

**הספקים:**

הספק דינמי:  $P_{dynamic} = \eta C_L V_{DD}^2 f$ ,  $\eta$  - נצילות המיתוג, מייצג את האחוז ממחזורי השעון בהם הקבל אכן מתמטג.

**הספקים סטטיים:**

Short Circuit Dissipation - הספק המתבזבז בזמן מיתוג בגלל שבזמן המעבר מתקבל מתח אסור בכניסה, לכן נרצה מיתוגים מהירים. זליגות בדיפוזיות: (S/D) - זליגות מהתעלה:

$$P_{static} |_{V_{OUT}=V_{DD}} = V_{DD} * J_{leakage,n^+p} * A_{total-out,n^+}$$

$$P_{static} |_{V_{OUT}=0} = V_{DD} * J_{leakage,p^+n} * A_{total-out,p^+}$$

$$I_{off} = W \cdot I_0 \cdot \exp\left(\frac{-q \cdot V_T}{mK_B T}\right)$$

Skewed Low  $x < b'$  (רוב הזמן בנמוך).  
Skewed High  $x > b'$  (רוב הזמן בגבוה).

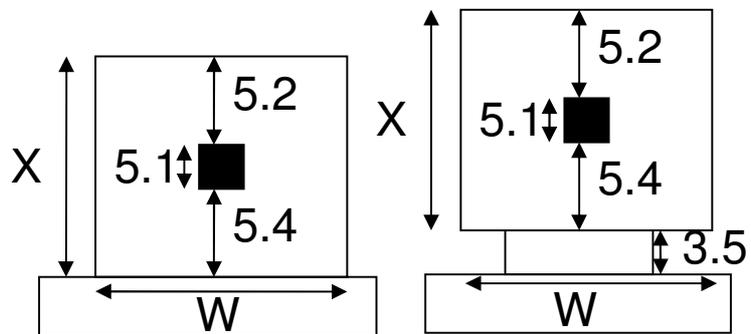
**חישוב 'b':**

**\*חישוב יחס P/N במהפכים סטטיים\* (עבור מהפכים S.H)**

$$b' = \frac{\mu_n}{\mu_p} * \frac{(V_{DD} - V_{Tn})}{(V_{DD} - |V_{Tp}|)} = b * \frac{(V_{DD} - V_{Tn})}{(V_{DD} - |V_{Tp}|)}, b = \frac{\mu_n}{\mu_p}$$

$$\frac{K_p}{K_n} = 1.85 \div 2.75 \Rightarrow \frac{W_p}{W_n} = 1.85 * b' \div 2.75 * b'$$

**חישוב מימדי דיפוזיה:**



- כלל 5.1: גודל אמיתי של מגע  $(2\lambda)$ .
- כלל 5.2: המשך פולי/אקטיב מעבר למגע  $(1.5\lambda)$ .
- כלל 5.4: מרחק מינימלי של מגע משער  $(2\lambda)$ .
- כלל 3.5: מרחק מינימלי של אקטיב משער  $(1\lambda)$ .

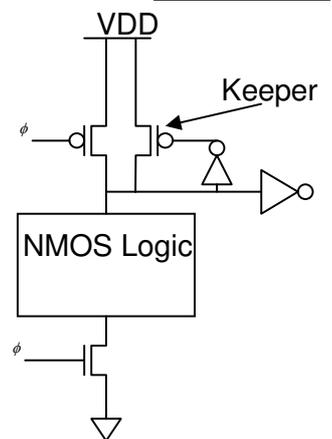
**חישוב קיבולים:**

קיבול פידוזיה:  $C_{diff,n/p} = C_{ja,n/p} (Area_{n/p}) + C_{jp,n/p} (Perimeter_{n/p})$   
קיבול כולל = קיבול רגיל + קיבול צימוד: רגיל: דיפוזיות, שער, קווים-מצע, צימוד: שער-דיפוזיה, metal-poly

**שער Domino:**

$$\frac{W_{Keeper}}{W_{Logic,eff}} < \frac{b'}{10} \leftarrow \frac{K_{keeper}}{K_{logic,eff}} \approx \frac{1}{10}$$

**SPD: Secondary Precharge Device**  
משמש לטעינת קדם של צמתים פנימיים, מוזן ע"י טרנזיסטור אשר מחובר לשעון כך שבזמן  $\phi = 0$  (precharge) גם הצומת הפנימי ייטען.  
חלוקת מטען:



$$\Delta V = \frac{C_{added}}{C_L + C_{added}} * V_{DD} \quad C_{added} = C_{coupling} + C_{inner\_junction}$$

יחס בין טרנזיסטורי הלוגיקה לבין טרנזיסטור השעון בבלוקי הפריקה המותנית: יש לקבוע את טרנזיסטור השעון כך שלא יהווה צוואר בקבוק לפריקה, ובניגוד לכך שיעמים ככל הפחות על מערכת אספקת השעון.  
\* ניתן לבחור בקירוב גם את טרנזיסטור השעון להיות זהה בגודלו לטרנזיסטורי הלוגיקה.

