

实验4 寄存器

2019年春季学期
人工智能学院

寄存器是最常用的时序逻辑电路，是一种存储电路。寄存器的存储电路是由锁存器或触发器构成的，因为一个锁存器或触发器能存储 1 位二进制数，所以由 N 个锁存器或触发器可以构成一个 N 位寄存器。本实验通过介绍几种常用寄存器的设计方法，学习寄存器和常用的移位寄存器的设计。

4.1 寄存器

D触发器可以用于存储比特信号，给D触发器加上置数功能就变成了一位寄存器，如图4-1所示。由图中可以看出，如果load信号为1，则输入信号 in 被送入或门中，或门的另一个输入端为 0，此时 $D=in$ ，所以在下一个时钟里 $q=in$ 。当load值为0时，q值被反馈到或门中，或门的另一个输入值为0，此时 $D=q$ ，因此在下一个时钟周期里 q 值保持先前的值不变。

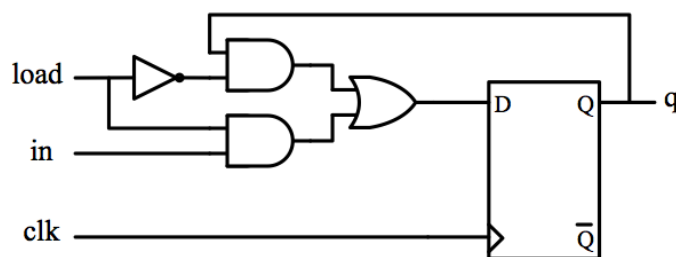


图 4-1: 1 位寄存器

用 Verilog 语言设计寄存器也很简单，如表 4-1所示。

表 4-1: 1 位寄存器代码

```

1 module register1(load,clk,clr,inp,q);
2     input  load,clr,clk,inp;
3     output reg q;
4
5     always @(posedge clk)
6         if (clr==1)
7             q <= 0;
8         else if (load == 1)
9             q <= inp;
10 endmodule

```

表 4-1 的程序的仿真图如图 4-2 所示。

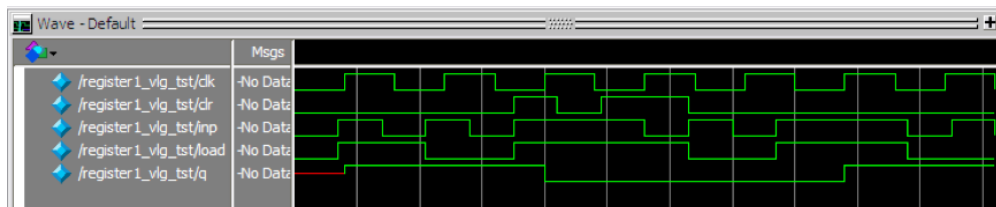


图 4-2: 1 位寄存器仿真结果

本例实现的是一个带有清 0 端和输入端的 1 位寄存器，还有的寄存器带有置位（置 1）端的，图 4-3 是同时带有清 0 端、输入端和置位端的寄存器的逻辑示意图，读者可自行设计此寄存器。

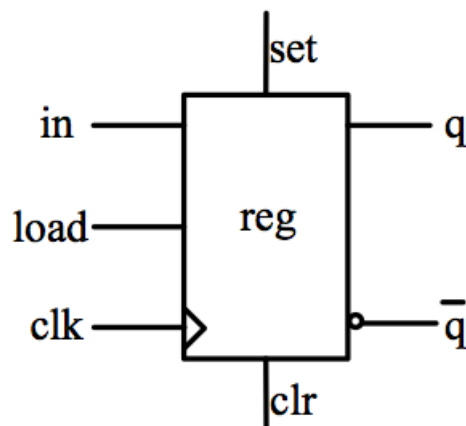


图 4-3: 1 位寄存器框图

将 2 个或者 2 个以上的 1 位寄存器组合在一起，这些寄存器共用一个时钟信号，这就构成了多位寄存器，寄存器常被用在计算机中存储数据，如指令寄

存器、数据寄存器等。表 4-2 是利用 Verilog 语言设计寄存器的例子。

表 4-2: 4 位寄存器代码

```

1 module register4(load,clk,clr,d,q);
2     input  load,clr,clk;
3     input  [3:0] d;
4     output reg [3:0] q;
5
6     always @(posedge clk)
7         if (clr==1)
8             q <= 0;
9         else if (load == 1)
10            q <= d;
11 endmodule

