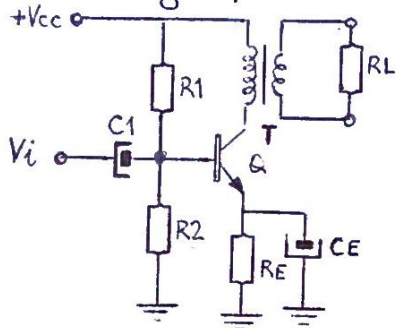


Amplificador en Clase A con ACOPLAMIENTO POR TRANSFORMADOR

Cuando los amplificadores con transistores suministran potencias apreciables ya no pueden emplearse resistencias en los circuitos de Colector, debido a que las corrientes intensas, asociadas a las potencias elevadas provocarían grandes pérdidas por efecto Joule en dichas resistencias. Entonces se acopla el circuito a la carga por medio de un transformador.

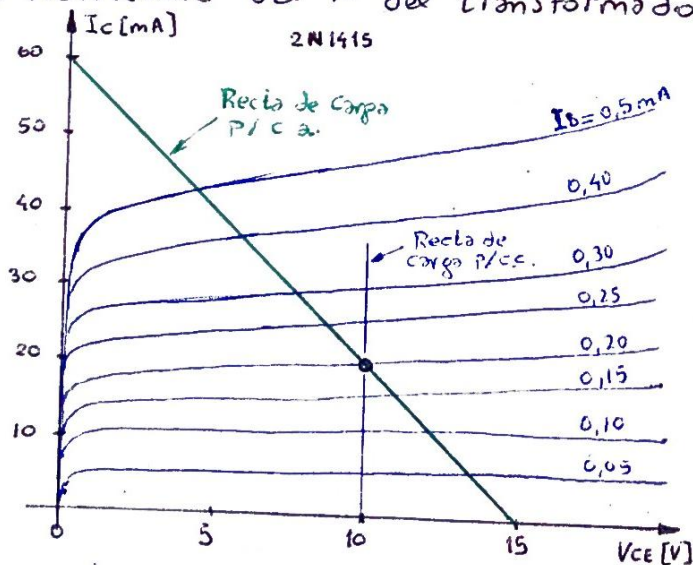


Ej: $R_1 = 4,9k\Omega$ $C_1 = 10\mu F$
 $R_2 = 150\Omega$ $C_2 = 100\mu F$
 $R_E = 2\Omega$ $Q = 2N1415$
 $T (\text{rel. } 10:1)$

La intensidad de c.c. del colector circula por el devanado 1º e introduce en la resistencia de éste una pequeña pérdida de potencia, no obstante proporciona, la resistencia reflejada en R_L en el 1º, la impedancia de carga p/c. adecuada para el amplificador.

Además el transformador adapta la impedancia de salida del amplificador a cualquier impedancia de carga.

La recta de carga en c.c. es casi vertical a causa de la pequeña resistencia del 1º del transformador.



La recta de carga p/c.a. correspondiente a la resistencia de carga reflejada R_L' vista desde el 1º del Trafo de salida pasa por el pto. de trabajo y su pendiente es $-\frac{1}{R_L'}$

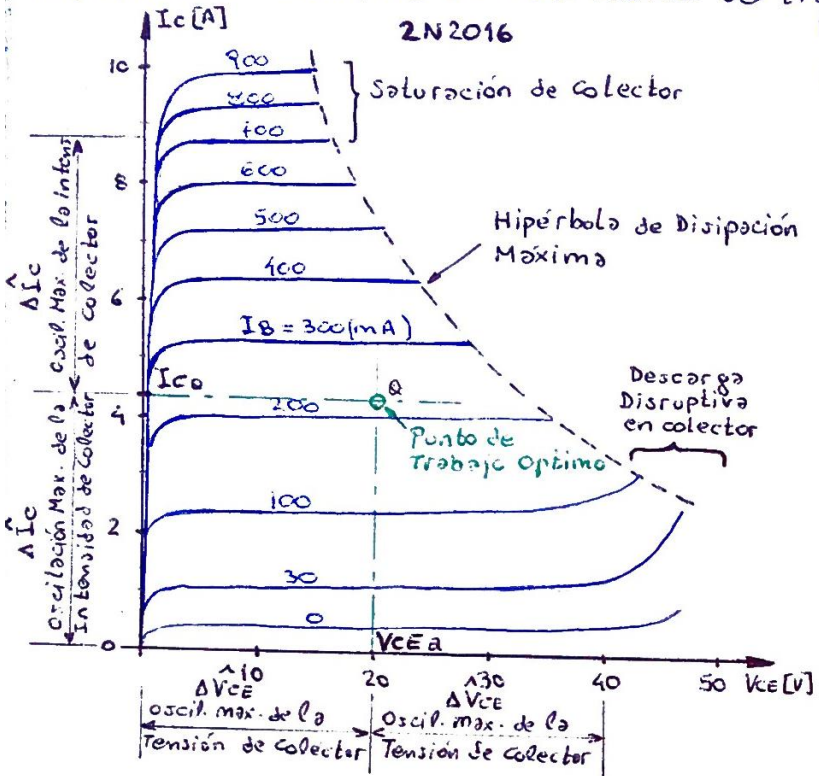
$$\text{Si } R_L = 2,5[\Omega] \Rightarrow$$

