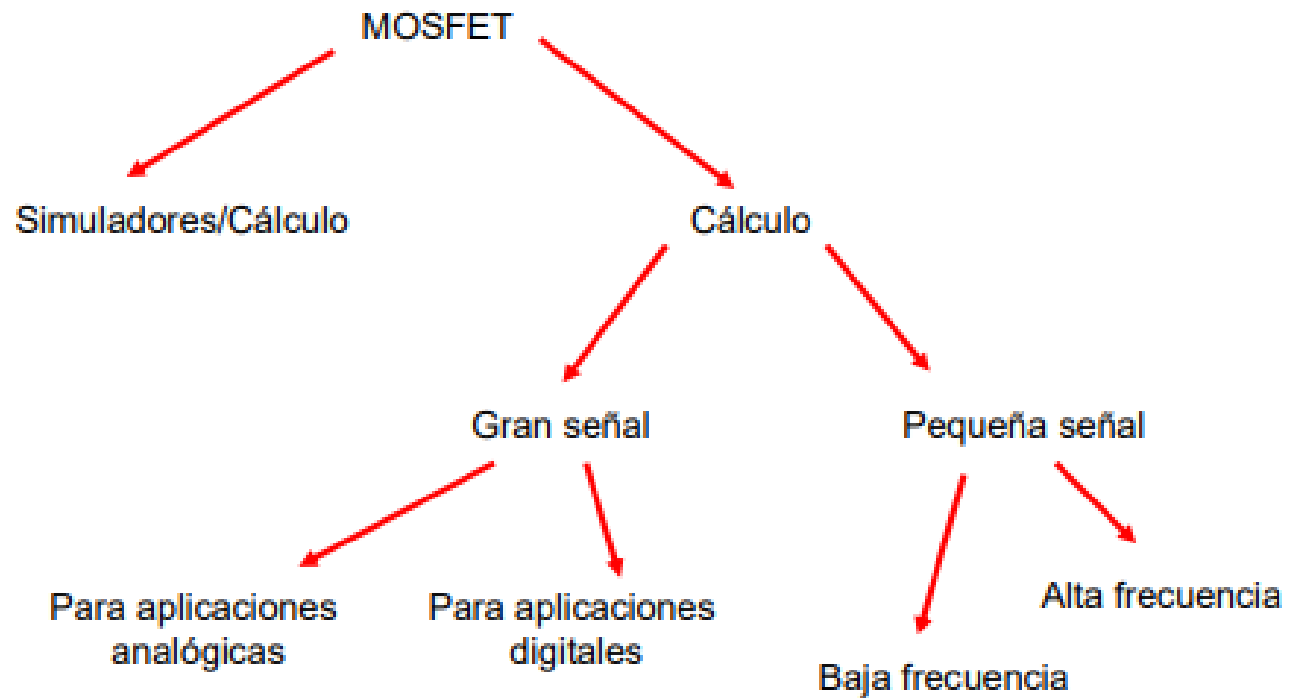


MOSFET POLARIZADO CON SEÑAL EN DC

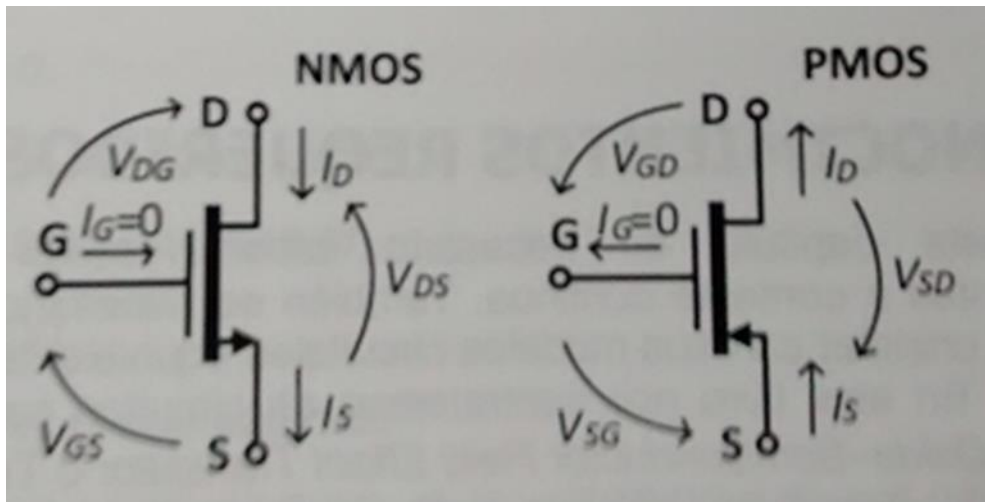
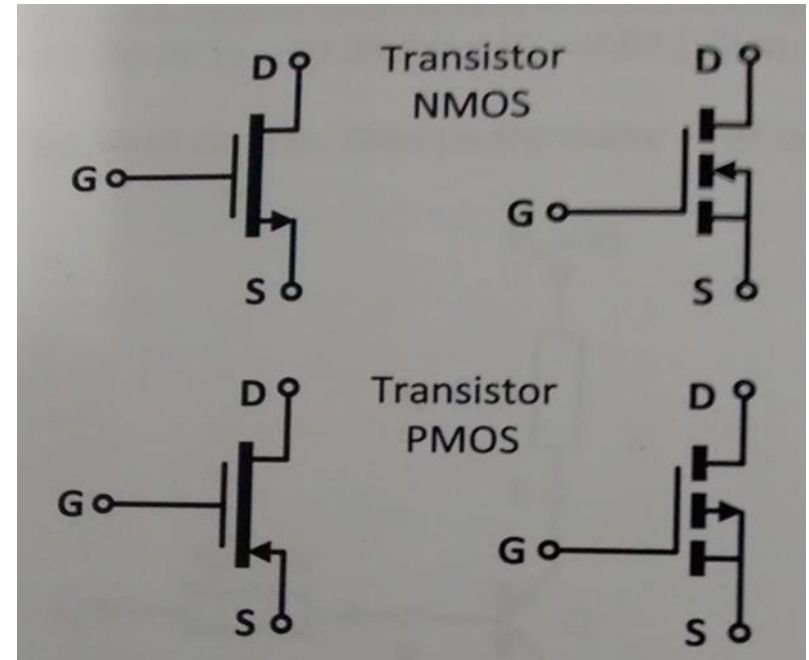


Transistores en DC (modelo de gran señal) y en AC (modelo de pequeña señal).

La función principal de un MOSFET es controlar la corriente de Drenado I_D a través de V_{GS} .

