第九课：反相器链

Tuesday, October 8, 2019 1:35 PM

1. 本征电容：C_{int}，负载电容：C_{ext}；
2. 传输延时：$t_p = t_{p0}(1 + \frac{C_{ext}}{C_{int}})$；
3. 本征延时：$t_{p0} = 0.69 \cdot R_{eq} \cdot C_{int}$，$(C_{ext} = 0)$；
4. 本章假定：参考门为最小尺寸反相器；
5. 本征电容包括：扩散电容和弥勒电容；
6. 参考门尺寸因子S：$t_p = t_{p0}(1 + \frac{C_{ext}}{SC_{iny}})$；
7. 确定反相器链的尺寸；
   a. 加大反相器的尺寸可以减小自身的延时，但也加大了其输入电容，即作为前一级门负载而增加；
8. 反相器的输入栅与本征输出电容：$C_{int} = \gamma C_g$,对于大多数亚微米工艺$\gamma \approx 1$；
9. 延时方程：$t_p = t_{p0}(1 + \frac{f}{\gamma})$；
10. 等效扇出：$f = \frac{C_{ext}}{C_g}$，反相器的延时只取决于它的外部负载电容与输入栅电容的比值；
11. 反相器链：$t_p = t_{p0} \cdot \Sigma_{j=1}^{N}\left(1 + \frac{C_{g,j+1}}{\gamma C_{g,j}}\right), C_{g,N+1} = C_L$；
12. 确定级数N的最小延时约束条件：每个反相器的最优尺寸时它与相邻的前后两个反相器尺寸的几个平均数$C_{g,j} = \sqrt{C_{g,j-1} \cdot C_{g,j+1}}$，约束条件为$\frac{C_{g,j+1}}{C_{g,j}} = \frac{C_{g,j}}{C_{g,j-1}}$；
    a. 每个反向器的尺寸都对于它前面反相器的尺寸放大相同倍数f；
    b. 每级反相器具有相同的等效扇出$f_i = f(\frac{C_{out}}{C_{in}})$；
    c. 每级反相器具有相同延时
    d. 当每级反相器尺寸依次增大f倍，且具有相同的等效扇出f，$F = \frac{C_L}{C_{g,1}} = f^N$；
    e. 当C_L和$C_{g,1}$给定时，每级的等效扇出$f = F^{\frac{1}{N}}$；
    f. 最小路径延时：$t_p = Nt_{p0}(1 + \frac{F^{\frac{1}{N}}}{\gamma})$；
13. 确定反相器链的最优级数N和等效扇出f：
    a. $C_L = F \cdot C_{in} = f^N C_{in}$ with $N = \frac{\ln F}{\ln f}$;
    b. $t_p = Nt_{p0}\left(\frac{f}{\gamma} + 1\right) = \frac{t_{p0} \ln F}{\gamma}(\frac{f}{\ln f} + \frac{\gamma}{\ln f})$;
    c. $\frac{\partial t_p}{\partial f} = \frac{t_{p0} \ln F}{\gamma} \cdot \frac{\ln f - 1 - \frac{\gamma}{f}}{\ln^2 f} = 0$;
    d. $f = e^{1+\frac{\gamma}{f}}$;
    e. 最优等效扇出：
        i. for $\gamma = 0, f = e, N = \ln F$(忽略自载，只由扇出构成负载，收敛解);
        ii. for $\gamma = 1, f_{opt} = 3.6$(包括自载，数值解);
    f. 当驱动较大负载时，采用反相器链能够达到更加明显的加速效果；