

ПОЛУПРОВОДНИЧКЕ КОМПОНЕНТЕ

Лабораторијске вежбе

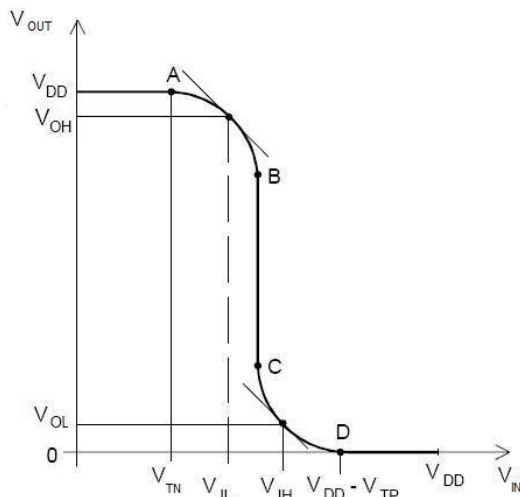
ВЕЖБА 6

MOSFET инвертор

УВОДНЕ НАПОМЕНЕ

Вежба приказује рад MOSFET транзистора као инвертора. Основну конфигурацију представља NMOS инвертор са пасивним оптерећењем (отпорником). Најефикаснија конфигурација је CMOS (Complementary MOS) инвертор који представља елементарно коло у дигиталним системима. Састоји се од упарених NMOS и PMOS транзистора на чије се изводе гејта доводи улазни сигнал док се излазни сигнал преузима са извода дрејна транзистора.

Преносна карактеристика MOS инвертора је дата на слици са означеним напонским нивоима важним за његово правилно функционисање.



Ознаке:

I - input; O – output; L – low; H - high

V_{TN} – напон прага NMOS-а; V_{TP} – напон прага PMOS-а;

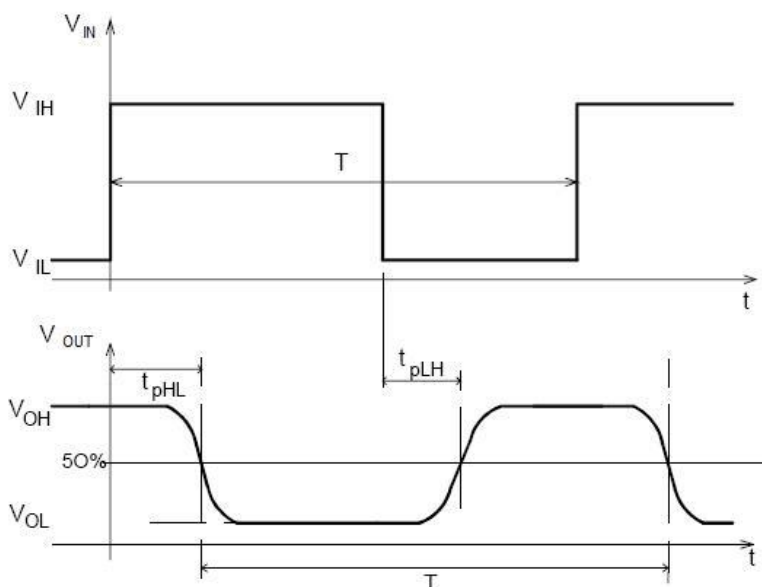
Стање ниског напонског нивоа до вредности V_L се сматра стањем логичке 0, док се стање високог напонског нивоа изнад вредности V_H сматра стањем логичке 1. Између ових вредности је недефинисано стање, односно прелазни режим инвертора. У идеалном стању је $V_{OH} = V_{DD}$ и $V_{OL} = 0V$.

Маргине шума:

$$NM_H = V_{OH} - V_{IH}$$

$$NM_L = V_{IL} - V_{OL}$$

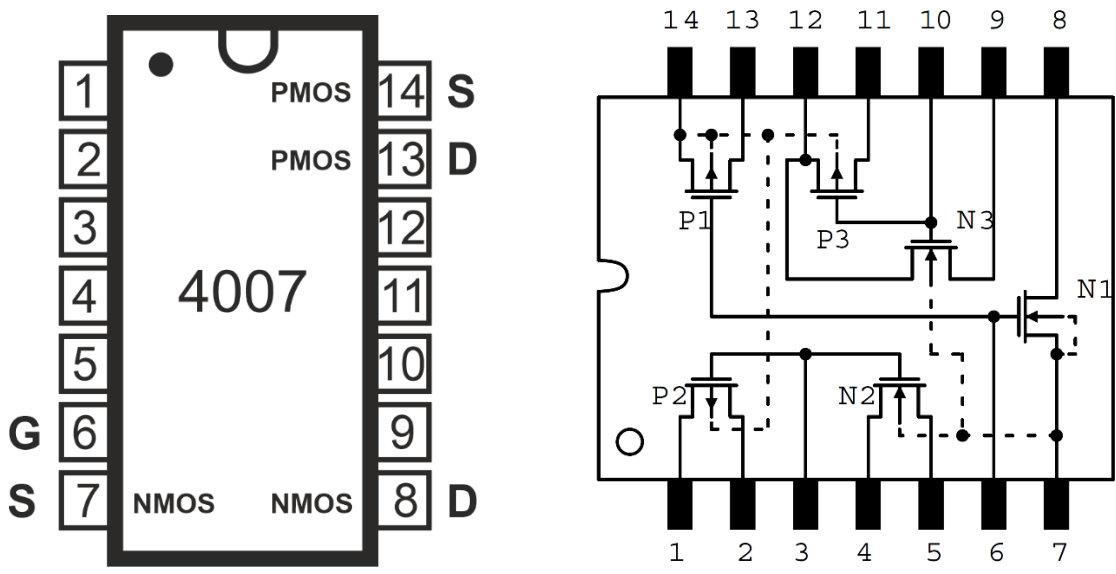
У временском домену је кашњење излазног сигнала инвертора у односу на улазни сигнал дефинисано као на слици:



t_{pHL} – кашњење излазног сигнала при прелазу из стања високог напонског нивоа (логичке 1) у стање ниског напонског нивоа (логичке 0).

t_{pLH} – кашњење излазног сигнала при прелазу из стања ниског напонског нивоа (логичке 0) у стање високог напонског нивоа (логичке 1).

За реализацију вежбе користити интегрисано коло CD4007 које се састоји од два комплементарна пара MOSFET транзистора и једног CMOS инвертора. Распоред пинова (*pinout*) код интегрисаног кола CD4007 приказан је на слици.



За рад је потребно:

- Извор наизменичних сигнала (сигнал генератор или генератор импулса),
- Извор једносмерног напона – 2 ком,
- Интегрисано коло CD4007,
- Отпорници 1 kΩ, 5 kΩ, 10 kΩ, 20 kΩ или декадна кутија,
- Осцилоскоп,
- Унимер (волтметар),
- Прото-плочица,
- Жице и каблови за повезивање.

ПОЛУПРОВОДНИЧКЕ КОМПОНЕНТЕ

Лабораторијске вежбе

Студент: _____

Број индекса: _____

Датум: _____

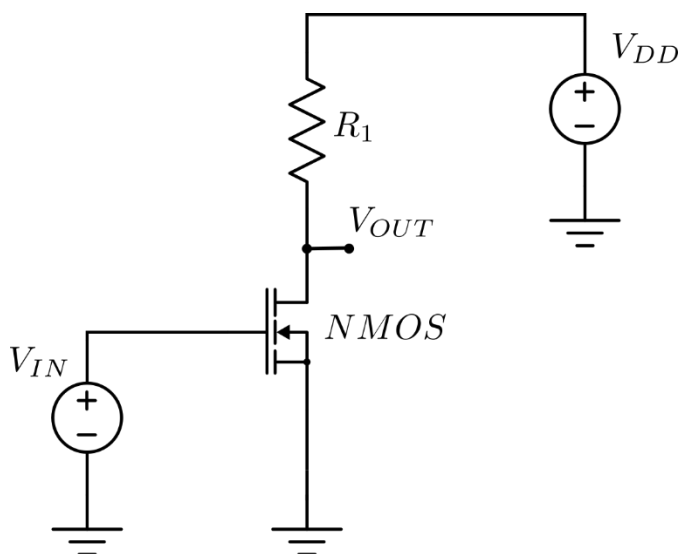
ВЕЖБА 6

MOSFET инвертор

УПУТСТВО ЗА РАД

NMOS инвертор са пасивним оптерећењем

1) Конструисати коло NMOS инвертора као на слици.



2) Поставити извор DC напона V_{DD} на 5 V, а као отпорност R_1 поставити декадну кутију. Мењати његову вредност на основу листе: 1 k Ω , 5 k Ω , 10 k Ω , 20 k Ω . За сваку вредност отпорности мењати напон V_{IN} према вредностима из приложене табеле, очитати на унимеру вредност излазног напона V_{OUT} и попунити одговарајуће колоне.

