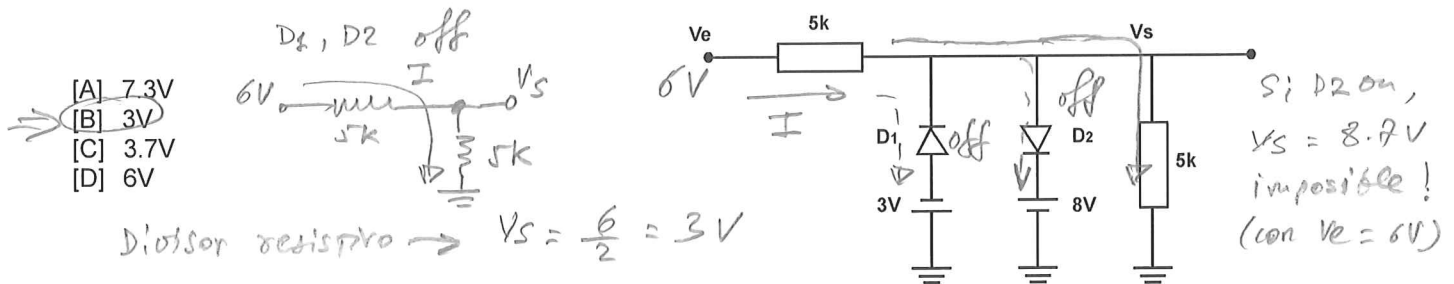


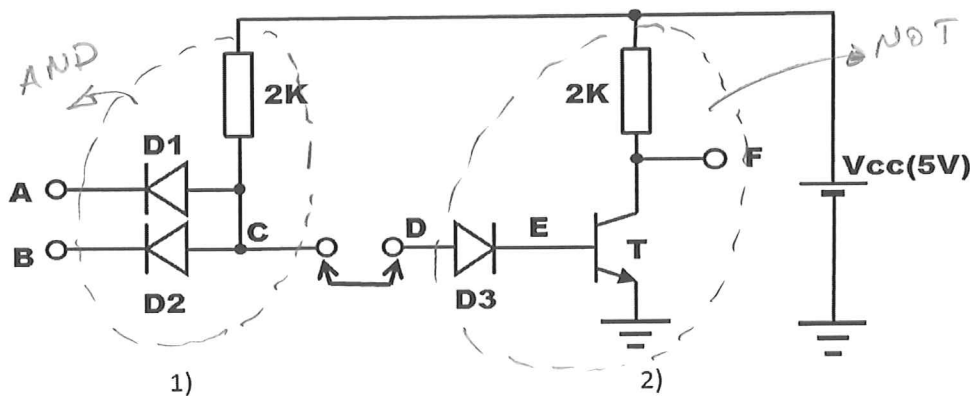
1. Dado el circuito recortador de la figura, y teniendo en cuenta una  $V_f$  de 0.7V para los diodos. Calcule el valor de  $V_s$  cuando  $V_e = 6V$



2. En el circuito de la figura hay dos subcircuitos digitales hechos con diodos, transistores y resistencias: el 1), con entradas A y B, y salida C; y el 2), con entrada D, y salida F.

Suponiendo que se conecta C y D, señale la afirmación **CORRECTA**:

DATOS:  $V_f = 0.7V$  (para todos los diodos);  $V_{BEON} = 0.7V$  (para el transistor)



- [A] El primer subcircuito actúa como una puerta OR de dos entradas y el segundo subcircuito como un inversor.

*[B] Cuando las entradas son A = 1 y B = 1, entonces D3 conduce y la salida en F es 0.*

[C] Cuando D1 y/o D2 conduce, entonces también lo hace el diodo D3.

[D] Cuando D = 0 el transistor conduce y la salida en F es 0.

*A = B = 1:*  
*D1, D2 off*  
*D3 on, T saturado  $\rightarrow F = 0$*

3. En un transistor bipolar NPN que está funcionando en un circuito y cuya ganancia de corriente  $\beta$  es de 100, se miden las siguientes corrientes y tensiones continuas:

$V_{BE} = 0.7V$	$I_B = 0.1mA$	$I_E = 3.5mA$
-----------------	---------------	---------------

A la vista de los datos anteriores, podemos afirmar que el transistor:

[A] Está en corte.

[B] Está funcionando en zona activa.

[C] No podemos indicar la zona de funcionamiento, ya que nos falta el valor de  $V_{CE}$ .

