

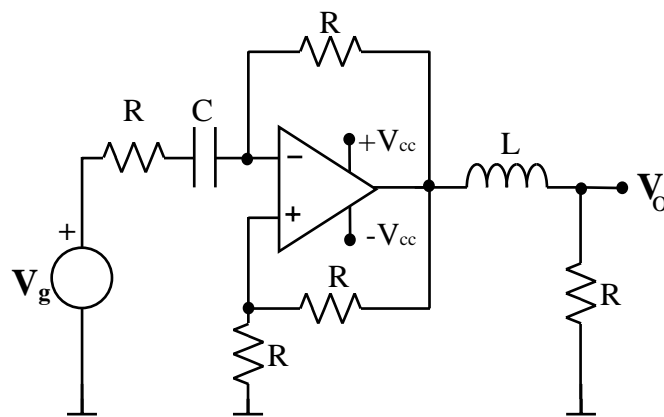
**Circuits i Sistemes Electrònics III**  
**Examen final**  
**Quadrimestre de primavera 06/07**

Solució de l'examen final disponible al campus digital: 18 de Juny  
Publicació de notes provisionals (mòdul C4 planta -1) : 26 de Juny a les 14 h.  
Fi del termini d'al·legacions (secretaria acadèmica B3): 28 de Juny a 14 h.  
Publicació de notes definitives (mòdul C4 planta -1): 29 de Juny a 14 h.

**Cada problema s'ha de lliurar en fulls separats sense doblar**

**Problema 1** (25%)

En el següent circuit:



- Dibuixeu el diagrama de fluxe del circuit.
- Doneu l'expressió del guany de llaç  $T(s)$  i trobeu quin tipus de realimentació té l'amplificador operacional.
- Dibuixeu de forma aproximada el lloc geomètric de les arrels.
- Trobeu el guany en contínua de l'amplificador operacional ( $a_o$ ) que fa que el circuit sigui estable.
- Dibuixeu el diagrama de Bode del guany de llaç  $T(s)$  i trobeu el guany en contínua de l'amplificador operacional ( $a_o$ ) que produeix un marge de fase de 45 graus.

**Dades:**

$R = 50 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ nF}$ ,  $L = 10 \text{ }\mu\text{H}$

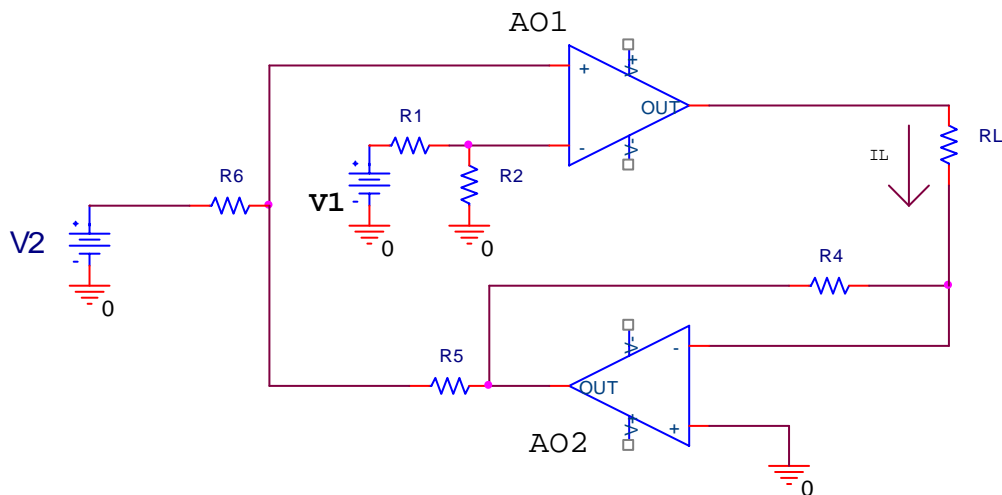
$$a_{AO}(s) = \frac{a_o \omega_1 \omega_2}{(s + \omega_1)(s + \omega_2)}; \omega_1 = 10 \text{ rad/s}, \omega_2 = 10^6 \text{ rad/s}$$

En l'apartat e), podeu treballar amb el diagrama de Bode asimptòtic.

