

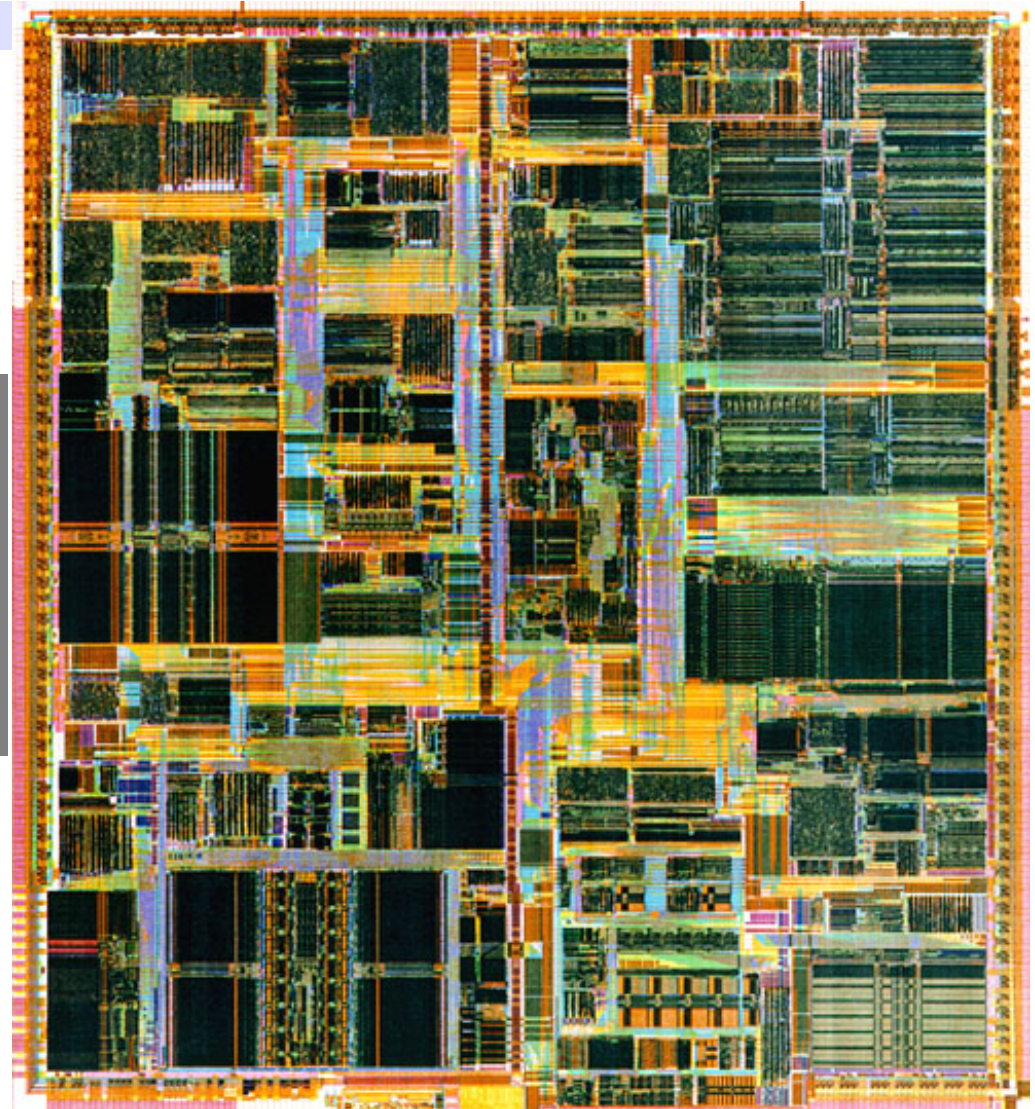
Dispositivos Electrónicos II

CURSO 2010-11

Tema 7

RESPUESTA EN FRECUENCIA DE AMPLIFICADORES (II)

