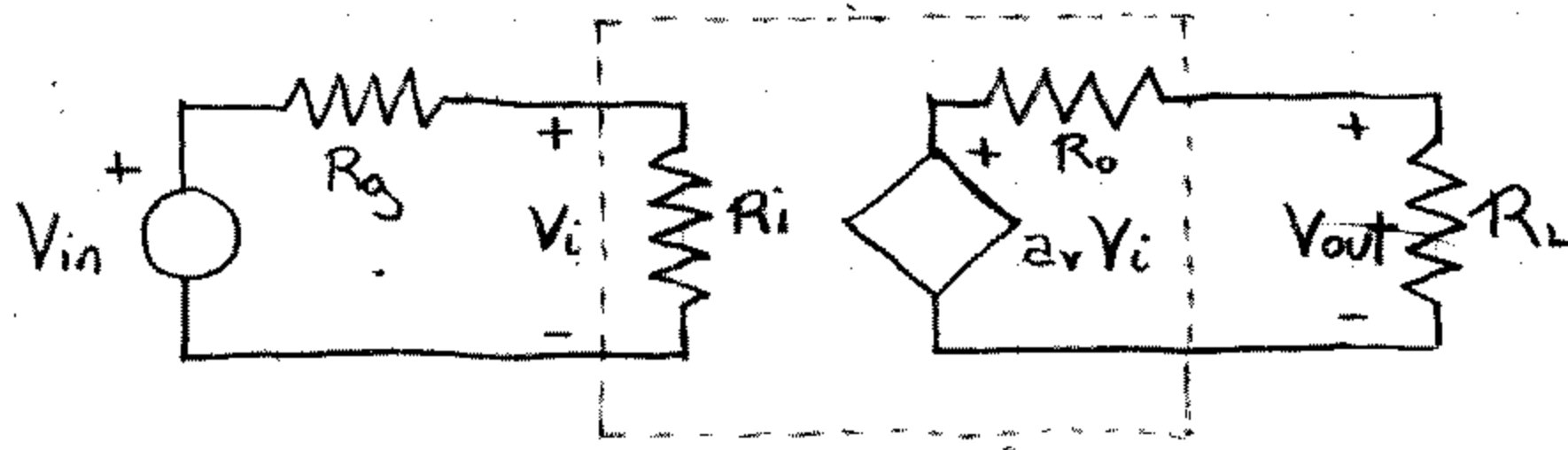


TEMA 0: FUNDAMENTOS DE LOS A.O.'S

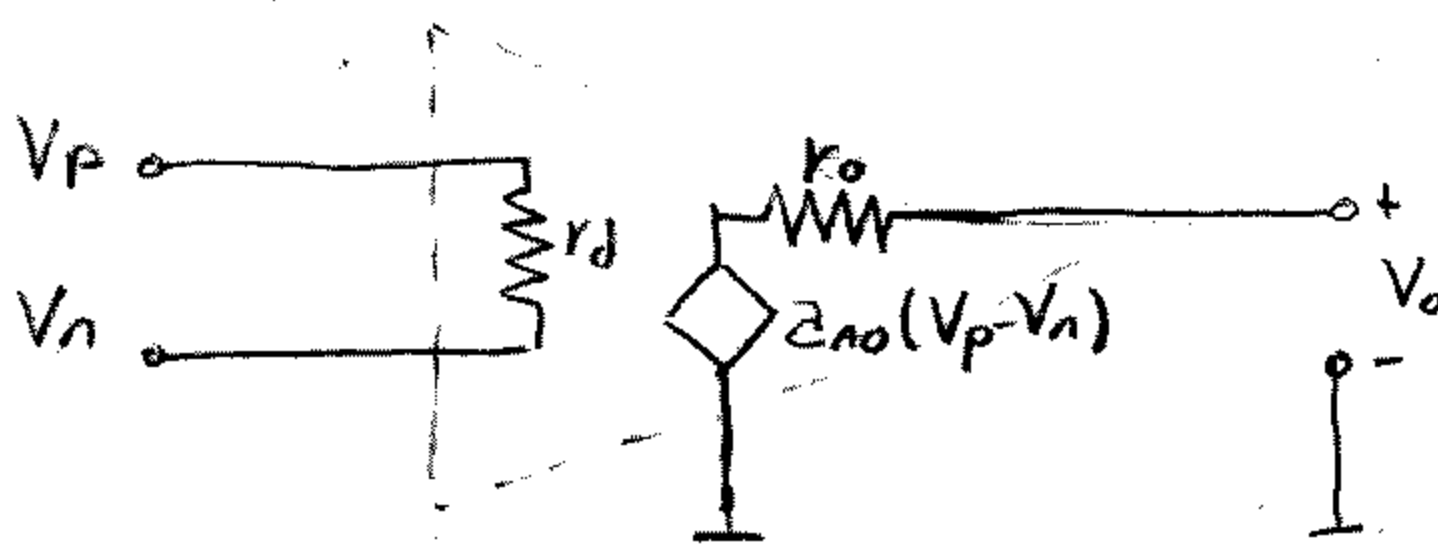
- Circuito equivalente de un amplificador lineal



Interesa:
 $R_o \ll R_L$
 $R_i \gg R_g$

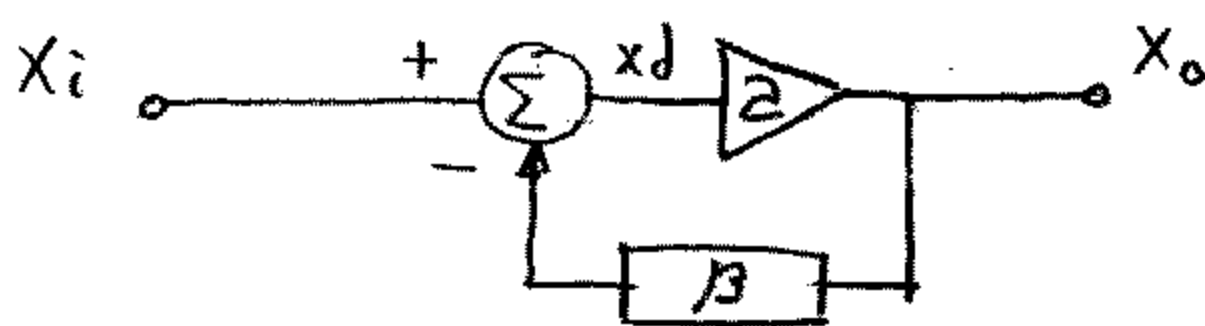
Transferencia máxima de potencia $\Rightarrow R_L = R_o$

- Circuito equivalente del AO



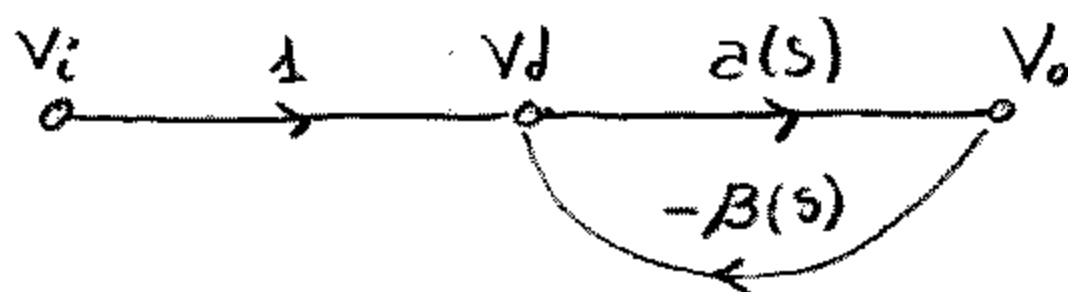
	típico	Ideal
a_{AO}	$10^5 - 10^7$	∞
r_d	$10^6 - 10^{13}$	∞
r_o	10-100	0

- Realimentación canónica



$$X_o = \frac{a}{1 + a\beta} X_i \Rightarrow A_x = \frac{X_o}{X_i} = \frac{a}{1 + a\beta}$$

- Flujoograma del sistema canónico realimentado



$\beta > 0 \Rightarrow$ realim. negativa ($a > 0$)

Ganancia de lazo

$$T(s) = -a(s)\beta(s)$$

$$A_v(s) = \frac{a(s)}{1 + T(s)}$$

TEMA 1: LIMITACIONES DEL A.O. REAL

- Margen dinámico del A.O. (MD)