**Circuits i Sistemes Electrònics III**  
**Examen final**  
**Quadrimestre de primavera 06/07**

**Problema 2** (25%)

El circuit de la figura següent és un convertidor V/I.



Es demana :

- Considerar els Amplificadors Operacionals (AO) ideals i calcular l'expressió de  $I_L$ , corrent de sortida, en funció de les entrades  $V_1$  i  $V_2$ .
- Si els amplificadors operacionals AO1 i AO2 tenen un CMRR finit, donar el valor mínim de CMRR de cada operacional per tenir un error a la sortida  $I_L$ , associat a aquest efecte, inferior a 1 nA per a unes entrades :  $V_1=10\text{mV}$  i  $V_2 = 22\text{mV}$ .
- Si els dos AO són ideals a tots els efectes, excepte a l'offset de tensió, calcular l'efecte d'utilitzar AO amb  $V_{os} = 2\text{mV}$  sobre  $I_L$ .

**Dades:**

$$R_1=R_2=R_4=R_5=R_6 = 1\text{k}\Omega$$

$$R_L= 300\text{k}\Omega$$

**Circuits i Sistemes Electrònics III**

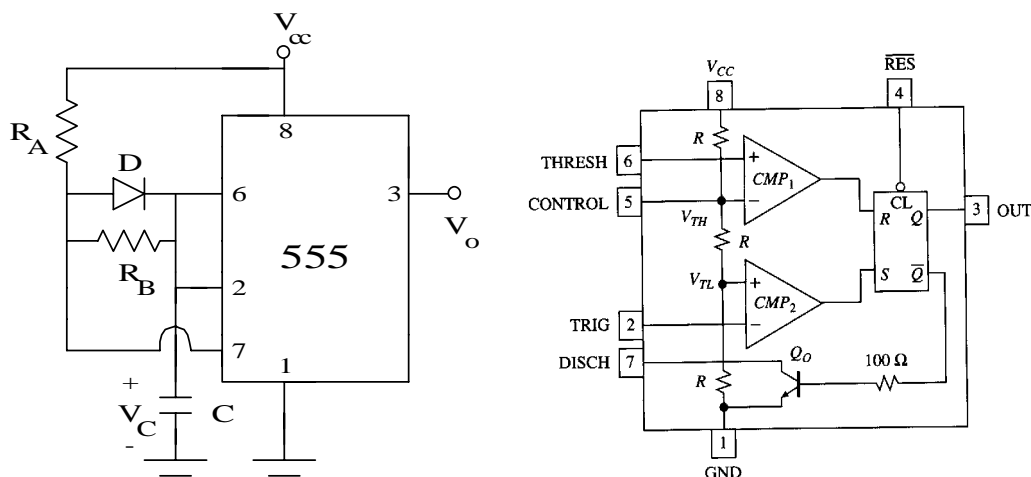
**Examen final**

**Quadrimestre de primavera 06/07**

**Problema 3** (25%)

En el circuit basat en un timer 555 de la figura següent, es demana:

- L'expressió de la tensió en el condensador quan la sortida del biestable Q està a nivell alt.
- L'expressió de la tensió en el condensador quan la sortida del biestable Q està a nivell baix.
- Dibuixar l'evolució temporal de les tensions en el condensador  $V_C$  i a la sortida  $V_o$ .
- Calcular el temps del senyal de sortida a nivell alt  $T_H$  i a nivell baix  $T_L$ .
- Calcular la freqüència del senyal de sortida i el seu cycle de treball.
- Comparant l'expressió analítica del cycle de treball del senyal de sortida d'aquest circuit amb la del mateix circuit sense el díode D, explicar la idoneïtat de cadascun dels dos circuits quan el cycle de treball desitjat és menor al 50%.



**Dades:**

$R_A = 10 \text{ k}\Omega$ ,  $R_B = 30 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10 \text{ nF}$ ,  $V_{CC} = 5 \text{ V}$ ,  $V_{CEsat} \cong 0 \text{ V}$

Podeu considerar el díode ideal.

