

**1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1**  
30/04/2018

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es **sin** material.

Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

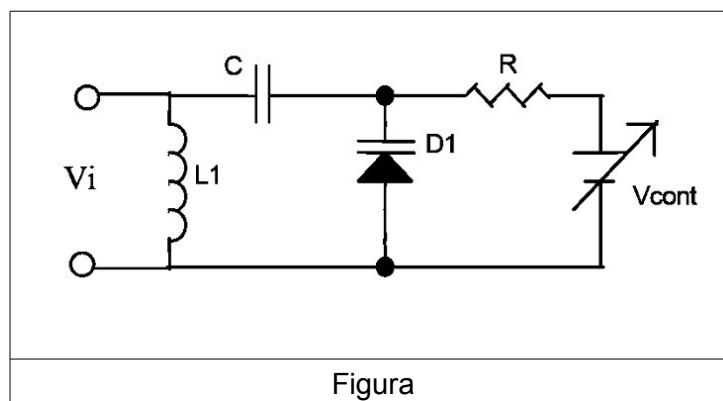
**PROBLEMA 1 (24 puntos)**

*Ejercicio 1 Práctico 3.*

El objetivo del presente ejercicio es familiarizarse con el diodo Varicap y su hoja de datos. El circuito de la Figura 1 se utiliza para sintonizar el circuito resonante L1-C-D1 a la frecuencia de la portadora de un sistema de comunicaciones que se recibe por  $V_{in}$ . La fuente variable  $V_{cont}$  (que tiene una resistencia  $R$  en serie que puede ser considerada lo suficientemente grande para no influir en las frecuencias de trabajo) se utiliza para controlar la capacidad CD1 del varicap D1.

a) Indique como varía la frecuencia angular de resonancia  $\omega_0$  al variar  $V_{cont}$ : si aumenta, permanece constante o disminuye al aumentar  $V_{cont}$ . Fundamente su respuesta.

b) Indicar cuál será aproximadamente el rango de variación para el caso en que se utilice un varicap MMVL105GT1, cuya hoja de datos se adjunta,  $L1=10\mu\text{H}$ ,  $C=1\text{nF}$  y  $V_{cont}$  pueda variar entre 1V y 10V.

