

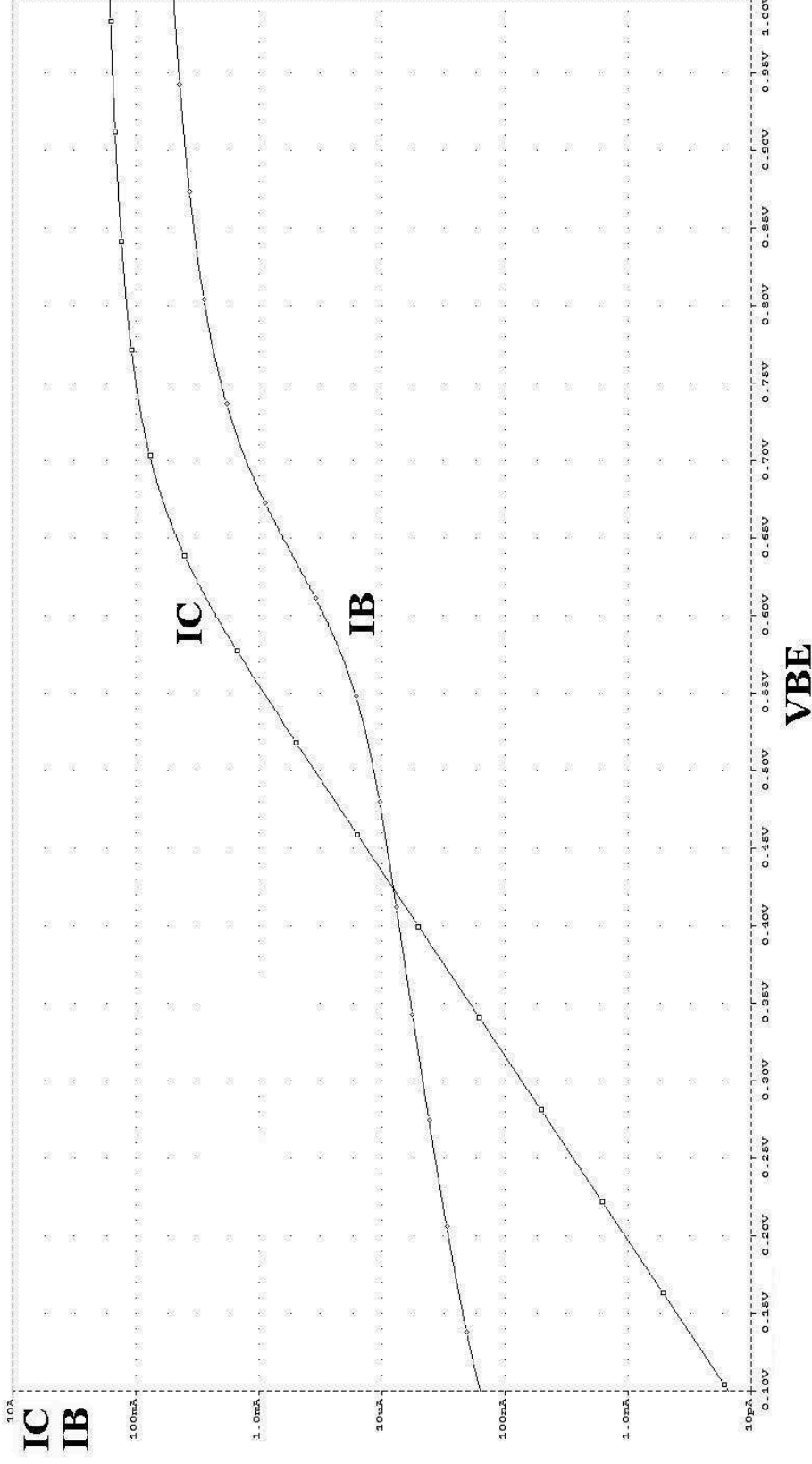
Yarıiletken Elemanların ve Düzenlerin Modellenmesi