La impedancia de entrada del MOSFET es teóricamente infinita entonces $I_G = 0 \text{ A}$

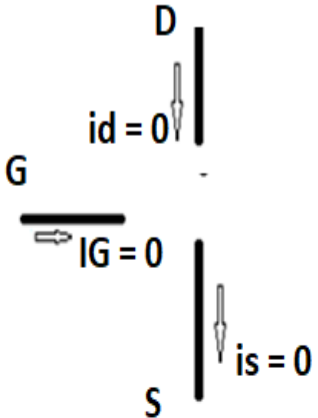
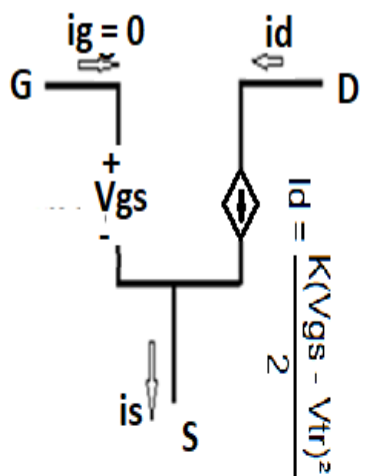
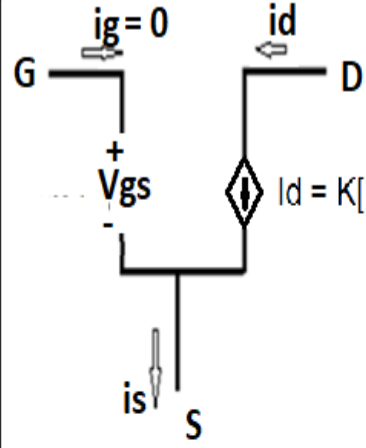
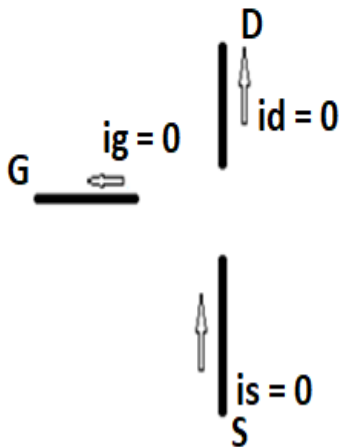
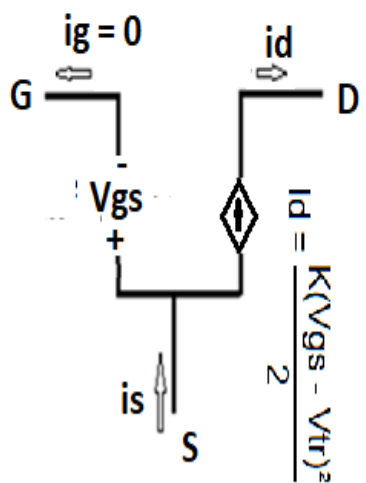
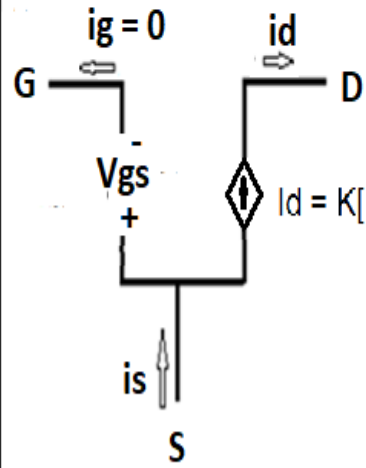
Por lo que se considera que $I_S = I_D$



$$I_S = I_G + I_D \quad \text{para NMOS y PMOS}$$
$$V_{DS} = V_{DG} + V_{GS} \quad \text{Para NMOS}$$
$$V_{SD} = V_{GD} + V_{SG} \quad \text{Para PMOS}$$

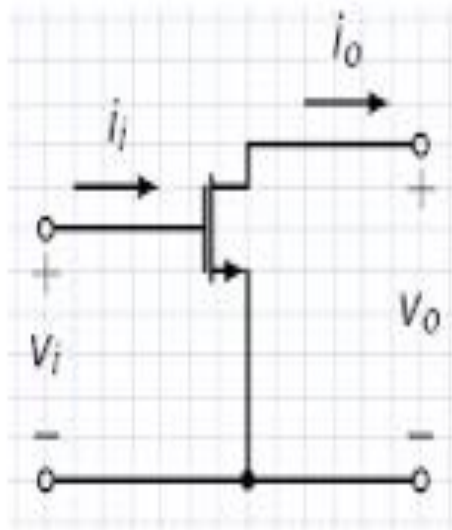
ZONA	CONDICIÓN		ECS DE CORRIENTE
CORTE	$v_{GS} < V_{TR}$		$i_D = 0$
TRÍODO	$v_{GS} > V_{TR}$	$v_{DS} < v_{GS} - V_{TR}$	$I_d = K[(V_{gs} - V_{tr}) \cdot V_{ds} - \frac{V_{ds}^2}{2}]$ $R_{ds} = \frac{1}{k(V_{gs} - V_{tr})}$
CORRIENTE CONSTANTE	$v_{GS} > V_{TR}$	$v_{DS} \geq v_{GS} - V_{TR}$	$I_d = \frac{K(V_{gs} - V_{tr})^2}{2}$
LIMITE ON - OFF			$i_D = 0$ $V_{gs} = V_{tr}$
LIMITE CC - TRIODO			$I_d = \frac{K \cdot V_{ds}^2}{2}$ $V_{ds} = V_{gs} - V_{tr}$

Las ecuaciones son las mismas para el canal P, solo cambia dirección corriente i_D .

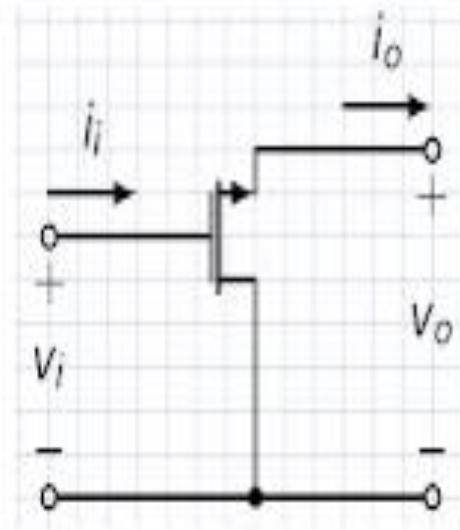
ZONA	CORTE	TRIEDO	CORRIENTE CONSTANTE
MODELO EQUIVALENTE CANAL N			
MODELO EQUIVALENTE CANAL P			

