

## TRABALHO DE LABORATÓRIO III

### CIRCUITOS SEQUENCIAIS: ENIGMA (VIVADO TUTORIAL)

Trabalho realizado por: Diogo Martins Alves Nº 86980

Diogo Moura Nº 86976

Dia: 18/11/2016 Hora: 13h00 Lab: 3 Grupo: 68 Docente: \_\_\_\_\_

- Escolha dos valores INIT\_VAL, COD\_KEY e DESC\_KEY. Justifique com os cálculos realizados.

$K = 76$        $INIT\_VAL\_DEC = 76/2 + 1 = 39$        $INIT\_VAL = 100111$

$X1 = 0101$        $X2 = 0010$        $COD\_KEY = 01010010$        $COD\_KEY\_DEC = 82$  (em decimal)

$MESS\_CODIF = ROR((MESSAGE + COD\_KEY), 4)$

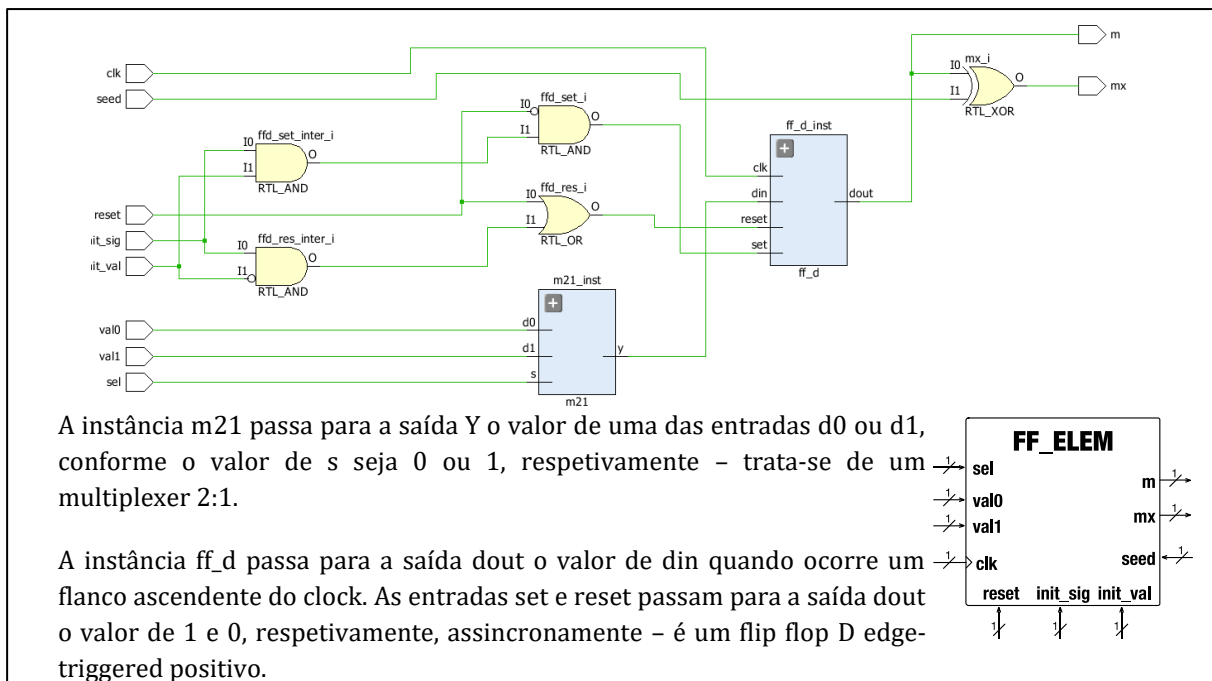
$MESS\_DESCOD = ROL(MESS\_CODIF, 4) + DESC\_KEY$

