

# Yarıiletken Elemanların ve Düzenlerin Modellenmesi

## Ödev 1

Veriliş tarihi: 08.10.2015, (süre 2 hafta)

a- EM3 modelindeki  $\theta$  parametresi ile SPICE GP modelindeki  $I_{KF}$  dirsek akımı arasındaki ilişkiyi araştırınız. Bağınıtları karşılaştırarak ve çalışma şartlarını da dikkate alarak ileri yönde çalışma için  $I_{KF}$  dirsek akımını  $\theta$  parametresine bağlayan bağıntıyı yazınız.

b- Bir npn transistor için ölçüm sonucu elde edilmiş olan karakteristikler ve ölçüm verileri ekli veriler dosyasında Şekil-1, Şekil-2 ve Tablo 1'de verilmiştir. Şekil-1'de  $I_C = I_C(V_{BE})$  ve  $I_B = I_B(V_{BE})$  değişimleri, Şekil-2'de  $\beta_F = \beta_F(I_C)$  değişimi görülmektedir. Şekil-1'deki değişimlere ilişkin veriler de Tablo 1'de yer almaktadır. Bu karakteristikleri ve ölçüm verilerini kullanarak söz konusu npn transistor için  $I_S$  doyma akımını,  $\beta_F$  akım kazancının akıma bağımlılığını modelleyen  $\beta_{FM}(0)$ ,  $I_{SE}$ ,  $n_{EL}$  ve  $I_{KF}$  model parametrelerini belirleyiniz.

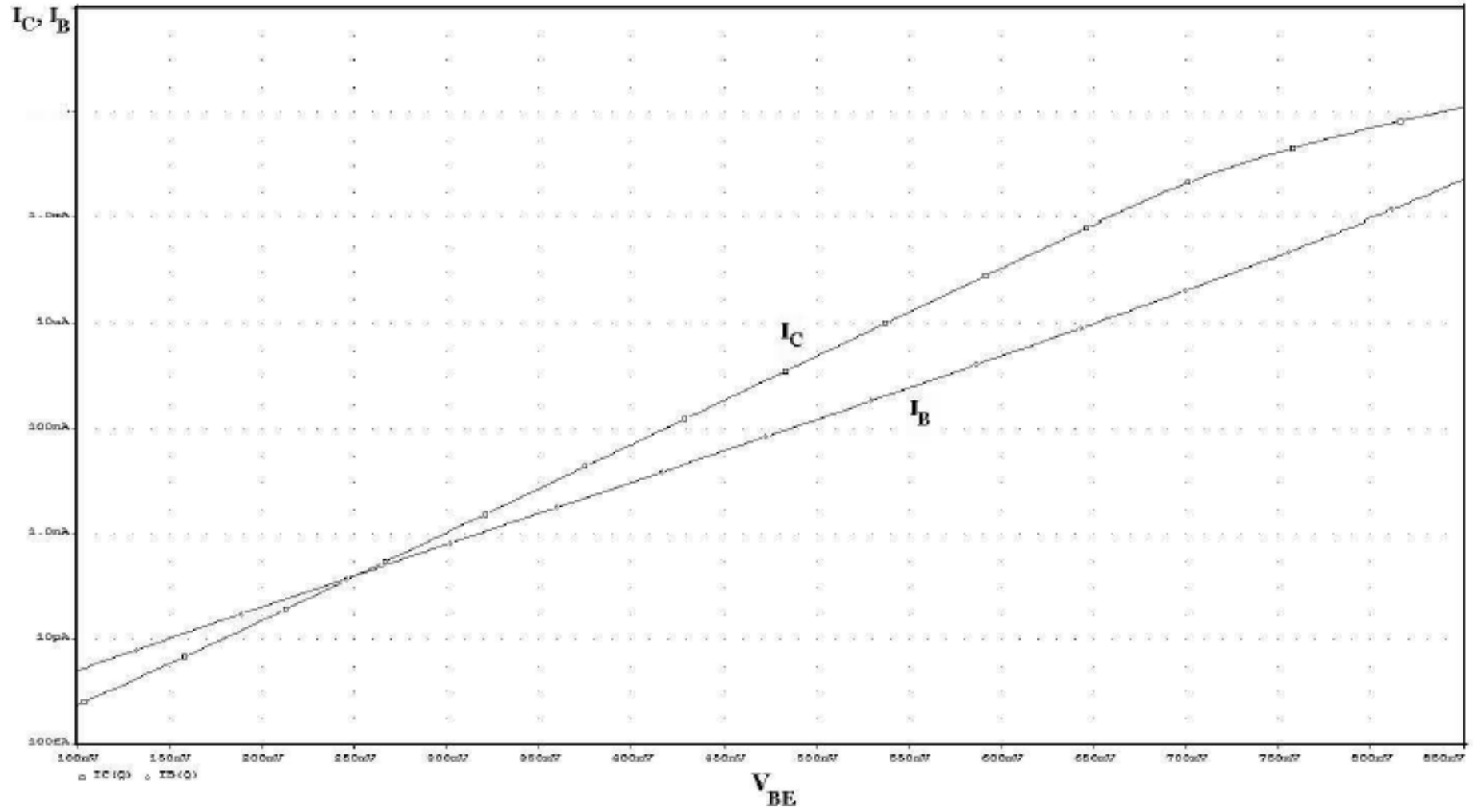
c- Elde ettiğiniz model parametrelerini kullanarak SPICE benzetim programı yardımıyla aynı değişimleri benzetim yoluyla çıkartınız. Benzetimle elde ettiğiniz değişimleri verilen ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırarak aradaki farkları yorumlayınız.

