



BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
BÖLÜMÜ

EEM 312 ~ SAYISAL ELEKTRONİK
LABORATUVAR UYGULAMASI
RAPOR

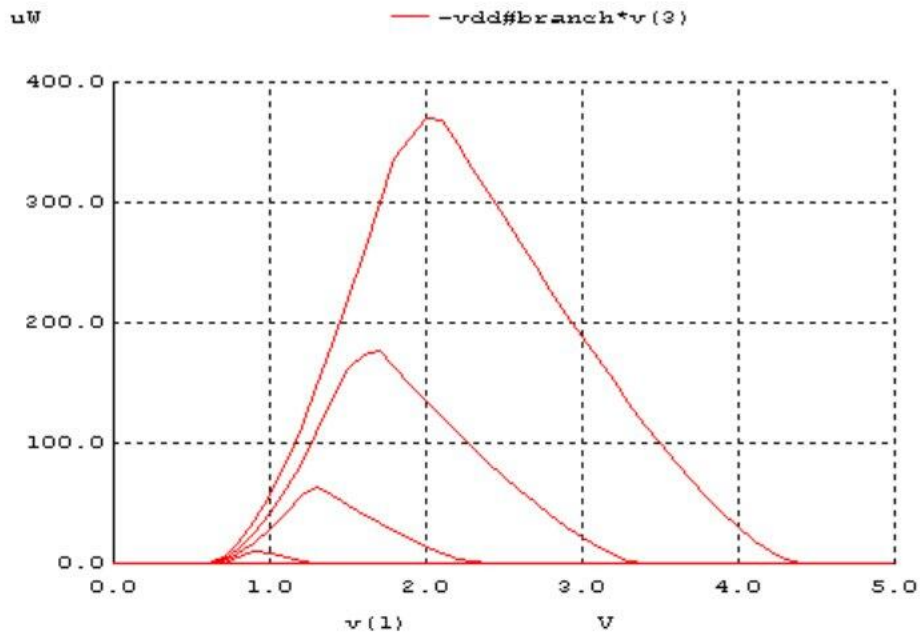
Deney Adı : Statik ve Dinamik Güç



Deney Tarihi : 10.05.2006



1-a)



Devre, değişen V_{DD} gerilimleri için maksimum değerini V_{DD} 'nin max. olduğu 5V'da ve her iki transistöründe ON durumunda olduğu V_{in} değer aralığında almıştır.

V_{DD} 'nin artışı statik gücü quadratic olarak arttırmaktadır çünkü $P = V_{DD} \cdot I$ olduğu için V_{DD} 'nin artışı I akımının da artmasına neden olmaktadır.

1-b)

Geçici Durum Analizi C _L =0.1p Per=200n Vdd=5V	- Devrenin anahtarlama süresince hangi durumda en yüksek güç tüketimine sahiptir. - Devrenin anahtarlama süresince ortalama ne kadar güç tüketmektedir? - Benzetim sonuçlarına göre ortalama güç tüketim oranının değişimi nedir?
Geçici Durum Analizi C _L =0.1p Per=100n Vdd=5V	

Per=200ns

1b-per200ns

```
.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
```

vdd 3 0 5

cl 2 0 0.1p

Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 100n 200n)

```
M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
```

