

Electrònica i PORTES Lògiques

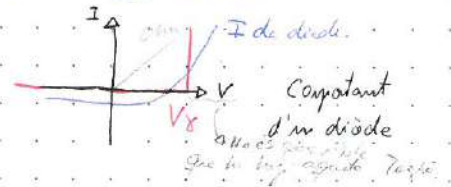
Diodes introducció



Només deixa passar corrent en 1 sentit. (p → n). I no lineal.

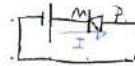
$$I = I_0 (e^{\alpha V} - 1)$$

$\alpha = \text{const} \approx 40 \text{ V}^{-1}$
 $I_0 = \text{Corrent de saturació Inversa} \approx 10^{-9} \text{ A}$
 $V_g = \text{Tensió llindar} \approx 0.7 \text{ V}$



Per fer els càlculs en fa servir Recta de Recàrrega.

$V_{pm} < V_g \Rightarrow I = 0$ NO condueix



Polarització Inversa $I_D = 0$
 $V_p < V_m \Rightarrow V_{pm} < 0$

$V_{pm} = V_g \Rightarrow I \neq 0$ SI condueix (Depèn de circuit i I).



Polarització Directa
 $V_{pm} = E - IR$

$V_{pm} > V_g \Rightarrow$ Impossible

Resolució: H^o suposem que $I_D = 0 \Rightarrow V_{pm} < V_g$

$$\Rightarrow I = 0 \text{ A} \rightarrow V_{pm} = E$$

$$\text{Si } E < V_g \Rightarrow V_{pm} < V_g, I = I_D = 0 \text{ A}$$

• Si $E > V_g$ H és incorrecta.

no H $\Rightarrow I_D \neq 0 \Rightarrow$ Diode condueix $\Rightarrow V_{pm} = V_g$

$$V_{pm} = E - IR = V_g \Rightarrow I = \frac{E - V_g}{R}$$

• Si $E < V_g$ $I = 0$, $V_{pm} = E < V_g$

• Si $E \geq V_g$ $V_{pm} = V_g$ i $I = I_D = \frac{E - V_g}{R}$

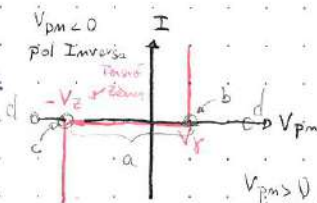
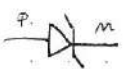
Diodes LED



$V_g \approx 1.5 \text{ V}$ Emet llum visible per $I_{max} = 10, 100 \text{ mA}$ $V_{pm} = V_g$

$$P = I \cdot V_g$$

Diode Zener



a) $-V_z < V_{pm} < V_g \Rightarrow I_D = 0$, No condueix

b) $V_{pm} = V_g \Rightarrow I_D \neq 0$, Si condueix amb pol. directa.

c) $V_{pm} = -V_z \Rightarrow I_D \neq 0$, Si condueix amb pol. inversa.

d) $V_{pm} < -V_z \Rightarrow$ Impossible
 $V_{pm} > V_g$

$V_g \approx 0.7 \text{ V}$

$V_z \approx 2 \text{ V} \sim 200 \text{ V}$

És sol fer servir amb limitador de tensió.

Portes logiques

NOT

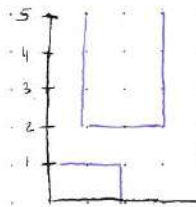
IN	OUT
0	1
1	0

AND

IN	OUT
0 0	0
0 1	0
1 0	0
1 1	1

V _{in}	V _{out}
0V	5V
5V	0V

V _{in}	V _{out}
0V 0V	0V
0V 5V	0V
5V 0V	0V
5V 5V	5V



$V > 2 \Rightarrow \text{bit } 1$

$0 < V < 1 \Rightarrow \text{bit } 0$

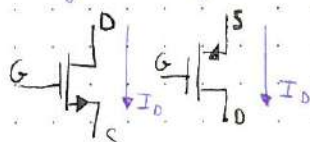
$1 < V < 2 \Rightarrow \text{NO}$

Transistors

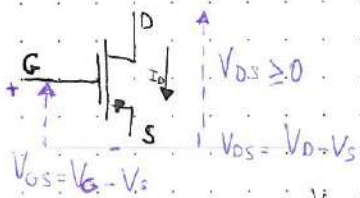
Tance, Obre circuits amplifia signal. Si Obert \rightarrow No passa corrent (0 bit)

- Porta Gate Si Tancat \rightarrow Passa corrent (1 bit)

