

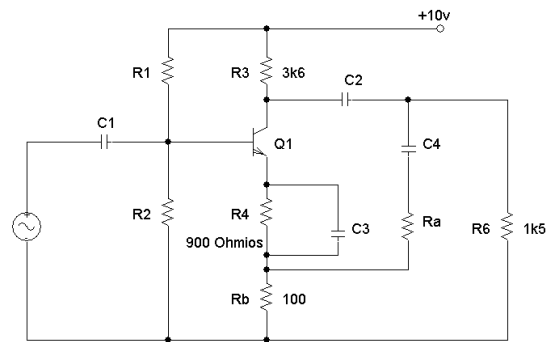
Primer ejercicio

El circuito de la figura representa una etapa amplificadora realimentada, para dicho circuito se pide:

1. Tipo de realimentación del circuito.
2. Determinar la ganancia del amplificador básico a frecuencias medias.
3. Calcular el ancho de banda del amplificador básico.
4. Calcular R_a para que el ancho de banda del amplificador realimentado sea de 110 MHz.

Datos:

$R_1 = R_2 = \infty$, $h_{ie} = 1k\Omega$, $C_{ce} = 10/2\pi$ pF, $h_{fe} = 100$, $R_a \gg R_b$, $R_a \gg R_3$, $R_a \gg R_6$, $C_1 = 10/2\pi$ μ F, $C_2 = C_3 = C_4 = \infty$.



(40 minutos)

Segundo ejercicio

Para el circuito de la figura calcular:

1. Determinar los puntos de polarización de los transistores y de los diodos. Considérese despreciable las corrientes de polarización de las bases de los transistores.
2. Calcular el nivel de tensión de continua que es necesario aplicar a la base de Q1 para situar el transistor en el anterior punto de polarización. Proponer un circuito de adaptación de niveles de tensión para que la nueva señal de entrada no tenga componente de continua.
3. Obtener la tensión de salida en la carga, R_L , si se le aplica una componente dinámica de $0.01\cos(2\pi 50t)$. Represéntese la señal de salida durante 40 ms.

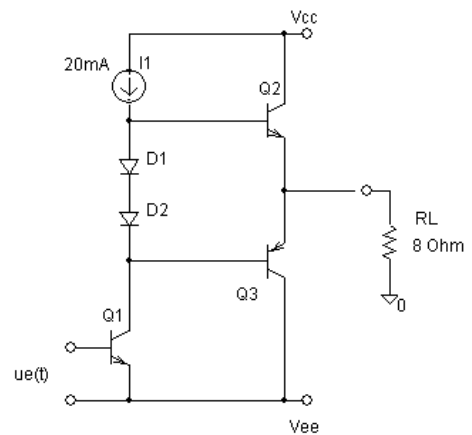
Utilícese para todos los apartados las ecuaciones de Ebers-Moll simplificadas.

Datos:

(Q1, Q2 y Q3): $I_S = 4 \cdot 10^{-15}$ A, $\beta = 100$

(D1, D2): $I_S = 2 \cdot 10^{-15}$ A

$V_T = 25$ mV, $V_{CC} = +12$ V, $V_{EE} = -12$ V



(50 minutos)

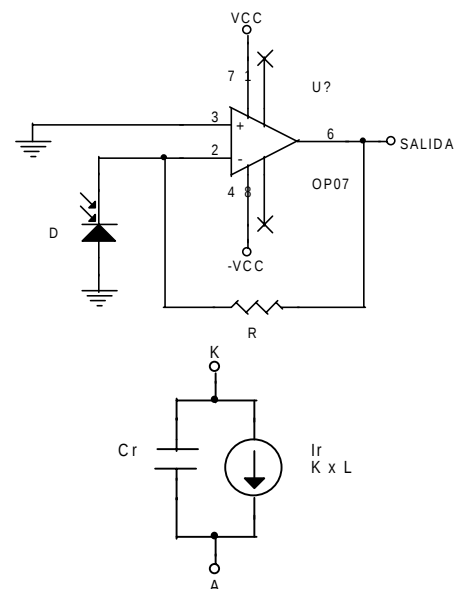
Tercer ejercicio

Un fabricante de cámaras fotográficas quiere automatizar sus nuevos modelos con un control de exposición automática. Para ello necesita generar una señal que sea función de la iluminación de la escena. El circuito elegido es el de la figura adjunta superior y el modelo del fotodiodo se puede ver también en la figura inferior. Se pide:

1. Hallar la tensión de salida del circuito en función de la iluminación de la escena.
2. Calcular el valor de R para obtener una respuesta de 1 mV/lux.
3. Calcular los errores de continua debidos a la corriente de polarización y la corriente de desviación de entrada. Sugerir mejoras en el circuito que minimicen ese error. Calcular la magnitud de entrada (lux) a la que equivale el error.
4. Estudiar con detalle la estabilidad del circuito.
5. Analizar si la adición de un condensador C_1 de 15 nF en paralelo con R mejora o empeora la estabilidad del circuito.