$MESSAGE = MESS\_DESCOD$

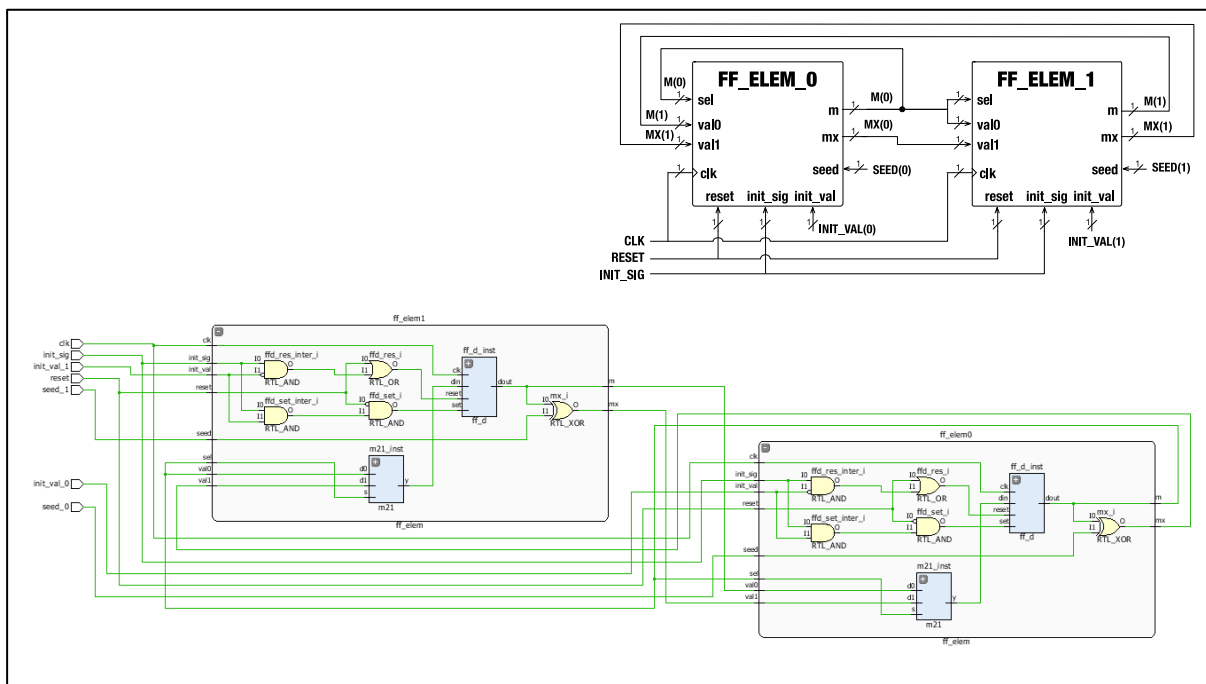
$MESS\_CODIF = ROR(((ROL(MESS\_CODIF, 4) + DESC\_KEY) + COD\_KEY), 4) \Rightarrow DESC\_KEY + COD\_KEY = 0$   
 $\Leftrightarrow DESC\_KEY = -COD\_KEY = 10101101 + 1 = 10101110$

$DESC\_KEY = 10101110$        $DESC\_KEY\_DEC = -82$  (em decimal)