- Font Source



- Drenador Drain mMOS pMOS



$$V_{GS} \geq V_t \quad I_D = 0$$

$$V_{GS} < V_t \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_t)^2$$

mMOS

No condue $V_{GS} \geq V_t \quad \text{tall } I_D = 0$ mMOS

Condue $V_{GS} < V_t \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_t)^2$

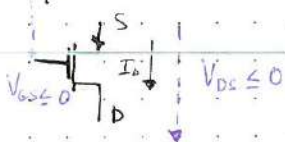
Saturació $V_{DS} \geq V_{GS} - V_t \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_t)^2$

Ohmic $V_{DS} < V_{GS} - V_t \quad I_D = \beta (V_{GS} - V_t) V_{DS}$

mMOS

V_t = Tensió umbral que deu fabricant

pMOS



$$V_{GS} \geq V_t \quad I_D = 0$$

$$V_{GS} < V_t \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_t)^2$$

pMOS

$V_{GS} < V_t \quad \text{tall } I_D$

pMOS

$V_{GS} < V_t \quad V_{DS} \leq V_{GS} - V_t \quad I_D = \beta (V_{GS} - V_t) V_{DS}$

$V_{GS} < V_t \quad V_{DS} > V_{GS} - V_t \quad I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_t)^2$

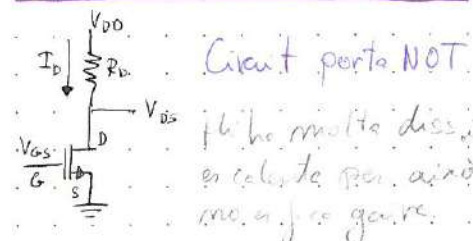
pMOS

Per la rama de G MAI hi ha intensitat

V_{DS} SEMPRE positiva

$$r_{DS} = \frac{V_{DS}}{I_D}$$

Inversors mMOS i CMOS



Circuit porta NOT

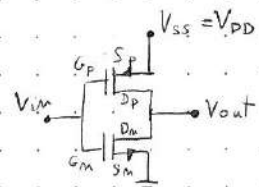
hi ha molta dissipació de potència per això no s'usa gaire

$$P_D = I_D \cdot V_{DD}$$

$$V(t) = V_{DD} e^{-\frac{t}{\tau_c}}$$

$$V(t_{PHL}) = \frac{V_{DD}}{2} = V_{DD} e^{-\frac{t_{PHL}}{\tau_c}}$$

$$t_{PHL} = \ln(2) \cdot \tau_c$$



$$t_{PHL} = \frac{1.7 \tau_c}{\beta_n V_{DD}}$$

High to Low

$$t_{PLH} = \frac{1.7 \tau_c}{\beta_p V_{DD}}$$

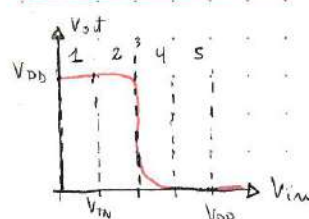
Low to High

$$t_p = \frac{t_{PHL} + t_{PLH}}{2}$$

Retard de Propagació

$V_{in} = 0V, V_{out} = V_{SS}$

$V_{in} = V_{SS}, V_{out} \approx 0V$



1. mTALL, pOHM
2. mSAT, pOHM
3. m i p SAT
4. mOHM, pSAT
5. mOHM, pTALL

$$f_{req} : P = f_{req} \cdot E_{cond} = f_{req} \cdot C \cdot V_{DD}^2$$

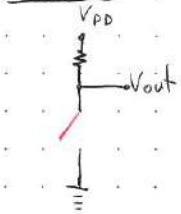
$$E_{cond} = \frac{1}{2} \cdot C \cdot \Delta V^2$$

Exemples de Portes Logiques (CMOS)

CMOS = Combinaison nMos + pMos travaillant de forme complémentaire.

Podem pensar que transistor está \rightarrow Obert. \rightarrow Tancat i fer porta lògica.

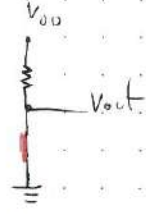
nMos



$$V_{in} = 0V$$

$$V_{out} = V_{DD}$$

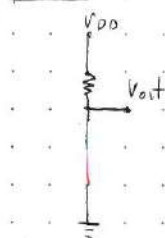
$$V_{in} = 0V = \text{Obert}$$



$$V_{in} = 1V$$

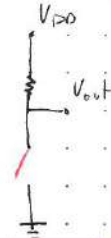
$$V_{out} = 0V$$

pMos



$$V_{in} = 0V$$

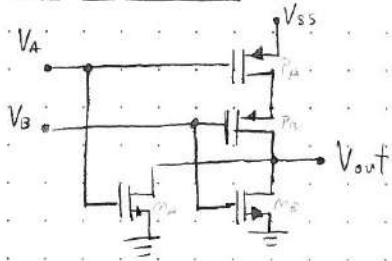
$$V_{out} = 0V$$



$$V_{in} = 1V$$

$$V_{out} = V_{DD}$$

NOR (CMOS)

