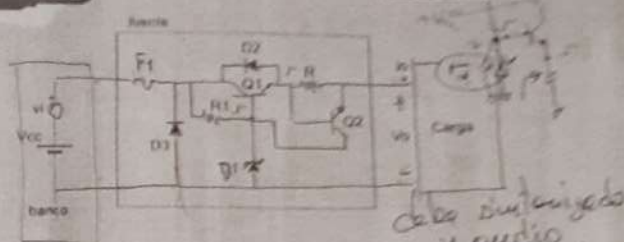


## Problema 1

La fuente de la figura es portátil y la maneja un operario. Dicho operario hace mantenimiento en sitios donde existen bancos de baterías y debe conectar su fuente por medio de cocodrillo (rojo y negro) al banco para alimentar la carga, que es un instrumento.



- 1) Describa todos los elementos de protección que posee y explique claramente para qué están y cómo actúan ante eventos no deseados (por ejemplo operario distraído).
- 2) Describa con detalle su funcionamiento en condiciones de carga normal. ¿Cuánto vale la tensión de salida?
- 3) Explique cuáles son los criterios para el diseño de R1. Calcule.
- 4) Diga qué valor debe tener R para que lo no supere 0.8A.
- 5) Calcule  $F_0$ , la desviación de  $V_0$  debida a SOC y  $K_T$ .

$V_{CC} = 24V$ , desviación de  $V_{CC}$  por SOC:  $v_i = 1.5\%$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $V_{CE} = 1V$ ,  $K_T = 2.2mV/^\circ C$ ,  $D_1$ :  $V_Z = 10.4V$ ,  $r_z = 8.5\Omega$ ,  $K_T = 0.025mV/^\circ C$ .

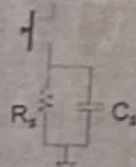
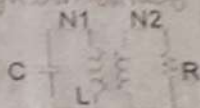
## Problema 2

- 1) Explique de qué se trata la "aproximación de banda estrecha" para analizar circuitos sintonizados y para qué valores de frecuencia es válida.

Para la etapa de amplificación sintonizada de la figura:

- 2) Calcule  $C$ ,  $L$  y la relación de transformación para una banda pasante de 30kHz centrada en 650kHz.
- 3) Con los mismos valores de  $C$  y  $L$ , recalcule la relación de transformación para lograr la condición de máxima transferencia de potencia a la carga. ¿Cuánto vale el ancho de banda en este caso?

Datos:  $Q_0 = 150$ ,  $Y_{21} = 20 + j5.4[\mu S]$ ,  $R = 1K$ ,  $C_s$  es un cortocircuito a la frecuencia de interés.



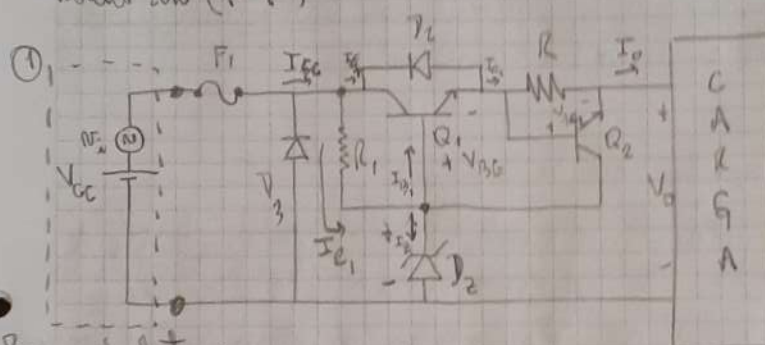
## Problema 3

Para el amplificador del trabajo práctico especial:

- 1) Dibuje un diagrama en bloques del amplificador identificando la topología de realimentación y explicando cuál es la función de cada transistor, resistencia y capacitor en el circuito y su correspondencia con el diagrama.
- 2) Un compañero le pide ayuda porque no puede hacer andar su amplificador, le comenta que a bajo volumen se escucha bien pero apenas lo aumenta comienza a escucharse mal. Usted acepta ayudarlo, energiza el amplificador, y, sin señal, mide 1.55V en el punto de conexión entre las  $R_6$  y la carga. ¿Cuál podría ser la causa del problema? ¿Qué elemento/s debe modificar para resolverlo? Exponga criterios para la selección de dicho/s elemento/s y concrete la elección.
- 3) ¿Qué pasa con el parlante si uno de los transistores de salida se pone en cortocircuito? Compare esto con lo que pasaría si el amplificador se alimentara a partir de una fuente doble ( $+V_{CC}$ , 0,  $-V_{CC}$ ) y acoplamiento directo (sin  $C_1$ ). Saque una conclusión acerca de si es ventajoso o no acoplar el parlante a través de un capacitor. Mencione otras ventajas y desventajas.

cuando puede simplificar la topología del trabajo con un único polo

Bosch 2016 (1<sup>er</sup> 1<sup>er</sup>)



Banco de baterías

1) Elementos de seguridad:

$F_1$ : es un fusible, su función es proteger ante una eventual situación que genere una corriente demasiado elevada. Puede suceder que el operario conecte la fuente al banco, en por lo que  $D_3$  conduciría ya que quedaría polarizado en directo, circulando una corriente por el modelo  $V_{cc} - F_1 - D_3$ . Esta corriente aumentaría hasta un valor límite impuesto por la destrucción de  $F_1$ .

$D_3$ : como se menciona antes, está por protección de conexión invertida al banco de baterías.

$D_2$ : ante una eventual cortocircuito a la entrada de la fuente,  $D_2$  quedaría polarizado de manera directa por lo que al no haber corriente de carga o tierra, protegiendo a  $Q_1$ .



$Q_2 - L$ : es un limitador de corriente. Cuando lo carga alcanza cierto valor de  $I_o$ ,  $Q_2$  se activa manteniendo este  $I_o$  en una  $I_{o, max}$  admitida. Esto puede suceder si el cortocircuito es total.

2) Condición normal de carga:

$Q_2$  es polarizado en  $L$ , de manera que le provee una corriente suficiente para que el mismo esté regulando. Este Zener es la referencia de tensión para lo total, mientras que  $Q_1$  controla la corriente que demanda la carga ( $Q_1$  es un seguidor de emisor). Para esta condición la salida queda:

$$V_o = V_z - V_{BE1} = 10,4V - 1V \Rightarrow \underline{V_o = 9,4V}$$

3)  $L$  debe diseñarse para cumplir con la regulación y la potencia en el Zener:

Regulación: debe proveer una  $I_{Z, min}$ . Esto se da para condición de máx. corriente en la carga

$$V_{R1} = V_{CC} - V_z \Rightarrow I_{R1} = \frac{V_{CC} - V_z}{R_1}$$

$$I_z = I_{R1} - I_{B1} \Rightarrow I_{Z, min} = I_{R1} - I_{B1, max} = I_{R1} - \frac{I_{o, max}}{hFE_1} = I_{R1} - \frac{I_{o, max}}{hFE_1}$$

$$\Rightarrow \underline{I_{Z, min} = I_{R1} - \frac{I_{o, max}}{hFE_1}}$$

$$\Rightarrow I_{Z_{\min}} = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_1} - \frac{I_{O_{\min}}}{h_{FE_1}} \Rightarrow \boxed{R_1 < \frac{V_{CC} - V_Z}{I_{Z_{\min}} - \frac{I_{O_{\min}}}{h_{FE_1}}}} \quad ; I_{O_{\min}} = \frac{V_O}{R_{L_{\min}}}$$

