

Cuestión 1 (10 min, 1 pto)

Indique los tipos de óxido que se utilizan en la fabricación de circuitos integrados CMOS y las funciones que realizan.

En circuitos integrados se utiliza el óxido de silicio (SiO_2) como aislante eléctrico.

Se pueden distinguir dos tipos. El óxido fino, que se sitúa entre el polisilicio de las puertas y el sustrato/pozo. El óxido grueso, que se utiliza para delimitar transistores y hacer de barrera para implementar las difusiones.

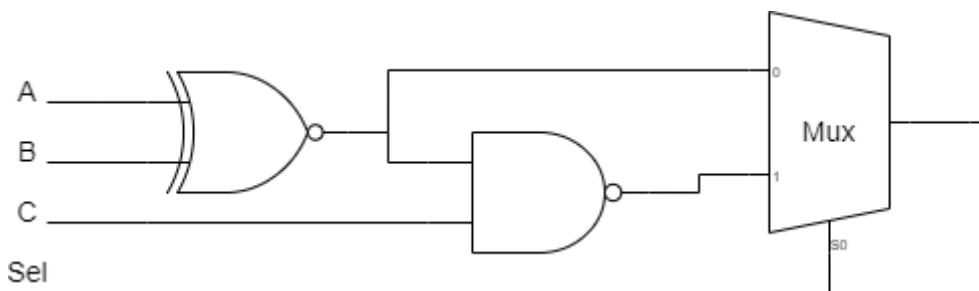
In integrated circuits, silicon oxide (SiO_2) is used as an electrical insulator.

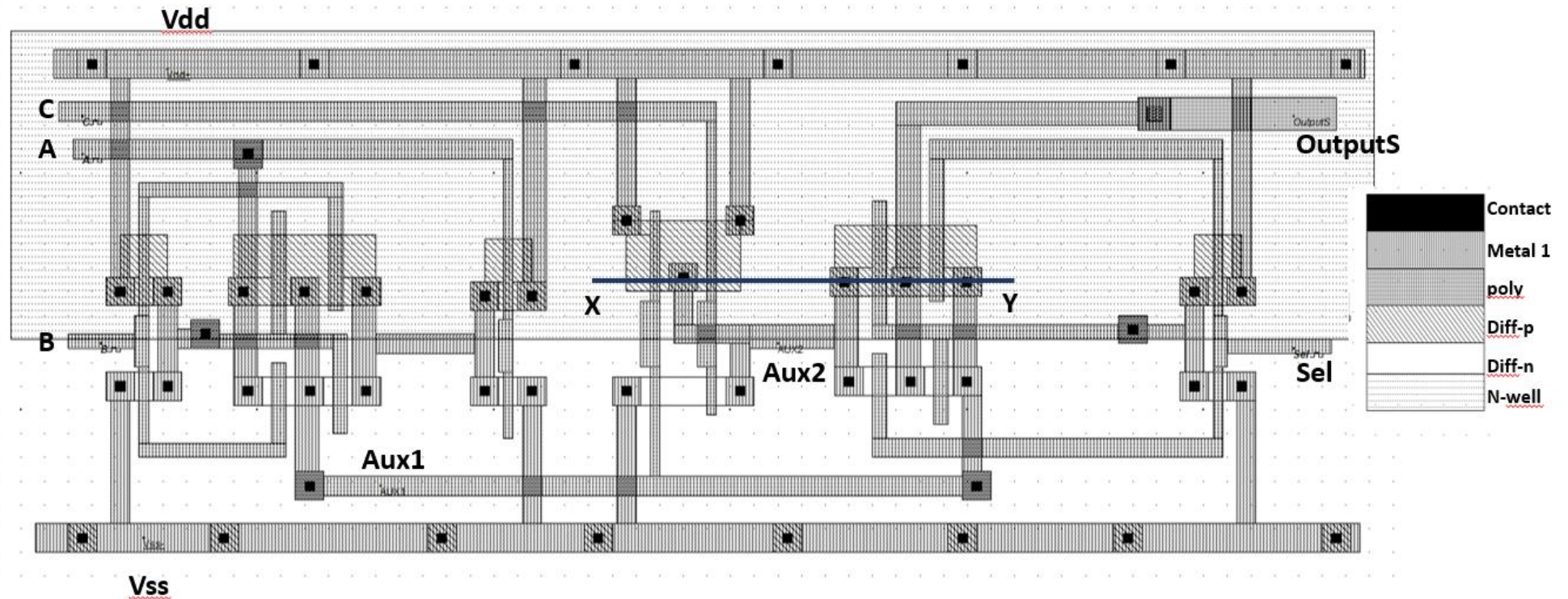
Two types can be distinguished. The thin oxide, which is located between polysilicon of gates and the substrate/well. The thick oxide, which is used to delimit transistors and act as a barrier to implement the diffusions.

