

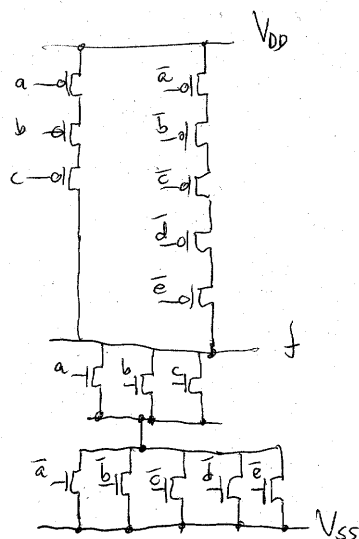
Lösningsförslag till tentamen 991030

$$f = \bar{a}\bar{b}\bar{c} + abcde$$

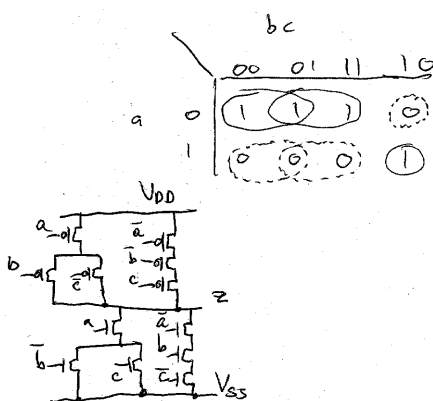
f blir uttrycket för pmos-trädet

$$\bar{f} = \overline{\bar{a}\bar{b}\bar{c} + abcde} = (a+b+c)(\bar{a}+\bar{b}+\bar{c}+\bar{d}+\bar{e})$$

$\bar{f}$ blir uttrycket för nmos-trädet



Rita in sanningstabellen i ett K-diagram



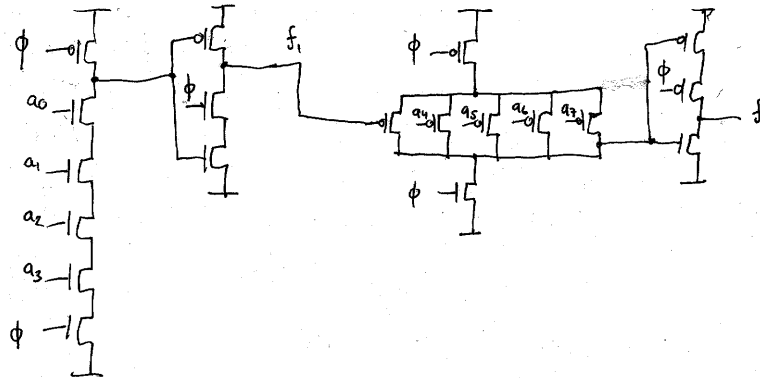
Ringa in 1:or för pmos träd

$$\begin{aligned} f_p &= \bar{a}\bar{b} + \bar{a}c + ab\bar{c} = \\ &= \bar{a}(\bar{b}+c) + ab\bar{c} \end{aligned}$$

Ringa in 0:or för nmos träd

$$\begin{aligned} f_n &= a\bar{b} + ac + \bar{a}b\bar{c} = \\ &= a(\bar{b}+c) + \bar{a}b\bar{c} \end{aligned}$$

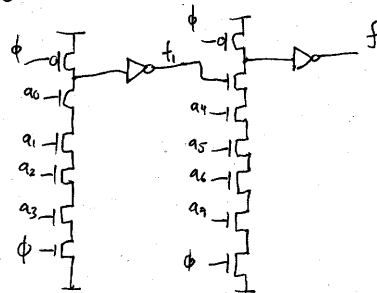
2 a) TSPC



där $f_1 = a_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$

och $f = f_1 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot a_6 \cdot a_7$

b) Dominologik

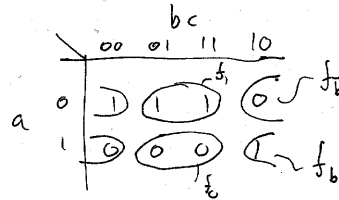


där $f_1 = a_0 \cdot a_1 \cdot a_2 \cdot a_3$

och $f = f_1 \cdot a_4 \cdot a_5 \cdot a_6 \cdot a_7$

3. Konstruera ett passtransistornät med funktionen i 1b)

Karnaugh diagram:



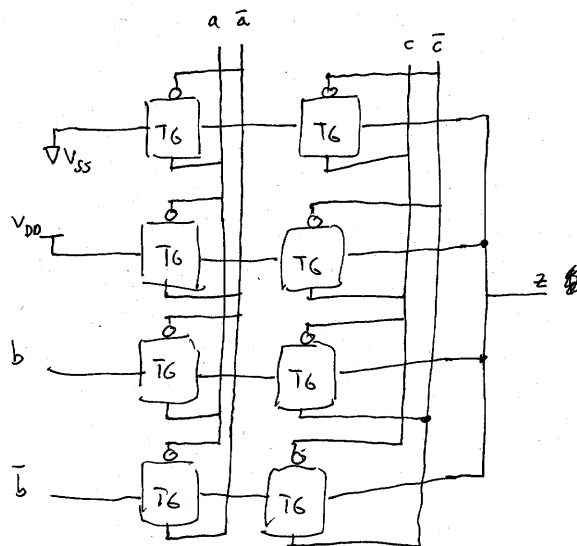
Välj b som passvariabel.

$$f_0 = ac$$

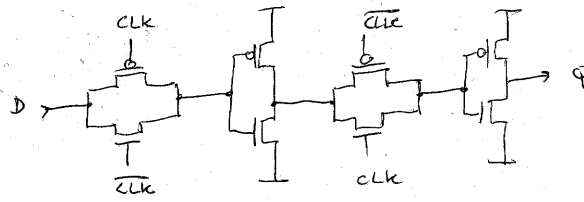
$$f_1 = \bar{a}c$$

$$f_2 = a\bar{c}$$

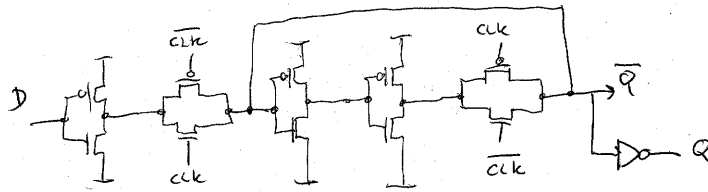
$$f_3 = \bar{a}\bar{c}$$



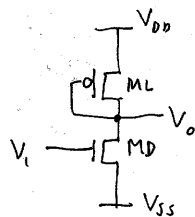
4. Dynamic DFF



Static DFF



5. Beräkna värdet för V_o för nedanstående inverterare



$$V_{DD} = 5V$$

$$V_{TP} = -0.7V$$

$$V_{TN} = 0.5V$$

$$\beta_D = 120 \mu A/V^2$$

$$\beta_L = 80 \mu A/V^2$$

$$V_I = 5V$$

1. Bestäm transistorernas arbetsmoder.

ML: $V_{GS} = V_{DS} \Rightarrow$ alltid är i mättnad

MD: V_I är stor $\rightarrow V_o$ blir liten $\Rightarrow$ MD är i linjär mode.

2. Sätt upp I_{DS} för transistorerna

$$\left. \begin{aligned} I_{DS,ML} &= \frac{\beta_L}{2} (V_{DD} - V_o - |V_{TP}|)^2 \\ I_{DS,MD} &= \beta_D \left[(V_I - V_{TN}) V_o - \frac{V_o^2}{2} \right] \\ I_{DS,MD} &= I_{DS,ML} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$\frac{\beta_L}{2} (V_{DD} - V_o - |V_{TP}|)^2 = \beta_D \left[(V_I - V_{TN}) V_o - \frac{V_o^2}{2} \right]$$

Sätt in givna värden och lös ut V_o

$$\frac{80}{2} (5 - V_o - 0.7)^2 = 120 \left[(5 - 0.5) V_o - \frac{V_o^2}{2} \right]$$

$$40 (4.3 - V_o)^2 = 120$$

$$40 (18.49 - 8.6 V_o + V_o^2) = 540 V_o - 60 V_o^2$$

$$100 V_o^2 - 884 V_o + 739.6 = 0$$

$$V_o^2 - 8.84 V_o + 7.396 = 0$$

$$V_o = \frac{8.84}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{8.84}{2}\right)^2 - 7.396}$$