$$R_L' = \left(\frac{10}{1}\right)^2 \cdot R_L = 100 \cdot 2,5 = 250[\Omega]$$

El punto de trabajo de un amplif. de potencia se elige de manera q' haga máximo el rendimiento y mínima la inestabilidad térmica. La disipación de potencia en el transistor debida a la corriente de colector está limitada por la elevación permisible de temp. de la unión colector. Si T es la temp. máxima admisible por dicha unión, la disipación de potencia no debe

12] Superar a: $\hat{P} = k \cdot \hat{T}$ donde k es una cte. donde interviene la conductancia térmica y otros factores geométricos.

Esta potencia máxima resulta del producto de $\hat{V}_{CE} \cdot \hat{I}_C$ y da como resultado una función hiperbólica denominada de disipación máxima. El dominio de funcionam. del transistor es por lo tanto a la izquierda de esta hipérbola.



Los transistores de potencia montados sobre un buen conductor de calor (Disipador) hacen mayor k y con ello se aleja aún más del origen la hipérbola de disipación máxima, ampliando el dominio de las corrientes y tensiones de funcionamiento.

El punto de trabajo se sitúa de manera q' puedan desarrollarse señales alternas de la mayor amplitud posible con el fin de obtener una máxima potencia de salida, con mínima distorsión.

El potencial instantáneo máximo de colector está limitado por la descarga disruptiva, la intensidad de corriente instantánea q' circula por el transistor corresponde a la saturación de colector, a la cual ya no aumenta la I_C cuando lo hace la I_E .

La onda de salida sufre una distorsión cuando se supera uno u otro límite quedando cortados los picos de la onda de la señal. Por lo tanto la posición optima del punto de trabajo es el centro del rectángulo delimitado por la tensión de descarga disruptiva (40V en el ej.) y la saturación de colector (8.7 A en el ej.).

El rendimiento de un amplificador de potencia es igual al cociente entre la potencia de la señal alterna y la potencia media o de c.c. consumida por el amplificador.

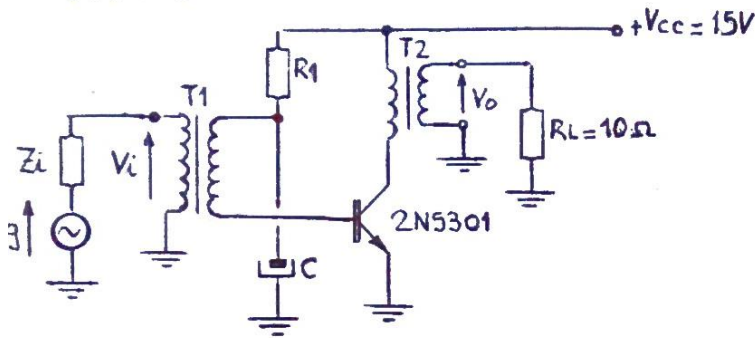
La potencia media no es más q' el producto de la corriente por la tensión de colector en el punto de trabajo ($I_{CQ} \cdot V_{CEQ}$) y la potencia de la señal alterna es $(\frac{\Delta I_C}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\Delta V_{CE}}{\sqrt{2}})$

Como $\Delta I_C = I_{CQ}$ y $\Delta V_{CE} = V_{CEQ}$

$$\Rightarrow \eta = \frac{\frac{I_{CQ}}{\sqrt{2}} \cdot \frac{V_{CEQ}}{\sqrt{2}}}{I_{CQ} \cdot V_{CEQ}} = \frac{1}{2} \text{ o } 50\%$$

En la práctica se alcanzan rendimientos del 48%.

