

数字逻辑实验报告

实验 6

学 期	2022-2023 学年第 1 学期		实验日期		
学 院	信息学部		专 业	计算机科学与技术（实验班）	
班 级	210710	学 号	21071003	姓 名	高立扬
组 号	43	学 号	21071004	姓 名	石昊阳

评 阅 内 容				
任务一	任务二	总结	格式	成 绩

--	--	--	--	--

题 目	实验 6: <u>复杂接口设计</u>
-----	---------------------

一、实验目的

通过本实验内容的学习，掌握常用复杂接口的工作原理及控制方法，对时序的控制更加熟练。
通过 LED 点阵、SPI 接口、I2C 接口等复杂接口电路的设计，掌握常用复杂接口的工作原理及控制方法，学会使用 VerilogHDL 设计复杂接口的控制器。

二、任务一设计与实现

1. 要求
- (1) 系统时钟为 50MHz，根据需要设计分频器。
 - (2) 自定义显示内容，点亮 LED。

2. 设计思路

我们希望在 LED 点阵屏上显示“高”字。通过分析，我们发现可以从左至右依次扫描每一列，再在程序中输入每一列希望亮起的 LED 灯，将分频器输出的脉冲信号作为扫描生成器的输入信号，即可实现该电路。但我们发现，实验台的列引脚只有 4 个并非与列数相同的 16 个，而实验台内内置的两个 3-8 译码器可以将输入的四位信号转换为十六位信号，因此我们编程中只需要定义四位的列输入即可。