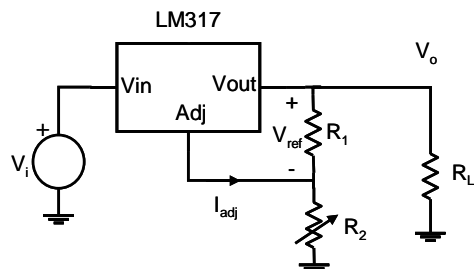
Taula del biestable:

R	S	$Q^+$
0	1	1
1	0	0
0	0	Q
1	1	Prohibida

**Circuits i Sistemes Electrònics III**  
**Examen final**  
**Quadrimestre de primavera 06/07**

**Problema 4** (25%)

El circuit de la figura següent conté el regulador ajustable LM317 del fabricant *National Semiconductor*. Tenint en compte que  $R_2$  és una resistència ajustable, es demana:

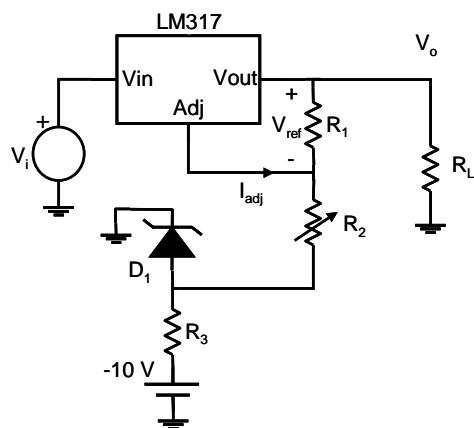


- Els valors de  $R_1$  i  $R_2$  per a que la tensió de sortida,  $V_o$ , pugui ajustar-se per arribar fins els 30 V i que el corrent que passa per  $R_1$  sigui 100 vegades superior al corrent d'ajustament del regulador.
- El valor mínim de la tensió de sortida,  $V_{o\min}$ , amb els valors calculats.

- La potència dissipada al regulador ( $P_r$ ), la potència dissipada a la càrrega ( $P_L$ ), i el rendiment ( $\eta$ ) quan  $V_o = V_{o\min}$  i  $V_o = 30$  V. Per facilitar la resposta es recomana que feu una taula com la següent:

$V_o$	$P_r$	$P_L$	$\eta$
$V_{o\min}$			
30 V			

Per a que el marge de la tensió de sortida es pugui ajustar des de 0 V fins a 30 V es proposa el següent circuit, que inclou un díode zener.



Es demana:

- La tensió de sortida en funció de la tensió zener del díode (suposant que està en zona zener).
- La tensió de zener i el valor de  $R_2$  per a que la tensió de sortida mínima sigui 0 V i la màxima 30 V (suposeu que  $R_1$  és igual a 200  $\Omega$ ).

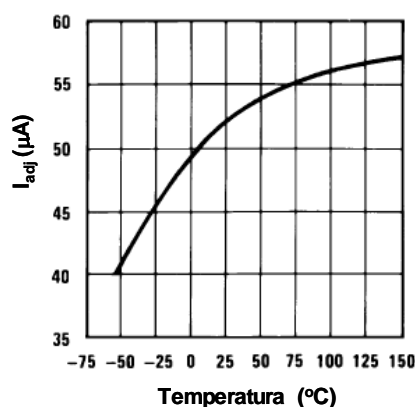
**Dades per a tots els apartats:**

$R_L = 5 \Omega$        $R_3 = 100 \Omega$        $V_i = 40$  V      Temperatura de treball del regulador: 75 °C.

**Especificacions del LM317:**

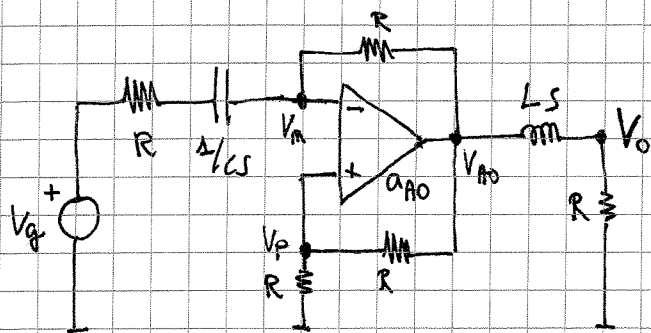
$V_{ref} = 1,25$  V

El corrent  $I_{adj}$  s'ha d'extreure de la següent figura:



# PROBLEMA 1

## a) DIAGRAMA DE FLUXE



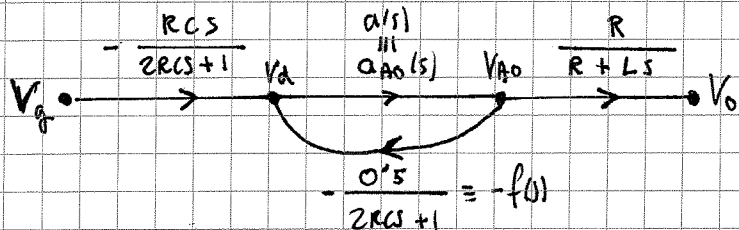
• DIVISOR TENSÃO:  $V_p = \frac{R}{R+R} V_{AO} = V_{AO}/2$

• KCL  $V_m$ :  $\frac{V_g - V_m}{R + 1/Cs} = \frac{V_m - V_{AO}}{R}$

$$RCS V_g - RCS V_m = (RCS + 1) V_m - (RCS + 1) V_{AO}$$

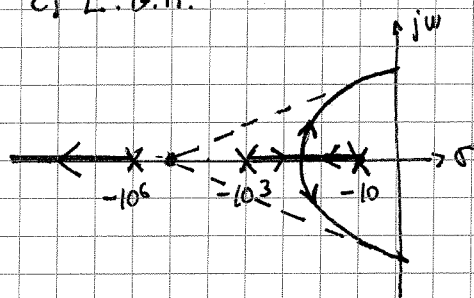
$$V_m = \frac{RCS + 1}{2RCS + 1} V_{AO} + \frac{RCS}{2RCS + 1} V_g$$

$$V_d = V_p - V_m = \left( \frac{1}{2} - \frac{RCS + 1}{2RCS + 1} \right) V_{AO} - \frac{RCS}{2RCS + 1} V_g = \frac{2RCS + 1 - 2RCS - 2}{2(2RCS + 1)} V_{AO} - \frac{RCS}{2RCS + 1} V_g$$



b)  $T(s) = \frac{0.5}{10^{-3}s + 1} \cdot \frac{a_o}{\left(\frac{s}{10} + 1\right)\left(\frac{s}{10^6} + 1\right)}$   $R = 50k\Omega$ ;  $C = 10nF$

## c) L.G.A.



• Assimpbotes:

angle:  $-\frac{1+2a}{3-0} \cdot \pi$

$a=0 \rightarrow -\pi/3$   
 $a=1 \rightarrow -\pi$   
 $a=2 \rightarrow -5\pi/3 + 2\pi = \pi/3$

origem:  $\frac{-10^6 - 10^3 - 10}{3} \approx -3.3 \cdot 10^5$

## d) $a_o$ CIRCUIT ESTÁVEL

$$T(s) = \frac{0.5 a_o}{\left(\frac{s}{10^3} + 1\right)\left(\frac{s}{10} + 1\right)\left(\frac{s}{10^6} + 1\right)} \cdot \frac{10^{10}}{10^{10}} = -1 ; 5 \cdot 10^9 a_o + (s+10^3)(s+10^3)(s+10^6) = 0$$

$$s^3 + 10^6 s^2 + 10^9 s + 10^{10} (1 + 0.5 a_o) = 0$$

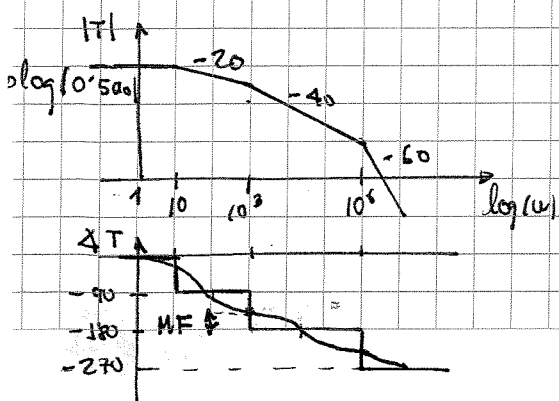
$s^3$	1	$10^9$	0
$s^2$	$10^6$	$10^{10} (1 + 0.5 a_o)$	0
$s^1$	A	0	
$s^0$	B		