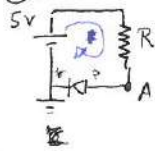


V_A	Interruptor A	V_B	Interruptor B	TOTAL	V_{out}
0	$P_A = T$ $n_A = 0$	0	$P_B = T$ $n_B = 0$	Obert.	V_{DD}
0	$P_A = T$ $n_A = 0$	1	$P_B = 0$ $n_B = T$	Tancat.	0V.
1	$P_A = 0$ $n_A = T$	0	$P_B = T$ $n_B = 0$	Tancat.	0V.
1	$P_A = 0$ $n_A = T$	1	$P_B = 0$ $n_B = T$	Tancat.	0V.

⚠ A V_{out} sempre podem afegir posteriorment um inversor CMOS i fregar la porta.

Per exemple findre OR en comptes de NOR.

2.



$V_g = 0.7V$

Polarització Directa.

H: No condueix $\Rightarrow I_D = I = 0 \Rightarrow V_{pm} < V_g$ $\left\{ \begin{array}{l} 5V < 0.7V \text{ NO és cert} \\ \text{llavors H incorrecta.} \end{array} \right.$

$V_{pm} = \mathcal{E} = 5V$

Correcta: no H: Condueix $\Rightarrow I_D \neq 0$ i $V_{pm} = V_g$

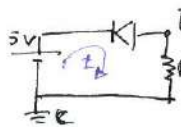
$V_{pm} = V_p - V_m = V_A - V_C = V_A - 0 = V_A = V_g = 0.7V$

Ara canviem direcció de fletxa Diode al revés

Polarització Inversa. Matriu Circula \pm . No hi ha I a tot circuit (és en sèrie).

$V_{pm} = -5V < V_g = 0.7V$

$V_{pm} = V_C - V_A = 0 - V_A = 0 - (-5V) = 5V = V_A$



Polarització Inversa.

No passa \pm per diode ni circuit. $I = I_D = 0A$.

$V_B = 0V$ (Donat que diode no deixa passar \pm) $\boxed{V_B = V_C = 0V}$

$V_C = 0V$ (Donat que és terra)

Enviem direcció de fletxa diode

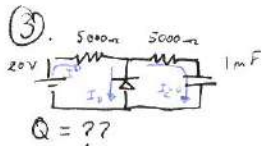
Polarització Directa (Pot o no condueix)

H: no condueix $\Rightarrow I = I_D = I_0 \Rightarrow V_{pm} = \mathcal{E} = 5V$ $\left\{ \begin{array}{l} 5V < 0.7V \text{ NO és cert} \\ \text{llavors H incorrecta.} \end{array} \right.$

$\Rightarrow V_{pm} < V_g = 0.7V$

Correcta: no H: Si Condueix $\Rightarrow I_D \neq 0$ i $V_{pm} = V_g = 0.7V$

Lavors $V_B = \mathcal{E} - V_g = 5 - 0.7 = 4.3V = V_B$ (Caiguda de tensió en R).

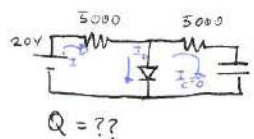


$Q = ??$

Polarització Indirecta

$I_D = 0A$ (ni tampoc pel circuit) $I = I_D = 0A$

$Q = \Delta V \cdot C = 20V \cdot 1 \times 10^{-9} = 20 \times 10^{-9} C = 20nC = Q$



$Q = ??$

Polarització Directa

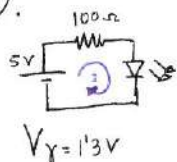
H: No condueix $\Rightarrow I_D = I = 0A \Rightarrow V_{pm} < V_g$ $\left\{ \begin{array}{l} V_{pm} < 0.7V \\ V_{pm} = 20V \end{array} \right. \text{ FALS}$

$V_{pm} = \mathcal{E} = 20V$

Correcta: Condueix $\Rightarrow I_D \neq 0$ i $V_{pm} = V_g = 0.7$

Com que està en paral·lel a la dues branques hi ha mateixa caiguda tensió t.g. $Q = \Delta V \cdot C = 0.7 \cdot 1 \times 10^{-9} = 7 \times 10^{-10} C = Q$

5.