*[D] Está saturado.*

*$I_B > 0 \rightarrow$  conduce (no corte)*

*Supongamos ACTIVA:*

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0.1 = 10mA$$

$$Pero I_C = I_E - I_B$$

$$I_C = 3.5 - 0.1 = 3.4mA \rightarrow I_C < \beta I_B$$

4. El circuito de la figura es un inversor lógico. ¿Cuál es el valor mínimo de la tensión de entrada para que se alcance la saturación del transistor? ( $V_{eMIN(SAT)}$ )

[A]  $V_{eMIN(SAT)} = 1.2V$

*[B]  $V_{eMIN(SAT)} = 1.9V$*

[C]  $V_{eMIN(SAT)} = 3.7V$

[D]  $V_{eMIN(SAT)} = 5V$

Datos:

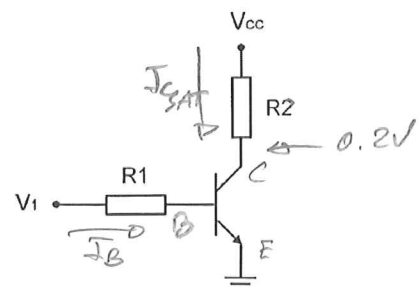
$\beta: 100$

$R1 = 100k$

$R2 = 4k$

$V_{CC} = 5V$

$V_{BEON} = 0.7, V_{CESAT} = 0.2V$



$$I_{C(SAT)} = \frac{5 - 0.2}{4} = 1.2mA$$

$$I_{B(SAT)} = \frac{I_{C(SAT)}}{\beta} = \frac{1.2}{100} = 0.012mA$$

$$V_{e min(sat)} = I_{B(SAT)} R1 + 0.7 = 1.2 + 0.7 = 1.9V$$

5. Indique la respuesta CORRECTA sobre la polarización del transistor PMOS del circuito.

- [A] Si  $V_i = 0$  el transistor está en corte.  
 [B] Si  $V_i = 2V$  el transistor está en saturación  
 [C] Si  $V_i = 2V$  el transistor está en óhmica.  
 [D] Con  $V_i = 2V$ , la  $V_{GS} = 2V$

Fórmulas PMOS:

Corte:  $V_{GS} \geq -V_T$

Saturación:  $I_{SD} = K(V_{GS} + V_T)^2$ ,  $V_{DS} < V_{GS} + V_T$

Óhmica:  $I_{SD} \approx 2K(V_{GS} + V_T)V_{DS}$

$V_{GS} = 0 - 5 = -5V < -V_T \rightarrow \text{on.}$   
 $V_{GS} = 2 - 5 = -3V$   
 $V_{GS} < -V_T \rightarrow \text{conduce}$   
 supongamos saturación:  
 $I_{SD} = 0.5(-3+1)^2 = 2\mu A$   
 $V_{DS} = 2 - 5 = -3V$   
 $V_{DS} < V_{GS} + V_T$   
 $-3V < -3V + 1 \rightarrow \text{OK}$

$K = 0.5 \text{ mA/V}^2$   
 $V_T = 1V$

1k  
 $R_d$

6. Acerca del transistor MOSFET, señale la respuesta FALSA.

- [A] En la zona de saturación, el canal del transistor se estrangula y no permite que aumente la corriente a pesar de aumentar  $V_{DS}$ .  
 [B] El transistor Mosfet tiene una gran versatilidad, pudiendo funcionar como interruptor, resistencia variable e incluso condensador.  
 [C] Para evitar la ruptura de la capa thinox del transistor, se suele utilizar un recortador a dos niveles en el terminal G.

- [D] En los circuitos digitales pseudo-NMOS, las cargas activas se diseñan con transistores NMOS con el terminal de puerta conectado a masa.

las cargas activas son PMOS, NMOS con G a 0 no conduce!

7. El circuito de la figura está compuesto de puertas NAND con salida en colector abierto. A partir de las especificaciones de la tabla (tensiones y corrientes) y para las entradas ( $A=4V$ ,  $B=0.2V$ ,  $C=4.5V$ ,  $D=0.6V$ ), CALCULE el voltaje en F.

