

۱۳۰۷

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

دانشکده مهندسی کامپیوتر

پروژه اختیاری درس الکترونیک دیجیتال و طراحی مدارهای پرتراکم

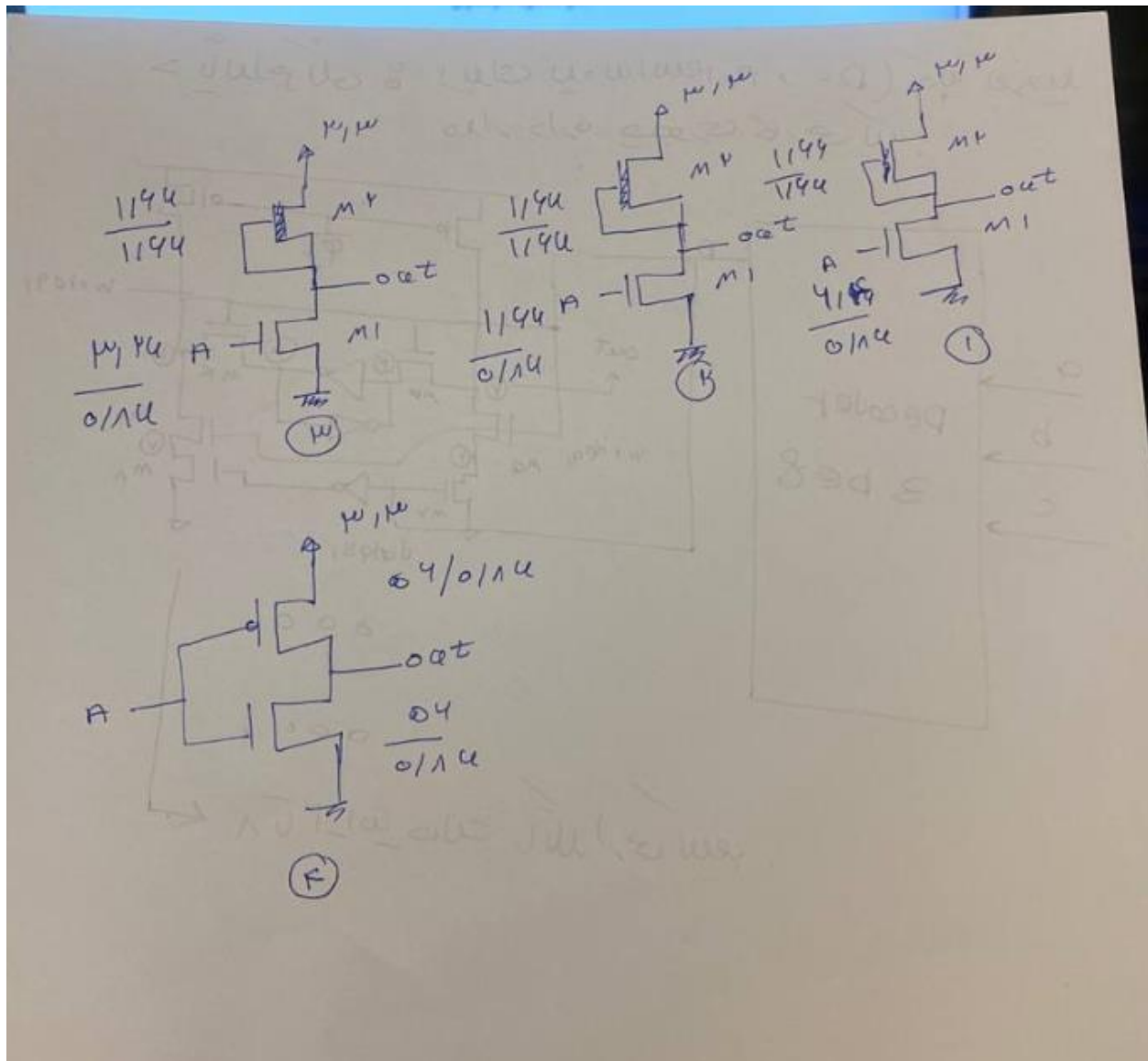
دانشکده مهندسی کامپیوتر

نام دانشجو: علیرضا سعیدنیا

شماره دانشجویی: ۴۰۰۱۰۸۳۳

استاد درس: دکتر مسعود ده یادگاری

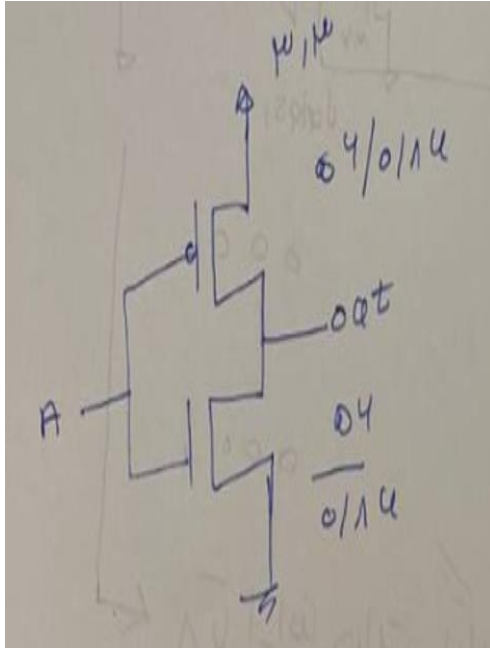
بسم الله الرحمن الرحيم



خب این ها چهار حالتی هستند که باید حساب کنیم.

تمام خازن های خروجی ۱ فمتو فارادی به جز سیماس اولی که ۰.۵ پیکوفاراد است و تمام منابع تغذیه ۳.۳ ولتی هستند.

ابتدا سراغ سیماس معمولی میرویم.



```

invertercmos_barayeentiazi

M1 out A 1 1 cmosp w=5u l=0.8u
M2 out A 0 0 cmosn w=5u l=0.8u

c1 out 0 0.5p
