

Amplificador de audio con bootstrapping

Tomás Vidal

Circuitos Electrónicos II

Facultad de Ingeniería, UNLP, La Plata, Argentina.

30 de Septiembre, 2024.

I. PLACA

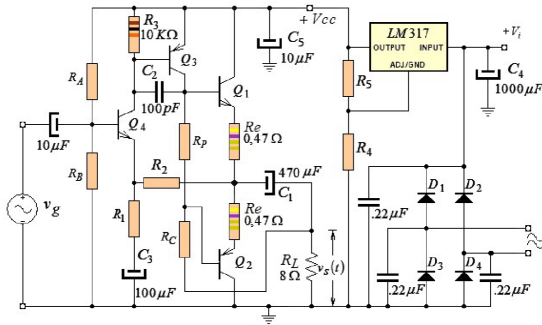


Fig. 1. Esquemático de la placa a desarrollar

El circuito a implementar consiste de una **fente de alimentación**, un **par complementario** que amplifica la corriente, y dos etapas de **emisor común** realimentadas que amplifican tensión. Además hay una rama de realimentación de **bootstrapping**.

II. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISEÑO

II-A. Fuente de alimentación

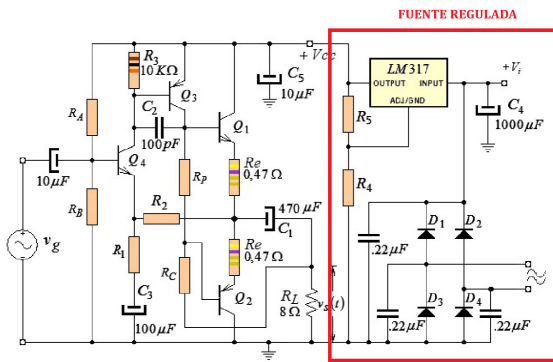


Fig. 2. Sección de la fuente regulada

Especificaciones de entrada:

- 220V_{ef} AC a 50Hz con un ripple del 10 %

Requerimientos de salida:

- 13V con ripple máximo de 8 %

Para cumplir con estas condiciones se empleó un análisis con las siguientes consideraciones:

- 60V y 1.5A máximos en el LM317
- 3V mínimos entre entrada y salida del LM317
- La corriente de ajuste del LM317 tiene que ser del orden de los μA , contra la de R_1 y R_2 que debe ser del orden de los $m A$

Partiendo de que en la salida del regulador se tiene una carga de 50Ω , y se quiere una tensión estable de 13 V; se puede calcular la corriente máxima en la carga, para lo cual se consideró que la carga puede variar un 20 % (como medida de seguridad, ya que menor carga será mayor corriente), es decir, puede variar a 40Ω en el peor caso, resultando así en una corriente máxima de 325 mA.

Sabiendo la tensión mínima del regulador, y agregándole un margen de seguridad de 2 V (es decir un 66 %); se calcula la resistencia equivalente del LM317:

$$R_{LM317} = \frac{5V}{325mA} \cong 15 \Omega \quad (1)$$

El margen del 66 % es elevado ya que se involucran muchos efectos que pueden hacer variar la tensión, y la consecuencia de ajustar a un valor más alto no es tan ponderante, ya que se trabaja con poca potencia.

Por lo que se puede calcular la tensión máxima requerida en el secundario con las curvas de **Schade**; haciendo la carga del rectificador filtrado 65Ω (la carga original de 50Ω en serie con los 15Ω), como se muestra en la figura 3

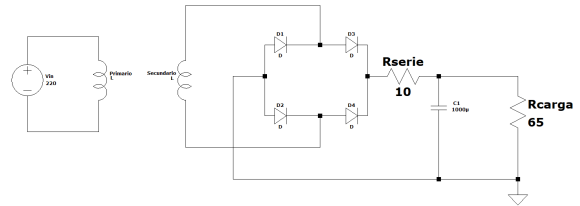


Fig. 3. Circuito equivalente con LM317 como resistencia

Tomando $\frac{R_s}{R_{carga}} \% = \frac{10}{65} * 100 \cong 15 \%$ (R_s es un dato conocido); y calculando $w R_{carga} C \cong 20$, se puede obtener de las curvas de **Schade** el ripple en el capacitor, que será aproximadamente de 3 %, y la tensión máxima del secundario, que será de 26V pico para el peor caso, es decir cuando en el primario se tenga 90 % de la tensión. Con estos datos se puede obtener la relación de espiras entre el primario

y el secundario del transformador:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = N \cong 10,78 \quad (2)$$

