

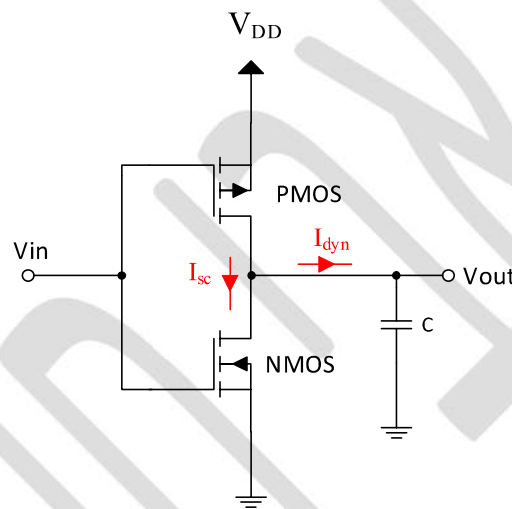
CMOS - צריכת הספק

פיזור הספק בשער CMOS

הצורך בהקטנת צריכת הספק נובע מהסיבות הבאות:

- אורך חיים של סוללות מכשירים
- בעיות חימום במכשירים
- שיפור ביצועי מערכת

שער מהפך CMOS



זרם I_{dyn} – טעינה ופריקה של קיבול המוצא C_L

זרם I_{sc} – זרם כאשר רכיב NMOS ו-PMOS מוליכים בו זמנית.

הספק הכולל - P_T

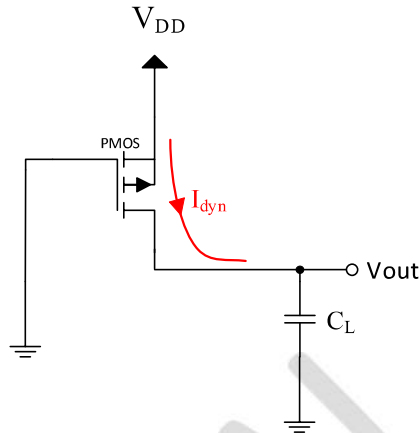
$$P_T = P_{dyn} + P_{sc} + P_{stat}$$

P_{stat} – הספק במצב סטטי תלוי בזרמי זליגה של רכיבי השער (הספק זה זניח כאשר אחד לעומת ההספקים האחרים)

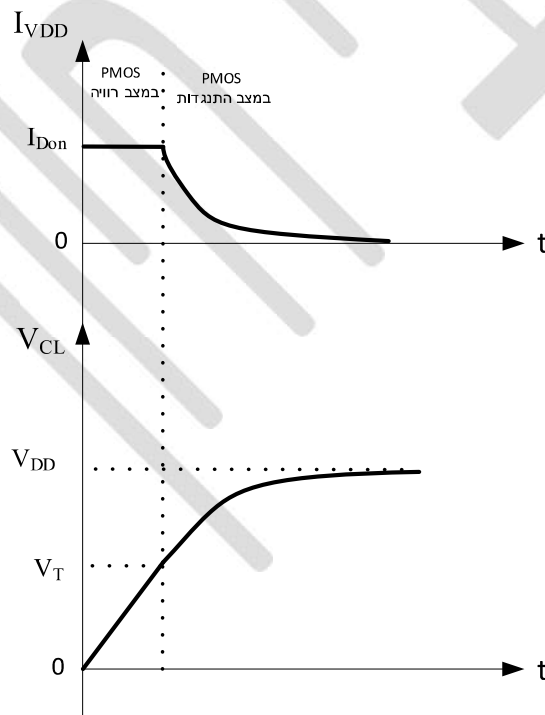
P_{sc} – הספק מעבר כאשר שני הטרנזיסטורים מוליכים.

P_{dyn} – הספק דינמי, מתפתח בזמן טעינה של קיבול העומס.

הערה: ההספק P_{sc} זניח לעומת הספק P_{dyn} כאשר קיבול המוצא גדול.



כאשר השער עובר ממצב '0' לוגי למצב '1' לוגי, הקבל נטען ממתח 0 עד למתח V_{DD} . בתחילת הטעינה הטרנזיסטור $PMOS$ במצב רוויה כי $V_{SD} > V_{SG} - V_T$ ו- $V_{SG} = V_{DD}$. לכן הטעינה לינארית דרך זרם קבוע. לאחר שהמתח V_{SD} מגיע $V_{SD} = V_{DD} - V_T$ או מתח הקבל מגיע ל- V_T , הטרנזיסטור נכנס למצב התנגדות ואז הטעינה היא אקספוננציאלית.



