

ELECTRÓNICA

Guía de estudio 24:

TBJ – Recta de carga dinámica

Nivel: Secundario - Modalidad Educación Técnico-Profesional.

Ciclo: Segundo ciclo.

Especialidades: Electrónica, Electricidad.

Introducción

En esta guía, mediante el estudio de la recta de carga dinámica se analizarán conceptos como recorte por corte y por saturación de la señal de salida y máxima excursión simétrica. Se ve el circuito en alterna y la forma en que cambia su configuración respecto del de continua.

¿Qué estamos aprendiendo?: Recta de carga dinámica.
Se sugiere ver la guía "23 TBJ en alterna" antes de iniciar esta guía.

Materiales de Estudio

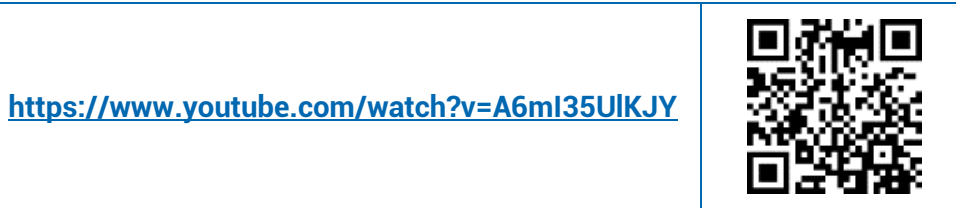
Recursos: Video "Recta de Carga Dinámica y Máxima Variación Simétrica":

<https://www.youtube.com/watch?v=A6mI35UIKJY>



Conceptos relevantes, explicaciones y ejercitaciones.

Usaremos el video "Recta de Carga Dinámica y Máxima Variación Simétrica":



Ejercicio N° 1

Leer las siguientes preguntas, luego ver el video e ir respondiendo las preguntas.

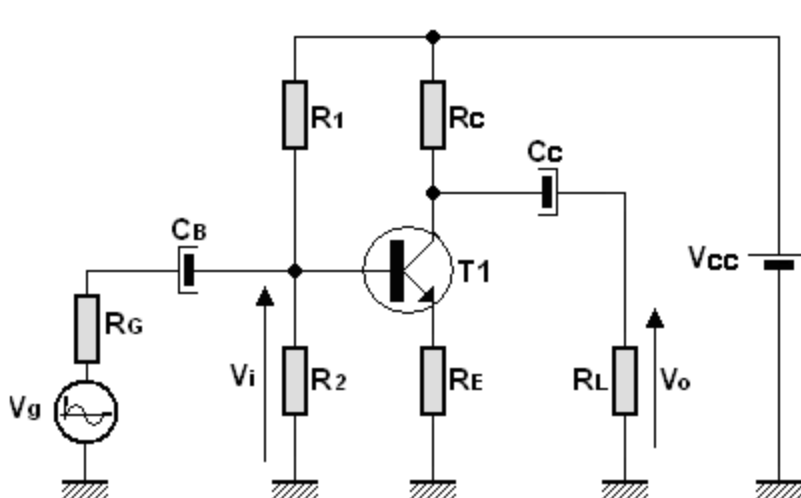
- ¿La recta de carga dinámica se obtiene con el circuito de continua o con el de alterna?
- ¿En el colector de un transistor que funciona como amplificador, hay solo continua, solo alterna o continua con alterna superpuesta?
- ¿es cierta la siguiente afirmación? En el video, para alterna, escribe la expresión de i_c en función de v_{ce} . Luego, como la corriente total es continua más alterna, despeja la alterna y la reemplaza en la expresión anterior. Despeja la corriente total y obtiene la recta de carga dinámica.
- ¿La recta de carga dinámica pasa por el punto de trabajo de la recta de carga estática?
- ¿La pendiente de la recta de carga dinámica es mayor o menor que la pendiente de la recta de carga estática?
- ¿Cuál es la pendiente de la recta de carga dinámica? Llamemos a ese paralelo de resistencias "resistencia de carga de alterna" ya que es lo que el transistor "ve" a su salida como resistencia de carga en el circuito de alterna.
- ¿Cuánto hay que sumarle a I_{CQ} para obtener la ordenada al origen? Llamemos a ese valor ΔI_C .
- ¿ ΔI_C es V_{CEQ} dividido la resistencia de carga de alterna?
- ¿Cuánto hay que sumarle a V_{CEQ} para obtener la abscisa al origen? Llamemos a ese valor ΔV_{CE} .
- ¿ ΔV_{CE} es I_{CQ} por la resistencia de carga de alterna?
- ¿Se puede obtener el gráfico de la RCD si hallamos los puntos donde corta a los ejes con $I_{CQ} + \Delta I_C$ y $V_{CEQ} + \Delta V_{CE}$?
- ¿Qué es máxima excursión simétrica?