Miguel Ángel Domínguez Gómez
Camilo Quintáns Graña



**DEPARTAMENTO DE
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA**



UNIVERSIDAD DE VIGO



**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS DE TELECOMUNICACIÓN**

RESPUESTA EN FRECUENCIA (II). MÉTODOS DE ANÁLISIS

1) Método directo

- Más exacto
- Se sustituyen las capacidades por su impedancia ($1/sC$) y se calcula $A(s)$, lo cual permite conocer sus polos y ceros
- Sólo aplicable a circuitos sencillos, o bien utilizando simulación mediante computador

2) Método del polo dominante

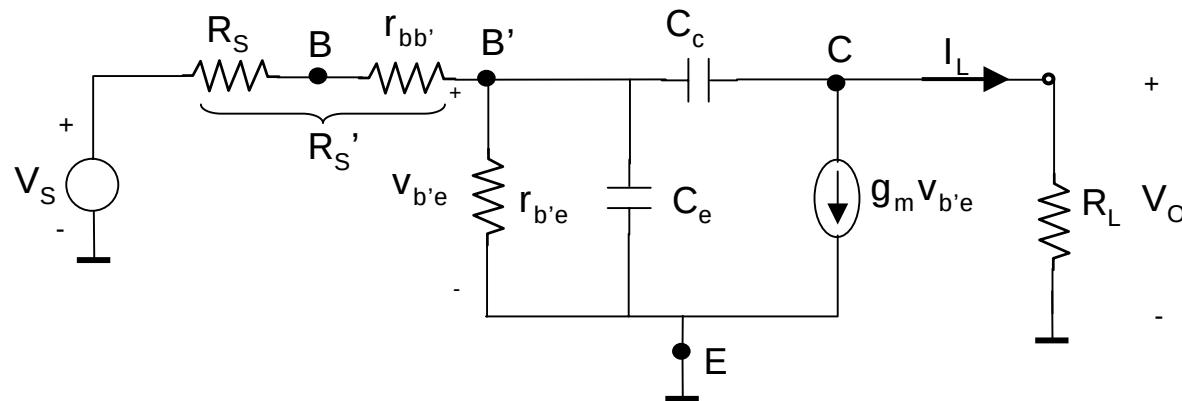
- Más sencillo
- Se considera un solo polo, despreciando los demás:
 - * Se calculan los polos debidos a cada C , con los demás en circuito abierto
 - * Se selecciona el polo de menor frecuencia como f_H
- Sólo válido para obtener una estimación de f_H

3) Método de las constantes de tiempo

NOTA: se puede aplicar Miller previamente a cualquiera de los tres métodos

1. MÉTODO DIRECTO

Estudio de la ganancia de tensión para una etapa en emisor común



$$\text{Nudo B': } G'_S (V_S - V_{b'e}) = V_{b'e} (g_{b'e} + s \cdot C_e) + s \cdot C_c (V_{b'e} - V_o) \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Nudo B':} \\ \text{Nudo C:} \end{matrix}} \right\}$$

$$\text{Nudo C: } g_m \cdot V_{b'e} + \frac{V_o}{R_L} = s \cdot C_c (V_{b'e} - V_o)$$

$$G'_S \cdot V_S = [G'_S + g_{b'e} + s(C_e + C_c)] \cdot V_{b'e} - s \cdot C_c \cdot V_o \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Nudo B':} \\ \text{Nudo C:} \end{matrix}} \right\}$$

$$(g_m - s \cdot C_c) \cdot V_{b'e} + \left(\frac{1}{R_L} + s \cdot C_c \right) \cdot V_o = 0 \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} \text{Nudo B':} \\ \text{Nudo C:} \end{matrix}} \right\}$$

$$\left. \begin{aligned} G'_S \cdot V_S &= [G'_S + g_{b'e} + s(C_e + C_c)] \cdot V_{b'e} - s \cdot C_c \cdot V_o \\ (g_m - s \cdot C_c) \cdot V_{b'e} + \left(\frac{1}{R_L} + s \cdot C_c \right) \cdot V_o &= 0 \end{aligned} \right\}$$