.control

tran 0.1ns 800ns

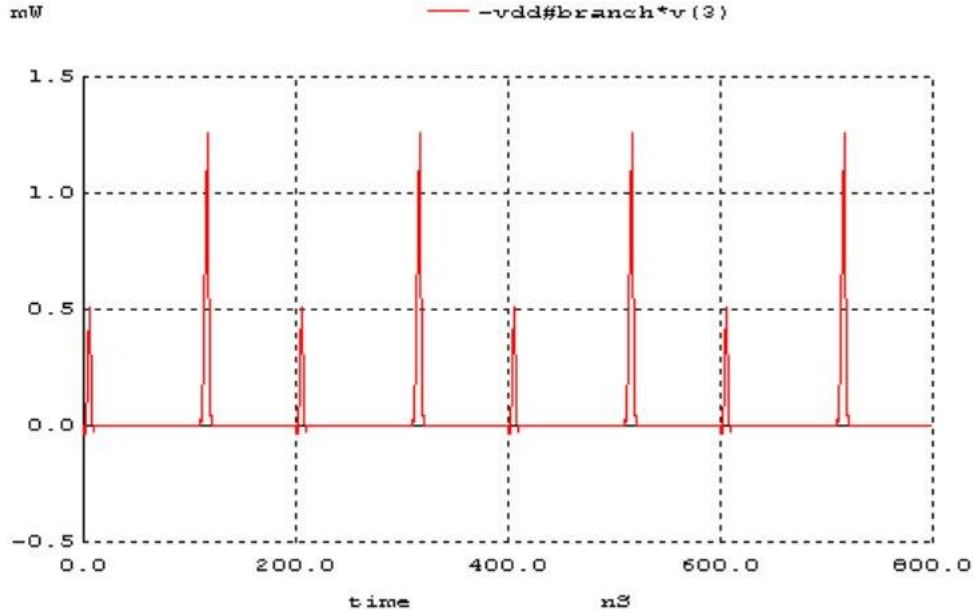
print mean(-vdd#branch*v(3))

plot -vdd#branch*v(3)

plot v(1)

.endc

.end



Ortalama Güç=31.9uW

Giriş sinyali düşerken devre en yüksek güç tüketimine sahiptir.

Per=100ns

1b-per100ns

```
.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
```

vdd 3 0 5

cl 2 0 0.1p

Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)

M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333

+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u

.control

tran 0.1ns 800ns

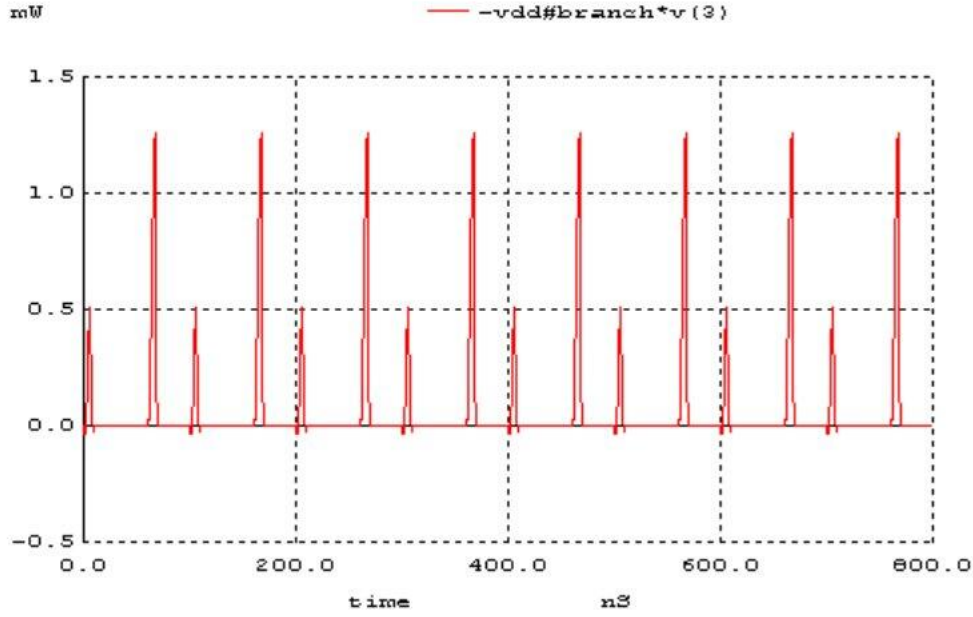
print mean(-vdd#branch*v(3))

plot -vdd#branch*v(3)

plot v(1)

.endc

.end



Ortalama Güç=63.4uW

Üstteki benzetimde olduğu gibi burada da giriş sinyali düşerken devre en yüksek güç tüketimine sahiptir.