Considerar ideal el AO para los apartados 1 y 2. Para el resto de los apartados considerar que la ganancia del AO en lazo abierto en continua, A_{do} , es de 120 dB, que su primer polo está situado a 1 Hz y que está compensado en frecuencia.

$K = 9$ nA/lux, $C_r = 1,4$ nF, $I_{IB} = 9$ nA, $I_{IO} = 8$ nA, $U_{IO} \approx 0$ V



(40 minutos)



RESOLUCIÓN DEL PRIMER PARCIAL

PRIMER EJERCICIO

1. Tipo de realimentación : muestreo de tensión y mezcla en serie
2. Ganancia de tensión del amplificador básico a frecuencias medias = -9,45
3. Ancho de banda = $\text{frec, corte_superior} - \text{frec, corte_inferior} = 95,24 \text{ MHz}$
 $\text{frec, corte_inferior} = 9 \text{ Hz}$
 $\text{frec, corte_superior} = 95,24 \text{ MHz}$
4. $R_a = 9350 \Omega$ para un ancho de banda de 110 MHz

SEGUNDO EJERCICIO

1)

$$I_{E2,3} = I_D \frac{I_{SQ}}{I_{SD}} = 40 \text{ mA} \Rightarrow Q_2(12 \text{ V}, 40 \text{ mA}), Q_3(V_{EC} = 12 \text{ V}, 40 \text{ mA})$$

$$Q_1(11,25 \text{ V}, 20 \text{ mA}), D_1(0,7483, 20 \text{ mA}), D_2(0,7483, 20 \text{ mA})$$

2)

$$V_E = V_{BE1} + V_{EE} = -11,269 \text{ V};$$

3) Considerando que el amplificador de potencia es lineal y por la conclusión de respuesta en frecuencia de los sistemas LTI, la salida será un armónico de igual frecuencia, habrá un desfase de 180° debido al transistor Q1 y la ganancia habrá de calcularla. No obstante, la asimetría del circuito va a provocar que la ganancia sea distinta en los semiciclos positivos que el de los negativos.

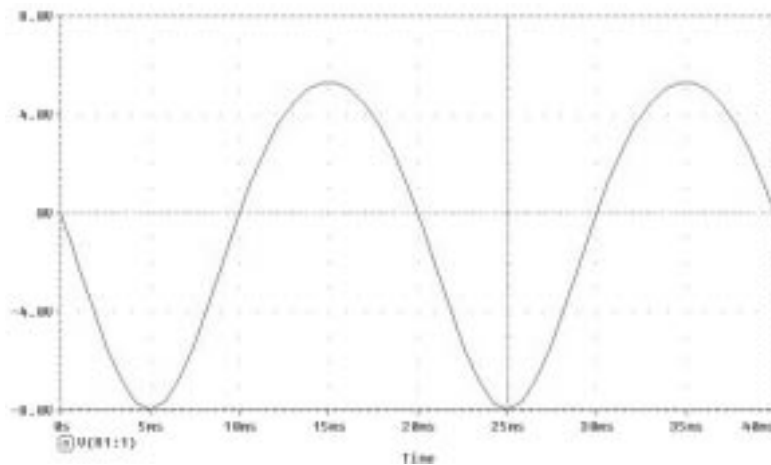
Se procede a calcular la ganancia de los ciclos positivos, para ello se analiza cuanto vale la salida si la entrada tiene la máxima excursión de la señal variable en el tiempo, esto es, 10 mV:

$$u_{BE1} = 0,741 \text{ V} \Rightarrow i_{B1} = 29,8 \text{ mA} \Rightarrow i_{B3} = 9,8 \text{ mA} \Rightarrow i_{E3} = 980 \text{ mA} \Rightarrow i_{RL} = 940 \text{ mA} \Rightarrow V_{RL} = 7,52 \text{ V}$$

Cuando la entrada tiene -10 mV será:

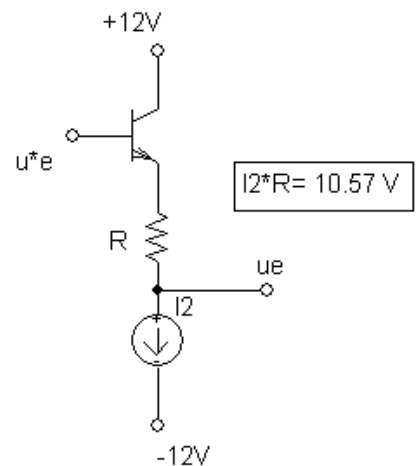
$$u_{BE1} = 0,721 \text{ V} \Rightarrow i_{B1} = 13,4 \text{ mA} \Rightarrow i_{B2} = 6,6 \text{ mA} \Rightarrow i_{E3} = 660 \text{ mA} \Rightarrow i_{RL} = 620 \text{ mA} \Rightarrow V_{RL} = 4,96 \text{ V}$$

La simulación en el SPICE de la señal de salida durante 40 ms resulta:

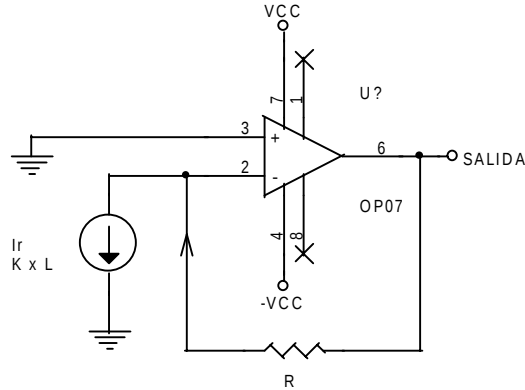


TERCER EJERCICIO

1. En primer lugar se sustituye el fotodiodo por su modelo de continua. Puesto que se nos dice que podemos considerar ideal el operacional, la tensión en las entradas inversora y no inversora será la misma y, puesto que esta



última está conectada a masa, igual a 0 V. También por ser ideal, la corriente que circula a través de estas entradas es nula, por lo que toda la corriente del fotodiodo atraviesa la resistencia R.



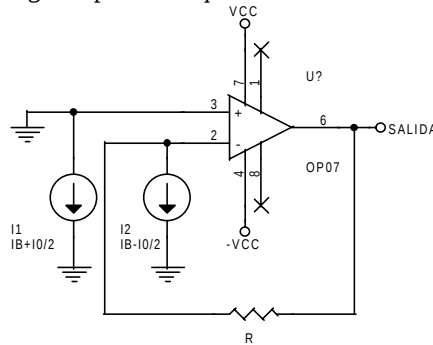
Luego podemos escribir:

$$\left. \begin{aligned} U^- &= U^+ = 0 \\ U_S &= U^- + U_R \\ U_R &= R \cdot I_r = R \cdot K \cdot L \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_S = R \cdot K \cdot L$$

2. Si queremos una respuesta de 1 mV/lux, entonces:

$$\frac{U_S}{L} = R \cdot K = 1 \text{ mV/lux} \Rightarrow R = \frac{1 \text{ mV/lux}}{9 \text{ nA/lux}} = 111 \text{ k}\Omega$$

3. Para el estudio de los errores en continua emplearemos el siguiente modelo, donde, salvo por las corrientes de polarización y de desviación, se sigue suponiendo que el A.O. es ideal :



$$\left. \begin{aligned} U^- &= U^+ = 0 \\ U_{SO} &= U^- + U_R \\ U_R &= R \cdot I_2 = R \cdot \left(I_B - \frac{I_{IO}}{2} \right) \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{SO} = R \cdot \left(I_B - \frac{I_{IO}}{2} \right)$$

Puesto que I_{IO} puede tener tanto valor positivo como negativo, nos pondremos en el peor caso, $I_{IO} < 0$:

$$U_{SO} = 111 \text{ k}\Omega \times \left(9 \text{ nA} - \frac{-8 \text{ nA}}{2} \right) = 1,443 \text{ mV}$$

