

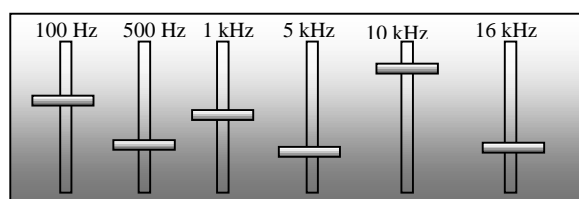
**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.E.I.**  
**Escola Politècnica Superior**

**PROBLEMES**

Publicació de notes: Dimarts 9 de Juny de 1998.

Revisió de l'examen Dimarts 9 de Juny de 10 a 12 h.

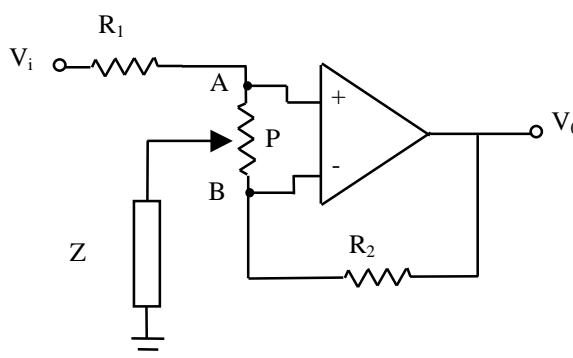
**PROBLEMA 1.-** Per a l'audició de música és freqüent l'ús d'equalitzadors. Es podria entendre l'equalitzador com un dispositiu que ens permet controlar el guany a donar al senyal a determinades freqüències dins la banda d'àudio. Mitjançant uns potenciòmetres accessibles externament podem decidir si volem potenciar (amplificar), deixar igual (donar un guany de 1) o atenuar (donar un guany  $<1$ ) unes determinades freqüències.



De fet, el que realment fa és amplificar o atenuar una banda de freqüències que es troben entorn d'una freqüència central. Per al dibuix anterior, per exemple, estaríem en un cas d'un equalitzador de 6 bandes, centrades a 100 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz, 10 kHz i 16 kHz.

A casa ja fa dies que em vist un equip equalitzador i ja no podem resistir més. La curiositat d'enginyers i aquest afany de sempre buscar el perquè de tot plegat, ens porta a fer una temeritat: obrir l'equalitzador que fins el moment estava funcionant perfectament. Després d'estar una estona observant-lo, arribem a les conclusions següents:

- Veiem que per a cada banda de freqüències l'estructura del circuit és la mateixa. Per a amplificar o atenuar les freqüències d'una determinada banda el fabricant de l'equalitzador ha seguit l'esquema que segueix:



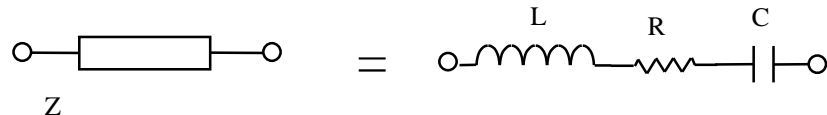
Per tant per al nostre cas disposem de 6 circuits d'aquests tipus.

S'observa que el potenciòmetre P és el que s'ajusta externament per a donar el guany adient a la banda. La impedància Z és la que ens donarà la freqüència central de la banda. Aquest serà el paràmetre que tindrà un valor diferent per a cada una de les bandes.

Una vegada tingudes en compte aquestes característiques, determineu:

- a) Expressió del guany de tensió  $G_v = \frac{V_0}{V_i}$  del circuit quan el cursor del potenciòmetre es troba a l'extrem A i expressió del guany de tensió quan es troba a l'extrem B. Deixeu l'expressió en funció de Z i de les resistències. En quina posició (A o B) et sembla que donarà guany màxim a les freqüències de la banda ?

Sabent que la impedància Z es tracta d'un circuit RLC com el que segueix



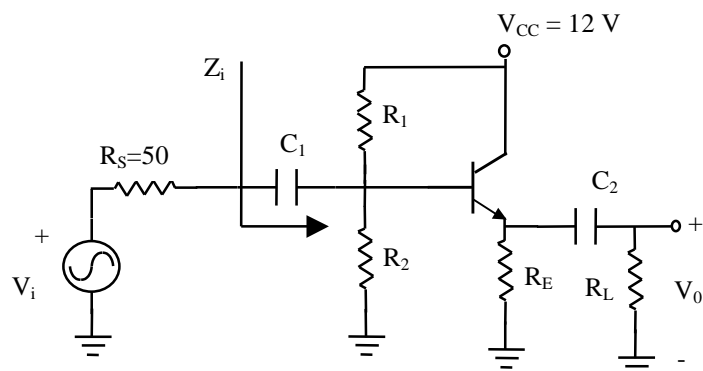
- b) Determineu la funció de transferència del circuit  $G_{Av}(S) = \frac{V_0(S)}{V_i(S)}$  quan el potenciòmetre es troba a la posició A i la funció de transferència  $G_{Bv}(S)$  quan el potenciòmetre es troba a la posició B.

Per a representar la resposta en freqüència, ens centrem en una de les bandes (les altres serà de forma similar). Ens fixem en el valor dels components d'aquesta banda i es veu que el potenciòmetre P és de 20 K,  $R_1 = R_2 = 3.3$  K., a la impedància Z s'observa que  $R = 510$ ,  $C = 220$  nF i  $L = 135$  mH.

- c) Representeu el diagrama de Bode (**només el mòdul**) per al guany  $G_{Av}(S)$  i per al  $G_{Bv}(S)$ . Indiqueu clarament els valors més significatius. En vista dels diagrames obtinguts, de quina de les 6 bandes anteriors creus que es tracta? Comenteu si l'equalitzador realitza la funció esperada en aquesta banda.

- d) Suposant que per a tots els circuits de les 5 bandes es mantenen els mateixos valors de P,  $R_1$  i  $R_2$  i de R i L per a la impedància Z, determineu el valor de C necessari per a obtenir la resposta del circuit centrada a cada una de les 5 bandes restants.

**PROBLEMA 2.-** Es desitja dissenyar una etapa de sortida d'un amplificador amb un transistor BJT com la que segueix



La càrrega  $R_L$  és de  $8 \Omega$ . El transistor té una  $h_{fe} = 50$  i es poden considerar els efectes de  $r_x$  i  $r_{oe}$  despreciables.

