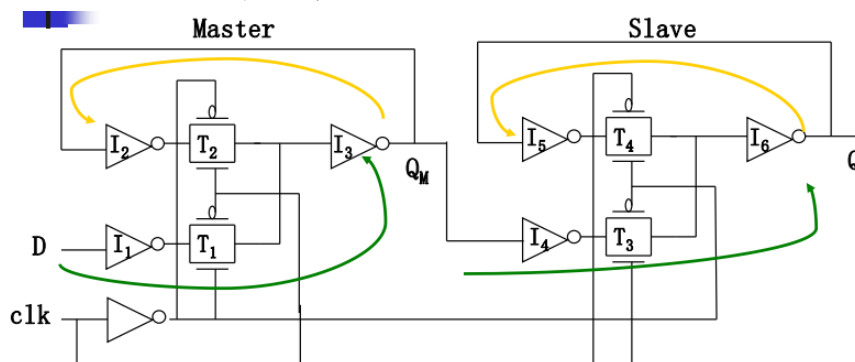


《VLSI 系统导论》实验 3 - 22 管 DFF 的 t_{setup} 测量

09017227 卓旭

一、实验内容

按照下图结构搭建一个 22 管 DFF。



测量该 DFF 的 t_{su} 指标，标准为 t_{clk-q} 上升 5% 时，即 $1.05t_{clk-q}$ 处的 t_{su} 。

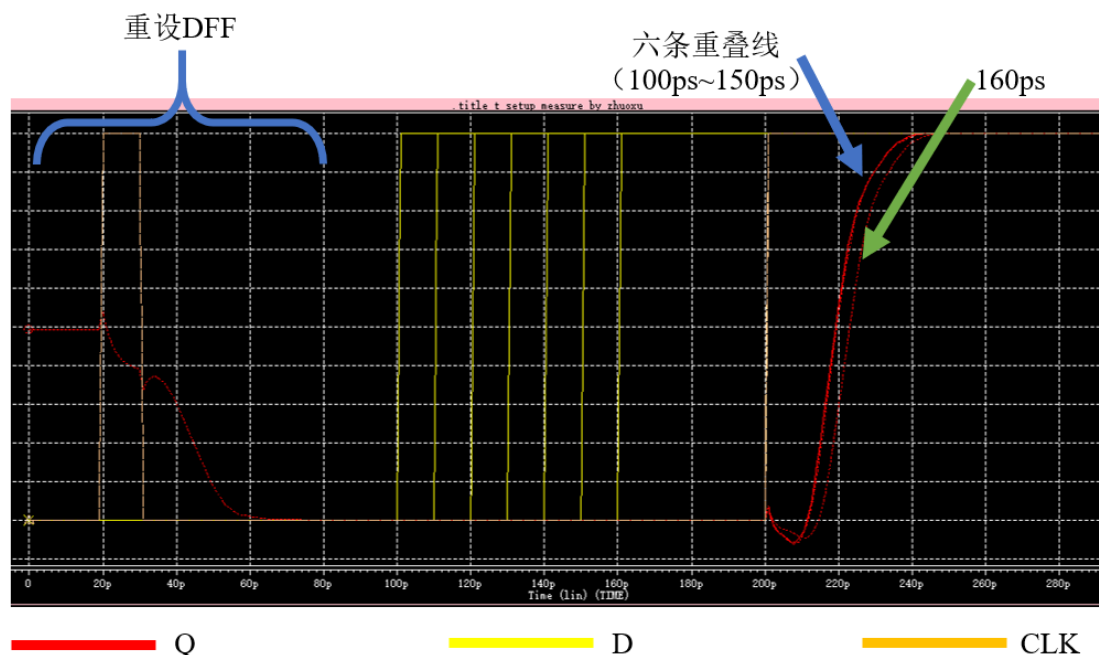
二、实验过程与结果

使用 CMOS 反相器和 CMOS 传输门按图搭建 DFF，有关代码如下：

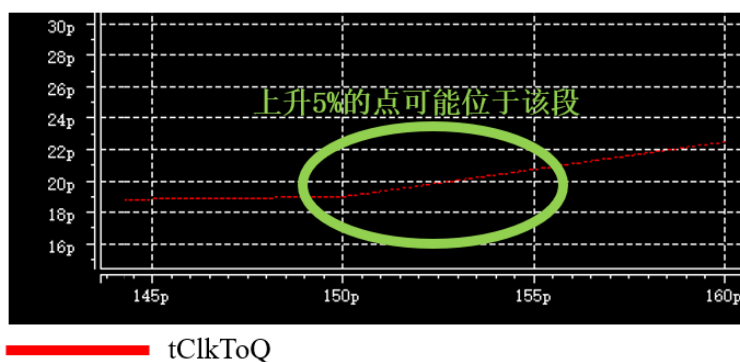
<pre>\$ CMOS 反相器 .SUBCKT INV vi vo XP vo vi vcc! vcc! p11l1_ckt w=240n l=40n XN vo vi gnd! gnd! n11l1_ckt w=180n l=40n .ENDS \$ CMOS 传输门 .SUBCKT TRANSFER vi vo ctrl nCtrl XP vi nCtrl vo vcc! p11l1_ckt w=240n l=40n XN vi ctrl vo gnd! n11l1_ckt w=180n l=40n .ENDS</pre>	<pre>\$ 22 管 D 触发器 .SUBCKT DFF D Q clk Xclk clk nClk INV XI1 D oI1 INV XT1 oI1 oT1 nClk clk TRANSFER XI3 oT1 oI3 INV XI2 oI3 oI2 INV XT2 oI2 oT2 clk nClk TRANSFER XI4 oI2 oI4 INV XT3 oI4 oT3 clk nClk TRANSFER XI6 oT3 Q INV XI5 Q oI5 INV XT4 oI5 oT4 nClk clk TRANSFER .ENDS</pre>
--	--

该 DFF 在初始状态下 Q 口输出为弱高（500mV），故在正式测量前，在 resetAt=20ps 时间点处给一个 CLK 上升沿，将所存数据换为 0。从 100ps 开始为正式测量阶段。

使用 .MEASURE 语句定义 t_{clk-q} 和 t_{setup} 的测量。接下来，固定 CLK 的下次上升沿时间点为 clkRiseAt=200ps，变化数据上升沿时间点 dataRiseAt。首轮在 100ps~160ps 之间以 10ps 为步进变化，获得粗略的 t_{clk-q} 延长时的 dataRiseAt 位置，结果如下：



检查测量结果文件 (.mt0)，五条重叠线对应的 $t_{ClkToQ}=1.868e-11$ s，则目标 $t_{Setup}=1.05t_{ClkToQ}=1.961e-11$ s。进一步地，观察 MEASURE 结果图像，可以猜测下一步搜索区间为 150ps~155ps:



在 150ps~155ps 区间以 0.01ps 步进搜索，检查结果文件 (.mt0)，获得下列三个最相近记录（注：dataRiseAt 与上图不符的原因是上图步长大，精度低）:

dataRiseAt	tClkToQ	tSetup
1.549e-10	1.961e-11	4.509e-11
1.549e-10	1.961e-11	4.508e-11
1.549e-10	1.961e-11	4.507e-11

对 t_{Setup} 取平均可得测量结果为:

$$t_{su} = 4.508 \times 10^{-11} \text{ s} = 45.08 \text{ ps}$$