vdd 1 0 3.3
Va A 0 pulse 0 3.3 0 1n 1n 10u 20u

.dc Va 0 3.3 0.01

.measure dc voh find v(out) when v(A)=0
.measure dc vol find v(out) when v(A)=3.3

.measure dc vm find v(A) when v(A)=v(out) cross=1

.measure dc vil find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=1
.measure dc vih find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=2

.measure dc nml param='vil - vol'
.measure dc nmh param='voh - vih'

.measure dc Vth_NMOS find v(A) when I(M2)=1u
.measure dc Vth_PMOS find v(A) when I(M1)=-1u GOAL=1

.print dc v(a) v(out)

.tran 1p 100u

.options post
    
```

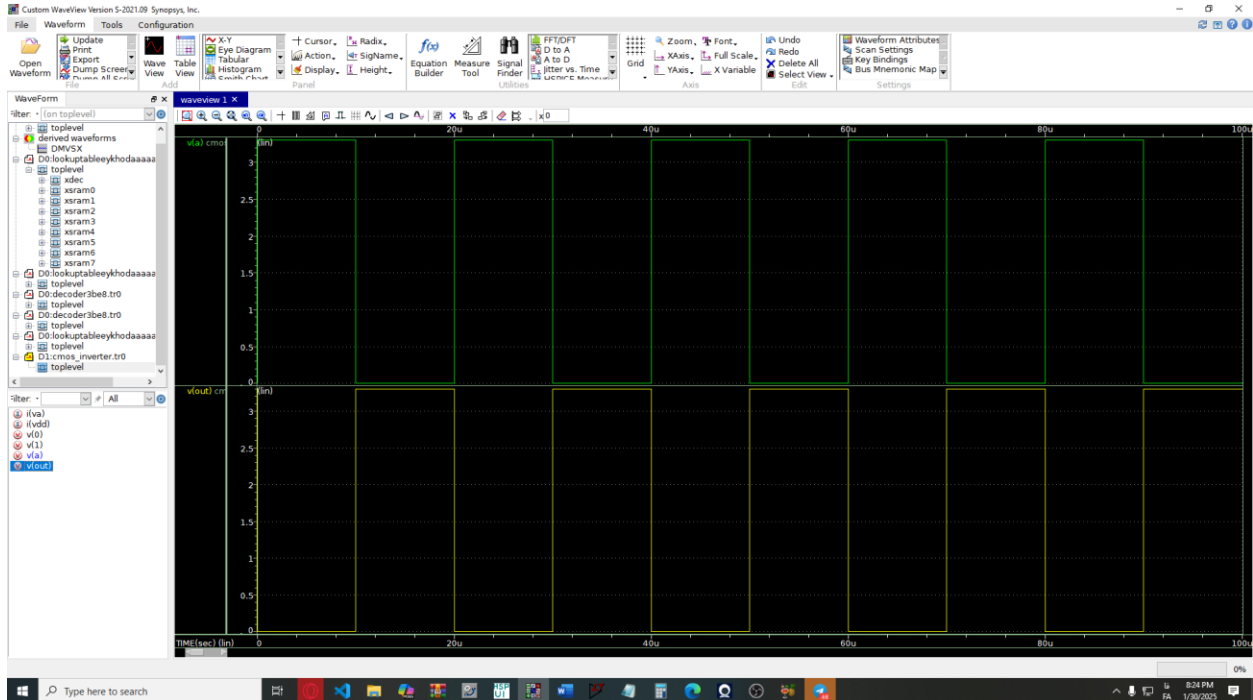
که ترانزیستور بالایی m1 و ترانزیستور پایینی m2 است.

