

## LABORATORIO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

### PRÁCTICA N° 3

#### 1 TEMA

ANÁLISIS DE AMPLIFICADORES MULTITETAPA

#### 2 OBJETIVO

Consultar los diferentes tipos de acoplamiento para un amplificador multietapa.

#### 3 MARCO TEÓRICO

Cuando la resistencia de carga es pequeña comparada con la resistencia de colector, la ganancia de voltaje de un amplificador EC se vuelve pequeña y el amplificador puede sobrecargarse. Una manera de prevenir esto es usar otro amplificador conectado a la salida del amplificador inicial.

TIPOS DE ACOPLAMIENTO PARA UN AMPLIFICADOR MULTITETAPA:

##### ACOPLAMIENTO CAPACITIVO

Este diseño de circuito es muy fácil de hacer. Cada etapa se calcula por separado casi independientemente de la otra. Los capacitores bloquean el paso de DC lo cual permite diseñar independientemente la polarización. Sin embargo esto introduce efectos de filtrado si es que la  $X_C$  no se elige adecuadamente. Además requiere más elementos, lo cual en un proyecto grande impactará sobre el presupuesto.

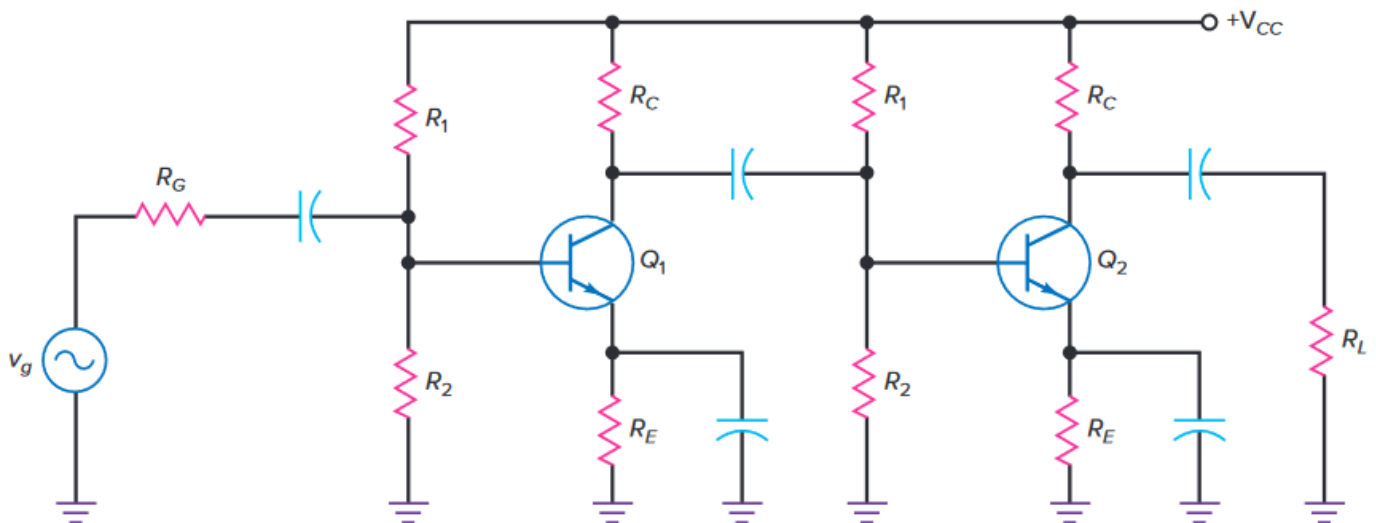


Figura 3.1. Amplificador de dos etapas con acoplamiento capacitivo

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Ganancia de voltaje de la primera etapa:

$$A_v = \frac{R_C // Z_{in(etapa2)}}{r'_e}$$

Ganancia de voltaje de la segunda etapa:

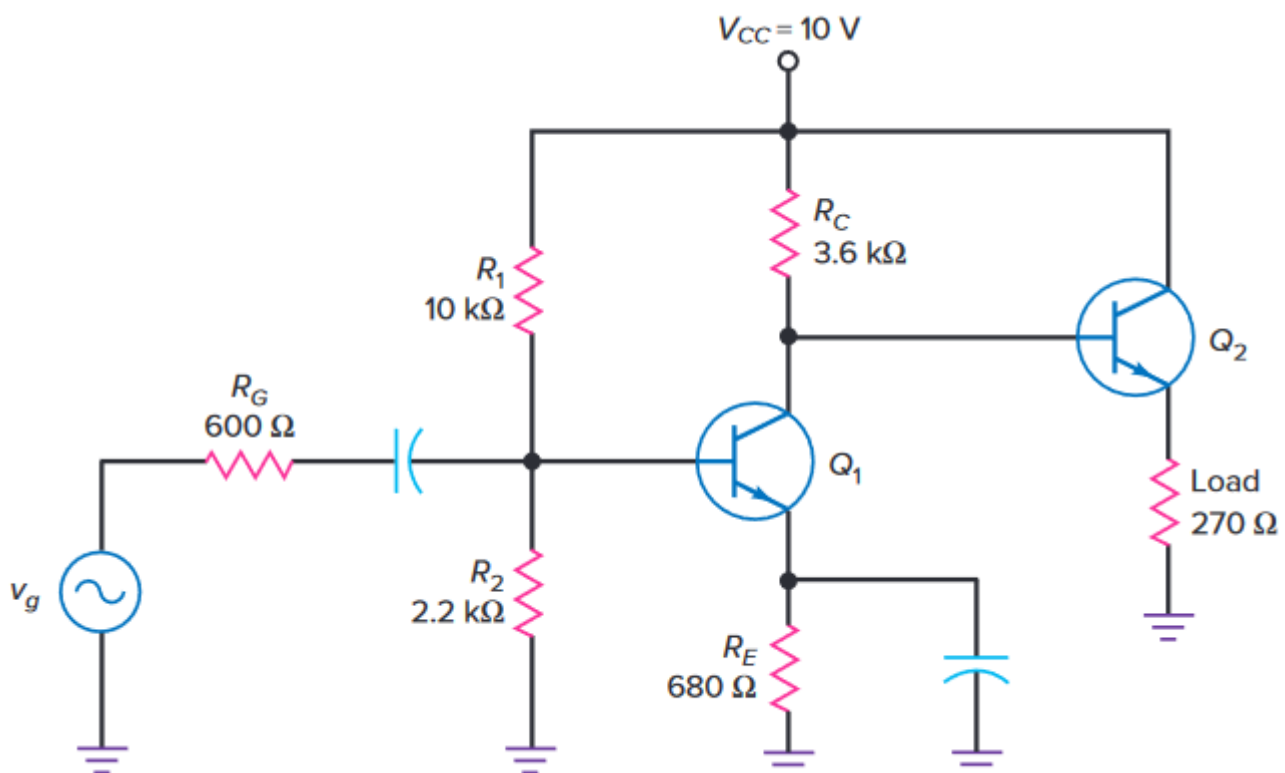
$$A_v = \frac{R_C // R_L}{r'_e}$$

Ganancia total de voltaje:

$$A_V = A_{V_1} * A_{V_2}$$

ACOPLAMIENTO DIRECTO:

En el circuito de la siguiente figura se tiene una impedancia de carga baja de  $270 \Omega$ , la cual puede llevar a sobrecargar a un amplificador normal de una sola etapa. Si se añade una segunda etapa en configuración CC sin capacitor se tendrá un acoplamiento directo sin los efectos de filtro no deseados.