CONFIGURACIONES BÁSICAS

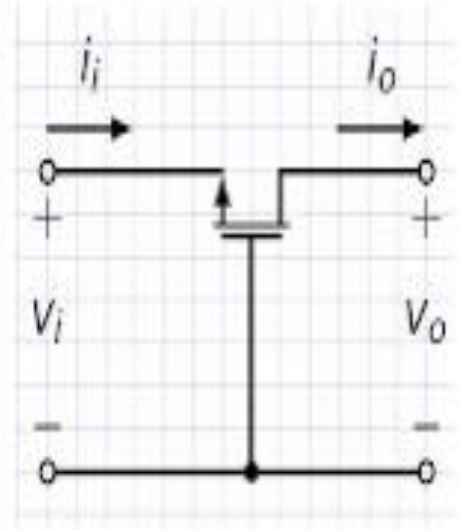
Fuente común



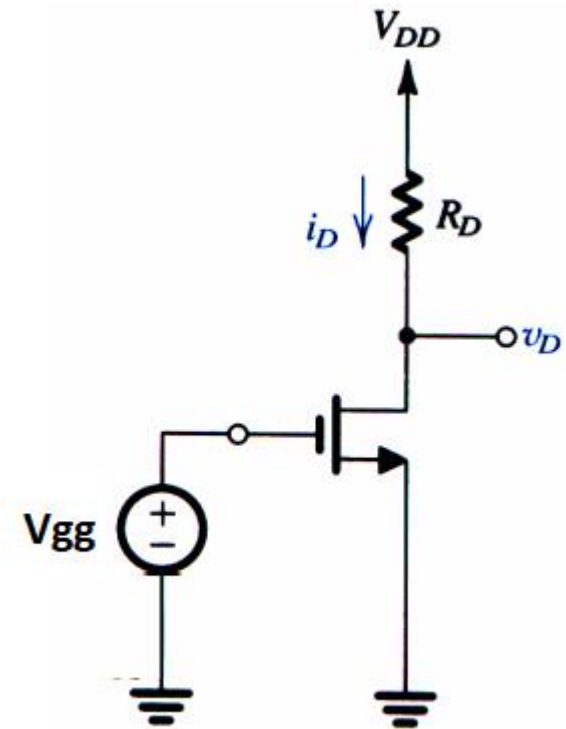
Drenador común



Puerta común



MOSFET INVERSOR O FUENTE COMÚN



El estado del MOSFET depende del voltaje entre la puerta y la fuente V_{gs}

$V_{gs} < V_t$ Se encuentra en estado de Corte; $I_d = I_s = 0$

$V_{gs} \geq V_t$ Se encuentra en estado de Conducción

Si esta en Conducción encontramos dos estados

$V_{ds} \leq V_{gs} - V_t$ Se encuentra en estado de Conducción Óhmica o Triodo $R_{ds} = 1/k(V_{gs} - V_t)$

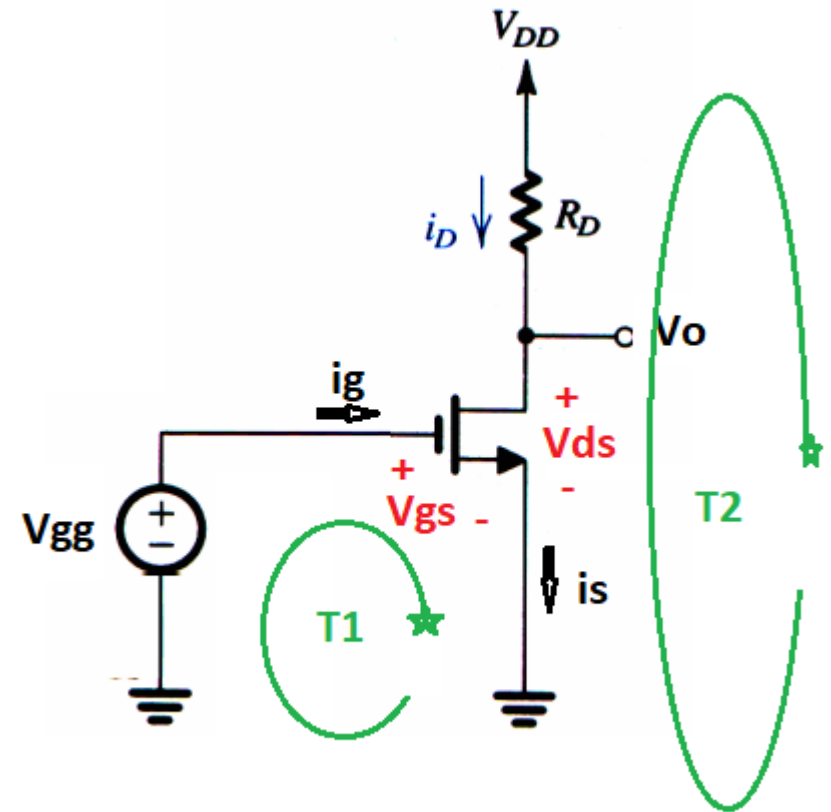
$V_{ds} \geq V_{gs} - V_t$ Se encuentra en estado de Conducción en Saturación o corriente constante

$$R_{ds} = 0 \quad I_d = k(V_{gs} - V_t)^2/2$$

MOSFET INVERSOR O FUENTE COMÚN

Para el circuito se realiza el mismo paso a paso que se hizo con el BJT.

1. Se identifican las corrientes y voltajes propios del transistor y luego se le hacen las trayectorias y extracción de corrientes.



T1

$$- V_{gg} + V_{gs} = 0$$

T2

$$- V_{ds} - i_D R_D + V_{DD} = 0$$

$$- V_o - i_D R_D + V_{DD} = 0$$

$$V_o = V_{DD} - i_D R_D$$

2. Buscamos los limites de encendido apagado y triodo-corriente constante.

Limite encendido apagado

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$i_D = 0 \quad V_{gs} = V_{tr}$$

Asumiremos $V_{tr} = 3 \text{ v}$, $R_D = 1,5 \text{ k}$, $V_{gg} = 10 \text{ v}$

T1

$$-V_{gg} + V_{gs} = 0$$

$$V_{gg} = V_{gs}$$

Como $V_{gs} = V_{tr} = 3 \text{ v}$

$$\mathbf{V_{gg} = 3 \text{ v}}$$

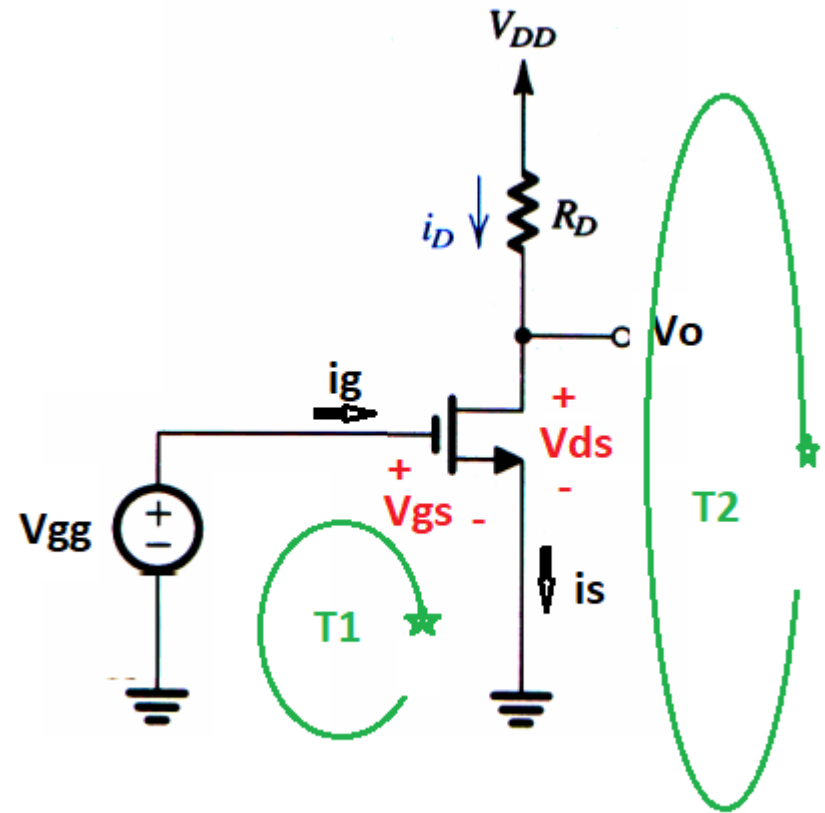
Este será el voltaje mínimo necesario en V_{gg} para que el transistor se encienda.