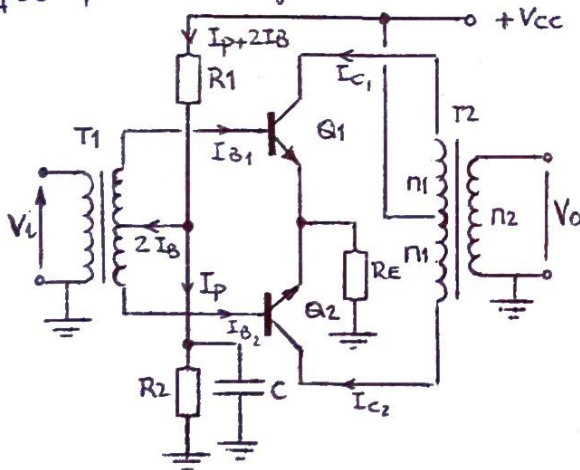
A veces es necesario también adaptar la impedancia de la [3] Fuente de señal a la de entrada del amplificador, que como ya dijimos el valor óptimo disminuye la distorsión en la tensión de entrada.



Cálculo ver Lección 131-132-133

AMPLIFICADOR PUSH-PULL EN CLASE A (EN CONTRAFASE) *

Este amplificador presenta mayor potencia de salida, mayor rendimiento y menor distorsión que el circuito con un solo transistor. El transformador de entrada acciona uno u otro transistor con señales que están en oposición de fase (180°) y que posee un punto medio (Bifásico).

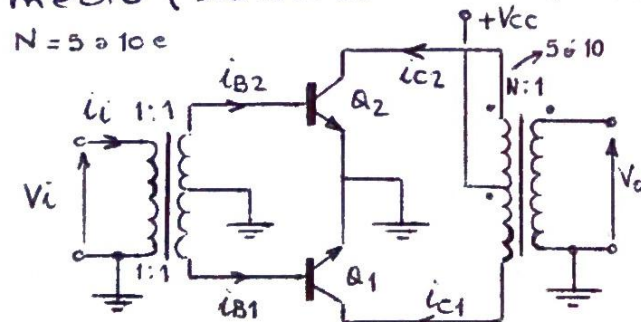


Las corrientes amplificadas de los colectores se combinan en el transformador de salida; también con punto medio, que además también adapta la impedancia como el de entrada. El amplif. push-pull en clase A se utiliza poco debido a que la alta corriente de reposo origina potencia a disipar en los transistores, lo cual disminuye el rendimiento del circuito. Por lo que

es más utilizado el push-pull clase B.

AMPLIFICADOR PUSH-PULL EN CLASE B

El acoplamiento es también por transformador con punto medio (Desfasador de 180°). Pero la diferencia del anterior



cada transistor trabaja durante $\frac{1}{2}$ ciclo de la señal sinusoidal de entrada

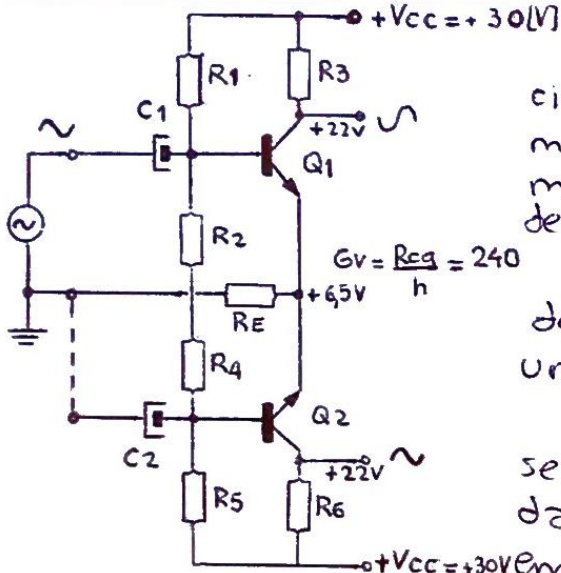
no se aplica ninguna polarización base-emisor, así la corriente de un transistor deja de ser nula solo cuando la señal aplicada polariza adecuadamente al transistor.

Cada transistor trabaja durante $\frac{1}{2}$ ciclo de la señal sinusoidal de entrada

La salida recibe la señal combinada nuevamente en el transformador de salida.