با استفاده از دستور عکس پایین که یک زیرمجموعه ای از دستور measure هست voh و vol و vih و vil و nml و nmh و vtn و vtp را پیدا میکنیم فقط اینجا علامت ولتاژ ترشهلد پیماس منفی میباشد چون اینجا اندازه اش را نشان داده ام خودش همیشه منفی است.

```

voh= 3.3000
vol= 4.3746n
vm= 1.2638
vil= 917.1808m
vih= 1.4211
nml= 917.1807m
nmh= 1.8789
vth_nmos= 540.0971m
vth_pmos= 540.9159m
**info** dc convergence successful at Newton-Raphson method
*****
    
```

خب حالا برویم شکل موج خروجی را ببینیم.



که واضح است یک معکوس کننده است.

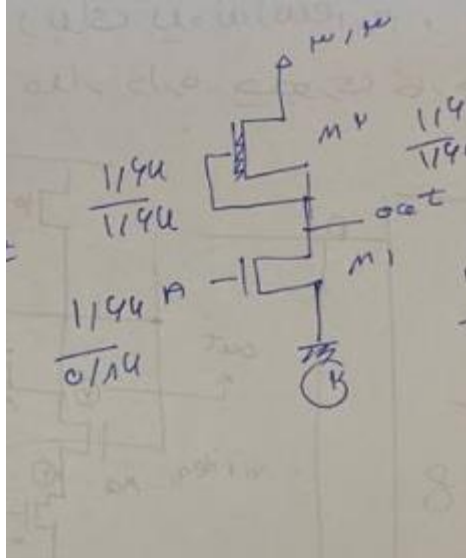
دپلیشن لود نوع اول :

حالا برویم سراغ نوع اول مدار depletion load که باید مدل مدار depletion را درست کنیم و ولتاژ ترشهلد را طبق داک ۲.۵- بگیریم.

```
.MODEL DMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdif      = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM     = 27         TOX       = 7.7E-9
+XJ        = 1E-7      NCH     = 2.3579E17   VTH0      = -2.5
+K1         = 0.5542796 K2      = 0.0155863   K3        = 2.3475646
+K3B        = -3.3142916 W0     = 4.145888E-5   NLX       = 1.430868E-7
+DVT0W      = 0        DVT1W   = 0          DVT2W     = 0
+DVT0       = -0.0150839 DVT1  = 1.51022E-3   DVT2      = 0.170688
+U0         = 415.8570638 UA     = 5.057324E-11 UB       = 1.496793E-18
+UC         = 2.986268E-11 VSAT  = 1.237033E5   A0        = 0.9098788
+AGS        = 0.2120181 B0    = 1.683612E-6   B1        = 5E-6
+KETA       = -4.011887E-4 A1    = 0          A2        = 1
+RDSW      = 1.156967E3 PRWG   = -8.468558E-3 PRWB      = -7.678669E-3
)
```

که میبینیم اینجا تغییر داده شده است.

حالا همین کاری که انجا کردیم را اینجا میکنیم برای بدست آوردن مقادیر v_{ih} و v_{il} و v_{oh} و v_{ol} و ولتاژ ترشهلد ترانزیستور پایینی.



```
takhlie iii

m2 vdd out out out dmosn w=1.6u l=1.6u
m1 out A 0 0 cmosn w=1.6u l=0.8u

c1 out 0 1f
vdd vdd 0 3.3
va A 0 pulse 0 3.3 0 1n 1n 10u 20u

.dc va 0 3.3 0.01

.measure dc voh find v(out) when v(A)=0
.measure dc vol find v(out) when v(A)=3.3
.measure dc vm find v(A) when v(A)=v(out) cross=1
.measure dc vil find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=1
.measure dc vih find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=2
.measure dc nml param='vil - vol'
.measure dc nmh param='voh - vih'
.measure dc Vth_Dmos find v(A)-vdd when I(M2)=-1u

.tran lp 100u

.options post

.MODEL DMOSON NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdiff  = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM    = 27         TCX     = 7.7E-9
+XJ      = 1E-7        NCH     = 2.3579E17  VTH0    = -2.5
+K1      = 0.5542796   K2      = 0.0155863   K3      = 2.3475646
+K3B     = -3.3142916  W0      = 4.145888E-5  NLX     = 1.430868E-7
+DVTOW   = 0           DVT1W   = 0           DVT2W   = 0
+DVT0    = -0.0150839  DVT1    = 1.51022E-3    DVT2    = 0.170688
+U0       = 415.8570630 UA      = 5.057324E-11 UB      = 1.486793E-10
+UC       = 2.986268E-11 VSAT   = 1.237033E5   AO      = 0.9098788
+AGS      = 0.2120181  B0      = 1.683612E-6    B1      = 5E-6
+KETA     = -4.011887E-4 A1      = 0           A2      = 1
+RDSW    = 1.156967E3  PRWG   = -8.468558E-3  PRWB    = -7.678669E-3
)

.MODEL CMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdiff  = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM    = 27         TCX     = 7.7E-9
+XJ      = 1E-7        NCH     = 2.3579E17  VTH0    = 0.5048265
+K1      = 0.5542796   K2      = 0.0155863   K3      = 2.3475646
+K3B     = -3.3142916  W0      = 4.145888E-5  NLX     = 1.430868E-7
+DVTOW   = 0           DVT1W   = 0           DVT2W   = 0
+DVT0    = -0.0150839  DVT1    = 1.51022E-3    DVT2    = 0.170688
```