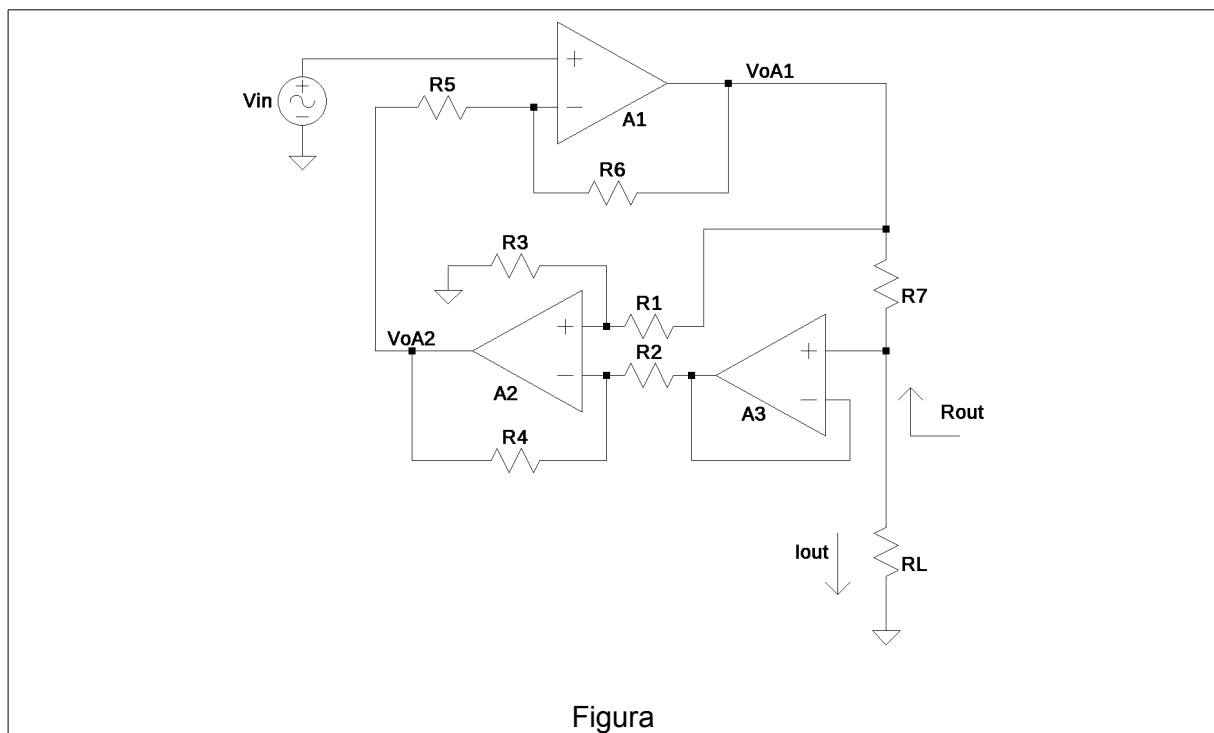


**PROBLEMA 2 (28 puntos)**

El circuito de la figura es una fuente de corriente controlada por la tensión  $V_{in}$ . Considere los amplificadores operacionales como ideales salvo donde se indique lo contrario.

Datos:  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_6 = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_5 = 1\text{k}\Omega$ ,  $R_7 = 1\text{M}\Omega$

- Determine el valor de la resistencia de salida  $R_{out}$  en función de la ganancia  $G = V_{oA1}/V_{oA2}$  ( $@V_{in}=0$ )
- Si  $A_2$  y  $A_3$  son ideales y  $A_1$  tiene una frecuencia de ganancia unitaria igual a  $f_T$  determine la frecuencia a la cual  $R_{out}$  disminuye en un factor de  $1/\sqrt{2}$  respecto a su valor calculado en la parte b).
- Si  $R_L = 800\text{k}\Omega$ ,  $V_{in}$  es tal que  $i_{out}$  varía entre  $-5\mu\text{A}$  a  $+5\mu\text{A}$ , todos los operacionales tienen el mismo ICMR y OSW. ¿Qué condiciones tienen que cumplir el ICMR y OSW para que el circuito funcione correctamente?



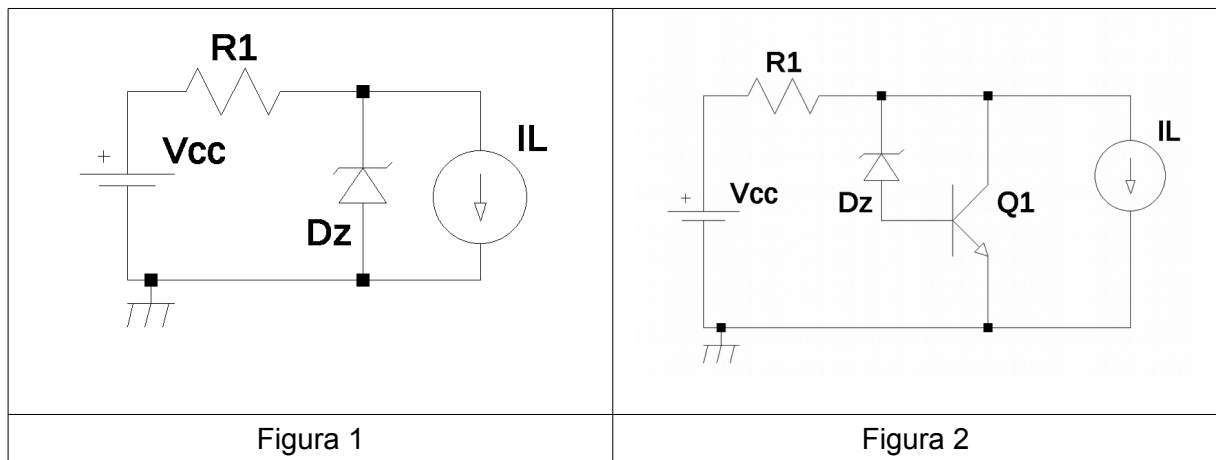
**PROBLEMA 3 (28 puntos)**

Para el circuito regulador de voltaje de la Figura 1:

- a) Determine R1 tal que funcione correctamente desde  $I_L=0$  hasta una  $I_L$  máxima. Se desea que ese rango de variación en  $I_L$  sea lo mas amplio posible.
- b) Determine la  $I_L$  máxima lograda en este caso.
- c) Determinar cuánto varía la tensión de salida frente a una variación de  $V_{CC}$  de  $\pm 10\%$  con  $I_L = (I_L \text{ máxima} / 2)$ .

