

# Problemes bàsics de Teoria de Circuits

Orestes Mas  
Joan Maria Miró  
Francesc Xavier Moncunill  
Margarita Sanz

Primavera de 2008

# Índex

1	Introducció	2
2	Amplificador Operacional	4
3	Resposta en R.P.S.	6
4	Resposta freqüencial	11
5	Representació freqüencial dels senyals	16
6	Resposta temporal	18

# Tema 1

## Introducció

### Objectius:

- Saber analitzar i dissenyar circuits senzills que incorporin potenciómetres.
- Aprendre a validar resultats obtinguts de l'anàlisi simbòlic.

**Problema 1.1 (15 min.)** Una de les aplicacions més interessants del potenciómetre és la de poder disposar de resistors de valor ajustable, de gran utilitat en el disseny de circuits.

- Per a cadascun del bipols de la **figura 1.1**, determineu el rang de valors que pren la resistència vista des dels seus terminals en fer variar la posició del cursor.
- Modifiqueu ara els bipols a) i b) de manera que s'eviti la formació d'un curtcircuit entre els seus terminals essent el valor mínim de la resistència de  $100\ \Omega$ . Determineu el marge de valors de la resistència vista des dels seus terminals després de la modificació.

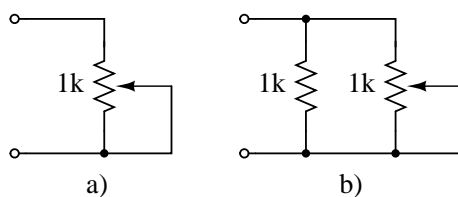


Fig. 1.1

**Problema 1.2 (20 min.)** Una altra aplicació fonamental del potenciómetre és la d'obtenir tensions de valor ajustable. En aquest problema es parteix de dues fonts de tensió de 9V per aconseguir, movent el cursor d'un potenciómetre, una tensió positiva, negativa o nul·la.

Concretament, pels circuits de la **figura 1.2** es demana:

- Per simple inspecció, determineu el marge de valors de la tensió  $v_o$  que es pot aconseguir i el valor de  $v_o$  amb el cursor a la meitat del seu recorregut.
- Aplicant superposició, obteniu l'expressió de  $v_o$  en funció del paràmetre  $\alpha$  que descriu la posició del cursor. Verifiqueu els resultats obtinguts en l'apartat anterior assignant a  $\alpha$  els valors 0, 1/2 i 1.
- Comenteu els avantatges i desavantatges del circuit b) respecte del a).

- d) Dibuixeu un esquema del circuit que permeti el seu muntatge utilitzant dues piles de 9V.
- e) Utilitzant un potenciòmetre de 10 k, assigneu nous valors als elements del circuit b) per tal que  $v_o$  sigui ajustable entre +7,5 V i -7,5 V.

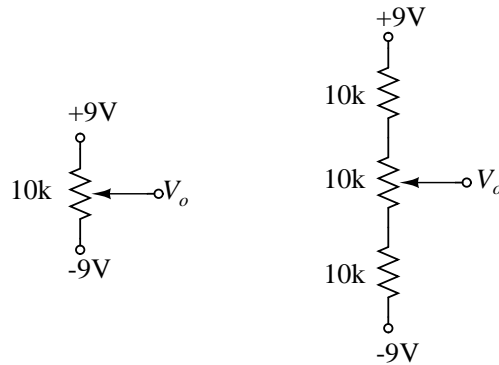


Fig. 1.2: Obtenció de tensions ajustables

**Problema 1.3 (10 min.)** Tan interessant com obtenir resultats és validar-los. Es tracta que, pel circuit de la [figura 1.3](#), trieu quin dels següents resultats podria ser correcte.

$$\text{a) } V_o = \frac{(\beta + 1)R_o}{R_1 + (\beta + 1)R_o} V_s \quad \text{b) } V_o = \frac{(\beta + 2)R_o}{R_1 + (\beta + 1)R_o} V_s$$

Es suggereix aplicar una anàlisi dimensional i, després, assignar valors particulars a  $\beta$  ( $\beta = 0$  i  $\beta = -1$ ) verificant per cadascun d'ells la coherència dels resultats que s'obtenen a partir de les expressions analítiques i del circuit. Comenteu la raó per la qual els valors de  $\beta$  suggerits són molt adequats.

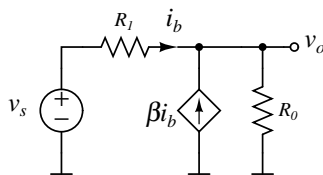


Fig. 1.3

**Problema 1.4 (10 min.)** Primer experiment de la Pràctica 2 de Teoria de Circuits.

## Tema 2

# Amplificador Operacional

### Objectius:

- Saber analitzar i dissenyar circuits senzills que incorporin amplificadors operacionals.

**Problema 2.1** (10 min.) Doneu una realització amb amplificadors operacionals del circuit de la **figura 2.1** per a  $k = 3$ ,  $k = -3$  i  $k = 1$ .

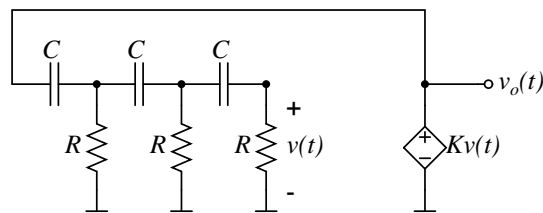


Fig. 2.1

**Problema 2.2** (15 min.) Per al circuit de la **figura 2.2**, expresseu l'amplificació, definida com la relació entre les tensions  $v_o(t)$  i  $v_i(t)$ , en funció dels paràmetres del circuit.

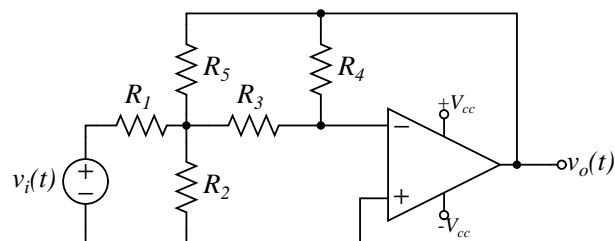


Fig. 2.2

**Problema 2.3** (20 min.) Donat el circuit de la **figura 2.3**, expresseu  $v_o(t)$  en funció de  $v_{g1}(t)$  i  $v_{g2}(t)$ .