Determineu:

- Expressió de la recta de càrrega total. Representa-la gràficament, indicant l'expressió que tenen els punts de tall de la recta amb els eixos  $I_C$  i  $V_{CE}$ .
- Expressió de la relació que ha d'haver-hi entre el punt de treball ( $I_{CQ}$  i  $V_{CEQ}$ ) amb els components del circuit per tal d'assegurar l'excursió simètrica.
- Valor numèric de  $R_E$  per a assegurar marges dinàmics a la sortida simètrics de  $\Delta V_0 = \pm 2V$ . Quin valor tenen  $I_{CQ}$  i  $V_{CEQ}$ ?
- Relació que ha d'haver-hi entre  $R_1$  i  $R_2$  per a assegurar el punt de treball buscat. Per a simplificar els càlculs, considereu que el corrent de base serà despreciable respecte el corrent que circula per  $R_1$  i  $R_2$ .
- Expressió de la impedància d'entrada  $Z_i$  que presenta el circuit en funció de  $R_1$  i  $R_2$ . Escollint els valors que facin falta de  $R_1$  i  $R_2$ , quina impedància d'entrada es podrà tenir com a màxim? Si es prenen  $R_1$  i  $R_2$  molt grans, que passa amb la consideració que s'ha fet a l'apartat anterior respecte el corrent de base?

Proposa una possible solució per a poder augmentar  $Z_i$ .

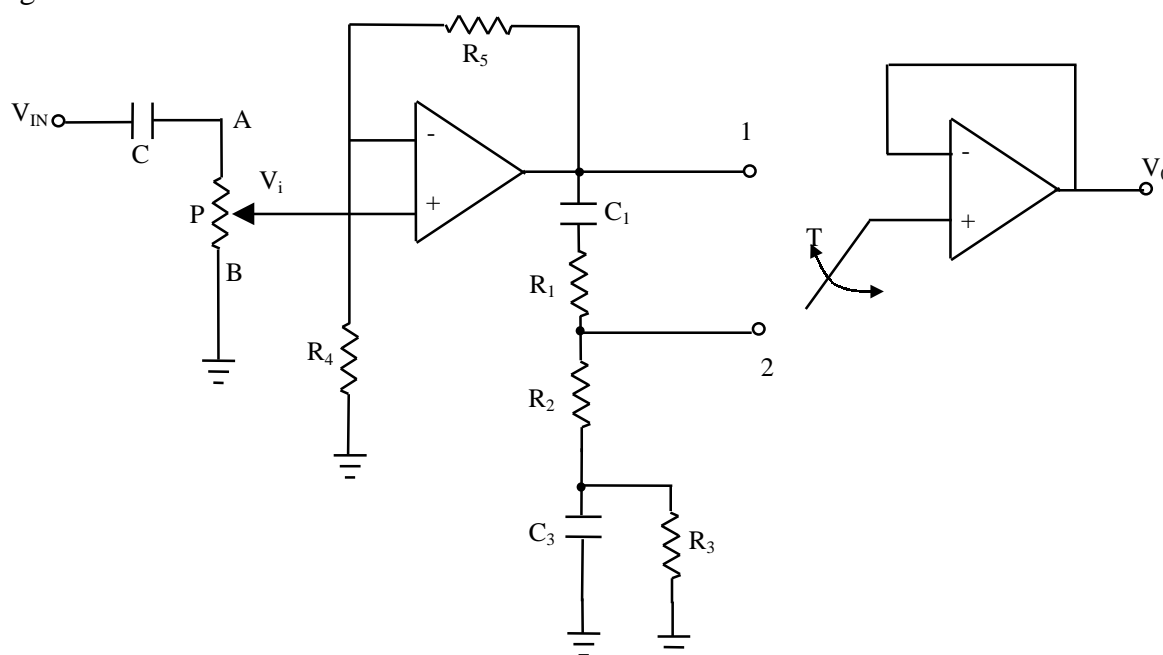
**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.E.I.**  
**Escola Politècnica Superior**

**PROBLEMES**

Publicació de notes: Dimecres 1 de Juliol de 1998.

Revisió de l'examen: Dimecres 1 de Juliol de 10 a 12 h.

**PROBLEMA 1.-** Per tal de compensar l'efecte que té la nostra orella en quant a resposta en freqüència, s'ha pensat en el sistema de *Loudness* que modifica la corba de freqüència de la música de l'amplificador per tal de fer que el só sigui agradable a la nostra oïda. Per això molts dels equips de música permeten l'opció d'utilitzar aquest sistema. Si s'observa un amplificador que incorpori un circuit d'aquest tipus es podria veure que la seva estructura és com la que segueix



El botó *Loudness* és el que ens permetrà de connectar el terminal T a la posició 1 o a la posició 2.

Per a no complicar les coses, primerament s'analitzarà la tensió de sortida respecte la tensió  $V_i$  (no  $V_{IN}$ ).

- a) **(0.5p)** Determineu l'expressió del guany de tensió  $G_V = \frac{V_0}{V_i}$  del circuit quan el terminal T es troba a la posició 1.
- b) **(2p)** Demosta que quan el terminal T es troba a la posició 2, la funció de transferència del circuit  $G_V = \frac{V_0}{V_i}$ , té la forma

$$G_V = \frac{\left(1 + \frac{R_5}{R_4}\right)(R_2 R_3 C_3 S + R_2 + R_3) C_1 S}{(R_2 R_3 C_3 C_1 + R_1 C_1 R_3 C_3) S^2 + (R_3 C_3 + (R_1 + R_2 + R_3) C_1) S + 1}$$

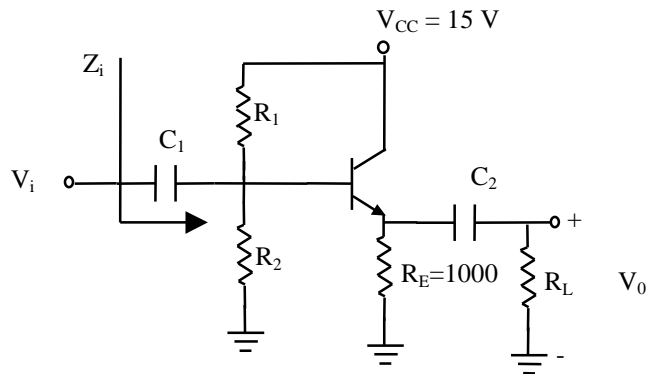
Si els components valen  $R_1=120\ \Omega$ ,  $R_2=1.2\ K$ ,  $R_3=R_5 = 100\ K$ ,  $R_4=4.7\ K$ ,  $C_1 = 220\ pF$  i  $C_3 = 0.33\ \mu F$ ,

- c) (2p) Representeu el diagrama de Bode (**mòdul i fase**) de la funció de transferència quan el terminal T es troba a la posició 2. Dibuixeu les asímptotes així com la gràfica real.

