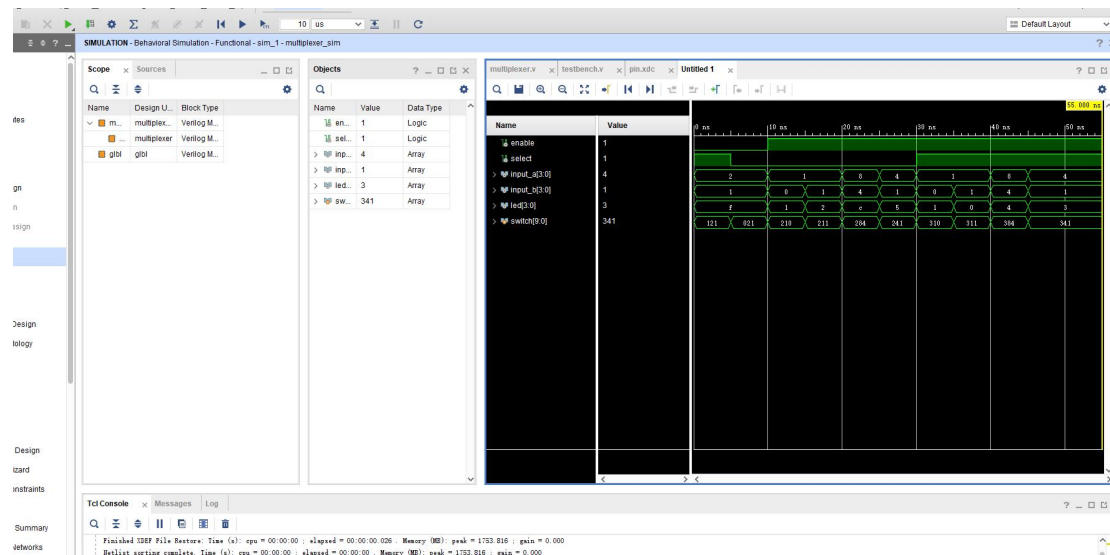


一、多路复用器（multiplexer）

1. 仿真波形分析



multiplexer 模块完成的多路复用器功能，输入有使能 enable、选择 select、数据 input_a 和 input_b、输出为 output。从上述波形可以看出：

(1) 初始态 enable 为 0，输入 select 信号为 1，输入 input_a、input_b 为 2、1，输出 led 为 f，符合预期；

(2) 5ns 时，enable 仍为 0，输入 select 信号从初始 1 变为 0，输入 input_a、input_b 仍为 2、1，输出 led 仍为 f，符合预期；

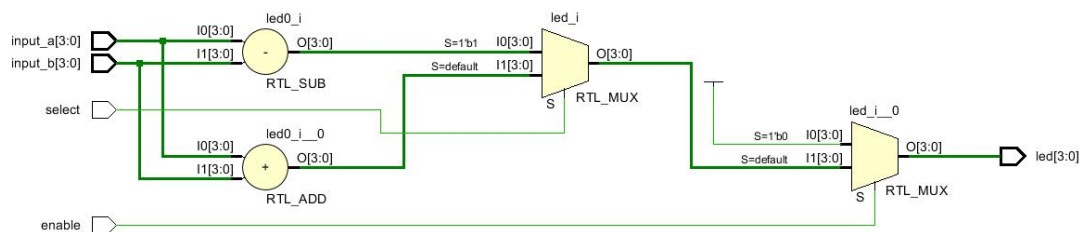
(3) 10ns 时，enable 从初始 0 变为 1，使能有效，输入 select 信号仍为 0，此时选择器执行 a+b 的加法，输入 input_a、input_b 变为 1、0，输出 led 为 1，符合预期；后续波形直到 30ns，使能 enable 一直有效，输入 select 信号一直为 0，输入数据不断变化，输出符合预期。

(4) 30ns 时，enable 仍为 1，使能仍有效，输入 select 信号从 0 变为 1，此时选择器执行 a-b 的减法，输入 input_a、input_b 为 1、0，输出 led