数字逻辑实验报告

实验 6

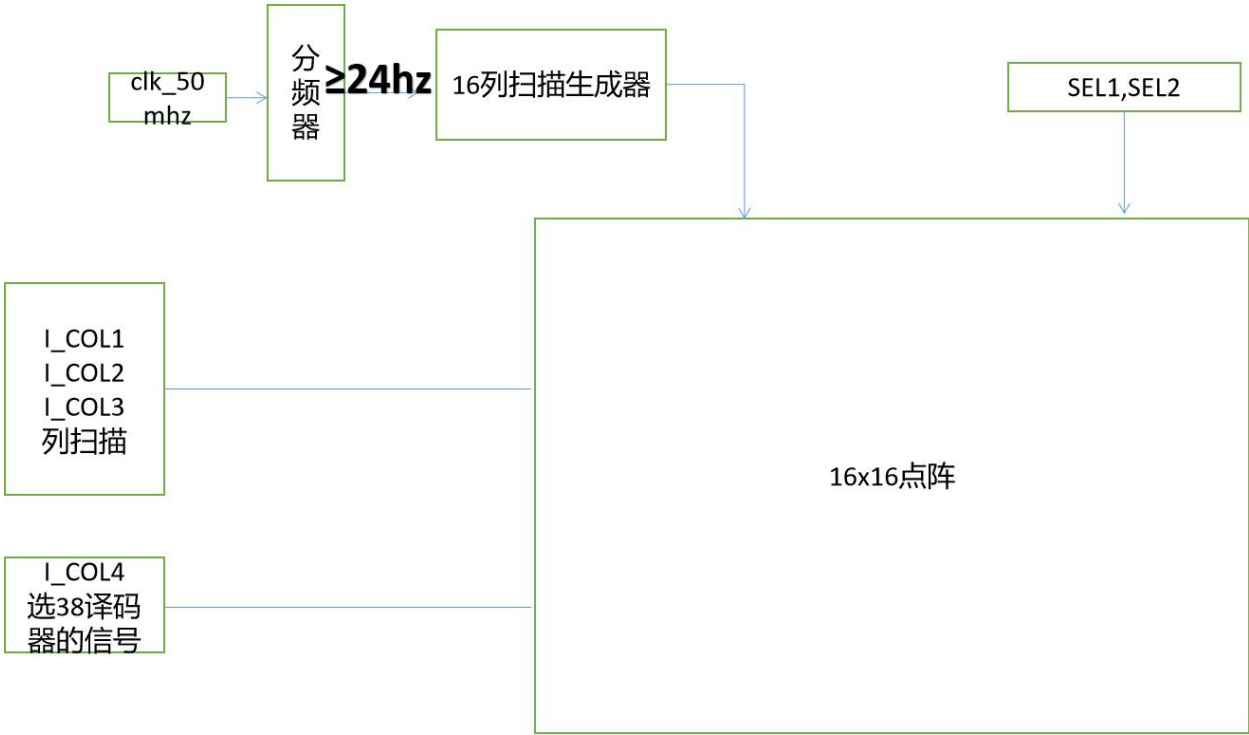


图 1.设计思路

3. 详细设计

表 1.点阵扫描电路

	I_COL	COL——左边为最低位 COL1															
1	0_000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	0_001	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	0_010	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	0_011	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0_100	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0_101	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	0_110	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0_111	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1_000	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
10	1_001	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
11	1_010	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
12	1_011	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
13	1_100	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
14	1_101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
15	1_110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
16	1_111	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

数字逻辑实验报告

实验 6

scanner.v

```
1 module scanner(clk, I_ROW, I_COL);
2   input clk;
3   output reg [15:0] I_ROW = 16'b0;
4   output reg [3:0] I_COL = 4'b0;
5
6   always@(posedge clk)
7     if (I_COL < 16)
8       I_COL <= I_COL + 1;
9     else
10      I_COL <= 4'b0;
11
12   always@(I_COL)
13     case(I_COL)
14       0:I_ROW = 16'b0000_0000_0000_0000;
15       1:I_ROW = 16'b0000_0000_0000_0100;
16       2:I_ROW = 16'b0011_1111_0000_0100;
17       3:I_ROW = 16'b0000_0000_1000_0100;
18       4:I_ROW = 16'b0000_0000_1111_0100;
19       5:I_ROW = 16'b0000_1110_1101_0100;
20       6:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
21       7:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
22       8:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0111;
23       9:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0110;
24       10:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
25       11:I_ROW = 16'b0000_1110_1101_0100;
26       12:I_ROW = 16'b0010_0000_1111_0100;
27       13:I_ROW = 16'b0010_0000_1000_0100;
28       14:I_ROW = 16'b0010_0000_1000_0100;
29       15:I_ROW = 16'b0001_1111_0000_0100;
30       default:I_ROW = 16'b0;
31     endcase
32 endmodule
```

```
1 module top(clk_50mhz, I_COL, I_ROW);
2   input clk_50mhz;
3   wire clk;
4   output [15:0] I_ROW;
5   output [3:0] I_COL;
6
7   frequency_divider(.clk_50mhz(clk_50mhz), .clk(clk));
8   scanner(.clk(clk), .I_COL(I_COL), .I_ROW(I_ROW));
9
10 endmodule
```

图 2.代码实现

4. 仿真验证

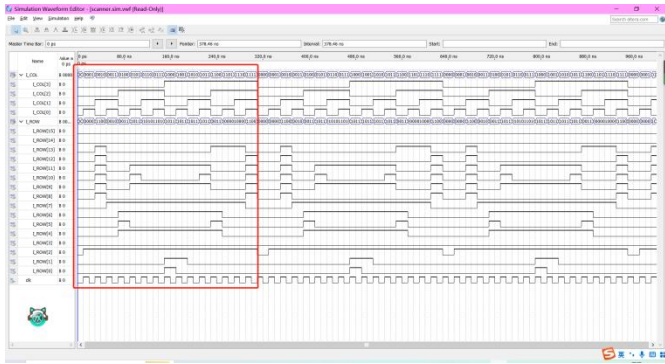


图 3.仿真验证

由图可见，我们成功打印出了“高”字。

5. 引脚分配

表 2.引脚分配

端口名称	输入端 时钟信号 clk	输出端			
		I_COL			
		I_COL[3]	I_COL[2]	I_COL[1]	I_COL[0]
引脚编号	T1	C4	A16	A15	A14
平台端口	T1	COL3	COL2	COL1	COL0

