

**1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1**

02/05/2011

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 ( 20 puntos)**

En los circuitos de la Figura 1, las dos fuentes de continua VBAT son baterías de 9V.

- a) Determinar en qué rango de la señal continua de entrada  $V_{iDC}$  funciona correctamente el circuito de la Figura 1.a, si el operacional tiene los siguientes datos de rango de entrada en modo común (ICMR) y excursión de salida (OSW).

$$ICMR_{min}=V_{EE}+1.5V, ICMR_{max}=V_{CC}-3V$$

$$OSW_{min}=V_{EE}+1V, OSW_{max}=V_{CC}-1V$$

- b) A los efectos de aumentar el rango de señales de entrada  $V_{iDC}$  en que el circuito funciona correctamente se utiliza el circuito de la Figura 1.b. Para que este circuito opere correctamente el transistor debe operar en zona activa y el operacional debe respetar su ICMR y OSW.

- ¿Cuál es el rango de  $V_{iDC}$  en que el circuito de la Figura 1.b funciona correctamente?
- Si la máxima corriente que puede entregar el amplificador operacional a la salida es 10mA, ¿ cuál es el mínimo valor de resistencia de carga  $R_L$  que se puede utilizar en el circuito de la Figura 1.b?

Datos Transistor:  $\beta=100$ ,  $V_{BE} = 0.7V$ ,  $V_{CESAT} = 0.3V$ .

Amplificador Operacional: los datos que se indican, siendo en otros aspectos ideal.

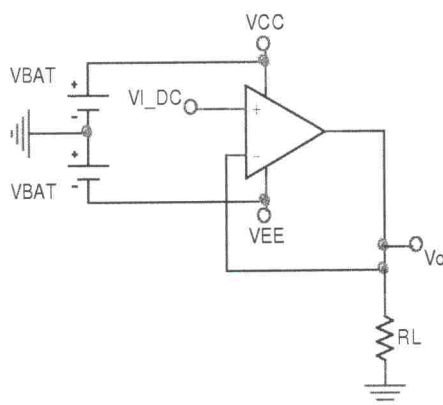


Figura 1.a

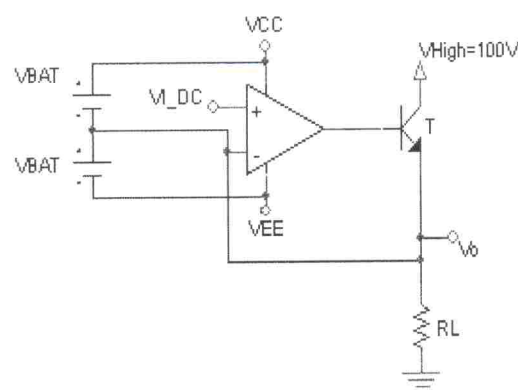


Figura 1.b

**PROBLEMA 2 ( 30 puntos)**

En el circuito de la Figura 2:

- Dibujar las formas de onda en  $V_C$  y  $V_O$ , indicando todos los tiempos y tensiones relevantes.
- ¿Qué condición debe cumplir la potencia de los zeners para que operen correctamente?
- ¿A cuánto se puede reducir la tensión  $V_{CC}$  sin alterar la forma de onda en  $V_O$ ?
- Si el amplificador operacional tiene un slew rate de  $1V/\mu s$  ¿Cuál será el tiempo de subida y bajada de la señal a la salida del amplificador operacional? (Definidos los tiempos de subida y bajada como los tiempo para que la señal varíe entre el 10% y el 90% de su rango de variación).

**Datos:**

$R_1=20K$ ,  $R_2=30K$ ,  $C=1\mu F$ ,  $R_3=10K$ ,  $R_4=30K$ ,  $R_Z=1K$ ,  $V_{CC}=15V$ .

$D_1, D_2, DZ1, DZ2$ :  $V_\gamma=0.7V$

$DZ1, DZ2$ :  $V_Z=4.3V @ I_{ZT}=3mA$

Amplificador operacional: ideal salvo cuando se indique lo contrario.

