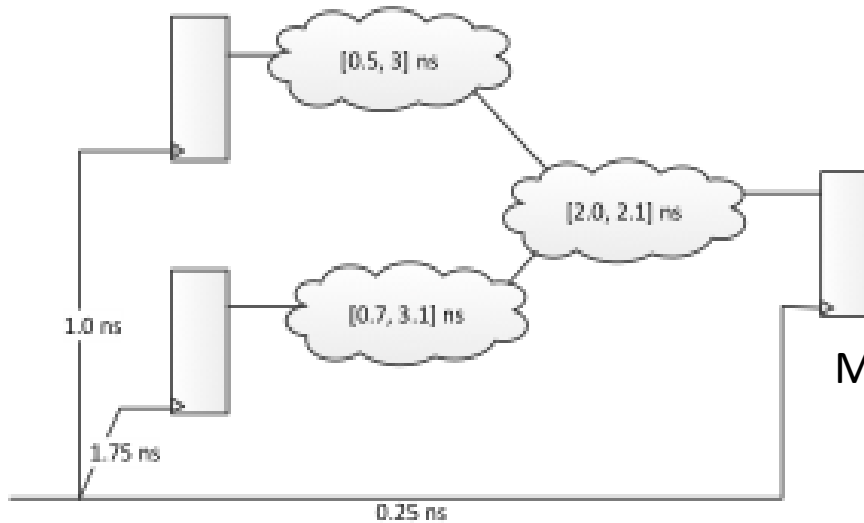


Problema 1



$T_{clk_q}=0.4ns$

$T_{setup}=0.25ns$

$T_{hold}=0.1ns$

$F=100MH \Rightarrow t_{ck}=10ns$

$$M_{setup} = T_{clk} + skew - (t_{clk-2-Q} + t_{comb} + t_{setup})$$

Margen 1= $10 + (0.25-1) - (0.4+3+2.1+0.25) = 3.5ns$

Margen 2= $10 + (0.25-1.75) - (0.4+3.1+2.1+0.25) = 2.65ns$

No hay violaciones de setup

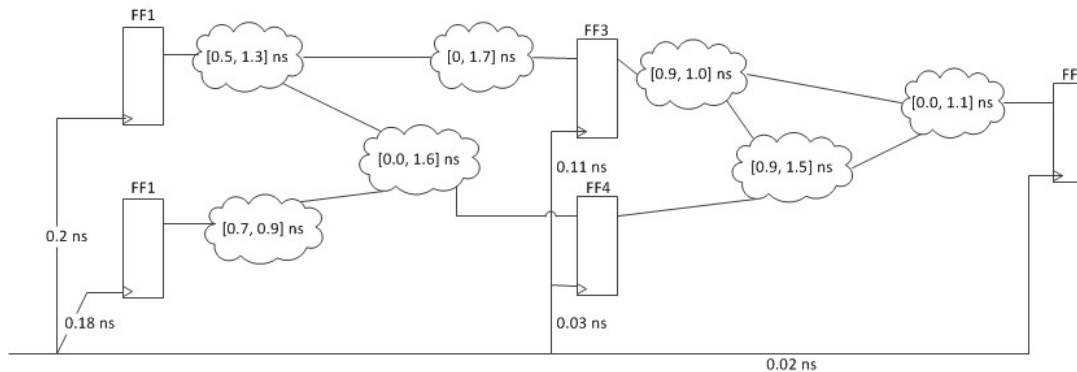
A 200MHz $t_{ck}=5ns$

Margen1=-1.5

Margen2= -2.35

Se pueden añadir búferes para aumentar el skew en 2.35ns. Se necesitan 6 bufferes

Problema 2 (Examen febrero 2013)



$T_{clk_q}=0.12\text{ns}$
 $T_{setup}=0.1\text{ns}$
 $T_{hold}=0.05\text{ns}$
 $F=250\text{MH} \Rightarrow t_{ck}=4\text{ns}$