表 2.续表

数字逻辑实验报告

实验 6

输出端

I_ROW							
I_ROW[15]	I_ROW[14]	I_ROW[13]	I_ROW[12]	I_ROW[11]	I_ROW[10]	I_ROW[9]	I_ROW[8]
A13	F9	D10	B10	B9	B8	B7	E14
ROW16	ROW15	ROW14	ROW13	ROW12	ROW11	ROW10	ROW9

表 2.续表

输出端

I_ROW							
I_ROW[7]	I_ROW[6]	I_ROW[5]	I_ROW[4]	I_ROW[3]	I_ROW[2]	I_ROW[1]	I_ROW[0]
C15	F11	C13	E11	B6	A6	A5	A4
ROW8	ROW7	ROW6	ROW5	ROW4	ROW3	ROW2	ROW1

Node Name	Direction	Location	I/O Bank	VREF Group	Fitter Location	I/O Standard	Reserved	Current Strength	Slew Rate	Differential Pair
I_COL[3]	Output	PIN_C4	8	B8_N1	PIN_C4	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[2]	Output	PIN_A16	7	B7_N1	PIN_A16	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[1]	Output	PIN_A15	7	B7_N1	PIN_A15	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[0]	Output	PIN_A14	7	B7_N1	PIN_A14	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[15]	Output	PIN_A13	7	B7_N1	PIN_A13	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[14]	Output	PIN_F9	8	B8_N1	PIN_F9	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[13]	Output	PIN_D10	8	B8_N0	PIN_D10	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[12]	Output	PIN_B10	8	B8_N0	PIN_B10	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[11]	Output	PIN_B9	8	B8_N0	PIN_B9	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[10]	Output	PIN_B8	8	B8_N0	PIN_B8	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[9]	Output	PIN_B7	8	B8_N0	PIN_B7	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[8]	Output	PIN_E14	7	B7_N1	PIN_E14	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[7]	Output	PIN_C15	7	B7_N1	PIN_C15	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[6]	Output	PIN_F11	7	B7_N1	PIN_F11	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[5]	Output	PIN_C13	7	B7_N1	PIN_C13	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[4]	Output	PIN_E11	7	B7_N1	PIN_E11	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[3]	Output	PIN_B6	8	B8_N0	PIN_B6	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[2]	Output	PIN_A6	8	B8_N0	PIN_A6	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[1]	Output	PIN_A5	8	B8_N1	PIN_A5	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[0]	Output	PIN_A4	8	B8_N1	PIN_A4	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
clk_50mhz	Input	PIN_T1	2	B2_N0	PIN_T1	2.5 V (default)		8mA (default)		
<<new node>>										

6. 实验现象

16*16LED 点阵上可以正常显示“高”字，与实验预期相符。

三、扩展实验

1. 设计思路

我们希望点阵上不止能打印单独一个图形，而是每隔 1 秒打印一个不一样的图形。由于通过图形来转换为 0101 点阵比较费时费力，易造成代码冗余，所以我们打算让 LED 流水动态打印“高立扬石昊阳”六个文字，这样能验证我们的想法。我们通过 python 程序，传入手动画好的 16x16 黑白二值图片，就能自动生成点阵，实现半自动化。之后分频器引出 1hz 信号用于打印文字的转换。