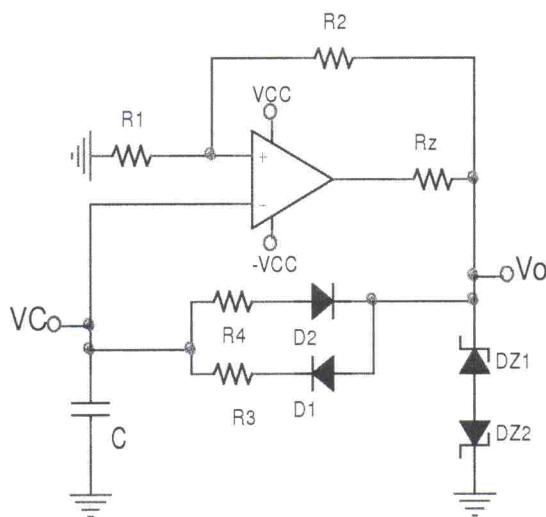


Figura 2

**PROBLEMA 3 ( 30 puntos)**

- a) Determinar la ganancia  $V_o/V_i$  del circuito de la Figura 3 si todos los amplificadores son ideales.
- b) Considere que los tres amplificadores tienen tensión de offset  $V_{offset}$ , corrientes de polarización  $I_{pol}$  y corrientes de offset  $I_{offset}$ :
- Si  $R_2$  vale 0, determinar en el peor caso la tensión continua en  $V_o$  debida a estas no idealidades.
  - ¿Qué valor de  $R_2$  se debe utilizar para minimizar el efecto de las corrientes de polarización de OA3? ¿Cuánto vale la tensión continua en  $V_o$  si se usa este valor de  $R_2$ ?
- c) Si todos los amplificadores operacionales tienen frecuencia de transición  $f_T$ , ¿Cuánto vale la frecuencia de corte de -3dB del circuito? Fundamente su respuesta.

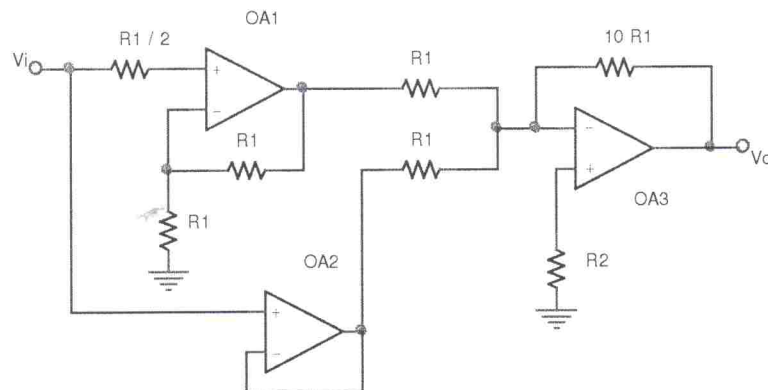


Figura 3

**PREGUNTA ( 20 puntos)**

Para una juntura pn abrupta se conocen los siguientes datos:

- Ancho de la zona de depleción del lado p para el diodo en circuito abierto:  $0.125\mu\text{m}$
- Ancho de la zona de depleción del lado n para el diodo en circuito abierto:  $0.250\mu\text{m}$

Se pide:

- Determina la relación entre los dopajes a ambos lados de la juntura NA y ND. Fundamentar.
- Dibujar en un esquema como varían a lo largo de esta juntura en circuito abierto, las siguientes magnitudes: densidad de carga  $\rho$ , campo eléctrico E, potencial V. Indicar en el esquema el potencial propio de juntura  $V_o$ .

## Problema 1

$$2) \quad V_{iDC} \in [ICMR_{min}; ICMR_{max}] = [-9+15; 9-3] \\ \Rightarrow V_{iDC} \in [-7,5V; 6V]$$

Dado que la conexión es en la configuración seguidor  $\Rightarrow V_o = V_{iDC}$

$$\Rightarrow V_o = V_{iDC} \in [OSW_{min}; OSW_{max}] = [-9+1; 9-1]$$

$$\Rightarrow V_{iDC} \in [-8; 8]V$$

$$\Rightarrow \text{tomo lo más restrictivo} \Rightarrow V_{iDC} \in [-7,5V; 6V]$$

b) i) Condición de corte

$$i_C = i_{RL} = 0 \Rightarrow i_{RL} = \frac{V_o}{R_L} = 0 \Rightarrow V_{o_{min}} = V_{iDC_{min}} = 0$$

