

**1er PARCIAL DE ELECTRONICA 1**

14/05/2014

Resolver cada problema en hojas separadas.

Duración de la prueba: 3 horas 30 minutos.

La prueba es sin material.

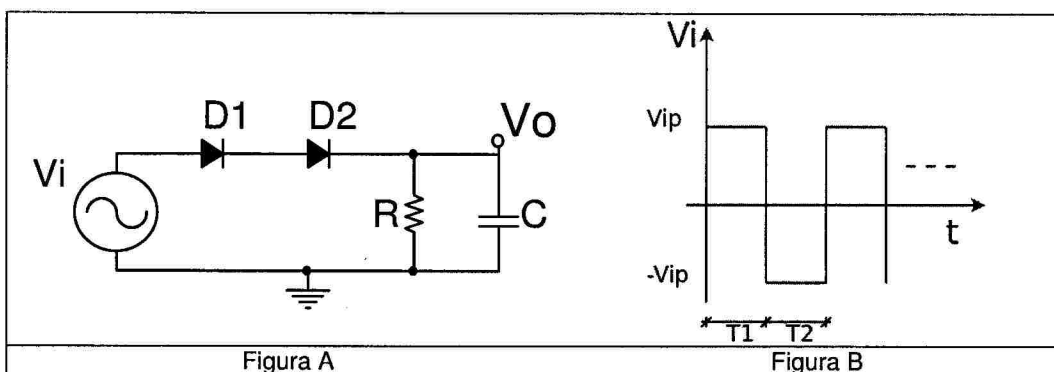
Los puntajes de los problemas se indican sobre un total de 100 puntos.

**PROBLEMA 1 ( 28 puntos)**

En el circuito de la Figura A, la entrada  $V_i$  es una onda cuadrada como la indicada en la figura B, con amplitud de pico  $V_{ip}$ , la cuál es mayor a  $2 \cdot V_{gama}$ , siendo  $V_{gama}$  la tensión directa de cada uno de los diodos  $D1$  y  $D2$  (si es necesario, considerar los otros datos usuales para los diodos).

Para las partes a) y b) se asumirá que ambos diodos son iguales.

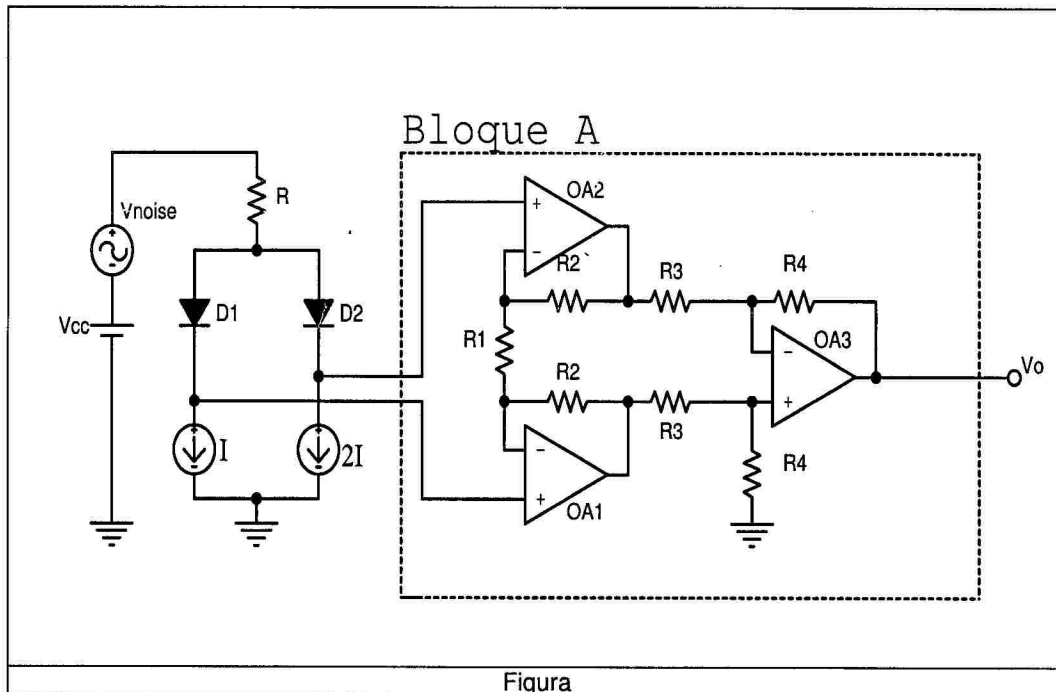
- Dibujar la forma de onda de  $V_o$  y calcular la amplitud pico a pico del ripple.
  - Indicar cuál es la máxima tensión inversa que debe soportar  $D1$  y la máxima tensión inversa que debe soportar  $D2$ .
- c) Se considera ahora el caso en que el área de juntura de  $D1$  es mucho mayor que el área de juntura de  $D2$ . Suponer que el resultado de la parte a) (forma de onda en  $V_o$ ) queda incambiado.
- Muestre mediante una gráfica cómo se relacionan las tensiones inversas que aparecen en cada uno de los diodos.
  - Considerando lo mostrado en la parte c)i), si los dos diodos tienen la misma especificación en su hoja de datos de máxima tensión que pueden soportar en inverso sin dañarse, se pide: indicar si hay uno de los diodos que está más exigido y en ese caso cuál y qué condición debería cumplir esta especificación de tensión máxima para que no se dañe el diodo.



