

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

Deney No: 7

Deney Adı: NMOS ve PMOS elemanlarının karakteristiklerinin incelenmesi

Amaç:

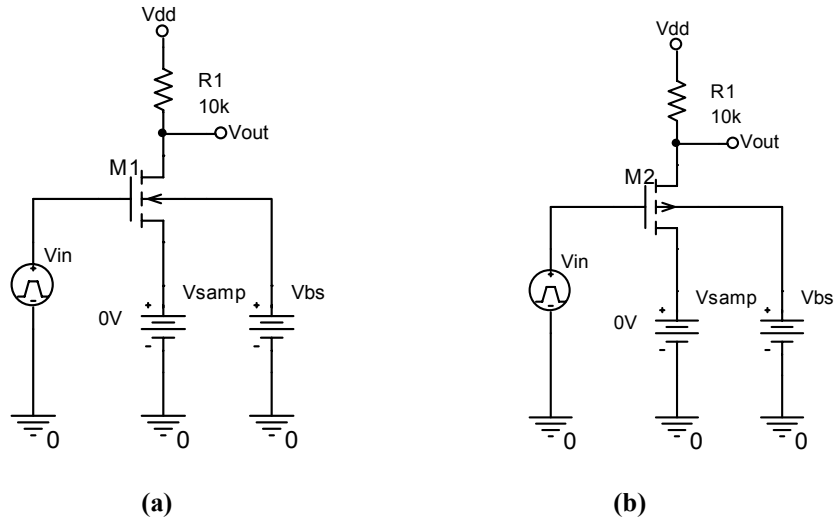
- NMOS ve PMOS karakteristik eğrilerinin elde edilmesi
- NMOS ve PMOS devre elemanlarının statik etkilerinin benzetim sonuçları ile gözlemlenmesi

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.



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

Tablo 1 – Level 2 Model Tanımlamaları

```
.MODEL MOSN NMOS LEVEL=2 LD=0.15U TOX=200.0E-10
+ NSUB=5.36726E+15 VTO=0.743469 KP=8.00059E-05 GAMMA=0.543
+ PHI=0.6 U0=655.881 UEXP=0.157282 UCRIT=31443.8
+ DELTA=2.39824 VMAX=55260.9 XJ=0.25U LAMBDA=0.0367072
+ NFS=1E+12 NEFF=1.001 NSS=1E+11 TPG=1.0 RSH=70.00
+ CGDO=4.3E-10 CGSO=4.3E-10 CJ=0.0003 MJ=0.6585
+ CJSW=8.0E-10 MJSW=0.2402 PB=0.58
```

```
.MODEL MOSP PMOS LEVEL=2 LD=0.15U TOX=200.0E-10
+ NSUB=4.3318E+15 VTO=-0.738861 KP=2.70E-05 GAMMA=0.58
+ PHI=0.6 U0=261.977 UEXP=0.323932 UCRIT=65719.8
+ DELTA=1.79192 VMAX=25694 XJ=0.25U LAMBDA=0.0612279
+ NFS=1E+12 NEFF=1.001 NSS=1E+11 TPG=-1.0 RSH=120.6
+ CGDO=4.3E-10 CGSO=4.3E-10 CJ=0.0005 MJ=0.5052
+ CJSW=1.349E-10 MJSW=0.2417 PB=0.64
```

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

* DİKKAT ! : 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)
....
.control
...
* Vin ve Vdd' değerlerinin her biri için 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 istenilen sonuçları 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"> Kanal modülasyonunu gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir açıklayın. |
| NMOS | IDS - VGS | VSBS=0V – 5V VGS= 0V – 5V VDS=5V | <ul style="list-style-type: none"> Body etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir açıklayın. VBS değeri pozitif olduğunda ne olur? |
| NMOS | IDS - VDS | VSBS=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"> Akımdaki değişimi gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir, açıklayın. |
| PMOS | IDS - VDS | VSBS=0 VSG= 0V – 5V VDS=0V – 5V | <ul style="list-style-type: none"> Kanal modülasyonunu gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir açıklayın. |
| PMOS | IDS - VGS | VSBS=0V – 5V VSG= 0V – 5V VDS=5V | <ul style="list-style-type: none"> Body etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir açıklayın. VBS değeri pozitif olduğunda ne olur? |

| | | | |
|------|-----------|--|--|
| 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"> Akımdaki değişimi gözlemleyebiliyor musunuz? Neden değişmektedir, açıklayın. |
|------|-----------|--|--|