T2

$$-V_{ds} - i_D R_D + V_{dd} = 0$$

$$-V_{ds} - 0 R_D + V_{dd} = 0$$

$$V_{ds} = V_{dd} = 10 \text{ v}$$



$$V_o = V_{dd} - i_D R_D$$

$$V_o = V_{dd} - 0 R_D$$

$$\mathbf{V_o = 10 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} i_D = 10 \cdot 0 = 0 \text{ W}$$

$$A_v = V_o / V_i = 10 / 3 = 3,33$$

Límite triodo corriente constante.

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$I_d = K \cdot V_{ds}^2 / 2, \quad V_{ds} = V_{gs} - V_{tr}$$

Asumiremos $V_{tr} = 3 \text{ V}$, $R_d = 1,5 \text{ k}$, $V_{gg} = 10 \text{ V}$, $k = 2 \text{ mA/V}$

Se inicia al igual que el BJT con la trayectoria 2.

T2

- $V_{ds} - i_d \cdot R_d + V_{dd} = 0$
- $V_{ds} - (k \cdot V_{ds}^2 / 2) \cdot 1,5 + 10 = 0$
- $V_{ds} - (2 \cdot V_{ds}^2 / 2) \cdot 1,5 + 10 = 0$
- $V_{ds} - V_{ds}^2 \cdot 1,5 + 10 = 0$

Solucionando la ecuación cuadrática resultante se tiene

$V_{ds} = 2,270$ $V_{ds} = -2,9367$. Se deja el positivo.

Con esta variable obtenemos i_d .

$$I_d = K \cdot V_{ds}^2 / 2 = 2 \cdot (2,27)^2 / 2 = 5,15 \text{ mA}$$

$$V_{ds} = V_{gs} - V_{tr}$$

$$V_{gs} = V_{ds} + V_{tr} = 2,27 + 3$$

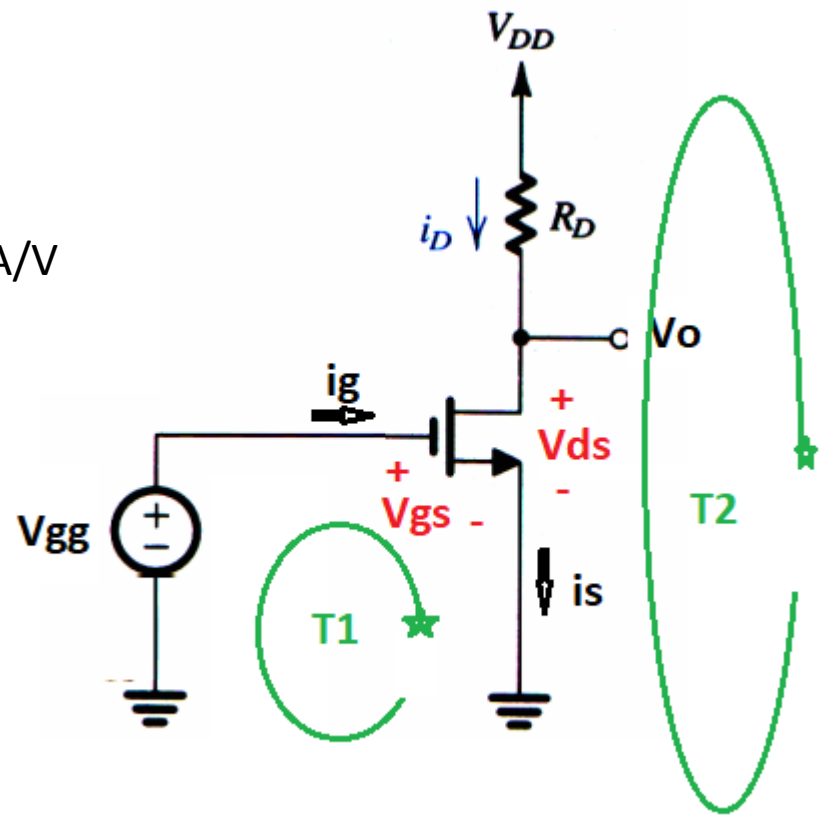
$$\mathbf{V_{gs} = 5,27 \text{ V}}$$

T1

$$-V_{gg} + V_{gs} = 0$$

$$V_{gg} = V_{gs}$$

$V_{gg} = 5,27 \text{ V}$ este es el límite para que no pase el transistor a la zona triodo.



$$V_o = V_{dd} - i_d \cdot R_d$$

$$V_o = 10 - 5,15 \cdot 1,5$$

$$\mathbf{V_o = 2,27 \text{ V}}$$

$$PQ = V_{ds} \cdot i_d = 10 \cdot 2,27 = \mathbf{22,7 \text{ mW}}$$

$$A_v = V_o / V_i = 2,27 / 5,27 = \mathbf{0,40}$$

V_{gg}	3	5.27
corte	corriente constante	triódo
V_o	10	2.27
V_{ds}	10	2.27
PQ	0	22.7
i_d	0	5.15
A_v	3.33	0.4

COMPROBACIÓN POR ZONA

ZONA CORTE

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$i_D = 0 \quad V_{gs} < V_{tr}$$