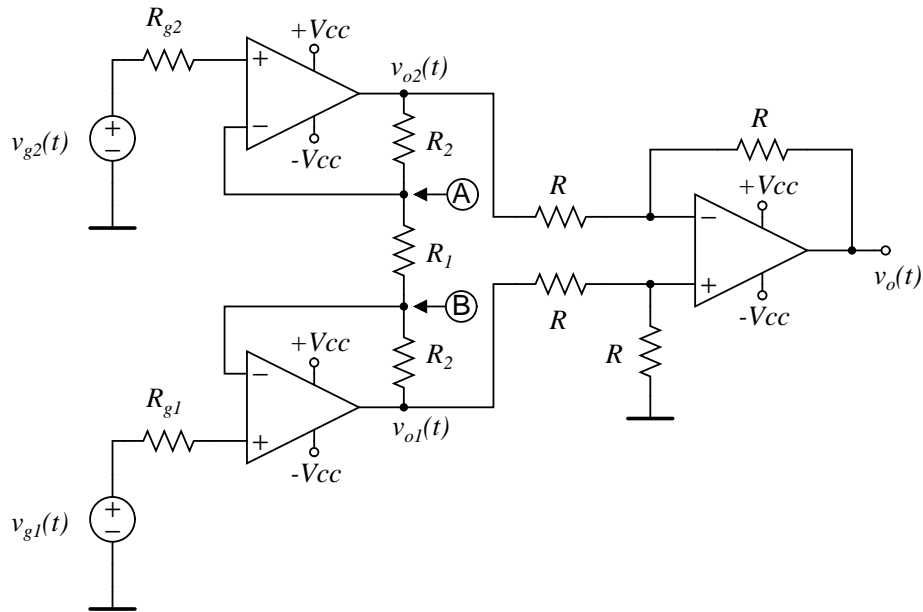


Fig. 2.3

**Problema 2.4 (30 min.)** Dissenyau dos circuits amb amplificadors operacionals, que realitzin les funcions definides en els blocs representats a la **figura 2.4**. Per fer-ho, tingueu en compte que es disposa de resistències de valor estandarditzat i de 2 fonts de  $+15\text{V}$  i  $-15\text{V}$  que són a més les encarregades d'alimentar simètricament els AO's.



Fig. 2.4

**Problema 2.5 (30 min.)** Segon i tercer experiments de la Pràctica 2 de Teoria de Circuits.

## Tema 3

# Resposta en R.P.S.

### Objectius:

#### Saber:

- Analitzar circuits en RPS (mitjançant el circuit transformat fasorial)
- Interpretar el diagrama fasorial associat a un circuit
- Interpretar oscil·logrames corresponents a mesures realitzades sobre un circuit
- Proposar un model equivalent d'un bipol a una determinada freqüència
- Identificar i caracteritzar estructures ressonants (freqüència de ressonància i model equivalent)
- Determinar la potència disponible d'un generador i la dissipada per una càrrega
- Dissenyar xarxes adaptadores

**Problema 3.1 (15 min.)** Es vol obtenir el model equivalent a la freqüència de 2 MHz d'un bipol caracteritzat per una certa impedància desconeguda. Amb aquest objectiu, s'ha realitzat el muntatge de la [figura 3.1](#) i s'han obtingut els oscil·logrames de la [figura 3.2](#).

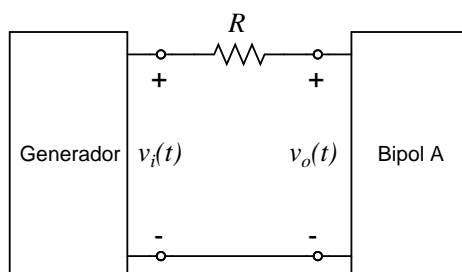


Fig. 3.1: Muntatge

Sabent que  $R=300\ \Omega$  i que a l'oscil·loscopi s'ha seleccionat una base de temps de 50 ns/div i una mateixa sensibilitat per als dos canals de valor 200 mV/div, es demana:

- Expresseu la impedància  $Z$  del bipol A de la **figura 3.1** en funció de  $R$  i dels fasors  $\bar{V}_i$  i  $\bar{V}_o$ .
- Calculeu el valor de  $Z$  i proposar un model circuital del bipol A.

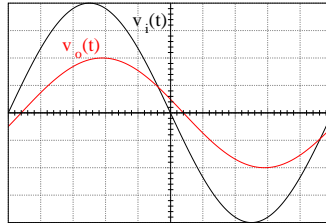


Fig. 3.2: Oscillograma

**Problema 3.2 (40 min.)** Per al bipol de la **figura 3.3**, es demana:

- Expresseu la freqüència de ressonància en funció de  $R$ ,  $L$  i  $C$ .
- Suposant ara  $R=1\text{ k}\Omega$ ,  $L=150\text{ }\mu\text{H}$  i  $C=47\text{ nF}$ , doneu el model equivalent del circuit a les freqüències de:
  - $f=60\text{ kHz}$
  - $f=6\text{ kHz}$
  - $f=600\text{ kHz}$

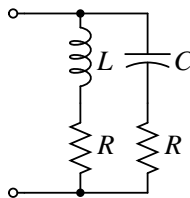


Fig. 3.3: Impedància equivalent d'un bipol

**Problema 3.3 (25 min.)** En el circuit de la **figura 3.4(a)**, l'excitació és un senyal sinusoidal del tipus  $v_g(t) = 3 \cos(2000\pi \cdot t + 30^\circ)$ . Es demana:

- Calculeu la impedància d'entrada del subcircuit requadrat,  $Z_{in}$ , a la freqüència de treball.
- Justifiqueu quins fasors representats en el diagrama fasorial de la **figura 3.4(b)** corresponen a  $\bar{V}_g$ ,  $\bar{V}_{in}$ ,  $\bar{I}_{in}$ ,  $\bar{V}_L$ ,  $\bar{V}_{out}$ ,  $\bar{I}_R$ , i  $\bar{I}_C$ .