2. 详细设计

数字逻辑实验报告

实验 6

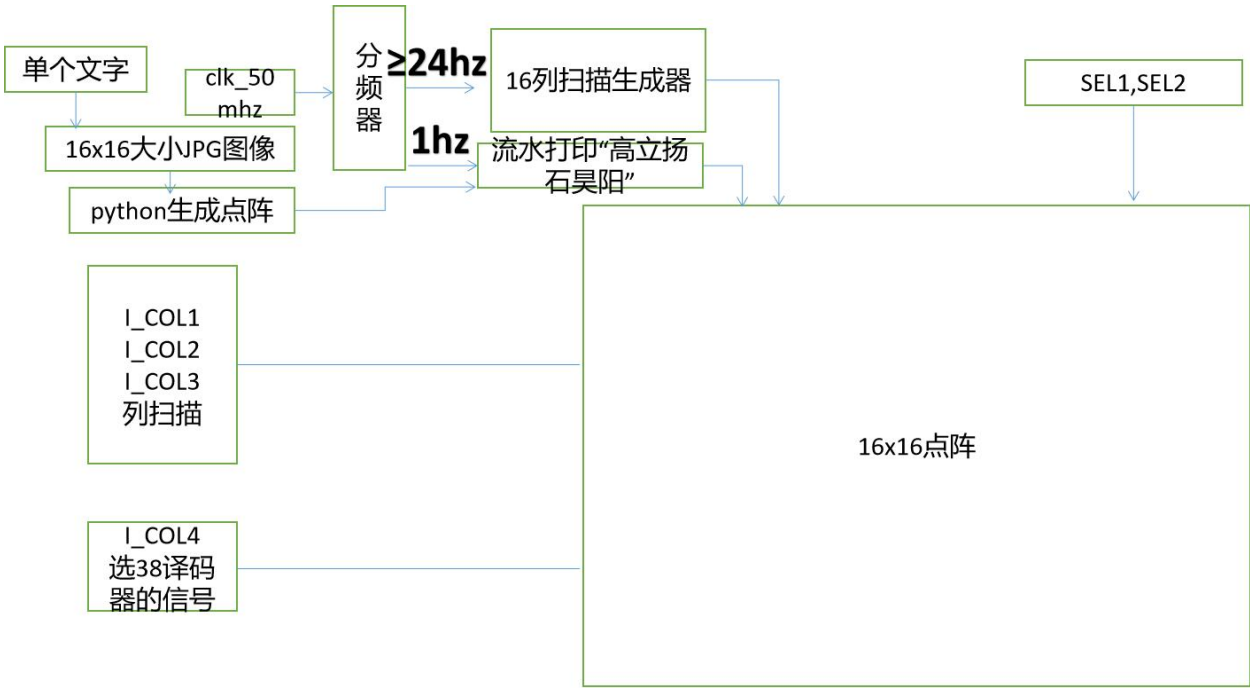


图 4.详细设计

```
case(I_COL)
0:I_ROW = 16'b0000_0000_0000_0000;
1:I_ROW = 16'b0000_0000_0000_0100;
2:I_ROW = 16'b0011_1111_0000_0100;
3:I_ROW = 16'b0000_0000_1000_0100;
4:I_ROW = 16'b0000_0000_1111_0100;
5:I_ROW = 16'b0000_1110_1101_0100;
6:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
7:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
8:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0111;
9:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0110;
10:I_ROW = 16'b0000_1010_1101_0100;
11:I_ROW = 16'b0000_1110_1101_0100;
12:I_ROW = 16'b0010_0000_1111_0100;
13:I_ROW = 16'b0010_0000_1000_0100;
14:I_ROW = 16'b0010_0000_1000_0100;
15:I_ROW = 16'b0001_1111_0000_0100;
default:I_ROW = 16'b0;
endcase
1:
case(I_COL)
0:I_ROW = 16'b0000000000000000;
1:I_ROW = 16'b0000000000000000;
2:I_ROW = 16'b0010000000000000;
3:I_ROW = 16'b0010000000000000;
4:I_ROW = 16'b0010000100100000;
5:I_ROW = 16'b0010111000100000;
6:I_ROW = 16'b0010000000100100;
7:I_ROW = 16'b0010000000101000;
8:I_ROW = 16'b0010000001000000;
9:I_ROW = 16'b0010110000100000;
10:I_ROW = 16'b0010001110100000;
11:I_ROW = 16'b0010000001000000;
12:I_ROW = 16'b0010000000000000;
13:I_ROW = 16'b0010000000000000;
14:I_ROW = 16'b0010000000000000;
15:I_ROW = 16'b0010000000000000;
default:I_ROW = 16'b0;
endcase
```