Ödev 1

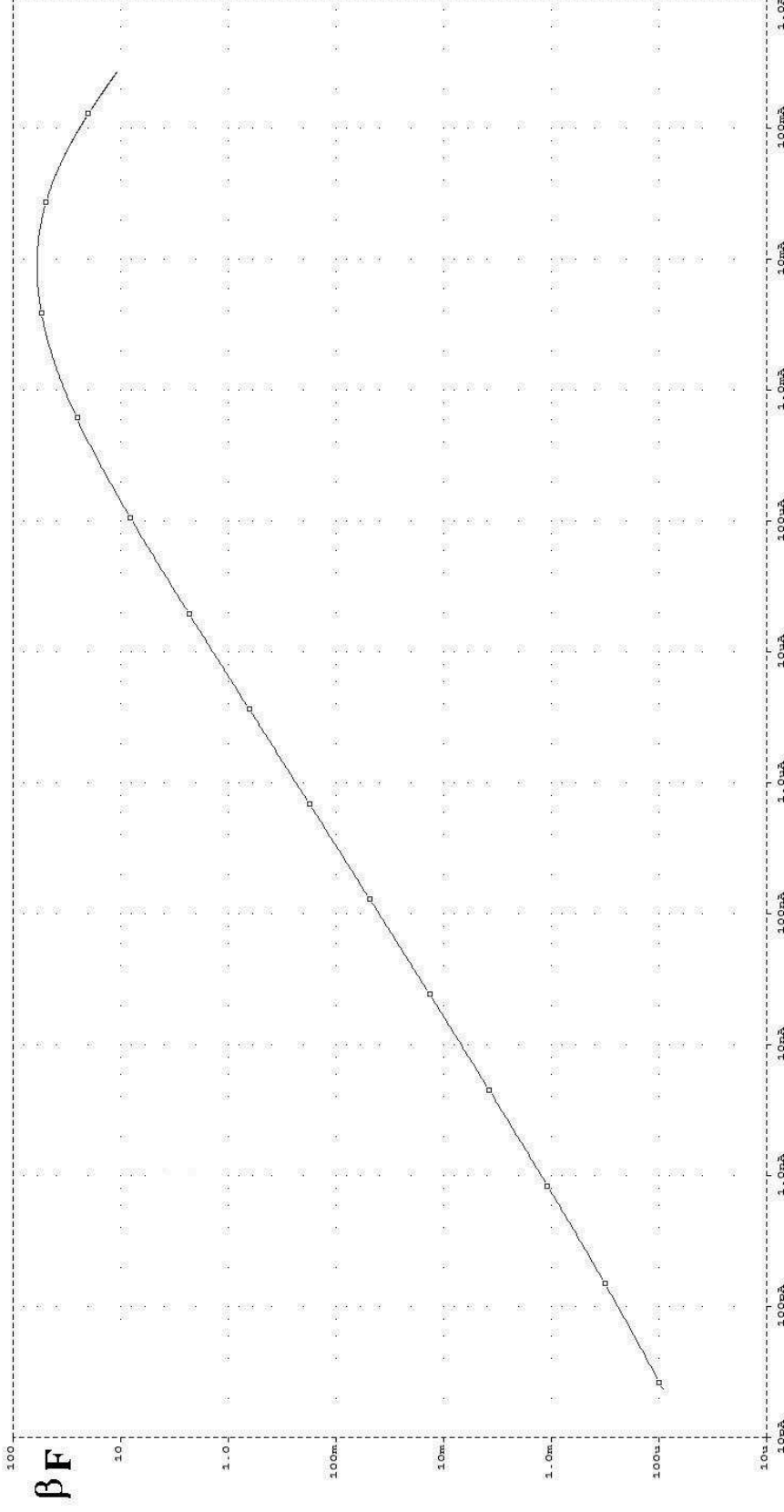
Veriliş tarihi: 06.10.2010, (süre 2 hafta)

Bir npn transistor için ölçüm sonucu elde edilmiş olan karakteristikler ve ölçüm verileri 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 tranzistor için I_S doyma akımını, β_F akım kazancının akıma bağımlılığını modelleyen $\beta_{FM}(0)$, I_{SE} , n_{EL} ve (θ) I_{KF} model parametrelerini belirleyiniz. 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 θ parametrelerini hesaplayınız. EM3 bağıntılarını ve GP modeli bağıntılarını karşı düşürerek I_{KF} parametresini θ parametresine bağlayan bağıntıyı yazınız. θ parametresini bir ara büyüklük olarak kullanarak I_{KF} parametresini bulunuz.



Şekil-1. $I_C = I_C(V_{BE})$ ve $I_B = I_B(V_{BE})$ değişimleri. $V_{BC} = 0$ alınmıştır. Düşey eksen logaritmik olarak ölçeklenmiştir.



IC

Şekil-2. $\beta_F = \beta_F(I_C)$ değişimi. $V_{BC} = 0$ alınmıştır. Yatay eksen logaritmik olarak ölçeklenmiştir.

