

**Trabajo Práctico Final**  
**Amplificador Operacional con Compensación**  
**Miller**  
Consigna y ecuaciones características

# Consigna

Diseñar un amplificador diferencial (OpAmp) Miller con las siguientes especificaciones:

1. Especificaciones generales:

- a) Load:  $C_L = 20\text{pF}$ .
- b)  $V_{dd} = 1.8\text{V}$
- c)  $I_{ref} = 100\mu\text{A}$
- d) Consumo de potencia: Lo más bajo posible.

2. Open Loop:

- a) Ganancia DC  $\geq 52\text{ dB}$  (considerando carga de red  $\beta$ )
- b) Producto Ganancia BW ( $\omega_0$ )  $\geq 60\text{ MHz}$ .
- c) Margen de fase  $\geq 60^\circ$

3. Close Loop:

- a) Ganancia DC  $= 20\text{dB} \pm 0,3\text{dB}$ . Usar  $R_1 = 500\Omega$
- b) Tensión de modo común  $V_{cm} = 0,8\text{V}$
- c) Producto Ganancia BW ( $\omega_0$ )  $\geq 60\text{ MHz}$ .
- d) Distorsión Armónica Total (THD)  $\leq -55\text{ dB}$  @  $V_{out,pp} = 1.2\text{ V}$
- e) Ruido Total Salida  $\leq 250\mu\text{V}$ .

4. Condiciones de simulación:

Corner	Vdd [V]	Iref [ $\mu\text{A}$ ]	Temperatura [ $^\circ\text{C}$ ]
TT	1.8	100u	65
FF	1.98	105u	0
SS	1.62	95u	125

En la figura se muestra un OpAmp Miller típico de dos etapas.

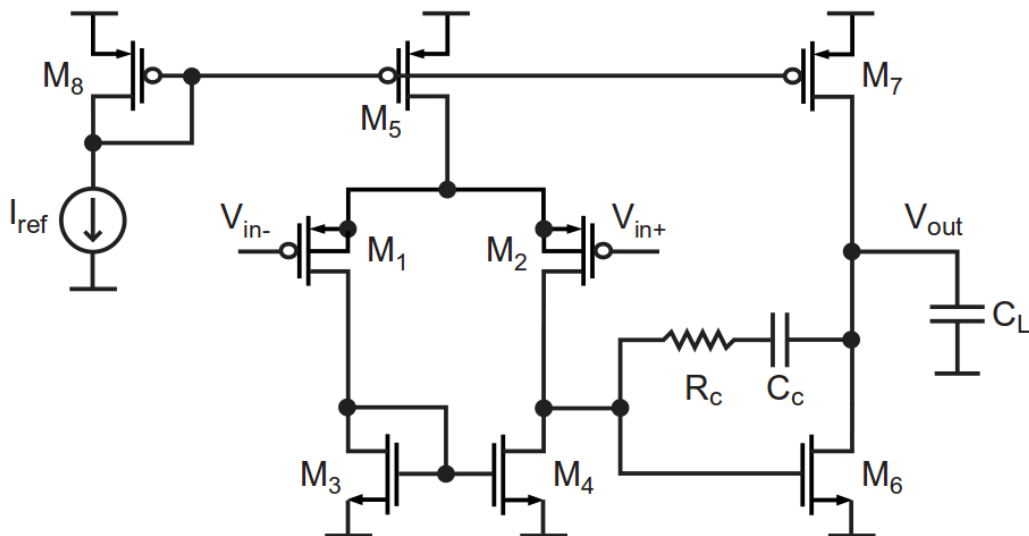


Figura 1: Amplificador Operacional Miller.

# Ecuaciones útiles

## Sin Compensación

- Función de transferencia

$$H(s) = \frac{v_{out}(s)}{v_{id}(s)} = \frac{K}{(1 + s/\omega_{p1})(1 + s/\omega_{p2})} \quad (1)$$

- Ganancia en DC

$$K = g_{m1}(r_{o2} \parallel r_{o4})g_{m6}(r_{o6} \parallel r_{o7}) \quad (2)$$

- Polos

$$\omega_{p1} = \frac{1}{(r_{o2} \parallel r_{o4})C_{gs6}} \quad (3)$$

$$\omega_{p2} = \frac{1}{(r_{o6} \parallel r_{o7})C_L} \quad (4)$$

En general  $\omega_{p2} \ll \omega_{p1}$  porque  $C_L \gg C_{gs6}$

No es deseable que la respuesta en frecuencia del amplificador dependa fuertemente de la carga.

## Con Compensación

- Capacidad de carga vista por la primer etapa

$$C_M = (1 + g_{m6}(r_{o6} \parallel r_{o7}))C_c \approx g_{m6}(r_{o6} \parallel r_{o7})C_c \quad (5)$$

- El polo  $\omega_{p1}$  pasa a ser dominante:

$$\omega_{p1} = \frac{1}{(r_{o2} \parallel r_{o4})C_M} \approx \omega_{p1} = \frac{1}{(r_{o2} \parallel r_{o4})g_{m6}(r_{o6} \parallel r_{o7})C_c} \quad (6)$$

- La frecuencia del polo  $\omega_{p1}$  se incrementa:

$$\omega_{p2} \approx \frac{1}{(1/g_{m6})(C_{gs6} + C_L)} = \frac{g_{m6}}{C_{gs6} + C_L} \quad (7)$$

- La frecuencia de cruce por cero:

$$\omega_0 \approx \frac{g_{m1}}{C_c} \quad (8)$$

- Para que  $\omega_{p2} > \omega_0$ :

$$C_c > \frac{g_{m1}}{g_{m6}}(C_{gs6} + C_L) \quad (9)$$

- Con un cálculo más exacto de la función de transferencia se encuentra que existe un cero en el semiplano derecho ( $\omega_z = -(g_{m6}/C_c)$ ). Para que  $|\omega_z| \gg \omega_0$  se agrega una resistencia de comoensación.

$$\omega_z = -\left(\frac{g_{m6}}{C_c}\right) \frac{1}{1 - g_{m6}R_c} \quad (10)$$

- Si  $R_c = 1/g_{m6}$  el cero a parte real positiva desaparece.
- Para mejorar el margen de fase se puede hacer  $R_c > 1/g_{m6}$