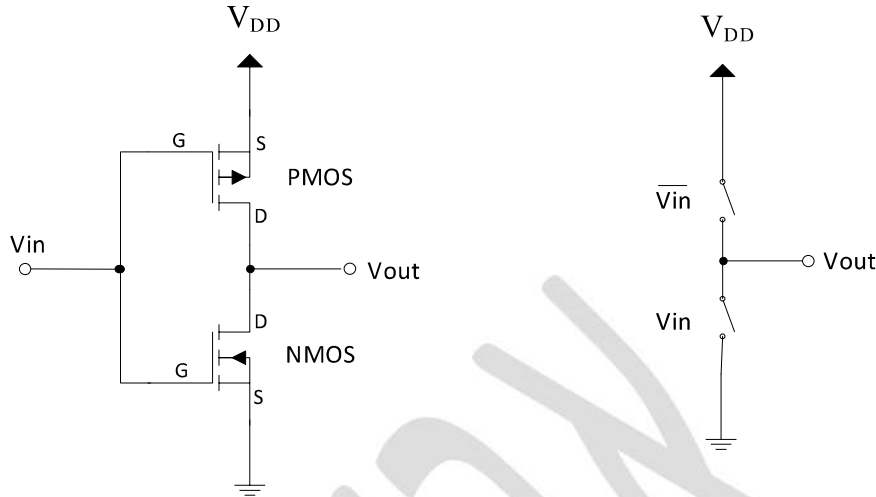


## שערי CMOS – תכנון שערים

### שער מהפך CMOS - Complementary MOS Inverter

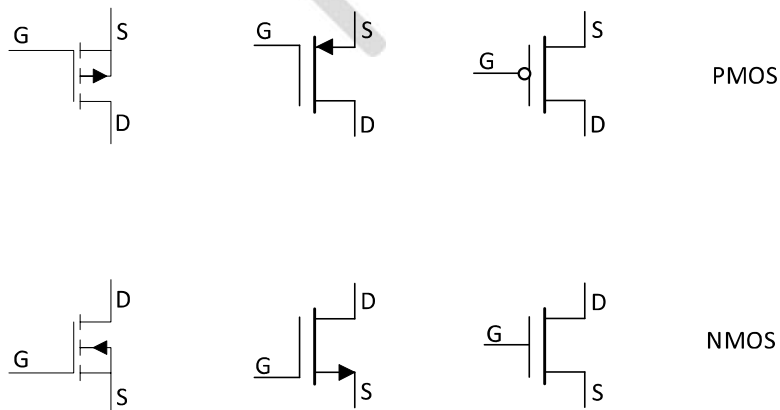


שער מהפך מורכב משני טרנזיסטורים MOSFET NMOS ו-PMOS מסוג הרחבה (Enhancement). כאשר ערך הכניסה הוא '1' לוגי רכיב NMOS במצב on ורכיב PMOS במצב off, לכן המוצא מקבל ערך '0' לוגי דרך הרכיב NMOS וכאשר ערך הכניסה הוא '0' לוגי, רכיב PMOS במצב on ורכיב NMOS במצב off ואז ערך המוצא מקבל '1' לוגי מ-VDD דרך הרכיב PMOS. רכיב PMOS פעיל ב-'0' לוגי ותמיד מחבר את VDD למוצא ורכיב NMOS פעיל ב-'1' לוגי ומחבר את המוצא לאדמה.

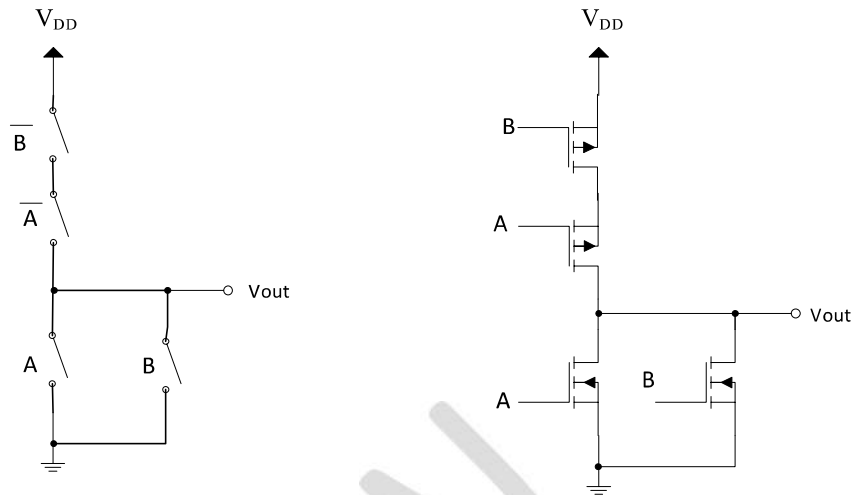
$$V_{out} = \overline{V_{in}}$$

נסמן את הרכיב PMOS כמתג שנסגר ב- $\overline{V_{in}}$  ואת רכיב NMOS שנסגר בהיפוך של פונקציית המוצא  $V_{in}$

### סימולים נוספים של MOSFET



## שער NOR



רכיבי PMOS העליונים פעילים בנמוך לכן הם מסומנים עם גג ורכיבי NMOS התחתונים פעילים בגבוה לכן הם מסומנים ללא גג.