Tablo-1. Ölçüm verileri

$V_{BE}(V)$	$I_C(A)$	$I_B(A)$	$V_{BE}(V)$	$I_C(A)$	$I_B(A)$
1.000E-01	2.343E-11	2.538E-07	3.900E-01	1.760E-06	4.845E-06
1.050E-01	2.852E-11	2.729E-07	3.950E-01	2.136E-06	5.062E-06
1.100E-01	3.468E-11	2.928E-07	4.000E-01	2.591E-06	5.289E-06
1.150E-01	4.217E-11	3.136E-07	4.050E-01	3.143E-06	5.527E-06
1.200E-01	5.125E-11	3.352E-07	4.100E-01	3.813E-06	5.775E-06
1.250E-01	6.226E-11	3.578E-07	4.150E-01	4.626E-06	6.036E-06
1.300E-01	7.562E-11	3.813E-07	4.200E-01	5.611E-06	6.308E-06
1.350E-01	9.182E-11	4.058E-07	4.250E-01	6.807E-06	6.595E-06
1.400E-01	1.115E-10	4.314E-07	4.300E-01	8.258E-06	6.895E-06
1.450E-01	1.353E-10	4.580E-07	4.350E-01	1.002E-05	7.211E-06
1.500E-01	1.643E-10	4.858E-07	4.400E-01	1.215E-05	7.543E-06
1.550E-01	1.994E-10	5.147E-07	4.450E-01	1.474E-05	7.893E-06
1.600E-01	2.420E-10	5.449E-07	4.500E-01	1.788E-05	8.263E-06
1.650E-01	2.937E-10	5.764E-07	4.550E-01	2.169E-05	8.653E-06
1.700E-01	3.564E-10	6.092E-07	4.600E-01	2.630E-05	9.067E-06
1.750E-01	4.324E-10	6.434E-07	4.650E-01	3.190E-05	9.507E-06
1.800E-01	5.247E-10	6.790E-07	4.700E-01	3.870E-05	9.975E-06
1.850E-01	6.367E-10	7.162E-07	4.750E-01	4.692E-05	1.047E-05
1.900E-01	7.725E-10	7.550E-07	4.800E-01	5.690E-05	1.101E-05
1.950E-01	9.374E-10	7.954E-07	4.850E-01	6.899E-05	1.159E-05
2.000E-01	1.137E-09	8.375E-07	4.900E-01	8.365E-05	1.221E-05
2.050E-01	1.380E-09	8.814E-07	4.950E-01	1.014E-04	1.288E-05
2.100E-01	1.674E-09	9.271E-07	5.000E-01	1.229E-04	1.361E-05
2.150E-01	2.031E-09	9.748E-07	5.050E-01	1.490E-04	1.442E-05
2.200E-01	2.464E-09	1.025E-06	5.100E-01	1.805E-04	1.530E-05
2.250E-01	2.990E-09	1.076E-06	5.150E-01	2.187E-04	1.628E-05
2.300E-01	3.628E-09	1.130E-06	5.200E-01	2.649E-04	1.736E-05
2.350E-01	4.401E-09	1.187E-06	5.250E-01	3.207E-04	1.857E-05
2.400E-01	5.340E-09	1.246E-06	5.300E-01	3.881E-04	1.994E-05
2.450E-01	6.478E-09	1.307E-06	5.350E-01	4.695E-04	2.148E-05
2.500E-01	7.860E-09	1.371E-06	5.400E-01	5.676E-04	2.323E-05
2.550E-01	9.537E-09	1.437E-06	5.450E-01	6.858E-04	2.523E-05
2.600E-01	1.157E-08	1.507E-06	5.500E-01	8.279E-04	2.753E-05
2.650E-01	1.404E-08	1.579E-06	5.550E-01	9.986E-04	3.018E-05
2.700E-01	1.703E-08	1.655E-06	5.600E-01	1.203E-03	3.326E-05
2.750E-01	2.066E-08	1.733E-06	5.650E-01	1.448E-03	3.685E-05
2.800E-01	2.507E-08	1.815E-06	5.700E-01	1.739E-03	4.104E-05
2.850E-01	3.041E-08	1.901E-06	5.750E-01	2.086E-03	4.595E-05
2.900E-01	3.690E-08	1.990E-06	5.800E-01	2.496E-03	5.173E-05
2.950E-01	4.477E-08	2.083E-06	5.850E-01	2.981E-03	5.855E-05
3.000E-01	5.431E-08	2.180E-06	5.900E-01	3.551E-03	6.661E-05
3.050E-01	6.589E-08	2.281E-06	5.950E-01	4.217E-03	7.614E-05
3.100E-01	7.994E-08	2.386E-06	6.000E-01	4.993E-03	8.744E-05
3.150E-01	9.699E-08	2.496E-06	6.050E-01	5.891E-03	1.008E-04
3.200E-01	1.177E-07	2.610E-06	6.100E-01	6.924E-03	1.167E-04
3.250E-01	1.427E-07	2.730E-06	6.150E-01	8.105E-03	1.355E-04
3.300E-01	1.732E-07	2.854E-06	6.200E-01	9.447E-03	1.578E-04
3.350E-01	2.101E-07	2.984E-06	6.250E-01	1.096E-02	1.842E-04
3.400E-01	2.549E-07	3.120E-06	6.300E-01	1.266E-02	2.153E-04
3.450E-01	3.092E-07	3.261E-06	6.350E-01	1.456E-02	2.518E-04
3.500E-01	3.752E-07	3.408E-06	6.400E-01	1.665E-02	2.947E-04
3.550E-01	4.552E-07	3.562E-06	6.450E-01	1.895E-02	3.448E-04
3.600E-01	5.522E-07	3.723E-06	6.500E-01	2.146E-02	4.029E-04
3.650E-01	6.699E-07	3.890E-06	6.550E-01	2.418E-02	4.702E-04
3.700E-01	8.127E-07	4.065E-06	6.600E-01	2.711E-02	5.475E-04
3.750E-01	9.860E-07	4.247E-06	6.650E-01	3.024E-02	6.358E-04
3.800E-01	1.196E-06	4.438E-06	6.700E-01	3.356E-02	7.358E-04
3.850E-01	1.451E-06	4.637E-06	6.750E-01	3.705E-02	8.485E-04
			6.800E-01	4.072E-02	9.744E-04
			6.850E-01	4.453E-02	1.114E-03