La potencia media de la etapa es igual a la potencia media de un semiciclo de la onda, ya que en el momento solo conduce un transistor. Por lo tanto el rendimiento es de: $\eta = \frac{P_o}{P_{cc}} = \frac{(V_c/I_c)(I_c/I_c)}{\int_0^{\pi} V_c \cdot I_c} = \frac{\pi}{4} = 0,785 \Rightarrow \eta\% = 78,5\%$

AMPLIFICADOR DE ACOPLAMIENTO ENTRE EMISORES



- $R_1, R_5 = 33 \text{ k}\Omega$
- $R_2, R_4 = 10 \text{ k}\Omega$
- $R_3, R_6 = 5 \text{ k}\Omega$
- $R_E = 2 \text{ k}\Omega$
- $Q_1, Q_2 = 2N3638A$
- $C_1, C_2 = 1 \mu\text{F}$
- $V_{cc} = +30 \text{ V}$
- $V_c = 22 \text{ V}$
- $V_E = 6,5 \text{ V}$

Este amplif. se suele hallar en circuitos integrados, puesto que suministra una ganancia razonablemente elevada sin la necesidad de emplear un capacitor de Emisor.

El amplif. consiste en un par de etapas en EC que comparten una misma resistencia de emisor.

Siempre q' el amplif. superior sea atacado por una señal de entrada y el inferior no lo sea, el emisor de la etapa inferior representa una resistencia dinámica baja y la RE resulta derivado.

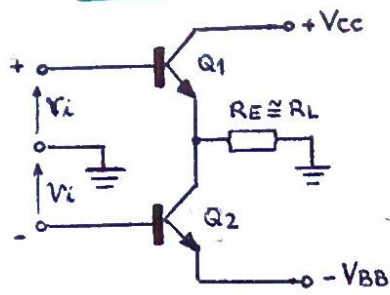
La impedancia del emisor se reduce aún más cuando la base inferior es

conectada a tierra. El capacitor situado en la base deberá ser β veces menor q' un capacitor equivalente situado en el emisor. La RE de valor relativamente elevado, hace q' las componentes alternas de las corrientes de emisor sean repartidas y es causa de que la señal de salida se divida en partes iguales entre ambos extremos.

Puesto q' los colectores suministran las mismas señales en fase opuesta el amplif. se conoce con el nombre de PARAFASE o INVERSOR de FASE cuando se lo emplea para acoplar un amplif. de un solo extremo o polo a un amplif. de potencia SIMETRICO o de COMPENSACION (Push-Pull).

El amplif. de acoplamiento entre emisores recibe el nombre de PAR DIFERENCIAL (Long Tail) cuando la resistencia de los emisores se incrementa mediante la inclusión de una fuente de tensión q' se oponga a la caída de tensión continua.

AMPLIFICADOR PUSH-PULL de ACOPLAMIENTO DIRECTO

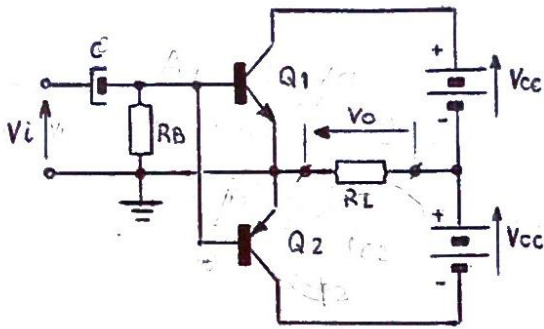


Un transformador es un dispositivo pesado costoso y generalmente de respuesta de frecuencia muy limitada. Para aumentar el ancho de banda de los amplifs. de potencia es necesario eliminar el transformador de salida. Conviene ajustar la polarización de los transistores Q_1 y Q_2 para que la tensión continua sobre R_E

sea nula. Se pueden polarizar los transistores para que trabajen en clase A o B.

El inconveniente de este circuito es la presencia de 2 fuentes de tensión (Fuente Partida).

AMPLIFICADOR CON SIMETRIA COMPLEMENTARIA



Esto es una aplicación muy interesante debido a su elevado rendimiento. La polarización de la base es nula en ambos transistores por lo que, en ausencia de señal ambos están al corte y el/la unidad funciona como amplificador en clase B. Por lo tanto, por el/la transistor solo circulará

corriente cuando la señal de entrada polarice su unión emisora directamente, esto ocurre en semiciclos alternados de la onda de tensión de entrada, a causa de las polaridades opuestas de los transistores. La señal de salida es una reproducción de la onda de entrada ya que el transistor Q_1 (NPN) se encarga de amplificar el semiciclo (+) de la corriente y el Q_2 (PNP) el semiciclo (-).