Bu benzetimde(Per=100ns)ortalama güç tüketimi, üstteki benzetim(Per=200ns)'e oranla daha fazladır. Bunun nedeni periyodun yarıya düşmesi, yani frekansın 2 katına çıkmasıdır. Bu artış da ortalama değerlerinde açıkça görülmektedir. Altta denklemden bunu kanıtlamaktadır.

$$P_{\text{Dyn}} = C_L * V_{DD}^2 * P_{0 \rightarrow 1} * f$$

1-c)

Geçici Durum Analizi C _L =0.2p Per=100n Vdd=5V	- Devrenin anahtarlama süresince ortalama ne kadar güç tüketmektedir? - Benzetim sonuçlarına göre ortalama güç tüketim oranının değişimi nedir?
Geçici Durum Analizi C _L =0.2p Per=100n Vdd=3V	

V_{DD}=5V

1c-Vdd=5V

```
.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

```

```

vdd 3 0 5
cl 2 0 0.2p
Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)

```

```

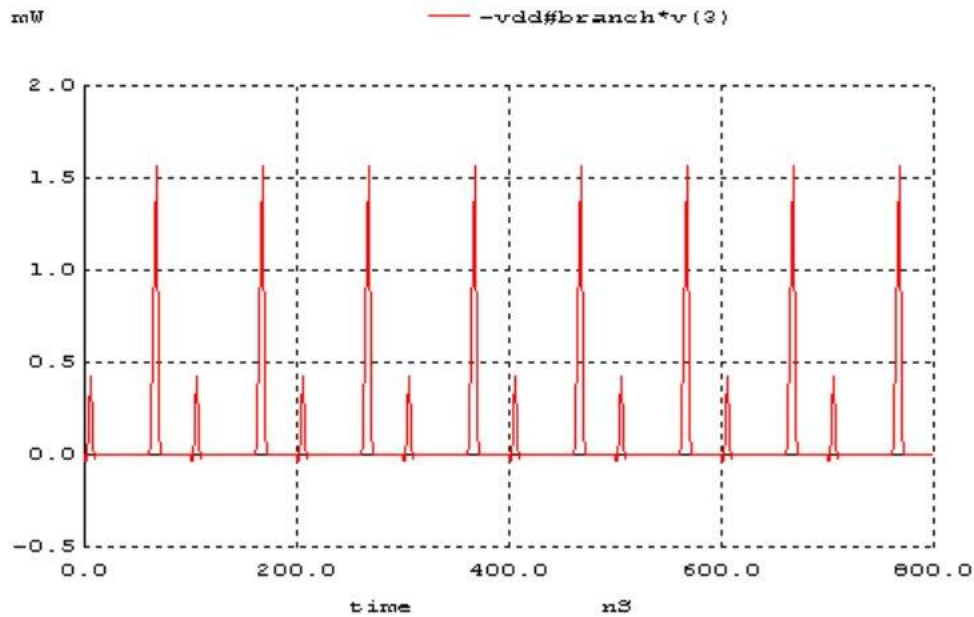
M1 2 1 0 0 MOSN W=1.8u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
M2 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u

```

```

.control
tran 0.1ns 800ns
print mean(-vdd#branch*v(3))
plot -vdd#branch*v(3)
plot v(1)
.endc
.end

