

Electrónica III

Curso 2021

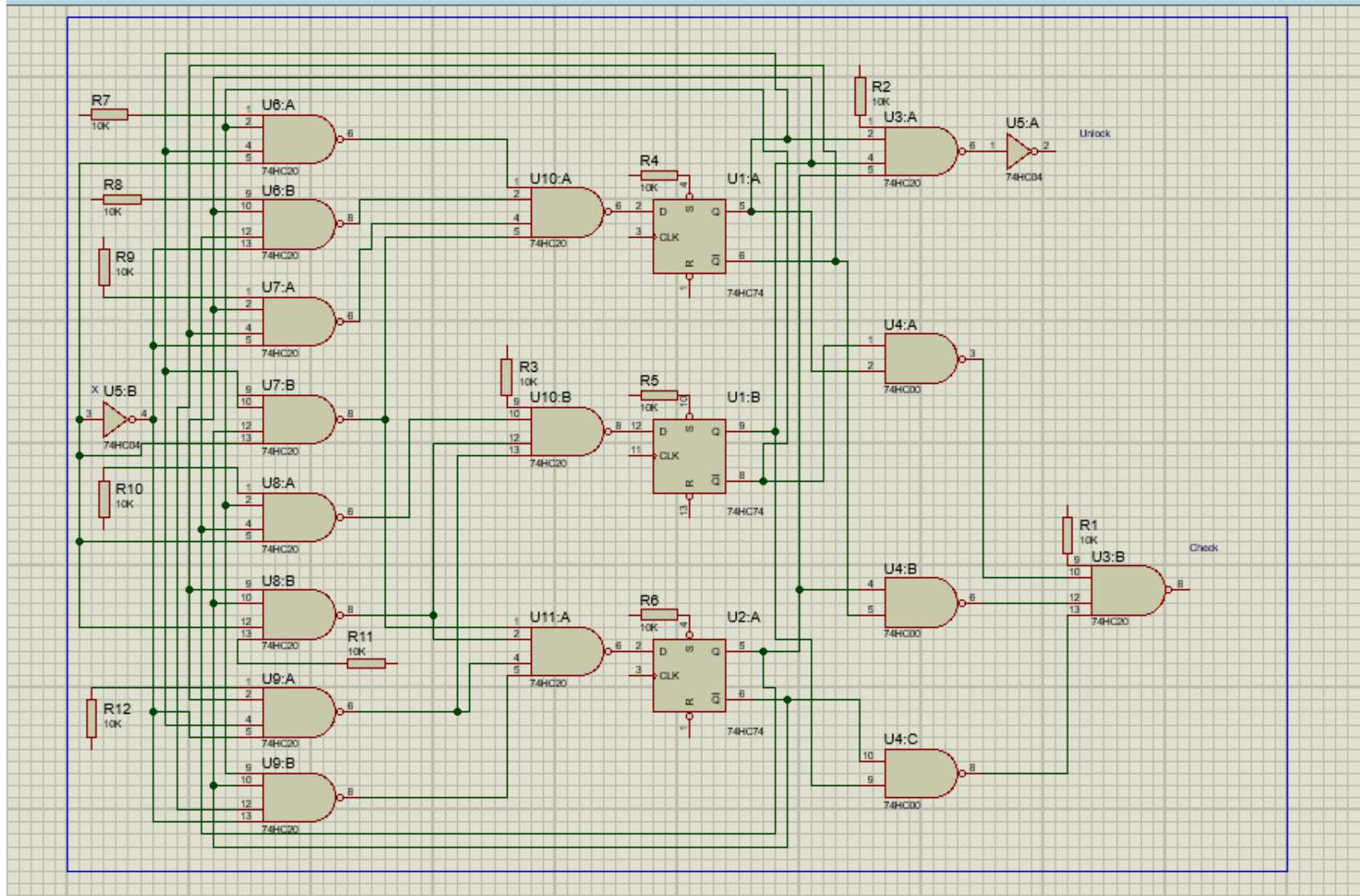
Enunciado General

Considere el siguiente circuito

Frecuencia de Operación 1 MHz

Tensión de Operación: 4,5 Volt

Temperatura de Operación: 25 °C



Ejercicio 1

- Determine el Tiempo Total de Propagación

Tomamos tiempos máximos

$$t_{\text{comb}} = \text{NAND}(\text{HC20}) \times 2 + \text{NOT}(\text{HC04}) = 22 \text{ ns} \times 2 + 17 \text{ ns} = 61 \text{ ns}$$

$$t_{\text{ff}} = 35 \text{ ns}$$

$$t_{\text{out}} = \text{NAND}(\text{HC20}) + \text{NOT}(\text{HC04}) = 22 \text{ ns} + 17 \text{ ns} = 39 \text{ ns}$$

$$t_{\text{out}} = \text{NAND}(\text{HC00}) + \text{NAND}(\text{HC20}) = 18 \text{ ns} + 22 \text{ ns} = 40 \text{ ns}$$

$$T_{\text{total}} = t_{\text{comb}} + t_{\text{ff}} + t_{\text{out}} = 61 \text{ ns} + 35 \text{ ns} + 40 \text{ ns} = 136 \text{ ns}$$