•  $A = \frac{10^6 \cdot 10^9 - 10^{10} (1 + 0.5 a_o)}{10^6} = 10^9 - 10^4 (1 + 0.5 a_o) > 0$

$10^4 (1 + 0.5 a_o) < 10^9 ; 0.6 a_o < 2 \cdot 10^5$

•  $B = 10^{10} (1 + 0.5 a_o)$

## e) BODE $T(s)$ | $a_o$ MF = 45°



$$20 \log |0.5 a_o| - 20 \log \frac{10^3}{10} - 3 = 0$$

$$\log |0.5 a_o| = 43/20 ; a_o = 2 \cdot 10^{43/20} \approx 222$$

## Probleme 2

$$a) \quad \frac{V_2 - V_1/2}{R_6} = \frac{\frac{V_1}{2} + I_L R_4}{R_5}$$

$$\frac{V_2 - V_1}{R_4} = I_L = 10^{-3} (V_2 - V_1)$$

b)

$$\frac{0 - \left( \frac{V_{cm1}}{CMRR_{AO1}} \right)}{R_6} = \frac{\left( \frac{V_{cm1}}{CMRR_{AO1}} \right) - I_L R_4}{R_5}$$

$$I_L R_4 = \frac{2 V_{cm1}}{CMRR_{AO1}} \quad \Bigg| \quad V_{cm1} = \frac{V_1}{2} = \frac{V_1}{CMRR_{AO1}}$$

$$CMRR_{AO1} \geq \frac{V_1}{I_L R_4} = 10^4$$

$$CMRR_{AO1} \geq 80 \text{ dB}$$

c)

$$I_L = \frac{2 V_{OS_{AO1}} + V_{OS_{AO2}}}{R_4} = 6 \mu\text{A}$$

### Problema 3

a)

a nivell alt (TRT en TALL, D ON)

Càrrega del condensador C mitjançant  $R_A$  a partir de  $V_{CC}$

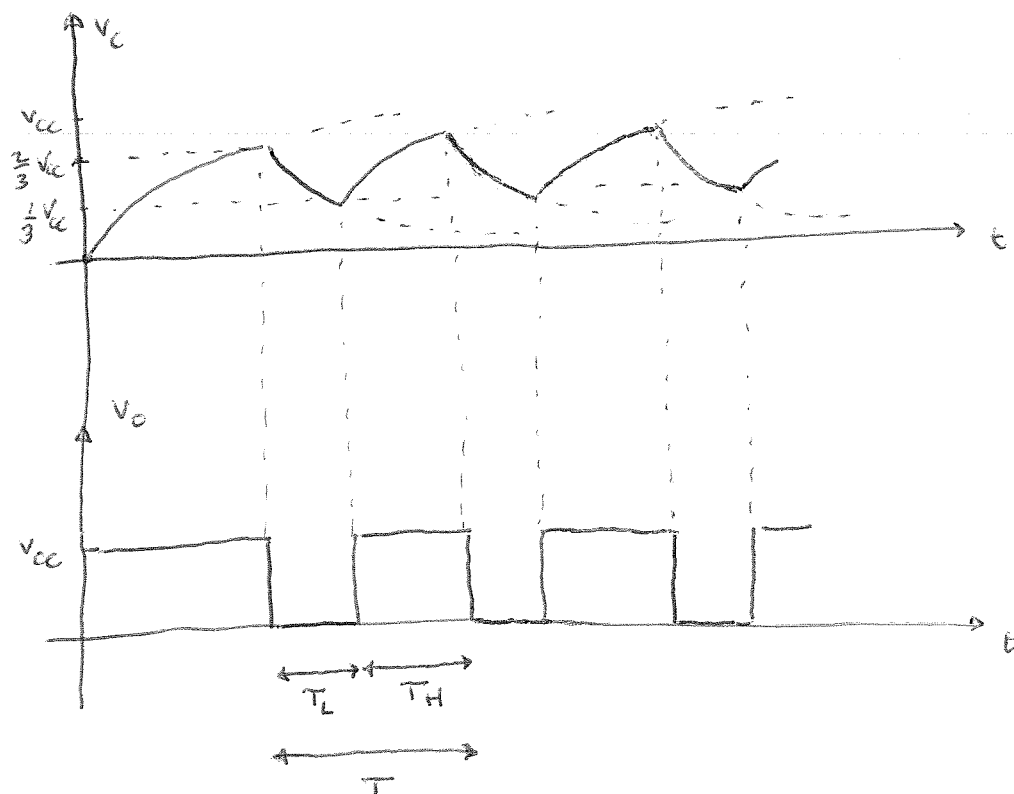
$$V_C(t) = V_{CC} + [V_C(t_i) - V_{CC}] e^{-\frac{t-t_i}{R_A C}}$$

b) a nivell baix (TRT en SATURACIÓ, D OFF)