**Problema 3.4 (15 min.)** Determineu l'expressió de la tensió de sortida,  $v_o(t)$ , del circuit de la **figura 3.5**.

**Problema 3.5 (90 min.)** Pràctica 3 de Teoria de Circuits.

**Problema 3.6 (15 min.)** Donat el circuit de la **figura 3.6**,

- Determineu el seu comportament per a baixes i altes freqüències.



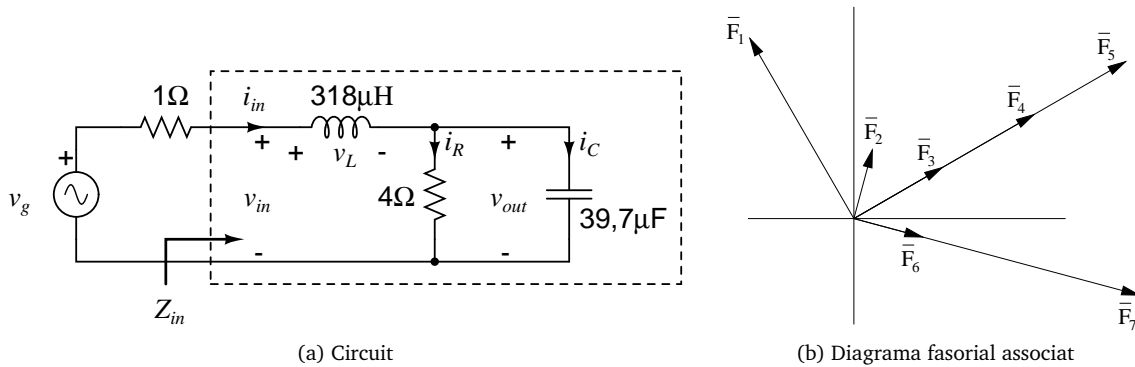


Fig. 3.4

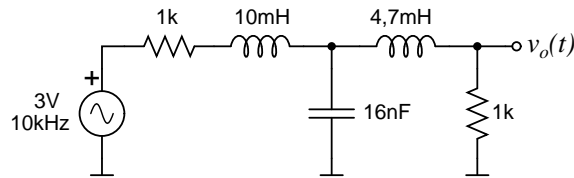


Fig. 3.5

- b) Hi ha alguna freqüència per a la qual l'amplificació es fa nul·la? A la vista dels resultats obtinguts, doneu un nom al circuit.
- c) Si per a la realització de l'inductor de la figura 3.6 s'utilitza una bobina, expliqueu com es modificarien els resultats obtinguts als apartats anteriors.

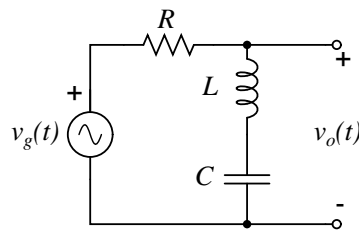


Fig. 3.6

**Problema 3.7** (15 min.) En el circuit de la figura 3.7, calculeu:

- a) la potència dissipada per cadascun dels resistors.
- b) la potència subministrada per la font de tensió.

**Problema 3.8** (20 min.) Al circuit de la figura 3.8 es té que l'excitació  $v_g(t)$  correspon a un senyal sinusoidal de valor eficaç  $10\text{V}$ , i que  $R_1=500\Omega$ ,  $R_2=50\Omega$  i  $R_L=75\Omega$ . Considerant el transformador ideal, es demana:

- a) Trobeu el valor de la relació de transformació  $n$  que fa que es produeixi l'adaptació d'impèdàncies.

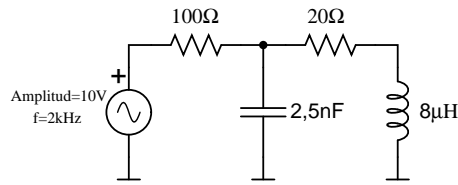


Fig. 3.7

- b) Calculeu els valors de la potència i la tensió a la càrrega en condicions d'adaptació.

La suposició que el transformador és ideal fa que el comportament del circuit sigui independent de la freqüència del senyal. Suposant ara que el transformador és perfecte amb una inductància del primari de  $L_1 = 1 \text{ mH}$  i amb la relació de transformació calculada a l'apartat a)

- c) Determineu el valor de la mínima freqüència per a la qual la relació de transformació calculada a l'apartat a) es pot considerar vàlida.

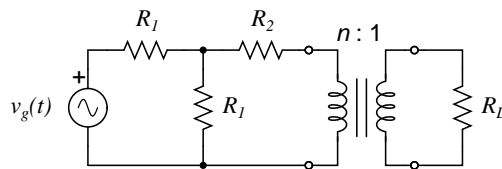


Fig. 3.8: Adaptació amb transformador

**Problema 3.9 (25 min.)** L'esquema de la figura 3.9 descriu un emissor que consta d'un generador de senyal que treballa a 10 MHz connectat a una antena que presenta una impedància capacitiva a aquesta freqüència. Es demana:

- Determineu la potència disponible al generador i la potència absorbida per l'antena quan es connecta directament al generador.
- Per tal que es produeixi la màxima transferència de potència a 10 MHz, dissenyeu una xarxa adaptadora a connectar entre el generador i l'antena.
- Calculeu la potència a l'antena quan la freqüència del senyal augmenta fins a 20 MHz.