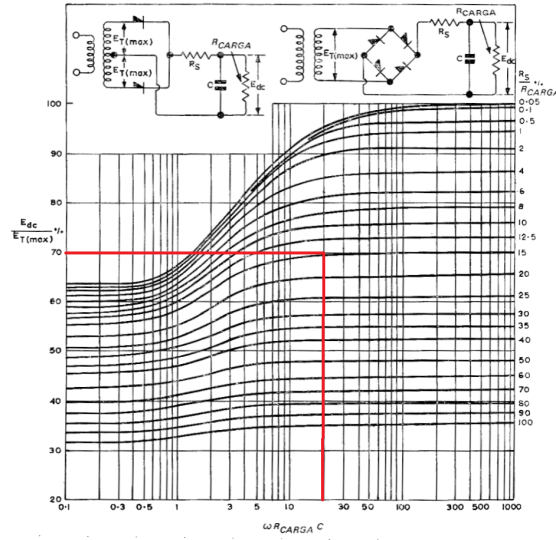


Fig. 4. Curva de Schade

Los cálculos anteriores se consideraron para el caso de carga nominal y carga mínima, que es el peor caso, cuando más corriente se demanda en la carga. $N \cong 10,78$ es el caso pesimista.

II-B. Amplificador de tensión realimentado

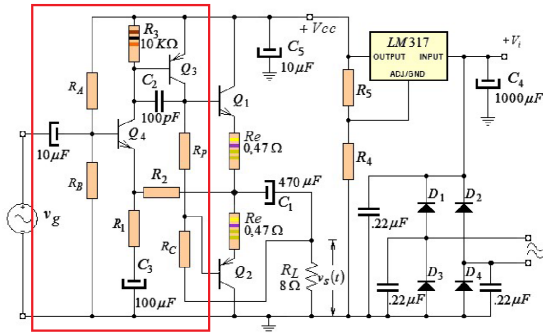


Fig. 5. Sección de amplificación de tensión realimentada

Los transistores Q_3 y Q_4 , en configuración **emisor común**, en combinación con el divisor resistivo R_1 y R_2 ; forman un **amplificador de tensión realimentado negativamente**. El propósito del mismo es tener una ganancia en tensión elevada, proporcionada por Q_3 y Q_4 , y la realimentación estabiliza la tensión a coste de ganancia. Estos componentes se pueden pensar como el siguiente circuito equivalente (fig 6), tanto se cumpla que la ganancia de tensión proporcionada por Q_3 y Q_4 sea lo *suficientemente*¹ elevada.

¹Es decir que se cumpla $a\beta \gg 1$. Se puede asumir que lo hace, ya que las etapas de emisor común se ajustan para que así lo sea.

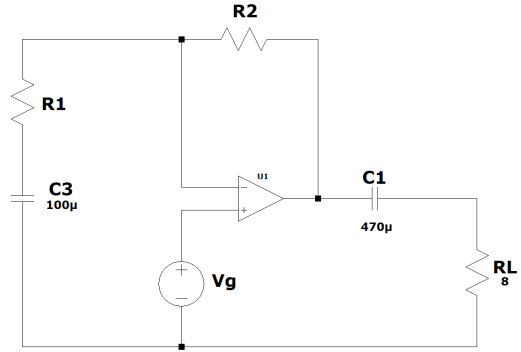


Fig. 6. Circuito equivalente del amplificador realimentado

La ganancia de este circuito equivalente (*en frecuencias medias*) se puede ajustar fácilmente con R_1 y R_2 , sabiendo:

$$G_0 = 1 + \frac{R_2}{R_1} \quad (3)$$

Además en la red de realimentación aparece el polo de baja frecuencia generado por C_1 y $R_2 + R_L$; que se hizo dominante sobre el polo generado por R_1 y C_3 , resultando en que $(R_2 + R_L) > R_1$