חישוב גודל טרנזיסטור השעון (precharge) בשער דומינו: מחושב עבור כל שער דומינו בנפרד

**PMOS Domino**

**NMOS Domino**

$$t_{precharge} < A * t_{evaluation} \Rightarrow R_{precharge} C < A R_{evaluation} C$$

$$\Rightarrow \frac{1}{W_{n,eff}} < A \frac{b'}{W_{p,eff}} \Rightarrow W_{n,eff} > \frac{W_{p,eff}}{A b'}$$

$$t_{precharge} < A * t_{evaluation} \Rightarrow R_{precharge} C < A R_{evaluation} C$$

$$\Rightarrow \frac{b'}{W_{p,eff}} < A \frac{1}{W_{n,eff}} \Rightarrow W_{p,eff} > \frac{b}{A} W_{n,eff}$$

\* כאשר עושים Sizing למסלול ובו שערי דומינו, נרצה מהפכים סטטיים S.H, כלומר נשמור את  $W_p$  כמו של מהפך סימטרי ונחשב את  $W_n$  ע"פ יחס P/N. את המהפך של ה-keeper נקבע למינימלי S.L כדי לא להעמיס הרבה על המוצא, ולשפר את NMH במוצא הדרגה. עמוד 54 בחוברת התרגולים.

\* בשערי דומינו לא לשכוח את טרנזיסטור השעון. למשל ב-NAND יש עוד טרנזיסטור בטור.

חישוב VOL עבור pseudo-nmos: ע"מ 37 בחוברת תרגולים.

בקירוב מתקבל כי:

$$V_{OL} \cong \frac{K_p}{K_n} * \frac{(V_{DD} - |V_{T,p}|)^2}{2 * (V_{DD} - V_{T,n})}$$

\* מבנה שערים סטטיים <= עמוד 58 בחוברת.

חישוב יחס P/N אופטימלי להשגיה ממוצעת מינימלית:

$$\chi = \frac{W_p}{W_n}$$

$$b = \frac{\mu_n}{\mu_p}$$

$$\alpha = \frac{C_{ox} L}{\frac{C_{ox}}{L} (V_{DD} - V_T)}$$

$$\beta = \frac{C_{ja} X}{\frac{C_{ox}}{L} (V_{DD} - V_T)}$$

$$\langle T \rangle = \frac{1}{2} (T_r + T_f)$$

$$T_f = \frac{1}{\frac{C_{ox} \mu_n W_n}{L A_1} (V_{DD} - V_T)} \left[ C_{ox} L (B W_n + C W_p) + C_{ja} X (D W_n + E W_p) \right]$$

$$T_r = \frac{1}{\frac{C_{ox} \mu_p W_p}{L A_2} (V_{DD} - V_T)} \left[ C_{ox} L (B W_n + C W_p) + C_{ja} X (D W_n + E W_p) \right]$$

$$T = \left( \frac{A_1}{\mu_n W_n} + \frac{A_2}{\mu_p W_p} \right) \left[ \frac{\alpha}{\frac{C_{ox}}{L} (V_{DD} - V_T)} (W_n + W_p) + \frac{\beta}{\frac{C_{ox}}{L} (V_{DD} - V_T)} (D W_n + E W_p) \right]$$

$$T = \alpha \left( \frac{A_1 B}{\mu_n} + \frac{A_2 C}{\mu_p} + \frac{A_1 \chi C}{\mu_n} + \frac{A_2 B}{\mu_p \chi} \right) + \beta \left( \frac{A_1 D}{\mu_n} + \frac{A_2 E}{\mu_p} + \frac{A_1 \chi E}{\mu_n} + \frac{A_2 D}{\mu_p \chi} \right)$$

$$0 = \frac{dT}{d\chi} = \alpha \left( \frac{-A_2 B}{\mu_p \chi^2} + \frac{A_1 C}{\mu_n} \right) + \beta \left( \frac{-A_2 D}{\mu_p \chi^2} + \frac{A_1 E}{\mu_n} \right) \Rightarrow \chi^2 = \frac{b}{A_1} * \frac{\alpha A_2 B + \beta A_2 D}{\alpha C + \beta E}$$

מס' שערי טרנז' n - B מס' דיפוזיות n המחבורות ליציאה - D

מס' שערי טרנז' p - C מס' דיפוזיות p המחבורות ליציאה - E

**קבועים ויחידות:**

$$1A = 1 * 10^{-4} \mu m$$

$$C_{ox(nmos_{-0.35\mu})} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r}{t_{ox}} = 4.315 \frac{fF}{\mu m^2} \quad t_{ox(nmos_{-0.35\mu})} = 79[A]$$

$$C_{ox(test\ technology)} = C_{ox(nmos_{-0.35\mu})} \frac{t_{ox(nmos_{-0.35\mu})}}{t_{ox}[A](test\ technology)}$$

**כללי אצבע:**

\* השהיית קו (עד  $\frac{1}{2}V_{dd}$ )

\* חישוב זמני פריקה/טעינה:  $T_{r,f} = 4 \cdot RC$

$$T_D \cong 0.35RC \quad \tau = R_{eff} * C_L = \frac{C_L}{K_{eq} (V_{DD} - V_T)}, \quad K = K' \frac{W_{eff}}{L} = \mu C_{ox} \frac{W_{eff}}{L}$$

$$N_{opt} = \ln \left( \frac{C_L}{C_{in}} \right) \text{ מספר הדרגות. } N, A = \sqrt[N]{\frac{C_L}{C_{in}}}$$

מסלול רגיל ~ 3, מסלול דומינו ~ 2.5.