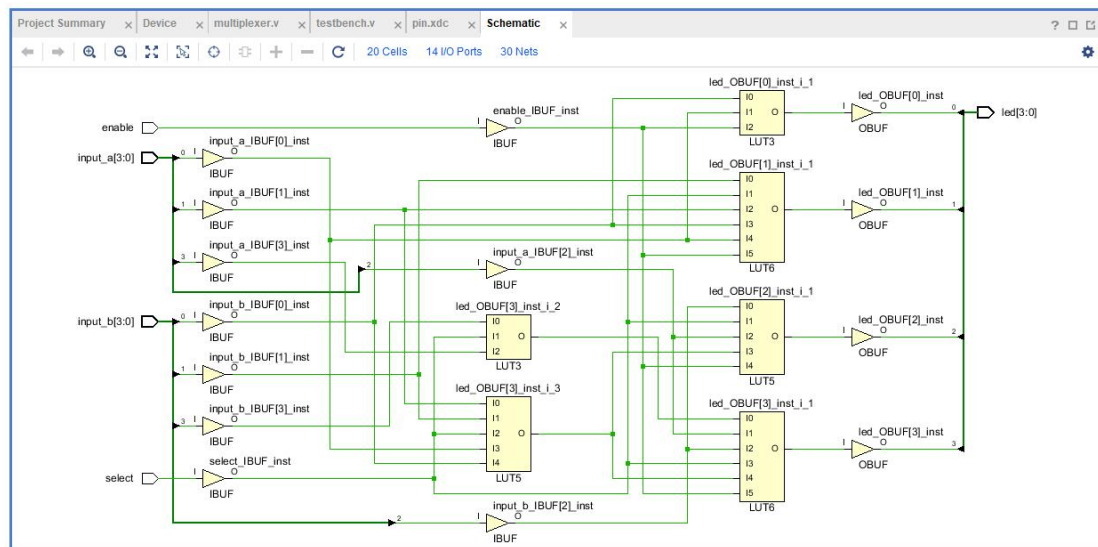
为 1,符合预期;后续波形直到 55ns,使能 enable 一直有效,输入 select 信号一直为 1,输入数据不断变化,输出符合预期;

故根据上述分析, multiplexer 模块实现了 2 输入 4 位多路复用器的功能: 当输入 select 信号为 0 时执行 $a+b$ 的加法运算, 当输入 select 信号为 1 时执行 $a-b$ 的减法运算。