```



Ortalama Güç=83.7uW

$V_{DD}=3V$

1c-Vdd=3V

```

.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

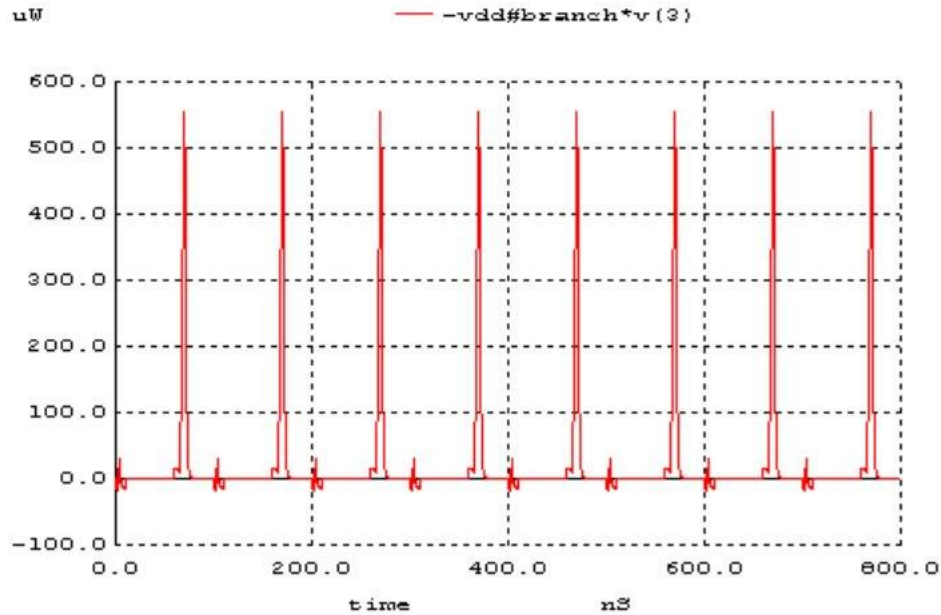
```

```
.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
```

```
vdd 3 0 3
cl 2 0 0.2p
Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)
```

```
M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
```

```
.control
tran 0.1ns 800ns
print mean(-vdd#branch*v(3))
plot -vdd#branch*v(3)
plot v(1)
.endc
.end
```



Ortalama Güç=21.9uW

V_{DD} 5V'dan 3V'a düşürüldüğünde dinamik güç de bunun karesiyle doğru orantılı olarak değişmiştir.

$$5^2 / 3^2 = 2.78 \rightarrow 1.560 / 0.554 = 2.81$$

Ancak ortalama güç oranı bu voltaj değişimi ile orantılı değildir çünkü $V_{DD}=3V$ olduğunda güç grafiği negatif değerlere düşmüştür.

1-d)

Geçici Durum Analizi $C_L=0.1p$ $P_{er}=100n$ $V_{dd}=5V$	- Devrenin anahtarlama süresince ortalama ne kadar güç tüketmektedir? - Benzetim sonuçlarına göre ortalama güç tüketim oranının değişimi nedir?
Geçici Durum Analizi $C_L=0.2p$ $P_{er}=100n$ $V_{dd}=5V$	

$C_L=0.1p$

1-d $C_L=0.1p$

```
.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
```

```
vdd 3 0 5
```

```
cl 2 0 0.1p
```

```
Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)
```

```
M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
```

```
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
```

```
.control
```

```
tran 0.1ns 800ns
```