Ejercicio 2

- Calcule el Setup Time Margin

$$t_{\text{clk}} - t_{\text{ff(max)}} - t_{\text{comb(max)}} > t_{\text{setup}}$$

$$t_{\text{setup}} = 20 \text{ ns}$$

$$F = 1 \text{ MHz} \quad T = 1 \text{ us} = 1000 \text{ ns}$$

$$1000 \text{ ns} - 35 \text{ ns} - 61 \text{ ns} = 904 \text{ ns} > t_{\text{setup}}$$

$$\text{Setup Time Margin} = 904 \text{ ns}$$

Ejercicio 3

- Calcule el Hold Time Margin

$$t_{ff}(\text{min}) + t_{\text{comb}}(\text{min}) > t_{\text{hold}}$$

$$t_{ff}(\text{min}) = 20 \text{ ns}$$

$$t_{\text{hold}} = 0 \text{ ns}$$

$$t_{\text{comb}}(\text{min}) = \text{NAND}(\text{HC20}) \times 2 + \text{NOT}(\text{HC04}) = 14 \text{ ns} \times 2 + 17 \text{ ns} = 45 \text{ ns}$$

$$20 \text{ ns} + 45 \text{ ns} = 65 \text{ ns} > 0 \text{ ns}$$

$$\text{Hold Time Margin} = 65 \text{ ns}$$

Ejercicio 4

- Calcule la frecuencia máxima de Operación. Justifique su respuesta.

$$t_{ff}(\min) = 20 \text{ ns}$$

$$t_{ff}(\max) = 35 \text{ ns}$$

$$t_{comb}(\min) = 45 \text{ ns}$$

$$t_{comb}(\max) = 61 \text{ ns}$$

$$t_{setup} = 20 \text{ ns}$$

$$t_{clk} - t_{ff}(\max) - t_{comb}(\max) > t_{setup}$$

$$t_{clk} > t_{setup} + t_{ff}(\max) + t_{comb}(\max)$$

$$t_{clk} > 20 \text{ ns} + 35 \text{ ns} + 61 \text{ ns} = 116 \text{ ns}$$

$$F < 8,62 \text{ MHz}$$

Ejercicio 5

- Calcule el Clock Skew que el circuito puede tolerar

$$t_{\text{ffpd}(\text{min})} + t_{\text{comb}(\text{min})} - t_{\text{skew}(\text{max})} > t_{\text{hold}}$$

$$t_{\text{ff}}(\text{min}) = 20 \text{ ns}$$

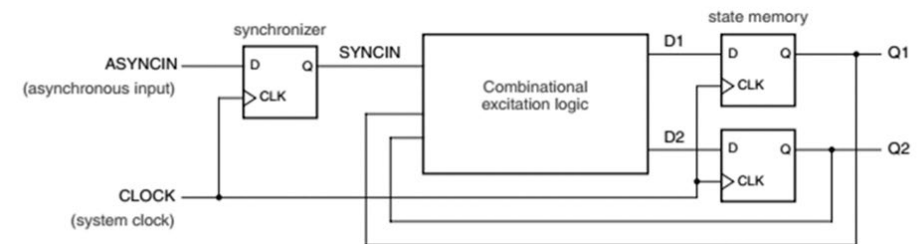
$$t_{\text{comb}}(\text{min}) = 45 \text{ ns}$$

$$t_{\text{hold}} = 0 \text{ ns}$$

$$20 \text{ ns} + 45 \text{ ns} - 0 \text{ ns} > t_{\text{skew}(\text{max})}$$
$$65 \text{ ns}$$

Ejercicio 7

- Utilice un circuito de sincronización con 1 Flip Flop D y calcule el Metaestability Resolution Time



$$t_r = t_{clk} - t_{comb} - t_{setup} \text{ Metaestability Resolution Time}$$

$$t_{comb} (\text{max}) = 61 \text{ ns}$$

$$t_{setup} = 20 \text{ ns}$$

$$t_r = 1000 \text{ ns} - 61 \text{ ns} - 20 \text{ ns} = 919 \text{ ns}$$

Ejercicio 8

- Suponiendo una entrada que varía a razón de 200.000 veces por segundo, calcule el MTBF para la frecuencia máxima de operación determinada en la parte 6.
- $\tau = 1,8 \text{ ns}$
- $T_0 = 1,5 \times 10^{-6} \text{ s}$

$$MTBF(t_r) = \frac{\exp(\frac{t_r}{\tau})}{T_0 \times f \times a}$$

$$MTBF(t_r) = \frac{\exp(\frac{80ns}{1,8})}{1,5 \times 10^{-6} \times 10^6 \times 150000}$$

$$8,91 \times 10^{12} \text{ seg}$$