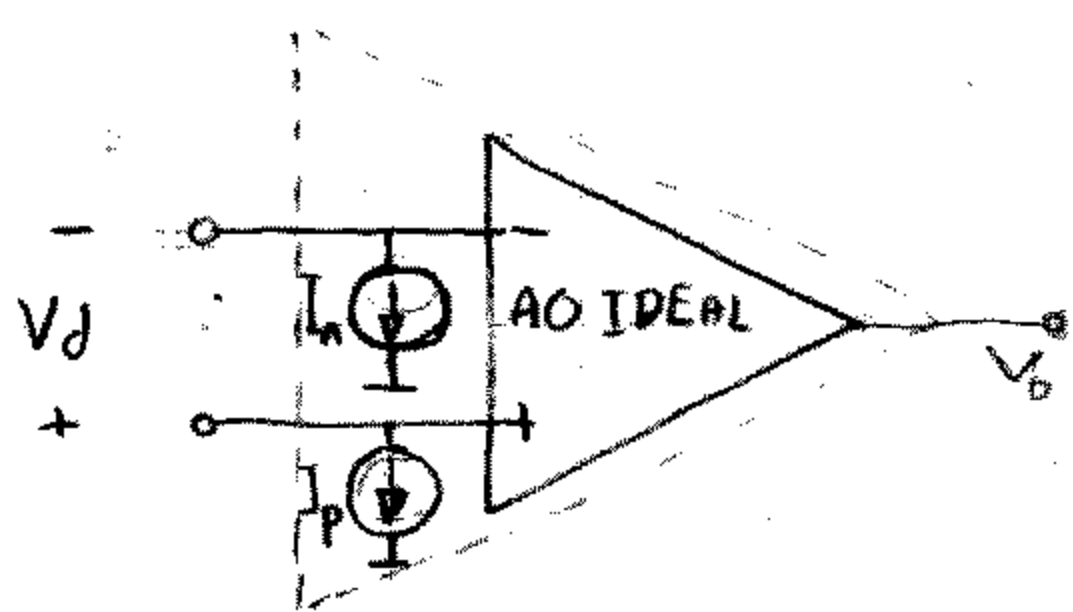
$$MD_i = \frac{V_{SAT+}}{A_v} = \frac{V_{SAT-}}{A_v}$$

$$MD_o = V_{SAT+} - V_{SAT-}$$

- Corriente de cortocircuito

µA741 $\Rightarrow I_{sc} \approx 25\text{mA}$; En limitación $V_p \neq V_n$

- Corrientes de polarización

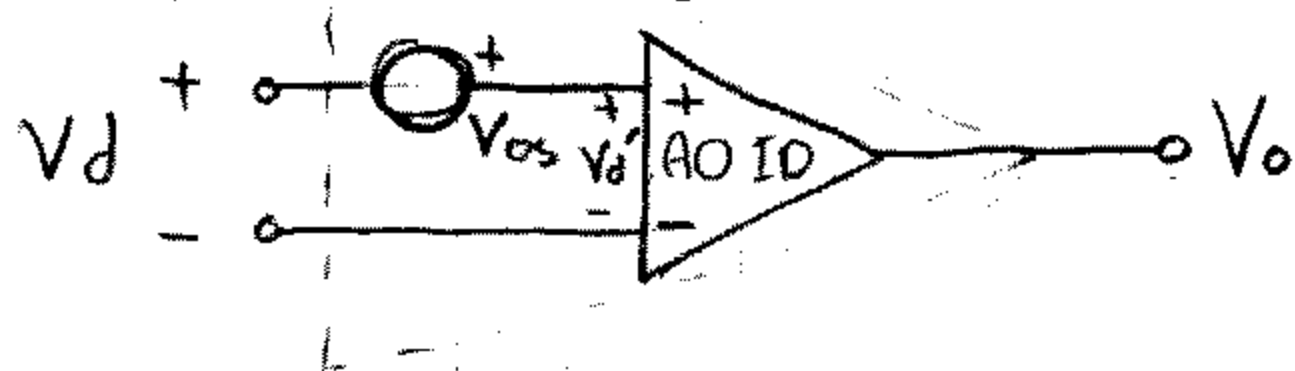


$$I_B = \frac{I_p + I_n}{2}$$

$$I_{os} = |I_p - I_n|$$

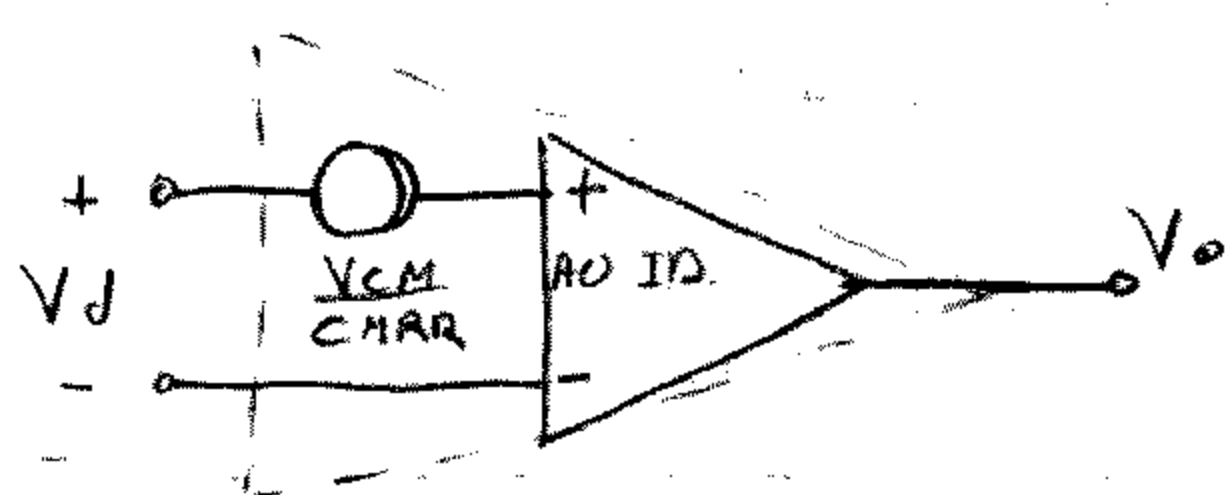
Compensación (Inversor): Colocamos una R_p entre la entrada no inversora y 0.

- Tensión de offset de entrada



$$V_d' = V_d + V_{os}$$

- Relación de rechazo en modo común (CMRR)



$$V_{cm} = \frac{V_p + V_n}{2}$$

$$V_d = V_p - V_n$$

$$CMRR = \frac{\partial d}{\partial cm}$$

$$V_o = \partial_{cm} V_{cm} + \partial_d V_d$$

- Relación de rechazo a la alimentación

$$\frac{1}{PSRR_{V_{cc}}} = \frac{\partial V_{os}}{\partial V_{cc}} \Rightarrow \Delta V_{os_{V_{cc}}} = \frac{\Delta V_{cc}}{PSRR_{V_{cc}}}$$