$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
2.5 V	0.8 V	3.0 V	0.5 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
600 $\mu A$	-0.36 mA	200 $\mu A$	7 mA

$A = 4V > V_{IHmin} \rightarrow A = '1'$   
 $B = 0.2V < V_{ILmax} \rightarrow B = '0'$   
 $C = 4.5V > V_{IHmin} \rightarrow C = '1'$   
 $D = 0.6V < V_{ILmax} \rightarrow D = '0'$

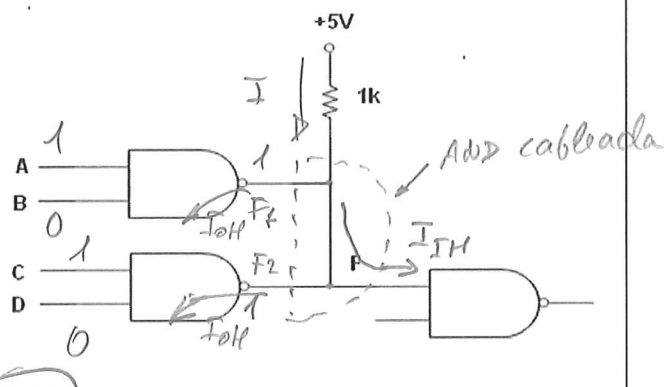
- [A]  $F=0.5V$   
 [B]  $F=3.0V$   
 [C]  $F=4.0V$   
 [D]  $F=5.0V$

$F = \text{AND cableada de las salidas}$   
 $F_1 \text{ y } F_2 \text{ (ver figura)}$

$F = '1' \cdot '1' = '1'$

$V_F = 5 - 1kI = 5 - 1 \cdot (2 \times I_{OH} + I_{IH})$

$V_F = 5 - (2 \times 0.2 + 0.5) = 5 - 1 = 4V$



8.Cuál de las siguientes afirmaciones relacionadas con una misma familia lógica es FALSA:

- [A] Siempre se cumple  $V_{OHmin} \geq V_{IHmin}$ .  
 [B] El margen de ruido se define como  $NM = \min(NM_L, NM_H)$   
 [C] Las corrientes en las entradas son siempre positivas, en cambio, las corrientes en las salidas son siempre negativas.  
 [D] Si no se cumplen los tiempos de  $t_{su}$  (setup) y de  $t_h$  (hold) durante la escritura de un biestable, éste puede entrar en modo metaestable y no efectuar correctamente el almacenamiento del dato de entrada.

9. Se desea conectar entre sí dos familias lógicas A y B ( $A \rightarrow B$ ) cuyas especificaciones se indican en las tablas adjuntas. Seleccione la opción **CORRECTA** de entre las siguientes:

Familia A (+5V) $\rightarrow$ CMOS				Familia B (+5V) $\rightarrow$ TTL			
$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$	$V_{IHmin}$	$V_{ILmax}$	$V_{OHmin}$	$V_{OLmax}$
3.5 V	1.5 V	4.9 V	0.1 V	2 V	0.8 V	2.4 V	0.4 V
$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$	$I_{IHmax}$	$I_{ILmax}$	$I_{OHmax}$	$I_{OLmax}$
10 pA	-10 pA	-0.5 mA	0.5 mA	40 $\mu$ A	-1.6 mA	-400 $\mu$ A	16 mA

[A] Se puede realizar la conexión directamente.

[B] Los niveles lógicos son compatibles y el margen de ruido global es de 2.9 V

[C] No hay compatibilidad en tensiones, por lo que hay que añadir un buffer en colector abierto, entre A y B con una resistencia de pull-up a su salida conectada a +5V.

[D] Las corrientes son incompatibles, por lo que hay que intercalar un buffer de la familia A con la alimentación conectada a +5V.

$$|I_{OLmax}|_A < |I_{ILmax}|_B \rightarrow 0.5 < 1.6$$

tensiones compatibles, pero  
 $NM_L = 0.8 - 0.1 = 0.7$   
 $NM_H = 4.9 - 2 = 2.9V$   
 $\rightarrow 0.9V$   
 NM



10. Dado el siguiente circuito secuencial, implementado con biestables D, señale la afirmación **CORRECTA**:

Parámetros temporales: Biestables: (Set up:  $t_{su} = 10$  ns, Hold:  $t_h = 5$  ns, Retardo:  $t_{pd(max)} = 20$  ns), Puertas NOT: (Retardo:  $t_{pd(max)} = 20$  ns).

[A] La frecuencia de funcionamiento no debe superar los 20MHz.