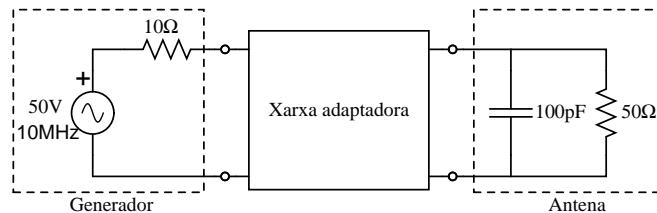


Fig. 3.9

**Problema 3.10 (25 min.)** L'objectiu d'aquest problema és dissenyar i verificar un circuit que adapti una càrrega determinada a un generador de senyal amb resistència de sortida de  $600 \Omega$ . En aquest sentit, es demana:

- a) Partint de les especificacions d'un generador que indiquen que la seva resistència de sortida és de  $600\ \Omega$ , calculeu la potència disponible en aquest generador, per un senyal sinusoidal d'amplitud 1 V.
- b) Determineu la potència que aquest generador lliura a una càrrega de  $100\ \Omega$  connectada directament. Obteniu també la tensió sobre la càrrega en aquest cas.
- c) Dissenyeu una xarxa adaptadora LC a la freqüència de 35 kHz. Dels dos tipus possibles, escolliu aquella que elimina les freqüències altes.
- d) Calculeu la tensió que s'aplicarà a la càrrega en adaptació. Observeu que aquesta tensió surt més alta que la tensió sense adaptació, cosa que és coherent amb el fet que la potència que es dissipa en aquest darrer cas sigui més gran.

## Tema 4

# Resposta freqüencial

### Objectius:

- Representar gràficament en escales lineals i logarítmiques (traçats de Bode) les corbes de resposta freqüencial.
- Predir el tipus de resposta freqüencial a partir del comportament asimptòtic del circuit i a freqüències de comportament singular.
- Determinar, a partir d'unes especificacions, els paràmetres d'un filtre i dissenyar-lo (primer i segon ordre).
- Dissenyar filtres de resposta freqüencial arbitrària mitjançant blocs funcionals basats en AO.
- Aplicar tècniques de filtratge per a l'obtenció de components freqüencials de senyals.

**Problema 4.1** (20 min.) Donat el circuit de la **figura 4.1**, es demana que:

- Dibuixeu les corbes de resposta en freqüència (amplificació i desfasament).
- Dissenyeu un filtre passa-baixos amb amplificació en contínua de  $A=10$  i freqüència de tall  $f_c=100$  Hz.
- Determineu l'amplificació del circuit a 10 Hz i a 1 kHz.

**Problema 4.2** (30 min.) Donat el circuit de la **figura 4.2**,

- Obteniu la relació entre els senyals  $v_{in}(t)$  i  $v_o(t)$  per a baixes i altes freqüències.
- Determineu la funció de xarxa  $H(s)$  i dibuixeu el seu diagrama de pols i zeros.
- Representeu la corbes de resposta en freqüència (amplificació i desfasament) del circuit, tot verificant els resultats obtinguts a l'**apartat a)**.
- Assigneu valors als elements del circuit per tal que a la freqüència de  $f = 1,6$  kHz els senyals de entrada i de sortida siguin de la mateixa amplitud i estiguin en quadratura.
- A la vista dels resultats anteriors, quin nom li posaríeu a aquest circuit?

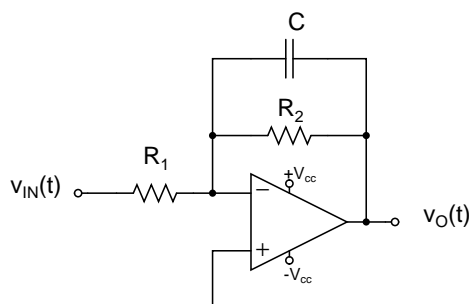


Fig. 4.1

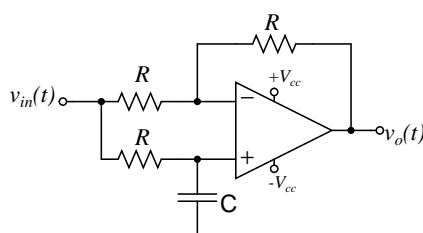


Fig. 4.2

**Problema 4.3 (40 min.)** Un senyal  $v_g(t) = \cos(2\pi f_1 t) + \cos(2\pi f_2 t) + \cos(2\pi f_3 t)$ , amb  $f_1 = 10$  kHz,  $f_2 = 30$  kHz i  $f_3 = 60$  kHz, conté un component útil de 30 kHz i dos d'interferents a 10 kHz i 60 kHz que es pretenen eliminar amb un filtre passa-banda. En aquest sentit, es demana:

- Raoneu quin dels dos senyals interferents és més difícil d'eliminar.
- Determineu quin factor de qualitat  $Q$  ha de tenir el filtre per tal que l'atenuació dels senyals interferents sigui un mínim de 30 dB superior a la del senyal útil.
- Escolliu un dels circuits de la **figura 4.3** per tal de realitzar el filtre passa-banda desitjat.

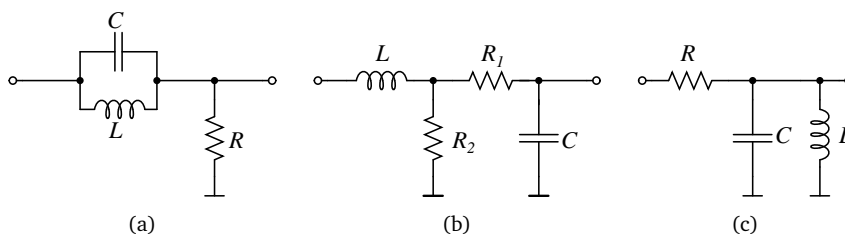


Fig. 4.3

Al circuit escollit a l'**apartat c)**:

- Suposant que es disposa d'inductors de 2,2 mH, assigneu valors a la resta dels elements.
- Calculeu l'amplada de banda i l'amplificació màxima del filtre resultant.

**Problema 4.4 (45 min.)** Es tracta de dissenyar un sistema d'altaveus de dues vies seguint l'esquema de la **figura 4.4**.

- Doneu l'esquema circuital dels blocs A i B per tal que realitzin un filtratge de segon ordre.