**PROBLEMA 2 ( 28 puntos)**

En el circuito de la Figura, los diodos D1 y D2 son idénticos (considerar los datos usuales para los diodos). La corriente  $I$  es positiva y tal que los diodos conducen francamente. La fuente  $V_{noise}$  representa una señal de interferencia que se considerará nula excepto para la parte c). Se pide:

- Calcular  $V_o$  considerando que los operaciones son ideales.
- Si OA1 y OA2 tienen rango de modo común de entrada  $ICMR=[ICMR_{min},ICMR_{max}]$ , dar la condición que debe cumplir  $R$  para que el circuito funcione correctamente.
- Si el Bloque A tiene una relación de rechazo al modo común  $CMRR_A$ , determinar el efecto de  $V_{noise}$  en la salida  $V_o$ .



Figura

**PROBLEMA 3 ( 28 puntos)**

El circuito de la Figura implementa un regulador de tensión. Suponiendo que  $V_{cc}$  es tal que el transistor opera en zona activa y  $D_z$  en zona Zener, se pide:

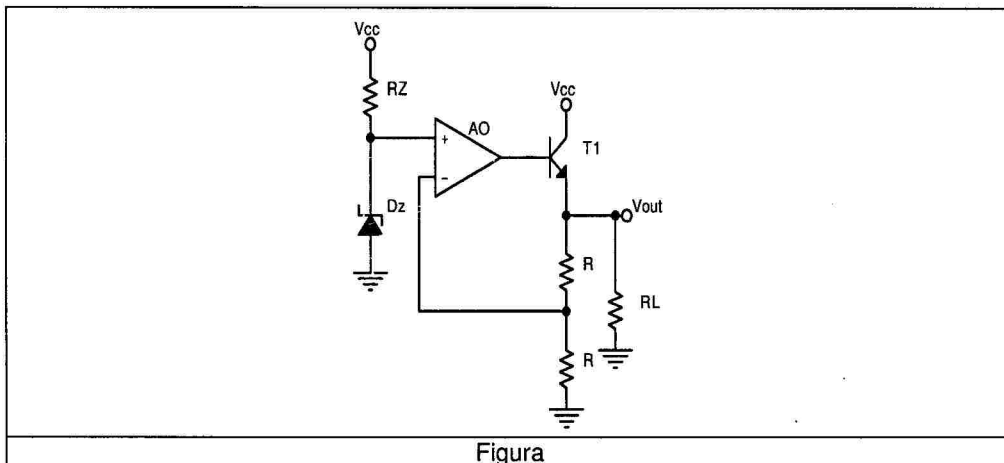
- a) Calcular  $V_{OUT}$ , la corriente que se toma de  $V_{cc}$  y que corriente debe entregar el amplificador operacional en su salida.
- b) Si el amplificador operacional tiene un voltaje de offset  $V_{offset}$ , corriente de polarización  $I_{bias}$  y corriente de offset  $I_{offset}$  ¿Cuánto cambia  $V_{OUT}$  respecto al resultado hallado en a) en un peor caso ?
- c) ¿ Qué condición debe cumplir  $V_{cc}$  para que el transistor no sature ?

Datos

$D_z: V_Z$

AO: ideal salvo que se indique lo contrario.