2. Tablo 5’de verilen BSIM3V3 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? Hangi değerleri boş bırakmak yapmakta olduğunuz benzetim sonuçlarını etkiler?

Tablo 4 – Benzetim grafikleri ve sorular

| Yarı İletken Tipi ve Özellikleri | Grafik | Sabitler / Değişkenler | Sorular |
|----------------------------------|-----------|--------------------------------------|--|
| NMOS L=0.35u W=10u | IDS - VDS | VBS=0 VGS= 0V - 3V VDS=0V - 3V | <ul style="list-style-type: none"> Kısa kanal etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? Kanal modülasyonu etkisini gözlemleyebiliyor musunuz? <p>Sonuçlarınızı karşılaştırarak yorumlayın.</p> |
| NMOS L=2u W=10u | IDS - VDS | VBS=0 VGS= 0V - 3V VDS=0V - 3V | |
| NMOS L=8u W=10u | IDS - VDS | VBS=0 VGS= 0V - 3V VDS=0V - 3V | |
| NMOS L=10u W=10u | IDS - VDS | VBS=0 VGS= 0V - 3V VDS=0V - 3V | |

Tablo 5 – BSIM3V3 NMOS modeli

```
*model = bsim3v3
*Berkely Spice Compatibility
* Lmin= .35 Lmax= 20 Wmin= .6 Wmax= 20
.model MOSN NMOS
+Level= 8
+Tnom=27.0 Nch= 2.498E+17 Tox=9E-09 Xj=1.00000E-07
+Lint=9.36e-8 Wint=1.47e-7 Vth0= .6322 K1= .756 K2= -3.83e-2 K3= -2.612
+Dvt0= 2.812 Dvt1= 0.462 Dvt2=-9.17e-2
+Nlx= 3.52291E-08 W0= 1.163e-6 K3b= 2.233
+Vsat= 86301.58 Ua= 6.47e-9 Ub= 4.23e-18 Uc=-4.706281E-11
+Rdsw= 650 U0= 388.3203 wr=1 A0= .3496967 Ags=.1 B0=0.546 B1= 1
+ Dwg = -6.0E-09 Dwb = -3.56E-09 Prwb = -.213
+Keta=-3.605872E-02 A1= 2.778747E-02 A2= .9
+Voff=-6.735529E-02 NFactor= 1.139926 Cit= 1.622527E-04
+Cdsc=-2.147181E-05 Cdsb= 0 Dvt0w = 0 Dvt1w = 0 Dvt2w = 0
+ Cdscd = 0 Prwg = 0 Eta0= 1.0281729E-02 Etab=-5.042203E-03
+Dsub= .31871233 Pclm= 1.114846 Pdiblc1= 2.45357E-03 Pdiblc2= 6.406289E-03
+Drout= .31871233 Pscbe1= 5000000 Pscbe2= 5E-09 Pdiblc3 = -.234
+Pvag= 0 delta=0.01 Wl = 0 Ww = -1.420242E-09 Wwl = 0
+ Wln = 0 Wwn = .2613948 Ll = 1.300902E-10
+ Lw = 0 Lwl = 0 Lln = .316394 Lwn = 0 kt1=-.3 kt2=-.051
+At= 22400 Ute=-1.48
+Ua1= 3.31E-10 Ub1= 2.61E-19 Uc1= -3.42e-10 Kt1l=0 Prt=764.3
```

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>