2. RTL Analysis



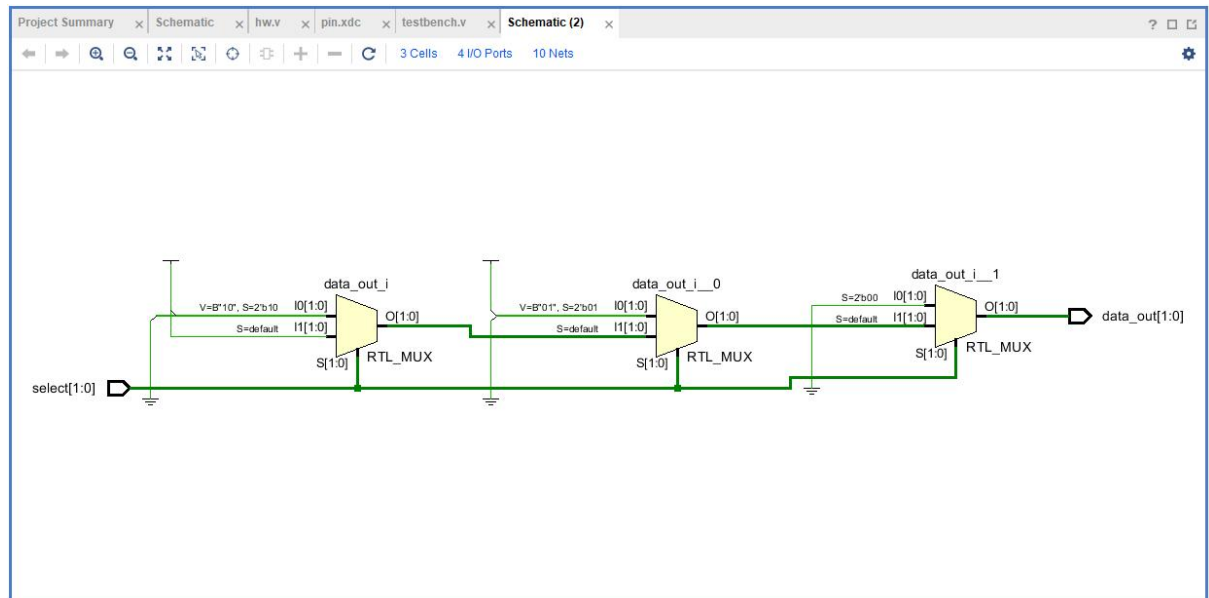
3. Synthesis schematic



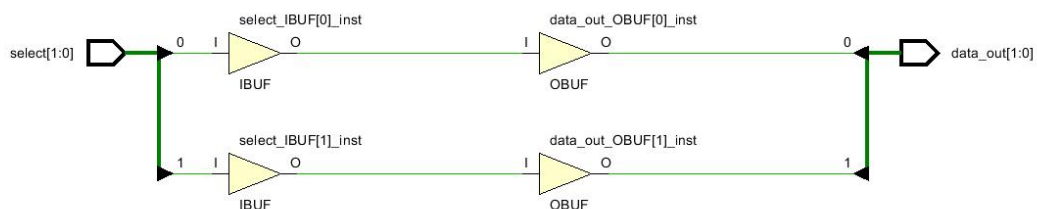
二、课后作业

1. test1

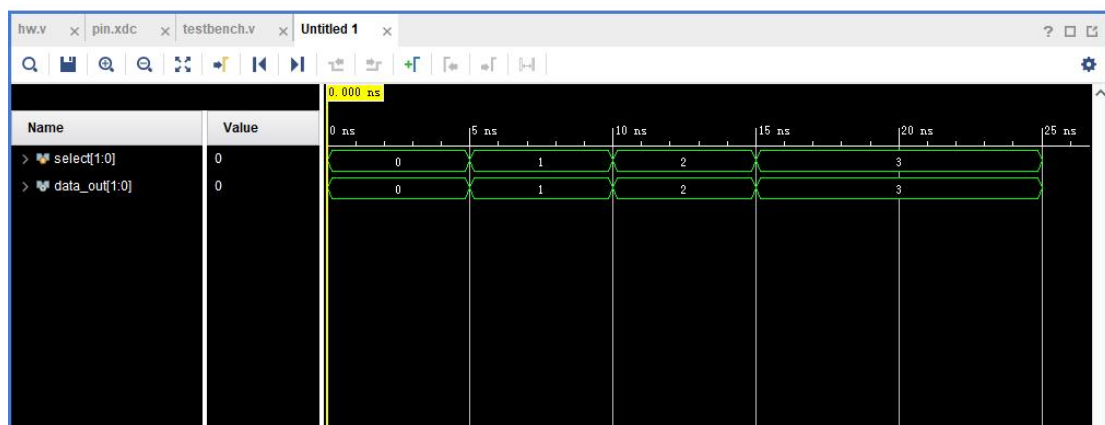
(1) RTL Analysis



(2) Synthesis schematic

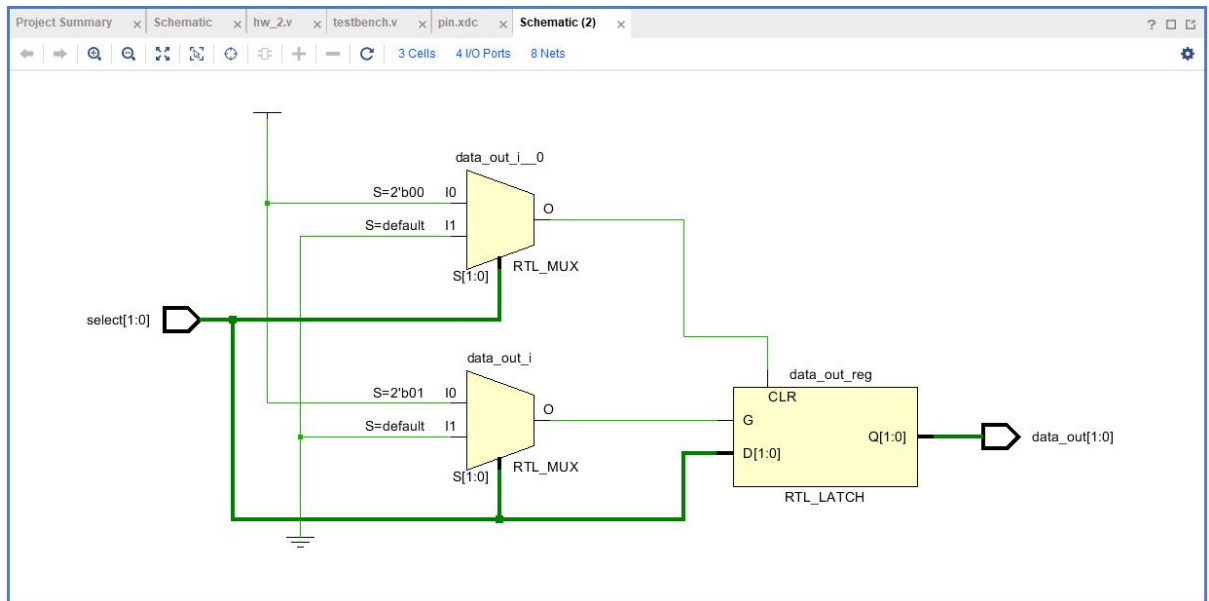


(3) 仿真

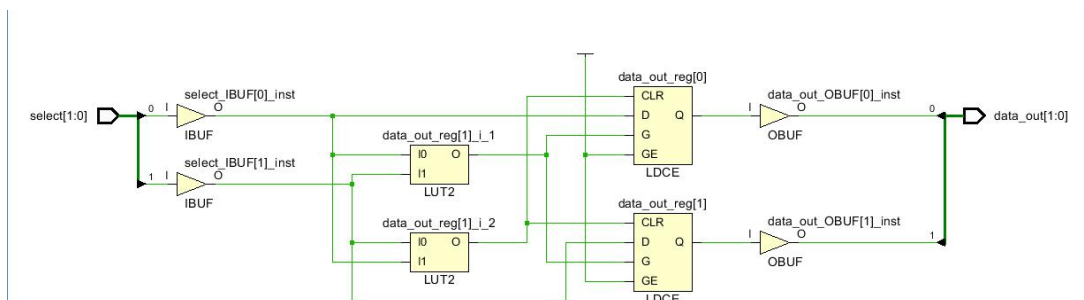


2. test2

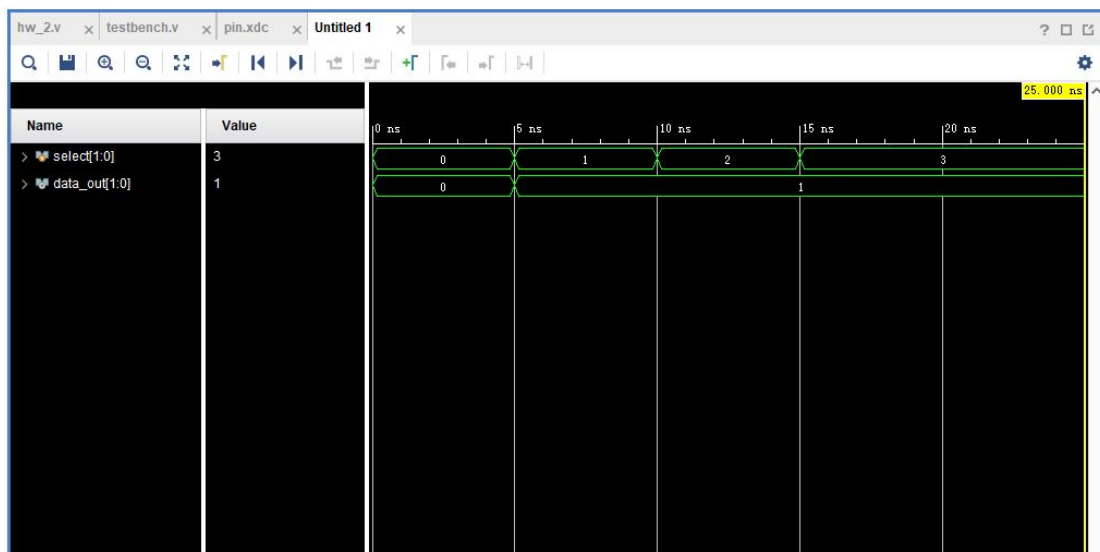
(1) RTL Analysis