$$V_o = 4.42 \pm 3.48$$

$$V_{o(1)} = 7.90431V \text{ (ej rimligt då det överstiger } V_{DD})$$

$$V_{o(2)} = 0.93569V$$

$$\underline{\text{Svar: } V_o = 0.9V}$$

6. Bestäm den dynamiska effektförbrukningen

$$C_{\text{logik}} = 700 \text{ pF}$$

$$C_{\text{clock}} = 110 \text{ pF}$$

$$\alpha_{\text{logik}} = 0.3$$

$$V_{DD} = 3.3 \text{ V}$$

$$f = 10 \text{ MHz}$$

$$P_{\text{tot}} = P_{\text{logik}} + P_{\text{clock}}$$

$$P_{\text{logik}} = \frac{1}{2} \alpha \cdot C_{\text{logik}} \cdot V_{DD}^2 \cdot f$$

$$P_{\text{clock}} = C_{\text{clock}} \cdot V_{DD}^2 \cdot f$$

$$P_{\text{tot}} = f \cdot V_{DD}^2 \left(\frac{1}{2} \alpha C_{\text{logik}} + C_{\text{clock}} \right)$$

$$P_{\text{tot}} = 10^7 \cdot 3.3^2 \left(\frac{1}{2} \cdot 0.3 \cdot 700 + 110 \right) \cdot 10^{-12} [\text{W}]$$

$$P_{\text{tot}} = 23 \text{ mW}$$

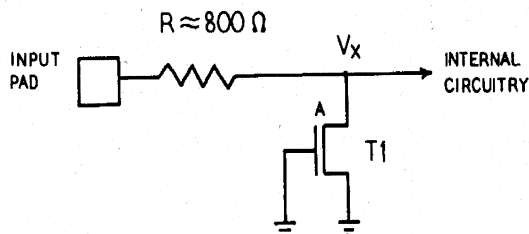
Svar: Den dynamiska effektförbrukningen är 23 mW

7. Vilka är fördelarna med BIST framför scan-baserade metoder

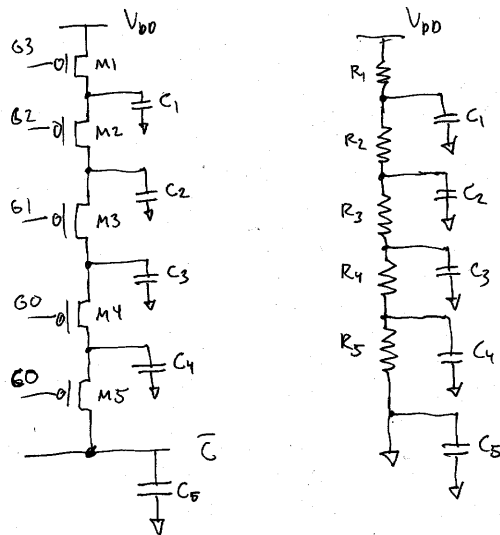
- Kan köras med hög klockfrekvens (som vid drift)
- Kräver ingen extern testutrustning. Testlogiken är inbyggd i kretsen.

nMOS ingångsskydd

- $V_x \gg V_{DD}$, T1 leder pga genombrott, strömmen begränsas av R så att T1 inte brinner upp.
- $V_x < -V_{TN}$, T1 leder 'normalt'
- Ingångsspänning kommer då att begränsas till $-V_{TN} < V_x < V_{\text{punch-through}}$



9. Bestäm den längsta RC fördröjningen med Penfield-Rubenstein modellen. Stigtiden beror på pull-up vägen från utgången till V_{DD} . Värsta fördröjningen fås genom vägen via $M1, M2, M3, M4$ och en av $M5, M6, M7, M8, M9$. ($M6, M7, M8, M9$ är anslutna till $P0, P1, P2, P3$ respektive). Säg att vägen genom $M5$ ger värsta fördröjningen

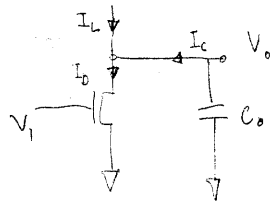


Genom att en transistor som leder kan betraktas som en ekvivalent Resistans (R) kan RC fördröjningen bestämmas som:

$$t_{RC} = R_1 C_1 + (R_2 + R_1) C_2 + (R_3 + R_2 + R_1) C_3 + (R_4 + R_3 + R_2 + R_1) C_4 + (R_5 + R_4 + R_3 + R_2 + R_1) C_5$$

t_{RC} ovan är svaret.

MAN



10.

