E6
ga   6  0 11 12 2.474E-3
gcm  0  6 10 99 13.25E-9
iee  10  4 dc 1.750E-3
hlim 90  0 vlim 1K
q1   11  2 13 qx
q2   12  1 14 qx
r2   6  9 100.0E3
rc1  3 11 424.4
rc2  3 12 424.4
re1  13 10 394.7
re2  14 10 394.7
ree  10 99 114.3E3
ro1  8  5 50
ro2  7 99 50
rp   3  4 9.231E3
vb   9  0 dc 0
vc   3 53 dc 2.700
ve  54  4 dc 2.700
vlim 7  8 dc 0
vlp  91  0 dc 21
vln  0 92 dc 21
.model dx D(Is=800.0E-18)
.model qx NPN(Is=800.0E-18 Bf=5.833E3)
.ends

```

```

* LM324 operational amplifier "macromodel" subcircuit
* created using Parts release 4.01 on 09/08/89 at 10:54
* (REV N/A)
* connections:  non-inverting input
*               | inverting input
*               || positive power supply
*               ||| negative power supply
*               |||| output
*               |||||
.subckt LM324  1 2 3 4 5
*
c1  11 12 5.544E-12
c2  6 7 20.00E-12
dc  5 53 dx
de  54 5 dx
dlp 90 91 dx
dln 92 90 dx
dp  4 3 dx
egnd 99 0 poly(2) (3,0) (4,0) 0 .5 .5
fb  7 99 poly(5) vb vc ve vlp vln 0 15.91E6 -20E6 20E6 20E6 -20E6
ga  6 0 11 12 125.7E-6
gcm 0 6 10 99 7.067E-9
iee 3 10 dc 10.04E-6
hlim 90 0 vlim 1K
q1  11 2 13 qx
q2  12 1 14 qx
r2  6 9 100.0E3
rc1 4 11 7.957E3
rc2 4 12 7.957E3
re1 13 10 2.773E3
re2 14 10 2.773E3
ree 10 99 19.92E6
ro1 8 5 50
ro2 7 99 50
rp  3 4 30.31E3
vb  9 0 dc 0
vc  3 53 dc 2.100
ve  54 4 dc .6
vlim 7 8 dc 0
vlp 91 0 dc 40
vln 0 92 dc 40
.model dx D(Is=800.0E-18)
.model qx PNP(Is=800.0E-18 Bf=250)
.ends

```