Condición de saturación

$$V_{CE} > V_{CE_{SAT}}$$

$$\Rightarrow V_{CE} = V_{High} - V_o > V_{CE_{SAT}} \Rightarrow V_o < V_{High} - V_{CE_{SAT}}$$

$$\Rightarrow V_{iDC_{max}} = 100 - 0,3 = 99,7$$


$$\Rightarrow V_{iDC} \in [0; 99,7]V$$

# Problema 1

$$b) ii) I_{op} = I_B = \frac{I_E}{\beta} = \frac{V_o}{\beta R_L} \Rightarrow I_{opMAX} = \frac{V_{oMAX}}{\beta R_{Lmin}}$$

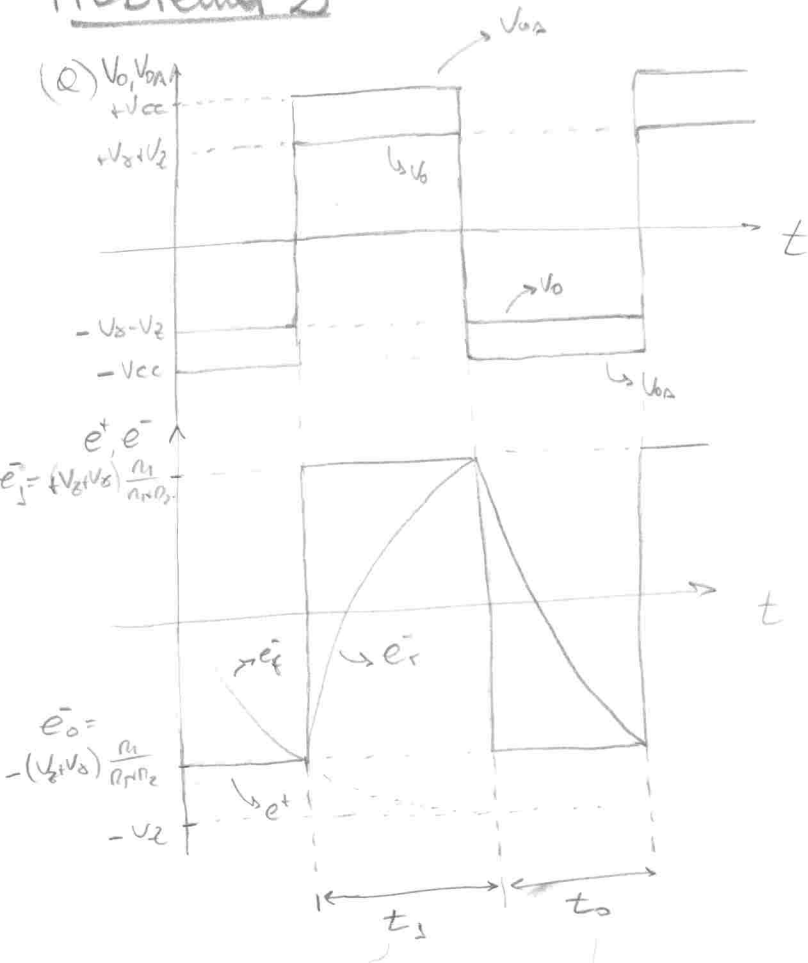
$$\Rightarrow R_{Lmin} = \frac{V_{oMAX}}{\beta I_{opMAX}} = \frac{99,7V}{100 \cdot 10mA} = 99,7 \Omega$$

$$\Rightarrow \boxed{R_{Lmin} = 99,7 \Omega}$$

  
Pablo Castro



## Problema 2



→ si  $V_{OA} = +V_{cc}$

$$\begin{aligned} V_O &= V_2 + V_3 = 5V \\ e^+ &= V_O \frac{R_1}{R_1 + R_2} = (V_2 + V_3) \left( \frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) \\ e_c(t) &= e_0 + (V_2 + V_3 - e_0) \left( 1 - e^{-\frac{t}{R_2 C}} \right) \\ e_0 &= -(V_2 + V_3) \left( \frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) \end{aligned}$$