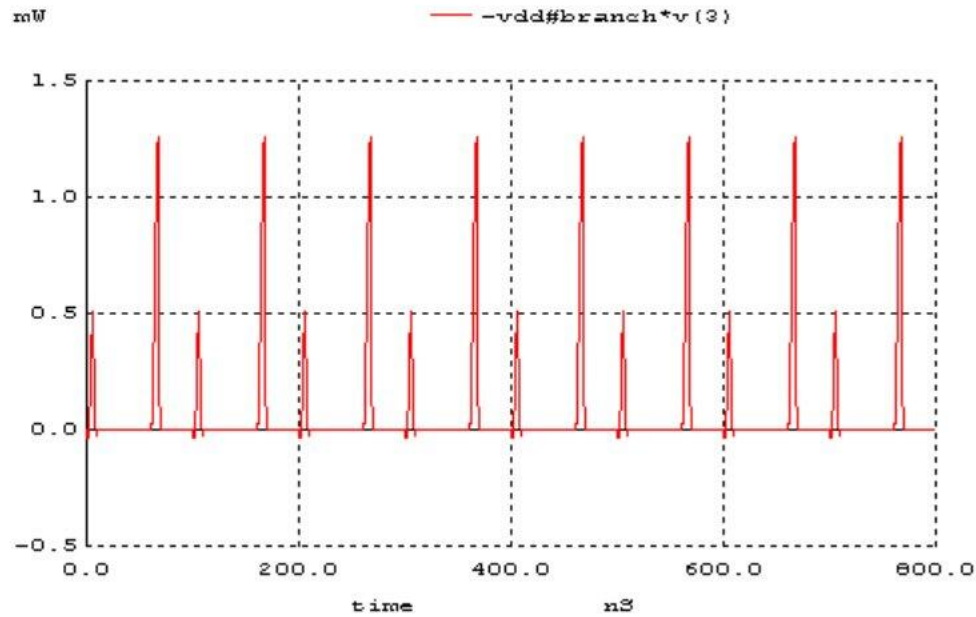
```
print mean(-vdd#branch*v(3))
```

```
plot -vdd#branch*v(3)
```

```
plot v(1)
```

```
.endc
```

```
.end
```



Ortalama Güç=63.4uW

$C_L=0.2p$

1-d CL=0.2p

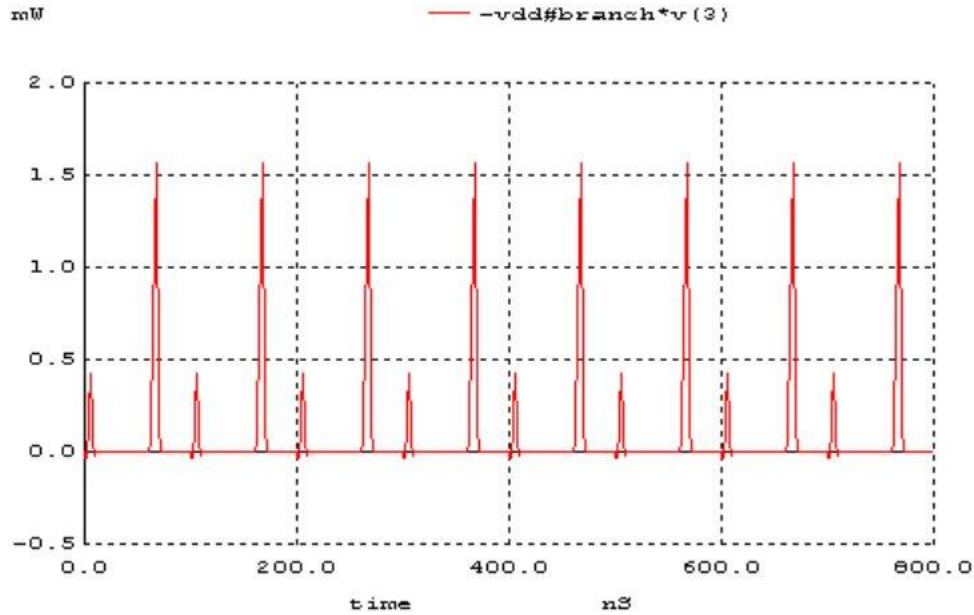
```
.MODEL MOSN NMOS LEVEL=2 LD=0.15U TOX=200.0E-10
+ NSUB=5.36726E+15 VTO=0.743469 KP=8.00059E-05 GAMMA=0.543
+ PHI=0.6 U0=655.881 UEXP=0.157282 UCRIT=31443.8
+ DELTA=2.39824 VMAX=55260.9 XJ=0.25U LAMBDA=0.0367072
+ NFS=1E+12 NEFF=1.001 NSS=1E+11 TPG=1.0 RSH=70.00
+ CGDO=4.3E-10 CGSO=4.3E-10 CJ=0.0003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

