

**BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**Mühendislik Fakültesi - Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü**  
**EEM 312 – Sayısal Elektronik**  
**Yazılım Laboratuvarı**

**Deney No:** Y4

**Deney Adı:** NMOS ve PMOS elemanlarının karakteristiklerinin incelenmesi

**Amaç:**

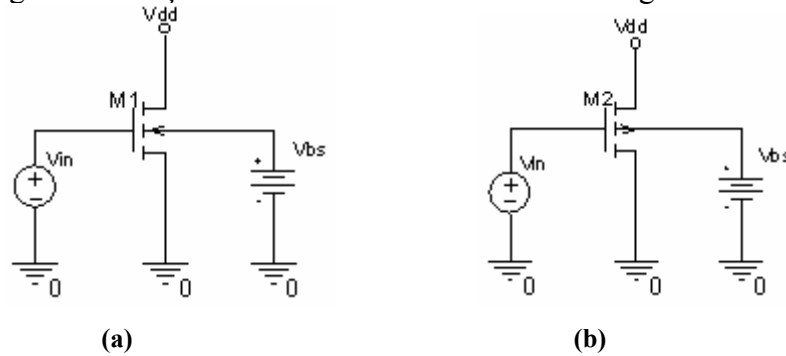
- NMOS ve PMOS karakteristik eğrilerinin elde edilmesi
- NMOS ve PMOS devre elemanlarının statik etkilerinin benzetim sonuçları ile gözlemlenmesi

**Ön Çalışma:**

1. Aşağıda verilen terimleri ve soruları detaylı olarak açıklayın ve tanımlayın.
  - a. Doyma akımı (Saturation current)
  - b. Kanal boyu modülasyonu (Channel length modulation)
  - c. Hız doyumu (velocity saturation)
  - d. Kısa kanallı devre elemanı (short channel device)
  - e. Sıcak-taşıyıcı etkisi (hot carrier effect)
  - f. Metal göçü (metal migration)
  - g. CMOS mandallama (CMOS latchup) tanımlamalarını yapın.

**Laboratuvar Çalışması:**

1. Şekil-1’de direnç yüklü NMOS ve PMOS devreleri verilmiştir. Şekilde verilen devrelerin aşağıda verilen Level 2 PMOS ve NMOS modellerini kullanarak Spice ağ listesini oluşturun. Şekilde verilen Vsamp kaynağı MOSFET üzerinden akan akımı ölçebilmek için konulmuştur. MOSFET bacak tanımlamaları ve örnek bağlantı biçimleri aşağıda verilmiştir. Tanımlamalarda bu örnekteki değerleri kullanın.



**Şekil 1 – (a) Direnç yüklü NMOS ve (b) PMOS**

**Tablo 1 – 1u İşlem Teknolojisi Level 3 Mosfet Model Tanımlamaları**

```
.MODEL NMOS NMOS LEVEL = 3
+ TOX = 200E-10 NSUB = 1E17 GAMMA = 0.5
+ PHI = 0.7 VTO = 0.8 DELTA = 3.0
+ UO = 650 ETA = 3.0E-6 THETA = 0.1
+ KP = 120E-6 VMAX = 1E5 KAPPA = 0.3
+ RSH = 0 NFS = 1E12 TPG = 1
+ XJ = 500E-9 LD = 100E-9
+ CGDO = 200E-12 CGSO = 200E-12 CGBO = 1E-10
+ CJ = 400E-6 PB = 1 MJ = 0.5
+ CJSW = 300E-12 MJSW = 0.5

.MODEL PMOS PMOS LEVEL = 3
+ TOX = 200E-10 NSUB = 1E17 GAMMA = 0.6
```

```

+ PHI = 0.7 VTO = -0.9 DELTA = 0.1
+ UO = 250 ETA = 0 THETA = 0.1
+ KP = 40E-6 VMAX = 5E4 KAPPA = 1
+ RSH = 0 NFS = 1E12 TPG = -1
+ XJ = 500E-9 LD = 100E-9
+ CGDO = 200E-12 CGSO = 200E-12 CGBO = 1E-10
+ CJ = 400E-6 PB = 1 MJ = 0.5
+ CJSW = 300E-12 MJSW = 0.5