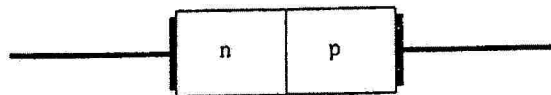
T1:  $V_{CESAT}, V_{BE}, \beta$



Figura

**PREGUNTA ( 16 puntos)**

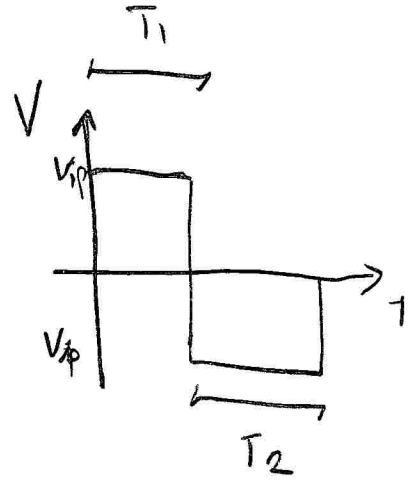
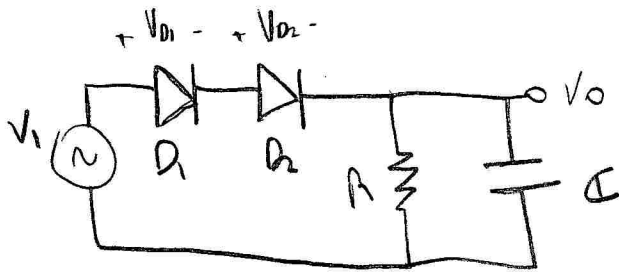
En la figura se muestra un diodo de Silicio.



- a) ¿Qué lado de la juntura se dopó con boro (siendo boro una impureza aceptora)? Justifique claramente.
- Suponga que la juntura p-n está conectada en directo a un fuente V:
- b) ¿A qué lado de la juntura se le conecta el borne positivo de la fuente V?
  - c) Graficar cómo es la distribución de portadores minoritarios a lo largo del diodo dada esta configuración. Indicar en la gráfica las cantidades:  $n_{po}, p_{no}, n_p(x=x_p), p_n(x=x_n)$ , correspondiendo  $x_p$  y  $x_n$  al borde de la zona de deplexión del lado p y n respectivamente. Suponga el caso que  $N_D > N_A$ .
  - d) Para dos valores de corriente directa por el diodo  $I_1$  e  $I_2$ , con  $I_2 > I_1$  mostrar cómo varía la distribución de portadores minoritarios graficada en ii) y explique porqué.

# Problema 1

(a)



En  $T_1$  (H) Diodos ON

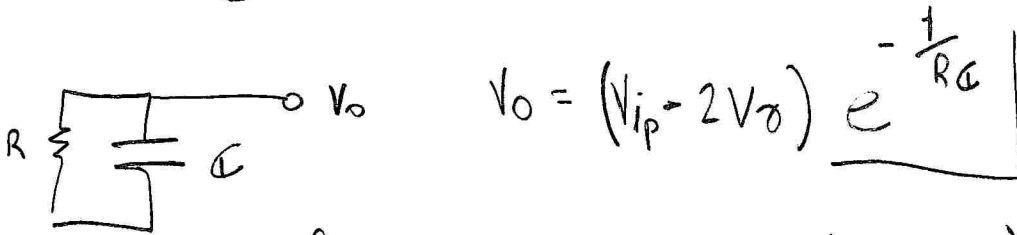
$$\Rightarrow v_0 = V_{ip} - 2V_\sigma$$

Verifico H:

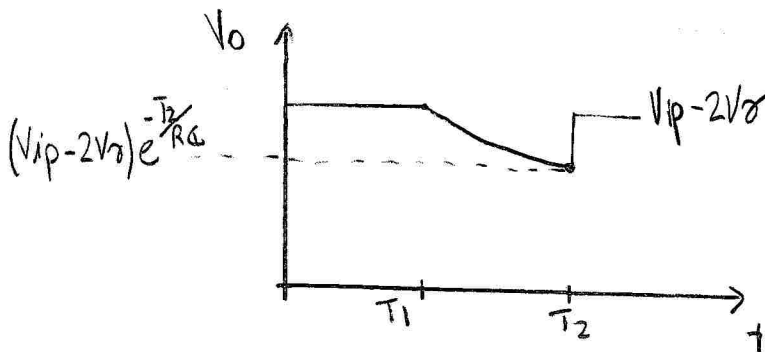
$$I_{D1} = I_{D2} = \frac{V_{ip} - 2V_\sigma}{R} > 0$$