Per acabar d'analitzar el circuit, mancaria trobar una relació entre  $V_{IN}$  i  $V_i$ .

- d) (0.5p) Determineu la relació (funció de transferència) entre  $V_{IN}$  i  $V_i$  quan el potenciòmetre P es troba a la posició A. Comenteu l'efecte que tindrà sobre la funció de transferència trobada anteriorment el fet de posar el potenciòmetre P i el condensador C, si  $P=100K$  i  $C=0.5\ \mu F$ .

**PROBLEMA 2.-** Es vol analitzar una etapa amplificadora amb un transistor BJT com la que segueix



La càrrega  $R_L$  és de  $1000\ \Omega$ . El transistor té una  $h_{fe} = 330$  i es poden considerar els efectes de  $r_x$ ,  $r_{\mu}$  i  $r_{oe}$  despreciables.

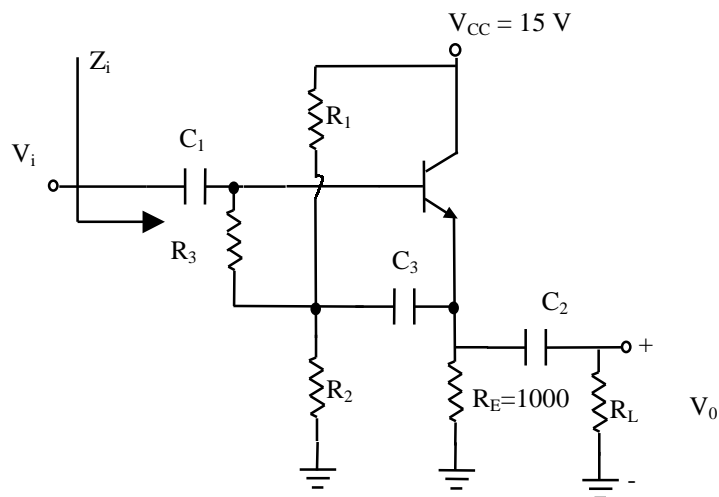
Determineu:

- a) (0.5 p) Relació entre  $R_1$  i  $R_2$  per a tenir una  $I_{CQ} = 5\ mA$ . Podeu aplicar que el corrent de base es despreciable respecte el corrent que passa per  $R_1$  i  $R_2$ .

Aquesta etapa va connectada a la sortida d'un amplificador que té una impedància de sortida de  $Z_0 = 5\ K$ . Per a que no es noti l'efecte al connectar interessa que la impedància d'entrada  $Z_i$  de l'etapa que s'està analitzant sigui com a mínim de  $50\ K$ .

- b) (0.5 p) Determina l'expressió de la impedància d'entrada  $Z_i$  Quin valor pot prendre com a màxim? Es possible trobar uns valor de  $R_1$  i  $R_2$  per a que es tingui una de  $Z_i = 50\ K$ ?

Per a augmentar la impedància d'entrada  $Z_i$  es proposa fer el muntatge següent, que és una configuració anomenada polarització *bootstrap*.



On  $R_1$  i  $R_2$  compleixen entre elles la relació trobada anteriorment. Suposem que es pren  $R_B = R_1 \parallel R_2 = 20K$  i que  $R_3 = 10 K$ . Es poden considerar tots els condensadors de valor elevat.

- c) (1 p) Representeu com queda el circuit en contínua (DC), deixant-lo enllestit completament per a l'anàlisi còmode. Et sembla que variarà molt el punt de treball respecte al del circuit inicial? No cal calcular-lo, només explica-ho.
- d) (1 p) Representeu com queda el circuit en senyal (AC), deixant-lo enllestit completament per a l'anàlisi còmode. Es recomana fervorosament per a simplificar el problema, que **no es posi  $r_x$**  a l'hora de substituir el transistor pel seu model. Es despreciarà ja d'entrada.
- e) (1 p) Trobeu l'expressió de la nova impedància d'entrada  $Z_i$  del circuit Calculeu el seu valor numèric. Ha millorat respecte l'anterior?
- f) (1 p) Determina l'expressió del guany de tensió  $A_v = \frac{V_o}{V_i}$ . Troba el seu valor numèric.

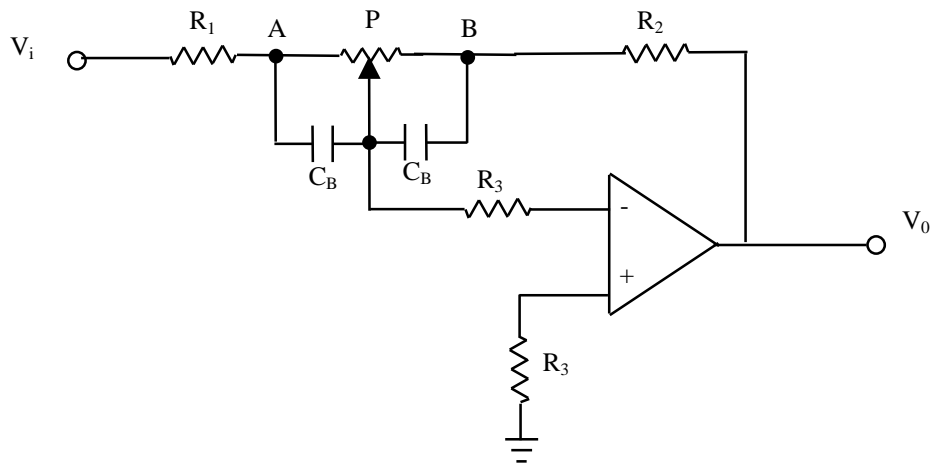
**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.E.I.**  
**Escola Politècnica Superior**

**PROBLEMES**

Publicació de notes: Dilluns 7 de Juny de 1999.

Revisió de l'examen Dilluns 7 de Juny de 10 a 12 h.