```

**Tablo 2 – Örnek Tanımlamalar**

```

* Örnek eş büyüklükteki MOSFET tanımlamaları
M1 D G S B MOSN W=1.8u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u

M2 D G S B MOSP W=1.8u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u

* DIKKAT ! : Nmos ile Pmos tanımlamasında drain ve source
* tanımlamasına dikkat edin

* V1=0, V2=5V, td=0, tr=tf=1n, pw=50n, per=100n
VIN N1 N2 pulse (v1 v2 td tr tf pw per)
....
Alter M1 L=1u
.control
...
* Vdd'nin her degeri için VIN değer aralığında tarama (sweep) işlemi gerçekleştir
dc VIN 0 5 0.1 Vdd 0 5 0.1
...
.endc

```

Yukarıda Tablo-1 ve Tablo-2’de verilen bilgiler ve Şekil-1’de verilen çizimler doğrultusunda Tablo-3’de verilen işlemleri gerçekleştirin ve soruları elde edeceğiniz benzetim sonuçları üzerinde göstererek cevaplayın.

**Tablo 3 – Benzetim grafikleri ve sorular**

Yarı İletken Tipi	Grafik	Sabitler / Değişkenler	Sorular
NMOS	IDS - VDS	VBS=0 VGS= 0V – 5V VDS=0V – 5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kanal boyu modülasyonunu etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> </ul>
NMOS	IDS - VGS	VBS=0V – 5V VGS= 0V – 5V VDS=5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Body etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> <li>VBS değeri pozitif olduğunda ne olur?</li> </ul>
NMOS	IDS - VDS	VBS=0 VGS= 2V W= 1.8u, 3.6u, 7.2u NOT: Alter komutu ile W değerini değiştirebilirsiniz. VDS=0V – 5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akımdaki değişimi gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> </ul>

PMOS	IDS - VDS	VSB=0 VSG= 0V - 5V VDS=0V - 5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kanal boyu modülasyonunu etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> </ul>
PMOS	IDS - VGS	VSB=0V - 5V VSG= 0V - 5V VDS=5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Body etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> <li>VBS değeri pozitif olduğunda ne olur?</li> </ul>
PMOS	IDS - VDS	VBS=0 VSG= 2V W= 1.8u, 3.6u, 7,2u <i>NOT: Alter komutu ile W değerini değiştirebilirsiniz.</i> VDS=0V - 5V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Akımdaki değişimi gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir, açıklayın.</li> </ul>

2. Tablo 5’de verilen BSIM4 model parametrelerini kullanarak, Tablo 4’te istenilen benzetim sonuçlarını Şekil-1(a)’da verilen devre için elde edin ve soruları cevaplayın.

L ve W değerleri dışında girilmesi gereken diğer alan ve çevre parametrelerini boş bırakın. Bunların etkisi nedir? Elde edilen benzetim sonuçlarında neleri etkiler? Hangi analiz yöntemlerinde bu değerlerin değiştirilmesi farklılıklar çıkarır?

**Tablo 4 – Benzetim grafikleri ve sorular**

Yarı İletken Tipi ve Özellikleri	Grafik	Sabitler / Değişkenler	Sorular
BSIM3 NMOS L=1u W=90u	IDS - VDS	VBS=0 VGS= 0.2V - 2V VDS=0V - 2V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hız doyumu etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Açıklayın.</li> <li>Mosfetlerin W parametreleri neden eşit alınmamıştır? Açıklayın.</li> </ul>
BSIM4 NMOS L=0.18u W=5u	IDS - VDS	VBS=0 VGS= 0.2V - 2V VDS=0V - 2V	Sonuçlarınızı karşılaştırarak yorumlayın.