(2) Synthesis schematic

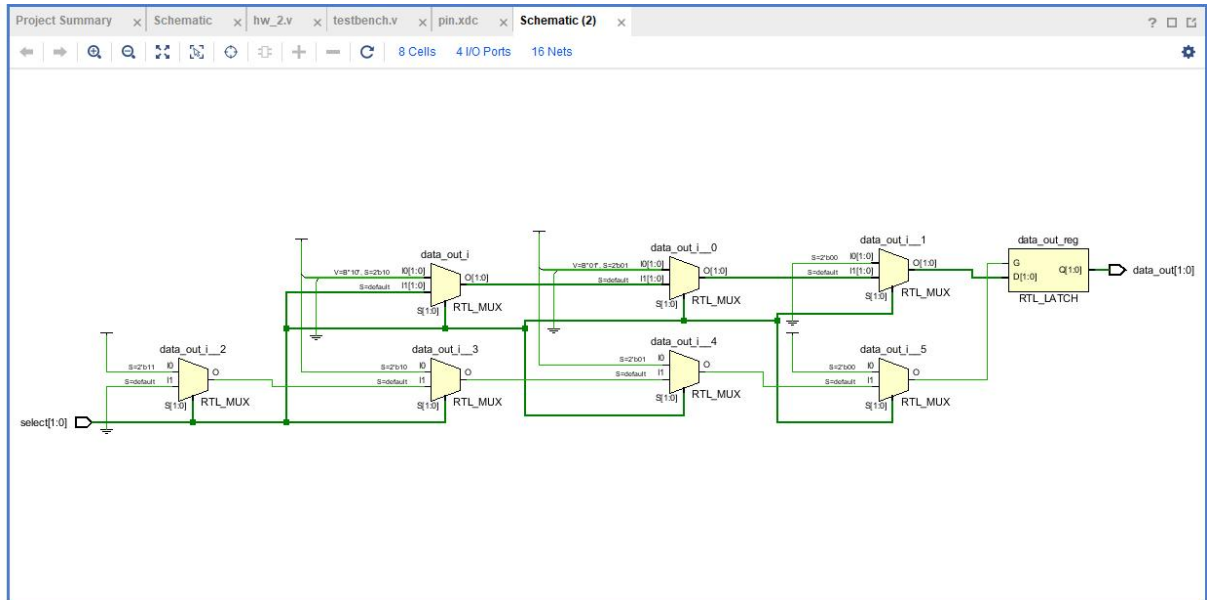


(3) 仿真

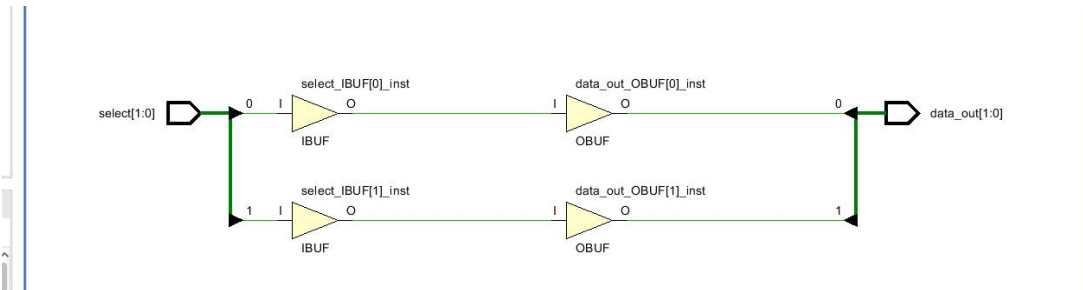


3. test3

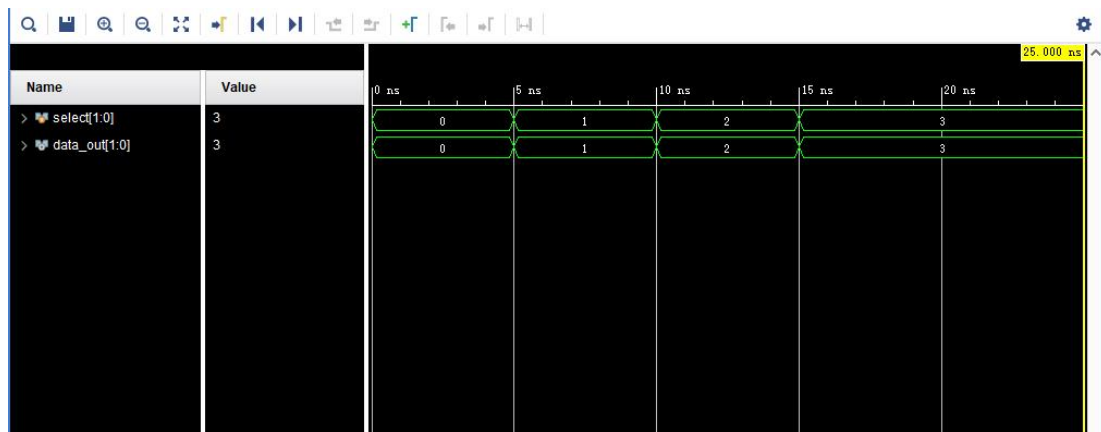
(1) RTL Analysis



(2) Synthesis schematic



(3) 仿真



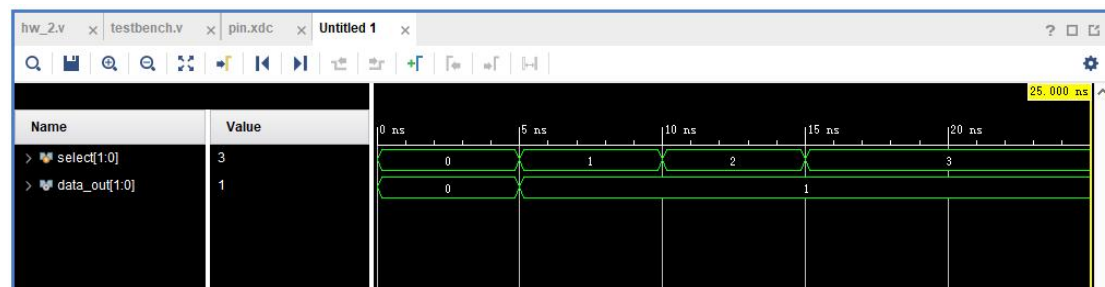
4. 仿真分析

(1)



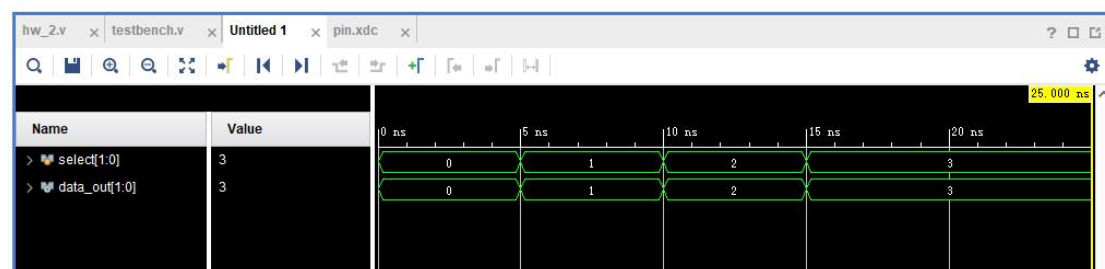
初始态 `select` 信号为 0，输出 `data_out` 为 0，符合预期；5ns 时 `select` 信号从 0 变为 1，输出 `data_out` 