El circuito de la figura 1 se modifica como se muestra en la figura 2, donde Q1 es un transistor de potencia.

- d) Responda nuevamente las partes a), b) y c), pero ahora para el circuito de la figura 2.



Datos:

Zener 1N4733:  $R_{zt}=7\Omega$ ;  $I_{zT}=49\text{mA}$ ;  $V_{zT}=5.1\text{V}$ ;  $P_{z\text{max}}=1\text{W}$ ;  
 Q1:  $V_{BEon}=0.7\text{V}$ ;  $\beta=30$ ;  
 $V_{cc}=20\text{V}$ ;

**PREGUNTA (20 puntos)**

a) Mostrar en un diagrama cómo varía:

- la concentración de portadores minoritarios con la posición y
- el ancho de las zonas de deplexión

a ambos lados de una juntura p-n polarizada en directo si  $N_D > N_A$ .

Fundamente cualitativamente la respuesta.

Para que la respuesta se considere válida el diagrama deberá indicar claramente que magnitudes son mayores que otras o cuáles son iguales.

b) En un transistor bipolar npn, indicar quién está más dopado entre la base y el emisor, explicando porqué se hace así y graficar la evolución de la concentración de portadores minoritarios en el emisor y la base para el transistor en zona activa, explicando las razones para esta evolución.

# MMVL105GT1

Preferred Device

## Silicon Tuning Diode

This device is designed in the Surface Mount package for general frequency control and tuning applications. It provides solid-state reliability in replacement of mechanical tuning methods.

- Controlled and Uniform Tuning Ratio
- Device Marking: 4E

### MAXIMUM RATINGS

Symbol	Rating	Value	Unit
$V_R$	Continuous Reverse Voltage	30	Vdc
$I_F$	Peak Forward Current	200	mAdc

### THERMAL CHARACTERISTICS

Symbol	Characteristic	Max	Unit
$P_D$	Total Device Dissipation FR-5 Board,* $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	200 1.57	mW mW/°C
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance Junction to Ambient	635	°C/W
$T_J, T_{stg}$	Junction and Storage Temperature	150	°C

\*FR-4 Minimum Pad

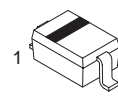


**ON Semiconductor**

Formerly a Division of Motorola

<http://onsemi.com>

## 30 VOLT VOLTAGE VARIABLE CAPACITANCE DIODE



**PLASTIC  
SOD-323  
CASE 477**



### ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MMVL105GT1	SOD-323	3000 / Tape & Reel

**Preferred** devices are recommended choices for future use and best overall value.

# MMVL105GT1

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Reverse Breakdown Voltage ( $I_R = 10 \mu\text{A}$ )	$V_{(BR)R}$	30	—	—	Vdc
Reverse Voltage Leakage Current ( $V_R = 28 \text{ Vdc}$ )	$I_R$	—	50	—	nA

Device Type	$C_T$ $V_R = 25 \text{ Vdc}, f = 1.0 \text{ MHz}$ pF		$Q$ $V_R = 3.0 \text{ Vdc}$ $f = 50 \text{ MHz}$	$C_R$ $C_3/C_{25}$ $f = 1.0 \text{ MHz}$	
	Min	Max	Typ	Min	Max
MMVL105GT1	1.5	2.8	250	4.0	6.5

