



## 2º Laboratório

### Trabalho 1 – (Breitling)

**Objectivo:** Implementar um micro-cronómetro.

#### 1.1 Implementar um contador

**Objectivo:** Implementar um contador. O contador deve ser incrementado em cada ciclo de relógio do clock de 50 MHz da placa DE2. A saída do contador deve ser ligada aos leds disponíveis que deverão piscar a frequências diferentes. Pretende-se preparar um módulo para efectuar a divisão do clock de forma a obter um clock com um período de micro-segundo.

- Lançar o Quartus II e abrir o projecto DE2\_top;
- Identificar o sinal clk\_50 bem como os sinais correspondentes aos LEDs (LEDR- vermelhos; LEDG-verdes);
- Implementar um contador em que a entrada é o clk\_50 e ligar as saídas aos leds.

#### 1.2 Descodificador de 7 segmentos

**Objectivo:** descodificar um número em binário para que este seja mostrado no display de 7 segmentos em base decimal. O número será introduzido através dos interruptores da placa em binário devendo aparecer o número em decimal no display. Pretende-se preparar um módulo que descodifique a contagem binária do relógio para a visualização do tempo decorrido.

- Lançar o Quartus II e abrir o projecto DE2\_top;
- Identificar os sinais dos interruptores (SW) bem como os sinais correspondentes a um display de 7 segmentos;
- Implementar o código que permite a descodificação. As entradas serão os sinais dos interruptores e as saídas, os segmentos do display.

(Sugestão: reaproveite o código do laboratório anterior)

#### 1.3 Cronómetro

**Objectivo:** Implementar um cronómetro com a resolução de micro-segundo. O cronómetro deve ter como sinais de controlo um reset (actuado por um botão de pressão) e um sinal start/stop actuado por um interruptor. O valor deve ser apresentado nos displays de 7 segmentos como sm mm μμμ (s-segundos, m- milésimas de segundo, μ-micro segundos).

O relógio de 1MHz é construindo a partir do relógio de 50MHz utilizando um contador (“sounds familiar”). Os números são apresentados nos displays de 7 segmentos utilizando um descodificador (“sounds familiar”). Falta implementar um contador para o tempo já decorrido e o controlo do cronómetro.

Reconfigure o cronómetro de forma a que o sinal start/stop seja dado com um input externo (GPIO). Este input externo será uma onda quadrada vinda de um gerador com um certo tempo a “high” para permitir a verificação do funcionamento do cronómetro com a precisão requerida.

# Material de Apoio

## DISCLAIMER:

OS CONTEÚDOS SEGUINTE NÃO COMPROMETEM O AUTOR POR QUALQUER ERRO QUE POSSAM CONTER. DEVEM SER ENTENDIDOS COMO UM FONTE DE INSPIRAÇÃO...

## Contadores assíncronos

Vamos implementar dois contadores assíncronos (o clock não está ligado a todos os estados de saída. O clock do bit seguinte é o bit anterior) de 4bits cada ligados um ao outro de forma a obter um contador de 8 bits. Cada contador terá 4 bits, logo utilizaremos 4 flip-flops T. O flip-flop T é uma primitiva do verilogHDL que tem a inicialização:

```
tff nome_instancia(IN, CLK, CLEAR, PRESET, OUT)
```

O código é:

```
reg [7:0] Cont;
always@(posedge CLOCK_50)
begin
    Cont <= Cont+1;
end

counter4ass counter40(LED[11:8], Cont[4]); //usar modulo counterass
counter4ass counter41(LED[15:12], LED[11]);

module counter4ass(q, clk); //modulo que implementa um contador de 4 bits
    assincrono
    output [3:0] q;
    input clk;
    //nega-se o clock porque se quer que comute nos flancos descendentes, de
    //forma a dar contagem ascendente
    tff tff0(.t(1), .clk(!clk), .clrn(1), .prn(1), .q(q[0]));
    tff tff1(.t(1), .clk(!q[0]), .clrn(1), .prn(1), .q(q[1]));
    tff tff2(.t(1), .clk(!q[1]), .clrn(1), .prn(1), .q(q[2]));
    tff tff3(.t(1), .clk(!q[2]), .clrn(1), .prn(1), .q(q[3]));
endmodule
```

Este código vai implementar um contador e mostrar a contagem nos leds.

Como se pode ver cada clock do flip flop seguinte vai buscar a variação de saída do flip flop anterior.