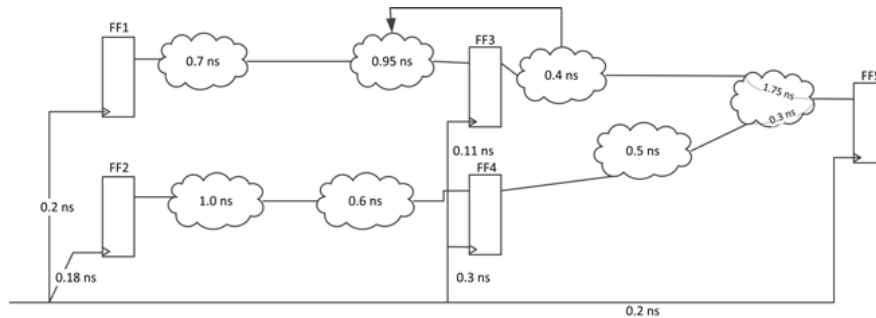
Hay que buscar y evaluar todos los caminos:

Camino 1: FF1-FF3	$\text{Margen1}=4+(0.11-0.2) - (0.12 + 1.3 + 1.7 + 0.1)=0.69\text{ns}$	
Camino 2: FF1-FF4	$\text{Margen2}=4+(0.03-0.2) - (0.12 + 1.3 + 1.6 + 0.1)=0.71\text{ns}$	
Camino 3: FF2-FF4	$\text{Margen3}=4+(0.03-0.18) - (0.12 + 0.9 + 1.6 + 0.1)=1.13\text{ns}$	
Camino 4: FF3-FF5	$\text{Margen4}=4+(0.02-0.11) - (0.12 + 1.0 + 1.1 + 0.1)=1.59\text{ns}$	
Camino 5: FF3-FF5b	$\text{Margen5}=4+(0.02-0.11) - (0.12 + 1.0 + 1.5 + 1.1 + 0.1)=0.09\text{ns}$	
Camino 6: FF4-FF5	$\text{Margen6}=4+(0.02-0.03) - (0.12 + 1.5 + 1.1 + 0.1)=1.17\text{ ns}$	No hay violaciones de setup

Frecuencia máxima : Periodo $4-0.09= 3.91\text{ns}$ $f_{\text{max}}=255.75\text{Mz}$

Para trabajar a 500MHz (tciclo 2ns) hay que segmentar añadiendo registros

Problema 3 (Examen de septiembre 2013)