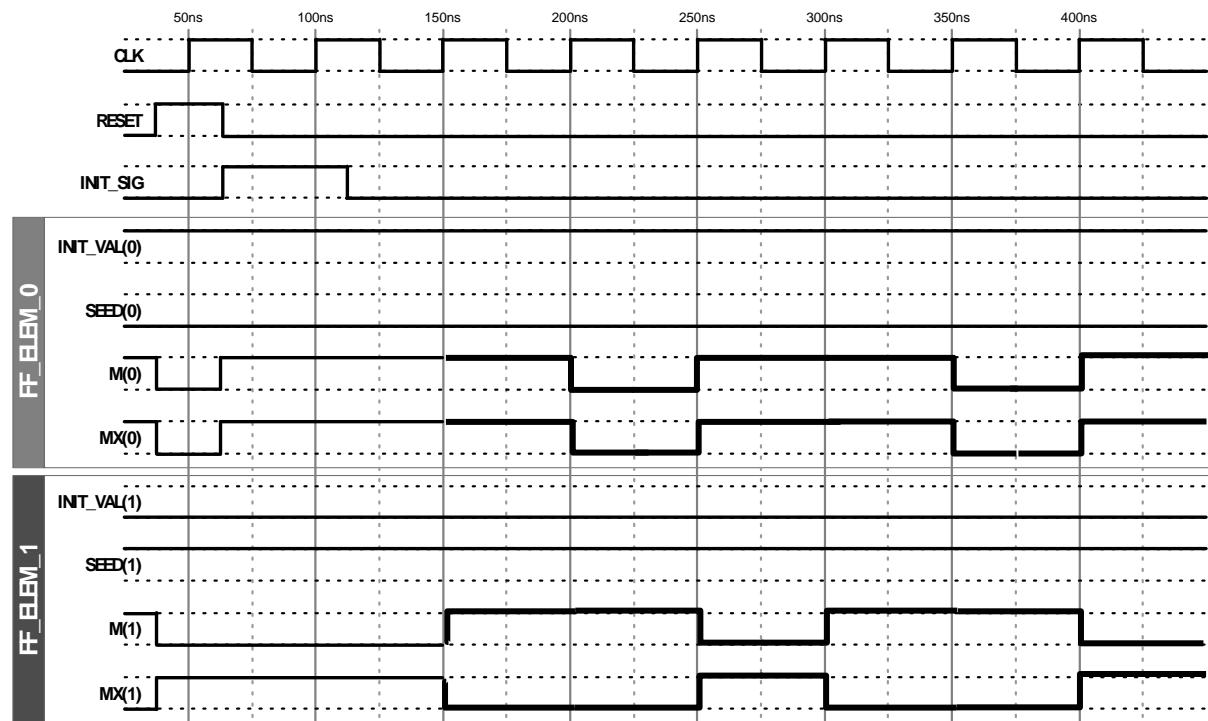
- Desenhe o logograma do circuito FF\_ELEM, indicando qual a funcionalidade das instâncias M21 e FF\_D e identificando o respetivo componente.



3. Desenha o logograma do circuito constituído por dois componentes FF\_ELEM ligados como indicado na figura ao lado.



4. Para o circuito apresentado na pergunta 3, complete o diagrama temporal desprezando os tempos de propagação das portas lógicas.



5. Considerando os tempos de propagação indicados na tabela ao lado, indique qual o caminho crítico que conduz ao mínimo período de relógio. Justifique.

O período de relógio tem que ser maior ou igual ao tempo máximo que um sinal demora a chegar desde um flip-flop a outro (ou ao mesmo). Assim, temos dois valores de tempo distintos (sendo ff0 o flip-flop do ff\_elem\_0 e ff1 o do ff\_elem\_1):

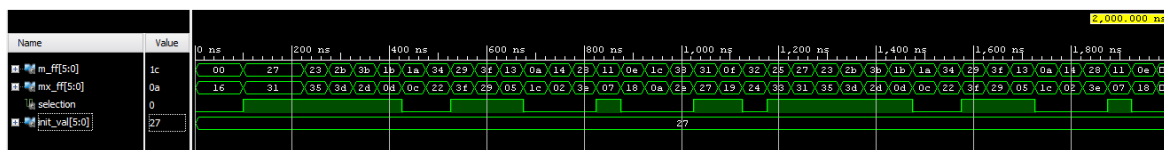
Componente	$T_p$ [ps]	$T_{su}$ [ps]
Flip-Flop	20	10
Multiplexer	50	
XOR/AND/OR	30	
NOT	20	

$$T(\text{ff1} - \text{XOR} - \text{MUX} - \text{ff0}) = T(\text{ff0} - \text{XOR} - \text{MUX} - \text{ff1}) = t_p(\text{ff}) + t_p(\text{XOR}) + t_p(\text{MUX}) + t_{su}(\text{ff}) = 20 + 30 + 50 + 10 = 110 \text{ ps}$$