## Contadores síncronos

Vamos implementar dois contadores síncronos (o clock é comum a todos os flip flops do contador) de 4 bits cada ligados um ao outro de forma a obter um contador de 8 bits. Este contador terá 4 bits, logo utilizaremos 4 flip-flops T. O flip-flop T é uma primitiva do verilogHDL que tem a inicialização:

```
tff nome_instancia(IN, CLK, CLEAR, PRESET, OUT)
```

Os contadores têm Enable e rco para permitir ligá-los entre si

O código é:

```
reg [7:0] Cont;
always@(posedge CLOCK_50)
```

```

begin
    Cont <= Cont+1;
end

wire rco; //rco para me permitir activar o segundo contador quando o
primeiro chegar a 15
counter4sync counter42(LEDG[3:0], rco, Cont[4], 1);
counter4sync counter43(LEDG[7:4], , Cont[4], rco);

module counter4sync(q, rco, clk, enb ); //modulo que implementa um contador
de 4 bits sincrono com enable e rco

output [3:0] q, rco=(q[0] && q[1] && q[2] && q[3]) ;

input clk, enb;

wire a[4:0];

tff tff0(.t(enb), .clk(clk), .clrn(1), .prn(1), .q(q[0]));
and and0(a[0], q[0], enb);
tff tff1(.t(a[0]), .clk(clk), .clrn(1), .prn(1), .q(q[1]));
and and1(a[1], q[1], enb);
and and2(a[2], a[1], a[0]);
tff tff2(.t(a[2]), .clk(clk), .clrn(1), .prn(1), .q(q[2]));
and and3(a[3], q[2], enb);
and and4(a[4], a[3], a[2]);
tff tff3(.t(a[1]), .clk(clk), .clrn(1), .prn(1), .q(q[3]));

endmodule

```

Este código vai implementar um contador e mostrar a contagem nos leds.

Como se pode ver cada clock do flip flop seguinte vai buscar a variação de saída do flip flop anterior.

### Contador em Verilog – A maneira simples

```

reg [7:0] Cont;
always@(posedge CLOCK_50)
begin
    Cont <= Cont+1;
end

assign LEDR[7:4] = Cont[7:4];

```

## Descodificadores usando lógica combinatória (mapas de Karnaugh)

Começamos por projectar um circuito que, usando os switches para representar um número em binário de 2 bits, apresente esse número no painel de 7 segmentos. Vamos implementar este circuito usando tabelas de Karnaugh.

Depois de fazermos e simplificarmos as tabelas de Karnaugh obtemos o seguinte:

A=  $\neg M1 \cdot M2$   
B= 0  
C=  $\neg M2 \cdot M1$   
D=  $\neg M1 \cdot \neg M2$   
E= M2  
F= M2 + M1  
G=  $\neg M1$

Logo o código é:

```
//usar os sw 5 e 6 para introduzir um numero em binario e aparece no
display de sete segmentos (fazer logica combinatoria)
assign HEX0[0] = !SW[6] && SW[5];
assign HEX0[1] = 1'b0;
assign HEX0[2] = !SW[5] && SW[6];
assign HEX0[3] = !SW[6] && SW[5];
assign HEX0[4] = SW[5];
assign HEX0[5] = SW[5] || SW[6];
assign HEX0[6] = !SW[6];
```

## Descodificadores usando “case statement”

Agora vamos apresentar, no ecran de sete segmentos:

- 1 se os switches estiverem a 0 0
- 3 se os switches estiverem a 0 1
- 5 se os switches estiverem a 1 0
- 7 se os switches estiverem a 1 1

O código é:

```
reg [1:0] sel;
sel[1]=SW[5];
sel[0]=SW[6];
case (sel)
  2'b00 : begin
    assign HEX0[0] = 1'b1;
    assign HEX0[1] = 1'b0;
    assign HEX0[2] = 1'b0;
    assign HEX0[3] = 1'b1;
    assign HEX0[4] = 1'b1;
    assign HEX0[5] = 1'b1;
    assign HEX0[6] = 1'b1;
  end
  2'b01 : begin
    assign HEX0[0] = 1'b0;
```

```

assign    HEX0[1]    =    1' b0;
assign    HEX0[2]    =    1' b0;
assign    HEX0[3]    =    1' b0;
assign    HEX0[4]    =    1' b1;
assign    HEX0[5]    =    1' b1;
assign    HEX0[6]    =    1' b0;
    end
2' b10 : begin
    assign    HEX0[0]    =    1' b0
assign    HEX0[1]    =    1' b1;
assign    HEX0[2]    =    1' b0;
assign    HEX0[3]    =    1' b0;
assign    HEX0[4]    =    1' b1;
assign    HEX0[5]    =    1' b0;
assign    HEX0[6]    =    1' b0;
    end
2' b11 : begin
    assign    HEX0[0]    =    1' b0
assign    HEX0[1]    =    1' b0;
assign    HEX0[2]    =    1' b0;
assign    HEX0[3]    =    1' b1;
assign    HEX0[4]    =    1' b1;
assign    HEX0[5]    =    1' b1;
assign    HEX0[6]    =    1' b1;
    end
endcase

```