- m) ¿Si aumenta la amplitud de la señal senoidal de entrada del amplificador del video, la senoidal de salida recorta primero por corte o por saturación?
- n) ¿Cuál de las dos es la tensión V_{ce} pico positiva y cuál la negativa, V_{CEQ} o ΔV_{CE} ?
- o) Si $V_{CEQ} = \Delta V_{CE}$, ¿hay máxima excursión simétrica?
- p) Si $V_{CEQ} < \Delta V_{CE}$, ¿la señal de salida recorta primero por corte o por saturación?
- q) Si $V_{CEQ} > \Delta V_{CE}$, ¿la señal de salida se distorsiona primero por corte o por saturación?
- r) Si V_{CEQ} y ΔV_{CE} no son iguales, ¿cuál es el máximo valor de la tensión de salida sin que haya recorte?

Ejercicio N° 2

Luego de leer la explicación, para el circuito de la siguiente figura se pide:

- a) ¿Qué configuración es?
- b) ¿Qué función cumplen los capacitores C_B y C_C ?
- c) Determinar el punto de reposo (I_{CQ} y V_{CEQ}) y las tensiones de los tres electrodos del transistor respecto de común (V_{BQ} , V_{EQ} y V_{CQ}).
- d) ¿La salida recorta primero por corte o por saturación?
- e) Calcular el máximo valor eficaz (señal senoidal) de la tensión de salida V_o sin que haya recorte.



DATOS

$\beta = 200$
 $V_{CC} = 24V$
 $R_1 = 270\text{ K}\Omega$
 $R_2 = 33\text{ K}\Omega$
 $R_C = 10\text{ K}\Omega$
 $R_E = 2\text{ K}\Omega$
 $R_L = 10\text{ K}\Omega$

HALLAR

I_{CQ}
 V_{CEQ}
 V_{BQ}
 V_{EQ}
 V_{CQ}
 R_{CE}
 R_{CD}
 V_{OMAX}

Análisis en continua

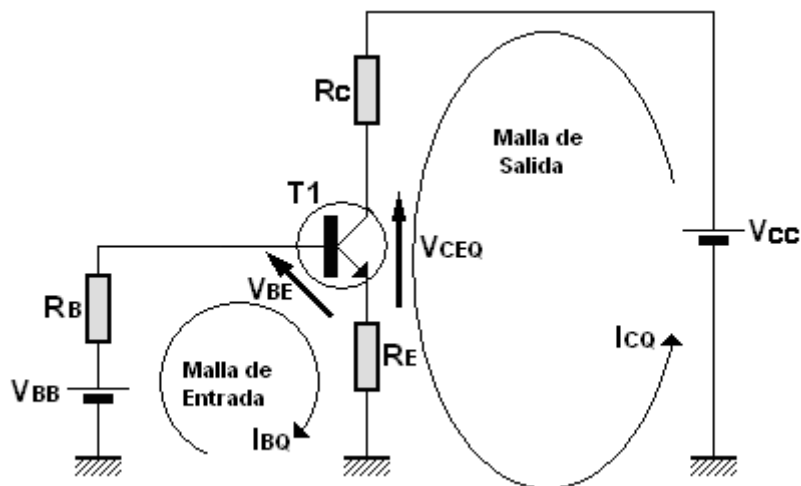
Circuito equivalente de continua

1º) Resolución de la malla de entrada

Abriendo la conexión de la base y observando hacia el divisor de tensión formado por R1 y R2, podemos plantear el circuito equivalente de Thévenin:

$$V_{BB} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$



Circulando por la malla de entrada se puede obtener la corriente de colector:

$$V_{BB} - I_{BQ} \cdot R_B - V_{BE} - I_{EQ} \cdot R_E = 0$$

Donde I_{EQ} es aproximadamente I_{CQ} y la corriente de base es I_{CQ}/β

$$V_{BB} - \frac{I_{CQ}}{\beta} \cdot R_B - V_{BE} - I_{CQ} \cdot R_E = 0$$

Despejando la corriente de colector:

$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BE}}{\frac{R_B}{\beta} + R_E}$$

2º) Resolución de la malla de salida

$$V_{CC} - I_{CQ} \cdot R_C - V_{CEQ} - I_{CQ} \cdot R_E = 0$$

Esta ecuación nos permite obtener dos expresiones:

Tensión colector emisor (despejamos V_{CE}): $V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ} \cdot (R_C + R_E)$

Recta de carga estática RCE (despejamos I_C): $I_C = \frac{V_{CC}}{R_C + R_E} - \frac{1}{R_C + R_E} \cdot V_{CE}$

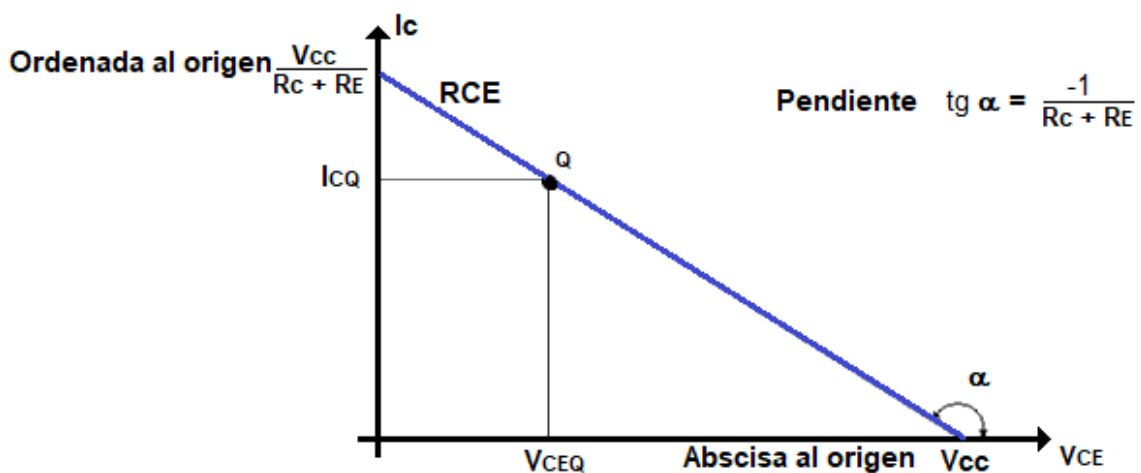
En la expresión de la recta de carga estática podemos distinguir:

- La ordenada al origen para la cual I_C es máxima y $V_{CE}=0$, como el lugar donde la recta corta al eje I_C : $\frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$
- La pendiente: $-\frac{1}{R_C + R_E}$
- La abscisa al origen es el lugar en el cual la recta de carga estática corta al eje V_{CE} , por lo que $I_C=0$ y de la expresión de la RCE se ve que debe ser: $V_{CE} = V_{CC}$

A la RCE la podemos definir como el lugar geométrico de los infinitos puntos de polarización impuestos por el circuito externo al transistor.

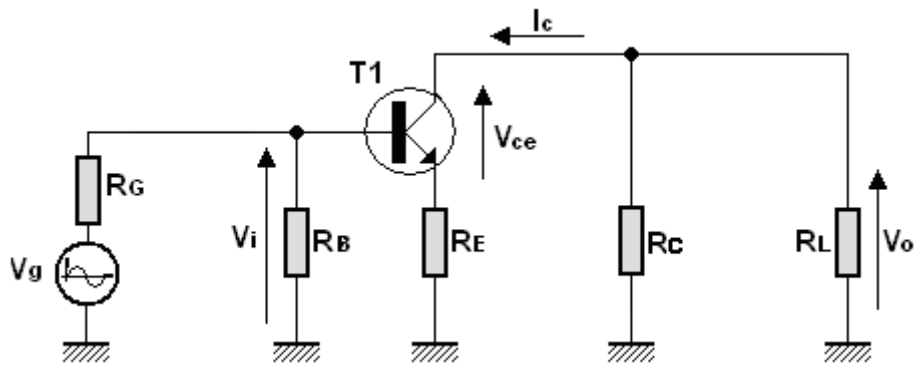
En el caso de encontrarse el punto de polarización en las cercanías de la ordenada al origen, el transistor tendrá la máxima corriente de colector y la mínima tensión colector emisor. Decimos que el transistor se encuentra saturado.