Asumiremos **$V_{gg} = 2 \text{ v}$**

$$V_{tr} = 3 \text{ v}, R_D = 1,5 \text{ k}, V_{gg} = 10 \text{ v}$$

T1

$$-V_{gg} + V_{gs} = 0$$

$$V_{gg} = V_{gs}$$

$$V_{gs} = 2 \text{ v}$$

Aplico condición

$$V_{gs} < V_{tr}$$

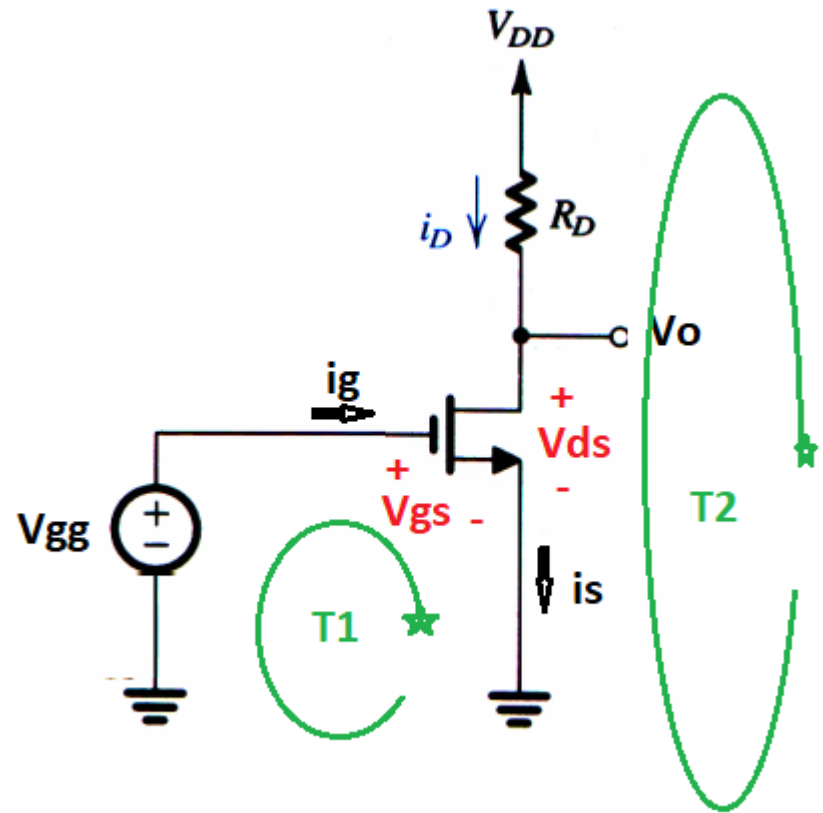
2 < 3 si cumple y se encuentra en la zona escogida.

T2

$$-V_{ds} - i_D R_D + V_{dd} = 0$$

$$-V_{ds} - 0 R_D + V_{dd} = 0$$

$$V_{ds} = V_{dd} = \mathbf{10 \text{ v}}$$



$$V_o = V_{dd} - i_D R_D$$

$$V_o = V_{dd} - 0 R_D$$

$$\mathbf{V_o = 10 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} i_D = 10 \cdot 0 = \mathbf{0 \text{ W}}$$

$$A_v = V_o / V_i = 0 \text{ ya que Q off}$$

ZONA CORRIENTE CONSTANTE.

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$I_d = K \cdot (V_{gs} - V_{tr})^2 / 2,$$

Asumiremos **$V_{gg} = 5 \text{ v}$**

$V_{tr} = 3 \text{ v}$, $R_d = 1,5 \text{ k}$, $V_{gg} = 10 \text{ v}$ $k = 2 \text{ mA/V}$

T1

$$- V_{gg} + V_{gs} = 0$$

$$- 5 + V_{gs} = 0$$

$V_{gs} = 5 \text{ v}$

Como $i_d = k \cdot (V_{gs} - V_{tr})^2 / 2$

$$I_d = 2 \cdot (5 - 3)^2 / 2 = \mathbf{4 \text{ mA}}$$

T2

$$- V_{ds} - i_d \cdot R_d + V_{dd} = 0$$

$$- V_{ds} - 4 \cdot 1,5 + 10 = 0$$

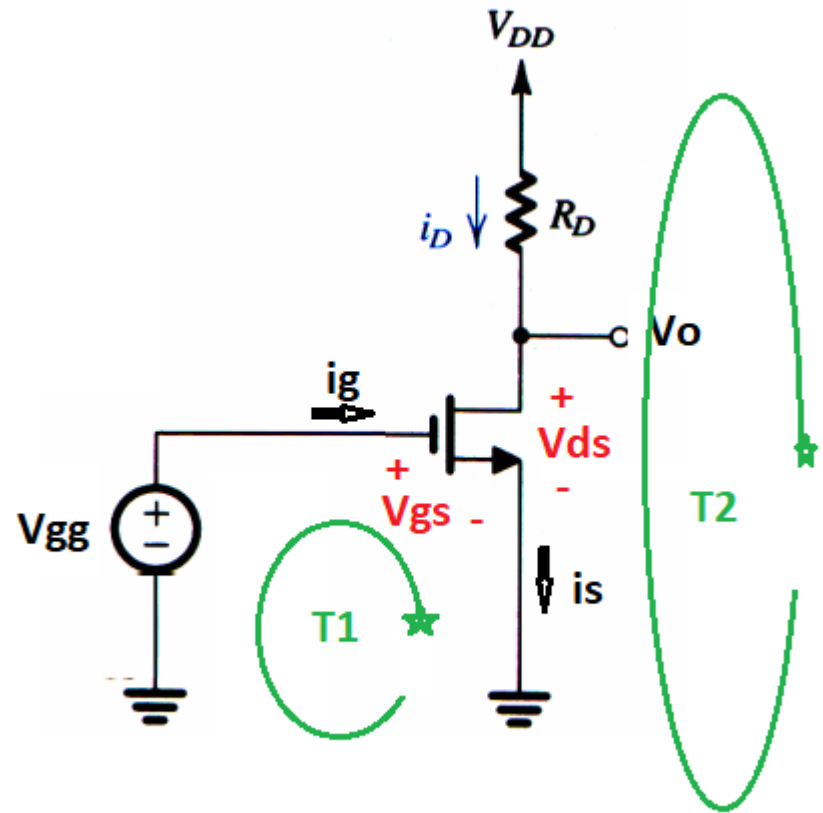
$$V_{ds} = \mathbf{4 \text{ v}}$$

Comprobamos zona

$$V_{ds} > V_{gs} - V_{tr}$$

$$4 > 5 - 3$$

$4 > 2$ si cumple zona



$$V_o = V_{dd} - i_d \cdot R_d$$

$$V_o = 10 - 4 \cdot 1,5$$

$$\mathbf{V_o = 4 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} \cdot i_d = 4 \cdot 4 = \mathbf{16 \text{ mW}}$$

$$A_v = V_o / V_i = 4 / 5 = \mathbf{0,8}$$

ZONA TRÍODO

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$I_d = K[(V_{gs} - V_{tr}) * V_{ds} - V_{ds}^2/2]$$

Asumiremos **$V_{gg} = 7 \text{ v}$**

$V_{tr} = 3 \text{ v}$, $R_d = 1,5 \text{ k}$, $V_{gg} = 10 \text{ v}$ $k = 2 \text{ mA/V}$

