

PRÁCTICA 5.- POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR BIPOLAR

1. OBJETIVOS.

- Utilidad de los circuitos de polarización.
- Características de los diferentes métodos de polarización.
- Cálculo de las resistencias de polarización.

2. INTRODUCCIÓN.

Como ya se comentó en la práctica anterior, la importancia de los transistores reside en que una señal de baja potencia aplicada en la base puede gobernar otra señal de potencia muy superior aplicada al circuito colector-emisor. Lo cual, visto desde otro punto de vista, representa una amplificación de la señal de base.

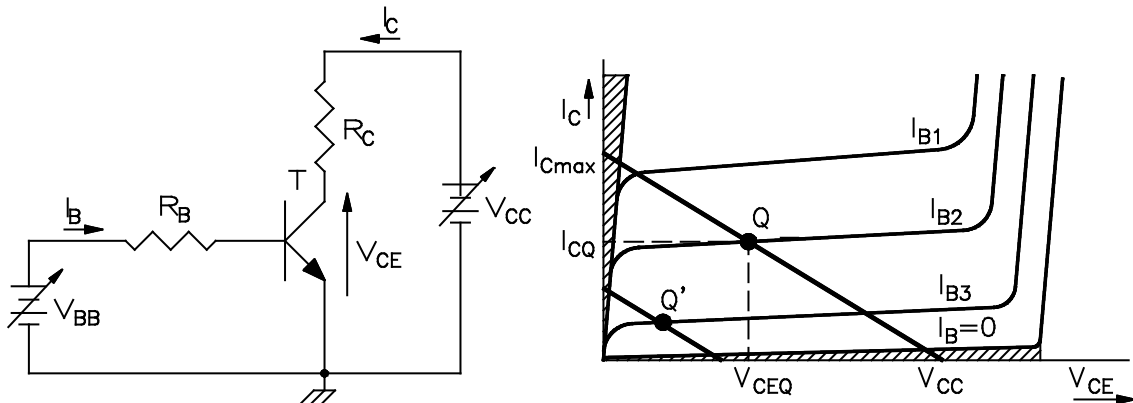


Fig.. 5. 1 : Familia de curvas.

Consideremos el montaje de la fig.5.1. Dependiendo del valor que tome I_B al variar la tensión V_{BB} en el circuito colector-emisor se tendrá :

- Si nos encontrásemos en corte $I_B = 0$, $I_C \approx 0$ y la tensión $V_{CE} \approx V_{CC}$.
- Si nos encontrásemos en saturación $I_B \neq 0$, $I_C \neq 0$ y la tensión $V_{CE} \approx 0.2$. En este último caso podríamos conocer el valor de I_C pues en la malla colector-emisor se cumple, al considerar 0.2 la tensión de colector-emisor :

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} \Rightarrow I_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{R_C} \quad (5.1)$$

Como es fácil de comprobar en la figura la variación de la corriente de base hace que el punto de funcionamiento Q se desplace a lo largo de una recta cuyos puntos de intersección con los ejes son $(0, I_{Cmax}=V_{CC}/R_C)$ y $(V_{CC}, 0)$. Igualmente se puede ver que dependiendo de los valores de V_{CC} y I_B (que a su vez depende de V_{BB}) se consigue que el punto de funcionamiento se encuentre en una zona intermedia entre la de corte y la de saturación, y la variaciones de I_C sea lineales (entre los puntos antes señalados).

Por ejemplo, en el punto Q' si la corriente de base pasase a ser I_{B2} la corriente de colector aumentaría, llevando al transistor a la zona de saturación.. Si nos encontrásemos en el punto Q y aumenta la corriente de base a I_{B2} , la corriente de colector aumentará, pero el transistor continúa en la zona activa.

Por tanto utilizando dos fuentes de tensión continua como en Fig.5.1 podemos fijar un punto de funcionamiento de modo que ante la superposición de una señal oscilante en la base se produzcan variaciones lineales de la corriente de colector dentro de la región activa. Al hecho de fijar un punto de trabajo origen se le llama polarización.

La utilización de dos fuentes de continua puede simplificarse, empleando una sola fuente y una red de resistencias. Según la configuración empleada nos encontraremos ante uno u otro método de polarización. Los circuitos más comunes son: *de polarización fija*, *de polarización y realimentación por resistencia de emisor*, *de polarización y realimentación por resistencia de colector* y *de polarización por divisor de tensión*.

3. POLARIZACIÓN FIJA.

Conocido el transistor y su familia de curvas se traza la recta de carga sobre la que deseamos se desplace el punto de trabajo. Dicha recta nos fijará los valores de V_{CC} y R_C . Sobre dicha recta elegimos el punto de trabajo que vendrá definido por la elección de una corriente de base. De este modo de la figura 5.2 podríamos escribir:

$$V_{CC} = R_B I_B + V_{BE} \quad (5.2)$$

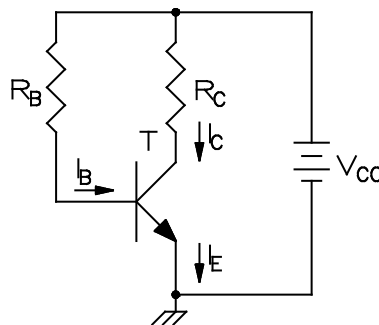


Fig.5.2 : Polarización fija.