Valor que referido a la entrada supone un error en la medida de:

$$L_O = \frac{1,443 \text{ mV}}{1 \text{ mV/lux}} = 1,443 \text{ lux}$$



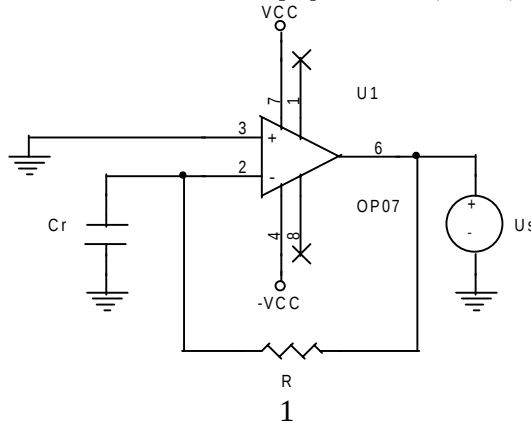
Para reducir este error podemos eliminar la contribución de la corriente de polarización, I_B , igualando la resistencia que ven las dos entradas del A.O., es decir, poniendo en serie con la entrada no inversora una resistencia de valor R . Entonces el error sería:

$$\left. \begin{aligned} U^- = U^+ = -R \cdot I_1 \\ U_{SO} = U^- + U_R \\ U_R = R \cdot I_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow U_{SO} = R(I_2 - I_1) = -R \cdot I_{IO}$$

$$U_{SO} = -111 \text{ k}\Omega \times 8 \text{ nA} = -888 \text{ }\mu\text{V}$$

Error que, en valor absoluto, es menor que en el caso anterior.

4. Para estudiar la estabilidad necesitamos el modelo de pequeña señal (alterna) del circuito para poder calcular β :



$$\beta_1 = \frac{u^- - u^+}{u_s} = \frac{\frac{1}{j\omega C_r}}{R + \frac{1}{j\omega C_r}} = \frac{1}{1 + j\omega R C_r}$$

En este caso, β tiene un polo real a una frecuencia:

$$f_p = \frac{1}{2\pi R C_r} = \frac{1}{2\pi \times 111 \text{ k}\Omega \times 1,4 \text{ nF}} \approx 1 \text{ kHz}$$

Como puede verse en la , a la frecuencia de corte de $|A_d|$ con $|1/\beta| \angle \beta A_d = -\pi$, por lo que $\text{MF} = 0^\circ$ y el circuito resulta ser inestable.

5. Si se añadiese el condensador C_1 , la nueva β sería:

$$\beta_2 = \frac{u^- - u^+}{u_s} = \frac{\frac{1}{j\omega C_r}}{\frac{1}{\frac{1}{R} + j\omega C_1} + \frac{1}{j\omega C_r}} = \frac{1 + j\omega R C_1}{1 + j\omega R (C_r + C_1)}$$

Puesto que $C_1 \gg C_r$, diez veces mayor, las frecuencias del polo y el cero serían prácticamente idénticas y estos se cancelarían entre sí. Entonces $\beta_2 \approx 1$ y $\text{MF} = 45^\circ$, como se puede apreciar en la figura 2, por lo que ahora el circuito sí sería estable (críticamente estable).