**PROBLEMA 1.- (3 punts)** Com es sap, la major part dels equips musicals, incorporen uns controls de to per a emfatitzar o atenuar els aguts (altes freqüències) i els greus (baixes freqüències). Com a persones curioses que som (o es suposa que hauríem de ser), intentarem esbrinar com funciona un d'aquests controls. Per a no complicar l'assumpte ens centrem en un d'ells: el control d'aguts. Després de destrossar l'equip, podem veure que l'aspecte del circuit de control dels aguts es com el que segueix



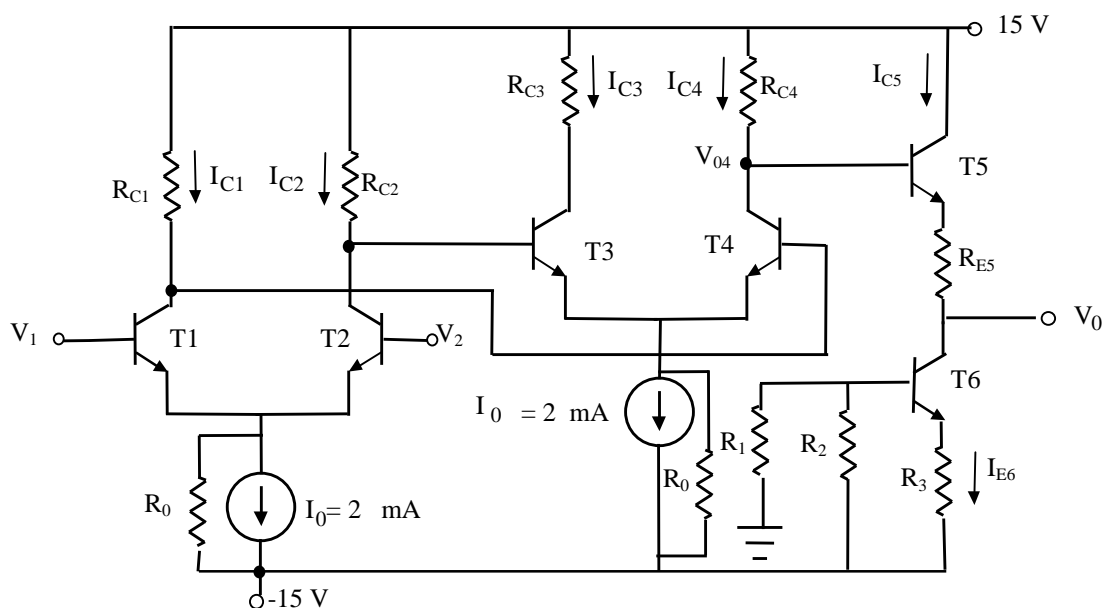
on el potenciòmetre P és el que ens regularà el nivell d'aguts que es vol que arribin a la sortida. Per a comprovar el funcionament d'aquest circuit, determineu:

- Expressió de la funció de transferència  $H_1(s) = \frac{V_0(s)}{V_i(s)}$  del circuit quan el potenciòmetre es troba a la posició A.
- Expressió de la funció de transferència  $H_2(s) = \frac{V_0(s)}{V_i(s)}$  del circuit quan el potenciòmetre es troba a la posició B.

Si es pren com a valors  $R_1 = R_2 = 5K$ ,  $R_3 = 5K$ ,  $R_4 = 10 K$ ,  $P = 50 K$ ,  $C_B = 68 \text{ nF}$ ,

- Representeu el diagrama de Bode (**mòdul i fase**) de cada una de les funcions de transferència anteriors  $H_1(s)$  i  $H_2(s)$ . Dibuixeu les asímptotes així com la gràfica real, indicant clarament els valors més significatius.
- En vista dels resultats anteriors comenta si el circuit realitza la funció que d'ell s'espera i que passarà quan el potenciòmetre es trobi en un punt intermig (no cal fer càlculs, només explicar el que s'espera que passi).

**PROBLEMA 2.- (4 punts)** Un fabricant ens proporciona un esquema simplificat de les primeres etapes que composen el circuit integrat d'un amplificador operacional



Tots els transistors es podran considerar amb  $r_x \approx 0$ ,  $r_0 \rightarrow \infty$ ,  $r_\mu \rightarrow \infty$  i  $h_{fe} = 200$ .

Considerant que els transistors  $T_1 \equiv T_2$  i  $T_3 \equiv T_4$ , i que  $V_1$  i  $V_2$  són iguals a 0V en contínua, determineu:

a) Valor de les resistències  $R_{C1}$ ,  $R_{C2}$ ,  $R_{C3}$  i  $R_{C4}$  per a que els transistors  $T_1, T_2$ ,  $T_3$  i  $T_4$  tinguin un punt de treball que sigui  $I_C = 1 \text{ mA}$  i  $V_{CE} = 5 \text{ V}$

b) Al estar les etapes acoblades directament, es tindrà una tensió de  $V_{04}$  contínua. Quant val aquesta?

c) Determineu el guany diferencial  $A_d = \frac{V_{04}}{V_{id}}$

El fet de que al entrar 0V es tingui un component  $V_{04}$  continu degut a les polaritzacions dels transistors, pot ser problemàtic en alguns casos. Per això s'afegeix l'etapa formada pels transistors  $T_5$  i  $T_6$ .

d) Sabent que  $T_6$  té un corrent de base despreciable, i que  $R_1 = 100 \text{ K}$ ,  $R_2 = 12.8 \text{ K}$  i  $R_3 = 1 \text{ K}$ , calculeu quan valdrà  $I_{E6}$ .

e) Quin valor hauria de tenir la resistència  $R_{E5}$  per a que la tensió de sortida  $V_0$  contínua fos de 0 V?

f) Quin guany de tensió  $A_v = \frac{V_0}{V_{04}}$  té l'etapa formada per  $T_5$ - $T_6$ ? Quin serà el guany de tensió

total d'aquest sistema  $A_v = \frac{V_0}{V_{id}}$  ?