depletionload - Notepad
File Edit Format View Help

```
***info*** set option symb=1 internally to help for convergence.
***
*** option summary
***
runlvl = 3      bypass = 2.0000
***
takhlie iii

*** dc transfer curves tnom= 25.000 temp= 25.000 ***
voh= 3.3000
vol= 811.8590m
vm= 2.1831
vil= 1.8180
vih= 2.6666
nml= 1.0062
nmh= 633.3881m
vth_nmos= 598.7755m
***info*** dc convergence successful at Newton-Raphson method
***
takhlie iii

*** operating point information tnom= 25.000 temp= 25.000 ***
*** operating point status is voltage simulation time is 0. |
node =voltage node =voltage node =voltage

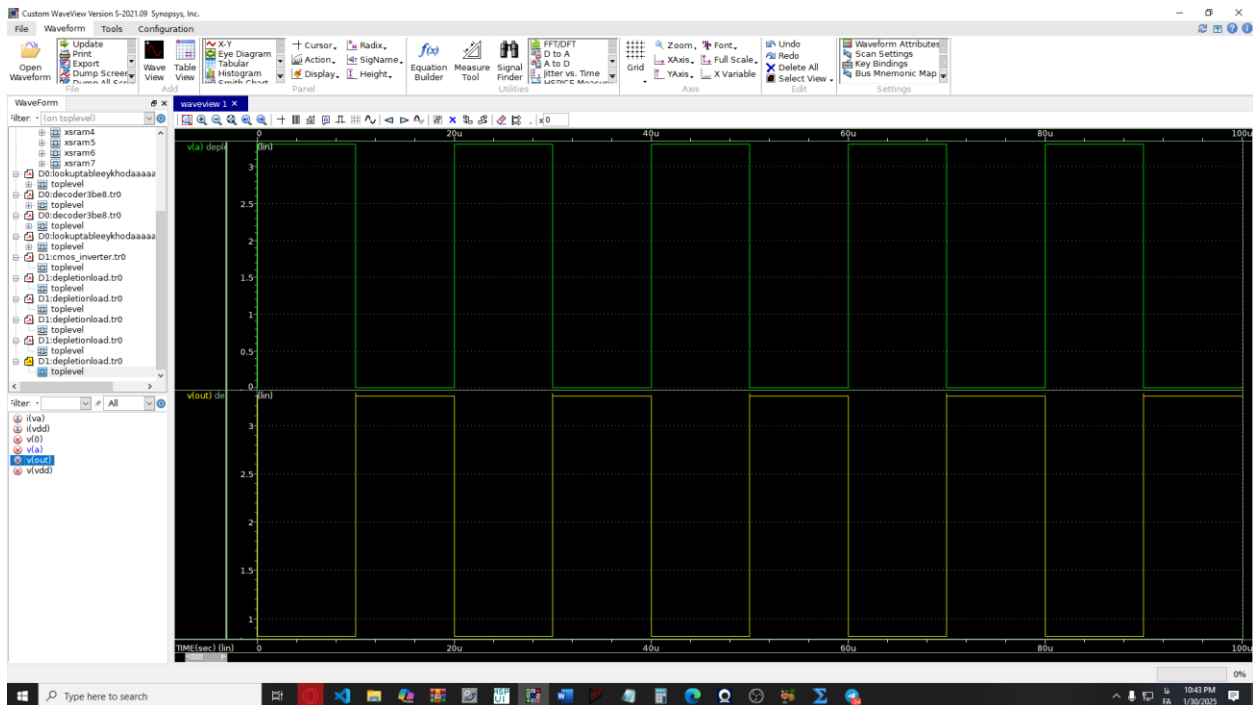
+0:a = 0. 0:out = 3.3000 0:vdd = 3.3000

*** job concluded
***
takhlie iii

*** job statistics summary tnom= 25.000 temp= 25.000 ***
*** PrimeSim HSPICE Threads Information ***

Command Line Threads Count : 1
Available CPU Count : 6
Actual Threads Count : 1
```

که اینجا هم اعدادش بدست می آید.
حالا برویم شکل موج خروجی را ببینیم.