Problema 1 (50 min, 4 pto)

En el esquema de la figura adjunta se muestra el esquema físico de un circuito digital.

- Obtenga el esquema de transistores del layout de la figura.
- Dibuje una tabla con el estado de los transistores P y N que generan Aux1 y Aux2.
- Indique las funciones lógicas simplificadas de *OutputS* en función de las entradas (A, B, C y Sel)
- Dibuje el esquema de puertas y bloques lógicos correspondiente al apartado c
- Obtenga la vista en alzado del corte XY



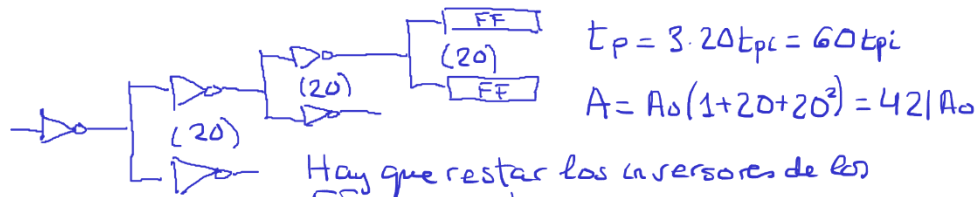


Problema 2 (30 min, 2.5 pts)

a) $t_p = 5500 t_{pi}$ $A = A_0$ (un sólo inversor)

b) $20^n \geq 5500 \Rightarrow n = \frac{\log 5500}{\log 20} = 2.87 \Rightarrow 3$

3 etapas $\Rightarrow 20^3 = 8000 \checkmark$ $\sqrt[3]{5500} = 17.65$



$t_p = 3 \cdot 20 t_{pi} = 60 t_{pi}$

$A = A_0(1 + 20 + 20^2) = 421 A_0$

Hay que restar los inversores de los FFs que sobran:

$(20^3 - 5500)/20 = 125 \Rightarrow A = (421 - 125)A_0 = 296 A_0$

Mejor que sobren menos FFs:

por ejemplo, $17-18-18 : 18^2 \cdot 17 = 5508$

$t_p = (17 + 18 + 18) t_{pi} = 53 t_{pi}$

$A = (1 + 17 + 17 \cdot 18) t_{pi} = 324 t_{pi}$

$17-18-18$

$t_p = 53 t_{pi}$ $A = 324 A_0$

c) 5 etapas $\Rightarrow \sqrt[5]{5500} = 5.6$

* $5-6-6-6-6 \Rightarrow 6^4 \cdot 5 = 6480 \checkmark$ $t_p = (6 \cdot 4 + 5) t_{pi} = 29 t_{pi} \checkmark$

$5-5-6-6-6 \Rightarrow 6^3 \cdot 5^2 = 5400 \times$

** $5-5-5-5-9 \Rightarrow 9 \cdot 5^4 = 5625 \checkmark$ $t_p = (9 + 5 \cdot 4) t_{pi} = 29 t_{pi} \checkmark$

$4-5-5-5-11 \Rightarrow 5^3 \cdot 4 \cdot 11 = 5500 \checkmark$ $t_p = (5 \cdot 3 + 4 + 11) t_{pi} = 30 t_{pi} \times$

