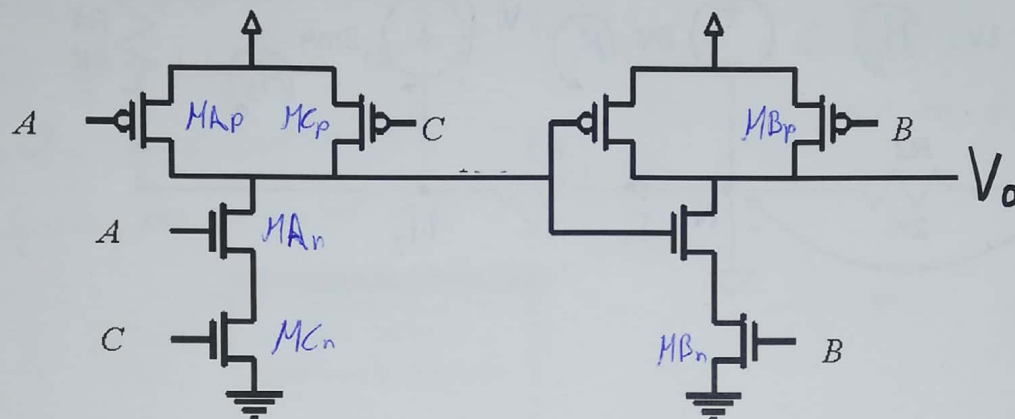


### Pregunta 1. (5 puntos).

Analizar el circuito de la figura.

Explicar y justificar detalladamente cada una de las respuestas a los siguientes puntos del ejercicio:

- Explicar los conceptos necesarios para un correcto desarrollo del ejercicio.
- Determinar, el estado de los transistores (zona de funcionamiento) y el valor de la salida  $V_o$  para los diferentes valores de las entradas A, B y C.
- Determinar la función  $V_o = F(A, B, C)$  que realiza el circuito de la figura a partir de los resultados del apartado anterior.



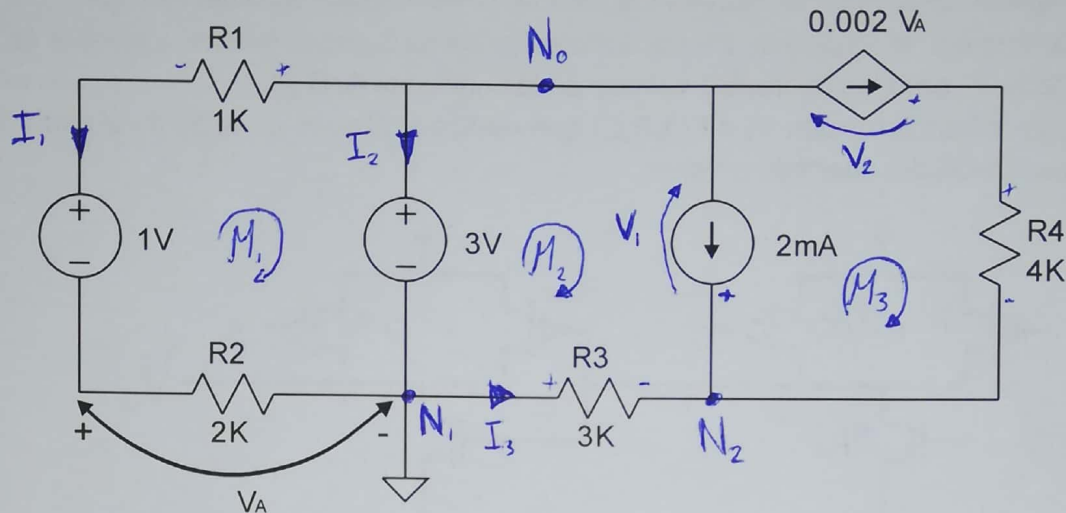
### Pregunta 2. (2 puntos). Caracterización de las Familias Lógicas:

- a) Característica de transferencia. Parámetros.
- b) Característica de entrada-salida.
- c) Inmunidad al ruido.
- d) Consumo de energía.
- e) Velocidad de operación.
- f) Flexibilidad lógica.
- g) Capacidad de integración.