**Yol gösterme:**  $\beta_{FM}(0)$ ,  $I_{SE}$ ,  $n_{EL}$  ve  $I_{KF}$  parametreleri için  $\beta_F = \beta_F(I_C)$  değişimi yardımıyla  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  katsayılarını belirleyiniz, bunlardan yararlanarak  $\beta_{FM}(0)$ ,  $I_{SE}$ ,  $n_{EL}$  ve  $\theta$  parametrelerini hesaplayınız.  $\theta$  parametresini bir ara büyüklük olarak kullanarak ve (a) da yazdığınız bağıntıdan yararlanarak  $I_{KF}$  parametresini bulunuz.

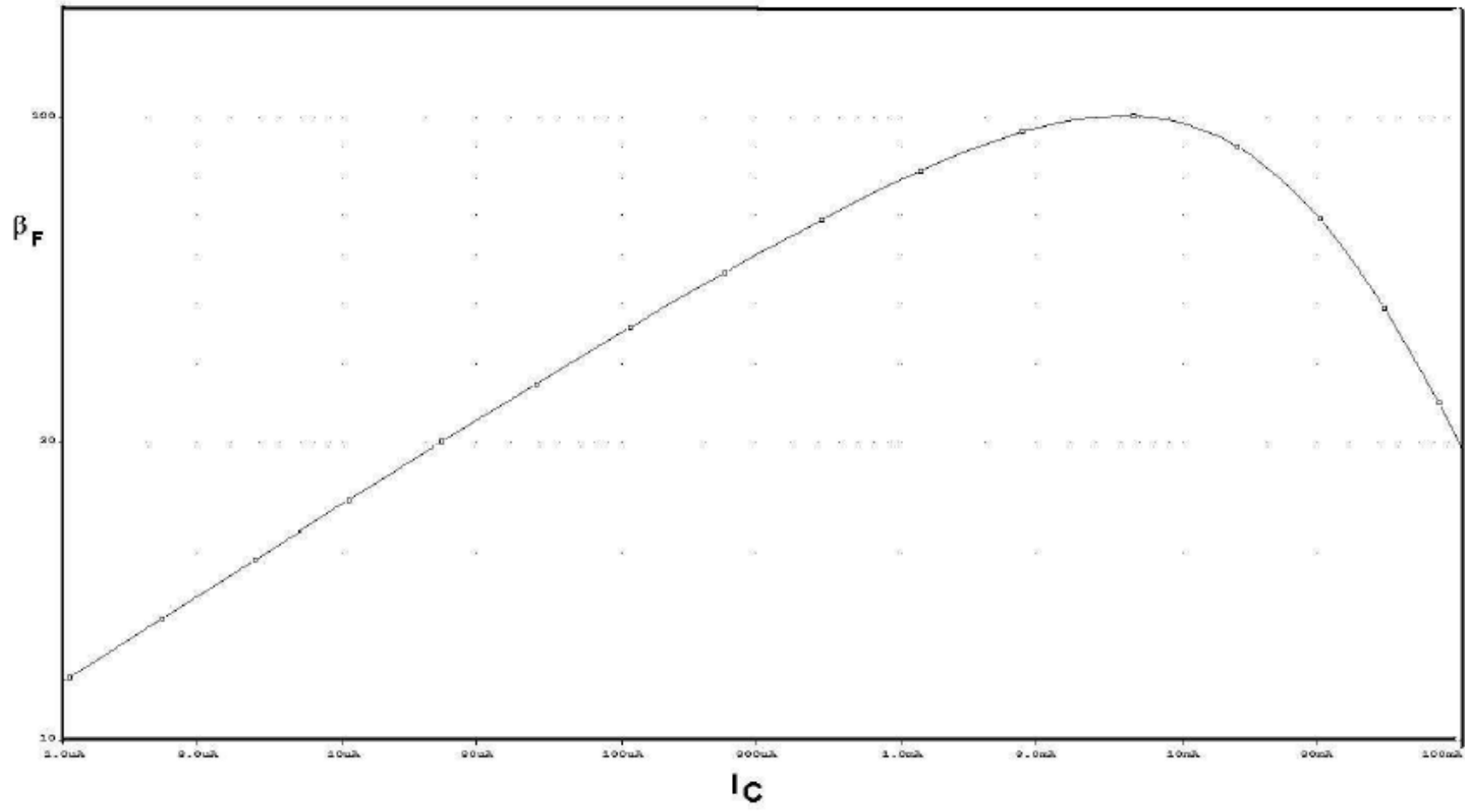
Tablo-1.  $V_{BE}$ ,  $I_C$  ve  $I_B$  deęerleri