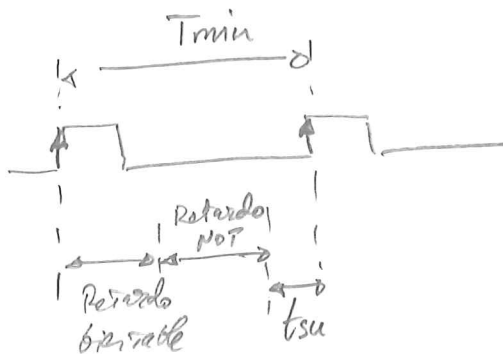
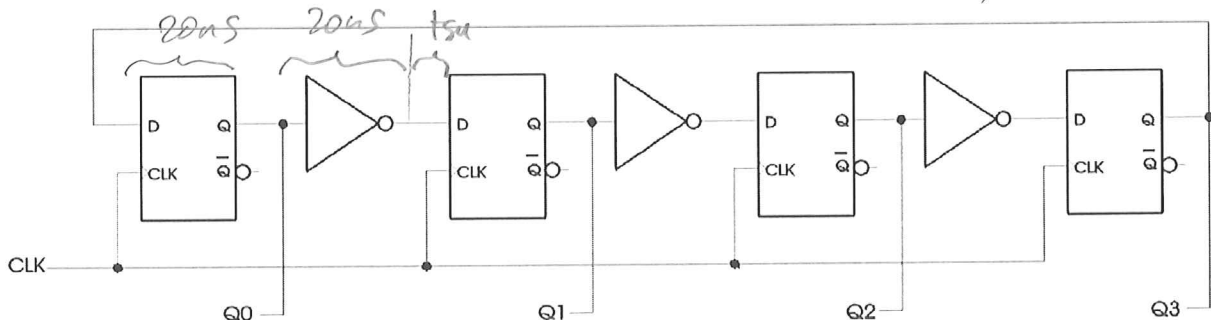
[B] La frecuencia de funcionamiento ha de ser mayor de 15 MHz.

[C] El período de reloj no debe superar los 50ns.

[D] El circuito no funciona bien por tener un tiempo de hold muy bajo.

$T$  debe ser  $\geq 50ns$

$\rightarrow$  no problem,  $t_{pd(FF)} + t_{pdNOT} > t_h$



$$T_{min} = 20 + 20 + 10 = 50ns$$

$$F_{max} = \frac{1}{T_{min}} = \frac{1}{50ns}$$

$$F_{max} = \frac{1}{50 \times 10^{-9}s} = \frac{10^9}{50} Hz$$

$$F_{max} = \frac{1000}{50} \times 10^6 Hz = 20 MHz$$

(PAGINA INTENCIONADAMENTE EN BLANCO)

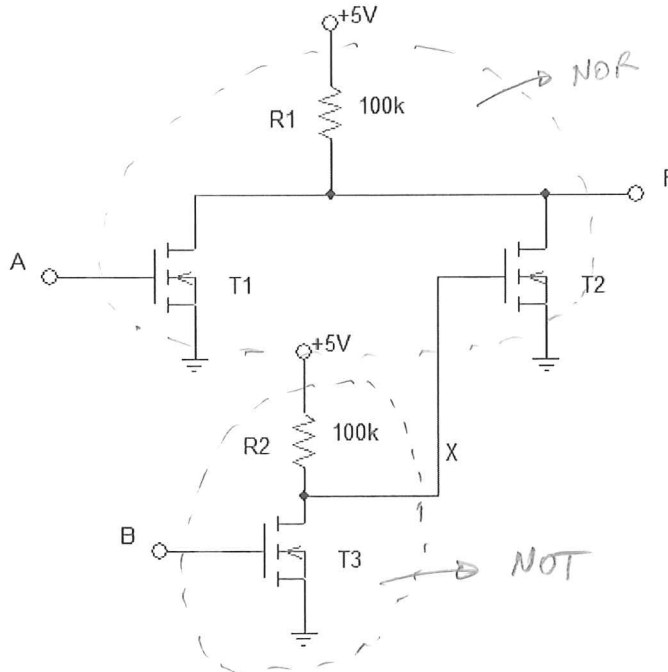
Apellidos:

Nombre:

**PROBLEMA (4 PUNTOS)**

El circuito digital de la figura, diseñado con transistores MOSFET, tiene entradas A y B, y salida F.

**Nota:** En zona óhmica utilice la expresión aproximada  $R_{ON} \approx 1/(2K(V_{GS} - V_T))$



Parámetros transistores:

$V_T = 0.5 \text{ V}$

$K = 0.1 \text{ mA/V}^2$

[A] (0.5 Puntos) Rellene la siguiente tabla de verdad e indique la expresión lógica de F en función de las entradas A y B.