T1

$$- V_{gg} + V_{gs} = 0$$

$$V_{gs} = 7$$

T2

$$- V_{ds} - I_d * R_d + V_{dd} = 0$$

$$- V_{ds} - = K[(V_{gs} - V_{tr}) * V_{ds} - V_{ds}^2/2] * 1,5 + 10 = 0$$

$$- V_{ds} - = 2[(7 - 3) * V_{ds} - V_{ds}^2/2] * 1,5 + 10 = 0$$

$$- V_{ds} - = 2[4 * V_{ds} - V_{ds}^2/2] * 1,5 + 10 = 0$$

$$- V_{ds} - [8V_{ds} - V_{ds}^2] * 1,5 + 10 = 0$$

$$- V_{ds} - [12V_{ds} - 1,5V_{ds}^2] + 10 = 0$$

$$- 13 * V_{ds} - 1,5V_{ds}^2 + 10 = 0$$

Solucionando la ecuación cuadrática se tiene:

$$\mathbf{V_{ds} = 0.71} \quad V_{ds} = -9,37$$

Comprobamos zona $V_{ds} < V_{gs} - V_{tr}$

$$0,71 > 7 - 3 \text{ si cumple zona}$$

Obtenido V_{ds} se utiliza la ecs T2

$$- V_{ds} - I_d * R_d + V_{dd} = 0$$

$$- 0,39 - I_d * 1,5 + 10 = 0$$

$$I_d = \mathbf{6,19 \text{ mA}}$$

$$V_o = V_{dd} - I_d * R_d$$

$$V_o = 10 - 6,19 * 1,5$$

$$\mathbf{V_o = 0,71 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} * I_d = 0,71 * 6,19 = \mathbf{4,4 \text{ mW}}$$

$$A_v = V_o / V_i = 0,4 / 7 = \mathbf{0,1}$$

	corte		corriente constante		triódo	
V _{gg}	2	3	5	5.27	7	V
V _o	10	10	4	2.27	0.4	V
V _{ds}	10	10	4	2.27	0.4	V
P _Q	0	0	16	22.7	2.5	mW
i _d	0	0	4	5.15	6.4	mA
A _v		3.3	0.8	0.4	0.05	

Se puede determinar una expresión matemática para la porción de la región de corriente constante de la característica de transferencia, que se extiende del punto a hasta d

$$v_{\text{OUT}} = V_{\text{Th}} - K(v_{\text{IN}} - V_{\text{TR}})^2 R_D$$

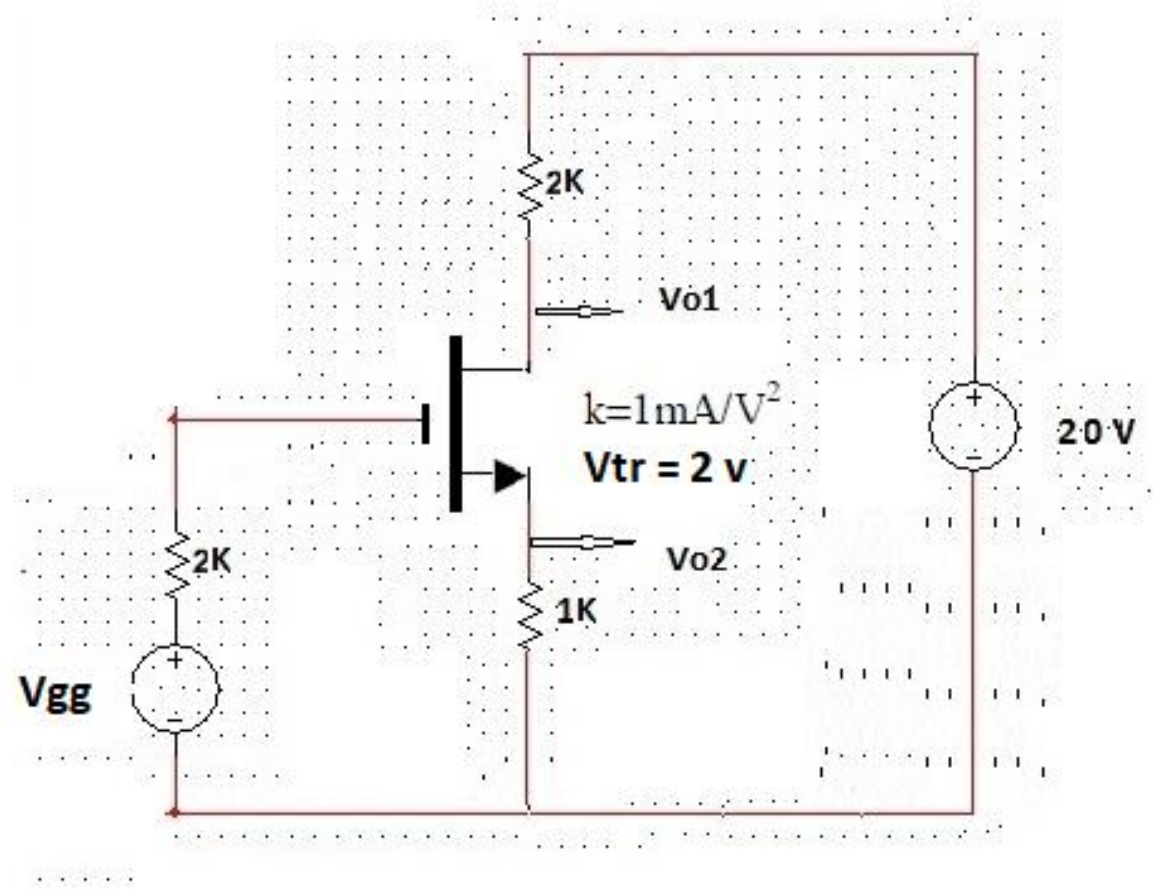
$$\frac{dv_{\text{OUT}}}{dv_{\text{IN}}} = -2K(v_{\text{IN}} - V_{\text{TR}})R_D$$