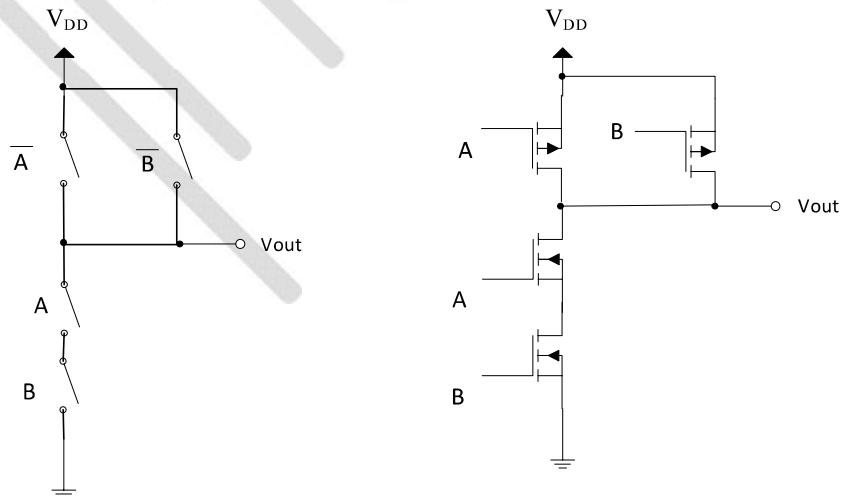
את הרכיבים PMOS מחברים לפי פונקציית השער, כפל משמעות שהם מחוברים בטור.

רכיבי NMOS מחברים לפי ההיפוך של פונקציית השער, חיבור משמעות שהם מחוברים במקביל.

$$V_{out} = \overline{A + B} = \bar{A} \cdot \bar{B}$$

$$\overline{V_{out}} = A + B$$

## שער NAND



שערי PMOS מחוברים במקביל (פונקציית השער, חיבור עם היפוך)

$$V_{out} = \overline{A \cdot B} = \bar{A} + \bar{B}$$

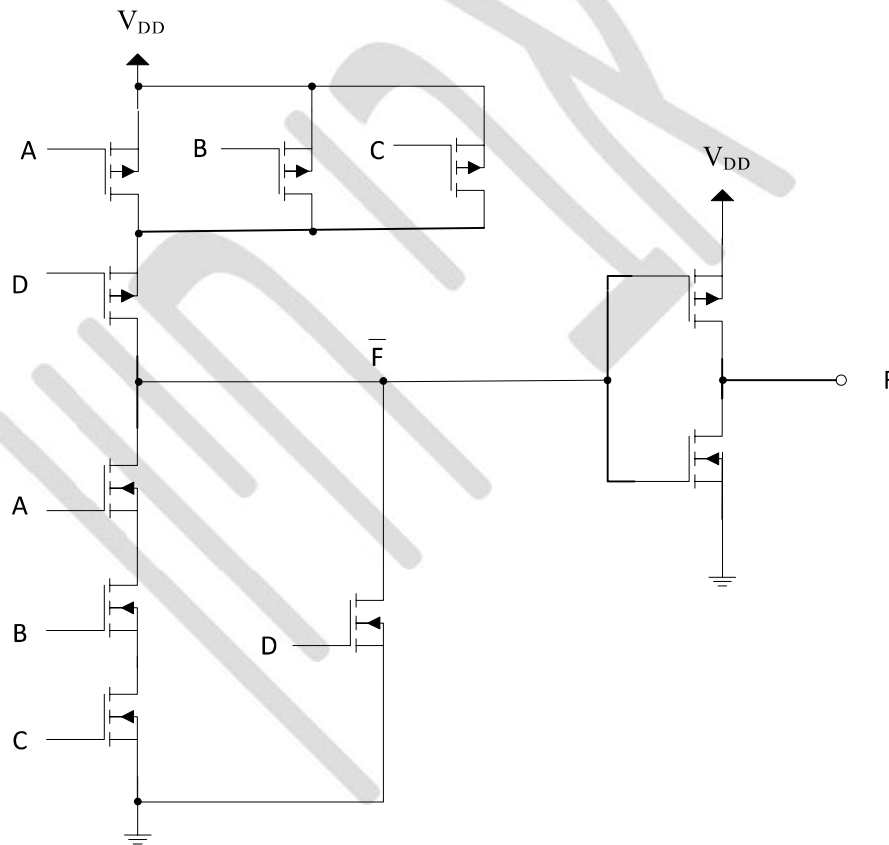
שערי NMOS מחוברים בטור (היפוך פונקציית השער, כפל ללא היפוך)