$V_{BE}$	$I_C(A)$	$I_B(A)$	$V_{BE}$	$I_C(A)$	$I_B(A)$
1.000E-01	5.557E-13	2.489E-12	3.500E-01	7.341E-09	2.465E-09
1.050E-01	6.600E-13	2.878E-12	3.550E-01	8.906E-09	2.827E-09
1.100E-01	7.854E-13	3.325E-12	3.600E-01	1.081E-08	3.241E-09
1.150E-01	9.365E-13	3.837E-12	3.650E-01	1.311E-08	3.717E-09
1.200E-01	1.119E-12	4.424E-12	3.700E-01	1.591E-08	4.262E-09
1.250E-01	1.339E-12	5.096E-12	3.750E-01	1.930E-08	4.887E-09
1.300E-01	1.605E-12	5.867E-12	3.800E-01	2.341E-08	5.604E-09
1.350E-01	1.926E-12	6.751E-12	3.850E-01	2.841E-08	6.427E-09
1.400E-01	2.316E-12	7.764E-12	3.900E-01	3.446E-08	7.370E-09
1.450E-01	2.787E-12	8.925E-12	3.950E-01	4.181E-08	8.452E-09
1.500E-01	3.357E-12	1.026E-11	4.000E-01	5.073E-08	9.694E-09
1.550E-01	4.048E-12	1.178E-11	4.050E-01	6.155E-08	1.112E-08
1.600E-01	4.886E-12	1.353E-11	4.100E-01	7.468E-08	1.275E-08
1.650E-01	5.901E-12	1.554E-11	4.150E-01	9.060E-08	1.462E-08
1.700E-01	7.131E-12	1.784E-11	4.200E-01	1.099E-07	1.677E-08
1.750E-01	8.622E-12	2.047E-11	4.250E-01	1.334E-07	1.924E-08
1.800E-01	1.043E-11	2.349E-11	4.300E-01	1.618E-07	2.207E-08
1.850E-01	1.262E-11	2.696E-11	4.350E-01	1.963E-07	2.532E-08
1.900E-01	1.528E-11	3.092E-11	4.400E-01	2.382E-07	2.904E-08
1.950E-01	1.851E-11	3.548E-11	4.450E-01	2.890E-07	3.332E-08
2.000E-01	2.242E-11	4.069E-11	4.500E-01	3.506E-07	3.822E-08
2.050E-01	2.717E-11	4.667E-11	4.550E-01	4.254E-07	4.386E-08
2.100E-01	3.293E-11	5.353E-11	4.600E-01	5.161E-07	5.032E-08
2.150E-01	3.991E-11	6.139E-11	4.650E-01	6.262E-07	5.774E-08
2.200E-01	4.839E-11	7.040E-11	4.700E-01	7.597E-07	6.626E-08
2.250E-01	5.867E-11	8.073E-11	4.750E-01	9.217E-07	7.603E-08
2.300E-01	7.114E-11	9.257E-11	4.800E-01	1.118E-06	8.726E-08
2.350E-01	8.627E-11	1.061E-10	4.850E-01	1.357E-06	1.002E-07
2.400E-01	1.046E-10	1.217E-10	4.900E-01	1.646E-06	1.150E-07
2.450E-01	1.269E-10	1.395E-10	4.950E-01	1.997E-06	1.320E-07
2.500E-01	1.539E-10	1.600E-10	5.000E-01	2.423E-06	1.515E-07
2.550E-01	1.867E-10	1.834E-10	5.050E-01	2.940E-06	1.739E-07
2.600E-01	2.264E-10	2.103E-10	5.100E-01	3.566E-06	1.997E-07
2.650E-01	2.747E-10	2.411E-10	5.150E-01	4.327E-06	2.293E-07
2.700E-01	3.332E-10	2.765E-10	5.200E-01	5.249E-06	2.634E-07
2.750E-01	4.042E-10	3.170E-10	5.250E-01	6.369E-06	3.025E-07
2.800E-01	4.904E-10	3.634E-10	5.300E-01	7.726E-06	3.475E-07
2.850E-01	5.949E-10	4.167E-10	5.350E-01	9.373E-06	3.992E-07
2.900E-01	7.218E-10	4.777E-10	5.400E-01	1.137E-05	4.586E-07
2.950E-01	8.756E-10	5.477E-10	5.450E-01	1.379E-05	5.270E-07
3.000E-01	1.062E-09	6.279E-10	5.500E-01	1.673E-05	6.057E-07
3.050E-01	1.289E-09	7.199E-10	5.550E-01	2.030E-05	6.962E-07
3.100E-01	1.564E-09	8.254E-10	5.600E-01	2.462E-05	8.003E-07
3.150E-01	1.897E-09	9.464E-10	5.650E-01	2.986E-05	9.202E-07
3.200E-01	2.302E-09	1.085E-09	5.700E-01	3.622E-05	1.058E-06
3.250E-01	2.792E-09	1.244E-09	5.750E-01	4.392E-05	1.217E-06
3.300E-01	3.388E-09	1.426E-09	5.800E-01	5.326E-05	1.400E-06
3.350E-01	4.110E-09	1.635E-09	5.850E-01	6.458E-05	1.611E-06
3.400E-01	4.987E-09	1.875E-09	5.900E-01	7.830E-05	1.854E-06
3.450E-01	6.050E-09	2.150E-09	5.950E-01	9.491E-05	2.134E-06