从 0 变为 1，符合预期；10ns 时 `select` 信号从 1 变为 2，输出 `data_out` 从 1 变为 2，符合预期；15ns 时 `select` 信号从 2 变为 3，输出 `data_out` 从 2 变为 3，符合预期。

(2)



初始态 `select` 信号为 0，输出 `data_out` 为 0，符合预期；5ns 时 `select` 信号从 0 变为 1，输出 `data_out` 从 0 变为 1，符合预期；但 10ns 和 15ns 时, `select` 信号分别变为 2、3，但输出 `data_out` 仍为 1，不符合预期。

(3)



初始态 `select` 信号为 0，输出 `data_out` 为 0，符合预期；5ns 时 `select`

信号从 0 变为 1，输出 `data_out` 从 0 变为 1，符合预期；10ns 时 `select` 信号从 1 变为 2，输出 `data_out` 从 1 变为 2，符合预期；15ns 时 `select` 信号从 2 变为 3，输出 `data_out` 从 2 变为 3，符合预期。

(4) 整体对比分析

3 个代码预期实现的功能一致，但仿真波形不同，原因如下：

`test1` 代码包含最全面的条件判断，适用于覆盖所有可能的 `select` 值，可以实现预期功能；

`test2` 代码条件判断不全面（只包含 `select` 信号为 0 或 1 的情况），缺少 `else` 语句，当 `select` 信号不为 0 或 1 时，输出 `data_out` 不会改变只会保持（相当于锁存器）。

`test3` 代码条件比 `test2` 稍全，但同样没有 `else` 语句，当 `select` 信号不为 0、1 或 2 时也会变为锁存器。