```

表 4-2 的程序的仿真图如图 4-4 所示。

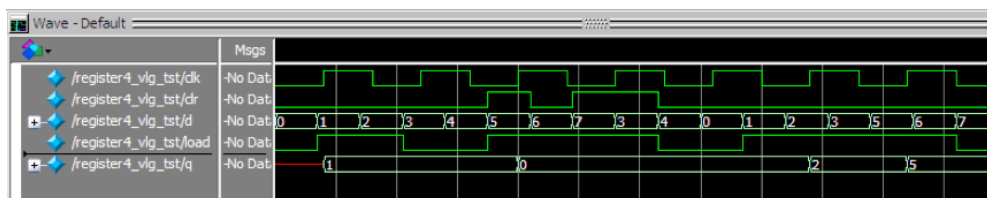
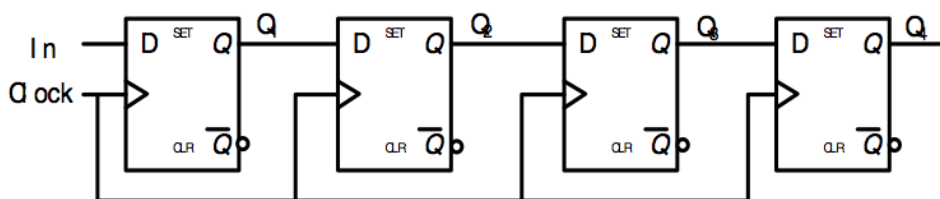


图 4-4: 4 位寄存器仿真结果

4.2 移位寄存器

移位寄存器是一类带有移位功能的寄存器，它在时钟的触发沿，根据其控制信号，将存储在其中的数据向某个方向移动一位。移位寄存器也是数字系统的常用器件。图 4-5(a)中是一个由 4 个 D 触发器构成的简单向右移位寄存器，数据从移位寄存器的左端输入，每个触发器的内容在时钟的正跳变沿（上升沿）将数据传到下一个触发器。图 4-5(b)是一个此移位寄存器的序列传递实例。



(a) 移位寄存器框图

	In	Q1	Q2	Q3	Q4=Out
t0	1	0	0	0	0
t1	0	1	0	0	0
t2	1	0	1	0	0
t3	1	1	0	1	0
t4	1	1	1	0	1
t5	0	1	1	1	0
t6	0	0	1	1	1
t7	0	0	0	1	1

(b) 移位实例

图 4-5: 移位寄存器

4.3 实验内容

4.3.1 算术移位和逻辑移位寄存器

这里的算术移位是指考虑到符号位的移位，算术移位要保证符号位不改变，算术左移同逻辑左移一样，算术右移最左面的空位补符号位。逻辑移位不

管是向左移位还是向右移位都是空缺处补 0。循环移位是将移出去的那一位补充到空出的最高/低位的移位方式。置数是将一个 6 位的数据输入到寄存器中，即给寄存器赋值。

用 Verilog HDL 语言很容易描述出移位寄存器，如：

```
1 Q <= {Q[0],Q[5:1]}; // 循环右移
2 Q <= {Q[5],Q[5:1]}; // 算术右移
```

请根据表 4-3，用 Verilog HDL 语言设计一个 6 位移位寄存器，并进行仿真查看移位寄存器的功能。

表 4-3: 移位寄存器的工作方式

控制位	工作方式
0 0 0	清 0
0 0 1	置数
0 1 0	逻辑右移
0 1 1	逻辑左移
1 0 0	算术右移
1 0 1	左端串行输入 1 位值，并行输出 6 位值
1 1 0	循环右移
1 1 1	循环左移

其中左端串行输入数据是指左移时移入的新数据由外部开关决定是 1 还是 0。

检查移位寄存器的功能正确后，请将编译好的文件下载到 FPGA 开发平台上进行验证。这里要求用 DE10-Standard 开发板上的按钮作为时钟输入端，即按钮按下，时钟由高电平变为低电平，产生一个下降沿；按钮松开，时钟由低电平变为高电平，产生一个上升沿。

注意，DE10-Standard 开发板上的 Switch 和 Key 都是机械按钮，机械按钮在按下和松开时都会发生机械抖动，产生不可预期的数个上升沿和下降沿。开发板上的 Key 是经过消抖的，但是 Switch 没有消抖。