• Potencia: cuando tengo  $I_{Z_{\max}}$  no debo superar  $P_{Z_{\max}}$ . Esto se da para cuando la carga es de corriente mínima ( $R_{L_{\min}} = \infty$ )  
 (como  $I_O = 0 \Rightarrow Q_1$  está cortado. Todo lo  $I_{CC}$  pasa por el Zener)

$$I_{Z_{\max}} = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_1}$$

$$I_{Z_{\max}} = \frac{P_Z}{V_Z}$$

$$\Rightarrow \frac{P_Z}{V_Z} = \frac{V_Z (V_{CC} - V_Z)}{R_1} \Rightarrow \frac{V_Z (V_{CC} - V_Z)}{R_1} < P_{Z_{\max}}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_1 > \frac{V_Z (V_{CC} - V_Z)}{P_{Z_{\max}}}}$$

• Para un Zener comercial  $P_{Z_{\max}} = 500 \text{ mW}$ :

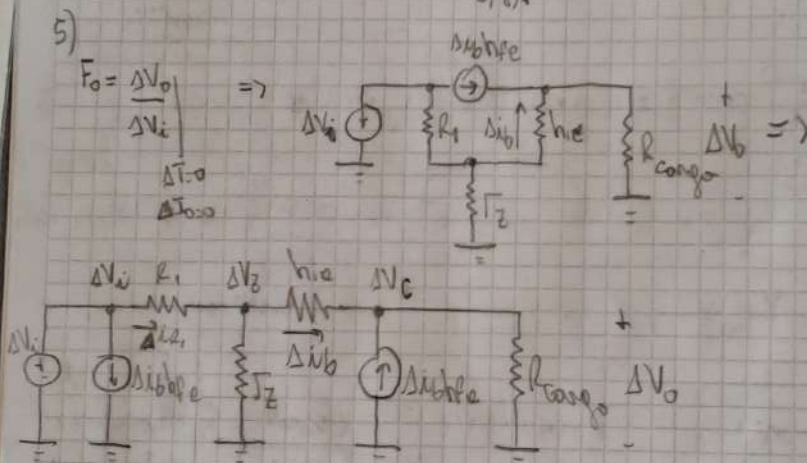
$$\Rightarrow R_1 > \frac{10,4 \text{ V} (24 \text{ V} - 10,4 \text{ V})}{500 \text{ mW}} \Rightarrow \boxed{R_1 > 283,5 \Omega}$$

• Suponiendo una  $I_{O_{\min}} = 1 \text{ A}$  y que  $I_{Z_{\min}} = 2,5 \text{ mA}$ :

$$R_1 < \frac{24 \text{ V} - 10,4 \text{ V}}{\left| \frac{2,5 \text{ mA}}{20} - \frac{1 \text{ A}}{20} \right|} \Rightarrow \boxed{R_1 < 441 \Omega} \quad \therefore \boxed{R_1 = 370 \Omega} \quad \text{• Valor comercial}$$



4) Si queremos  $I_{o_{max}} = 0,8A \Rightarrow I_{o_{max}} = \frac{V_{BCE}}{R} \Rightarrow R = \frac{V_{BCE}}{I_{o_{max}}}$   
 Suponiendo  $V_{BCE} = 0,7V \Rightarrow R = \frac{0,7V}{0,8A} \Rightarrow R = 0,875\Omega$



$$\Delta V_o = (\Delta i_b + \Delta i_b h_{fe}) R_{carga} = \Delta i_b (1 + h_{fe}) R_{carga}$$

$$\Delta V_z = i_b h_{ie} + i_b (1 + h_{fe}) R_{carga}, \quad h_{ie} = \frac{h_{fe}}{I_c / V_T} = \frac{h_{fe} \cdot V_T}{I_c} = \frac{h_{fe} \cdot 0,025}{I_c}$$

$$\Rightarrow \Delta V_z \approx \Delta V_o$$

$$\Delta V_z = \frac{\Delta V_i (R_2 \parallel (h_{ie} + R_{carga}))}{R_1 + R_2 \parallel (h_{ie} + R_{carga})}$$

$$R'_{carga} = \frac{\Delta V_c}{\Delta i_b} = \frac{\Delta V_o}{\Delta i_b} =$$

$$= \frac{\Delta i_b (1 + h_{fe}) R_{carga}}{\Delta i_b}$$

$$\Rightarrow \Delta V_z = \frac{R_2 \parallel (h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_{carga})}{R_1 + R_2 \parallel (h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_{carga})}$$