## TYPICAL CHARACTERISTICS

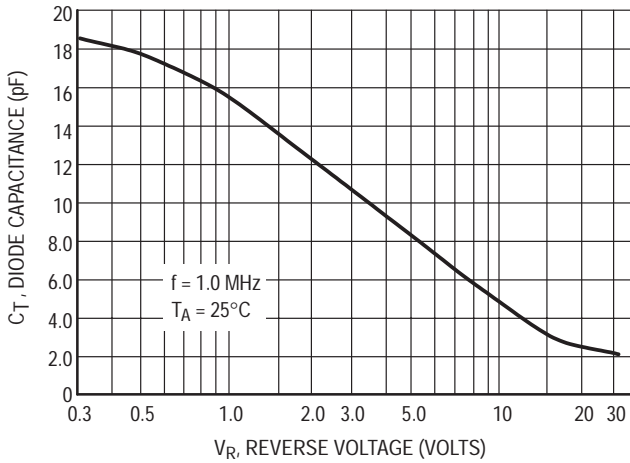


Figure 1. Diode Capacitance

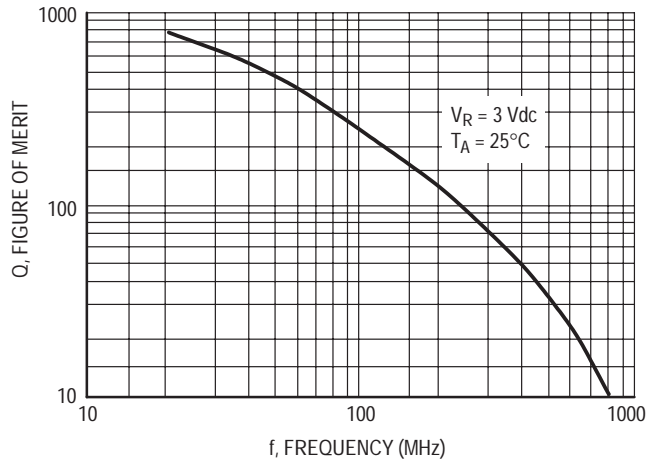


Figure 2. Figure of Merit

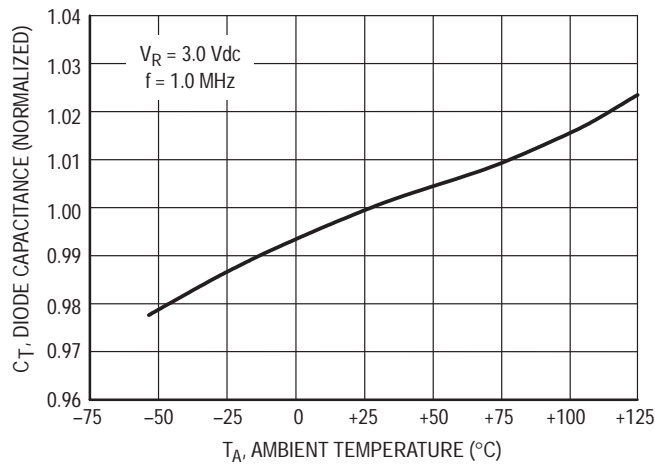
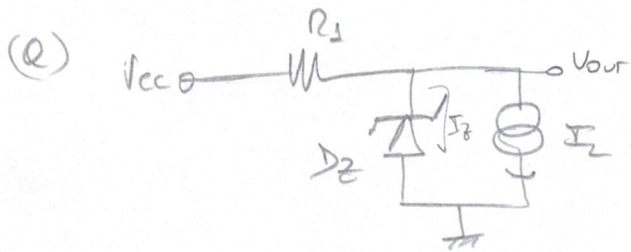


Figure 3. Diode Capacitance



$D_Z$ :

$$V_{ZT} = 5,1V$$

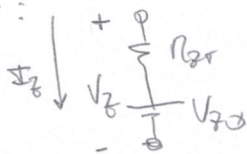
$$I_{ZT} = 49mA$$

$$R_{ZT} = 7\Omega$$

$$P_{Zmax} = 1W$$

El diodo  $D_Z$  a zona zener si:  $I_{ZT} < I_Z < I_{Zmax}$

Modelo:



$$V_{Z0} / V_Z = V_{Z0} + R_{ZT} I_Z$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{Z0} = V_Z - R_{ZT} \cdot I_{ZT} = 4,76V}$$

$$P_{Zmax} = I_{Zmax} \cdot V_{Zmax} = I_{Zmax} \cdot (V_{Z0} + R_{ZT} \cdot I_{Zmax})$$

$$\Rightarrow R_Z I_{Zmax}^2 + I_{Zmax} V_{Z0} - P_Z = 0$$

$$\Rightarrow \boxed{\begin{matrix} I_{Zmax} = 168,5mA \\ V_{Zmax} = 5,94V \end{matrix}}$$

En el circuito:  $I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_1} - I_L$

- Cuando  $I_L = 0 \Rightarrow I_Z = I_{Zmax}$  (límite superior zona zener)
- $\Rightarrow V_Z = V_{Zmax}$

$$\Rightarrow R_1 = \frac{V_{CC} - V_{Zmax}}{I_{Zmax}} \Rightarrow \boxed{R_1 = 83,5\Omega}$$