Se despeja $V_{b'e}$ en la segunda:

$$V_{b'e} = -\frac{\frac{1}{R_L} + s \cdot C_c}{g_m - s \cdot C_c} V_o \quad \text{y se sustituye en la primera:}$$

$$G'_S \cdot V_S = -[G'_S + g_{b'e} + s(C_e + C_c)] \frac{\frac{1}{R_L} + s \cdot C_c}{g_m - s \cdot C_c} V_o - s \cdot C_c \cdot V_o$$

$$A_V(s) = \frac{V_o}{V_S} = \frac{-G'_S}{[G'_S + g_{b'e} + s(C_e + C_c)] \frac{\frac{1}{R_L} + s \cdot C_c}{g_m - s \cdot C_c} + s \cdot C_c}$$

Se multiplica por $R_L(g_m - s \cdot C_c)$

$$A_v(s) = \frac{-G'_S \cdot R_L \cdot (g_m - s \cdot C_c)}{[G'_S + g_{b'e} + s \cdot (C_e + C_c)] \cdot (1 + s \cdot R_L \cdot C_c) + s \cdot R_L \cdot C_c \cdot (g_m - s \cdot C_c)} =$$

$$\frac{-G'_S \cdot R_L \cdot (g_m - s \cdot C_c)}{s^2 \cdot R_L \cdot C_c \cdot (C_e + C_c) - s^2 \cdot R_L \cdot C_c^2 + s \cdot (C_e + C_c) + s \cdot R_L \cdot C_c (G'_S + g_{b'e}) + s \cdot R_L \cdot C_c \cdot g_m + G'_S + g_{b'e}} =$$

$$\frac{-G'_S \cdot R_L \cdot (g_m - s \cdot C_c)}{s^2 \cdot R_L \cdot C_c \cdot C_e + s \cdot [C_e + C_c + R_L \cdot C_c \cdot (G'_S + g_{b'e} + g_m)] + G'_S + g_{b'e}}$$

La expresión anterior corresponde a la forma:

$$A_v(s) = \frac{K_1(s - s_0)}{(s - s_1) \cdot (s - s_2)}$$

que posee un cero y dos polos

$$A_V(s) = \frac{-G'_S \cdot R_L (g_m - s \cdot C_c)}{s^2 \cdot R_L \cdot C_c \cdot C_e + s[C_e + C_c + R_L \cdot C_c (G'_S + g_{b'e} + g_m)] + G'_S + g_{b'e}}$$

$$A_V(s) = \frac{K_1(s - s_0)}{(s - s_1) \cdot (s - s_2)}$$

El cero está en: $s = \frac{g_m}{C_c}$

Los polos son las raíces del denominador s_1 y s_2

La constante K_1 vale: $K_1 = \frac{G'_S \cdot R_L \cdot C_c}{R_L \cdot C_c \cdot C_e} = \frac{G'_S}{C_e}$

Como ejemplo, supongamos que:

$$\begin{array}{lll} R_S = 50 \, \Omega & r_{bb'} = 100 \, \Omega & r_{b'e} = 1 \, \text{k}\Omega \\ C_e = 100 \, \text{pF} & C_c = 3 \, \text{pF} & R_L = 2 \, \text{k}\Omega \\ g_m = 50 \, \text{mA/V} & & \end{array}$$

$$s_0 = \frac{0,05}{3 \cdot 10^{-12}} = 16,7 \cdot 10^9 \, \text{rad} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow 2,6 \, \text{GHz}$$