→ si  $V_{OA} = -V_{cc}$

$$\begin{aligned} V_O &= -(V_2 + V_3) = -5V \\ e^+ &= V_O \frac{R_1}{R_1 + R_2} = -(V_2 + V_3) \left( \frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) \\ e_c(t) &= e_1 + (V_2 + V_3 - e_1) \left( 1 - e^{-\frac{t}{R_2 C}} \right) \\ e_1 &= +(V_2 + V_3) \left( \frac{n_1}{n_1 + n_2} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e_0 &= -2V \\ e_1 &= +2V \end{aligned}$$

$$e_c(t_1) = e_1 \quad e_c(t_2) = e_0$$

$$e_0 + (V_2 - e_0) \left( 1 - e^{-\frac{t_1}{R_2 C}} \right) = (V_2 + V_3) \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$1 - e^{-\frac{t_1}{R_2 C}} = \frac{2(V_2 + V_3) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}{V_2 + (V_2 + V_3) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}$$

$$e^{-\frac{t_1}{R_2 C}} = 1 - \frac{2}{1 + \frac{V_2}{(V_2 + V_3) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}}$$

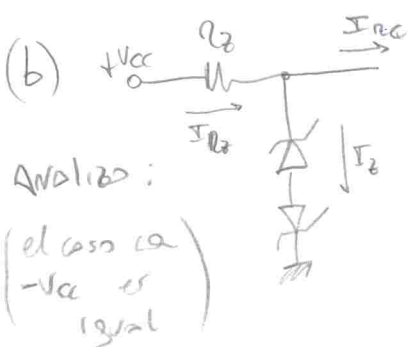
$$t_1 = -R_2 C \ln \left( 1 - \frac{2}{1 + \frac{V_2}{(V_2 + V_3) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}} \right)$$

Analogamente:

$$t_2 = -R_2 C \ln \left( 1 - \frac{2}{1 + \frac{V_3}{(V_2 + V_3) \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)}} \right)$$

$$t_0 = 30,2 \text{ ms}$$

$$t_1 = 10,1 \text{ ms}$$



Por caso  $I_2^{\max}$ :  $I_{ac} = 0$

$$\Rightarrow I_2^{\max} = I_{R2} = \frac{V_{cc} - (V_2 + V_3)}{R_2}$$

$$I_2^{\max} = 10 \text{ mA}$$

$$\Rightarrow P_D^{\max} \geq 43 \text{ mW}$$

(a realidad nunca se llega a dar, porque el circuito conmuta antes)

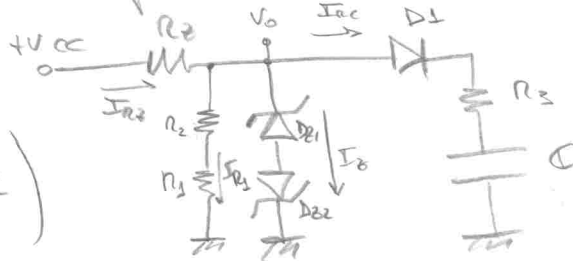
(También especifico)

$$I_{R2} = \frac{5V}{50k} = 0,1 \text{ mA} \ll 10 \text{ mA}$$

- (c)  $V_{CC}$  se pode reduzir há mais  
 los bens opera a zona bem  
 wa to correspa ta  $\Rightarrow I_Z > I_{BT}$

Análisis:

(el caso ca  
 $-V_{CC}$  es igual  
 por ca  $R_4$ )



Para caso  $I_Z^{min} : I_{RC}^{max} = I_{RC}(t=0)$  e seguida despus  
 se calcular

$$I_{RC}^{max} = \frac{V_0 - V_Z - V_C}{R_3} \Rightarrow I_{RC}^{max} = \frac{V_Z + (V_Z + V_0)(R_1/R_1 + R_2)}{R_3} \rightarrow \text{como } R_3 < R_4 \text{ ESTE ES EL PEOR CASO}$$

$$I_Z^{min} = I_{R2} - I_{RC}^{max} - I_{D1} \geq I_{BT} \Rightarrow \frac{V_{CC} - (V_Z + V_0)}{R_2} \geq I_{BT} + I_{RC}^{max} + I_{D1}$$