$\leftarrow R_1$  a l h d longo máximo de Vmax de  $I_Z$

- (b)
- Cuando  $I_L = I_{Lmax} \Rightarrow I_Z = I_{ZT}$  (límite inferior zona zener)
  - $V_Z = V_{ZT}$

$$\Rightarrow I_{Lmax} = \frac{V_{CC} - V_{ZT}}{R_1} - I_{ZT} \Rightarrow \boxed{I_{Lmax} = 127,4mA}$$

(c)  $V_{out} = V_Z = V_{Z0} + R_{ZT} \cdot I_Z$

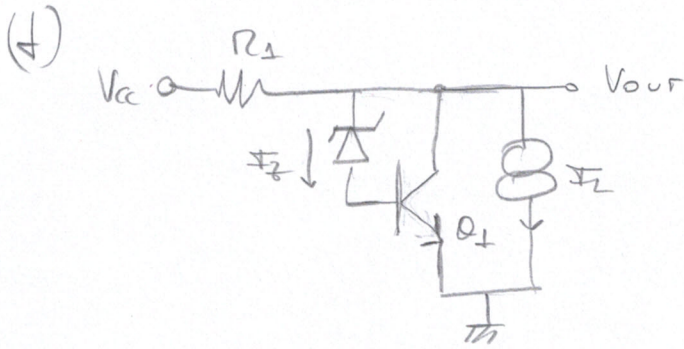
$$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_1} - I_L$$

$$= \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - \frac{R_{ZT} I_Z}{R_1} - I_L$$

$$\Rightarrow I_Z = \left( \frac{V_{CC} - V_{Z0}}{R_1} - I_L \right) \frac{R_1}{R_1 + R_{ZT}}$$

si  $I_L = \frac{I_{Lmax}}{2}$  y  $V_{CC} = \begin{cases} 22V \\ 18V \end{cases}$

$V_{CC}$	22V	18V
$I_Z$	130,8mA	86,6mA
$V_{out} = V_Z$	5,67V	5,36V



- El dot zener es igual  $\Rightarrow$  uso el mismo modelo válido en zona zener
- Ahora  $Q_1$  en zona activa  $\Rightarrow$  mientras  $I_B$  en zona zener
  - $I_C = \beta I_B = \beta I_Z > 0$  ✓
  - $V_{CE} = V_{out} = V_{Z_{zener}} + V_Z > V_{CE_{SAT}}$

Análisis del circuito:

$$I_C + I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z - V_{Z_{zener}}}{R_1} - I_L$$

$$I_C = \beta I_B = \beta I_Z \Rightarrow I_Z = \left( \frac{V_{CC} - V_{Z_{zener}} - V_Z}{R_1} - I_L \right) \left( \frac{1}{\beta + 1} \right)$$

- $I_L = 0 \Rightarrow \begin{cases} I_Z = I_{Z_{max}} \\ V_Z = V_{Z_{max}} \end{cases} \Rightarrow R_1 = \frac{V_{CC} - V_{Z_{zener}} - V_{Z_{max}}}{I_{Z_{max}} (\beta + 1)}$

$$R_1 = 2,56 \Omega$$

- $I_L = I_{L_{max}} \Rightarrow \begin{cases} V_Z = V_{ZT} \\ I_Z = I_{ZT} \end{cases} \Rightarrow I_{L_{max}} = \frac{V_{CC} - V_{Z_{zener}} - I_{ZT}}{R_1} - (\beta + 1) I_{ZT}$

$$I_{L_{max}} = 4,0 A \quad !!$$

• VARIACIONES a  $V_{CC}$ :