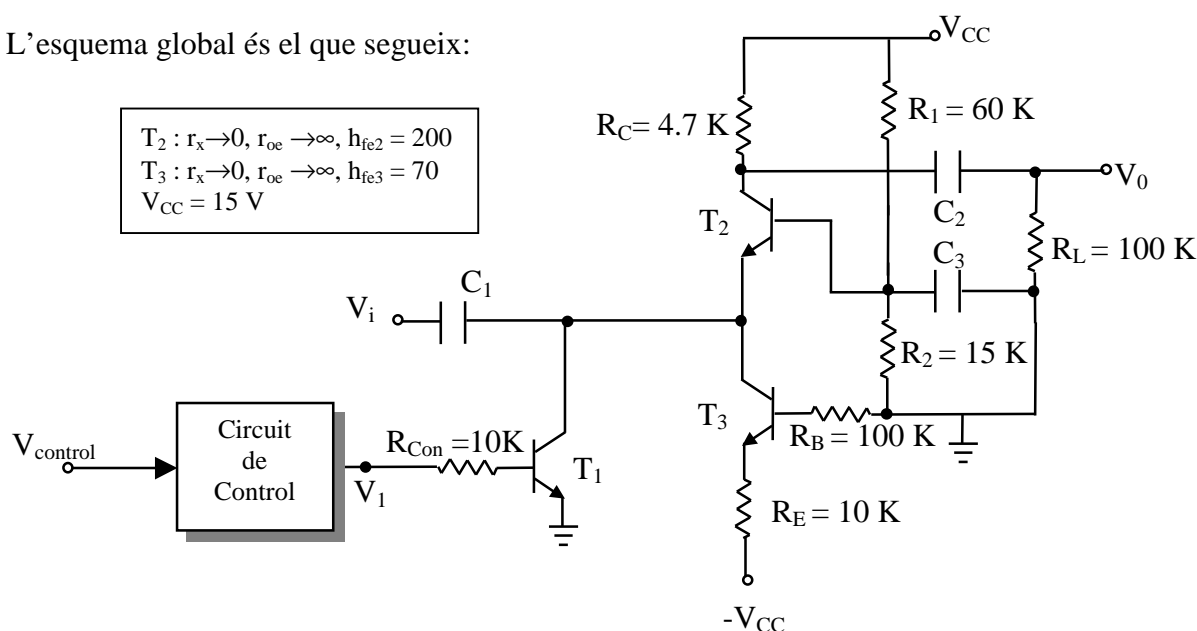


**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.I.E.I.**  
**Escola Politècnica Superior**

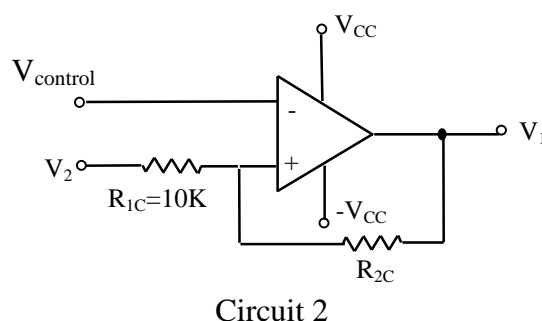
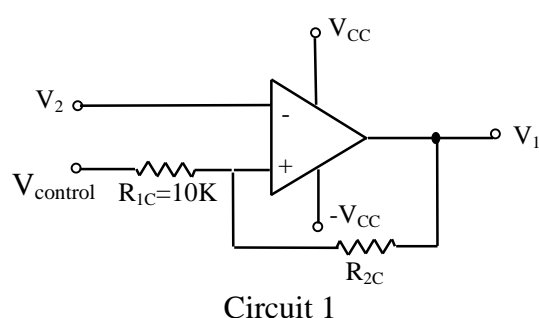
**PROBLEMES**

**PROBLEMA 1.- (4 p)** Es disposa d'un sistema amplificador que ve controlat per una determinada tensió  $V_{\text{control}}$ . Quan  $V_{\text{control}}$  arribi a assolir un determinat valor  $V_A$ , interessa que l'amplificador es desactivi i que no es torni a activar fins que  $V_{\text{control}}$  hagi baixat d'un altre valor concret  $V_B$ .

L'esquema global és el que segueix:



a) Sabent que el circuit de control ha de fer que la tensió de sortida  $V_0$  sigui nul·la per a  $V_{\text{control}} = V_A \geq 7\text{V}$ , i que torni a donar tensió de sortida  $V_0$  quan torni a baixar per sota de  $V_{\text{control}} = V_B \leq 3\text{V}$ , quin dels circuits que segueixen escolliries per a que realitzes aquesta funció? Argumenta-ho.



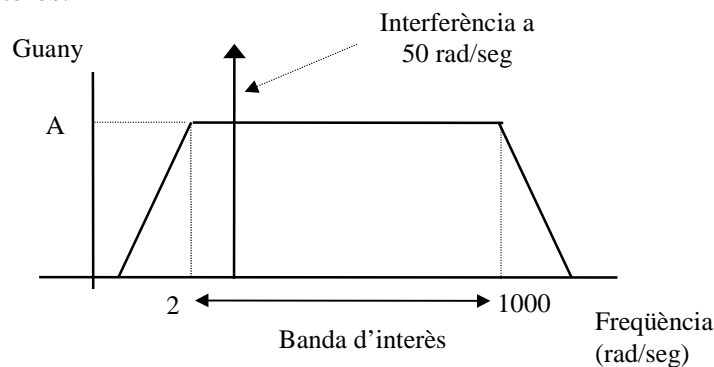
b) Si  $V_{CC} = 15 \text{ V}$ , determineu els valors que haurien de tenir els altres paràmetres del circuit seleccionat per tal de que es produeixin els canvis a les tensions  $V_A$  i  $V_B$  proposades de forma adient. Representeu el diagrama de  $V_1$  respecte  $V_{\text{control}}$ , indicant clarament els punts més significatius.

c) En quin estat es troba el transistor  $T_1$  per a cada un dels valors de  $V_1$ ?

d) Determineu el guany  $A_v = \frac{V_0}{V_i}$  per a  $V_{\text{control}} = 3V$  i per a  $V_{\text{control}} = 9V$  sabent que  $C_1$ ,  $C_2$  i  $C_3$  són condensadors de valor elevat.

e) Quin és el marge dinàmic a la sortida  $V_0$  d'aquest circuit?

**PROBLEMA 2 (3 p.)** Ha aparegut una interferència a la freqüència de 50 rad/seg, tal com es mostra a la figura següent. Tal i com es pot veure, malauradament aquesta cau dins el nostre ample de banda d'interès.