$V_{BE}(V)$	$I_C(A)$	$I_B(A)$
6.900E-01	4.847E-02	1.268E-03
6.950E-01	5.253E-02	1.435E-03
7.000E-01	5.668E-02	1.617E-03
7.050E-01	6.090E-02	1.813E-03
7.100E-01	6.519E-02	2.023E-03
7.150E-01	6.951E-02	2.246E-03
7.200E-01	7.387E-02	2.482E-03
7.250E-01	7.823E-02	2.731E-03
7.300E-01	8.261E-02	2.991E-03
7.350E-01	8.697E-02	3.262E-03
7.400E-01	9.133E-02	3.544E-03
7.450E-01	9.566E-02	3.836E-03
7.500E-01	9.996E-02	4.138E-03
7.550E-01	1.042E-01	4.448E-03
7.600E-01	1.085E-01	4.767E-03
7.650E-01	1.127E-01	5.094E-03
7.700E-01	1.168E-01	5.428E-03
7.750E-01	1.209E-01	5.768E-03
7.800E-01	1.250E-01	6.116E-03
7.850E-01	1.290E-01	6.469E-03
7.900E-01	1.330E-01	6.828E-03
7.950E-01	1.369E-01	7.192E-03
8.000E-01	1.408E-01	7.562E-03
8.050E-01	1.447E-01	7.936E-03
8.100E-01	1.484E-01	8.314E-03
8.150E-01	1.522E-01	8.697E-03
8.200E-01	1.559E-01	9.084E-03
8.250E-01	1.596E-01	9.474E-03
8.300E-01	1.632E-01	9.868E-03
8.350E-01	1.668E-01	1.027E-02
8.400E-01	1.703E-01	1.067E-02
8.450E-01	1.738E-01	1.107E-02
8.500E-01	1.773E-01	1.148E-02
8.550E-01	1.807E-01	1.188E-02
8.600E-01	1.842E-01	1.231E-02
8.650E-01	1.874E-01	1.271E-02
8.700E-01	1.907E-01	1.312E-02
8.750E-01	1.941E-01	1.355E-02
8.800E-01	1.973E-01	1.396E-02
8.850E-01	2.005E-01	1.439E-02
8.900E-01	2.038E-01	1.483E-02
8.950E-01	2.068E-01	1.524E-02
9.000E-01	2.099E-01	1.566E-02