- Balance de errores

- Caso "peor" $\Rightarrow E_{max} = \sum |E_i|$

- Suma cuadrática $\Rightarrow E_{rms} = \sqrt{\sum E_i^2}$

TEMA 2: RESPUESTA FRECUENCIAL DE A.O's Y CIRCUITOS REALIMENTADOS

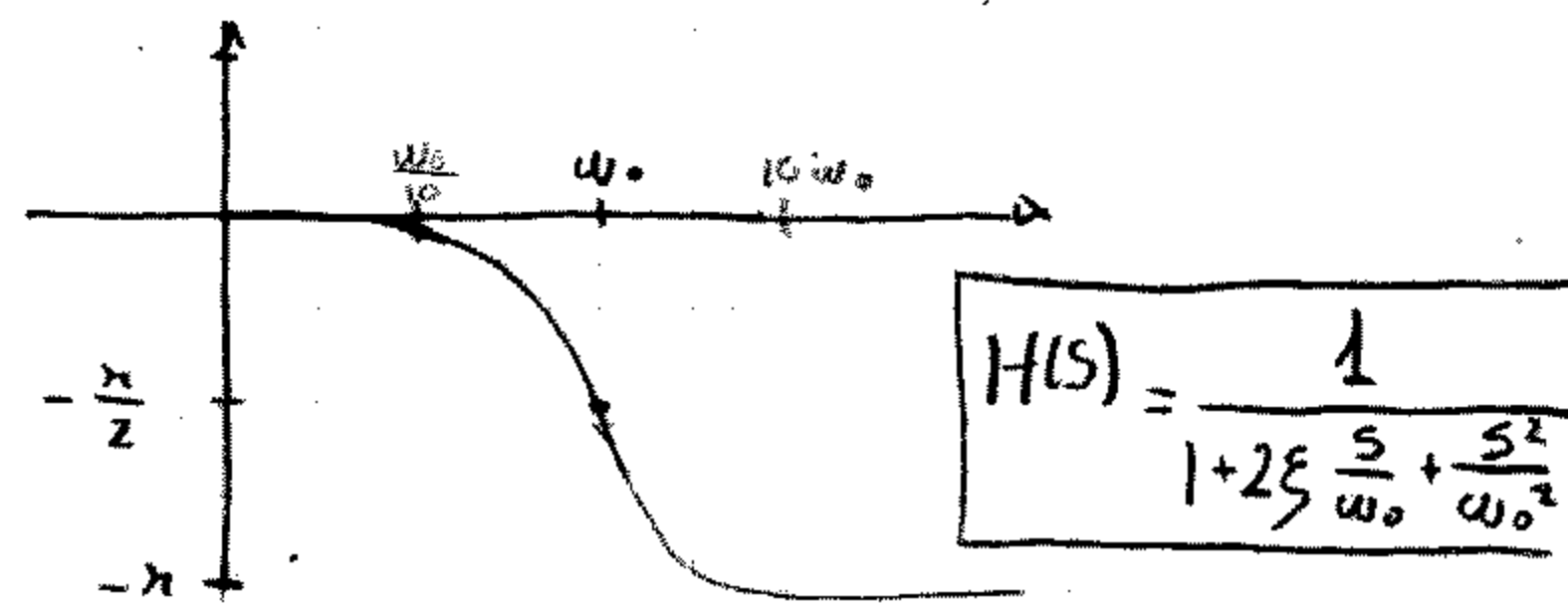
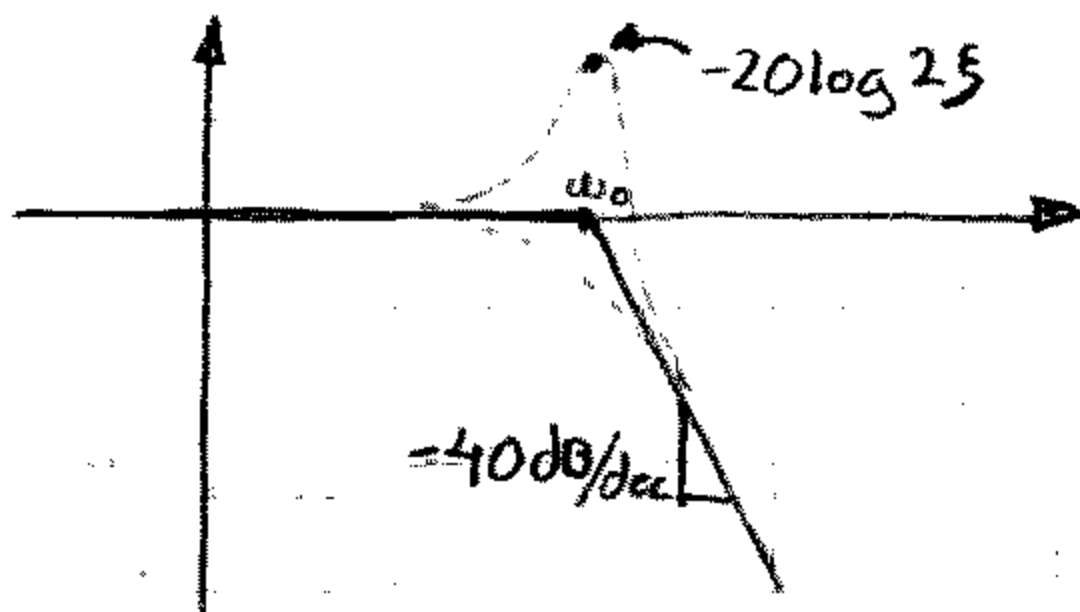
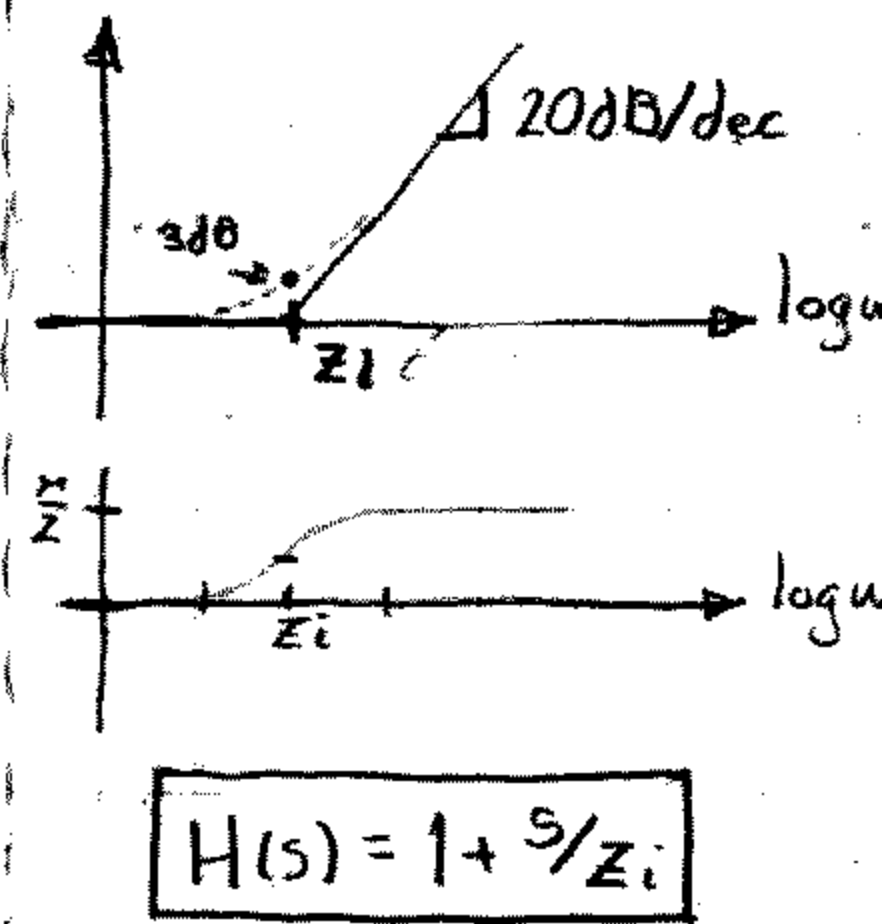
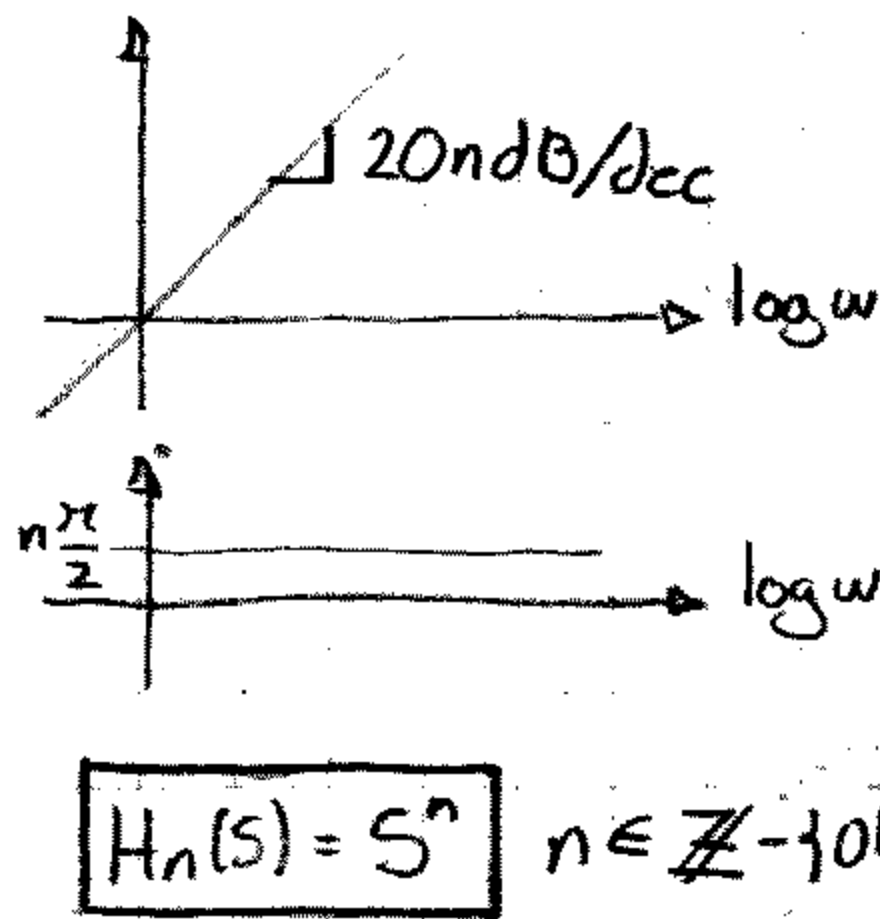
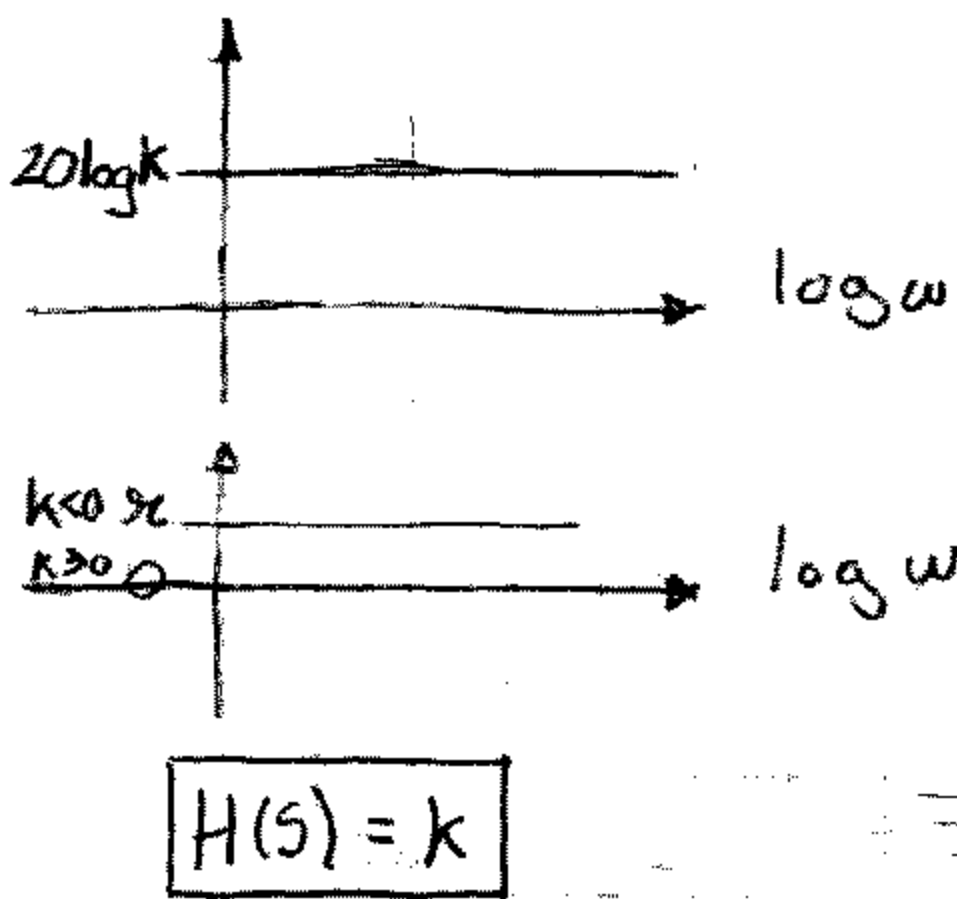
- Función de transferencia