Per tal de disminuir el seu efecte es proposa posar un filtre amb una funció de transferència

$$H(S) = \frac{(S^2 + 1600)(S^2 + 3600)}{(S^2 + 10S + 900)(S^2 + 26,5S + 6400)}$$

- Representeu el diagrama de Bode (**només el mòdul**) de la funció de transferència  $H(S)$ , indicant els punts més significatius. Cal dibuixar les asímptotes, la gràfica real i trobar els valors acuradament per a  $\omega = 30, 50$  i  $80$  rad/seg.
- Si s'entra al sistema  $H(S)$  un senyal  $V_i(t) = 10\cos(40t + 65^\circ)$ , quina serà la sortida en regim permanent? I si fòs  $V_i(t) = 10\cos(50t + 30^\circ)$ ? Com a dada es sap que la fase del sistema a  $\omega = 50$  rad/seg és de  $0^\circ$ .
- Fer un dibuix de la forma que tindria  $|H(j\omega)|$ . No cal dibuixa-la exactament, però sí indicar clarament els punts sobre l'eix de  $\omega$ .

6 juny 2000

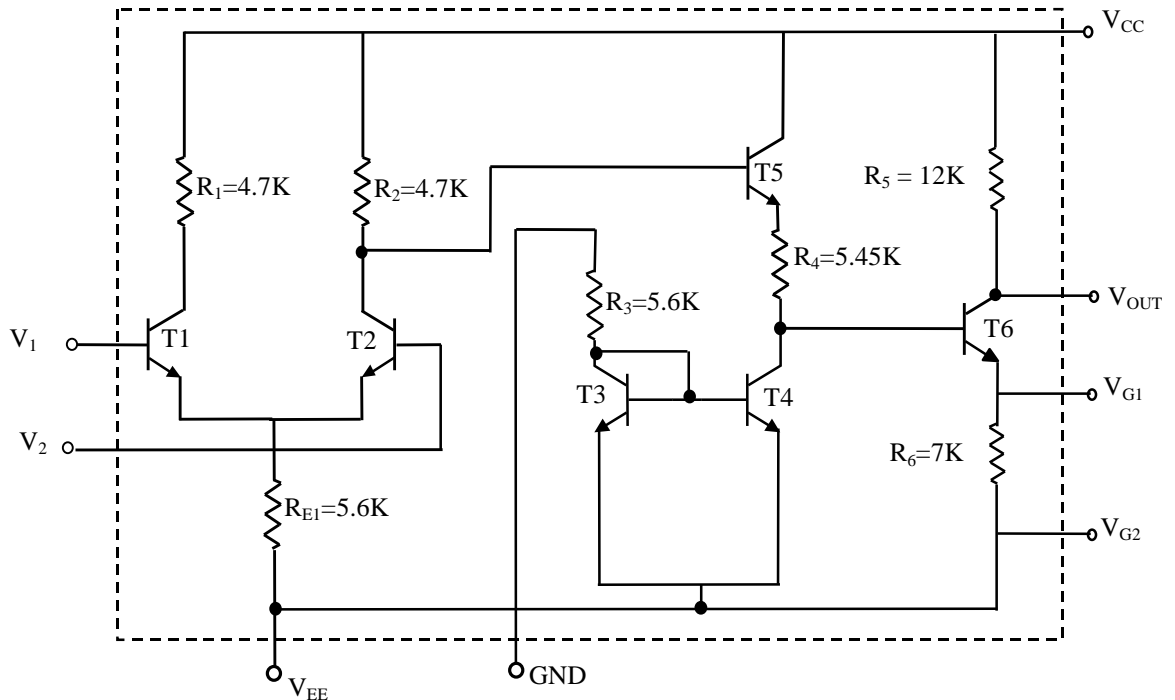
**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.E.I.**  
**Escola Politècnica Superior**

**PROBLEMES**

Publicació de notes: Divendres 13 de Juny de 2000.

Revisió de l'examen Divendres 13 de Juny de 10 a 12 h.

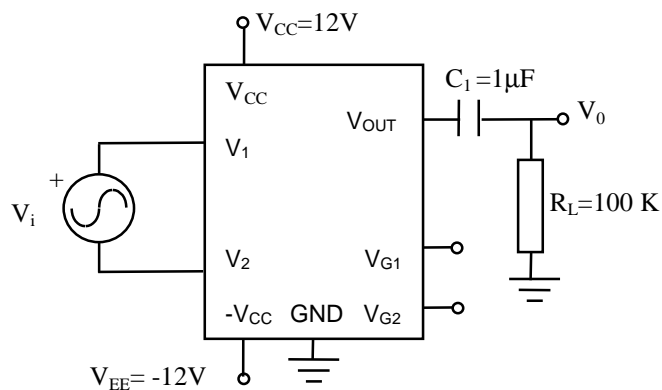
**PROBLEMA 1 (4 p).**- Tot consultant catàlegs, s'ha trobat l'esquema simplificat d'un amplificador operacional, tal i com es dóna seguidament:



També es sap que els transistors compleixen:

- $T_1 \equiv T_2$  amb  $r_x \approx 0$ ,  $r_{oe} \rightarrow \infty$  i  $h_{fe1} = h_{fe2} = 300$
- $T_3 \equiv T_4$  amb  $r_x \approx 0$ ,  $r_{oe} \rightarrow \infty$  i  $h_{fe3} = h_{fe4} = 200$
- $T_5$  amb  $r_x \approx 0$ ,  $r_{oe} \rightarrow \infty$  i  $h_{fe5} = 100$
- $T_6$  amb  $r_x \approx 0$ ,  $r_{oe} \rightarrow \infty$  i  $h_{fe6} = 100$

Es connecta el circuit integrat tal com suggereix el fabricant a les 'Test notes'



On s'han deixat els pins  $V_{G1}$  i  $V_{G2}$  a l'aire.

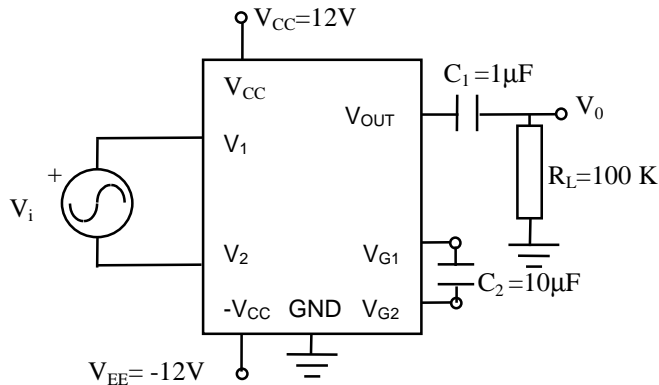
Ens hem proposat analitzar algunes de les seves característiques, tot posant en pràctica els infinits coneixements adquirits a l'assignatura d'electrònica.