$P_D = ??$ $P_R = ??$

$P_R = I^2 \cdot R$; $P_D = V_Y \cdot I$

Polarització Directa

H: No condueix $\Rightarrow I_D = I = 0A$, $V_{pm} < V_Y$ $\left\{ \begin{array}{l} V_{pm} < 1.3V \\ V_{pm} = 5V \end{array} \right. \quad \text{X FALS}$

Correcció: no H: $I_D \neq 0$ i $V_Y = V_{pm}$

$V_{pm} = \mathcal{E} - I \cdot R = V_Y \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E} - V_Y}{R} = \frac{5 - 1.3}{100} = 37mA = I$

$P_R = 0.037^2 \cdot 100 = \boxed{0.1369W = P_R}$ $P_D = I \cdot V_Y = 0.037 \cdot 1.3 = \boxed{0.0481W = P_D}$

6.



a) I , V i P_{diss} en R ?

Polarització Directa

H: no condueix $\Rightarrow I_D = 0 = I_{cir} \Rightarrow V_{pm} < V_Y = 0.7$ $\left\{ \begin{array}{l} V_{pm} < 0.7 \\ V_{pm} = \mathcal{E} = 15V \end{array} \right. \quad \text{X FALS}$

Correcció: no H: Si condueix: $I_D \neq 0A$

$V_{pm} = \mathcal{E} - I \cdot R = V_Y \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E} - V_Y}{R} = \frac{15 - 0.7}{470} = 30.42mA = I$

Donat que circuit en sèrie $\boxed{I_R = 30.42mA}$ $V_R = I_R \cdot R = 30.42mA \cdot 470 = \boxed{14.3V = V_R}$

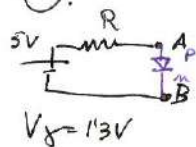
$P_{diss} = I^2 \cdot R = (30.42mA)^2 \cdot 470 = \boxed{0.4349W = P_{diss}}$

b) Invertim diode?

Polarització inversa.

H: No condueix: $I_D = 0 = I$; $V_R = 0 \cdot 470 = \boxed{0V = V_R}$ $\boxed{I = 0A}$ $P = 0^2 \cdot R = \boxed{0W = P_R}$

7.



$I_{max} = 100mA$

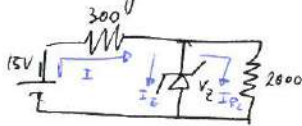
Com hem de connectar LED p? i il·luminar? Quin valor mínim de R ?

P? deu passar I ho d'omen connectat al punt de la I i q sigui

polarització Directa. hem de trobar en què $\mathcal{E} - I \cdot R = V_Y \Rightarrow R = \frac{\mathcal{E} - V_Y}{I}$

$R = \frac{5 - 1.3}{100 \times 10^{-3}} = 37\Omega$. Com a mínim $\boxed{R = 37\Omega}$

⑥. Digues si diode treballa en zona Zener i calc I per cada R quan $\begin{matrix} a \\ b \\ c \end{matrix}$



a) $V_z = 18V$

Primer hem de saber si està activat $V = \frac{E \cdot R_c}{R + R_c}$

$$V = \frac{15 \cdot 2000}{2000 + 300} = 13'04V \rightarrow V < V_z \rightarrow \text{Desactivat ara}$$

que és com si no estigués.

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{15}{2300} = 6'52 \text{ mA} = I_{R_1} = I_{R_2}$$

b) $V_z = 10V$

Com hem vist abans que $V = 13'04V$ i $10 < 13'04$, Zener està activat:

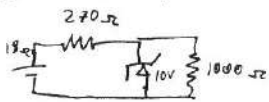
$$I_{R_2} = \frac{10}{2000} = 5 \text{ mA} = I_{R_2} \quad I_{R_1} = I_z + I_{R_2}$$

$$I_{R_1} = \frac{15 - 10}{300} = 16'66 \text{ mA} = I_{R_1} \quad I_z = I_{R_1} - I_{R_2} = 11'66 \text{ mA} = I_z$$

c) $V_z = 14V$

Mateixos resultats que "a)" donat que $V < V_z$ i fa que Zener desactivat.

⑧. I, V i P diss a les R i Diode?