$$I_{BT} = 3 \text{ mA}$$

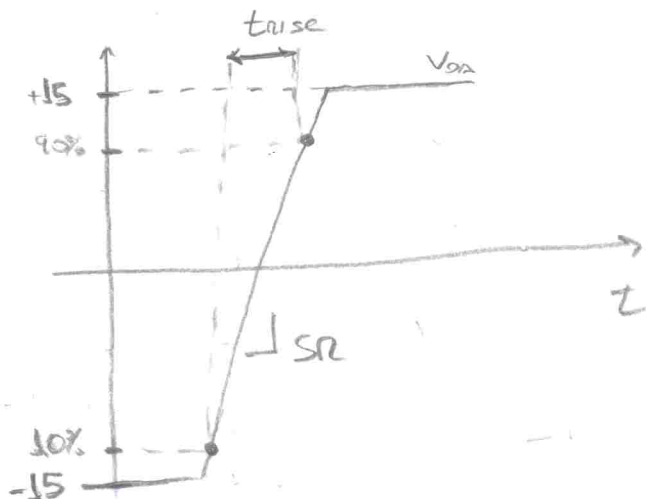
$$I_{RC}^{max} = 0,63 \text{ mA}$$

$$I_{D1} = 0,1 \text{ mA}$$

$$\rightarrow V_{CC} \geq (V_Z + V_0) + R_2(I_{BT} + I_{RC}^{max} + I_{D1})$$

$$\Rightarrow \boxed{V_{CC} \geq 8,73 \text{ V}}$$

- (d) El SR es simétrico, en logue  $t_{rise} = t_{fall}$

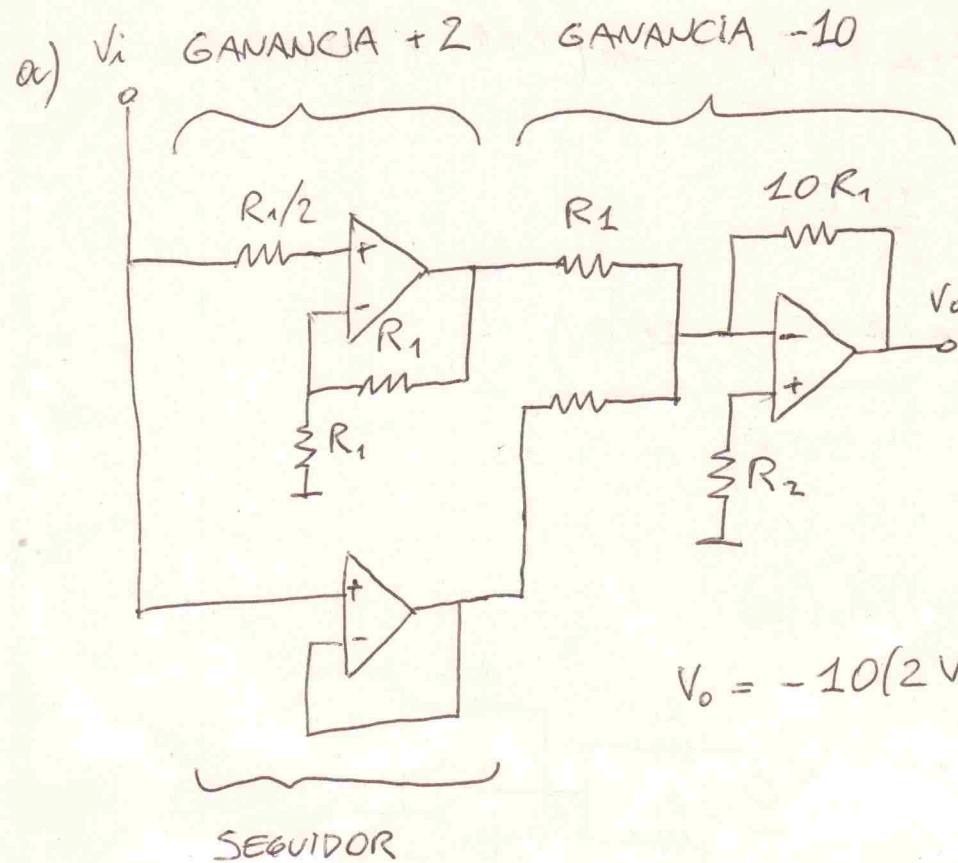


$$\Delta V_{0A} = 30 \text{ V}$$

$$t_{rise} = 0,8 \frac{\Delta V_{0A}}{SR} = \frac{0,8 \cdot 30 \text{ V}}{1 \text{ V}/\mu\text{s}}$$