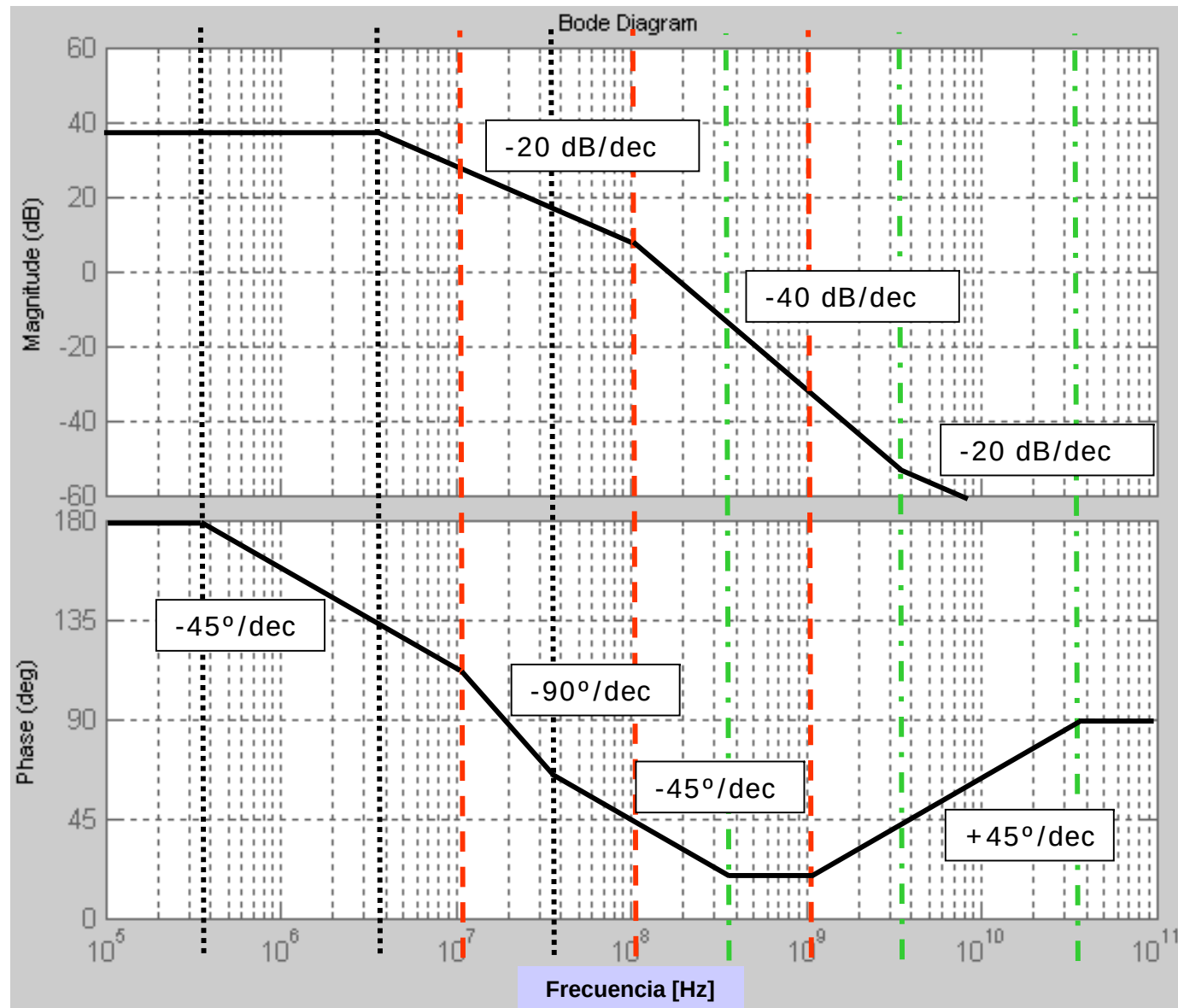
$$s_1 = -1,75 \cdot 10^7 \, \text{rad} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow 2,8 \, \text{MHz}$$

$$s_2 = -7,3 \cdot 10^8 \, \text{rad} \cdot \text{s}^{-1} \rightarrow 115 \, \text{MHz}$$

$$K_1 = 6,67 \cdot 10^7 \quad K_p = K \frac{\prod_{m=1}^M z_m}{\prod_{n=1}^N p_n} = 6,67 \cdot 10^7 \cdot \frac{16,7 \cdot 10^9}{1,75 \cdot 10^7 \cdot 7,3 \cdot 10^8} = 87,1$$

$$K_p = 20 \cdot \log(87,1) = 38,8 \, \text{dB}$$

La curva de respuesta en frecuencia de $A_v(s)$ tiene la forma:



La frecuencia de corte a -3 dB es 2,8 MHz