### Pregunta 3. (3 puntos).

**Análisis del punto de operación del siguiente circuito:**

*Explicar detalladamente el método y conceptos fundamentales utilizados en la resolución.*



### Al finalizar el examen:

- Sacar copia del examen con el móvil y subirla a la tarea del campus virtual.
- **Entregar el examen en papel.**
- Documentación clara y desarrollada, en PDF
- Obligatoria nomenclatura normalizada. Como ejemplo la seguida en temas y ejercicios.
- A lo largo del examen explicar los métodos seguidos y conceptos fundamentales.
- Unir todos los ficheros PDF.
- No subir a la tarea los ficheros comprimidos.

**Tiempo de realización: 1:30 horas.**



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
E.T.S. de Ingeniería Informática

ASIGNATURA: Fundamentos de Electrónica

FECHA: 11/11/22 GRUPO: 1º C Ingeniería Software

APELLIDO 1º: Torres

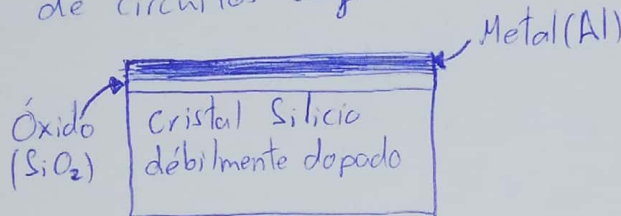
APELLIDO 2º: Postigo

NOMBRE: José

## PREGUNTA 1

Para el correcto desarrollo del ejercicio necesitamos conocer de teoría de transistores.

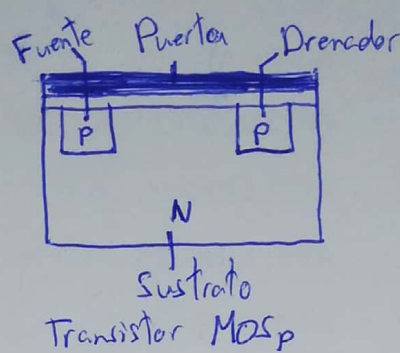
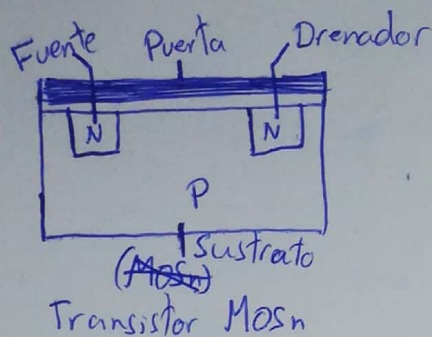
• Un transistor <sup>MOS</sup> (~~MOSFET~~) tiene una estructura Metal-Óxido-Semiconductor que hace que, debido a su reducido consumo y tamaño, sea uno de los elementos más importante hoy en día ya que en él se basa la mayoría de circuitos digitales actuales.



• El transistor MOSFET de acumulación es un transistor Mos (~~at q~~) que es fabricado con dos islas en el sustrato dopadas de impurezas contrarias a las del sustrato. A cada isla se le conecta un terminal metálico que, junto a la puerta y al sustrato, hace que sea un elemento con 4 terminales (aunque el del sustrato sea poco utilizado).

Según el dopado de las islas, tenemos 2 tipos de transistores MOSFET: transistores de tipo n ( $\text{MOSn}$ ), cuya isla son de tipo n y sustrato de tipo p, y transistores de tipo p ( $\text{MOSp}$ ), cuya isla son de tipo p y el sustrato de tipo ~~p~~ n.