$T_{clk_q}=0.12ns$

$T_{setup}=0.1ns$

$T_{hold}=0.05ns$

$F=250MHz \Rightarrow t_{ck}=4ns$

Camino 1: FF1-FF3 $Margen1=4+(0.11-0.2) - (0.12 + 0.7 + 0.95 + 0.1) = 2.04ns$

Camino 2: FF2-FF4 $Margen2=2.30ns$

Camino 3: FF3-FF3 $Margen3=2.43ns$

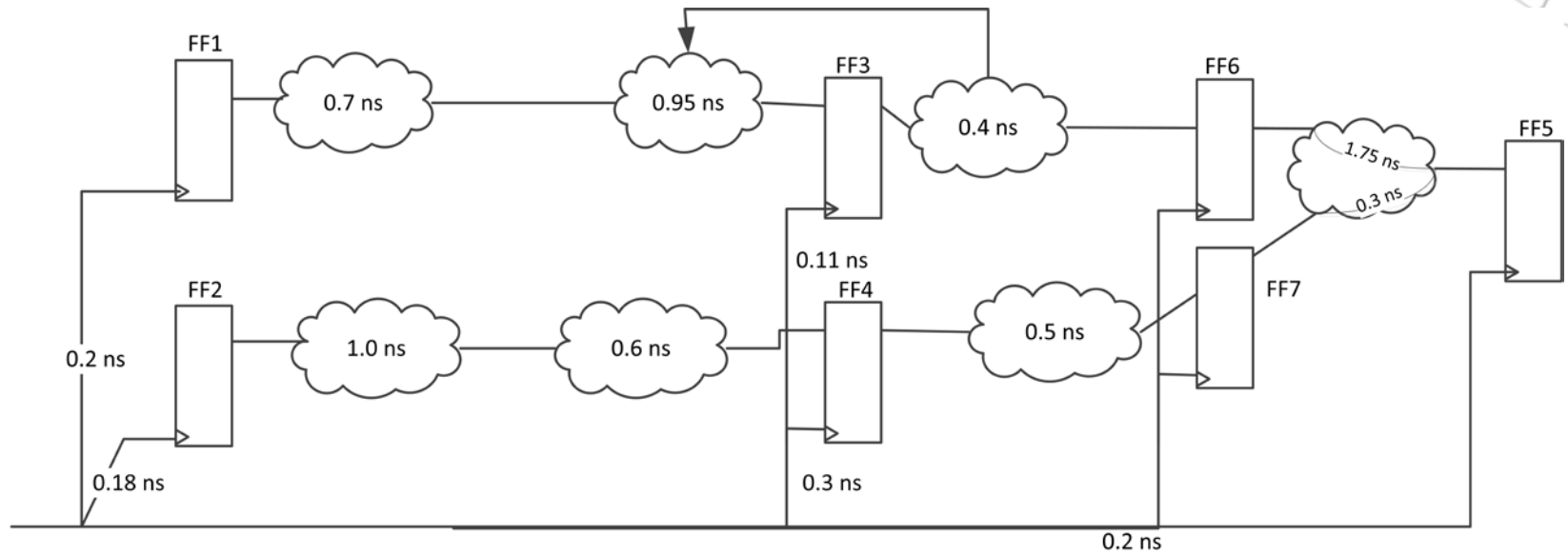
Camino 4: FF3-FF5 $Margen4=1.72ns$

Camino 5: FF4-FF5 $Margen5=2.88ns$

No hay violaciones de setup

A 500 MHz $t_{ciclo}=2ns$ todos los márgenes se reducen en 2ns, por lo tanto, el camino 4

Sería negativo (-0.28). Hay que segmentar ese camino añadiendo 2 registros a las entradas de la última nube





Los nuevos caminos son:

C4: FF3 a FF6.

C5: FF4 a FF7.

C6: FF6 a FF5.

C7: FF7 a FF5.

Y los márgenes de setup:

M_{500MHz}