Descàrrega del condensador C mitjançant  $R_B$  a partir de 0V

$$V_C(t) = V_C(t_i) e^{-\frac{t-t_i}{R_B C}}$$

c)



d) càlcul  $T_L \Rightarrow$  Descàrrega  $C$  des de  $\frac{2}{3} V_{CC}$  fins a  $\frac{1}{3} V_{CC}$

$$\frac{1}{3} V_{CC} = \frac{2}{3} V_{CC} e^{-\frac{T_L}{R_B C}}$$

$$T_L = R_B C \ln 2 = 207'9 \mu s$$

càlcul  $T_H \Rightarrow$  Càrrega  $C$  des de  $\frac{1}{3} V_{CC}$  fins a  $\frac{2}{3} V_{CC}$

$$\frac{2}{3} V_{CC} = V_{CC} + \left[ \frac{1}{3} V_{CC} - V_{CC} \right] e^{-\frac{T_H}{R_A C}}$$

$$T_H = R_A C \ln 2 = 69'3 \mu s$$

e)

$$T = T_L + T_H = (R_A + R_B) C \ln 2 = 277'2 \mu s$$

$$f = \frac{1}{T} = 3.606'7 \text{ Hz}$$

$$CT(\%) = \frac{R_A}{R_A + R_B} \cdot 100 = 25\%$$

f)

sense díode  $\Rightarrow$  Procés de càrrega de  $C$  mitjançant  
 $R_A + R_B$

Wavors:

$$T_H = (R_A + R_B) C \ln 2$$

i

$$CT(\%) = \frac{R_A + R_B}{R_A + 2R_B} \cdot 100 \quad \Leftarrow \text{no serveix per a } CT < 50\%$$

Amb díode  $\Rightarrow$

$$CT(\%) = \frac{R_A}{R_A + R_B} \cdot 100 \quad \Leftarrow \quad CT < 50\% \text{ és possible}$$



## RESOLUCIÓ DEL PROBLEMA 4

a)  $V_{\text{omax}} = 30 \text{ V}$

$$I_{R_1} = 100 I_{\text{adj}}$$

$$V_o = V_{\text{REF}} + R_2 \left( \frac{V_{\text{REF}}}{R_1} + I_{\text{adj}} \right)$$

$$I_{R_1} = \frac{V_{\text{REF}}}{R_1}$$

}  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow 30 = 1,25 \text{ V} + R_2 \cdot 101 I_{\text{adj}} \Rightarrow (*)$$

$$\frac{V_{\text{REF}}}{R_1} = 100 I_{\text{adj}} \quad \begin{matrix} \uparrow \\ 1,25 \text{ V} \end{matrix} = 100 \cdot 55 \mu\text{A} \Rightarrow \boxed{R_1 = \frac{1,25 \text{ V}}{5,5 \text{ mA}} = 227,3 \Omega}$$

$$T_{\text{emp}} = 75^\circ\text{C} \Rightarrow I_{\text{adj}} = 55 \mu\text{A}$$

$$(*) \Rightarrow \boxed{R_2 = \frac{30 \text{ V} - 1,25 \text{ V}}{101 \cdot 55 \mu\text{A}} = 5175,5 \Omega}$$

b)  $V_o = 1,25 \text{ V} + \frac{R_2}{227,3 \Omega} V_{\text{REF}} + R_2 I_{\text{adj}} =$

$$= 1,25 + 5,5 \cdot 10^{-3} R_2 + 55 \cdot 10^{-3} R_2$$

$$\boxed{V_{\text{omin}} = V_o (R_2 = 0 \Omega) = 1,25 \text{ V}}$$

c) La potència dissipada al regulador es pot calcular a partir de la tensió que cau entre l'entrada i la sortida i el corrent que hi passa:

$$P_r = (V_i - V_o) \cdot I_o$$

Aquesta aproximació és correcta sempre que:

$$I_o \gg \frac{V_{REF}}{R_1} = 5,5 \text{ mA}$$

i

$$I_o \gg I_{adj} = 55 \mu\text{A}$$

Càlcul d' $I_o$ :