Donde $V_{BE}=0.7$. Luego podremos escribir :

$$V_{CC} - 0.7 = R_B I_B \quad (5.3)$$

Definido el punto de trabajo conoceremos el valor que debe tener R_B para que circule I_B , se puede intuir que el valor de dicha resistencia será de un valor elevado.

Este tipo de polarización tiene como principal inconveniente el no ser útil ante una sustitución del transistor, pues fácilmente nos encontraríamos con una β diferente debido a la dispersión de los parámetros del transistor que se produce en la fabricación. Igualmente tiene el inconveniente de no admitir cambios de temperatura. Ya que de aumentar la temperatura I_C crecería, si además se produce ocasionalmente un aumento de I_B nos encontraríamos con un nuevo aumento de la corriente de colector pudiéndose llegar por ello a la saturación, no consiguiéndose un punto Q estable.

Por las razones antes comentadas este método de polarización no es utilizado salvo en determinadas ocasiones para transistores que trabajan en corte y saturación y no en la región activa.

4. POLARIZACIÓN FIJA CON REALIMENTACIÓN DE EMISOR.

Este montaje resulta de una mejora realizada al anterior. Ya que introduce una realimentación, es decir, el circuito detecta las diferencias que se producen sobre los valores que se consideran han de tomar las corrientes de base y de colector para este circuito.

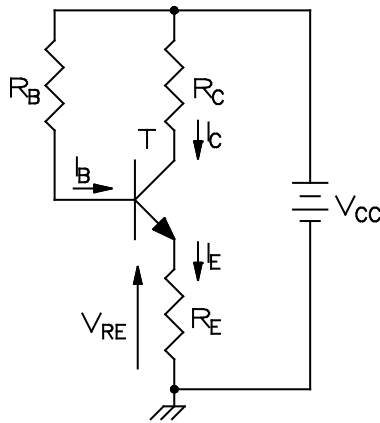


Fig.5.3 : Polarización fija con realimentación de emisor.

Del esquema de la figura 5.3 podemos escribir :

$$V_{CC} = R_B I_B + V_b \Rightarrow R_B I_B = V_{CC} - V_b \quad (5.4)$$

donde $V_b = V_{BE} + R_E I_E$ y el valor de R_B será menor que en el caso anterior.

En este circuito ante un aumento de β o de la temperatura (que significaría un aumento de I_C) provocará un aumento en V_b y por tanto por (5.4) una disminución de I_B . Esta disminución compensaría el aumento producido en I_C , manteniéndose estable al no producirse desajustes. Este autoajuste se debe a que la tensión del emisor no es fija como en el caso anterior que siempre se encontraba a 0V. Si no que es variable dependiendo del valor de I_C y de R_E . Para que pequeñas variaciones en I_C fuesen corregidas R_E debería de ser elevado para que el factor $R_E I_E$ sea más importante. Pero si dicho factor crece V_{RC} y V_{CE} disminuirían, como se deduce por la ecuación 5.5, pudiendo entrar el transistor en saturación. Esto hace que tampoco sea el circuito ideal de polarización.

$$V_{CC} = V_{RE} + V_{RC} + V_{CE} \quad (5.5)$$

Se suele elegir $R_E = R_C/4$.

5. POLARIZACIÓN CON REALIMENTACIÓN DE COLECTOR.

Ahora el potencial de que se alimenta la base no es fijo, sino variable al tomarse del colector.

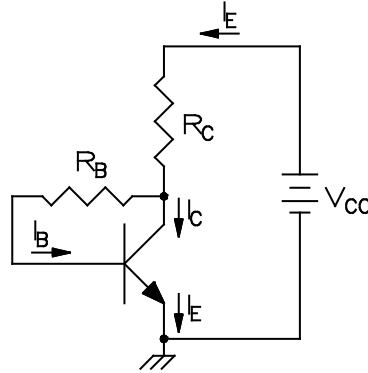


Fig.5.4 : Polarización con realimentación de colector.