El elevado rendimiento se debe a que la corriente correspondiente al punto de trabajo es nula y el/la transistor funciona a lo largo de todo el dominio de sus características. Además las pérdidas por efecto Joule son pequeñas por ser nulas en todo momento las c.c. que circulan por la Resistencia de carga " R_L ".

El único inconveniente es que no es fácil fabricar transistores PNP y NPN de caract. exactamente iguales. Además la fuente de tensión con toma central constituye una complicación por no tener ningún terminal a tierra.

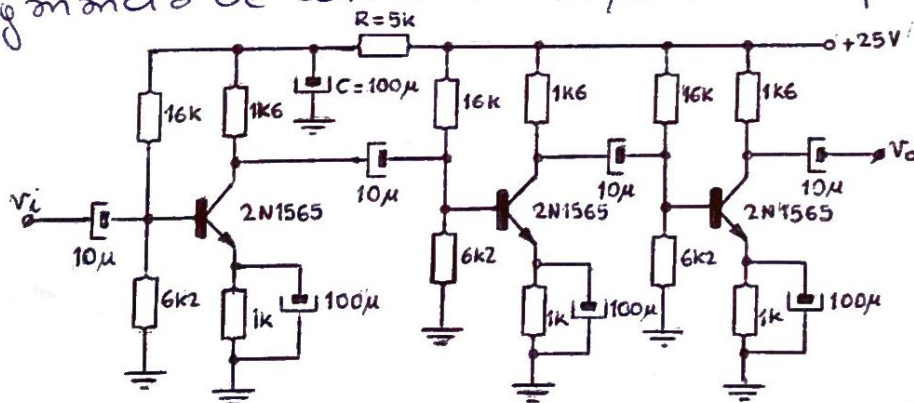
AMPLIFICADORES DE VARIAS ETAPAS

Cuando se necesita elevar la ganancia, podemos conectar varios etapas amplificadoras en "serie o cascada". Los amplifs. se conectan

fijan generalmente por la red de acoplamiento, puesto que esta determina los caracts. de frecuencia y controla la estabilidad del punto de reposo. Las etapas pueden acoplarse en cascada siempre que los niveles de las impedancias acopladas sean iguales y el circuito intermedio suministre una polarización adecuada para las etapas adyacentes. La salida de una etapa se conecta a la entrada de la siguiente a través de un capacitor que impide el paso de la c.c. y evita perturbaciones en la polarización. Se pueden obtener mayores ganancias por etapa mediante una elevada impedancia de carga de colector y empleando un transformador para igualar los niveles de impedancia y aislar la c.c., pero esta opción no es práctica porque los transformadores son caros, pesados y susceptibles de fallas.

La ganancia de tensión de un amplificador en clase A será: $A_{ve} = \beta \cdot \frac{R_L}{R_i}$ y para dos etapas será: $A_{ve} = \beta^2 \frac{R_L}{R_i}$ y así sucesivamente para más etapas. (R_L/R_i) es la relación de las impedancias de salida y de entrada. Esta relación no varía al agregar una etapa intermedia y la ganancia obtenida en n etapas sucesivas no puede exceder de un factor β adicional.

En un amplificador real no podemos obtener un factor mayor a 20 por cada etapa añadida, ya que resulta difícil que un transistor funcione con un β elevado porque la resistencia de colector y la siguiente de base derivan parte de la corriente de la señal a masa. Por consiguiente en una serie sucesiva de etapas, no se puede obtener una ganancia de corriente mayor 10 a 20 por etapa.



En el dibujo se muestra un circuito de 3 etapas y en él se observa un filtro RC (Pasa bajos) que sirve para "desacoplar" del resto del amplificador, la

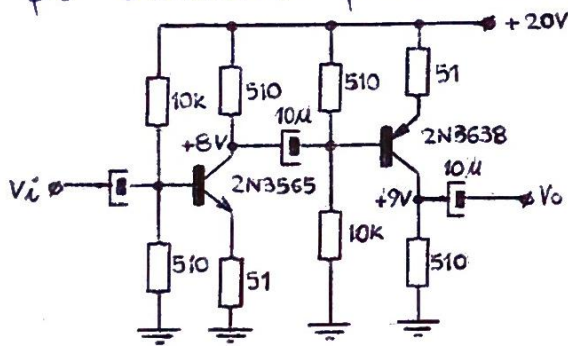
fuente de alimentación de la etapa de entrada. Esto es común cuando se tienen 3 etapas o más, debido a que la tensión de alimentación varía con la intensidad de la corriente a causa de la impedancia interna de la fuente de alimentación.