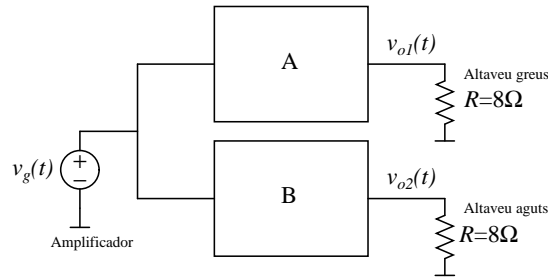


Fig. 4.4: Sistema d'altaveus de dues vies

- Determineu les funcions de xarxa  $H_1(s) = V_{o1}(s)/V_g(s)$  i  $H_2(s) = V_{o2}(s)/V_g(s)$ .
- Assigneu valors als elements per tal que la freqüència de tall dels dos filtres sigui de  $f_c = 500$  Hz.
- Dibuixeu els diagrames de Bode de guany dels dos filtres.

**Problema 4.5 (20 min.)** Amb un circuit RC format per la connexió en cascada de cèl·lules com la representada a la figura 4.5, es pretén realitzar la resposta freqüencial de la figura 4.6. Per fer-ho, es demana:

- Doneu l'expressió d'una funció de xarxa que pugui correspondre a la corba asimptòtica de guany de la figura 4.6.
- Dissenyau un circuit que s'ajusti a la funció de xarxa trobada i que per tant tingui el comportament freqüencial desitjat.

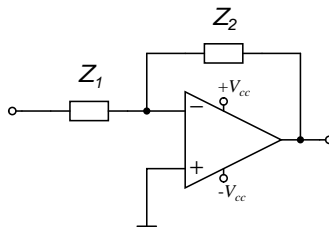


Fig. 4.5: Cèl·lula bàsica inversora amb A.O.

**Problema 4.6 (20 min.)** En els lectors de cintes de cassette, el senyal que recull el capçal de lectura s'ha de sotmetre a una amplificació variable segons la freqüència. Específicament, els senyals de baixa freqüència s'han d'amplificar més que els d'alta freqüència perquè els primers, en provocar variacions més lentes del camp magnètic en el capçal de lectura, hi induïxen també una tensió menor, fent necessària una compensació. Per tal d'augmentar la compatibilitat entre equips, alguns organismes oficials han estandarditzat la corba de resposta freqüencial dels preamplificadors de cassette, la qual acostuma a donar-se en forma de diagrama asimptòtic de Bode. Una d'aquestes possibles corbes es mostra a la figura 4.7. Es demana:

- Completeu la gràfica de la figura 4.7, indicant explícitament el valor de la freqüència  $f_2$ .
- Escriviu l'expressió d'una funció de xarxa  $H(s)$  que tingui associada la resposta freqüencial de la figura.
- Proposeu un circuit que realitzi aquesta funció de xarxa, tot calculant els valors de tots els components que hi intervinguin.

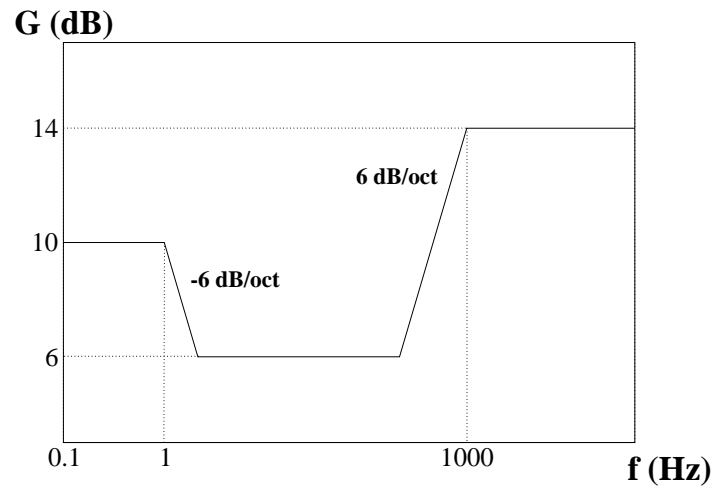


Fig. 4.6: Resposta freqüencial a realitzar

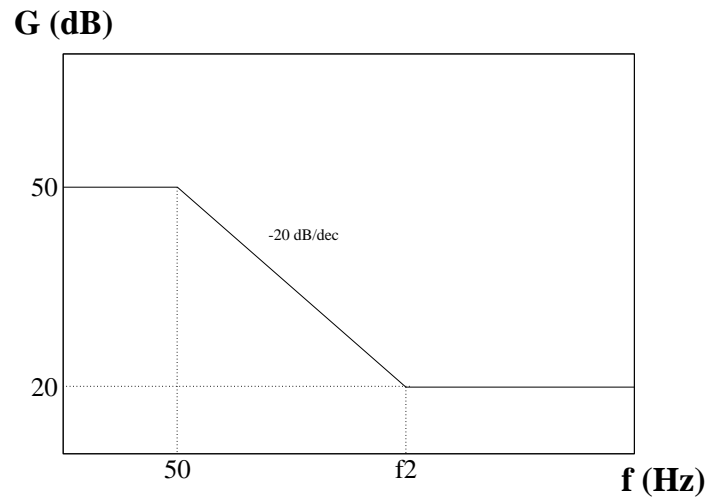


Fig. 4.7

**Problema 4.7 (40 min.)** A partir de l'estructura del circuit de la [figura 4.8](#), es pretén construir un filtre capaç d'eliminar dues freqüències  $f_1$  i  $f_2$ . Es demana:

- Proposeu una estructura pel bipol A de la [figura 4.8](#), que realitzi aquesta funció. Justifiqueu la proposta.
- Assigneu valors als elements de forma tal que les freqüències eliminades corresponguin a  $f_1 = 5$  kHz i  $f_2 = 31$  kHz, i el guany a  $f = 33$  kHz sigui de  $-3$  dB.
- Determineu les freqüències a les que el guany és de  $0$  dB.
- Feu un esbós de la corba de guany del filtre incorporant els resultats obtinguts.