### Anàlisi DC

- f) Considerant els corrents de base dels transistors despreciables, calculeu el corrent  $I_{CQ}$  i la tensió  $V_{CEQ}$  que té cada un dels transistors BJT. Quant val la tensió  $V_{OUT}$  en contínua? I la tensió  $V_0$ ?

### Anàlisi AC

- g) Determineu el guany de tensió  $A_V = \frac{V_0}{V_i}$  d'aquest amplificador a freqüències intermitges.
- h) Supposeu que ara es connecta un condensador  $C_2 = 10 \mu F$  entre les patilles  $V_{G1}$  i  $V_{G2}$ . Repetiu els apartats b) i c) amb aquesta nova connexió.



- i) Si a l'entrada hi arriba una interferència (senyal en mode comú) de  $V_1 = V_2 = V_{ic}$ , quin guany li donarà l'amplificador operacional?
- e) Quina és la impedància d'entrada diferencial  $Z_{id} = \frac{V_1 - V_2}{i_i} = \frac{V_{id}}{i_i}$  del conjunt? I la de sortida  $Z_0$  que veurà la càrrega  $R_L$ ?

**Recordeu que en un BJT:**

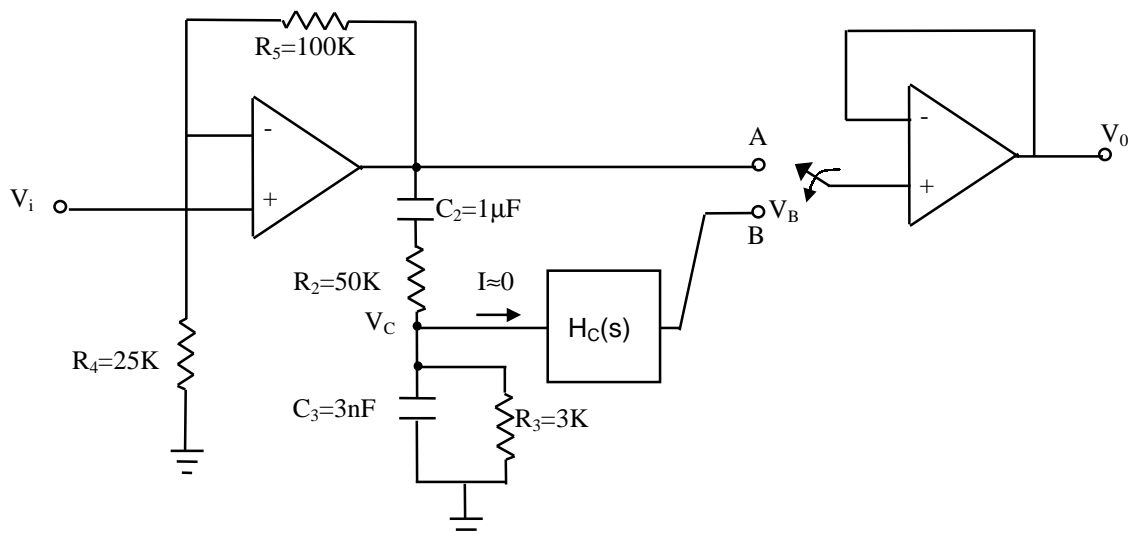
$$h_{ie} = r_x + r_{\pi},$$

$$h_{fe} = g_m \cdot r_{\pi},$$

$$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T};$$

$$V_T = 26 \text{ mV a T ambient.}$$

**PROBLEMA 2.- (3 P.)** Prenent al peu de la lletra que l'home no és un ser perfecte, entre els seus múltiples defectes (no ens posarem amb els de mentalitat perquè no acabariem) cal citar el de la resposta freqüencial de l'oïda humana. A l'hora d'escoltar música, i per a que ens produeixi una bona sensació auditiva, molts equips d'àudio porten un circuit de *loudness* per a solventar aquest problema. Consultant a la revista *Caprabo* (ja es sap que les grans superfícies cada vegada amplien més el seu ventall d'ofertes), s'ha trobat la proposta següent:



on  $H_C(s) = \frac{V_B(s)}{V_C(s)} = \frac{(s + 2379)s}{(s + 20)(0.05s + 1)}$  i es poden considerar els amplificadors operacionals ideals.

Es vol saber el comportament en freqüència d'aquest circuit. Per això es proposa realitzar els càlculs següents:

- Trobeu l'expressió de la funció de transferència  $H_1(s) = \frac{V_C(s)}{V_i(s)}$
- Determineu la funció de transferència  $A_V(s) = \frac{V_0(s)}{V_i(s)}$  quan l'interruptor es troba a la posició A .
- Repetiu l'apartat anterior si l'interruptor es troba a la posició B.
- Prenent  $R_2=50K$ ,  $C_2=1\mu F$ ,  $R_3=3K$ ,  $C_3=3nF$ ,  $R_4=25K$ ,  $R_5=100K$ , representeu el diagrama de Bode del **mòdul** de les funcions de transferència trobades als apartats b) i c), indicant les **asímtotes** i els punts més significatius del **diagrama real**.

**EXAMEN D'ELECTRÒNICA ANALÒGICA. E.T.I.E.I. PROBLEMES**  
**Escola Politècnica Superior**

Publicació de notes: Dijous 6 de juliol de 1997.

Revisió de l'examen Dijous 6 de juliol de 1997 de 10 a 12 h.

**PROBLEMA 1. ( 3.5 p )**

El circuit integrat TDA8580J de Philips és una amplificador de potència d'ús general. L'esquema simplificat d'una possible aplicació és el que es dona a la Figura 1.