$$4 = (2;00 + 0;22 \text{ ? } 0;10) \text{ ? } (0;11 + 0;12 + 0;40) = 1;49ns \text{ (13)}$$

M_{500MHz}

$$5 = (2;00 + 0;20 \text{ ? } 0;10) \text{ ? } (0;22 + 0;12 + 1;75) = 0;01ns \text{ (14)}$$

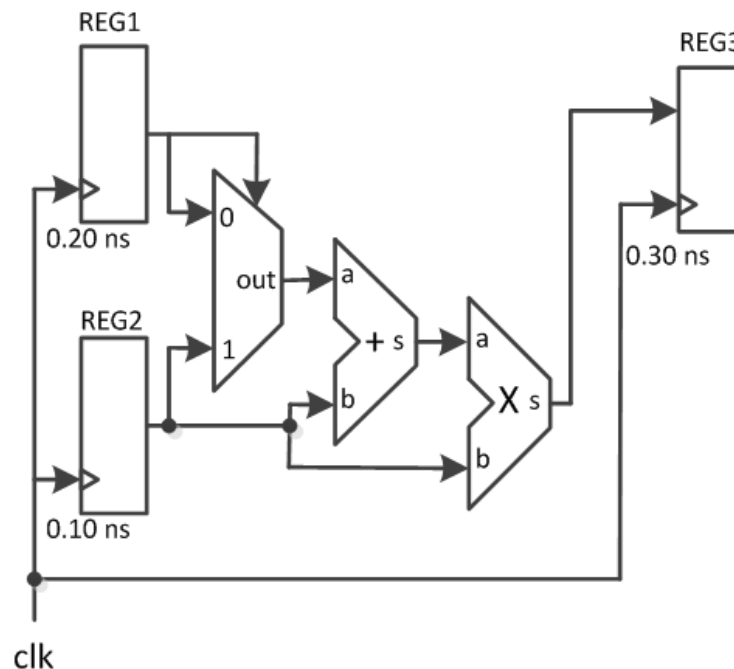
M_{500MHz}

$$6 = (2;00 + 0;22 \text{ ? } 0;10) \text{ ? } (0;30 + 0;12 + 0;50) = 1;20ns \text{ (15)}$$

M_{500MHz}

$$7 = (2;00 + 0;20 \text{ ? } 0;10) \text{ ? } (0;22 + 0;12 + 0;30) = 1;46ns \text{ (16)}$$

Problema 4 (Examen de febrero 2013)



- 1) Hay que buscar y evaluar todos los caminos:
 - Camino 1: REG1-REG3 (entrada selección del MUX → ADD → MUL)
 - Camino 2: REG1-REG3 (entrada 0 del MUX → ADD → MUL)
 - Camino 3: REG2-REG3 (MUX → ADD → MUL)
 - Camino 4: REG2-REG3 (ADD → MUL)
 - Camino 5: REG2-REG3 (MUL)