**Problema 4.8 (60 min.)** A l'entrada del circuit de la [figura 4.9](#) arriben superposats un senyal útil de  $f_{i1} = 1$  kHz i un altre d'interferent de  $f_{i2} = 4$  kHz, ambdós sinusoidals i de la mateixa amplitud. Per tal de verificar que aquest circuit deixa passar el senyal útil i elimina l'interferent es proposa fer el següent estudi:

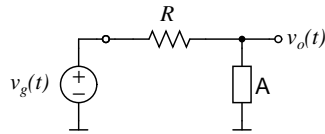


Fig. 4.8

- Trobeu la tensió de sortida del circuit de la **figura 4.9**,  $v_o(t)$ , per a freqüències altes i baixes.
- A partir dels resultats de l'apartat anterior i de l'estructura del circuit (sense analitzar-lo) digueu quin tipus de filtrat realitza i doneu la forma general de la seva funció de xarxa:  $H(s) = V_o(s)/V_i(s)$ .
- Determineu els paràmetres del filtre per tal que el guany a la freqüència del senyal útil sigui de 14 dB i l'atenuació del senyal interferent sigui de 17,5 dB.
- Analitzeu el circuit obtenint ara la funció de xarxa  $H(s)$  en funció dels paràmetres circuitals.
- Assigneu valors als elements del circuit per tal que es compleixin les especificacions de l'**apartat c)** (es suggereix utilitzar condensadors de 8,2 nF).
- Dibuixeu el diagrama de Bode de guany corresponent al circuit de la **figura 4.9** (diagrama asimptòtic més les correccions adients).

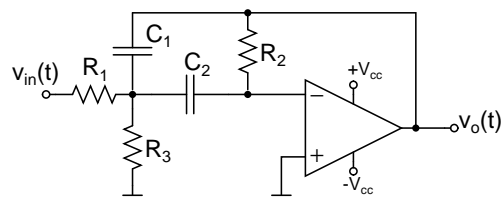


Fig. 4.9

### Problema 4.9 (100 min.) Pràctica 5 de Teoria de Circuits.



## Tema 5

# Representació freqüencial dels senyals

### Objectius:

- Representació espectral de senyals bàsics.
- Obtenció de l'espectre de sortida d'un circuit a partir de l'espectre d'entrada.
- Aplicació de tècniques de filtrat per a l'obtenció de components freqüencials de senyals.

**Problema 5.1** (30 min.) En el circuit de la **figura 5.1** es demana que:

- Determineu la funció de xarxa del circuit i digueu quin tipus de filtrat realitza.
- Per  $R_1 = 1,6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 160 \text{ k}\Omega$  i  $C = 1 \text{ nF}$ , verifiqueu que la freqüència de ressonància és pràcticament de 10 kHz, l'amplificació màxima és igual a 50 i té un factor de qualitat de 5.
- Essent  $v_{in}(t)$  el senyal representat a la **figura 5.2**, dibuixeu amb precisió els espectres d'amplitud del senyal d'entrada  $v_{in}(t)$  i del senyal de sortida  $v_o(t)$ , fins a la freqüència de 30 kHz inclosa. Expliqueu una possible aplicació del circuit.

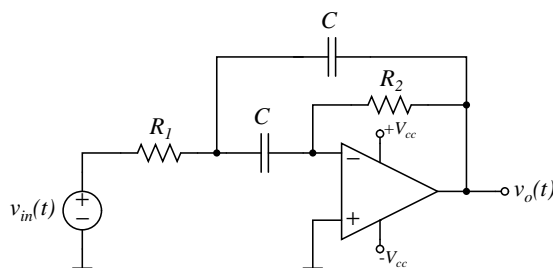


Fig. 5.1

**Problema 5.2** (30 min.) Un sistema de telemesura de temperatures compreses entre 10°C i 70°C proporciona el senyal periòdic,  $v_g(t)$ , de període  $T = 1 \text{ ms}$ , representat a la **figura 5.3**. El cicle de treball,  $\delta$ , depèn de la temperatura en °C ( $\theta$ ) segons la relació:

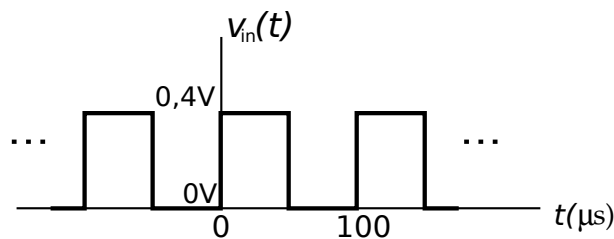


Fig. 5.2

$$\delta = \frac{t_1}{T} = 0,5 + 0,01(\theta - 40)$$

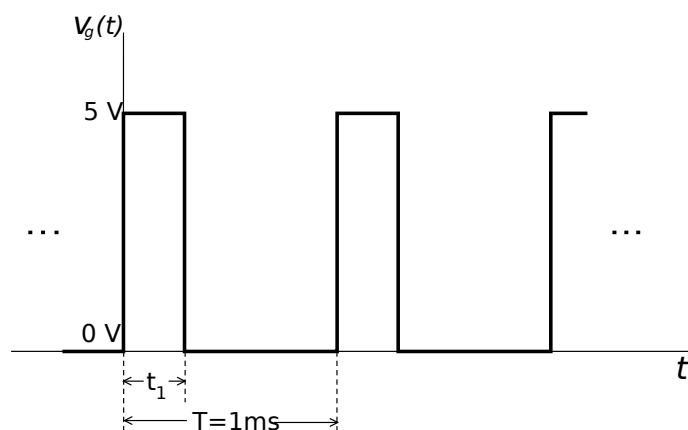


Fig. 5.3: Sortida del sistema de telemesura

Es demana que:

- a) Dibuixeu amb detall la tensió  $v_g(t)$  per a les temperatures de  $10^\circ\text{C}$ ,  $40^\circ\text{C}$  i  $70^\circ\text{C}$ .

Es tracta ara de dissenyar un circuit (figura 5.4) que, a partir del senyal  $v_g(t)$ , generi una tensió de sortida constant de valor  $V_o$  dependent de la temperatura  $\theta$ . En aquest sentit,

- b) Proposeu un circuit, especificant els valors dels elements.
- c) Per a  $\theta=40^\circ\text{C}$ , dibuixeu els espectres d'amplitud dels senyals d'entrada,  $v_g(t)$ , i de sortida,  $v_o(t)$ , del circuit proposat, verificant en quina mesura el disseny compleix les especificacions.
- d) Representeu gràficament  $V_o$  en funció de  $\theta$  en l'interval de temperatures de  $10^\circ\text{C}$  a  $70^\circ\text{C}$ .