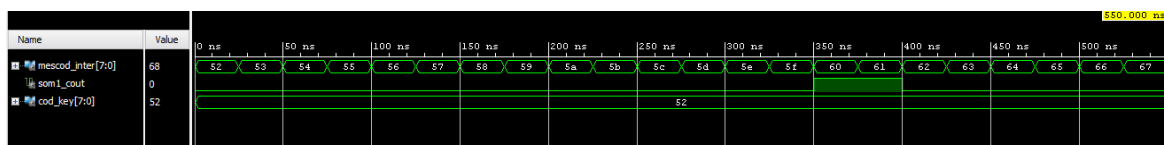
$$T(\text{ff1} - \text{MUX} - \text{ff0}) = T(\text{ff0} - \text{MUX} - \text{ff0}) = T(\text{ff0} - \text{MUX} - \text{ff1}) = t_p(\text{ff}) + t_p(\text{MUX}) + t_{su}(\text{ff}) = 20 + 50 + 10 = 80 \text{ ps}$$

Assim, o período mínimo do relógio terá que ser 110 ps.

6. Apresente um *snapshot* da simulação do circuito **mess\_gen** com o valor INIT\_VAL modificado, aumentando o tempo de simulação para 2000ns e contemplando os seguintes sinais internos da *test\_unit*: m\_ff, mx\_ff, selection e init\_val.



7. Apresente um *snapshot* da simulação do circuito **codificador** com o valor COD\_KEY modificado, para o tempo de simulação de 550ns e contemplando os seguintes sinais internos da *test\_unit*: mescod\_inter, som1\_cout e cod\_key.



### 7.1 Explique como é feita em VHDL a função ROR.

Em VHDL, a função ROR é feita através da concatenação dos n bits de menor peso que se pretendem rotar aos restantes bits. No nosso caso pretende-se obter `mess_codif = ROR((mescod_inter), 4)`, logo o que se faz é o seguinte:

```
mess_codif <= mescod_inter(3 downto 0) & mescod_inter(7 downto 4);
```

7.2 Calcule, justificando, os valores teóricos da 1ª e 4ª palavras codificadas da simulação, tendo em conta as entradas utilizadas.

Na simulação, o valor de “message” foi iniciado a “00000000” e foi aumentando uma unidade de cada vez, logo:

1ª palavra:

$$\text{message} = 00000000_{(2)} = 00_{(16)}$$

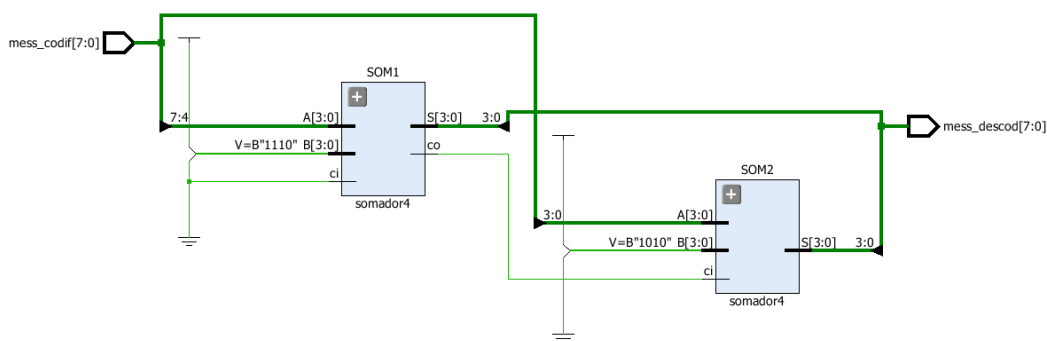
$$\text{mess\_codif} = \text{ROR}((00000000 + 01010010), 4) = 00100101_{(2)} = 25_{(16)}$$

4ª palavra:

$$\text{message} = 00000011_{(2)} = 03_{(16)}$$

$$\text{mess\_codif} = \text{ROR}((00000011 + 01010010), 4) = \text{ROR}(01010101, 4) = 01010101_{(2)} = 55_{(16)}$$

8. Apresente um *snapshot* do logograma do **descodificador** implementado (obtido no Xilinx Vivado seguindo o passo 3.11 do enunciado).