1(5)

de är överlappande
boken med stort s. 208

$$I_D = I_L + I_C$$

eller

$$I_D = I_L - \frac{dV_0}{dt} C_0 \quad (- \text{tecknet kommer av att } I_C \text{ det som går in i } C_0)$$

eftersom $I_D \gg I_L$ blir

$$I_D(V_0) = -C_0 \frac{dV_0}{dt}$$

den tid det tar att ladda ur C_0 , t_{dis} , definieras som

$$t_{dis} = t_2 - t_1 \quad (1)$$

och är den tid det tar för V_0 att falla från V_{OH} till V_{OL} ($0.9V_{OH}$ till $V_0 = V_{OL}$)

$$t_{HL} = \int_{t_1}^{t_2} dt = -C_0 \int_{V_0=V_{OH}}^{V_0=V_{OL}} \frac{dV_0}{I_D(V_0)}$$

drivtransistorn (NMOS) ändras från mättat till linjär då

$$V_0 = V_1 - V_{TN}$$

detta inträffar vid tidpunkten t_x

p.g.a att två arbetsområden är inblandade så bryts (1) ner till

$$t_{HL} = (t_2 - t_x) + t_x - t_1$$

där

$$(t_x - t_1) = -C_0 \int_{V_{OH}}^{V_{OH} - V_{TN}} \frac{dV_0}{\frac{\beta_D}{2} (V_{OH} - V_T)^2} \quad (2) \quad (\text{beskriver urladdning då utgången faller från } V_{OH} \text{ till } V_{OH} - V_{TN})$$

$$(t_2 - t_x) = -C_0 \int_{V_{OH} - V_{TN}}^{V_{OL}} \frac{dV_0}{\frac{\beta_D}{2} [2(V_{OH} - V_{TN})V_0 - V_0^2]} \quad (3)$$

Integrering av (2) är Trivial

$$(t_x - t_1) = \frac{2C_0 V_{TN}}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})^2}$$

Integrering av (3) t₂s genom tabell

$$(t_2 - t_x) = - \frac{2C_0}{\beta_n} \int_{V_{OH}-V_{TN}}^{V_L} \frac{dV_0}{(2(V_{OH}-V_{TN})-V_0)V_0}$$

Fra tabell: (Physics Handbook Chap 6)

$$\left. \int \frac{dx}{(ax+b)(px+q)} = \frac{1}{bp-aq} \ln \left(\frac{px+q}{ax+b} \right) \right\} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned} b &= 2(V_{OH} - V_{TN}) \\ a &= -1 \\ p &= 1 \\ q &= 0 \end{aligned}$$

$$(t_2 - t_x) = - \frac{2C_0}{\beta_n} \left[\frac{1}{2(V_{OH} - V_{TN})} \ln \left(\frac{V_0}{2(V_{OH} - V_{TN}) - V_0} \right) \right]_{(V_{OH} - V_{TN})}^{V_{OL}}$$

$$= - \frac{C_0}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})} \left[\ln \frac{V_0}{2(V_{OH} - V_{TN}) - V_0} \right]_{V_0 = V_{OH} - V_{TN}}^{V_0 = V_{OL}}$$

$$= \frac{C_0}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})} \left\{ \ln \frac{V_{OH} - V_{TN}}{2V_{OH} - 2V_{TN} - V_{OH} + V_{TN}} - \ln \frac{V_{OL}}{2(V_{OH} - V_{TN}) - V_{OL}} \right\}$$

$$= \frac{C_0}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})} \left\{ \underbrace{\ln \frac{V_{OH} - V_{TN}}{V_{OH} - V_{TN}}}_{=1} - \ln \frac{V_{OL}}{2(V_{OH} - V_{TN}) - V_{OL}} \right\}$$

$$= \frac{C_0}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})} \cdot \ln \left(\frac{2(V_{OH} - V_{TN})}{V_{OL}} - 1 \right)$$

$$t_{HL} = \tau_n \left\{ \frac{2V_{TN}}{(V_{OH} - V_{TN})} + \ln \left[\frac{2(V_{OH} - V_{TN})}{V_{OL}} - 1 \right] \right\}$$

$$\text{där} \quad \tau_n = \frac{C_0}{\beta_n (V_{OH} - V_{TN})} \quad \left[k = \frac{2V_{TN}}{(V_{OH} - V_{TN})} + \ln \left[\frac{2(V_{OH} - V_{TN})}{V_{OL}} - 1 \right] \right]$$