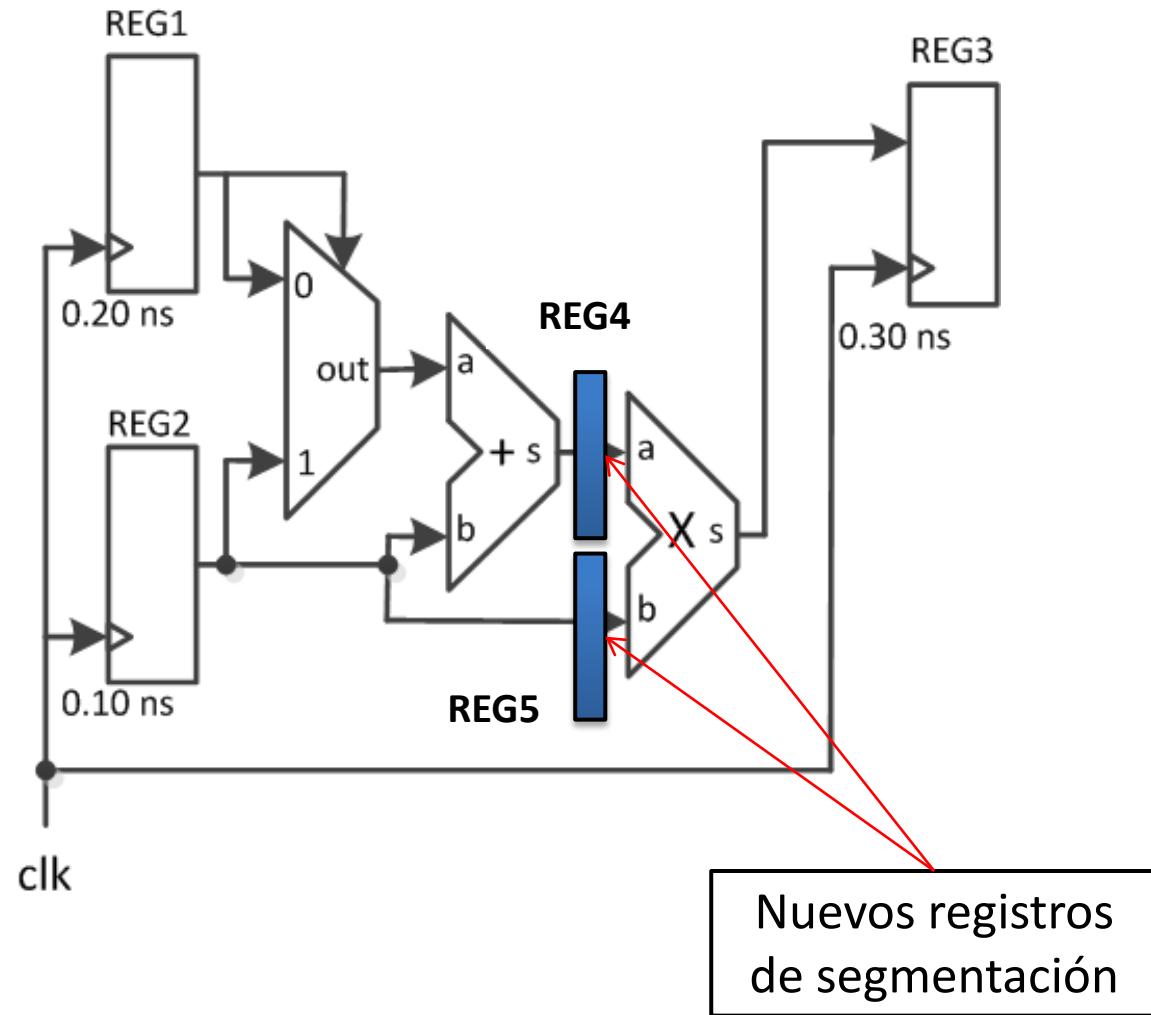
- Cálculo de skew:
 - Camino 1: $\text{skew} = \text{clk}_{\text{destino}} - \text{clk}_{\text{origen}} = 0.3 - 0.2 = 0.1 \text{ ns}$
 - Camino 2: $\text{skew} = 0.1 \text{ ns}$ (mismo que Camino 1)
 - Caminos 3, 4 y 5: $\text{skew} = 0.3 - 0.1 = 0.2 \text{ ns}$
- Cálculo de t_{comb} :
 - Camino 1: $t_{\text{comb}} = 0.5 (\text{MUX}_{\text{sel} \rightarrow \text{out}}) + 2.75 (\text{ADD}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) + 2.75 (\text{MUL}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) = 6 \text{ ns}$
 - Camino 2: $t_{\text{comb}} = 0.5 (\text{MUX}_{\text{0} \rightarrow \text{out}}) + 2.75 (\text{ADD}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) + 2.75 (\text{MUL}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) = 6 \text{ ns}$
 - Camino 3: $t_{\text{comb}} = 0.4 (\text{MUX}_{\text{1} \rightarrow \text{out}}) + 2.75 (\text{ADD}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) + 2.75 (\text{MUL}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) = 5.9 \text{ ns}$
 - Camino 4: $t_{\text{comb}} = 2.6 (\text{ADD}_{\text{b} \rightarrow \text{s}}) + 2.75 (\text{MUL}_{\text{a} \rightarrow \text{s}}) = 5.35 \text{ ns}$
 - Camino 5: $t_{\text{comb}} = 2.6 (\text{MUL}_{\text{b} \rightarrow \text{s}}) = 2.6 \text{ ns}$
- Márgenes de setup:
 - $M_{\text{setup}} = T_{\text{clk}} + \text{skew} - (t_{\text{clk-2-Q}} + t_{\text{comb}} + t_{\text{setup}})$
 - $T_{\text{clk}} = 1/250 \text{ MHz} = 4 \text{ ns}$
- Miramos el camino crítico (es decir, con el tiempo combinacional mayor). Es el principal sospechoso para no cumplir las restricciones temporales:
 - $M_{\text{setup}_\text{c1}} = 4 + 0.1 - (0.1 + 6 + 0.15) = -2.15 \text{ ns}$
 - Existe, al menos, un camino cuyo margen de setup es negativo. Por lo tanto, existe una violación de setup y el circuito no puede funcionar a 250 MHz