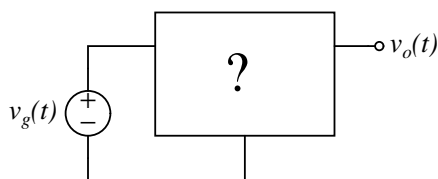


Fig. 5.4: Circuit per extreure la informació de temperatura

### Problema 5.3 (90 min.) Pràctica 6 de Teoria de Circuits.

## Tema 6

# Resposta temporal

### Objectius:

- Analitzar circuits dinàmics lineals mitjançant el circuit transformat de Laplace.
- Determinar la funció de xarxa.
- Distingir i classificar els components de la resposta temporal d'un circuit
- Determinar l'estabilitat de circuits de primer i segon ordre.
- Determinar la durada del règim transitori de circuits estables
- Simular la resposta temporal de circuits

**Problema 6.1 (25 min.)** Sabent que els valors dels components del circuit de la **figura 6.1** són  $R_1=R_2=4\text{ k}\Omega$ ,  $C=1\text{ }\mu\text{F}$ ,  $L=1\text{ mH}$  i  $v_g(t) = 20\sin(t) \cdot u(t)$ , determineu la tensió al condensador,  $v_o(t)$ .

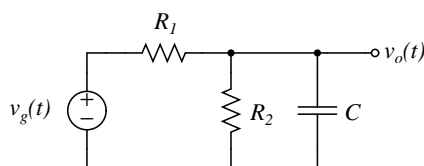


Fig. 6.1

**Problema 6.2 (25 min.)** Pel circuit de la **figura 6.2** es demana:

- Tenint en compte que  $R=100\text{ }\Omega$ ,  $C=100\text{ nF}$ ,  $L=1\text{ mH}$  i  $v_g(t) = 10u(t)$ , calculeu el corrent  $i_0(t)$ .
- Valideu el resultat raonant directament sobre el circuit.

**Problema 6.3 (40 min.)** Pel circuit de la **figura 6.3**:

- Discutiú l'estabilitat del circuit.

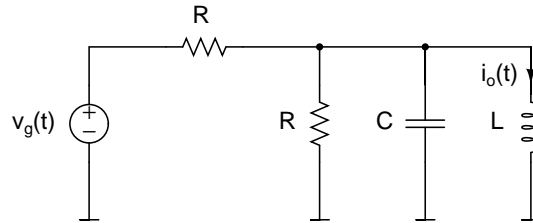


Fig. 6.2

- b) Determineu la seva funció de xarxa  $H(s) = V_o(s)/V_g(s)$ .
- c) Trobeu la resposta del circuit en règim permanent quan l'excitació és  $v_g(t) = u(t)$ ,
  - c.1) a partir de  $H(s)$ .
  - c.2) raonant sobre el circuit.
- d) Per a  $R=1\text{ k}\Omega$ ,  $L=10\text{ mH}$  i  $C=10\text{ nF}$ , calcular el coeficient d'esmoreïment i la freqüència natural de ressonància.
- e) Amb els valors relacionats a l'apartat anterior, obteniu la forma de la resposta al graó unitari (lliure i forçada).
- f) Quin és el valor de la tensió de sortida a l'instant inicial ( $t=0$ )?
- g) Trobeu  $v_o(t)$  simulant el circuit amb GnuCap i verifiqueu la bondat del resultat comparant-lo amb les previsions fetes als apartats anteriors.

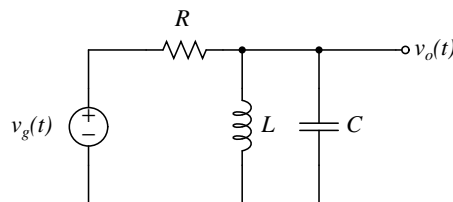


Fig. 6.3

**Problema 6.4 (45 min.)** Pel circuit de la figura 6.4, es demana:

- a) Determineu  $H(s) = V_o(s)/V_g(s)$
- b) Discutiú l'estabilitat del circuit en funció del paràmetre  $K$ .
- c) Assigneu valors a  $K$ ,  $R$  i  $C$  per tal que el circuit es comporti com un oscil·lador sinusoidal de freqüència 1 kHz.
- d) Amb  $K=2$  i els valors de  $R$  i  $C$  escollits a l'apartat anterior,
  - d.1) Estimeu la durada del règim transitori.
  - d.2) Determineu, sobre el circuit, la resposta,  $v_o(t)$ , en règim permanent al graó unitari. Verifiqueu el resultat a partir de la funció de xarxa.
  - d.3) Obteniu l'expressió analítica de la resposta al graó unitari, validant els resultats anteriors.