$R_1=1\text{ k}\Omega$

V_{IN} (V)	0	1	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3
V_{OUT} (V)																

V_{IN} (V)	3,1	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,9	4	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0
V_{OUT} (V)														

$R_1=5\text{ k}\Omega$

V_{IN} (V)	0	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2
V_{OUT} (V)												

V_{IN} (V)	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,5	4,0	4,5	5,0
V_{OUT} (V)										

$R_1=10\text{ k}\Omega$

V_{IN} (V)	0	0,5	1,0	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
V_{OUT} (V)										

V_{IN} (V)	2	2,1	2,2	2,3	2,4	3,0	4,0	4,5	5,0
V_{OUT} (V)									

$R_1=20\text{ k}\Omega$

V_{IN} (V)	0	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9
V_{OUT} (V)										

V_{IN} (V)	2	2,1	2,2	2,5	3	3,5	4	4,5	5,0
V_{OUT} (V)									

- 3) На јединственом графику нацртати добијене зависности излазног напона V_{OUT} од вредности напона V_{IN} за сваку вредност отпорности R_1 (преносне карактеристике инвертора).

За коју најмању вредност отпорника R_1 из листе се може сматрати да коло ради као добар инвертор?

$R_{1min} =$ _____.

Одредити маргине шума овог NMOS инвертора за $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$.

$V_{IL} =$ _____

$V_{IH} =$ _____

$V_{OL} =$ _____

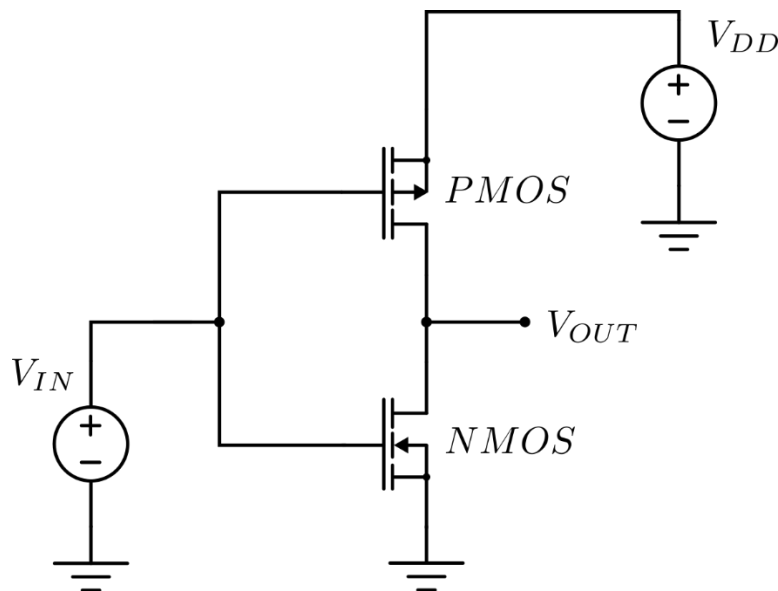
$V_{OH} =$ _____

$NM_L =$ _____

$NM_H =$ _____

CMOS инвертор

1) Уместо отпорника R_1 поставити PMOS транзистор тако да се формира коло CMOS инвертора као на слици. Поставити извор DC напона V_{DD} на 5 V.



2) Мењати улазни напон V_{IN} , очитати на унимеру напон на излазу кола V_{OUT} и попунити приложену табелу.

V_{IN} (V)	0	1	1,5	2	2,5	2,7	2,8	2,9	3	3,1
V_{OUT} (V)										

V_{IN} (V)	3,2	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	4,0	4,5	5,0
V_{OUT} (V)									

3) Нацртати добијену зависност излазног напона V_{OUT} од вредности улазног напона V_{IN} (преносна карактеристика инвертора).

Одредити маргине шума CMOS инвертора.

$V_{IL} =$ _____

$V_{IH} =$ _____

$V_{OL} =$ _____

$V_{OH} =$ _____

$NM_L =$ _____

$NM_H =$ _____

Временски одзив CMOS инвертора

- 1) Поставити улазни напон v_{IN} тако да даје правоугаоне периодичне сигнале амплитуде $V_{INp-p}=5$ V, са офсетом $V_{IN}=2,5$ V, фреквенце $f=50$ kHz и фактором испуне сигнала $D=50\%$.
- 2) Посматрати на осцилоскопу напон на улазу (v_{IN}) и напон на излазу кола (v_{OUT}).
- 3) Уочити разлику између ова два сигнала.
- 4) Одредити t_{pHL} – кашњење излазног сигнала при прелазу из логичке 1 у логичку 0 и t_{pLH} – кашњење излазног сигнала при прелазу из логичке 0 у логичку 1 као и пропагационо кашњење CMOS инвертора.

$t_{pHL} =$ _____

$t_{pLH} =$ _____

$t_p =$ _____

5) КРАЈ