图 5.对 scanner 进行了修改，实现图形转换

3. 仿真实验

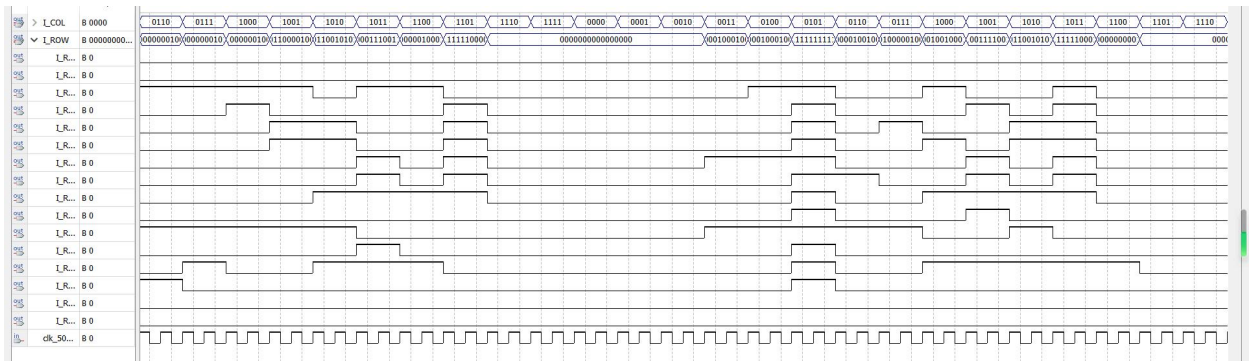
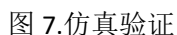


图 6.仿真实验



4. 引脚分配

表 3.引脚分配

表 3.续表表 3.续表6

数字逻辑实验报告

实验 6

I_ROW[7]	I_ROW[6]	I_ROW[5]	I_ROW[4]	I_ROW[3]	I_ROW[2]	I_ROW[1]	I_ROW[0]
C15	F11	C13	E11	B6	A6	A5	A4
ROW8	ROW7	ROW6	ROW5	ROW4	ROW3	ROW2	ROW1

Node Name	Direction	Location	I/O Bank	VREF Group	Fitter Location	I/O Standard	Reserved	Current Strength	Slew Rate	Differential Pair
I_COL[3]	Output	PIN_C4	8	B8_N1	PIN_C4	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[2]	Output	PIN_A16	7	B7_N1	PIN_A16	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[1]	Output	PIN_A15	7	B7_N1	PIN_A15	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_COL[0]	Output	PIN_A14	7	B7_N1	PIN_A14	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[15]	Output	PIN_A13	7	B7_N1	PIN_A13	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[14]	Output	PIN_F9	8	B8_N1	PIN_F9	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[13]	Output	PIN_D10	8	B8_N0	PIN_D10	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[12]	Output	PIN_B10	8	B8_N0	PIN_B10	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[11]	Output	PIN_B9	8	B8_N0	PIN_B9	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[10]	Output	PIN_B8	8	B8_N0	PIN_B8	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[9]	Output	PIN_B7	8	B8_N0	PIN_B7	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[8]	Output	PIN_E14	7	B7_N1	PIN_E14	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[7]	Output	PIN_C15	7	B7_N1	PIN_C15	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[6]	Output	PIN_F11	7	B7_N1	PIN_F11	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[5]	Output	PIN_C13	7	B7_N1	PIN_C13	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[4]	Output	PIN_E11	7	B7_N1	PIN_E11	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[3]	Output	PIN_B6	8	B8_N0	PIN_B6	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[2]	Output	PIN_A6	8	B8_N0	PIN_A6	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[1]	Output	PIN_A5	8	B8_N1	PIN_A5	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
I_ROW[0]	Output	PIN_A4	8	B8_N1	PIN_A4	2.5 V (default)		8mA (default)	2 (default)	
clk_50mhz	Input	PIN_T1	2	B2_N0	PIN_T1	2.5 V (default)		8mA (default)		
<<new node>>										

5. 实验现象

16*16LED 点阵上依次显示出“高”“立”“扬”“石”“昊”“阳”六字，与实验预期相符。

四、总结

- ①任务一中我们发现实验台的 LED 点阵的上四行和下四行总是与我们期望的输出不符。请问老师后得知实验台在开启状态下尽量不要调整显示模式，这会导致输出显示错误。因此我们在开启实验台前更改好显示模式，实验台变可以正确的显示结果了。在实验七中我们也注意了这一点，没有再让上述问题发生过。
- ②拓展实验中我们用 Python 自动生成了想要输出的点阵样式，将我们在编程课上所学的知识、课外自学的知识与实验相结合。