↑  
por lo tanto  
 $V_{ip} > 2V_\sigma$

En  $T_2$  (H) Diodos OFF



$$\text{Verifico H: } (V_{D1} + V_{D2})_{\max} = -V_{ip} - (V_{ip} - 2V_\sigma) < 2V_\sigma$$



$$V_{\text{ripple}} = (V_{ip} - 2V_\sigma) - (V_{ip} - 2V_\sigma)e^{-T_2/RC}$$

$$= (V_{ip} - 2V_\sigma)(1 - e^{-T_2/RC})$$

(b)

$$\left. \begin{aligned} I_{D1} &= I_{S1} (e^{N_{D1}/kVT} - 1) \\ I_{D2} &= I_{S2} (e^{N_{D2}/kVT} - 1) \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$

$$N_{D1} = N_{D2}$$

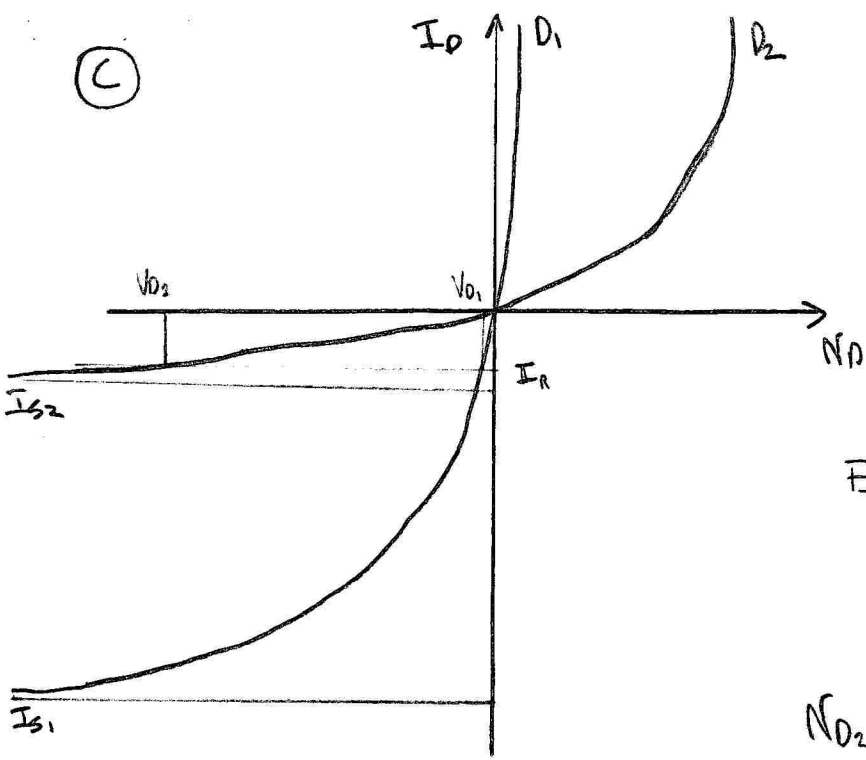
$$(N_{D1} + N_{D2})_{\max} = 2(V_{ip} - V_\sigma) \Rightarrow$$

$$I_{D1} = I_{D2}$$

$$N_{D1, \max} = N_{D2, \max} = V_{ip} - V_\sigma$$

En esta parte  $I_{S1} = I_{S2}$

(C)



La tensión en inverso del diodo dos es mucho mayor que la del uno, por lo que este más exigido.