Primer hem de saber si està activat $V = \frac{E \cdot R_c}{R + R_c}$

$$V = \frac{18 \cdot 1000}{1270} = 14'17V \rightarrow V > V_z = 10V \Rightarrow \text{Està Activat}$$

$$I_{R_2} = \frac{10}{1000} = \frac{1}{100} = 10 \text{ mA} = I_{R_2} \quad I_z = I_{R_1} - I_{R_2} = 19'62 \text{ mA} = I_z$$

$$I_{R_1} = \frac{18 - 10}{270} = \frac{8}{270} = 29'62 \text{ mA} = I_{R_1} \quad V_{R_2} = 10V \quad P_{R_1} = I_{R_1}^2 \cdot R_1 = 29'62^2 \cdot 270 = 0'236 \text{ W} = P_{R_1}$$

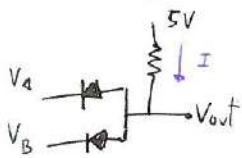
$$V_{R_1} = 29'62 \text{ mA} \cdot 18 = 0'533 \text{ V} = V_{R_1} \quad V_z = 10V \quad P_{R_2} = I_{R_2}^2 \cdot R_2 = 10^2 \cdot 1000 = 0'1 \text{ W} = P_{R_2}$$

$$P_z = I_z \cdot V = 19'62 \text{ mA} \cdot 10V = 0'196 \text{ W} = P_z$$

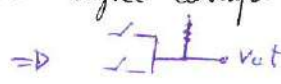
b) si tensió de font disminueix prog $18V \rightarrow 0V$ per quin valor de Diode deixarà de conduir?

Necitem que $V < V_z$ per no conduir. Llevem hem de buscar en quin punt de la tensió farà que això passi. $\frac{X \cdot 1000}{1270} = 10 \rightarrow X = 12'7V$

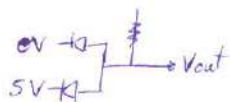
10. V_A i V_B poden valdre 0V o 5V, a quin portador lògic correspon?



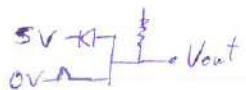
V_A	V_B	V_{out}
5V	5V	5V
0V	5V	0V
5V	0V	0V
0V	0V	0V



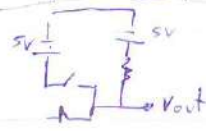
Donat que no passa I per no estar ben tensat. R no afecta i $V_{out} = 5V$



\Rightarrow Igual 0V



\Rightarrow

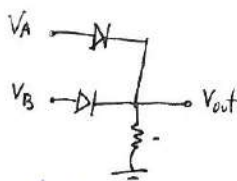


Circuit no està ben tensat així que 0V

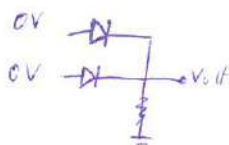


0V p q tot ho dissipa R.

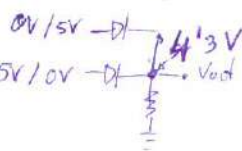
AND



V_A	V_B	V_{out}
0V	0V	0V
0V	5V	5V
5V	0V	5V
5V	5V	5V



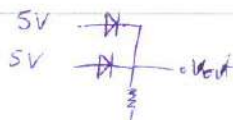
"Entren" 0V i està connectat a terra llavors la Sortida continua sent 0V.



Entren 5V i diode s'excita llavors el diode passen

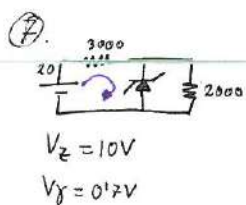
Donat que no hi ha res entre nos. $5V = V_{out}$

$$5 - 0.7 = 4.3V$$



Matemàticament que anterior

OR



a) P_{diss} per cada R i Diode.

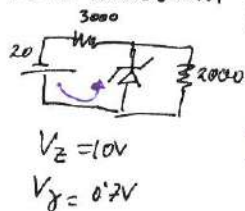
$$V = \frac{20 \cdot 2000}{2000 + 3000} = \frac{40000}{5000} = 8V$$

$8V = V < V_Z = 10 \rightarrow$ Diode Desactivat. # Circuit en sèrie

$$I = I_C = \frac{20}{2000 + 3000} = \frac{20}{5000} = 4mA = I = I_C, I_Z = 0A$$

$$P_{diss R_1} = 4mA^2 \cdot 3000 = 48mW = P_{R_1} \quad P_{R_2} = 4mA^2 \cdot 2000 = 32mW = P_{R_2} \quad 0W = P_Z$$

b) Si invertim polaritat bateria?