$$\Rightarrow \boxed{t_{rise} = t_{fall} = 24 \mu\text{s}}$$

# PROBLEMA 3

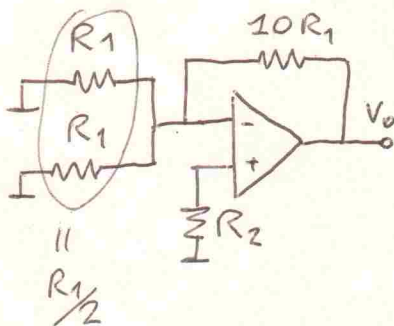


$$V_o = -10(2V_i + V_i) = -30V_i$$

b) EFECTO EN  $V_o$  DE  $V_{of}, I_{pol}, I_{of}$  EN OA1 Y OA2

	OA1	OA2
$V_{of}$	$\pm 20 V_{of}$	$\pm 10 V_{of}$
$I_{pol}$	$\emptyset$	$\emptyset$
$I_{of}$	$\pm I_{of} R_1 10$ 	$\emptyset$

IDEM PARA OA3: CIRCUITO EQUIVALENTE:



	OA3
$V_{of}$	$\pm 21 V_{of}$
$I_{pol}$	$\pm I_{pol} (-21 R_2 + 10 R_1)$
$I_{of}$	$\pm I_{of} \frac{(21 R_2 + 10 R_1)}{2}$

$$I_{B1} = I_{pol} + I_{of}/2$$

$$I_{B2} = I_{pol} - I_{of}/2$$

$$V_o = 10 R_1 \left( -I_{B1} \frac{R_2}{R_1/2} + I_{B2} \right) - I_{B1} R_2$$

$$V_o = I_{pol} (-21 R_2 + 10 R_1) + \frac{I_{of}}{2} (21 R_2 + 10 R_1)$$





i) PEOR CASO CON  $R_2 = 0$

$$V_o = 51 V_{OF} + I_{POL} 10R_1 + I_{OF} \left( 10R_1 + \frac{10}{2} R_1 \right)$$

ii)  $R_2 = 10R_1 // \frac{R_1}{2} = \frac{10}{21} R_1$

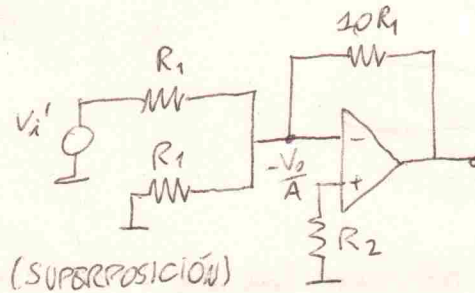
$$V_o = 51 V_{OF} + I_{OF} \underbrace{\left( 10R_1 + 10R_1 \right)}_{20R_1}$$

c)  $\frac{V_o}{V_i} = (A_1(j\omega) + A_2(j\omega)) A_3(j\omega)$

$$A_1 \rightarrow f_{3dB} = \frac{f_T}{2}$$

$$A_2 \rightarrow f_{3dB} = f_T$$

$A_3$ :



$$V_o = - \left( \left( V_i' + \frac{V_o}{A} \right) \frac{1}{R_1} + \frac{V_o}{A} \frac{1}{R_1} \right) R_2 - \frac{V_o}{A}$$

$$\frac{V_o}{V_i'} \approx - \frac{10R_1/R_1}{1 + j\omega}$$

$$f_{3dB} \approx \frac{f_T R_1}{R_1 + 2 \times 10 R_1} = \frac{f_T}{21}$$

(O43)

$$<< \left\{ f_{3dB} \right\}_{OA1, OA2} \left\{ f_T \left( \frac{R_1}{R_1 + 2 \times 10 R_1} \right) \right\}$$

$$\Rightarrow \boxed{f_{3dB} \approx \frac{f_T}{21}}$$

(COMPLETO)