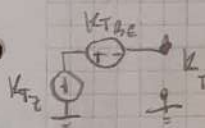
$$\Delta V_o = \frac{R_2 \parallel (h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_{carga})}{R_1 + R_2 \parallel (h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_{carga})} \cdot R'_{carga} = (1 + h_{fe}) R_{carga}$$

$$\Rightarrow \left| \frac{\Delta V_0 \approx \frac{\Gamma_E}{R_1 + \Gamma_E}}{\Delta I_E} \right| \Rightarrow F_0 = \frac{8,5 \mu}{(370 + 8,5) \mu} \Rightarrow F_0 = 0,022$$

$$\frac{22 \text{ mV}}{V}$$

$$\Rightarrow \Delta V_0 = 0,022 \cdot 24 \cdot 0,015 V \Rightarrow \boxed{\Delta V_0 = 8 \text{ mV}}$$

$$\boxed{\Delta V_A = 360 \text{ mV}}$$



$$K_T = K_{T_E} - K_{T_{BE}} = \frac{0,029\%}{^\circ\text{C}} + \frac{2,2 \text{ mV}}{^\circ\text{C}} = \frac{0,029 \cdot V_0}{100} \frac{V}{^\circ\text{C}} + \frac{2,2 \text{ mV}}{^\circ\text{C}}$$

$$K_T = \frac{\Delta V_0}{\Delta T} = \frac{0,029 \cdot 9,4 \cdot V}{100} \frac{V}{^\circ\text{C}} + \frac{2,2 \text{ mV}}{^\circ\text{C}} = \frac{2,35 \text{ mV}}{^\circ\text{C}} + \frac{2,2 \text{ mV}}{^\circ\text{C}}$$

$$\Delta I_E = 0$$

$$\Delta I_0 = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{K_T = 4,55 \frac{\text{mV}}{^\circ\text{C}}}$$

- ② 1) Aprox. de banda estrecha: simplificación de la transferencia del torque, pose de tener dos polos y un cero o tener un solo polo. Esto es válido para frecuencias bajas como a lo de resonancia y siendo esto  $f_0 \gg \Delta f$  (circuitos muy selectivos).



2)  $Q_D = 150$

$$Q_D = \frac{\omega_0 L}{R_S} \Rightarrow \frac{L}{R_S} = \frac{Q_D}{\omega_0} \Rightarrow \frac{L}{R_S} = \frac{150}{2\pi \cdot 650 \text{ kHz}}$$

$$\frac{L}{R_S} = 3,67 \times 10^{-5}$$

$$L = Q^2 R_S$$

• Si supongo tener un buen inductor  $\Rightarrow R_S \approx 7 \Omega$  es un valor razonable.

$$\Rightarrow L = 7 \cdot 3,67 \times 10^{-5} \text{ Hy} \Rightarrow \boxed{L = 257 \mu\text{H}}$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow C = \frac{1}{L \omega_0^2} = \frac{1}{257 \mu\text{H} (2\pi \cdot 650 \text{ kHz})^2} \Rightarrow \boxed{C = 233 \text{ pF}}$$