$$V_{out} = V_{Z_{zener}} + V_Z$$

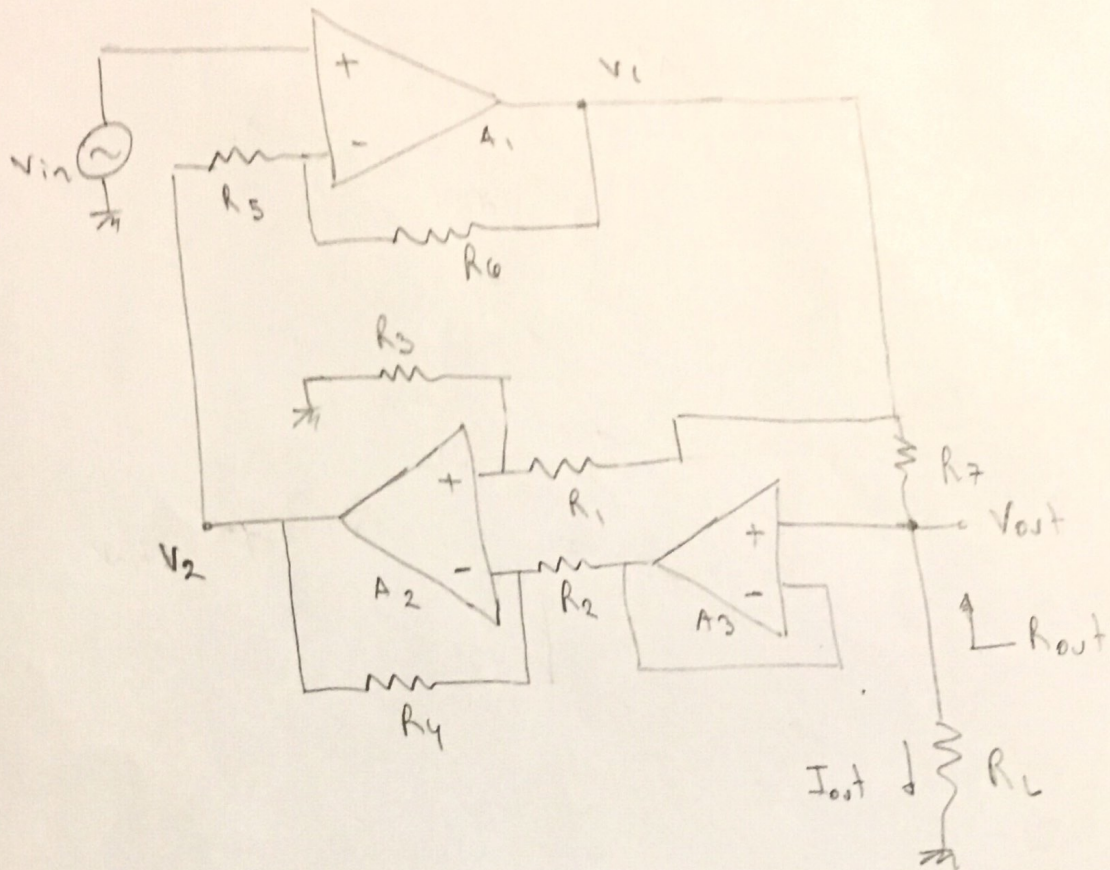
$$V_Z = V_{Z0} + R_{ZT} I_Z$$

$$I_Z = \left( \frac{V_{CC} - V_{Z0} - V_{Z_{zener}}}{R_1} - I_L \right) \left( \frac{R_1}{R_1(\beta + 1) + R_{ZT}} \right)$$

Si  $I_L = I_{L_{max}}/2 \Rightarrow$

$V_{CC}$	22V	18V
$I_Z$	131,9 mA	85,6 mA
$V_Z$	5,68V	5,36V
$V_{out}$	6,38V	6,06V

2)



$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_6 = 100k$$

$$R_5 = 1k$$

$$R_7 = 1k\Omega$$

$$V_2 = (V_1 - V_{out}) \quad (A_2 \text{ y } A_3 \text{ forman un Ampl. de diferencia de } G=1)$$

$$V_2 = V_1 \frac{R_7}{R_7 + R_L} \Rightarrow V_1 = \frac{R_7 + R_L}{R_7} \cdot V_2$$

$$V_1 = V_{in} \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) - V_2 \frac{R_6}{R_5}$$