Cualquier pequeña variación de la tensión de la fuente altera la polarización de la 1ª etapa y dicha variación se amplifica igual que una señal de entrada.

Si la variación de la polarización aumenta la corriente en la 1ª etapa, la corriente en la 2ª disminuirá a causa de la rotación de fase de 180° que produce el amplif. en la entrada. En cambio en la 3ª etapa se intensifica la corriente por la misma causa, entonces la variación en la 3ª etapa será mucho mayor que la perturbación inicial a causa de la ganancia del amplif. La carga adicional produce una disminución de la tensión de la fuente alimentadora, esta a su vez vuelve a alterar la polarización de la 1ª etapa y el proceso se hace acumulativo. Las alteraciones prosiguen hasta que se lleva al estado de corte o saturación el transistor.

AMPLIFICADORES DE ACOPLAMIENTO RC

Derivar el emisor requiere de capacitores de emisor y de acoplamiento grandes (Caros). Entonces resulta más económico no derivar la RE, pero se debe añadir una etapa adicional para restablecer la ganancia.



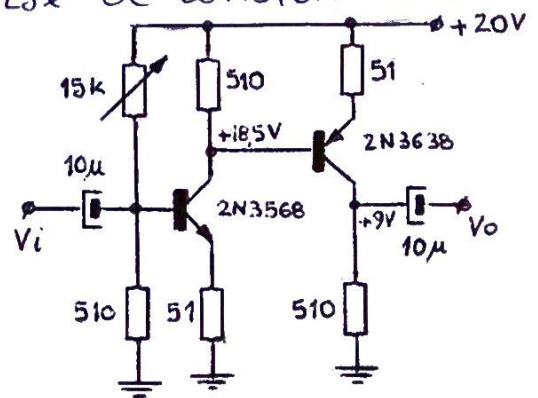
Esto se logra como se muestra en el circuito con un transistor NPN y otro PNP con acoplamiento RC.

Cada etapa tiene por sí misma una ganancia de casi 10 debido a que $R_c = 10 \cdot R_E$ y existe realimentación a través de la R_B .

Sin embargo, estando las etapas acopladas, la 1ª encuentra una resistencia de carga efectiva de c.a. igual a la mitad de la carga de la 2ª. Por ende la ganancia esperada en la 1ª vale 5. Entonces la ganancia total de tensión es 50 pero en la realidad ($A_v = 40$).

El capacitor de acoplamiento puede ser cortocircuitado sin que se modifique considerablemente el rendimiento, a condición de que se incremente la resistencia de polarización de la 1ª etapa en un 30% (13k Ω). La corriente de polarización de la 1ª etapa debe ser reducida puesto que la I_c de esta suministra parte de la corriente

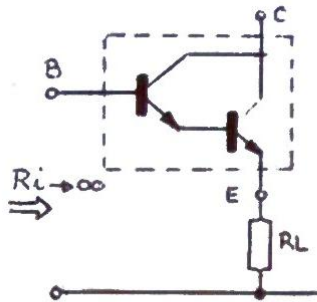
de polarización de la 2ª. Finalmente la R_E de polarización de la 2ª etapa y una de las resistencias intermedias pueden ser quitadas



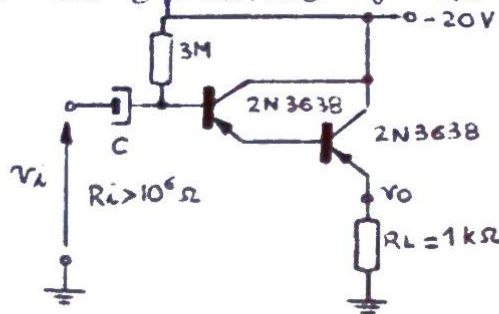
Si se disminuye nuevamente el valor de la corriente de polarización de la 1ª etapa. Estos cambios suben la ganancia total de tensión a $A_v = 70$.

ETAPA DARLINGTON

Esta es la forma más sencilla de acoplamiento directo, en la que un seguidor de emisor gobierna a otro seguidor de emisor, y es de suma utilidad como transformador de impedancias con una ancha banda de respuesta de frecuencia. La etapa Darlington posee una ganancia de tensión ligeramente inferior a la unidad ($A_v \approx 1$) y la ganancia de corriente es $A_i = \beta^2$ con lo que la impedancia de entrada se aproxima a $R_i = \beta^2 \cdot R_L$.