$$\overline{V_{out}} = A \cdot B$$

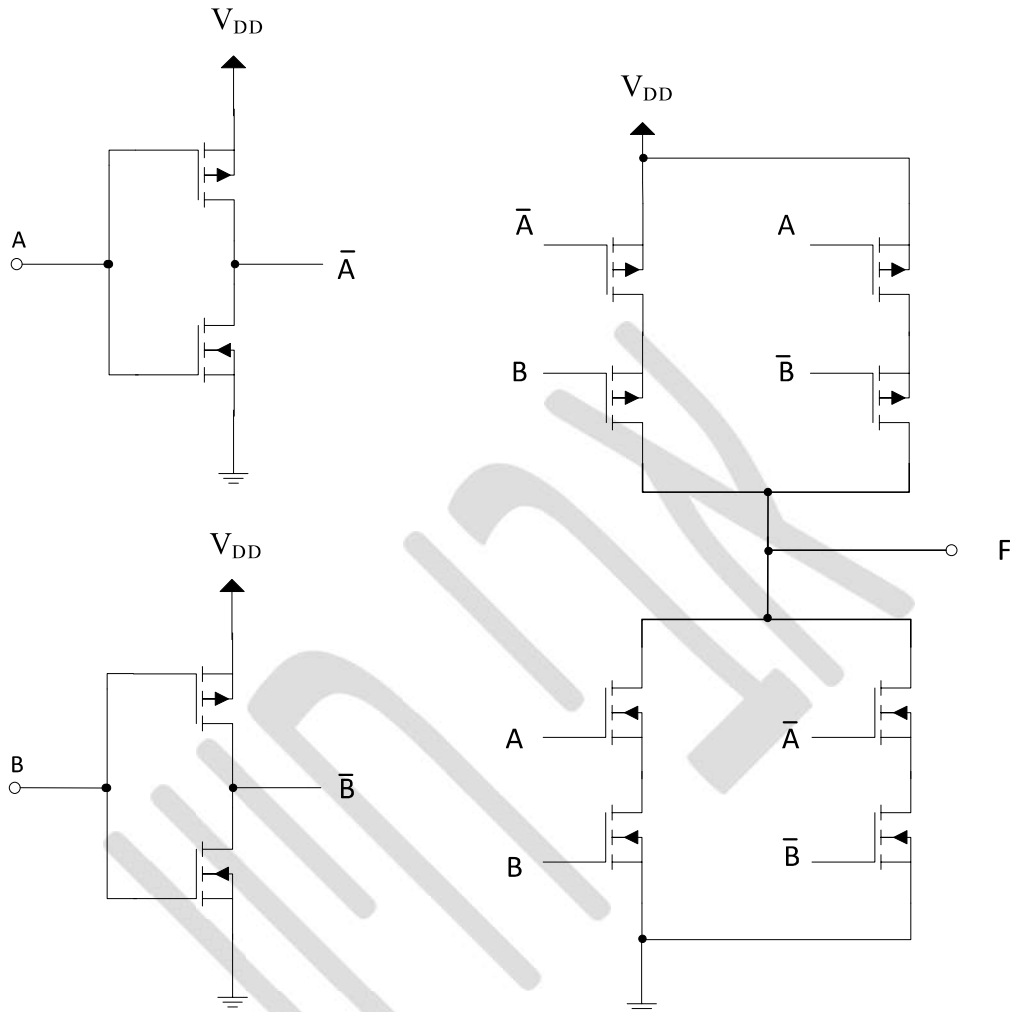
$$F = A \cdot B \cdot C + D$$

$$\bar{F} = \overline{A \cdot B \cdot C + D} = \overline{A \cdot B \cdot C} \cdot \bar{D} = (\bar{A} + \bar{B} + \bar{C}) \cdot \bar{D}$$

כיוון שרכיבי PMOS פעילים עם היפוך והפונקציה המתאימה היא  $\bar{F}$  נתכנן את הפונקציה  $\bar{F}$  ונחבר במוצא מהפך.



מה הפונקציה של השער הבא:



**תשובה**

אפשר למצוא את הפונקציה ההפוכה משערי NMOS

$$\bar{F} = \bar{A} \cdot \bar{B} + A \cdot B$$

שזהו היפוך של XOR, לכן השער הוא XOR

$$F = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$

אפשר גם למצוא את הפונקציה משערי PMOS (פעילים בנמוך)

$$F = \bar{A} \cdot B + A \cdot \bar{B}$$