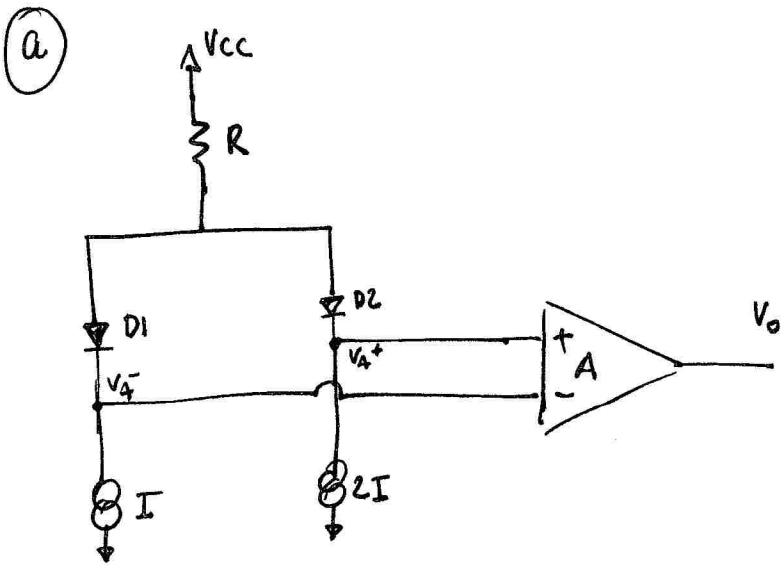
En este caso  $N_{D2} \gg N_{D1}$

$$(N_{D1} + N_{D2})_{max} = 2(V_{ip} - V_{\sigma}) \Rightarrow$$

$$N_{D2,max} = 2(V_{ip} - V_{\sigma})$$

$I_S \propto \text{Area de junta}$

$$A_1 \gg A_2 \Rightarrow I_{S1} \gg I_{S2}$$



$V_0 = A(V_A^+ - V_A^-)$ , si considero modelo  $V_\gamma$  del diodo  $\Rightarrow V_A^+ = V_A^-$  y  $V_0 = 0$ . No tiene sentido.

El bloque A es un amplificador de instrumentación con ganancia  $A = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3}$

$$V_0 = A(V_A^+ - V_A^-)$$

$$V_A^+ = V_{cc} - R(I_{D1} + I_{D2}) - V_{D2}$$

$$V_A^- = V_{cc} - R(I_{D1} + I_{D2}) - V_{D1}$$

$$\Rightarrow V_0 = -A(N_{D2} - N_{D1})$$

nodo en  $V_A^+$ :  $2I = I_{D2} = I_S e^{\frac{V_{D2}}{V_T}}$

nodo en  $V_A^-$ :  $I = I_{D1} = I_S e^{\frac{V_{D1}}{V_T}}$

$$\Rightarrow N_{D2} - N_{D1} = I_0 V_T \ln(2)$$

$$\Rightarrow V_0 = \left(1 + \frac{2R_2}{R_1}\right) \cdot \frac{R_4}{R_3} \cdot I_0 \cdot V_T \cdot \ln(2)$$

b) Aquí me alcanza con el modelo  $V_\gamma$  del diodo:

$$V_A^+ \cong V_A^- \cong V_{cc} - 3RI - V_\gamma$$

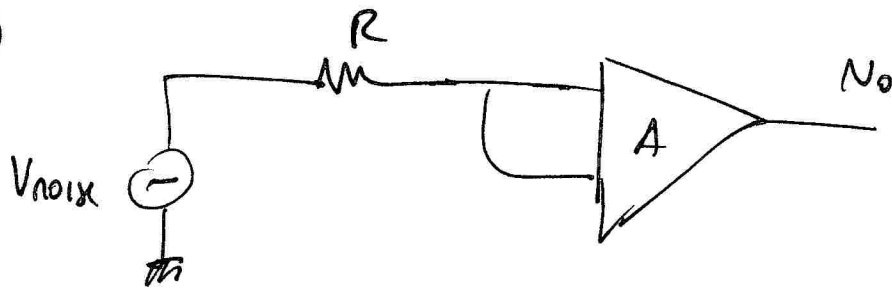
$$V_A^+ \cong V_A^- < I_{CMR_{MAX}}$$

$$V_A^+ \cong V_A^- > I_{CMR_{MIN}}$$

$$\Rightarrow \left| \begin{array}{l} R > \frac{V_{cc} - I_{CMR_{MAX}} - V_\gamma}{3I} \\ R < \frac{V_{cc} - I_{CMR_{MIN}} - V_\gamma}{3I} \end{array} \right|$$

J.

(c)



$V_{noise}$  se mete como señal en modo común a  $A$ .  $N_{cm} = N_{noise}$

$$N_o = A_D \cdot N_D + \frac{A_D}{CMRR} N_{cm} = A \cdot N_D + \frac{A}{CMRR} \cdot N_{noise}$$

devida a  $N_{in}$       componente devida a  $N_{noise}$

$$\Rightarrow \frac{A/CMRR}{A} \ll \frac{1}{100} \Rightarrow CMRR > 100 \Rightarrow \boxed{CMRR > 40dB}$$

J.