Puerta (G)  
 Fuente (S)  
 Drenador (D)  
 Sustrato (B)

Estos transistores tienen 3 zonas de funcionamiento:

- Zona de corte: no hay canal inducido

Condición:  $V_{GS} < V_T$

Funcionamiento:  $I_D = 0$  para cualquier  $V_{DS}$

- Zona óhmica: hay canal inducido sin estrangulamiento

Condición:  $V_{GS} \geq V_T$  y  $V_{DS} \geq V_T$

Funcionamiento: permite el paso de la corriente. La tensión variará según la intensidad que circule por el drenador.

- Zona de saturación: hay canal inducido estrangulado

Condición:  $V_{GS} \geq V_T$  y  $V_{DS} \leq V_T$

Funcionamiento: funciona como fuente de tensión.

En los transistores MOSn, el sustrato está conectado a la tensión más baja del circuito (por ejemplo 0V) y la fuente a las tensiones más bajas del circuito. Si en la puerta tenemos una tensión alta (por ejemplo  $V_{DD}$ ) habrá una diferencia de potencial que, si es mayor a la tensión umbral  $V_T$ , se generará un canal inducido de tipo n y el transistor pasará a zona óhmica o de saturación. En caso contrario, ~~no se~~ generará canal inducido y estará en zona de corte.



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
E.T.S. de Ingeniería Informática

ASIGNATURA: Fundamentos de Electrónica

FECHA: 11/11/22 GRUPO: 1º Ingeniería (Informática) Software

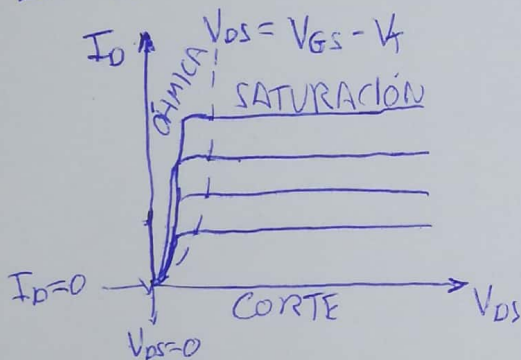
APELLIDO 1º: Torres

APELLIDO 2º: Postigo

NOMBRE: Jose

En los transistores MOSFET, el sustrato está conectado a la tensión más alta del circuito y la fuente a tensiones altas. Si en la puerta tenemos una tensión baja (por ejemplo 0V), se generará una diferencia de potencial. Si esta diferencia de potencial es mayor a la tensión umbral  $V_T$  se generará un canal inducido de tipo p y el transistor pasará a zona óhmica o de saturación. En caso contrario, no se generará canal inducido y estará en zona de corte.

La curva característica de estos transistores es la siguiente:



Los transistores MOSFET de depleción se diferencia de los de acumulación ~~x~~ en que traen de fábrica un canal entre las dos istas. Por tanto, aunque  $V_{GS} < V_T$ , la intensidad podrá circular por este.

El circuito parece pertenecer a la familia lógica CMOS ya que no presenta transistores de depleción, sino 8 transistores MOSFET de acumulación: 4 transistores MOSp y 4 transistores MOSn.

Para determinar la zona de funcionamiento del circuito, nos fijaremos en las entradas del circuito.

Entradas:  $\begin{Bmatrix} A \\ B \\ C \end{Bmatrix}$       Salida:  $V_o$

Como tenemos 3 entradas, habrá  $2^3 = 8$  casos posibles para explorar.

A	B	C	$V_o$
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

Los "0" indican 0 lógico.

Los "1" indican 1 lógico.

~~No F)~~

Para determinar la función  $V_o = F(A, B, C)$ , utilizaremos los mapas de Karnaugh:

Minterminos

ab	00	01	11	10
c				
0	1	0	0	1
1	1	0	1	1

$$F = ac + \bar{b}$$

Maxiterminos

ab	00	01	11	10
c				
0	1	0	0	1
1	1	0	1	1

$$F = (\bar{a} + b) \cdot (b + c)$$

La función que determina  $V_o$  es  $F = ac + \bar{b}$





UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
E.T.S. de Ingeniería Informática