A	B	X	F
0	0	1	0
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0

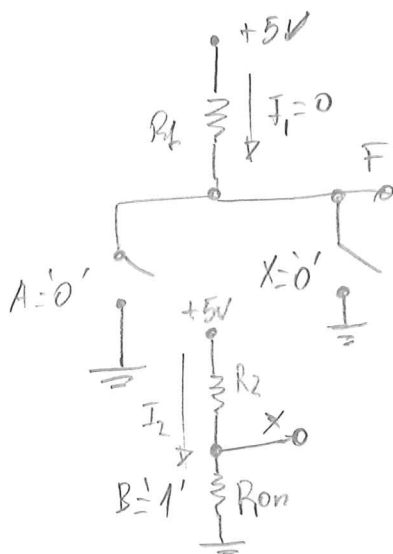
$$F = \overline{A + X} = \overline{A + \overline{B}}$$

T1, T2 y R1 forman una NOR  
T3 y R2 forman un inversor

[B] (1.5 Puntos) Suponga que A = 0V ("0" lógico) y B = 5V ("1" lógico).

**Nota:** como el circuito es digital, los transistores funcionan en conmutación, entre corte y zona lineal ( $R_{on}$ ).

- Dibuje el circuito eléctrico equivalente (sustituya cada transistor por  $R_{on}$  o un interruptor abierto) y efectúe los cálculos para rellenar la tabla siguiente.



$$R_{ON} = \frac{1}{2K(V_{GS} - V_T)} = \frac{1}{2 \times 0.1(5 - 0.5)} = 1.1 \text{ k}\Omega$$

T1 CORTADO ( $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ,  $V_{GS} < V_T$ )

T2 CORTADO ( $V_{GS} = 0 \text{ V}$ ,  $V_{GS} < V_T$ )

T3 óhmica (lineal)

$$V_X = \frac{5 \times R_{ON}}{R_2 + R_{ON}} = \frac{5 \times 1.1}{100 + 1.1} = 0.055 \text{ V}$$

$V_F = 5 \text{ V} = '1'$ , pues  $I_1 = 0$

$$I_2 = \frac{5}{(100 + 1.1)} = 0.049 \text{ mA} \quad \left. \begin{array}{l} \text{consumo} \\ \text{estático} \end{array} \right\}$$

$$P = 0.049 \times 5 = 0.245 \text{ mW}$$

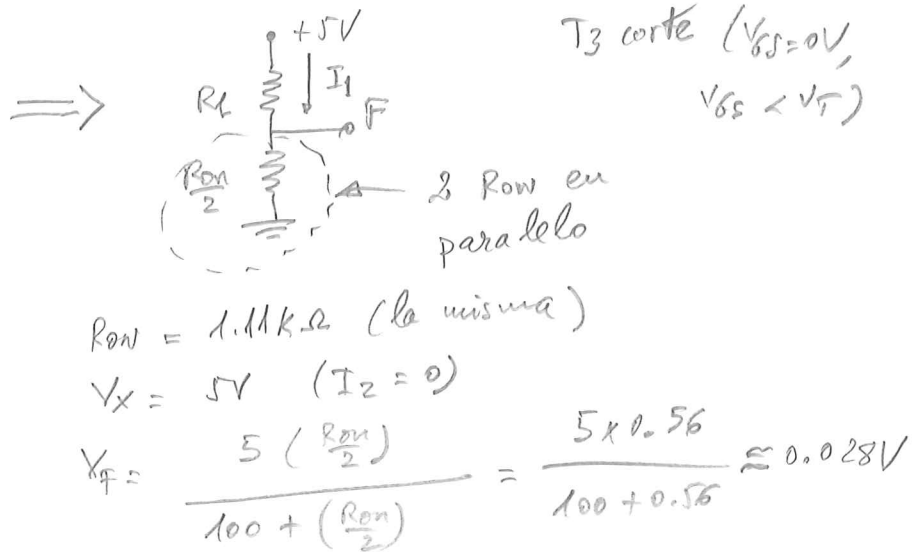
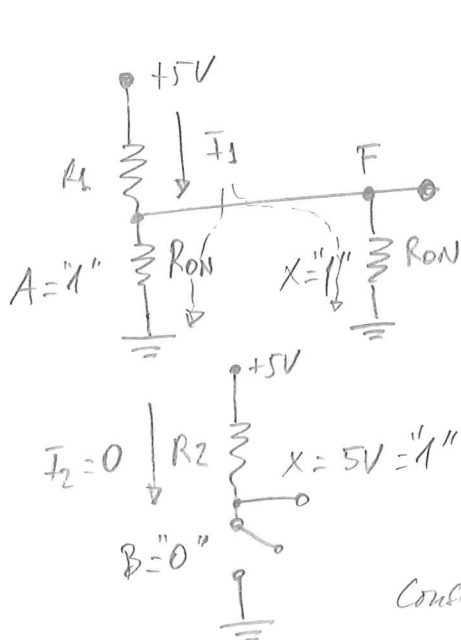
- Rellene la siguiente tabla de funcionamiento del circuito.