که باز هم میبینیم یک معکوس کننده است.

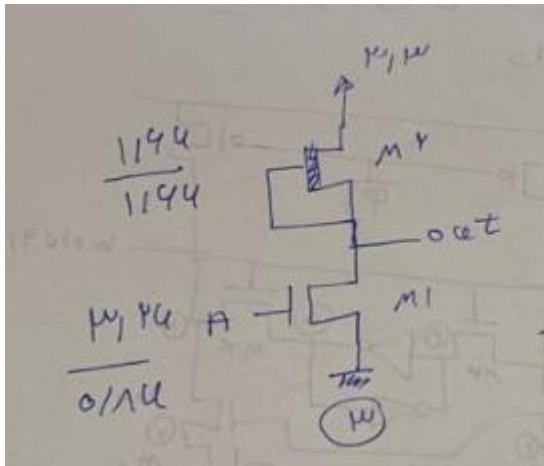
دیپلیشن لود نوع دوم :

حالا برویم سراغ نوع دوم مدار depletion load که باید مدل مدار depletion را درست کنیم و ولتاژ ترشهلد آن را طبق داک ۲.۵- بگیریم.

```
.MODEL DMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdif      = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM    = 27         TOX       = 7.7E-9
+XJ       = 1E-7      NCH     = 2.3579E17  VTH0      = -2.5
+K1       = 0.5542796 K2      = 0.0155863   K3        = 2.3475646
+K3B      = -3.3142916 W0     = 4.145888E-5   NLX       = 1.430868E-7
+DVT0W    = 0         DVT1W   = 0         DVT2W     = 0
+DVT0     = -0.0150839 DVT1   = 1.51022E-3   DVT2      = 0.170688
+U0       = 415.8570638 UA     = 5.057324E-11 UB       = 1.496793E-18
+UC       = 2.986268E-11 VSAT  = 1.237033E5   A0        = 0.9098788
+AGS      = 0.2120181  B0     = 1.683612E-6   B1        = 5E-6
+KETA     = -4.011887E-4 A1     = 0           A2        = 1
+RDSW     = 1.156967E3 PRWG   = -8.468558E-3 PRWB      = -7.678669E-3
)
```

که میبینیم اینجا تغییر داده شده است.

حالا همین کاری که انجا کردیم را اینجا میکنیم برای بدست آوردن مقادیر v_{ih} و v_{il} و v_{oh} و v_{ol} و ولتاژ ترشهلد ترانزیستور پایینی.



```
takhlie iii
m2 vdd out out dmosn w=1.6u l=1.6u
m1 out A 0 0 cmosn w=3.2u l=0.8u

c1 out 0 1f
vdd vdd 0 3.3
va A 0 pulse 0 3.3 0 1n 10u 20u

.dc va 0 3.3 0.01

.measure dc voh find v(out) when v(A)=0
.measure dc vol find v(out) when v(A)=3.3

.measure dc vm find v(A) when v(A)=v(out) cross=1

.measure dc vil find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=1
.measure dc vih find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=2

.measure dc nml param='vil - vol'
.measure dc nmh param='voh - vih'

.measure dc Vth_NMOS find v(A) when I(M1)=1u

.tran 1p 100u

.options post

.MODEL DMO5N NMOS (
+LEVEL = 49          acm = 3          hdiif = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM = 27        TOX = 7.7E-9
+XJ = 1E-7            NCH = 2.3579E17  VTH0 = -2.5
+K1 = 0.5542796       K2 = 0.0155863   K3 = 2.3475646
+K3B = -3.3142916     W0 = 4.145888E-5  NLX = 1.430868E-7
+DVTOW = 0            DVTIW = 0         DVT2W = 0
+DVT0 = -0.0150839    DVT1 = 1.51022E-3 DVT2 = 0.170688
+U0 = 415.8570639     UA = 5.057324E-11 UB = 1.496793E-18
+UC = 2.986268E-11    VSAT = 1.237033E5 A0 = 0.9098788
+AGS = 0.2120181      B0 = 1.683612E-6 B1 = 5E-6
+KEFA = -4.011897E-4  A1 = 0         A2 = 1
+RDSW = 1.156967E3    PRWG = -8.468558E-3 PRWB = -7.678669E-3
+WR = 1               WINT = 5.621821E-8 LINT = 1.606205E-8
+XL = -2E-8           XW = 0           DWG = -6.450939E-9
+DWB = 6.530228E-9    VOFF = -0.1259348 NFACTOR = 0.3344887
)

.MODEL CMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm = 3          hdiif = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM = 27        TOX = 7.7E-9
+XJ = 1E-7            NCH = 2.3579E17  VTH0 = 0.5048265
+K1 = 0.5542796       K2 = 0.0155863   K3 = 2.3475646
```