$$H(s) = H_0 \frac{(s+z_0)(s+z_1)\dots(s+z_n)}{(s+p_1)(s+p_2)\dots(s+p_m)} = \frac{K}{\prod P_j} \cdot \frac{\prod (1+s/z_i)}{\prod (1+s/p_j)}$$

$$|H(j\omega)|_{dB} = 20 \log |K| + 20 \log \prod (1 + \delta\omega/z_i) - 20 \log \prod (1 + \delta\omega/p_i)$$

$$\angle H(j\omega) = \angle K + \sum \angle (1 + \delta\omega/z_i) - \sum \angle (1 + \delta\omega/p_i)$$

- Diagramas de Bode



- Ganancia en lazo abierto del AO

$$a_{AO}(s) = \frac{a_0}{1 + s/\omega_a}$$

$a_0 \Rightarrow$ Ganancia en DC

$\omega_a \Rightarrow$ Polo dominante

$$\omega_a a_0 = \text{GBP}$$

- Tiempo de subida

respuesta escalón

AO (seg. tensión) $\Rightarrow t(10\% \rightarrow 90\%) \Rightarrow t_R = \frac{0.35}{f_c}$

$$t_R = \frac{0.35}{f_c}$$

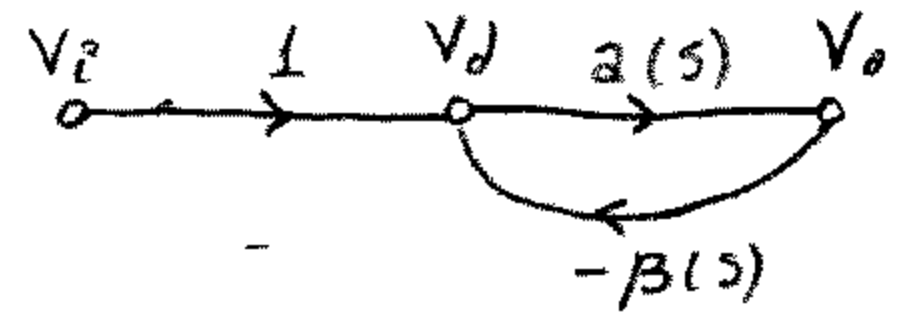
$$\omega_a = \omega_c$$

- Slew-Rate (SR)

$$\left. \frac{dV_o(t)}{dt} \right|_{\max} \leq \text{SR}$$

- Estabilidad en circuitos realimentados

$$A(s) = \frac{V_o}{V_i} = \frac{a(s)}{1 + a(s)\beta(s)} = \frac{a(s)}{1 + T(s)} = \frac{a(s)}{F(s)}$$



- Estable : : Todas los polos de A(s) tienen parte real negativa
- Oscilador : Polos con parte real nula
- Inestable : Polos con parte real positiva

o Criterio de estabilidad de Routh

$$F(s) \stackrel{!!}{=} 0 \Rightarrow 1 + T(s) = 0 \Rightarrow A_n s^n + A_{n-1} s^{n-1} + \dots + A_1 s + A_0 = 0$$

Inestable si:

- 1) Los coeficientes de la ecuación son de distinto signo
- 2) Algun coeficiente es igual a 0.