VBE	IC(A)	IB(A)
6.000E-01	1.150E-04	2.457E-06
6.050E-01	1.394E-04	2.830E-06
6.100E-01	1.688E-04	3.260E-06
6.150E-01	2.044E-04	3.756E-06
6.200E-01	2.474E-04	4.329E-06
6.250E-01	2.993E-04	4.991E-06
6.300E-01	3.619E-04	5.755E-06
6.350E-01	4.373E-04	6.639E-06
6.400E-01	5.279E-04	7.661E-06
6.450E-01	6.367E-04	8.843E-06
6.500E-01	7.671E-04	1.021E-05
6.550E-01	9.228E-04	1.180E-05
6.600E-01	1.108E-03	1.363E-05
6.650E-01	1.329E-03	1.576E-05
6.700E-01	1.590E-03	1.823E-05
6.750E-01	1.898E-03	2.109E-05
6.800E-01	2.260E-03	2.442E-05
6.850E-01	2.682E-03	2.828E-05
6.900E-01	3.174E-03	3.277E-05
6.950E-01	3.742E-03	3.799E-05
7.000E-01	4.395E-03	4.406E-05
7.050E-01	5.142E-03	5.113E-05
7.100E-01	5.990E-03	5.938E-05
7.150E-01	6.949E-03	6.899E-05
7.200E-01	8.028E-03	8.020E-05
7.250E-01	9.234E-03	9.329E-05
7.300E-01	1.058E-02	1.086E-04
7.350E-01	1.206E-02	1.265E-04
7.400E-01	1.371E-02	1.474E-04
7.450E-01	1.551E-02	1.719E-04
7.500E-01	1.749E-02	2.007E-04
7.550E-01	1.966E-02	2.343E-04
7.600E-01	2.203E-02	2.739E-04
7.650E-01	2.461E-02	3.204E-04
7.700E-01	2.743E-02	3.750E-04
7.750E-01	3.048E-02	4.392E-04
7.800E-01	3.381E-02	5.149E-04
7.850E-01	3.741E-02	6.041E-04
7.900E-01	4.133E-02	7.092E-04
7.950E-01	4.558E-02	8.334E-04
8.000E-01	5.019E-02	9.800E-04
8.050E-01	5.519E-02	1.153E-03
8.100E-01	6.061E-02	1.359E-03
8.150E-01	6.649E-02	1.601E-03
8.200E-01	7.288E-02	1.889E-03
8.250E-01	7.980E-02	2.231E-03
8.300E-01	8.731E-02	2.636E-03
8.350E-01	9.546E-02	3.117E-03
8.400E-01	1.043E-01	3.689E-03
8.450E-01	1.139E-01	4.370E-03
8.500E-01	1.243E-01	5.180E-03



Şekil-1.  $I_C = I_C(V_{BE})$  ve  $I_B = I_B(V_{BE})$  değişimleri



Şekil-2.  $\beta_F = \beta_F(I_C)$  değişimi,  $V_{BC} = 0$  alınmıştır.