depletionload_halate2 - Notepad

File Edit Format View Help

****info** set option symb=1 internally to help for convergence.**

******* option summary**

runlvl = 3 bypass = 2.0000

takhlie iii

******* dc transfer curves tnom= 25.000 temp= 25.000 *******

voh= 3.3000

vol= 348.5247m

vm= 1.7024

vil= 1.0837

vih= 1.9182

nml= 735.1542m

nmlh= 1.3818

vth_nmos= 562.0314m

****info** dc convergence successful at Newton-Raphson method**

takhlie iii

******* operating point information tnom= 25.000 temp= 25.000 *******

******* operating point status is voltage simulation time is 0.**

node =voltage node =voltage node =voltage

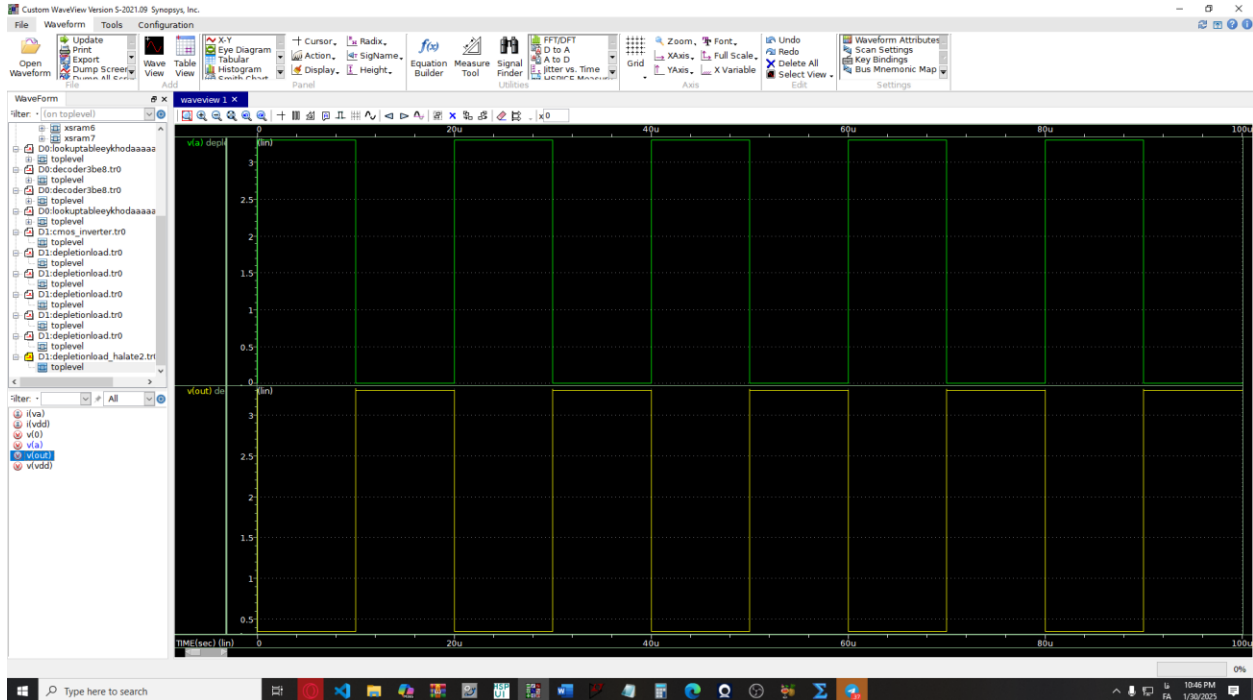
+0:a = 0. 0:out = 3.3000 0:vdd = 3.3000

******* job concluded**

takhlie iii

که اینجا هم اعدادش بدست می آید ولی اینبار اعدادش فرق میکند چون نسبت w به a فرق کرده.

حالا برویم شکل موج خروجی را ببینیم.



که باز هم میبینیم یک معکوس کننده است.