$R_{on}$ (k $\Omega$ )	Zona T1	Zona T2	Zona T3	$V_X$ (Volt)	$V_F$ (Volt)	Consumo estático (mA)	Consumo estático (mW)
1.11	CORTE	CORTE	LINEAL	0.055	5V	0.049	0.245

Comprobación T3 en zona lineal:  $V_{DS} < V_{GS} - V_T$   
 $0.055 < 5 - 0.5 \rightarrow \text{OK}$

[C] (1.5 Puntos) Suponga que A = 5V ("1" lógico) y B = 0V ("0" lógico).

- Dibuje el circuito eléctrico equivalente (sustituya cada transistor por  $R_{on}$  o un interruptor abierto) y efectúe los cálculos para rellenar la tabla siguiente.



Consumo estático:

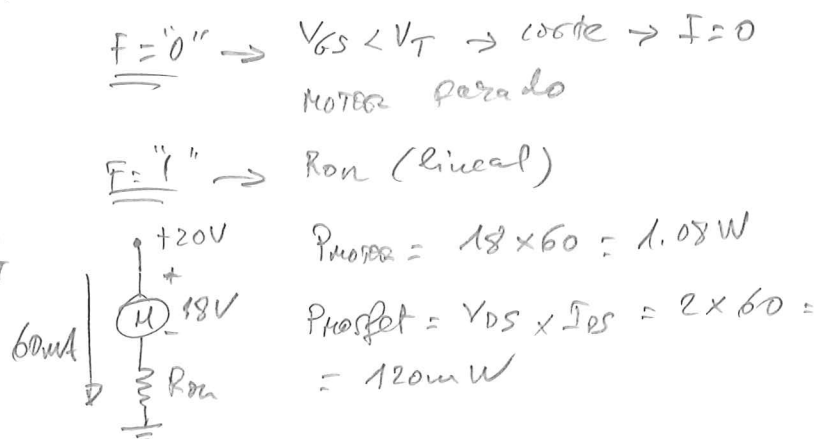
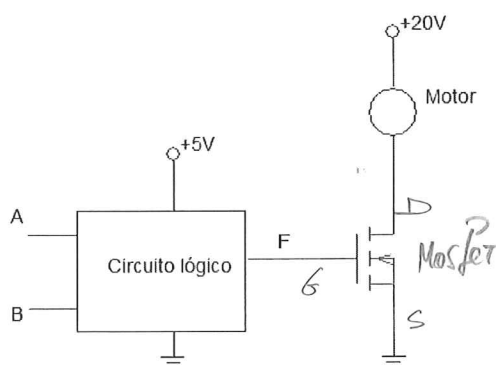
$$I_1 = \frac{5}{100 + 0.56} \approx 0.05mA \rightarrow P = I_1 \times V_{DD} = 0.05 \times 5 = 0.25$$

$T_1, T_2$  lineal  $\rightarrow V_{DS} < V_{GS} - V_T \rightarrow 0.028 < 5 - 0.5 \rightarrow OK$

- Rellene la siguiente tabla de funcionamiento del circuito.

$R_{on}$ (k $\Omega$ )	Zona T1	Zona T2	Zona T3	$V_X$ (Volt)	$V_F$ (Volt)	Consumo estático (mA)	Consumo estático (mW)
1.11	lineal	lineal	corte	5	0.028	0.05	0.25

[D] (1.5 Puntos) Para controlar el funcionamiento de un motor por parte del circuito lógico anterior, se diseña el siguiente esquema. El motor funciona con 18V y 60mA.



Rellene la siguiente tabla (justifique los cálculos):

F	Motor (marcha/paro)	Potencia disipada motor (mW)	Potencia disipada transistor (mW)
"0"	PARO	0	0
"1"	marcha	$1.08 \times 10^3$	120

Indique el valor de  $R_{on}$  del transistor:

$$R_{on} = \frac{20 - 18}{60} = 0.033k\Omega = 33\Omega$$