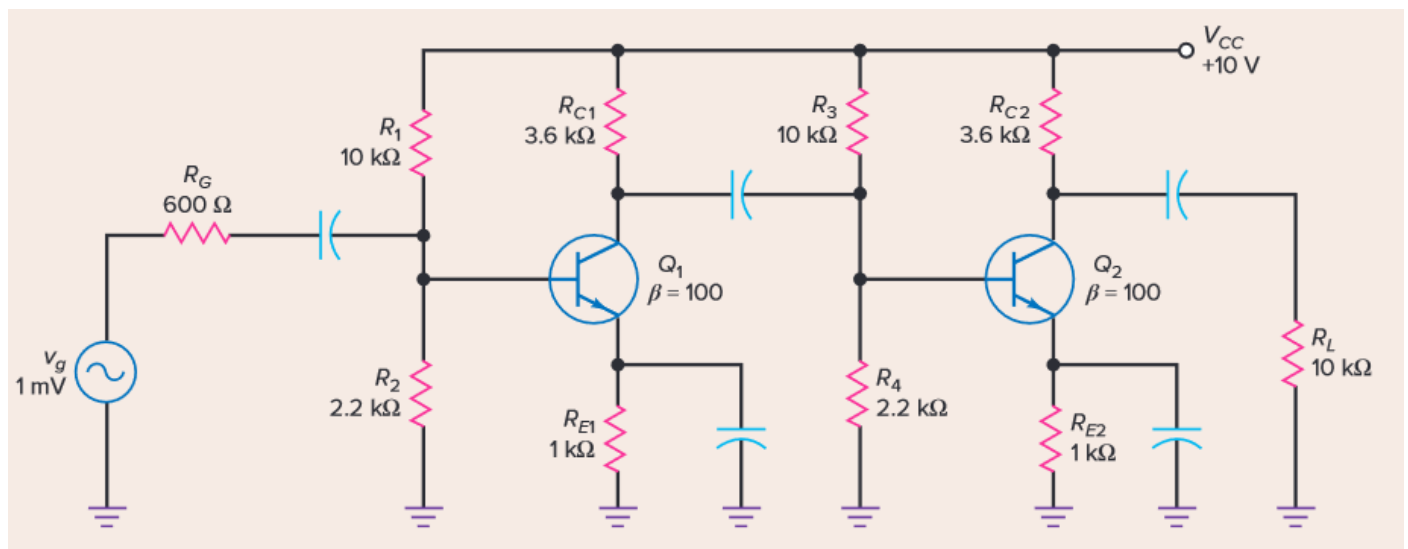
**Figura 3.2.** Amplificador de dos etapas con acoplamiento directo

La base de  $Q_2$  está conectada directamente al colector de  $Q_1$ . Debido a esto el voltaje DC del colector del primer transistor se usa para polarizar el segundo transistor. Si  $\beta$  de  $Q_2$  es 100:  $R_{in} = 100 \cdot (270 \Omega) = 27 \text{ k}\Omega$

Como  $27 \text{ k}\Omega$  es grande comparado con los  $3.6 \text{ k}\Omega$  de  $R_C$ , el voltaje DC del colector de  $Q_1$  es afectado de manera insignificante. El voltaje de salida de la primera etapa pasa con ganancia unitaria hacia la resistencia de  $270 \Omega$  cumpliendo con el objetivo de actuar como un buffer entre un amplificador de alta impedancia de salida y una carga de baja impedancia.

## 4 TRABAJO PREPARATORIO

- 4.1 Consultar acerca de los tipos de acoplamiento y sus características para un amplificador multietapa.
- 4.2 Calcular los voltajes y corrientes de polarización del circuito de la Figura 1 y obtener la expresión de ganancia, asumir que cada transistor tiene un  $\beta = 100$ . Realizar la simulación en LTspice ¿Qué pasa si se cambia la resistencia de carga final de  $10 \text{ k}\Omega$  a  $6.8 \text{ k}\Omega$ ?



**Figura 4.2.** Amplificador de dos etapas con acoplamiento capacitivo

- 4.3 Calcular los voltajes y corrientes de polarización del circuito de la Figura 4.2 y obtener la expresión de ganancia, asumir que cada transistor tiene un  $\beta = 100$ . Realizar la simulación en LTspice. Recalcule para  $\beta = 300$