En el caso de encontrarse el punto de polarización en las cercanías de la abscisa al origen, el transistor tendrá la mínima corriente de colector y la máxima tensión colector emisor. Decimos que el transistor se encuentra cortado.



Análisis en alterna

Circuito de alterna



Comparando este circuito con el original, podemos ver que:

- Los capacitores de desacople no se encuentran ya que su única función es evitar que la corriente continua ingrese a la fuente de señal V_g y a la carga R_L . Estos capacitores son cortocircuitos para la alterna.
- La fuente de continua no se encuentra porque la corriente alterna puede circular a través de la misma. Las fuentes de continua son cortocircuitos para la alterna.
- R_1 y R_2 quedan en paralelo para formar R_B .

Para saber que configuración es el circuito, debemos observar por donde entra y sale la señal. En este circuito la señal del generador ingresa al transistor por el terminal de base y llega a la carga desde el colector. Si la entrada es por la base y la salida por el colector, el terminal común es el emisor. La configuración es **emisor común**.

La resistencia R_E que es común a la malla de entrada y a la malla de salida genera una realimentación entre entrada y salida, por lo que el amplificador es **emisor común con realimentación**. Si la resistencia R_E tuviera en paralelo un capacitor C_E , sería para la alterna un cortocircuito. No habría R_E en el circuito de alterna.

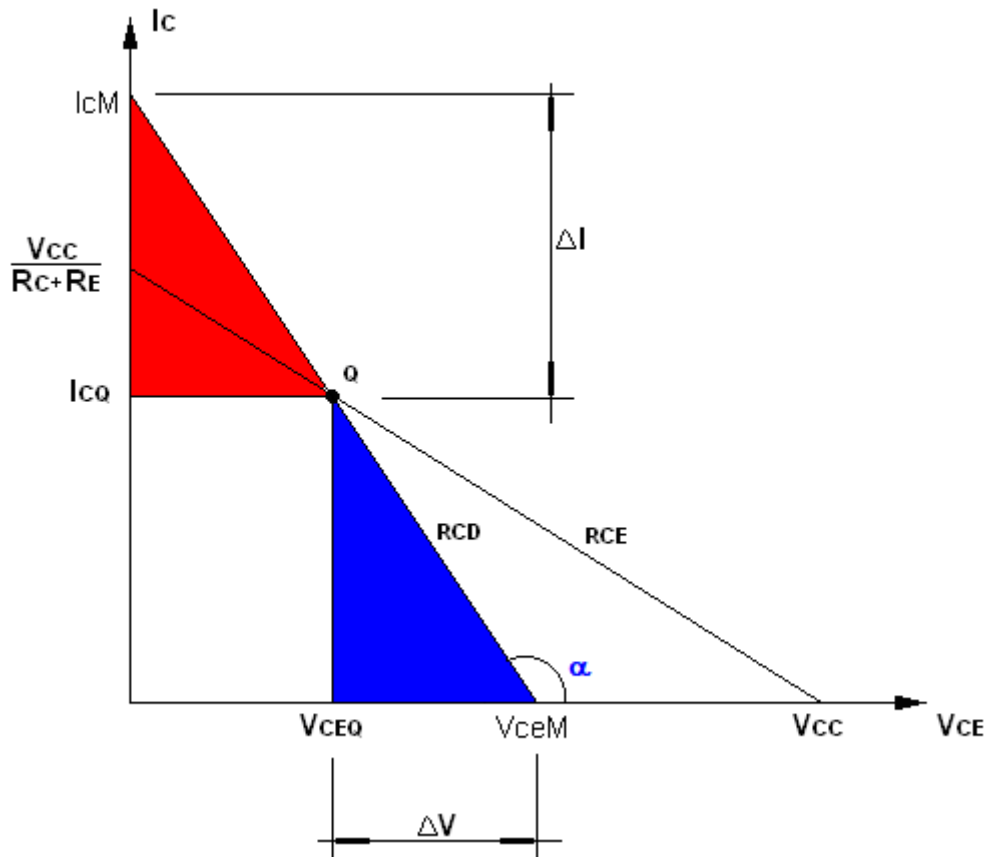
Planteando la ley de Kirchoff de las mallas en el circuito anterior:

$$V_{ce} + i_c \cdot [(R_C // R_L) + R_E] = 0$$

Esta ecuación nos permite obtener la **pendiente de la recta de carga dinámica** como relación entre i_c y V_{ce} :

$$\text{Pendiente} = \frac{i_c}{V_{ce}} = \frac{-1}{(R_C // R_L) + R_E}$$

La recta de carga dinámica RCD se puede trazar conociendo un punto por el que pasa (punto de trabajo Q) y la pendiente. Una vez trazada la recta sobre el mismo dibujo de la RCE, obtenemos ordenada al origen como $I_{CQ} + \Delta I$ y abscisa al origen como $V_{CEQ} + \Delta V$.



A partir del dibujo puede verse que la señal alterna puede pensarse como incrementos en torno al punto de reposo Q. Por lo tanto, la excursión máxima en el semiciclo positivo que puede tener la tensión de salida V_{ce} respecto de V_{ceQ} es:

$$V_{ceM} - V_{ceQ} = \Delta V.$$

Por trigonometría en el triángulo rectángulo azul:

$$\tan \alpha = \frac{I_{CQ}}{\Delta V} = \text{pendiente de la RCD} = \frac{-1}{(R_C // R_L) + R_E}$$

$$\Delta V = I_{CQ} \cdot [(R_C // R_L) + R_E]$$

Por trigonometría en el triángulo rectángulo rojo:

$$\tan \alpha = \frac{\Delta I}{V_{CEQ}} = \text{pendiente de la RCD}$$

Por lo tanto:

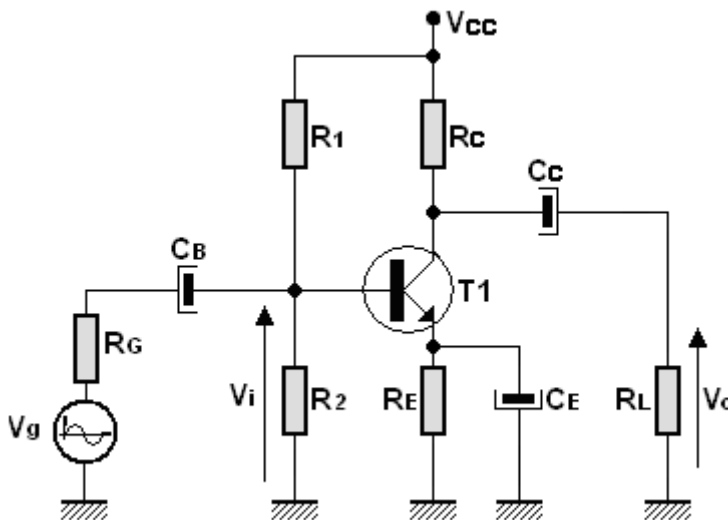
$$\Delta I = \frac{V_{CEQ}}{[(R_C // R_L) + R_E]}$$

Para seguir aprendiendo:

Ejercicio N° 3

Para el circuito de la siguiente figura se pide:

- ¿Qué configuración es?
- ¿Qué función cumplen los capacitores C_B y C_C ?
- Determinar el punto de reposo (I_{CQ} y V_{CEQ}) y las tensiones de los tres electrodos del transistor respecto de común (V_{BQ} , V_{EQ} y V_{CQ}).
- ¿La salida recorta primero por corte o por saturación?
- Calcular el máximo valor eficaz (señal senoidal) de la tensión de salida V_o sin que haya recorte.



DATOS

$\beta = 200$
 $V_{CC} = 24V$
 $R_1 = 270\text{ K}\Omega$
 $R_2 = 33\text{ K}\Omega$
 $R_C = 12\text{ K}\Omega$
 $R_E = 2\text{ K}\Omega$
 $R_L = 10\text{ K}\Omega$

HALLAR

I_{CQ}
 V_{CEQ}
 V_{BQ}
 V_{EQ}
 V_{CQ}
 R_{CE}
 R_{CD}
 V_{OMAX}