Tabulación de Routh:

s^7	A_7	A_5	A_3	A_1	$s^7 A_7$ $s^6 A_6$ $s^5 b_1$ $s^4 c_1$ $s^3 d_1$ $s^2 e_1$ $s^1 f_1$ $s^0 g_1$
s^6	A_6	A_4	A_2	A_0	
s^5	$b_1 = \frac{A_6 A_5 - A_7 A_6}{A_6}$	$b_2 = \frac{A_6 A_3 - A_5 A_2}{A_6}$	$b_3 = \frac{A_6 A_1 - A_3 A_0}{A_6}$	0	
s^4	$c_1 = \frac{b_1 A_4 - b_2 A_6}{b_1}$...	0	0	
s^3	d_1	...	0	0	
s^2	e_1	...	0	0	
s^1	f_1	0	0	0	
s^0	g_1	0	0	0	

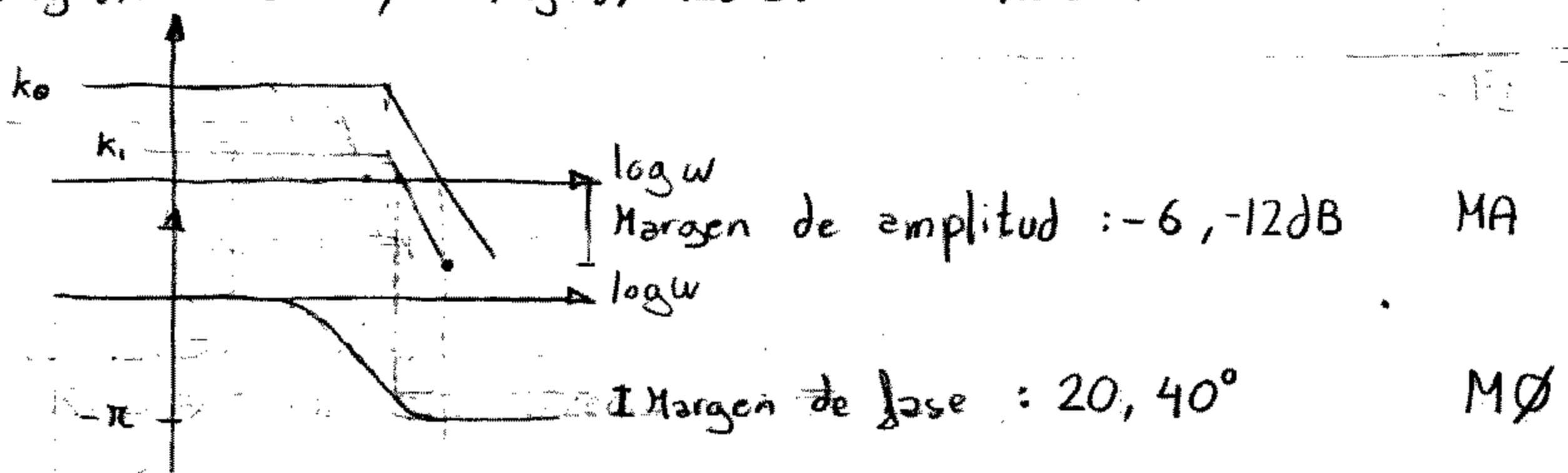
- Todos los elementos mismo signo \Rightarrow ESTABLE
- # cambios de signo = # raíces con parte real positiva \Rightarrow INEST.

o Margenes de estabilidad (se pueden obtener:)

- Inspección directa de F(s)
- Criterio de Routh aplicado a F(s)
- L.G.R. : Representación trayectorias de las raíces de F(s) cuando variamos un parámetro.
- Diagrama de Bode

o Análisis estabilidad a través diagrama de Bode T(s)

$$|T(j\omega_0)| \stackrel{!!}{=} 0 \text{ dB} ; \angle T(j\omega_0) = (2L+1)\pi \Rightarrow A(s) \text{ inestable}$$



◦ Trazado sistemático del L.G.R. $K < 0$

- 1) El L.G.R. empieza en los polos de $T(s)$
- 2) " " acaba en los zeros de $T(s)$
- 3) " " es simétrico respecto al eje σ
- 4) El # de trayectorias del L.G.R. = orden de $F(s)$
- 5) Asimptotas del L.G.R.

$$\angle S|_{K \rightarrow \infty} = \begin{cases} K \geq 0 & \frac{2L+1}{|m-n|} \pi \\ K < 0 & \frac{2L}{|m-n|} \pi \end{cases} \quad L=1,2,\dots \quad \sigma_0 = \frac{\sum_{j=1}^m z_j - \sum_{j=1}^n p_j}{m-n}$$

7) Punto de separación del eje σ (σ_d)

$$\sum_{i=1}^m \frac{1}{\sigma_d - z_i} - \sum_{j=1}^n \frac{1}{\sigma_d - p_j} \stackrel{!!}{=} 0$$

8) Intersección con el eje $j\omega$ (Criterio de Routh) $F(s)$

$K_{osc} \Rightarrow$

s^m		
s^{m-1}	$\delta(k)$	
s^{m-2}		

← Primera fila (de la la col.) que pueda hacerse 0
De la fila superior obtenemos ω_{osc}

10) El L.G.R. sobre el eje real (σ)

$K > 0 \Rightarrow$ tramo a la derecha si: # polos y ceros derecha = impar
 $K < 0 \Rightarrow$ " " " " " " = par

◦ Compensación Frecuencial

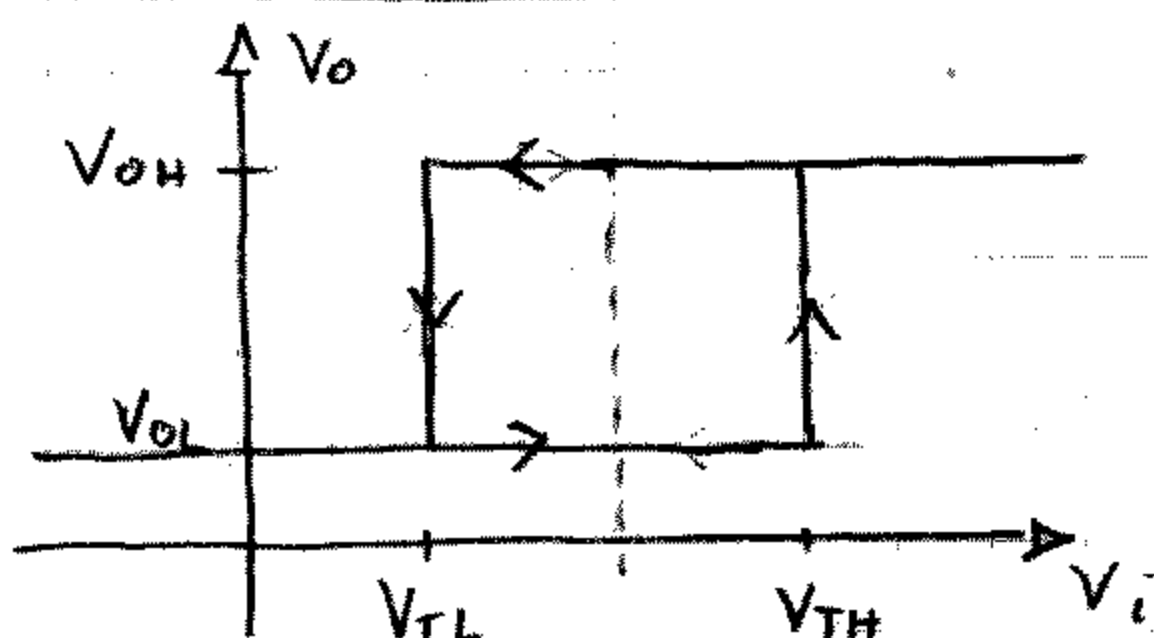
- Se coloca un polo dominante ω_d a una frecuencia bastante mas baja que la del menor cero, de forma que su trazado de Bode baje 20dB/dec y se consiga que para $\phi = -\pi \Rightarrow |T(j\omega)|_{dB} < 0 \rightarrow MAF, M\phi \uparrow$

TEMA 4: APLICACIONES NO LINEALES DE LOS AO's

- METODO SISTEMÁTICO DE ANÁLISIS

- 1) Definir todos los posibles estados de funcionamiento de los disp. no lin.
- 2) Condiciones de las tensiones de entrada que producen cada estado.
- 3) Tensión de salida para cada estado

- COMPAPADORES CON HISTÉRESIS (TRIGGER SCHMIT)

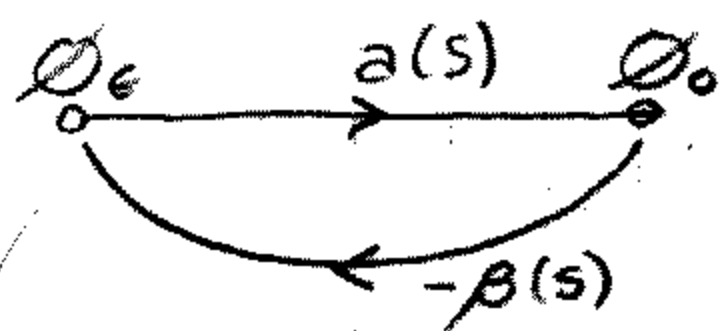


$V_{TH} - V_{TL}$: Anchura del ciclo

$\frac{V_{TH} + V_{TL}}{2}$: Centro " "