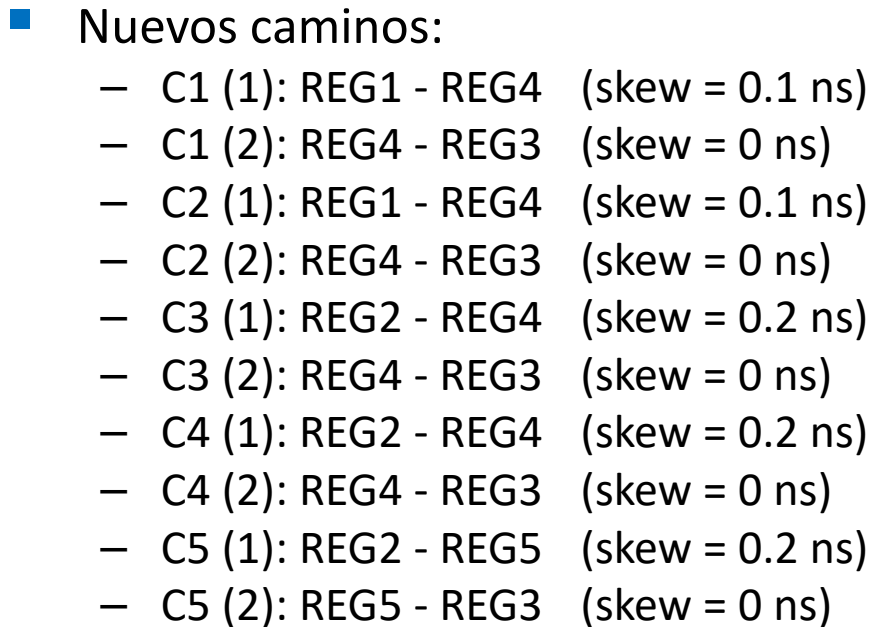


- 2) $MUL_{a \rightarrow s}$ es variable. Dependiendo de su valor, los caminos cumplirán (o no) las restricciones temporales.
 - $M_{\text{setup_C1}} = 4 + 0.1 - (0.1 + (0.5 (MUX_{\text{sel} \rightarrow \text{out}}) + 2.75 (ADD_{a \rightarrow s}) + X (MUL_{a \rightarrow s})) + 0.15) =$
 - $= 4 - 0.5 - 2.75 - X - 0.15 \text{ ns}$
 - $M_{\text{setup_C1}} = 0.6 - X \text{ ns}$
 - Para que C1 no presente una violación de setup, $M_{\text{setup_C1}} > 0 \text{ ns}$.
 - Por tanto: $0.6 - X > 0 \rightarrow -X > -0.6 \rightarrow \underline{X < 0.6 \text{ ns}}$ (antes ese retardo era 2.75 ns)
 - Similares razonamientos para C2 – C4 devuelven una condición menos restrictiva para X, al ser su margen de setup mayor. Por tanto, X debe ser menor que 0.6 ns para que el circuito pueda funcionar a 250 MHz

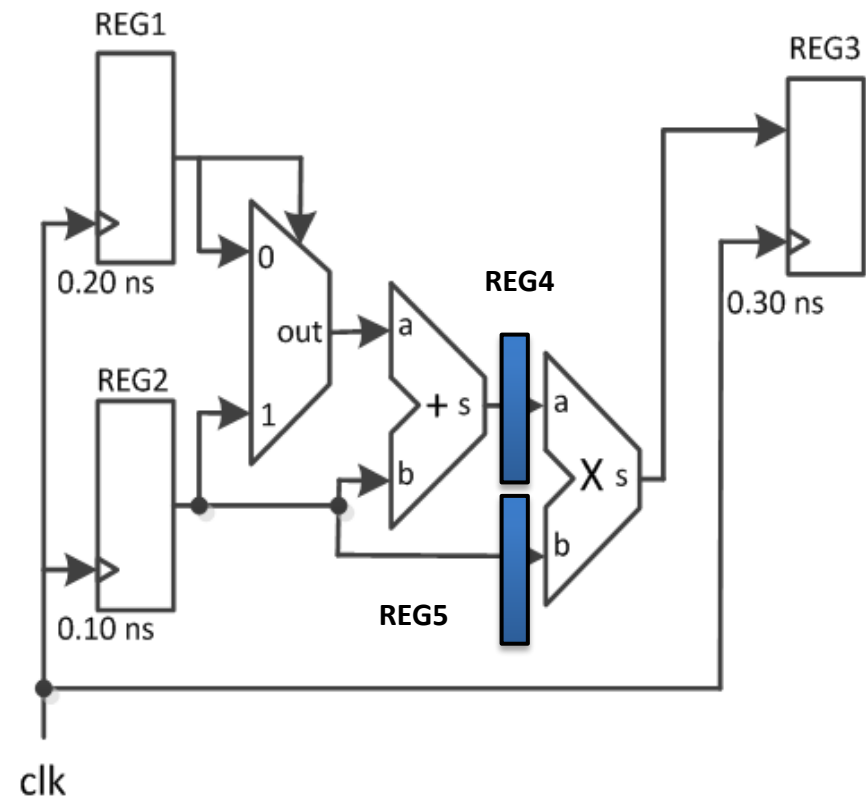


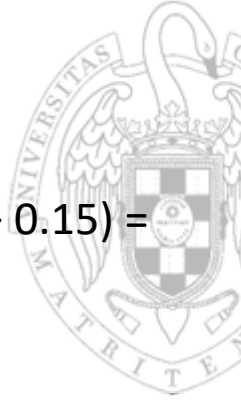
- 3) $MUL_{a \rightarrow s}$ vuelve a ser 2.75 ns. Debemos segmentar el circuito:





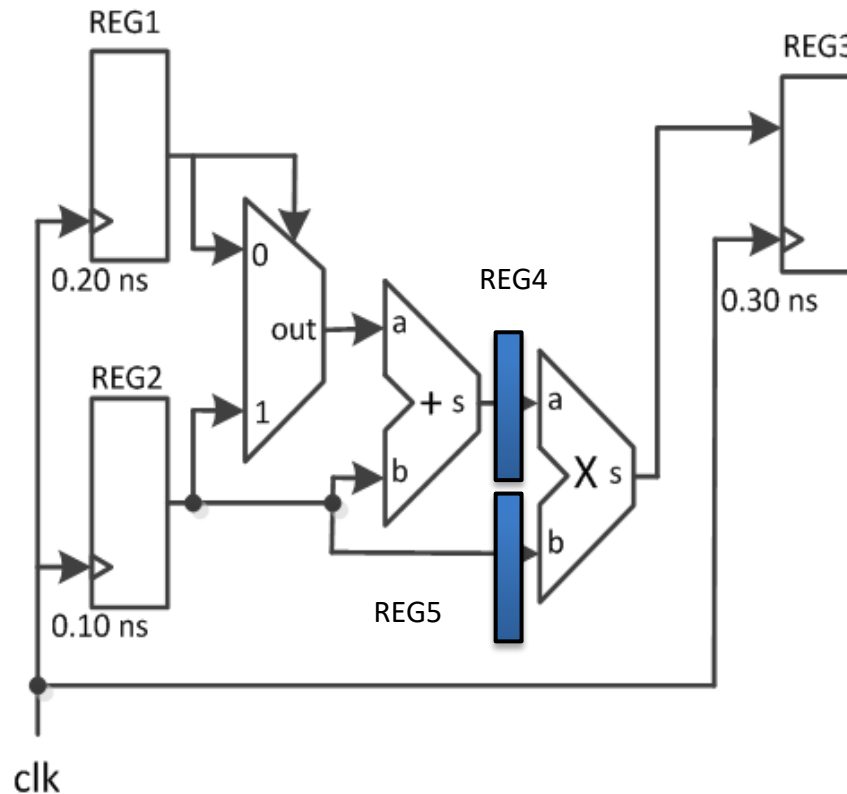
- Los caminos $C1(2)$, $C2(2)$, $C3(2)$ y $C3(4)$ son el mismo





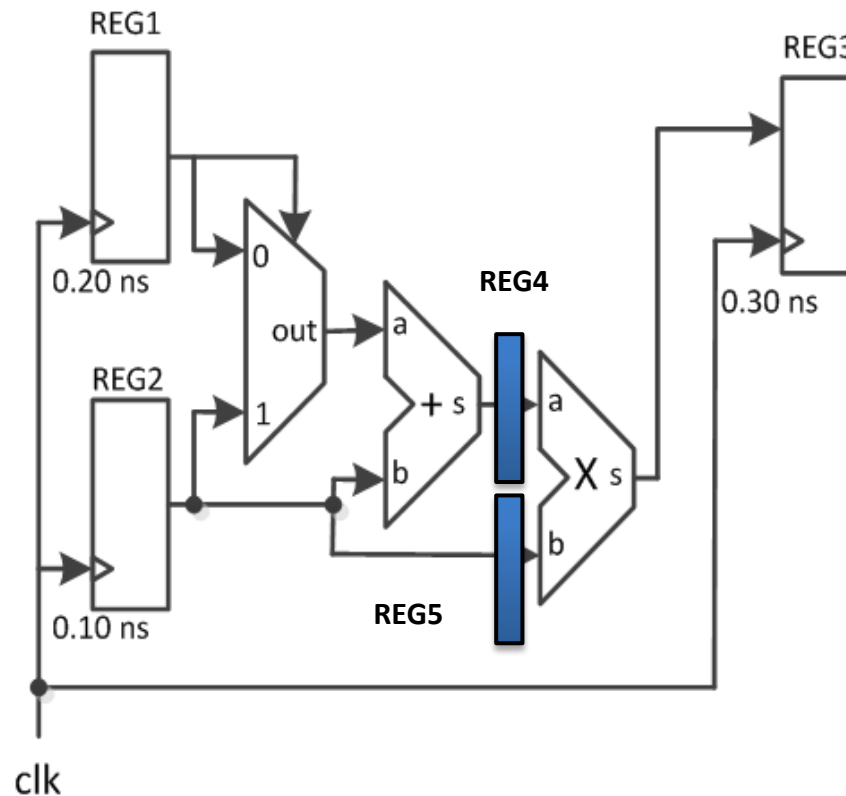
■ Nuevos márgenes de setup:

- $M_{\text{setup_C1 (1)}} = 4 + 0.1 - (0.1 + 0.5 + 2.75 + 0.15) = 0.6 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C1 (2)}} = M_{\text{setup_C2 (2)}} = M_{\text{setup_C3 (2)}} = M_{\text{setup_C4 (2)}} = 4 + 0 - (0.1 + 2.75 + 0.15) = 1 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C2 (1)}} = 4 + 0.1 - (0.1 + 0.5 + 2.75 + 0.15) = 0.6 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C3 (1)}} = 4 + 0.2 - (0.1 + 0.4 + 2.75 + 0.15) = 0.7 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C4 (1)}} = 4 + 0.2 - (0.1 + 2.6 + 0.15) = 1.25 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C5 (1)}} = 4 + 0.2 - (0.1 + 0 + 0.15) = 3.95 \text{ ns}$
- $M_{\text{setup_C5 (2)}} = 4 + 0 - (0.1 + 2.6 + 0.15) = 1.15 \text{ ns}$

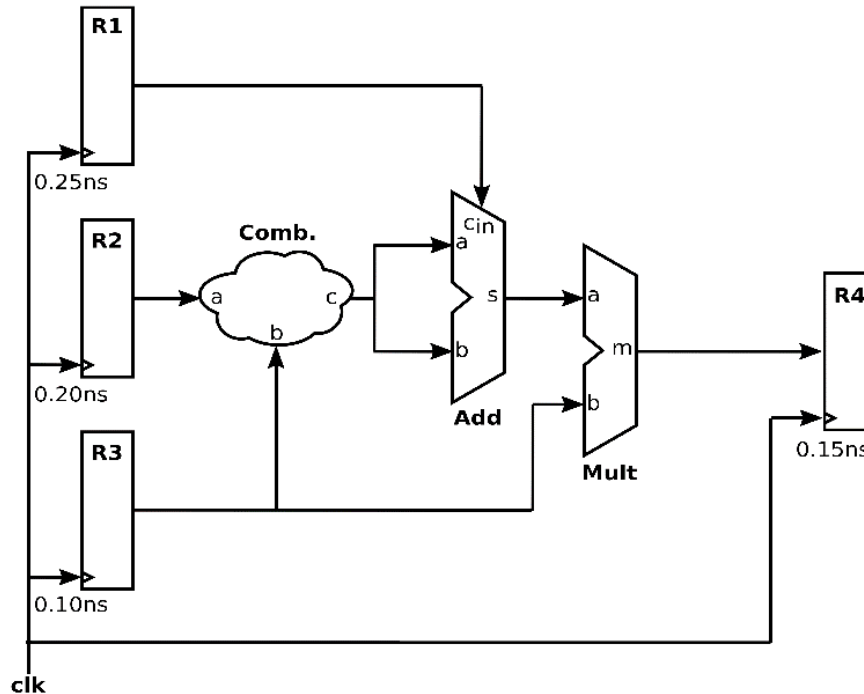




- Para comprobar el margen de hold, miramos el camino con retardo combinatorial menor (C5 (1)). Es el principal sospechoso a no cumplir esta restricción temporal:
 - $M_{\text{hold}} = t_{\text{clk-2-Q}} + t_{\text{comb}} - (\text{skew} + t_{\text{hold}})$
 - $M_{\text{hold_C5 (1)}} = 0.1 + 0 - (0.2 + 0.2) = -0.3 \text{ ns}$
- Este problema se puede arreglar añadiendo un buffer de, al menos, un retardo de 0.3 ns. El resto de caminos no presentan problemas de hold (sus retardos combinatoriales son ≥ 0.6 , lo que cancela el -0.3 ns de antes).



Ejercicio 5



$T_{clk_q} = 0.15ns$
 $T_{setup} = 0.20ns$
 $T_{hold} = 0.1ns$
 $F = 200MHz \Rightarrow t_{ck} = 5ns$

El camino crítico es el 2

Hay que buscar y evaluar todos los caminos:

Camino 1: R1-R4	$\text{Margen1} = 5 + (0.15 - 0.25) - (0.15 + 0.5 + 2.5 + 0.2) = 1.55ns$
Camino 2: R2-R4	$\text{Margen2} = 5 + (0.15 - 0.20) - (0.15 + 1.5 + 1 + 2.5 + 0.2) = -0.4ns$
Camino 3: R3-R4	$\text{Margen3} = 5 + (0.15 - 0.10) - (0.15 + 1.5 + 1.0 + 2.5 + 0.2) = -0.3ns$

$T_{ciclo} = 5 + 0.4 = 5.4ns$ $f_{max} = 198.41MHz$

Para funcionar a 200 MHz habría que añadir dos registros a la entrada del multiplicador