```
vdd 3 0 5
cl 2 0 0.2p
Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)
```

```
M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
```

```
.control
tran 0.1ns 800ns
print mean(-vdd#branch*v(3))
plot -vdd#branch*v(3)
plot v(1)
.endc
.end
```



Ortalama Güç=83.7uW

2)

2 - Vdd=1V

```
.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
```

```
vdd 3 0 1
```

```
cl 2 0 0.1p
```

```
Vin 1 0 pulse (0 5 0 10n 10n 50n 100n)
```

```
M1 2 1 0 0 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 2 1 3 3 MOSP W=5.4u L=1.2u NRS=0.333 NRD=0.333
+ AD=6.5p PD=9.0u AS=6.5p PS=9.0u
```

```
.control
```

```
tran 0.1ns 400ns
```

```
print mean(-vdd#branch*v(3))
```

```
plot -vdd#branch*v(3)
```

```
plot v(1)
```

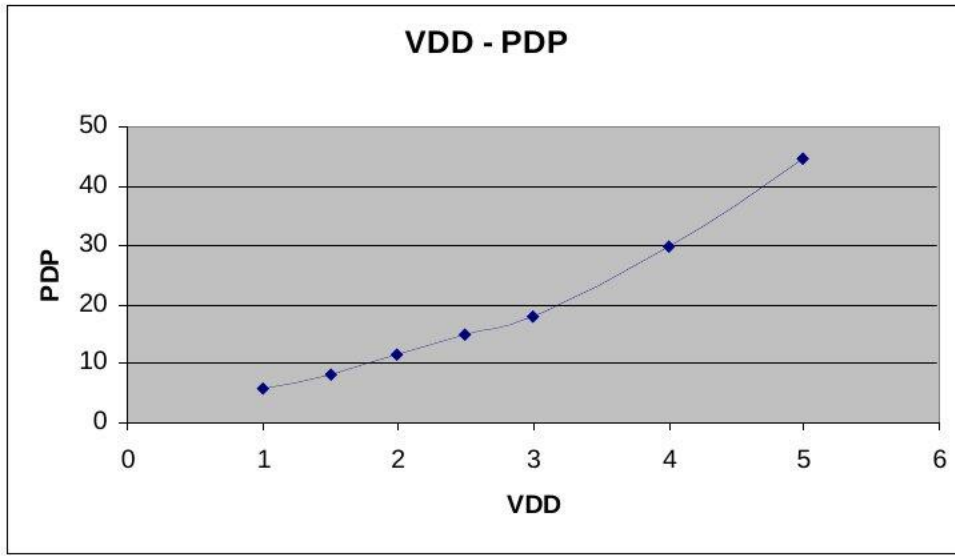
```
.endc
```

```
.end
```

Vdd	Ort. Güç Tüketimleri	t_p	Güç-Gecikme Çarpanları (PDP)
1V	1.24uW	5.85ns	5.85f
1.5V	2.82uW	3.63ns	8.17f
2V	5.09uW	2.90ns	11.6f
2.5V	8.29uW	2.38ns	14.88f
3V	12.43uW	2.00ns	18.00f
4V	28.69uW	1.85ns	29.6f
5V	63.33uW	1.78ns	44.5f

(f_{max}=1/100n=10MHz) - (C_L=0.1pF)

$$PDP = C_L * V_{DD}^2 * f_{max} * t_p$$



PDP switcing aktivitesi başına harcanan güç demektir. Grafiği incelersek V_{DD}'nin düşük değerleri için PDP'nin de düşük olduğunu görürüz. Bu yüzden V_{DD}'nin düşük değerlerinde devre en iyi performansı vermektedir. Ancak V_{DD}'yi düşük tutmamızın da bazı sakıncaları vardır(rail-to-rail swing).