دیپلیشن لود نوع سوم :

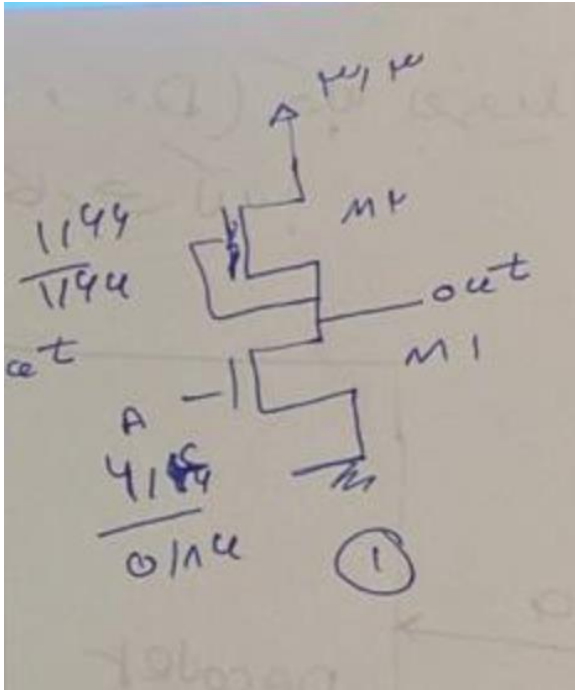
حالا برویم سراغ نوع سوم مدار depletion load که باید مدل مدار depletion را درست کنیم و ولتاژ ترشهلد ان را طبق داک ۲.۵- بگیریم.

```
.MODEL DMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdif      = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM     = 27         TOX       = 7.7E-9
+XJ         = 1E-7     NCH     = 2.3579E17   VTH0      = -2.5
+K1         = 0.5542796 K2      = 0.0155863    K3        = 2.3475646
+K3B        = -3.3142916 W0     = 4.145888E-5   NLX       = 1.430868E-7
+DVT0W      = 0        DVT1W   = 0          DVT2W     = 0
+DVT0       = -0.0150839 DVT1  = 1.51022E-3   DVT2      = 0.170688
+U0         = 415.8570638 UA     = 5.057324E-11 UB       = 1.496793E-18
+UC         = 2.986268E-11 VSAT  = 1.237033E5   A0        = 0.9098788
+AGS        = 0.2120181 B0    = 1.683612E-6   B1        = 5E-6
+KETA       = -4.011887E-4 A1    = 0          A2        = 1
+RDSW      = 1.156967E3 PRWG   = -8.468558E-3 PRWB      = -7.678669E-3
)
```

که میبینیم اینجا تغییر داده شده است.

حالا همین کاری که انجا کردیم را اینجا میکنیم برای بدست آوردن مقادیر v_{ih} و v_{il} و v_{oh} و v_{ol} و ولتاژ ترشهلد ترانزیستور پایینی.