ASIGNATURA: Fundamentos de Electrónica

FECHA: 11/11/22 GRUPO: 1º Ingeniería Software

APELLIDO 1º: Torres

APELLIDO 2º: Postigo

NOMBRE: Jose

### PREGUNTA 3

Para este ejercicio necesitaremos los siguientes conceptos:

- Conexión: punto de un circuito donde se une dos terminales de elementos.
- Nudo (o nodo): punto de un circuito donde se une dos o más ramas. Entre dos nodos debe haber un elemento.
- Rama: conjunto de elementos entre dos nodos.
- Malla: camino cerrado de una o más ramas que empieza y acaba en el mismo nodo.
- Toma a tierra (GND): nodo de un circuito que sirve como referencia para medir la caída de tensión en cualquier parte del circuito.

Para la resolución, necesitaremos conocer las siguientes leyes:

- Ley de Ohm: relación que hay entre la intensidad de una resistencia y ~~( $E$ )~~ la diferencia de potencial entre sus terminales.
- 1º Ley de Kirchhoff (LKI): enuncia que las intensidades que entra en un nodo debe ser igual a las intensidades que salen.
- 2º Ley de Kirchhoff (LKV): enuncia que la suma de las tensiones en una malla debe ser nula.

Para la resolución también necesitaremos seguir una serie de pasos:

1º Contabilizar el número de nodos y de ramas.

En este caso, el circuito presenta 3 nodos ( $N=3$ ) y 5 ramas ( $R=5$ ).


2º El número de incógnitas es igual al número de ramas (en este caso 5 incógnitas). Las incógnitas serán las intensidades en aquellas ramas donde no haya una fuente de intensidad y, en aquellas ramas donde sí las haya, la caída de tensión entre sus terminales.

En este circuito tenemos las siguientes incógnitas:

$$I_1, I_2, I_3, V_1, V_2$$

3º Elegiremos las ecuaciones para resolver el circuito. Se elegirán tantas ecuaciones como ramas haya, en este caso 5. Nos apoyaremos en las Leyes de Kirchhoff enunciadas anteriormente.

- Con la primera Ley de Kirchhoff elegiremos  $(N-1)$  ecuaciones:


$$N_1: I_1 + I_2 - 2 = 0 \quad (0.002 V_A = 0)$$

$$N_1: I_1 + I_2 = I_3$$

$$N_0: I_1 + I_2 + 2 + 0.002 V_A = 0$$

- Con la 2ª Ley de Kirchhoff elegimos  $R-(N-1)$  ecuaciones, es decir, 3 ecuaciones de malla que englobe todas las ramas:

$$M_1: -3 + V_A + 1 + I_1 \cdot R_1 = 0 \rightarrow 1 \cdot I_1 + V_A - 2 = 0 \rightarrow I_1 + R_2 I_1 - 2 = 0 \rightarrow 3 I_1 - 2 = 0$$

$$M_2: V_1 + I_3 \cdot R_3 + 3 = 0 \rightarrow V_1 + 3 I_3 + 3 = 0$$

$$M_3: +V_2 - 0.002 V_A \cdot R_4 - V_1 = 0 \rightarrow -V_1 + V_2 - 0.008 V_A = 0$$





UNIVERSIDAD DE MÁLAGA  
E.T.S. de Ingeniería Informática

ASIGNATURA: Fundamentos de Electrónica

FECHA: 11/11/22 GRUPO: 1ºC Ingeniería Software

APELLIDO 1º: Torres

APELLIDO 2º: Postigo

NOMBRE: Jose

2º Resolvemos el sistema de ecuaciones generado. Aunque para este ejercicio no haga falta resolverlo, el sistema ~~que~~ sería el siguiente:

$$\begin{cases} I_1 + I_2 + 2 + 0'002 V_A = 0 \\ I_1 + I_2 = 3 \\ 3I_1 + 2 = 0 \\ V_1 + 3I_3 + 3 = 0 \\ -V_1 + V_2 - 0'008(2I_1) = 0 \end{cases}$$