• También podemos:

$$Q_c = \frac{f_0}{\Delta f} = \frac{650 \text{ kHz}}{30 \text{ kHz}} \Rightarrow \boxed{Q_c = 22}$$

$$Q_c = \omega_0 C_{eq} R_{eq} \Rightarrow R_{eq} = \frac{Q_c}{\omega_0 C_{eq}} = \frac{22}{2\pi \cdot 650 \text{ kHz} \cdot (2,6 \text{ pF} + 233 \text{ pF})}$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{eq} = 22,8 \text{ k}\Omega}$$

supongo  $\Gamma_{22}$  a un valor menor

$$R_{eq} = \Gamma_{22} \parallel R_p \parallel R_c \Rightarrow \Gamma_{22} \parallel R_p = \frac{\Gamma_{22} R_p}{\Gamma_{22} + R_p} \uparrow \frac{50 \text{ k}\Omega \cdot 157,5 \text{ k}\Omega}{50 \text{ k}\Omega + 157,5 \text{ k}\Omega} = \boxed{38 \text{ k}\Omega}$$

$$\Rightarrow \frac{38k\Omega R'}{38k\Omega + R'} = 22,8k\Omega$$

$$38k\Omega R' - 22,8k\Omega R' = 86,4 \times 10^6 \Omega^2 \Rightarrow \boxed{R' = 57k\Omega}$$

• Relación de vueltas:

$$R' = n^2 R \Rightarrow n = \sqrt{\frac{R'}{R}} = \sqrt{\frac{57k\Omega}{1k\Omega}} \Rightarrow \boxed{n \approx 7,5}$$

3) Para max. trans. de pot.:

$$R' = R_p \parallel r_{in} = 157k\Omega \parallel 50k\Omega \Rightarrow \boxed{R' \approx 38k\Omega} \Rightarrow n = \sqrt{38}$$

$$\boxed{n \approx 6}$$

$$\Rightarrow \frac{R_p}{2} = \frac{38k\Omega}{2} = 19k\Omega \Rightarrow Q_c = 2\pi \cdot 650kHz \cdot 235,6pF \cdot 19k\Omega$$

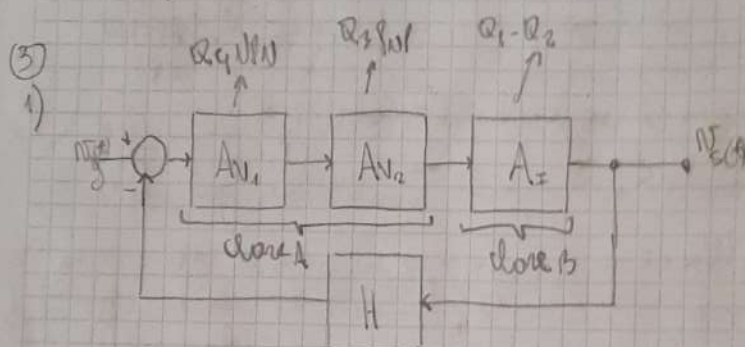
$$\boxed{Q_c \approx 18}$$

$$\Delta f = \frac{650kHz}{18} \Rightarrow \boxed{\Delta f \approx 36,1kHz}$$



$$\rightarrow Q_C = \omega_0 C_{eq} \frac{29,1k\Omega R'}{29,1k\Omega + R'}$$

$$\frac{22}{2\pi \cdot 650kHz \cdot 55,6pF} = \frac{29,1k\Omega R'}{29,1k\Omega + R'} \quad \times$$



$A_{v1}$ : bloque de ganancia de tensión. Se compone de  $Q_4$  operando en clase A.

$L_4$  y  $L_5$  polarizan este transistor. Lo ideal es obtener en el modo Ec-C, una tensión  $\approx V_{cc}/2$ , por lo que se eligen  $L_4$  y  $L_5$  para conseguir esto.

$A_{v2}$ : Compuesto por  $Q_3$  que trabaja en clase A.  $L_3$  lo polariza, siendo este posible gracias a la corriente que impone  $Q_4$ .

