

第三章作业

T1

$$t_p = \frac{t_{pHL} + t_{pLH}}{2}$$

$$\text{导电因子 } K = K' * \frac{W}{L}$$

$$\text{故 } K_P = 100(\mu A/V^2) * \frac{2}{1} = 40(\mu A/V^2) * \frac{5}{1} = K_N$$

所以反相器为对称反相器

$$t_p = t_{pHL} = t_{pLH} = 1.2 * \frac{C_L}{K_P * (V_H + V_{TP})} = 1.2 * \frac{1 * 10^{-12}}{2 * 10^{-4} * (2.5 - 0.6)} = 3.159 ns$$

$$t_r = 3.7 * R_{onP} * C_L = 3.7 * \frac{C_L}{K_P * (V_H + V_{TP})} = 3.7 * \frac{1 * 10^{-12}}{2 * 10^{-4} * (2.5 - 0.6)} = 9.737 ns$$

$$t_f = 3.7 * R_{onN} * C_L = 3.7 * \frac{C_L}{K_N * (V_H - V_{TN})} = t_r = 9.737 ns$$

T2

$$\text{设此对称反相器的 } (\frac{W}{L})_N = x, (\frac{W}{L})_P = 2.5x$$

$$\text{则导电因子分别为 } K_N = K_P = 100x(\mu A/V^2)$$

$$t_p = t_{pHL} = 1.2 * \frac{0.2 * 10^{-12}}{x * 10^{-4} * (3.3 - 0.75)} = 250 ps$$

$$\text{解得 } x = \frac{64}{17}$$

$$\text{即 } (\frac{W}{L})_N = \frac{64}{17} \approx 3.765, (\frac{W}{L})_P = \frac{160}{17} \approx 9.412$$

T3

由于T2中为对称反相器, 故 $K_P = K_N$

$$R_{onP} = \frac{1}{K_P * (V_H + V_{TP})}$$

$$R_{onN} = \frac{1}{K_N * (V_H - V_{TN})}$$

$$\text{由于 } V_{TN} = -V_{TP}, K_P = K_N$$

$$\text{所以 } R_{onP} = R_{onN}$$

T4

$$t_{old} = 280 ps, t_{new} = 250 ps$$

$$\text{由于 } t_{old} : t_{new} = K_{P_{new}} : K_{P_{old}} = 28 : 25$$

所以我们只需要按比例放大T2中得到的宽长比即可

$$\text{得到新的 } (\frac{W}{L})_N = \frac{1792}{425} \approx 4.216, (\frac{W}{L})_P = \frac{896}{85} \approx 10.541$$

T5

(1)

使用环形振荡器测量电路的工作频率及延迟时间。

(2)

$t_p = \frac{1}{2nf}$, 其中n是反相器的级数, 它应该为奇数。

(3)

对称反相器设计中, 平均延迟时间= (上升延迟时间+下降延迟时间) /2, 有利于提高电路的工作频率。

T6

(1)

$$C_L = \beta^N C_0$$

(2)

$$\text{可知 } t = 1.2 * \frac{C_0}{[K'_N * (\frac{W}{L})_N + K'_P * (\frac{W}{L})_P] * (V_H - V_{TN})}$$

对于第1级反相器, 宽长比与驱动电容 C_0 的第0级反相器相同, 但是第1级反相器的负载电容为 βC_0

故总体上, $t_1 = \beta t$

对于第n级反相器, $n = 2, 3, \dots, N$, 反相器宽长比是第n-1级反相器的 β 倍, 负载电容也是第n-1级反相器的 β 倍, 故二者相互抵消, 整体延时仍为 βt

综上, $t_n = \beta t$, 其中 $n = 1, 2, \dots, N$

(3)

$$\text{由第 (1) 问得到 } C_L = \beta^N C_0 \quad ①$$

$$\text{由第 (2) 问易得 } t_B = N \beta t \quad ②$$

$$\text{通过①式可以解得 } \beta = e^{\frac{1}{N} \ln \frac{C_L}{C_0}} \quad ③$$

$$\text{代入②得到 } t_B = N t e^{\frac{1}{N} \ln \frac{C_L}{C_0}} \quad ④$$

(4)

$$\text{对④式求导, 为了方便计算, 我们用 } \beta \text{ 替换 } N \text{ 得到 } N = \frac{\ln \frac{C_L}{C_0}}{\ln \beta} \quad ⑤$$

$$\text{把⑤式代入④式, 得到 } t_B = \ln \frac{C_L}{C_0} t * \frac{\beta}{\ln \beta} \quad ⑥$$

$$\text{现在对⑥式中的 } \beta \text{ 求导, 得到 } t'_B = \ln \frac{C_L}{C_0} t * \frac{\ln \beta - 1}{(\ln \beta)^2} \quad ⑦$$

$$\text{令⑦式}=0, \text{ 得到 } \beta = e \quad ⑧$$

代入得到 $N = \ln \frac{C_L}{C_0}$, 此时使得 t_B 最优