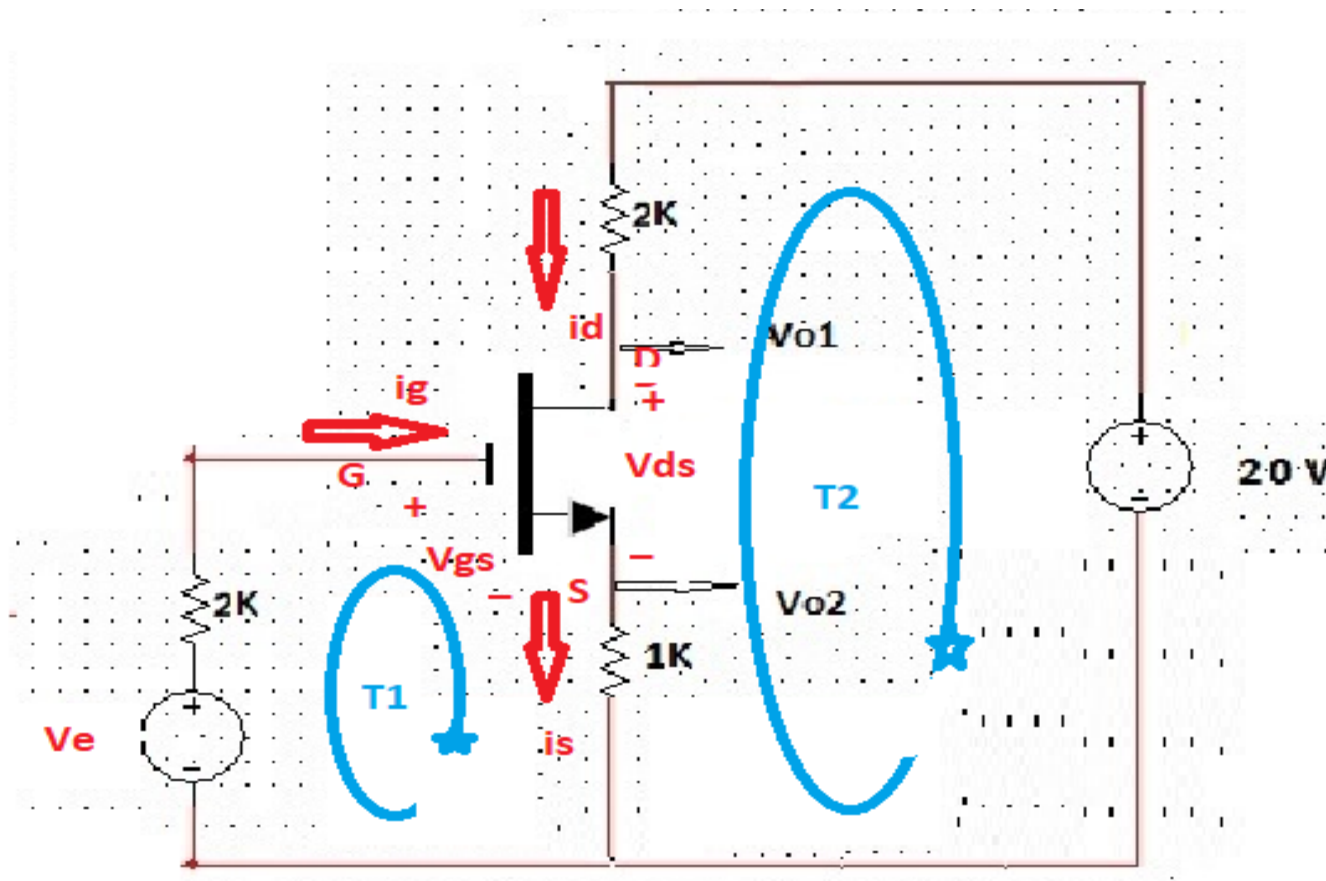
Este factor constituye la *ganancia* del circuito y es negativo en razón de que el circuito es un inversor.

para encontrar una expresión para el cambio en v_{OUT} causado por un cambio en v_{IN} :

$$\Delta v_{\text{OUT}} = \frac{dv_{\text{OUT}}}{dv_{\text{IN}}} \Delta v_{\text{IN}} = [-2K(v_{\text{IN}} - V_{\text{TR}})R_D] \Delta v_{\text{IN}}$$

EJEMPLO 2





T1

$$-V_e + 2i_g + V_{gs} + 1 \cdot i_s = 0 \text{ como } i_g = 0$$

$$-V_e + V_{gs} + 1 \cdot i_s = 0$$

T2

$$-1 \cdot i_s - V_{ds} - 2 \cdot i_d + 20 = 0 \text{ como } i_d = i_s$$

$$-V_{ds} - 3 \cdot i_d + 20 = 0$$

$$-V_{o1} - 2i_d + 20 = 0$$

$$V_{o1} = 20 - 2i_d$$

$$-1 \cdot i_s + V_{o2} = 0$$

$$V_{o2} = 1 \cdot i_s$$

ZONA LIMITE ON OFF DEL Q

Según la tabla en esta zona se tiene: $i_d = 0$ $V_{gs} = V_{tr}$

T1

$$- V_e + V_{gs} + 1 \cdot i_s = 0$$

$$- V_e + V_{gs} + 1 \cdot 0 = 0$$

$V_e = V_{gs}$ por regla $v_{gs} = V_{tr} = 2$

$V_e = 2 \text{ v}$ voltaje necesario en la entrada G para que Q se encienda.

T2

$$- V_{ds} - 3 \cdot i_d + 20 = 0$$

$$- V_{ds} - 3 \cdot 0 + 20 = 0$$

$$\mathbf{V_{ds} = 20 \text{ v}}$$

$$V_{o1} = 20 - 2i_d$$

$$V_{o1} = 20 - 2 \cdot 0$$

$$\mathbf{V_{o1} = 20 \text{ v}}$$

$$V_{o2} = 1 \cdot i_s$$

$$V_{o2} = 1 \cdot 0$$

$$\mathbf{V_{o2} = 0 \text{ v}}$$

ZONA LIMITE TRIODO CORRIENTE CONSTANTE DEL Q

Según la tabla en esta zona se tiene: $I_d = K \cdot V_{ds}^2/2$, $V_{ds} = V_{gs} - V_{tr}$

T2

$$-V_{ds} - 3 \cdot I_d + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - 3 \cdot K \cdot V_{ds}^2/2 + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - 3 \cdot 1 \cdot V_{ds}^2/2 + 20 = 0$$

$-V_{ds} - 1,5 \cdot V_{ds}^2 + 20 = 0$ solucionando la ecs diferencial se tendrá.

$$\mathbf{V_{ds} = 3,33 \text{ v}}, V_{ds} = -4 \text{ v}$$

$$I_d = K \cdot V_{ds}^2/2 = I_d = 1 \cdot 3,33^2/2 = 5,55 \text{ mA}$$

$$V_{ds} = V_{gs} - V_{tr}$$

$$\mathbf{V_{gs} = V_{ds} + V_{tr} = 3,33 + 2 = 5,33 \text{ v}}$$

$$V_{o1} = 20 - 2I_d$$

$$V_{o1} = 20 - 2 \cdot 5,55$$

$$\mathbf{V_{o1} = 8,9 \text{ v}}$$

T1

$$-V_e + V_{gs} + 1 \cdot I_s = 0$$

$$-V_e + 5,33 + 1 \cdot 5,55 = 0$$

$$\mathbf{V_e = 10,88 \text{ v}} \text{ voltaje limite zona}$$

$$V_{o2} = 1 \cdot I_s$$

$$V_{o2} = 1 \cdot 5,55$$

$$\mathbf{V_{o2} = 5,55 \text{ v}}$$

COMPROBACIÓN POR ZONA

ZONA CORTE

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$i_d = 0 \quad V_{gs} < V_{tr}$$

Asumiremos **$V_e = 1 \text{ v}$**

T1

$$- V_e + V_{gs} + 1 \cdot i_s = 0$$

$$- 1 + V_{gs} + 1 \cdot 0 = 0$$

$$V_{gs} = 1 \text{ v}$$

Aplico condición

$$V_{gs} < V_{tr}$$

$$1 < 2 \text{ si cumple zona}$$

T2

$$- V_{ds} - 3 \cdot i_d + 20 = 0$$

$$- V_{ds} - 3 \cdot 0 + 20 = 0$$

$$\mathbf{V_{ds} = 20 \text{ v}}$$

corte	corriente constante	triódo
2		10.88

$$V_{o1} = 20 - 2i_d$$

$$V_{o1} = 20 - 2 \cdot 0$$

$$\mathbf{V_{o1} = 20 \text{ v}}$$

$$V_{o2} = 1 \cdot i_s$$

$$V_{o2} = 1 \cdot 0$$

$$\mathbf{V_{o2} = 0 \text{ v}}$$

$$\mathbf{PQ = V_{ds} \cdot i_d = 0}$$

ZONA CORRIENTE CONSTANTE

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$I_d = K^*(V_{gs} - V_{tr})^2/2$$