$A_3$ : es la etapa en clase B compuesta por  $Q_1$  y  $Q_2$ . Para corriente negativa que para tensión positiva con  $Q_1$ .  $Q_1$  trabaja en el sentido positivo hasta el límite

$V_{CE \text{ mín not}}$   
 de saturación de  $Q_3$ .  
 $Q_2$  trabaja en el semiciclo negativo hasta el límite  
 del corte de  $Q_3$   
 $\hookrightarrow V_{CE \text{ mín}}$

$R_1$ : Repolarización. Suena con la distorsión por cruce  
 por lo que eleva un poco la tensión de base de los  $Q_1$  y  $Q_2$   
 para llevarlos al borde de la conducción.

$R_2$ : resistor de bootstrapping. Tiene varias funciones:

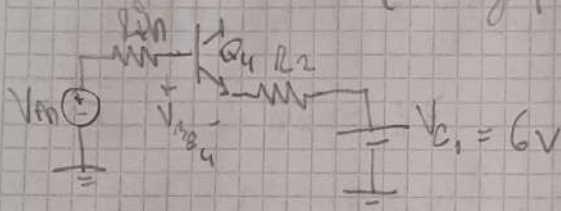
1. Verse como una resistencia de valor muy grande para la señal  $\Rightarrow R_2$  se una resistencia básicamente elevada por lo que se dominan sus parámetros (-70dB)
2. Establecer una corriente mínima por el colector de  $Q_3$  de manera que nunca llegue al corte.
3. Aumentar la excursión de señal para el semiciclo negativo consiguiendo mayor potencia o lo mismo.

$$P_{\text{red}} = I_{BQ} V_{BE} = \frac{V_{BE}^2}{R_2} = \left( \frac{V_2}{\sqrt{2}} \right)^2 = \frac{V_2^2}{2R_2}$$

2) Lo como del problema puede ser una mala elección de  $R_1$  y  $R_2$ . Y fue alguno de ellos es defectuoso.



• Si fuere 6V en el modo indicado debo proceder de la siguiente manera (análisis polarización):



$$V_{th} = V_{cc} \frac{R_2}{R_1 + R_2} + V_{BE}$$

• Si propongo  $V_{th} = 7V$  de manera que no se sature mucho el transistor en  $R_2$ :

$$V_{th} = \frac{V_{cc} R_2}{R_1 + R_2} \Rightarrow \frac{7V}{13,5V} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$V_{cc} = 13,5V$$

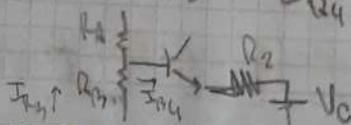
$$0,522 R_1 + 0,922 R_2 = R_2$$

$$R_1 = 0,922 R_2$$

• Luego:  $R_{th} = R_1 \parallel R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

$$V_{R_{th}} \approx 0,225V = V_{R_2}$$

$\Rightarrow$  Conociendo  $I_{R_2} \approx I_{C_{R_2}}$  voy a poner  $I_{R_2} \gg I_{R_1}$



$$I_{R_1} = I_{C_1} \approx \frac{69 \mu A}{270} = 255 \mu A$$

$$I_{R_1} = \frac{V_{th}}{R_1} \approx \frac{7V}{R_1} \Rightarrow \frac{7V}{R_1} > 255 \mu A \Rightarrow R_1 < 27.4 k\Omega$$

→ En la práctica resistencias del orden de los  $M\Omega$  tienen mucha dispersión, por lo que apto por valores de los decenas de  $k\Omega$ .

→ es evidente que  $V_{th_{medida}} < V_{th_{calculado}} \approx 7V$

∴  $R_1$  debe ser mayor al valor anterior del componente. Con ello ajusto los  $R_2$

- 3) Si  $Q_1$  o  $Q_2$  entran en corto,  $C_1$  quedará cargado. No circulará corriente por  $R_2$ .

• Si no una fuente partida me o tener C.C. en la carga. Esto puede ser mal el problema.

• Ventajas de usar  $C_1$ : circuito más barato en el caso de ahorro una la fuente partida. Me da seguridad p/ la carga.

• Desventajas: me costo implementar técnicas de diseño pero eliminan bastantes ⇒ complejidad.