پروژه درس الکترونیک دیجیتال



```
takhlie iii

m2 vdd out out out dmosn w=1.6u l=1.6u
m1 out A 0 0 cmosn w=6.4u l=0.8u

c1 out 0 1f
vdd vdd 0 3.3
va A 0 pulse 0 3.3 0 1n 1n 10u 20u

.dc va 0 3.3 0.01

.measure dc voh find v(out) when v(A)=0
.measure dc vol find v(out) when v(A)=3.3

.measure dc vm find v(A) when v(A)=v(out) cross=1

.measure dc vil find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=1
.measure dc vih find v(A) when deriv('v(out)')=-1 cross=2

.measure dc nml param='vil - vol'
.measure dc nmh param='voh - vih'

.measure dc Vth_NMOS find v(A) when I(M1)=1u
.tran 1p 100u

.options post

.MODEL DMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdif    = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM    = 27         TOX     = 7.7E-9
+XJ      = 1E-7       NCH     = 2.3579E17   VTH0    = -2.5
+K1      = 0.5542796  K2      = 0.0155863   K3       = 2.3475646
+K3B     = -3.3142916 W0      = 4.145888E-5  NLX      = 1.430868E-7
+DVTOW   = 0          DVT1W   = 0          DVT2W    = 0
+DVT0    = -0.0150839 DVT1   = 1.51022E-3   DVT2     = 0.170688
+U0      = 415.8570638 UA      = 5.057324E-11 UB      = 1.496793E-18
+UC      = 2.986268E-11 VSAT   = 1.237033E5  A0       = 0.9098788
+AGS     = 0.2120181  B0      = 1.683612E-6   B1        = 5E-6
+KETA    = -4.011887E-4 A1     = 0          A2        = 1
+RDSW    = 1.156967E3 PRWG   = -8.468558E-3 PRWB     = -7.678669E-3
+WR      = 1          WINT    = 5.621821E-8  LINT     = 1.606205E-8
+XL      = -2E-8       XW      = 0          DWG      = -6.450939E-9
+DWB     = 6.530228E-9 VOFF   = -0.1259348  NFACTOR  = 0.3344887
)

.MODEL CMOSN NMOS (
+LEVEL = 49          acm      = 3          hdif    = 0.5e-6
+VERSION = 3.1        TNOM    = 27         TOX     = 7.7E-9
+XJ      = 1E-7       NCH     = 2.3579E17   VTH0    = 0.5048265
+K1      = 0.5542796  K2      = 0.0155863   K3       = 2.3475646
+K3B     = -3.3142916 W0      = 4.145888E-5  NLX      = 1.430868E-7
```

```

depletionload_halate3 - Notepad
File Edit Format View Help
***** option summary
*****

runlvl = 3    bypass = 2.0000
*****

takhlie iii

***** dc transfer curves tnom= 25.000 temp= 25.000 *****
voh= 3.3000
vol= 166.6594m
vm= 1.3291
vil= 767.8463m
vih= 1.4677
nml= 601.1869m
nml= 1.8323
vth_nmos= 528.1321m
**info** dc convergence successful at Newton-Raphson method
*****

takhlie iii

***** operating point information tnom= 25.000 temp= 25.000 *****
***** operating point status is voltage simulation time is 0.
node =voltage node =voltage node =voltage

+0:a = 0. 0:out = 3.3000 0:vdd = 3.3000

***** job concluded
*****

takhlie iii

***** job statistics summary tnom= 25.000 temp= 25.000 *****

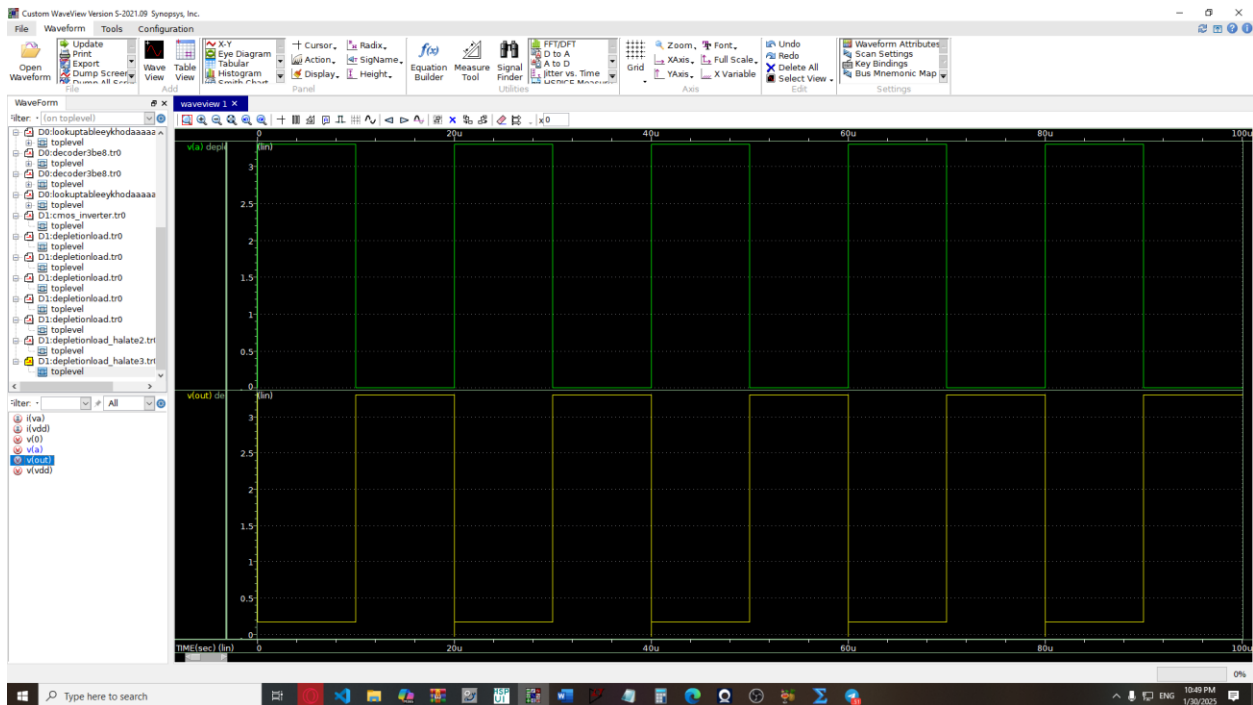
***** PrimeSim HSPICE Threads Information *****

Command Line Threads Count : 1
Available CPU Count : 6
Actual Threads Count : 1

***** Circuit Statistics *****
# nodes = 4 # elements = 5
# resistors = 0 # capacitors = 1 # inductors = 0
<

```

که اینجا هم اعدادش بدست می آید ولی اینبار اعدادش فرق میکند چون نسبت W به a فرق کرده.
حالا برویم شکل موج خروجی را ببینیم.



که باز هم میبینیم یک معکوس کننده است.

در صورت هر سوالی و یا ابهامی به تلگرام من

@saeedniaalireza

پیام دهید.

سپاس