Càlcul de  $P_r$

$$I_o = \frac{V_o}{R_L} \Rightarrow P_r = (V_i - V_o) \frac{V_o}{R_L}$$

Càlcul de  $P_L$

$$P_L = \frac{V_o^2}{R_L}$$

Càlcul del  $\eta$ :

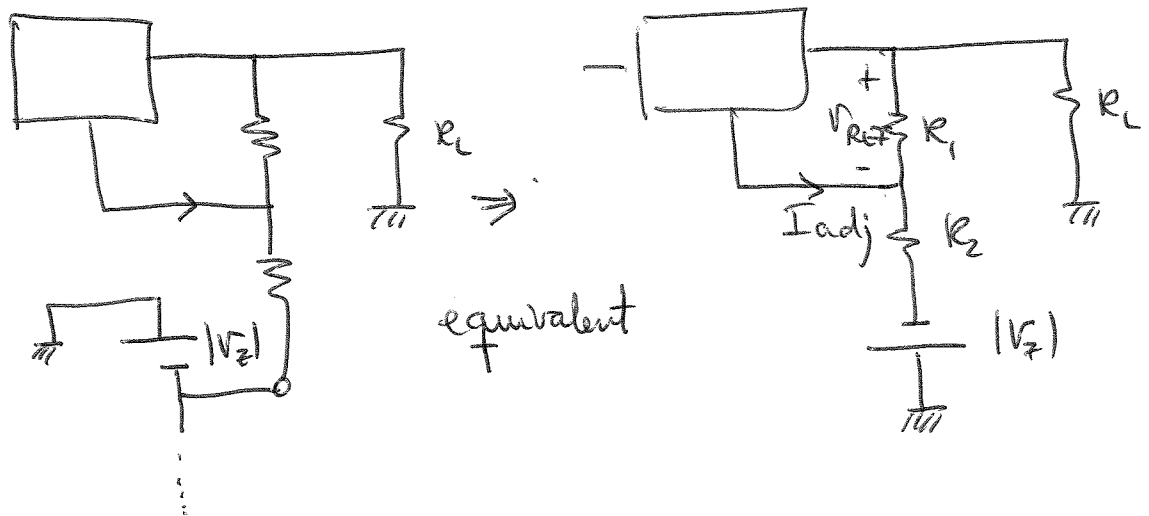
$$\eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100 \approx \frac{V_o^2 \cdot 100}{R_L \cdot V_i \cdot I_o} = \frac{V_o^2}{R_L \cdot V_i \cdot \frac{V_o}{R_L}} \times 100 = \frac{V_o}{V_i} \times 100$$

$$P_i \approx V_i \cdot I_o$$

$\Rightarrow$

$V_o$	$I_o$	$V_i - V_o$	$P_r$	$P_L$	$\eta$
$V_{omin}$	0,25 A	28,75 V	7,2 W	0,31 W	3,1 %
30 V	6 A	10 V	60 W	180 W	75 %

d) Si el diode està en zona zener :



$$\Rightarrow V_o = V_{REF} + R_2 \left( \frac{V_{REF}}{R_1} + I_{adj} \right) - |V_z|$$

e)

$$\left. \begin{array}{l} V_{o\min} = 0V \\ V_{o\max} = 30V \\ R_1 = 200\Omega \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} 0 = V_o(R_2 = 0) = V_{REF} - |V_z| \\ 30 = V_o(R_2 = R_{2\max}) = V_{REF} + R_2 \left( \frac{V_{REF}}{R_1} + I_{adj} \right) - |V_z| \end{array}$$

$$\Rightarrow |V_z| = V_{REF} = 1,25V$$

$$\Rightarrow 30 = \cancel{1,25} + R_2 \left( \frac{\cancel{1,25}}{200} + 55\mu \right) - \cancel{1,25} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R_2 = \frac{30}{\frac{1,25}{200} + 55\mu} = 4758\Omega$$