Polaritat Directa $\Rightarrow I_D \neq 0A$ i $V_Z = V_Y$

$$I = \frac{E - V_Y}{R_1} = \frac{20 - 0.7}{3000} = 6.43mA$$

$$I_{R_2} = \frac{0.7}{2000} = 300\mu A = I_{R_2}$$

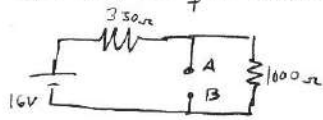
$$P_{R_1} = 6.43mA^2 \cdot 3000 = 124.1mW = P_{R_1} \quad P_{R_2} = 300\mu A^2 \cdot 2000 = 24.5\mu W = P_{R_2}$$

$$P_Z = V_Z \cdot I_Z = 6.13mA \cdot 0.7V = 4.26mW = P_Z$$

$$I_Z = I - I_{R_2} = 6.43 \times 10^{-3} - 300 \times 10^{-6} = 6.13mA = I_Z$$

?? Sol. dir
4.26W

9. Calc I que circula per R_1 i R_2 si connecten entre A i B:



a) Diode Ideal ($V_F = 0V$) amb polarització inversa.

Donat que està en polarització inversa, I no passa per diode.

Circuit està en sèrie $I = \frac{16V}{1000 + 350} = 11.85 mA \Rightarrow \boxed{I_{R_1} = I_{R_2} = 11.85 mA}$

b) Diode Ideal però amb polarització Directa.

$I_C = \text{Intensitat Circuit}$; $I_D = \text{Intensitat Diode}$; $I_{R_2} = \text{Intensitat } R_2$.

$I_C = \frac{16 - V_F}{350} = \boxed{45.71 mA = I_C}$ Com que està en Directe $V_{pm} = V_F = 0V$

$I_{R_2} = \frac{0V}{1000\Omega} = \boxed{0A = I_{R_2}}$

c) Diode Zener $V_Z = 6V$ i $V_F = 0.7V$ amb polarització inversa.

Primer hem de saber si està actiu $V = \frac{E \cdot R_C}{R + R_C} = \frac{16V \cdot 1000}{1000 + 350} = 11.85V$.

$V_Z < V \Rightarrow \text{Activat}$. $I_C = \frac{(16 - 6)V}{350\Omega} = \boxed{28.57 mA = I_C}$

$I_{R_2} = \frac{6}{1000\Omega} = \boxed{6 mA = I_{R_2}}$ $I_C = I_{R_2} + I_Z \Rightarrow \boxed{I_Z = 22.57 mA}$

d) Mateix diode de 'c)' però polarització directa.

Polarització Directa $\Rightarrow I_D \neq 0A$ i $V_Z = V_F$.

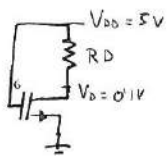
$I_C = \frac{16 - 0.7}{350} = \boxed{43.7 mA = I_C}$ La caiguda de tensió a R_2 és V_F amb
que $I_{R_2} = \frac{0.7V}{1000\Omega} = \boxed{0.7 mA = I_{R_2}}$

e) Diode Zener $V_Z = 12V$ i $V_F = 0.7V$ amb polarització inversa.

$V = \frac{16 \cdot 1000}{1000 + 350} = 11.85V$ $V_Z > V \Rightarrow \text{Desactivat}$ (Com si no estigués).

$I_{R_1} = I_{R_2} = \frac{16}{1000 + 350} = \boxed{11.85 mA = I_{R_1} = I_{R_2}}$

(20)



$$V_T = 1V$$

$$\beta = 1 \text{ mA/V}^2$$

$$R_D = ??$$

$$R_{DS} = ??$$

$$V_G = 5V \quad \begin{cases} V_{GS} = 5V > 1V = V_T \\ V_S = 0V \end{cases}$$

$$V_D = 0.1V \quad V_{DS} = 0.1V < V_{GT} = 5 - 1 = 4V$$

$$V_{DS} = 0.1V$$

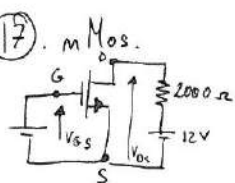
Condueix: Ohmica $I_D = \beta [V_{GT} V_{DS} - \frac{1}{2} (V_{DS})^2]$

$$I_D = 1 \text{ mA} [4 \cdot 0.1 - \frac{1}{2} (0.1)^2] = 0.395 \text{ mA} = I_D$$

$$R_D = \frac{V_{DD} - V_D}{I_D} = \frac{5 - 0.1}{0.395 \text{ mA}} = 12.4 \text{ k}\Omega = R_D$$

$$I_D = \frac{V_{DS}}{R_{DS}} = \frac{0.1}{R_{DS}} = 0.395 \rightarrow R_{DS} = \frac{0.1}{0.395} = 253.16 \Omega = R_{DS}$$

(17)



$$V_T = 2.5V$$

$$\beta = 2.56 \text{ mA/V}^2$$

a) Quin valor de V_{GS} fa que $I_D = 4 \text{ mA}$.