Etapa Darlington

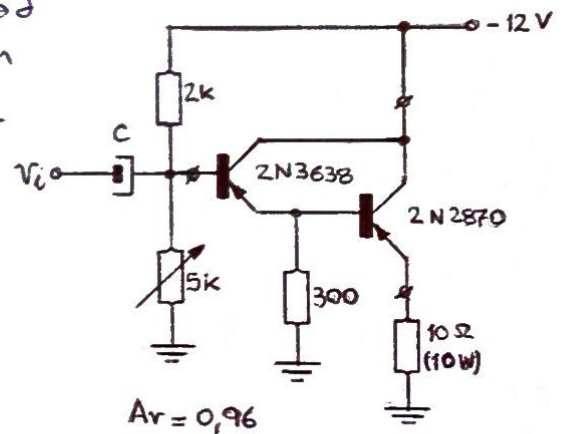


Amplif Darlington en montaje CC.

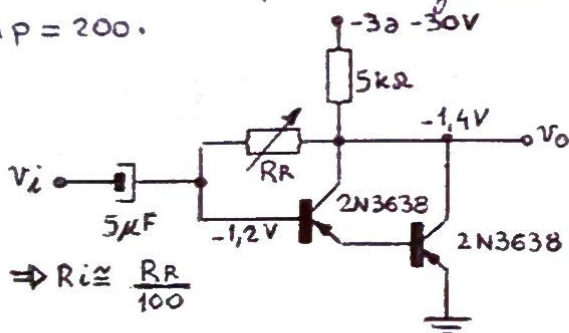
Las etapas Darlington se utilizan cuando la $R_i > 500[k\Omega]$

Cuando se necesita estabilidad frente a las variaciones de temperatura. También uniformidad y estabilidad de la ganancia total en corriente debemos preparar resistencias para limitar el factor S en ambas etapas.

El amplificador mostrado en la fig. posee un $S = 200$ y una $R_i = 2k\Omega$ con $R_L = 10\Omega$; $A_v \approx 1$ y $A_i = 200 \Rightarrow A_p = 200$.