TEMA 5: GENERADORES DE SEÑAL

* GENERADORES SINUSOIDALES

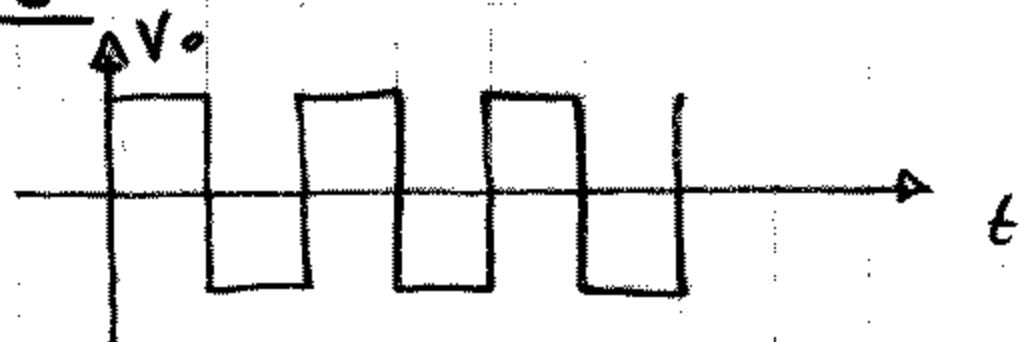


Calcular K de forma que oscile
(Criterio de Routh, ...)

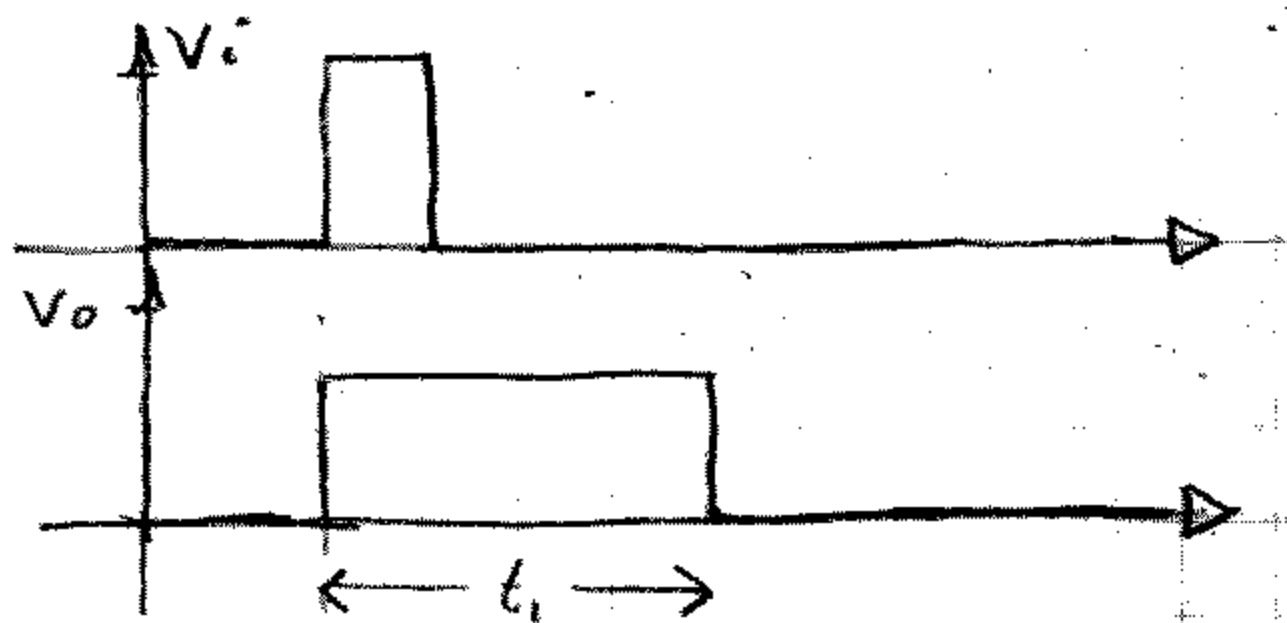
- Condición de arranque: El arranque ha de ser inestable y estabilizarse a una cierta amplitud \Rightarrow Diodos

* MULTIVIBRADORES ASTABLES

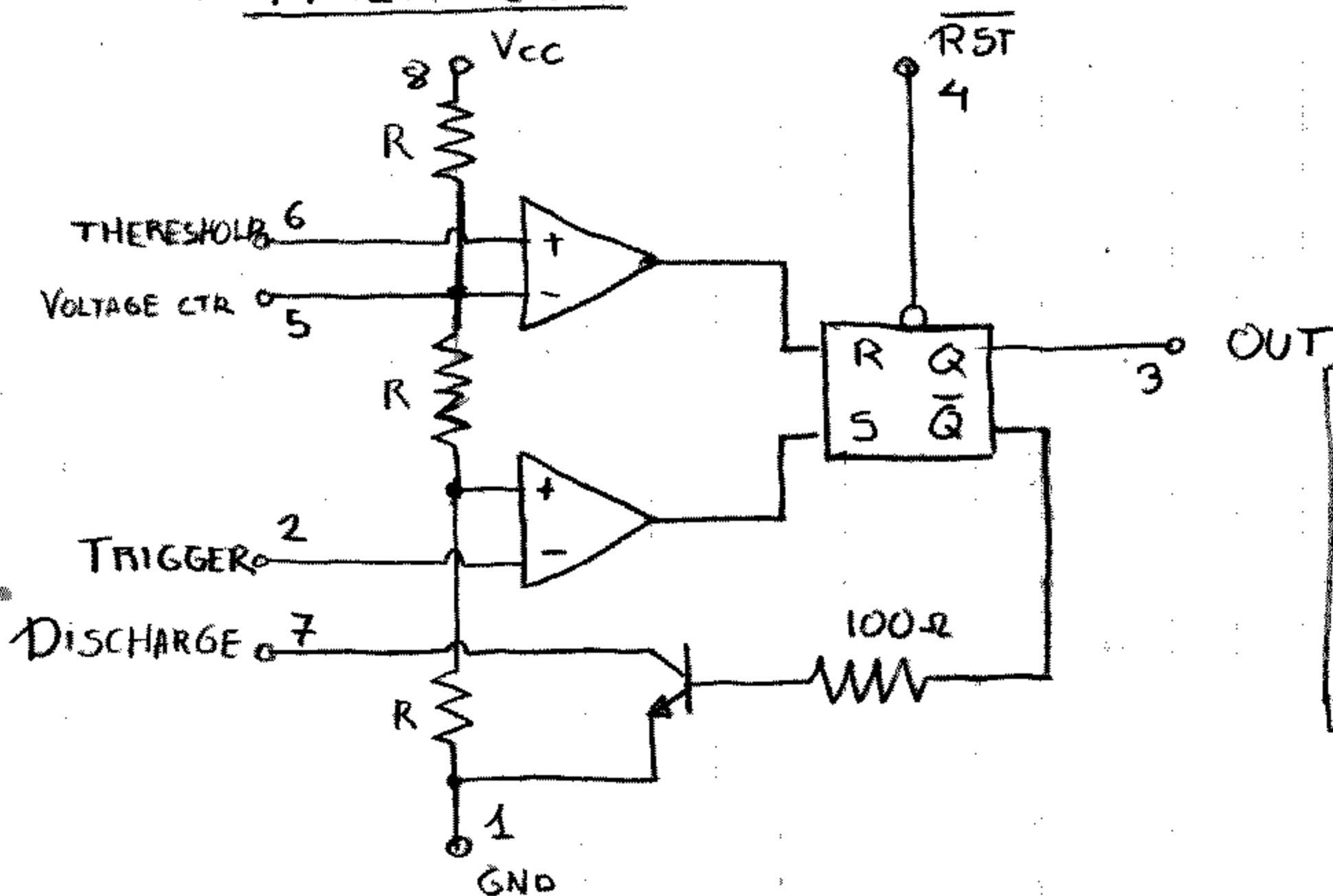
Dos estados inestables \Rightarrow
(sin entrada)