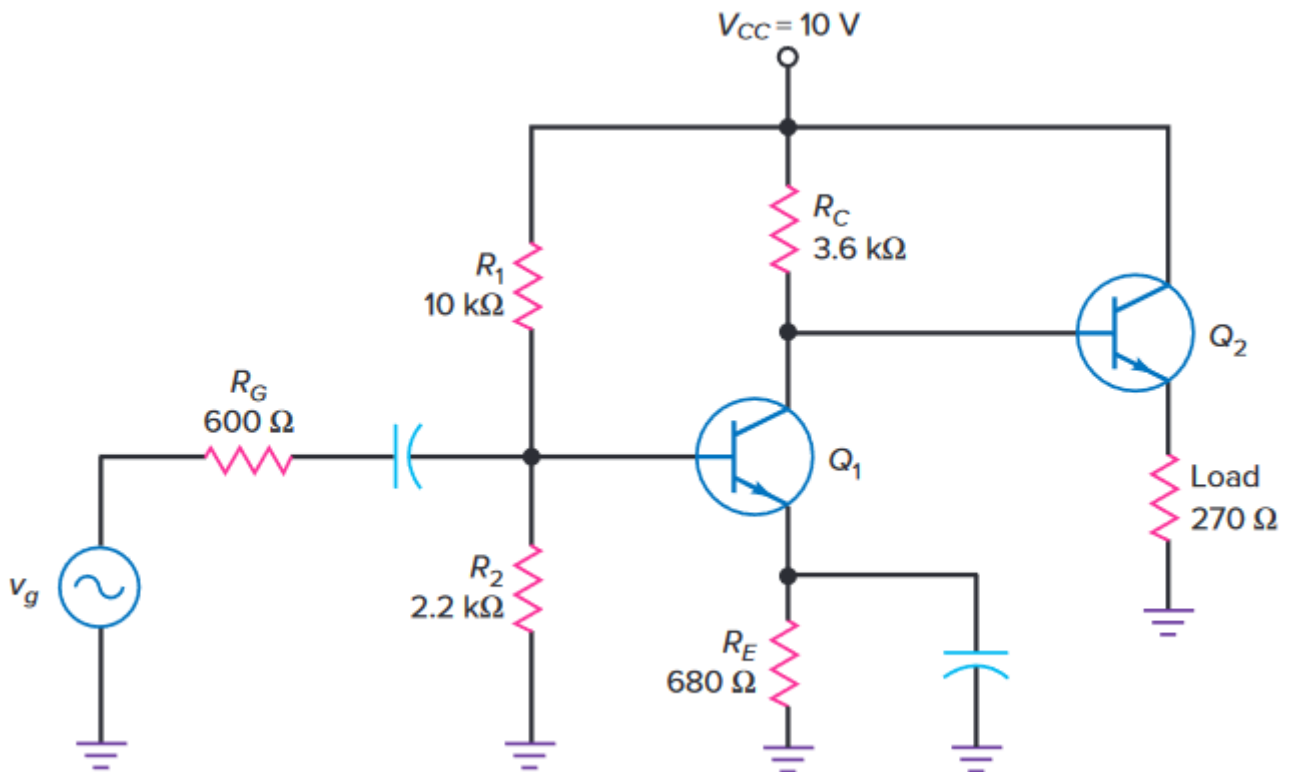


Figura 4.2. Amplificador de dos etapas con acoplamiento directo

- 4.4 ¿Qué pasa con la ganancia del circuito original de la fig 4.2 (con  $\beta = 100$ ) se le elimina la etapa CC y se coloca un capacitor hacia la resistencia de carga  $R_L$  de  $270\ \Omega$ ? ¿Qué pasa si se pone  $R_L = 100\ \Omega$ ?

## 5 EQUIPO Y MATERIALES

- Protoboard, cortadora y peladora de cables, puntas de prueba, multímetro, memoria USB.
- Transistores 2N2222
- Resistencia de 1 W de  $270\ \Omega$
- Elementos necesarios para armar los circuitos propuestos en las figura 4.1 y 4.2

## 6 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Implementar en protoboard los circuitos propuesto en los literales 4.1 y 4.2.
- 6.2 Medir los voltajes y corrientes de polarización de los circuitos implementados. Visualizar las señales de entrada y salida. Tomar los datos necesarios para justificar las gráficas del informe.

---

## 7 INFORME

- 7.1 Presentar en un cuadro las mediciones DC obtenidas en la práctica y los valores teóricos calculados en el trabajo preparatorio para el circuito de las figuras 4.1 y 4.2. Obtener los porcentajes de error y justificarlos.
- 7.2 Presentar las gráficas de las señales de entrada y salida de cada una de las etapas de los circuitos realizados
- 7.3 Conclusiones y recomendaciones.

## 8 REFERENCIAS

- R. Boylestad y Nashelsky, Electrónica: Teoría de circuitos y Dispositivos electrónicos, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2004.
- D. Neamen, Dispositivos y circuitos Electrónicos, México: McGRAW HILL, 2012
- T. Floyd, Dispositivos Electrónicos, México: PEARSON EDUCACIÓN, 2008.
- A. Malvino y D.J. Bates, Principios de Electrónica, España: McGRAW HILL, 2007
- Savant, Roden y Carpenter, Diseño electrónico. Circuitos y sistemas, España: Addison Wesley iberoamericana, 2000
- LTSPICE:  
<https://www.analog.com/en/resources/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>
- MULTISIM  
<https://www.multisim.com>

**Elaborado por:** Ing. Marco Serrano Msc. Roberto Maldonado.

**Revisado por:** PhD Ricardo Llugsi – PhD Pablo Lupera – Msc. Wilson Enriquez – Ing. William Coloma