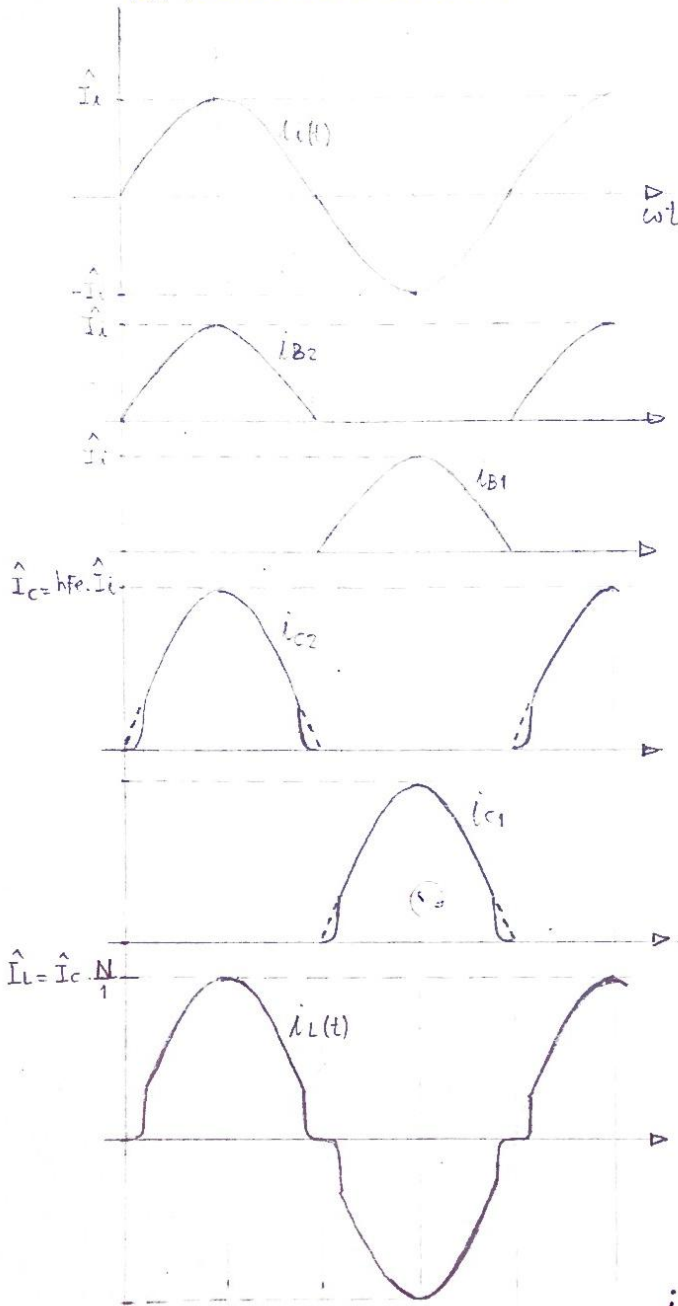


Amplificador con realimentación por el colector de un par CC-EC

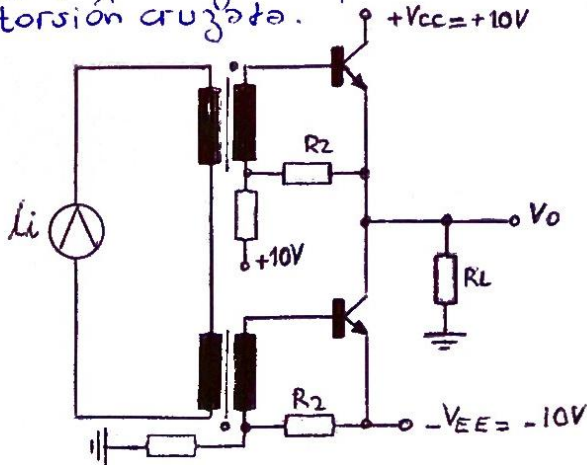


R_R	A_i	} $A_v = 100$
500k	100	
50k	10	
5k	1	

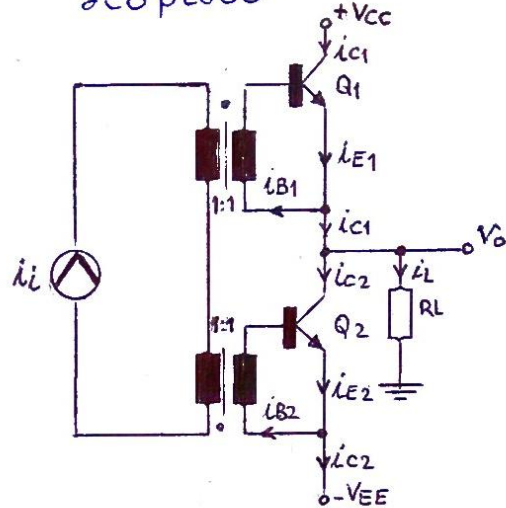
A. PUSH-PULL (Clase B)



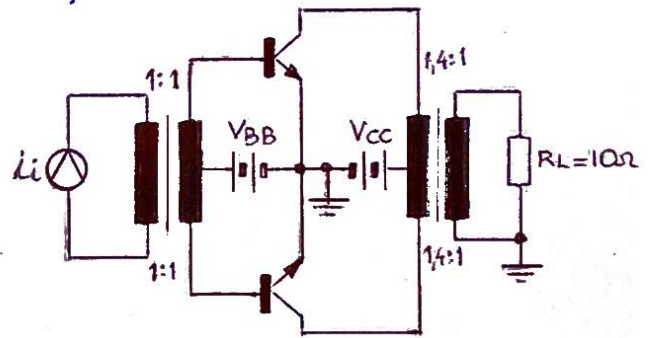
A. PUSH-PULL Direct. Acopl con redes de polarización p/ disminuir distorsión cruzada.



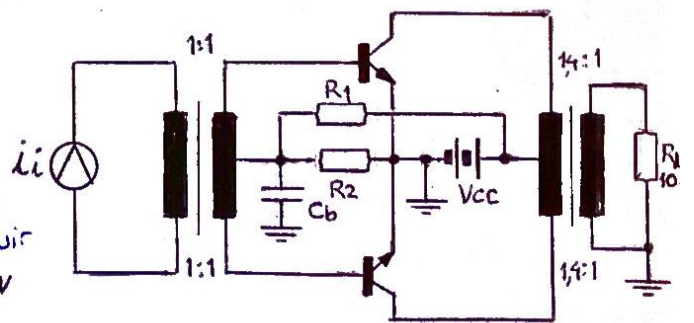
A. PUSH-PULL Directamente acoplado #



A. PUSH-PULL con Suministro de Polarización:
a) Por batería.



b) Por resistencia divisora *



Amplificador Simétrico Complementario