* $A = (1 + 5 + 5 \cdot 6 + 5 \cdot 6^2 + 5 \cdot 6^3 - 980/6) A_0 = (1296 - 163) A_0 = 1133 A_0$

** $A = (1 + 5 + 5^2 + 5^3 + 5^4 - 125/9) A_0 = (781 - 13) A_0 = 768 A_0 \leftarrow$

$5-5-5-5-9$ $t_p = 29 t_{pi}$ $A = 768 A_0$

Para el área, es mejor que las ramas más numerosas vayan al final. Para el retardo, da igual.

d) $C_i = \alpha^n C_g = 5500 C_g$

Óptimo $\Rightarrow \alpha = e \Rightarrow n = \frac{\ln C_i/C_g}{\ln \alpha} = \frac{\ln 5500}{\ln e} = 8.63$

$\alpha = \sqrt[n]{5500}$

$t_p = n \alpha t_{pi}$

$A = \frac{\alpha^n - 1}{\alpha - 1} A_0$

n	α	t_p	A
8	2.9346	23.48	2842.45 $\checkmark \Rightarrow$
9	2.6637	23.43	3428.94

Prácticamente iguales

8 etapas
 $\alpha = 2.9346$
 $t_p = 23.48 t_{pi}$
 $A = 2842 A_0$

Ej.

$$a) \text{GBW} = \frac{g_{m1}}{2\pi C_L} ; g_{m1} = \text{GBW} \cdot 2\pi C_L = 100 \cdot 10^6 \cdot 2\pi \cdot 500 \cdot 10^{-15} = 314.15 \mu\text{A/V}$$

$$g_{m1} = \sqrt{2\mu_n G_x \left(\frac{W}{L}\right) I_{\text{bias}}} ; I_{\text{bias}} = \frac{g_{m1}^2}{2\mu_n G_x (W/L)} = \frac{(314.15 \cdot 10^{-6})^2}{2 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \cdot 30} = 16.4 \mu\text{A}.$$

$$b) A_v = \frac{V_{\text{out}}}{V_{\text{in}}} = g_{m1} \cdot r_{\text{out}}$$

$$r_{\text{out}} = (g_{m3} r_{ds3} r_{ds4}) \parallel (g_{m2} r_{ds2} r_{ds1})$$

$$r_{ds3} = r_{ds4} = r_{ds1} = r_{ds2} = \frac{1}{\lambda I_{\text{bias}}} = \frac{1}{0.6 \cdot 16.4 \cdot 10^{-6}} = 101.6 \text{ k}\Omega$$

$$g_{m3} = \sqrt{2\mu_p G_x \left(\frac{W}{L}\right) I_{\text{bias}}} = \sqrt{2 \cdot 40 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \cdot 16.4 \cdot 10^{-6}} = 280 \mu\text{A/V}$$

$$g_{m2} = g_{m1} = 314.15 \mu\text{A/V}$$

$$\left. \begin{aligned} g_{m3} r_{ds3} r_{ds4} &= 280 \cdot 10^{-6} \cdot (101.6 \cdot 10^3)^2 = 2.89 \text{ M}\Omega \\ g_{m2} r_{ds2} r_{ds1} &= 314.15 \cdot 10^{-6} \cdot (101.6 \cdot 10^3)^2 = 3.2 \text{ M}\Omega \end{aligned} \right\} r_{\text{out}} = 1.52 \text{ M}\Omega.$$

$$A_v = 314.15 \cdot 10^{-6} \cdot 1.52 \cdot 10^6 = 477.51 \text{ V/V} = 53.58 \text{ dB}.$$

$$c) \text{BW} = \frac{1}{2\pi r_{\text{out}} \cdot C_L} = \frac{1}{2\pi \cdot 1.52 \cdot 10^6 \cdot 500 \cdot 10^{-15}} = 209 \text{ kHz}.$$

$$d) P = 2 \cdot V_{DD} \cdot I_{\text{bias}} = 2 \cdot 1.2 \cdot 16.4 \cdot 10^{-6} = 39.36 \mu\text{W}.$$

e) Poner en saturación a M_1 .
To make M_1 work in saturation.