* MULTIVIBRADOR MONOASTABLE

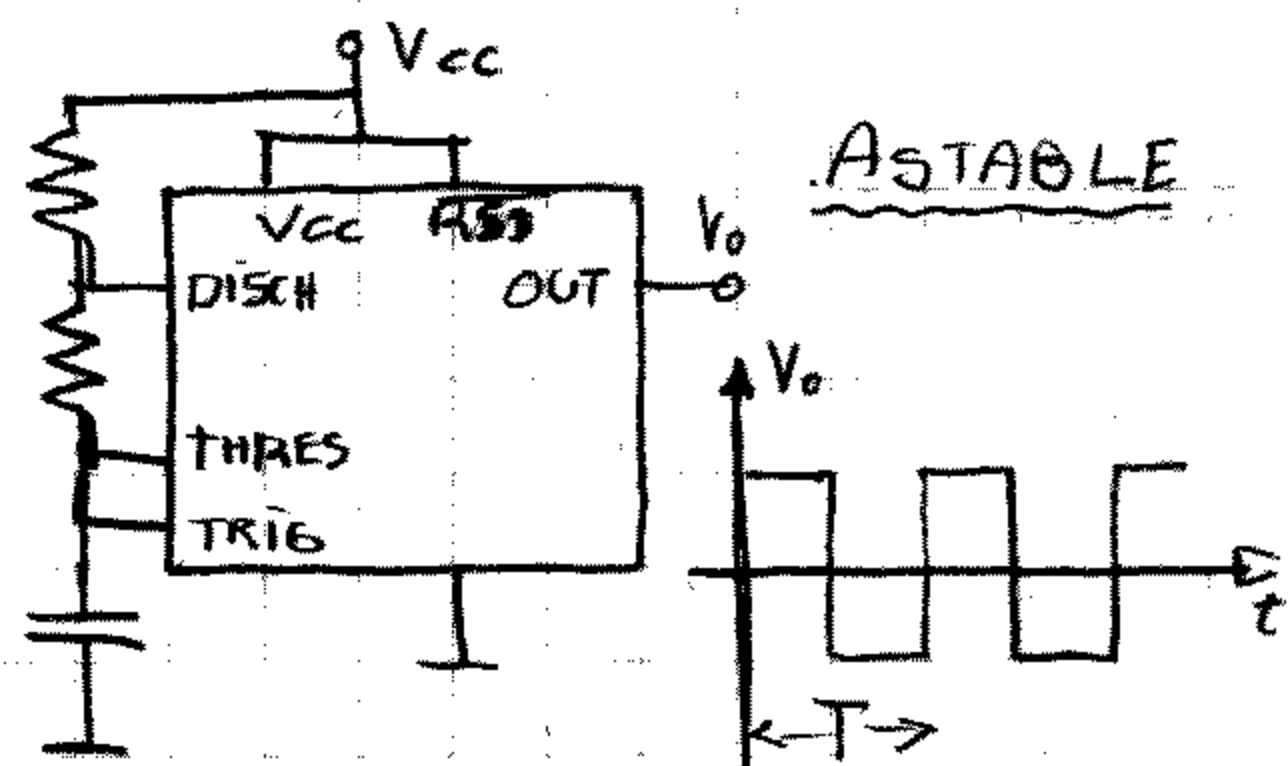
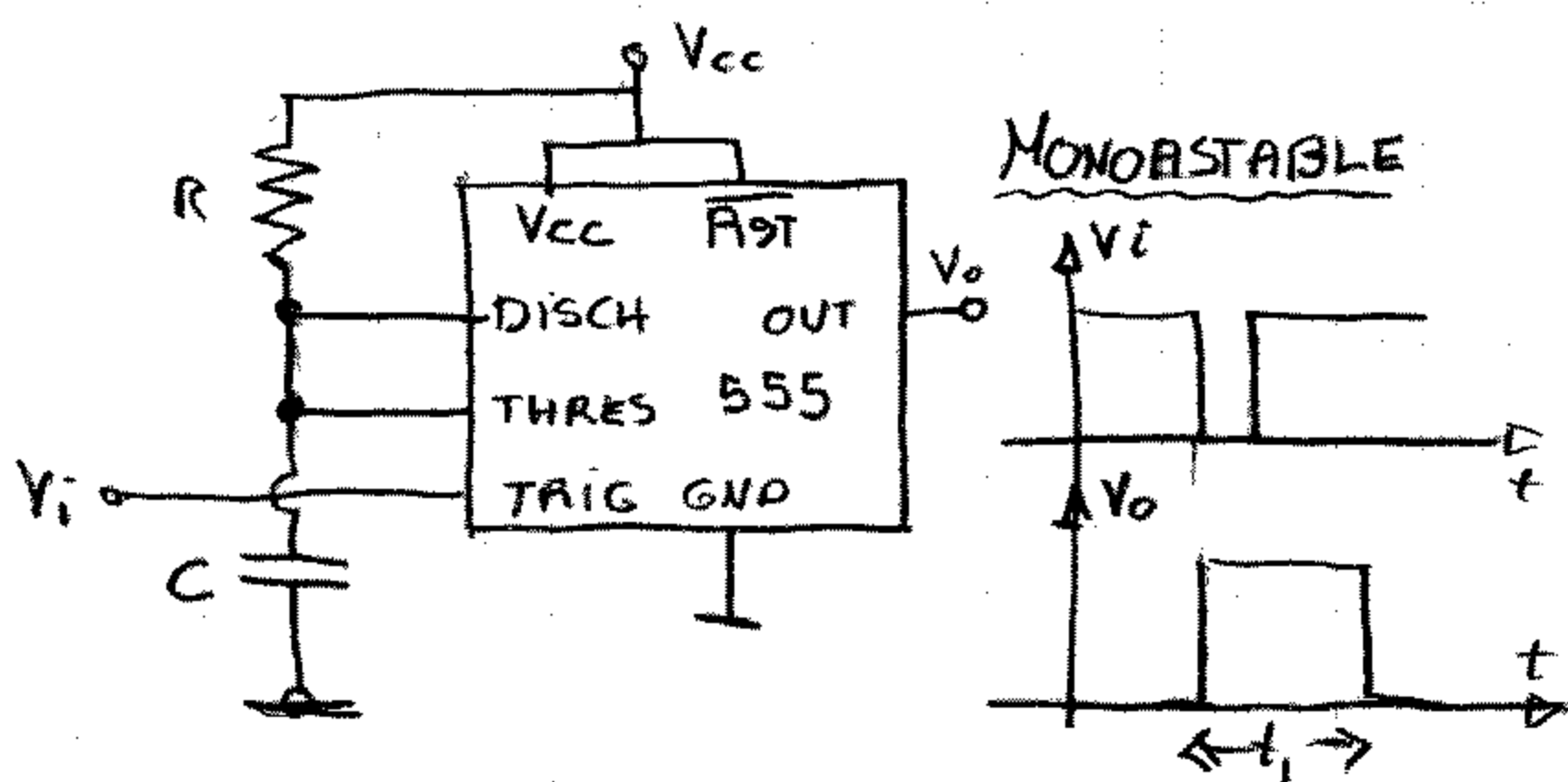