האנרגיה הנצרכת עבור מחזור אחד

(הקבל באותו מחזור מתפרק דרך טרנזיסטור $NMOS$)

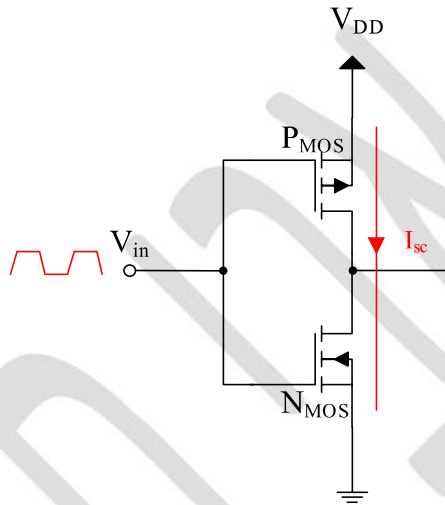
$$W_{dyn} = \int_0^{\infty} V_{DD} I_{VDD} dt = V_{DD} \int_0^{\infty} I_{VDD} dt = V_{DD} \int_0^{\infty} C_L \frac{dv_c}{dt} dt = V_{DD} \int_0^{V_{DD}} C_L dv_c = C_L V_{DD}^2$$

ההספק עבור גל ריבועי מחזורי בתדר f מחושב לפי:

$$P_{dyn} = \frac{W_{VDD}}{T} = W_{VDD} \cdot f = C_L V_{DD}^2 f$$

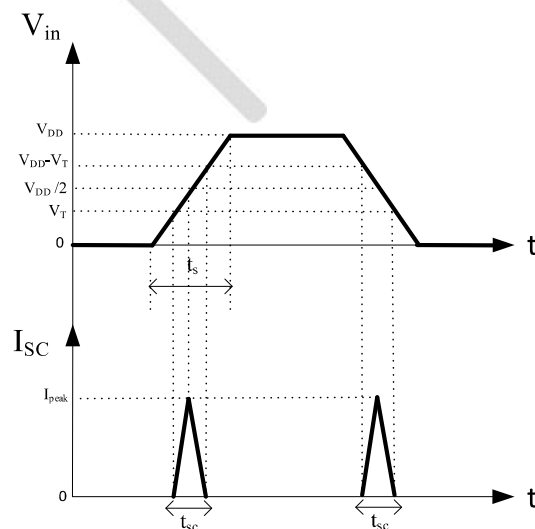
$$P_{dyn} = C_L V_{DD}^2 f$$

P_{sc} - הספק מעבר



במעבר ממצב לוגי אחד לשני, שני הטרנזיסטורים מוליכים וזורם זרם I_{sc} הגורם לצריכת הספק נוסף מהמקור V_{DD} , עוצמת הזרם והזמן תלויה בזמן עליה וירידה של גל הכניסה.

הזרם זורם כאשר המתח ב-NMOS גדול מ- V_T והמתח ב-PMOS הוא $V_{DD} - V_T$



האנרגיה למחזור אחד W_{SC}

$$W_{SC} = \int_0^{\infty} V_{DD} I_{SC} dt = V_{DD} \int_0^{\infty} I_{SC} dt = V_{DD} \cdot 2 \cdot \frac{I_{peak} \cdot t_{SC}}{2} = V_{DD} \cdot I_{peak} \cdot t_{SC}$$

אם נניח שבקירוב הזרם עולה לינארית נקבל שטח של 2 משולשים
ההספק עבור גל מחזורי בתדר f יהיה:

$$P_{SC} = V_{DD} \cdot I_{peak} \cdot t_{SC} \cdot f$$

t_{SC} - הזמן שבו המתח בכניסה עולה מ- V_T עד $V_{DD}-V_T$

$$t_{SC} = \frac{V_{DD} - 2V_T}{V_{DD}} \cdot t_r = \frac{V_{DD} - 2V_T}{V_{DD}} \cdot \frac{t_r}{0.8}$$

t_r - זמן עליה של גל הכניסה מ-10% עד 90% מערך המתח V_{DD} .

והזמן ביחס ישר לזמן t_r הוא 80% מהזמן t_{SC} .

$$t_{SC} = \frac{t_r}{0.8}$$

I_{peak} - זרם מקסימלי הזורם כשני הטרנזיסטורים כאשר מתח הכניסה שווה ל- $\frac{V_{DD}}{2}$

$$I_{peak} = K \left(\frac{V_{DD}}{2} - V_T \right)^2$$