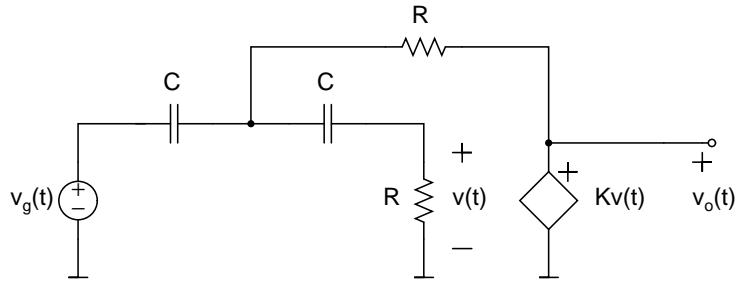


Fig. 6.4

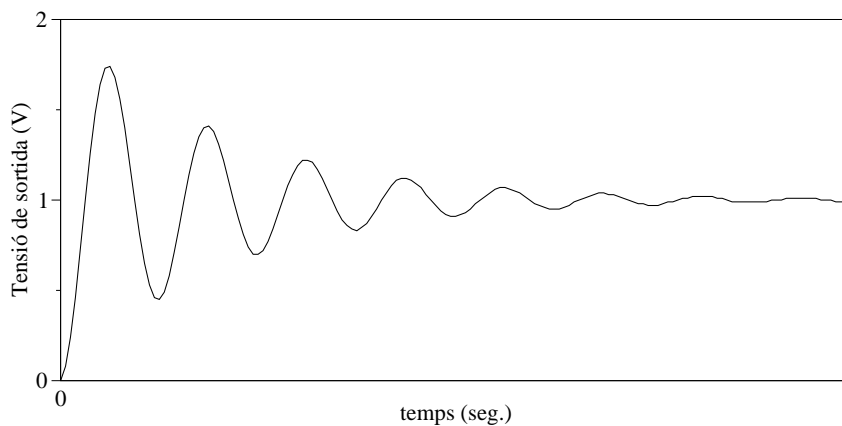


Fig. 6.5

**Problema 6.5 (20 min.)** A la figura 6.5 es troba representada la resposta d'un circuit al graó unitari. Sense determinar les funcions de xarxa, decidiu quina estructura d'entre les representades a la figura 6.6 pot correspondre al circuit. Raoneu la resposta explicant els criteris aplicats.

**Problema 6.6 (20 min.)** Es vol construir un circuit caracteritzat per la funció de xarxa:

$$H(s) = \frac{s + 2 \cdot 10^5}{s + 2 \cdot 10^4}$$

- a) Raonant directament sobre els circuits, indiqueu quins dels següents (figura 6.7) poden proporcionar la funció de xarxa desitjada. Justifiqueu l'acceptació o el rebuig en cada cas.

Un cop escollit el circuit i després d'assignar valors als elements es procedeix a muntar-lo per a la seva verificació experimental. Després d'aplicar-li a l'entrada un senyal quadrat de 0 a 1 V i freqüència 1,25 kHz es visualitza a la pantalla de l'oscil·loscopi el senyal de sortida de la figura 6.8.

- b) A la vista d'aquesta resposta, indiqueu si el muntatge s'ha efectuat o no correctament. Justifiqueu la resposta.

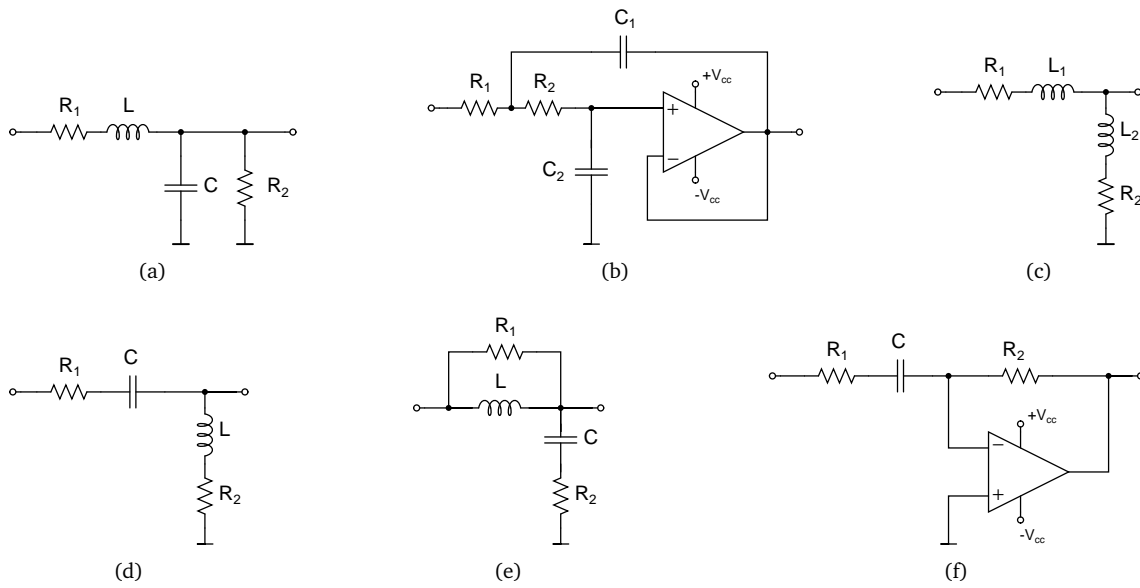


Fig. 6.6

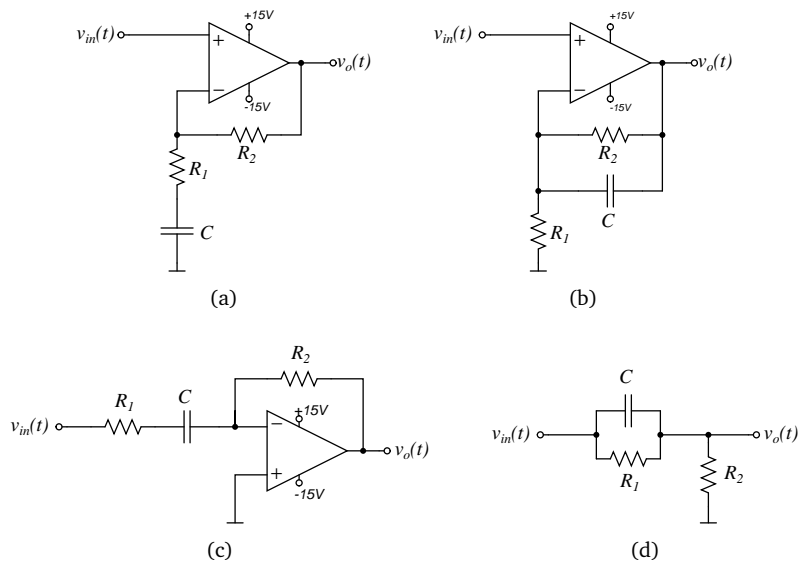


Fig. 6.7

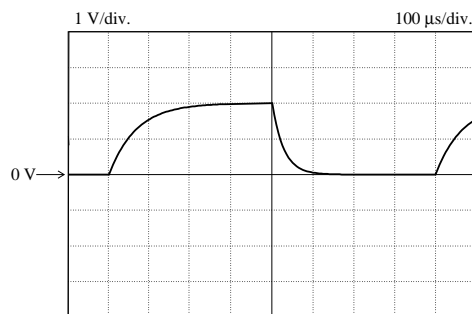


Fig. 6.8