Ej. 2 c)

$V_{moise}$  aparece como una señal de modo común a la entrada de A. ello lo podemos mostrar como sigue:

$$V_{iA+} = V_{cc} - V_{moise} - R \cdot 3I - V_{D1}$$

$$V_{iA-} = V_{cc} - V_{moise} - R \cdot 3I - V_{D2}$$

⇒ Entrada diferencial al bloque A:

$$V_{idifA} = (V_{D2} - V_{D1}) \quad (\text{que es independiente de } V_{moise})$$

Entrada modo común al bloque A:

$$V_{cmA} = V_{cc} - V_{moise} - R \cdot 3I - \frac{(V_{D1} + V_{D2})}{2}$$

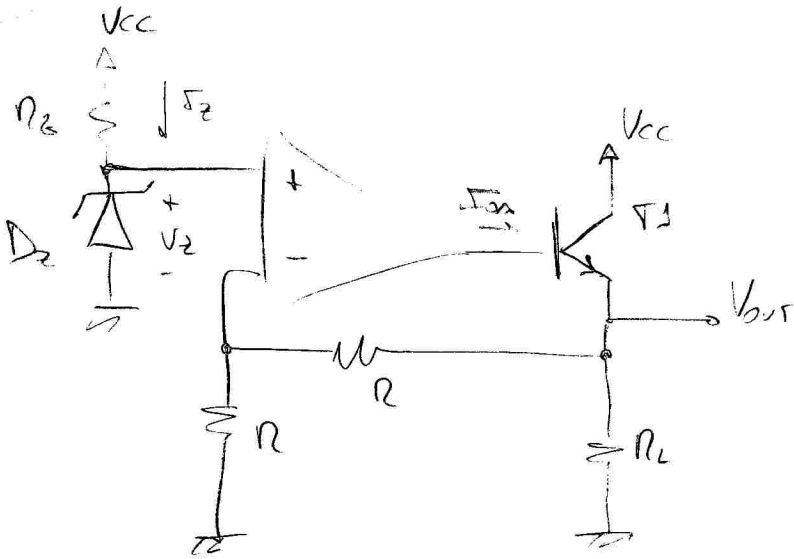
⇒  $V_o$  debido a  $V_{moise} =$

$$= -V_{moise} \cdot A_{CA} = -V_{moise} \cdot \frac{A_{DA}}{CMRR_A} =$$

$$= -V_{moise} \cdot \frac{(1 + 2R_2/R_1) \cdot R_4/R_3}{CMRR_A}$$



P3



(a)  $e^+ = V_Z$

$\Rightarrow V_{out} = (1 + \frac{R_2}{R}) \cdot \frac{V_Z}{2}$

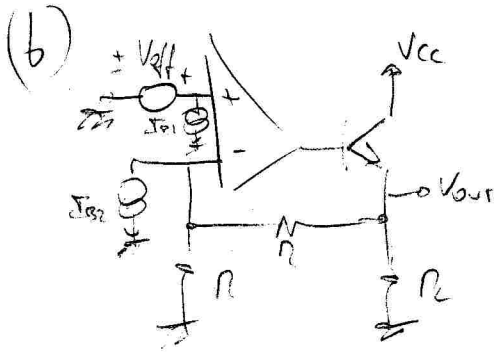
$\Rightarrow |V_{out} = 2V_Z|$

$I_{CC} = I_Z + I_C$

$I_Z = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_2}$

$I_C = I_E = \frac{V_{out}}{2R/R_L} \Rightarrow I_{CC} = \frac{V_{CC} - V_Z}{R_2} + \frac{2V_Z}{2R/R_L}$

$I_{on} = I_Z = I_C \Rightarrow I_{on} = \frac{2V_Z}{R_2/R_L}$



$I_{B1} = I_{C1} = 0$

$V_{out} = 2V_{off}$

$V_{off} = 0, I_{B2} = 0 \Rightarrow V_{out} = 0$  ( $I_{B1}$  no change  $V_Z$ )

$V_{off} = 0, I_{B1} = 0 \Rightarrow V_{out} = R I_{B2}$

$\Delta V_{out} = 2V_{off} + R(I_{B1} + \frac{I_{off}(set)}{2})$

(c)  $V_{CS} > V_{CSSAT}$

$V_{CC} - V_{out} > V_{CSSAT} \Rightarrow |V_{CC} > 2V_Z + V_{CSSAT}|$