8.1 Calcule, justificando, os valores teóricos da 1ª e 4ª palavras descodificadas da simulação, tendo em conta as entradas utilizadas.

Partindo dos valores da variável mess\_codif da simulação anterior, podemos calcular os valores teóricos da variável mess\_descod:

1ª palavra:

$$\text{mess\_codif} = 00100101_{(2)} = 25_{(16)}$$

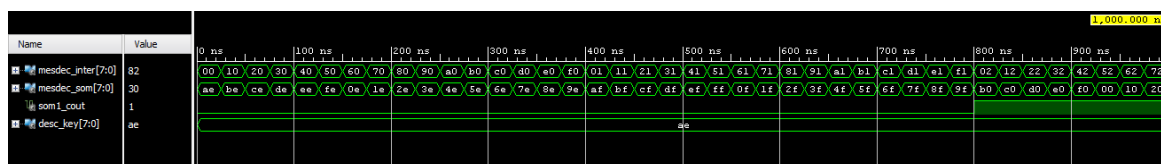
$$\text{mess\_descod} = \text{ROL}(00100101, 4) + 10101110 = 01010010 + 10101110 = 00000000_{(2)} = 00_{(16)}$$

4ª palavra:

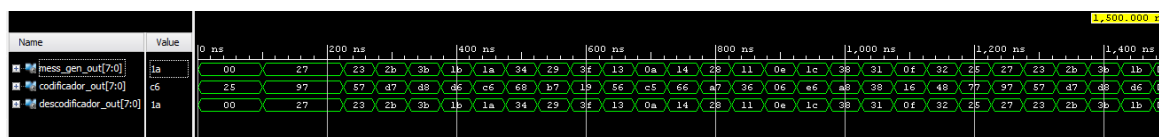
$$\text{mess\_codif} = 01010101_{(2)} = 55_{(16)}$$

$$\text{mess\_descod} = \text{ROL}(01010101, 4) + 10101110 = 01010101 + 10101110 = 00000011_{(2)} = 03_{(16)}$$

9. Apresente um *snapshot* da simulação do circuito **descodificador** com o valor DESC\_KEY modificado, para o tempo de simulação de 1000ns e contemplando os seguintes sinais internos da *test\_unit*: mesdec\_inter, mesdec\_som, som1\_cout e desc\_key.



10. Apresente um *snapshot* da simulação do circuito **enigma** com o tempo de simulação de 1500ns e contemplando os seguintes sinais internos da *test\_enigma*: mes\_gen\_out, codificador\_out e descodificador\_out.



11. Comente o funcionamento da máquina enigma implementada na placa de prototipagem (procedimento realizado na aula de laboratório).

O trabalho laboratorial foi feito com sucesso, uma vez que conseguimos implementar o circuito na placa de desenvolvimento Digilent Basys 3. O interruptor switch (SW(0)) estava ligado à entrada "init" do gerador de mensagens. Por esta razão, se este estivesse desligado, o display apenas mostrava uma imagem estática, correspondente à mensagem inicial. Quando ligámos este interruptor, os leds e o display começaram a mudar a uma frequência de 1.5 GHz. Nos leds era possível ler o valor da mensagem calculada pelo gerador de mensagens em binário, sendo que nos quatro leds da esquerda estavam os 4 bits de maior peso e nos quatro leds da direita estavam os quatro bits de menor peso. Já no display, era possível ler o valor dessa mensagem codificada em hexadecimal (nos dois dígitos da esquerda) e da mensagem decodificada, também em hexadecimal (nos dois dígitos da direita).