

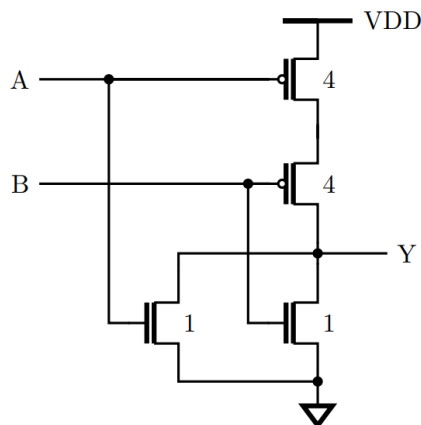
第四章习题解答 1

TA_滕子涵

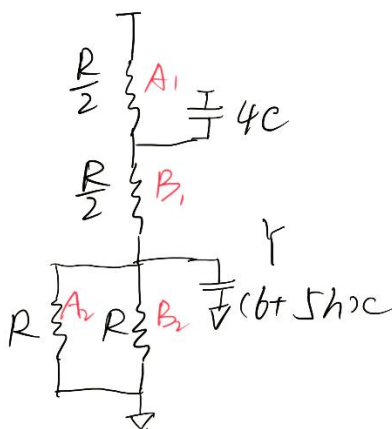
4.1

解：

两输入与非门晶体管电路图：



若认为 PMOS 共用扩散区，画出电阻电容：



题目要求分析传播延时，也就是最坏情况：

1、上升

输出上升，AB 变化到 00，关键是分析变化前的输入状态。

变化前输入有三种可能 11 10 01，若想使得输出延时最大，那么变化前应该是 10，因为这种情况下 A1 B1 间扩散电容充满电，在输出上升时要经历一次放电，导致延时较长，其他两种情况由于输出变化前 A1 是导通的，A1 B1 间扩散电容本就处于未充电状态，AB 变为 00 后无需再放电，延时较短。

$$t_{pdr} = \left(\frac{R}{2} + \frac{R}{2}\right) \cdot (6 + 5h)C + \frac{R}{2} \cdot 4C = (8 + 5h)RC$$

2、下降

输出下降，AB 初始状态 00，关键是分析变化后的输入状态。

变化后输入有三种可能 11 10 01，10 对应延时最大，因为这时候 A1 截止了 B1 还是导通状态，这样可以给 A1 B1 间扩散电容充电，导致延时较长。

$$t_{pdf} = (6 + 5h)C \cdot R + 4C \cdot R = (10 + 5h)RC$$

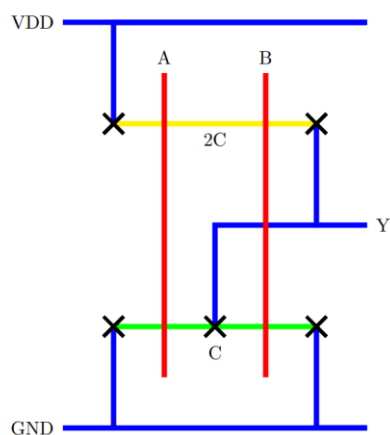
这里很多同学把 $4C \cdot R$ 写成了 $4C \cdot (R + \frac{R}{2})$ ，是不对的，详情请看课件 18 页“Elmore 延时模型”最后一点。

下面几道题目对最坏情况的分析类似，不再赘述，同学们可以自己尝试分析

4.2

解：

棒图：



关于棒图和版图的区别，第一次习题解答说过了，为啥还有同学没弄明白

传播延时计算如下：

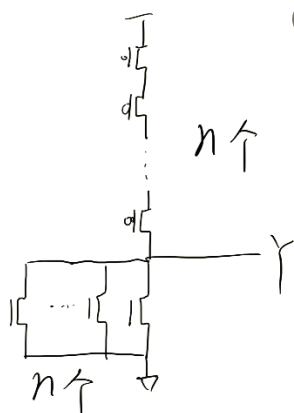
$$t_{pdr} = \left(\frac{R}{2} + \frac{R}{2}\right) \cdot (5 + 5h)C + \frac{R}{2} \cdot 2C = (6 + 5h)RC$$