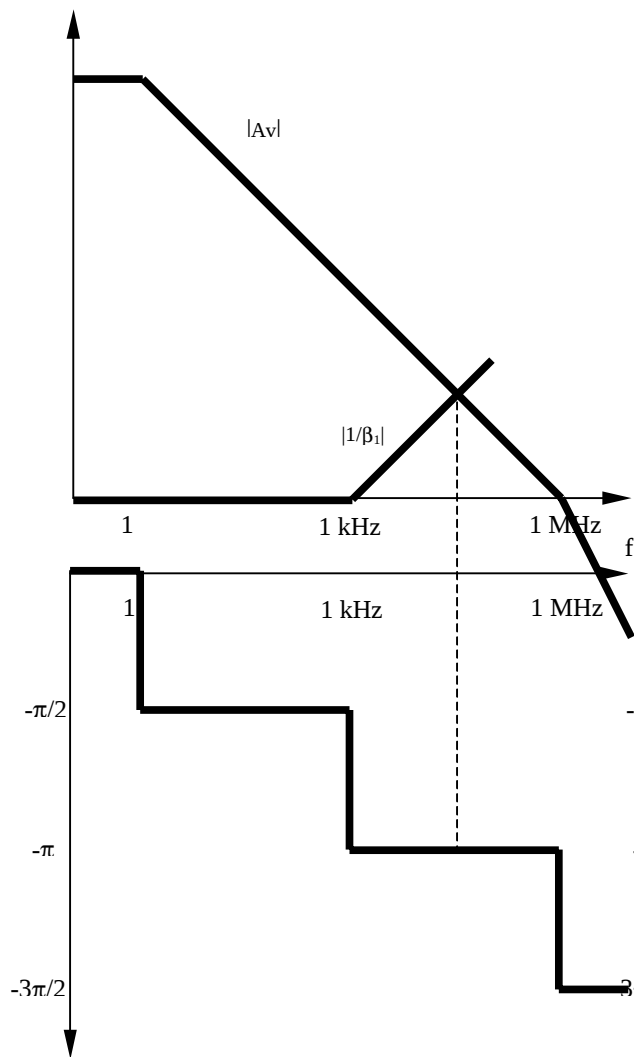


Figura 1

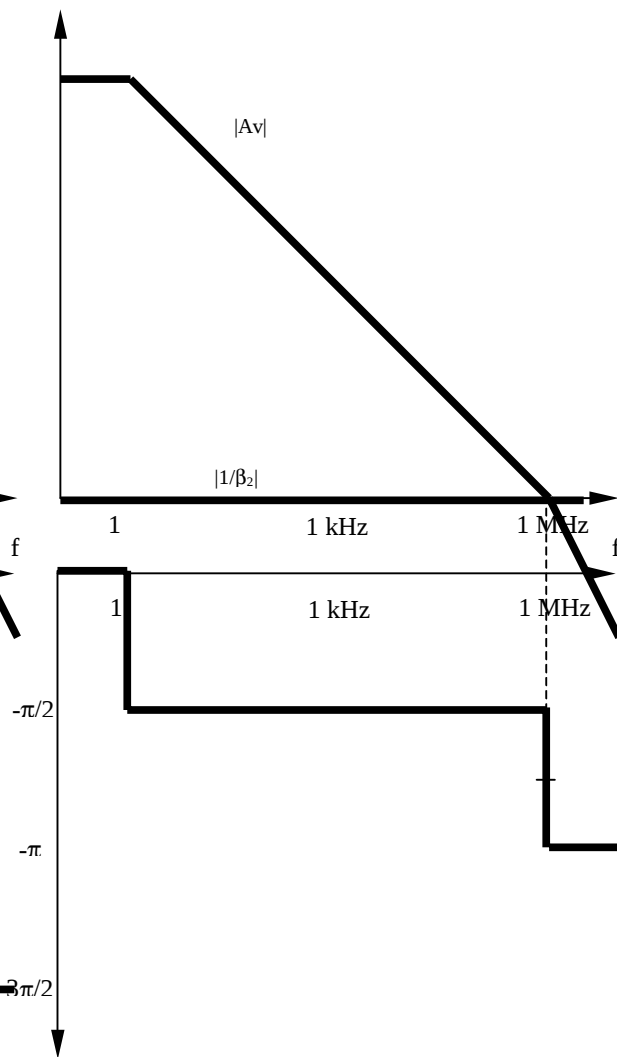


Figura 2

NOTA: los componentes empleados en este problema son versiones simplificadas de dos componentes reales: el amplificador operacional de precisión OP07 y el fotodiodo BPW21R.



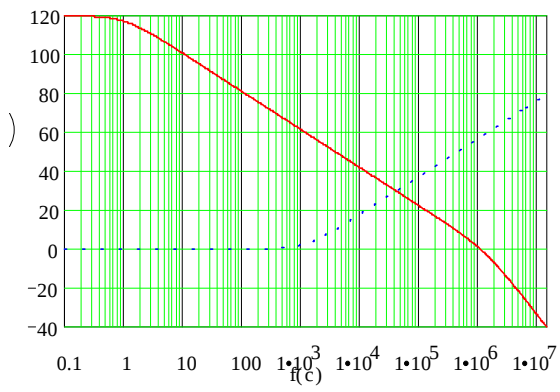


Figura 3

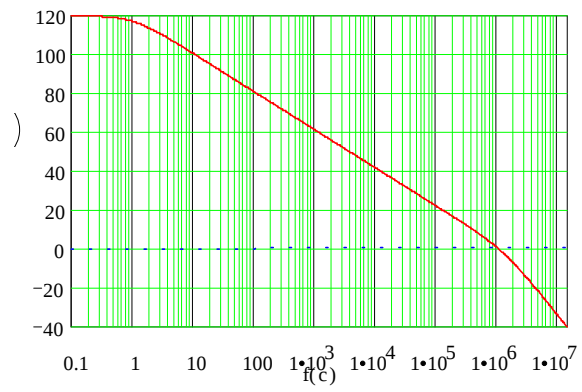


Figura 4