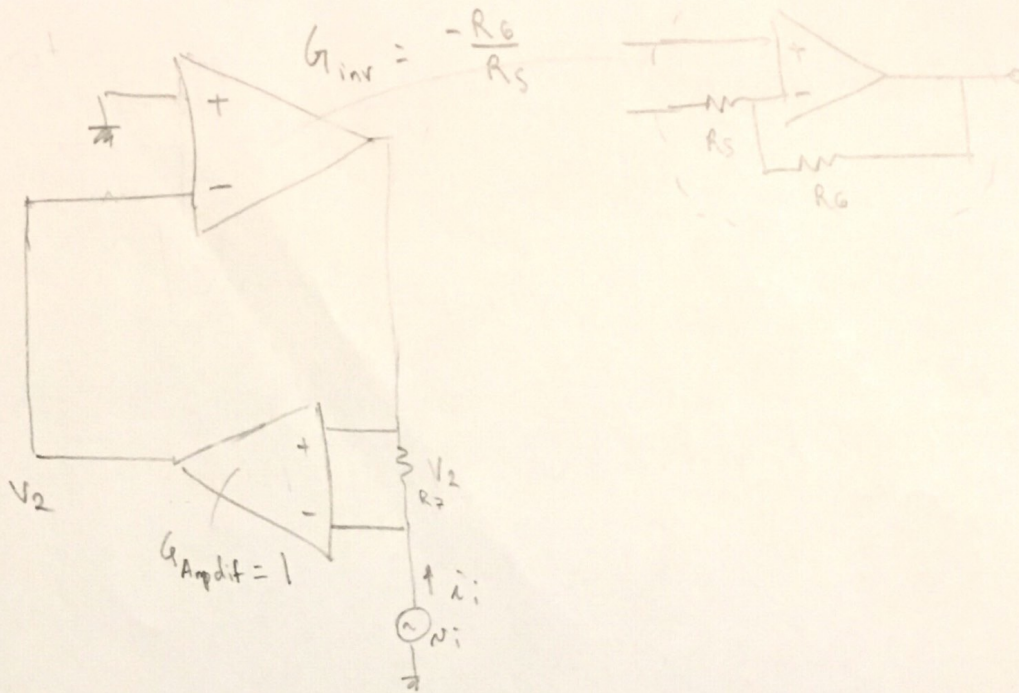
$$V_2 \left( \frac{R_7 + R_L}{R_7} + \frac{R_6}{R_5} \right) = V_{in} \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right)$$

$$V_2 = V_{in} \frac{\left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right)}{\left(\frac{R_7 + R_L}{R_7} + \frac{R_6}{R_5}\right)} = V_{in} \Rightarrow I_{out} = \frac{V_2}{R_7} = \frac{V_{in}}{R_7}$$

$\uparrow$   
 $\frac{R_6}{R_5} \gg 1 + \frac{R_L}{R_7}$



b)



$$R_{out} = \frac{V_i}{i_i}$$

$$V_2 = V_1 - V_i$$

$$V_1 = V_2 G_{inv} = -V_2 \frac{R_6}{R_5}$$

$$V_2 \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) = -V_i \Rightarrow V_2 = \frac{-V_i}{1 + \frac{R_6}{R_5}}$$

$$i_i = -\frac{V_2}{R_7} = \frac{V_i}{R_7 \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right)} = R_{out} \frac{V_i}{i_i} = R_7 \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) = R_7 \frac{R_6}{R_5}$$

$$= R_7 \cdot |G_{inv}|$$

c) Si  $A_1$  con  $f_T \Rightarrow$  frecuencia de -3dB de inv.

$$\omega_B = \frac{f_T}{R_6/R_5} \Rightarrow R_{out} @ \omega_B = R_7 \cdot |G_{inv} @ \omega_B| =$$

por producto de  
ganancia por ancho de banda.

$$= R_7 \cdot \frac{R_6}{R_5 \cdot \sqrt{2}}$$

$$d) I_{out} = (-5 \mu A, 5 \mu A)$$

$$V_{out} = R_L \cdot I_{out} \begin{cases} -4V \\ 4V \end{cases}$$

$$OSW_{A3} = ICM_{A3} = V_{out} = (-4V, 4V)$$

$$OSW_{A1} \quad V_{OA1} = I_{out} \cdot (R_7 + R_L) \begin{cases} -9V \\ 9V \end{cases}$$

$$OSW_{A2} \quad V_{OA2} = R_7 \cdot I_{out} \begin{cases} -5V \\ 5V \end{cases}$$

$$V_{OA1} = V_{in} - \frac{V_{OA2} - V_{in}}{R_5} \cdot R_6 = V_{in} \left(1 + \frac{R_6}{R_5}\right) - \frac{V_{OA2} \cdot R_6}{R_5}$$

$$ICM_{A1} = V_{in} = \frac{V_{OA1} + \frac{V_{OA2} \cdot R_6}{R_5}}{1 + \frac{R_6}{R_5}} \begin{cases} \frac{-9 - 5 \cdot 100}{101} = -5V \\ \frac{9 + 5 \cdot 100}{101} = 5V \end{cases}$$

$$ICM_{A2} = \frac{V_{OA1}}{2} = \frac{I_{out} (R_7 + R_L)}{2} \begin{cases} -4,5V \\ 4,5V \end{cases}$$

MAS EXIGENTES

$$OSW_{A1} = (-9V, 9V)$$

$$ICM_{A1} = (-5V, 5V)$$