

Installation et utilisation des outils de simulation et de synthèse

■ ■ ■ Simulation

1 – a. Vous installerez les outils suivants :

```
xterm
$ sudo apt install iverilog
$ sudo apt install gtkwave
```

Vous disposerez:

- ▷ d'un simulateur de circuit décrit en verilog avec « *icarus verilog* » ;
- ▷ d'un visualiseur de signaux digitaux avec « *gtkwave* » ;

Soit le code suivant dans le fichier « *simple_circuit.v* »:

```
'timescale 1ns / 1ps

module example_design (
    input clock, input reset,
    input entree,
    output reg sortie);

always @(posedge clock) begin
    if (reset)
        sortie <= 0;
    else
        sortie <= entree;
end
endmodule

module example_tb ();
    // Clock and reset signals
    reg clk;
    reg reset;
    // Design Inputs and outputs
    reg in_d;
    wire out_q;

    // DUT instantiation
    example_design dut (
        .clock (clk),
        .reset (reset),
        .entree (in_d),
        .sortie (out_q)
    );

    // generate the clock
    initial begin
        clk = 1'b1;
        forever #5 clk = ~clk;
    end

    // Generate the reset
    initial begin
        reset = 1'b1;
        // wait for the next rising edge
        // of the clock
        repeat(1)@(posedge clk);
        reset = 1'b0;
    end

    // Test stimulus
    initial begin
        // Use the monitor task to display the FPGA IO
        $monitor("time=%3d, in_d=%b, out_q=%2b",
            $time, in_d, out_q);
        $dumpfile("simple_circuit.vcd");
        $dumpvars(0, example_tb);

        // Generate each input with a 2 clock cycles,
        // i.e. 20ns
        in_d <= 1'b0;
        repeat(2)@(posedge clk);
        in_d <= 1'b1;
        repeat(2)@(posedge clk);
        in_d <= 1'b0;
        repeat(2)@(posedge clk);
        in_d <= 1'b1;
        #30 $finish;
    end
end
endmodule
```

Récupération des sources

Vous pouvez récupérer le contenu de ces exercices sur :
https://git.p-fb.net/PeFClic/fpga_exos_flipflops.git

b. Vous lancerez la simulation et observerez la sortie avec :

```
xterm
iverilog -o simple_circuit -s example_tb simple_circuit.v
./simple_circuit
gtkwave simple_circuit.vcd --script=gtkwave.tcl
```

- c. Est-ce conforme à votre idée ?
- d. Quelle sorte de circuit logique avez vous construit ?

2 – Soit le code suivant dans le fichier « simple_circuit.v » :

```
`timescale 1ns / 1ps

module example_design (
    input clock, input reset,
    input entree,
    output reg sortie);

    always @(posedge clock) begin
        if (reset)
            sortie <= 0;
        else
            sortie <= entree;
        end
    endmodule

module example_tb ();
    // Clock and reset signals
    reg clk;
    reg reset;
    // Design Inputs and outputs
    reg in_d;
    wire out_q;

    // DUT instantiation
    example_design dut (
        .clock (clk),
        .reset (reset),
        .entree (in_d),
        .sortie (out_q)
    );

    // generate the clock
    initial begin
        clk = 1'b1;
        forever #5 clk = ~clk;
    end

    // Generate the reset
    initial begin
        reset = 1'b1;
        repeat (1) @(posedge clk);
        reset = 1'b0;
    end
end
```

```
// Test stimulus
initial begin
    // Use the monitor task to display the FPGA IO
    $monitor("time=%3d, in_d=%b, q=%2b",
        $time, in_d, out_q);

    $dumpfile("simple_circuit.vcd");
    $dumpvars(0, example_tb);
    in_d = 1'b0;
    #22
    in_d = 1'b1;
    #22
    in_d = 1'b0;
    #23
    in_d = 1'b1;
    #30 $finish;
end
endmodule
```

- a. Que pouvez vous observer ?
- b. Quelles sont les différences avec l'exercice 1 ?
Expliquez ces différences.

■ ■ ■ Synthèse d'un circuit et programmation FPGA

- 3 – a. Vous installerez les outils de synthèse suivant
(ou méthode alternative à <https://github.com/YosysHQ/oss-cad-suite-build>):

```
xterm
$ sudo apt install yosys
$ sudo apt install fpga-icestorm
$ sudo apt install nextpnr-ice40-qt
```

```
xterm
$ git clone https://git.p-fb.net/PeFClic/fpga_exo_synthese.git
```

Soit le code suivant dans le fichier « led_allumee.v »:

```
module circuit (output led1);
    assign led1 = 1;
endmodule
```

Soit le contenu du fichier « blackice-ii.pcf »:

```
set_io led1 71
```

Et le contenu du « Makefile »:

```
VERILOG_SRC=led_allumee.v
PROJECT=$(basename $(VERILOG_SRC))
ARCH=hx8k
CLOCK=16
PACKAGE=tq144:4k
PCF=blackice-ii.pcf
PORT=/dev/ttyACM0

$(PROJECT).json: $(VERILOG_SRC)
    yosys -ql $(PROJECT).log -p 'synth_ice40 -top circuit -json $@' $^

$(PROJECT).asc: $(PCF) $(PROJECT).json
    nextpnr-ice40 --freq $(CLOCK) --$(ARCH) --package $(PACKAGE) --asc $@ --pcf $(PCF) --json $(PROJECT).json

$(PROJECT).bin: $(PROJECT).asc
    icetime -d $(ARCH) -c $(CLOCK) -mtr $(PROJECT).rpt $(PROJECT).asc
    icepack $^ $@

prog: $(PROJECT).bin
    stty 115200 -F $(PORT) raw; cat $(PROJECT).bin > $(PORT)

show: $(PROJECT).json
    nextpnr-ice40 --gui --freq $(CLOCK) --$(ARCH) --package $(PACKAGE) --pcf $(PCF) --json $(PROJECT).json

all: $(PROJECT).bin

clean:
    rm -f $(PROJECT).json $(PROJECT).asc $(PROJECT).bin
```

- b. Vous exécuterez :

```
xterm
$ make show
```

- c. Que pouvez vous observer ?
Expliquez ce que vous voyez.
- d. Après avoir connecté la carte « blackice II » sur votre machine, en utilisant le port USB de programmation (celui plus « central »), vous ferez :

```
xterm
$ make prog
```

Que pouvez vous observer ?

Voici maintenant le code du fichier « led_bouton.v »:

```
module circuit (input B1, output led1);
    assign led1 = B1;
endmodule
```

- 4 – a. Que pouvez vous observer en :
- ◊ l'observant dans « nextpnr » ?
 - ◊ le programmant dans le FPGA ?
- b. Réalisez le circuit inverse.
- c. Quelle sorte de circuit logique avez vous réalisé ?
- d. Réalisez un « testbench » avec le simulateur « iverilog » et étudiez la trace obtenue avec « gtkwave ».