$$t_{pdf} = (5 + 5h)C \cdot R + 2C \cdot R = (7 + 5h)RC$$

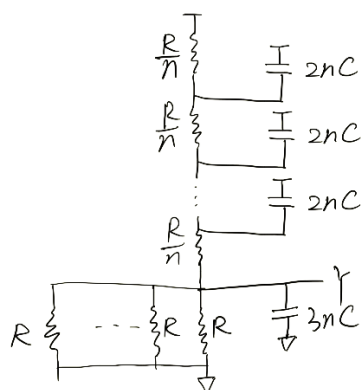
4.4

解：

晶体管电路图：



等效电路图：



$$t_{pdr} = \frac{R}{n} \cdot 2nC + \frac{2R}{n} \cdot 2nC + \dots + \frac{(n-1)R}{n} \cdot 2nC + R \cdot 3nC = (n^2 + 2n)RC$$

$$t_{pdf} = 2nC \cdot (n-1) \cdot R + 3nC \cdot R = (2n^2 + n)RC$$

4.6

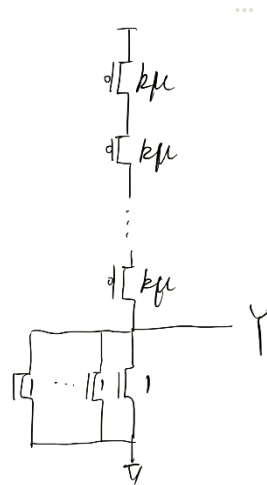
解：

宽度变大，相当于电阻并联，电容串联，所以电容变为原来的 4 倍，也就是 12 单位电容，电阻变为原来的 1/4，所以根据 Elmore 延时模型，寄生延时不变。

逻辑努力要求和提供相同电流 I（也就是电阻相同）的反相器做比，这里大家不要和单位反相器比了，和自己比就行，所以是 1。

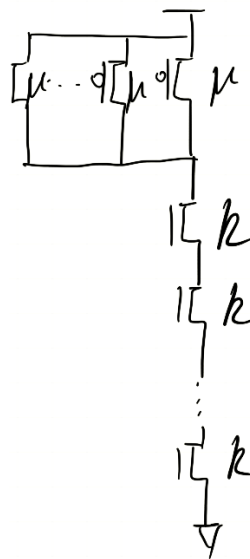
4.20

解：
或非：



$$g = \frac{k\mu + 1}{\mu + 1}$$

与非：



$$g = \frac{\mu + k}{\mu + 1}$$

比较可知 μ 为 1 时两者相等，大于 1 时与非门延时更小，故采用与非门。

4.22

解:

对于 $p_{inv} = 1$,

$$d_{FO4} = g_{FO4}h_{FO4} + p_{inv} = (1 \times 4 + 1)\tau = 5\tau$$

$$d = g\hbar + 2p_{inv} = \left(\frac{4}{3} \times 3 + 2 \times 1\right)\tau = 6\tau = 1.2d_{FO4}$$

对于 $p_{inv} = 0.75$,

$$d_{FO4} = g_{FO4}h_{FO4} + p_{inv} = (1 \times 4 + 0.75)\tau = 4.75\tau$$

$$d = g\hbar + 2p_{inv} = \left(\frac{4}{3} \times 3 + 2 \times 0.75\right)\tau = 5.5\tau = 1.158d_{FO4}$$

变化了 $\frac{1.2-1.158}{1.2} = 3.5\%$

对于 $p_{inv} = 1.25$,

$$d_{FO4} = g_{FO4}h_{FO4} + p_{inv} = (1 \times 4 + 1.25)\tau = 5.25\tau$$

$$d = g\hbar + 2p_{inv} = \left(\frac{4}{3} \times 3 + 2 \times 1.25\right)\tau = 6.5\tau = 1.238d_{FO4}$$

变化了 $\frac{1.238-1.2}{1.2} = 3.2\%$