数字逻辑实验报告

实验 6

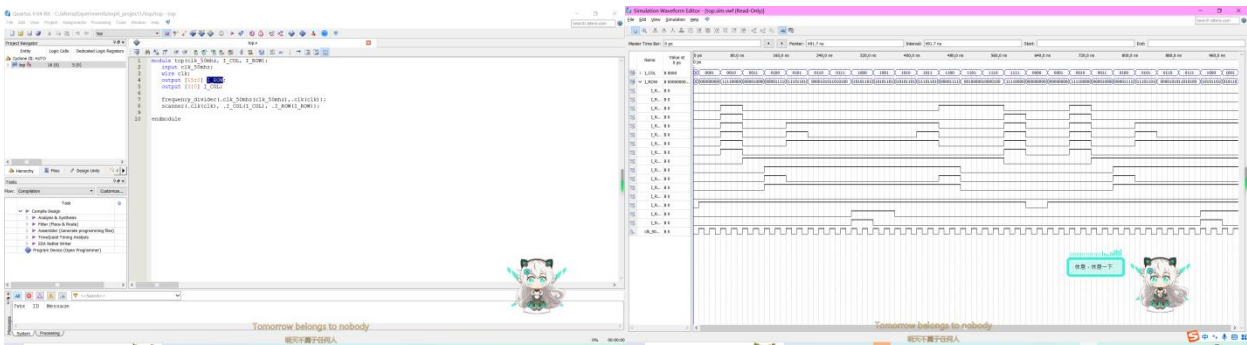


图 1-2 任务 1 代码和波形图

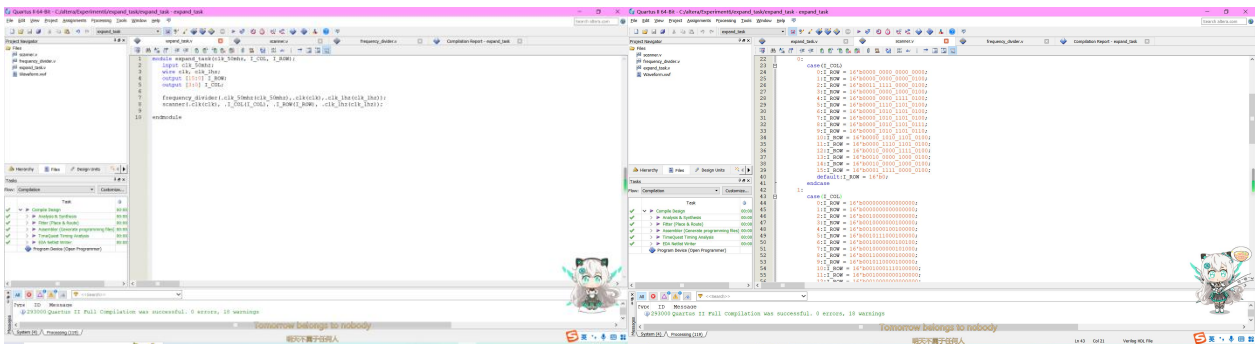


图 3-4 扩展任务代码

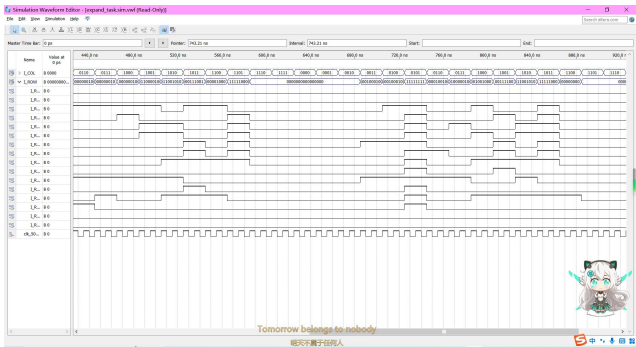


图 5 扩展任务波形图