Analizando la malla de colector-emisor se obtienen los puntos que determinan la recta de carga :

$$V_{CC} = (I_C + I_B)R_C + V_{CE} \quad (5.6)$$

donde la corriente de base se puede despreciar ante la de colector, por ello para $I_C = 0 \Rightarrow V_{CE} = V_{CC}$ y para $V_{CE} = 0 \Rightarrow I_C = V_{CC}/R_C$. Junto con la recta de carga y la familia de curvas características del transistor podemos fijar el punto de trabajo, conociendo así la I_B . Analizando la malla de la base podremos calcular R_B :

$$V_{CC} = (I_C + I_B)R_C + I_B R_B + V_{BE} \quad (5.7)$$

ecuación donde también podemos despreciar la corriente de base frente a la de colector,

$$V_{CC} = I_C R_C + I_B R_B + V_{BE} \quad (5.8)$$

despejando :

$$R_B = \frac{V_{CC} - (I_C R_C + V_{BE})}{I_B} \quad (5.9)$$

Conocidas las ecuaciones que rigen el comportamiento de este circuito analicémoslo : un aumento de la corriente de colector debida a un aumento de β o de la temperatura originará un aumento de la c.d.t en R_C y por tanto una disminución de V_{CE} como se puede deducir de (5.6), también significa una disminución en la c.d.t. en R_B , o lo que es lo mismo, una disminución en I_B . Esta disminución hará que la corriente de colector vuelva a sus valores originales. Observar que con este circuito no se puede llegar a la saturación pues aunque $R_B=0 \Rightarrow V_{CE}=V_{BE}=0,7V$.

6. POLARIZACIÓN POR DIVISOR DE Tensión O AUTOPOLARIZADO.

En los anteriores circuitos de polarización los valores de la corriente y tensión de polarización depende de β (ganancia en corriente). Pero este valor varía sensiblemente con la temperatura y además no está perfectamente definido, por estas razones sería deseable obtener un circuito de polarización que sea independiente de la beta del transistor. El circuito de la figura 5.5 cumple esta condición y por ello es muy común.

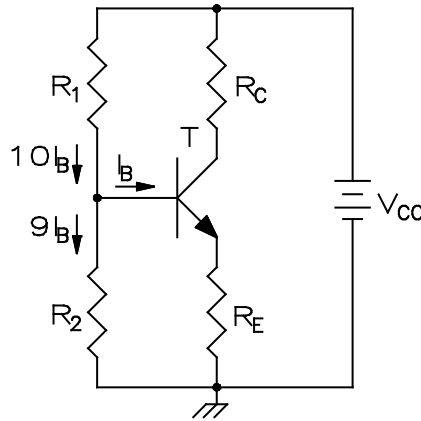


Fig.5.5 : Polarización por divisor de tensión o autopolarización.

En dicho montaje la tensión de la base se podrá escribir como :

$$V_B = V_{BE} + I_C R_E = V_{BE} + V_E \quad (5.10)$$

Si V_B se mantiene constante, las variaciones de I_B serán controladas por las variaciones de V_{BE} . Ante un aumento de I_C aumentará igualmente V_E lo que significará una disminución de V_{BE} y de I_B , corrigiendo la desviación de I_C .

Para que la tensión V_B se pueda considerar constante es necesario que la corriente que circula por R_1 sea mucho mayor que la corriente de base, corriente esta última de pequeña magnitud. Se suele tomar como valor práctico 10 veces la corriente de base.

$$V_B = (I_{R_1} - I_B) R_2 \approx I_{R_1} R_2 \quad (5.11)$$

Con los parámetros que definen el punto Q se pueden conocer los valores de las resistencias R_1 y R_2 :

$$R_2 = \frac{V_B}{9I_B}; \quad R_1 = \frac{V_{CC} - V_B}{10I_B} \quad (5.12)$$

En el calculo el valor de beta no se ha usado. La tensión en la base se fija mediante las resistencias R_1 y R_2 .

Se puede hacer para el mismo circuito un análisis más exhaustivo empleando el equivalente Thévenin del divisor de tensión formado por R_1 y R_2 mostrado en la figura 5.6, y se obtiene:

$$R_{BB} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad (5.13)$$

La tensión equivalente Thévenin es

$$V_{BB} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \quad (5.14)$$

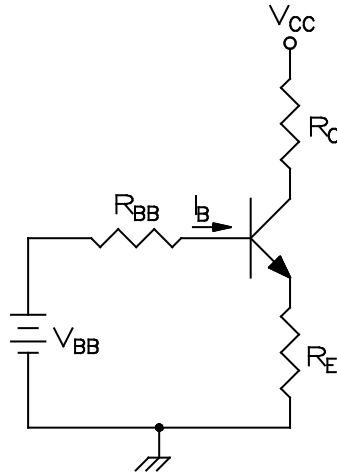


Fig. 5.6. Circuito equivalente empleando el teorema de Thévenin.

Tendremos por tanto en la malla de entrada

$$V_{BB} = I_B R_{BB} + V_{BE} + I_E R_E \Rightarrow I_B \approx \frac{V_{BB} - V_{BE}}{R_{BB} + I_C R_E} \quad (5.15)$$

Por otro lado, en la malla de salida obtendremos :

$$V_{CC} = I_C R_C + V_{CE} + I_E R_E \Rightarrow V_{CE} \approx V_{CC} - (R_C + R_E) I_C \quad (5.16)$$

Es aconsejable escoger, también en este caso, $R_C = 4 R_E$.