* TIMER 555



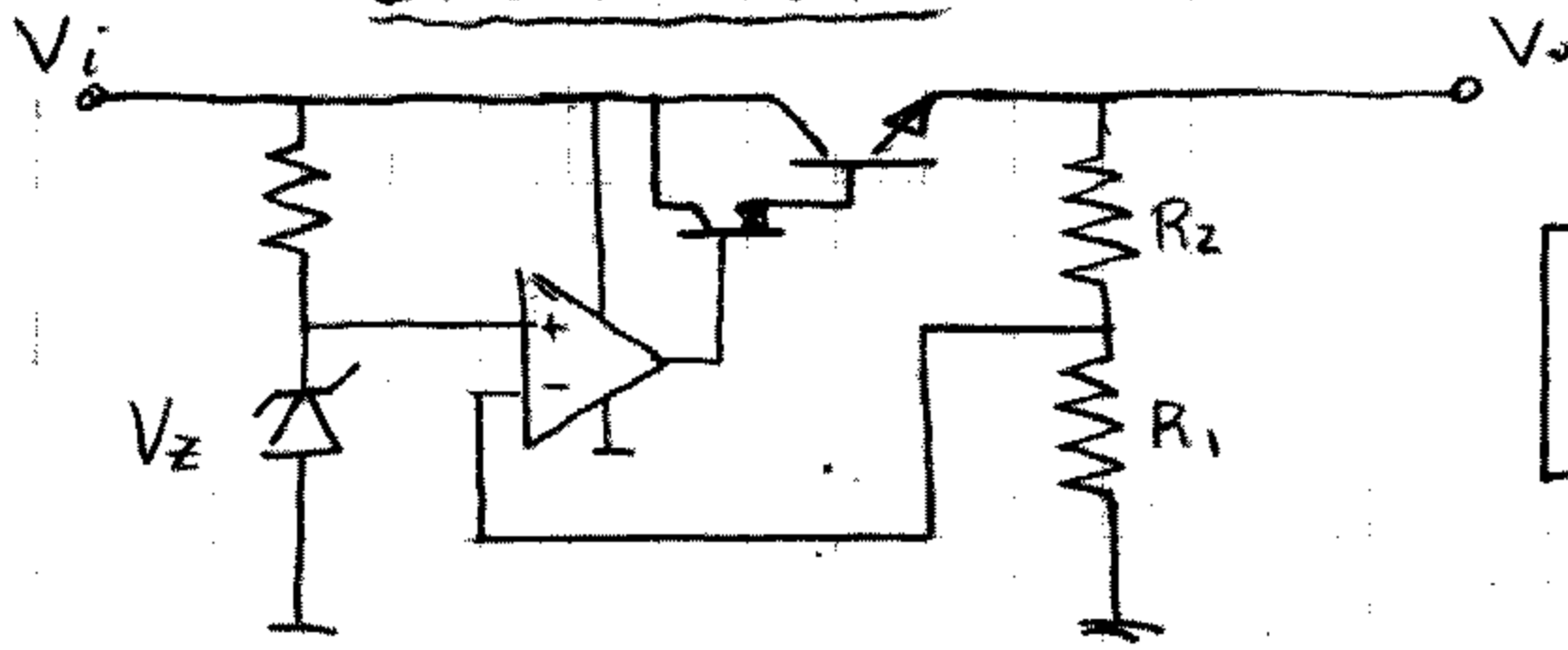
R	S	Q(+)	$\bar{Q}(+)$
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	Q(+)	$\bar{Q}(+)$
1	1	Prohibido	

MONOASTABLE	$t_i = RC \ln 3$
ASTABLE	$T = (2R_B + R_A)C \ln 2$



TEMA 7: REGULADORES DE TENSION

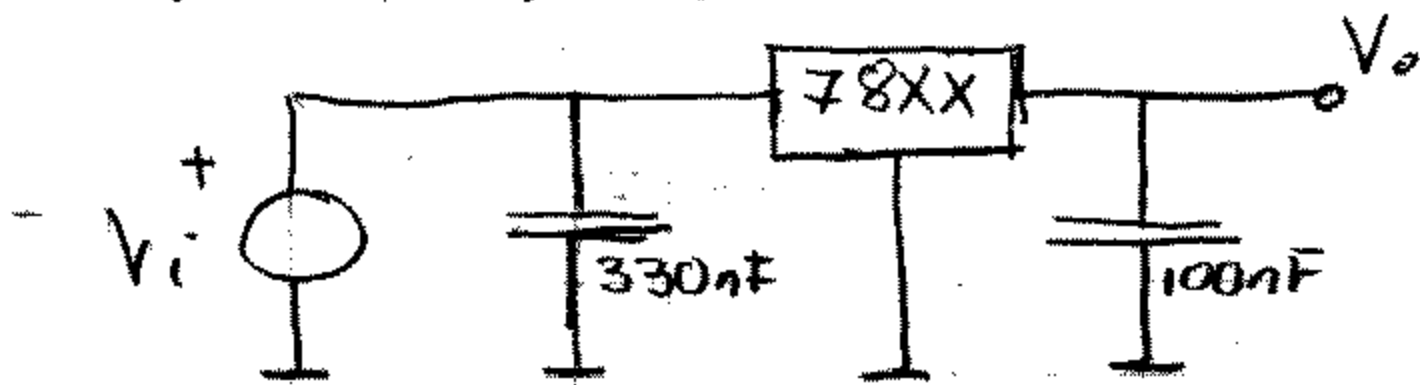
Circuit basic



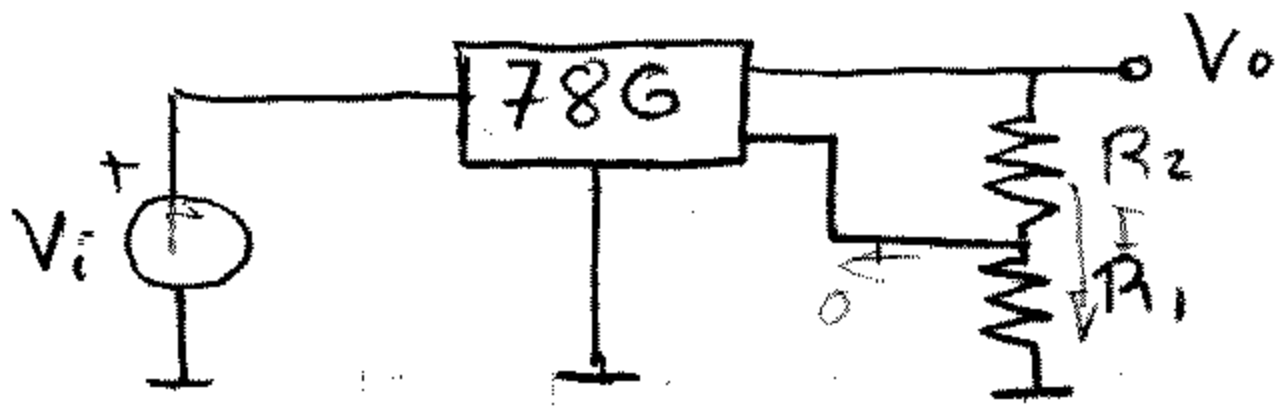
$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_z$$

* CIRCUITOS INTEGRADOS COMERCIALES

◦ 78XX-79XX



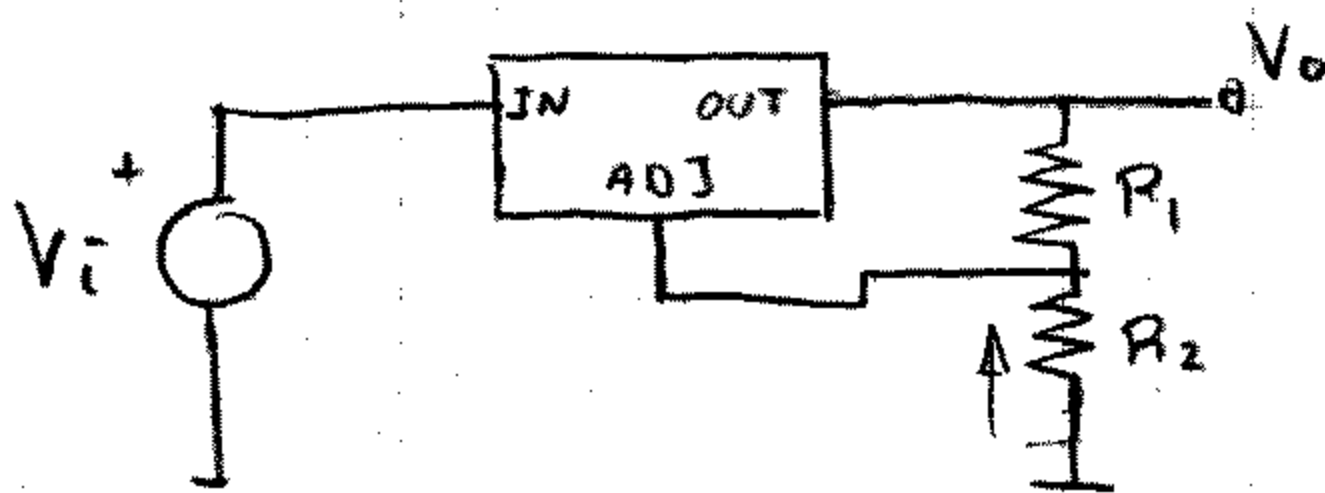
◦ 78G



$$V_o = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) V_z$$

$$I \approx 1 \text{ mA}$$

◦ LM317-LM337



$$V_o = 1.25 \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$R_1 \leq 250 \Omega$$