V_{DS} la puc saber fent $V_{DD} - R_D I_D = V_{DS}$ donat que no tinc tanta info del transistor. $V_{DS} = 12 - 2000 \cdot 4 \times 10^{-3} = 4V = V_{DS}$

Si $V_{GS} > V_T \rightarrow$ Transistor condueix. Però no sabem V_{GS} (ni podem).

Fem una Hipòtesi de que Condueix i estarà en polarització "saturació".

H: Saturació $\rightarrow I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GT})^2 = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2$ i $V_{DS} > V_{GT}$

Podem veure que ens falta V_{GS} així que resollem eq. per trobar-la.

$$0.004 = \frac{1}{2} \cdot 0.00256 \cdot (V_{GS} - 2.5)^2 \rightarrow 3.125 = (V_{GS} - 2.5)^2 \rightarrow \pm \sqrt{3.125} + 2.5 = V_{GS}$$

$$V_{GS} = \begin{cases} +\sqrt{3.125} + 2.5 = 4.26V > 2.5V \\ -\sqrt{3.125} + 2.5 = 0.73V \neq 2.5V \end{cases}$$

$$V_{GS} = 4.26V$$

No agafem 0.73V

per si $V_{GS} < V_T$, el transistor no condueix (i suposarem que sí).

b) $V_{GS} = 6V$; Calc I_D i V_{DS} .

$V_{GS} > V_T \rightarrow$ Transistor condueix però hem de saber la polarització.

H: Saturació $\rightarrow I_D = \frac{1}{2} \beta (V_{GS} - V_T)^2$ i $V_{DS} \geq V_{GT}$

$$I_D = \frac{1}{2} \cdot 2.56 \times 10^{-3} (6 - 2.5)^2 = 15.68 \text{ mA} = I_D$$

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D = 12V - 2000 \cdot 15.68 \times 10^{-3} = -19.36V \text{ IMPOSSIBLE}$$

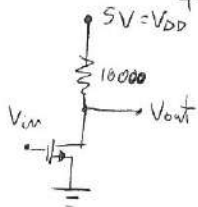
V: Ohmica $\rightarrow I_D = \beta (V_{GT} V_{DS} - \frac{1}{2} (V_{DS})^2)$ i $V_{DS} \leq V_{GT}$

$$V_{DS} = V_{DD} - R_D I_D \rightarrow I_D = \frac{V_{DS} - V_{DD}}{-R_D} \rightarrow \beta (V_{GT} V_{DS} - \frac{1}{2} (V_{DS})^2) = \frac{V_{DS} - V_{DD}}{-R_D} \rightarrow V_{DS} = \begin{cases} 0.7V \\ 6.68V \end{cases}$$

Donat que $V_{DS} \leq V_{GT} = 3.5$, la resposta és $V_{DS} = 0.7V$

$$I_D = \frac{V_{DS} - V_{DD}}{-R_D} = \frac{0.7 - 12}{-2000} = 5.65 \text{ mA} = I_D$$

12. Det. V_{out} quan entrades 5V i 0V.



$V_{in} = 0V$:

$V_{in} = 0V < V_T = 1V \rightarrow$ Circuit està obert $\rightarrow I = 0A$.

Donat que no hi ha I , la resistència no té caiguda de tensió

i fe que $V_{out} = V_{DD} = (5V - V_{out})$

$V_T = 1V$

$\beta = 0.04 mA/V^2$

$V_{in} = 5V > V_T = 1V \rightarrow$ Si que coneixem però hem de veure què f surt.

$V_G = V_{in} = 5V$

$V_S = 0V$

$V_{GS} = 5V > V_T = 1V$ $\left\{ \begin{array}{l} H_1: \text{Ohmíca} \Rightarrow I_D = \beta (V_{GT} V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2) \\ H_2: \text{Saturació} \Rightarrow I_D = \frac{1}{2} \beta V_{GT}^2 \end{array} \right.$

$V_{GT} = 4V$ $\therefore H_1$:

$I_D = 0.04m (4 \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2)$; $V_{DS} = V_G - R_D I_D = 5 - 10000 I_D$

$V_{DS} = 5 - 10000 \left(\frac{1}{6250} V_{DS} - \frac{1}{50000} V_{DS}^2 \right) = 5 - \frac{13}{5} V_{DS} + \frac{1}{5} V_{DS}^2$ $\rightarrow V_{DS} = 10.65V$
 $\rightarrow V_{DS} = 2.346V$

$V_{DS} = 2.346V$ \rightarrow al ser ohmíca $V_{DS} < V_{GT}$
 $2.34 < 4$

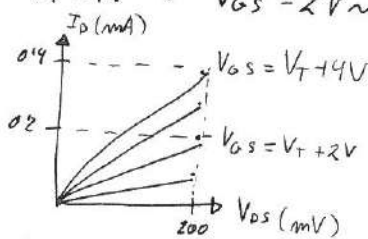
13. Det. Constant de proporcionalitat.