Asumiremos **$V_e = 5 \text{ v}$**

T1

- $V_e + V_{gs} + 1 \cdot I_s = 0$
- $5 + V_{gs} + 1 \cdot K^*(V_{gs} - V_{tr})^2/2 = 0$
- $5 + V_{gs} + 1 \cdot 1 \cdot (V_{gs} - 2)^2/2 = 0$
- $5 + V_{gs} + 0,5 \cdot (V_{gs}^2 - 2 \cdot V_{gs} \cdot 2 + 2^2) = 0$
- $5 + V_{gs} + 0,5V_{gs}^2 - 2 \cdot V_{gs} + 2 = 0$
- $3 + 0,5V_{gs}^2 - V_{gs} = 0$

$$\mathbf{V_{gs} = 3,64 \text{ v}} \quad V_{gs} = -1,64 \text{ v}$$

$$I_d = K^*(V_{gs} - V_{tr})^2/2$$

$$I_d = 1 \cdot (3,64 - 2)^2/2 = 1,34 \text{ mA}$$

corte	corriente constante	triódo
2		10.88

T2

$$-V_{ds} - 3 \cdot I_d + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - 3 \cdot 1,34 + 20 = 0$$

$$V_{ds} = \mathbf{15,98 \text{ v}}$$

Compruebo zona

$$V_{ds} > V_{gs} - V_{tr}$$

$$15,98 > 3,64 - 2 \text{ sii cumple zona}$$

$$V_{o1} = 20 - 2I_d = \mathbf{17,32 \text{ v}}$$

$$V_{o2} = 1 \cdot I_s = \mathbf{1,34 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} \cdot I_d = \mathbf{21,4 \text{ mW}}$$

ZONA TRIODO

corte	corriente constante	triódo
2		10.88

Según la tabla en esta zona se tiene:

$$I_d = K[(V_{gs} - V_{tr}) * V_{ds} - V_{ds}^2/2]$$

Asumiremos **$V_e = 12 \text{ v}$**

$$I_d = 1[(V_{gs} - 2) * V_{ds} - V_{ds}^2/2]$$

$$I_d = [(V_{gs} - 2) * V_{ds} - 0,5V_{ds}^2]$$

$$I_d = [V_{gs} * V_{ds} - 2 * V_{ds} - 0,5V_{ds}^2]$$

**EN ESTA ZONA SE DEBE REEMPLAZAR I_d EN LAS DOS ECS Y
DESPEJAR DE CADA UNA V_{gs}**

T1

$$-V_e + V_{gs} + 1 * I_s = 0$$

$$-12 + V_{gs} + 1 * [V_{gs} * V_{ds} - 2V_{ds} - 0,5V_{ds}^2] = 0$$

$$-12 + V_{gs} + V_{gs} * V_{ds} - 2V_{ds} - 0,5V_{ds}^2 = 0$$

$$-12 + V_{gs}(1 + V_{ds}) - 2V_{ds} - 0,5V_{ds}^2 = 0$$

$$V_{gs}(1 + V_{ds}) = 12 + 2V_{ds} + 0,5V_{ds}^2$$

$$V_{gs} = 12 + 2V_{ds} + 0,5V_{ds}^2 / (1 + V_{ds})$$

T2

$$-V_{ds} - 3 * I_d + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - 3 * [V_{gs} * V_{ds} - 2 * V_{ds} - 0,5V_{ds}^2] + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - [3V_{gs} * V_{ds} - 6 * V_{ds} - 1,5V_{ds}^2] + 20 = 0$$

$$-V_{ds} - 3V_{gs} * V_{ds} + 6V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20 = 0$$

$$3V_{gs} * V_{ds} = 5 * V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20$$

$$V_{gs} = 5V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20 / 3V_{ds}$$

ZONA TRIODO

corte	corriente constante	triódo
2		10.88

Igualamos Vgs de las dos ecuaciones

$$V_{gs} = (12 + 2V_{ds} + 0,5V_{ds}^2) / (1 + V_{ds})$$

$$V_{gs} = (5V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20) / 3V_{ds}$$

$$(12 + 2V_{ds} + 0,5V_{ds}^2) / (1 + V_{ds}) = (5V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20) / 3V_{ds}$$

$$(12 + 2V_{ds} + 0,5V_{ds}^2) * 3V_{ds} = (5V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20) * (1 + V_{ds})$$

$$(36V_{ds} + 6V_{ds}^2 + 1,5V_{ds}^3) = (5V_{ds} + 1,5V_{ds}^2 + 20 + 5V_{ds}^2 + 1,5V_{ds}^3 + 20V_{ds})$$

$$(36V_{ds} + 6V_{ds}^2 + 1,5V_{ds}^3) = (20 + 6,5V_{ds}^2 + 1,5V_{ds}^3 + 25V_{ds})$$

$$(11V_{ds} - 0,5V_{ds}^2 - 20) = 0$$

$$21V_{ds} + 0,5V_{ds}^2 - 20 = 0$$

La solución de la ecs cuadrática nos da:

$$V_{ds} = \mathbf{2\text{v}} \quad V_{ds} = 20\text{v}$$

Con Vgs utilizamos la ecs del circuito en T2

$$-V_{ds} - 3 \cdot i_d + 20 = 0$$

$$-2 - 3 \cdot i_d + 20 = 0$$

$$i_d = \mathbf{6\text{ mA}}$$

De T1 obtenemos Vgs

$$-V_e + V_{gs} + 1 \cdot i_s = 0$$

$$-12 + V_{gs} + 1 \cdot 6 = 0$$

$$V_{gs} = \mathbf{6\text{v}}$$

ZONA TRIODO

Comprobamos zona

$$V_{ds} < V_{gs} - V_{tr}$$

$$2 < 6 - 2 \text{ sii cumple zona}$$

$$V_{o1} = 20 - 2i_d = 20 - 2 \cdot 6 = \mathbf{8 \text{ v}}$$

$$V_{o2} = 1 \cdot i_s = 1 \cdot i_s = \mathbf{6 \text{ v}}$$

$$PQ = V_{ds} \cdot i_d = \mathbf{12 \text{ mW}}$$

	corte		corriente constante		triódo
V_{gg}	1	2	5	10.88	12
V_{o1}	20		17.32	8.9	8
V_{o2}	0		1.34	5.5	6
V_{ds}	20		15.98	3.3	2
i_d	0		1.34	5.5	6
V_{gs}	1		3.64	5.33	6
PQ	0		11.57	18.48	12

<https://www.youtube.com/watch?v=jTAiVbBGsss>

<https://www.youtube.com/watch?v=h8VcISK7y3w>

PROYECTO INTEGRADOR CON EL MOSFET: