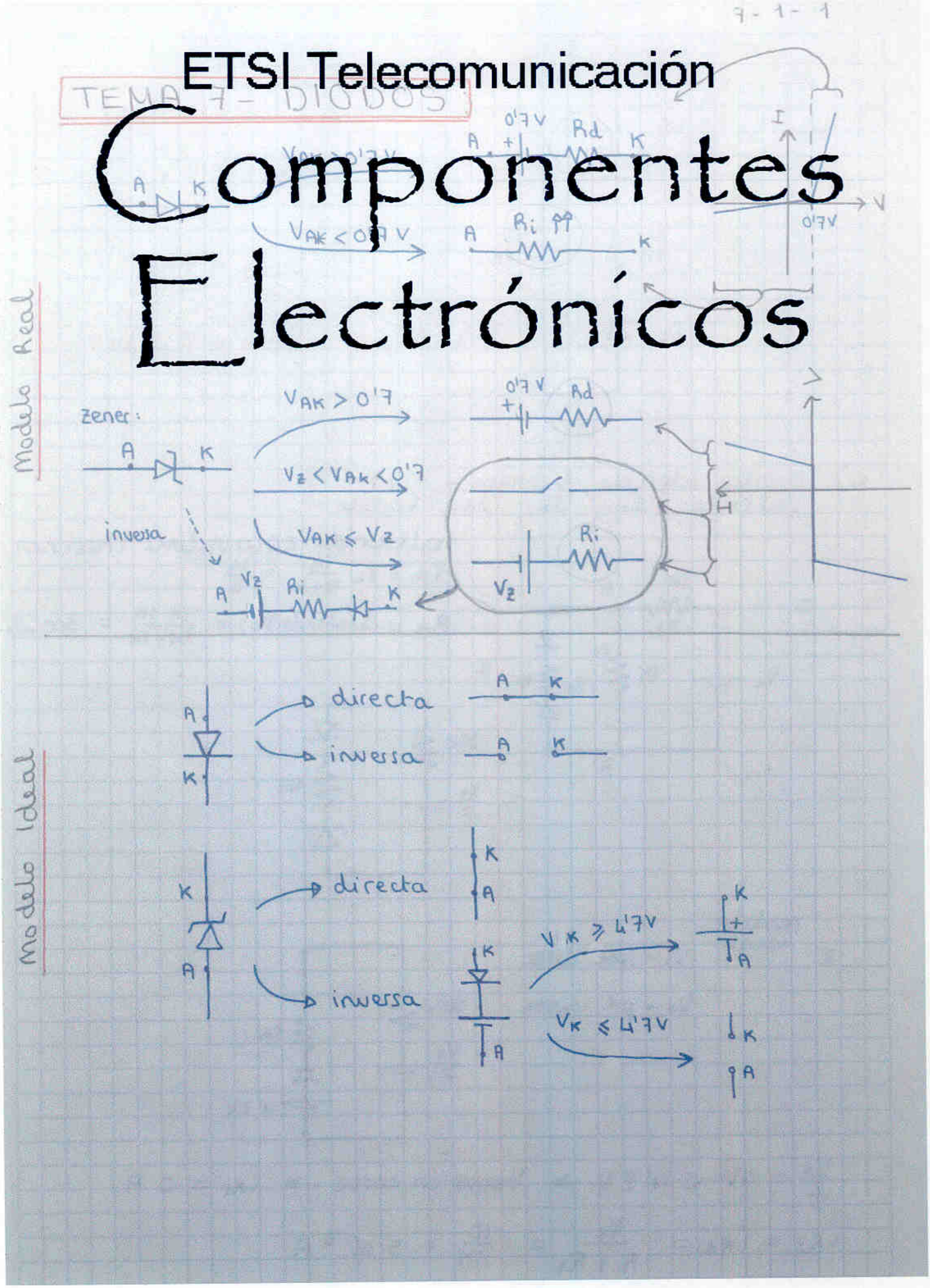
ETSI Telecomunicación

Componentes Electrónicos



Componentes electrónicos

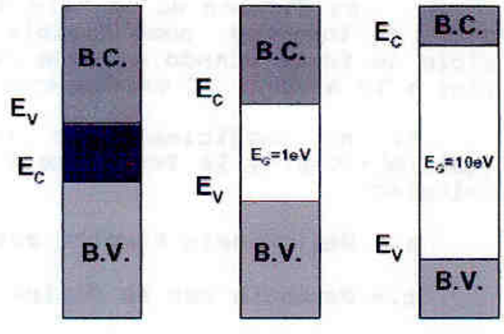
Apuntes de Pak (Francisco José Rodríguez Fortuño)
ETSI Telecomunicación. Universidad Politécnica de Valencia.
Segundo cuatrimestre de 1er curso
Curso 2003/2004

Fecha de última actualización: 08 Marzo 2008

Tema 2. Física de la conducción

Bandas de Energía:

La distribución de las bandas de energía determina cada tipo de material.
- Banda de conducción (BC) -> Los electrones que escapan de la banda de valencia
- Banda de valencia (BV) -> Los electrones de la última capa
- Banda prohibida (EG) -> El salto intermedio entre las dos anteriores



a) Conductores b) Semiconductores c) Aislantes

Resistividad (ρ) y Conductividad (σ)[Ω.m^{-1}]

Conductores: σ del orden de 10^7
Semiconductores: σ del orden de $1 \sim 10^{-7}$
Aislantes: σ del orden de $10^{-11} \sim 10^{-21}$

$$R = \rho \frac{L}{A} = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{A}$$

ρ y σ Varían con la temperatura:
- Conductores: Disminuye conductividad σ al aumentar temperatura (movimiento de los átomos disminuye movilidad de los e^-)
- Semiconductores y aislantes: Aumenta conductividad σ al aumentar temp

Ley de Ohm Eléctrica

$$J = \sigma . E$$

Intensidad, Densidad de corriente

$$i = \frac{dQ}{dt} \qquad J = \frac{di}{dA}$$

Movilidad (μ) y velocidad de arrastre (v_x)

Los portadores de carga (ej e^-) son acelerados por una fuerza eléctrica **F = m.a = q.E** con una aceleración **a = q.E/m**. sin embargo cada cierto tiempo τ chocan. Por tanto la velocidad de arrastre es **v_x = a τ = q.E.τ/m = μ.E**

$$\mu = \frac{q}{m}\tau \qquad v_x = \mu . E$$

Ley de Ohm Térmica

$$\underbrace{Q = 0.24 \cdot P \cdot t \quad Q = \delta \cdot A \cdot (T_{cond} - T_{amb}) \cdot t}$$

$$R_{th} = \frac{0.24}{\delta \cdot A} \qquad (T_{cond} - T_{amb}) = R_{th} \cdot P$$

Q = energia perdida en calor [**cal**]
δ = coeficiente de transmisión del calor [cal/(m^2 ºC s)
$T_{cond} - T_{amb}$ = diferencia temp entre conductor y ambiente (ºC)
P = I^2 R = potencia eléctrica consumida
t = tiempo [s]
R_{th} = Resistencia térmica del componente: relaciona la potencia eléctrica que disipa con el incremento de temperatura

Coeficiente de Temperatura (α)

La dependencia de la resistividad (ρ) con la temperatura viene dada por:

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \cdot \frac{d\rho(T)}{dT} \qquad \rho_1 \cong \rho_0 (1 + \alpha (T_1 - T_0))$$

α = coeficiente de temperatura (puede ser positivo o negativo según resistencia aumenta o disminuye con temp.)

valor exacto de ρ_1 viene dado por una suma infinita:

$$\rho_1 = \rho_0 (1 + \alpha (T_1 - T_0) + \beta (T_1 - T_0)^2 + ...)$$

pero β, χ, ... son despreciables y se aproxima bien mediante la fórmula de la izquierda

Problema Tema 2. Física de la Conducción:

Se dispone de un hilo de plomo de 0,25 mm. de diámetro y 2 cm. de longitud, como fusible en un circuito eléctrico. El fusible se funde cuando circula através de él, una corriente superior a 10 A. a 27 °C de temperatura ambiente.

Si el coeficiente de transmisión del calor es $5 \cdot 10^3$ (cal./m^2 · °C·s) y la temperatura de fusión del hilo es de 327 °C. Calcular:

a.- Resistencia térmica del hilo.

b.- Potencia que se disipa en el hilo cuando se funde.

c.- Si la temperatura ambiente fuese de 60 °C. ¿ A qué corriente se fundiría el hilo ?.

d.- Si el diámetro del hilo se reduce a la mitad, siendo la temperatura ambiente de 27 °C. ¿ A qué corriente se fundiría el hilo ?.

a) Resistencia Térmica

$$R_{th} = \frac{0.24}{\delta \cdot A} = 0.24 / [(5 \cdot 10^3) \cdot (0.25 \cdot 10^{-3}) \cdot \pi \cdot (2.10^{-2})] = 3.05 \text{ °C/W}$$

es decir, por cada watio que se disipa la temperatura aumenta 3.05°C

b) Potencia disipada al fundirse

Ley de Ohm térmica $(T_{cond} - T_{amb}) = R_{th} \cdot P$

$$P_{fusion} = \frac{(T_{fusion} - T_{amb})}{R_{th} \cdot} = (300/3.05) = 98.36 \text{ W}$$

c) I_{fusion} si T_{amb} = 0°C

$$P_{fusion} = \frac{(T_{fusion} - T_{amb})}{R_{th} \cdot} = (327\text{-}60)/3.05 = 87.54 \text{ W}$$

$P_{fus} = I_{fus}^2 \cdot R \rightarrow I_{fus} = \sqrt{P_{fus}/R}$

Falta la resistencia

Aplicando ley Ohm térmica en t amb 27°C donde conocemos T_{fusion} e I_{fusion}

$\Delta T = P \cdot R_T = I^2 \cdot R \cdot R_T \rightarrow R = \Delta T/(I^2 R_T) = 300/(10^2 \cdot 3.05) = 0.9836 \Omega$

$$I_{fus} = \sqrt{P_{fus}/R} = \sqrt{87.54/0.9836} = 9.43 \text{ A}$$

d) diámetro del hilo a la mitad. T_{amb} = 27°C. Hallar I_{fusion}

$P = I^2 \cdot R$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{\left(\Delta T / R_{th}\right)}{\left(\rho \cdot L / S\right)}} = \sqrt{\frac{\left(\Delta T / (0.24/\delta \cdot A)\right)}{\left(\rho \cdot L / S\right)}} =$$

$= \ldots = 3.53$ A

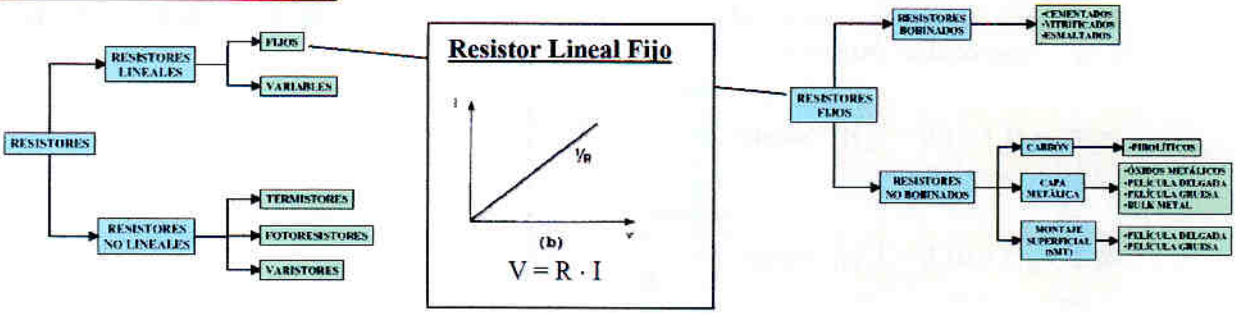
$\Delta T = T_{fus} - T_{amb} = 300$°C
$\delta = 5 \cdot 10^3$ cal/(m^2·°C·s)
A = área utilizando la mitad del diámetro
$\rho = 2.41 \cdot 10^6 \ \Omega \cdot$m
L = 0.02 m
S = sección utilizando la mitad del diámetro
$S = \pi \cdot (D/2)^2) = \pi \cdot (0.00125/2)^2$

Faltaba la resistividad ρ que la podemos hallar en el apartado c) donde sabemos la geometría del conductor y sabemos que R = 0.9836 Ω

$\rho = R \cdot S / L = \ldots = 2.41 \cdot 10^{-6} \ \Omega \cdot$m

Tema 3: Resistores Lineales

Clasificación de los Resistores



Características de los Resistores

(i) Resistencia Nominal (R_N)

Viene dada por el código de colores o vienen marcadas (13.3Ω → 13R3, 6.8KΩ → 6K8)

Color	Valor / n de ceros
Negro	0
Marrón	1
Rojo	2
Naranja	3
Amarillo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Gris	8
Blanco	9
Oro	tol 5%
Plata	tol 10%

Los distintos valores de R_N aparecen en las distintas series que ofrece el fabricante. Según la serie hay un mayor o menor número de valores intermedios siguiendo teóricamente una fórmula.

El salto entre dos resistencias consecutivas en una serie K que comprende resistencias de 1 a 10 Ω es $\sqrt[K]{10}$

En la práctica redondean estos valores y ofrecen tablas como la siguiente:

0,5% E192	1% E96	2% E48	5% E24	10% E12	20% E6	50% E3
[illegible]	100	100	100	100	100	100
[illegible]	102					
[illegible]	105	105				
[illegible]	107					
[illegible]	110	110	110			
[illegible]	113					
[illegible]	115	115				
[illegible]	118					
[illegible]	121	121	120	120		
[illegible]	124					
[illegible]	127	127				
[illegible]	132		130			

(ii) Tolerancia (t)

La tolerancia es el error que se comete en el valor de una resistencia. Es mayor o menor según la serie.

(iii) Potencia Nominal (P_N)

La potencia que se puede disipar de forma **continuada** en la resistencia a una temperatura sin que ésta sufra daños. (ej: $P_N = \frac{1}{4}$ W a 20°C) (normalmente guarda estrecha relación con el tamaño del componente)

(iv) Tensión Nominal (V_N)

La **tensión** en corriente **continua** que hay en bornes de la resistencia cuando a ésta se le aplica la **potencia nominal** (es decir si subes por encima de V_N estarás subiendo por encima de P_N y no se garantiza que la resistencia no sufra daños) $V_N = \sqrt{(P_N \cdot R)}$

(v) Tensión Máxima (V_M)

La **tensión** en corriente **continua** o **alterna eficaz a 50 Hz** por encima de la cual **no se puede pasar**. Suele ser el **mismo** valor para **toda una serie** de resistencias.

(vi) Tensión Máxima Aplicable (V_{MA})

Hemos visto que tanto V_N como V_M suponen un valor se tensión que no se debe superar. Lógicamente la menor de ambas será la que limita la tensión máxima aplicable.

$$V_{MA} = \min(V_N, V_M)$$

(vii) Resistencia crítica de la serie (R_C)

En una serie de resistencias habrán algunas cuya $V_{MA} = V_N$ y otras cuya $V_{MA} = V_M$

En la serie hay un valor de resistencia (R_C) a partir de la cual V_{MA} pasa de ser V_N a ser V_M

$$R_C = \frac{V_M^{\ 2}}{P_N}$$

(viii) Coeficiente de temperatura (α)

Como ya sabemos, la resistividad ρ cambia con la temperatura, y por lo tanto la resistencia R tambien. En el tema 2 vemos que ρ_1 viene dado por una suma "infinita" pero que se puede aproximar considerando β, χ, … despreciables frente a α.

$$\rho_1 \cong \rho_0(1+\alpha(T_1-T_0)) \quad \text{siendo} \quad \boxed{\alpha = \frac{1}{\rho_0}\cdot\frac{d\rho(T)}{dT}}$$

$$R_1 \cong R_0(1+\alpha(T_1-T_0)) \quad \text{siendo} \quad \boxed{\alpha = \frac{1}{R_0}\cdot\frac{dR(T)}{dT}}$$

(ix) Coeficiente de tensión (C.V.R.)

La resistencia puede variar con la tensión. El C.V.R se expresa en V^{-1} o p.p.m/V
CVR puede ser positivo o negativo.

$$R_F \cong R_N(1+CVR\cdot(T_F-T_N)) \quad \text{siendo} \quad \boxed{CVR = \frac{1}{R_N}\cdot\frac{\Delta R_N}{\Delta V}}$$

(x) Ruido

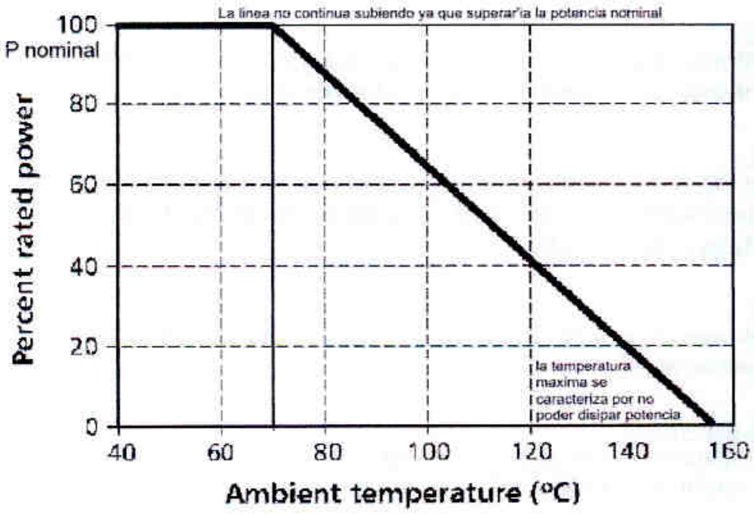
Toda señal espúrea no deseada que aparece mezclada con la señal deseada.

- Ruido **Térmico**: agitación de los electrones, **aumenta** con la **temperatura**
- Ruido de **Corriente**: debido al paso de corriente, **disminuye** con la **frecuencia**

$$Ruido = \frac{\text{Tensión de Ruido}}{\text{Tensión Aplicada}} \qquad \text{Ruido (dB)} = 20\cdot\log\left(\frac{\text{Tensión de Ruido}}{\text{Tensión Aplicada}}\right)$$

(xi) Margen de Temperatura

El resistor puede funcionar entre una T_{min} y una T_{max}, siendo esta última definida para una potencia cero



Mini ejercicio para aclarar porqué existe una P_{max} para cada valor de T_{amb}

Supongamos un resistor con
P_N = 0.5 W a 20ºC
T_{max} = 160ºC

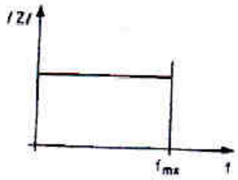
Calcular P_{max} siendo la T_{amb} = 100ºC
$P_{max} = (T_{max}-T_{min})/R_{th}$

Falta R_{th}
Sabemos que siendo la T_{amb} = 20ºC
La $P_{max} = P_N$ = 0.5W

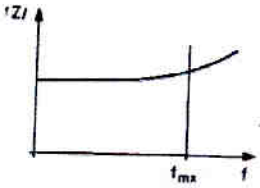
$R_{th} = \Delta T/P$ = 140/0.5 = 280 ºC/W

$P_{max} = (T_{max}-T_{min})/R_{th}$ = 0.21W

(xii) Margen de Frecuencias



Un resistor ideal siempre presenta un elemento resistivo, y su impedancia no varía con la frecuencia



Pero en la realidad un resistor se modeliza por un circuito equivalente con diferentes elementos R L C, conectados en serie ó en paralelo ó en montajes mixtos, se admiten pues márgenes de frecuencias según las aplicaciones de trabajo

(xiii) Estabilidad

Si un resistor no **varía su resistencia de forma permanente** con los diferentes parámetros (temperatura, tensión, tiempo de almacenamiento, su propio funcionamiento, etc…) diremos que es un resistor con estabilidad máxima

Cuantitativamente se mide mediante la deriva, que es la variación relativa de la resistencia.
La deriva en funcionamiento se suele dar trabajando a la potencia nominal, a 70 °C después de 1000 horas de funcionamiento.

$$\text{Estabilidad} : \text{DERIVA} = \frac{\Delta R}{R} \cdot 100\,(\%)$$

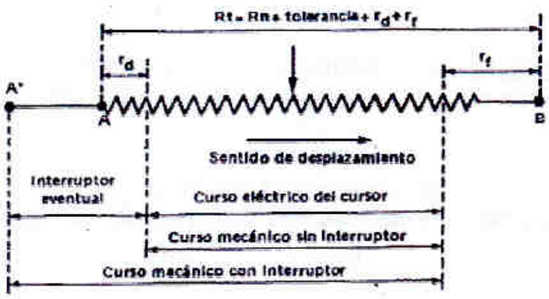
Resistores Lineales Variables y Ajustables

- **Variables:** se ajustan a mano

- **Ajustables:** se ajustan de manera precisa con herramientas, no conviene ajustarlos muchas veces

- **Características de los Resistores Variables/Ajustables**

Resistencia nominal R_n: valor marcado sobre el resistor variable
Potencia nominal P_n: potencia disipada en la totalidad del resistor a la temperatura t_n
Temperatura nominal de servicio t_n : la temperatura ambiente
Tensión máxima de servicio U_n : máxima tensión continua aplicable a temperatura ambiente t_n



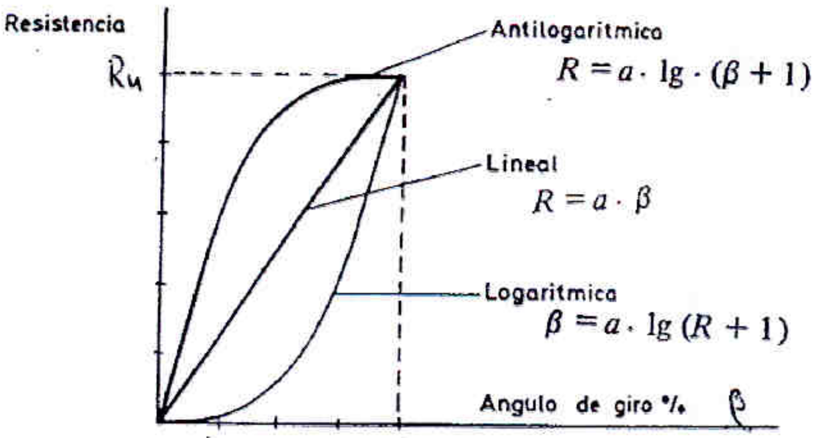
Resistencia nominal, R_n

Resistencia residual de principio de curso, r_d.

Resistencia residual de fin de curso, r_f.

Resistencia total $Rt = Rn$ + tolerancia + $r_d + r_f$

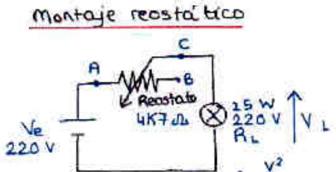
- **Leyes de Variación**



La ley de variación logarítmica es la más usada puesto que la mayoría de sentidos humanos tienen una respuesta logarítmica a los estímulos

- **Montajes posibles con un resistor variable**

Montaje reostático



$$V_L = V_e \frac{R_L}{R_L + R_{AC}} = \frac{220 \cdot 1936}{1936 + R_{AC}}$$

$R_L = \frac{V^2}{P}$

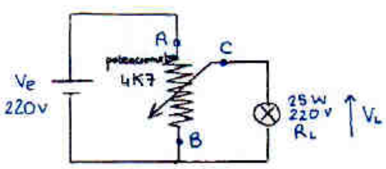
$R_{AC} = 0 \rightarrow = 220$ V

$R_{AC} = 4700\,\Omega \rightarrow = 64'18$ V

$$P_L = \frac{V_L^2}{R_L}$$

$$\boxed{\begin{array}{l} 64.18\text{ V} \leq V_L \leq 220\text{ V} \\ 2.12\text{ W} \leq P_L \leq 25\text{ W} \end{array}}$$

Montaje potenciométrico



$R_{AC} = 0 \rightarrow V_L = 220$ V
$R_{CB} = 0 \rightarrow V_L = 0$ V

$$\boxed{\begin{array}{l} 0 \leq V_L \leq 220\text{ V} \\ 0 \leq P_L \leq 25\text{ W} \end{array}}$$

20 Junio 2000

$R_1 = 100\ \Omega$ $\quad P_N = 0.5\,W$
$R_2 = 10\ k\Omega$ $\quad P_N = 0.5\,W$ $\quad 20\,°C$
$R_3 = 1\ M\Omega$ $\quad P_N = 0.5\,W$

$V_{max\ serie} = 250\ V$

Coefic. de Temp (partes por millon)
$\alpha_2 = 300\ ppm/°C$
$\alpha_3 = 200\ ppm/°C$

1. Pmax que disipa cada R a 20°C [0.3 p]

$$\boxed{P_N = \frac{V_N^2}{R_N}} \rightarrow V_N = \sqrt{P_N \cdot R_N}$$

R_1: $V_{N1} = \sqrt{P_{N1} \cdot R_{N1}} = \sqrt{0'5 \cdot 100} = \sqrt{50} = 7'07\ V \longrightarrow P_{R1} = 0'5\,W$

R_2: $V_{N2} = \sqrt{P_{N2} \cdot R_{N2}} = \sqrt{0'5 \cdot 10000} = 70.71\ V \longrightarrow P_{R2} = 0'5\,W$

R_3: $V_{N3} = \sqrt{P_{N2} \cdot R_{N2}} = \sqrt{0'5 \cdot 1M} = 707.10\ V \longrightarrow P_{R3} = \frac{V_{max}^2}{R_3} = \frac{(\min(V_{max\,serie}, V_N))^2}{R_3} = 0.0625\ W$

2. Se ponen R_1 y R_3 en paralelo.
Pmax que pueden disipar (el cto $R_1 // R_3$) [0.3 p]

$$P_T = P_{R1} + P_{R3} = \frac{V_A^2}{R_1} + \frac{V_A^2}{R_3} = \frac{(7.07\,V)^2}{100\,\Omega} + \frac{(7.07\,V)^2}{1 \cdot 10^6\,\Omega} = 0.5 + 0.\ldots$$

$V_A\ max = 7'07\ V$

si aplicara 250 se quemaria R_1

$P_{max} = 0.50005\,W$

3. Pmax del cto $R_2 // R_3$

$$P_T = P_{R2} + P_{R3} = \frac{V_A^2}{R_2} + \frac{V_A^2}{R_3} = 70.71^2\left(\frac{1}{10 \cdot 10^3} + \frac{1}{1 \cdot 10^6}\right)$$
$$= 0.505\ W$$

4. Vmax aplicable a cada una de las R [0.5p] $\quad V_{max} = \min(V_{nominal}, V_{max\,serie})$

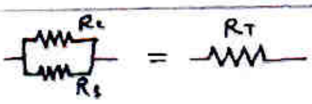
R_1: $V_{max} = 7.07\ V$ $\quad R_2$: $V_{max} = 70.71\ V$ $\quad R_3$: $V_{max} = 250\ V$

4. (b) Resistencia critica? $\quad P_N = \frac{V_N^2}{R_N}$ $\quad \boxed{R_c\ ;\ V_N = V_{MS}}$ $\quad R_c = \frac{V_{MS}^2}{P_N} = 125\ k\Omega$

Indica que todas las resist por debajo de 125 kΩ tienen como V_N la V_{MS}

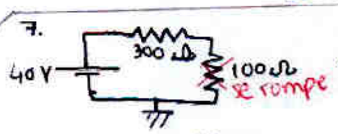
5. Si $R_2 \to 60\,°C$ ¿R_2? [0.5P]

$$\boxed{R_F = R_I(1 + \alpha \Delta T)} = R_I\left(1 + \alpha(T_F - T_I)\right)$$
$$= 10 \cdot 10^3\left(1 + \underbrace{\frac{300}{10^6}}_{\text{partes por unidad}}(60°C - 20°C)\right) = 10.120\ \Omega$$

6.  Cual es el α de R_T? $\quad \boxed{\alpha = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT}}$ $\quad \frac{dR}{dt} = \alpha \cdot R$

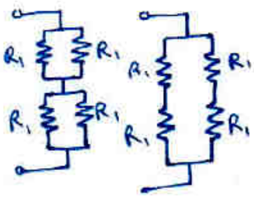
$$(\ln(R))' = \frac{1}{R}\frac{dR}{dT} = \alpha \qquad \boxed{\alpha = [\ln(R)]'}$$

$$\ln(R_T) = \ln\left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}\right) = \ln(R_2) + \ln(R_3) - \ln(R_2 + R_3)$$
$$(\ln(R_T))' = \alpha_T = (\ln(R_2) + \ln(R_3) - \ln(R_2 + R_3))'$$
$$= \underbrace{(\ln(R_2))'}_{\alpha_2} + \underbrace{(\ln(R_3))'}_{\alpha_3} - (\ln(R_2 + R_3))'$$
$$= \alpha_2 + \alpha_3 - \left(\frac{1}{R_2 + R_3}(R_2 + R_3)'\right)$$
$$= \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{1}{R_2 + R_3}\left((R_2)' + (R_3)'\right)$$
$$= \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{1}{R_2 + R_3}(\alpha_2 R_2 + \alpha_3 R_3) = \frac{300}{10^6} + \frac{200}{10^6} - \frac{1}{10^4 + 10^6}\left(\frac{300}{10^6}10^4 + \frac{200}{10^6}10^6\right)$$
$$= 2.990099 \cdot 10^{-4}$$
$$= 299\ ppm/°C$$

7. 

Como lo reparas?
Dispones de:
$R_1 = 100\ \Omega$ 0'5W
$R_2 = 10\ k\Omega$ 0'5 W
$R_3 = 1M\Omega$ 0'5 W

no sirve poner un R_1
$V_{nominal\,R_1} = 7.07\ V$
$V_R = \frac{R}{R + 300} \cdot E$ (para R=100) $\quad V_R = 10V$ supera Vmax



Ejercicios Componentes Electrónicos

TEMA 2 : FÍSICA DE LA CONDUCCION

Problema 1:

Hilo de plomo: diámetro 0'25 mm
longitud 2 cm

Se funde si $I > 10\,A$ a $T_{amb} = 27°C$

Coeficiente de transmisión del calor δ es $5 \cdot 10^3$ cal/m² °C s

$T_{fusión\ hilo} = 327°C$

a) R_{th} hilo

$\delta = 5 \cdot 10^3$ cal/m² °C s

$$R_{th} = \frac{0'24}{\delta \cdot A} \qquad \begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= \pi (0'125\ mm)^2 \\ &= \pi (0'125 \cdot 10^{-3})^2 \\ &= 4'91 \cdot 10^{-8}\ m^2 \end{aligned}$$

mal!

$$R_{th} = \frac{0'24}{\delta \cdot A} =$$

↖ superficie de RADIACION !!!

$$A = \pi D L + \underbrace{2(\pi r^2)}_{\text{despreciable}}$$
$$= \pi (0'25 \cdot 10^{-3})(0'02) + \approx 0$$
$$A = \pi 5 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

$$R_{th} = \frac{0'24}{\delta \cdot A} = 3'06\ °C/W$$

b) Potencia que se disipa en el hilo cuando se funde

$$P = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{T_{fus} - T_{amb}}{R_{th}} = \frac{327 - 27}{3'06}$$
$$= 98'04\ W$$

c) Si Tamb fuese 60°C ¿a qué CORRIENTE se fundiría el hilo?

$$P_{fus} = \frac{T_{fus} - T_{amb}}{R_{th}} = 87'25\ W$$

$$P = I^2 R$$

$R \rightarrow$ cuando $P_{fus} = 98'04\ W$
$I_{fus} = 10\ A$
$R = \frac{P}{I^2} = 0'9804\ \Omega$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$
$$I = \sqrt{\frac{87'25}{0'9804}}$$
$$I = 9'434\ A$$

δ: coef. trans. calor

$$\boxed{R_{TH} = \frac{0'24}{\delta \cdot A}}$$

mal!!!

~~$P = R_{th}\,\Delta T$~~

$$\boxed{\Delta T = R_{th} \cdot P}$$

$$\boxed{P = I^2 R}$$

α: coef temp

$$\alpha = \frac{1}{\rho_0} \frac{d\rho(T)}{dT}$$
$$\alpha = [\ln \rho]'$$
$$\alpha = [\ln R]'$$

$$\boxed{R = \rho \frac{L}{A}}$$

d) $T_{amb} = 27°C$, si el diametro del hilo se reduce a la mitad ¿A que corriente se fundiría el hilo?

cambiaria $A \rightarrow R_{th} \rightarrow P_{fus} \xrightarrow{} I_{fus}$

cambiaria R

$$A = \pi D_2 \cdot L = 7'854 \cdot 10^{-6}\ m^2$$

$$R_{th} = \frac{0'24}{\delta \cdot A} = 6'11\ °C/W$$

$$P_{fus} = \frac{T_{fus} - T_{amb}}{R_{th}} = 49'1\ W$$

R cuando diametro $D = 0'25$ mm es $0'9804\,\Omega$

$$R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{(\pi \frac{D}{2})^2}$$

$$R_2 = \rho \frac{L}{S_2} = \rho \frac{L}{(\pi \frac{D_2}{2})^2} = \rho \frac{L}{(\pi (\frac{D/2}{2})^2} = \rho \frac{L}{\frac{\pi (\frac{D}{2})^2}{4}}$$

$$R_2 = 4R = 3'92\,\Omega$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{49'1}{3'92}} = 3'54\ A$$

e) Calcular diametro para que $I_F = 1A$

diametro $D \rightarrow I = 10\ A$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{\frac{0'24}{\delta \cdot A}}{\rho \frac{L}{S}}} = \sqrt{\frac{\frac{0'24}{\delta \cdot \pi D L}}{\rho \frac{L}{\frac{\pi D^2}{4}}}}$$

variando $D_3 = K \cdot D$

$$I_3 = \sqrt{\frac{\left(\frac{0'24}{\delta \cdot \pi K D}\right)}{\left(\rho \frac{L}{\frac{\pi K^2 D}{4}}\right)}} = \sqrt{\frac{\frac{1}{K}\left(\frac{0'24}{\delta \cdot \pi \cdot D}\right)}{\frac{1}{K^2}\left(\rho \frac{L}{\pi (\frac{D}{2})^2}\right)}} = \sqrt{K}\, I = \overbrace{0'1\, I}^{1A}$$

$$\sqrt{K} = 0'1 \rightarrow K = 0'01$$

El diametro debe ser $K \cdot D$

$= 2'5\ \mu m$

Ejercicios Componentes Electrónicos

TEMA 3 - RESISTORES LINEALEAS

Problema 20 Junio 2000

$R_1 = 100\ \Omega \quad P_N = 0'5\ W$
$R_2 = 10\ k\Omega \quad P_N = 0'5\ W \quad \} \ 20°C$
$R_3 = 1\ M\Omega \quad P_N = 0'5\ W$

$V_{\substack{max\\serie}} = 250\ V$ coef. temp $\alpha_2 = 300\ ppm/°C$ → partes por millón

a) Pmax que disipa cada R a 20°C

$$P_{max} = \frac{(\min(V_N, V_{max\,serie}))^2}{R}$$

necesitamos V_N de cada R $\quad P_N = \frac{V_N^2}{R}$

R_1: $V_N = \sqrt{P_N \cdot R} = 7'07\ V$
R_2: $V_N = \sqrt{P_N \cdot R} = 70'71\ V$
R_3: $V_N = \sqrt{P_N \cdot R} = 707'11\ V$

necesitamos V_{MA} de cada R

$$V_{MA} = \min(V_N, V_{\substack{max\\serie}})$$

$V_{MA1} = 7'07\ V$
$V_{MA2} = 70'71\ V$
$V_{MA3} = 250\ V$

Calculamos $P_{max} = \frac{V_{MA}^2}{R}$

$P_{max1} = 0'5\ W$
$P_{max2} = 0'5\ W$
$P_{max3} = 0'0625\ W$

b) se ponen R_1 y R_3 en paralelo. Pmax del conjunto

V en paralelo es la misma

$$P_{max\,conj} = \frac{(\min(V_{MA1}, V_{MA2}))^2}{(R_1 // R_3) \approx 100}$$

$$= \cancel{\frac{7'07^2}{\frac{100 \cdot 1\cdot 10^6}{1\cdot 10^6 + 100}}} = \frac{7'07^2}{100} = 0'5\ W$$

mal?

$$V_{MA\,cjto} = \min(V_{MA1}, V_{MA2})$$

$$P_{max\,conj} = \frac{V_{MA\,cjto}^2}{R_1} + \frac{V_{MA\,cjto}^2}{R_3} = 0'4999\ W$$

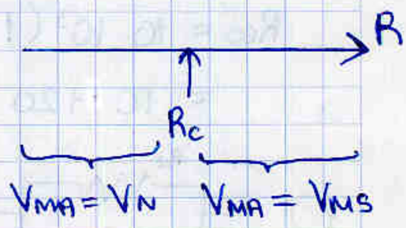
$$\boxed{P_N = \frac{V_N^2}{R}}$$

$$\boxed{V_{MA} = \min(V_N, V_{\substack{max\\serie}})}$$

MA = máxima aplicable

$$P_{MA} = \frac{V_{MA}^2}{R}$$

$$\boxed{R_c;\ V_N = V_{MS} \quad R_c = \frac{V_{MS}^2}{P_N}}$$



$$\boxed{R = R_0(1 + \alpha \Delta T)}$$

$$R = R_0(1 + c_{VR} \Delta V)$$

↑ coeficiente de tensión

$$\boxed{\alpha = [\ln(R(T))]'}$$

Alfa es la prima del logaritmo neperiano xD

$$\alpha = \frac{R'}{R}$$

$$\boxed{R' = \alpha R}$$

c) Pmax del cito $R_2 // R_3$

$$V_{MA} = \min(V_{MA\,2}, V_{MA\,3}) = 70'71\text{ V}$$

$$P_{max} = \frac{V_{MA}^2}{R_2} + \frac{V_{MA}^2}{R_3} = 0'505\text{ W}$$

d) Resistencia crítica de la serie

$$R_C = \frac{V_{ms}^2}{P_N} = 125\text{ k}\Omega$$

e) Si la temperatura es 60°C, ¿valor de R_2?

$$R = R_0(1 + \alpha\Delta T)$$

$$R_{60} = R_{20}(1 + \alpha(60-20))$$

$$\alpha_2 = 300\text{ ppm}/°C = \frac{300}{1000000}\,1/°C = 300\cdot 10^{-6}\,1/°C$$

$$R_{60} = 10\cdot 10^3(1 + 300\cdot 10^{-6}(40)) = 10\,120\ \Omega$$

f) 

¿Cual es α de R_T?

$$\alpha = [\ln R]' = \frac{R'}{R}$$

$$\boxed{R' = \alpha R}$$

$$R_T = \frac{R_2\cdot R_3}{R_2+R_3}$$

$$\ln R_T = \ln\left(\frac{R_2\cdot R_3}{R_2+R_3}\right)$$

$$\ln R_T = \ln R_2 + \ln R_3 - \ln(R_2+R_3)$$

$$\underbrace{[\ln R_T]'}_{\alpha_T} = \underbrace{[\ln R_2]'}_{\alpha_2} + \underbrace{[\ln R_3]'}_{\alpha_3} - [\ln(R_2+R_3)]'$$

$$\alpha_T = \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{1}{R_2+R_3}\cdot[R_2+R_3]'$$

$$\alpha_T = \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{1}{R_2+R_3}[\underbrace{(R_2')}_{\alpha_2 R_2} + \underbrace{(R_3')}_{\alpha_3 R_3}] \qquad \alpha = \frac{R'}{R}$$

$$\alpha_T = \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{\alpha_2 R_2 + \alpha_3 R_3}{R_2+R_3}$$

$$\alpha_T = 299\text{ ppm}/°C$$

Ejercicios componentes electrónicos

TEMA 4 - RESISTORES NO LINEALES

• Termistores – $R = f(T)$ (temp)

NTC $\alpha < 0$

$$\boxed{R_T = A e^{B/T}}$$

⚠ T → Kelvin

PTC $\alpha > 0$

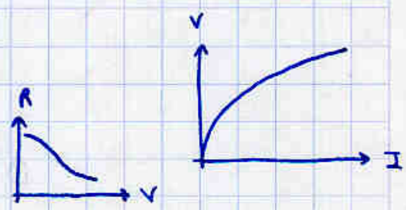
$$\boxed{R_T = C e^{BT}}$$

• Varistores $R = f(V)$ (tensión)

VDR $I = K \cdot V^{\alpha}$

$V = C \cdot I^{\beta}$

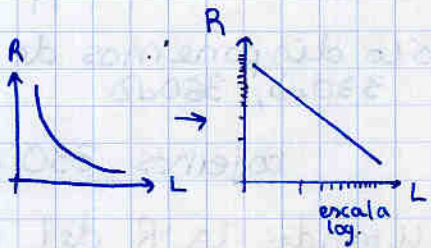
$$\boxed{R = \frac{V}{I} = \frac{1}{K} V^{(1-\alpha)}}$$



• Fotoresistores $R = f(L)$ (iluminación)

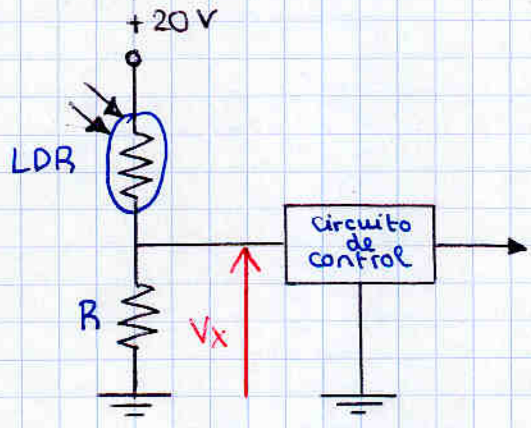
LDR

$$\boxed{R = A L^{-\alpha}}$$

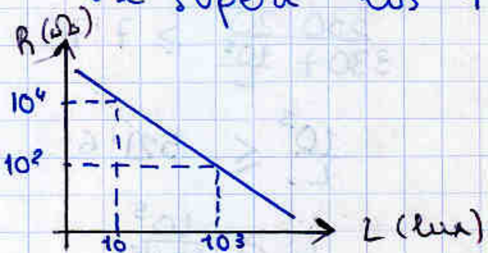


Problema 1

En un puerto, circuito para encender las luces



El circuito de control activa el alumbrado cuando V_x baja de 6'8 V y no lo apaga hasta que V_x supera los 7'75 V



a) Calcula la expresión $R = f(L)$

$$R = A \cdot L^{-\alpha}$$

sust. los dos puntos conocidos:

$$\left.\begin{aligned} 10^2 &= A \cdot 10^{3^{-\alpha}} \\ 10^4 &= A \cdot 10^{-\alpha} \end{aligned}\right\} \rightarrow A = \frac{10^4}{10^{-\alpha}} = 10^{4+\alpha}$$

sust en (1) $10^2 = 10^{4+\alpha} \cdot 10^{-3\alpha} = 10^{4-2\alpha}$

$2 = 4 - 2\alpha$ $\boxed{\alpha = 1}$

$\boxed{A = 10^5}$

$$\boxed{R = 10^5 L^{-1}}$$

b) R necesaria para que luces se enciendan si $L \leq 150$ Lux

R : a 150 Lux $V_x \leq 6'8$ V

a 150 Lux $R_{LDR} = 10^5 L^{-1} = 666'\overline{6}\ \Omega$ $\left(\frac{2000}{3}\right)$

$$V_x = \frac{R}{R + R_{LDR}} \cdot 20$$

$$V_{x_{150Lux}} = \frac{R}{R + \frac{2000}{3}} \cdot 20 \leq 6'8 \text{ V}$$

$$\frac{R}{R + \frac{2000}{3}} \leq 0'34$$

$$R \leq 0'34 R + \frac{680}{3}$$

$$0'66 R \leq \frac{680}{3}$$

$$R \leq 343'4\ \Omega$$

sólo disponemos de la serie E-24 (tablas en el examen)
330 Ω, 360 Ω

cojemos 330 Ω

c) usando la R del apartado anterior, ¿con que iluminación volverán a encenderse las luces?

$$\frac{R}{R + R_{LDR}} \cdot 20 \geq 7'75$$

$R = 330\ \Omega$
$R_{LDR} = \frac{10^5}{L}$

$$\frac{330 \cdot 20}{330 + \frac{10^5}{L}} \geq 7'75$$

$$\frac{10^5}{L} \leq 521'61$$

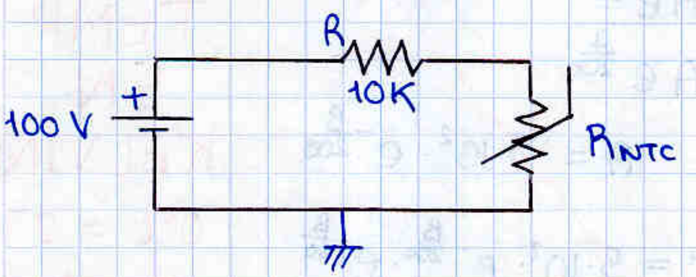
$$L \geq \frac{10^5}{521'61}$$

$$L \geq 191'7 \text{ Lux}$$

Ejercicios Componentes Electrónicos Tema 4

Problema 2. (16 enero 2002)

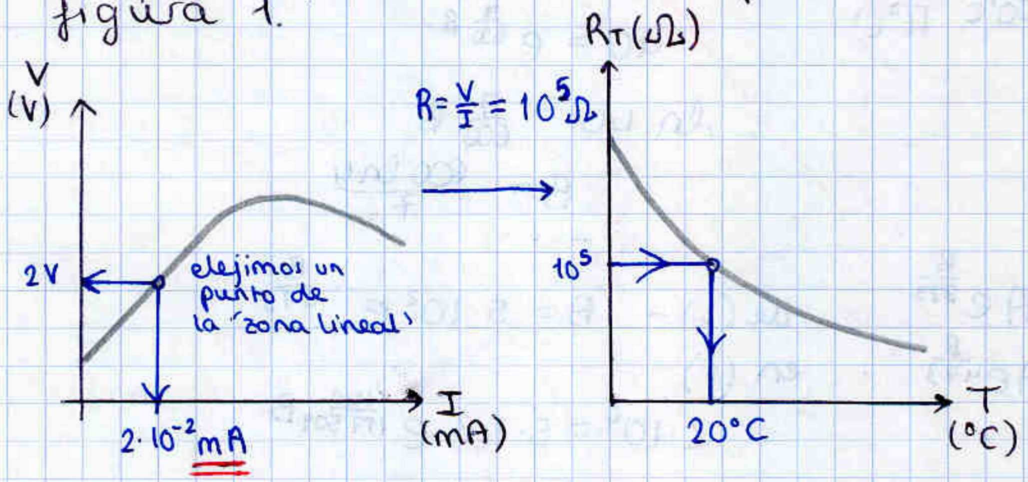
se dispone de un NTC del que se conocen las curvas características.



muchísimo cuidado con los ejes logarítmicos

consejo: escribir los valores normales en lápiz y asegurarse de que todo tiene sentido

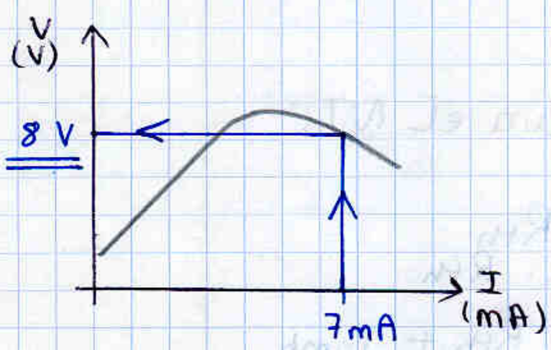
a) A que temp. ambiente corresponde la figura 1.



Tamb = 20°C

b) Suponiendo Tamb del apartado anterior, se hace circular por el termistor una corriente de 7 mA.

(i) Calcular V_{NTC}



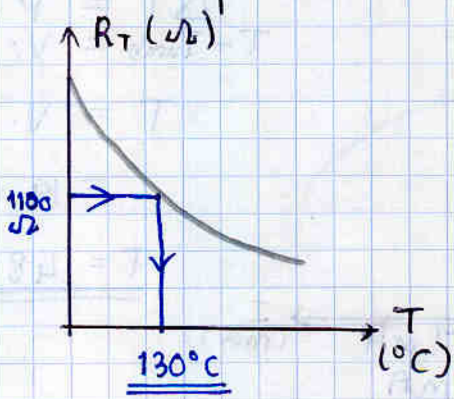
(ii) Resistencia estática

$R = \frac{V}{I} = 1142'9\,\Omega$

(iii) Potencia disipada

$P = V \cdot I = 0'056\ W$

(iv) temperatura



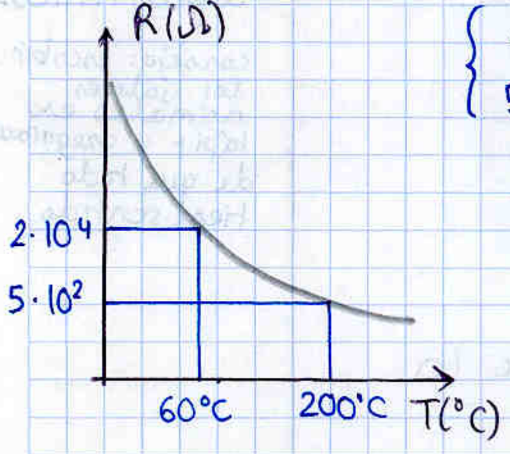
(v) R_{th}

$\Delta T = P \cdot R_{th}$

$R_{th} = \frac{\Delta T}{P} = \frac{160-20}{0'056} = 2500\ °C/W$

c) Usando gráficas, calcula A y B de la ecuación $R = Ae^{(B/T)}$

necesitamos 2 puntos cualquiera de las gráficas.



$$\begin{cases} 2\cdot10^4 = Ae^{\frac{B}{60}} \\ 5\cdot10^2 = Ae^{\frac{B}{200}} \end{cases}$$

de (2) → $A = 5\cdot10^2\cdot e^{-\frac{B}{200}}$

en (1)

$$2\cdot10^4 = 5\cdot10^2\cdot e^{-\frac{B}{200}}\cdot e^{\frac{B}{60}}$$

$$2\cdot10^4 = 5\cdot10^2 e^{\frac{7}{600}B}$$

$$40 = e^{\frac{7}{600}B}$$

$$\ln 40 = \frac{7}{600}B$$

$$B = \frac{600\ln 4}{7}$$

TEMP EN KELVIN

$0°C = 273°K$

absolute zero $-273\,K$

$$\begin{cases} 2\cdot10^4 = Ae^{\frac{B}{333}} \\ 5\cdot10^2 = Ae^{\frac{B}{473}} \end{cases}$$

de (2) → $A = 5\cdot10^2 e^{-\frac{B}{473}}$

en (1)

$$2\cdot10^4 = 5\cdot10^2 e^{\frac{140}{157509}B}$$

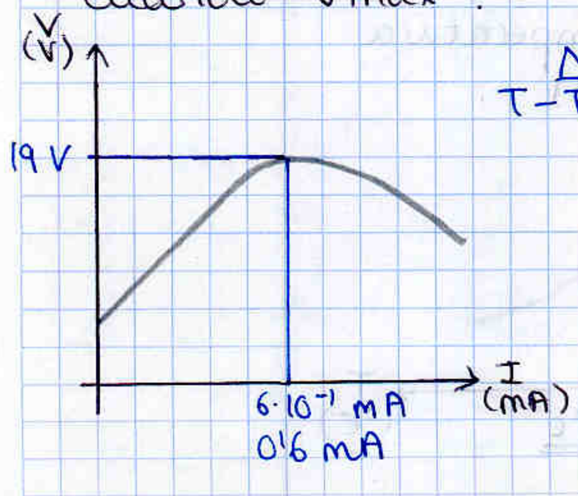
$$\ln 40 = \frac{140}{157509}B$$

$$\underline{\underline{B = 4150'2\ K}}$$

en (2) $A = 5\cdot10^2 e^{-\frac{B}{473}}$

$$\underline{\underline{A = 0'077\ \Omega}}$$

d) ¿Qué temperatura alcanzará el NTC cuando Vmax ?



$$\Delta T = P\cdot R_{th}$$

$$T - T_{amb} = V\cdot I\cdot R_{th}$$

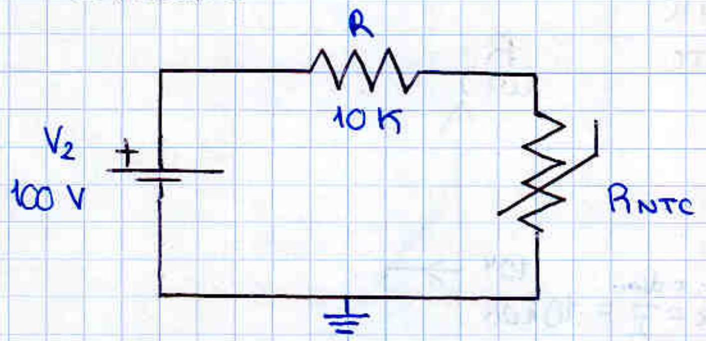
$$T = V\cdot I\cdot R_{th} + T_{amb}$$

$$= 19\cdot0'6\cdot10^{-3}\cdot2500 + 20°C$$

$$\underline{\underline{T = 48'5\ °C}}$$

Ejercicios Componentes Electrónicos

e) El termistor se conecta en el siguiente ~~circuito~~ circuito



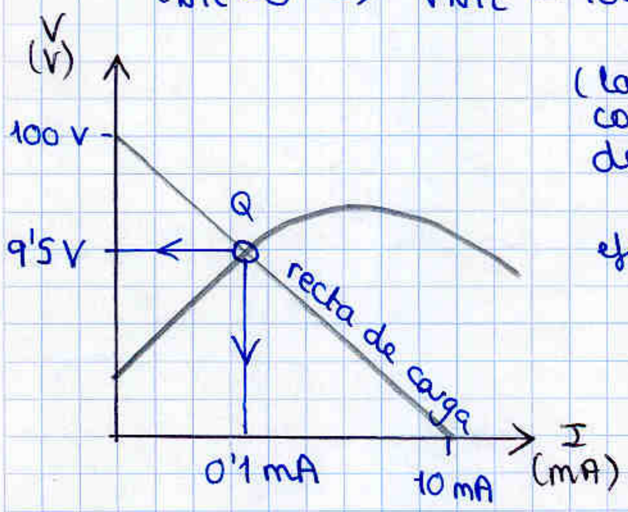
Calcular a temperatura ambiente el punto de trabajo mediante la recta de carga.

2ª Ley Kirchoff $\quad 100 = iR + V_{NTC}$

Recta de carga $\boxed{\begin{array}{c} V_{NTC} = -i_{NTC}R + 100 \\ y = -bx + c \end{array}}$

$V_{NTC} = 0 \rightarrow i_{NTC} = \frac{100}{R} = 0'01\ A = 10\ mA$

$i_{NTC} = 0 \rightarrow V_{NTC} = 100\ V$

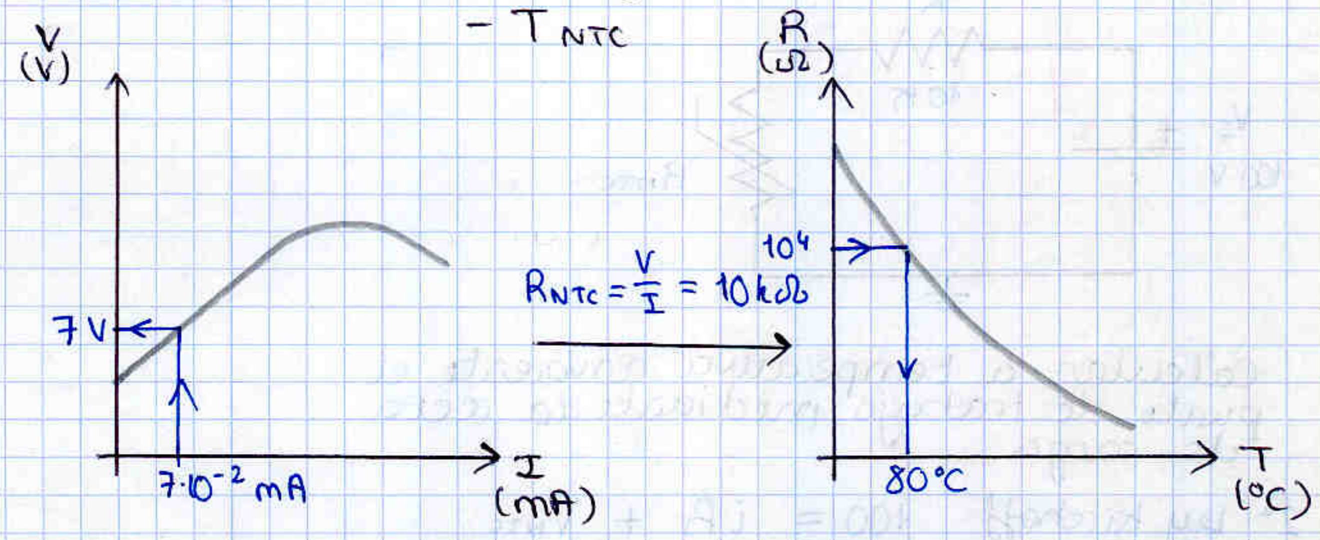


(la recta de carga coincide con una recta de la gráfica P = 1 mW

efectivamente $P = V \cdot I = 1\ mW$)

$$Q \begin{cases} V = 9'5\ V \\ I = 0'1\ mA \end{cases}$$

f) Si cambia la corriente a través del termistor a 0'07 mA.
Determinar:
- R_{NTC}
- V_{NTC}
- T_{NTC}



$R_{NTC} = 10\ k\Omega$
$V_{NTC} = 7\ V$
$T_{NTC} = 80°C$

Ejercicios Componentes Electrónicos

Ejercicio 3 (22 Junio 2001)

Un termistor tiene

$100°C \rightarrow R = 54\,\Omega$

$150°C \rightarrow R = 32\,\Omega$

a) ¿De qué tipo es el termistor?

A mayor temp → menor resistencia
$\alpha < 0$
se trata de una NTC

$$R = Ae^{\frac{B}{T}}$$

b) ¿Qué resistencia tiene el termistor a 27 °C?

Calculemos A y B en $R = Ae^{\frac{B}{T}}$

$\boxed{\text{Temp en Kelvin!}}$ -273

$$\begin{cases} 54 = Ae^{\frac{B}{373}} \xrightarrow{(1)} A = 54e^{-\frac{B}{373}} \\ 32 = Ae^{\frac{B}{423}} \end{cases}$$

en (2)

$$32 = 54e^{-\frac{50}{157\,779}B}$$

otro buen método es dividir $\frac{(1)}{(2)}$

$$\ln\frac{32}{54} = -\frac{50}{157\,779}B$$

$$\underline{B = 1651'15\ K}$$

$$A = 54e^{-\frac{B}{373}}$$

$$\underline{\underline{A = 0'6455\ \Omega}}$$

a 27°C = 300 K

$$R = Ae^{\frac{B}{300}}$$

$$\underline{\underline{R = 158'56\ \Omega}}$$

c) Demostrar y calcular su coeficiente de temperatura a 27°C

$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{dR}{dT} = \frac{1}{R_0}\frac{d}{dT}\left(Ae^{\frac{B}{T}}\right)$$

$$= \frac{1}{R_0}\left(A\left(-\frac{B}{T^2}\right)e^{\frac{B}{T}}\right) = \frac{1}{\cancel{Ae^{\frac{B}{T}}}}\cdot\left(\cancel{Ae^{\frac{B}{T}}}\right)\cdot\left(-\frac{B}{T^2}\right)$$

$$= -\frac{B}{T^2} = -\frac{B}{300^2} = -0'0183\ K^{-1}$$

$$\underline{\underline{\alpha = -18\,346\ ppm/°C}}$$

$$R = Ae^{\frac{B}{T}}$$

$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{dR}{dT}$$

NTC

$$= \frac{1}{Ae^{\frac{B}{T}}}\cdot\left(Ae^{\frac{B}{T}}\right)'$$

$$= \frac{1}{\cancel{Ae^{\frac{B}{T}}}}\cdot \cancel{Ae^{\frac{B}{T}}}\cdot\left(\frac{B}{T}\right)'$$

$$= \left(\frac{B}{T}\right)' = -\frac{B}{T^2}$$

$$\boxed{\text{NTC} \quad \alpha = -\frac{B}{T^2}}$$

PTC

$$\alpha = \frac{1}{R_0}\frac{d}{dT}\left(Ae^{BT}\right)$$

$$= \frac{1}{Ae^{BT}}\cdot Ae^{BT}\cdot B$$

$$\alpha = B$$

d) sabiendo

$$P = V \cdot I = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

calcular la temperatura que alcanzará cuando la tensión sea máxima

$$\boxed{P = \frac{V^2}{R}} \rightarrow V^2 = PR \rightarrow V^2 = \frac{\Delta T}{R_{th}} R$$

$$\boxed{V^2 = \frac{T - T_{amb}}{R_{th}} \cdot Ae^{\frac{B}{T}}}$$

en lugar de derivar directamente es mejor hacer primero el logaritmo

$$2 \ln V = \ln (T - T_{amb}) - \ln R_{th} + \ln Ae^{\frac{B}{T}}$$

$$2 \ln V = \ln (T - T_{amb}) - \ln R_{th} + \ln A + \frac{B}{T}$$

Derivamos para hallar el máximo:

$$2 \frac{V'}{V} = \frac{1}{T - T_{amb}} - 0 + 0 - \frac{B}{T^2} = 0$$

$$\frac{1}{T - T_{amb}} = \frac{B}{T^2}$$

$$-T_{amb} + T = \frac{T^2}{B}$$

$$BT - BT_{amb} = T^2$$

$$T^2 - BT + BT_a = 0$$

$$T = \frac{B \pm \sqrt{B^2 - 4BT_a}}{2} = \begin{cases} T = 1257'1 \text{ K} \\ \underline{\underline{T = 394'0 \text{ K}}} \end{cases}$$

e) Calcular la temperatura máxima sabiendo que la potencia máxima del termistor es de 2 W y $R_{th} = 150\,°C/W$

$$\Delta T_{max} = P_{max} \cdot R_{th}$$

$$T_{max} - T_{amb} = P_{max} \cdot R_{th}$$

$$T_{max} = P_{max} \cdot R_{th} + T_{amb}$$

$$T_{max} = 600 \text{ K}$$

$$= 327\,°C$$

Problemas Componentes Electrónicos

f) El termistor se conecta en paralelo con una resistencia lineal fija R, con $\alpha_R = 0'005\ ^\circ C^{-1}$

Calcular R a 100°C y R // R_{NTC} a 150°C para que

R // R_{NTC} sea la misma en 100°C y 150°C

R_{NTC} 100° = 54 Ω
R_{NTC} 150° = 32 Ω (dato)

$$\boxed{R // R_{NTC} = \frac{R \cdot R_{NTC}}{R + R_{NTC}} = \frac{R_0(1+\alpha\Delta T) R_{NTC}}{R_0(1+\alpha\Delta T) + R_{NTC}}}$$

- para 100°C ΔT = 73°C $R_{NTC} = 54\ \Omega$

$$\frac{R_0(1+73\alpha)\cdot 54}{R_0(1+73\alpha)+54} = \frac{R_0 \cdot 73'71}{1'365 R_0 + 54}$$

- para 150°C ΔT = 123°C $R_{NTC} = 32\ \Omega$

$$\frac{R_0(1+123\alpha)\cdot 32}{R_0(1+123\alpha)+32} = \frac{51'68\ R_0}{1'615 R_0 + 32}$$

Igualando ambas expresiones

$$\frac{73'71\ R_0}{1'365 R_0 + 54} = \frac{51'68\ R_0}{1'615 R_0 + 32}$$

$\cancel{\frac{73'71}{1'365}}$ $73'71 \cdot 1'615 R_0^2 + 32 \cdot 73'71 R_0$
$= 51'68 \cdot 1'365 R_0^2 + 54 \cdot 51'68 R_0$

$$a R_0^{\cancel{2}} + b\cancel{R_0} = c R_0^{\cancel{2}} + d\cancel{R_0}$$
$$a R_0 + b = c R_0 + d$$
$$(a-c) R_0 = d - b$$
$$R_0 = \frac{d-b}{a-c} = \underline{\underline{8'9075\ \Omega}}$$

$$R \text{ a } 100^\circ C = R_0(1+73\alpha) = \underline{\underline{12'159\ \Omega}}$$

$$R // R_{NTC} \text{ a } 150^\circ C = \frac{R_0(1+123\alpha)\cdot 32}{R_0(1+123\alpha)+32} = \underline{\underline{9'92\ \Omega}}$$

TEMA 5 - CONDENSADORES

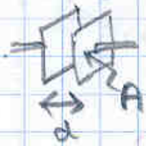
Ejercicios Componentes Electrónicos

$C = \frac{Q}{V}$

$C = \varepsilon \cdot \frac{A}{d}$

$\uparrow$

$\varepsilon_r \cdot \varepsilon_0$



$i = C \frac{dV}{dt}$ → V siempre continua

carga:

$V(t) = V_{ini} + (V_{fin} - V_{ini})(1 - e^{-t/\tau})$

$\tau = R \cdot C$

(I_F) Corriente de fugas y resistencia de aislamiento (R_I)

un condensador aislado se descarga

$\tau_c = C_N \cdot R_I$

Rigidez dieléctrica K_D: máximo campo eléctrico

$K_D = E_{max}$

↳ Tensión de ruptura $V_R = K_D \cdot d$ $(V = E \cdot d)$

Energía almacenada $W = \frac{1}{2} C V^2$

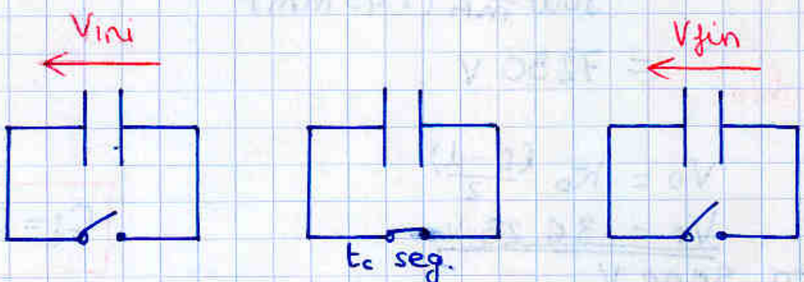
Temp.

$C_F = C_N (1 + CTC\,\Delta T)$

↑ coeficiente de temperatura (α)

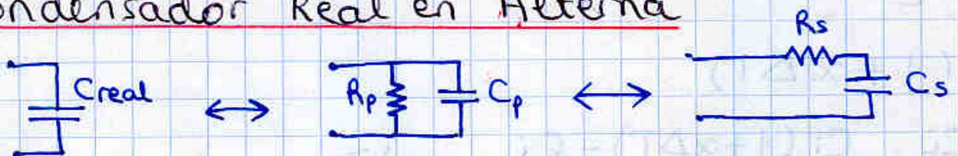
Absorción Dieléctrica:

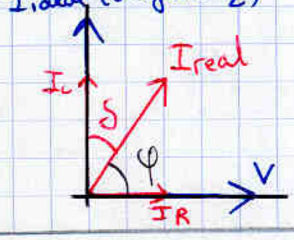
un condensador que se cortocircuita durante t_c segundos queda con una tensión residual



$Ab = \frac{V_{fin}}{V_{ini}} \cdot 100$ (%)

Condensador Real en Alterna





δ: ángulo de pérdidas

$D = tg\,\delta$ = factor de disipación

} el mismo para circ. equiv. serie o paral.

$tg\,\delta = \frac{1}{\omega \cdot R_p \cdot C_p} = \omega \cdot R_s \cdot C_s$

factor de calidad

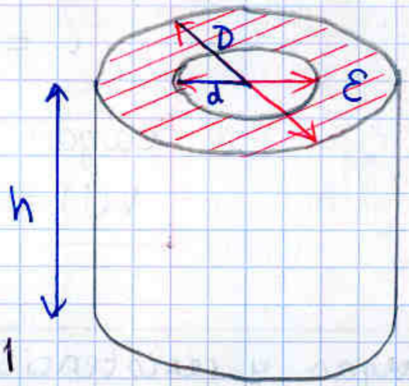
$Q = \frac{1}{tg\,\delta} = tg\,\varphi$

-3 mili -6 micro -9 nano -12 pico

Problema 1 (Febrero 1998)

tenemos el condensador

$$C = 2\pi \frac{h \cdot \varepsilon}{\ln \frac{D}{d}}$$



DIÁMETRO! NO RADIO

$$\boxed{\begin{aligned} K_D &= E_{max} \\ V_D &= K_D \cdot e \end{aligned}}$$

$C = 200\ pF$
$\varepsilon = 250\ pF/m$
Factor pérdidas a 1 kHz = 0.001
Rigidez Dieléctrica: 5 kV/mm
CTC = - 3000 ppm / °C

a) Si D = 10 mm y h = 20 mm
calcular d.

$$\ln \frac{D}{d} = \frac{2\pi h \varepsilon}{C}$$

$$\frac{D}{d} = e^{\frac{2\pi h \varepsilon}{C}} \qquad d = \frac{D}{e^{\frac{2\pi h \varepsilon}{C}}}$$

$$\underline{\underline{d = 8'55 \cdot 10^{-3}\ m}}$$

b) comprobar si el C puede soportar 5000 V de forma continua

Rigidez dieléctrica $K_D = 5\ kV/mm$

Tensión de Ruptura $V_D = K_D \cdot (D-d)$
$= 5000 \frac{V}{mm} (1'45\ mm)$
$= 7250\ V$

Mal!!
Diametro, no radio

$$V_D = K_D \frac{(D-d)}{2}$$

$$\underline{V_D = 3625\ V}$$

no soporta 5000 V

c) Si la temp. de trabajo es 25°C, calcular $\frac{\Delta C}{C}$ a Tmax = 150°C

$$\boxed{C_f = C_i (1 + \underset{CTC}{\alpha} \Delta T)}$$

$$C_f = C_i (1 + \alpha \Delta T)$$

$$\underline{\underline{\frac{\Delta C}{C}}} = \frac{C_f - C_i}{C_i} = \frac{\cancel{C_i}(1+\alpha\Delta T) - \cancel{C_i}}{C_i} = \underline{\underline{\alpha \Delta T}} \leftarrow$$

$$= -\frac{3000}{10^6} \cdot 125 = -0'375$$

$$\underline{\underline{\frac{\Delta C}{C} = -0'375}}$$

Ejercicios Componentes Electrónicos

d) Considerando el circuito equivalente serie, calcular la potencia disipada por el condensador a 80V de C.A. a 1 KHz

$$tg\,\delta = \omega \cdot C_s \cdot R_s$$

CUIDADO $\boxed{\omega = 2\pi f}$

$$R_s = \frac{tg\,\delta}{\omega \cdot C_s} = \frac{0.001}{2\pi \cdot 1 \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-12}}$$

$$\underline{\underline{R_s = 795'78\ \Omega}}$$

$$i = \frac{V}{Z} = \frac{V}{|Z_R + Z_C|} = \frac{V}{\sqrt{R_s^2 + X_{C_s}^2}}$$

$$|X_{C_s}| = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-2}}$$

$$i = \frac{80}{\sqrt{795'78^2 + \left(\frac{1}{2\pi \cdot 10^3 \cdot 200 \cdot 10^{-2}}\right)^2}} = \underline{\underline{100'53\,\mu A}}$$

$\boxed{P_p = R_s \cdot i_{R_s}^2}$ (no se disipa en C ideal)

$$P_p = 795'78 \cdot 100'53^2 \cdot 10^{-6} = 8'042\,\mu W$$

creo que estaría mal por lo que sabemos de T^a circuitos

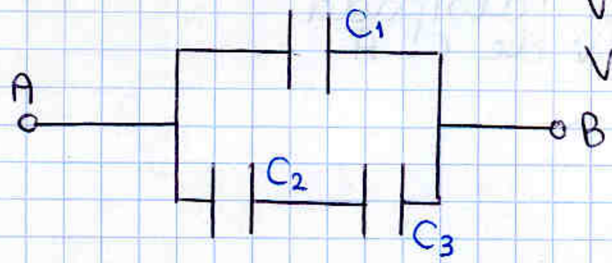
Mírate Esto Bien

$$R_s = \frac{tg\,\delta}{\omega\, C_s} \qquad |i| = \frac{V}{|Z_C + Z_R|}$$

$$P = \frac{1}{2} R_s \cdot |i|^2$$

Hazlo como lo hacíamos en T^a circ.

Problema 2 (10 sept. 2003)



$V_{max_{C_1}} = 500\,V$
$V_{max_{C_2}} = 252\,V$
$V_{max_{C_3}} = 330\,V$

$\alpha_1 = 600$ ppm/°C
$\alpha_2 = 2\alpha_1$
$\alpha_3 = 3\alpha_1$

$C_2 = 2C_1$
$C_3 = 3C_1$

El condensador 1:
Dos placas cuadradas
- 1 cm de lado
- 0'02 mm de separación
  - dieléctrico $\varepsilon_r = 2'16$
    - $\sigma = 5 \cdot 10^{-11}\,(\Omega\,cm)^{-1}$

$\boxed{\sigma = \frac{1}{\rho}}$

$\varepsilon_0 = 8'85 \cdot 10^{-12}$ F/m

$\boxed{C = \varepsilon \frac{A}{d}}$ → de una de las placas

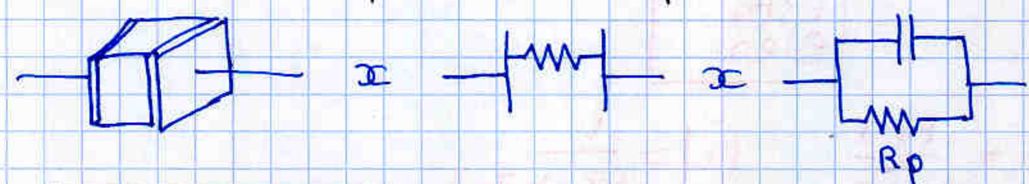
a) Calcular la capacidad de C_1

$C = \varepsilon \frac{A}{d}$

$A = (0.01\,m)^2 = 1 \cdot 10^{-4}\,m^2$
$d = 2 \cdot 10^{-5}\,m$
$\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0 = 2'0001 \cdot 10^{-10}$

$C = 1'00005\,nF$
$= 1000'05\,pF$
$C \approx 1\,nF$

b) Calcular la resistencia de perdidas (modelo equivalente paralelo)



$\boxed{R_p \equiv \text{resistencia del dieléctrico}} = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{\sigma}\frac{L}{S}$
$= 46\,\Omega$

$R = \rho \frac{L}{S}$

~~c) calcular tg δ de C1 a 1kHz~~

$\cancel{tg\,\delta = \frac{1}{\omega C_p R_p} = \frac{1}{2\pi(1000) \cdot 1 \cdot 10^{-9} \cdot 46}}$

$\omega = 2\pi f$

$R_p = \rho \frac{L}{S} = \frac{1}{\sigma}\frac{L}{S}$

$L = 0'02\,mm = 2 \cdot 10^{-8}\,cm$
$S = (0'01\,m)^2 = 1 \cdot 10^{-4}\,m^2$
$\sigma = 5 \cdot 10^{-11}\,(\Omega cm)^{-1} = 5 \cdot 10^{-9}\,(\Omega m)^{-1}$

$R_p = 40\,M\Omega$

$L = 0'02\,mm = 2 \cdot 10^{-3}\,cm$
$S = (0'01\,m)^2 = (1\,cm)^2 = 1\,cm^2$
$\sigma = 5 \cdot 10^{-11}\,(\Omega cm)^{-1}$

Ejercicios componentes electrónicos

c) Calcular la tangente del ángulo de pérdidas de C_1 a 1 kHz

$$tg\ \delta = \frac{1}{2\pi(1000)\cdot 1\cdot 10^{-9}\cdot 40\cdot 10^{6}}$$

$$tg\ \delta = 3'979\cdot 10^{-3}$$

$$\boxed{\begin{array}{c} tg\ \delta = \dfrac{1}{\omega C_p R_p} \\ \omega = 2\pi f \end{array}}$$

d) En el circuito ¿cuánto valdría la tension continua máxima aplicable entre los puntos A y B?

$$Q_2 = Q_3$$
$$C_2 V_2 = C_3 V_3$$

si $V_2 = V_{2max}$?

$$V_3 = \frac{C_2 V_2}{C_3} = \frac{2C_1 V_2}{3C_1} = \frac{2}{3}V_2 = \frac{2}{3}\ 252 = 168\ V$$

(lo aguantan los tres)

si $V_3 = V_{3max}$?

$$V_2 = \frac{C_3}{C_2}V_3 = \frac{3}{2}V_3 = \frac{3}{2}\cdot 330 = 495\ V$$

(C_2 no lo aguanta)

El condensador limitante es C_2, ~~[illegible]~~

$$V_{C_2} \leq 252\ V$$

$V_{C_2} = 252\ V \rightarrow V_{C_3} = 168\ V \rightarrow V_{AB} = 420\ V$

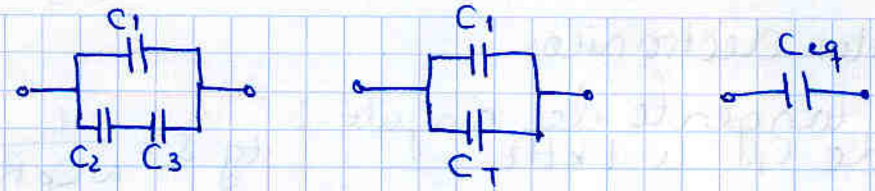
$$\underline{\underline{V_{max\,AB} = 420\ V}}$$

e) Coeficiente de temperatura del condensador resultante

$$C_T = C_1 + \left(\frac{C_2\cdot C_3}{C_2+C_3}\right)$$

~~$\ln C_T =$~~

mal! hay que ir por partes



$$C_T = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3}$$

$$\ln C_T = \ln C_2 + \ln C_3 - \ln(C_2+C_3)$$

$$[\ln C_T]' = [\ln C_2]' + [\ln C_3]' - [\ln(C_2+C_3)]'$$

$$\alpha = (\ln C)'$$

$$\alpha = \frac{C'}{C}$$

$$\boxed{C' = \alpha C}$$

$$\alpha_T = \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{1}{C_2+C_3}(C_2+C_3)'$$

$$\alpha_T = \alpha_2 + \alpha_3 - \frac{\alpha_2 C_2 + \alpha_3 C_3}{C_2 + C_3}$$

dato
$\alpha_2 = 2\alpha_1$
$\alpha_3 = 3\alpha_1$
$C_2 = 2C_1$
$C_3 = 3C_1$

$$\alpha_T = 2\alpha_1 + 3\alpha_1 - \frac{2\alpha_1 2C_1 + 3\alpha_1 3C_1}{2C_1 + 3C_1}$$

$\alpha_1 = \frac{600}{10^6}\ ^\circ C^{-1}$

$C_1 = 1\ nF$

$\alpha_T = 1'44 \times 10^{-3}\ ^\circ C^{-1}$
$= 1440\ ppm\ ^\circ C^{-1}$

ahora:

$$C_{eq} = C_1 + C_T$$

$$C_{eq}' = C_1' + C_T'$$

$$\alpha_{eq} C_{eq} = \alpha_1 C_1 + \alpha_T C_T$$

$C_T = \frac{2 \cdot 3C_1}{2C_1 + 3C_1}$

$C_T = 1'2\ nF$

$$\alpha_{eq} = \frac{\alpha_1 C_1 + \alpha_T C_T}{C_{eq}}$$

$$\alpha_{eq} = 1'058 \cdot 10^{-3}\ ^\circ C^{-1}$$

$$\alpha_{eq} = 1058'2\ ppm/^\circ C$$

Ejercicios Componentes Electrónicos

TEMA 6 - INDUCTORES

flujo:

$$\phi = L \cdot I$$

$$\phi = B \cdot S$$

Tensión inducida

$$V_L = -L\frac{dI}{dt}$$

$$B = \mu \frac{N i}{l}$$

tensión en la bobina

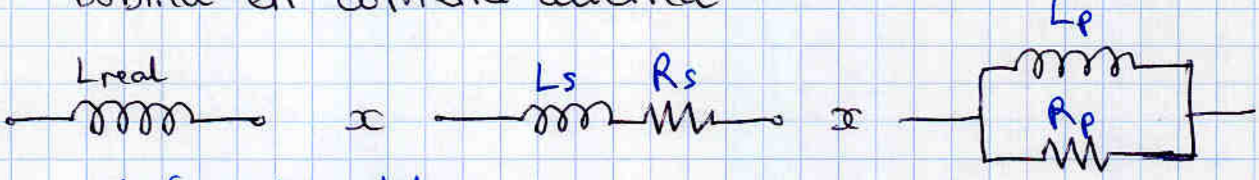
$$v(t) = L\frac{dI}{dt}$$

$$L = \frac{BS}{I} = \frac{\phi}{I}$$

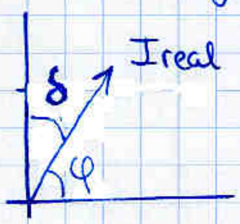
coef autoinducción

$$L = \mu \frac{N^2 S}{l}$$

Bobina en corriente alterna



δ: ángulo de perdidas



$$\boxed{tg\ \delta = \frac{R_s}{L_s \cdot \omega}}$$

$$tg\ \delta = \frac{\omega \cdot L_p}{R_s}$$

factor de calidad $Q = \frac{1}{tg\ \delta} = tg\ \varphi$

Para pasar de serie a paralelo

$$L_s = L_p \frac{Q^2}{1+Q^2}$$

$$R_p = R_s \cdot (1 + Q^2)$$

Truco para recordar $tg\ \delta$

	Condensadores	Bobinas
serie:	$tg\ \delta = \omega \cdot C_s \cdot R_s$	$tg\ \delta = \frac{R_s}{\omega L_s}$
paralelo:	$tg\ \delta = \frac{1}{\omega \cdot C_p \cdot R_p}$	$tg\ \delta = \frac{\omega L_p}{R_p}$

la R se queda en su sitio (ωL cambia, como en $Z = j\omega L$ $\frac{1}{j\omega C}$)

Problema 1

Sea una bobina

- Hilo de cobre 0'1 mm de diametro
  resistividad $17'24 \cdot 10^{-9}\ \Omega m$ a 25°C
- Nucleo de ferrita 3 mm de diametro
  1 cm de Longitud
  $\mu_r = 50$
- 100 espiras (despreciar el paso de la espira)

Ejercicios Componentes Electrónicos

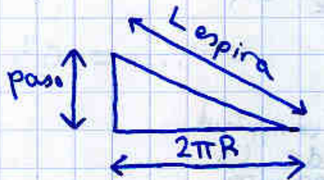
Problema 2:

Resistor bobinado
- hilo conductor de coef temp. > 0
- soporte: cilindro de cerámica
  - → 5mm diámetro
  - → 20 mm longitud
- Paso de las espiras: 1 mm
- Diámetro del hilo: 20 µm

a) Calcular resistencia a 10°C sabiendo resistividad a 10°C $\rho = 1 \cdot 10^{-3}\ \Omega \cdot cm$

$N = 20$ espiras

$L_{TOT} = N \cdot L_{ESPIRA}$



$L_{ESPIRA} = \sqrt{H^2 + (2\pi R)^2}$
$= 15'73\ mm$

$L_{TOT} = 0'31478\ m$

$R = \rho \frac{L}{S}$

$S = \pi R^2 = \pi \left(\frac{\phi}{2}\right)^2$
$= 1'9635 \cdot 10^{-5}$

$\underline{R = 10\ 020\ \Omega}$

b) Se ha comprobado que entre 10°C y 60°C ρ cumple $\rho = AT^2$ (T en Kelvin)
Calcular A
Calcular CDT a 10°C y 60°C

$A = \frac{\rho}{T^2} = \frac{1 \cdot 10^{-3-2}}{283^2} = \underline{1'2486 \cdot 10^{-10}\ \frac{\Omega m}{K^2}}$ (cm→m)

$\alpha = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dT} = \frac{1}{AT^2}(AT^2)' = \frac{2AT}{AT^2} = \frac{2}{T}$

$\boxed{\alpha = \frac{1}{\rho}\frac{d\rho}{dT}}$

$\alpha = 2/T$

$\alpha_{10°C} = 2/283 = 0'007\ K^{-1}$

$\underline{\alpha_{60°C} = 2/333 = 0'006\ K^{-1}}$

c) Si intensidad = 10 mA y Tamb = 25°C
Calcular potencia que se disipa

$$P = I^2 R$$
$$= I^2 \rho_{25^\circ C} \frac{L}{S}$$

$$\rho_{25} = AT^2 = A \cdot 298^2 = 1'109 \cdot 10^{-5}$$

$$= (10 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1'109 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{0'31478}{1'9635 \cdot 10^{-5}}$$

...

d) L

$$L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{L} = \dots = 0'493 \ \mu H$$

sup lat espira

longitud de la espira (no del hilo)

$$\boxed{L = \mu_r \mu_0 \frac{N^2 S}{L}}$$

long bobina

e) Q factor de calidad a 1000 Hz

$$tg\,\delta = \frac{R_s}{L_s \omega}$$

$$Q = \frac{1}{tg\,\delta} = \frac{1}{\frac{R_s}{L_s \omega}} = \frac{\omega L_s}{R_s} = \frac{2\pi f L_s}{R_s}$$

$$Q = \frac{2\pi \cdot 1000 \cdot 0'493 \cdot 10^{-6}}{10'20}$$

$$Q = 3'05 \cdot 10^{-7}$$

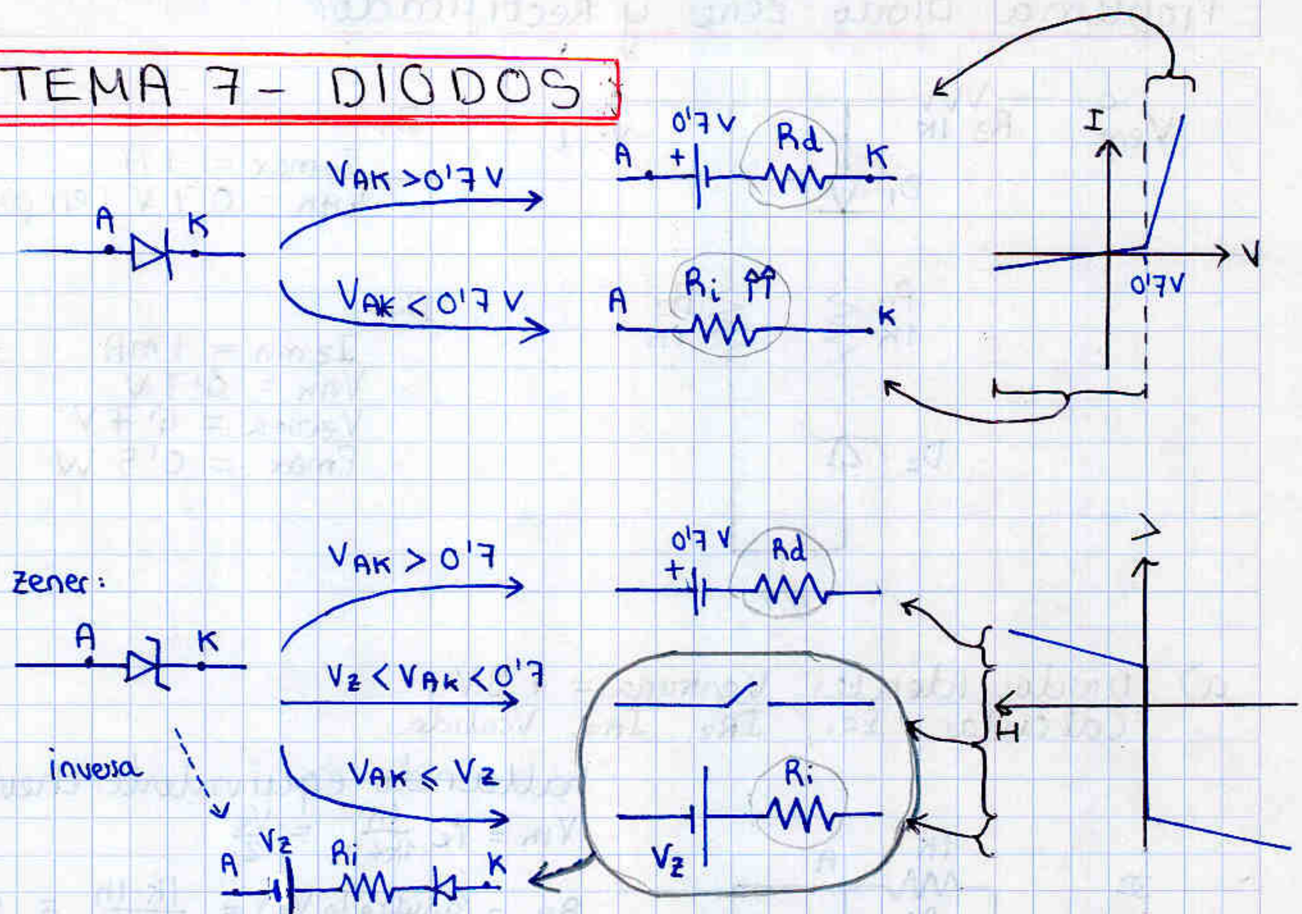
$$tg\,\delta = \frac{R_s}{\omega L_s}$$

$$tg\,\delta = \frac{\omega L_p}{R_p}$$

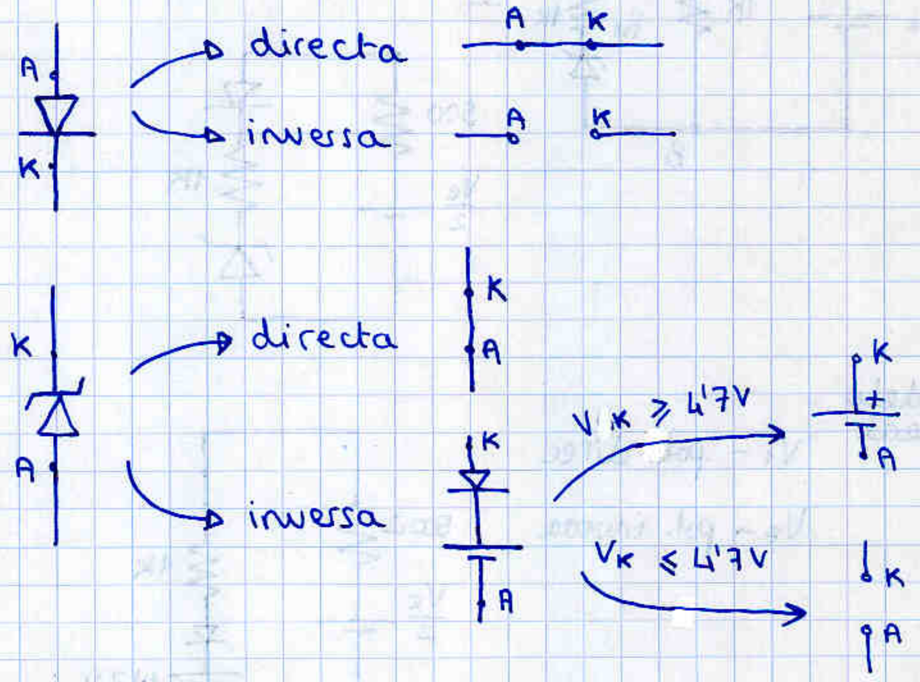
$$Q = \frac{1}{tg\,\delta}$$

TEMA 7 - DIODOS

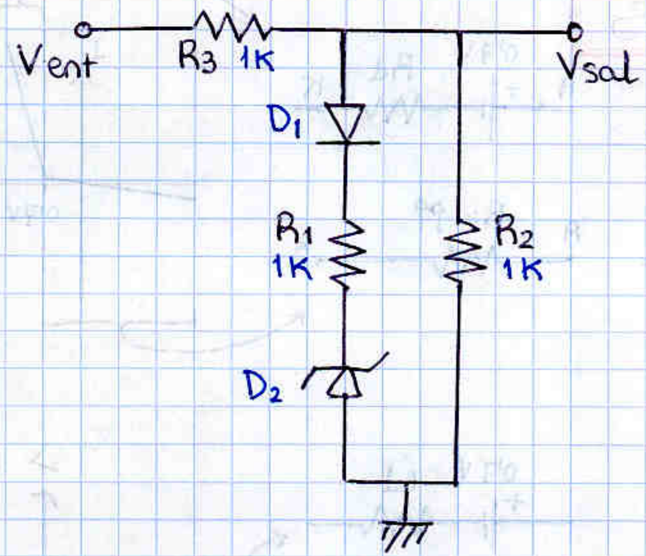
Modelo Real



Modelo Ideal



Problema Diodo Zener y Rectificador



D_1:

$I_{D\,max} = 1\ A$
$V_{AK} = 0'7\ V$ (en pol. directa)

D_2:

$I_{Z\,min} = 1\ mA$
$V_{AK} = 0'7\ V$
$V_{ZENER} = 4'7\ V$
$P_{max} = 0'5\ W$

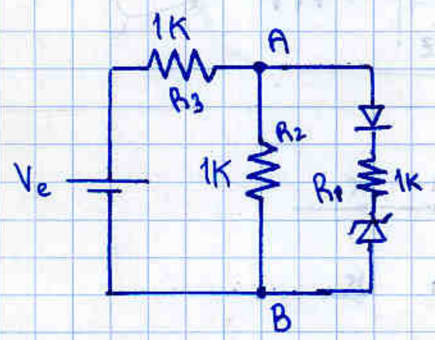
a) Diodos ideales, Ventrada = + 8 V
Calcular I_{R_1}, I_{R_2}, I_{R_3}, Vsalida

hallando equivalente thevenin

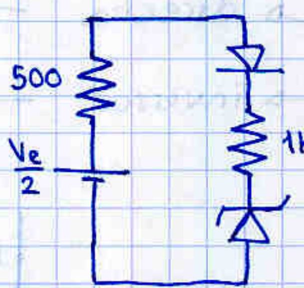
$V_{th} = V_e \frac{1k}{1k+1k} = \frac{V_e}{2}$

$R_{th} =$ (anulando V_e) $= \frac{1k \cdot 1k}{1k+1k} = 500\ \Omega$

$\Rightarrow$

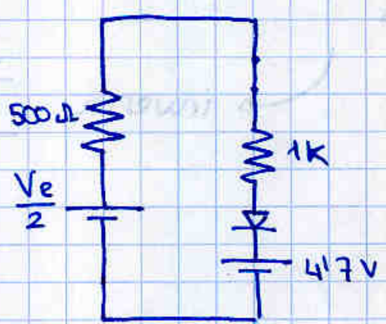


$\Rightarrow$



modelo ideal

$\Rightarrow$ V_1 - pol. direc
V_2 → pol. inversa



$\frac{V_e}{2} = 4V < 4'7\ V \rightarrow$ V zener en corte $\rightarrow i_{R_1} = 0\ A$

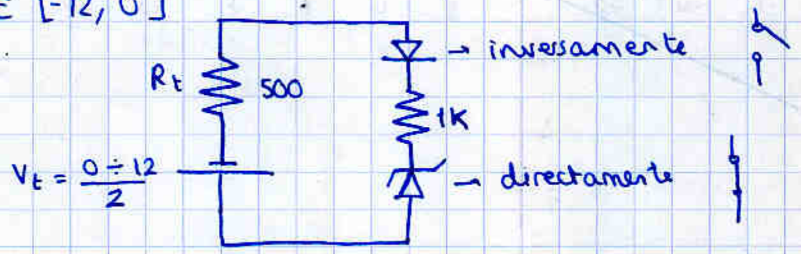
$i_{R_2} = i_{R_3} = \frac{V_e}{R_2 + R_3} = \frac{8}{2K} = 4 \cdot 10^{-3}\ A$

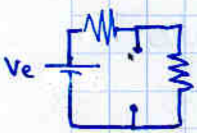
$V_{salida} = i_{R_2} \cdot R_2 = 4\ mA \cdot 1K\Omega = 4V$

b) Diodos Ideales, Ve varía entre -12 V - +12 V

Dibujar gráfica Ventrada eje horiz vs. Vsalida eje vertical

- $V_e \in [-12, 0]$



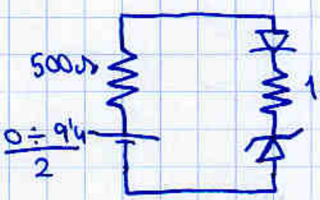


D1 está en corte : $i_{R_1} = 0\ A$

$$i_{R_3} = i_{R_2} = \frac{V_e}{2K} = \frac{V_e}{2} \cdot 10^{-3} A$$

$$V_{salida} = i_{R_2} R_2 = \frac{V_e}{2} \cdot 10^{-3} \cdot 1K = \boxed{\frac{V_e}{2}\ V}$$

- $V_e \in [0, 9'4]$

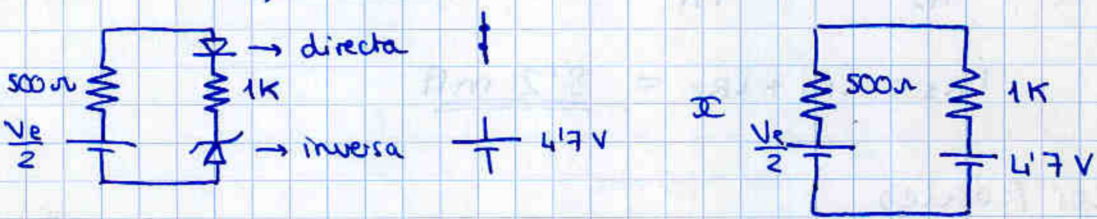


Zener está en corte

$$i_{R_1} = 0\ A$$

$$V_{salida} = i_{R_2} R_2 = \frac{V_e}{2K} \cdot 1K = \boxed{\frac{V_e}{2}\ V}$$

- $V_e \in [9'4, 12]$



$$i_{R_1} = \frac{\left(\frac{V_e}{2} - 4'7\right)}{500 + 1K}$$

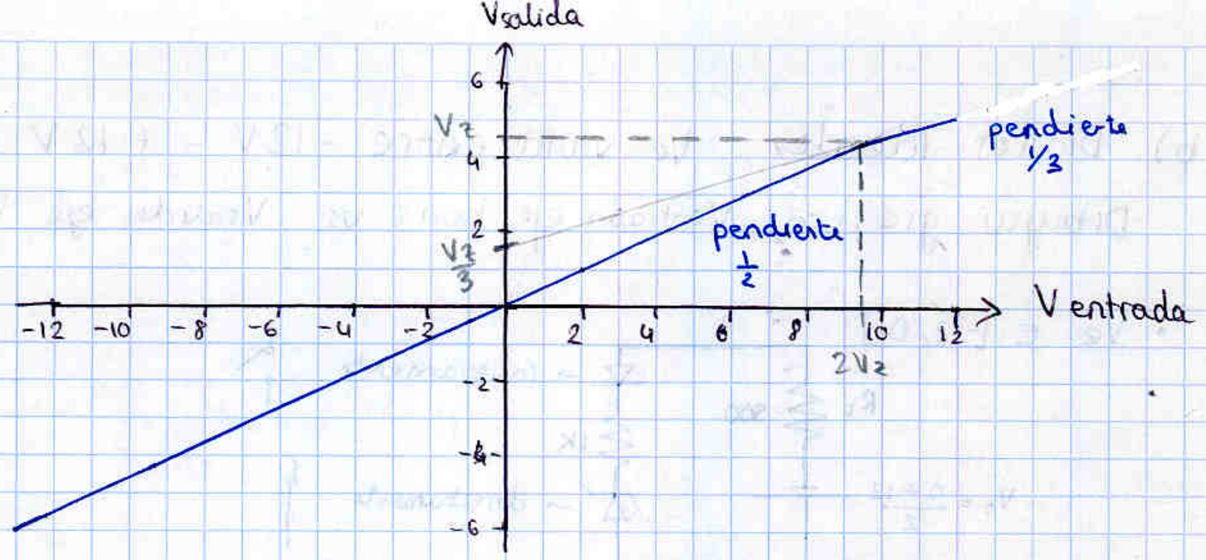
$$V_{salida} = V_Z + V_{R_2} = 4'7 + i_{R_2} R_2 = 4'7\,V + \frac{1K\left(\frac{V_e}{2} - 4'7\right)}{1'5\ K}$$

$$= 4'7 + \frac{2}{3}\left(\frac{V_e}{2} - 4'7\right)$$

$$= 4'7 + \frac{V_e}{3} - \frac{2}{3} 4'7$$

$$\boxed{V_{salida} = \frac{V_e}{3} + \frac{V_Z}{3}}$$

$$\underbrace{\frac{1}{3} V_e + cte}_{recta}$$



c) Suponiendo diodos reales
(como no dan las resistencias utilizamos el modelo simplificado)

Ventrada = 15 V

Calcular I_{R_1}, I_{R_2}, I_{R_3} y Pot zener

$$i_{R_1} = \frac{\frac{15}{2} - 0'7 - 4'7}{1'5\,k} = \frac{2'1}{1'5\,k} = \underline{\underline{1'4\ mA}}$$

$$i_{R_2} = \frac{V_{R_2}}{R_2} = \frac{0'7 + 4'7 + i_{R_1}R_1}{1\,k} = \underline{\underline{6'8\ mA}}$$

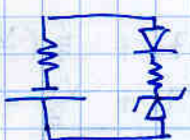
$$i_{R_3} = i_{R_1} + i_{R_2} = \underline{\underline{8'2\ mA}}$$

d) Diodos Reales.
Ventrada onda cuadrada 100 Hz tensión oscila $^{-15\,V}_{+15\,V}$

Representa Ventrada y Vsalida en función del tiempo

+15 V → apartado c) $V_{salida} = V_{R_2} = 0'7 + 4'7 + i_{R_1}R_1$
$= 6'8$ V

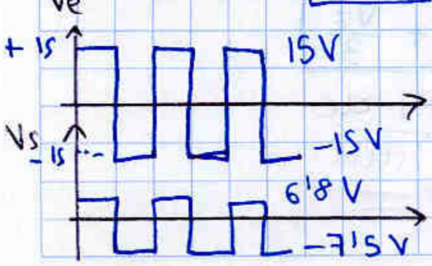
−15 V



D_1 no conduce $i_{R_1} = 0$ A

$$i_{R_2} = i_{R_3} = \frac{V_e}{R_2 + R_3} = -7'5\ mA$$

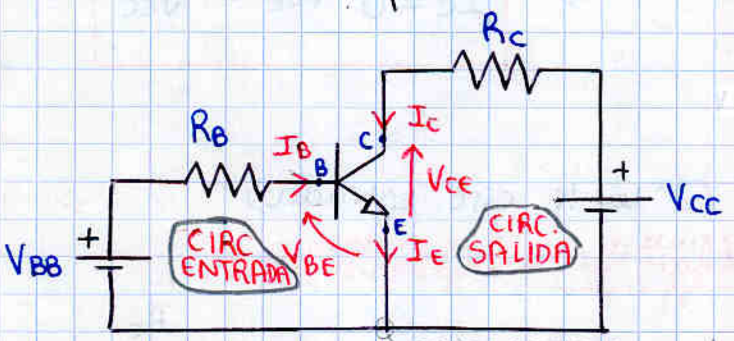
$$V_{salida} = i_{R_2} \cdot R_2 = -7'5\ V$$



Problemas Componentes Electrónicos

TEMA 8 - TRANSISTORES BJT

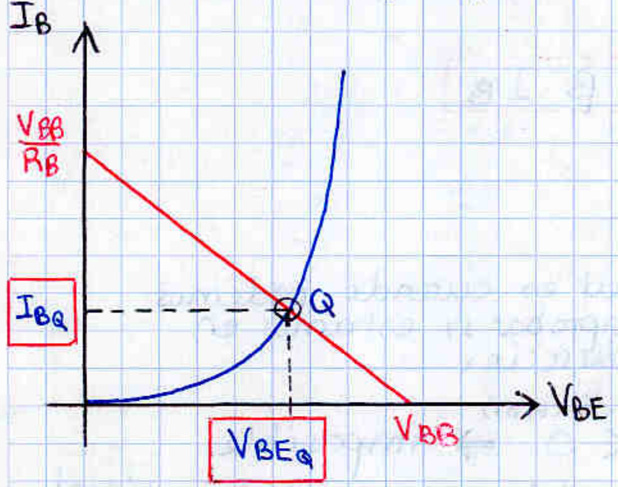
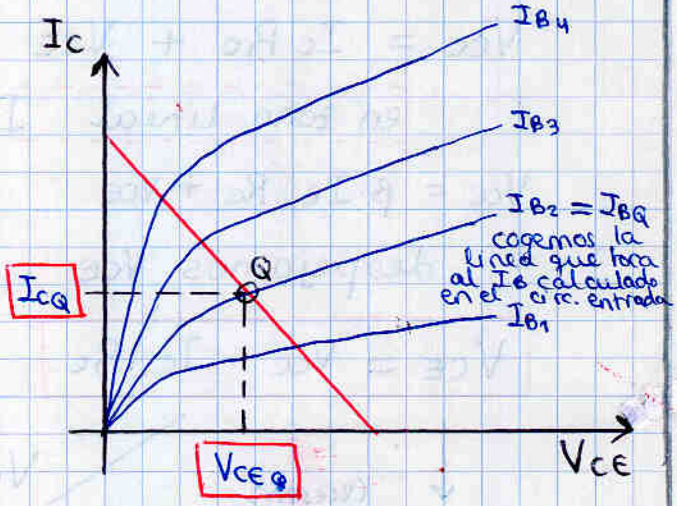
Análisis del punto Q en emisor común



$$Q \begin{cases} V_{BE} \\ I_B \\ V_{CE} \\ I_C \end{cases}$$

$$\boxed{I_C = \beta \cdot I_B}$$

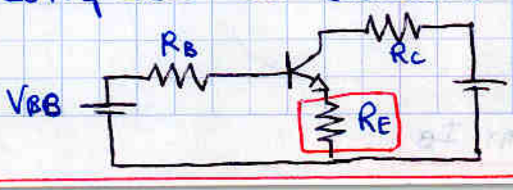
→ Gráficamente

circ. entrada	circ. Salida
$V_{BB} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$ 2ª ley Kirchoff RECTA DE CARGA 2 puntos para dibujarla → $I_B = 0 \rightarrow V_{BE} = V_{BB}$ → $V_{BE} = 0 \rightarrow I_B = V_{BB}/R_B$	$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE}$ → $I_C = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC}$ → $V_{CE} = 0 \rightarrow I_C = V_{CC}/R_C$
	

Ya hemos obtenido $\left.\begin{matrix} I_{BQ} \\ V_{BEQ} \\ I_{CQ} \\ V_{CEQ} \end{matrix}\right\} := Q$ punto de funcionamiento

NOTA:
Normalmente el circuito no es tan simple, hay que aplicar thevenin para convertirlo en

en algunos casos es imposible, y al simplificar queda una R_E que complica los cálculos → ajo y agua



matemáticamente el procedimiento es el mismo (pag siguiente) pero a veces aparecen sistemas de ecs. (ej calc I_{CSAT} conviene suponer: $I_B + I_{CSAT} \approx I_{CSAT}$

→ Matematicamente (esto siempre es igual excepto si existe R_E → ver 2 pags adelante)

• Circuito de entrada

1 – ¿Está en corte? ¿$V_{BB} < 0'7\,V$? —SI→

corte:
$I_B = 0 \quad V_{BE} = V_{BB}$
$I_C = 0 \quad V_{CE} = V_{CC}$

↓ NO

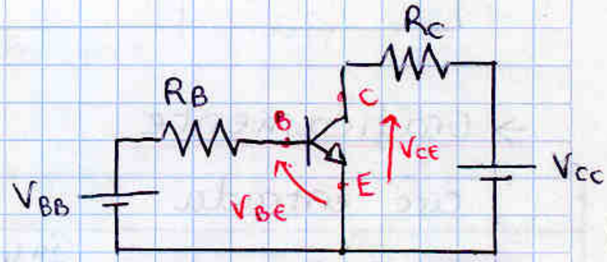
$$V_{BB} = I_B \cdot R_B + \boxed{\underset{=0'7}{V_{BE}}}$$

(2ª ley K. circ. entrada)

(suele ser dato del ejercicio) → si no es dato lo suponemos $= 0'7$

despejamos I_B

$$\boxed{I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}}$$



• Circuito de salida

¿Esta en saturación o en zona lineal?
No se puede saber: suponemos 1ero zona lineal

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

en zona lineal $I_C = \beta \cdot I_B$

$$V_{CC} = \beta \cdot I_B \cdot R_C + V_{CE}$$

despejamos V_{CE}

$$\boxed{V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C}$$

aqui es cuando podemos comprobar si estamos en saturación

↓ $V_{CE} > 0$ (V_{CESAT})

zona lineal:
$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$
$V_{BE} = 0'7\,V$
$I_C = \beta \cdot I_B$
$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$

todo ya calculado

↘ $V_{CE} < 0$ (V_{CESAT}) ⇒ imposible
Habiamos supuesto zona lineal → incorrecto

saturación

$$\boxed{V_{CE} = V_{CESAT}} = 0'2\,V$$

(V_{CESAT} suele ser dato del ejercicio, sino suponemos $= 0'2$)

$I_C \neq \beta \cdot I_B$ la β ya no es 100 ahora es β_{SAT}

despejamos I_C de $V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_C} = I_{CSAT}$$

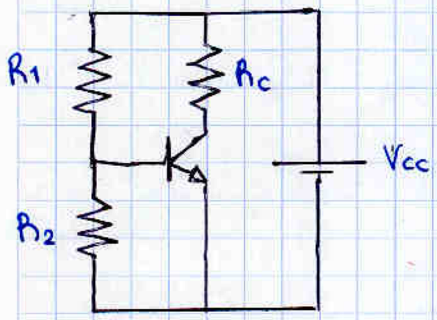
$$\beta_{SAT} = \frac{I_{CSAT}}{I_B} < \beta$$

NOTA
V_{CESAT} siempre es la misma.
I_{CSAT} y β_{SAT} cambian en cada circuito

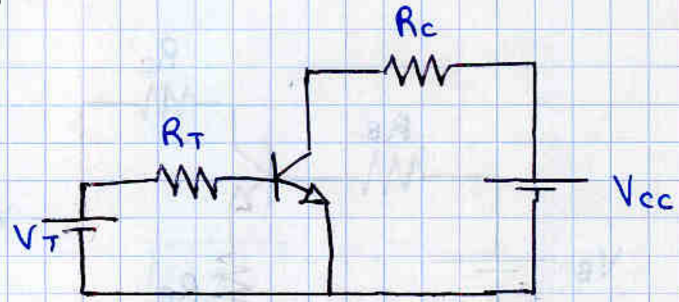
saturación
$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B}$
$V_{BE} = 0'7\,V$
$V_{CE} = V_{CESAT}$
$I_C = I_{CSAT} = \beta_{SAT} \cdot I_B$

todo ya calculado

Equivalentes thevenin típicos

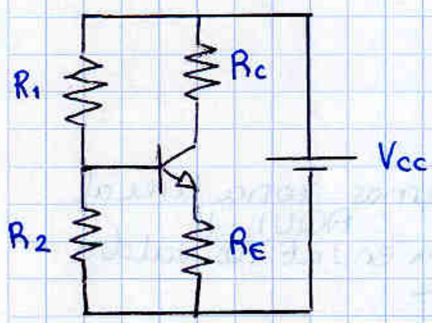


≡

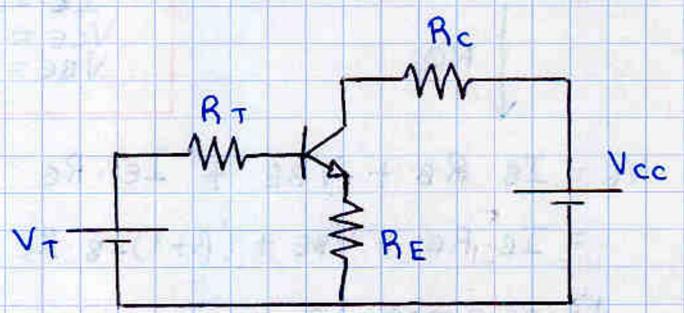


en ambos casos:

$$\boxed{V_T = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \qquad R_T = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}}$$

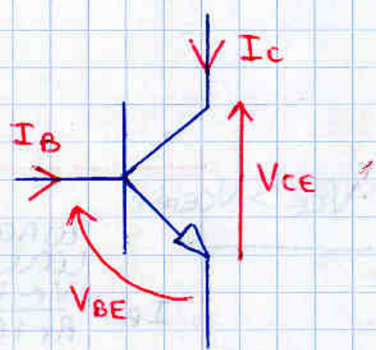


≡



$I_B + I_{CSAT} \approx I_{CSAT}$

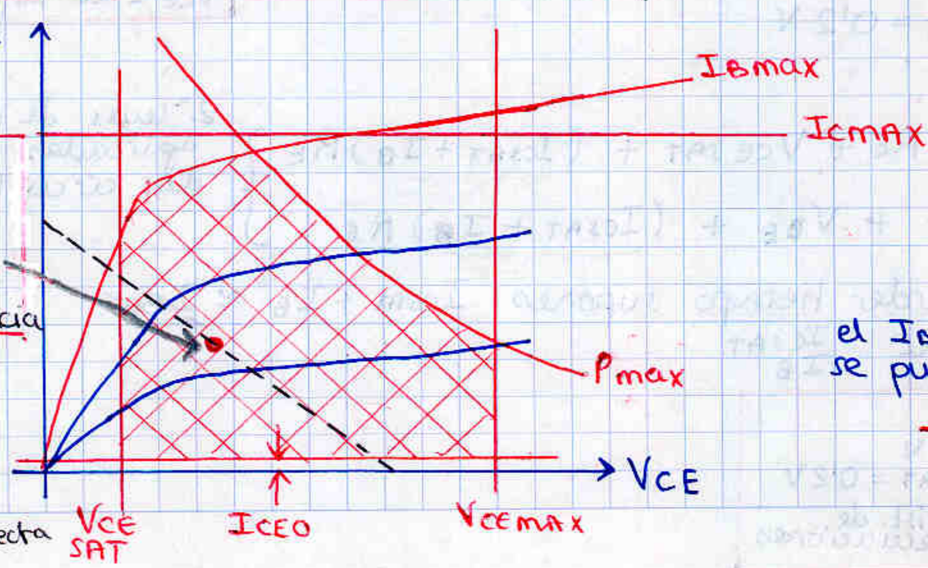
Potencia de un transistor



$$\boxed{P = V_{CE} \cdot I_C + V_{BE} \cdot I_B}$$

Zona de funcionamiento seguro (SOA)

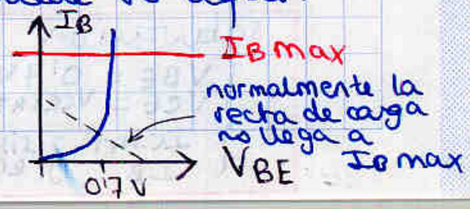
nota: el punto central de la recta de carga es el que mas potencia consume



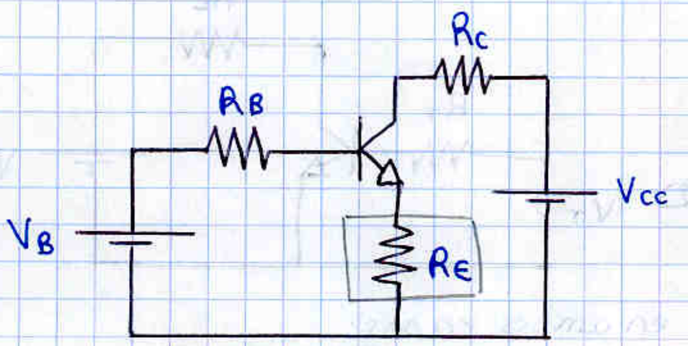
si en ese punto $P < P_{max}$ entonces $P < P_{max}$ $\forall$ recta

delimitada por:
- $I_{C\,max}$
- $V_{CE\,max}$
- P_{max}
- $I_{B\,max}$
- I_{CEO}
- $V_{CE\,SAT}$

el I_B max tambien se puede ver aqui:



Calculo del punto Q ~~(en saturación)~~ si existe R_E



· **Circ. entrada**

$V_T < 0'7V \xrightarrow{SI}$ **corte**: $I_B = 0$, $I_C = 0$, $V_{CE} = V_{CC}$, $V_{BE} = V_B$

$\downarrow$ NO

$V_B = I_B \cdot R_B + V_{BE} + I_E \cdot R_E$

$ = I_B \cdot R_B + V_{BE} + (\beta+1) I_B \cdot R_E$

suponemos zona lineal AQUI !!
si esta en sat no valdrá nada

despejamos I_B

$$\boxed{I_B = \frac{V_T - V_{BE}}{R_T + (\beta+1) R_E}}$$

· **Circ salida**

$V_{CC} = I_C \cdot R_C + V_{CE} + I_E \cdot R_E$

$V_{CC} = \underset{\beta \cdot I_B}{I_C} \cdot R_C + V_{CE} + (\beta+1) I_B R_E$

$$\boxed{V_{CE} = V_{CC} - I_B \cdot \beta \cdot R_C - I_B (\beta+1) R_E}$$

$\xrightarrow{V_{CE} > V_{CESAT}}$ **zona lineal**

$I_B = \frac{V_T - V_{BE}}{R_T + (\beta+1) R_E}$

$V_{BE} = 0'7V$

$I_C = \beta \cdot I_B$

$V_{CE} = V_{CC} - I_B \beta R_C - I_B (\beta+1) R_E$

$\downarrow$ $V_{CE} < V_{CESAT}$
más típico es $V_{CE} < 0$!!!

saturación:

$V_{CE} = V_{CESAT} = 0'2 V$

¿I_{CSAT}? ¿I_B?

$$\left.\begin{aligned} V_{CC} &= I_{CSAT} \cdot R_C + V_{CESAT} + (I_{CSAT} + I_B) R_E \\ V_T &= I_B R_T + V_{BE} + (I_{CSAT} + I_B) R_E \end{aligned}\right\}$$

2ª leyes de Kirchoff aplicadas a los dos circuitos

si no quieres perder tiempo supones $I_{CSAT} + I_B \approx I_{CSAT}$

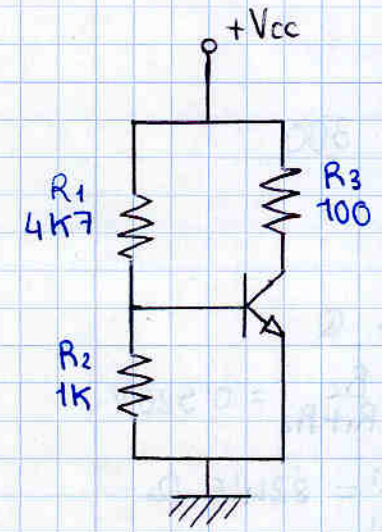
$\rightarrow$ se obtiene I_{CSAT}, I_B

saturación

$Q \begin{cases} V_{BE} = 0'7V \\ V_{CE} = V_{CESAT} = 0'2V \\ \left.\begin{array}{l} I_{CSAT} \\ I_B \end{array}\right\} \text{sist. de ecuaciones} \end{cases}$

Problemas Componentes Electrónicos

Problema Enero 2002

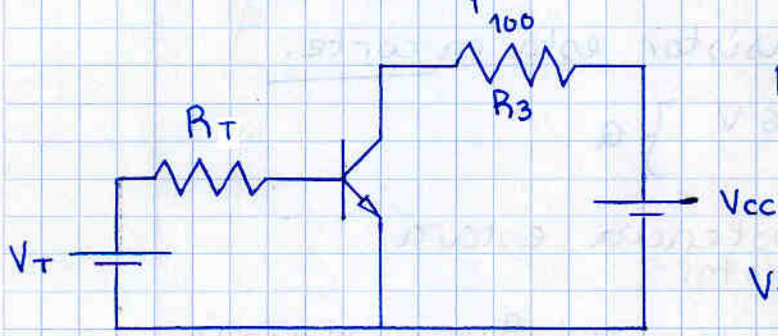


Datos a 25°C

$V_{CESAT} = 0'2\ V$
$I_{B\,MAX} = 100\ mA$
$I_{C\,MAX} = 1\ A$
$P_{MAX} = 0'5\ W$
$V_{CE\,MAX} = 30\ V$
$\beta = 120$
$V_{BE} = 0'7\ V$
$R_{th} = 300\ °C/W$

b) Si $V_{CC} = 10\ V$, calcular punto Q.
y ¿Que temp alcanzará a $T_{amb} = 25°C$?

Primero hallo el equivalente thevenin



$R_T = \dfrac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = 824'6\ \Omega$

$V_T = V_{CC} \cdot \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} = 1'76\ V$

- Circuito de entrada

El transistor no está en corte $V_T > 0'7\ V$

$V_T = R_T\, i_b + V_{BE}$

$i_B = \dfrac{V_T - V_{BE}}{R_T} = 1'285\ mA$

- Circuito de salida

Suponemos zona lineal

$i_c = \beta \cdot i_B = 120 \cdot 1'285\ mA = 154'2\ mA$

$V_{CC} = R_3 \cdot i_C + V_{CE}$
$V_{CE} = V_{CC} - R_3 \cdot i_C = 10 - 100 \cdot 154'2 \cdot 10^{-3}$
$= -5'42\ V$

no es posible → estamos en saturación

$V_{CE} = V_{CESAT} = 0'2\ V$

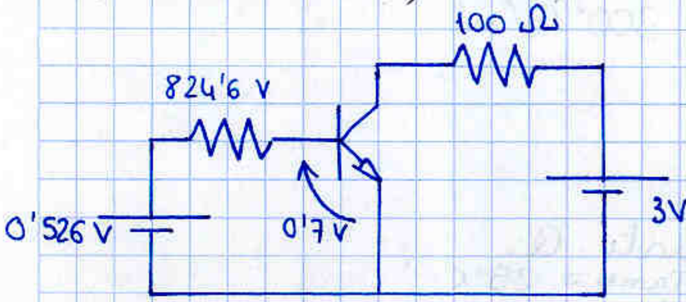
$i_c = i_{CSAT} = \dfrac{V_{CC} - V_{CESAT}}{R_3} = 98\ mA$

$$Q\begin{cases} V_{CE} = 0'2\ V \\ I_C = 98\ mA \\ I_B = 1'29\ mA \\ V_{BE} = 0'7\ V \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \Delta T &= P \cdot R_{th} \\ &= (V_{BE} \cdot i_B + V_{CE} \cdot i_C) \cdot R_{th} \\ &= (0'7 \cdot 1'29 \cdot 10^{-3} + 0'2 \cdot 98 \cdot 10^{-3}) \cdot 300 \\ &= 6'15\,°C \end{aligned}$$

$$T = T_{amb} + \Delta T = 31'15\,°C$$

a) si $V_{cc} = 3\ V$, determina el punto Q



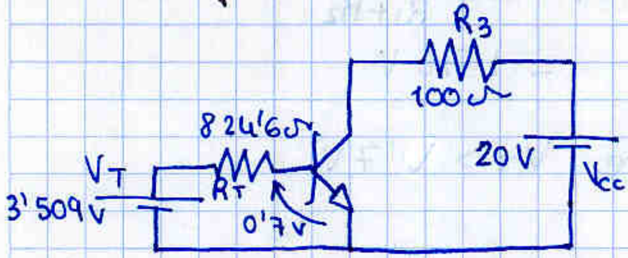
$$V_T = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 0'526\ V$$

$$R_T = \frac{R_2 \cdot R_1}{R_2 + R_1} = 824'6\ \Omega$$

$V_T < 0'7\ V \rightarrow$ el transistor está en corte.

$$\left.\begin{matrix} I_C = 0 & V_{BE} = V_T = 0'526\ V \\ I_B = 0 & V_{CE} = V_{cc} = 3\ V \end{matrix}\right\} Q$$

c) Si $V_{cc} = 20\ V$ ¿Que potencia estará disipando el transistor?



$$V_T = V_{cc} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2} = 3'509\ V$$

$$R_T = 824'6\ \Omega$$

El transistor no está en corte

circ. entrada

$$V_T = i_B \cdot R_T + V_{BE}$$

$$i_B = \frac{V_T - V_{BE}}{R_T} = 3'41\ mA$$

circ. salida: suponiendo zona lineal

$$i_C = \beta \cdot I_B = 120 \cdot 3'41\ mA = 408'7\ mA$$

$$\begin{aligned} V_{CE} = V_{cc} - i_C R_3 &= 20 - 0'4087 \cdot 100 \\ &= -20'87\ V \end{aligned}$$

imposible

→ estamos en saturación

Problemas Componentes Electrónicos

c) (cont...) está en saturación

$$V_{CE} = V_{CE\,SAT} = 0'2\ V$$

$$i_C = I_{C\,SAT} = \frac{V_{CC} - V_{CE\,SAT}}{R_3} = 198\ mA$$

$$Q \begin{cases} I_B = 3'41\ mA \\ V_{BE} = 0'7\ V \\ V_{CE} = 0'2\ V \\ I_C = 198\ mA \end{cases}$$

$$P = V_{BE} \cdot I_B + V_{CE} \cdot I_C$$

$$= 0'7 \cdot 3'41 \cdot 10^{-3} + 0'2 \cdot 0'198 = 42\ mW$$

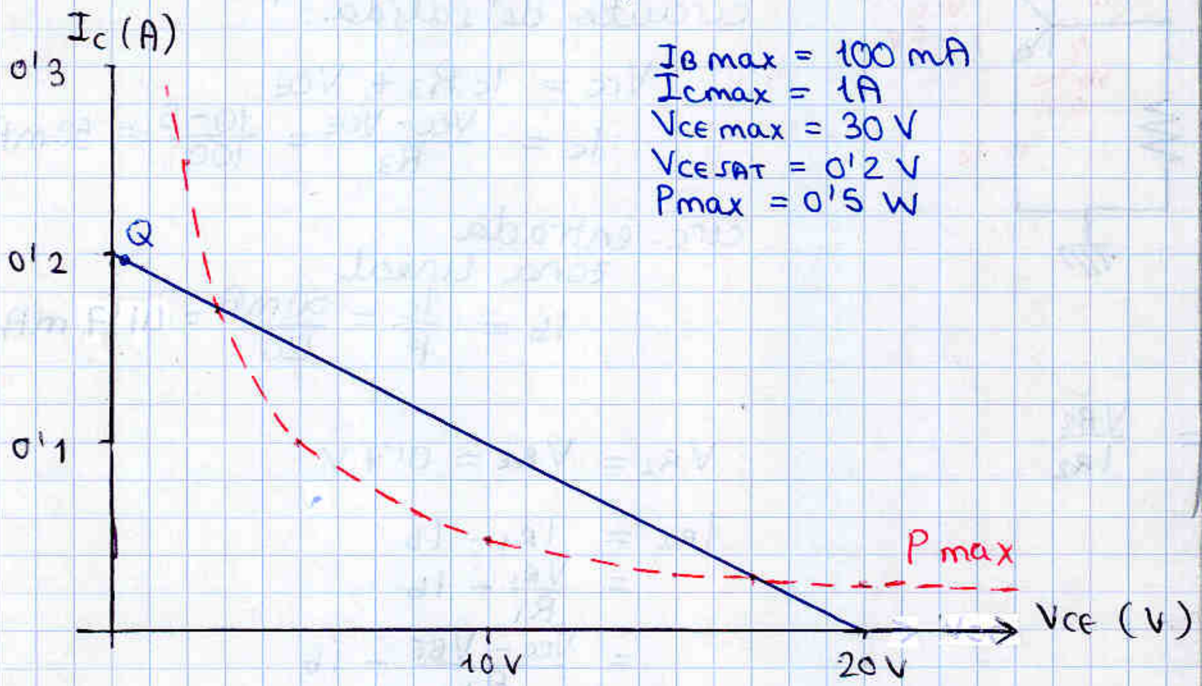
d) En las condiciones del apartado c ¿estará toda la recta de carga dentro de la zona de funcionamiento seguro?

Recta de carga, circuito de salida

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$$

$\hookrightarrow I_C = 0 \rightarrow V_{CC} = V_{CE} = 20\ V$

$\hookrightarrow V_{CE} = 0 \rightarrow I_C = V_{CC}/R_C = 20/100 = 0'2\ A$



$I_B\,max = 100\ mA$
$I_C\,max = 1A$
$V_{CE}\,max = 30\ V$
$V_{CE\,SAT} = 0'2\ V$
$P_{max} = 0'5\ W$

en mitad recta de carga, $P = 10V \cdot 0'1A = 1W > P_{max}$

la hipérbola de Pmax cruza la recta de carga en dos puntos

$$\begin{cases} I_C = \dfrac{P_{max}}{V_{CE}} & \text{hipérbola de } P_{max} \\[2ex] I_C = \dfrac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} & \text{recta de carga} \end{cases}$$

Hipérbola de Pmax

$$I_C = \frac{P_{max}}{V_{CE}}$$

igualando ambas:

$$\frac{P_{max}}{V_{CE}} = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_3}$$

$$R_3 P_{max} = V_{CC} V_{CE} - V_{CE}^2$$

$$V_{CE}^2 - V_{CC} V_{CE} + R_3 P_{max} = 0$$

$$V_{CE} = \frac{V_{CC} \pm \sqrt{V_{CC}^2 - 4 R_3 P_{max}}}{2}$$

$V_{CE} = 17'07$ V

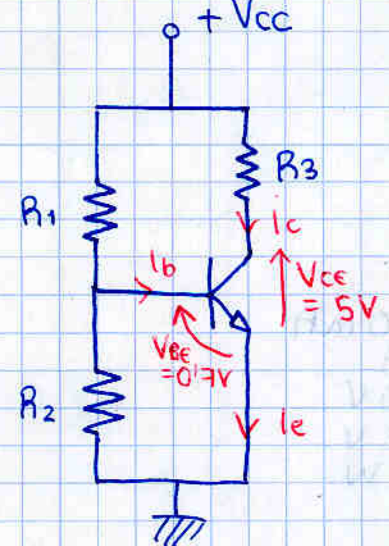
$V_{CE} = 2'93$ V

<u>Zona fuera de SOA</u>

$$V_{CE} = (2'93 \div 17'07) \text{ V}$$

e) Si $V_{CC} = 10$ V

¿Cuanto debe valer R_2 para que V_{CE} sea 5V?



Conocemos $V_{CE} = 5$V

$$\boxed{\text{si } V_{CE} = 5V \Rightarrow V_{CE} > V_{CE\,SAT} \Rightarrow \text{estamos en zona lineal}}$$

Esta vez empezamos por el circuito de salida.

$$V_{CC} = I_C R_3 + V_{CE}$$

$$I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_3} = \frac{10 - 5}{100} = 50 \text{ mA}$$

circ. entrada
zona lineal

$$I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{50 \text{ mA}}{120} = 0'417 \text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{V_{R_2}}{I_{R_2}}$$

$$V_{R_2} = V_{BE} = 0'7 \text{ V}$$

$$I_{R_2} = I_{R_1} - I_b = \frac{V_{R_1}}{R_1} - I_b = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_1} - I_b = \underbrace{\frac{10 - 0'7}{4.7 \cdot 10^3}}_{I_{R_1} = 1'98 \text{ mA}} - 0'417 \cdot 10^{-3}$$

$$I_{R_2} = 1'562 \text{ mA}$$

$$R_2 = \frac{V_{R_2}}{I_{R_2}} = \frac{0'7}{1'562 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{448'22 \ \Omega}}$$

Ejercicios Componentes Electrónicos

Problema Junio 2000 (I)

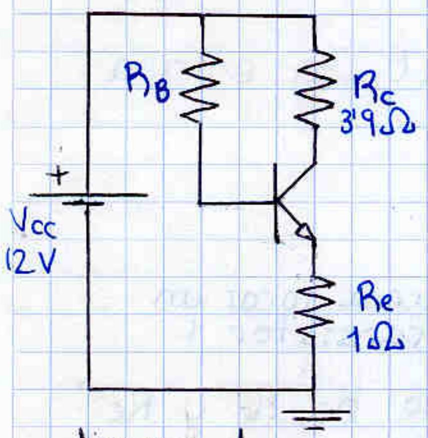


figura 1.

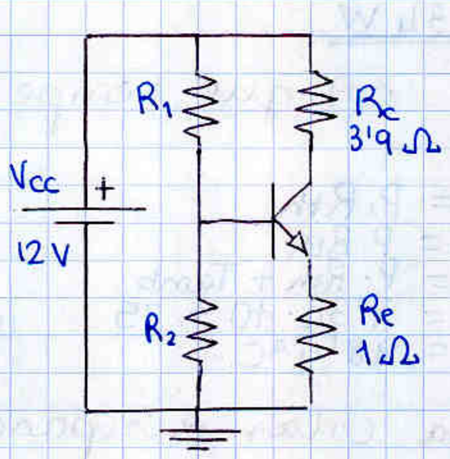


Figura 2.

$V_{CE\,MAX} = 45\ V$ $\quad V_{CE\,SAT} = 0'3\ V$

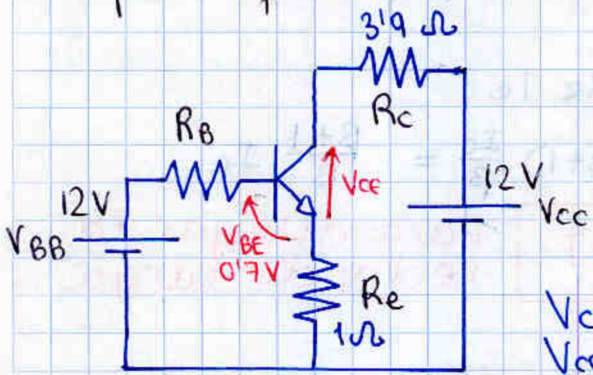
$I_{C\,MAX} = 15\ A$ $\quad \beta = 100$

$T_{J\,MAX} = 150°C$ $\quad V_{BE\,Q} = 0'7\ V$

$R_{th} = 10\ K/W$

$I_{B\,MAX} = 1\ A$

a) Calcular R_B en el circuito figura 1 para que V_{CE} sea 6 V



$V_{CE} = 6\ V$
estamos en zona lineal

$$V_{cc} = i_c R_c + i_e R_e + V_{CE}$$
$$V_{cc} = \beta I_B R_c + (\beta+1) I_B R_e + V_{CE}$$

$$R_B = \frac{V_{RB}}{I_B} \qquad I_B = \frac{V_{cc} - V_{CE}}{\beta R_c + (\beta+1) R_e}$$

$$I_B = \frac{12-6}{100 \cdot 3'9 + (101)\cdot 1} = 12'22\,mA$$

$$\begin{aligned} V_{RB} &= -V_{BE} - i_e R_e + V_{BB} \\ &= -V_{BE} - (\beta+1) I_B \cdot R_e + V_{BB} \\ &= -0'7 - (101)\, 12'22 \cdot 10^{-3} \cdot 1 + 12 \\ &= 10'0678\ V \end{aligned}$$

$$R_B = \frac{V_{RB}}{I_B} = \frac{10'0678}{12'22 \times 10^{-3}} = \underline{\underline{823'88\ \Omega}}$$

b) Potencia que disipa el transistor en las condiciones de a)

$$P_{BJT} = V_{BE} \cdot I_B + V_{CE} \cdot I_C$$
$$= 0'7 \cdot 12'22 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 100 \cdot 12'22 \cdot 10^{-3}$$
$$= \underline{\underline{7'34\ W}}$$

c) $T_{amb} = 25°C$. ¿A que temperatura estará la unión?

$$\Delta T = P \cdot R_{th}$$
$$T - T_{amb} = P \cdot R_{th}$$
$$T = P \cdot R_{th} + T_{amb}$$
$$T = 7'34 \cdot 10 + 25$$
$$T = 98'4°C$$

¡nunca tocar un transistor!

d) ¿Que potencia están disipando R_B, R_C y R_E?

$$P_{R_B} = i_B^2 \cdot R_B = (12'22 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 823'88 = 122'6\ mW$$

$$P_{R_C} = i_C^2 \cdot R_C = (\beta I_B)^2 \cdot R_C = (100 \cdot 12'22 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 3'9 = 5'824\ W$$

$$P_{R_E} = i_E^2 \cdot R_E = ((\beta+1) I_B)^2 \cdot R_E = (101 \cdot 12'22 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 1 = 1'523\ W$$

e) Dibuja la recta de carga del circuito de colector, dibuja punto Q, indica puntos de corte con los ejes.

$$V_{CC} = R_C \cdot i_C + V_{CE} + R_E \cdot I_E$$

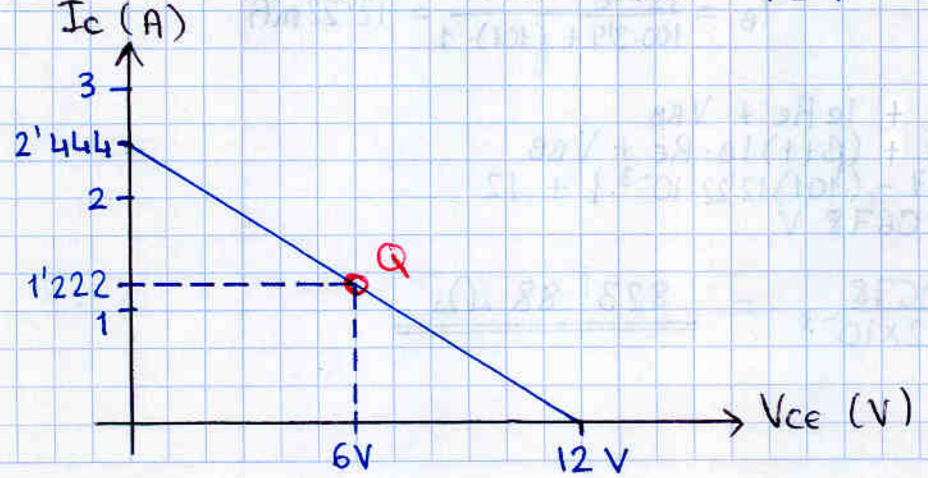
TRUCO: $I_E = (\beta+1) I_B = (\beta+1) \frac{I_C}{\beta} = \frac{\beta+1}{\beta} I_C$

$$\boxed{I_E = \frac{\beta+1}{\beta} \cdot I_C}$$ Para dibujar la recta de carga

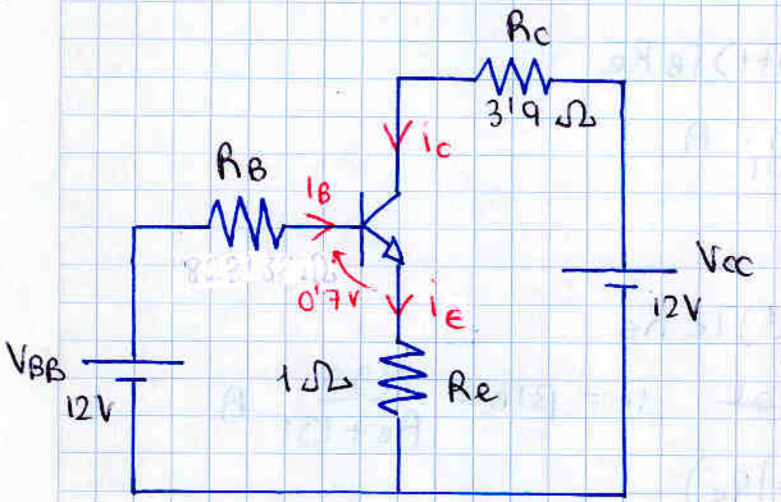
$$V_{CC} = \left(R_C + \frac{\beta+1}{\beta} R_E\right) i_C + V_{CE}$$

$\rightarrow V_{CE} = 0 \rightarrow i_C = \dfrac{V_{CC}}{R_C + \frac{\beta+1}{\beta} R_E} = \dfrac{12}{3'9 + \frac{101}{100} \cdot 1} = 2'444\ A$

$\rightarrow i_C = 0 \rightarrow V_{CE} = V_{CC} = 12\ V$



f) Calcular en el circuito de la figura 1 la R_B para que $I_C = 1\,mA$



$i_C = 1\,mA$

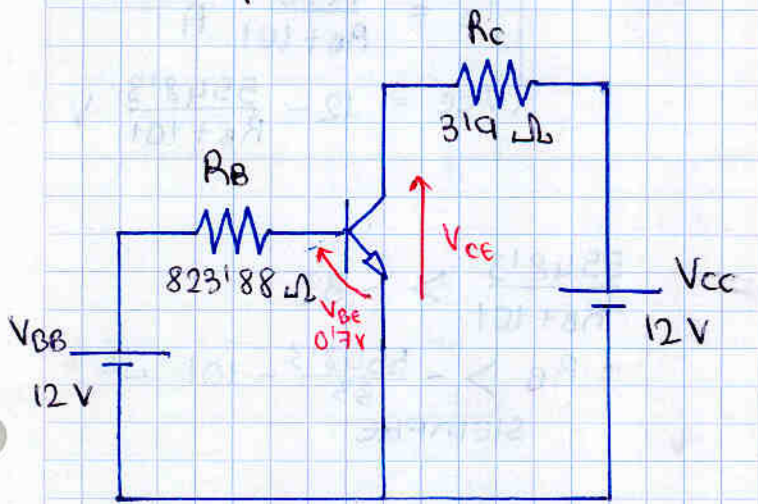
$\rightarrow \; I_B = \frac{I_C}{\beta} = 0'01\,mA$

$R_B = \frac{V_{RB}}{I_B}$

$V_{RB} = V_{BB} - V_{BE} - I_E \cdot R_E$
$= V_{BB} - V_{BE} - (\beta+1) I_B \cdot R_E$
$= 12 - 0'7 - 101 \cdot 0'01 \cdot 10^{-3} \cdot 1$
$= 11'30\,V$

$R_B = \frac{11'30}{0'01 \cdot 10^{-3}} = \underline{\underline{1130\,k\Omega}}$

g) Con el valor de R_B del apartado a) calcular el punto Q si se cortocircuita R_E



<u>circ. entrada</u>

$V_{CC} = I_B \cdot R_B + V_{BE}$

$I_B = \frac{V_{CC} - V_{BE}}{R_B} = \frac{12 - 0'7}{823'88}$

$I_B = 13'72\,mA$

<u>circ. salida</u>

suponemos zona lineal

$I_C = \beta \cdot I_B = 1'372\,A$

$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE}$

$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C = 12 - 1'372 \cdot 3'9 = 6'65\,V$

se ha confirmado la zona lineal

$$Q \begin{cases} V_{BE} = 0'7\,V \\ I_B = 13'72\,mA \\ I_C = 1'372\,A \\ V_{CE} = 6'65\,V \end{cases}$$

g) Con el circuito de la figura 1. ¿Hay algun valor de R_B que haga que el transistor trabaje fuera de la zona segura?

Circ. entrada:

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{BE} + (\beta+1) I_B R_e$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_B + (\beta+1)R_e} = \frac{11'3}{R_B + 101} \text{ A}$$

circuito salida

$$V_{CC} = i_C R_C + V_{CE} + \left(\frac{\beta+1}{\beta}\right) i_C R_E$$

suponemos zona lineal $\quad i_C = \beta i_B = \frac{1130}{R_B + 101}$ A

$$V_{CE} = V_{CC} - i_C \left(R_C + \left(\frac{\beta+1}{\beta}\right) R_e\right)$$

$$= 12\text{ V} - \frac{1130}{R_B+101}\left(3'9 + \frac{101}{100}\right)$$

$$V_{CE} = 12 - \frac{5548'3}{R_B + 101}$$

$$Q = \begin{cases} V_{BE} = 0'7 \text{ V} \\ I_B = \frac{11'3}{R_B+101} \text{ A} \\ i_C = \frac{1130}{R_B+101} \text{ A} \\ V_{CE} = 12 - \frac{5548'3}{R_B+101} \text{ V} \end{cases}$$

- $V_{CE\,max} = 45$ V

$V_{CE} = 12 - \frac{5548'3}{R_B+101} < 45 \qquad \frac{5548'3}{R_B+101} > -33$

$R_B > -\frac{5548'3}{33} - 101 \; \Omega$

SIEMPRE

- $I_{C\,MAX} = 15$ A

$i_C = \frac{1130}{R_B+101} < 15 \qquad R_B + 101 > \frac{1130}{15}$

$R_B > -25'6\hat{6}$ SIEMPRE

P_{MAX} ? $\qquad T_{max} - T_{amb} = P_{max} \cdot R_{th}$

$$P_{max} = \frac{T_{max} - T_{amb}}{R_{th}} = \frac{150-25}{10} = 12'5 \text{ W}$$

- $P_{MAX} = 12'5$ W

$$P = V_{BE} \cdot I_B + V_{CE} \cdot I_C \simeq V_{CE} \cdot I_C = \left(12 - \frac{5548'3}{R_B+101}\right)\cdot\left(\frac{1130}{R_B+101}\right) < 12'5$$

$$\frac{13560}{R_B+101} - \frac{6\,269\,579}{(R_B+101)^2} < 12'5 \xrightarrow{(\dots)} 12'5 R_B^2 - 11035 R_B + 5027531'5 > 0$$

$B^2 - 4AC < 0 \rightarrow$ no tiene raices $\rightarrow$ SIEMPRE > 0

- $I_{B\,MAX} = 1$ A

$I_B = \frac{11'3}{R_B+101} < 1 \rightarrow R_B > 11'3 - 101 = -89'7$ SIEMPRE

Problemas Componentes Electrónicos

i) ¿Qué valor debe tener R_B para que el transistor de la figura 1 esté en corte?

$$V_{BB} = I_B R_B + V_{CE} + I_E \cdot R_E$$

para que esté en corte $V_{CE} < 0'7$ V

$$V_{CE} = V_{BB} - I_B R_B - I_E R_E < 0'7 \text{ V}$$

$$\boxed{\text{transistor en corte} \Rightarrow I_B = 0 \text{ A}}$$

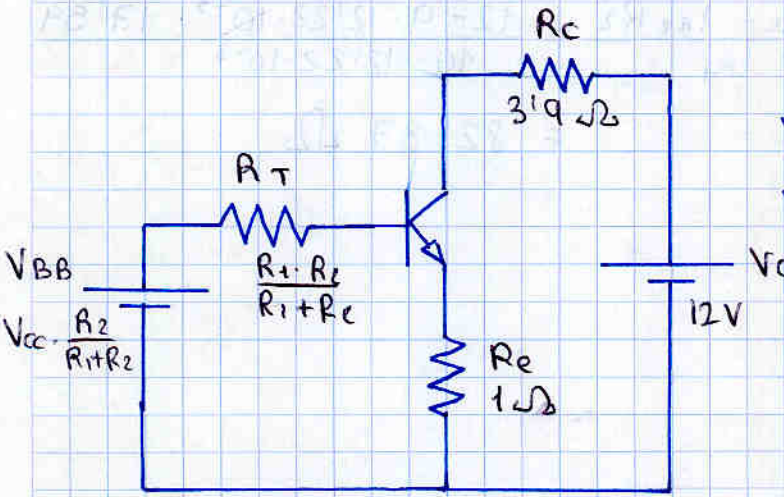
$$V_{BB} = I_B R_B + V_{CE} + (\beta+1) \cdot I_B \cdot R_E$$

$$I_B = \frac{V_{BB} - V_{CE}}{R_B + (\beta+1) R_E} = 0$$

$$I_B = \frac{11'3}{R_B + 101} = 0 \longleftrightarrow R_B = \infty$$

circuito abierto

j) En la figura 2, calcular R_1 y R_2 para que $V_{CE} = 6$ V



$V_{CE} = 6$ V
BJT está en zona lineal

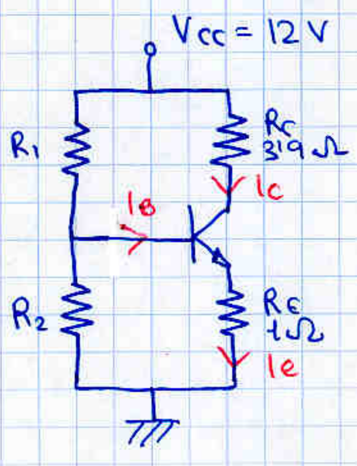
$$V_{CC} = R_C I_C + V_{CE} + R_E I_E$$

$$V_{CC} = R_C \beta I_B + V_{CE} + (\beta+1) I_B R_E$$

$$I_B = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C \beta + (\beta+1) R_E}$$

$$I_B = \frac{12 - 6}{3'9 \cdot 100 + 101} = 12'22 \text{ mA}$$

$I_B = 12'22$ mA
$I_C = \beta \cdot I_B = 1'222$ A
$I_E = (\beta+1) I_B = 1'234$ A



$$R_{R2} = \frac{V_{R1}}{I_{R2}}$$

$V_{R2} = V_{BE} + I_E R_E$
$= 0'7 + 1'234$
$= 1'934$ V

$I_{R2} = I_{R1} - I_B$

$$R_1 = \frac{V_{R1}}{I_{R1}} =$$

$I_{R1} = I_{R2} + I_B$

$V_{R1} = V_{CC} - I_{R2} R_2$
$V_{R1} = I_C R_C + V_{CB}$
$= I_C R_C + (V_{CE} - V_{BE})$
$= 1'222 \cdot 3'9 + (6 - 0'7)$
$= 10'0658$

¿$V_{CB} \neq V_{CE} - V_{BE}$?

tenemos

$$\cancel{R_1 = \frac{10'0658}{I_{R_2} + 12'22\cdot 10^{-3}}} \quad y \quad R_2 = \frac{1'934}{I_{R_2}} = \frac{1'934}{I_{R_1} - 12'22\cdot 10^{-3}}$$

$$\cancel{R_1 = \frac{10'0658}{\frac{1'934}{R_2} + 12'22\cdot 10^{-3}}}$$

$\boxed{\text{Hay } \infty \text{ soluciones. Hay que dar una condición de diseño}}$

ej

$$I_{R_1} = 10\ I_B$$
$$I_{R_2} = 9\ I_B$$

Nos queda

$$\cancel{R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{V_{R_1}}{10 I_B} = \frac{10'0658}{10\cdot 12'22\cdot 10^{-3}}}$$

$$R_2 = \frac{1'934}{9 I_B} = \frac{1'934}{9\cdot 12'22\cdot 10^{-3}} = 17'59\ \Omega$$

$$R_1 = \frac{V_{R_1}}{I_{R_1}} = \frac{V_{cc} - I_{R_2} R_2}{I_{R_1}} = \frac{12 - 9\cdot 12'22\cdot 10^{-3}\cdot 17'59}{10\cdot 12'22\cdot 10^{-3}}$$

$$= 82'37\ \Omega$$

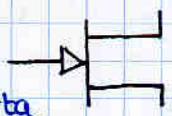
Ejercicios Componentes Electrónicos

Tema 9 - Transistores FET

FET (field effect transistor) → jFET (junction)

FET → MOSFET (metal oxide semiconductor)

jFET



D (drenador / drain) → (sumidero / desagüe)

S (surtidor / source) → (fuente / manantial)

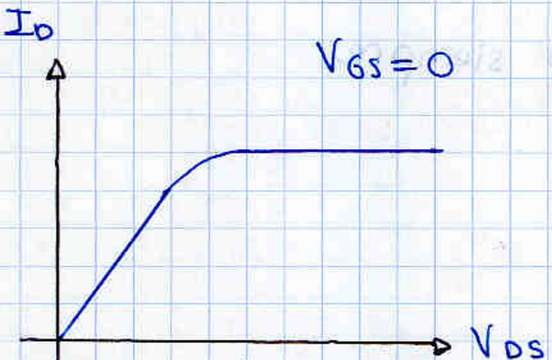
G: Puerta (Gate) (compuerta)

D y S no se distinguen. En la practica algunos jFET son simetricos y se usan indistintamente.

Si no son simetricos, se señala S con la flecha de la G

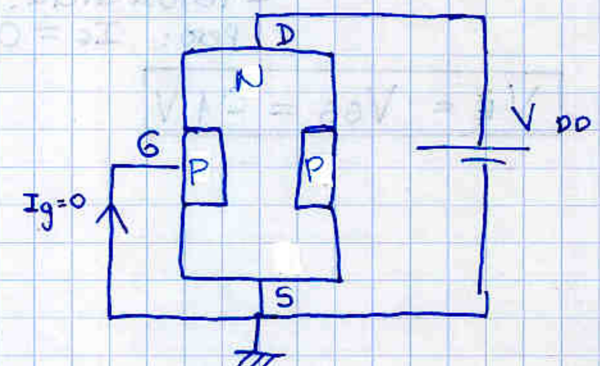
$\boxed{I_G = 0}$ SIEMPRE DESPRECIABLE

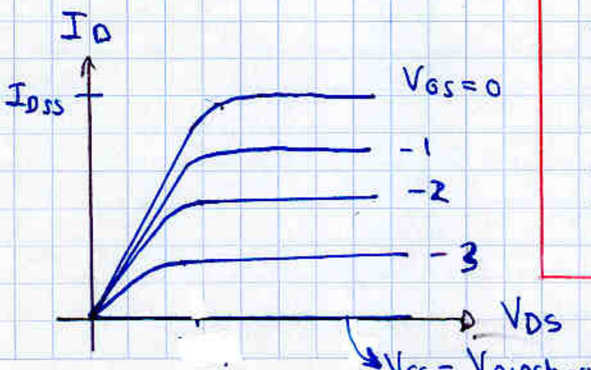
Polarizada inversamente



zona lineal/ohmica: actua como resistencia

zona saturación: actua como un generador



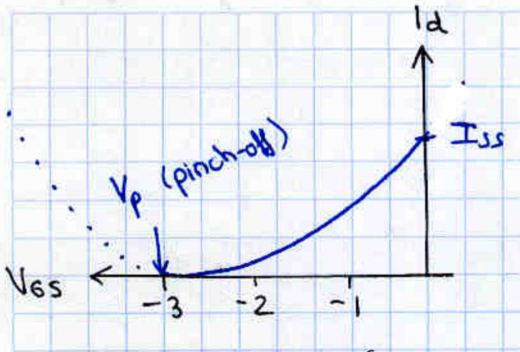


$V_{GS} = V_{pinch\text{-}off} = V_p$

$V_p = V_{GS}$ tensión de estrangulamiento (cuando se tocan) (pinch-off) (hace $I_D = 0$)

r_o = mínima resistencia canal

I_{DSS} = I MAXIMA en el drenador cuando V_{GS} es cero.



Gráfica válida sólo en saturación

Cuestión : Junio 2003.

1- Estamos en la zona de saturación

$$\text{Zona saturación: } \underset{4'5\,mA}{I_{DS}} = \underset{8\,mA}{I_{DSS}}\left[1-\frac{V_{GS}}{\underset{-4\,V}{V_p}}\right]^2$$

Despejamos la incógnita V_{GS}

$$\frac{I_{DS}}{I_{DSS}} = \left(1-\frac{V_{GS}}{V_p}\right)^2 \rightarrow \pm\sqrt{\frac{I_{DS}}{I_{DSS}}} = 1-\frac{V_{GS}}{V_P}$$

$$\rightarrow \boxed{V_{GS} = V_p\left(1\mp\sqrt{\frac{I_D}{I_{DSS}}}\right)} = \left(1\pm\sqrt{\frac{4.5\,mA}{8\,mA}}\right)(-4\,V)$$

$$= \begin{cases} -1\,V \\ -7\,V < V_p \rightarrow \text{no puede ser} \end{cases}$$

$$\boxed{V_{GS} = -1\,V}$$

$V_E = V_{GS} + V_{10M}$ ← resistencia.

Pero: $I_G = 0$ siempre

$$\boxed{V_E = V_{GS} = -1\,V}$$

Cuestión : Junio 2002

$I_D = I_{DSS}\left(1 - \underbrace{\frac{V_{GS}}{V_P}}_{0}\right)^2$

¿V_{DS}? Vemos que $V_{gs} = V_p \rightarrow I_d = 0$

$V_{DS} = 20V - \cancel{I_d}_{0} R_2$

$\boxed{V_{DS} = 20V}$

¿en que estado JFET? $\boxed{\text{corte}}$

¿V_G para $I_D = I_{DSS}$? Por definición $\boxed{I_D = I_{DSS} \Rightarrow V_{GS} = 0\,V}$

si $I_D = I_{DSS} \rightarrow V_{DS} = 20V - I_{DSS} \cdot 100\,\Omega$
$= 20\,V - 1\,V$
$\boxed{V_{DS} = 19\,V} \rightarrow$ puede pasar I_{DSS}

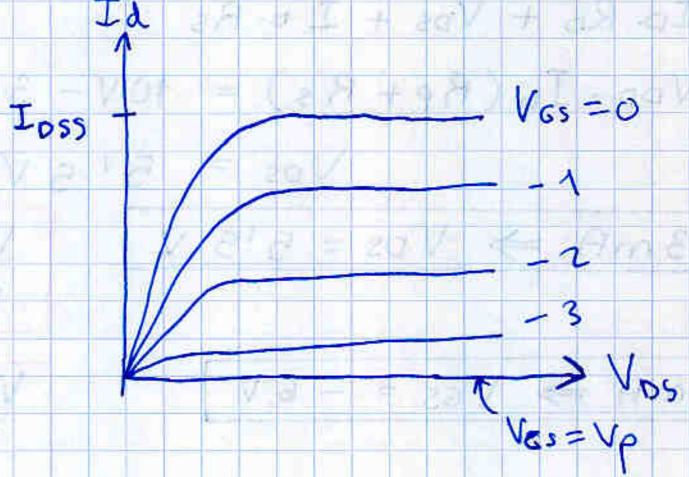
si no pudiera pasar, no habría ningun valor para que pasara I_{DSS} (puesto que estaríamos en la zona óhmica y no la de saturación!)

Si $R_S = 100K$:

¿V_G para $I_D = I_{DSS}$? Por def: $I_D = I_{DSS} \Rightarrow V_{GS} = 0\,V$

$V_{DS} = 20V - I_D \cdot 100\,K\Omega$
$= 20V - 1000\,V$
$V_{DS} = -980\,V$!! no puede ser

$\Rightarrow$ $\boxed{I_D \text{ nunca puede ser } I_{DSS} \text{ para ningun valor } V_G}$



Cuestión Junio 2000

- Al empezar no sabemos si está en óhmica o saturación
- Suponemos zona saturación (más fácil) y comprobamos.

$$I_D = I_{DSS}\left[1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right]^2$$

$$V_{GS} = V_G - V_S = \cancel{I_G} R_G - I_D R_S = -I_D R_S$$

Dos ecuaciones con dos incognitas

$$I_D = I_{DSS}\left(1-\frac{V_{GS}}{V_P}\right)^2$$

$$\frac{I_D}{I_{DSS}} = \left(\frac{V_P - V_{GS}}{V_P}\right)^2 = \frac{(V_P - V_{GS})^2}{V_P^2}$$

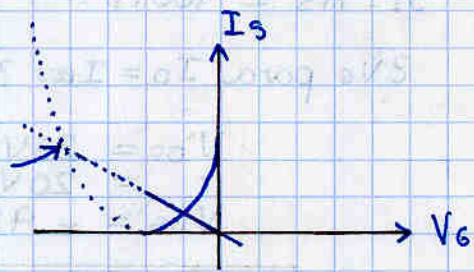
$$\left.\frac{I_D V_P^2}{I_{DSS}} = V_P^2 - 2V_P V_{GS} + V_{GS}^2\right\} \quad V_{GS} = -I_D \cdot R_S$$

$$\frac{I_D \cdot 9}{0'012} = 9 + 2\cdot(-3)\cdot 500 \cdot I_D + 250\,000\, I_D^2$$

$$750\, I_D = 9 - 3000\, I_D + 250\,000\, I_D^2$$

$$250\,000\, I_D^2 - 3750\, I_D + 9 = 0$$

$$I_D = \begin{cases} 3 \text{ mA} \\ 12 \text{ mA} \end{cases}$$



Vamos a comprobar si estamos en saturación:

$$V_{DD} = I_D \cdot R_D + V_{DS} + I_D \cdot R_S$$

$$V_{DS} = V_{DD} - I_D(R_D + R_S) = 10\text{V} - 3\cdot 10^{-3}\text{A}\,(1500\,\Omega)$$

$$V_{DS} = 5'5\text{ V}$$

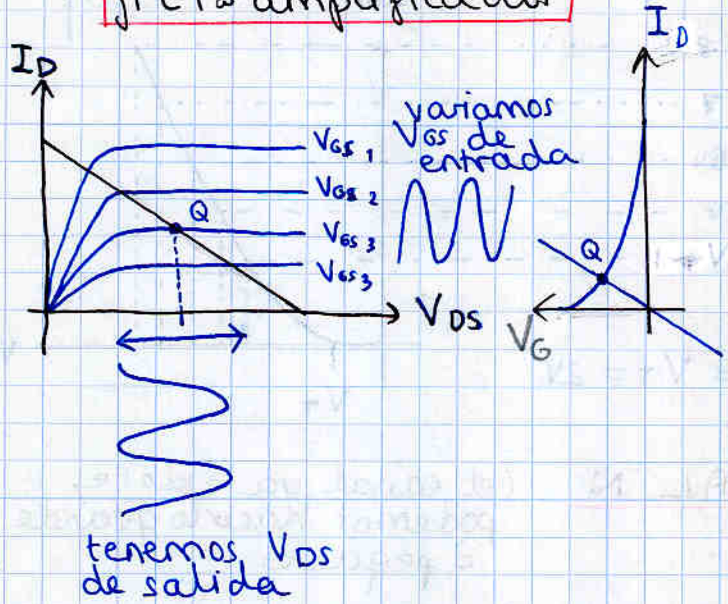
$\boxed{\text{si } I_{DS} = 3\text{mA} \Rightarrow V_{DS} = 5'5\text{ V}}$

$\boxed{V_{DS} > V_{GS} - V_P \text{ saturación}}$

$\boxed{\text{si } I_{DS} = 12\text{mA} \Rightarrow V_{GS} = -6\text{ V}}$

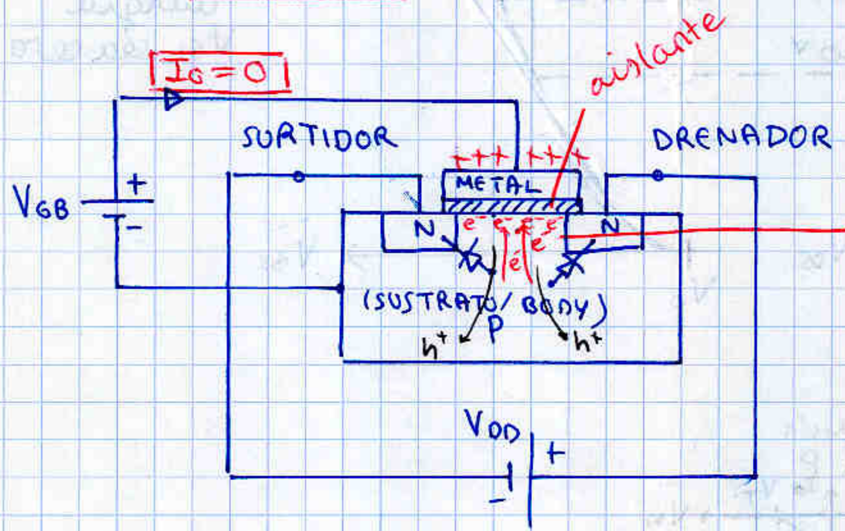
$V_{GS} < V_P \Rightarrow I_{DS} = 0$
¡Absurdo!
JFET no funciona

JFET como amplificador



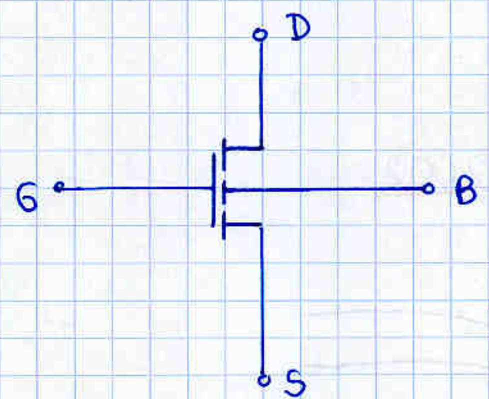
Es una amplificación no lineal.
Es cuadrativa

MOSFET

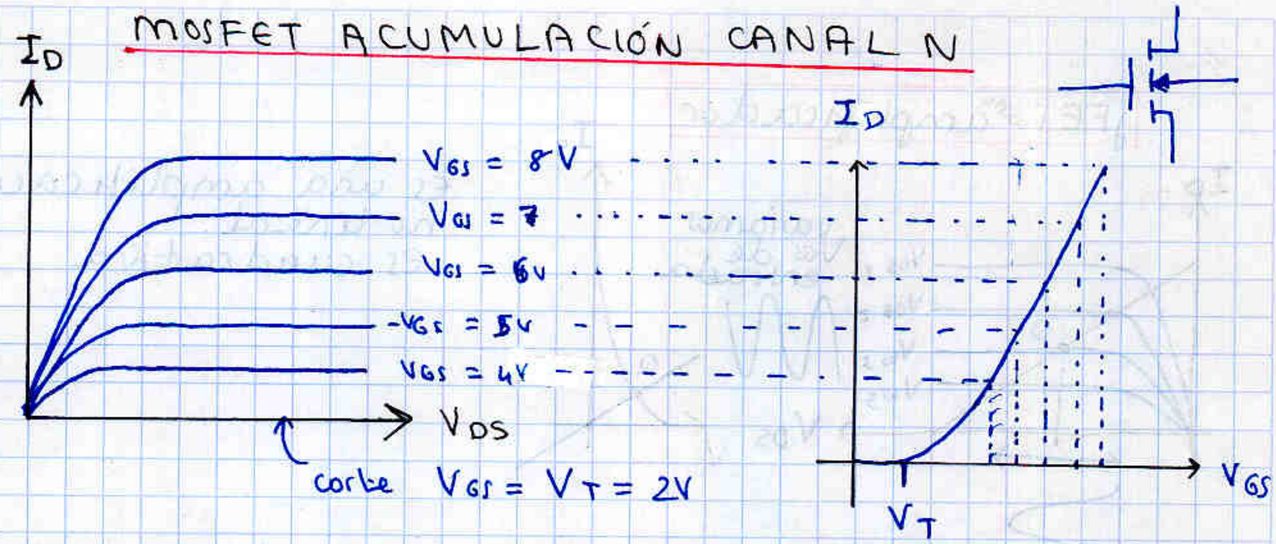


Los electrones se mueven aquí a causa de la tensión en la puerta, (campo eléctrico) formándose un "canal" de electrones

A mayor campo, mayor canal

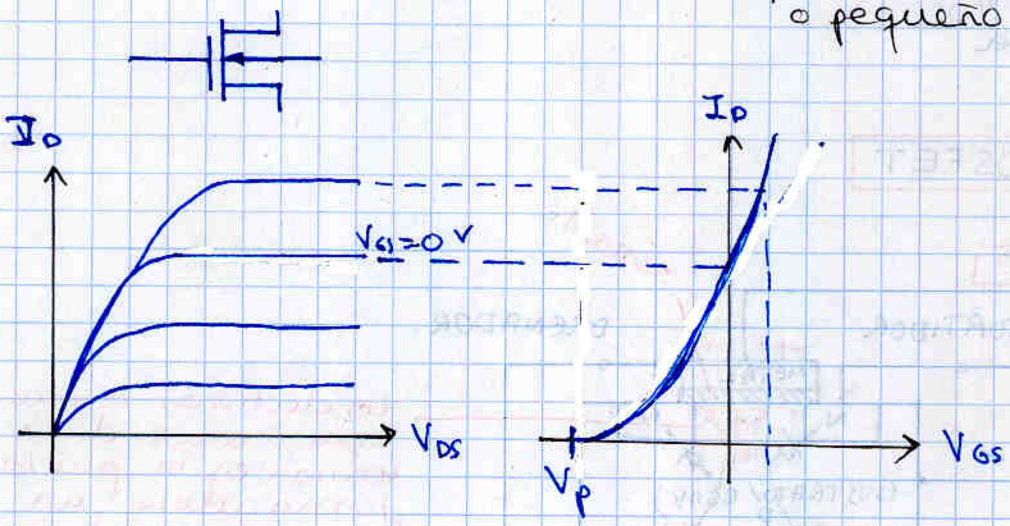


MOSFET ACUMULACIÓN CANAL N

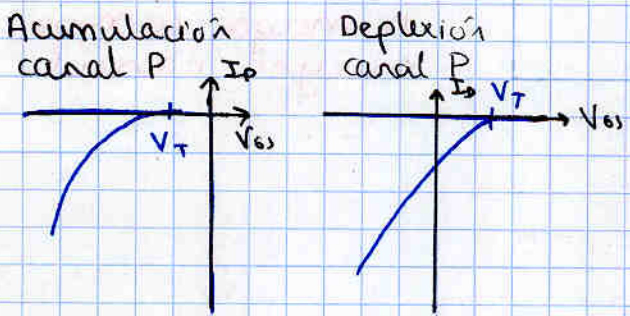


MOSFET DEPLEXIÓN CANAL N

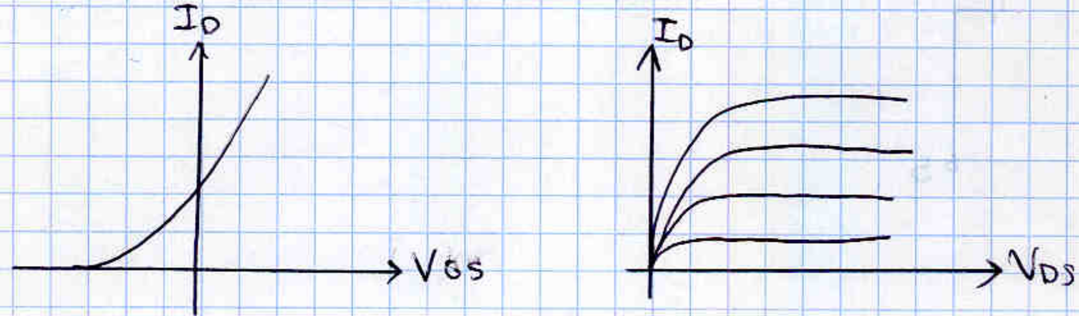
(el canal ya existe, podemos hacerlo grande o pequeño)



Conduce aunque V_{GS} sea cero



Cuestión - Septiembre 2002



¿De qué tipo es? MOSFET deplexión canal N

(V_{GS} positivo y negativo)