$V_T = 1V$ i $V_{GS} = 2V \sim 5V$

$I_D = \beta \cdot (V_{GS} - V_T)^2$ quan $V_{DS} \gg (V_{GS} - V_T)$

$I_D = \beta \left((V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right)$ quan $V_{DS} < (V_{GS} - V_T)$

$R_{DS} \approx \frac{\Delta V_{DS}}{\Delta I_D}$



$V_{DS} (V_{GS} - V_T) = I_D$, Mo diu encara.

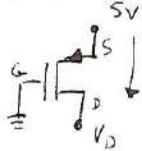
Un cop $200mV < V_{GS} - V_T = 1 + 2 = 3V$ \rightarrow Ohmíca

$0.2 = \beta \left((V_{GS} - V_T) \cdot V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2 \right)$

$0.2 = \beta \left((3 - 1) \cdot 200 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{2} (200 \cdot 10^{-3})^2 \right)$

$\beta = \frac{0.2}{2 \cdot 200 \cdot 10^{-3} - \frac{1}{2} (200 \cdot 10^{-3})^2} = 0.16$

27. Determinen correct per $V_D = -5V$
 Quin és el voltatge més gran que es pot aplicar mentre opera en saturació?



$$V_T = -2V$$

$$\beta = 100 \mu A/V^2 \quad \text{Si volem que conduïxi} \quad V_{GS} < V_{DT}$$

$$\begin{cases} V_G = 0V \\ V_S = 5V \end{cases} \quad V_{GS} = -5V < V_{DT} = -2 \quad \checkmark$$

$$V_{DS} = V_D - 5V$$

$$V_{GT} = -5 - (-2) = -3V = V_{GT}$$

Saturació: $V_{DS} \geq V_{GT} \quad I_D = \frac{1}{2} \beta V_{GT}^2$

$$\# V_{GT} = V_{GS} - V_T$$

β segueix saturació

$$\begin{matrix} V_{DS} & \geq & V_{GT} \\ V_D - 5V & \geq & -3 \end{matrix}$$

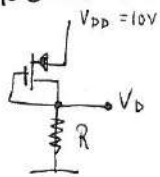
$$V_D \geq 5 - 3 = 2V$$

$$V_D \geq 2V$$

Això és el que sabem que ha de passar

$$I_D = \frac{1}{2} \cdot 100 \mu \cdot (-3)^2 = 450 \mu A = I_D$$

28. Determinen β i R p q $I_D = 0.1mA$ i $V_D = 7V$.



$$V_T = -2V$$

$V_G = V_D = 7V$; Aquí la R no provoca una caiguda de tensió ∇

$$V = IR \rightarrow V_D = I_D \cdot R \rightarrow R = \frac{V_D}{I_D} = \frac{7V}{0.1mA} = 70k\Omega = R$$

32. Respon.

$$C = 70pF$$

$$V_{DD} = 5V$$

$$\beta_n = \beta_p = 0.1mA/V^2$$

$$V_{TN} = 1V$$

$$V_{TP} = -1V$$

a) Det. temps t_{pHL} , t_{pLH} i t_p .

$$t_{pHL} = \frac{1.7C}{\beta_n \cdot V_{DD}} = \frac{1.7 \cdot 70 \times 10^{-15}}{0.1 \times 10^{-3} \cdot 5} = 2.38 \times 10^{-10} \text{ seg} = t_{pHL} = t_{pLH} = t_p$$

b) Si augmenta $0.1pF$, com canvia el temps.

$$70 \times 10^{-15} + 0.1 \times 10^{-12} = 1.7 \times 10^{-13} = C$$

$$t_{pHL} = \frac{1.7 \cdot 1.7 \times 10^{-13}}{0.1 \times 10^{-3} \cdot 5} = 5.78 \times 10^{-10} \text{ seg} = t_{pHL} = t_{pLH} = t_p$$

c) La potència dinàmica que dissipa si clock va 100MHz?

$$P = f_{\text{freq}} \cdot C \cdot V_{DD}^2 = 100 \times 10^6 \cdot 1.7 \times 10^{-13} \cdot 5^2 = 4.25 \times 10^{-6} W = P_{\text{diss}}$$

d) Si V_{in} passa de $0V$ a $5V$, quin és el temps que trigarà a baixar $0.1V$ ($t_p = 2 \mu s$)