**Tablo 5 – 0.18u İşlem Teknolojisi BSIM4 NMOS Modeli**

```

*MODEL = BSIM4
*BERKELEY SPICE COMPATIBILITY
.MODEL NMOS NMOS
+LEVEL = 49
+LINT = 4.E-08 TOX = 4.E-09 VTH0 = 0.3999 RDSW = 250
+LMIN=1.8E-7 LMAX=1.8E-7 WMIN=1.8E-7 WMAX=1.0E-4 TREF=27.0 VERSION =3.1
+XJ= 6.0000000E-08 NCH= 5.9500000E+17
+LLN= 1.0000000 LWN= 1.0000000 WLN= 0.00 WWN= 0.00 LL= 0.00
+LW= 0.00 LWL= 0.00 WINT= 0.00 WL= 0.00 WW= 0.00 WWL= 0.00
+MOBMOD= 1 BINUNIT= 2 XL= 0
+XW= 0 BINFLAG= 0 DWG= 0.00 DWB= 0.00
+K1= 0.5613000 K2= 1.0000000E-02
+K3= 0.00 DVT0= 8.0000000 DVT1= 0.7500000
+DVT2= 8.0000000E-03 DVT0W= 0.00 DVT1W= 0.00
+DVT2W= 0.00 NLX= 1.6500000E-07 W0= 0.00
+K3B= 0.00 NGATE= 5.0000000E+20
+VSAT= 1.3800000E+05 UA= -7.0000000E-10 UB= 3.5000000E-18
+UC= -5.2500000E-11 PRWB= 0.00
+PRWG= 0.00 WR= 1.0000000 U0= 3.5000000E-02
+A0= 1.1000000 KETA= 4.0000000E-02 A1= 0.00
+A2= 1.0000000 AGS= -1.0000000E-02 B0= 0.00 B1= 0.00
+VOFF= -0.12350000 NFACTOR= 0.9000000 CIT= 0.00
+CDSC= 0.00 CDSCB= 0.00 CDSCD= 0.00
+ETA0= 0.2200000 ETAB= 0.00 DSUB= 0.8000000
+PCLM= 5.0000000E-02 PDIBLC1= 1.2000000E-02 PDIBLC2= 7.5000000E-03
+PDIBLCB= -1.3500000E-02 DROUT= 1.7999999E-02 PSCBE1= 8.6600000E+08
+PSCBE2= 1.0000000E-20 PVAG= -0.2800000 DELTA= 1.0000000E-02
+ALPHA0= 0.00 BETA0= 30.0000000
+KT1= -0.3700000 KT2= -4.0000000E-02 AT= 5.5000000E+04
+UTE= -1.4800000 UA1= 9.5829000E-10 UB1= -3.3473000E-19
+UC1= 0.00 KT1L= 4.0000000E-09 PRT= 0.00
+CJ= 0.00365 MJ= 0.54 PB= 0.982
+CJSW= 7.9E-10 MJSW= 0.31 PHP= 0.841
+CTA= 0 CTP= 0 PTA= 0
+PTP= 0 JS=1.50E-08 JSW=2.50E-13
+N=1.0 XTI=3.0 CGDO=2.786E-10
+CGSO=2.786E-10 CGBO=0.0E+00 CAPMOD= 2
+NQSMOD= 0 ELM= 5 XPART= 1
+CGSL= 1.6E-10 CGDL= 1.6E-10 CKAPPA= 2.886
+CF= 1.069E-10 CLC= 0.0000001 CLE= 0.6
+DLC= 4E-08 DWC= 0 VFBCV= -1

```

**Değerlendirme:**

Değerlendirme ile ilgili bilgileri ilgili web sayfasında bulabilirsiniz. Raporlarınızı laboratuvar web sayfasına teslim süresinden önce yüklemeniz gerekmektedir. Yükleme ile ilgili detaylar web sayfasında yer almaktadır

<http://www.baskent.edu.tr/~engcif>