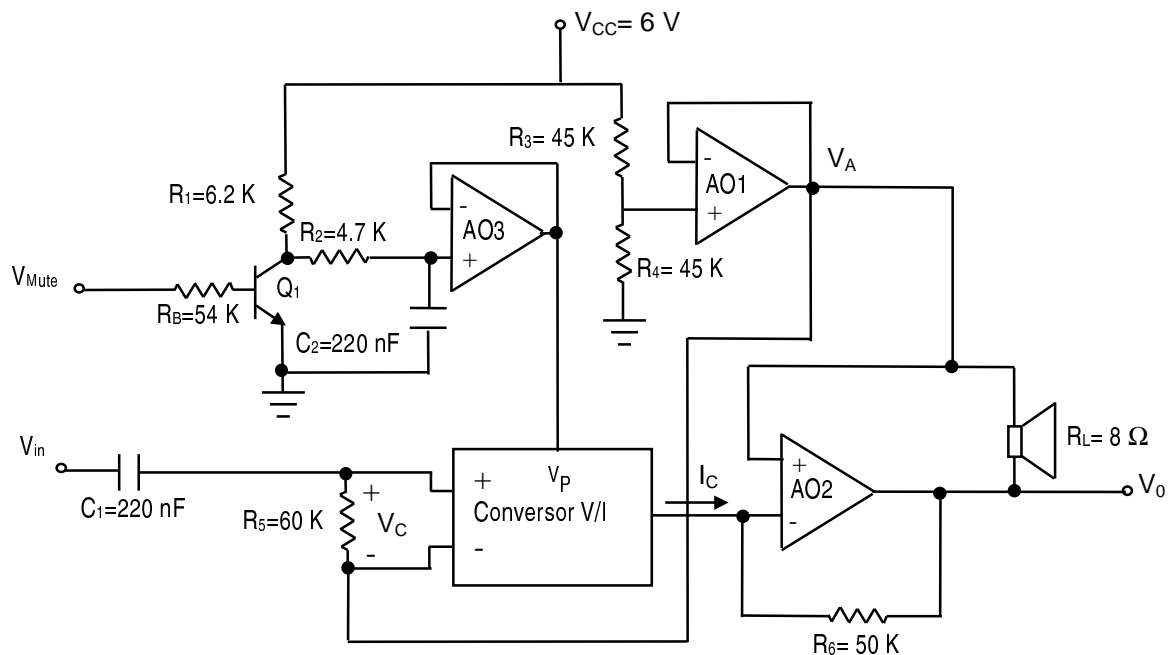


Figura 1. Amplificador d'ús general

on es poden considerar els amplificadors operacionals AO1, AO2 i AO3 ideals.

El conversor V/I, és un circuit que té una funció de transferència  $g_c = \frac{I_c}{V_c} = 400 \mu\Omega^{-1}$ , tant per AC com per DC. L'entrada d'aquest circuit està constituïda per transistors FET, tal i com es mostra a la Figura 2.

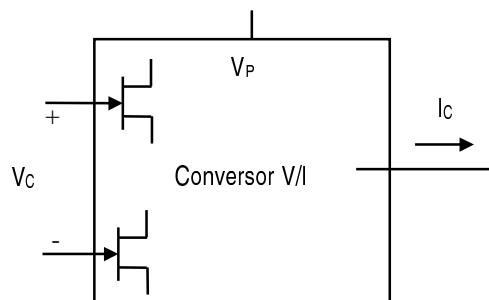


Figura 2. Conversor V/I

Si el circuit no s'alimenta ( $V_p = 0$ ), a la sortida donarà un corrent de  $I_c = 0$  A per a qualsevol entrada  $V_c$ .

- a) Suposant que el transistor  $Q_1$  té una  $\beta$  entre  $40 \leq \beta \leq 250$ , determineu el valor necessari de  $V_{Mute}$  per tal d'assegurar que el transistor es saturi, si  $V_{CE Sat} \approx 0$  V. Si  $V_{Mute}$  es deixa en circuit obert (tal com està a la Figura 1), quant valdrà la tensió d'alimentació  $V_P$  del convertor V/I? I si  $V_{Mute}=3V$ ?

Mantenint  $V_{Mute}$  a l'aire,

- b) Obteniu els valors en contínua de  $V_A$ ,  $V_C$ ,  $I_C$  i  $V_O$ . Quina tensió contínua hi ha en bornes de l'altaveu?
- c) Determineu la relació  $\frac{V_O}{V_{in}}$  en alterna. Representeu la tensió de sortida  $V_O$  total (AC+DC), suposant que l'entrada  $V_{in}$  és un senyal sinusoïdal a freqüències intermitges i amb una amplitud de 100 mV. Quina seria la màxima amplitud de  $V_{in}$  que es podria tenir sense distorsió a la sortida  $V_O$ ?
- d) Quina implicació tindria que la tensió  $V_A$  en DC fos de 0V?

**PROBLEMA 2.- (3.5 P)** Es proposa realitzar un circuit que emuli el comportament d'una estructura resistència + bobina en sèrie. Aquest pot ser el que segueix:

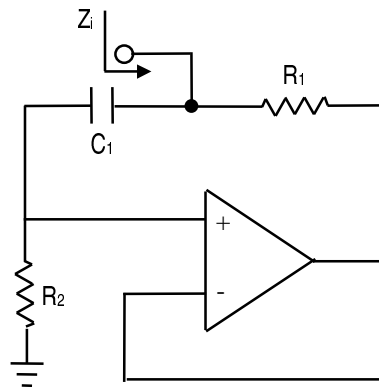


Figura 3. Circuit R+L sèrie

- a) Demostreu que la impedància  $Z_i$  que presenta aquest esquema és

$$Z_i = \frac{R_1(1 + sC_1R_2)}{1 + sC_1R_1}$$

- b) Comproveu que si  $sC_1R_1 \ll 1$ , aquest circuit té una impedància d'entrada del tipus  $Z_i = R + Ls$ . Determineu el valor de  $R$  i  $L$  en funció dels paràmetres  $R_1$ ,  $R_2$  i  $C_1$ .

- c) Si la impedància aproximada  $Z_i = R + Ls$  és utilitzada de la forma representada a la Figura 4,

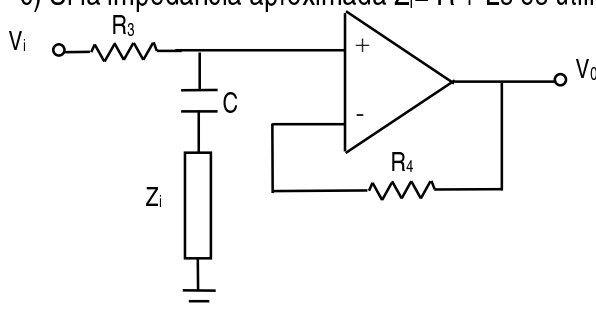


Figura 4. Aplicació del circuit R+L sèrie

Representeu el diagrama de Bode del mòdul de  $\frac{V_O}{V_i}$ , amb  $R=510$ ,  $R_3=3.3K$ ,  $R_4=3.3K$ ,  $C=220$  nF i  $L=135$  mH.